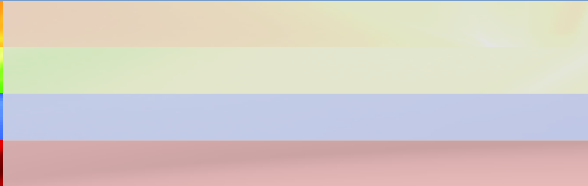
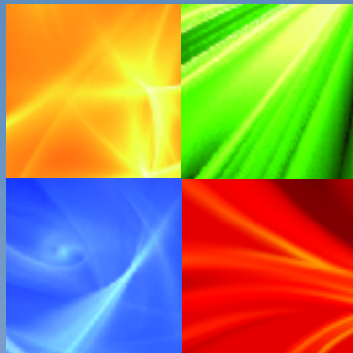


# Kompendium

Technische Informationen  
für Heizungsfirmen



**BDH**

Bundesindustrieverband Deutschland  
Haus-, Energie- und Umwelttechnik e.V.

**Erstellt durch**

**Bundesindustrieverband Deutschland  
Haus-, Energie- und Umwelttechnik e. V.**

Frankfurter Straße 720–726  
51145 Köln

Telefon: (0 22 03) 9 35 93-0  
Fax: (0 22 03) 9 35 93-22  
E-Mail: [info@bdh-koeln.de](mailto:info@bdh-koeln.de)  
Internet: [www.bdh-koeln.de](http://www.bdh-koeln.de)

BDH-Informationen dienen der unverbindlichen technischen Unterrichtung. Eine Fehlerfreiheit der enthaltenen Informationen kann trotz sorgfältiger Prüfung nicht garantiert werden.

Nachdruck und Vervielfältigung nur mit Genehmigung der IG GmbH.

**Gestaltung und Druck**

Heider Druck GmbH, Bergisch Gladbach

**Stand**

März 2011

**Bezugspreis**

13 Euro zzgl. Versandkosten

**Erhältlich bei**

Joh. Heider Verlag GmbH  
Paffrather Straße 102–116  
51465 Bergisch Gladbach  
Telefon: (0 22 02) 95 40-3 34  
E-Mail: [heider@heider-verlag.de](mailto:heider@heider-verlag.de)

## Vorwort

### Heizungstechnik kompakt und verständlich erklärt

Handwerker, Planer und Architekten nutzen seit Ende der 90er-Jahre die Technischen Informationen des BDH. Diese Informationsblätter sind im BDH-Kompodium kompakt zusammengefasst. Alle wichtigen Technologien, Produkte und Systeme der modernen Heizungstechnik werden darin kurz und präzise, vor allem aber verständlich und praxisorientiert beschrieben. Der Schwerpunkt liegt auf praktischen Hinweisen für die Installation der immer komplexer werdenden Heizungssysteme auf Basis von Gas, Öl, Strom und erneuerbaren Energien.

Seit über 15 Jahren liefern Experten der Industrie und des BDH Beiträge für das Kompodium. Dabei wurde das Werk über die Jahre immer wieder aktualisiert und um neue technische und kommerzielle Ansätze ergänzt. Das Kompodium liefert neben Beschreibungen von Systemen und Produkten wichtige kommerzielle Argumente für die Beratung von Endverbrauchern oder auch Investoren.

Das Kompodium umfasst derzeit 46 Informationsblätter. Auf über 300 Seiten wird die vollständige Palette der heute zur Verfügung stehenden technologischen Lösungen für Heizungs- und Lüftungstechnik im Gebäudereich geboten. Damit legt der BDH erneut einen wertvollen Ratgeber für die Fachwelt vor.



Andreas Lücke  
Hauptgeschäftsführer



Dr. Lothar Breidenbach  
Geschäftsführer Technik

# Inhaltsverzeichnis

Vorwort .....	1
Inhaltsverzeichnis .....	2
<b>Modernisierung Heizungsanlagen</b>	
Heizungsmodernisierung: Erster Schritt zur Energieeinsparung .....	7
<b>Gas- und Ölheizkessel</b>	
Brennwerttechnik für Modernisierung und Neubau von Heizungsanlagen .....	17
1. BImSchV – Öl- und Gasfeuerungsanlagen .....	21
Einsatz von schwefelarmem Heizöl mit biogenen Komponenten in Feuerungsanlagen .....	29
Verbesserte Qualitäten bei Heizöl EL .....	31
Heizöle nach DIN 51603-1 und DIN V 51603-6 .....	33
Ölzerstäuberdüsen .....	35
Sicherheitseinrichtungen gegen Aushebern von Heizöl .....	37
Betriebsbedingungen für Heizkessel im Leistungsbereich über 100 kW .....	41
Empfehlung für die Beurteilung von Flammraumgeometrien bei Großwasserraumkesseln .....	43
Einhaltung der Anforderungen an die Emissionen von Öl- und Gasfeuerungsanlagen im Bereich der TA-Luft (20–50 MW Feuerungsleistung) .....	49
Empfehlung der BDH-Fachgruppe „Großwasserraumkessel“ bzw. „Feuerungstechnik“ zur Signalaustauschliste Kessel/Brenner .....	51
Gefahrenanalyse und Gefährdungsbeurteilung für Anlagen im Bereich der Betriebssicherheitsverordnung .....	55
Sicherheitsanforderung nach Safety Integrity Level (SIL) für typgeprüfte Gas-, Öl- und Zweistoffbrenner mit CE-Kennzeichnung .....	57
Moderne Tanksysteme für innovatives Heizöl .....	59
<b>Wärmepumpen</b>	
Wärmepumpen – Anlagenkonfigurationen und Informationen zur Kundenberatung .....	63
Auslegung von oberflächennahen Erdwärmekollektoren .....	71
Wärmeübergabe- und Kühlsysteme in Verbindung mit einer Wärmepumpe .....	91
<b>Biomasse Heiztechnik</b>	
Potenziale für nachwachsende Rohstoffe im Gebäudebereich .....	99
Die Chancen von Biogas und Bioöl in einem nachhaltigen Wärmemarkt .....	103
Nutzung erneuerbarer Energien mit Holz- und Pelletheizungen .....	111
1. BImSchV – Regelungen für Holzzentralheizungskessel .....	119



## **Solartechnik**

### Thermische Solaranlagen

Teil 1: Anlagenkonfigurationen und Informationen zur Kundenberatung ..... 127

Teil 2: Praxistipps zur Dimensionierung und Installation ..... 135

Teil 3: Fehlersuche ..... 143

### Solare Heizungsunterstützung

Teil 1: Grundlagen und Systeme ..... 149

Teil 2: Praxistipps zu Planung und Installation ..... 157

Betriebssicherheit thermischer Solaranlagen ..... 165

Thermische Solaranlagen – Dokumentation von Übergabe und Inspektion ..... 181

### Photovoltaik

Teil 1: Grundlagen, Systeme und Komponenten ..... 201

Teil 2: Planung, Installation und Wartung ..... 209

Teil 3: Kopiervorlagen und Checklisten ..... 217

## **Wohnungslüftung**

Wohnungslüftung – Praxistipps und Hilfe zur Kundeninformation ..... 227

## **Heizungstechnik allgemein**

### Warmwasserspeicher – Vom Trinkwasserspeicher bis hin zu

modernen multivalenten Systemen ..... 239

Heizkörper-Beschichtungen – Einsatzmöglichkeiten und Einsatzgrenzen ..... 247

### Vermeidung von Betriebsstörungen und Schäden durch Steinbildung in

Warmwasser-Heizungsanlagen ..... 251

### Korrosionsschäden durch Sauerstoff im Heizungswasser

– Sauerstoffkorrosion – ..... 255

Korrosion durch Halogenkohlenwasserstoffe ..... 259

### Hinweise zur Verminderung von Geräuschemissionen durch Feuerstätten in

Heizungsanlagen ..... 261

Wärme braucht Platz! – Geräusche in Heizungsanlagen ..... 267

### Planungs- und Ausführungshinweise für den Einsatz von Druckhaltesystemen

und Entgasungsanlagen in Warmwasser-Heizungsanlagen ..... 271

## **Abgastechnik**

Produktbeschreibung und Kennzeichnung von Abgasanlagen ..... 275

### Abgasanlagen für moderne Wärmeerzeuger –

Hinweise für Planung und Ausführung ..... 283

### Anforderungen an Abgasanlagen für Feuerungsanlagen für flüssige und

gasförmige Brennstoffe im Leistungsbereich von 1 bis 50 MW ..... 287

Blitzschutz an Abgasanlagen ..... 291

### Auszüge und Erläuterungen zur Musterbauordnung und

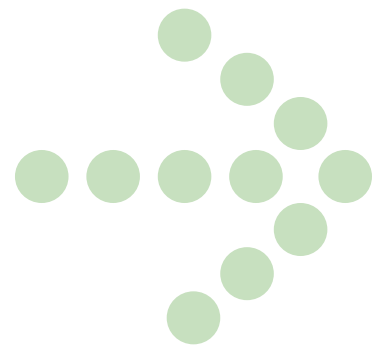
Muster-Feuerungsverordnung mit besonderer Berücksichtigung

des Brandschutzes für Edelstahlabgasanlagen ..... 305





# Modernisierung Heizungsanlagen







# Heizungsmodernisierung: Erster Schritt zur Energieeinsparung

Steigendes Umweltbewusstsein, die effiziente Nutzung knapper Energieressourcen sowie steigende Energiepreise rücken den Fokus des öffentlichen Interesses verstärkt auf energieeffiziente Systeme und die Nutzung von erneuerbaren Energien. Über die energetische Modernisierung des Gebäudebestands mit energieeffizienten Heizungs- und Lüftungssystemen in Verbindung mit der Nutzung von erneuerbaren Energien können sehr hohe Energieeinspar- und CO<sub>2</sub>-Minderungspotenziale erschlossen werden. Circa 40 % des Endenergieverbrauchs in Europa und auch in Deutschland entfallen auf den Gebäudebestand. Gut 85 % davon dienen der Gebäudebeheizung und der Trinkwassererwärmung. Dies entspricht wiederum einem Drittel des gesamten Endenergieverbrauchs in Deutschland.

Der Energieverbrauch in den rund 40 Mio. Wohneinheiten im deutschen Gebäudebestand ist bei Weitem zu hoch. Durch eine beschleunigte energetische Modernisierung der Wohngebäude ließe sich eine Einsparung von mehr als 30 % des Endenergieverbrauchs unter wirtschaftlichen Aspekten erzielen. Hierdurch könnten 20 Mio. Jahrestonnen an CO<sub>2</sub> eingespart werden. Der Schlüssel zur Hebung dieses Potenzials liegt zum einen in der Verdopplung des Modernisierungstempos und zum anderen in der Umsetzung einer Doppelstrategie aus Energieeffizienz und erneuerbaren Energien.

## 1 Ausgangssituation

Der Grund für die niedrige Energieeffizienz des deutschen Gebäudebestands liegt in der veralteten Heizungstechnik und in den unzureichenden Dämmstandards. So sind nur etwa 13 % der in deutschen Wohngebäuden installierten ca. 18 Mio. Heizungsanlagen auf dem Stand der Technik. Das heißt, sie nutzen fossile Energieträger hocheffizient und koppeln erneuerbare Energien ein. Durch diesen Stand der Technik werden bereits heute bei der Nutzung von fossilen Energieträgern energetische Nutzungsgrade von bis zu 98 % und weiterhin hohe Substitutionseffekte durch den Einsatz von erneuerbaren Energien erreicht. Allein über die energetische Modernisierung des zu 87 % technologisch veralteten Anlagenbestands in Deutschland könnte der größte Teil der im Gebäudebestand bestehenden Energieeinspar- und CO<sub>2</sub>-Minderungspotenziale erschlossen werden. Dabei zeichnen sich die anlagentechnischen Modernisierungen im Vergleich zu Maßnahmen an der Gebäudehülle durch in der Regel sehr günstige Kosten-Nutzen-Verhältnisse aus. Die anlagentechnische Modernisierungsrate liegt gegenwärtig nur bei 3 % pro Jahr. Somit dauert es über 30 Jahre, bis der Anlagenbestand auf den Stand der Technik gebracht worden ist.

## 2 Moderne Heizungssysteme

Für die Altbausanierung und für alle Energieträger stehen optimale Systemlösungen der Heizungs- und Lüftungstechnik zur Verfügung. Die Entscheidung für das eine oder andere System hängt von den Rahmenbedingungen ab, insbesondere von der Heizlast des Gebäudes, seinem Verwendungszweck, Ausrichtung und nicht zuletzt den Präferenzen der Investoren bzw. Nutzer. Im Bild 1 sind am Beispiel eines Einfamilienhauses typische moderne Heizungssysteme dargestellt, so wie sie in Deutschland verfügbar sind. Die dargestellten Systeme für die Versorgung von Gebäuden mit Wärme und Trinkwarmwasser sowie zur Wohnungslüftung gelten auch international als Stand der Technik. Sie zeichnen sich durch eine hohe Energieeffizienz aus, d. h. sie wandeln Energieträger wie Gas, Öl und Strom hocheffizient in Wärme um, und nutzen hierbei bereits erneuerbare Energien.

Bei den dargestellten Heizungssystemen steht der Systemgedanke immer im Vordergrund. Die Energieeinsparpotenziale moderner Wärmeerzeuger kommen nur zum Tragen, wenn die übrigen Komponenten des Heizungssystems optimal aufeinander abgestimmt sind. Wärmeerzeugung und -speicherung, Wärmeverteilung sowie Wärmeübergabe sind somit immer als Gesamtsystem zu betrachten (siehe Bild 2).

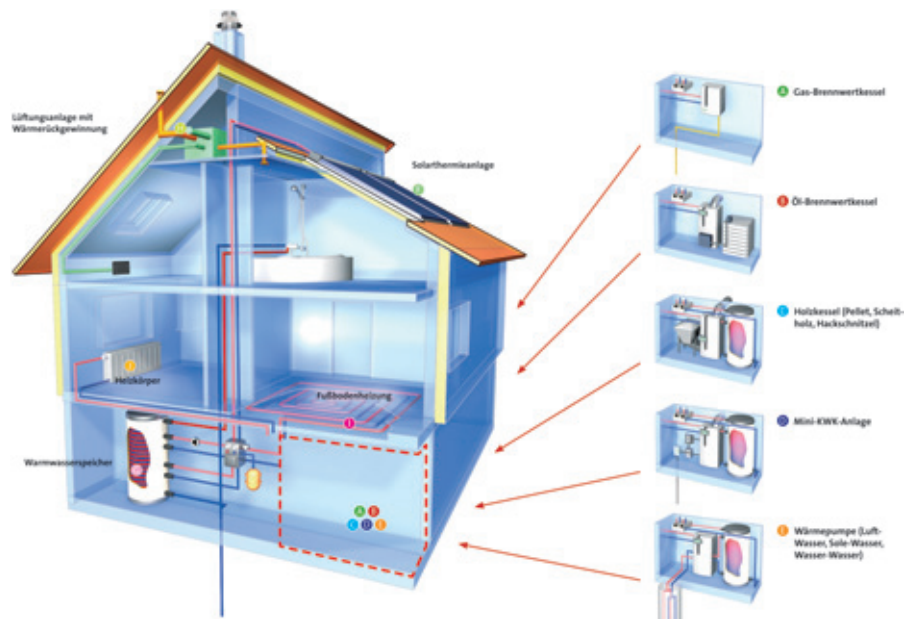


Bild 1: Moderne Heizungssysteme

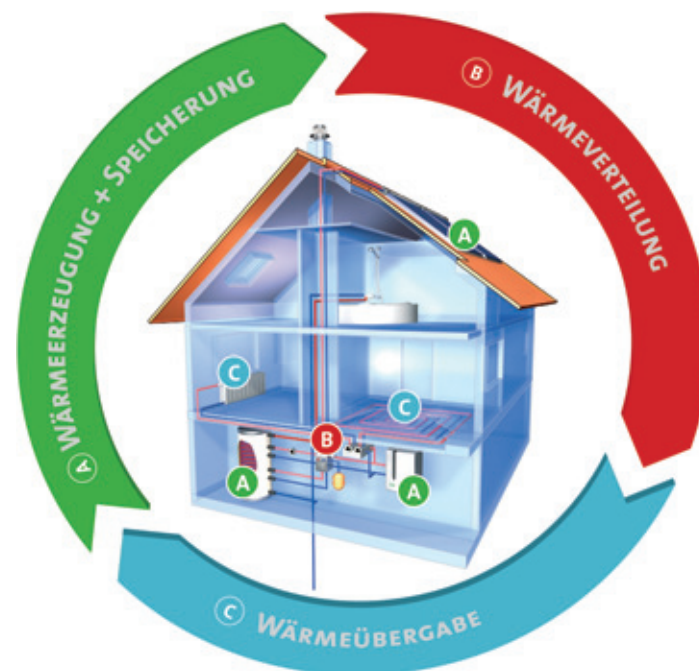


Bild 2: Energiesparpalette

So sind großflächige Wärmeübergabesysteme in Form von Flächenheizungen (z. B. Fußbodenheizungen) oder richtig dimensionierte Heizkörper die Voraussetzung, um niedrige Systemtemperaturen im Heizungssystem zu realisieren. Nur so können beispielsweise die hohen Jahresarbeitszahlen bei Wärmepumpen oder Nutzungsgrade bei Gas- und Ölbrennwertkesseln erreicht und solarthermische Energie effizient eingebunden werden. Bild 3 zeigt die Abhängigkeit des Wirkungsgrades eines Brennwertgerätes von der Systemtemperatur. So arbeitet das Brennwertgerät bei einer Systemtemperatur von 40/30 °C während der gesamten Heizperiode im Brennwertbetrieb, sodass bei allen Außentemperaturen Wirkungsgrade von über 95 % erreicht werden. Bei einer Systemtemperatur von beispielsweise 80/75 °C gehen die Wirkungsgrade bei niedrigen Außentemperaturen und damit verbundenen höheren Systemtemperaturen bis auf 85 % zurück, sodass hierdurch auch der Nutzungsgrad des Brennwertgerätes sinkt.

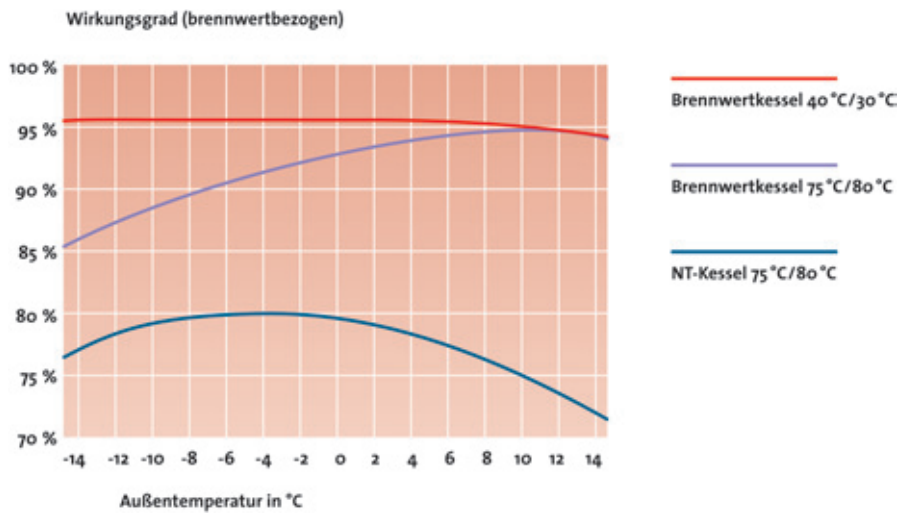


Bild 3: Abhängigkeit des Wirkungsgrades eines Brennwertgerätes von der Systemtemperatur

Zu einem modernen Wärmeübergabesystem gehört aber auch ein hocheffizientes Wärmeverteilsystem. Der Einsatz von Hocheffizienzpumpen, voreinstellbaren Thermostatventilen und Armaturen sowie die Durchführung des hydraulischen Abgleichs sind hierbei unverzichtbar. Nur so lassen sich die Absenkung der System- und Raumtemperaturen und eine hohe Regelfähigkeit des Heizungssystems erreichen (siehe auch Bild 4).



Bild 4: Zusammenspiel Wärmeübergabe und -verteilung

Mit modernen Speichersystemen lässt sich Warmwasser zu Trinkwasserzwecken und für die Gebäudebeheizung hygienisch und energieeffizient zwischenspeichern. Warmwasserspeicher werden als reine Trinkwarmwasserspeicher, Energiespeicher (Pufferspeicher) und als Kombispeicher angeboten. Durch minimale Wärmeverluste sowie eine optimierte Wärmeübertragung und Temperaturschichtung können die Energieverluste sehr gering gehalten werden. Warmwasserspeicher ermöglichen auch die sichere Versorgung von Trinkwarmwasser und Energie bei zeitlichem Versatz von Bedarf und Angebot von Wärme. Dies ist insbesondere bei der Nutzung von Wärme aus erneuerbaren Energien sowie in Verbindung mit Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlagen erforderlich.

Intelligente Regelungs- und Kommunikationseinrichtungen sorgen für das optimale und energieeffiziente Zusammenspiel aller Komponenten des Heizungssystems. Per Funk oder einem Online-Zugriff lässt sich die Heizung auch aus der Ferne steuern und diagnostizieren. Dies ermöglicht somit höchsten Komfort in der Bedienung.

Solarthermische Energie lässt sich bei allen Heizungssystemen zur Unterstützung der Trinkwarmwasserbereitung und der Gebäudebeheizung nutzen.

Beim Einsatz von fossilen Brennstoffen und Holz sorgen moderne Abgasanlagen für die sichere Abführung der Abgase und ermöglichen gleichzeitig den Betrieb bei niedrigen Abgastemperaturen. Beim Betrieb einer Ölheizungsanlage stehen moderne Öltanksysteme in verschiedensten Varianten zur Verfügung, welche eine platzsparende Aufstellung im Gebäude ermöglichen und den früher schon einmal auftretenden Heizölgeruch durch moderne Geruchssperren vermeiden.

Unabhängig vom Heizungssystem reduzieren Anlagen zur kontrollierten Wohnungs-  
lüftung mit Wärmerückgewinnung den Energiebedarf deutlich und sorgen gleichzeitig für die erforderlichen hygienischen Luftbedingungen im Gebäude. Da die Erzeugung von Strom mit PV-Anlagen grundsätzlich unabhängig vom Heizungssystem abläuft, kann die solare Stromerzeugung parallel zu allen Systemen betrieben werden.

### **3 Energieeinsparungen durch moderne Heizungstechnik**

Viele Hausbesitzer sind sich nicht über Art und Nutzen möglicher energetischer Modernisierungsmaßnahmen im Klaren. Oftmals herrschen vage oder falsche Vorstellungen. Am Beispiel des Einsparpotenzials von Wärmeezeugern wird der Aufklärungsbedarf besonders deutlich. Als einzige Verlustgröße kennen die Anlagenbetreiber – wenn überhaupt – nur den vom Schornsteinfeger mitgeteilten Abgasverlust. Weitgehend unbekannt sind aber die hohen Abstrahl- und Stillstandsverluste der alten, schlecht isolierten und meist überdimensionierten Geräte sowie die bei der Wärmespeicherung, -verteilung und -übertragung auftretenden Verluste. Insgesamt besteht Aufklärungsbedarf über bestehende „Schwachstellen“ bzw. die Modernisierungsmaßnahmen mit dem größten Nutzeneffekt. Eine transparente und neutrale Information über die erreichbaren Energieeinsparungen schafft Vertrauen und kann Investitionen auslösen.

#### **3.1 Der Energieausweis**

Die Ausstellung und Verwendung eines Energieausweises wird durch die Energieeinsparverordnung (EnEV) geregelt. Er wird für alle Bestandsgebäude gefordert, die neu verkauft oder neu vermietet werden. Der Energieausweis dient als Marktinstrument zur Bewertung und zum Vergleich der energetischen Qualität von Gebäuden. Es gibt Energieausweise für Gebäude sowohl auf der Grundlage des berechneten Energiebedarfs als auch solche auf der Grundlage des erfassten Energieverbrauchs. Damit wird einem potenziellen Mieter oder Käufer für ein Gebäude oder einer Wohnung die Möglichkeit gegeben, über den ausgewiesenen Endenergiebedarf bzw. -verbrauch die zu erwartenden Energiekosten für das Gebäude grob abzuschätzen. Über den ausgewiesenen Jahres-Primärenergiebedarf wird ihm eine ökologische Bewertung des Gebäudes an die Hand gegeben. Mit dem Energieausweis kann der Interessent diese Kriterien vergleichen und in seine Miet- oder Kaufentscheidung einbeziehen.

Energieausweise auf Grundlage des erfassten Energieverbrauchs werden maßgeblich durch das Nutzerverhalten der Bewohner beeinflusst. Empfehlungen über Modernisierungsmaßnahmen lassen sich somit nur schwer aus einem verbrauchsorientierten Energieausweis ableiten. Ganz anders sieht dies beim bedarfsorientierten Energieausweis aus. Durch die Berechnung des Energiebedarfs werden das Gebäude energetisch analysiert und alle Schwachstellen aufgedeckt. Hierauf basierend sind konkrete Modernisierungsempfehlungen ableitbar. Aus diesem Grund sind Energieausweise, die als öffentlich-rechtliche Nachweise für die energetische Qualität von Sanierungen dienen, nur auf Grundlage des errechneten Energiebedarfs zulässig.

Zur energetischen Bewertung der Gebäudehülle dient hierbei die DIN 4108-6, zur Bewertung der Anlagentechnik die DIN V 4701-12 und die PAS 1027. Mit der Normenreihe DIN V 18599 ist sowohl die energetische Bewertung des gesamten

Wohngebäudes als auch die eines Nicht-Wohngebäudes möglich. Es werden sämtliche Energieverluste des Gebäudes berücksichtigt. Hierzu zählen die verlustbestimmenden Faktoren der Gebäudehülle (z. B. Wärmedämmung, Fenster, Luftdichtheit etc.) sowie die Verluste der kompletten Anlagentechnik für Heizung, Trinkwarmwasserbereitung und Lüftung. Für Nicht-Wohngebäude ist auch der Energiebedarf für Kühlung, Klimatisierung und Kunstlicht zu berücksichtigen.

In seiner Gestaltung orientiert sich der Energieausweis an dem von der weißen Ware her bekannten Energieeffizienzlabel. Eine solche Energieeffizienzkenzeichnung ist bei den Endverbrauchern allgemein akzeptiert und sehr gut bekannt. Kühlschränke mit einer durchschnittlichen oder gar unterdurchschnittlichen Energieeffizienz sind in Deutschland praktisch unverkäuflich. Für Wohngebäude ist mit einer ähnlich breiten Anerkennung des Energieausweises zu rechnen. Bild 5 zeigt das Muster eines Energieausweises für Wohngebäude auf Basis des errechneten Energiebedarfs.

Entsprechend dem derzeitigen Diskussionsstand wird die überwiegende Mehrzahl der Bestandsgebäude als energetisch sehr ungünstig eingestuft. Damit werden viele Gebäude eine „schlechte (rote) Bewertung“ erhalten. Durch die zunehmend wichtigere zweite Miete wird sich somit auch das Mieterinteresse zukünftig auf energetisch günstige Objekte konzentrieren. Weiterhin wird die aus dem Energieausweis resultierende Transparenz gegenüber dem Endverbraucher in vielen Fällen energetische Sanierungsmaßnahmen auslösen.

Die oben genannte Normung berücksichtigt nicht nur eine Quantifizierung des Status quo, sondern auch eine Effizienzbewertung unterschiedlicher Modernisierungsmaßnahmen. Somit ist für den Investor, dem eine begrenzte Investitionssumme zur Verfügung steht, klar erkennbar, welche Modernisierungsmaßnahme das günstigste Kosten-Nutzen-Verhältnis aufweist. Insgesamt wird die Energieberatung transparenter. Die Beurteilung aller Energiespartechniken im und am Gebäude wird auf einer einheitlichen, normativen Basis durchgeführt.

### **3.2 Heizungs-Check**

Eine einfache und schnelle Möglichkeit um Heizungsanlagen in puncto Energieeffizienz und Modernisierungsbedarf unter die Lupe zu nehmen, bietet der sog. Heizungs-Check. Dabei begutachtet ein Fachbetrieb die einzelnen Anlagenkomponenten (Kessel, Abgasanlage, Umwälzpumpe, Verteilungsleitungen, Heizflächen, Regelung etc.) und bewertet sie im Blick auf ihre energetische Qualität. Die Bewertung findet auf Basis der DIN EN 15378 statt. Hierbei werden Punkte vergeben. Je höher die Punktzahl, desto höher das Energieeinsparpotenzial und desto mehr lohnt sich die Modernisierung. Durch entsprechende Optimierungsmaßnahmen könnten jährlich bei einer 20 Jahre alten Heizungsanlage bis zu 30 % Energie eingespart werden. Durch die Nutzung von erneuerbaren Energien erhöhen sich die Energieeinsparungen noch zusätzlich.

### **3.3 Energieeinsparung durch moderne Heizungstechnik**

Bild 6 zeigt am Beispiel eines typischen Einfamilienhauses im Gebäudebestand (Baujahr 1965, 150 m<sup>2</sup> Nutzfläche) die Endenergie- und Primärenergieeinsparungen bei verschiedenen Sanierungsmaßnahmen. Der Wärmebedarf des Gebäudes liegt bei 150 kWh pro m<sup>2</sup> und Jahr, was einem Heizölbedarf von 15 Liter pro m<sup>2</sup> und Jahr entspricht. Vor der Sanierung kommt ein alter Gas-/Ölheizkessel auf Basis der damals eingesetzten Standardkessel-Technologie mit konstant hohen Vorlauftemperaturen zum Einsatz. Der Kessel ist überdimensioniert. Die Wärmeverteilungen sind nicht gedämmt. Die Heizungsanlage ist hydraulisch nicht abgeglichen. Der Energiebedarf liegt unter Einbindung der Anlagenverluste bei 290 kWh pro m<sup>2</sup> und Jahr (ca. 29 Liter Heizöl bzw. m<sup>3</sup> Erdgas pro m<sup>2</sup> Nutzfläche und Jahr).

Durch den Einsatz eines modernen Brennwertkessels kann der Gas-/Ölbedarf bereits auf 180 kWh/m<sup>2</sup>/a reduziert werden. Voraussetzung hierbei ist, dass auch die Wärmeübergabe und -verteilung auf die optimale Betriebsweise angepasst wird (Dämmung der Wärmeverteilungen, Durchführung des hydr. Abgleichs, Einsatz von Hocheffizienzpumpen und modernen Thermostatventilen etc.). Wird zusätzlich eine solarthermische Anlage zur Unterstützung der Trinkwarmwasser-

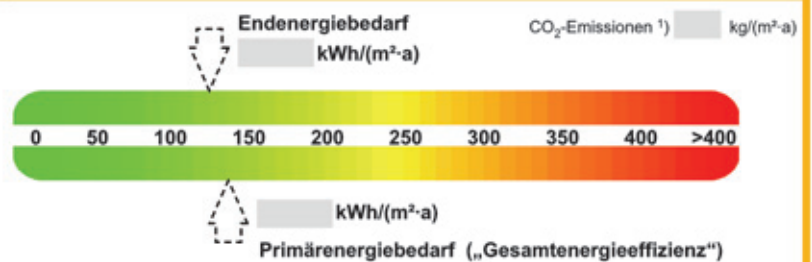
# ENERGIEAUSWEIS für Wohngebäude

gemäß den §§ 16 ff. Energieeinsparverordnung (EnEV)

## Berechneter Energiebedarf des Gebäudes

2

### Energiebedarf



### Nachweis der Einhaltung des § 3 oder § 9 Abs. 1 EnEV <sup>2)</sup>

#### Primärenergiebedarf

Gebäude Ist-Wert  $\text{kWh}/(\text{m}^2\cdot\text{a})$   
 EnEV-Anforderungswert  $\text{kWh}/(\text{m}^2\cdot\text{a})$

#### Energetische Qualität der Gebäudehülle

Gebäude Ist-Wert  $H_i$   $\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$   
 EnEV-Anforderungswert  $H_i$   $\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$

### Endenergiebedarf

Energieträger	Jährlicher Endenergiebedarf in $\text{kWh}/(\text{m}^2\cdot\text{a})$ für			Gesamt in $\text{kWh}/(\text{m}^2\cdot\text{a})$
	Heizung	Warmwasser	Hilfsgeräte <sup>3)</sup>	

### Sonstige Angaben

#### Einsetzbarkeit alternativer Energieversorgungssysteme

nach § 5 EnEV vor Baubeginn geprüft

#### Alternative Energieversorgungssysteme werden genutzt für:

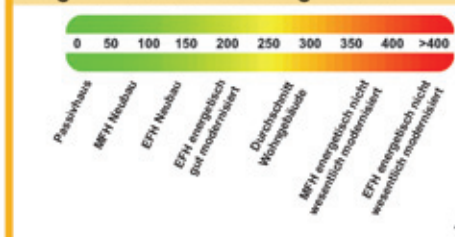
- Heizung  Warmwasser  
 Lüftung  Kühlung

#### Lüftungskonzept

Die Lüftung erfolgt durch:

- Fensterlüftung  Schachtlüftung  
 Lüftungsanlage ohne Wärmerückgewinnung  
 Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung

### Vergleichswerte Endenergiebedarf



### Erläuterungen zum Berechnungsverfahren

Das verwendete Berechnungsverfahren ist durch die Energieeinsparverordnung vorgegeben. Insbesondere wegen standardisierter Randbedingungen erlauben die angegebenen Werte keine Rückschlüsse auf den tatsächlichen Energieverbrauch. Die ausgewiesenen Bedarfs-werte sind spezifische Werte nach der EnEV pro Quadratmeter Gebäudenutzfläche ( $A_n$ ).

<sup>1)</sup> freiwillige Angabe

<sup>2)</sup> nur in den Fällen des Neubaus und der Modernisierung auszufüllen

<sup>3)</sup> ggf. einschließlich Kühlung

<sup>4)</sup> EFH – Einfamilienhäuser, MFH – Mehrfamilienhäuser

Bild 5: Muster eines Energieausweises für Wohngebäude

bereitung und Gebäudebeheizung eingebunden, reduziert sich der Gas-/Ölbedarf auf  $140 \text{ kWh}/\text{m}^2/\text{a}$ . Der Jahres-Primärenergiebedarf geht von  $322 \text{ kWh}/\text{m}^2/\text{a}$  vor der Sanierung auf  $154 \text{ kWh}/\text{m}^2/\text{a}$  nach der Sanierung zurück. Unter der Annahme eines zehnprozentigen Bioöl-/Biogaseinsatzes reduziert sich Jahres-Primärenergiebedarf auf  $146 \text{ kWh}/\text{m}^2/\text{a}$ . Weitere Jahres-Primärenergieeinsparungen lassen sich durch den Einsatz einer Sole-/Wasser-Wärmepumpe und eines Pelletheizkessels erreichen.

## 4 Die richtige Reihenfolge bei Modernisierungsmaßnahmen

Bei steigenden Energiepreisen kommt zu Recht die Frage auf, wie der Heizungsbetreiber der Kostenfalle möglichst günstig entgehen kann. Infrage kommen Maßnahmen zur Verbesserung der energetischen Qualität der Gebäudehülle sowie die Modernisierung der Anlagentechnik.

Als besonders kostengünstig erweisen sich im Regelfall die Investitionen in die Verbesserung der Anlagentechnik. So ließ der Bundesindustrieverband Deutschland,

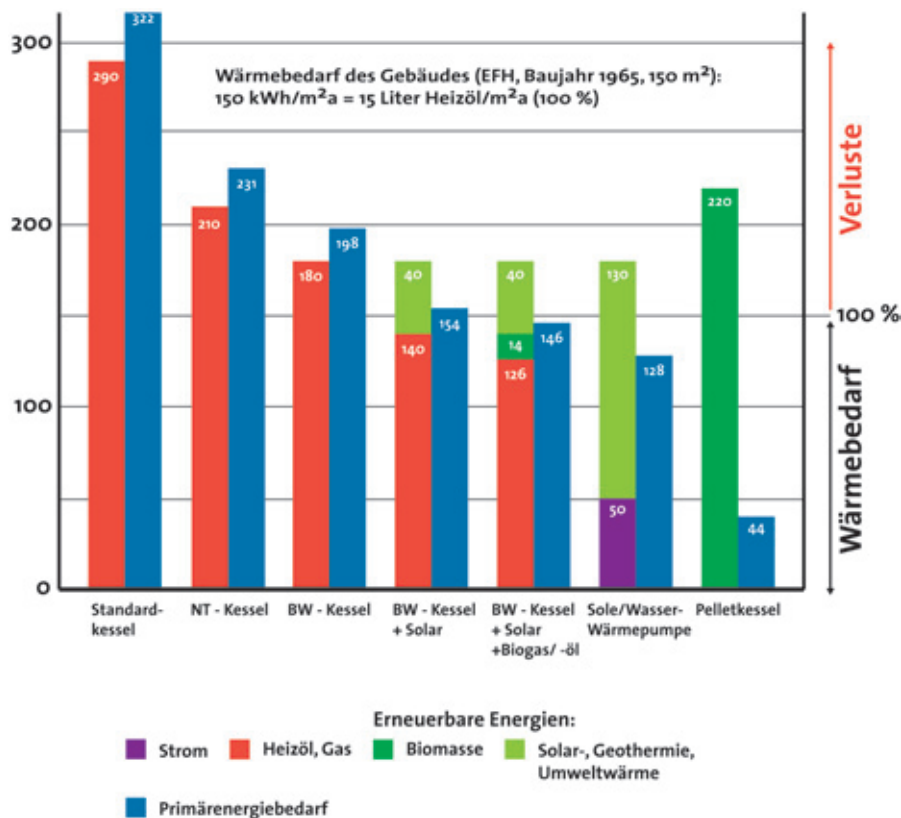


Bild 6: Energieverbräuche im typischen Bestandsgebäude

Haus-, Energie- und Umwelttechnik e. V., BDH, über eine Studie sogenannte Energieeinsparungen und Minderungskosten verschiedener Sanierungsmaßnahmen in Bestandsgebäuden ermitteln. Basis für die Betrachtungen waren ein unsaniertes frei stehendes Einfamilienhaus, errichtet vor 1970, sowie ein Einfamilien-Reihenmittelhaus, errichtet in den Achtzigerjahren. Beide Gebäude sind repräsentativ für über 80 % des Gebäudebestands in Deutschland. In beiden Häusern ist ein alter Standardheizkessel installiert, mit einem Nutzungsgrad von unter 70 %.

Über den Austausch des Standardheizkessels durch einen modernen Öl- oder Gas-Brennwertkessel werden rund 25 bis 30 % an Energie eingespart. Die Amortisation – also die Zeit in der sich die Investition bezahlt macht – liegt je nach Energiepreisen bei fünf bis sieben Jahren. Wird ein Brennwertkessel mit einer Solaranlage zur Warmwasserbereitung oder gar zur Heizungsunterstützung kombiniert, werden zusätzlich 6 bis 20 % an Energie eingespart. Für die Modernisierung sind auch Wärmepumpen und moderne Holzcentralheizungskessel gut geeignet. Weitere positive Impulse ergeben sich durch Förderprogramme des Bundes, über die der Einsatz von erneuerbaren Energien im Rahmen des Marktanreizprogramms bezuschusst (siehe [www.bafa.de](http://www.bafa.de)) oder die Steigerung der Energieeffizienz des Gebäudes über die Kreditanstalt für Wiederaufbau durch zinsgünstige Darlehen und/oder Zuschüsse gefördert wird (siehe auch [www.kfw.de](http://www.kfw.de)). Wird eine Heizungsmodernisierung durchgeführt, sollten die weiteren Anlagenkomponenten wie Regelungstechnik, Pumpen und Heizflächen ebenfalls erneuert werden.

Der zweite Investitionsfall ist die Voldämmung der Ausgangshäuser auf das Niveau eines Neubaus nach EnEV. Soll über die Dämmung ebenfalls 25 bis 30 % an Energie eingespart werden, wie im Falle des anlagentechnischen Beispiels, so sind Investitionskosten erforderlich, die beim 2,5-Fachen der Investition in die anlagentechnische Modernisierung liegen.

Technisch machbar ist die Kombination aufwendiger Dämmmaßnahmen und Erneuerungen der Fenster in Verbindung mit einer anlagentechnischen Modernisierung und dem Einsatz erneuerbarer Energien. In solchen Fällen kann der Energiebedarf der Häuser um über 70 % abgesenkt werden, sodass man das Neubauniveau nach EnEV erreicht oder sogar unterschreitet. Allerdings schlagen solche Investi-

tionen bei dem Ausgangsfall mit über 45 000 Euro zu Buche. Die Amortisationszeit liegt dann bei mindestens 18 bis 20 Jahren.

In der Regel zwingen knappe finanzielle Ressourcen dazu, die energetische Modernisierung des Gebäudes in zwei Schritten vorzunehmen:

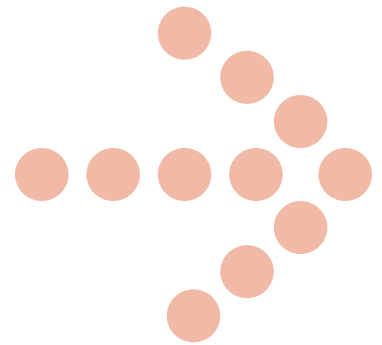
1. Investition in die anlagentechnische Erneuerung
2. Maßnahmen an der Gebäudehülle.

Bei knappen Finanzen entscheidet in der Regel das Kosten-Nutzen-Verhältnis. Allerdings sollten bei der Reihenfolge der Maßnahmen physikalische Zusammenhänge beachtet werden. So sinkt z. B. der Nutzungsgrad eines alten Heizkessels nach einer Maßnahme in die Verringerung des Wärmebedarfs über Dämmung. Die Absenkung des Nutzungsgrades kommt durch überproportional steigende Stillstandsverluste des Kessels zustande. Wird aber in einem ersten Schritt der Standardheizkessel durch einen modernen modulierenden Brennwertheizkessel mit sehr geringen Stillstandsverlusten und hohem Wirkungsgrad ersetzt, kommt es sofort zu einer Absenkung des Energieverbrauchs von bis zu 30 %, auch wenn die Maßnahme an der Gebäudehülle zunächst zurückgestellt wird.





## Gas- und Ölheizkessel





# Brennwerttechnik für Modernisierung und Neubau von Heizungsanlagen

Die Heizungstechnik hat in den vergangenen Jahren enorme technische Fortschritte gemacht. Insbesondere die Energieausnutzung wurde erheblich verbessert. Dies hat für den Betreiber den Vorteil niedriger Energiekosten und schont unsere Umwelt durch deutliche Verringerung des Kohlendioxidausstoßes. Darüber hinaus wurden die spezifischen Schadstoffemissionen drastisch reduziert. So beträgt die Stickoxidemission nur noch einen Bruchteil der Werte, die vor 20 Jahren üblich waren. Eine weitere wesentliche Innovation wird durch die Brennwertheiztechnik realisiert. Diese Technik lässt sich grundsätzlich für die Brennstoffe Erdgas und leichtes Heizöl anwenden.

Brennwerttechnik bedeutet die erhöhte Nutzung der im Heizgas enthaltenen Energie.

Die latente Wärme wird durch Kondensation des im Abgas enthaltenen Wasserdampfes, die fühlbare Wärme durch reduzierte Abgastemperaturen dem Heizsystem nutzbar gemacht.

Die Höhe der Energieausnutzung hängt dabei im Wesentlichen von der Rücklauf-temperatur des Heizungssystems ab. Je niedriger die Rücklauf-temperatur ist, umso höher ist der zusätzliche Energienutzen. So können die Nutzungsgrade bei Anwendung der Brennwerttechnik gegenüber modernen Niedertemperaturkesseln um 8 bis 10 % gesteigert werden.

Damit bietet die Brennwerttechnik einen aktiven Beitrag zum ökonomischen Energieeinsatz sowie zur Reduzierung der Schadstoffemissionen. Ein geringerer Energieverbrauch bedeutet eine entsprechende Reduzierung der für den Treibhauseffekt mit verantwortlichen CO<sub>2</sub>-Emissionen.

## 1 Einsatzbereiche

Brennwertgeräte können aufgrund der in den letzten Jahren wesentlich verbesserten Gerätekonzeption in nahezu allen Anlagensystemen sowohl im Neubau als auch bei der Modernisierung im Gebäudebestand eingesetzt werden.

Die Höhe der zusätzlichen Energienutzung ist von der Heizsystemtemperatur (insbesondere der Rücklauf-temperatur) abhängig. Daher eignen sich besonders gleitend geregelte Heizkreise (z. B. mit Heizkörpern und Flächenheizungssystemen) ideal für den Einsatz eines Brennwertgerätes.

Auch bei vorhandenen gleitend temperaturgeregelten Heizsystemen im Altbaubestand, z. B. Heizsystem-Auslegungstemperaturen 75/60 °C, ist aufgrund der im Jahresverlauf niedrigeren Systemtemperatur die Energieausnutzung noch so hoch, dass sich der Einsatz eines Brennwertgerätes lohnt.

Niedertemperaturkessel				Bezug		Brennwertkessel			
Heizöl		Gas		Heizwert (H <sub>1</sub> )	Brennwert (H <sub>2</sub> )	Heizöl		Gas	
(H <sub>1</sub> )	(H <sub>2</sub> )	(H <sub>1</sub> )	(H <sub>2</sub> )			(H <sub>1</sub> )	(H <sub>2</sub> )	(H <sub>1</sub> )	(H <sub>2</sub> )
106%	100%	111%	100%			106%	100%	111%	100%
93%	88%	93%	84%			101%	95,5%	106%	95,5%
13%	12%	18%	16%			5%	4,5%	5%	4,5%
7%		7%				1%		1%	
6%		11%				4%		4%	

Abb. 1: Darstellung der Wirkungsgrade von Niedertemperatur- und Brennwertheizkesseln

## 2 Heizflächen, Rohrleitungen, Hydraulik

Brennwertgeräte können sowohl in Heizungssystemen mit Raumheizkörpern als auch in Fußbodenheizungssystemen eingebaut werden. Die Heizflächen sind wie bei herkömmlichen NT-Wärmeerzeugern auszulegen.

Es ist bekannt, dass im Altbaubestand die Heizungssysteme – insbesondere durch spätere Wärmedämmung der Gebäude – mit niedrigeren Systemtemperaturen gefährdet werden können als bei der Auslegung vorgegeben. Die flachere Heizkurve erhöht damit den Nutzungsgrad der Brennwertanlage.

Bei Neuanlagen empfiehlt der BDH für die Auslegung niedrigere Systemtemperaturen. Maßnahmen, die zur Temperaturerhöhung im Rücklauf (wie z. B. Vier-Wege-Mischer) führen können, sollten bei Anlagenauslegung vermieden werden, da sie die Nutzung der Brennwerttechnik wieder reduzieren.

### **3 Abgassystem**

Im Abgasweg fällt bei der Brennwerttechnik Feuchtigkeit aus. Herkömmliche Schornsteine können somit nicht verwendet werden, da bei diesen Schornsteinen eine Durchfeuchtung auftreten würde. Die Abgase von Brennwertgeräten müssen daher über feuchteunempfindliche Abgasanlagen (z. B. feuchteunempfindliche Schornsteine, Abgasleitungen) abgeführt werden.

Feuchte unempfindliche Schornsteine – meist in dreischaliger Bauweise – wurden ab den Neunzigerjahren ausgeführt. Brennwertgeräte können an solche Schornsteine angeschlossen werden, wenn der Schornstein für niedrige Abgastemperatur von 30 °C geeignet ist. Sofern der Schornstein nicht für den Überdruckbetrieb geeignet ist, so muss durch die Dimensionierung des Querschnitts sichergestellt sein, dass der Überdruck der Abgase bis zum Eintritt in den Schornstein abgebaut ist (Unterdruckbetrieb).

Abgasleitungen dürfen meist in Überdruck betrieben werden und weisen daher geringere Leitungsquerschnitte auf. Abgasleitungen eignen sich wegen ihres geringen Platzbedarfs gut für den nachträglichen Einbau in bestehende Altschornsteine oder Schächte (Feuerwiderstandsdauer mind. 30 Min. bzw. 90 Min. je nach Gebäudeklasse). Der verbleibende Abstand zwischen der Abgasleitung und dem Innendurchmesser des Altschornsteins dient als Hinterlüftung bzw. zur Verbrennungsluftzuführung. Abgasleitungen müssen entweder ein CE-Zeichen/allgemeine bauaufsichtliche Zulassung aufweisen oder zusammen mit dem Brennwertgerät über ein gemeinsames CE-Zeichen systemzertifiziert sein.

Grundsätzlich unterscheidet man zwischen Raumluft **abhängigen** und Raumluft **unabhängigen** Brennwertgeräten. Raumluft abhängige Brennwertgeräte entnehmen die Verbrennungsluft direkt aus dem Aufstellraum. Hierbei muss sichergestellt werden, dass die Luft in ausreichender Menge in den Aufstellraum nachströmt. In einem solchen Fall wird das Brennwertgerät gewöhnlich außerhalb des beheizten Wohnraums installiert. Bei Raumluftunabhängigen Brennwertgeräten wird die Verbrennungsluft über eine Leitung oder Schacht direkt aus dem Freien zugeführt. Dies kann z. B. über eine konzentrische Luft-Abgasleitung über Dach oder Fassade, über eine getrennte Luftleitung von außen oder über Luft-Abgas-Schornsteine (LAS-Systeme), an die auch mehrere Brennwertgeräte angeschlossen werden können, erfolgen.

Vor der Erstinbetriebnahme ist in jedem Fall der zuständige Bezirksschornsteinfegermeister zu befragen.

### **4 Kondenswasser**

Bei der Brennwertnutzung entsteht Kondenswasser. Bei Gas-Brennwertgeräten liegt der pH-Wert zwischen 3,7 bis 4,5 und somit im Bereich von Regenwasser, wie aus der Darstellung zu erkennen ist. Ähnliche pH-Werte liegen beim Einsatz von schwefelarmen Heizöl nach DIN 51603-1 vor.

#### **4.1 Kondenswasser und Entsorgung**

Die maximal auftretende Kondenswassermenge ist bei Erdgas 0,12 l/kWh und bei Heizöl EL 0,06 l/kWh. Im Jahresdurchschnitt fallen ca. 50 % der Maximalwerte an, woraus sich für ein Einfamilienhaus eine Kondenswassermenge von ca. 10 l pro Tag ergibt.

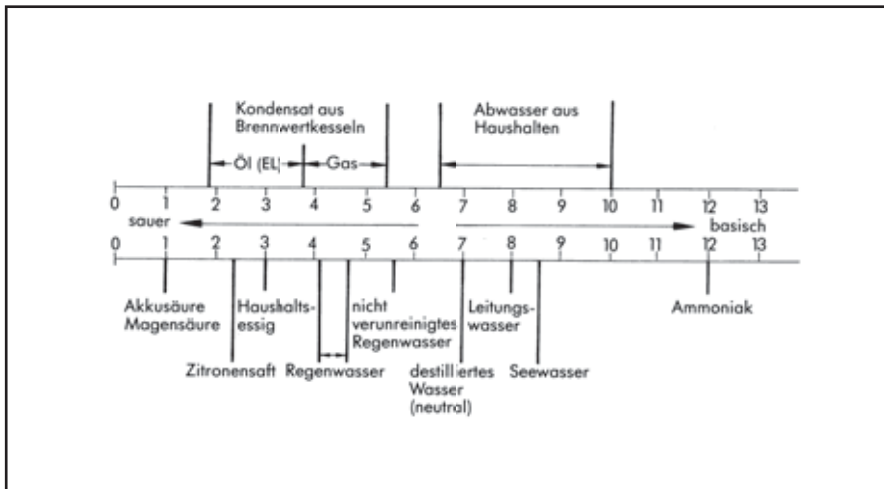


Abb. 2: Vergleich der pH-Werte verschiedener Stoffe

Diese Menge ist im Verhältnis zu der sonst anfallenden Abwassermenge von durchschnittlich 70 bis 150 l pro Tag und Person unbedeutend.

Wird das bei Brennwertgeräten anfallende Kondensat in das öffentliche Abwassersystem eingeleitet, sind dabei vorrangig die Vorgaben der zuständigen Abwasserbehörde einzuhalten. Häufig wird dabei auf das Arbeitsblatt ATV-DVWK-Merblatt A 251 zurückgegriffen. Hierin ist unter anderem festgehalten, dass bei Gasbrennwertgeräten und beim Einsatz von schwefelarmen Heizöl in Anlagen bis 200 kW das Kondensat im Regelfall nicht mehr neutralisiert werden muss.

#### 4.2 Kondenswasserableitung

Die Kondenswasserableitung ist in den technischen Unterlagen der Gerätehersteller beschrieben.

Die Kondenswasserleitungen sollten in den üblichen Materialien (z. B. kein Kupfer, kein Zink) der Abwassertechnik ausgeführt werden. Einzelheiten hierzu sind ebenfalls im ATV-DVWK-Merkblatt A 251 enthalten. Der Mindestdurchmesser der Kondenswasserleitung ist 15 mm.

Bei Einsatz einer Neutralisation ist die Füllmenge an Neutralisationsmittel so zu wählen, dass die Neutralisation ohne Nachfüllung mindestens ein Jahr lang aufrechterhalten werden kann.

### 5 Regelung von Brennwertgeräten

Brennwertgeräte sollten wie moderne Niedertemperatur-Wärmeerzeuger mit gleitenden Kesselwassertemperaturen betrieben werden.

Alle regelungstechnischen Maßnahmen zielen daher auf eine möglichst intensive und während der gesamten Heizperiode anhaltende kondensierende Betriebsweise ab. Die hydraulische Auslegung des Heizkreises und der Regelung sollte auf die kondensierende Betriebsweise optimal abgestimmt werden.

**Hierfür gelten die folgenden Grundsätze:** Die Rücklauftemperatur sollte möglichst niedrig sein. Es sollte auf alle hydraulischen Maßnahmen in der Heizungsanlage, die eine Rücklauftemperaturerhöhung zur Folge haben, verzichtet werden (z. B. Vier-Wege-Mischer).

### 6 Warmwasserbereitung mit Brennwertgeräten

Die Warmwasserbereitung mit Brennwertgeräten erfolgt wie bisher analog zur konventionellen Warmwasserbereitung.

Die Bestimmung der Speichergröße für den privaten Wohnbereich der Ein- und Zweifamilienwohnhäuser und Etagenwohnungen sollte wie bei der konventionellen Warmwasserbereitung nach dem täglichen Warmwasserbedarf in Abhängigkeit

von der Personenzahl erfolgen (siehe auch VDI 2067). Die Auslegung von Speicherwassererwärmern für größere Wohngebäude mit zentraler Warmwasserversorgung erfolgt nach DIN 4708.

## **7 Verordnungen, Vorschriften, Zulassungen**

Brennwertfeuerstätten sind Regelfeuerstätten und unterliegen im Allgemeinen keinen besonderen Vorschriften, d. h., sie sind wie andere Feuerstätten zu behandeln.

Generell gilt beim Einbau die jeweilige Bauordnung und die Feuerungsverordnung der Länder. Bei der Installation von Gasbrennwertkesseln sind über diese Landesregelungen hinaus die DVGW-TRGI 2008 (Arbeitsblatt G 600) zu beachten. Voraussetzung für den Einbau eines Brennwertheizkessels ist eine CE-Zulassung.

Vor Inbetriebnahme ist die Abgasanlage der Feuerstätte – je nach länderspezifischer Regelung – abzunehmen bzw. zu überprüfen. Hierbei wird die Feuerstätte samt Verbrennungsluftversorgung und Abgasabführung kontrolliert. Der BDH empfiehlt, den zuständigen Bezirksschornsteinfegermeister zur Auslegung der Abgasanlage frühzeitig zurate zu ziehen.

Über den Einsatz einer Neutralisationseinrichtung gibt das ATV-DVWK-Merkblatt A 251 allgemeine empfehlende Hinweise. Maßgeblich für die Kondenswassereinleitung in das Abwassernetz ist jedoch die Ortswassersatzung der unteren Abwasserbehörde. Insofern ist die Brennwertfeuerstätte vor Inbetriebnahme der jeweiligen Baubehörde anzuzeigen.

# 1. BImSchV

## Teil 2: Öl- und Gasfeuerungsanlagen – Vorgehensweise zum Nachweis der Einhaltung der geforderten NO<sub>x</sub>-Emissionsgrenzwerte, Nutzungsgrade und Kesselwirkungsgrade

### 1 Die rechtliche Regelung

Am 22. März 2010 ist die Neufassung der 1. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (1. BImSchV oder Verordnung über kleine und mittlere Feuerungsanlagen) in Kraft getreten. Der Gesetzgeber will mit der Novellierung insbesondere kleine und mittlere Festbrennstofffeuerungsanlagen der Haushalte und Kleinverbraucher als eine bedeutende Quelle für besonders gesundheitsgefährdende Stoffe wie Feinstaub und polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe neu regeln. Vor allem Altanlagen mit Festbrennstoffen stehen im Fokus der Novellierung. Aber auch öl- bzw. gasbefeuerte Feuerungsanlagen sollen den technischen Weiterentwicklungen seit 2002 Rechnung tragen – zugunsten geringerer Emissionen und gesteigerter Effizienz.

Dieses Informationsblatt beschreibt die Vorgehensweise zum Nachweis der Einhaltung der geforderten NO<sub>x</sub>-Emissionsgrenzwerte, der Nutzungsgrade und der Kesselwirkungsgrade.

§ 6 „Allgemeine Anforderungen“ der 1. BImSchV legt Folgendes fest:

(1) Öl- und Gasfeuerungsanlagen zur Beheizung von Gebäuden oder Räumen mit Wasser als Wärmeträger und einer Feuerungswärmeleistung unter 10 MW, die ab dem 22.03.2010 errichtet werden, dürfen nur betrieben werden, wenn durch eine Bescheinigung des Herstellers belegt wird, dass der unter Prüfbedingungen nach dem Verfahren der Anlage 3, Nummer 2 ermittelte Gehalt des Abgases an Stickstoffoxiden, angegeben als Stickstoffdioxid, in Abhängigkeit von der Nennwärmeleistung die folgenden Werte nicht überschreitet:

- bei Einsatz von Heizöl EL im Sinne von § 3 Absatz 1, Nummer 9

Nennwärmeleistung [kW]	Emissionen in mg/kWh
≤120	110
>120 ≤ 400	120
> 400	185

- bei Einsatz von Gasen der öffentlichen Gasversorgung

Nennwärmeleistung [kW]	Emissionen in mg/kWh
≤ 120	60
>120 ≤ 400	80
> 400	120

Die Möglichkeiten, die Stickstoffoxidemissionen durch feuerungstechnische Maßnahmen nach dem Stand der Technik weiter zu vermindern, sind auszuschöpfen.

(2) In Öl- und Gasfeuerungsanlagen zur Beheizung von Gebäuden oder Räumen mit Wasser als Wärmeträger, die ab dem 22. März 2010 errichtet werden oder durch Austausch des Kessels wesentlich geändert werden, dürfen Heizkessel mit einer Nennwärmeleistung von mehr als 400 kW nur eingesetzt werden, soweit durch eine Bescheinigung des Herstellers belegt werden kann, dass ihr unter Prüfbedingungen nach dem Verfahren der Anlage 3, Nummer 1 ermittelter Nutzungsgrad von 94 % nicht unterschritten wird.

(3) Die Anforderungen nach Absatz 2 gelten für Heizkessel mit einer Nennwärmeleistung von mehr als 1 MW als erfüllt, soweit der nach dem Verfahren der Anlage 3, Nummer 1 ermittelte Kesselwirkungsgrad 94 % nicht unterschreitet.

§ 8 „Ölfeuerungsanlagen mit Zerstaubungsbrenner“ regelt im Satz 3, dass die Grenzwerte für die Abgasverluste nach § 10, Absatz 1 eingehalten werden müssen. Für Gasfeuerungsanlagen besteht die gleiche Forderung in § 9, Satz 2.

## **2 Vorgehensweise zur Umsetzung der Verordnung in die Praxis**

In keinem Fall wird durch die neue 1. BImSchV ein bestimmtes Verfahren oder eine bestimmte Kombination von Produkten vorgeschrieben. Der Heizkesseltausch ist eine wesentliche Änderung, nicht jedoch der Tausch eines Brenners, es sei denn, es erfolgt eine Brennstoffumstellung bzw. die Emissionen verändern sich erheblich.

Grundsätzlich ergeben sich im häuslichen Leistungsbereich bis 120 kW – abgesehen von der Absenkung des NO<sub>x</sub>-Grenzwertes auf 110 mg/kWh bei Heizöl und 60 mg/kWh bei Gasen der öffentlichen Gasversorgung – keine Änderungen der Anforderungen und der Vorgehensweise.

Neu sind NO<sub>x</sub>-Grenzwerte für Feuerungsanlagen im Leistungsbereich bis < 10 MW:

Die Einhaltung der Grenzwerte ist – wie im häuslichen Leistungsbereich bis 120 kW – auf Basis einer Herstellerbescheinigung zu belegen.

Die Herstellerbescheinigung über die Einhaltung der NO<sub>x</sub>-Emissionen ist wie bisher beizufügen

- der Kessel-Brennereinheit (Unit),
- dem Heizkessel ohne Brenner für die Kombination mit handelsüblichen Öl- und Gasbrennern,
- dem Brenner bei Kesseltausch oder Brennstoffwechsel.

Die NO<sub>x</sub>-Grenzwerte gelten als eingehalten, wenn die NO<sub>x</sub>-Emissionen nach den europäischen Normen, z. B. EN 303 (für Heizkessel bzw. Heizkessel/Brenner-Kombinationen und Units) bzw. EN 267 oder EN 676 (für Öl-, Gas- oder Zweistoffbrenner), oder nach einem gleichwertigen Verfahren, insbesondere nach einem in einer anderen europäischen Norm festgelegten Verfahren ermittelt werden.

Ebenfalls neu sind Anforderungen an die Effizienz von Heizkesseln von 400 kW bis 10 MW. Die Einhaltung des Nutzungsgrades für Leistungen > 400 kW bzw. des Kesselwirkungsgrades/Nutzungsgrades für Leistungen > 1 MW von 94 % erfolgt nach den in der Anlage 3 der Verordnung beschriebenen Verfahren, wobei allerdings der Bezug auf die Norm EN 303-5 falsch ist. Richtig ist vielmehr die Anwendung der DIN 4702-8 für die Bestimmung der Nutzungsgrade für öl- und gasbefeuerte Anlagen oder die Anwendung der EN 14394 für öl- bzw. gasbefeuerte Anlagen von 1 bis 10 MW.



Auf den folgenden Seiten sind beispielhaft Vordrucke für die verschiedenen Herstellerbescheinigungen zusammengestellt. Im Einzelnen:

- Herstellerbescheinigung für Heizkessel mit Brenner: Nennwärmeleistungen von 400 bis 1 000 kW oder 1 bis 10 MW
- Herstellerbescheinigung für Heizkessel ohne Brenner: Nennwärmeleistungen bis 400 kW
- Herstellerbescheinigung für Öl-, Gas- und Zweistoffbrenner
- Herstellerbescheinigung für Heizkessel ohne Brenner: Nennwärmeleistungen von 400 bis 1 000 kW oder 1 bis 10 MW
- Herstellerbescheinigung für Heizkessel mit Brenner: Nennwärmeleistungen bis 400 kW

Firmenlogo oder -stempel

## Herstellerbescheinigung gemäß 1. BImSchV, § 6, Absatz 1, Absatz (2) für Nennwärmeleistungen von 400 bis 1 000 kW oder Absatz (3) für Nennwärmeleistungen von 1 bis 10 MW

Wir erklären, dass die nachfolgend aufgeführten heiztechnischen Produkte ab Baujahr 2010 den Anforderungen der 1. BImSchV in der Fassung vom 26. Januar 2010 hinsichtlich Nutzungsgrad (auch als Kesselwirkungsgrad ab 1 MW Nennwärmeleistung) und NOx-Grenzwerten entsprechen, jeweils bestimmt nach Anlage 3 und EN 267 bzw. EN 676:

### Heizkessel mit Ölbrenner, Gasbrenner oder Zweistoffbrenner

	Leistung
Kessel mit Brenner 1	) .....
Kessel mit Brenner 2	) .....
Kessel mit Brenner 3	) .....
.....	) .....
Kessel mit Brenner x	) .....
.....	) .....

Ort, Datum ..... Firma .....

Unterschriften .....

<sup>1)</sup> Niedertemperaturheizkessel gemäß § 2, Abs. 10 der EnEV vom 24. Juli 2007

<sup>2)</sup> Brennwertheizkessel gemäß § 2, Abs. 11 der EnEV vom 24. Juli 2007

Firmenlogo oder -stempel

## Herstellerbescheinigung gemäß 1. BImSchV, § 6, Absatz (1) für Nennwärmeleistungen bis 400 kW

Wir erklären, dass die nachfolgend aufgeführten Heizkessel ohne Brenner ab Baujahr 2010 den Anforderungen der 1. BImSchV in der Fassung vom 26. Januar 2010 entsprechen und dass sie die dort geforderten NOx-Grenzwerte, gemessen nach Anlage 3 und EN 267 bzw. EN 676, einhalten.

### Heizkessel ohne Brenner\*)

	Leistung
Kessel 1	) .....
Kessel 2	) .....
Kessel 3	) .....
.....	) .....
.....	) .....
Kessel x	²) .....
.....	²) .....

Ort, Datum ..... Firma .....

Unterschriften .....

¹) Niedertemperaturheizkessel gemäß § 2, Abs. 10 der EnEV vom 24. Juli 2007

²) Brennwertheizkessel gemäß § 2, Abs. 11 der EnEV vom 24. Juli 2007

) „Für den verwendeten Ölbrenner muss eine Bescheinigung darüber vorliegen, dass er der DIN EN 267 entspricht und die NOx-Grenzwerte der 1. BImSchV, § 6 einhält.“ „Für den verwendeten Gasbrenner muss eine Bescheinigung darüber vorliegen, dass er der DIN EN 676 entspricht und die NOx-Grenzwerte der 1. BImSchV, § 6 einhält.“ „Für den verwendeten Zweistoffbrenner muss eine Bescheinigung darüber vorliegen, dass er der DIN EN 267 bzw. der EN 676 entspricht und die NOx-Grenzwerte der 1. BImSchV, § 6 einhält.“

Firmenlogo oder -stempel

## Herstellerbescheinigung gemäß 1. BImSchV, § 6, Absatz (1)

Wir erklären, dass die nachfolgend aufgeführten Brenner ab Baujahr 2010 den Anforderungen der 1. BImSchV in der Fassung vom 26. Januar 2010 entsprechen und dass sie die dort geforderten NOx-Grenzwerte, gemessen nach Anlage 3 und EN 267 bzw. EN 676, einhalten.

### Öl-, Gas- und Zweistoffbrenner

		Leistung
<b>Ölbrenner</b>	Brennertyp 1	Ausführung .....
	Brennertyp 2	Ausführung .....
<b>Gasbrenner</b>	Brennertyp 1	Ausführung .....
	Brennertyp 2	Ausführung .....
<b>Zweistoffbrenner</b>	Brennertyp 1	Ausführung .....
	Brennertyp 2	Ausführung .....

Ort, Datum ..... Firma .....

Unterschriften .....

Firmenlogo oder -stempel

## Herstellerbescheinigung gemäß 1. BImSchV, § 6, Absatz (1), Absatz (2) für Nennwärmeleistungen von 400 bis 1 000 kW oder Absatz (3) für Nennwärmeleistungen von 1 bis 10 MW

Wir erklären, dass die nachfolgend aufgeführten heiztechnischen Produkte ab Baujahr 2010 den Anforderungen der 1. BImSchV in der Fassung vom 26. Januar 2010 hinsichtlich Nutzungsgrad (auch als Kesselwirkungsgrad ab 1 MW Nennwärmeleistung) und NO<sub>x</sub>-Grenzwerten entsprechen, jeweils bestimmt nach Anlage 3 und EN 267 bzw. EN 676.

### Heizkessel ohne Brenner\*)

	Leistung
Kessel 1	1) .....
Kessel 2	1) .....
Kessel 3	1) .....
.....	1) .....
.....	1) .....
Kessel x	2) .....
.....	2) .....

Ort, Datum ..... Firma .....

Unterschriften .....

1) Niedertemperaturheizkessel gemäß § 2, Abs. 10 der EnEV vom 24. Juli 2007

2) Brennwertheizkessel gemäß § 2, Abs. 11 der EnEV vom 24. Juli 2007

3) „Für den verwendeten Ölbrenner muss eine Bescheinigung darüber vorliegen, dass er der DIN EN 267 entspricht und die NO<sub>x</sub>-Grenzwerte der 1. BImSchV, § 6 einhält.“ „Für den verwendeten Gasbrenner muss eine Bescheinigung darüber vorliegen, dass er der DIN EN 676 entspricht und die NO<sub>x</sub>-Grenzwerte der 1. BImSchV, § 6 einhält.“ „Für den verwendeten Zweistoffbrenner muss eine Bescheinigung darüber vorliegen, dass er der DIN EN 267 bzw. der EN 676 entspricht und die NO<sub>x</sub>-Grenzwerte der 1. BImSchV, § 6 einhält.“

Firmenlogo oder -stempel

## Herstellerbescheinigung gemäß 1.BImSchV, § 6, Absatz (1) für Nennwärmeleistungen bis 400 kW

Wir erklären, dass die nachfolgend aufgeführten Heizkessel mit Brenner (Units) ab Baujahr 2010 den Anforderungen der 1. BImSchV in der Fassung vom 26. Januar 2010 entsprechen und dass sie die dort geforderten NOx-Grenzwerte, gemessen nach Anlage 3 und EN 267 bzw. EN 676, einhalten.

### Heizkessel mit Ölbrenner, Gasbrenner oder Zweistoffbrenner

	Leistung
Kessel mit Brenner 1	1) .....
Kessel mit Brenner 2	1) .....
Kessel mit Brenner 3	1) .....
.....	1) .....
Kessel mit Brenner x	2) .....
.....	2) .....

Ort, Datum ..... Firma .....

Unterschriften .....

# Einsatz von schwefelarmem Heizöl mit biogenen Komponenten in Feuerungsanlagen

## 1 Grundsätzliches

Im Sinne der energiepolitischen Zielsetzung: „Energieeffizienz erhöhen und den Einsatz erneuerbarer Energien ausbauen“, leistet der Einsatz von schwefelarmen Heizöl EL mit biogenen Komponenten vor allem in Verbindung mit Brennwerttechnik einen wesentlichen Beitrag. Der Einsatz dieser Brennstoffe in Feuerungsanlagen kann zur Erreichung der 2020-Ziele der Bundesregierung eine Option sein.

Am Beispiel des Wärmegesetzes in Baden-Württemberg wird aufgezeigt, dass auch allein durch den Einsatz von Heizöl mit biogenen Komponenten die Anforderungen des Gesetzgebers erfüllt werden können. Bei Modernisierungsmaßnahmen können durch eine Zumischung von mindestens 10 % Biokomponenten die gesetzlich geforderten Anteile an erneuerbaren Energien nachgewiesen werden.

Ausgangsstoffe für diese Biokomponenten sind in der Regel Pflanzenöle. Bei den Pflanzenölen muss grundsätzlich zwischen kaltgepressten und veresterten Produkten unterschieden werden. Naturbelassene Pflanzenöle (z. B. kaltgepresst) kommen üblicherweise in häuslichen Heizungsanlagen nicht zum Einsatz. Bei der Veresterung wird das Ausgangsprodukt unter Zugabe von Alkoholen und speziellen Katalysatoren gespalten und chemisch umgesetzt – verestert – zu einem Fettsäuremethylester (FAME; auch bekannt als Biodiesel).

## 2 Normung

Die Anforderungen an Heizöl EL als Brennstoff für Feuerungsanlagen sind in der DIN 51603-1 festgelegt. Mit einer Vornorm für alternative und Bioheizöle, die DIN V 51603-6, wurden erste produktspezifische Anforderungen unter der Zielsetzung definiert, dass diese neuen Brennstoffe für bestehende Ölheizungsanlagen zum Einsatz kommen können. Hier sind sowohl die Produkthanforderungen als auch die Prüfmethode verbindlich vorgegeben.

## 3 Erfahrungen der Geräteindustrie

Gemeinsam von der Geräte- und der Mineralölindustrie wurde über mehrere Heizperioden ein europäischer Feldversuch mit biogenen Komponenten in den wichtigsten Märkten für Heizöl EL durchgeführt. Dabei kamen zuerst 5 % und später 10 % FAME in neuen bzw. bestehenden häuslichen Feuerungsanlagen zum Einsatz. Ziel war es, die bisherigen punktuellen Erfahrungen der Geräteindustrie mit den vorgenannten Brennstoffen bezüglich der Betriebssicherheit der Anlagen zu überprüfen.

In weiteren Untersuchungen wurden neben der Verbrennung und Lagerung der Mischungen auch eventuelle Auswirkungen der biogenen Komponenten auf die Werkstoffe der gesamten Feuerungsanlage und die Langzeitstabilität der Brennstoffe untersucht.

## 4 Bewertung

Der bisherige Erfahrungshintergrund erlaubt zurzeit den Einsatz von maximal 5 % biogener Komponenten in schwefelarmen Heizöl EL ohne eine Einschränkung der Gewährleistungen für Betriebssicherheit, Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit der Feuerungsanlage seitens der Geräteindustrie. Der Hersteller kann jedoch in Abhängigkeit von Produkt und Ausstattung abweichende Angaben machen.

Der Einsatz von Heizölen mit einem Anteil von mehr als 5 % biogener Komponenten, kann besondere Maßnahmen bei den verwendeten Materialien und der Installation in den Feuerungsanlagen erforderlich machen.





# Verbesserte Qualitäten bei Heizöl EL

## 1 Heizölqualität – Werbung

Heizöl EL muss mindestens den Anforderungen der DIN 51603-1 entsprechen. Am Markt wird heute neben der Standardware mit einem Schwefelgehalt von maximal 1 000 mg/kg verstärkt die schwefelarme Heizölqualität mit einem Schwefelgehalt unter 50 mg/kg angeboten.

Infolge dieser neuen Produktangebote stellen zahlreiche Kunden von Kleinfeuerungsanlagen Fragen nach den Verbesserungen, die diese verschiedenen Heizölsorten bieten; der nachfolgende Text soll daher zur Klärung beitragen.

## 2 Grundsätzliches

Die Anforderungen an Heizöl EL sind in der DIN 51603-1 festgelegt. Diese Norm wurde letztmalig im Januar 2011 den verschärften Anforderungen angepasst. Dabei wurden auch Anforderungen an die thermische Stabilität und die Lagerstabilität aufgenommen.

## 3 Grundlegende Informationen

Moderne Brenner- und Heizkesselsysteme sind für den Einsatz von Heizöl EL nach DIN 51603-1 ausgelegt.

Um die steigenden Anforderungen an die Energieausnutzung und den reduzierten Schadstoffausstoß zu erfüllen, werden vielfach Feuerungssysteme eingesetzt, die eine Erwärmung des Heizöles im Brenner bewirken. Vor diesem Hintergrund ist eine erhöhte thermische Belastbarkeit des Brennstoffes wünschenswert.

Durch die Modernisierung älterer Heizungsanlagen und die verbesserte Wärmedämmung moderner Gebäude nimmt die Heizlast ab und reduziert den jährlichen Brennstoffverbrauch. Zusammen mit eventuell vorhandenen größeren Lagermengen führt dies erwartungsgemäß zu einer verlängerten Verweilzeit des Brennstoffes im Lagertank. Um eine dadurch verstärkt einsetzende Bildung von Alterungsprodukten entgegenzuwirken, sind Maßnahmen zur Verbesserung der Lagerstabilität des Brennstoffes vorteilhaft.

## 4 Überlegungen der Mineralölwirtschaft

Die dargestellten Gegebenheiten haben viele Mineralölgesellschaften veranlasst, an diese Bedingungen angepasste Heizölqualitäten zu entwickeln. Die Verbesserungsmaßnahmen werden durch Additivpakete mit verschiedenen Wirkstoffkombinationen realisiert.

Der Kunde kann somit zwischen verschiedenen Heizölqualitäten wählen.

### 4.1 Standard-Heizöl EL

#### Die in ihrer Stabilität verbesserte Heizölqualität

Die Verbesserungsmaßnahmen werden durch Additivpakete mit verschiedenen Wirkstoffkombinationen realisiert.

Die Vorteile sind u. a.:

- längere Lagerstabilität
- höhere thermische Stabilität

- geringere Geruchsbelästigung<sup>1)</sup> beim Tankvorgang durch Zusatz von sogenannten „Geruchsüberdeckern“

#### **4.2 Die schwefelarme und in ihrer Stabilität verbesserte Heizölqualität**

Zusätzlich zu den vorgenannten Vorteilen werden von der Mineralölwirtschaft aus ökologischen Gründen nunmehr auch schwefelarme Heizölqualitäten angeboten. Gegenüber dem heute maximal zulässigen Schwefelgehalt von 0,1 Gewichtsprozent (Gew.-%) werden diese Heizölqualitäten mit einem Schwefelgehalt kleiner 0,005 Gew.-% Schwefel aktuell am Markt angeboten.

### **5 Bewertung der Verbesserungen**

Die Reduzierung des Schwefelgehaltes wirkt sich im Allgemeinen nicht negativ auf die Feuerungsanlage aus. Sie wird nicht nur aus ökologischen Gründen begrüßt, sondern auch aus gerätetechnischer Sicht. Beim Einsatz der schwefelarmen Qualität werden in der Regel die Verschmutzungen der Heizflächen des Wärmetauschers deutlich reduziert. Bei Öl-Brennwertgeräten bis 200 kW kann zudem auf die Neutralisation des Kondensats verzichtet werden. Darüber hinaus werden die Anstrengungen der Mineralölwirtschaft begrüßt und anerkannt, sowohl die thermische als auch die Lagerstabilität zu verbessern.

Generell ist jedoch zwischen Heizölqualitäten mit und ohne Verbrennungsverbesserern zu unterscheiden. Bei modernen Brennern sind Verbrennungsverbesserer nicht notwendig, weil sie – bei richtiger Einregulierung – praktisch rußfrei arbeiten.

Die Verbesserung der Brennstoffe ersetzt nicht die jährliche Inspektion der Feuerungsanlage. Durch die Wartung wird eine gleichbleibend hohe Energieausnutzung mit niedrigem Schadstoffemission erreicht.

---

<sup>1)</sup> Diese Eigenschaft verliert sich nach einiger Zeit.

# Heizöle nach DIN 51603-1 und DIN V 51603-6

Grundsätzlich sind drei Heizölsorten zu unterscheiden:

- Heizöl EL Standard, das sogenannte Standard Heizöl EL (DIN 51603-1),
- Heizöl EL Schwefelarm, das schwefelarme Heizöl EL (DIN 51603-1) und
- Heizöl EL Alternativ, z. B. das sogenannte Bioheizöl, (DIN V 51603-6).

Schwefelarmes Heizöl und Standard Heizöl unterscheiden sich in drei Punkten:

- beim Schwefelgehalt,
- der definierten Schmierfähigkeit beim schwefelarmen Heizöl,
- beim Einsatz von aschebildenden Additiven, die im schwefelarmen Heizöl unzulässig sind.

Das schwefelarme Heizöl wurde insbesondere für die Öl-Brennwerttechnik und neue Brennertechnologien wie z. B. Oberflächenbrenner entwickelt. Die Produktvorteile kommen jedoch genauso in allen übrigen Heizkesseln zum Tragen. Der Schwefelgehalt wurde nicht nur wegen der Umwelteigenschaften reduziert – Kondensateinleitung ohne Neutralisation, niedrige Schadstoffemissionen –, sondern weil ein hoher Schwefelanteil auch nachweislich zu höheren Ablagerungen und Rückständen im Gerät führt. Das schwefelarme Heizöl, erhöht somit generell die Betriebssicherheit und ermöglicht einen dauerhaften hocheffizienten Betrieb der Ölheizung.

Bioheizöl wird heute durch die Mischung von schwefelarmem Heizöl und FAME (Fatty Acid Methyl Ester) hergestellt, allgemeinsprachlich auch Biodiesel genannt. Die Mischung muss als Heizöl EL Alternativ Bio gekennzeichnet werden und darf nicht als Standard oder schwefelarmes Heizöl ausgeliefert werden. Wenn der „Bio-Anteil“ beispielsweise zwischen 3 und < 5,9 Prozent liegt, muss das Heizöl als „Heizöl EL A Bio 5“ bezeichnet werden.

In der Vergangenheit waren teilweise aschebildende Additive für Betriebsstörungen ursächlich, deshalb dürfen nach DIN 51603-1 und DIN V 51603-6 diese Additive nicht im schwefelarmen Heizöl und im nicht Bioheizöl eingesetzt werden.

## **Fazit:**

**Aschebildende Additive sind im schwefelarmen Heizöl und im Bioheizöl unzulässig.**

In der folgenden Tabelle sind einige wesentliche Anforderungen an die verschiedenen Heizölsorten aufgeführt:

Genormt in der	DIN 51603 Teil 1		DIN V 51603 Teil 6
	Standard Heizöl EL	Schwefelarmes Heizöl EL	Alternatives Heizöl bzw. Bioheizöl
Schwefelgehalt	Mindestens mehr als 50 mg/kg und maximal 1.000 mg/kg	Maximal 50 mg/kg	
Schmierfähigkeit nach E DIN ISO 12156-1	Keine Anforderung	Maximal 460 µm	
Geeignete Additive	Asche bildende Additive zulässig	Asche bildende Additive unzulässig	
Zumischung von FAME (Biodiesel)	Unzulässig, maximal 0,5 Volumenprozent durch logistische Situationen		Zulässig, nach Art und Volumenanteilen anzugeben
Brennwert mindestens	45,4 MJ/kg		42,0 MJ/kg
Wassergehalt maximal	200 mg/kg		300 mg/kg
Thermische Stabilität nach DIN 51371	Ist anzugeben		Zurzeit kein geeignetes Verfahren
Oxidationsstabilität nach DIN EN 14112	Keine Anforderungen		Ist anzugeben

Grafik: IWO

## 1 Additivierung durch den Mineralölhandel

Heizöl wird schon während der Produktion in der Raffinerie mit einer Grundadditivierung durch den Hersteller versehen. Dies ist erforderlich, um das normgerechte Kälteverhalten, die erforderliche Schmierfähigkeit oder auch die sichere Handhabung (durch Additive wird z. B. eine statische Aufladung reduziert) sicherzustellen.

Durch die Zugabe der sogenannten Premiumadditive – in der Regel automatisch am Tankwagen – können weitere Qualitätseigenschaften positiv beeinflusst und die Betriebssicherheit einer Ölfeuerungsanlage in der Praxis erhöht werden. Diese Additive sind u. a. vorteilhaft bei langen Lagerungszeiten, sie können die katalytische Wirkung von Buntmetallen auf die Ölalterung reduzieren, ggf. den Verbrennungsprozess unterstützen oder auch Ablagerungen reduzieren. Überdies kann durch Additivierung Ölgeruch überdeckt werden.

### Fazit:

Eine Additivierung durch den Mineralölhandel verbessert gezielt bestimmte Produkteigenschaften, muss aber in jedem Fall auf die verwendete Heizölsorte abgestimmt werden.

# Ölzerstäuberdüsen

- EN 293 – Mindestanforderungen, Prüfungen<sup>1)</sup>
- EN 299 – Prüfung der Sprühcharakteristik und des Sprühwinkels<sup>1)</sup>

## 1 Düsenkennzeichnung

Die Kennzeichnung der Düsen wird gemäß der EN 293 auf den Schlüsselstellen wie folgt vorgenommen (Angaben beispielhaft):

Kennzeichnungsflächen:

1	2	3	4	5	6	1
Firmen- logo	kg/h	EN 80° II	----- I I -----	USgal/h 0.6	60° S	Firmen- logo

← EN-Kennzeichnung → ← mögliche firmeninterne Kennzeichnung →

## 2 Erläuterung der Markierungen

Flächen 1–3:

Kennzeichnung mit Angaben gemäß der EN 293

zu 1:

- Name oder Zeichen des Herstellers

zu 2:

- Nenndurchsatz in kg/h bei 10 bar (Referenzbedingungen gemäß EN 293)

Anmerkung:

Früher betrug der Prüfdruck 7 bar. Durch die Änderung von 7 bar auf 10 bar verändert sich die Zerstäubung (Sprühbild) und der Durchsatz.

zu 3:

- Indexwinkel, z. B. 80°, gemäß der standardisierten Winkelmessmethode nach EN 299

Anmerkung:

Diese Messmethode weicht von den früher verwendeten herstellerbezogenen Messmethoden ab.

- Art des Sprühmusters z. B.: I, II, III oder IV;

Anmerkung:

Neu bestimmte Messmethode mit einer rechnerisch ermittelten Indexzahl für eine bestimmte Gruppe von Ölbrennerdüsen.

- Das Konformitätszeichen „EN“ bestätigt die Einhaltung der europäischen Normen.

<sup>1)</sup> Diese Normen gelten für Öldruckzerstäuberdüsen bis 6,3 kg/h bei 10 bar (1,75 gal/h bei 7 bar). Sie sollen die Austauschbarkeit der Düsen im Markt erleichtern, die äußeren Abmessungen innerhalb engerer Toleranzen festlegen und die Prüfverfahren vereinheitlichen. In der Norm EN 293 wurde auch der Öldurchsatz pro Stunde mit erheblich engeren Toleranzen festgelegt, was den Service an der Anlage vereinfacht.

**Flächen 4–6: Kennzeichnung mit zusätzlichen Vergleichsangaben oder firmeninternen Angaben**

**Beispiele einer Düsenmarkierung auf den Schlüssel­flächen zweier Hersteller**

Bezeichnung alt

1	2	3	4
	0,50 USgal/h	60°S	
	0,65 USgal/h	60°B	

Bezeichnung neu

1	2	3	4
	1,87 kg/h	80° II	
	2,50 kg/h	80° I	

Weitere Informationen zu den einzelnen Düsenfabrikaten erhalten Sie beim jeweiligen Hersteller.

# Sicherheitseinrichtungen gegen Aushebern von Heizöl

## 1 Gesetzliche Anforderungen:

Nach § 62 des Gesetzes zur Ordnung des Wasserhaushalts (Wasserhaushaltsgesetz – WHG) vom 31. Juli 2009 wird für alle Anlagen zum Lagern, Abfüllen, Herstellen und Behandeln wassergefährdender Stoffe die Anforderung gestellt, dass diese so beschaffen sein und so errichtet, unterhalten, betrieben und stillgelegt werden müssen, damit eine nachteilige Veränderung der Eigenschaften von Gewässern nicht zu besorgen ist. Im Ergebnis einer Gefährdungsabschätzung für Heizöl-Versorgungsanlagen ist ein mögliches Aushebern sicher auszuschließen.

Weiter heißt es im WHG, dass diese Anlagen zur entsprechend den allgemein anerkannten Regeln der Technik beschaffen sein sowie errichtet, unterhalten, betrieben und stillgelegt werden dürfen. Den heutigen Sicherheitsstand für Ölversorgungsanlagen gibt die DIN 4755 als TRÖ – Technische Regel Ölfeuerungsinstallation – wieder. Die Umsetzung des WHG erfolgt derzeit noch durch die entsprechenden Anlagenverordnungen VAWS der einzelnen Bundesländer.

## 2 Begriff „Aushebern“

Die Gefahr des Auslaufens von Öl während des Brenner-/Ölförderaggregat-Stillstandes durch den Schweredruck der Ölsäule in Ölleitungen besteht, wenn:

- der maximale Flüssigkeitsstand im Öltank über dem tiefsten Punkt der Saugleitung liegt – Maß  $\Delta H_1$  – oder
- eine Förderleitung als Saugleitung unterhalb des höchsten Flüssigkeitsstands in der Ölfördereinrichtung liegt.

Dieser Zustand wird als Aushebern bezeichnet und kann mit einer Sicherheitseinrichtung gegen Aushebern wirkungsvoll verhindert werden.

## 3 Sicherheitseinrichtung gegen Aushebern

Sicherheitseinrichtungen gegen Aushebern bedürfen einer allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung durch das Deutsche Institut für Bautechnik DIBt.

Eine mechanische Sicherheitseinrichtung gegen Aushebern ist nach DIN EN 12514-2, eine elektromagnetische Sicherheitseinrichtung nach DIN EN ISO 23553-1 auszuführen für einen maximal zulässigen Druck 6 bar. Nach DIN 4755 ist sicherzustellen, dass beim Einbau eine Druckentlastung gegen unzulässigen Überdruck gewährleistet ist. Vorteilhaft ist bereits eine integrierte Einrichtung zur Druckentlastung.

Sicherheitseinrichtungen gegen Aushebern werden auf dem Markt unter verschiedenen Herstellerbezeichnungen angeboten, z. B. als Hebersicherung, Heberschutzventil, Antiheberventil oder Magnetventil. Diese können sowohl für die Nachrüstung als auch für die Neuinstallation verwendet werden.



## 4 Funktion der Sicherheitseinrichtung gegen Aushebern

### a) Bauart elektromagnetisch:

stromlos geschlossen

Diese Bauart wird mit der Ölfördereinrichtung elektrisch parallel geschaltet. Es ist bei Brennerstillstand stromlos geschlossen und sperrt die Ölleitung ab. Mit Anlaufen der Brennerpumpe liegt die Steuerspannung am Magnetventil an. Das Magnetventil öffnet und gibt den Durchfluss an Heizöl frei. Der Druckverlust ergibt sich nur aus dem Öldurchfluss. Die elektrischen Anschlussbedingungen des Brennerherstellers sind zu beachten.

**b) Bauart mechanisch:**

Erst nach Anlaufen der Brennerpumpe öffnet diese infolge des erzeugten Unterdruckes in der Entnahmeleitung und gibt den Öldurchfluss frei. Die erforderliche Öffnungskraft wird bei Undichtheit in der Saugleitung nicht erreicht, die Sicherheitseinrichtung gegen Aushebern bleibt geschlossen und verhindert zuverlässig ein eventuelles Auslaufen des Heizöles. Da der Schweredruck des Heizöles in der Rohrleitung von der Höhendifferenz abhängt, muss eine der Höhendifferenz – Maß  $\Delta H_3$  – entsprechende Sicherheitseinrichtung eingebaut werden. Bei einstellbaren Sicherheitseinrichtungen gegen Aushebern muss unbefugtes Verstellen erkennbar sein, z. B. durch Lack oder Plombe.

Der Druckverlust für das Leitungssystem ergibt sich aus dem Öldurchfluss und dem Öffnungsdruck der Sicherheitseinrichtung gegen Aushebern, reduziert um den Schweredruck der Ölsäule aus der Höhendifferenz Maß  $\Delta H_3$ .

## **5 Einbau der Sicherheitseinrichtung gegen Aushebern**

**a) Einbauort am Öltank**

Die Sicherheitseinrichtung gegen Aushebern ist in die Entnahmeleitung stets über dem maximalen Flüssigkeitsspiegel (höchstmögliches Niveau des Ölspiegels im Tank) einzubauen. Empfohlen wird der Einbau oberhalb des Tankscheitels.

**b) Einbauort Ölfördereinrichtung**

Die Sicherheitseinrichtung gegen Aushebern ist in die Förderleitung einzubauen, wenn Teile der nachfolgenden Ölleitung unterhalb des max. Füllstandes im Ölfördereinrichtung liegen. Der Einbauort muss oberhalb des höchsten Flüssigkeitsstandes der Ölfördereinrichtung erfolgen, bevor die Saugleitung das erste Mal unter dieses Niveau fällt.

Allgemeine Einbauhinweise:

- Zugänglich wegen erforderlicher Kontrollen
- Angegebene Durchflussrichtung beachten
- Ein Vorfilter verhindert zuverlässig eventuelle Ablagerungen, die die Sicherheitsfunktion beeinträchtigen können

## **6 Hinweis zur Betriebssicherheit der Ölversorgungsanlage**

In der Praxis hat es sich gezeigt, dass Installationen mit mechanischen Sicherheitseinrichtungen gegen Aushebern problematisch sein können, wenn nicht alle Randbedingungen einwandfrei beachtet werden. Sauerstoff und Gase, die immer im Heizöl enthalten sind, können durch zu hohen Unterdruck ( $> 0,4$  bar) ausgasen. Es ergibt sich dann der gleiche Effekt, als wenn Luft im Heizöl wäre. Gas-/Luftblasen, die in das Zahnradgetriebe der Pumpe gelangen, zerstören den für die Schmierung notwendigen Ölfilm. Diese Schmierfilmunterbrechungen verursachen Geräusche und einen schnelleren Verschleiß der Ölbrennerpumpe. In extremen Fällen kommt es zu Kavitationserscheinungen, wenn zum Beispiel durch zu hohen Unterdruck ( $> 0,4$  bar) ausgeschiedene Gasblasen infolge Druckanstieges implodieren (zusammengedrückt werden). Es kommt zu weiterer Geräuschbildung und Beschädigungen der Ölbrennerpumpe. Zu viel Luft/Gas im Heizöl kann auch zu Brennerstörungen durch Flammenabriss führen.

Wichtiger Hinweis für das Zweistrangsystem:

Der Einbau einer mechanischen Sicherheitseinrichtung gegen Aushebern kann im Allgemeinen nicht empfohlen werden, weil

- die Ölbrennerpumpe bereits höhere Ansaugdrücke für die großen Öldurchflüsse aufbringen muss und
- die druckbeaufschlagte Rücklaufleitung nicht von der Sicherheitseinrichtung gegen Aushebern überwacht wird.

Vor Einbau einer mechanischen Sicherheitseinrichtung gegen Aushebern in ein Zweistrangsystem ist durch eine Messung der höchste Unterdruck festzustellen. Unter Berücksichtigung der Herstellerangaben zu Druckverlust bei Öldurchfluss



und Öffnungsdruck ist der sich ergebene neue Unterdruck in der Saugleitung dann zu ermitteln.

Beachte: maximal  $-0,4$  bar!

Für Zweistrangsysteme wird daher der Einbau einer elektromechanischen Sicherheitseinrichtung gegen Aushebern empfohlen.

## 7 Installation der Sicherheitseinrichtung gegen Aushebern

Mit dem Einbauen, Instandhalten, Instandsetzen und Reinigen dürfen nur solche Betriebe beauftragt werden, die für diese Tätigkeit Fachbetriebe im Sinne der Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen vom 31. März 2010 sind. Dieses trifft nicht zu, wenn die Anlage nach landesrechtlichen Vorschriften von der Fachbetriebspflicht ausgenommen ist.

Bei der Installation ist darauf zu achten, dass der saugseitige Unterdruck an der Ölbrennerpumpe  $-0,4$  bar im ungünstigsten Fall nicht übersteigt. Zu berücksichtigen sind hierbei:

- die maximale Saughöhe bei minimalem Ölstand;
- die Saugleitungslänge;
- Innendurchmesser der Saugleitung  $D$  und Fließgeschwindigkeit  $w$ ;

$$w = 0,3537 \cdot \dot{V} / D^2$$

**Legende:**

$\dot{V}$  Heizölvolumendurchfluss in l/h

Anmerkung:

- empfohlene Fließgeschwindigkeit  $w = 0,2$  bis  $0,5$  m/s
- Innendurchmesser kleiner  $4$  mm können nur in Verbindung mit einem Vorfilter empfohlen werden!
- die Viskosität des Öles im Öltank bei extremer Wintertemperatur;
- frostsichere Verlegung der Saugleitung vom Öltank, gegebenenfalls technische Einrichtungen zur Beheizung bei der Verlegung in Domschächten oder im Freien vorsehen;
- der zusätzliche Druckverlust weiterer Armaturen (z. B. Ölfilter, Absperrventile, ...);
- Einhaltung oder Einstellung der Einstellhöhe  $\Delta H$  der mechanischen Sicherheitseinrichtung unter Vorgabe der Höhendifferenz Maß  $\Delta H_3$ .  
Es gilt:  $\Delta H \geq \Delta H_3$ ;
- die Sicherstellung einer Druckentlastung in den angeschlossenen Ölleitungen;
- die Herstellerangaben zu:
  - zulässige Betriebstemperatur  $T_S$ ,
  - maximal zulässiger Druck  $P_S$ ,
  - minimal zulässiger Druck  $P_S$  der elektromagnetischen Sicherheitseinrichtung,
  - Einstellhöhe  $\Delta H$  der mechanischen Sicherheitseinrichtung,
  - Druckentlastung der angeschlossenen Ölleitung,
  - Druckverlust bei Öldurchfluss,
  - Öffnungsdruck,
  - Einbaulage,
  - Eignung und Maßnahmen für überschwemmungsgefährdete Gebiete,
  - Funktionskontrolle,
  - Wartung und Service.

Zur Sicherstellung einer Druckentlastung in den angeschlossenen Ölleitungen infolge temperaturbedingter Volumenänderung des eingeschlossenen Heizöles wird empfohlen:

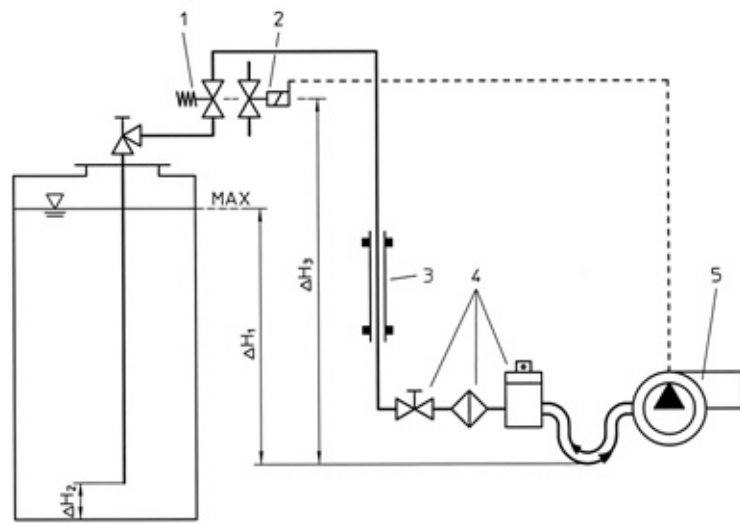
- Einbau einer Sicherheitseinrichtung gegen Aushebern mit integrierter ausgangseitigen Druckentlastung
- Entnahmearmatur am Öltank ohne Rückflussverhinderer oder zusätzliche Druckausgleichseinrichtung einbauen.

Wird die Ölversorgungsanlage von Zwei- auf Einstrangsystem umgestellt, so ist der Innendurchmesser der Saugleitung unbedingt anzupassen.

## 8 Wartung und Prüfung

Die Sicherheitseinrichtung gegen Aushebern ist wiederkehrend in angemessenen Zeitabständen gemäß der allgemein bauaufsichtlichen Zulassung zu prüfen.

Nach DIN 4755 ist die mechanische (membrangesteuerte) Sicherheitseinrichtung gegen Aushebern spätestens nach zehn Jahren auszutauschen. Ein Austausch ist nicht erforderlich, wenn vom Hersteller eine höhere Nenn-Lebensdauer gewährleistet wird oder die ordnungsgemäße Beschaffenheit durch eine befähigte Person bestätigt wird.



## 9 Installationsbeispiel:

### Legende:

- 1 mechanische Sicherheitseinrichtung
- 2 elektrische Sicherheitseinrichtung
- 3 Schutzrohr (falls erforderlich)
- 4 Filterkombination mit Absperrventil
- 5 Ölbrenner

$\Delta H_1 > 0$  Höhendifferenz zwischen max. Füllstand im Öltank und tiefstem Punkt in der Saugleitung (z. B. Unterkante der Filtertasse, hängender Schlauch)

$\Delta H_2 \geq 0,05$  m, empfohlen 0,1 m oder schwimmende Entnahme

$\Delta H_3$  Einstellmaß der Sicherheitseinrichtung gegen Aushebern

# Betriebsbedingungen für Heizkessel im Leistungsbereich über 100 kW

Ziel moderner Kesselentwicklung ist es, bei unverändert hohem Komfort die Energieausnutzung zu optimieren. Dies führt u. a. zu niedrigen Abgastemperaturen und zu einer hohen Brennstoffausnutzung sowie zur Minimierung der Betriebsbereitschaftsverluste. Vielfach werden auch Wärmeerzeuger mit höheren Leistungen in Brennwerttechnik eingesetzt.

Um Störungen oder Schäden an der Kesselanlage zu vermeiden, ist die sorgfältige Beachtung von Betriebsbedingungen erforderlich. Diese Bedingungen sind aufgrund physikalischer Gesetzmäßigkeiten formuliert und müssen je nach Kesselausführung und Hersteller variiert werden.

Um Planern und Heizungsfirmen klare Vorgaben der Betriebsbedingungen zu geben, ist auf der Rückseite eine tabellarische Übersicht mit einem Beispiel über die nachstehend genannten Parameter gegeben.

Die Hersteller haben vorgesehen, die bei den jeweiligen Kesseltypen zu beachtenden Betriebsbedingungen in dieser übersichtlichen Form anzugeben.

Nachfolgend werden allgemeine erläuternde Hinweise zu den einzelnen Parametern gegeben, wobei natürlich die Angaben der Hersteller verbindlich sind.

## 1 Heizwasser-Volumenstrom

Mit einem geeigneten Volumenstrom durch den Heizkessel wird eine gute Regelbarkeit des Kessels erreicht. Der Mindestwert gewährleistet eine gleichmäßige Durchströmung und damit einen gleichmäßigen Abtransport der Wärme von den feuerberührten Kesselwänden. Ein maximaler Wert darf andererseits ebenfalls nicht überschritten werden, um Störungen in der Durchströmung sicher zu verhindern. Es ergibt sich somit eine maximale und minimale Temperaturdifferenz zwischen Vor- und Rücklauf.

## 2 Kesselrücklauftemperatur

Die Kesselhersteller geben für die betreffenden Typen eine einzuhaltende minimale Kesselrücklauftemperatur vor. Die Mindesttemperatur ist, je nach Kesselkonstruktion, Betriebsweise des Brenners und Brennstoff, verschieden. Ihre Unterschreitung führt zur Kondensatbildung auf der Abgasseite. Das Kondensat kann zu Korrosionen im Kessel führen.

## 3 Untere Kesseltemperatur

Einige Hersteller geben alternativ oder zusätzlich zur Mindestrücklauftemperatur eine untere Kesselwassertemperatur an. Der Grund hierfür ist ebenfalls die Vermeidung von Korrosion.

## 4 Zweistufiger Brennerbetrieb

Bei einem zweistufigen Brennerbetrieb sinkt in der unteren Stufe naturgemäß die Abgastemperatur erheblich ab. Dieser Tatsache muss bei der Auswahl und Auslegung des Schornsteins in besonderer Weise Rechnung getragen werden. Hierzu sind Hinweise in entsprechenden Merk- und Hinweisblättern zu beachten. Aber auch im Kessel kann es zur Taupunktunterschreitung und damit zur Kondensatbildung kommen. Die Hersteller haben die kritischen Werte prüfstandsmäßig ermittelt und geben die Mindestbelastung in Form eines Prozentsatzes an, der auf die Kesselnennleistung bezogen ist.

## 5 Modulierender Brennerbetrieb

Wie beim zweistufigen Brennerbetrieb ist auch die Mindestbelastung des Brenners bei der modulierenden Betriebsweise vom Kesselhersteller anzugeben. Bei Nichteinhaltung kann es sonst zu Korrosion im Kessel kommen. Alternativ kann die Kesseltemperatur über dem Taupunkt gehalten werden.

## 6 Nachtabsenkbetrieb

Je nach Kesseltyp und Fabrikat ist eine Temperaturabsenkung im Nachtbetrieb möglich. In einigen Fällen ist eine totale Abschaltung statthaft.

## 7 Wochenendabsenkbetrieb

Hier gilt die gleiche Aussage wie zum Nachtabsenkbetrieb. Die Zeit der Absenkung ist jedoch erheblich länger, sodass ggf. besondere Maßnahmen getroffen werden müssen.

## 8 Empfehlung

Abschließend rät der BDH bei der Projektierung von Anlagen besonders auf eine einwandfreie Anlagenhydraulik zu achten. Die Unterlagen der Hersteller beinhalten entsprechende Hinweise.

## 9 Betriebsbedingungen für Heizkessel

Fabrikat: XYZ Typ: 4711 Nennleistung: 190 kW

	Forderungen
1. Heizwasser-Volumenstrom	$10 \text{ k} < \Delta t < 30 \text{ k}$
2. Kesselrücklauftemperatur (Mindestwert)	$t_{Rmin} = 40 \text{ °C}$
3. Untere Kesselwassertemperatur	erfüllt durch Forderung nach Punkt 2
4. Zweistufiger Brennerbetrieb	Mindest-Kesselleistung 1. Stufe: 60 %
5. Modulierender Brennerbetrieb	entfällt jedoch $t_{Rmin} = 50 \text{ °C}$
6. Nachtabsenkbetrieb	keine Forderung Totalabschaltung
7. Wochenendabsenkbetrieb	keine Forderung Totalabschaltung

# Empfehlung für die Beurteilung von Flammraumgeometrien bei Großwasserraumkesseln

## Präambel

Diese Empfehlung stellt keine Anforderungen an die Beschaffenheit von Großwasserraumkesseln im Sinne der Druckgeräte-Richtlinie 97/23/EG [1]. Vielmehr soll mit der Anwendung dieser Empfehlung die Funktionalität der Einheit „Brenner – Kessel“ beurteilt werden.

Anforderungen aus anderen Regelwerken und Normen sind ggf. zu berücksichtigen. Diese Empfehlung beschreibt den Stand der Technik und wird bei Bedarf angepasst.

## 1 Geltungsbereich

Diese Empfehlung gilt für die Beurteilung von Flammraumgeometrien von Großwasserraumkesseln als Durchbrandkessel mit einer Feuerungswärmeleistung im Bereich von 1 000 kW bis 20 000 kW bei Befuerung mit Heizöl EL und Erdgas.

Voraussetzung für die Beurteilung nach dieser Empfehlung ist eine Konstruktion mit einer wassergekühlten Wendekammer. Ein Beispiel eines Flammrohr-Rauchrohr-Kessels mit einer innen liegenden, wassergekühlten Wendekammer ist in Bild 1 dargestellt.

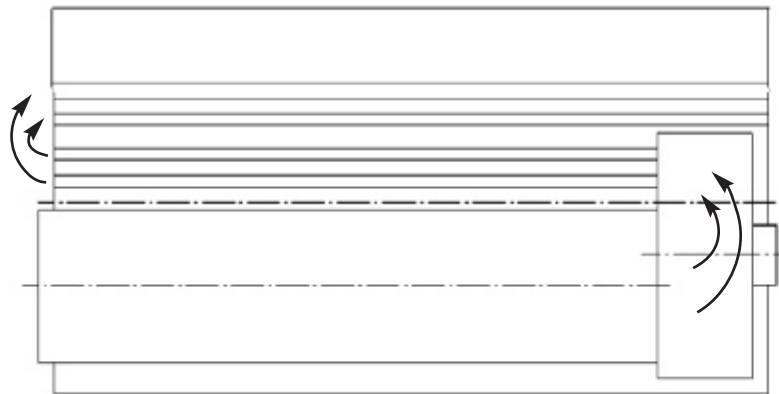


Bild 1: Flamm-Rauchrohr-Kessel in 3-Zug-Bauweise mit innen liegender Wendekammer

In den Geltungsbereich fallen auch Konstruktionen mit halb innen liegenden Wendekammern nach Bild 2. Hierbei muss die zur Wärmeübertragung genutzte Mantelfläche der Wendekammer vollständig wassergekühlt sein.

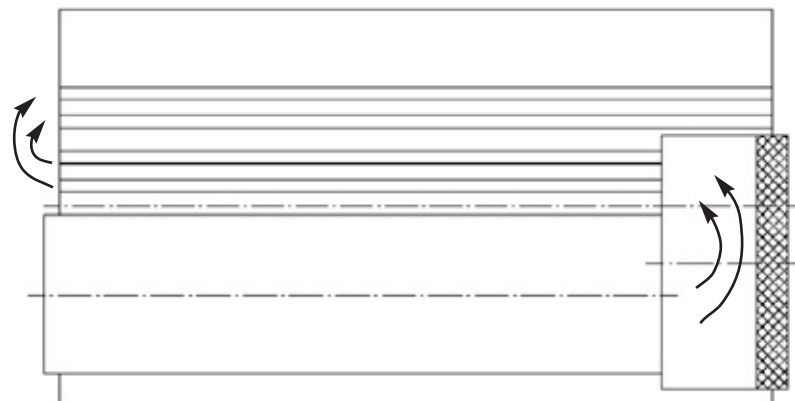


Bild 2: Flammrohr-Rauchrohr-Kessel in 3-Zug-Bauweise mit halb innen liegender Wendekammer

Weitere wassergekühlte Wendekammerkonstruktionen sind möglich, werden hier aber nicht explizit aufgeführt. Kessel mit Umkehrflamme werden in dieser Empfehlung nicht berücksichtigt.

## 2 Definitionen

Formelzeichen	Einheit	Benennung
$A'$	MW/m <sup>2</sup>	Flammraum-Flächenbelastung
$B$	kg/h	Brennstoffmassenstrom
$D_{mm}$	m	Flammraumdurchmesser
$D_{Emm}$	m	ausgeführter Flammraumdurchmesser
$d_F$	mm	Flammendurchmesser
$D_{min}$	mm; m	Mindest-Flammraumdurchmesser
$L$	mm; m	Flammraumlänge
$L_E$	mm; m	ausgeführte Flammraumlänge
$L_F$	m	Flammenlänge
$Q_F$	kW; MW	Feuerungswärmeleistung

## 3 Flammraumgeometrie

Die Flammraumgeometrie wird durch den Flammraumdurchmesser  $D$  und die Flammraumlänge  $L$  beschrieben. Der Flammraum muss so dimensioniert sein, dass eine einwandfreie Funktion von Kessel und Brenner gewährleistet ist. Die Brennraumgeometrie muss so beschaffen sein, dass die Verbrennung vor Eintritt der Rauchgase in den 2. Zug abgeschlossen ist.

### 3.1 Grundlagen

Als Grundlage für die Berechnung der Flammraumgeometrien wird der Ausbrand der Flamme nach den Anforderungen an eine vollständige Verbrennung gemäß den Normen EN 267 und EN 676 zugrunde gelegt. Ausgenommen hiervon ist die NO<sub>x</sub>-Emission. Ebenso werden Anforderungen von Low-NO<sub>x</sub>-Feuerungen in dieser Empfehlung nicht berücksichtigt. Die Ermittlung der Flammraumgeometrien erfolgt nach „Wärmeträgertechnik mit organischen Fluiden“ von Walter Wagner [2]. Der Ansatz für die Berechnung der Flammenabmessungen ist nach [2] die turbulente Freistrahtheorie:

$$\text{Flammenlänge:} \quad L_F = f_L \cdot B^m \quad \text{Gleichung (1)}$$

$$\text{Flammendurchmesser:} \quad d_F = f_L \cdot B^n \quad \text{Gleichung (2)}$$

Hierbei berücksichtigen die Summen die verschiedenen Einflussparameter wie Luftverhältnis  $f_n$ , Drall  $f_d$ , Düsengeometrie  $f_{Düse}$  und Brennerart  $f_{Br}$ . Werden die Parameter zusammengefasst, ergeben sich folgende Gleichungen:

$$\text{Flammenlänge:} \quad L_F = C_L \cdot B^m \cdot f_{nL} \cdot f_{DL} \cdot f_{Düse} \cdot f_{Br} \quad \text{Gleichung (3)}$$

$$\text{Flammendurchmesser:} \quad d_F = C_d \cdot B^n \cdot f_{nd} \cdot f_{Dd} \cdot f_{Düse} \cdot f_{Br} \quad \text{Gleichung (4)}$$

Unter Berücksichtigung der Flammenabmessungen von Druckzerstäubern verschiedener Brennerhersteller ergeben sich bei der Verbrennung von Erdgas und Heizöl bei einem Luftüberschuss von etwa 20 % und den bei Druckzerstäubern üblichen Drallstärken folgende Flammenabmessungen:

$$\text{Flammenlänge:} \quad L_F = 0,150 \cdot B^{0,5} \cdot f_{Düse} \quad \text{Gleichung (5)}$$

$$\text{Flammendurchmesser:} \quad d_F = 0,135 \cdot B^{0,333} \cdot f_{Düse} \quad \text{Gleichung (6)}$$

### 3.2 Flammraumlänge

Die Flammraumlänge wird ab dem Punkt im Flammrohr gemessen, ab dem der lichte Flammraumdurchmesser zur Verfügung steht (s. Bild 3). Das heißt, dass die erforderliche Flammraumlänge unabhängig von Ausmauerungen oder anderen Einbauten gewährleistet sein muss.

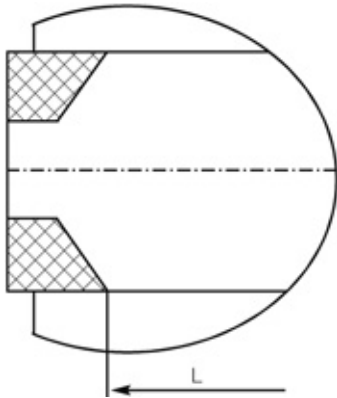


Bild 3: Dimensionierung der Flammraumlänge

Bei entsprechender konstruktiver Beschaffenheit der Brennraumgeometrie darf für die Festlegung der Flammraumlänge ein zylindrischer Anteil der Wendekammertiefe genutzt werden.

Mit einem Äquivalent von  $Q_F/10,1$  für den Brennstoffmassenstrom  $B$  und einem mittleren Wert von 1 für  $f_{Düse L}$  erhält man aus Gleichung (5) für die Flammraumlänge  $L$  folgende Berechnungsgleichung:

$$\text{Flammenlänge: } L[m] \cdot 0,150 \cdot Q_F[kW] = 10,1^{0,5} \quad \text{Gleichung (7)}$$

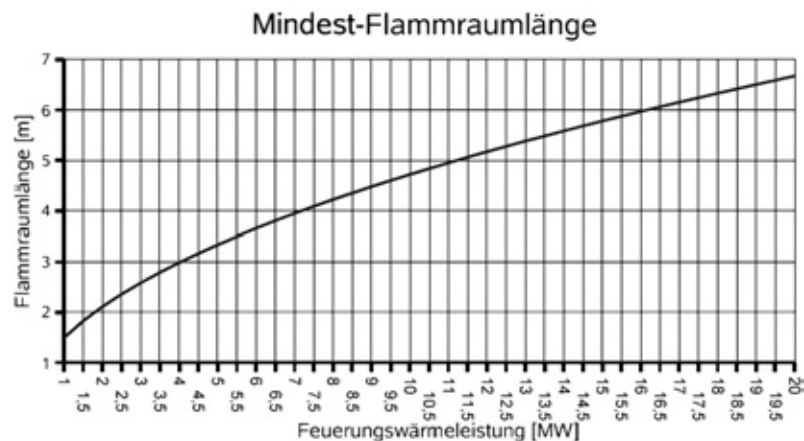


Bild 4: Flammraumlänge  $L[m]$

### 3.3 Flammraumdurchmesser

Der Flammraumdurchmesser ist der lichte Durchmesser des Flammraums (siehe Bild 5).

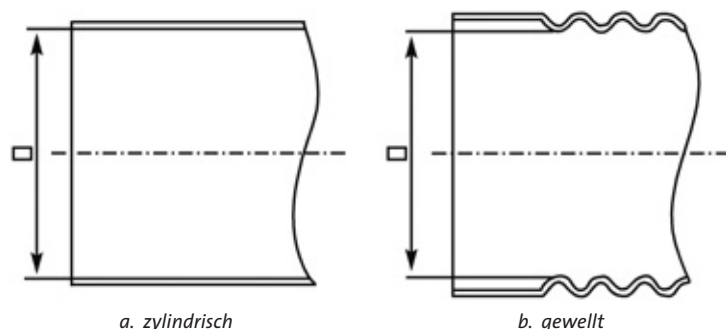


Bild 5: Lichter Durchmesser von Flammrohren

Einbeziehungen am Flammrohrende sind möglich. Dabei soll die rauchgasführende Querschnittsfläche jedoch nicht um mehr als 50 % verringert werden. Schroffe Übergänge sind zu vermeiden. Bei kontinuierlichen konischen Verjüngungen sollte das Verhältnis von zylindrischer Länge zu konischer Länge nicht kleiner als 1:1 sein.

Mit einem Äquivalent von  $Q_F/10,1$  für den Brennstoffmassenstrom  $B$  und einem mittleren Wert 1 für  $f_{Düse L}$  erhält man aus der Gleichung (6) für den Flammraumdurchmesser  $D$  folgende Berechnungsgleichung:

$$\text{Flammraumdurchmesser: } D[m] = 0,135 \cdot \left( \frac{Q_F [kW]}{10,1} \right)^{\frac{1}{3}} \quad \text{Gleichung (8)}$$

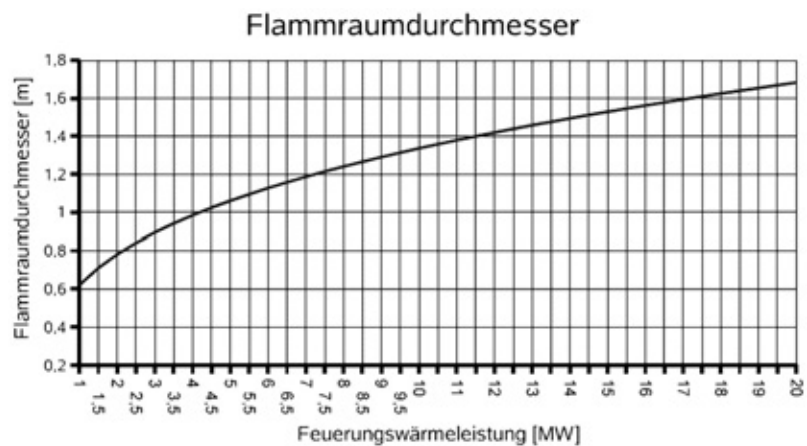


Bild 6: Flammraumdurchmesser  $D [m]$

### 3.4 Zulässige Flammraum-Flächenbelastung

Die zulässige Flammraum-Flächenbelastung errechnet sich aus der Feuerungswärmeleistung und den zugehörigen Geometriedaten der Flammraumlänge  $L$  nach Gleichung (7) und des Flammraumdurchmessers  $D$  nach Gleichung (8). Damit erfolgt die Berechnung der zulässigen Flammraum-Flächenbelastung  $A'$  nach folgender Gleichung:

$$\text{Flammraum-Flächenbelastung: } A' = \frac{Q_F}{\pi \cdot D \cdot L} \quad \text{Gleichung (9)}$$

Die für die Berechnung nutzbare Flammraum-Fläche ist in Bild 7 dargestellt.

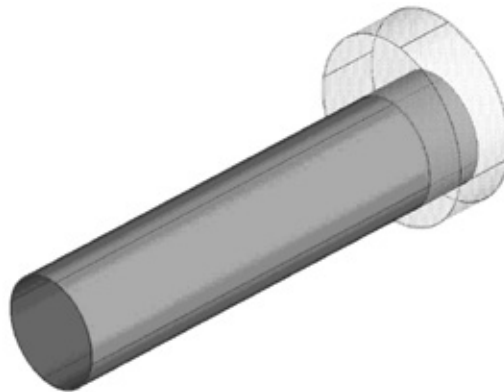


Bild 7: Flammraum-Fläche mit zylindrischem Anteil der Wendekammer



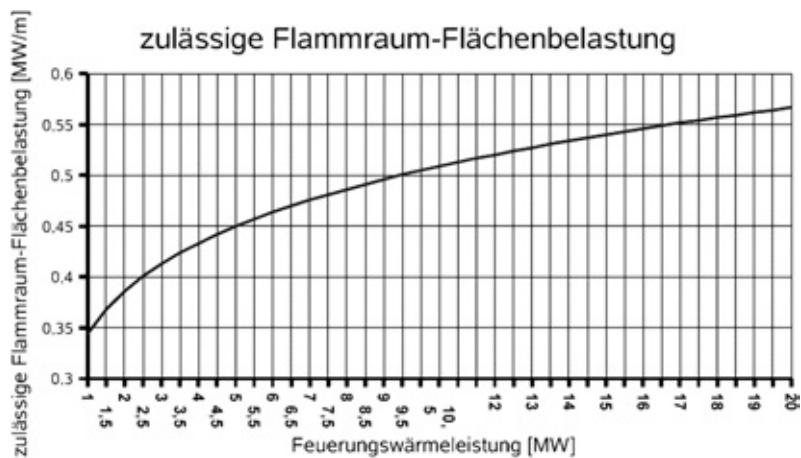


Bild 8: zulässige Flammraum-Flächenbelastung

$$A' \left[ \frac{\text{MW}}{\text{m}^2} \right]$$

#### 4 Beurteilung von Flammraumgeometrien

Bei der Beurteilung der Flammraumgeometrie ist darauf zu achten, dass die Mindestanforderungen an die Flammraumlänge  $L$  und zulässige Flammraum-Flächenbelastung  $A'$  eingehalten werden. Der ausgeführte Flammraumdurchmesser  $D$  darf jedoch kleiner sein als der Flammraumdurchmesser  $D$  nach Gleichung (8) bzw. Bild 6. Dabei ist jedoch ein Mindest-Flammraumdurchmesser  $D_{\min}$  einzuhalten. Weiterhin ist eine entsprechend große Flammraumlänge  $L_{\min}$  vorzusehen, um die zulässige Flammraum-Flächenbelastung  $A'$  nicht zu überschreiten.

Bei der Festlegung der Mindest-Flammraumdurchmesser sind im Betrieb bewährte Kombinationen aus Brenner und Kessel sowie der Stand der Technik berücksichtigt. Der Mindest-Flammraumdurchmesser  $D_{\min}$  wird in Abhängigkeit von der Feuerungswärmeleistung  $Q_F$  ermittelt:

$$Q_F \leq 2500 \text{ kW} \quad \text{Mindest-Flammraumdurchmesser} \quad D_{\min} = 0,077531 \cdot (Q_F)^{0,29} \quad \text{Gleichung (10)}$$

$$2500 \text{ kW} < Q_F \leq 7000 \text{ kW} \quad \text{Mindest-Flammraumdurchmesser} \quad D_{\min} = \frac{500}{9000} (Q_F) + \frac{5500}{9000} \quad \text{Gleichung (11)}$$

$$7000 \text{ kW} < Q_F \quad \text{Mindest-Flammraumdurchmesser} \quad D_{\min} = \frac{500}{11000} (Q_F) + \frac{7500}{11000} \quad \text{Gleichung (12)}$$

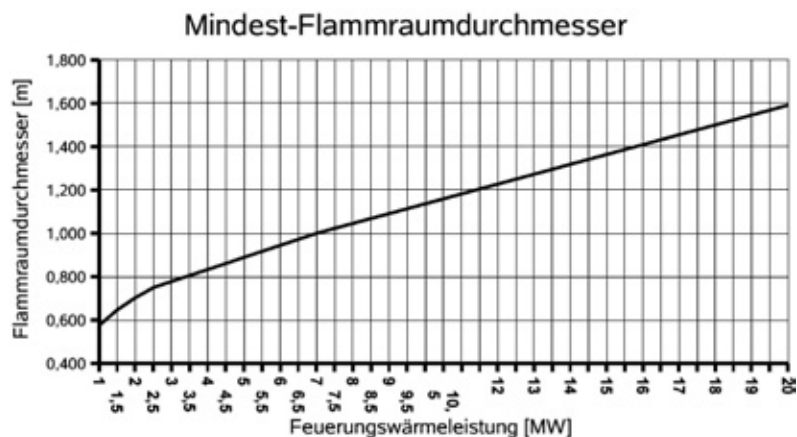


Bild 9: Mindest-Flammraumdurchmesser

$$D_{\min} [m]$$

Wird bei der ausgeführten Konstruktion der Flammraumdurchmesser  $D$  nach Gleichung (8) bzw. Bild 6 unterschritten, so muss die Flammraumlänge  $L$  so groß sein, dass die zulässige Flammraum-Flächenbelastung  $A'$  nach Gleichung (9) bzw. Bild 8 nicht überschritten wird. Für weitere Anforderungen an den Flammraumdurchmesser ist die DIN EN 12953-3 [3] zu beachten.

#### 4.1 Beispielrechnung

Für die Beispielrechnung wird eine Feuerungswärmeleistung  $Q_F = 10\,000$  kW gewählt. Daraus ergibt sich folgende Flammraumgeometrie:

Die Flammraumlänge  $L$  nach Gleichung (7) bzw. Bild 4 berechnet zu  $L = 4,72$  m. Der Flammraumdurchmesser  $D$  ergibt sich nach Gleichung (8) bzw. Bild 6 zu  $D = 1,35$  m. Aus den Werten von  $L$  und  $D$  lässt sich dann nach der Gleichung (9) bzw. Bild 8 die zulässige Flammraum-Flächenbelastung  $A'$  zu  $A' = 501$  kW/m<sup>2</sup> ermitteln.

#### 4.2 Zulässige Flammraumgeometrien

Bei Einhaltung der Mindestanforderungen an die Länge und den Durchmesser können auch andere Flammraumgeometrien ausgeführt werden. Maßgebend für die Berechnung ist dann eine von der Feuerungswärmeleistung  $Q_F$  abhängige konstante Flammraum-Flächenbelastung  $A'$ .

Beispiel 1: Berechnung des Durchmessers bei vorgegebener Flammraumlänge.

Für die Beispielrechnung wird wiederum eine Feuerungswärmeleistung von  $Q_F = 10\,000$  kW und eine Flammraumlänge  $L = 5,25$  m angenommen. Die zulässige Flächenbelastung  $A'$  ergibt sich somit nach Gleichung (9) oder Bild 8 zu  $A' = 0,501$  MW/m<sup>2</sup>. Hierbei ist zu beachten, dass die gewählte Länge die Bedingung aus Gleichung (7) bzw. Bild 4 erfüllt.

Aus der Feuerungswärmeleistung  $Q_F$ , der zulässigen Flammraum-Flächenbelastung  $A'$  und der Flammraumlänge  $L$  lässt sich der zugehörige Flammraumdurchmesser  $D = 1,21$  m errechnen.

Der Mindest-Flammraumdurchmesser  $D_{\min}$  darf dabei nicht unterschritten werden und beträgt nach Gleichung (12) oder Bild 9  $D_{\min} = 1,14$  m.

Beispiel 2: Berechnung der Länge bei vorgegebenem Flammraumdurchmesser.

Für die Beispielrechnung wird ebenfalls eine Feuerungswärmeleistung von  $Q_F = 10\,000$  kW und ein Flammraumdurchmesser  $D = 1,30$  m angenommen. Die zulässige Flächenbelastung  $A'$  ergibt sich somit nach Gleichung (9) oder Bild 8 zu  $A' = 501$  kW/m<sup>2</sup>. Hierbei ist zu beachten, dass der gewählte Flammraumdurchmesser den Mindest-Flammraumdurchmesser nach Gleichung (12) bzw. Bild 9 nicht unterschreitet, Bedingung  $D_e > D_{\min}$ .

Aus der Feuerungswärmeleistung  $Q_F$ , der zulässigen Flammraum-Flächenbelastung  $A'$  und dem Flammraumdurchmesser lässt sich nun die zugehörige Flammraumlänge zu  $L_e = 4,89$  m errechnen.

Die minimale Flammraumlänge darf dabei nicht unterschritten werden und beträgt nach Gleichung (7) oder Bild 4  $L = 4,72$  m.

Damit ist die Bedingung  $L_e > L$  erfüllt.

#### 4.3 Abweichende Flammraumgeometrien

Eine von den Auslegungsgrundlagen abweichende Ausführung ist zwischen Brenner- und Kesselhersteller abzustimmen.

## 5 Literaturhinweise

- [1] Richtlinie 97/23/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 29. Mai 1997 zur Angleichung der Rechtsvorschriften der Mitgliedstaaten über Druckgeräte
- [2] „Wärmeträgertechnik mit organischen Fluiden“, Walter Wagner, Vogel Fachbuch, 7. Auflage 2005
- [3] DIN EN 267 Ölbrenner mit Gebläse
- [4] DIN EN 676 Automatische Brenner mit Gebläse für gasförmige Brennstoffe
- [5] DIN EN 12953 Großwasserraumkessel

# Einhaltung der Anforderungen an die Emissionen von Öl- und Gasfeuerungen im Bereich der TA-Luft (20–50 MW Feuerungsleistung)

Die nachfolgenden Festlegungen dienen einer einheitlichen Bewertung der Anforderungen der TA-Luft vom 30. Juli 2002 an die Emissionen von Öl- und Gasfeuerungen von Neuanlagen durch die im BDH organisierten Brenner- und Großkesselhersteller. Die Klarstellungen der Auslegung der TA-Luft im Schreiben des UBA vom 23. Juli 2002 wurden berücksichtigt.

## 1 Berücksichtigung der Messunsicherheit

Bei Feuerungsanlagen für den Einsatz von flüssigen und gasförmigen Brennstoffen ist der geforderte Grenzwert inklusive der Messunsicherheit einzuhalten. Die Messunsicherheit beträgt bei Gasfeuerungen  $10 \text{ mg/m}^3$ \*, bei Ölfeuerungen  $12 \text{ mg/m}^3$ ).

Die Angabe der Grenzwerte erfolgt in  $\text{g/m}^3$  mit zwei Nachkommastellen (z. B.  $0,18 \text{ g/m}^3$ ). Dies erlaubt nach Aussage des BMU/UBA die Rundung des umgerechneten Messergebnisses von z. B. bis zu  $184,9 \text{ mg/m}^3$  auf  $0,18 \text{ g/m}^3$ .

## 2 Berücksichtigung des organisch gebundenen Stickstoffes

Bei Heizölen nach DIN 51603 Teil 1 wird die Umrechnung der gemessenen Stickstoff-Emission auf den Referenz-Stickstoffgehalt in Heizöl EL von  $140 \text{ mg/kg}$  gemäß DIN EN 267 durchgeführt.

## 3 Einfluss der Temperatur und der Feuchte der Verbrennungsluft

Die gemessenen Stickstoff-Emissionen werden bei Ölfeuerungen unter Berücksichtigung der Referenzbedingungen für die Feuchte und die Temperatur der Verbrennungsluft gemäß DIN EN 267 korrigiert. Für Gasfeuerungen ist diese Korrektur nicht zulässig.

## 4 Wichtung/Mittelwert

Eine Mittelung der gemessenen Stickstoff-Emissionen für Kleinlast, Zwischenlast und Großlast ist weder für Öl- noch für Gasfeuerungen erlaubt. Das Messergebnis einer jeden Einzelmessung muss unter dem geforderten Grenzwert liegen.

\*) Die angegebenen Werte beruhen derzeit auf der Angabe einer nach § 26 BImG zugelassenen Messstelle. Es wird vorgeschlagen, die Höhe der Messunsicherheiten von einem unabhängigen Sachverständigen überprüfen zu lassen.



# Empfehlung der BDH-Fachgruppe „Großwasserraumkessel“ bzw. der Fachabteilung „Feuerungstechnik“ zur Signalauswahlliste Kessel/Brenner

Die elektrische Leistungsversorgung zwischen Brenner und Kessel bzw. die Steuerungssignale sind nicht genormt. Der Zusammenbau von Brenner und Kessel war daher bisher nur durch die intensive Zusammenarbeit zwischen den Herstellern bzw. dem installierenden Unternehmen mit relativ großem Aufwand möglich.

Von der Arbeitsgruppe 3 „Schnittstelle Elektronik/Elektrotechnik“ der Fachgruppe „Großkessel“ bzw. der Fachabteilung „Feuerungstechnik“ wurde für Neukonstruktionen daher eine Empfehlung über eine Standardisierung der Klemmenbezeichnungen erarbeitet. Die Empfehlung beinhaltet eindeutige Klemmenbezeichnungen für die Leistungsversorgung des Brenners und gleichfalls eindeutige Klemmenbezeichnungen für die in der Regel angewendeten Steuerungssignale, die bezüglich der elektromagnetischen Verträglichkeit als unkritisch bzw. kritisch eingestuft werden. Enthalten ist auch eine Liste für optionale Signale, die als EMV-unkritisch eingestuft werden.

Mittels der Empfehlung sollte zukünftig die elektrische bzw. elektronische Anbindung des Brenners an den Kessel für den installierenden Betrieb eindeutig und weitestgehend Fehler vermeidend möglich sein.

Tabelle 1: Leistungsversorgung/Steuerungsspannung des Brenners

#	Bezeichnung	Signalart	Bemerkung	Signalart für Kessel	Signalart für Brenner	Klemmenbezeichnung
				Ausgang	Eingang	
1-1	Leistungsversorgung L1	z. B. 400V AC (230V)	Gebäsemotor	(x)	x	XB1-01
1-2	Leistungsversorgung L2	z. B. 400V AC (230V)	Gebäsemotor	(x)	x	XB1-02
1-3	Leistungsversorgung L3	z. B. 400V AC (230V)	Gebäsemotor	(x)	x	XB1-03
1-4	Leistungsversorgung PE	z. B. 400V AC	Gebäsemotor	(x)	x	XB1-04
1-5	Spannungsversorgung Phase	230V AC	Steuerung	x	x	XB1-05
1-6	Spannungsversorgung Null	230V AC	Steuerung	x	x	XB1-06
1-7	Spannungsversorgung PE	230V AC	Steuerung	(x)	x	XB1-07
1-8	Leistungsversorgung L1	z. B. 400V AC	sonstige Geräte am Brenner	(x)	x	XB1-08
1-9	Leistungsversorgung L2	z. B. 400V AC	sonstige Geräte am Brenner	(x)	x	XB1-09
1-10	Leistungsversorgung L3	z. B. 400V AC	sonstige Geräte am Brenner	(x)	x	XB1-10
1-11	Leistungsversorgung PE	z. B. 400V AC	sonstige Geräte am Brenner	(x)	x	XB1-11

1-8 bis 1-11 bei Bedarf (z. B. separate Leistungsversorgung für sep. Ölpumpe)

Tabelle 2: Steuersignale

#	Bezeichnung	Signalart	Bemerkung	Signalart für Kessel		Signalart für Brenner		Klemmen- bezeichnung	Empfehlung
				Eingang	Ausgang	Eingang	Ausgang		
2-1	Sicherheitskette	potentialfrei	non volatile lockout		x	x		XB2-01	Steuersignale EMV unkritisch >50V
2-2	Sicherheitskette	potentialfrei	non volatile lockout	x			x	XB2-02	Steuersignale EMV unkritisch >50V
2-3	Freigabe Brennerstart	potentialfrei	volatile lockout (sichere Brennerstartverbindung)		x	x		XB2-03	Steuersignale EMV unkritisch >50V
2-4	Freigabe Brennerstart	potentialfrei	volatile lockout (sichere Brennerstartverbindung)	x			x	XB2-04	Steuersignale EMV unkritisch >50V
2-5	Brenneranforderung	potentialfrei	regular shutdown		x	x		XB2-05	Steuersignale EMV unkritisch >50V
2-6	Brenneranforderung	potentialfrei	regular shutdown (1. Stufe)	x			x	XB2-06	Steuersignale EMV unkritisch >50V
2-7	Brennerstörung	potential bezogen		x			x	XB2-07	Steuersignale EMV unkritisch >50V
2-8	Brennerbetrieb	potential bezogen		x			x	XB2-08	Steuersignale EMV unkritisch >50V
2-9	Lastanforderung	potentialfrei vom Kesselregelgerät	com (Wurzel)		x	x		XB2-09	Steuersignale EMV unkritisch >50V
2-10	Lastanforderung	potentialfrei vom Kesselregelgerät	zu (bezogen auf 2-9)		x	x		XB2-10	Steuersignale EMV unkritisch >50V
2-11	Lastanforderung	potentialfrei vom Kesselregelgerät	auf (bezogen auf 2-9)		x	x		XB2-11	Steuersignale EMV unkritisch >50V
2-12	stufige Lastanforderung	potentialfrei vom Kesselregelgerät	2. Stufe (bezogen auf 2-9)		x	x		XB2-12	Steuersignale EMV unkritisch >50V
2-13	stufige Lastanforderung	potentialfrei vom Kesselregelgerät	3. Stufe (bezogen auf 2-9)		x	x		XB2-13	Steuersignale EMV unkritisch >50V
2-14	stetige Lastanforderung	galvanisch getrennt vom Kesselregelgerät	mod +		x	x		XB3-01	Steuersignale & optionale Signale EMV kritisch >50V
2-15	stetige Lastanforderung	galvanisch getrennt vom Kesselregelgerät	mod -	x			x	XB3-02	Steuersignale & optionale Signale EMV kritisch >50V
2-16	stetige Lastanforderung		Schirm	x			x	XB3-03	Steuersignale & optionale Signale EMV kritisch >50V
2-17	Vorwahl 2. Brennstoff	potentialfrei			x	x		XB2-14	Steuersignale EMV unkritisch >50V
2-18	Vorwahl 2. Brennstoff	potentialfrei		x			x	XB2-15	Steuersignale EMV unkritisch >50V

Tabelle 3: Optionale Signale

#	Bezeichnung	Signalart	Bemerkung	Signalart für Kessel		Signalart für Brenner		Klemmen- bezeichnung	Empfehlung
				Eingang	Ausgang	Eingang	Ausgang		
3-1	Laststellungsrückmeldung	galvanisch getrennt	+	x			x	XB3-04	Steuersignale EMV unkritisch >50V
3-2	Laststellungsrückmeldung	galvanisch getrennt	-		x	x		XB3-05	Steuersignale EMV unkritisch >50V
3-3	Laststellungsrückmeldung		Schirm		x	x		XB3-06	Steuersignale EMV unkritisch >50V
3-4	Laststellungsrückmeldung	Poti	A = Anfang	x			x	XB3-07	Steuersignale EMV unkritisch >50V
3-5	Laststellungsrückmeldung	Poti	S = Schleifer		x	x		XB3-08	Steuersignale EMV unkritisch >50V
3-6	Laststellungsrückmeldung	Poti	E = Ende	x			x	XB3-09	Steuersignale EMV unkritisch >50V
3-7	Gasdruckwächter Min	potential bezogen	0 = gut	x			x	XB4-01	optionale Signale EMV unkritisch >50V
3-8	Gasdruckwächter Max	potential bezogen	0 = gut	x			x	XB4-02	optionale Signale EMV unkritisch >50V
3-9	Öldruckwächter Min	potential bezogen	0 = gut	x			x	XB4-03	optionale Signale EMV unkritisch >50V
3-10	Öldruckwächter Max	potential bezogen	0 = gut	x			x	XB4-04	optionale Signale EMV unkritisch >50V
3-11	Gasdichtekontrolle	potential bezogen	0 = gut	x			x	XB4-05	optionale Signale EMV unkritisch >50V
3-12	Gebälse Fehler	potential bezogen	0 = gut; (Motor, FU; Überstrom)	x			x	XB4-06	optionale Signale EMV unkritisch >50V
3-13	Brennerpumpe	potential bezogen	0 = gut; (Motor, Überstrom)	x			x	XB4-07	optionale Signale EMV unkritisch >50V
3-14	Rückmeldung Brennstoffvorwahl	potential bezogen	0 = Brennstoff 1	x			x	XB4-08	optionale Signale EMV unkritisch >50V
3-15	externe Entriegelung	potentialfrei	Kontakt schließen = Entriegeln (Taster)		x	x		XB4-09	optionale Signale EMV unkritisch >50V
3-16	externe Entriegelung	potentialfrei	Kontakt schließen = Entriegeln (Taster)	x			x	XB4-10	optionale Signale EMV unkritisch >50V





# Gefahrenanalyse und Gefährdungsbeurteilung für Anlagen im Bereich der Betriebssicherheitsverordnung

Aufgrund der Unsicherheiten und teilweise aufgrund von Unwissenheit wurde der BDH gebeten, zu den Instrumenten der Gefahrenanalyse und der Gefährdungsbeurteilung Stellung zu nehmen.

Die Begriffsbestimmungen Gefahrenanalyse und Gefährdungsbeurteilung werden meistens verwechselt. Sie sind nicht identisch und beziehen sich auf unterschiedliche Verfahren zur Identifizierung von Gefährdungen. Statt dem Begriff Gefahrenanalyse wird oft auch Risikobeurteilung, Risikoanalyse oder Gefährdungsanalyse benutzt.

Die nachfolgenden Erläuterungen und die Stellungnahme vom BDH wurden in der Arbeitsgruppe 1 Großkessel/Feuerungstechnik, „Zulassung – Betrieb – Normung“ erarbeitet.

## 1 Gefahrenanalyse

Die Durchführung einer Gefahrenanalyse wird in den produktbezogenen Richtlinien gefordert (nach Artikel 100 a EG-Vertrag), so zum Beispiel in

- Entwurf der Überarbeitung der Gasgeräte Richtlinie 90/396/EWG
- Druckgeräte Richtlinie 97/23/EG (Anhang 1 Vorbemerkung 3)
- Maschinenrichtlinie 98/37/EG (Anhang 1)

Diese Richtlinien werden in der Regel mit den Verordnungen zum Geräte- und Produktsicherheitsgesetz GPSG in deutsches Recht umgesetzt:

- 7. GPSGW – Gasverbrauchseinrichtungen (Umsetzung der zurzeit gültigen Gasgeräte Richtlinie)
- 9. GPSGV – Maschinenverordnung (Umsetzung der Maschinenrichtlinie)
- 14. GPSGV – Druckgeräteverordnung (Umsetzung der Druckgeräte Richtlinie)

In der Gefahrenanalyse werden alle Gefahren beschrieben, die von einem Gerät ausgehen können, und die Lösungen, mit denen diese möglichen Gefahren beseitigt werden sollen. Viele Gefahren werden dabei durch die Einhaltung bestehender Regelwerke bereits abgedeckt, da in diesen die Gefahren übergreifend behandelt werden. Gefahren, die nicht beseitigt werden können, sind als Restgefahren in der Analyse ausgewiesen und sind damit in die Betriebsanleitung mit aufzunehmen.

Die Gefahrenanalyse ist Bestandteil der Konformitätsbewertung im Entwurfsprozess. Mit dem Inverkehrbringen ist damit eine Gefahrenanalyse in der Regel abgeschlossen.

Die Gefahrenanalyse gehört damit zur internen Dokumentation eines Herstellers und verbleibt bei diesem. In keiner Richtlinie wird gefordert, dass die Gefahrenanalyse dem Anwender zur Verfügung gestellt wird. Die Dokumentation der Restgefahren enthält die Betriebsanleitung.

## 2 Gefährdungsbeurteilung

Der Begriff „Gefährdungsbeurteilung“ wird eindeutig in verschiedenen Verordnungen benutzt. Die Gefährdungsbeurteilung wird in den Richtlinien zum betrieblichen Arbeitsschutz gefordert (nach Artikel 118a EG-Vertrag). Rechtlich bindend wurden diese Richtlinien durch ihre Umsetzung in deutsches Recht.

Gefährdungsbeurteilungen sind aktuell nach § 3 Betriebssicherheitsverordnung, § 5 Arbeitsschutzgesetz und § 16 Gefahrstoffverordnung erforderlich. Hierzu folgende Anmerkungen:

- Der Länderausschuss für Sicherheitsfragen (LASI A 3.4 zu § 3 Abs. 1 BetrSichV) hat klargestellt, dass die Gefährdungsbeurteilung nach Betriebssicherheitsverordnung keine neue Anforderung darstellt, sondern dass es sich um die gleiche wie im Arbeitsschutzgesetz handelt. Zusätzlich sind die konkretisierten Anforderungen der Betriebssicherheitsverordnung zu beachten.
- Literatur und Muster für Gefährdungsbeurteilungen bieten Fachverlage oder auch die Berufsgenossenschaften an.

Bzgl. der Gefährdungsbeurteilung ist klar geregelt, dass der Arbeitgeber – für Kessel konkreter der Betreiber – diese erstellen muss.

Zielsetzung ist die Bereitstellung von sicheren Arbeitsmitteln zur Benutzung durch Beschäftigte bei der Arbeit. Eine überwachungsbedürftige Anlage wie zum Beispiel ein Kessel stellt dabei ein besonderes Arbeitsmittel im Sinne der Betriebssicherheitsverordnung dar (siehe § 2 Abs. 1 BetrSichV). Bei der Erstellung der Gefährdungsbeurteilung werden alle Gefährdungen ermittelt, die in einem Arbeitsbereich auftreten können, mit dem Ziel, eine gefahrlose Bereitstellung und Benutzung der Arbeitsmittel sicherzustellen. Aus der Gefährdungsbeurteilung werden anschließend die zu treffenden Schutzmaßnahmen abgeleitet, wie zum Beispiel:

- die Zoneneinteilung von explosionsgefährdeten Bereichen,
- die Ermittlung von Prüfzeiten oder Prüfpersonen für Arbeitsmittel

oder

- die Erstellung von Betriebsanweisungen für Beschäftigte (welche aber auch auf Betriebsanleitungen von Herstellern verweisen können) usw.

### **3 Zusammenfassung**

Beide Verfahren, Gefahrenanalyse und Gefährdungsbeurteilung, dienen dazu, Gefahrenpotenziale zu erkennen und zu bewerten.

Bei einer Gefährdungsbeurteilung werden alle Gefahren betrachtet, die in einem Arbeitsbereich beim Arbeitgeber (Kesselbetreiber) auftreten können.

In einer Gefahrenanalyse werden vom Hersteller nur die Gefahren betrachtet, die von einem Gerät ausgehen.

Die verbleibenden Restgefahren aus der Gefahrenanalyse werden in der Betriebsanleitung aufgeführt. Somit kann die Betriebsanleitung für die Gefährdungsbeurteilung eines Arbeitsbereichs, in dem dieses Gerät eingesetzt wird, herangezogen werden.

# Sicherheitsanforderung nach Safety Integrity Level (SIL) für typgeprüfte Gas-, Öl- und Zweistoffbrenner mit CE-Kennzeichnung

Die Normen DIN EN 267<sup>1)</sup> und DIN EN 676<sup>2)</sup> dienen zur Festlegung der Brennerausrüstung und zur Überprüfung des sicheren Brennerbetriebsverhaltens. Durch die Anwendung dieser harmonisierten Normen werden die jeweiligen Europäischen Richtlinien und die daraus entstandenen nationalen Ausführungsgesetze (in Deutschland z. B. das Geräteproduktsicherheitsgesetz GPSG) erfüllt. Zu den Richtlinien zählen z. B. die Gasgeräte-Richtlinie (2009/142/EG), Druckgeräte-Richtlinie (97/23/EG) oder Maschinenrichtlinie (2006/42/EG).

Für den Betrieb eines CE gekennzeichneten und somit typgeprüften Gebläsebrenners in einer Feuerungsanlage benötigt der Betreiber im Geltungsbereich der Europäischen Union die Konformitätserklärung des Herstellers.

Durch die Konformitätserklärung, ggf. mit der Kennnummer einer für die Überwachung zuständigen benannten Stelle (Notified Body), bescheinigt der Hersteller die Einhaltung aller relevanten EG-Richtlinien für den Lieferumfang und übernimmt mit dem Inverkehrbringen die entsprechende Produktverantwortung.

Diese Brenner sind damit sicherheitstechnisch geprüft. Für den Betrieb werden keine zusätzlichen sicherheitsgerichteten Bewertungen – wie z. B. SIL – benötigt.

Diese bewährte Vorgehensweise beruht darauf, dass Brenner eines Herstellers durch eine benannte Stelle zertifiziert werden. Auf dieser Basis wurden im europäischen Wirtschaftsraum Hunderttausende von Feuerungsanlagen nach Gasgeräte-, Maschinen- und Druckgeräte-Richtlinie in Verkehr gebracht und sicher betrieben.

Immer häufiger werden Betreiber aber darüber hinaus mit der Forderung nach Angabe von **Safety Integrity Level (SIL)** für ihre gesamte Anlage konfrontiert – somit auch die Hersteller von Brennern und Komponenten.

Der **Safety Integrity Level (SIL)** leitet sich aus dem Risikographen einer Anlage ab und dient zur Auslegung elektrischer, elektronischer und/oder programmierbarer elektronischer Systeme in Bezug auf die Zuverlässigkeit ihrer Sicherheitsfunktionen. Dabei muss im Vorfeld festgelegt werden, welcher **Safety Integrity Level (SIL)** eingehalten werden soll. An dieser Forderung orientiert sich dann die technische Ausrüstung der Anlage anhand eines aufwendigen Berechnungsverfahrens.

Unterschieden werden vier **Safety Integrity Level (SIL)**, wobei SIL 1 die niedrigste und SIL 4 die höchste Stufe der Anforderung darstellt.

Das Sicherheitsdenken der SIL-Betrachtung basiert dabei auf der Annahme von jeweils separat bewerteten Anlagen, sowie der projektbezogenen Ausführung der zugehörigen Einzel- und Gesamtsteuerungen und deren Zusammenspiel.

Die Besonderheit der SIL-Betrachtung liegt dabei zum einen in einer mathematischen Systematik, die auch für einmalig ausgeführte Anlagenkonstellationen ein international anerkanntes Modell für die Sicherheitsbetrachtung ermöglicht. Zum anderen werden durch die SIL-Betrachtung die unterschiedlichen Auswirkungen eines Fehlers berücksichtigt. So kann z. B. die Fehlfunktion eines einzigen Bauteils bei einem Chemiewerk in dichtbesiedelter Umgebung dramatische Auswirkungen haben, wohingegen ein Fehler im selben Bauteil unter anderen Einsatzbedingungen oder an anderen Stellen weniger relevant ist.

<sup>1)</sup> EN 267: 2010-04 (Automatische Brenner mit Gebläse für flüssige Brennstoffe)

<sup>2)</sup> EN 676: 2008-11 (Automatische Brenner mit Gebläse für gasförmige Brennstoffe)

Diese Einzelbetrachtung von komplexen Anlagen steht dabei im Gegensatz zu dem Gedanken der Typprüfung mit CE-Kennzeichnung, die das In-Verkehr-Bringen und Betreiben von Serienprodukten erleichtert, die tausendfach unter variablen Anlagenbedingungen bestimmungsgemäß sicher eingesetzt wurden und werden.

Auf Normungsebene in CEN/TC 47 und CEN/TC 131 wurden in die aktuellen Fassungen der

- DIN EN 676:2008-11 „Automatische Brenner mit Gebläse für gasförmige Brennstoffe“ und
- DIN EN 267:2010-04 „Automatische Brenner mit Gebläse für flüssige Brennstoffe“

im jeweiligen Anhang K „zusätzliche Anforderungen an Brenner mit druckbeaufschlagten Teilen und Brennern, die Druckgeräte befeuern entsprechend der Druckgeräterichtlinie 97/23/EG“

folgende Festlegung normativ aufgenommen:

- „Der Inhalt der folgenden Abschnitte wird als äquivalent zu den Angaben über die sicherheitsbezogene Anforderungsstufe 3 (SIL Klasse 3) nach EN 50156-1 betrachtet.“

Durch den Anhang K sind die Normen mit der Druckgeräterichtlinie harmonisiert. In Ergänzung zur jeweiligen Basisnorm werden im Anhang K die zusätzlich erforderlichen Ausrüstungsmerkmale eines Brenners aufgeführt. Vorrangig sind dies:

1. Ausrüstung für Dauerbetrieb (Feuerungsautomat und Flammenüberwachung geeignet für den Betrieb > 24 Stunden ohne ständige Beaufsichtigung)
2. Gashochdrucküberlastsicherung (Gasdruckwächtermax.)
3. Öldruckwächter für den Mindestbrennstoffdruck (ÖDW min.)
4. Unabhängig von der Feuerungsleistung eine Ventildichtheitskontrolle der Gasventile

Hersteller können somit die folgende Aussage in ihrer Hersteller-Konformitätserklärung treffen:

- „Der Gas-, Öl-, Zweistoffbrenner erfüllt bei Wahl der zusätzlich erforderlichen Ausrüstungsmerkmale die Anforderungen des Anhangs K der DIN EN 267: 2010-04 sowie des Anhangs K der DIN EN 676: 2008-11.
- Der Brenner ist damit nach DIN EN 267 und DIN EN 676 als äquivalent zur sicherheitsbezogenen Anforderungsstufe 3 (SIL-Klasse 3) nach DIN EN 50156-1 zu betrachten.“

Ein gesonderter Nachweis des **Safety Integrity Level (SIL)** für einzelne Bauteile (z. B. Flammenwächter, Feuerungsmanager etc.) ist gemäß dieser Vorgehensweise ausdrücklich nicht erforderlich, sondern es gilt die jeweilige EG-Baumusterprüfung der Komponenten (z. B. EN 298 für Feuerungsautomaten).

# Moderne Tanksysteme für innovatives Heizöl

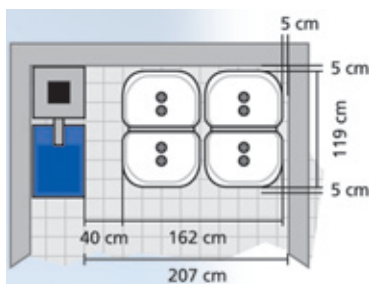
Schwefelarmes Heizöl setzt sich zunehmend durch. Bioheizöl mit einem Anteil von 5 Prozent regenerativen Energien gewinnt an Bedeutung. Gepaart mit moderner Öl-Brennwerttechnik entspricht dies dem Stand der Technik.

Dies hat Folgen für alle Heizöl-Anlagen und deren wichtigste Komponenten: Heizkessel und Heizöllagertanks.

## 1 Doppelwandige Sicherheitstanks

Doppelwandige Sicherheitstanks sind heute Stand der Technik und können mit bis zu 5 000 Liter Lagervolumen direkt im Heizraum installiert werden. Dadurch ergeben sich gerade bei der Heizungserneuerung oft völlig neue Möglichkeiten für die Gestaltung der Heizöllagerung und vor allem der Heizräume selbst: Alte einwandige Heizöltankanlagen sind meist zu groß, haben noch keine Geruchssperre und passen nicht mehr zu dem reduzierten Heizölverbrauch moderner Heizungssysteme.

Ein separater Öllagererraum ist somit nicht mehr notwendig; entsprechend genutzter Raum steht für andere Zwecke zur Verfügung.



*Doppelwandige Tanksysteme (am Beispiel 2 x 1000) können je nach Landesrecht mit nur 10 cm\* Abstand zum Wärmegerzeuger und zum Heizkessel aufgestellt werden, wenn die Oberflächentemperatur des Wärmegerzeugers 40° C\*\* nicht übersteigt.*

*\* Ihr Heizungsbau- bzw. Tankschutzunternehmen ist mit den landesspezifischen Anforderungen vertraut.*

*\*\* Die max. Oberflächentemperatur ist durch den Heizgerätehersteller zu bescheinigen.*

*Beispiel einer Raumaufteilung mit doppelwandigen Sicherheitstanks*

Deshalb sollte bei anstehenden Heizkesselerneuerungen immer auch die Heizöltankanlage überprüft und im Bedarfsfall einwandige Tanks durch doppelwandige, geruchsgesperrte Tanksysteme ersetzt werden. So erhalten Sie eine wirklich moderne Ölheizung. Die Investition für die Tankanlage wird im Rahmen von Fördermaßnahmen mitgefördert. Dies bietet zugleich die Sicherheit, dass alle Auflagen im Bereich des Gewässerschutzes eingehalten wurden.

Während in den 70er-Jahren bei Ein- oder Zweifamilienhäusern die Einrichtung eines separaten Heizöllagererraumes die Regel war, so ist heute dank moderner Sicherheitstank-Konzeptionen die Heizöllagerung ohne Abmauerung mit dem Heizkessel in einem Raum möglich.



*Doppelwandige Sicherheitstanks gibt es in Kunststoff/Kunststoff- und Stahl/Kunststoff-Ausführung*

## 2 Neue Tanks mit vielen Vorteilen

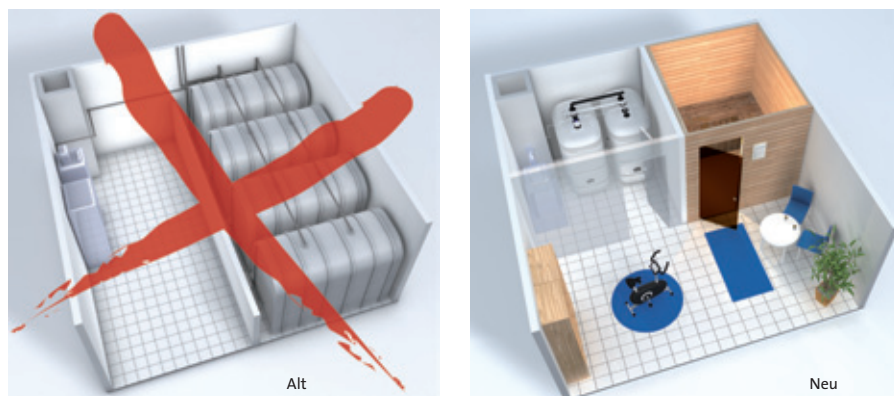
Die neuen doppelwandigen Sicherheitstanks können problemlos für schwefelarmes Heizöl eingesetzt werden und haben schon jetzt die Zulassung für den Einsatz von Bioölen (derzeit 10 Prozent).

Durch die besonders saubere Verbrennung von schwefelarmem Heizöl werden die Schadstoffemissionen auf ein Minimum reduziert. Da bei der Verwendung dieser Sorte kaum Ablagerungen auf den Kesselwänden anfallen, erhöht sich die Energieeffizienz der Heizungsanlage.

Von solchen Vorteilen können auch die Besitzer herkömmlicher Öl-Niedertemperaturanlagen profitieren.

## 3 Mehr Platz – mehr Sicherheit

Abgestimmt auf die neue Heizölgeneration wurden moderne Heizöllagersysteme entwickelt. Diese benötigen durch optimierte Abmessungen wenig Platz und sie dürfen, in doppelwandiger Ausführung als Sicherheitstanks, ohne Abmauerung und ölfesten Anstrich des Raums aufgestellt werden.



Neue, doppelwandige Sicherheitstanks benötigen weniger Platz als einwandige

## 4 Neuer Tank statt Reinigung

Bei Einsatz des neuen Heizöls ist eine aufwendige, mit Schmutz verbundene Reinigung der bestehenden Tankanlage nicht ratsam. Wir empfehlen deshalb:

### Neuer Kessel – neues schwefelarmes Heizöl – neuer Tank.

Um die Sicherheit der Tankanlage und zugleich des Kesselbetriebs zu gewährleisten, empfiehlt der BDH zudem spätestens nach 30-jährigem Einsatz den Austausch einwandiger Batterietanks.

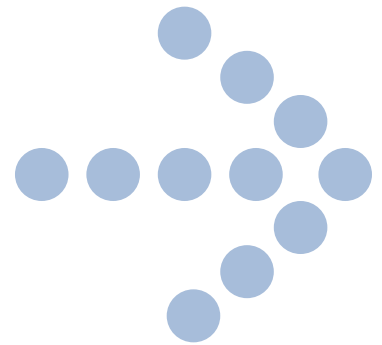
Das Alter eines Tanks lässt sich leicht an seiner Typenschild-Prägung auf der Tankwand erkennen. Die Entsorgung der Altanlagen erfolgt einfach durch spezialisierte Unternehmen, die mit Ihrem Heizungsfachbetrieb zusammenarbeiten.

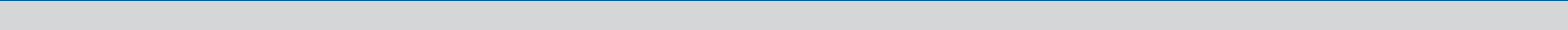
Die moderne Ölheizung bietet mit innovativen Techniken, wie Öl-Brennwertkesseln oder Solarenergienutzung, eine energiesparende und umweltschonende Spitzentechnologie.

Die im BDH vertretenen Unternehmen fertigen doppelwandige Tanksysteme in verschiedenen Größen und Ausführungen.



# Wärmepumpen







# Wärmepumpen

## Anlagenkonfigurationen und Informationen zur Kundenberatung

### 1 Einleitung

Rund drei Viertel des Energiebedarfs privater Haushalte werden für die Erzeugung von Heizungswärme und Warmwasser aufgewendet. Ein sparsamer Umgang mit den natürlichen Ressourcen und die damit verbundenen ökonomischen und ökologischen Vorteile sind für immer mehr Menschen entscheidende Kriterien bei der Heizungswahl. Ob Luft, Erdwärme, Wasser oder Abwärme, alle diese Wärmequellen, die eine Wärmepumpenheizung nutzbar macht, ermöglichen eine effiziente und ressourcenschonende Heizung und koppeln erneuerbare Energien ein.

Wärmepumpen sind als regeneratives Heizsystem in der Lage, ganzjährig Heizungsenergie und Warmwasser bereitzustellen. Dazu wird die in der Umwelt gespeicherte Sonnenenergie mit technischer Hilfe auf das benötigte Temperaturniveau angehoben. Für 100 % Heizwärme werden lediglich ca. 25 % elektrische Antriebsenergie benötigt.

Damit erzielen Wärmepumpenheizungen eine einzigartige Effizienz und können einen erheblichen Beitrag zur CO<sub>2</sub>-Reduzierung leisten. Aus der DIN 4701-10 „Energetische Bewertung heiz- und raumlufttechnischer Anlagen – Teil 10: Heizung, Trinkwassererwärmung, Lüftung“ sind die Maßzahlen für diese Effizienz ablesbar: Dieses drückt sich in der Aufwandszahl aus – ein Kennwert für den Primärenergiebedarf. Je kleiner dieser ist, desto kleiner wird die Aufwandszahl und desto umweltverträglicher ist das Heizsystem. Während konventionelle Heizsysteme Aufwandszahlen > 1,0 aufweisen, liegen diese für Wärmepumpen-Heizsysteme zwischen 0,2 und 0,3.

Ob Umweltwärme bei niedrigem Temperaturniveau oder Abwärme aus dem Haushalt oder der Industrie – für die Wärmepumpe wird sie zur wertvollen Wärmequelle. Wärmepumpen bieten einen signifikanten Beitrag zum Ressourcenschutz, da diese regenerative Energiequellen nutzen und vor Ort keine Emissionen erzeugen.

Einige Wärmepumpen sind Kombigeräte, die neben der Heizung und Warmwasserbereitung auch eine Vielzahl weiterer Aufgaben wie aktive bzw. passive Kühlung oder Wohnungslüftung übernehmen. Ein Zusatznutzen, der den Anforderungen an Wohnkomfort in idealer Weise gerecht wird.

Wärmepumpenheizungen sind in der Anschaffung zunächst teurer als konventionelle Öl- oder Gasheizungen. Durch niedrigere Betriebskosten sind sie jedoch für den Kunden wirtschaftlich attraktiv.

Moderne Wärmepumpen sind ausgereifte, komfortable und kompakte Geräte, die gleichermaßen im Neu- und Altbau eingesetzt werden können. Je niedriger die benötigte maximale Vorlauftemperatur des Heizsystems, desto effizienter und wirtschaftlicher arbeitet die Wärmepumpe. Sie sollte daher mit niedrigen Vorlauftemperaturen betrieben werden. Bei der Heizungsmodernisierung sind begleitende Wärmedämmmaßnahmen zu empfehlen, die neben der resultierenden Energieeinsparung auch die maximal benötigten Vorlauftemperaturen des bestehenden Hochtemperatur-Heizsystems reduzieren.

### 2 Grundlagen

#### 2.1 Die Funktionsweise einer Wärmepumpe

Das Funktionsprinzip einer Wärmepumpe kennt jeder vom Kühlschrank, nur wird dieses umgekehrt genutzt: Der Kühlschrank entzieht den Lebensmitteln Wärmeenergie, die er über die Rückseite an die Umgebung abgibt. Die Wärmepumpe nutzt einen kleinen Anteil Antriebsenergie, um den großen Anteil Wärmeenergie aus der Umwelt, die sonst technisch nicht nutzbar wäre, auf ein höheres Temperaturniveau „zu pumpen“.

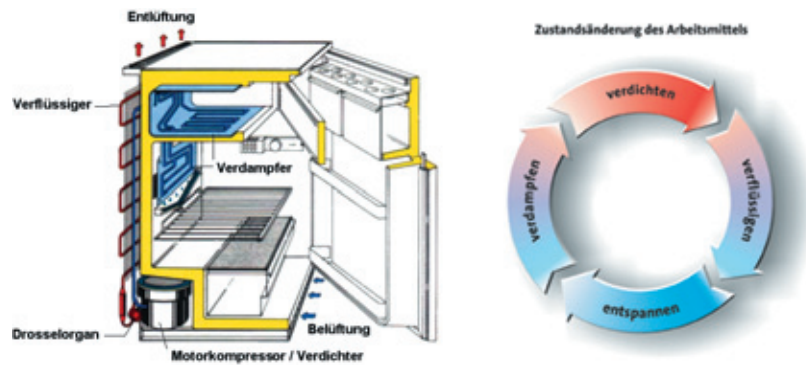


Bild 1: Funktionsprinzip eines Kühlschranks

Das Herz der Wärmepumpe ist der Kältekreislauf, in dem ein natürliches oder Sicherheits-Kältemittel mit extrem niedrigem Siedepunkt zirkuliert. Der Kältekreislauf besteht im Wesentlichen aus vier Komponenten:

- Dem Verdampfer, in dem Umweltwärme auf niedrigem Temperaturniveau das Arbeitsmittel verdampfen lässt.
- Dem Verdichter, der von einem Elektro- oder Gasmotor angetrieben wird. Das gasförmige Arbeitsmittel wird stark verdichtet und damit auf ein höheres Temperaturniveau angehoben.
- Dem Verflüssiger, in dem die Wärmeenergie an den Heizkreislauf abgegeben wird. Das Arbeitsmittel wird dabei stark abgekühlt und verflüssigt.
- Dem Expansionsventil, in dem der hohe Druck im System abgebaut wird. Das Arbeitsmittel kühlt weiter ab und kann im Verdampfer wieder Umweltwärme aufnehmen.

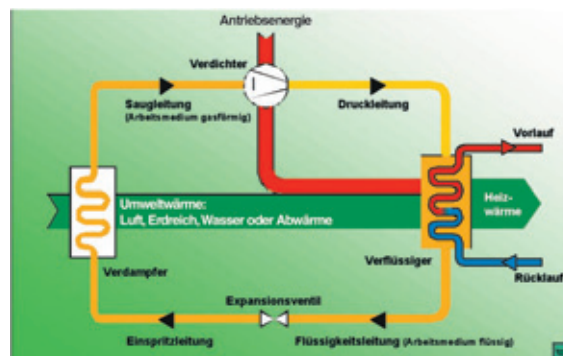


Bild 2: Zustandsänderung des Arbeitsmittels in einer Wärmepumpe

## 2.2 Bezeichnung von Wärmepumpen

Eine Wärmepumpenheizung setzt sich aus drei Hauptkomponenten zusammen:

- **Der Wärmequellenanlage (WQA),**  
in der Luft, Erdreich und Wasser oder Abwärme die Wärmeenergie entzogen wird.
- **Der Wärmepumpe (WP),**  
in der mittels Antriebsenergie die Umweltwärme auf ein höheres Temperaturniveau angehoben wird.
- **Der Wärmenutzungsanlage (WNA),**  
in der die Wärmeenergie als Heizwärme abgegeben wird (Heizkreise, meist als Flächenheizung, Niedertemperaturheizsysteme und die Warmwasserbereitung etc.).

Die Bezeichnung einer Wärmepumpe richtet sich nach dem Medium, mit welchem die Wärmepumpe primär- und sekundärseitig arbeitet. Unter Primärkreis versteht man hierbei die Wärmequelle, also beispielsweise ein im Erdboden zirkulierender Wärmeträger. Unter Sekundärkreis versteht man das vom Heizkreis im Gebäude verwendete Arbeitsmedium, also üblicherweise (Heizungs-)Wasser.

### 2.3 Kenngrößen von Wärmepumpen

Eine wichtige Größe zur Beschreibung der Leistungsfähigkeit einer Wärmepumpe ist die Leistungszahl. Sie beschreibt das Verhältnis der an das Heiznetz abgegebenen Wärmeleistung in Kilowatt (kW) zur aufgenommenen elektrischen Leistung der Wärmepumpe in Kilowatt (kW), dieser wird auch COP genannt.

Eine andere wichtige Größe ist die Jahresarbeitszahl (JAZ). Sie beschreibt das Verhältnis der über ein ganzes Jahr ans Heiznetz abgegebenen Energie zu der in diesem Zeitraum aufgenommenen elektrischen Energie. Sie kann auch als Anlagenutzungsgrad verstanden werden. Die Jahresarbeitszahl kann über unterschiedliche Berechnungen abgeschätzt werden, jedoch sind die Berechnungen stark von dem Nutzerverhalten und weiteren Randbedingungen abhängig.

Beide – Leistungszahl und vor allem die Jahresarbeitszahl – sollten möglichst hoch sein, um mit einem Minimum an elektrischer Hilfsenergie auszukommen.

Die Jahresarbeitszahl bietet eine hervorragende Möglichkeit zur energetischen Bewertung der gesamten Anlage. Die Zuordnung der jeweiligen Kenngrößen kann der nachfolgenden Grafik entnommen werden:

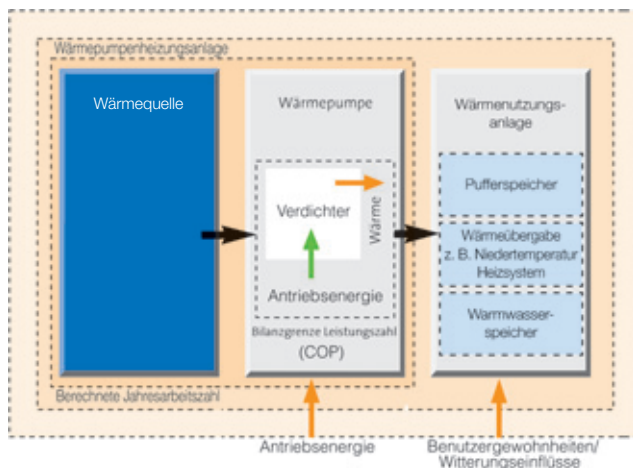


Bild 3: Bilanzgrenzen der wichtigsten Wärmepumpenkennzahlen

### 2.4 Betriebsweise von Wärmepumpen

Wärmepumpen sind heute in der Lage, ein Gebäude zu 100 % mit Wärme zu versorgen. Sie benötigen also keine Zusatzheizung, können jedoch auch mit anderen Heizquellen kombiniert werden. Im Fall einer monovalenten Betriebsweise ist die Wärmepumpe der alleinige Wärmeerzeuger für Heizung und Warmwasserbereitung. Die Wärmequelle muss daher für den ganzjährigen Betrieb der Anlage ausgelegt sein. Um zusätzliche Investitionen in einen zweiten Wärmeerzeuger wie z. B. einen Gaskessel zu vermeiden (bivalente Betriebsweise der Wärmepumpe), wird diese Betriebsweise meist bevorzugt.

Insbesondere Luft-Wasser-Wärmepumpen werden oft in einer monoenergetischen Betriebsweise eingesetzt: Ein Energieträger übernimmt die komplette Heizwärmeversorgung. Die Wärmepumpe wird an den wenigen sehr kalten Tagen durch eine Ergänzungsheizung unterstützend betrieben, die höchstens 2 % der benötigten Heizwärme aufbringt. Eine solche „monoenergetische“ Wärmepumpe arbeitet in unserem gemäßigten Klima oft wirtschaftlicher als eine Anlage ohne Zusatzheizung.

### 2.5 Vorschriften und Genehmigungen

Der Betrieb von Wärmepumpenheizungen ist beim zuständigen Energieversorger zu beantragen. Der Kunde erhält dabei gegebenenfalls Wärmepumpentarif, dessen Schwachlastanteil eine Kostenvergünstigung ermöglicht. Hierfür ist ein zweiter Stromzähler zu installieren. Auch ist ein Drehstromanschluss vorzusehen.

Bei der Erschließung der Wärmequellen Boden und Wasser mittels Erdwärmekollektoren, Erdwärmesonden oder Grundwasserbrunnen sind die Bestimmungen des Wasserhaushaltsgesetzes und die dazu erlassenen Verwaltungsvorschriften der

Länder zu beachten. Erdwärmesonden bedürfen einer wasserrechtlichen Genehmigung, die üblicherweise vom Brunnenbohrunternehmen eingeholt wird. Das sollte allerdings in der Ausschreibung bereits als Leistung vereinbart werden.

Für die Wärmequelle Wasser (Grund- und Oberflächenwasser) ist eine Genehmigung einzuholen, die ebenfalls meist durch das Brunnenbohrunternehmen eingeholt wird. Für Horizontalabsorber besteht nur bei Grundwassernähe Anzeigepflicht, Luft-Wasser-Wärmepumpen sind genehmigungsfrei.

### 3 Wärmequellen und Anlagenkonzepte

Hinsichtlich der „angezapften“ Wärmequelle unterscheidet man die folgenden drei Gruppen von Wärmepumpen:

#### 3.1 Luft-Wasser-Wärmepumpenanlagen

Luft-Wasser-Wärmepumpenanlagen entnehmen die benötigte Energie der Außenluft. Sie verfügen über eine Reihe von Vorteilen:

- einfache Installation,
- Wärmequelle sehr kostengünstig zu erschließen,
- bei hoher Außentemperatur hohe Leistungszahlen,
- kein Genehmigungsverfahren notwendig,
- keine besonderen Anforderungen an die Grundstücksgröße,
- an vielen Orten aufstellbar unter Beachtung des Schallschutzes und gegebenenfalls zusätzlicher Maßnahmen.

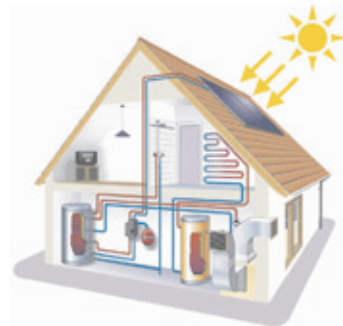


Bild 4: Luft-Wasser-Wärmepumpe

Die Investition einer Luft-Wasser-Wärmepumpenanlage liegt deutlich niedriger als eine vergleichbare Anlage mit Erdwärmekollektoren oder -sonden. Luft-Wasser-Wärmepumpen arbeiten im Winter mit einer relativ kalten Wärmequelle. Deshalb wird pro Jahr etwas mehr Antriebsenergie als bei anderen Bauarten benötigt. Trotzdem werden z. B. in der Schweiz heute aufgrund der Einfachheit des Systems bereits 54 % aller Wärmepumpenheizungen als Luft-Wasser-Wärmepumpenanlage ausgeführt.

Als Wärmequelle kann auch Abluft aus Gebäuden oder der Industrie eingesetzt werden. Steht eine konstante Wärmequelle mit hohem Temperaturniveau zur Verfügung, lassen sich hohe Leistungszahlen erreichen. Darüber hinaus lassen sich bei Absorber-Wärmepumpenanlagen vielfältige Gestaltungsmöglichkeiten des Absorbers (z. B. Energiedach, Energiezaun, Fassadenintegration etc.) realisieren.

#### 3.2 Wärmepumpenanlage mit Erdwärmekollektor

Erdwärmekollektoren sind oberflächennahe, horizontal verlegte Wärmerohre im Erdreich, die von einem Wärmequellengemisch durchflossen werden. Voraussetzung für ihre Nutzung sind:

- ausreichend große, freie Grundstücksflächen,
- kein oder nur geringes Gefälle und
- geeignete Bodenbeschaffenheit (möglichst kein bindiger, feuchter, sandiger, kiesiger Boden) ohne tiefwurzelnde Bepflanzung.

Sind die oben genannten Anforderungen erfüllt, stellen Erdwärmekollektoren eine preisgünstige und effiziente Form der Wärmequelle dar. Diese Art der Wärmequellenerschließung ist in der Regel günstiger als eine vertikale Erdsonde.

Dazu kommt, dass Erdwärmekollektoren und Erdwärmesonden mit zunehmendem Dämmstandard kleiner ausfallen können. Ein Erdwärmekollektor arbeitet als geschlossenes System mit einem Wärmeträgermedium Wärmeträger, für das ein Forstschutzgemisch verwendet wird.



Bild 5:  
Wärmepumpenheizung mit Erdwärmekollektor

#### Vorteile von Erdwärmekollektoren:

- gut geeignet für eine monovalente Betriebsweise (monovalente Betriebsweise),
- ganzjährig hohes Temperaturniveau der Wärmequelle (ca.  $+0\text{ }^{\circ}\text{C}$  bis  $+15\text{ }^{\circ}\text{C}$ ),
- einfache und günstige Erschließung der Wärmequelle.

Daher müssen die Kollektorrohre in einer Mindestdiefe von 1,2 m und in einem Mindestabstand von 0,5 m verlegt werden, damit es im Boden nicht zur Bildung eines geschlossenen Eispanzers kommt.

#### 3.3 Wärmepumpenanlage mit Erdwärmesonden

Ist die Fläche für einen horizontalen Erdwärmekollektor nicht vorhanden, so gibt es die Möglichkeit der senkrechten bzw. schrägen Anordnung. Diese Art von Kollektor wird als Erdwärmesonde bezeichnet.

Erdwärmesonden reichen in der Regel in Tiefen von 10 bis 100 m. Bei Bohrungen mit einer Tiefe ab 100 m ist ein bergrechtliches Genehmigungsverfahren erforderlich. Voraussetzungen für die Planung und Einbringung von Erdwärmesonden sind die genaue Kenntnis der Bodenbeschaffenheit, der Schichtenfolge, des Bodenwiderstandes sowie der Existenz von Grund- und Schichtenwasser und dessen Fließrichtung. Da bei der Bohrung in der Regel grundwasserführende Schichten getroffen werden, ist eine wasserrechtliche Erlaubnis zum Betrieb der Erdwärmesondenanlage einzuholen.

Erdwärmesonden eignen sich besonders für den Gebäudebestand und für Neubauten in Ballungsräumen mit geringem Freiflächenangebot, wo eine Nachrüstung mit horizontalen Erdwärmekollektoren aus Platzmangel nicht möglich ist. Ansonsten gelten die gleichen Vorteile wie für Erdwärmekollektoren.



Bild 6:  
Wärmepumpenheizung mit Erdwärmesonde

### 3.4 Wärmepumpenanlage mit Grundwassernutzung

Grundwasser mit seiner ganzjährigen Temperatur von 8 bis 12 °C bietet als Wärmequelle hervorragende Bedingungen zum Betrieb einer Wärmepumpe. Hierbei wird über eine Tauchpumpe aus dem Förderbrunnen Grundwasser entnommen, über den Verdampfer der Wärmepumpe bzw. einen Zwischenwärmetauscherkreis geleitet, dabei abgekühlt und über den Schluckbrunnen wieder zurückgeführt. Der Abstand zwischen Förder- und Schluckbrunnen sollte zur Vermeidung von thermischen Kurzschlüssen mindestens 15 m betragen. Die Fließrichtung, die Ergiebigkeit und auch die Wasserqualität sind im Vorfeld durch Pumpversuche zu ermitteln.

Durch lokal jahreszeitlich stark schwankende Grundwasserqualitäten ist im Vorfeld der Anlagenplanung eine Wasseranalyse notwendig. Unterbleibt diese, besteht die Gefahr der Verockerung des Schluckbrunnens und der Korrosion (Herstellerhinweise berücksichtigen). Die Ergiebigkeit der wasserführenden Schicht muss durch eine Probebohrung überprüft werden. Benötigt werden ca. 250 l/h je kW installierter Heizleistung. Die Probebohrung kann anschließend zum Brunnen ausgebaut werden.

#### Vorteile der Grundwassernutzung:

- gut geeignet für eine monovalente Betriebsweise,
- höchster Wirkungsgrad, da Wasser bei ganzjährig relativ konstanten und hohen Temperaturen zwischen 8 °C und 12 °C zur Verfügung steht.



Bild 7:  
Wärmepumpenheizung mit Grundwassernutzung

## 4 Wärmepumpengeräte und Nutzungsmöglichkeiten

Heutige Wärmepumpen sind platzsparende und kompakte Geräte. An den Aufstellungsort werden keine besonderen Anforderungen gestellt, einige Luft-Wasser-Wärmepumpen können auch außerhalb des Gebäudes aufgestellt werden. Wärmepumpensysteme können optimal an Wünsche des Kunden angepasst werden, etwa den Bedarf an Kühlung betrifft. Wichtig ist dabei bereits im Vorfeld eine umfassende Beratung und Bedarfsanalyse, da eine Nachrüstung in vielen Fällen deutlich aufwendiger ist. Wärmepumpen erfüllen alle Anforderungen, die an ein modernes Gebäude gestellt werden, sind als Erneuerbare Energien anerkannt und werden daher im Rahmen der EnEV entsprechend berücksichtigt.

Der Markt bietet neben reinen Trinkwasser- und Heizungswärmepumpen auch eine Vielzahl von Kombigeräten zur zusätzlichen, kontrollierten Wohnungslüftung, zur Wärmerückgewinnung oder zur Gebäudeklimatisierung.

Bei der passiven Kühlung erfolgt die Wärmeübertragung z. B. aus dem Gebäude ins Erdreich. Die den Räumen entzogene Wärme wird über die Heiz- bzw. Kühlflächen durch einen zusätzlichen Plattenwärmeübertrager auf den Solekreislauf übertragen. Die Sole gibt dann die Wärme über die Erdwärmesonde an das Erdreich ab.

Zusätzlich existieren Systeme, die durch eine aktive Kühlung ergänzt werden können, um eine höhere Kühlleistung zu erzielen.

Alle Wärmepumpenheizungen lassen sich gut mit Solarkollektoren zur Trinkwassererwärmung oder Heizungsunterstützung kombinieren. Der gleichzeitige Betrieb einer Solaranlage ist primärenergetisch besonders sinnvoll, da der (Primär-)Energieaufwand für jede solar erzeugte Kilowattstunde Wärme nahezu gegen null geht und damit der Betreiber Stromkosten für die Wärmepumpe spart. Ebenfalls

sehr energie- und kostensparend kann eine Kombination mit einer Photovoltaik-Anlage sein: Dann wird der selbst erzeugte Solarstrom direkt für den Betrieb der Wärmepumpe genutzt.

## 5 Planung von Wärmepumpenanlagen

### 5.1 Fahrplan für die Planung einer Wärmepumpenanlage

Alle BDH-Mitgliedsunternehmen bieten umfangreiche Planungsinformationen über ihre Wärmepumpensysteme. Schon frühzeitig im Planungsprozess sollten die Anfragen beim Energieversorgungsunternehmen und dem zuständigen Bauamt erfolgen.

### 5.2 Planungsschritte bei Wärmepumpen

Die Auslegung der Wärmepumpe ist maßgeblich von der Wärmequellentemperatur sowie der Vorlauftemperatur des Heizkreises abhängig. Die Bewertung der Wärmepumpenheizung wird in der DIN 4701-10 und der Energieeinsparverordnung (EnEV) festgelegt. Darin gehen sowohl die Leistungszahl als auch die erreichte Jahresarbeitszahl ein, der erforderliche Strombedarf wird primärenergetisch bewertet. Planung und Ausführung nach dem Stand der Technik sollten Jahresarbeitszahlen (berechnet nach VDI 4650) größer 3,0 im realen Anlagenbetrieb zum Ziel haben und damit Aufwandszahlen kleiner 0,3 realisieren.

1. Ermittlung der Heizlast für Heizung und Warmwasser
Ermittlung nach DIN EN 12831, DIN 4708 bzw. überschlägig (Hüllflächenverfahren etc.)
2. Wahl der Wärmequelle
Entsprechend den örtlichen Voraussetzungen und den Kundenwünschen erfolgt die Wahl der Wärmequelle: Erdwärmekollektoren, Erdwärmesonde, Grundwassernutzung oder Umgebungsluft. Bei den Luft-/Wasser WP sollte der Schallschutz am Ausstellort beachtet werden. Auslegung der Wärmequelle nach VDI 4640
3. Festlegung der Heizflächentemperatur
ideal: 35 °C im Neubau, bis zu 55 °C im Altbau
4. Wahl der Wärmepumpe
Für Sperrzeiten des Energieversorgers im Wärmepumpentarif sowie für die Warmwasserbereitung werden Zuschläge berücksichtigt. Die entsprechende Wärmepumpe wird ausgewählt. Beginn der Berechnung nach VDI 4650, Basis für Berechnung der Effizienz zur Förderung (z. B. MAP) und Erfüllung des EEWärmeG
5. Auslegung der Anlagenhydraulik und des elektrischen Anschlusses
Als Heizflächen müssen Niedertemperaturheizungen mit möglichst niedrigen Vorlauftemperaturen (ideal bis 35 °C) gewählt werden. In Ausnahmefällen (z. B. Altbau) können Heizungstemperaturen höher sein.

### 5.3 Anhaltswerte für die Planung der Wärmequelle

Die nachfolgenden Angaben sind Überschlagswerte. In jedem Fall sind die Herstellerangaben zu berücksichtigen.

#### Wärmequelle Luft

Die Wärmequelle Außenluft ist uneingeschränkt verfügbar. Die Einsatzgrenzen der Wärmepumpen reichen von +30 °C bis -20 °C. Aufgrund der mit fallenden Außentemperaturen abnehmenden Heizleistung wird meist ein monoenergetischer bzw. bivalenter Betrieb der Wärmepumpe realisiert, um die erforderliche Investition bei moderatem Anstieg der laufenden Kosten zu verringern. Die Geräte können innerhalb oder außerhalb des Gebäudes aufgestellt werden. Daher sind die Herstellerangaben und die Vorschriften zur Schallimmission und deren Grenzwerte zu beachten (TA Lärm).

#### Erdwärmekollektoren

Als Kollektoren werden meist Kunststoffrohre (PE-HD) in den Querschnitten DN20, DN25 oder DN32 eingesetzt. Die Rohre werden in 1,2 bis 1,5 m Tiefe bei einem

Rohrabstand von 0,5 bis 0,8 m verlegt. Der Boden darf nicht überbaut, versiegelt oder verdichtet sein. Abhängig von der Bodenfeuchte und Bodenbeschaffenheit können ca. 25 W/m<sup>2</sup> Wärmeeintragsleistung vom Absorber für die Wärmepumpe bereitgestellt werden.

#### **Erdwärmesonden-Wärmepumpen**

Erdwärmesonden werden in 10 bis 100 m Tiefe eingebracht. Abhängig von der Bodenfeuchte und Beschaffenheit können ca. 50 W/m<sup>2</sup> Wärmeeintragsleistung aufgenommen werden.

#### **Grundwasser-Wärmepumpen**

Förder- und Schluckbrunnen sollten mindestens 15 m auseinanderliegen. Im Einfamilienhaus sind die Brunnen üblicherweise 6 bis 10 m tief. Es können ca. 4 kW pro m<sup>3</sup>/h Grundwasserstrom entnommen werden, wobei eine Temperaturabsenkung von 3 K (max. 5 K nach Wasserhaushaltsgesetz) realisiert wird.

### **6 Schnittstelle zu beteiligten Gewerken**

Die Installation der Wärmepumpe wird vom SHK-Handwerk bzw. vom Elektriker ausgeführt. Erdarbeiten können je nach Umfang und Schwierigkeit auch bauseits durch den Kunden erbracht werden, wobei die Fachberatung des Handwerkers gewährleistet sein muss. Eine Erdwärmesondenbohrung muss immer durch einen Fachbetrieb vorgenommen werden. Adressen zertifizierter Bohrfirmen können beispielsweise der Internetseite [www.waermepumpe.de](http://www.waermepumpe.de) entnommen werden.

Bei der Koordination der Gewerke tritt das Bohrunternehmen in der Regel als Subunternehmer auf. Bei der Wahl der ausführenden Unternehmen sollte man darauf achten, dass diese ihre Qualifikation durch Referenzen nachweist. Nehmen Sie frühzeitig Kontakt mit dem zuständigen Energieversorgungsunternehmen auf. Neben der Anmeldung der Wärmepumpe sollten Sie die Anschlussbedingungen, die möglichen Wärmepumpentarife und evtl. mögliche Zuschüsse abklären.

Eine Wärmepumpenanlage braucht einen Drehstromanschluss mit eigenem Zähler. Für die Ausführung des elektrischen Anschlusses sind neben den Geräteangaben des Wärmepumpen-Herstellers die technischen Anschlussbedingungen (TAB) maßgeblich.

### **7 Inspektionshinweise**

Die Wartungsfrei-Intervalle bezogen auf den geschlossenen Kältekreislauf können produktspezifisch bis zu zehn Jahre betragen. Wasser- und luftseitig können betriebsbedingt je nach Verschmutzung der Wärmeübertrager (Verdampfer/Kondensator) kürzere Wartungsintervalle erforderlich sein.

Insbesondere zur Aufrechterhaltung der energetischen Effizienz wird eine regelmäßige Inspektion und bedarfsorientierte Wartung des gesamten Heizsystems empfohlen. Hierzu erhalten Sie weitere Informationen in den Wartungshinweisen der Hersteller. Anders als auf Verbrennung basierende Heizungsanlagen ist die Wärmepumpe vom gesetzlichen Wartungszwang nach der Bundes-Immissionsschutzverordnung (BImSchV) befreit. Investitionskosten für einen Schornstein und dessen Wartung entfallen damit.

### **8 Fazit**

Kaum eine andere Heiztechnik bietet jetzt und in näherer Zukunft gegenüber den konventionellen Heiztechniken eine derart überzeugende Alternative, die zudem dem SHK-Betrieb lukrative und interessante Aufgabengebiete bereitet. Das Gebäude kann ganzjährig beheizt und gekühlt werden, je nach Wärmepumpe und Wärmequelle ist eine Zusatzheizung nicht erforderlich. Die Technik ist ausgereift, Kompaktgeräte bieten zusätzliche Nutzungsmöglichkeiten wie kontrollierte Lüftung, Wärmerückgewinnung oder Klimatisierung.



# Auslegung von oberflächennahen Erdwärmekollektoren

## 1 Einleitung

Die Wahl der Wärmequelle für eine Wärmepumpe ist vor allem von den örtlichen Gegebenheiten und einer Vielzahl weiterer Parameter abhängig. Ziel ist es, unter Berücksichtigung der gegebenen Randbedingungen die ökologisch und ökonomisch sinnvollste Wärmequelle zu wählen. Wichtige Kriterien sind die:

- Grundstücksgröße,
- Bodenbeschaffenheit,
- Lage des Grundstücks (eben, Hang-Lage),
- Zugänglichkeit (z. B. für Bohrgeräte),
- Genehmigungsfähigkeit (z. B. bezüglich Grundwassernutzung) und
- Investitionsbereitschaft.

Die richtige Dimensionierung der Wärmequellenanlage spielt für den einwandfreien und wirtschaftlichen Betrieb der Wärmepumpe eine entscheidende Rolle und ist entsprechend sorgfältig durchzuführen. Eine Unterdimensionierung der Wärmequellenanlage wirkt sich negativ auf die erzielbare Jahresarbeitszahl der Wärmepumpe aus.

Unabhängig von der Art der Wärmequelle ist zur Dimensionierung der Wärmequellenanlage die Kälteleistung bzw. Wärmeentzugsleistung des Verdampfers der Wärmepumpe maßgebend. Da die Wärmepumpe ihrerseits auf Grundlage der gewählten Wärmequelle festgelegt wird, ist die Wärmequelle ggf. zunächst grob vorzudimensionieren und dann anhand der Leistungsdaten der gewählten Wärmepumpe genau auszulegen. Ist eine aktive Kühlung geplant, so ist die Leistung der Wärmequelle ggf. größer zu wählen.

Inhalt dieser Planungsunterlage ist die Auslegung von Erdwärmekollektoren. Mithilfe von Diagrammen und Tabellen können die maximalen Wärmeentzugsleistungen von horizontalen Erdwärmekollektoren, Kapillarrohrmatten und Erdwärmekörpern abgelesen werden. Die Auslegungshilfen sind als Richtwerte zu sehen und ersetzen nicht die fachgerechte, standortbezogene Planung.

## 2 Allgemeine Planungshinweise

Erdwärmekollektoren sind oberflächennahe, horizontal verlegte Wärmerohre im Erdreich, die von einem Wärmequellengemisch durchflossen werden. Voraussetzung für die Nutzung von Erdwärmekollektoren sind:

- ausreichend große, freie Grundstücksflächen,
- kein oder nur geringes Gefälle und
- geeignete Bodenbeschaffenheit (möglichst bindiger, feuchter Boden).

Sind die oben genannten Anforderungen erfüllt, stellen Erdwärmekollektoren eine preisgünstige und effiziente Form der Wärmequelle dar.

Nachfolgende Planungshinweise sollten bei der Verwendung von Erdwärmekollektoren vorab berücksichtigt werden:

- Erdwärmekollektoren dürfen nicht überbaut, die Oberfläche über den Kollektoren darf nicht versiegelt werden.
- Die Verlegetiefe liegt zwischen 1,2 m und 1,5 m (mindestens 0,2 m unter der Frostgrenze).
- Der Verlegeabstand wird üblicherweise zwischen 0,3 m und 0,8 m in Abhängigkeit der Größe der Entzugsrohre und der Bodenart gewählt (Anhaltswert: 0,8 m bei einem Rohrdurchmesser DN 32).

- Im Regelfall werden mehrere Erdwärmekollektorkreise verlegt, die in einem Verteiler zusammengeführt werden. Die einzelnen Kreise sollten nicht länger als 100 m sein und die gleichen Längen aufweisen.
- Der Abstand zur Grundstücksgrenze sollte mindestens 1 m betragen, ggf. fordern lokale Vorschriften einen größeren Abstand.
- Wasser- und Abwasserleitungen sind mit ausreichendem Abstand zum Kollektor zu verlegen.

### 3 Kriterien zur Begrenzung der Entzugsleistung von Erdwärmekollektoren

Für einen sicheren Betrieb, sind die vom Wärmepumpenhersteller angegebenen Betriebsgrenzen unbedingt einzuhalten. Um das maximal mögliche Druckverhältnis sowie die Temperatureinsatzgrenzen des Verdichters nicht zu überschreiten und um das Erstarren der Wärmepumpensole zu verhindern, wird deshalb die minimale Soletemperatur begrenzt. Üblicherweise wird angegeben, dass bei einer Spreizung von 3 K, die Solerücklauftemperatur in die Wärmepumpe  $-5\text{ °C}$  nicht unterschreiten darf.

Standardumwälzpumpen können nur einen begrenzten Druckverlust überwinden. Damit der Druckverlust im Verdampfer sowie der in eventuell langen Anschlussleitungen mit überwunden werden kann, sollte im Kollektor selbst maximal ein Druckabfall von 35 kPa entstehen.

Die Abkühlung des Erdreichs in etwa 1,2 m Tiefe bei einem richtig ausgelegten Erdwärmekollektor wirkt sich in der Regel nicht schädlich auf die Umwelt aus. Es ist lediglich möglich, dass sich das Wachstum der Pflanzen über dem Kollektor um wenige Wochen verzögert.

Die Eisbildung im Winter um die Kollektorrohre herum, ist jedoch aufgrund zweier Effekte zu begrenzen:

1. Das Eis dehnt sich beim Erstarren aus. Wächst der Eispanzer um die Kollektorrohre herum so weit an, dass er die natürliche Eisschicht des gefrorenen Bodens (Frostgrenze) berührt, so können sich die dabei auftretenden Spannungen im Erdreich nicht abbauen. Es entstehen vor allem bei bindigen Böden Hebungen über den Kollektorrohren. Die natürliche Frostgrenze liegt in Deutschland abhängig von der Bodenart und den Witterungsverhältnissen zwischen 50 und 70 cm. Bei einer Verlegetiefe von ca. 1,2 m sollte sich der Bereich des gefrorenen Bodens um den Kollektor somit maximal 50 cm nach oben ausdehnen.
2. Sind im Frühjahr die Eistradien um benachbarte Kollektorrohre noch so groß, dass sie sich berühren, so ist der vertikale hydraulische Wassertransport im Boden unterbrochen. Das Schmelzwasser und die stärker werdenden Niederschläge können dann nicht versickern, und es bildet sich Staunässe über dem Kollektor. Da der jährliche Temperaturverlauf und der Beginn der Vegetation im Frühjahr regional sehr unterschiedlich sind, ist es nicht zweckmäßig ein festes Grenzdatum festzulegen. Stattdessen wurde bei den Berechnungen angenommen, dass der entsprechende Zeitpunkt erreicht ist, wenn die über mehrere Tage gemittelte Umgebungstemperatur eine Grenztemperatur von ca.  $12\text{ °C}$  erreicht. Dieser Zeitpunkt liegt in der Regel zwischen April und Mitte Mai eines Jahres. Bis dahin sollen die Eistradien so weit zurückgetaut sein, damit sie sich gerade nicht mehr berühren. Das versickernde Wasser beschleunigt danach das weitere Abtauen.

### 4 Abhängigkeit von Klimaregionen

Die Jahresmitteltemperatur und die Temperaturschwankungen (Temperaturamplituden) der Monatsmittelwerte beeinflussen erheblich die Leistungsfähigkeit eines Erdwärmekollektors. Je wärmer eine Region im Durchschnitt ist, desto mehr Wärme strömt von der Erdoberfläche und aus tieferen Erdschichten zum Kollektor. Dies verringert die Eisbildung und beschleunigt das Abtauen im Frühjahr. In wärmeren Regionen können daher die Erdwärmekollektoren auf eine wesentlich höhere spezifische Entzugsleistung ausgelegt werden, bis eines der Auslegungskriterien verletzt wird. Daneben sind auch die durchschnittlichen Niederschlagsmengen innerhalb Deutschlands sehr unterschiedlich. Das führt dazu, dass beim ansonsten

gleichen Bodentyp der Wassergehalt unterschiedlich ausfällt und dadurch sich auch die thermischen Bodeneigenschaften deutlich unterscheiden. In der DIN 4710 wird Deutschland in 15 Klimazonen eingeteilt. Bei den in den Anhängen I bis III dargestellten Diagrammen und Tabellen wurde sich an diese Einteilung angelehnt.



Klimazonen der  
DIN 4710:2003-01\*)

## 5 Auslegung horizontaler Erdwärmekollektoren (Anhang I)

Bei den Auslegungsdiagrammen für horizontale Erdwärmekollektoren ist die maximal mögliche flächenspezifische Entzugsleistung in Abhängigkeit vom Rohrabstand dargestellt, bei dem gerade noch keines der oben genannten Kriterien verletzt wird. Es werden die vier Bodentypen Sand, Lehm, Schluff und sandiger Ton unterschieden, die das breite Spektrum, der in der Natur vorkommenden Böden gut widerspiegeln.

	Sand	Lehm	Schluff	sandiger Ton
Wassergehalt in % Vol.	9,3	28,2	38,1	36,4
Wärmeleitfähigkeit in W/(mK)	1,22	1,54	1,49	1,76
Spezifische Wärmekapazität in J/(kgK)	805	1 229	1 345	1 324
Dichte kg/m <sup>3</sup>	1 512	1 816	1 821	1 820

Tabelle 1: Bodenbeschaffenheit

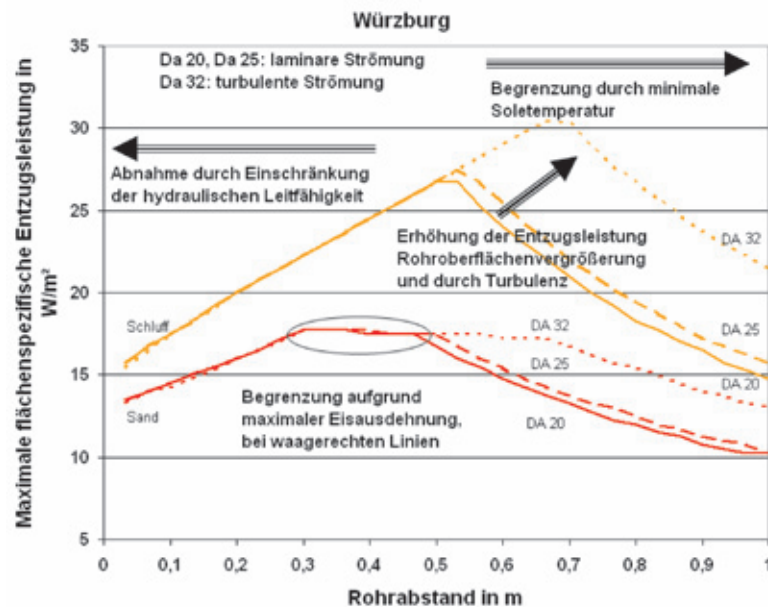
Darüber hinaus sind die Unterschiede bei der Verwendung unterschiedlicher Rohrdurchmesser ersichtlich (DA 20, DA 25 und DA 32).

Bei hohen flächenspezifischen Entzugsleistungen können durch zu kleine oder zu große Rohrabstände die Auslegungskriterien der Betriebssicherheit oder Umweltbeeinflussung verletzt werden. Wie in den Diagrammen ersichtlich ist, gibt es einen Rohrabstand, bei dem die höchste flächenspezifische Entzugsleistung möglich ist, ohne dass eines der Auslegungskriterien verletzt wird.

Links neben diesem Maximum ist das begrenzende Kriterium die Gewährleistung der hydraulischen Leitfähigkeit, um Matsch über dem Kollektor zu vermeiden. Die

\*) Wiedergegeben mit Erlaubnis des DIN Deutsches Institut für Normung e. V. Maßgebend für das Anwenden der DIN-Norm ist deren Fassung mit dem neuesten Ausgabedatum, die beim Beuth Verlag GmbH, Burggrafenstraße 6, 10787 Berlin, erhältlich ist.

Eisbildung ist relativ unabhängig vom Rohrdurchmesser, weshalb dort die Linien der drei verschiedenen Rohre aufeinander verlaufen.



Rechts neben dem Maximum ist die minimale Soletemperatur das begrenzende Kriterium. Hierbei sind die Unterschiede in der maximalen flächenspezifischen Entzugsleistung zwischen den einzelnen Rohrdurchmessern deutlich ersichtlich. Je größer der Rohrdurchmesser, desto größer ist bedingt durch die größere Wärmeübertragungsfläche die maximale spezifische Entzugsleistung. Bei turbulenter Strömung im Rohr ist bei gleichem Rohrdurchmesser aufgrund des besseren Wärmeübergangs eine höhere maximale spezifische Entzugsleistung zu erreichen als bei laminarer Strömung. Im Rohr DN 32 kann auch bei der Berücksichtigung des maximalen Druckverlusts eine turbulente Strömung immer erreicht werden, sodass auf die Berechnung mit laminarer Strömung verzichtet wurde. Bei den Rohrdurchmessern DA 20 und DA 25 sind die maximalen flächenspezifischen Entzugsleistungen sowohl für eine turbulente als auch eine laminare Strömung im Rohr dargestellt.

Bei Sandboden gibt es kein direktes Maximum, sondern eine „maximale waagerechte Begrenzungslinie“. Hierbei ist die maximal mögliche Eisausdehnung das begrenzende Kriterium.

## 6 Auslegung von Kapillarrohrmatten als Erdwärmekollektoren (Anhang II)

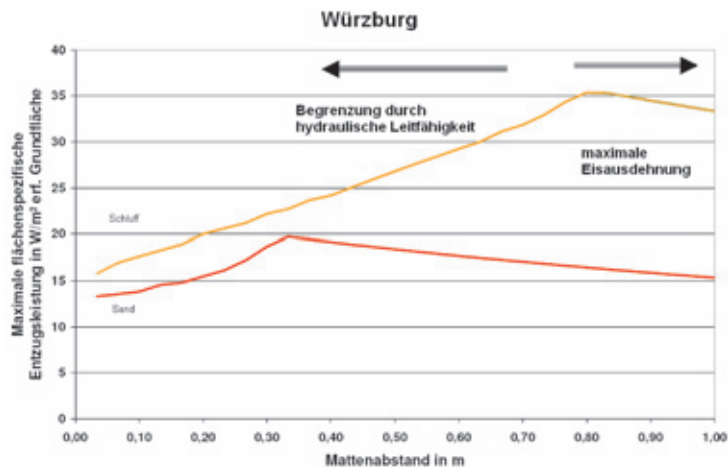
Kapillarrohrmatten entsprechen prinzipiell horizontalen Erdwärmekollektoren mit sehr kleinem Rohrdurchmesser und sehr kleinem Rohrabstand. Hieraus lassen sich auch deren Vor- und Nachteile herleiten.

Aufgrund des kleinen Rohrabstandes und somit des flächigen, gleichmäßigen Wärmeentzugs können bei gleichen flächenspezifischen Entzugsleistungen im Vergleich zu Standardkollektoren wesentlich höhere Soletemperaturen erreicht werden. Ein Kollektor mit Kapillarrohrmatten könnte auf eine deutlich höhere flächenspezifische Entzugsleistung ausgelegt werden, bis die minimale Soletemperatur unterschritten werden würde.

Die Nachteile bezüglich der Kriterien der Umweltbeeinflussung verstärken sich jedoch gleichermaßen. Das Eis um den Kollektor muss beinahe vollständig abgetaut werden, bis Zwischenräume frei werden, durch die das Wasser versickern kann. Die Auslegungsdiagramme für horizontale Erdwärmekollektoren sind somit auch für geschlossene Kapillarrohrmatten gültig.

Um das Versickern von Oberflächenwasser im Frühjahr früher zu gewährleisten, ist es möglich, Zwischenräume zwischen den einzelnen Matten zu lassen. Da nur in diesen Zwischenräumen rechtzeitig das Eis so weit zurücktauen kann, damit das Wasser versickert, sollten Kapillarrohrmatten nicht allzu breit sein, um zu ver-

hindern, dass sich trotz ausreichender Mattenabstände direkt über den Matten Matsch bildet. Eine maximale Mattenbreite von 2 m wird hierbei als sinnvoll erachtet.



In den Auslegungsdiagrammen sind die maximale, auf die Mattenfläche bezogene Entzugsleistung für die vier Bodentypen Sand, Lehm, Schluff und sandiger Ton dargestellt. Links neben dem Knick wirkt stets die Gewährleistung der hydraulischen Leitfähigkeit im Frühjahr begrenzend, rechts davon die maximale Eisausdehnung. Bei Sandboden ist die Gewährleistung der hydraulischen Leitfähigkeit auch bei gefrorenem Boden oft gegeben, weshalb zum Teil höhere Entzugsleistungen als bei den bindigen Bodentypen erreicht werden können.

In der Tabelle sind jeweils die maximalen Entzugsleistungen pro Mattenfläche bzw. Gartenfläche und die dafür notwendigen Mattenabstände dargestellt.

## 7 Auslegung von Erdwärmekörpern als Erdwärmekollektoren (Anhang III)

Bei Erdwärmekörpern handelt es sich um zylindrische oder kegelförmige Drahtkörbe, die mit Kollektorröhren umwickelt sind. Sie werden in einer Tiefe von ca. 1 m bis 3,5 m unter der Erdoberfläche vergraben. Die Baugrube wird danach mit dem Aushub bzw. Sand wieder verfüllt. Die Abstände zwischen benachbarten Erdwärmekörpern werden von den Herstellern zwischen 3 m und 6 m angegeben.

In den Tabellen werden für zwei Korbgeometrien die maximalen Entzugsleistungen pro Korb dargestellt, wenn zu vier Seiten jeweils ein Nachbarkorb mit vier Meter Abstand zwischen den Mittelpunkten existiert. Eine adiabate Hauswand in 2 m Abstand hat hierbei den selben Einfluss wie ein Nachbarkorb mit 4 m Abstand.

Korbgeometrie:

1. Durchmesser 1,3 m; Höhe 1,3 m
2. Durchmesser 0,5 m; Höhe 2,0 m

### Anhang 1 Horizontale Erdwärmekollektoren

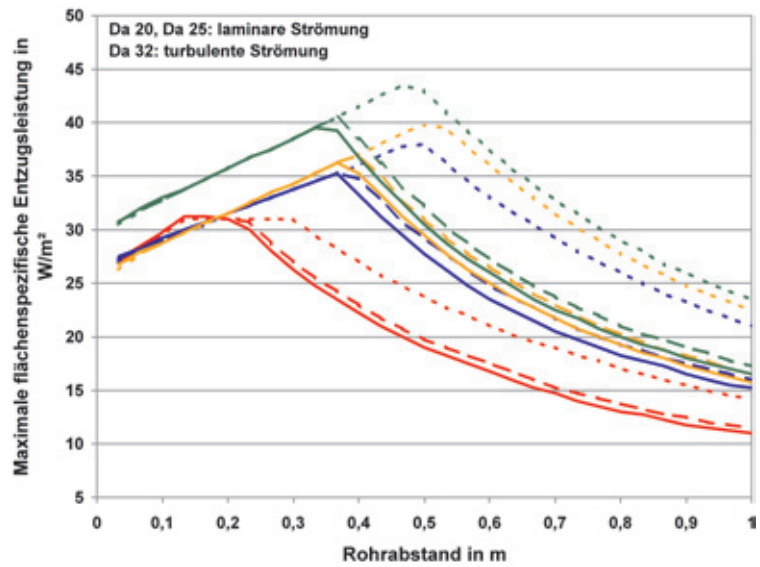
Es wurden die Berechnungen für die DA 20 und DA 25 mit jeweils laminarer Strömung durchgeführt, bei den Durchmessern DA 32 erfolgte die Berechnung mit turbulenter Strömung. Um die Simulationsergebnisse mit den Randbedingungen turbulent oder laminar zu erreichen, wurden die Temperaturspreizung und Rohrlänge variiert, bei der die gewünschte Strömungsform bei Beachtung des maximalen Druckverlustes erreicht wurde.

Bei laminarer Strömung und den betrachteten Durchmessern ist eine Rohrlänge von 100 m möglich, grundsätzlich ist jedoch der maximale Druckverlust nicht zu überschreiten.

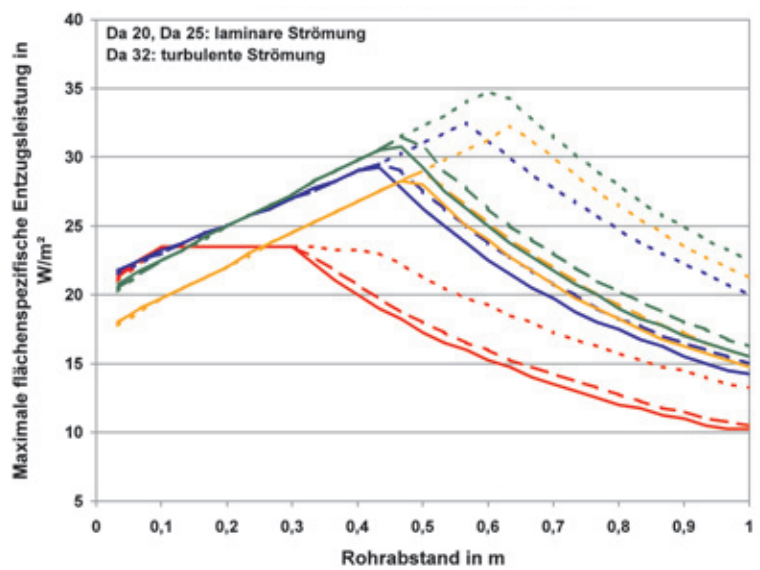
Bodenart und Rohrdurchmesser

- Sand Da 20
- - Sand Da 25
- - - Sand Da 32
- Lehm Da 20
- - Lehm Da 25
- - - Lehm Da 32
- Schluff Da 20
- - Schluff Da 25
- - - Schluff Da 32
- sandiger Ton Da 20
- - sandiger Ton Da 25
- - - sandiger Ton Da 32

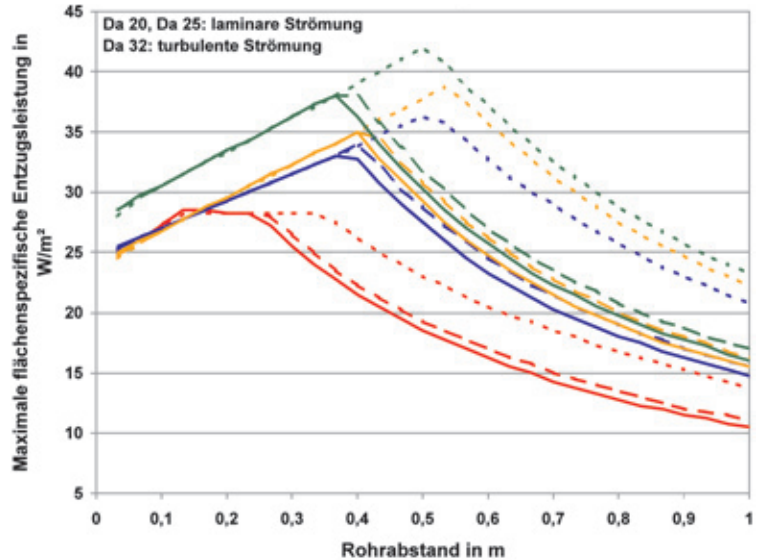
Klimazone 1: Bremerhaven

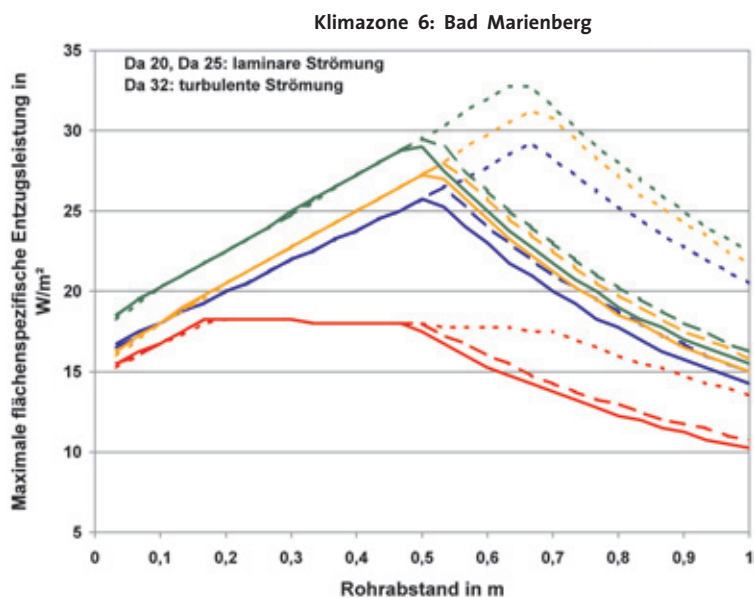
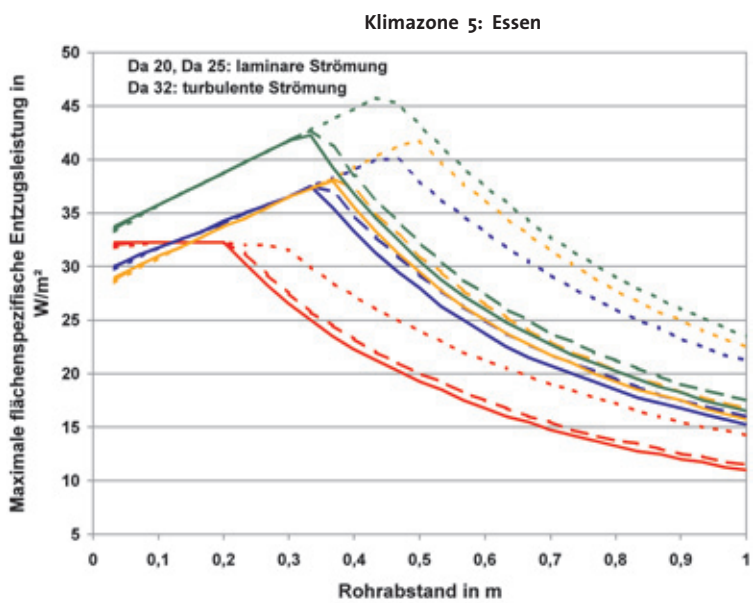
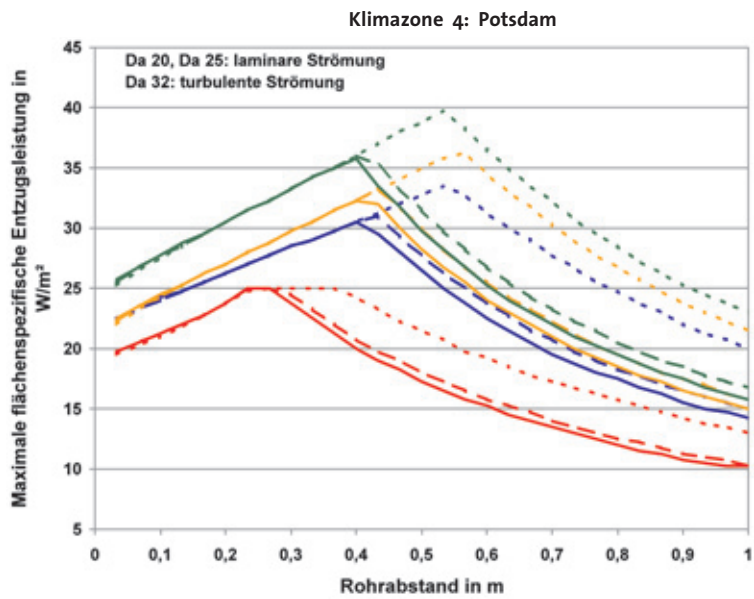


Klimazone 2: Rostock-Warnemünde



Klimazone 3: Hamburg-Fuhlsbüttel





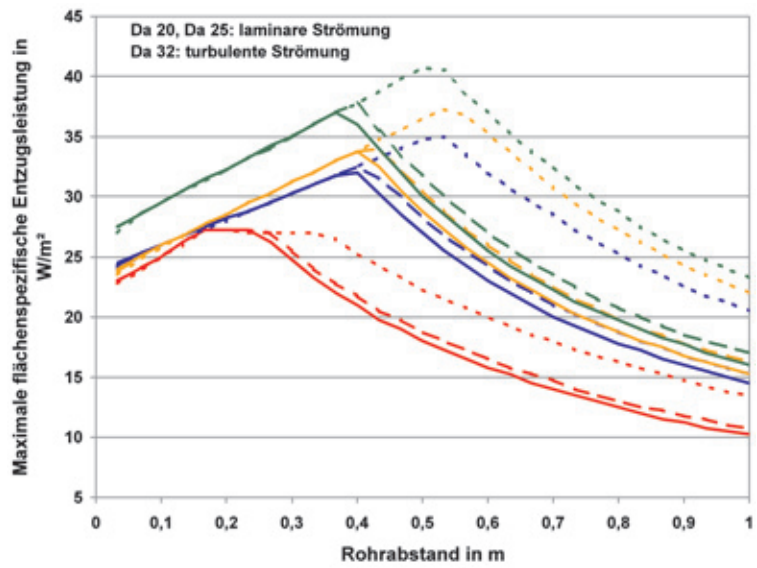
Bodenart und Rohrdurchmesser

- Sand Da 20
- - - Sand Da 25
- . . . Sand Da 32
- Lehm Da 20
- - - Lehm Da 25
- . . . Lehm Da 32
- Schluff Da 20
- - - Schluff Da 25
- . . . Schluff Da 32
- sandiger Ton Da 20
- - - sandiger Ton Da 25
- . . . sandiger Ton Da 32

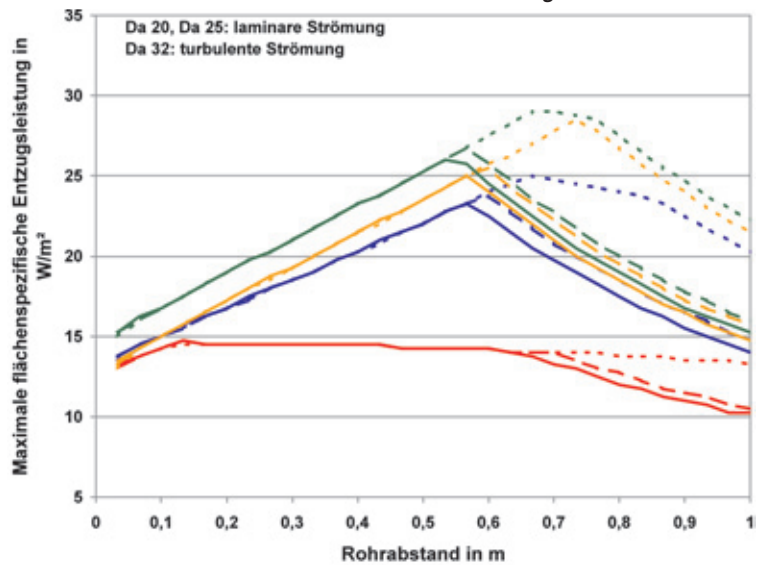
Bodenart und Rohrdurchmesser

- Sand Da 20
- - - Sand Da 25
- . . . Sand Da 32
- Lehm Da 20
- - - Lehm Da 25
- . . . Lehm Da 32
- Schluff Da 20
- - - Schluff Da 25
- . . . Schluff Da 32
- sandiger Ton Da 20
- - - sandiger Ton Da 25
- . . . sandiger Ton Da 32

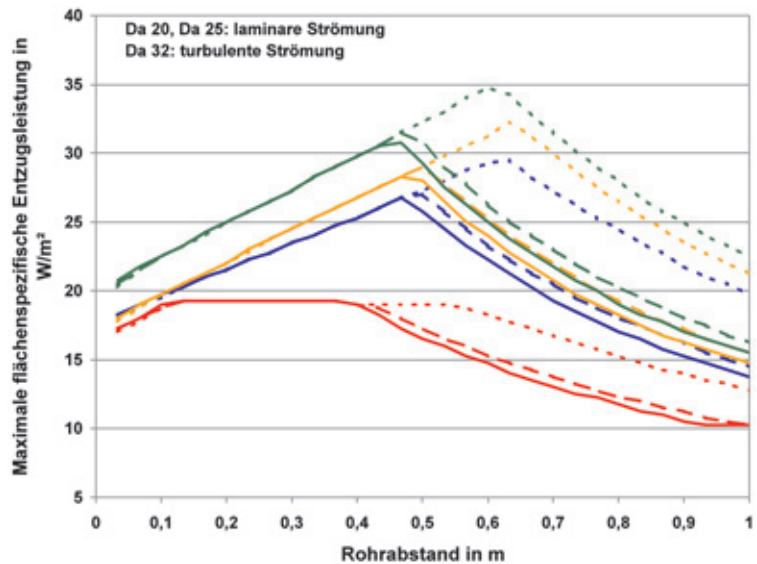
Klimazone 7: Kassel



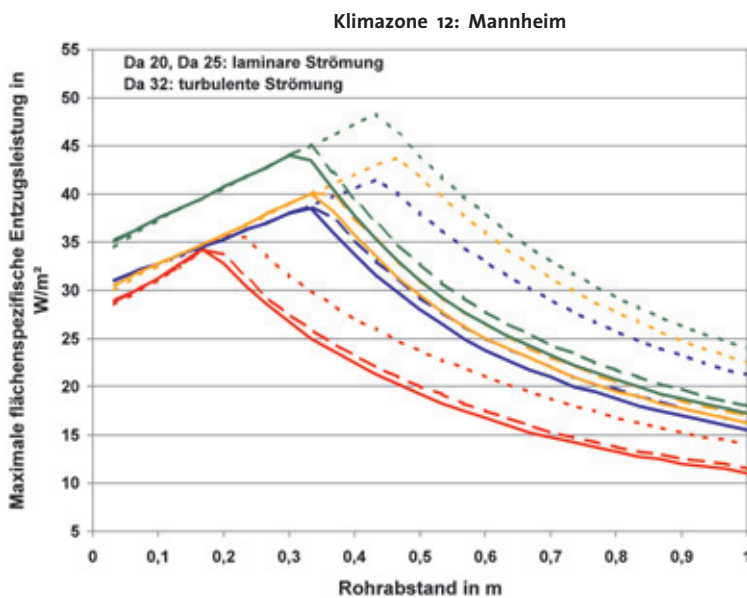
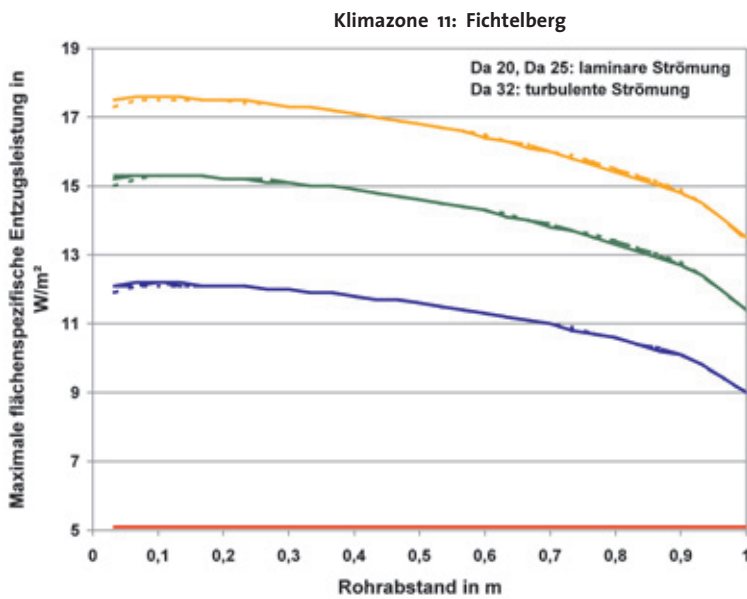
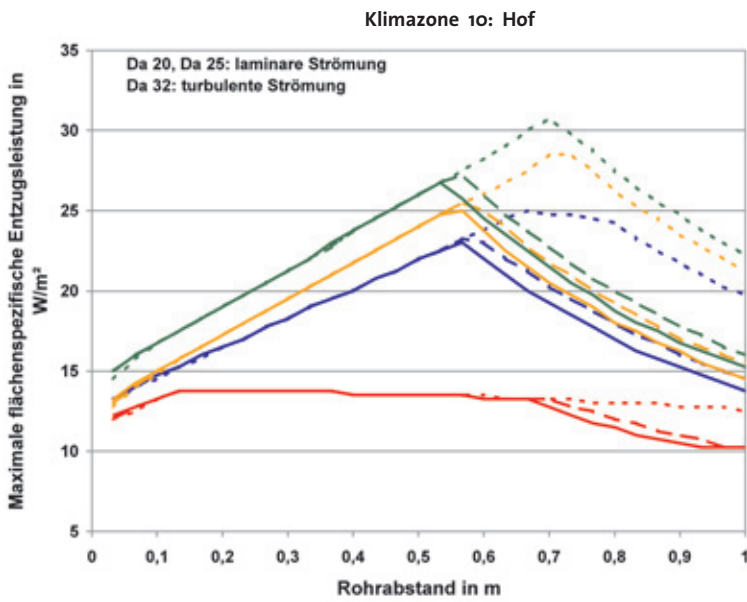
Klimazone 8: Braunlage



Klimazone 9: Chemnitz







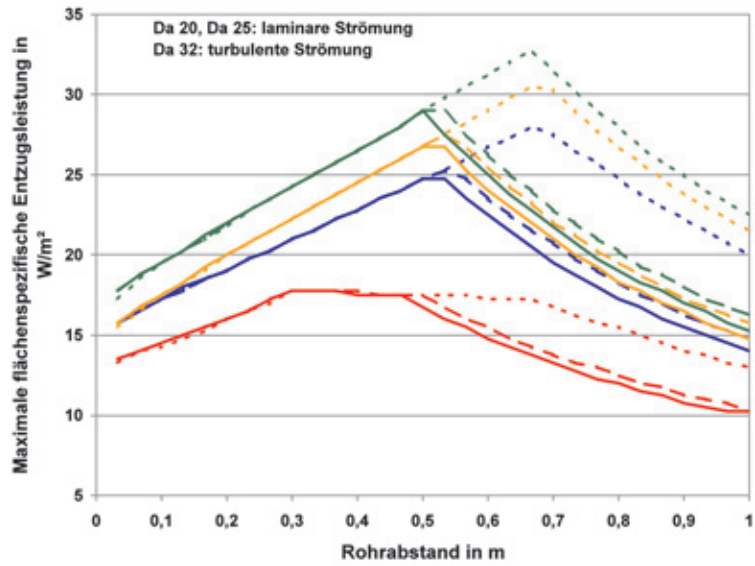
#### Bodenart und Rohrdurchmesser

- Sand Da 20
- - - Sand Da 25
- . . . Sand Da 32
- Lehm Da 20
- - - Lehm Da 25
- . . . Lehm Da 32
- Schluff Da 20
- - - Schluff Da 25
- . . . Schluff Da 32
- sandiger Ton Da 20
- - - sandiger Ton Da 25
- . . . sandiger Ton Da 32

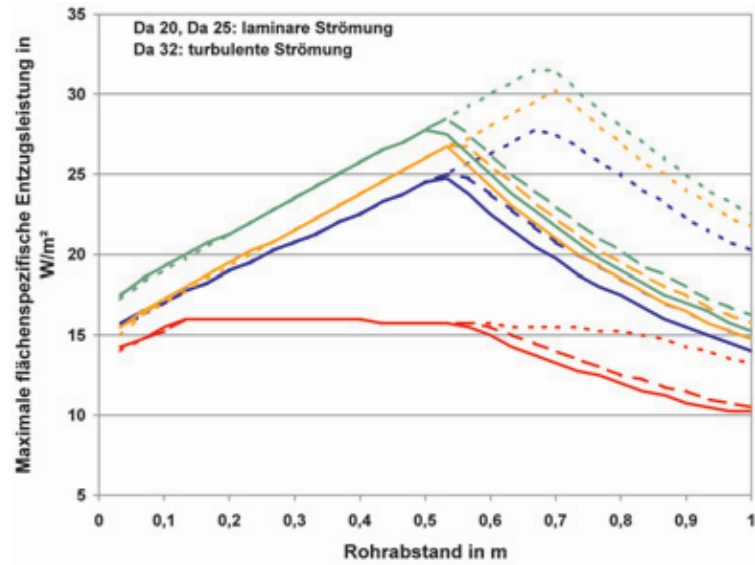
Bodenart und Rohrdurchmesser

- Sand Da 20
- - - Sand Da 25
- . . . Sand Da 32
- Lehm Da 20
- - - Lehm Da 25
- . . . Lehm Da 32
- Schluff Da 20
- - - Schluff Da 25
- . . . Schluff Da 32
- sandiger Ton Da 20
- - - sandiger Ton Da 25
- . . . sandiger Ton Da 32

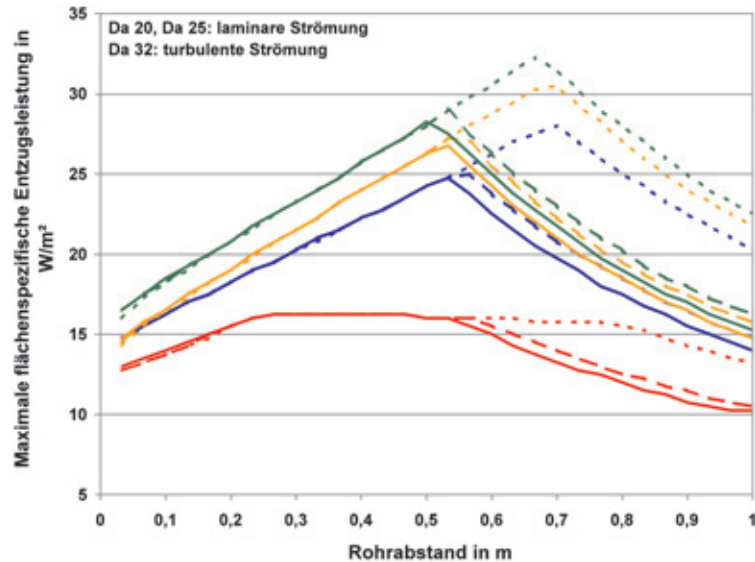
Klimazone 13: Passau



Klimazone 14: Stötten

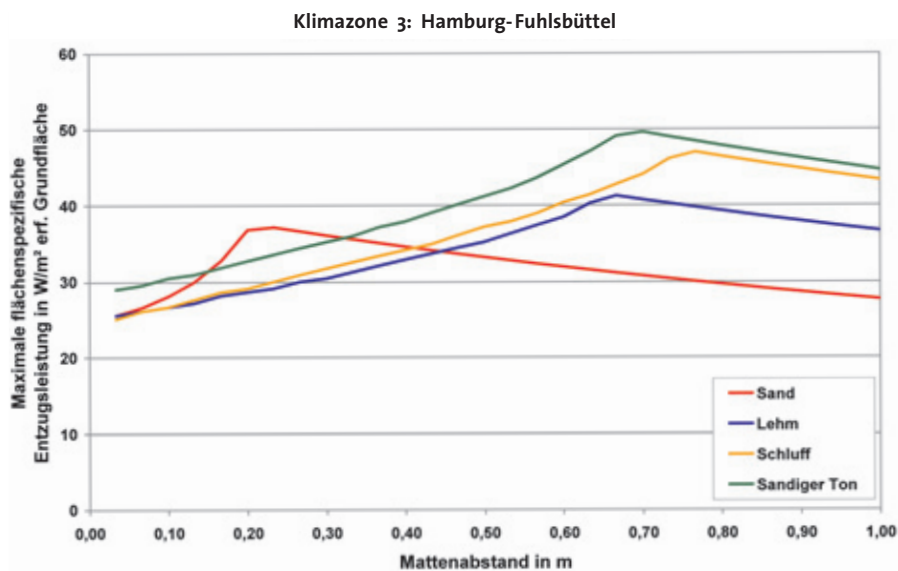
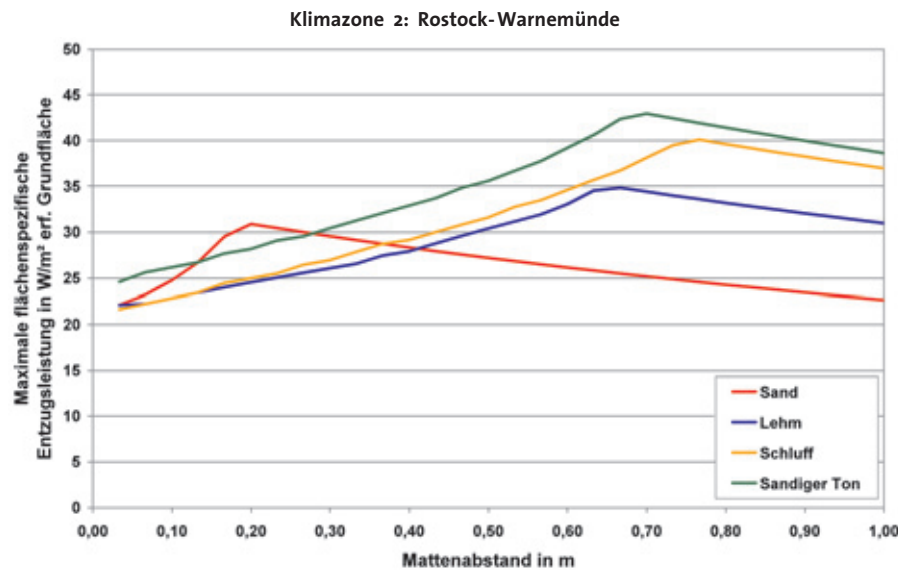
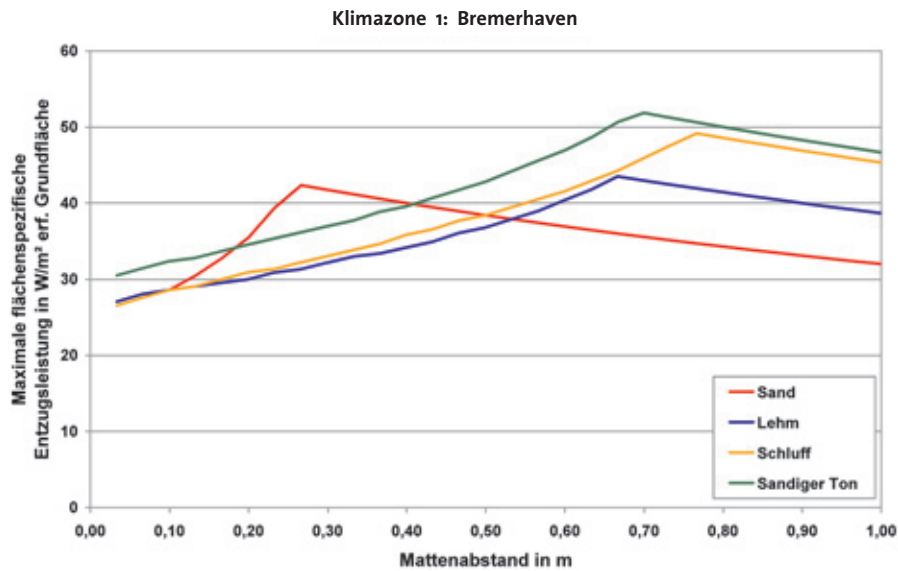


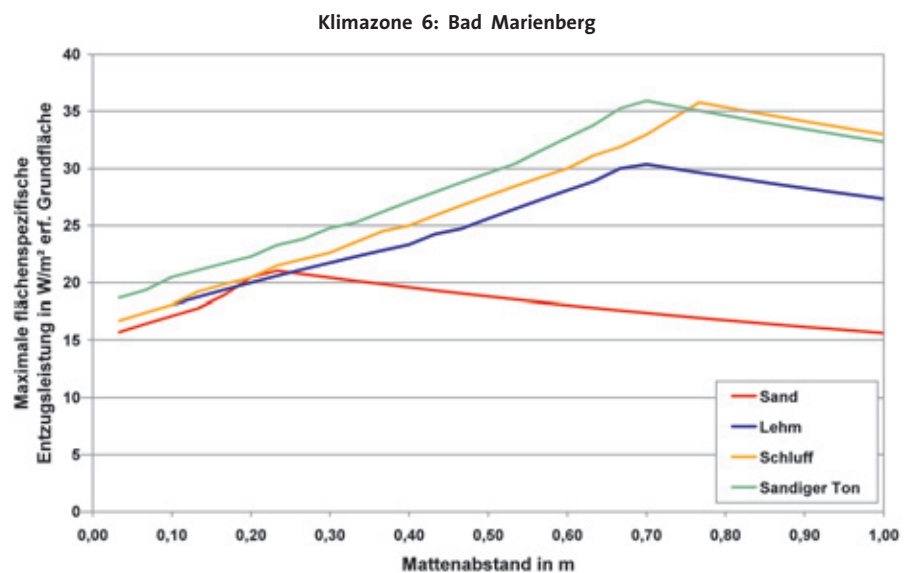
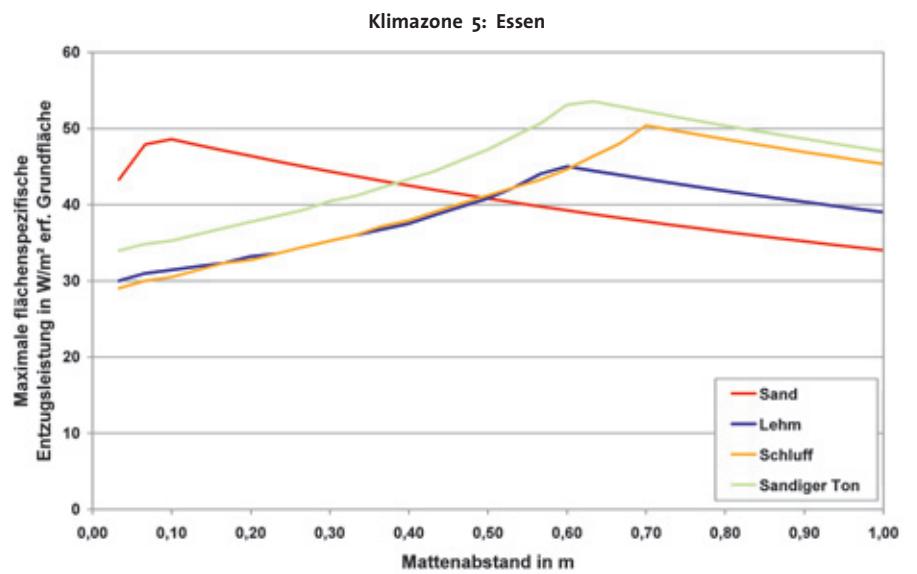
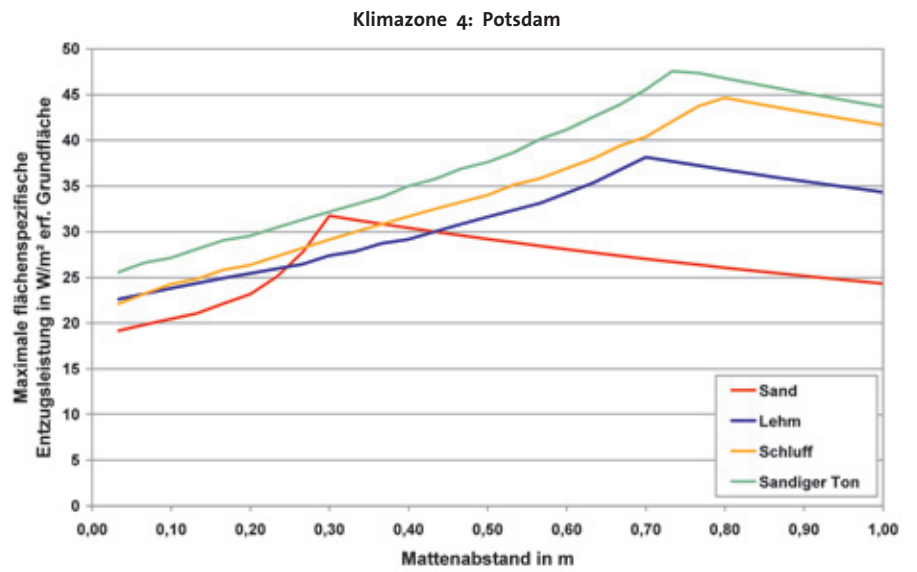
Klimazone 15: Garmisch-Partenkirchen

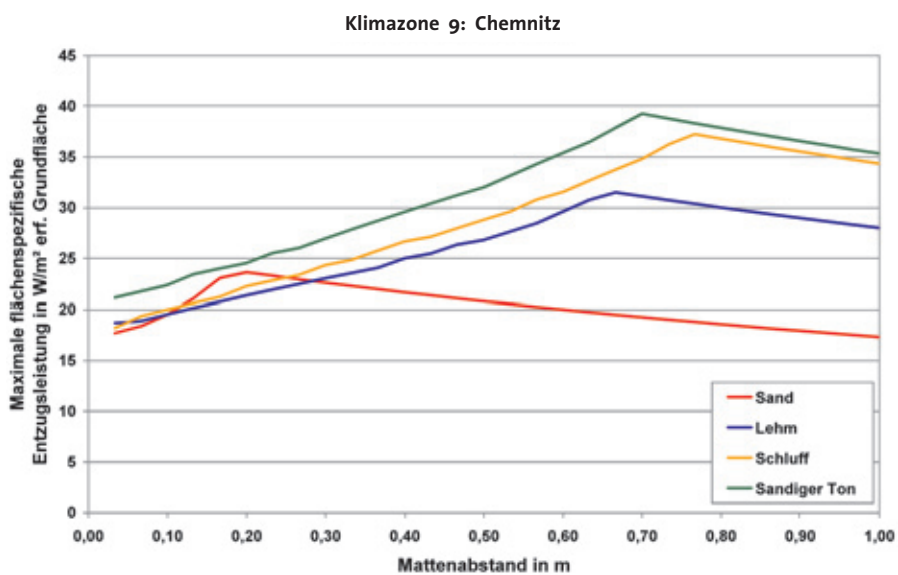
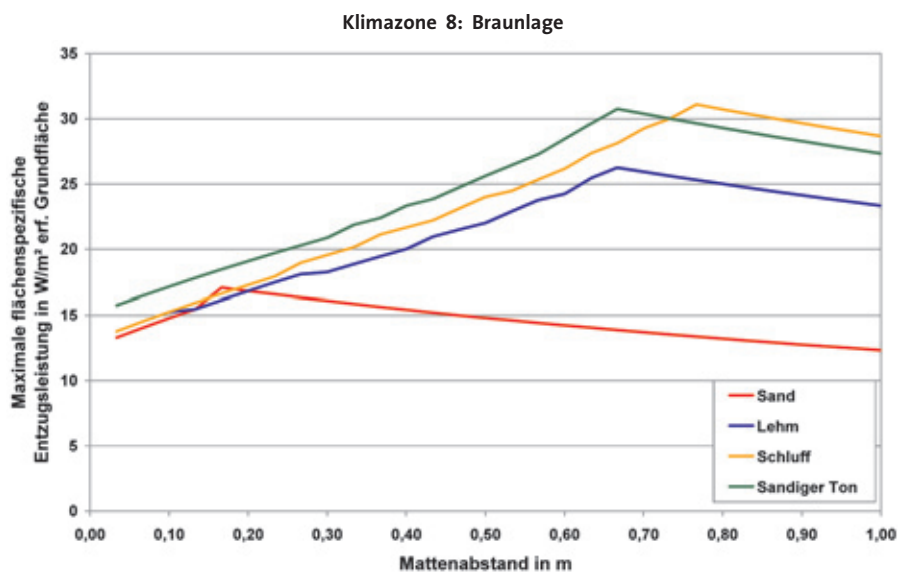
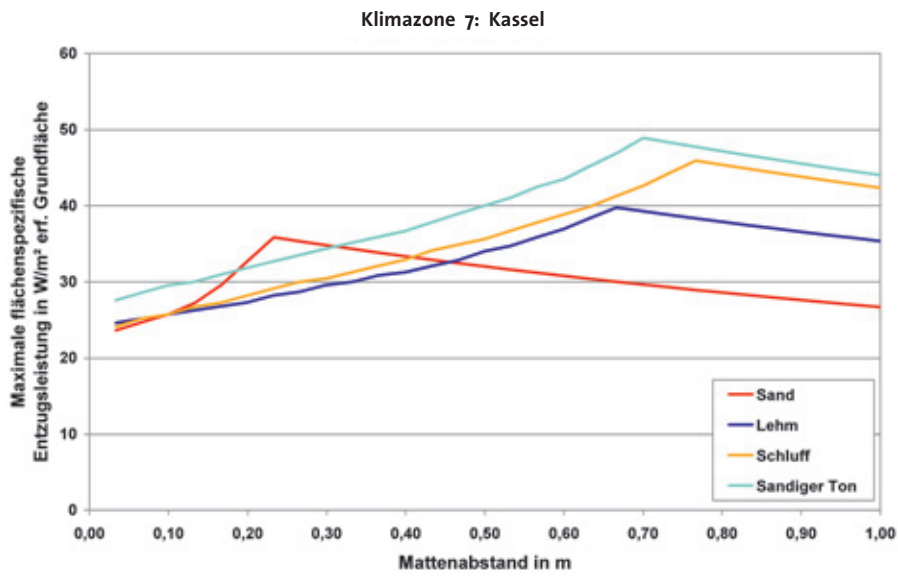


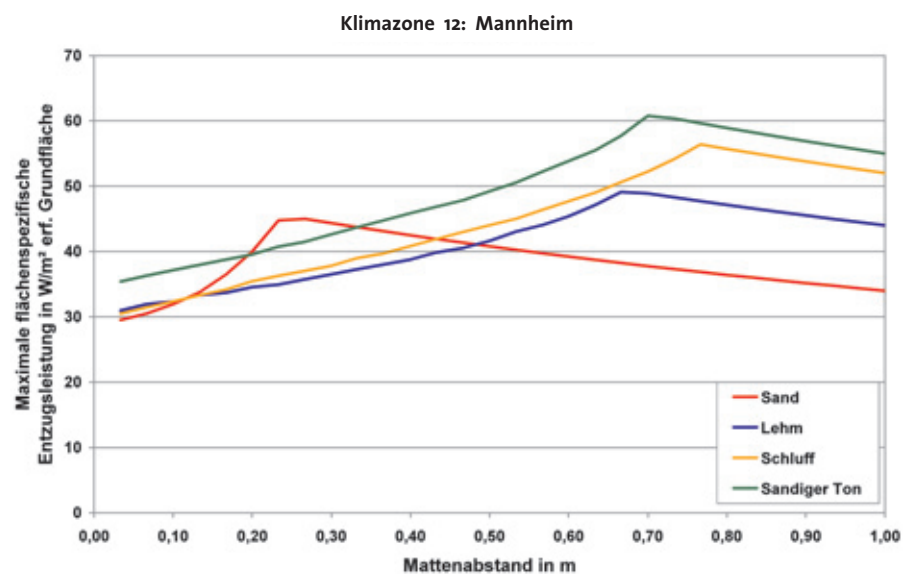
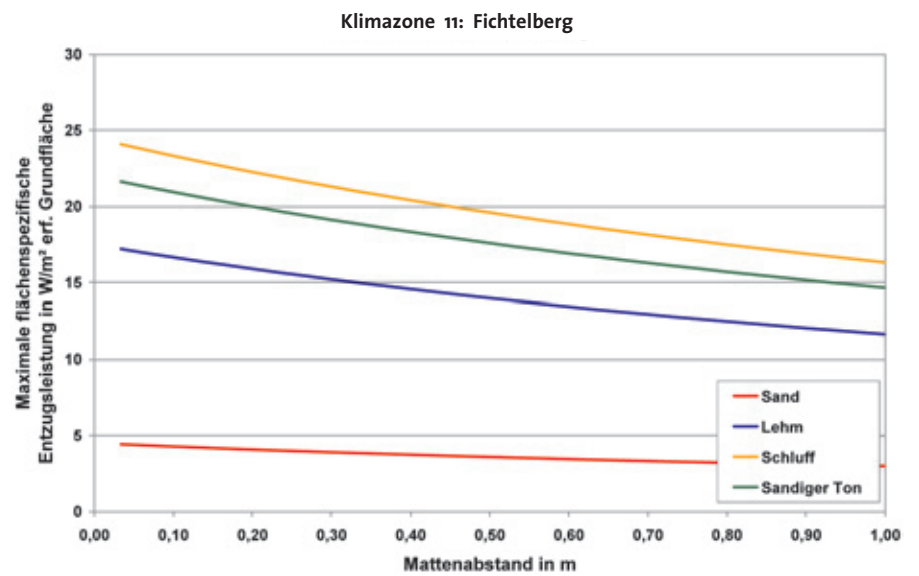
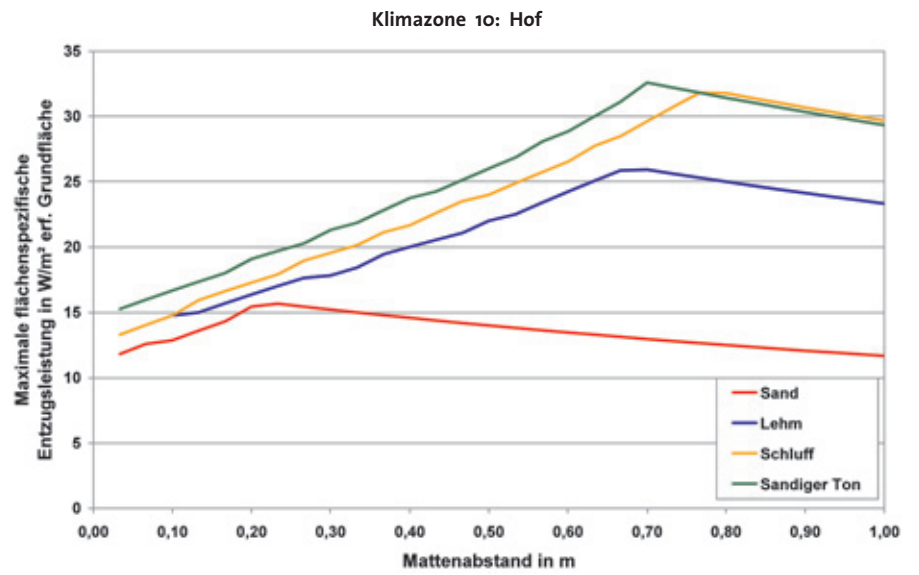
## Anhang 2 Kapillarrohrmatten als Erdwärmekollektoren

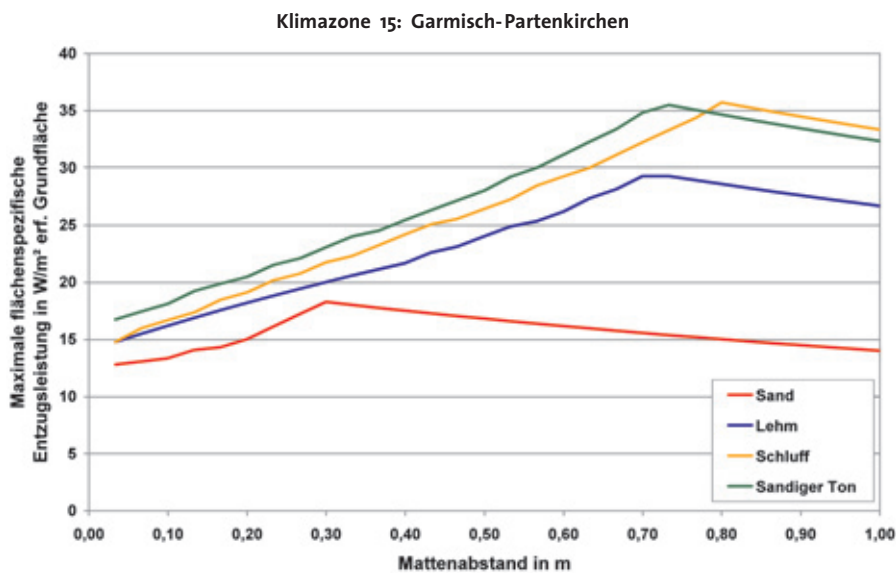
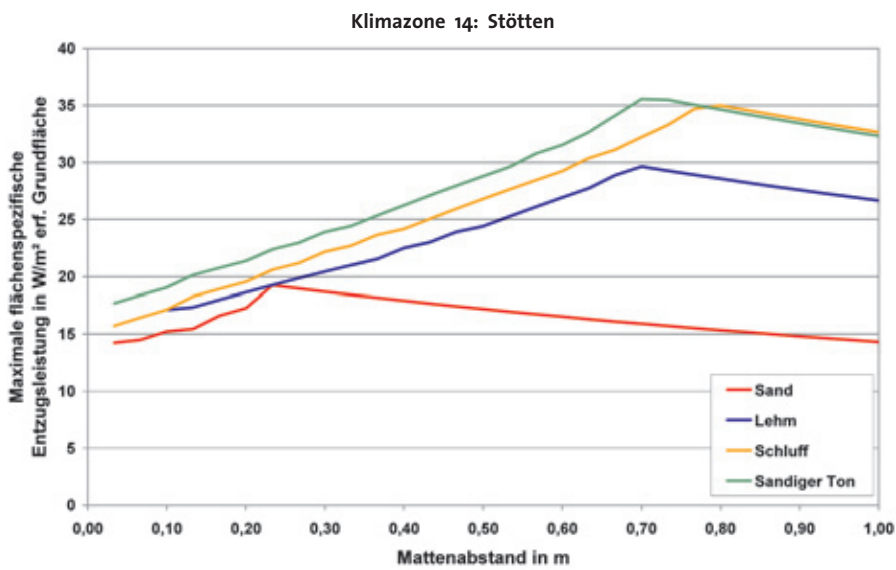
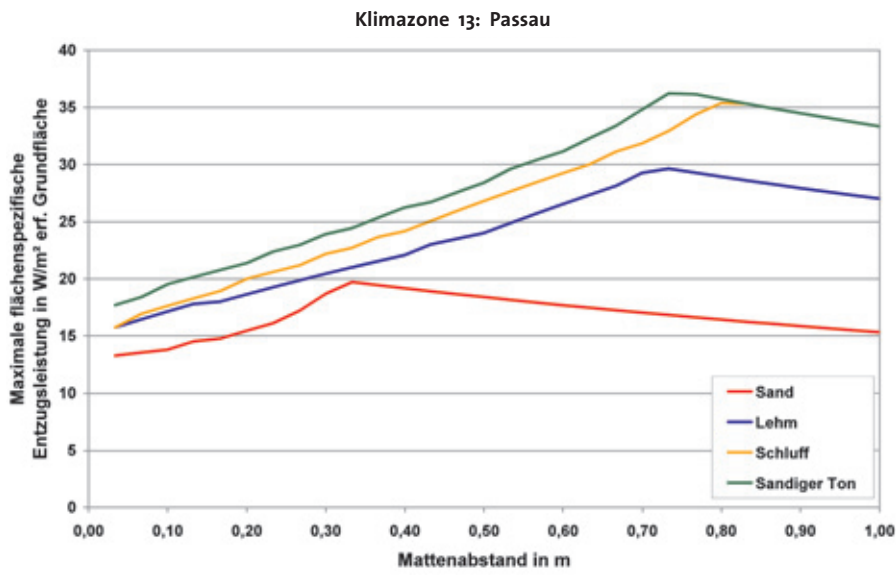
Die Diagramme stellen die maximalen Entzugsleistungen pro m<sup>2</sup> erforderliche Grundfläche dar.











**Die folgende Tabelle gibt die maximalen Entzugsleistungen für die Kapillarrohrmatten an.**

Auslegung von Kapillarrohrmatten als Erdwärmekollektoren

Maximale Entzugsleistung pro erf. Grundfläche bei einer Mattenbreite von 2 m und optimierten Mattenabstand

Nr:	Klimazone	Entzugsleistung	Sand	Lehm	Schluff	sandiger Ton
		Mattenabstand				
1	Bremerhaven	W/m	43,2	43,4	49,1	51,9
		m	0,27	0,67	0,77	0,70
2	Rostock-Warnemünde	W/m	30,9	34,8	40,1	43,0
		m	0,20	0,67	0,77	0,70
3	Hamburg-Fuhlsbüttel	W/m	37,2	41,2	46,9	49,6
		m	0,23	0,67	0,77	0,70
4	Potsdam	W/m	31,7	38,1	44,6	47,3
		m	0,30	0,70	0,80	0,77
5	Essen	W/m	48,6	45,0	50,4	53,6
		m	0,10	0,60	0,70	0,63
6	Bad Marienberg	W/m	23,0	30,4	35,7	35,9
		m	0,23	0,70	0,77	0,70
7	Kassel	W/m	35,8	39,7	45,8	48,9
		m	0,23	0,67	0,77	0,70
8	Braunlage	W/m	17,1	26,2	31,0	30,7
		m	0,17	0,67	0,77	0,67
9	Chemnitz	W/m	23,6	31,5	37,2	39,3
		m	0,20	0,67	0,77	0,70
10	Hof	W/m	15,7	25,9	31,8	32,6
		m	0,23	0,70	0,80	0,70
11	Fichtelberg	W/m	4,4	17,4	24,6	21,9
		m	0,01	0,01	0,01	0,01
12	Mannheim	W/m	44,9	48,9	56,3	60,4
		m	0,27	0,70	0,77	0,73
13	Passau	W/m	19,7	29,7	35,3	36,1
		m	0,33	0,73	0,83	0,77
14	Stötten	W/m	19,3	29,3	35,0	35,5
		m	0,23	0,70	0,80	0,73
15	Garmisch-Partenkirchen	W/m	18,3	29,3	35,7	35,5
		m	0,30	0,73	0,80	0,73



### Anhang 3 Erdwärmekörbe

Maximale Entzugsleistung eines Erdwärmekorbs mit 1,3 m Durchmesser und 1,3 m Höhe bei einem Korbabstand von 4 m bei 4 Nachbarkörben

Nr:	Klimazone	Sand	Lehm	Schluff	sandiger Ton
1	Bremerhaven	332	514	546	590
2	Rostock-Warnemünde	288	454	484	532
3	Hamburg-Fuhlsbüttel	326	506	540	582
4	Potsdam	302	484	522	572
5	Essen	342	526	558	602
6	Bad Marienberg	292	458	484	516
7	Kassel	314	494	528	574
8	Braunlage	274	432	458	486
9	Chemnitz	282	450	482	528
10	Hof	274	440	472	512
11	Fichtelberg	108	226	280	272
12	Mannheim	364	564	600	658
13	Passau	284	452	484	522
14	Stötten	296	468	498	534
15	Garmisch-Partenkirchen	300	476	508	542

Maximale Entzugsleistung eines Erdwärmekorbs mit 0,5 m Durchmesser und 2 m Höhe bei einem Korbabstand von 4 m bei 4 Nachbarkörben

Nr:	Klimazone	Sand	Lehm	Schluff	sandiger Ton
1	Bremerhaven	184	300	324	350
2	Rostock-Warnemünde	158	264	288	316
3	Hamburg-Fuhlsbüttel	182	300	324	350
4	Potsdam	170	288	314	348
5	Essen	188	306	330	356
6	Bad Marienberg	162	272	294	310
7	Kassel	174	292	316	344
8	Braunlage	152	256	276	290
9	Chemnitz	156	266	292	320
10	Hof	152	264	290	314
11	Fichtelberg	102	166	210	194
12	Mannheim	204	338	366	402
13	Passau	160	272	298	320
14	Stötten	166	284	308	328
15	Garmisch-Partenkirchen	170	292	318	338

## Anhang 4 Beschreibung des Rechenmodells

Zunächst wurden Kriterien definiert, die als Abbruchkriterien die maximale Entzugsleistung beschränken:

- Betriebssicherheit
- Minimale Solerücklauftemperatur in die Wärmepumpe von  $-5\text{ °C}$
- Maximaler Druckverlust im Kollektor von 35 kPa
- Umweltbeeinflussung
- Gewährleistung der hydraulischen Leitfähigkeit des Erdreichs im Frühjahr (Vermeidung von Matschbildung an der Erdoberfläche)
- Begrenzung der maximalen Eisbildung (Vermeidung von Hebungen und Setzungen)

Im entwickelten analytischen Rechenmodell werden die wesentlichen Wärmeströme und Temperaturverläufe im Erdreich beschrieben und überlagert (siehe Bild 1 und Bild 2).

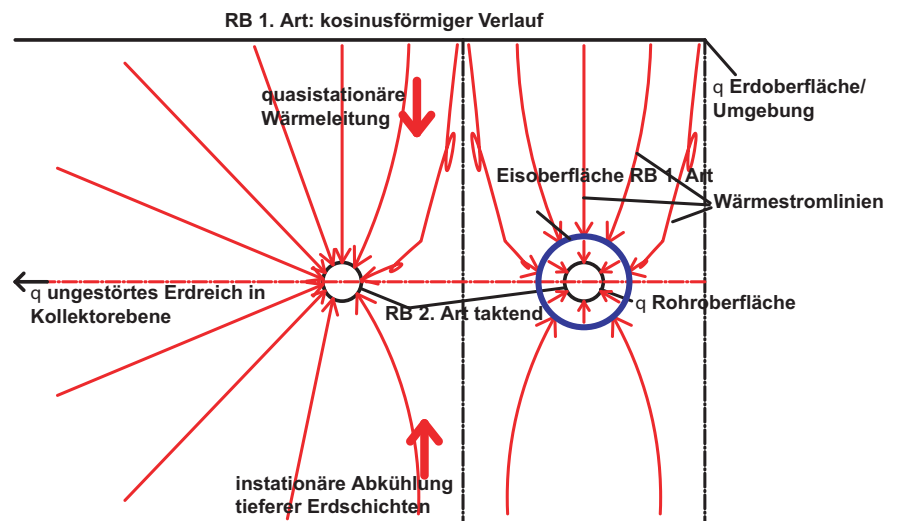


Bild 1: Berücksichtigte Wärmeströme

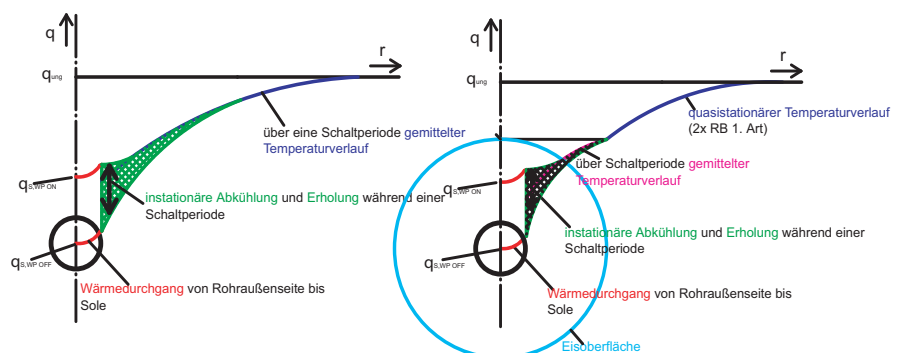


Bild 2: Beispielhafte Temperaturverläufe im Erdreich aufgrund des Wärmeentzugs ohne und mit Eisbildung

### Grobe Beschreibung des analytischen Rechenmodells:

- Vereinfachter Jahresverlauf der Umgebungstemperatur (Kosinusfunktion) in Abhängigkeit von der Klimazone
- Analytische Beschreibung der unterschiedlichen Wärmeströme
- Von der Erdoberfläche zum Erdkolektor
- Aus tieferen Erdschichten zum Erdkolektor
- Instationäre Abkühlung des Kollektornahbereichs aufgrund der Wärmepumpentaktung
- Eisbildung um Erdkolektor und somit zusätzliche Randbedingung 1. Art

- Erdreichigenschaften wurden entsprechend dem für die jeweilige Klimazone typischen Wassergehalts im Herbst bestimmt.
- Das analytische Rechenmodell wurde mit numerischen Simulationen verglichen. Die Übereinstimmung ist vor allem im Winter, der kritischen Zeit, sehr gut, weshalb es sich für eine Optimierung von Erdwärmekollektoren gut eignet (siehe Bild 3). Mit numerischen Simulationen, bei der die Nachbildung eines Jahresverlaufs mehrere Stunden dauert, wäre hingegen keine Optimierung möglich.

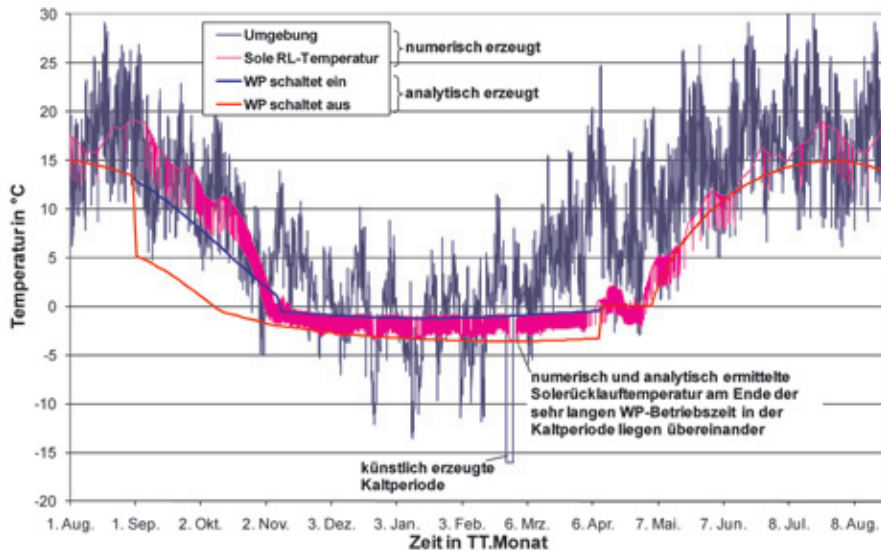


Bild 3: Vergleich eines numerischen mit einem analytisch nachgebildeten Jahresverlauf der Solerücklauftemperatur in die Wärmepumpe.

Anhand der ermittelten Jahresverläufe wird kontrolliert, ob bei der angenommenen flächenspezifischen Entzugsleistung und geometrischen Auslegung eines der Kriterien verletzt wird. Falls dies nicht der Fall ist, ist eine höhere Entzugsleistung möglich. Die maximale Entzugsleistung wurde dann iterativ bestimmt. Anhand der beispielhaften Jahresverläufe der Solerücklauftemperatur (Bild 4) und des Eisradius (Bild 5) ist z. B. zu erkennen, dass bei einer Entzugsleistung von 35 W/m<sup>2</sup> nahezu alle Kriterien verletzt werden.

Beispielhafte Auslegung: Klimazone 13 (Passau), Rohrabstand 0,6 m; DA 32; turbulente Strömung.

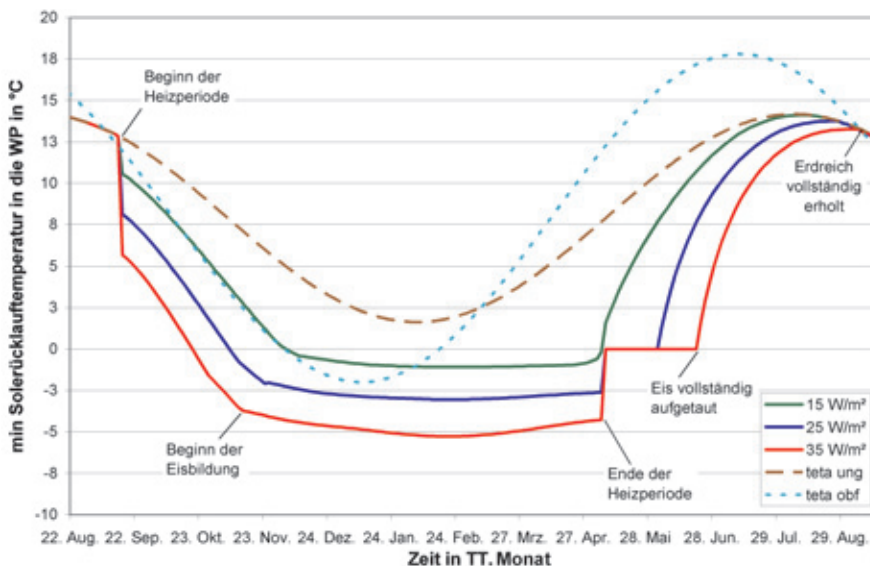


Bild 4: Minimale Soletemperatur wenn zum jeweiligen Zeitpunkt die Wärmepumpe 7 Stunden am Stück gelaufen wäre.

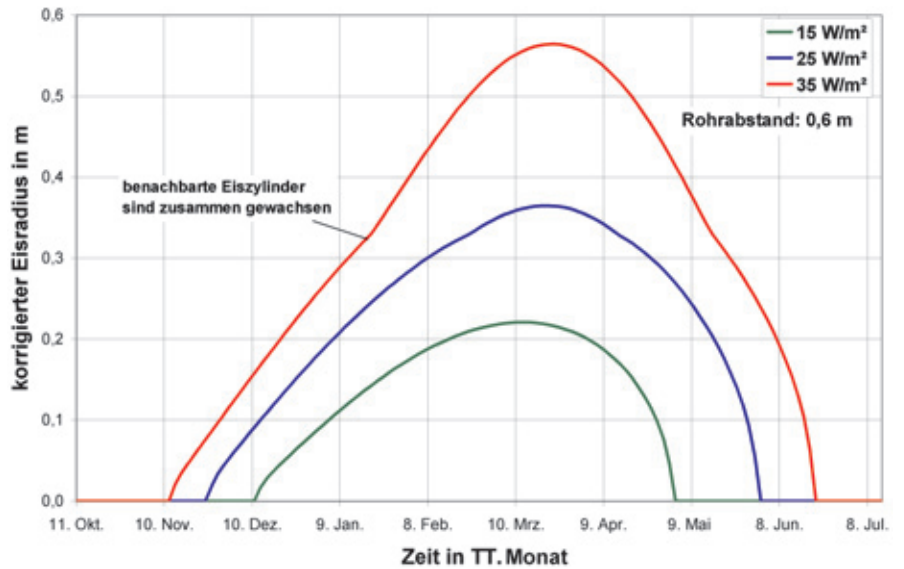


Bild 5: Vertikale Eisausdehnung (Eisradius)

Zur Bewertung der Sonderbauformen Kapillarrohrrmatte und Erdwärmekorb wurden die geometrischen Besonderheiten berücksichtigt und z. B. wie folgt modelliert:

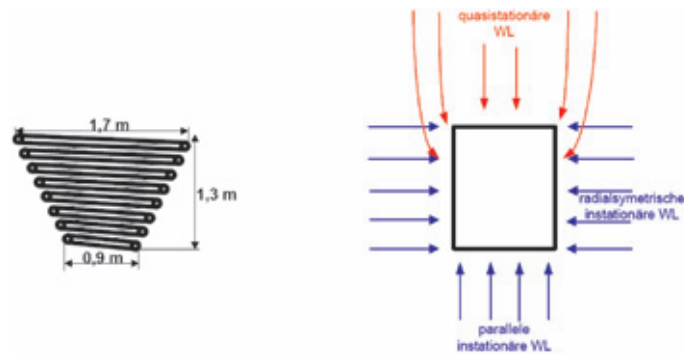


Bild 6: Modellierung der Erdwärmekörbe real <=> Modell

Die Berechnungen erfolgten für eine Heizgrenztemperatur von 12 °C und die damit verbundenen Vollbenutzungsstunden sind abhängig von der Normaußentemperatur und dem Jahresverlauf der Umgebungstemperatur und folglich von der Klimazone. Die Diagramme gelten somit für eine reine Heizungsanlage exakt. Wird Trinkwarmwasser mit bereitet, so ist die Wärmepumpenleistung (um ca. 0,25 kW/Person) zu erhöhen, wodurch auch die Kälteleistung steigt. Legt man den Erdwärmekollektor auf diese erhöhte Kälteleistung aus, hat man die Trinkwarmwasserbereitung pauschal mit der zusätzlichen Leistung und der gleichen Volllaststundenzahl wie die Heizung mit berücksichtigt. Bei Gebäuden, bei denen die Trinkwarmwasserbereitung der entscheidende Wärmeverbraucher ist, bzw. wenn zusätzliche Wärmeverbraucher wie z. B. Swimmingpool angeschlossen sind, so muss dies gesondert berücksichtigt werden.

# Wärmeübergabe- und Kühlsysteme in Verbindung mit einer Wärmepumpe

## 1 Einleitung

Rund drei Viertel des Energiebedarfs privater Haushalte werden für die Erzeugung von Heizungswärme und Warmwasser aufgewendet. Ein sparsamer Umgang mit den natürlichen Ressourcen und die damit verbundenen ökonomischen und ökologischen Vorteilen sind für immer mehr Menschen entscheidende Kriterien für eine Heizungsanlage. Hier bieten sich Wärmepumpen als echte Alternative zu Anlagen mit fossilen Energieträgern an. Einige Wärmepumpen können neben der Gebäudebeheizung und Warmwasserbereitung im Sommer auch Kühlfunktionen übernehmen. Detaillierte Informationen zur Anlagenkonfiguration von Wärmepumpen erhalten Sie im BDH-Informationsblatt 25 „Wärmepumpen“.

Eine Heizungsanlage mit einer Wärmepumpe besteht aus den Hauptkomponenten:

- Wärmequellenanlage (Erdreich, Wasser, Luft oder Abwärme),
- Wärmepumpenanlage und
- Wärmenutzungsanlage inklusive Wärmeübergabe.

Im Heizbetrieb wird der Wärmequelle Energie entzogen, die in der Wärmepumpe auf ein für die Wärmeversorgung eines Gebäudes nutzbares Temperaturniveau angehoben wird. Anschließend wird diese Wärme an die Wärmenutzungsanlage, also das Heiz- und/oder Warmwassersystem des Gebäudes, übergeben. Im Kühlbetrieb wird dem Gebäude Wärmeenergie über die Wärmenutzungsanlage oder separate Kühlkreise – nun als Kühlsystem arbeitend – entzogen und an die Wärmequelle – in diesem Fall Wärmesenke – abgegeben.

Die Wärmenutzungsanlage umfasst die Wärmeverteilung im Gebäude sowie die Wärmeübergabe in den zu beheizenden Räumen. Die Wärmeübergabe erfolgt durch Flächenheizungen (Fußboden-, Wand- oder Deckenheizung), Heizkörper oder Gebläsekonvektoren. Über Flächenheizung und Gebläsekonvektoren kann auch eine Raumkühlung erfolgen. Bei den Flächenkühlsystemen handelt es sich nicht um Klimaanlage; im Sommer ist darüber jedoch eine Reduzierung der Raumlufttemperatur um 4 bis 6 K möglich.

## 2 Technische Grundlagen

Ein sparsamer, umweltbewusster Energieeinsatz und eine möglichst hohe Energieeffizienz bei der Gebäudeheizung oder -kühlung lassen sich dann erreichen, wenn das Gesamtsystem der Wärmeversorgung oder Kühlung passgenau auf die Anforderung des Objektes zugeschnitten ist. Hierbei sind die Nutzeranforderungen, wie z. B. die gewünschte Raumtemperatur, die Heizgewohnheiten sowie die Behaglichkeit im Raum, zu berücksichtigen.

Für den energieeffizienten Einsatz von Wärmepumpen müssen die einzelnen Anlagenkomponenten fachgerecht geplant und in optimaler Weise in das Gesamtsystem integriert werden. Dabei sind die Betriebsbedingungen so festzulegen, dass ein energieoptimierter Betrieb gewährleistet wird. Die wesentlichen Einflussgrößen in puncto Energieeffizienz einer Wärmepumpenanlage sind die Systemtemperaturen und die Umlaufwassermengen.

Dabei gilt grundsätzlich: Je niedriger die benötigte maximale Vorlauftemperatur des Heizsystems bzw. – im Falle der aktiven Kühlung – je höher die minimal benötigte Vorlauftemperatur des Kühlsystems ist, desto effizienter und wirtschaftlicher arbeitet die Wärmepumpe. Durch die in diesem Fall vorliegende minimale Spreizung der Temperatur zwischen Wärmequelle und Wärmeübergabe wird die Effizienz

der Wärmepumpenanlage maßgeblich beeinflusst. Die Energieausbeute des Systems sowie die notwendige elektrische Antriebsenergie hängen sehr stark von diesen Randbedingungen ab. Die höchste Effizienz und den geringsten Energieverbrauch erzielen Wärmepumpen bei einer geringen Temperaturdifferenz zwischen Wärmequelle und Wärmeabgabe.

Für den Heizbetrieb gilt, dass nicht die normativen Auslegungs- und Prüfbedingungen und der so ermittelte COP-Wert die maßgeblichen Größen für die Bewertung der Energieeffizienz sind, sondern vielmehr die Jahresarbeitszahl. Diese wird über den gesamten Verlauf der Heizperiode ermittelt und stellt das Verhältnis von abgegebener Nutzwärme zu zugeführter Energie dar.

Die Wärmequellentemperatur ist in der Regel von den klimatischen und geothermischen Gegebenheiten abhängig und nur bedingt beeinflussbar. Daher ist die Systemtemperatur entsprechend anzupassen bzw. objektspezifisch durch planerische Maßnahmen zu steuern. Eine Wärmepumpenanlage sollte möglichst mit einem großflächigen Niedertemperatur-Wärmeübergabesystem (Flächenheizung oder Heizkörper) kombiniert werden. Die Auslegung der Anlagenhydraulik ist hierbei von großer Bedeutung.

Flächenheizungen zeichnen sich im Regelfall durch eine große speicherfähige Masse sowie ein vergleichsweise großes Anlagenvolumen aus. Damit wird eine Nachführung von Wärme mit längerer Laufzeit für die Wärmepumpe ermöglicht, was wiederum ein häufiges Takten vermeidet. Zur weiteren Erhöhung des Anlagenvolumens ist die Einbindung eines Pufferspeichers in den Hydraulikkreislauf möglich.

Kommen Heizkörper zum Einsatz, sind diese an den Wärmepumpenbetrieb und die damit verbundenen niedrigen Systemtemperaturen bzw. Umlaufwassermengen anzupassen. Durch die Einbindung eines Pufferspeichers in den Hydraulikkreislauf kann das Anlagenvolumen erhöht werden.

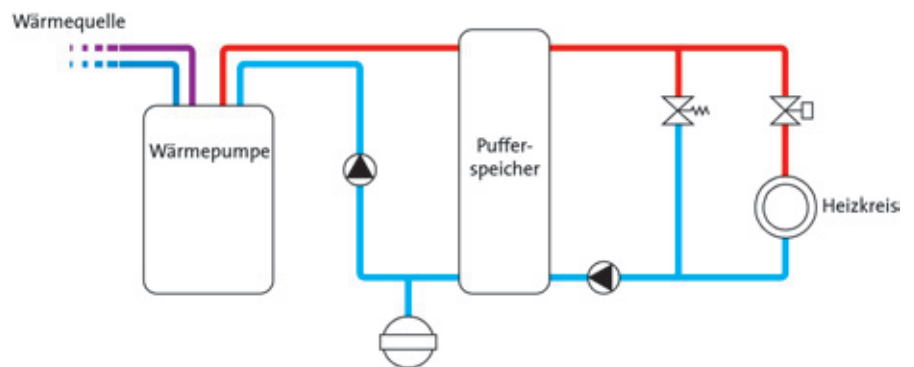


Abb. 1: Prinzipielle Heizflächenanbindung über hydraulische Entkopplung von Erzeuger- und Verbraucherkreis

Eine Kombination der verschiedenen Wärmeübergabe- und Kühlsysteme ist möglich bzw. gewünscht, wenn das Wärmeübergabesystem nicht nur für den Heizbetrieb, sondern auch für die sommerliche Kühlung genutzt werden soll. Wird eine Kühlung mit der Flächenheizung vorgesehen, ist jedoch zu berücksichtigen, dass die Anlagenkonfiguration Einschränkungen bei der Kühlleistung bedingen kann. Für das Flächenheizungs- und Flächenkühlsystem sollte der Wärmedurchlasswiderstand des Aufbaus möglichst niedrig sein, um den Energiefluss möglichst wenig zu behindern.

Wärmepumpenanlagen mit Flächenheizungen oder Heizkörpern unterliegen den Anforderungen der Energieeinsparverordnung (EnEV) und sind im Regelfall mit selbsttätig wirkenden Einzelraumregelungen auszustatten. Für den sicheren Betrieb einer Wärmepumpe ist die benötigte Umlaufwassermenge zur Nutzung der bereitgestellten Energie auf der Wärmepumpen- wie Verbraucherseite durch geeignete Maßnahmen oder gegebenenfalls eine hydraulische Trennung vorzusehen.

Grundsätzlich ist mit einer Wärmepumpe auch die Möglichkeit der effizienten Warmwasserbereitung gegeben. Die Hersteller bieten verschiedene Lösungsmöglichkeiten zur Bereitstellung der benötigten Warmwassermenge unter Berücksichtigung der notwendigen hygienischen Bedingungen an.

### 3 Systembedingungen für den Heizbetrieb

Bedingt durch die Verbesserung des baulichen Wärmeschutzes ist es möglich, neben Flächenheizungen auch Heizkörper in Verbindung mit Wärmepumpen effizient einzusetzen. In einigen Anwendungsfällen werden auch Heizkörper mit Flächenheizungen kombiniert. Werden ausschließlich Heizkörper eingesetzt, müssen die Auslegungssystemtemperaturen wärmepumpengerecht bemessen werden. Für die Renovierung im Gebäudebestand stehen neben Heizkörpern auch Wand-, Decken- und dünn-schichtige Fußbodenheizungssysteme als Nass- oder Trockenversion zur Verfügung. In Anlagen mit Heizkörpern und Thermostatventilen muss ein Pufferspeicher vorgesehen werden.

Bei der Dimensionierung des Systems ist im Wesentlichen auf ein ausreichend dimensioniertes Leitungssystem für große Volumenströme sowie auf entsprechend ausreichend dimensionierte Heizflächen zu achten. Aus energetischen Gründen sollten möglichst niedrige Systemtemperaturen gewählt werden. Da ältere Heizungsanlagen in der Regel überdimensioniert sind, können die Systemtemperaturen bei der Renovierung meistens durch einfache Maßnahmen gesenkt werden (z. B. Einzelraumtemperaturregelung im Referenzraum auf höchste Stellung bringen). In sanierten Gebäuden sinken die Systemtemperaturen allein aufgrund der verminderten Heizlast bereits ab. Die Auslegung der Heizflächen ist in jedem Fall zu überprüfen. Eine weitere Verringerung der Systemtemperaturen kann meist bereits durch den Austausch einiger weniger Heizkörper erreicht werden. Dies betrifft bevorzugt Räume mit einem geringen Anteil an Außenflächen (Küchen, Bäder).

#### 3.1 Zentrale Systemtemperaturregelung und Pufferspeicher

Für eine exakte Wärmeübergabe im Gebäude ist in jedem Fall eine witterungs- oder raumtemperaturgeführte Regelung der Systemtemperatur vorzusehen.

Ist ein Pufferspeicher eingebunden, so erfolgt die Dimensionierung in Abhängigkeit des ausgewählten Wärmeübergabesystems und unter Berücksichtigung seiner vorgesehenen Funktion. Pufferspeicher, die in Anlagen zum Heizen und Kühlen eingesetzt werden, sind wärme- und kältegedämmt auszuführen, um eine Schwitzwasserbildung zu vermeiden. Werden multivalente Pufferspeicher verwendet, also solche, an die neben der Wärmepumpe auch weitere Wärmequellen, z. B. Kachelofen, Solaranlage etc. angeschlossen werden und die ggf. auch die Warmwasserbereitung sicherstellen, sind Einrichtungen zur sicheren Regelung der Systemtemperatur einzusetzen. Dies ist erforderlich, da die Pufferspeichertemperatur zumindest in Teilen des Speichers zur Warmwasserbereitung höher sein muss als die Vorlauf-temperatur des Wärmeübergabesystems.

#### 3.2 Einzelraumregelung

Gemäß der derzeit gültigen Energieeinsparverordnung (EnEV) sind alle Räume mit selbsttätig wirkenden Einrichtungen zur Begrenzung der Raumtemperatur auszustatten.

Am Heizkörper geschieht dies mittels eines einstellbaren Thermostatventils. Sind mehrere Heizkörper in einem Raum erforderlich, bietet sich der Einsatz eines Zonenventils an, das – wenn es die Anordnung zulässt – sowohl mit einem Thermostatventil als auch mit einem elektrischen Antrieb ausgestattet werden kann. Werden elektrische Antriebe eingesetzt, so werden diese mittels eines elektrischen Raumreglers (Raumthermostat) angesteuert.

Bei Flächenheizungen wird je Raum ein elektrischer Raumthermostat vorgesehen, der die zum Raum zugehörigen Heizkreise nach Bedarf regelt. Eine weitere Möglichkeit bietet die dezentrale Verwendung von mechanisch wirkenden Raumthermostaten.

Unabhängig von der Wahl der Wärmeübergabe (Heizkörper oder Flächenheizung) ist der hydraulische Abgleich des Heizsystems wichtig. Nur so kann wirksam vermieden werden, dass die Systemtemperatur durch den Nutzer über die Auslegungstemperatur angehoben werden muss, um hydraulisch benachteiligte Räume ausreichend mit Wärme zu versorgen. Dies hätte einen steigenden Energieaufwand zur Folge.

Für den störungsfreien Betrieb einer Wärmepumpe muss eine Umlaufwassermenge gemäß Herstellerangaben des Nennvolumenstroms durch die Heizungsanlage sichergestellt sein. Hierzu kann eine hinreichend große Teilfläche des Gebäudes als

Regelgröße für den Wärmepumpenregler herangezogen werden, z. B. der Wohn-/ Essbereich. Dies kann auch durch die Installation einer hydraulischen Weiche oder eines Pufferspeichers erfolgen. Hier kommen sowohl Reihenspeicher mit Differenzdrucküberströmventil als auch Trennspeicher zur Anwendung.

#### 4 Systembedingungen für den Kühlbetrieb

In den letzten Jahren sanken durch den verbesserten Wärmeschutz sowie durch die solare Architektur die Heizlasten von Gebäuden. In Umkehr dazu stiegen jedoch in den Sommermonaten die Kühllasten aufgrund der solaren und inneren Lasten in vielen Gebäuden dramatisch an. Die Kühllasten werden im Wesentlichen durch die Ausrichtung des Raumes, den Sonnenschutz sowie dessen Anordnung (innen oder außen), durch die Beleuchtung und die maschinelle Einrichtung beeinflusst. Durch das Kühlsystem soll die thermische Behaglichkeit in Gebäuden und der Erhalt der körperlichen Leistungsfähigkeit sichergestellt werden.

Wegen der geringen Temperaturdifferenz zwischen Kühlwasser- und Raumlufttemperatur sind Flächenkühlungen dafür prädestiniert, einen Beitrag zur Raumkühlung zu leisten. Je größer der Strahlungsanteil der Kühlleistung ist, desto behaglicher wird sie von den Nutzern empfunden.

Zur Sicherstellung der Systemtemperatur im Kühlbetrieb ist ein Regler notwendig, der die Funktionen Heizen und Kühlen gemeinsam abdeckt. Die Systemtemperatur wird bei Flächenkühlsystemen damit sicher oberhalb des Taupunkts geregelt, sodass eine Kondensatbildung an Verteilleitungen und Übergabeflächen vermieden wird. Zur Vermeidung von Kondensatbildung an den Rohrleitungen müssen freiliegende Kühlwasserleitungen isoliert werden.

##### 4.1 Natürliche Kühlung (passive Kühlung)

Grundwasser und Erdreich in größeren Tiefen sind in den Sommermonaten gewöhnlich kälter als die Umgebungstemperatur. Mittels einer Flächenkühlung wird dem Raum Wärme entzogen und dem Erdreich oder Grundwasser zugeführt. Dies geschieht mittels eines parallel zum Wärmepumpenkreislauf angeordneten Wärmetauschers im Sole- und Grundwasserkreislauf der Wärmequellenseite. Dabei wird die Systemtemperatur über eine Regelfunktion bis oberhalb der Taupunkttemperatur geregelt. Mit einem entsprechenden Vierleitersystem können unterschiedliche Räume gleichzeitig beheizt oder gekühlt werden.

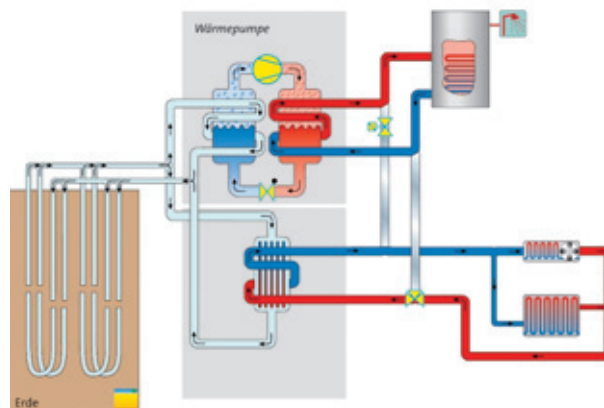


Abb. 2: Prinzip der passiven Kühlung

Die Vorteile der passiven Kühlung liegen in den minimalen Betriebskosten sowie in der Unterstützung bei der Regeneration der Wärmequelle im Sommer. Nachteilig sind die im Vergleich zur aktiven Kühlung geringeren Kühllasten, die im Wesentlichen von der zur Verfügung stehenden Kühlquelle abhängen.

##### 4.2 Kühlung mit maschineller Unterstützung (aktive Kühlung)

Eine aktive Kühlung ist bei speziell hierfür gebauten Wärmepumpen durch eine Umkehr des Arbeitsprozesses möglich. Der ursprüngliche Verdampfer wird zum



Verflüssiger und der Verflüssiger wird zum Verdampfer. Mit einem Zusatzwärmetauscher kann die dabei entstehende Abwärme noch sinnvoll genutzt werden, z. B. zur Schwimmbad- oder Warmwassererwärmung.

Dem Raum wird über das Kühlsystem Wärme entzogen, die über das Rohrnetz zur Wärmepumpe transportiert wird. Die Wärmepumpe kühlt über den Verdichter die Systemtemperatur ab und führt die Abwärme über den Verdampfer an die Sole und damit das Erdreich oder direkt an die Außenluft ab. Wird das Warmwasser über einen multivalenten Pufferspeicher erzeugt, ist für den Kühlfall ein separater Kühlwasserpufferspeicher erforderlich.

Die Vorteile der aktiven Kühlung liegen in der gegenüber der passiven Kühlung höheren Kühlleistung sowie in der Unterstützung der Wärmequellenregeneration. Nachteilig sind die gegenüber der passiven Kühlung höheren Betriebskosten und der bei multivalenten Pufferspeichern benötigte separate Kühltpeicher.

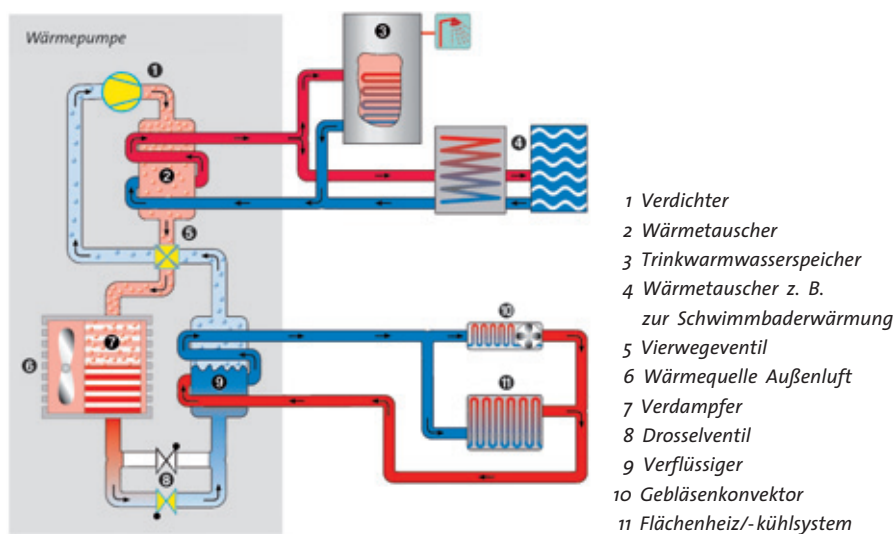


Abb. 3: Prinzip der aktiven Kühlung

#### 4.3 Taupunktüberwachung und Kondensatvermeidung bei Flächenkühlsystemen

Je nach Anlagenkonzept kann mit einer dezentralen oder einer zentralen Taupunktüberwachung gearbeitet werden. Die dezentrale Taupunktüberwachung wird bei größeren Gebäuden mit unterschiedlichen Nutzungsbereichen und Merkmalen angewendet. Gewerblich genutzte Objekte werden häufig achsenweise aufgeteilt. In diesem Fall empfiehlt es sich, jeder Achse einen Taupunktwärter zuzuordnen, um flexibel auf die spätere Nutzung des Gebäudes reagieren zu können. In den Rahmen der Fenster, die sich öffnen lassen, sollten Schalter angeordnet werden, die beim Öffnen des Fensters die Kühlung abschalten.

Eine zentrale Taupunktüberwachung empfiehlt sich bei Einfamilienhäusern. Dementsprechend sind Thermostate zum Heizen und Kühlen einzusetzen.

Zum Einsatz kommen in der Regel zwei unterschiedliche Ausführungen, deren Kombination einen hohen Komfort und maßgebliche Sicherheit bietet. Im Raum mit der höchsten Kühllast, dem sogenannten Referenzraum, wird ein Sensor eingesetzt, der die Raumtemperatur und Raumluftfeuchte erfasst. In Abhängigkeit von diesen Faktoren wird vor Erreichen der Taupunktunterschreitung die Kühlung reduziert oder abgeschaltet. Reine Feuchtesensoren, als Anlegefühler ausgeführt, werden an Oberflächen wie z. B. Boden, Wand, Decke, Rohrleitungen oder Verteilern montiert. Bildet sich an deren Oberfläche ein dünner Kondensatfilm, schalten diese über eine integrierte Wächterfunktion die Zuführung des Kühlmediums ab. Nach Abtrocknung des Kondensatfilms auf dem Sensor des Taupunktwärters wird die Anlage wieder in Betrieb gesetzt.

**Hinweis:** Bei kombinierten Anlagenkonzepten (Heizkörper und Flächenheizung) ist darauf zu achten, dass die Heizkörper im Sommer nur dann mit Kühlwasser be-

aufschlägt werden dürfen, wenn die Bildung von Kondensat an den Heizkörpern und den entsprechenden Rohrleitungen regelungstechnisch unterbunden wird. In Nassräumen wie Bädern ist eine Kühlung nur in Absprache mit dem Nutzer vorzusehen und beim Einbau entsprechend regelungstechnisch einzuplanen.

#### **4.4 Typische Kühlleistungen von Flächensystemen in Aufenthaltszonen**

- Fußboden: ca. 35 W/m
- Wand je nach Ausführung ca. 35–50 W/m
- Decken je nach Ausführung und ohne Konvektivanteile ca. 50–110 W/m

#### **4.5 Grenzwerte der Oberflächentemperaturen:**

Die Oberflächentemperaturen von Flächenkühlungen werden durch die Taupunkttemperatur begrenzt. Diese ist vom Luftdruck, der relativen Luftfeuchte und der Lufttemperatur abhängig.

So sollten nachfolgende Richtwerte der Oberflächentemperaturen in Aufenthaltszonen nicht unterschritten werden, um einen optimalen thermischen Komfort zu gewährleisten. Dabei ist aber eine Unterschreitung des Taupunkts im Baustoff zu vermeiden.

Fußbodenkühlungen	19 °C
Wandkühlungen	20 °C
Deckenkühlungen	16 °C

#### **4.6 Typische Kühlleistungen von Flächensystemen in Randzonen bzw. direkt besonnten Bereichen:**

In direkt besonnten Bereichen ist die Verwendung einer Flächenkühlung an Boden oder Wand besonders sinnvoll, da die von der Sonne erzeugte Oberflächentemperatur direkt an das Kühlwasser abgeführt wird. Der Anteil der Strahlungswärme, der in den Raum reflektiert wird, sinkt erheblich. Bereits dieser Effekt hat einen starken Einfluss auf die Raumtemperatur, ohne dass eine aktive Kühlung des Raumes stattgefunden hätte. Je nach Oberflächentemperatur können bis zu 80 W/m bei einer Fußbodenkühlung im direkt besonnten Randbereich abgeführt werden.

#### **4.7 Einzelraumregelung**

Bei Flächenheizungen/-kühlungen muss je Raum ein Raumthermostat mit Wirksinnumkehr vorgesehen werden, um im Sommer den Kühlfall regelungstechnisch abbilden zu können.

#### **4.8 Anwendung**

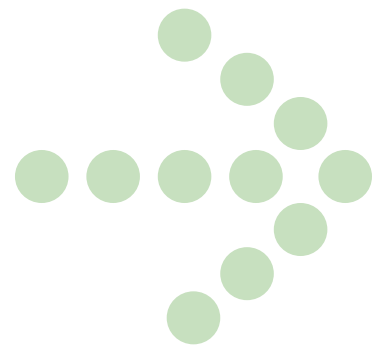
Bevorzugte Anwendungsfälle für Flächenkühlungen sind:

- Bürräume: Deckenkühlung, Fußbodenkühlung vor der Fassade
- Eingangsbereiche: Fußbodenkühlung, Wand- und Deckenkühlung im Empfangsbereich
- Wohnräume: Fußboden- und Wandkühlung

Werden seitens der Nutzer Anforderungen gemäß VDI 2078 an die Kühlanlage gestellt, so ist im Einzelfall zu überprüfen, ob die Kühlleistung z. B. durch ein Zusatzgerät erhöht werden kann.



## Biomasse Heiztechnik



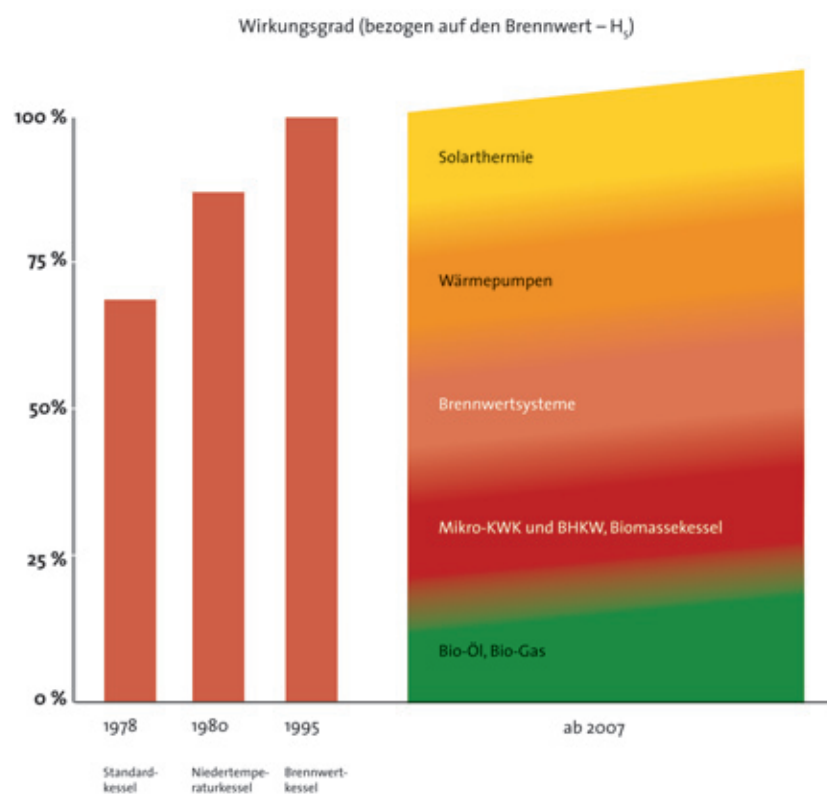


# Potenziale für nachwachsende Rohstoffe im Gebäudebereich

## 1 Allgemeines

Die Reduzierung des Energiebedarfs und die damit verbundene Minderung klimarelevanter Emissionen sind ein wesentliches Ziel deutscher und europäischer Energiepolitik. Durch die quantitativen Vorgaben der Europäischen Union müssen die CO<sub>2</sub>-Emissionen bis zum Jahr 2020 um 30 % reduziert werden. Um dieses Ziel zu erreichen, sind sowohl eine moderne Gerätetechnik zur Steigerung der Effizienz als auch regenerative Energien zur Substitution fossiler Brennstoffe einzusetzen.

## 2 Innovationszyklen der deutschen Heizungsindustrie



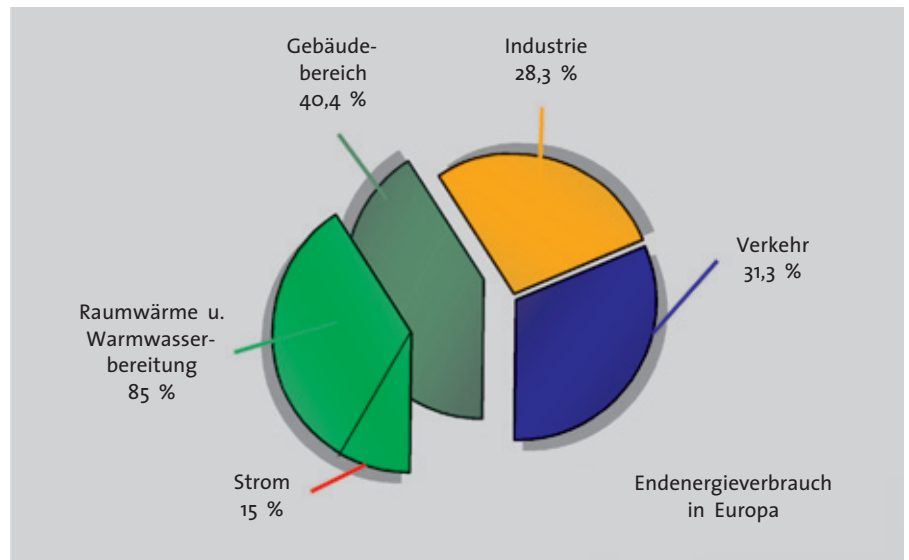
Quelle: BDH

Rund 40 % des deutschen Energieverbrauchs und ca. 20 % der deutschen CO<sub>2</sub>-Emissionen sind dem Gebäudebereich zuzuordnen. Von diesen 40 % werden über 85 % – dies entspricht einem Drittel des deutschen Energieverbrauchs – für Heizung und Warmwasserbereitung verwendet.

In Deutschland gibt es rund 37 Mio. Wohnungen; aus energetischer Sicht können ca. 24 Mio. als nicht hinreichend angesehen werden. Weder die Anlagentechnik noch die Gebäudehüllen sind auf dem aktuellen Stand der Technik, dabei liegen hier die höchsten CO<sub>2</sub>-Minderungs- und Energieeinsparpotenziale.

## 3 Bedeutung des Wärmemarktes

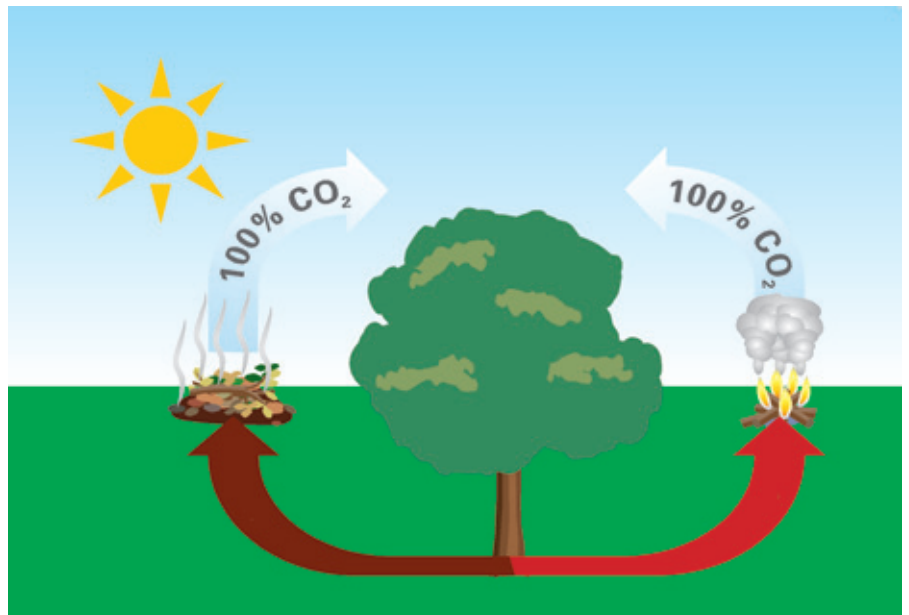
Die Modernisierung der veralteten Gerätetechnik ist die effektivste und wirtschaftlichste Lösung zur Energieeinsparung, gleichzeitig sollten aber auch energetische Sanierungsmaßnahmen durchgeführt werden und der Anteil nachwachsender Rohstoffe im Wärmemarkt stufenweise erhöht werden.



Quelle: EU/Green Paper on Energy Efficiency or Doing More with Less

Die Ökobilanz von nachwachsenden Rohstoffen ist durch den geschlossenen CO<sub>2</sub>-Kreislauf deutlich günstiger als beim Einsatz fossiler Brennstoffe. Es wird bei der Verbrennung nur so viel CO<sub>2</sub> frei, wie der pflanzliche Rohstoff während des Wachstums aus der Atmosphäre gebunden hat. Zu berücksichtigen sind dabei natürlich die Energiemengen, die zur Herstellung, z. B. bei der Bestellung der Felder, Düngung, Ernte etc., entstehen.

#### 4 CO<sub>2</sub>-Kreislauf



Quelle: BDH

Zur Bewertung dieser Einsparpotenziale kommt nur ein gesamtheitlicher, technologie- und energieneutraler Ansatz infrage. Dieser Ansatz ermöglicht das freie Spiel der Marktkräfte und überlässt dem Investor die freie Entscheidung, einen passenden Weg zu wählen. Alle Formen erneuerbarer Energien können dabei berücksichtigt werden. Neben solarthermischen Anlagen, Wärmepumpen, Holz- und Pelletheizungen sind auch Beimischungen biogener Bestandteile bei Erdgas und Heizöl (Biogas bzw. Bioöl, FAME, BTL etc.) zu betrachten.

Wärmeerzeuger zur Nutzung von nachwachsenden Rohstoffen wie Hackschnitzel, Pellets, Biogas und Bioöl werden heute bereits angeboten. Häufig lassen sie sich aber auch in den bereits vorhandenen Heizungsanlagen verwenden. Eine Zumi-

schung von Biokomponenten zu Heizöl oder Erdgas lässt einen verstärkten Einsatz auch dort zu, wo keine Anlagenmodernisierung geplant ist.

## 5 Potenziale

Ein Teil der benötigten Biobrennstoffe kann in Deutschland hergestellt werden. Im Jahr 2005 wurden auf ca. 1,6 Mio. ha Ackerfläche (ca. 13 % der Gesamtackerfläche von 12 Mio. ha) Energiepflanzen angebaut. Bis zum Jahre 2020 rechnet man mit ca. 2,4 Mio. ha. Bis zum Jahr 2030 ist das Potenzial von 3 Mio. ha, dass unter Voraussetzung eines ökologischen Anbaus genutzt werden kann, ausgeschöpft. Dies ist auch eine Folge der steigenden Effizienz in der landwirtschaftlichen Produktionskette, die es ermöglicht, die erforderlichen Nahrungsmittel auf weniger Fläche zu erzeugen.

Die zur Verfügung stehende Biomasse kann am effizientesten im Wärmesektor eingesetzt werden, so lassen sich bezogen auf das Jahr 2020 ca. 16 % des gesamten deutschen Endenergiebedarfs abdecken. Der überwiegende Einsatz zur Stromerzeugung oder als Kraftstoff würde zu einer geringeren Ausbeute führen. Auch wenn alle Möglichkeiten der Effizienzsteigerung und der Nutzung nachwachsender und erneuerbarer Energien ausgeschöpft werden, ist auf diese Weise der Eigenbedarf nicht vollständig zu decken. Deutschland wird auch zukünftig als Industriestandort auf Importe angewiesen sein.

## 6 Umsetzung

Die hohen CO<sub>2</sub>-Minderungs- und Energieeinsparpotenziale im Gebäudebestand können nur realisiert werden, wenn ordnungsrechtliche und förderpolitische Rahmenbedingungen optimal eingesetzt werden. Die ambitionierten Ziele können aber nur über eine Doppelstrategie der Effizienzsteigerung in Kombination mit erneuerbaren Energien erreicht werden.

In den aktuellen Gesetzentwürfen ist die Technologieneutralität weitgehend gegeben, nicht aber die Energieneutralität. Gasförmige und flüssige Biobrennstoffe müssen, auch als Zumischung, dem Wärmemarkt zur Verfügung stehen. Beispielsweise könnte mithilfe der Überschussproduktion bei der Biodieselherstellung umgehend 5 % einer Biokomponente dem Heizöl beigemischt werden.

Damit der freie Wettbewerb und die optimalen technischen Lösungen sichergestellt und Innovationen ausgelöst werden, bedarf es klarer Rahmensetzungen.

Alleine über politisch definierte Anforderungen an die energetische Qualität von Gebäuden<sup>1)</sup> in Verbindung mit einer Förderung der erneuerbaren Energien können die Klimaschutz- und energiepolitischen Ziele kosteneffizient und ohne unzumutbare Belastungen der Betreiber und Investoren erreicht werden.

Staatliche Investitionszwänge, z. B. über Nutzungspflichten im Altbau, führen hingegen in den meisten Fällen zu einer Abwehrhaltung der Betreiber und Investoren. Ein staatlicher Zwang zur Nutzung erneuerbarer Energien beschädigt ferner die bisher am Markt sehr positiv gesehenen Technologien zur Nutzung erneuerbarer Energien.

Durch richtige politische Weichenstellungen eröffnen sich neue Geschäftsfelder im Bereich der Energieberatung und der Anlagenmodernisierung.

<sup>1)</sup> bestimmt über den Jahresheizprimärenergiebedarf





# Die Chancen von Biogas und Bioöl in einem nachhaltigen Wärmemarkt

## Studie im Auftrag der Arbeitsgruppe NaWaRo des BDH

### 1 Zielsetzung der Untersuchung

Ziel der Studie ist die Entwicklung eines Szenarios für einen langfristig nachhaltigen Wärmemarkt im Gebäudebereich, wobei insbesondere die Möglichkeiten von Biogas und Bioöl bei der Raumheizung auch mithilfe von Modellrechnungen aufgezeigt werden sollen.

### 2 Die unzureichende Situation im Wärmemarkt

Trotz gewisser Erfolge bei der Energie- und CO<sub>2</sub>-Einsparung im Gebäudebereich gibt die derzeitige Situation im Wärmemarkt Anlass zu wirtschaftlichen und klimapolitischen Besorgnissen. So ist der Anteil der fossilen Importenergieträger mit 77 % zu hoch, was die Volkswirtschaft mit teuren Importen belastet und gleichzeitig große CO<sub>2</sub>-Emissionen verursacht, die im Wohngebäudebereich bei ca. 120 Mio. Tonnen pro Jahr liegen. Des Weiteren liegt der Beitrag erneuerbarer Wärmeträger trotz einer Zunahme in den letzten Jahren immer noch deutlich unter 10 % und ist damit viel zu niedrig. Außerdem waren die bisher durchgeführten energetischen Sanierungen durch Heizungserneuerung und Wärmedämmung bei Weitem noch nicht ausreichend, um den schon seit einigen Jahren anhaltenden, gravierenden Modernisierungstau abzubauen. Es sind immer noch viele alte, ineffiziente Heizungsanlagen in Betrieb und der größte Teil der Altbauten ist nicht oder nicht ausreichend wärmegeklämt.

Analysen zeigen, dass die bisher im IEKP (Integriertes Energie- und Klimaprogramm) implementierten Maßnahmen im Gebäudebereich für einen langfristig nachhaltigen Wärmemarkt nicht ausreichen. Diese Ansicht wird z. B. auch in der „Leitstudie 2008“ des BMU geäußert: „Dennoch ist nicht sichergestellt, dass sich die bis 2020 angenommene Verringerung des Raumwärmebedarfs von 15 % ohne weitere Maßnahmen einstellen wird.“ Es besteht also ein dringender, zusätzlicher Handlungsbedarf für die Schließung von Maßnahmenlücken, um eine wirksamere Klimaschutzpolitik im Gebäudebereich umzusetzen.

### 3 Forderung eines langfristig nachhaltigen Wärmemarktes

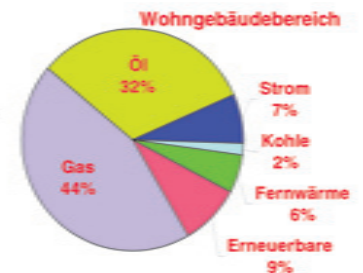
Es ist erforderlich, die Nachhaltigkeit der Wärmenutzung durch eine forcierte energetische Modernisierung schnell und deutlich zu verbessern. Dazu gehören die Erneuerung des Heizungsanlagenbestands durch modernste Anlagentechnik, die verbesserte Dämmung der Gebäudehülle und vor allem die verstärkte Nutzung erneuerbarer Energien. Aufgrund der bisher zögerlichen Nutzung von fester Biomasse, Solar- und Umweltwärme ist in Zukunft eine zusätzliche, beschleunigte Nutzung von Biogas und Bioöl mit fortschrittlichsten und effizientesten Technologien im Gebäudebereich erforderlich. Die Umsetzung dieser Strategie und der damit einhergehende Strukturwandel der zukünftigen Wärmeversorgung bis 2030 werden in einem Bio-Effizienzscenario untersucht und beschrieben.

### 4 Die tragenden Säulen eines Bio-Effizienzscenario

Der Name „Bio-Effizienzscenario“ soll zum Ausdruck bringen, dass gleichzeitig Effizienzmaßnahmen und die Einführung erneuerbarer Energien mit besonderem

## → Die unzureichende energie- und klimapolitische Situation im Wärmemarkt

- Hohe Importabhängigkeit des Wärmemarktes
- Hohe CO<sub>2</sub> Emissionen durch fossile Energieträger
- Beitrag der erneuerbaren Energien zu niedrig



- Geringe Effizienz durch Modernisierungstau

Unzureichende Heizungserneuerung  
Unvollständige Wärmedämmung

Augenmerk auf Biogas und Bioöl Hand in Hand gehen müssen, um die ambitionierten Klimaschutzziele zu erreichen. Das eine ohne das andere ist nicht zielführend. Im Bio-Effizienzzenario wird die Vision eines langfristig nachhaltigen Wärmemarktes entwickelt, die auf den folgenden drei Säulen basiert:

1. Heizungserneuerungen (Öl, Gas)
  - Umstellung auf Brennwertkessel
  - Reduktion des Erneuerungszyklus auf 15–18 Jahre
  - Verstärkter Einsatz von KWK
2. Wärmedämmung der Gebäudehülle
  - Verdopplung des Modernisierungstempos
  - Verbesserung der Sanierungsqualität
3. Wärme aus erneuerbaren Energien
  - Verdreifachung des Beitrags der erneuerbaren Energien
  - Sonnenenergie, Umweltwärme, feste Biomasse
  - Biogas und Bioöl (Zumischung bis 20 %)<sup>1)</sup>

Die Umsetzung eines solchen Bio-Effizienzzenarios erfordert erhebliche Anstrengungen im Hinblick auf die Verbesserung der Rahmenbedingungen, der Schaffung von weiteren wirtschaftlichen Anreizen und der Verbesserung von Information und Motivation bei den Endverbrauchern. Einem solchen Effizienzkonzept mit mehr Biogas und mehr Bioöl im Wärmemarkt setzt derzeit die Rahmengesetzgebung einige starke Hemmnisse entgegen.

### 5 Hemmnisse durch die Rahmengesetzgebung

An der Energieeinsparverordnung 2009 (EnEV 2009) und dem Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz (EEWärmeG) sind einige Punkte zu kritisieren, weil sie eine breite Markteinführung von Biogas und Bioöl zur Raumwärmeerzeugung hemmen:

#### 5.1 Energieeinsparverordnung (EnEV 2009)

- **Mangelnde Kohärenz zwischen EnEV und EEWärmeG:** Die EnEV ist technologieoffen konzipiert und sieht im Referenzsystem bereits die Einbindung von Wärme

<sup>1)</sup> Energetischer Anteil

## Derzeitige Hemmnisse durch EEWärmeG und EnEV 2009

EEWärmeG = Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz

EnEV 2009 = Energieeinsparverordnung

- **EEWärmeG**
  - Keine Technologieoffenheit
  - Zu hohe geforderte Biobrennstoffanteile
  - Benachteiligung des Gebäudesektors gegenüber dem Verkehrssektor
- **EnEV**
  - Anerkennung von Biogas und Bioöl als erneuerbare Energie nur bei räumlichem Zusammenhang zwischen Erzeugung und Verbrauch

aus erneuerbaren Energien vor. Die Vorteile von Technologien zur Nutzung erneuerbarer Energien kommen somit voll zur Geltung. Das am Primärenergieansatz orientierte Grundprinzip der EnEV ist seit Jahren in den Märkten verankert und bildet die Basis für die Ausstellung von Energieausweisen. Diese grundsätzlich positiven Eigenschaften werden jedoch durch das Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz, das mit nahezu identischer Zielstellung der Primärenergie- und CO<sub>2</sub>-Einsparung über die Nutzung erneuerbarer Energien im Wärmemarkt auf die gleichen Marktteilnehmer ausgerichtet ist, teilweise stark beeinträchtigt. Die Kohärenz der beiden Verordnungs- bzw. Gesetzesvorhaben muss aber gewährleistet sein, damit das Handeln der Unternehmer und der Endverbraucher zur Verbesserung des Klimaschutzes nicht beeinträchtigt werden.

- **Primärenergiefaktor 0,5 nur bei räumlichem Zusammenhang zwischen Erzeugung und Verbrauch:** Allerdings wird eine breitere Nutzung in gravierender Weise behindert, wenn in der EnEV 2009 gefordert wird, dass die Anwendung von flüssiger und gasförmiger Biomasse nur mit einem Primärenergiefaktor 0,5 akzeptiert wird, wenn Erzeugung und Verbrauch im unmittelbaren räumlichen Zusammenhang erfolgen. Andernfalls wird der Nutzer mit dem viel höheren Primärenergiefaktor für Erdgas oder Heizöl bestraft. Eine breite Nutzung ist so nicht möglich, weil dem Nutzer damit der Anreiz, die energetischen und ökologischen Vorteile zu nutzen, entzogen wird.

### 5.2 Erneuerbare-Energien-Wärme-Gesetz (EEWärmeG)

- **Keine Technologieoffenheit:** Der Begriff der effizientesten Verbrennungstechnologie ist unterschiedlich für Biogas (KWK) und Bioöl (Brennwertkessel) definiert und zu eng gefasst, weil er andere wichtige Anlagensysteme mit hoher Effizienz ausschließt. Technologieoffenheit ist nicht gegeben.
- **Zu hohe Biobrennstoffanteile:** Die hohen, geforderten Zumischungsraten von 30 % bei Biogas und 50 % bei Bioöl werden als starke Hemmnisse gesehen: Mögliche, regionale Logistik-Probleme beim Erdgas und fehlende Geräte für die Verbrennung von Öl mit so hohen Bioölteilen stehen einer breiteren Anwendung im Wege.
- **Benachteiligung des Gebäudesektors:** Durch das EEWärmeG und das Quotengesetz für Biokraftstoffe wird eine Ungleichbehandlung von Wohngebäude- und Verkehrsbereich verursacht. Im Verkehrsbereich werden z. B. für Biokraftstoff pauschale Zumischungsquoten festgesetzt, ohne Anforderungen an eine effiziente Nutzung. Jeder kann mit dem Mix fahren, egal ob sein Auto ein Kleinwagen oder eine Luxuskarosse ist, egal ob es neu ist oder ein alter Spritschlucker und egal ob die gemachten Fahrten sinnvoll und notwendig sind oder nicht. Auf der anderen Seite werden im Gebäudebereich z. T. stringente Anforderungen an die Effizienz gestellt, wie z. B. der KWK-Einsatz bei der Biogasnutzung.

## **6 Vorteile und Synergien einer Nutzung von Biogas und Bioöl im Wärmemarkt**

Die flächendeckende Bereitstellung von Biogas und Bioöl ist eine interessante Option für die Schließung der oben genannten Maßnahmenlücke. Damit können Klimaschutzziele im Wärmemarkt schneller und nachhaltiger umgesetzt werden. Wichtig ist auch, dass Biogas und Bioöl insgesamt eine Vergrößerung des Beitrags Erneuerbarer Energien bewirken und dass durch sie die Nutzungsvielfalt im Wärmemarkt erhöht wird.

Eine flächendeckende Bereitstellung hat positive Einflüsse auf die Nutzer. So wird sich z. B. jeder, der mit Öl oder Gas heizt, mehr mit den Themen Biobrennstoff, Wärmenutzung und Klimaschutz auseinandersetzen, wodurch ein Beitrag zur Verbesserung des Umweltbewusstseins geleistet wird. Gleichzeitig wird durch die Nutzung von Biogas und Bioöl das Image von öl- und gasgefeuerten Wärmeerzeugern aufgewertet, Bedenken von vielen Modernisierungsverweigerern gegen Öl und Gas werden zerstreut.

Die flächendeckende Bereitstellung und Nutzung von Biogas und Bioöl kann z. T. unabhängig von den sehr langen Erneuerungszyklen der Heizungen und der Bauteile der Gebäudehülle durchgeführt werden. Das ist ein weiterer Grund, warum Klimaschutzziele mit Biogas und Bioöl schneller umgesetzt werden können. Gleichzeitig ist ein solches System leicht mit weiteren Minderungsmaßnahmen zu kombinieren.

Ausgehend vom derzeitigen Stand der Technik ist vorhersehbar, dass für die Herstellung und Verteilung von Bioerdgas und Bioöl keine unlösbaren Probleme bestehen. Darüber hinaus wird langfristig erwartet, dass die Gesteungskosten für Bioerdgas und Bioöl wirtschaftlich konkurrenzfähig werden.

Die Quotenregelung im Verkehr, mit einem in Zukunft weiter steigenden Anteil von Biokraftstoffen, führt zu einer ernsthaften Nutzungskonkurrenz. Allerdings hat der Einsatz im Gebäudebereich den Vorteil, dass mit den kostbaren Biobrennstoffen durch die Bereitstellung warmer Räume z. T. wichtigere und sinnvollere Bedürfnisse erfüllt werden als im Automobilbereich, denn hier entfällt fast die Hälfte der Fahrleistung auf Freizeit und Urlaub.

Der Aufbau eines flächendeckenden Versorgungssystems, basierend auf Biogas und Bioöl, setzt wesentliche Impulse im Bereich der Energie- und Klimaschutztechnologien und hat sehr positive Auswirkungen auf die Volkswirtschaft, wie z. B.: Produktinnovationen, Versorgungssicherheit und hohe Wertschöpfungsquote im Inland sowie die Schaffung von Arbeitsplätzen.

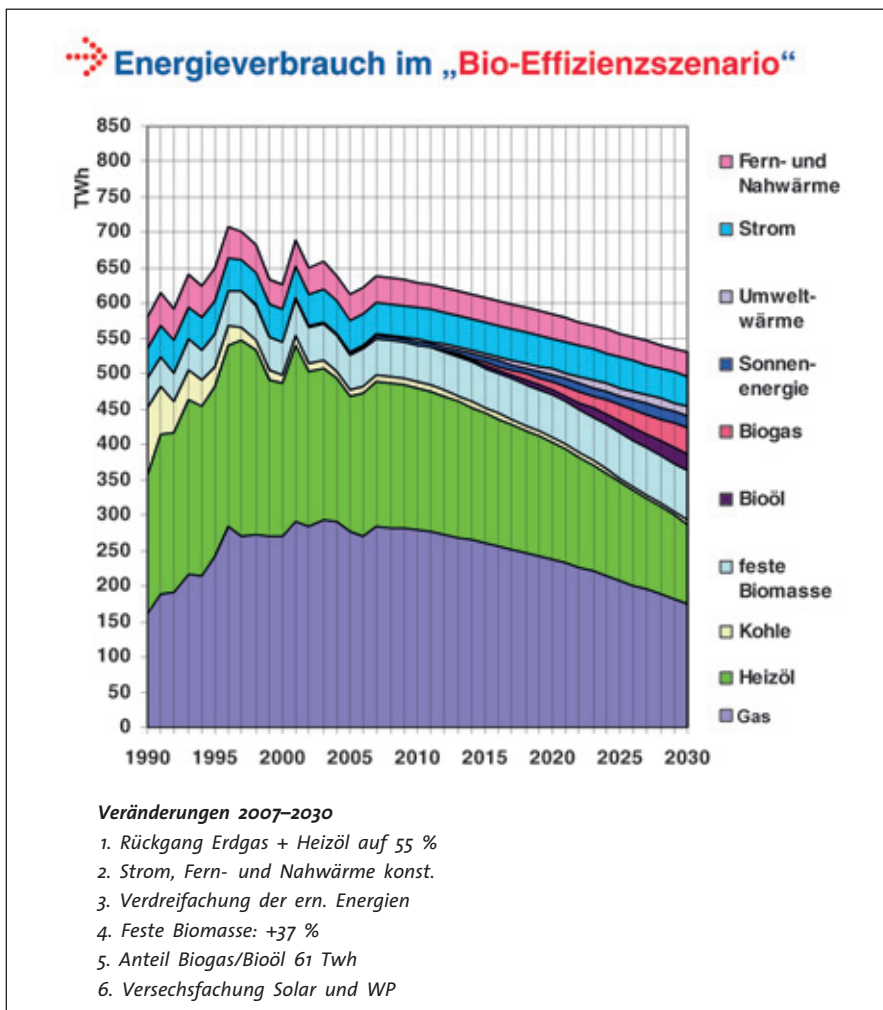
## **7 Hauptergebnisse zur Entwicklung eines nachhaltigen Wärmemarktes**

Der Wärmemarkt ist ein komplexes, vernetztes System, in dem ein einzelner Parameter wie z. B. Biobrennstoff nicht isoliert betrachtet werden kann. Aus diesem Grund wird im Rahmen der vorliegenden Studie der Wärmemarkt als Ganzes untersucht. Es werden alle konkurrierenden Energieträger, alle energetischen Modernisierungsmaßnahmen und deren Hemmnisse im Zusammenhang und unter Berücksichtigung der gesetzlichen Rahmenbedingungen mithilfe eines Rechenmodells analysiert. Die Einführung von Bioöl und Biogas ist Teil des gesamten Szenarios zur zukünftigen, nachhaltigen Wärmemarktentwicklung im Wohngebäudebereich.

Im Falle des Bio-Effizienzszenarios mit einem Gesamtanteil von Biogas und Bioöl von je 20 % bis 2030 sind die zentralen Rechenergebnisse in den folgenden vier Punkten zusammengefasst:

- a. **Wirkung der Effizienzmaßnahmen auf den gesamten Endenergieverbrauch:** Die Effizienzmaßnahmen Heizungserneuerung und Wärmedämmung führen zu einer deutlichen Energieeinsparung. Der gesamte Endenergieverbrauch<sup>2)</sup> im Wohngebäudebestand verringert sich im Zeitraum 2007 bis 2030 von 637 TWh auf 537 TWh, was einer Minderungsrate von 16 % entspricht. Der mittlere, jährliche Quadratmeterverbrauch für Raumwärme und Warmwasser, der als Effizienzindikator dient, fällt im gleichen Zeitraum von 193 kWh/m<sup>2</sup> auf 141 kWh/m<sup>2</sup>, entsprechend einer Minderung von 27 %. Die Einsparungen sind Nettoeinsparungen, da die Mehrverbräuche durch den Neubau mit berücksichtigt sind.
- b. **Rückgang der fossilen Energieträger Erdgas und Heizöl:** Der Verbrauch der fossilen Importenergieträger Erdgas und Heizöl wird bis 2030 deutlich reduziert. Gegenüber 2007 sinkt die Gasmenge um 36 % (283 TWh → 181 TWh) und die Heizölmenge um 44 % (205 TWh → 115 TWh). Der Rückgang resultiert einerseits aus den Wirkungen der Effizienzmaßnahmen und andererseits aus der Einführung der erneuerbaren Energien. Die starke Verringerung der fossilen Energieträger im Bio-EffizienzszENARIO zeigt die große Bedeutung dieses Szenarios für den Klimaschutz und für die Minderung der Gas- und Ölimporte.

Trotz Verbrauchsrückgang bleiben Öl und Gas aber langfristig die wichtigsten Energieträger. Sie tragen 2030 zusammen immer noch 55 % zur gesamten Wärmeerzeugung im Wohngebäudebereich bei. Der Beitrag im Jahr 2007 belief sich auf 77 %.



<sup>2)</sup> Einschließlich Fernwärme und Strom.

c. **Die Rolle der erneuerbaren Energien:** Der gesamte Betrag der Erneuerbaren steigt von 2007 bis 2020 von 56 TWh auf 96 TWh und erreicht damit einen Anteil von 18 % am gesamten Endenergieverbrauch. Die 14%-Grenze für den Beitrag der Erneuerbaren zur Wärmeversorgung bis 2020 kann mithilfe von Bioöl und Biogas sogar leicht überschritten werden. Bis 2030 steigt der absolute Wert auf 167 TWh und einen relativen Anteil von 30 % am gesamten Endenergieverbrauch. Damit erfolgt fast ein Drittel der Wärmeversorgung durch erneuerbare Energien. Dies bedeutet im Vergleich zu 2007 mit 8,8 %<sup>3)</sup> mehr als eine Verdreifachung des Beitrags.

Die Nutzung der festen Biomasse steigt im Zeitraum 2007 bis 2030 von 51 TWh auf 70 TWh (um 37 %) an, sie bleibt der dominante erneuerbare Energieträger. Sonnenenergie und Umweltenergie tragen etwa je in gleichen Mengen zur Versorgung bei. Ihr Volumen versechsfacht sich von 6 TWh auf 36 TWh im Betrachtungszeitraum.

Biogas und Bioöl erreichen im Bio-Effizienzscenario bis 2030 Beiträge von 37 TWh (Biogas) und 24 TWh (Bioöl), zusammen 61 TWh. Sie stehen mit diesem großen Beitrag nach fester Biomasse an zweiter Stelle auf der Rangliste der Erneuerbaren.

d. **Erreichte CO<sub>2</sub>-Minderung:** Ohne die zusätzlichen Minderungsmaßnahmen des Bio-Effizienzscenarios können bei der CO<sub>2</sub>-Einsparung (bezogen auf 1990) nur 19 % im Jahr 2020 und 29 % bis 2030 erzielt werden. Dies reicht für eine langfristige nachhaltige Entwicklung des Wärmemarktes nicht aus. Erst im Bio-Effizienzscenario mit zusätzlichen Effizienzmaßnahmen und mit Biogas und Bioöl gelingt es, ambitionierte Minderungsziele im Wohngebäudebereich zu erzielen. So sind bis 2020 rund 32 % an CO<sub>2</sub>-Einsparungen möglich und bis 2030 sogar 44 %. Die CO<sub>2</sub>-Emission<sup>4)</sup> sinkt von 128 Mio. t in 1990 auf 99 Mio. t bis 2020 und dann auf 72 Mio. t im Jahr 2030.

## 8 Vorbereitende Maßnahmen zur Umsetzung eines Bio-Effizienzscenarios

Da ein solch ambitioniertes Vorhaben zum Nutzen von Gesellschaft, Wirtschaft und Klimaschutz sehr lange Vorlauf- und Umsetzungszeiten benötigt, ist es notwendig so schnell wie möglich mit den offiziellen Diskussionen zu beginnen. Die Bundesregierung sollte die langfristige, flächendeckende Bereitstellung von Bioerdgas und Bioöl als eine aussichtsreiche Option für einen nachhaltigen Wärmemarkt in den energie- und klimapolitischen Zielkatalog aufnehmen. Die ersten, vorbereitenden Schritte für die Konzeptionierung eines Bio-Effizienzscenarios sollten eingeleitet und weiterentwickelt werden, um das Vorhaben möglichst bald in die nationalen Programme (z. B. IEKP) mit einbeziehen zu können.

Hierzu wird vorgeschlagen, einen Arbeitskreis zu gründen, der alle Akteure im Wärmemarkt umfasst, wie Verbände, Industrien, Wissenschaftler, Verbrauchergruppen und Vertreter der Regierung, um einen ersten gemeinsamen Aktionsplan zu entwickeln. Dazu sind schon laufende Aktivitäten wie z. B. das Vorhaben „Biogaspartnerschaft“ zu integrieren.

Des Weiteren sollten konzeptionelle Vorstudien über die großtechnische, flächendeckende Einführung initiiert werden, um grundsätzliche Fragestellungen zu klären und mögliche Probleme und Lösungsansätze zu identifizieren. Dabei ist die ganze Wertschöpfungskette zu betrachten, von der Biomasseproduktion über die Erzeugung von Bioöl und Bioerdgas bis hin zur flächendeckenden Verteilung durch Netzeinspeisung beim Bioerdgas und durch den Brennstoffhandel beim Bioöl. Aufbauend auf die konzeptionellen Vorarbeiten ist es notwendig in der Folge erste Machbarkeitsstudien durchzuführen.

<sup>3)</sup> In der Literatur und in Dokumenten des BMU werden 6 % angegeben. Dieser Wert umfasst den Wärmemarkt für Raumwärme und Prozesswärme in den Sektoren Industrie, Gewerbe und Haushalte. Der hier verwendete Wert gilt nur für den Wohngebäudebereich (Haushalte), wo hier der Anteil der Erneuerbaren höher ist als in den anderen Bereichen.

<sup>4)</sup> Quellenbilanzierung ohne Strom und Fernwärme.

## 9 Verbesserte Rahmenbedingungen

Basierend auf den Ergebnissen dieser Studie werden folgende Anforderungen an neue Rahmenbedingungen gestellt:

**Gleichbehandlung der Sektoren Wärmemarkt und Verkehr bei der Nutzung von Biogas und Bioöl:** In den Verordnungen und Gesetzen für die konkurrierenden Nutzungssektoren Wärmemarkt und Verkehr muss grundsätzlich die gleiche, politische Effizienz-Philosophie zugrunde gelegt werden und beiden Sektoren muss ein Zugang zu gleichen Konditionen möglich sein. Andernfalls entstehen Ungleichgewichte in der Energieversorgung und in der Ressourcennutzung, weil die sehr kostbaren Biobrennstoffe nicht optimal eingesetzt werden.

**Breite Markteinführung:** Eine flächendeckende Nutzung von Biogas und Bioöl sowohl im Neubau als auch im Altbaubereich darf nicht grundsätzlich behindert werden.

**Technologieoffene Nutzung:** Der Begriff der effizientesten Nutzung ist weiter und technologieneutral zu fassen, ansonsten werden Wettbewerb und Innovation behindert. Es ist günstiger ein Einsparziel zu definieren und den Weg zur Erreichung dieses Ziels frei zu lassen anstatt ihn mit Vorschriften zu verbarrikadieren. Natürlich ist die effizienteste Nutzung der Biobrennstoffe eine prioritäre Forderung. Dies muss aber neben der KWK andere sehr effiziente Technologien und Maßnahmenkombinationen umfassen wie z. B. die thermisch angetriebene Wärmepumpe, den Brennkessel kombiniert mit einer Solaranlage oder den Brennkessel kombiniert mit einer effizienten Dämmung der Gebäudehülle im Falle einer energetischen Sanierung. Solche Optionen sollen sowohl bei der Bioölnutzung zugelassen werden als auch bei der Biogasnutzung. Der Einsatz von KWK kann für Biogas und Bioöl mit einer besonderen Förderung ausgestattet werden, um hier Anreize zu schaffen. Dies ist ein Ansatz, der letztendlich zu höheren KWK-Installationsraten führt als eine Zwangsnutzung, die mit Ausweichmaßnahmen in der Praxis umgangen wird.

**Einführung eines Förderinstruments:** Um eine flächendeckende Zumischung/Bereitstellung von Biogas und Bioöl bis 2030 zu erreichen, ist während einer wahrscheinlich relativ langen Einführungszeit eine gewisse Förderung erforderlich, um die Differenz zwischen den hohen Gestehungskosten der Biobrennstoffe und den Preisen der fossilen Energieträger möglichst weitgehend auszugleichen. Möglicherweise ist eine zeitlich degressive Entwicklung der Förderrate sinnvoll, die nicht nur von der technologischen Entwicklung abhängt, sondern auch von der zukünftigen Veränderung des Ölpreises am Weltmarkt. Gleichzeitig muss die Förderung so angelegt werden, dass größere Anstrengungen im Bereich Energieeffizienz belohnt werden. Solche Anreize sind erforderlich um das notwendige Interesse der Investoren am Biomasseanbau und am Bau der Produktionsanlagen zu wecken bzw. zu erhalten. Für die Ausgestaltung eines solchen Förderinstruments sind verschiedene Optionen denkbar wie z. B. ein Zuschuss pro kWh, eine Steuerabsenkung oder die Festlegung von Anreizen wie bei der Nutzung von Windenergie oder PV-Strom. Es ist jedoch nicht Aufgabe dieses Papiers die möglichen Förderinstrumente zu diskutieren.





# Nutzung erneuerbarer Energien mit Holz- und Pelletheizungen

## 1 Einleitung

### 1.1 Umweltaspekte

Holz- und Pelletheizungen heizen mit dem nachwachsenden Rohstoff Holz. Sie sind heute in der Lage, ein Haus ganzjährig und zu 100 % mit Heizwärme zu versorgen. Sie gelten als erneuerbare Energietechniken, die im Ein- und Zweifamilienhaus – bei finanziell und baulich akzeptablem Aufwand – einsetzbar sind.

Holz ist nicht nur der älteste Brennstoff der Menschheit. Holz ist ein Brennstoff, der kohlendioxidneutral verbrennt, denn beim Verbrennen wird nur so viel Kohlendioxid ( $\text{CO}_2$ ) freigesetzt, wie die Pflanze während des Wachstums gebunden hat. Würde man das Holz im Wald langsam verrotten lassen, würde dies an der Kohlendioxid-Bilanz nichts ändern, da dieses Kohlendioxid im Rahmen der natürlichen Zersetzung ohnehin freigesetzt würde. Holz- und Pelletheizungen arbeiten damit aus Sicht des Klimaschutzes besonders vorbildlich und verursachen während der Verbrennung keinerlei Treibhauseffekt.

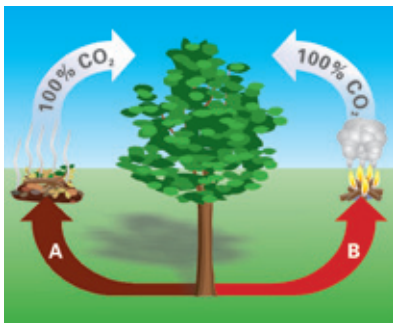


Bild 1:  
Beim Verrotten im Wald (A) entsteht die gleiche Menge  $\text{CO}_2$  wie bei einer Verbrennung (B)

### 1.2 Energetische Aspekte

Moderne Stückholz- oder Pelletkessel haben kaum noch etwas mit früheren Holzheizungen gemeinsam. Ein Rückblick: Bei einem normalen Holzfeuer brennt die Flamme von unten nach oben. Vergasung und Verbrennung des Holzes – zwei Vorgänge mit unterschiedlichem Sauerstoffbedarf – finden gleichzeitig statt und sind schwer zu kontrollieren. Typisch für frühere Holzheizungen sind daher unvollständige Verbrennung, schlechter Wirkungsgrad und hoher Ascheanfall.

In modernen Holzvergaserkesseln wurden sowohl die Brennraumgeometrie als auch -technologie und zeitlicher Ablauf der Verbrennungsphasen energetisch optimiert. Als herausragende Neuerung hat sich das Prinzip der Umkehrflamme, auch „unterer Abbrand“ genannt, bewährt. Hier wird durch ein Gebläse die Flamme nach unten gerichtet. Dadurch lässt sich eine räumliche Trennung von Vergasung und Verbrennung erreichen und so die Luftzufuhr für beide Vorgänge separat und damit optimal einstellen. Erreicht wird das durch eine zusätzliche Luftzufuhr unterhalb der Glut. Diese nennt man Sekundärluft, im Gegensatz zur Primärluft, die hauptsächlich zur Vergasung benötigt wird.

Durch die Umkehrung der Flamme wird im Holzvergaserkessel ein erheblich höherer Wirkungsgrad als bei früheren Holzheizungen erreicht. Das bedeutet für den Betreiber weniger Holzverbrauch, weniger Schadstoffe, geringeren Ascheanfall und natürlich auch weniger Arbeit.

### 1.3 Holz- und Pelletheizungen aus Sicht des Handwerks

Aus Sicht des Handwerks stellen sich moderne Holzheizungen als montagefreundliche, wartungsarme und ausgereifte Technologie dar. Die zugehörige Normung und Zertifizierung ist weit fortgeschritten. Vor diesem Hintergrund ist der Markt

für Holz- und Pelletkessel ein Wachstumsmarkt. Für die Zukunft wird mit einem weiteren Marktausbau gerechnet.

Holz- und Pelletheizungen bedeuten zufriedene Kunden, denn sie sind im Komfort vergleichbar mit anderen modernen Heizungssystemen. Zudem entstehen bei der Installation keine Erschließungskosten. Mit der Investition in eine Holz- oder Pelletheizung erwerben Kunden heute die Sicherheit langfristig stabiler Randbedingungen.



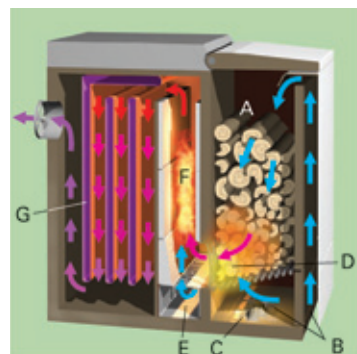
Bild 2:  
Holz- und Pelletheizungen lassen sich gut in moderne Gebäudetechnik integrieren

## 2 Merkmale und Funktion moderner Holz- und Pelletkessel

### 2.1 Zentralheizung mit Stückholzvergaserkessel

Holzvergaserkessel sind weiterentwickelte Unterbrandkessel, bei denen die drei Verbrennungsphasen Trocknung, Vergasung und Verbrennung räumlich voneinander getrennt wurden. Im Füllschacht wird der Brennstoff zunächst getrocknet und dann unter Sauerstoffmangel verschwelt. Die entstehenden Holzgase werden nach unten abgeleitet, über ein Gebläse mit Luft vermischt und bei hohen Temperaturen sauber verbrannt.

Ein Stückholzvergaser-Heizkessel läuft nicht kontinuierlich den ganzen Tag, sondern muss manuell beschickt werden. Eine Holzfüllung reicht je nach Holzart drei bis vier Stunden bei voller Leistung. Dabei nimmt ein Pufferspeicher Wärme auf und kann diese über einen längeren Zeitraum (z. B. über Nacht) wieder abgeben. Scheitholzessel erreichen Nutzungsgrade von 80 bis 92 %. Sie sind als reine Volllast- oder als regelbare Kessel erhältlich, die auf ca. 30 bis 50 % der Nennleistung heruntergefahren werden können.



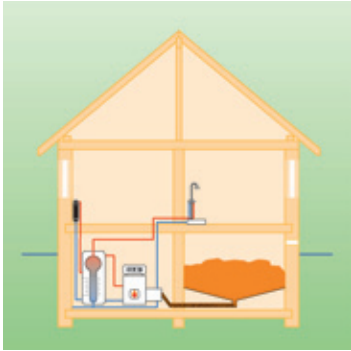
- A Füllschicht
- B Primärluftzufuhr
- C Ascheräume
- D Vergasungszone und Glutbett
- E Sekundärluft
- F Gasbrennkammer
- G Wärmetauscher

Bild 3:  
In modernen Holzvergaserkesseln erfolgen die drei Verbrennungsphasen Trocknung, Vergasung und Verbrennung räumlich voneinander getrennt

### 2.2 Pellet-Zentralheizungskessel

Pelletfeuerstätten können grundsätzlich in Einzelöfen und Zentralheizungen unterteilt werden. Einzelöfen dienen der Beheizung des Aufstellraums. Über einen integrierten Wärmetauscher ist es bei einigen Geräten aber auch möglich, Wärme in das zentrale Heizungssystem einzukoppeln. Pellet-Zentralheizungssysteme werden überwiegend zu Nennleistungen von 5 bis 35 kW angeboten, darüber hinaus werden auch größere Anlagen (Kesselleistung bis 450 kW) realisiert. Mittels einer elektronischen Regelung ist eine stufenweise Leistungsrosselung bis auf 30 % möglich. Ihr Wirkungsgrad liegt unter Volllast über 90 %, selbst im Teillastbereich werden noch Werte von knapp 90 % erreicht. Sie bieten einen komfortablen, voll-

automatischen Betrieb und zeichnen sich durch eine automatische Raumaustragung der Pellets aus. Der Brennstoff wird dabei mit einer Förderschnecke oder per Saugrohr zum Kessel in den Brennraum befördert. Auch die Zündung erfolgt automatisch mittels Glühstab (keramische Zündpatrone) oder Heißluftgebläse. Neben der Möglichkeit der manuellen Reinigung sind auch Kesseltypen am Markt, die über eine Möglichkeit der Selbstreinigung (Federn oder Schaber) verfügen. Mögliche Feuerungsarten sind Unterschubfeuerung, Retortenfeuerung und Fallsystem.



*Bild 4:  
Pellet-Zentralheizungssysteme bieten einen komfortablen, vollautomatischen Betrieb und zeichnen sich durch eine automatische Raumaustragung der Pellets aus*

### 3 Weitere Komponenten einer Anlage

#### 3.1 Kaminzug mit Zugbegrenzer (Nebenlufteinrichtung)

Der Auftrieb einer Abgasanlage schwankt je nach Witterungsbedingungen. Bei zu hohem Auftrieb sinkt der Wirkungsgrad der Heizungsanlage. Zugbegrenzer begrenzen den Auftrieb auf das notwendige Maß und halten diesen konstant. Ihr Einbau ist deshalb allgemein empfehlenswert, es gibt jedoch Ausnahmen. So ist beispielsweise der Einbau eines Zugbegrenzers bei Mehrfachbelegung eines Schornsteins und Aufstellung der Feuerstätten in getrennten Räumen nicht zulässig. Näheres hierzu regelt DIN 4795.

#### 3.2 Pufferspeicher

Für handbeschickte Holzkessel (z. B. Stückholzkessel) sind ausreichend bemessene Pufferspeicher vorzusehen. Bei automatisch beschickten Holzfeuerungsanlagen (z. B. Pelletkessel) ist ein Pufferspeicher nicht zwingend erforderlich. Notwendig wird der Pufferspeicher für einen Pelletkessel dann, wenn der maximale Wärmebedarf des Gebäudes unterhalb des unteren Modulationspunktes des Kessels liegt, z. B. bei Niedrigenergiehäusern. Es sind die Vorgaben der 1. BImSchV zu beachten.

#### 3.3 Lagerstätte für Pellets

Je nach Raumverhältnissen existieren eine Reihe von Speichermöglichkeiten: Silo, Pelletbunker, Erdtank, Vorratsbehälter und Gewebetank.



*Bild 5:  
Die Lieferung der Pellets erfolgt in Tankwagen*

#### 3.4 Transporteinrichtung/automatische Raumaustragung

Bei den Pellet-Entnahmesystemen unterscheidet man zwischen Schnecken- und Saugaustrag sowie statischem Austrag aus einem Vorratsbehälter.

### 3.5 Rücklaufanhebung

Um Korrosion und Kondensation zu vermeiden, müssen die meisten Holz- oder Pelletkessel mit einer Rücklaufanhebung versehen werden. Einige Kesseltypen verfügen über eine werkseitig integrierte Rücklaufanhebung.

### 3.6 Rückbrandsicherung

Als Rückbrandsicherung kommen folgende Versionen infrage: Kugelhahn, Zellrad-schleuse und Sprinkleranlage.

### 3.7 Thermische Ablaufsicherung und Sicherheitswärmetauscher

Bei geschlossenen Heizanlagen besteht die Anforderung nach EN 12828, überschüssige Wärme rasch abzuführen. Dies wird mit einem Sicherheitswärmetauscher mit thermischer Ablaufsicherung gewährleistet. Kann durch eine Prüfung eines unabhängigen Prüfinstitutes nachgewiesen werden, dass die Anlage auch ohne Wärmetauscher schnell abschaltbar ist (z. B. Pelletkessel), kann darauf verzichtet werden.

## 4 Hinweise zum Brennstoff und dessen Lagerung

### 4.1 Brennstoff und Lagerung: Scheitholz

Um einen hohen Heizwert zu erreichen, ist vor der Verwendung eine Lagerung von bis zu zwei Jahren erforderlich (siehe Tabelle). Am besten schichtet man Brennholz an einem luftigen, sonnigen und trockenen Ort auf – mit einer Handbreit Abstand zwischen den Stapeln. Ziel ist ein Wassergehalt von < 20 %.

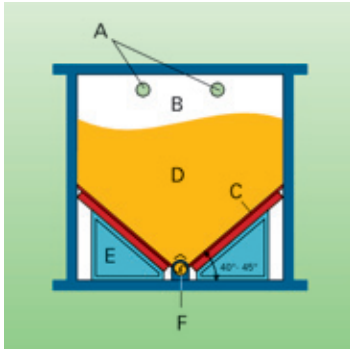


Zustand des Holzes	Wassergehalt	Heizwert
Waldfrisch	50–60 %	2,0 kWh/kg
Über einen Sommer gelagert	25–35 %	3,4 kWh/kg
mehrere Jahre gelagert	15–25 %	4,0 kWh/kg

### 4.2 Brennstoff und Lagerung: Holzpellets

Der Brennstoff Holzpellet besteht aus naturbelassenem Restholz (Säge- oder Hobelspäne) und wird mit Druck zu zylindrischen Presslingen geformt. Diese haben einen Durchmesser von etwa 5 mm und sind 10 bis 30 mm lang. Sie verfügen nach der Pelletierung über die höchste Energiedichte und damit den höchsten Heizwert unter allen Holzbrennstoffen. Dabei entsprechen zwei Kilogramm Pellet ca. einem Liter Öl oder einem Kubikmeter Erdgas. Pellets verbrennen fast vollständig und hinterlassen nur ca. 0,5 Volumenprozent Asche, die als Dünger verwertbar ist. Die Qualität regelt DIN 51731 bzw. weiterführend die Zertifizierung „DINplus“ des DIN CERTCO nach Ö-Norm M7135. Das neue Gütesiegel ENplus setzt bereits die Vorgaben der neuen EU-Pellet-Norm ppEN 14961-2 um.

Es gibt verschiedene Möglichkeiten der Lagerung: entweder in einem trockenen und staubdichten Raum im Haus, der als Pellet-Lagerraum ausgebaut wird, oder in einem Sacksilo bzw. Gewebe- oder Betontank, der außen aufgestellt oder vergraben wird.



- A Einblas- und Absaugstutzen
- B „Luftraum“ – der Lagerraum kann nicht bis ganz oben gefüllt werden
- C Zwischenschrägboden
- D Nutzbares Volumen =  $\frac{2}{3}$  des Raumvolumens
- E Leerraum
- F Raumentnahmeschnecke bzw. Ansaugsonde

Bild 7: Querschnitt durch einen Pelletlagerraum

## 5 Planungshinweise und Praxistipps für die Installation

### 5.1 Planung von Pufferspeichern

Für Stückholzkessel sind ausreichend bemessene Pufferspeicher vorzusehen. Nach der 1. BImSchV sind ein Puffervolumen von 55 Liter je kW Nennwärmeleistung Pflicht.

### 5.2 Schornstein

Durch die Leistungsmodulation moderner Holz- und Pelletkessel sinken die Abgastemperaturen auf bis zu 100 °C ab. Um einer Abgaskondensation vorzubeugen, ist bei unisolierten Schornsteinen eine Sanierung zu empfehlen. Der Anschluss des Kessels an den Kamin muss gasdicht ausgeführt werden. Bei Neubau eines Kamins ist eine feuchteunempfindliche Ausführung vorgeschrieben (Einbau eines Zugreglers siehe Abschnitt 3.1). Die Nutzung eines neuen oder vorhandenen Kamins ist durch den Schornsteinfeger zu genehmigen (frühzeitig Kontakt aufnehmen). Er berät, ob eine Kaminsanierung notwendig ist. Der benötigte Kaminquerschnitt hängt maßgeblich von der Nennleistung der Heizungsanlage und der wirksamen Kaminhöhe ab. Als Faustregel gilt: Nennleistung bis 20 kW – Kamindurchmesser 14 bis 16 cm/Nennleistung 25 bis 30 kW – Kamindurchmesser 16 bis 18 cm.

### 5.3 Anforderungen an den Feuerstellen-Aufstellungsraum

#### 5.3.1 Leistung bis 50 kW

Keine Anforderungen an das Bauwerk; Zuluftöffnung mind. 150 cm<sup>2</sup>; Abstand der Feuerstätte zum Brennstoff 1 m oder Strahlungsschutz. Es ist darauf zu achten, dass der Kesselaufstellungsraum mit einer Schubkarre erreichbar ist.

#### 5.3.2 Leistung > 50 kW

Wände und Decken F90; Türen selbstschließend, nach außen öffnend und feuerhemmend (T30); keine andere Nutzung; Be- und Entlüftung mind. 150 cm<sup>2</sup> + 2 cm<sup>2</sup>/kW; Abstand der Feuerstätte zum Brennstoff 1 m oder Strahlungsschutz. Der Entaschung ist besonderes Augenmerk zu widmen.

### 5.4 Anforderungen an den Pellet-Lagerraum

#### 5.4.1 Lagermenge bis 10 000 l

Keine Anforderungen an Wände, Türen und Decken und die Nutzung.

#### 5.4.2 Lagermenge > 10 000 l

Lagerung in separaten Räumen; Wände und Stützen der Lagerräume sowie Decken über und unter ihnen müssen feuerbeständig sein; feuerhemmende und selbstschließende Türen. Als Faustregel gilt: pro 1kW Heizlast ca. 0,9 m<sup>3</sup> Lagerraum. Hierbei ist unvermeidlicher Leerraum durch Einbau eines Zwischenbodens schon berücksichtigt.

## 6 Fehlervermeidung

### 6.1 Tipps zur Auswahl von Holzvergaserkesseln

Bei der Auswahl des Kessels sollte auf ein großes Füllvolumen, das den Tagesbedarf fassen kann, und eine große Füllöffnung geachtet werden. Die Option, auch Halbmeterscheite einfüllen zu können, kann dem Betreiber eine Menge Arbeit ersparen. Nur an extrem kalten Wintertagen sollte ein zweites Mal nachgelegt werden müssen.

Ein weiterer Punkt ist die Anordnung des Gebläses. Manche Kessel haben ein Druckgebläse. Sie arbeiten dadurch immer mit einem Überdruck im Feuerungsraum. Beim Nachlegen von Holzscheiten kann Rauch in den Heizungsraum gelangen. Komfortabler ist ein Saugzuggebläse, das hinter dem Kesselwärmetauscher angebracht ist. Beim Nachlegen gelangt erheblich weniger Rauch in den Heizungsraum. Ein Saugzuggebläse wirkt sich auch positiv auf die Verbrennung aus, was zu geringerer Staubablagerung in den Rohren des Wärmetauschers führt.

Weiterhin sollte der Kessel leicht zu reinigen sein. Kesselversionen mit senkrechten Zügen sind dabei leichter zu handhaben.

Unverzichtbar ist die Bereitschaft des Kunden in der Heizsaison täglich anzufeuern und in regelmäßigen Abständen die Asche zu entleeren. Werden keine Maßnahmen zum Frostschutz getroffen, kann während der Frostperiode die Anwesenheit bzw. das Befeuern zwingend erforderlich sein, da sonst Einfriergefahr besteht.

### 6.2 Tipps zur Auswahl von Pelletheizungen

Als wichtigste Auswahlkriterien bei Pelletkesseln gelten eine zuverlässige Raumaustragung, die (Selbst-)Reinigung, gute Verbrennungseigenschaften und die einfache Befüllung des Lagers mittels Tankwagen und Schlauchanschluss. Die Entscheidung für eine Form der Raumaustragung (Schnecken- und Saugaustragung) erfolgt entweder über das gewählte Kesselfabrikat, das ein bestimmtes System voraussetzt oder über praktische Kriterien, wenn z. B. der Lagerraum so weit vom Kessel entfernt, dass nur ein Saugsystem eingesetzt werden kann.

Wichtig ist der Aspekt der Reinigung, da eine regelmäßige Säuberung der Züge im Kessel unumgänglich ist. Entscheidet sich der Betreiber für eine manuelle Reinigung, sollte für leichte Handhabung darauf geachtet werden, dass der Kessel senkrechte Züge hat.

Eine witterungsgeführte Heizungsregelung, die auf die Bedürfnisse des Kunden eingestellt werden kann, ist für dessen Zufriedenheit ebenfalls unerlässlich.

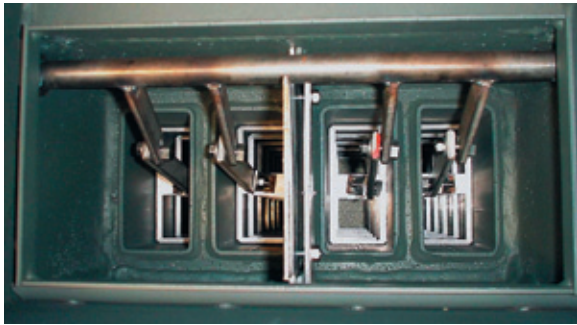
Für den Antrag auf Bundesförderung muss eine Herstellererklärung über die Abgaswerte eingereicht werden. Lassen Sie sich diese Erklärung vom Kesselhersteller aushändigen.

Empfehlenswert ist eine automatische Zündung. Pelletkessel ohne Zündautomatik arbeiten in Zeiten ohne Wärmeanforderung im Gluterhaltungsbetrieb, eine Form von „Stand-by“ mit permanentem Pelletverbrauch. Hingegen kann bei einer automatischen Zündung das Feuer im Kessel erlöschen, wenn kein Wärmebedarf besteht. Es wird erst dann wieder gezündet, wenn von der Regelung Wärme angefordert wird.

## 7 Wartungshinweise

Je nach Hersteller und Kesseltyp gibt es große Unterschiede in Umfang und Aufwand der Wartung. Zu den einmal jährlich durchzuführenden Tätigkeiten gehört das Reinigen der Feuerzüge und – je nach Kesseltyp – weiterer Kesselbereiche, in denen es zu Ablagerungen gekommen ist. Zu den häufigeren Aufgaben gehören die Brennräumtaschung sowie das Leeren der Aschewanne. Hierbei können während der Heizsaison Reinigungsintervalle von ein bis vier Wochen notwendig sein. Der Ascheanfall ist allerdings gering und beträgt für ein Einfamilienhaus mit Pellet-Zentralheizung kaum mehr als 20 kg im Jahr.

Die genauen Informationen zur Wartung erhalten Sie durch die Wartungshinweise der Hersteller.



*Bild 8:  
Automatische Heizflächenreini-  
gung*

## 8 Vorteilhafte Berücksichtigung in der Energieeinsparverordnung (EnEV)

Für erneuerbare Energieträger wie Holz oder Pellets ist in den begleitenden Normen der EnEV zur Berechnung des Jahres-Primärenergiefaktors ein Primärenergiefaktor von 0,2 festgelegt. Der Wert bildet die (niedrigen) Energieverluste ab, die bei der Gewinnung, Umwandlung und Verteilung des jeweiligen Brennstoffes entsteht. Bei Holz wird dabei nicht zwischen Pellet, Scheitholz oder Hackschnittel unterschieden. Zum Vergleich: Die Primärenergiefaktoren für Gas und Öl betragen 1,1, für Strom 2,6. Im Ergebnis verringert sich der Umfang der notwendigen Wärmeschutzmaßnahmen am Gebäude, Architekt und Haustechnikplaner bekommen mehr Handlungsspielraum.

## 9 Förderungsübersicht

- Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA), Förderung von Pellet-Zentralheizungskesseln: Tel.: (0 61 96) 9 08-6 25, [www.bafa.de](http://www.bafa.de)
- Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW):  
Abgewickelt wird über die Hausbank: Infos unter: [www.kfw-foerderbank.de](http://www.kfw-foerderbank.de),  
Tel.: (0 18 01) 33 55 77

Beachten Sie bitte darüber hinaus spezielle Förderprogramme der Bundesländer.

## 10 Hinweis auf weiterführende Informationsquellen

- Herstellerinformationen unter [www.bdh-koeln.de](http://www.bdh-koeln.de)
- [www.depi.de](http://www.depi.de) (Deutsches Pelletinstitut)
- [www.fnr.de](http://www.fnr.de) (Fachagentur nachwachsende Rohstoffe e. V.), Hofplatz 1, 18276 Gülzow, Tel.: (0 38 43) 69 30-0

## 11 Geltende Regelwerke

- EnEV Energieeinsparverordnung: Verordnung über energiesparenden Wärmeschutz und energiesparende Anlagentechnik bei Gebäuden (EnEV), 29. April 2009
- CE-Kennzeichnung: BDH-Mitgliedsunternehmen kennzeichnen die Konformität mit relevanten europäischen Richtlinien mit dem CE-Zeichen.

### Forderungen zu Schutz, Sicherheit, Funktion und Betrieb: Mitgeltende Richtlinien

- Niederspannungs-Richtlinie 2006/95/EG, EMV-Richtlinie 2004/108/EG, Maschinen-Richtlinie 2006/42/EG sowie Bauprodukte-Richtlinie 89/106/EWG.
- DIN EN 303-5: Geltungsbereich: Holzfeuerungsanlagen < 300 kW: Emission und Sicherheit.
- EN 13384: Bemessung der Abgasanlagen
- EN 12828: Heizungssysteme in Gebäuden – Planung Warmwasser-Heizungsanlagen
- DIN 4795: Ausgabe: 1991-04, Nebenluftvorrichtungen für Hausschornsteine; Begriffe, Sicherheitstechnische Anforderungen, Prüfung, Kennzeichnung

- DIN 18160: Anforderungen an die Planung und Ausführung von Hausschornsteinen und Verbindungsstücken (Teil 1, 2 und 5)
- ppEN 14961-2: Feste Bio-Brennstoffe – Brennstoffspezifikationen und -klassen – Teil 2: Holzpellets für nicht industrielle Verwendung
- FeuV: Feuerungsanlagenverordnung. Die Regeln für den Einbau einer Feuerungsanlage für Feststoffe sowie Anforderungen an den Feuerstätten-Aufstellraum (Heizraum) sind in der jeweiligen Länder-Feuerungsverordnung festgelegt. Geringe Abweichungen innerhalb einzelner Bundesländer sind möglich, weshalb sich eine rechtzeitige Abstimmung mit dem Schornsteinfeger/Kaminkehrer empfiehlt.
- 1. BImSchV: Verordnung über Kleinf Feuerungsanlagen: Regelt die einmaligen und wiederkehrenden Messungen an Feuerungsanlagen durch den Schornsteinfeger.
- Landesbauordnung: Bei der Errichtung oder Änderung von Feuerungsanlagen (Feuerstätten und Abgasanlagen) ist die jeweilige Landesbauordnung zu beachten.



# 1. BImSchV

## Teil 1: Regelungen für die Errichtung, die wesentliche Änderung und den Betrieb von Holzzentralheizungskesseln ab dem 22. März 2010

### 1 Zielsetzung

Zum 22. März 2010 ist die Novelle der ersten Verordnung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über kleine und mittlere Feuerungsanlagen – 1. BImSchV) in Kraft getreten. Hiermit findet eine Aktualisierung der noch aus dem Jahr 1988 stammenden Regelungen zur Freisetzung von Emissionen in kleinen und mittleren Feuerungsanlagen statt. Insbesondere durch die neuen Regelungen zur Verminderung der Staubemissionen von Feuerungsanlagen für feste Brennstoffe sowie die Einbeziehung bestehender Anlagen in das Gesamtkonzept wird gewährleistet, dass die Schadstoffbelastung durch veraltete Feuerungsanlagen und -technologien weiter abnimmt.

In diesem Informationsblatt sind die wesentlichen Regelungen aus der 1. BImSchV für Feuerungsanlagen mit Holzzentralheizungskesseln bis 1 MW zusammengestellt. Der Fokus liegt hierbei auf den Brennstoffen **Holzpellets** und naturbelassenem<sup>1)</sup> stückigem Holz wie **Scheitholz** und **Hackschnitzeln**. Regelungen für Einzelraumfeuerungsanlagen für feste Brennstoffe sind nicht Gegenstand des Informationsblatts. Ausführungen zu Öl- und Gasfeuerungsanlagen werden im BDH-Informationsblatt Nr. 22, Teil 2, thematisiert.

### 2 Welche Holzzentralheizungskessel fallen unter die 1. BImSchV?

Von der 1. BImSchV betroffen sind Feuerungsanlagen mit Holzzentralheizungskesseln, die keiner Genehmigung nach § 4 des Bundes-Immissionsschutzgesetzes bedürfen. Ausgenommen sind Feuerungsanlagen mit einer Nennwärmeleistung bis 1 MW zur Trocknung von Gütern sowie zur Zubereitung von Speisen durch unmittelbare Berührung mit heißen Abgasen.

### 3 Was ist eine wesentliche Änderung im Sinne der 1. BImSchV?

Unter einer wesentlichen Änderung versteht man die Änderung einer Feuerungsanlage, die die Art oder Menge der Emissionen erheblich verändern kann. Eine wesentliche Änderung liegt regelmäßig vor, wenn ein Kessel ausgetauscht oder eine Feuerungsanlage auf einen anderen Brennstoff umgestellt wird – es sei denn, die Feuerungsanlage ist bereits für wechselweisen Brennstoffeinsatz eingerichtet.

<sup>1)</sup> Holz, das ausschließlich mechanischer Bearbeitung ausgesetzt war und bei seiner Verwendung nicht mehr als nur unerheblich mit Schadstoffen kontaminiert wurde.

## 4 Allgemeine Anforderungen

Feuerungsanlagen mit Holzzentralheizungskesseln dürfen nur betrieben werden, wenn sie sich in einem ordnungsgemäßen technischen Zustand befinden. Sie dürfen nur mit Brennstoffen betrieben werden, für deren Einsatz sie nach Angaben des Herstellers geeignet sind. Errichtung und Betrieb haben sich nach den Vorgaben des Herstellers zu richten.

Es darf nur Holz mit einem Feuchtegehalt unter 25 % bezogen auf das Trocken- oder Darrgewicht des Brennstoffs eingesetzt werden. Ausgenommen sind Feuerungsanlagen mit automatisch beschickten Holzzentralheizungskesseln, die nach Angaben des Herstellers für Brennstoffe mit höheren Feuchtegehalten geeignet sind.

Der Betreiber einer Feuerungsanlage mit einem handbeschickten Holzzentralheizungskessel hat sich nach der Errichtung oder nach einem Betreiberwechsel innerhalb eines Jahres hinsichtlich der sachgerechten Bedienung der Feuerungsanlage, der ordnungsgemäßen Lagerung des Brennstoffs sowie der Besonderheiten beim Umgang mit festen Brennstoffen von einem Schornsteinfeger im Zusammenhang mit anderen Schornsteinfegerarbeiten beraten zu lassen. Bei einer handbeschickten Feuerungsanlage mit einem Holzzentralheizungskessel, die vor dem 22. März 2010 errichtet wurde, ist diese Beratung bis zum 31. Dezember 2014 durchzuführen.

### 4.1 Anforderungen an neue Feuerungsanlagen mit Holzzentralheizungskesseln (ab dem 22. März 2010 errichtet)

Feuerungsanlagen mit Holzzentralheizungskesseln mit einer Nennwärmeleistung von 4 kW oder mehr sind so zu errichten und zu betreiben, dass die nach Anlage 2 der 1. BImSchV ermittelten Massenkonzentrationen die folgenden Emissionsgrenzwerte für Staub und Kohlenstoffmonoxid (CO) nicht überschreiten:

	Holzart	Nennwärmeleistung in kW	Staub in g/m <sup>3</sup> <sup>2)</sup>	CO in g/m <sup>3</sup> <sup>2)</sup>
<b>Stufe 1:</b> Anlagen, die ab dem 22. März 2010 errichtet werden	Scheitholz, Hackschnitzel	≥ 4 bis ≤ 500	0,10	1,0
		> 500	0,10	0,5
	Pellets	≥ 4 bis ≤ 500	0,06	0,8
		> 500	0,06	0,5
<b>Stufe 2:</b> Anlagen, die ab dem 31. Dezember 2014 errichtet werden <sup>1)</sup>	Scheitholz, Hackschnitzel, Pellets	≥ 4	0,02	0,4

Für Feuerungsanlagen mit Holzzentralheizungskesseln mit einer Nennwärmeleistung von 4 kW und mehr, die vor dem 1. Januar 2015 errichtet werden, gelten die Emissionsgrenzwerte für Staub und CO der Stufe 1 nach dem 1. Januar 2015 weiter.

<sup>1)</sup> Bei Holzzentralheizungskesseln für den ausschließlichen Einsatz von Scheitholz gelten die Emissionsgrenzwerte der Stufe 2 erst ab dem 31. Dezember 2016.

<sup>2)</sup> Emissionsbegrenzungen beziehen sich auf ein Volumengehalt an Sauerstoff im Abgas von 13 %.

Bei Feuerungsanlagen mit Holzzentralheizungskesseln und flüssigem Wärmeträgermedium soll ein Wasser-Wärmespeicher mit einem Volumen von 12 Litern je Liter Brennstofffüllraum vorgehalten werden. 55 Liter je kW Nennwärmeleistung sind Pflicht. Bei automatisch beschickten Anlagen genügt ein Volumen von mindestens 20 Litern je kW Nennwärmeleistung. Von diesen Regelungen ausgenommen sind

- automatisch beschickte Holzzentralheizungskessel, die die vorgenannten Emissionsgrenzwerte auch bei kleinster einstellbarer Leistung einhalten,
- Feuerungsanlagen, die zur Abdeckung der Grund- und Mittellastkessel in einem Wärmeversorgungssystem unter Volllast betrieben werden und welche die Spitzen- und Zusatzlasten durch einen Reservekessel abdecken sowie
- Feuerungsanlagen, die aufgrund ihrer bestimmungsgemäßen Funktion ausschließlich bei Volllast betrieben werden.

Zeitpunkt der Errichtung	Zeitpunkt der Einhaltung der Staub- und CO-Grenzwerte der Stufe 1
bis einschließlich 31. Dezember 1994	1. Januar 2015
vom 1. Januar 1995 bis einschließlich 31. Dezember 2004	1. Januar 2019
vom 1. Januar 2005 bis einschließlich 22. März 2010	1. Januar 2025

#### 4.2 Anforderungen bei bestehenden Feuerungsanlagen mit Holzzentralheizungskesseln (vor dem 22. März 2010 errichtet)

Bestehende Feuerungsanlagen mit Holzzentralheizungskesseln dürfen nur weiterbetrieben werden, wenn die Staub- und CO-Grenzwerte der Stufe 1 in Abhängigkeit vom Zeitpunkt der Errichtung ab folgenden Zeitpunkten eingehalten werden:

Die Feststellung des Zeitpunktes und die Übermittlung der Information an den Betreiber, ab wann eine bestehende Feuerungsanlage die Grenzwerte der Stufe 1 einhalten muss, erfolgt bis zum 31. Dezember 2012 durch den Schornsteinfeger.

Bis zum Zeitpunkt der Einhaltung der Staub- und CO-Grenzwerte der Stufe 1 gelten für bestehende Feuerungsanlagen mit Holzzentralheizungskesseln mit einer Nennwärmeleistung **von mehr als 15 kW** folgende Grenzwerte, die nach Anlage 2 der 1. BImSchV zu ermitteln sind:

Holzart	Nennwärmeleistung in kW	Staub in g/m <sup>3</sup>	CO in g/m <sup>3</sup>
Scheitholz, Hackschnitzel Pellets	> 15 bis ≤ 50	0,15	4
	> 50 bis ≤ 150	0,15	2
	> 150 bis ≤ 500	0,15	1
	> 500	0,15	0,5

## 5 Ableitbedingungen für Abgase

Die Austrittsöffnung von Schornsteinen bei Feuerungsanlagen mit Holzzentralheizungskesseln, die ab dem 22. März 2010 **neu errichtet oder wesentlich geändert** werden, muss

1. bei Dachneigungen
  - a) bis einschließlich 20 Grad den First um mindestens 40 Zentimeter überragen oder von der Dachfläche mindestens 1 Meter entfernt sein (Abb. 1),
  - b) von mehr als 20 Grad den First um mindestens 40 cm überragen oder einen horizontalen Abstand von der Dachfläche von mindestens 2,3 Metern haben (Abb. 2);
2. bei Feuerungsanlagen mit einer Gesamtwärmeleistung bis 50 kW in einem Umkreis von 15 Metern die Oberkanten von Lüftungsöffnungen, Fenstern oder Türen um mindestens 1 Meter überragen; der Umkreis vergrößert sich um 2 Meter je weitere angefangene 50 kW bis auf höchstens 40 Meter.

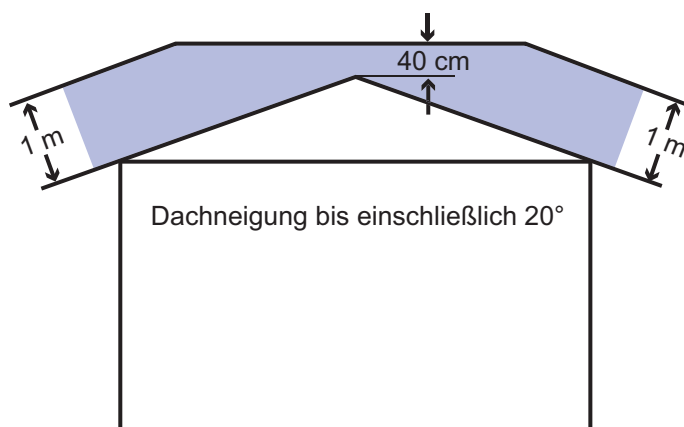


Abb. 1 Unzulässige Bereiche für Schornsteinmündungen (Dachneigung bis 20°), Quelle: ZIV

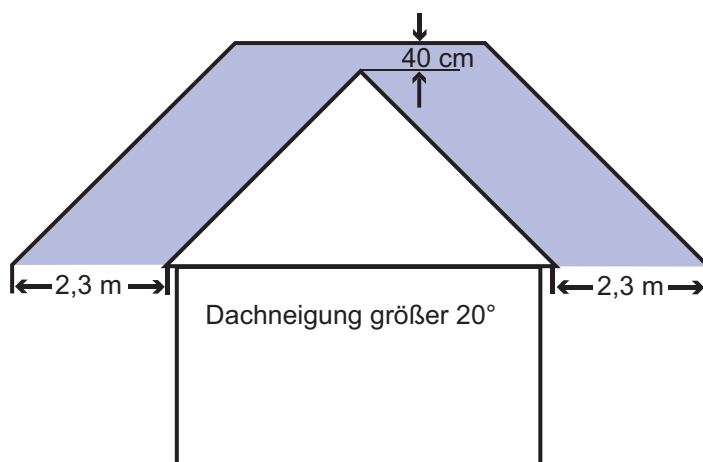


Abb. 2 Unzulässige Bereiche für Schornsteinmündungen (Dachneigung > 20°), Quelle: ZIV

## 6 Überprüfung von Holzzentralheizungskesseln durch den Schornsteinfeger

### 6.1 Einmalig bei neu errichteten oder wesentlich geänderten Feuerungsanlagen

- Überprüfung auf Einhaltung der Ableitbedingungen für Abgase (vor Inbetriebnahme),
- Überprüfung der Einhaltung der Emissionsgrenzwerte für Staub und CO (Erstmessung, spätestens 4 Wochen nach Inbetriebnahme),
- Beurteilung des eingesetzten Holzes auf Einhaltung des Feuchtgehalts (spätestens 4 Wochen nach Inbetriebnahme),
- Überprüfung des Holzzentralheizungskessels auf ordnungsgemäßen technischen Zustand sowie Errichtung und Betrieb nach Vorgabe des Herstellers (spätestens 4 Wochen nach Inbetriebnahme),
- Überprüfung der Einhaltung des erforderlichen Wasser-Wärmespeicher-Volumens (nur bei neu errichteten Feuerungsanlagen, spätestens 4 Wochen nach Inbetriebnahme).

### 6.2 Wiederkehrend bei Feuerungsanlagen mit einer Nennwärmeleistung von mehr als 4 kW (einmal in jedem zweiten Kalenderjahr)

- Überprüfung der Einhaltung der Emissionsgrenzwerte für Staub und CO,
- Beurteilung des eingesetzten Holzes auf Einhaltung des Feuchtgehalts,
- Überprüfung des Holzzentralheizungskessels auf ordnungsgemäßen technischen Zustand sowie Errichtung und Betrieb nach Vorgabe des Herstellers.

### 6.3 Übergangsregelungen bei der Überprüfung

- Der Betreiber einer **ab dem 22. März 2010 errichteten oder wesentlich geänderten** Feuerungsanlage mit einer Nennwärmeleistung **bis 15 kW** hat die Überprüfung der Einhaltung der Emissionsgrenzwerte für Staub und CO (Erstmessung) erst sechs Monate nach Bekanntgabe einer geeigneten Messmethode überprüfen zu lassen.
- Die **wiederkehrende** Überprüfung der Einhaltung der Emissionsgrenzwerte für Staub und CO wird erstmalig erst sechs Monate nach der Bekanntgabe einer geeigneten Messmethode durchgeführt. Von dieser Regelung ausgenommen sind mechanisch beschickte Feuerungsanlagen mit einer Nennwärmeleistung von mehr als 15 kW.
- Der Betreiber einer **bestehenden** Feuerungsanlage (bis zum 22. März 2010 errichtet) mit einer Nennwärmeleistung von **mehr als 15 kW** hat die wiederkehrenden Überprüfungstätigkeiten nach Kapitel 6.2 bis einschließlich 31. Dezember 2011 und anschließend alle zwei Jahre vom Schornsteinfeger durchführen zu lassen.

#### 6.4 Zusammenstellung der Überprüfungsregelungen (Staub- und CO-Messung)

##### 6.4.1 Handbeschickte Holzzentralheizungskessel für Scheitholz (Quelle: ZIV)

Nennwärmeleistung in kW	Zeitpunkt der Errichtung	Erstmessung ab:	Wiederkehrende Messung ab: (alle 2 Jahre)	Grenzwerte <sup>2)</sup>
≥ 4 bis ≤ 15	bis 1994	–	ab 2015 <sup>1)</sup>	Stufe 1
	1995 bis 2004	–	ab 2019 <sup>1)</sup>	
	2005 bis zum 21. März 2010	–	ab 2025 <sup>1)</sup>	
	ab 22. März 2010 bis 2016	6 Monate nach Bekanntgabe einer geeigneten Messmethode	6 Monate nach Bekanntgabe einer geeigneten Messmethode	
	ab 2017			
> 15	bis 1994	erledigt	6 Monate nach Bekanntgabe einer geeigneten Messmethode	bis 2014 alte, ab 2015 Stufe 1
	1995 bis 2004			bis 2018 alte, ab 2019 Stufe 1
	2005 bis zum 22. März 2010			bis 2024 alte, ab 2025 Stufe 1
	ab 22. März 2010 bis 2016	ab 22. März 2010	Stufe 1	
	ab 2017			Stufe 2

##### 6.4.2 Mechanisch beschickte Holzzentralheizungskessel für Pellets und Hackschnitzel (Quelle ZIV)

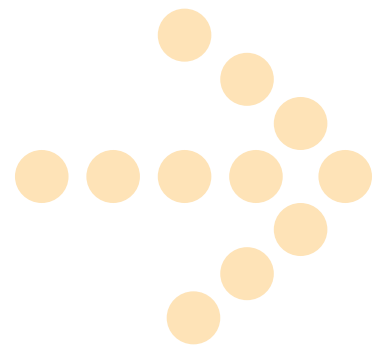
Nennwärmeleistung in kW	Zeitpunkt der Errichtung	Erstmessung ab:	Wiederkehrende Messung ab: (alle 2 Jahre)	Grenzwerte <sup>2)</sup>
≥ 4 bis ≤ 15	bis 1994	–	ab 2015 <sup>1)</sup>	Stufe 1
	1995 bis 2004	–	ab 2019 <sup>1)</sup>	
	2005 bis zum 22. März 2010	–	ab 2025 <sup>1)</sup>	
	ab 22. März 2010 bis 2014	6 Monate nach Bekanntgabe einer geeigneten Messmethode	6 Monate nach Bekanntgabe einer geeigneten Messmethode	
	ab 2015			
> 15	bis 1994	erledigt	ab 22. März 2010	bis 2014 alte, ab 2015 Stufe 1
	1995 bis 2004			bis 2018 alte, ab 2019 Stufe 1
	2005 bis zum 21. März 2010			bis 2024 alte, ab 2025 Stufe 1
	ab 22. März 2010 bis 2014	ab 22. März 2010	Stufe 1	
	ab 2015			Stufe 2

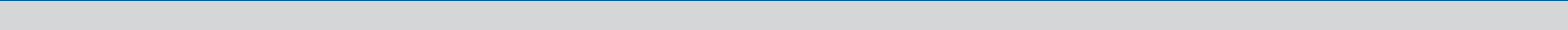
<sup>1)</sup> Annahme: geeignete Messmethode vorhanden

<sup>2)</sup> genaue Grenzwerte, siehe Kapitel 4



# Solartechnik







# THERMISCHE SOLARANLAGEN

## Teil 1: Anlagenkonfigurationen und Informationen zur Kundenberatung

### 1 Einleitung

Thermische Solaranlagen werden zur Trinkwassererwärmung, zur Heizungsunterstützung oder zur Schwimmbaderwärmung eingesetzt. In Deutschland können bei typischer Anlagendimensionierung ca. 60 % des jährlichen Trinkwarmwasserbedarfs eines Einfamilienhauses durch thermische Solaranlagen erwärmt werden. Heizungsunterstützende Solaranlagen decken bei üblicher Dimensionierung je nach Dämmstandard des Gebäudes 10–30 %, bei Passivhäusern sogar bis zu 100 % des Gesamtwärmebedarfs. Den Stand moderner Heizungstechnik bildet eine Kombination aus einer modernen Brennwertheizung, einer effizienten Wärmepumpe oder einem Holzcentralheizungskessel mit einer thermischen Solaranlage.

Die günstigen Umwelteigenschaften und Energieeinsparungen zählen als Argument für die Investition in eine thermische Solaranlage. Durch das zunehmende Umweltbewusstsein der Bevölkerung, deutliche Energiepreiserhöhungen und flankierende öffentliche Fördermaßnahmen entwickelte sich seit den 90er-Jahren ein großer Solarwärmemarkt. Für das Heizungshandwerk bietet die Solarthermie ein attraktives zusätzliches Geschäftsfeld, wobei ein hohes Maß an kompetenter Kundenansprache und Kundenberatung erforderlich ist.

Neben wirtschaftlichen Argumenten bewegen den potenziellen Kunden zusätzlich ökologische Motive, Spaß an moderner Technik und nicht zuletzt die Möglichkeit, Umweltverantwortung gegenüber sich selbst und anderen zu demonstrieren.

Solarenergie ist ein Baustein auf dem Weg zu einer nachhaltigen Energieversorgung und wird daher mit öffentlichen Mitteln gefördert. Es gilt im Kundengespräch, kurz und präzise Fördermodalitäten und Fördervolumen für die speziellen Investitionsvorhaben darzulegen. Dabei ist zu betonen, dass die Solaranlage einen langfristigen Schutz vor steigenden Energiepreisen bietet.

Das Kompensationsprinzip der Energieeinsparverordnung (EnEV) zwischen Bauphysik und Anlagentechnik ermöglicht darüber hinaus bei Einsatz thermischer Solaranlagen größere architektonische Freiheiten bzw. Nachlässe beim baulichen Wärmeschutz. In der EnEV 2009 gilt eine Solaranlage für die Warmwasserbereitung als Referenztechnologie.

Ein wichtiges Argument für den Kunden ist zudem die Zuverlässigkeit der Technik. Thermische Solaranlagen sind seit Jahrzehnten erprobt und in vielfältigen Formen auf dem Markt vertreten. Die Hersteller moderner Heizungstechnik bieten technisch ausgereifte Paketlösungen an, deren Komponenten zum einen optimal aufeinander abgestimmt und zum anderen kompatibel mit der bestehenden oder neu zu errichtenden Heizungsanlage sind.

### 2 Komponenten einer thermischen Solaranlage

#### 2.1 Der Kollektor

In Deutschland haben sich Flachkollektoren und Vakuum-Röhrenkollektoren etabliert. Das Kernstück jedes Kollektors ist der Absorber. Hier wird die einfallende Sonnenstrahlung in Wärme gewandelt. Der Absorber besteht aus Kupfer- bzw. Aluminiumblech oder beschichtetem Glas. Die aufgetragene hochselektive Beschichtung sorgt dafür, dass die eintreffende Strahlung so vollständig wie möglich in Wärme gewandelt wird und nur sehr wenig Wärme durch Abstrahlung des heißen Absorbers wieder verloren geht. Über angelötete, gepresste oder geschweißte Rohrleitungen wird die Wärme an den durchströmenden Wärmeträger abgegeben.

### 2.1.1 Flachkollektoren

Bei Flachkollektoren wird der Absorber mit einem Rahmengerüst dauerhaft vor Witterungseinflüssen geschützt. Gehäuse und Wärmedämmung reduzieren die Wärmeverluste und leisten damit einen wesentlichen Beitrag zu hohen Wirkungsgraden. Die Frontabdeckung besteht aus eisenarmem Solarsicherheitsglas.

Flachkollektoren lassen sich einfach und sicher auf Hausdächern als Indach- oder Aufdachlösung installieren. Darüber hinaus können sie auch an der Fassade montiert oder frei aufgestellt werden. Flachkollektoren sind deutlich preiswerter als Röhrenkollektoren und werden für Trinkwassererwärmungsanlagen, Schwimmbaderwärmung und zur Unterstützung der Raumheizung eingesetzt.

Der Markt bietet für jedes Dach den passenden Flachkollektor. Egal ob kleinformatiger „Dachfensterkollektor“ oder „Großflächenkollektor“, bei dem der gesamte Dachstuhl inklusive Sparren und Wärmedämmung vom Solarhersteller geliefert wird, jeder Kundenwunsch lässt sich erfüllen.

Standard-Flachkollektoren haben meist eine Bruttofläche (Außenmaße) von ca. 2–2,5 m<sup>2</sup>. Die Hersteller bieten passende Montagesets und in der Regel auch vorkonfektionierte Solarpakete, die die Kalkulation und die Projektabwicklung vereinfachen.

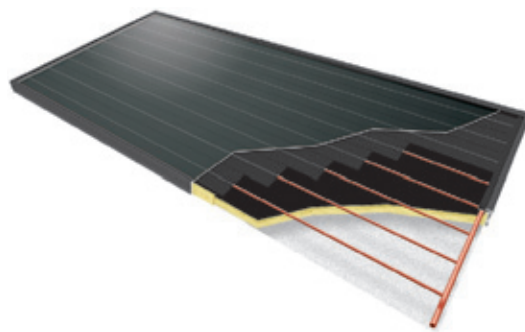


Bild 1:  
Aufbau eines typischen Flachkollektors mit Harfenabsorbern aus Absorberfönnen

### 2.1.2 Vakuum-Röhrenkollektoren

Der Absorptionseffekt im Flachkollektor und im Röhrenkollektor ist grundsätzlich identisch. Deutliche Unterschiede bestehen bei der Wärmedämmung. Beim Röhrenkollektor ist der Absorber ähnlich wie bei einer Thermoskanne in eine evakuierte Glasröhre eingebaut. Das Vakuum besitzt gute Wärmedämmeigenschaften, die Wärmeverluste sind daher vor allem in den Temperaturbereichen, die zur Gebäudeerwärmung, Klimatisierung oder Prozesswärme benötigt werden, geringer als bei Flachkollektoren. Bei Vakuum-Röhrenkollektoren unterscheidet man zwischen den Bauformen mit direkter Durchströmung und der Heat-Pipe-Technik.

Zu beachten sind die unterschiedlichen Flächenbezeichnungen, wie sie in technischen Datenblättern angegeben werden. Für den Solarertrag sind Absorber- und Aperturfläche entscheidend, während die Bruttofläche die Außenmaße der Kollektoren beschreibt.

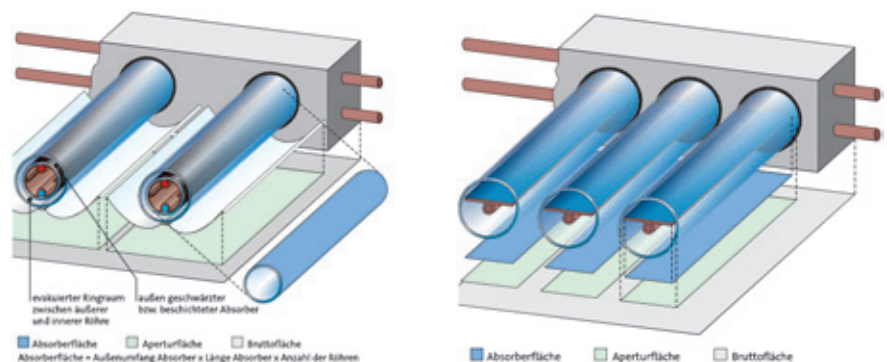


Bild 2: CPC-Röhrenkollektor mit Reflektor (links), direkt durchströmter Röhre (rechts)

### **Direkt durchströmte Vakuumröhre**

Der Wärmeträger fließt direkt im Rohrregister unterhalb des Absorbers. Der direkte Wärmeübergang ermöglicht eine hohe Leistungsfähigkeit. Die Röhre kann auch flach auf dem Dach aufliegend installiert werden.

### **Vakuumröhre nach dem Heat-Pipe-Prinzip**

Bei Sonneneinstrahlung auf den Absorber wird eine sehr geringe Flüssigkeitsmenge bei Unterdruck verdampft. Der Dampf steigt in einem Absorberkanal nach oben, kondensiert im Sammler und strömt in flüssiger Form wieder in den Absorber zurück. Der Sammler gibt die Wärme an den Wärmeträger im Solarkreis ab. Für den Prozess ist eine Mindestneigung des Absorberrohres erforderlich (Herstellerangaben beachten).

### **Vakuumröhre mit CPC-Reflektor**

Zwei Glasröhren mit unterschiedlichem Durchmesser sind miteinander verbunden, im Zwischenraum herrscht ein Vakuum (Prinzip Thermosflasche). Der Absorber ist auf die innere Glasröhre aufgedampft und liegt damit im schützenden Vakuum. Die Solarwärme wird über Wärmeleitbleche mit U-Rohr an den Wärmeträger abgegeben und aus der Röhre herausgeführt.

Der runde Absorber macht zur Nutzung der von der Sonne abgewandten Absorberfläche einen Reflektor notwendig. Dieser CPC-Reflektor liegt unterhalb der Glasflächen. So wird auch die Strahlung genutzt, die zwischen einzelnen Röhren einfällt.

### **Vorteile Vakuum-Röhrenkollektoren**

Aufgrund der besseren Wärmedämmung (Vakuum) können Vakuum-Röhrenkollektoren nicht nur höhere Betriebstemperaturen erreichen, sie haben bei hohen Temperaturen auch geringere Verluste als Flachkollektoren. Das bedeutet, sie haben bei gleicher Absorberfläche einen höheren Energieertrag, bzw. benötigen für den gleichen Energieertrag eine kleinere Absorberfläche als Flachkollektoren.

## **2.2 Solarspeicher**

Solarspeicher müssen so konstruiert und dimensioniert sein, dass die Solarwärme über mehrere Tage gespeichert und ein möglichst hoher Anteil der Solarwärme genutzt werden kann. Daraus ergeben sich Anforderungen an die Speicher:

- geringe Wärmeverluste,
- guter Aufbau der Temperaturschichtung,
- gute Be- und Entlademöglichkeiten mit ausreichend Anschlussmöglichkeiten,
- ausreichend große Wärmetauscherflächen für den Solarkreis.

Es lohnt sich durchaus, Herstellerangaben zu vergleichen und mehr Geld in den Speicher zu investieren. Gut isolierte Speicher ermöglichen wesentlich bessere Nutzungsgrade der Solaranlage. Schließlich spielt bei der Gesamteffizienz der Solaranlage der Speicher neben dem Kollektor eine entscheidende Rolle. Ein gut isolierter Speicher kommt darüber hinaus auch einem geringeren Energieverbrauch des konventionellen Wärmeerzeugers zugute.

### **2.2.1 Speicher zur Trinkwassererwärmung**

Im Ein- und Zweifamilienhaus sind bivalente Speicher mit zwei Wärmetauschern üblich: Ein unterer für den Anschluss an den Kollektorkreis zur solaren Erwärmung des Trinkwassers und ein oberer für den Anschluss an die Nacherwärmung durch den Heizkessel. Aufgrund der unterschiedlichen Dichte von warmem und kaltem Wasser sowie der Be- und Entladevorgänge im Speicher stellt sich eine Temperaturschichtung ein.

Eine besondere Form der Wärmespeicherung findet in sogenannten Schichten speichern statt. Durch konstruktive Speichergestaltung und/oder Einbauten wird das solar erwärmte Trinkwasser in die Ebene gleicher Temperatur eingeschichtet. Auf diese Weise steht die Solarwärme schneller auf dem Niveau der Nutztemperatur zur Verfügung, ohne dass erst der ganze Speicher erwärmt werden muss. Auch ein kurzfristig geringeres Strahlungsangebot kann effektiv genutzt werden.

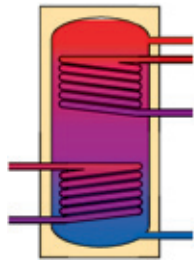


Bild 3: Standard-Solarspeicher zur Trinkwassererwärmung

### 2.2.2 Speicher zur kombinierten Trinkwassererwärmung und Heizungsunterstützung

Im Ein- und Zweifamilienhaus erfreuen sich Kombispeicher zur kombinierten Trinkwassererwärmung und Heizungsunterstützung wachsender Beliebtheit. Die Speicher sind platz sparend und hydraulisch einfach in das Heizsystem und die Trinkwassererwärmung einzubinden. Im Kombispeicher befindet sich Heizungswasser.

Während die Solaranlage über einen Wärmetauscher den gesamten Speicherinhalt erwärmt, heizt der Heizkessel nur den oberen Teil (Bereitschaftsteil).

Die Trinkwassererwärmung wird über unterschiedliche Konzepte realisiert:

- **Durchflusssystem:** Das Trinkwasser wird über einen, den gesamten Speicher durchziehenden internen Wärmetauscher nach dem Durchflussprinzip erwärmt.
- **Tank-in-Tank-System:** Innerhalb des Pufferspeichers befindet sich ein weiterer kleinerer Speicher, der Trinkwasserspeicher. Der Wärmeeintrag erfolgt durch das ihn umgebende Heizungswasser.
- **Frischwasserstation:** In einem externen Wärmetauscher wird Wärme aus einem Pufferspeicher an das Trinkwasser übertragen.

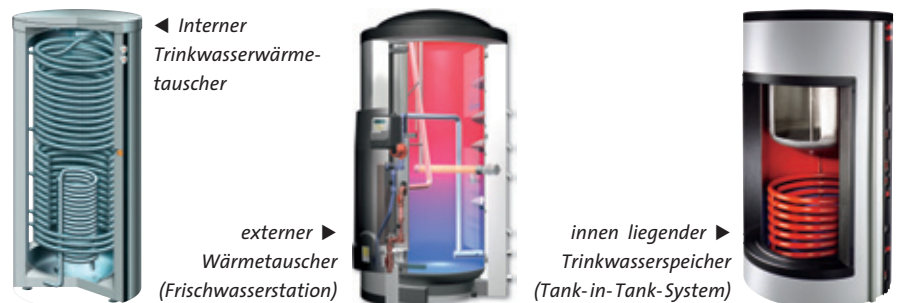
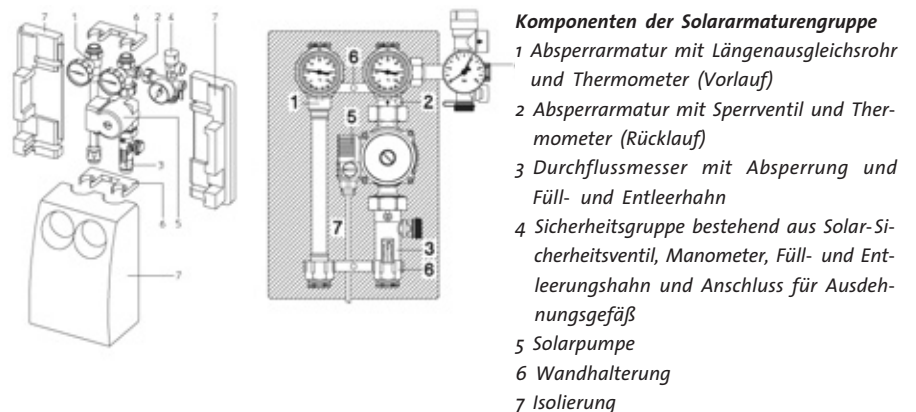


Bild 4: Kombispeicher – Varianten der Trinkwassererwärmung

Beide Speichertypen sind für die im Einfamilienhaus benötigten Leistungszahlen in der Regel ausreichend. Bei größerem Trinkwarmwasserbedarf oder wenn z. B. für eine Holzheizung ein großes Pufferspeichervolumen benötigt wird, kommen meist Pufferspeicher mit externer Trinkwassererwärmung über Plattenwärmetauscher zum Einsatz.



- Komponenten der Solararmaturengruppe**
- 1 Absperrarmatur mit Längenausgleichsrohr und Thermometer (Vorlauf)
  - 2 Absperrarmatur mit Sperrventil und Thermometer (Rücklauf)
  - 3 Durchflussmesser mit Absperrung und Füll- und Entleerhahn
  - 4 Sicherheitsgruppe bestehend aus Solar-Sicherheitsventil, Manometer, Füll- und Entleerungshahn und Anschluss für Ausdehnungsgefäß
  - 5 Solarpumpe
  - 6 Wandhalterung
  - 7 Isolierung

Bild 5: Vorkonfektionierte Solarstationen vereinfachen die Montage

### **2.3 Solarstation**

In der Solarstation sind alle Komponenten zum Transport des Wärmeträgermediums sowie Absperr- und Sicherheitsorgane (Pumpe, Sicherheitsventil, Schwerkraftbremsen, KFE-Hähne etc.) zusammengefasst. Durch die Integration der Komponenten in einer vorinstallierten und wärmegeprägten Einheit wird der Montageaufwand deutlich verringert. Das Ausdehnungsgefäß wird mit einer flexiblen Leitung an die Solarstation angeschlossen.

### **2.4 Membran-Druckausdehnungsgefäß**

Das Membran-Druckausdehnungsgefäß (MAG) hat die Aufgabe, Volumenänderungen im Solarkreis aufzunehmen, sodass es im System nicht zu einem Anspringen des Sicherheitsventils kommt. Im Unterschied zu MAGs für Heizungsanlagen müssen sie neben dem Ausdehnungsvolumen des Wärmeträgers im Stillstand auch das komplette Innenvolumen des Kollektors und Teilen des Solarkreises aufnehmen und sind entsprechend größer zu dimensionieren.

### **2.5 Rohrleitung, Fittinge und Wärmedämmung**

Als Material für die Rohrleitung hat sich Kupfer weitestgehend etabliert. Außerdem können Stahlrohre, Edelstahlrohre sowie flexible Edelstahlwellrohre verwendet werden. Bei der Verlegung sind Materialdehnungen der Leitungen zu berücksichtigen. Verzinkte Leitungen oder Formteile dürfen nicht verwendet werden, da sich das Zink ablösen kann.

Im gesamten Solarkreis können Temperaturen bis 130 °C auftreten, in Kollektornähe ist auch mit deutlich höheren Temperaturen zu rechnen. Die Wärmedämmung muss daher hoch temperaturbeständig sein (mindestens 150 °C) und die Rohrleitung 100 % gemäß EnEV gedämmt werden. Im Außenbereich muss die Wärmedämmung UV-beständig, wetterfest und gegen Kleintierverbiss geschützt sein.

Eine Erleichterung für die Installation stellen sogenannte Doppelrohrsystemleitungen (gedämmte Edelstahlwellschläuche bzw. Kupferleitungen) dar. Die Doppelrohrsysteme werden als Rolle angeboten und sind z. B. besonders geeignet für die Verlegung in Schächten. Sie sind vollständig wärmegeprägten und haben bereits eine Fühlerleitung für den Kollektorfühler integriert.

### **2.6 Regelung**

Die Regelung einer thermischen Solaranlage steuert die Umwälzpumpe so an, dass eine optimale energetische Ausnutzung der Sonnenenergie erreicht wird. Zum Einsatz kommen Differenztemperaturregler.

Der Markt bietet ein umfangreiches Angebot an Reglern mit weitgehenden Sonderfunktionen. So sind beispielsweise Schnittstellen zur Datenübertragung auf den PC ebenso gebräuchlich wie integrierte Wärmemengenzähler. Die Solarpumpe kann von vielen Solarreglern impulsartig, abhängig von der momentanen Einstrahlung, angesteuert werden. Hierdurch wird das Regelverhalten optimiert und elektrische Primärenergie eingespart. Größere Solarregler regeln nicht nur die Kollektorkreispumpe, sondern auch weitere Pumpen oder Ventile wie z. B. für die Rücklaufanhebung des Heizkreises benötigt. Moderne Systemregler können zentral Solaranlage, Heizkessel und Wärmeverteilung erfassen und deren Zusammenspiel optimal koordinieren.

### **2.7 Anlagenkonzepte**

In Abhängigkeit der Anlagengröße und der Nutzung der Solaranlage existieren vielfältige Lösungsvorschläge, für die die Hersteller meist vorkonfektionierte und abgestimmte Solarpakete bereithalten. Nachfolgend werden exemplarisch zwei verbreitete Anlagenkonzepte für Ein- und Zweifamilienhäuser dargestellt.

#### **2.7.1 Standard-Solaranlage zur Trinkwassererwärmung**

Der vom Kollektor erwärmte Wärmeträger wird durch eine Umwälzpumpe zum Solarspeicher gefördert, wo die Wärme über einen Wärmetauscher an das Trinkwasser abgegeben wird. Kollektorkreis, Trinkwasser und Nachheizung sind hydraulisch vollständig getrennt.

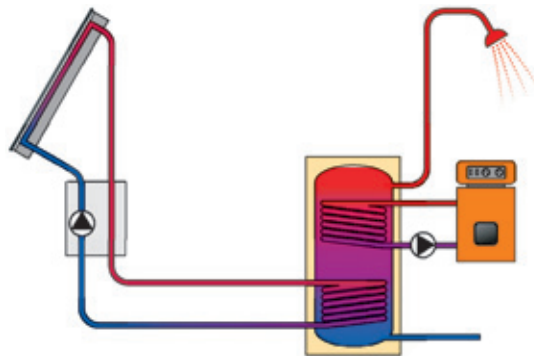


Bild 6:  
Der Aufbau einer Standard-Solaranlage zur Trinkwassererwärmung

Damit zu jedem Zeitpunkt warmes Wasser zur Verfügung steht, erwärmt der Heizkessel bei nicht ausreichenden Temperaturen den Bereitschaftsteil des Trinkwasserspeichers über den oberen Wärmetauscher. In allen Betriebszuständen arbeitet die Solaranlage eigenständig und voll automatisch. Sie lässt sich in jedes konventionelle Heizungssystem integrieren. Ggf. bereits vorhandene Speicher können in das System integriert werden.

### 2.7.2 Solaranlage zur Trinkwassererwärmung und Heizungsunterstützung

Bei Kombi-Solaranlagen werden die Kollektorfläche und das Speichervolumen erhöht, da zusätzlich zur Trinkwassererwärmung ein Teil der Gebäudewärmeverluste solar gedeckt werden sollen. Die Dimensionierung der Solaranlage muss sehr sorgfältig vorgenommen werden, da hohe, nicht nutzbare Wärmeüberschüsse in den Sommermonaten dem Wunsch nach einer möglichst großen Solaranlage mit hohen erreichbaren Deckungsgraden gegenüberstehen. Der Anteil der Heizleistung, der über die Solaranlage abgedeckt werden kann, steigt bei höherem Dämmstandard des Gebäudes.

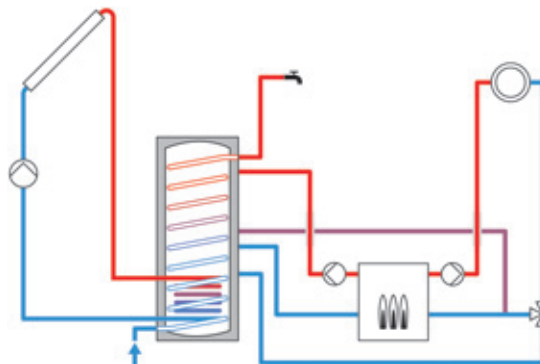


Bild 7:  
Solaranlage zur Heizungsunterstützung und Trinkwassererwärmung mit Kombispeicher

Das Heizsystem sollte generell mit möglichst geringen Vorlauftemperaturen bei großer Temperaturspreizung betrieben werden können und gut eingeregelt sein. Je niedriger die Temperatur des Heizungsrücklaufs ist, desto mehr solare Energie kann genutzt werden.

Die Anbindung der Heizkreise erfolgt z. B. über eine Temperaturanhebung des Heizungsrücklaufs. Immer dann, wenn im Speicher höhere Temperaturen als im Heizungsrücklauf zur Verfügung stehen, wird ein Ventil im Heizkreisrücklauf geschaltet und dieser durch den Speicher geführt. Mehr zum Thema solare Heizungsunterstützung finden Sie im BDH-Informationsblatt Nr. 27 Teil 1 und 2.

## 3 Senkung des Energieverbrauchs und der CO<sub>2</sub>-Emissionen

Mit thermischen Solaranlagen können die laufenden Energiekosten deutlich gesenkt werden. Die Höhe der Energieeinsparung hängt stark von dem Anlagenkonzept, den Benutzergewohnheiten und den Verbrauchsdaten ab. Zwei Beispiele sollen die erzielbaren Senkungen der Energieverbräuche und der CO<sub>2</sub>-Emissionen verdeutlichen.

### 3.1 Neuinstallation einer Solaranlage zur Trinkwassererwärmung

Ausgehend von einer richtigen Dimensionierung der Anlage sowie einer südwestlichen bis südöstlichen Dachausrichtung und einer üblichen Dachneigung zwischen 30–60° ergeben sich folgende Einsparungen:

Bei der Berechnung wurde nach gebräuchlichem Muster pauschal mit einem Anlagenwirkungsgrad für die Trinkwassererwärmung (Kessel + Speicher) von 70 % gerechnet. Dieser Wirkungsgrad ist für viele Fälle, vor allem bei älteren Wärmeerzeugern, viel zu hoch angesetzt. Heizkessel arbeiten für die Trinkwassererwärmung im Sommerbetrieb weniger effektiv, da hier die Betriebspausen, in denen der Wärmeerzeuger wieder auf Raumtemperatur auskühlt, im Verhältnis zur Brennerlaufzeit lang sind. Selbst bei modernen Wärmeerzeugern sinkt der Wirkungsgrad im Sommerbetrieb (nur Trinkwassererwärmung) ab. Hingegen sind die Wirkungsgrade moderner Heizsysteme im Winterbetrieb sehr gut. Eine thermische Solaranlage stellt also eine optimale Ergänzung der Heizungsanlage dar, da die Trinkwassererwärmung im Sommerbetrieb über den Heizkessel nur noch selten benötigt wird.

mittlerer Warmwasserbedarf:	40 Liter pro Person und Tag bei 45 °C
Vier-Personen-Haushalt:	160 Liter pro Tag
Bruttokollektorfläche:	5 m <sup>2</sup> (bzw. 3,5 m <sup>2</sup> Röhre)
Endenergieeinsparung:	2 381 kWh pro Jahr
entsprechend:	z. B. 256 Liter Heizöl EL bzw. 229 m <sup>3</sup> Erdgas H
CO <sub>2</sub> -Reduktion:	520 kg pro Jahr (nach GEMIS)

### 3.2 Austausch eines Standardkessels gegen einen Brennwertkessel und Installation einer Solaranlage zur Trinkwassererwärmung und Heizungsunterstützung

Annahmen zum Ist-Zustand:

- Zweifamilienhaus, 300 m<sup>2</sup> Wohnfläche,
- spezifischer Wärmebedarf 150 kWh/m<sup>2</sup>a,
- 250 l/d Trinkwarmwasser 45 °C
- Gas-Standardkessel 25 kW, Nutzungsgrad 65 %

Der alte, vor Juni 1982 installierte Standardkessel wird durch einen modernen Brennwertkessel ersetzt. Alternativ kann auch eine effiziente Wärmepumpe oder ein moderner Holzcentralheizungskessel zum Einsatz kommen. Allein aufgrund der höheren Nutzungsgrade (65 % → 95 %) ergibt sich eine Brennstoffeinsparung von 30 %. Zusätzlich wird eine Solaranlage zur Trinkwassererwärmung und Heizungsunterstützung mit 24 m<sup>2</sup> Flachkollektorfläche installiert. Bei einer spezifischen Einsparung von 310 kWh je Quadratmeter Kollektorfläche und Jahr werden rund 7 500 kWh durch die Solaranlage eingespart. In 20 Jahren lassen sich rechnerisch rund 226 Tonnen CO<sub>2</sub> einsparen.

Bedarf alter Kessel:	69 231 kWh/a	CO <sub>2</sub> -Emissionen	20 700 kg
Bedarf neuer Kessel:	47 368 kWh/a	CO <sub>2</sub> -Emissionen	11 250 kg
Einsparung Kesseltausch:	21 862 kWh/a	CO <sub>2</sub> -Einsparung Kessel	9 450 kg
Einsparung Solaranlage:	7 440 kWh/a	CO <sub>2</sub> -Einsparung Solar	1 860 kg

Durch den Austausch der alten Heizungsanlage wird nicht nur Energie, sondern auch bares Geld gespart. Die Anlage kann über das Kreditprogramm der Kreditanstalt für Wiederaufbau finanziert werden, gleichzeitig werden Zuschüsse aus dem Marktanzreizprogramm in Anspruch genommen. Die Kredite lassen sich bei günstigen Bedingungen allein durch die Brennstoffeinsparung finanzieren.

#### 4 Förderung von thermischen Solaranlagen

Zusätzlich zum technischen und wirtschaftlichen Nutzen einer thermischen Solaranlage erhält der Endverbraucher einen Anreiz durch Förderprogramme des Bundes, der einzelnen Bundesländer sowie teilweise der Gemeinden und Kommunen. Beispielsweise gewährt das Bundesamt für Ausfuhr und Wirtschaftskontrolle (BAFA) im Rahmen des Marktanzreizprogramms zur Förderung von erneuerbaren Energien einen Zuschuss. Je nach Investitionsmaßnahme können über die Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW) weitere Zuschüsse oder zinsgünstige Darlehen gewährt werden.

Eine Zusammenstellung der Bundesförderprogramme befindet sich unter [www.bdh-koeln.de](http://www.bdh-koeln.de). Erkundigen Sie sich zusätzlich bei örtlichen Energiedienstleistern oder Gemeinden nach regionalen Fördermöglichkeiten.

#### 5 Fazit

Thermische Solaranlagen lassen sich auf nahezu jedem Gebäude installieren und sollten heute fester Bestandteil der Haustechnik sein. Informieren und beraten Sie Ihre Kunden entsprechend. Selbst wenn z. B. beim Neubau die Investition in eine Solaranlage verschoben wird, so sollten die Steigleitung inkl. Fühlerkabel und ein bivalenter Speicher bereits eingebaut werden, um den nachträglichen Einbau der Solaranlage zu begünstigen.

Auch bei Modernisierungsmaßnahmen im Gebäudebestand lässt sich die Solaranlage problemlos integrieren. Bei der Heizungssanierung gehört heute das Angebot einer Solaranlage zum Standard.

Die Nutzung der Solarenergie wird im Hinblick auf die Preissteigerungen fossiler Brennstoffe in Zukunft immer wichtiger. Für den Betreiber einer Solaranlage stehen folgende Gründe auf der Habenseite:

- Reduzierung der Energiekosten und der Abhängigkeit von Preissteigerungen konventioneller Energieträger,
- Steigerung des Immobilienwertes,
- Vorreiterposition für die Nutzung regenerativer Energien,
- Steigerung der Lebensqualität.

Unter volkswirtschaftlichen und Umweltschutzaspekten ist die Nutzung solarer Energie zu forcieren und zu optimieren. Die positiven Argumente sind klar erkennbar:

- Einsparung fossiler Brennstoffe,
- Schadstoffreduzierung, insbesondere
- CO<sub>2</sub>-Verringerung

Neue gesetzliche Randbedingungen honorieren den Einsatz von thermischen Solaranlagen durch Erweiterung der architektonischen Gestaltungsmöglichkeiten und durch Kompensation beim baulichen Wärmeschutz. Bei weiter zu erwartenden Verschärfungen des Anforderungsniveaus der EnEV werden sich thermische Solaranlagen immer mehr zum Standard entwickeln.

Am Markt wird eine Vielzahl ausgereifter Produkte angeboten. Systemanbieter sorgen für eine problemlose Anbindung der Solaranlage an das Heizungssystem und für ein optimales Zusammenspiel der Regelungssysteme.

Für weitere Fragen stehen Ihnen die Mitgliedsunternehmen des BDH gerne zur Verfügung. Beachten Sie auch die BDH-Informationsblätter

- Nr. 17 „Thermische Solaranlagen Teil 2: Praxistipps zur Dimensionierung und Installation“ und Teil 3: „Fehlersuche“,
- Nr. 27 „Solare Heizungsunterstützung Teil 1, Grundlagen und Systeme“ und Teil 2 „Praxistipps zu Planung und Installation“
- Nr. 34 „Betriebssicherheit thermischer Solaranlagen“
- Nr. 44 „Thermische Solaranlagen – Dokumentation von Übergabe und Inspektion“



# THERMISCHE SOLARANLAGEN

## Teil 2: Praxistipps zur Dimensionierung und Installation

### 1 Einleitung

Thermische Solaranlagen dienen der Warmwasserbereitung und ggf. zusätzlich der Heizungsunterstützung. Den Stand heutiger Heizungstechnik bildet eine Kombination aus einer modernen Brennwertheizung, einer effizienten Wärmepumpe oder einem Holzzentralheizungskessel mit einer thermischen Solaranlage. Für das Heizungshandwerk bietet die Solarthermie ein attraktives Geschäftsfeld, das allerdings ein hohes Maß an kompetenter Kundenansprache und Kundenberatung erfordert. Als Hilfsmittel für die Initialberatung wurde das BDH-Informationsblatt Nr. 17 „Thermische Solaranlagen Teil 1: Anlagenkonfigurationen und Informationen zur Kundenberatung“ erstellt.

Solaranlagen stellen eine etablierte, ausgereifte und zuverlässige Technik dar. Systemanbieter garantieren eine problemlose Anbindung der Solaranlage an die Heizungsanlage und ein optimales Zusammenspiel der Gesamtanlage. Als Hilfsmittel zur Auslegung von Solaranlagen und zur Vermeidung von Fehlern bei Planung und Installation wurde der vorliegende Teil 2 des BDH-Informationsblattes Nr. 17 erstellt. Eine Beachtung der genannten Hinweise gewährleistet einen zuverlässigen Betrieb der Anlage und damit eine hohe Kundenzufriedenheit.

### 2 Dimensionierung

Die Dimensionierung einer Solaranlage richtet sich primär nach dem Energiebedarf für die Trinkwassererwärmung und ggf. der Raumheizung des zu versorgenden Haushaltes. Als Auslegungsziel für die Trinkwassererwärmung im Ein- und Zweifamilienhaus werden üblicherweise rund 60 % solare Deckung angestrebt. Im Sommer wird dann rechnerisch eine Volldeckung erreicht. Nicht nutzbare Wärmeüberschüsse halten sich in vertretbaren Grenzen und der Kunde ist zufrieden, weil er die Solarwärme deutlich spürt und über längere Strecken ohne konventionelle Nachheizung auskommt. Eine deutlich höhere Deckung ist aus anlagentechnischen und wirtschaftlichen Gründen im Einfamilienhaus nicht sinnvoll.

Der solare Deckungsgrad und der Systemnutzungsgrad, also das Verhältnis aus eingestrahelter Energie auf die Kollektorfläche und der vom System nutzbaren Energie, verhalten sich gegenläufig. Das heißt, ein hoher solarer Deckungsgrad bedingt immer einen niedrigeren Systemnutzungsgrad und umgekehrt: Bei Solaranlagen, die auf niedrige Deckungsgrade ausgelegt sind, lassen sich hohe Systemnutzungsgrade erzielen.

In Deutschland wird im Mittel eine jährliche Sonneneinstrahlung von rund 1 000 kWh gemessen. Eine Solaranlage mit 60 % Deckung liefert je Quadratmeter Kollektorfläche und Jahr eine nutzbare Wärme von ca. 300–350 kWh, eine auf rund 25 % Deckung ausgelegte Anlage dagegen über 500 kWh.

Das Auslegungsziel für größere Solaranlagen in Mehrfamilienhäusern o. Ä. ist ein möglichst hoher Systemnutzungsgrad mit resultierenden geringen Wärmepreisen je kWh Nutzwärme. Daher werden diese Anlagen anders als bei Kleinanlagen auf Deckungsgrade zwischen 20 und 40 % ausgelegt. Diese Anlagen dienen in erster Linie der Vorwärmung des Trinkwassers, die konventionelle Heizungsanlage erwärmt das Trinkwasser auf Solltemperatur.

#### **2.1 Solaranlagen zur Trinkwassererwärmung für Ein- und Zweifamilienhäuser**

Grundlage jeder Dimensionierung einer Solaranlage ist der Energiebedarf. Abhängig vom Komfortanspruch existieren folgende Richtwerte für den täglichen Warmwasserbedarf bei 45 °C pro Person:

niedriger Bedarf:	20–30 Liter pro Tag bei 45 °C
typischer Bedarf:	30–50 Liter pro Tag bei 45 °C
hoher Bedarf:	50–70 Liter pro Tag bei 45 °C

**Hinweis:** Die Vorgaben des DVGW-Arbeitsblattes W 551 sind zu beachten.

### Dimensionierung des Speichervolumens

Zur Ermittlung des Speichervolumens wird im ersten Schritt der Tagesbedarf aller im Haus lebenden Personen addiert. Ist zusätzlich eine Spülmaschine und/oder Waschmaschine an die Warmwasserversorgung angeschlossen, so sind ca. 30–50 Liter pro Tag hinzuzurechnen. Als Daumenregel für das benötigte Speichervolumen wird der 1,5- bis 2-fache Tagesbedarf angesetzt. Mindestens sind 50 Liter Trinkwasserspeicher je m<sup>2</sup> Kollektorfläche vorzuhalten.

### Dimensionierung der Kollektorfläche

Ebenfalls mit einer Daumenregel kann man aus dem Speichervolumen die Kollektorfläche ermitteln. So benötigt man pro 100 l Speichervolumen:

1,5 m<sup>2</sup> Flachkollektor

1,0 m<sup>2</sup> Röhrenkollektor

Basis für die Daumenregel ist, dass die zur Montage vorgesehene Dachfläche max. eine Abweichung von 45° aus der Südrichtung aufweist und der Neigungswinkel im Bereich von 25–55° liegt. Bei größeren Abweichungen können die Mindererträge (meist nicht mehr als 15 %) durch eine etwas vergrößerte Kollektorfläche kompensiert werden. Dazu sind Korrekturwerte entsprechend den Herstellerunterlagen zu verwenden.

Am Beispiel eines 4-Personen-Haushaltes ergibt sich bei mittlerem Komfortanspruch

ein Trinkwasserbedarf von:	$4 \times 35 = 140$ Liter pro Tag
ein Speichervolumen von:	$2 \times 140 = 280$ (ca. 300) Litern
eine Flachkollektorfläche von:	$(300/100 \times 1,5) = 4,5$ m <sup>2</sup>

Zur genauen Planung bieten die Hersteller Diagramme oder Planungssoftware an. Hier lassen sich insbesondere die Leistungsmerkmale der einzelnen Komponenten und die tatsächliche Ausrichtung des Kollektors detailliert berücksichtigen.

## 2.2 Kombinierte Solaranlagen zur Trinkwassererwärmung und Heizungsunterstützung

Einem möglichst hohen Deckungsanteil des Heizwärmebedarfs steht gegenüber, dass die Kollektorfläche nicht zu groß werden sollte, um sommerliche Überschüsse in einem vertretbaren Rahmen zu halten. Je niedriger die Heizkreistemperaturen und der Gebäudewärmebedarf sind, desto besser gelingt diese Gratwanderung.

Einflussfaktoren für die Auslegung:

- Trinkwarmwasserbedarf,
- gewünschte solare Deckung für Trinkwarmwasser und Heizung,
- Kollektortyp (Flachkollektor oder Röhrenkollektor),
- Standort und Wetterbedingungen,
- Ausrichtung und Neigung der Kollektorfläche,
- Heizwärmebedarf des Gebäudes,
- Auslegungstemperaturen der Heizkreise.

Die Auslegung kombinierter Systeme ist aufgrund der vielen Einflussfaktoren aufwendiger als die reiner Trinkwassersysteme und mit einfachen Faustformeln nicht mehr abbildbar (siehe BDH-Informationsblatt Nr. 27 Teil 2).

### 2.3 Dimensionierungs- und Planungsunterlagen

Die BDH-Mitgliedsunternehmen bieten Planungshilfsmittel und PC-Programme zur Auslegung und Detailoptimierung von Solaranlagen an. Hierin sind jeweils auch die aktuellen Normenentwürfe berücksichtigt.

## 3 Installationsformen einer thermischen Solaranlage

Solarkollektoren werden aufgrund ihrer vielfältigen Konstruktionsformen in nahezu allen Gebäudekonzeptionen sowohl im Neubau als auch bei der Modernisierung am Gebäude oder in dessen Nähe installiert. Durch die in den letzten Jahren ständig verbesserten und erweiterten Befestigungskonstruktionen können Solarkollektoren auf Schrägdächern, Flachdächern (wie z. B. Garagendach), frei aufgestellt oder an Fassaden angebracht werden.

Die häufigste Montageart für die Solarkollektoren ist nach wie vor das Schrägdach-Aufdachsystem. Dabei werden die Kollektoren mit Schienen und Sparrenankern bzw. Dachhaken über der Dachkonstruktion montiert. Die Aufdachmontage bietet sich bei bereits gedeckten Dächern an, die Montage ist schnell, einfach und preisgünstig. Die Rohrdurchführung durch die Eindeckung erfolgt mit Lüfterziegeln.

**(Achtung:** Diese sind bei Planung und Angebotserstellung zu berücksichtigen, da sie nie Bestandteil der Solarpakete sein können.)

Solarkollektoren können auch in das Dach integriert werden. Dann sind die Kollektoren direkt auf die Dachlattung bzw. -schalung montiert. Eine architektonisch anspruchsvolle Lösung, welche bei Neubau oder Dachsanierung zusätzlich Dachmaterial (Pfannen) einspart. Insbesondere bei Arbeiten auf dem Dach ist auf die Einhaltung der Arbeitsschutzvorschriften zu achten.

Um den Transport und die Einbringung von Solarspeichern zu erleichtern, werden größere Solarspeicher in der Regel mit abnehmbarer Isolierung und Verkleidung ausgeliefert. Für die leichte Verrohrung von Solarspeichern mit dem Solarkreis und der konventionellen Heizungsanlage werden von Systemanbietern vorgefertigt Anschlussrohre angeboten.

Bereits vorhandene monovalente Trinkwasserspeicher können in das Solarsystem integriert werden. Meist ist der für den Solarkreis benötigte Wärmetauscher nicht in den Speicher zu integrieren, sodass dem bestehenden Trinkwasserspeicher trinkwasserseitig ein Solarspeicher in Reihe vorgeschaltet wird. Das trifft insbesondere bei Großanlagen zu.

In Solarspeichern können Betriebstemperaturen  $>60\text{ °C}$  auftreten. Um Verbrühungen beim Warmwasserzapfen zu vermeiden, ist ein thermostatisches Mischventil am Warmwasserabgang vorzusehen.

## 4 Komponenten

Teil 1 des BDH-Informationsblattes Nr. 17 enthält bereits eine umfangreiche Beschreibung der wesentlichen Komponenten einer Solaranlage. Um Dopplungen zu vermeiden sind hier nur zusätzliche Informationen zu den einzelnen Komponenten aufgeführt. Ein ergänzendes Lesen des Kapitels 2 in Teil 1 wird dringend empfohlen.

### 4.1 Wärmeträgermedium

Um Frostschäden in Kollektoren und Rohrleitung zu vermeiden, ist für den Wärmeträger ein ausreichender Frostschutz je nach Region bis unter  $-20\text{ °C}$  zu gewährleisten. Das entspricht meist einem Gemisch von 40–45 % Glykol mit 55–60 % Wasser.

Die Hersteller von Solaranlagen bieten ungiftige und ökologisch verträgliche Wärmeträgermedien als Konzentrat oder Fertigmischung mit Wasser an. Für Röhrenkollektoren werden Fertigmischungen mit erhöhter Temperaturbeständigkeit eingesetzt. Eine periodische Überprüfung (alle 1–2 Jahre) des Wärmeträgers ist zu empfehlen. Bitte beachten Sie dazu auch das BDH-Informationsblatt Nr. 44 „Thermische Solaranlagen – Dokumentation von Übergabe und Inspektion“.

#### **Zu beachten:**

- Wärmeträger verschiedener Hersteller sollten niemals gemischt werden. Handelsübliche Frostschutzmittel für Autos sind für Solaranlagen nicht geeignet.
- Der ausreichende Frostschutz ist mit einem für das Medium geeichten Frostschutzprüfer zu überprüfen.
- Solarkreisleitungen müssen vor Inbetriebnahme der Anlage gründlich gespült werden. Dies sollte unmittelbar vor dem Anschließen des Kollektors geschehen, um das Einspülen von Verschmutzungen zu vermeiden.
- Ist der Kollektor unbefüllt längere Zeit hoher Einstrahlung ausgesetzt, empfiehlt sich eine zweite Spülung, damit entstandener Zunder vor der Glykolbefüllung aus dem Kollektor gewaschen werden kann.

#### **4.2 Rohrleitung und Wärmedämmung**

Die Rohrleitungen sind mit thermisch belastbarem Material (mindestens 150 °C) mit Dämmstärke 100 % zu isolieren. In der Heizungstechnik übliche Schaumwerkstoffe sind hier nicht geeignet, denn sie halten den thermischen Anforderungen nicht stand. Weitere Hinweise entnehmen Sie bitte dem BDH-Informationsblatt Nr. 34 „Betriebssicherheit thermischer Solaranlagen“, Punkt 4.2 Dämmung.



*Bild 1:  
Aus der Heizungstechnik übliche Wärmedämmung ist für Solaranlagen nicht geeignet*

Bei der Rohrführung ist wichtig, dass nach Möglichkeit keine Flüssigkeitssäcke entstehen, d. h. vom Kollektor ausgehend ist auf eine fallende Leitungsführung zu achten. Vor allem im Bereich des Kollektors können hier im Stagnationsfall Dampfkreisläufe entstehen (Verdampfen/Kondensieren), die den Wärmeträger übermäßig beanspruchen und zu einer großen thermischen Belastung (Dampfausdehnung) in der gesamten Anlage führen.

#### **4.3 Entlüfter**

Genau wie bei der Befüllung von Heizungsanlagen befindet sich auch im Kollektorkreis zunächst Luft. Diese wird bei der Befüllung vom Wärmeträger größtenteils verdrängt. Ein Teil der Luft wird jedoch in Form von kleinen Bläschen im Flüssigkeitsstrom verwirbelt und erst später allmählich wieder ausgeschieden. Ein weiterer Teil ist im Wärmeträgermedium gelöst und wird erst bei höheren Temperaturen wieder freigegeben. Bei größeren Luftmengen im Kollektorkreis kann der Transport des Wärmeträgermediums zum Stillstand kommen. Sammelt sich die Luft in der Pumpe, so können hier Schäden durch das Heißlaufen der Lager entstehen. Daher gilt: Die Luft muss raus! Und: Alle Entlüfter im Kollektorkreis müssen thermisch belastbar sein.

Für die sichere Entlüftung des Systems können an der höchsten Stelle des Kollektorkreises und an den Stellen, wo sich ein Luftsack bilden kann, ganzmetallene Handentlüfter montiert werden. Da das Wärmeträgermedium im Stagnationsfall im Kollektor und einem Teil der Rohrleitung verdampft, sind automatische Entlüfter nur geeignet, wenn sie thermisch belastbar sind (mindestens 150 °C) und mit einem Absperrhahn installiert werden.

Grundsätzlich wird empfohlen im Bereich der Solarstation (Vorlauf) eine zentrale Entlüftungseinrichtung zu installieren. Weitere Informationen zum Thema Entlüftung finden Sie im BDH-Informationsblatt Nr. 34 „Betriebssicherheit thermischer Solaranlagen“, Punkt 3.2 Entlüfter.

#### **4.4 Membran-Druckausdehnungsgefäß**

Das Membran-Druckausdehnungsgefäß (MAG) hat die Aufgabe, Volumenänderungen im Solarkreis aufzunehmen, ohne dass es im System zu einem Ansprechen

des Sicherheitsventils kommt. Vielfach bieten die Hersteller von Solaranlagen entsprechend abgestimmte MAG mit an. Das Ausdehnungsgefäß ist mit dem Anschluss nach oben zu installieren.

Der Vordruck des Ausdehnungsgefäßes ist den örtlichen Gegebenheiten unbedingt anzupassen. Dazu wird sowohl die statische Höhe des Solarkreislaufs als auch die ggf. vorhandene Höhendifferenz zwischen Manometer und MAG berücksichtigt. Einen Berechnungsweg zur Bestimmung des notwendigen Vordrucks im MAG finden Sie im BDH-Informationsblatt Nr. 34 „Betriebssicherheit thermischer Solaranlagen“, Punkt 6.3 Druckverhältnis.

Zur Bestimmung des erforderlichen Nennvolumens des MAG für im Einfamilienhaus übliche Betriebsbedingungen (1,0 bar statischem Druck, 2,5 bar Fülldruck und 6 bar Sicherheitsventil) kann das erforderliche Nennvolumen des MAG als Daumenregel wie folgt berechnet werden:

1. Ermittlung des Gesamtinhaltes der Anlage (Inhalte von Kollektoren, Rohrleitungen, Wärmetauschern, Vorlage MAG)
2. Ermittlung des Ausdehnungsvolumens des Wärmeträgers = Gesamtinhalt des Kollektorkreises x 0,08
3. Ermittlung des Dampfolumens = Inhalt Kollektoren + Inhalt Rohrleitung oberhalb der Kollektorebene
4. Nennvolumen MAG = 2,5 x (Ausdehnungsvolumen + Dampfolumen)

#### **4.5 Solarstation**

Im Folgenden wird näher auf Einzelheiten der Solarstation eingegangen.

##### **4.5.1 Pumpe**

Der Volumenstrom in Solaranlagen ist abhängig von Kollektortyp und Art der Anwendung. Viele Solarregler ermöglichen die Drehzahlregelung der Kollektorkreis-pumpe und sorgen damit für eine optimierte Leistungsanpassung an die aktuelle Sonneneinstrahlung. Einige Hersteller verwenden speziell für Solaranlagen entwickelte Pumpen mit modulierend 2–10 W Leistungsaufnahme, die die Primärenergiebilanz der Solaranlage deutlich verbessern.

##### **4.5.2 Durchflussmengenanzeiger**

Dieses oft auch als Flowmeter bezeichnete Bauteil dient der Anzeige des Volumenstromes und damit der Funktionskontrolle in Kombination mit zwei ebenfalls in die Solarstation integrierten Thermometern. Die Begrenzung des Durchflusses sollte ausschließlich über die Drehzahlstufe bzw. die Drehzahlregelung der Pumpe stattfinden!

##### **4.5.3 Rückschlagventil**

Im Rücklauf des Solarkreises ist ein Rückschlagventil (Schwerkraftbremse) vorzusehen. Der Auftrieb hat allein nicht genug Kraft, das Ventil zu öffnen. Es wird verhindert, dass bei ausgeschalteter Pumpe (z. B. nachts) eine Abkühlung des Speichers über den Kollektor stattfindet. Das Rückschlagventil ist in der Regel bereits in die Solarstation integriert. Weitere durch Einrohrzirkulation im Vorlauf verursachte Wärmeverluste lassen sich durch Wärmeschleifen in der Rohrleitung nahe dem Speicheranschluss oder zusätzliche Rückschlagklappen vermeiden.

##### **4.6 Temperaturfühler**

An den Kollektorfühler werden besondere Anforderungen gestellt, können doch wesentlich höhere Temperaturen auftreten als bei einer konventionellen Heizung. Der Kollektorfühler muss neben einer hohen Temperaturbeständigkeit des Fühler-elementes mit einem hochtemperatur- und witterungsbeständigen Kabel ausgerüstet sein. Zum Schutz des Kollektorfühlers sollte ein Überspannungsschutz zwi-

schen Fühler und Regelung vorgesehen werden. Das Gehäuse dient dann gleichzeitig der ordnungsgemäßen Verbindung von Fühlerleitung mit dem weiterführenden Kabel.

#### **4.7 Einregulierung des Solarkreises**

Die Regelung einer thermischen Solaranlage hat grundsätzlich die Aufgabe, die Umwälzpumpe so zu regeln, dass eine optimale energetische Ausnutzung der Sonnenenergie erreicht wird. Man unterscheidet zwischen verschiedenen Pumpenbetriebsarten:

Das Verhältnis des Volumenstroms zur Gesamtkollektorfläche wird als spezifischer Volumenstrom bezeichnet. Der Bereich von ca. 15–20 l/(m<sup>2</sup> h) wird als **Low flow**, der Bereich von ca. 30–40 l/(m<sup>2</sup> h) als **High flow** bezeichnet. Dementsprechend wird auch von Low-flow- bzw. High-flow-Betrieb gesprochen. Bei diesen Betriebsarten wird die Pumpe lediglich **An** und **Aus** geschaltet.

Der Begriff **Matched flow** bezeichnet die Betriebsart mit variablem Volumenstrom im Kollektorkreis. In Abhängigkeit der momentanen Einstrahlung wird die Pumpe drehzahl geregelt und dadurch die Stromaufnahme entsprechend reduziert.

Zur Einregulierung des Volumenstroms wird die Solarpumpe im Handbetrieb bei größter Drehzahlstufe betrieben, bis sich ein konstanter Volumenstrom einstellt. Am Flowmeter wird der Volumenstrom abgelesen und die Pumpenstufe so weit zurückgestellt, bis sich der gewünschte Volumenstrom einstellt.

#### **4.8 Zirkulationsleitungen**

Wie bei allen Warmwassersystemen sollte der Aufwand für Zirkulation möglichst gering sein. In Einzelfällen kann der Energieaufwand einer Zirkulation genauso hoch sein wie der Energieaufwand für die Trinkwassererwärmung selbst.

Neben den Rohrleitungsverlusten kann die Temperaturschichtung in Solarspeichern durch zu große Volumenströme oder falsche Einbindung der Zirkulationsleitung gestört werden. Der Zirkulationsaufwand muss konventionell und solar gedeckt werden und ist daher bei der Auslegung der Solaranlage zu berücksichtigen.

Kann aufgrund langer Leitungswege oder erhöhter Komfortansprüche nicht auf eine Zirkulationsleitung verzichtet werden, so ist diese nicht nur zeitlich, sondern auch thermostatisch zu regeln. Sind mehrere Trinkwasserspeicher vorhanden, sollte die Zirkulationsleitung wenn möglich an den konventionell beheizten Speicher angeschlossen werden.

#### **4.9 Einregulieren von Heizkreisen**

Die Effizienz der Solaranlage steigt ebenso wie bei der Nutzung von Brennwerttechnik mit möglichst niedrigen Rücklauftemperaturen der Heizkreise. Um dies zu erreichen, sollten

- bei der Planung der Heizungsanlage durch großzügige Auslegung der Heizflächen niedrige Auslegungstemperaturen realisiert werden.
- die Heizkreise sorgfältig abgeglichen und eingeregelt werden.
- Heizkreise immer mit einem Drei-Wege-Mischer vor Übertemperaturen geschützt werden.

#### **Beispiel:**

Eine Heizungsanlage mit einer Temperaturspreizung von 50 °C/40 °C wird beim Volumenstrom 100 % betrieben. Wird der Volumenstrom auf 50 % reduziert und gleichzeitig die Vorlauftemperatur auf z. B. 55 °C angehoben, so stellt sich am Heizkörper eine Spreizung von 20 K (55 °C/35 °C) ein. Beide Heizungen arbeiten mit einer mittleren Temperatur von 45 °C und übertragen die gleiche Heizleistung, die Anlage mit reduziertem Volumenstrom erhöht aber den Nutzen der Brennwerttechnik bzw. der Solaranlage.

## 5 Hinweise für die Installation

Um die dauerhafte Funktionssicherheit einer Solaranlage zu gewährleisten, ist neben der ordnungsgemäßen Installation auch bei der Inbetriebnahme auf besondere Sorgfalt zu achten. Hinweise zu diesen Themen finden Sie im BDH-Informationsblatt Nr. 34 „Betriebsicherheit thermischer Solaranlagen“, Punkt 6 Inbetriebnahme. Das BDH-Informationsblatt Nr. 44 „Thermische Solaranlagen – Dokumentation von Übergabe und Inspektion“ bietet zusätzlich weitere nützliche Hinweise und Checklisten.





# THERMISCHE SOLARANLAGEN

## Teil 3: Fehlersuche

### 1 Einleitung

Solaranlagen stellen eine etablierte, ausgereifte und zuverlässige Technik dar. Systemanbieter garantieren eine problemlose Anbindung der Solaranlage an die Heizungsanlage und ein optimales Zusammenspiel der Gesamtanlage. Als Hilfsmittel zur Auslegung von Solaranlagen und zur Vermeidung von Fehlern bei Planung und Installation wurden Teil 1 und 2 des BDH-Informationsblattes Nr. 17 erstellt.

Die Beachtung der genannten Hinweise bildet die Grundlage für einen zuverlässigen Betrieb der Anlage und damit eine hohe Kundenzufriedenheit. In der Praxis können trotz des hohen Entwicklungsstandes von Solaranlagen unvorhergesehene Störungen auftreten. Der vorliegende Teil 3 des BDH-Informationsblattes Solar soll bei der Fehlersuche und deren Beseitigung helfen.

### 2 Fehlereingrenzung

Für die Beurteilung von Anlagenfehlern und die Eingrenzung der Fehlersuche ist wichtig, die Parameter einer gut arbeitenden Solaranlage zu kennen. Die Fehlersuche kann oftmals schon im Telefongespräch mit dem Kunden eingegrenzt werden, wenn nachfolgende Punkte überprüft werden:

#### Solaranlage allgemein:

Was wird bemängelt?

Gibt es Unzufriedenheiten und Besonderheiten, die der Kunde beobachtet hat?

#### Solarregler:

Wird eine Fehlermeldung/Störung am Regler angezeigt? Wenn ja, welche?

Hinweis: Produktunterlagen beachten und diese bei einem eventuell erforderlichen Vor-Ort-Termin mitnehmen.

#### Anlagenbetriebsdruck:

Welcher Druck wird am Manometer angezeigt?

Ist der Anlagenbetriebsdruck deutlich abgesunken?

**Hinweis:** Der sinnvolle Anlagenbetriebsdruck beträgt 0,7 bis 1,5 bar zuzüglich 0,1 bar pro Meter statischer Höhe.

#### Temperaturwerte:

Welche aktuellen Temperaturwerte können am Regler und an der Solarstation abgelesen werden?

Sind diese unter Beachtung der Wetterbedingungen realistisch?

Wie groß ist die Temperaturdifferenz zwischen Kollektorfühler und Speicherfühler?

**Hinweis:** Bei einer High-flow-Anlage sollte bei guter Einstrahlung die Temperaturdifferenz zwischen 8–15 K, bei Low-flow-Anlagen bis zu 40 K betragen.

#### Volumenstrom:

Volumenstrom am Durchflussmesser bei 100 % Pumpenleistung ablesen und falls erforderlich z. B. durch Vermindern der Pumpenstufe korrigieren. Hinweis: High-flow ca. 20–40 l/(m<sup>2</sup> h) entsprechend ca. 0,3–0,7 l/min je m<sup>2</sup> Flachkollektor, Low-flow ca. 15–30 l/(m<sup>2</sup> h) entsprechend ca. 0,25–0,5 l/min je m<sup>2</sup> Flachkollektor

Geprüft werden sollte, ob tatsächlich Anlagenfehler oder Störungen vorliegen. Nicht jeder vom Kunden bemängelnde „Fehler“ stellt ein Fehlverhalten der Anlage dar, wie nachfolgende Beispiele verdeutlichen:

- Direkt nach Inbetriebnahme werden häufig Druckschwankungen in der Anlage bemängelt, die jedoch mit verbliebener Luft im Solarkreis zusammenhängen. Nach weiterem Entlüften stellen sich i. d. R. stabile Druckverhältnisse ein.
- Beschlagene Flachkollektoren sind meist auf eindringende Nässe bei Lagerung und Transport zurückzuführen. Der Beschlag verschwindet i. d. R. nach wenigen Wochen Betrieb wieder, indem die Feuchtigkeit durch die eingebauten Entlüftungsschlitze nach und nach entweicht.

Die nachfolgenden Tabellen sollen bei der Ermittlung von Fehlern und deren Behebung helfen.

Störung: Pumpe läuft nicht, obwohl Kollektor wärmer als Speicher ist (weder Motorgeräusch zu hören noch Vibration zu fühlen).	
Ursache:	Behebung:
1. Die Speicher- oder Kollektormaximaltemperatur wird überschritten, die Kontrollleuchte oder die Anzeige am Regler sind aktiviert.	Regler hat ordnungsgemäß abgeschaltet und geht nach Unterschreitung der eingestellten Maximaltemperaturen selbstständig wieder in Betrieb.
2. Es ist kein Strom vorhanden.	Leitungen und Sicherungen kontrollieren
3. Die Temperaturdifferenz ist zu groß (>15 K) eingestellt oder der Regler schaltet nicht.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Regler prüfen</li> <li>• Temperaturfühler überprüfen</li> <li>• Temperaturdifferenz verringern</li> </ul>
4. Die Pumpenwelle ist blockiert.	Kurzfristig auf max. Drehzahl umschalten oder Schraubenzieher in Kerbe einführen und von Hand drehen.
6. Die Fühler sind nicht i. O. bzw. falsch installiert oder der Regler ist auf den falschen Fühlertypen eingestellt.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fühlerfunktion und Fühlerposition prüfen</li> <li>Der Kollektorfühler muss vollständig und fest in der Fühlertauchhülse sitzen.</li> <li>• Fühlereinstellung am Regler korrigieren (FKY, NTC)</li> </ul>
Störung: Pumpe läuft, aber am Durchflussmesser kein Volumenstrom ablesbar. Vor- und Rücklauf-temperatur sind gleich oder die Speichertemperatur steigt gar nicht oder nur langsam an.	
Ursache:	Behebung:
1. Im Leitungssystem befindet sich Luft.	• Anlagendruck kontrollieren
2. Der Anlagendruck ist zu niedrig.	• Pumpe mit maximaler Leistung stoßweise betreiben
3. Die Anlage ist verschmutzt.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Entlüfter an Kollektor, Pumpe und Solarspeicher öffnen und Anlage entlüften</li> <li>Falls keine Besserung:</li> <li>• Anlage vorwärts und rückwärts spülen</li> <li>• Einbauten wie Durchflussmesser und Schmutzfänger reinigen</li> <li>• Leitungsführung prüfen</li> <li>• Bei „Berg- und Talbahn“ z. B. an Balkenvorsprüngen oder der Umgehung von Wasserleitungen ggf. Leitungsführung ändern oder zusätzlichen Entlüfter setzen.</li> <li>• Automatikentlüfter auf Funktion prüfen</li> <li>Dazu Schutzkappe abschrauben und Schwimmer mit stumpfer Nadel auf Gängigkeit prüfen. Ggf. Entlüfter austauschen.</li> </ul>

Störung: Pumpe läuft, aber am Durchflussmesser kein Volumenstrom ablesbar.	
Ursache:	Behebung:
1. Der Durchflussmesser ist verklemmt oder defekt.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Funktion des Durchflussmessers prüfen</li> </ul> Auch bei korrekt eingestelltem Durchfluss kann z. B. durch festsitzenden Ring die Anzeige im Schauglas blockiert sein. Pumpe im Handbetrieb einschalten, hier muss Bewegung des Stempels feststellbar sein. Stempel durch leichtes Schlagen lösen, notfalls Durchflussmesser tauschen.
2. Die Absperrereinrichtung ist geschlossen.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Absperrereinrichtung öffnen</li> </ul>
Störung: Pumpe springt später an und hört früh auf zu laufen.	
Ursache:	Behebung:
Die Temperaturdifferenz zwischen Kollektor und Speicher ist zu groß eingestellt.	Temperaturdifferenz verkleinern
Störung: Pumpe läuft an und schaltet sich kurz danach wieder aus. Dies wiederholt sich einige Male, bis die Anlage durchläuft. Abends ist das Gleiche zu beobachten.	
Ursache:	Behebung:
1. Die Sonnenstrahlung reicht noch nicht aus, um das gesamte Rohrnetz zu erwärmen.	Nochmals bei stärkerer Sonneneinstrahlung prüfen
2. Der Volumenstrom ist zu hoch.	Leistungsstufe der Pumpe verringern
3. Die Schalttemperaturdifferenz des Reglers ist zu klein eingestellt.	Schalttemperaturdifferenz am Regler erhöhen
4. Die Rohrleitungen sind nicht ausreichend gedämmt.	Rohrleitungen vollständig dämmen
Störung: Manometer zeigt Druckabfall.	
Ursache:	Behebung:
Kurze Zeit nach dem Befüllen der Anlage ist Druckverlust normal, wenn über Automatikentlüfter noch Luft aus der Anlage entweichen kann. Tritt später nochmals Druckabfall auf, kann dies durch Luft verursacht sein, die sich in Form von Mikroblasen aus dem Fluid gelöst hat. Zudem schwankt der Druck im Normalbetrieb je nach Anlagentemperatur um 0,2–0,3 bar. Geht der Druck kontinuierlich zurück, ist eine Stelle im Solarkreis undicht.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Automatikentlüfter prüfen und absperren</li> <li>• Verschraubungen, Stopfbuchsen an Absperrschiebern und Gewindeanschlüsse auf Undichtigkeit kontrollieren, danach die Lötstellen</li> <li>• Vordruck MAG prüfen.</li> <li>• Dichtigkeit der Membran des MAG prüfen.</li> </ul>
Es ist Fluid durch Öffnen des Sicherheitsventils ausgetreten, da das MAG zu gering dimensioniert bzw. drucklos oder defekt ist. Es ist Fluid im Kollektor ausgetreten, d. h. die Absorberverrohrung ist undicht aufgrund von Frostschäden durch zu geringen Frostschutzgehalt.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Überprüfung des Sicherheitsventils und des Auffangbehälters auf ausgetretenes Fluid</li> <li>• Überprüfung der Größe des MAG</li> <li>• Überprüfung des Frostschutzgehalts und des pH-Wertes</li> </ul>

Störung: Pumpe verursacht Geräusche.	
Ursache:	Behebung:
1. Es ist Luft in der Pumpe	Pumpe entlüften
2. Der Anlagenbetriebsdruck ist nicht ausreichend.	Anlagendruck erhöhen
Störung: Anlage macht Geräusche. In den ersten Tagen nach der Befüllung der Anlage normal. Bei späterem Auftreten zwei mögliche Ursachen:	
Ursache:	Behebung:
1. Der Anlagenbetriebsdruck ist zu gering. Die Pumpe bzw. die Rohrleitung zieht Luft über den Entlüfter an.	Anlagendruck erhöhen
2. Die Pumpenleistung ist zu hoch eingestellt.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Leistungsstufe der Pumpe ändern</li> <li>Volumenstrom am Durchflussmesser kontrollieren</li> </ul>
Störung: Pumpe springt später an und hört früh auf zu laufen. Störung: Temperaturanzeige am Regler zeigt keine Temperatur oder Werte außerhalb der normalen Betriebstemperatur.	
Ursache:	Behebung:
Es liegt ein Fehler der Fühler vor.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fühlerposition und -sitz prüfen</li> <li>Anschluss der Fühler in Reglerbeschreibung beachten</li> <li>Fühlerkabel und Anschlüsse prüfen</li> <li>Widerstandswerte des abgeklemmten Fühlers bei bekannten Temperaturen messen und mit Herstellerangaben vergleichen</li> <li>Kontrolle der gesamten Leitungsführung auf Beschädigungen</li> </ul>
Störung: Nachts kühlt der Speicher aus. Nach Abschalten der Pumpe in Vor- und Rücklauf unterschiedliche Temperaturen, Kollektortemperatur ist nachts höher als die Außentemperatur.	
Ursache:	Behebung:
1. Die Schwerkraftbremse schließt nicht.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Stellung des Einstellgriffes kontrollieren und Schwerkraftbremse auf Dichtigkeit prüfen (verklemmter Span, Schmutzpartikel in der Dichtfläche)</li> <li>Leitungsführung ändern</li> </ul> <p>Den Solarwärmetauscher nicht direkt anschließen, sondern die Zuleitungen erst u-förmig nach unten ziehen. Dieser Siphon unterstützt die Schwerkraftbremse. Notfalls kann ein Zwei-Wege-Ventil montiert werden, das gleichzeitig mit der Pumpe geschaltet wird.</p>
2. Es kommt zu Fehlströmungen aufgrund von In-Rohr-Zirkulationen, besonders bei kurzen Rohrnetzen mit geringem Druckverlust.	Einbau einer Schwerkraftbremse im Vorlauf oder einer Wärmedämmschleife (Siphon).

**Störung:** Nachheizung funktioniert nicht. Der Kessel läuft kurze Zeit, geht aus und springt wieder an. Dies wiederholt sich so oft, bis der Speicher seine Solltemperatur erreicht hat.

Ursache:	Behebung:
1. Es ist Luft im Nachheizwärmetauscher.	Nachheizwärmetauscher entlüften
2. Die Wärmetauscherfläche ist zu klein.	Daten des Kessels und des Speichers vergleichen Eventuell lässt sich das Problem durch höhere Einstellung der Vorlauftemperatur am Kessel lösen.

**Störung:** Bei Einstrahlung Beschlag über längeren Zeitraum innen an der Scheibe.

Ursache:	Behebung:
Die Belüftung des Kollektors ist unzureichend (nur bei belüfteten Kollektoren).	Belüftungsöffnungen reinigen

**Störung:** Speicher kühlt zu stark ab.

Ursache:	Behebung:
1. Die Dämmung ist unzureichend oder unsachgemäß montiert.	Dämmung prüfen und korrigieren
2. Die Speicheranschlüsse sind unzureichend gedämmt.	Speicheranschlüsse vollständig dämmen
3. Es treten Konvektionsverluste durch unkontrollierte Zirkulation (z. B. In-Rohr-Zirkulation) auf.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rohrleitungsführung ab Speicheranschluss fallend bzw. Siphon setzen</li> <li>• Schwerkraftbremsen einsetzen</li> </ul>
4. Die Reglereinstellungen der Nachheizung sind nicht korrekt.	Reglereinstellungen (Kessel, Pumpe) prüfen und ggf. korrigieren
5. Die Warmwasser-Zirkulation läuft zu häufig und/oder nachts.	Schaltzeiten und Intervallbetrieb prüfen

**Störung:** Pumpe schaltet nicht ab.

Ursache:	Behebung:
1. Die Fühler sind nicht i. O. bzw. die Fühlerposition ist nicht korrekt.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fühlerfunktion und Fühlerposition prüfen</li> <li>• Fühlerkabel und Anschlüsse prüfen</li> <li>• Widerstandswerte des abgeklemmten Fühlers bei bekannten Temperaturen messen und mit Herstellerangaben vergleichen</li> </ul>
2. Die Regelung ist defekt.	Regler prüfen Hinweis: Drehzahleregelte Pumpen schalten nicht sofort ab, sondern erst nach Erreichen der kleinsten Drehzahl.

Für weitere Fragen stehen Ihnen die Mitgliedsunternehmen des BDH gerne zur Verfügung. Beachten Sie auch die BDH-Informationsblätter

- Nr. 17 „Thermische Solaranlagen Teil 1: Anlagenkonfigurationen und Informationen zur Kundenberatung“ und „Teil 2: Praxistipps zur Dimensionierung und Installation“
- Nr. 27 „Solare Heizungsunterstützung Teil 1, Grundlagen und Systeme“ und Teil 2 „Praxistipps zu Planung und Installation“
- Nr. 34 „Betriebssicherheit thermischer Solaranlagen“
- Nr. 44 „Thermische Solaranlagen – Dokumentation von Übergabe und Inspektion“

Herausgeber:  
Interessengemeinschaft  
Energie Umwelt Feuerungen GmbH  
Infoblatt 17/3 März/2011



# Solare Heizungsunterstützung

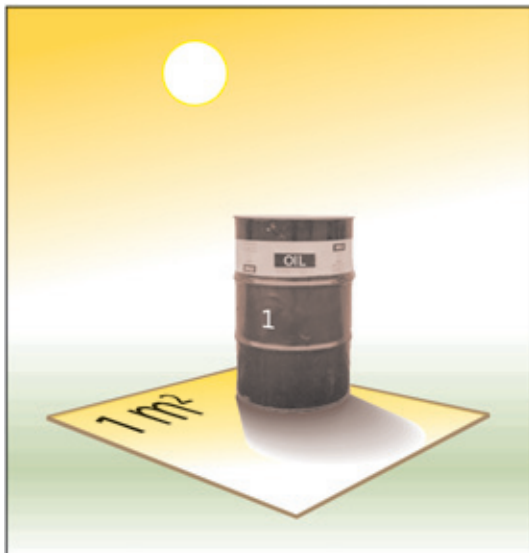
## Teil 1: Grundlagen und Systeme

Für grundlegende und ergänzende Informationen beachten Sie bitte auch das BDH-Informationsblatt Nr. 17 „Thermische Solaranlagen“, Teil 1 und 2 und das BDH-Informationsblatt Nr. 34 „Betriebssicherheit thermischer Solaranlagen“.

### 1 Verkaufsmotivation

Schon heute handelt es sich bereits bei über 30 % aller verkauften thermischen Solaranlagen um Systeme zur Heizungsunterstützung. Angesichts steigender Preise für fossile Energieträger suchen viele Bauherren nach Alternativen für die Gebäudebeheizung.

Durch ihre unbegrenzte und kostenlose Verfügbarkeit rückt dabei die Sonne zunehmend in den Blickpunkt. Trotz seiner nördlichen Lage verfügt Deutschland über ein erhebliches Potenzial an Sonnenenergie.



*Bild 1:  
Das Öl-Äquivalent von 100 l zur jährlichen solaren Einstrahlung von 1000 kWh/m<sup>2</sup> bedeutet: Deutschland ist ein Sonnenland*

### Wichtige Argumente für die Kundenberatung

Solaranlagen zur Heizungsunterstützung erfreuen sich wachsender Beliebtheit, denn:

- Sie übernehmen sowohl die sommerliche Trinkwassererwärmung bis weit hinein in die Übergangszeit als auch zusätzlich einen Teil der Heizung
- Da moderne Gebäude besser gedämmt sind, kann die Solaranlage heute Deckungsbeiträge für die Gebäudeheizung von 10–30 %, bei Niedrigenergiehäusern sogar bis 40 % erwirtschaften
- Sie sparen zusätzlich Brennstoff ein
- Sie schonen den vorhandenen Heizkessel, vermindern die Brennerstarts und sorgen dafür, dass der Kessel einen großen Teil des Jahres ausgeschaltet bleibt
- Sie werden vom Staat gefördert
- Sie können im Rahmen der aktuellen Energieeinsparverordnung EnEV gewinnbringend angerechnet werden

### Vorteilhafte Berücksichtigung im Rahmen der EnEV

Die aktuelle „Verordnung über energiesparenden Wärmeschutz und energiesparende Anlagentechnik bei Gebäuden“ – Energie-Einsparverordnung (EnEV) – ermöglicht die Berücksichtigung solarer Gewinne im Rahmen des zu planenden

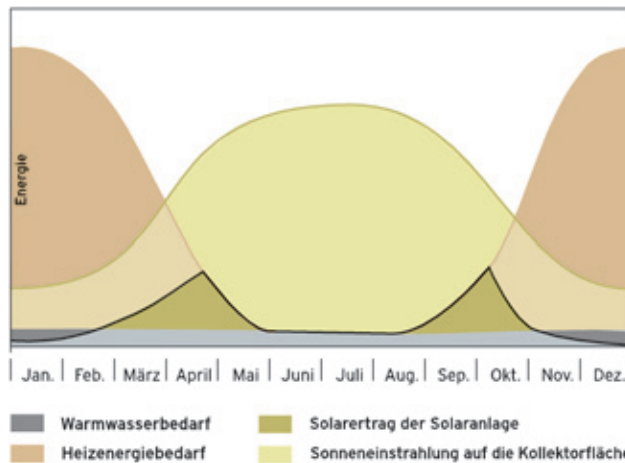


Bild 2: Sonneneinstrahlung, Solarertrag, Warmwasser- und Heizenergiebedarf einer Solaranlage zur Heizungsunterstützung

Gebäude-Primärenergiebedarfs, das heißt, der Einbau einer Anlage zur Heizungsunterstützung gewinnt dadurch wirtschaftlich an Attraktivität. Als Daumenwert für die „notwendige Kollektorfläche“ (nach EnEV/DIN V 4701-10) in Abhängigkeit von der Wohnfläche gilt bei 100/150/200 m<sup>2</sup> Nutzfläche eine Kollektorfläche von 6,5/9/11,5 m<sup>2</sup>.

Im Ergebnis verringert sich der Umfang der notwendigen Wärmeschutzmaßnahmen deutlich, Architekt und Haustechnikplaner bekommen mehr Handlungsspielraum.

## 2 Einführung

### Allgemeine Bemerkungen

Am Markt finden sich sowohl kundenspezifisch gefertigte als auch werkseitig vorkonfektionierte Anlagen. Da die Planung von kundenspezifisch gefertigten Anlagen aufwendiger ist, zeichnet sich ein Trend zu werkseitig vorkonfektionierten Anlagen, sogenannten Kombisystemen ab.

Die mögliche Energieeinsparung durch den Einbau einer Solaranlage zur Heizungsunterstützung ist beträchtlich. Die real eingesparte Menge an Brennstoff ist jedoch von einer Vielzahl von Einflussfaktoren abhängig, die sich zwischen verschiedenen Anwendungen in der Praxis unterscheiden können. Typische Einflussfaktoren sind:

- Raumwärme- und Warmwasserbedarf (inkl. ggf. Zirkulation)
- Kollektorfläche, Neigung und Orientierung des Kollektorfeldes
- Wärmebedarf und Wärmeübertragung
- Passive Sonnenenergienutzung (Fensterflächen)
- Warmwasserkomfort (Bereitschaftszeiten, Leistung, Temperatur). Besonders die Warmwassersolltemperatur und die Freigabezeiten der Wassererwärmung wirken sich erheblich auf die Energieeinsparung aus.

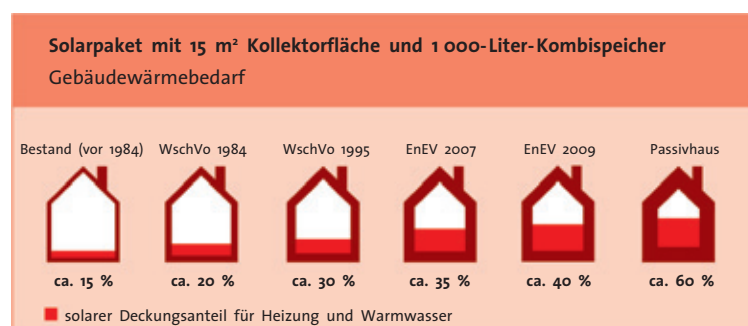


Bild 3: Je nach Gebäudewärmebedarf oder Dämmstandard kann die Solaranlage unterschiedliche Deckungsbeiträge erwirtschaften



### 3 Komponenten

Zunächst die wichtigsten Komponenten einer Solaranlage zur Heizungsunterstützung im Überblick:

- Kollektoren
- Pumpen, Fittings und Armaturen
- Ausdehnungsgefäße
- Regelungen und Fühler
- Solarfluid
- Sicherheitseinrichtungen

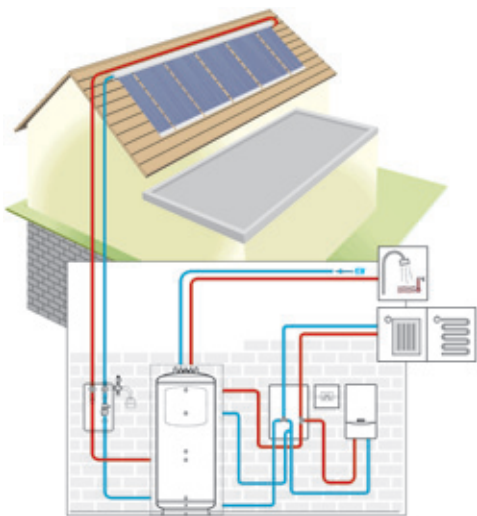


Bild 4:  
Die Komponenten einer Solaranlage zur Heizungsunterstützung sollten gut aufeinander abgestimmt sein

#### 3.1 Kollektoren

Da Solaranlagen zur Heizungsunterstützung ihr Haupteinsatzgebiet in der Übergangszeit Frühling/Herbst sowie im Winter haben, sollte der Wirkungsgrad der verwendeten Kollektoren hier möglichst hoch sein. Es gibt am Markt eine Reihe von Flach- und Röhrenkollektoren, die diese Vorgaben erfüllen und auch bei niedrigen Außentemperaturen hohe Systemtemperaturen erreichen. Zum Vergleich verschiedener Hersteller lohnt sich der Kennlinienvergleich zweier Kollektoren: Achten Sie auf den Wirkungsgrad des Kollektors bei einer Temperaturdifferenz zur Umgebung von 50–60 K (= Kelvin). Dies entspricht annähernd den Verhältnissen, unter denen er später arbeitet, und hier sollte sein Wirkungsgrad möglichst hoch sein.

**Beispiel:** An einem klaren Herbsttag bei 0 °C Außentemperatur und einer Heizungsrücklauftemperatur von 40 °C muss ein Kollektor eine Temperatur von ca. 50 °C erzeugen um diese Rücklauftemperatur anzuheben. Er arbeitet so mit einer Temperaturdifferenz zur Außenluft von (50 °C zu 0 °C =) 50 K.

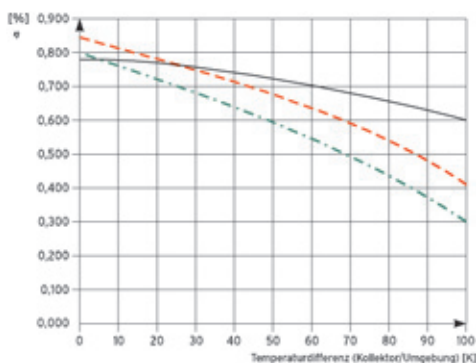


Bild 5:  
Vergleich dreier Kollektorkennlinien: zwei Flachkollektoren und ein Röhrenkollektor (durchgezogene Linie)

Eine Anmerkung zum unterschiedlichen Verdampfungsverhalten bei Stillstand: Bei allen Kollektoren mit oben liegenden Anschlüssen muss im Stillstandsfall stets der

gesamte Kollektorinhalt verdampfen, ehe die Wärmeübertragung in das System (mangels Flüssigkeit im Absorber) zum Stillstand kommt.

Kollektoren mit mindestens einem unten liegenden Anschluss dampfen hingegen schneller leer, da schon kleinste Dampfmengen im Kollektor die Flüssigkeit nach unten in Richtung Ausdehnungsgefäß herausdrücken. Das Kollektorfeld sollte in diesem Fall so aufgebaut werden, dass die Anschlussleitungen zum Ausdehnungsgefäß fallend verlegt werden. Weitere Hinweise dazu finden Sie im BDH-Informationsblatt Nr. 34 „Betriebssicherheit thermischer Solaranlagen“.

### **3.2 Pumpen, Fittings und Armaturen**

Bei diesen Komponenten bestehen zunächst keine erhöhten Anforderungen beim Einsatz in Systemen zur Heizungsunterstützung. Es muss jedoch Wert auf eine ausreichende Temperaturbeständigkeit gelegt werden. Beachten Sie dazu auch die Tipps zum Umgang mit erhöhter thermischer Belastung im Kapitel „Planung“ im zweiten Teil dieser Broschüre.

### **3.3 Regelungen und Fühler**

Verwendete Regelungen sollten ausdrücklich für Systeme zur Heizungsunterstützung konzeptioniert sein. Achten Sie auch auf eine leicht verständliche Dokumentation, die keine Fragen zu Fühlerpositionierung etc. offen lässt. Die im BDH vertretenen Mitgliedsunternehmen bieten eine Reihe von hoch entwickelten, vorkonfektionierten und benutzerfreundlichen Systemen mit ausführlichen Beschreibungen an.

### **3.4 Solarfluid**

Da sich Systeme zur Heizungsunterstützung über einen großen Teil des Sommers häufiger im Stillstand befinden, ist besonderer Wert auf eine ausreichende thermische Beständigkeit des verwendeten Solarfluids zu legen. Verwenden Sie deshalb ausschließlich vom Hersteller für das Einsatzgebiet freigegebenes Solarfluid.

Um im Anlagenstillstand das Solarfluid zu schonen, sollte der Inhalt eines Kollektors möglichst schnell ausdampfen können. Stellen Sie deshalb den Betriebsdruck genau nach Vorgabe des Systemherstellers ein, da jede unnötige Erhöhung ein Verdampfen des Solarfluids verzögert. Befindet sich während eines Anlagenstillstands im Kollektor nicht verdampftes (flüssiges) Solarfluid, kommt es zu einer verstärkten thermischen Belastung.

### **3.5 Speicher**

Grundsätzlich unterscheidet man die große Gruppe der Speicher in

- Bivalente Trinkwasserspeicher
- Kombispeicher
- Pufferspeicher

#### **3.5.1 Bivalente Trinkwasserspeicher**

Bivalente Trinkwasserspeicher kommen in Systemen zur Heizungsunterstützung nur für die solare Trinkwassererwärmung zum Einsatz. Sie sollen deshalb hier nicht weiter betrachtet werden.

#### **3.5.2 Kombispeicher**

Am Markt ist eine Vielzahl von Kombispeichern im Einsatz. Sie unterscheiden sich sowohl in der Form der solaren Beladung als auch in konstruktiven Lösungen zur Nachheizung und Entladung. Für alle Typen gilt, dass besonders auf eine funktionierende thermische Schichtung während der Be- und Entladung Wert zu legen ist. Einige Hersteller arbeiten zur Optimierung der thermischen Schichtung mit Leitblechen, Prallplatten oder Konvektionskaminen. Hier spricht man von sogenannten Schichtenspeichern. Diese Speicher wurden für eine möglichst hohe ener-

getische Ausnutzung der solaren Wärme konstruiert. Durch erhöhten konstruktiven Aufwand wird hier die Vermischung von Wärme unterschiedlicher Temperatur weitestgehend verhindert.

Für alle Kombispeicher gilt, dass es durch Einbindung einer Trinkwasser-Zirkulation zu einer verstärkten Durchmischung und damit zu einer Zerstörung der Schichtung kommen kann. Eine Zirkulation muss mindestens zeitlich gesteuert sein, nach Möglichkeit sollte sie zusätzlich thermostatisch geregelt betrieben werden.

Hinsichtlich der Trinkwasserbereitung unterscheidet man zwischen Kombispeichern mit innen liegendem Trinkwasserspeicher, sogenannten Tank-in-Tank-Speichern und Kombispeicher mit Trinkwassererwärmung im Durchflussprinzip. Letztere verfügen statt eines innen liegenden Trinkwasserspeichers über eine Rippenrohrschlange oder über externe Plattenwärmetauscher zur fließenden Trinkwassererwärmung.

Ein wichtiges Auswahlkriterium stellt die Schüttleistung dar. Dieser Wert gilt als wesentlicher Indikator für den Warmwasserkomfort in Anlagen mit Kombispeichern. Die im BDH vertretenen Hersteller bieten Ihnen eine breite Auswahl an Speichern, innerhalb derer Sie den gewünschten Speicher entsprechend Ihres Bedarfs an Einmal- bzw. Dauerleistung wählen können.

Vom Kessel wird die zur Raumheizung benötigte Wärme i. d. R. nicht auf dem Umweg über den Speicher, sondern direkt in den Heizkreislauf des Gebäudes geliefert.

Übrigens: Für die Dämmung eines Speichers gilt: Je länger die Wärme gespeichert werden soll bzw. je größer das gewählte Speichervolumen ist, umso höheren Wert sollte auf die Dämmung gelegt werden.

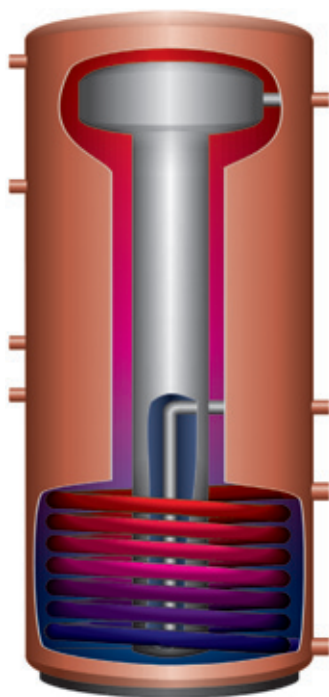


Bild 6:  
Tank-in-Tank-Speicher

### 3.5.3 Pufferspeicher

Pufferspeicher dienen der Aufnahme von Heizungswasser. Da dieses keinen Sauerstoff enthält, wird keine Emallierung oder sonstige Vergütung der Innenflächen benötigt. Üblich und weitverbreitet sind Speicher ohne jegliche Inneneinbauten, die vor Ort mit Rippenrohr- oder Plattenwärmetauschern zur Be- und Entladung bestückt werden. Bewährt haben sich innen liegende Glatt- oder Rippenrohrwärmetauscher, da es hier während der solaren Beladung nicht zu Verwirbelungen kommt. Durch die räumliche Enge im Speicher sind die möglichen solaren Übertragungsleistungen mit internen Wärmetauschern allerdings auf Kollektorflächen für den Ein- und Zweifamilienhausbereich begrenzt. Auch der Einsatz von Platten-

wärmetauschern ist üblich, jedoch sind diese, genauso wie angeschlossene Primär- und Sekundärpumpen, sorgfältig zu dimensionieren.



Bild 7:  
Pufferspeicher

### 3.6 Thermostatmischer

Da in Solaranlagen zur Heizungsunterstützung im Trinkwasserbereich sehr hohe Temperaturen auftreten können, kommt dem Schutz des Betreibers vor Verbrühung besondere Bedeutung zu. Der Einbau eines Thermostatmischer ist deshalb Pflicht. Besonderer Wert ist im Zusammenhang mit einer Warmwasserzirkulation auf die hydraulische Verbindung des Zirkulationsrücklaufs mit dem Kaltwasserzulauf des Thermostatmischer zu legen. Andernfalls kommt es bei Betrieb der Zirkulation ohne gleichzeitige Zapfung (normaler, häufiger Zustand) zu einem „Überrennen“ des Mischers, da dieser zwar kaltes Wasser zumischen will, ohne Zapfung jedoch keinen Zulauf bekommt. Kommt in einem solchen Fall z. B. 90-grädiges Wasser zum Mischer, passiert es diesen, ohne abgekühlt zu werden. Wird hingegen der Zirkulationsrücklauf eingebunden, kommt es zu einem Bypass im Zirkulationssystem, bis die Warmwassertemperatur wieder den eingestellten Wert (z. B. 60 °C) erreicht hat.

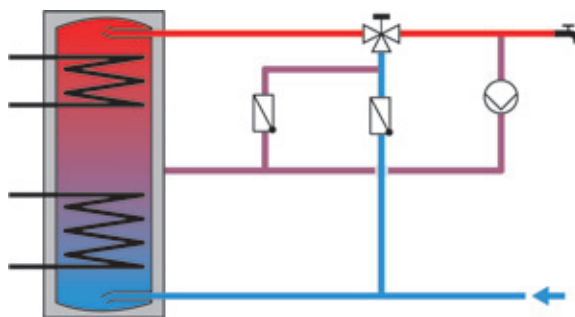


Bild 8:  
Richtige Einbindung des Zirkulationsrücklaufes in den Kaltwasserzulauf des Brauchwassermischer

## 4 Systeme

Verschiedene Mitgliedsfirmen des BDH haben solare Kombisysteme entwickelt, die in hohem Maße vorgefertigt und standardisiert sind. Diese Systeme bieten die Möglichkeit erheblicher Kostenreduktion, vereinfachter Installation und zuverlässiger Funktion.

Prinzipiell unterscheidet man zwischen Zweispeicher- und Kombispeicher-Systemen.

#### 4.1 Zweispeichersysteme

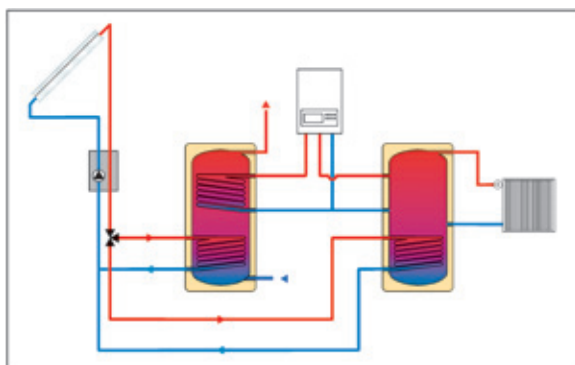


Bild 9:  
Solaranlage zur Unterstützung der  
Raumheizung mit zwei Speichern  
(puffergeführte Heizung).

Aufgrund der Platz- und Kostenersparnis werden heute nach Möglichkeit Kombispeichersysteme verwendet. Zweispeichersysteme kommen dann zum Einsatz, wenn:

- die vorhandene Heizung schlecht abgeglichen ist, d. h. mit hohen Volumenströmen bei geringen Spreizungen arbeitet
- das Temperaturniveau des Heizungsrücklaufs, wie z. B. in Radiatorenheizungen, über 55 °C liegt
- beispielsweise durch Stückholzkessel- zusätzliche Puffervolumina nötig sind.

Zweispeichersysteme bestehen in der Regel aus einem Solarspeicher und einem (oder mehreren) Pufferspeicher(n). Um die Brennerlaufzeiten zu verlängern, besteht hier die Möglichkeit, den Heizkessel puffergeführt zu betreiben. Dies ist insbesondere bei Stückholzkesseln zwingend erforderlich. Prinzipiell lassen sich also zwei Typen unterteilen:

- Zweispeichersysteme mit puffergeführter Heizung
- Zweispeichersysteme ohne puffergeführte Heizung

Der Nachteil einer puffergeführten Heizung liegt in einem relativ geringen Systemnutzungsgrad der Solaranlage, da in der Heizsaison im Puffer auf Vorlauftemperatur gearbeitet werden muss. Dies lässt sich umgehen, wenn – konstruktionsbedingt – der untere Teil des Pufferspeichers mit dem Solarwärmetauscher nicht durch den Heizkessel nachgeheizt wird. Zweispeichersysteme ohne puffergeführte Heizung kommen vor allem in Altbauten und bei der Nachrüstung zum Einsatz. Hier steht das gesamte Puffervolumen der Solaranlage zur Verfügung und ist damit unabhängig von der Vorlauftemperatur des Heizungssystems. Die solare Heizungsunterstützung muss allerdings geregelt erfolgen (über Dreiwege-Ventil und zusätzliche dT-Regelung, siehe Abschnitt: Kombispeichersysteme 4.2.2), da es ansonsten zu einer Wärmeverschleppung aus dem Heizkreis in den (kalten Solar-) Pufferspeicher kommt.

#### 4.2 Kombispeicher-Systeme

Prinzipiell lässt sich hier zwischen Varianten mit permanenter und geregelter Rücklaufteinbindung unterscheiden. Bei Rücklauftemperaturen <35 °C sollte mit permanenter Einbindung gearbeitet werden, da diese ohne zusätzliche Armaturen auskommt.

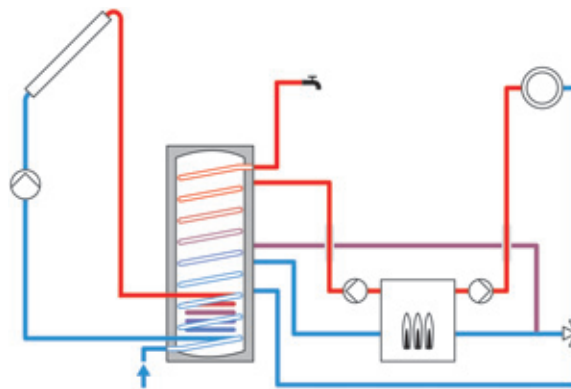


Bild 10:  
Solaranlage zur Unterstützung der  
Raumheizung mit Kombispeicher  
und geregelter Rücklaufeinbin-  
dung

#### 4.2.1 Kombispeicher mit permanenter Rücklaufeinbindung

Vorteil: Kostengünstig und hydraulisch einfach zu realisieren. Es werden weder ein Dreiwege-Ventil, noch eine zusätzliche Regler-dT-Funktion, noch ein zusätzlicher Rücklauf-Fühler (für dT-Vergleich Puffer-Rücklauf) benötigt. Ebenfalls entfällt der Speicherfühler in Höhe des Pufferausgangs zum Heizgerät.

Nachteil: Nur bei Heizungssystemen mit permanent niedrigem Rücklauf ( $<35\text{ °C}$  einsetzbar). Damit kommt in der Praxis nur eine gut eingeregelter Wärmeübergabe infrage. Andernfalls findet vor allem im Winter bei hohen Rücklauf-Temperaturen im Heizkreis eine Wärmeverschleppung aus dem Heizkreis in den Pufferbereich statt, was einen sinkenden Nutzungsgrad der Solaranlage zur Folge hat. Dieses System wird vorrangig im Neubau eingesetzt.

#### 4.2.2 Kombispeicher mit geregelter Rücklaufeinbindung

Als wesentlicher Vorteil gilt die weitgehende Unabhängigkeit von den maximalen Heizkreistemperaturen. Damit bleibt er auch in Verbindung mit Radiatorenheizkreisen einsetzbar, jedoch mit geringerem solaren Deckungsbeitrag als bei einem Zweispeichersystem. Durch exakte Arbeitsweise ist er derjenige Anlagentyp unter den Kombispeichersystemen mit dem höchsten Deckungsbeitrag und dem höchsten Systemnutzungsgrad. Das System kann im Alt- und Neubau eingesetzt werden, ist jedoch hydraulisch etwas aufwendiger und teurer.

# Solare Heizungsunterstützung

## Teil 2: Praxistipps zu Planung und Installation

### 1 Planung

Die im BDH vertretenen Hersteller bieten ihren Kunden umfangreiche Hilfestellung von der Anlagenberatung bis hin zu Planung und Simulation. Die exakte und aussagefähige Planung von thermischen Solaranlagen zur Heizungsunterstützung bedarf heute in der Regel einer computergestützten Simulation. Zu groß ist die Reihe von Einflussfaktoren, die es zu berücksichtigen gilt. Dazu gehören insbesondere:

- Gebäudespezifische Daten: Heizleistung und Verlauf der Temperaturanforderung, Höhe des Heizungstemperaturniveaus
- Anlagenspezifische Daten: Zusammensetzung und Zusammenspiel der Komponenten
- Lokale und klimatische Einflussgrößen: Wetter, Einstrahlung, Ausrichtung und Neigung

Der Markt bietet hierfür eine Reihe von bewährten Simulationsprogrammen. Zudem liefern viele Hersteller speziell auf ihre Produkte hin maßgeschneiderte Simulationssoftware. Erst aus dem Zusammenspiel aller Einflussfaktoren ergibt sich der genaue Ertrag einer Anlage. Dies ist auch für den erfahrenen Handwerker oder Planer oftmals kaum oder schwer vorherzusagen. Im Folgenden sollen die wichtigsten Einflussgrößen betrachtet und allgemeingültige Hinweise zur Dimensionierung gegeben werden.

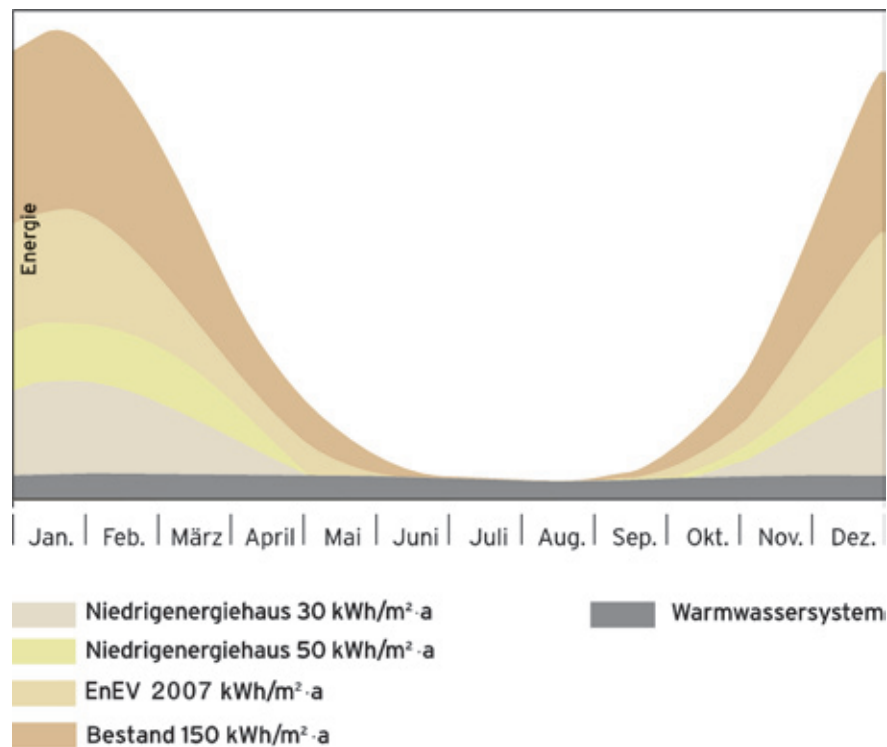


Bild 1: Gebäude unterscheiden sich stark hinsichtlich ihres Wärmebedarfs

#### 1.1 Allgemeines

- Je größer der Wärmebedarf eines Gebäudes, umso größer ist die durch die Solaranlage einzusparende Brennstoffmenge, umso mehr sinkt aber auch der mögliche prozentuale solare Deckungsbeitrag. Während eine bestimmte Kollektorfläche auf einem modernen Niedrigenergiehaus 40 % des Jahresheizwärme-

bedarfes decken kann, würde dieselbe Kollektorfläche auf einem schlecht gedämmten Altbau kaum mehr als 5 % Deckungsbeitrag liefern.

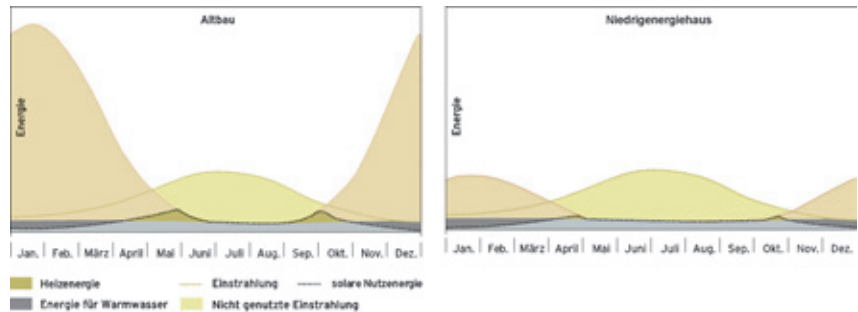


Bild 2 + 3: Vergleich von Deckungsanteilen solarer Heizungsunterstützung für verschiedene Gebäudetypen

- Für die Wirksamkeit einer solaren Heizungsunterstützung ist eine gut abgeglichenen Heizung mit großen Spreizungen, niedrigen Volumenströmen und möglichst niedrigen Rücklauftemperaturen besonders wichtig. Im Fall einer Nachrüstung lohnt sich deshalb der Aufwand der nachträglichen Einregulierung.

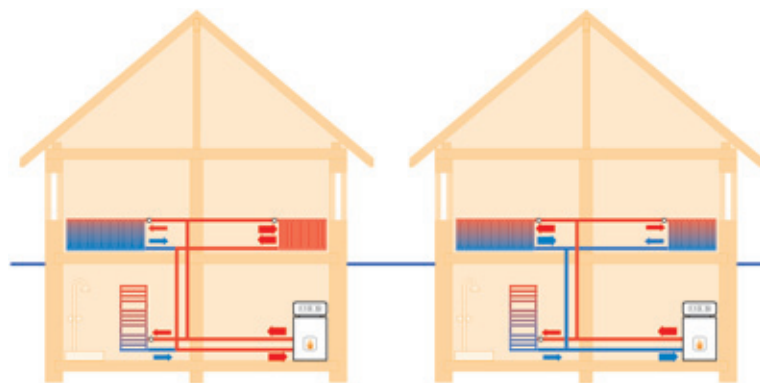


Bild 4: Vergleich mit/ohne hydr. Abgleich

schlecht abgeglichen = warmer Rücklauf; gut abgeglichen = kalter Rücklauf

- Eine solare Heizungsunterstützung ist keine 100%-Heizung. Sie bedarf immer einer vollwertigen Heizung im Hintergrund. Vermeiden Sie es deshalb, bei Ihrem Kunden zu hohe Erwartungen zu wecken. Bleiben Sie realistisch und demonstrieren Sie stattdessen Ihrem Kunden das jeweils Mögliche an Hand einer Simulation.
- In Verbindung mit regenerativen Heizungssystemen, wie Pellet- oder Stückholzkesseln oder auch der Wärmepumpe ergeben sich unter Umständen andere Dimensionierungsanforderungen: So kann es bei Kombination mit einer Wärmepumpenheizung sinnvoll sein, einen möglichst hohen solaren Deckungsbeitrag zu erzielen, um Nachheizung im Hochtarif zu vermeiden
- Es gilt bereits bei der Planung die erhöhte thermische Belastung aller Komponenten zu berücksichtigen (siehe nachfolgende Tipps).

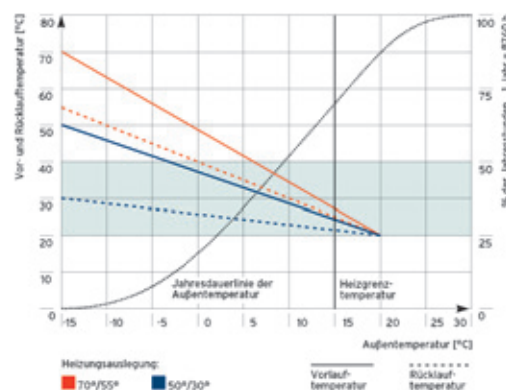


Bild 5:

Solare Heizungsunterstützung erfolgt häufig über die Anhebung des Heizungsrücklaufes. Deshalb ist die Rücklauftemperatur maßgeblich. Je niedriger das der Solaranlage zur Verfügung stehende Temperaturniveau, desto effektiver arbeitet das System. Der optimale Arbeitsbereich für die Einbindung des Heizkreisrücklaufs reicht bis etwa 40 °C



### 1.2 Tipps zur Vermeidung unnötiger thermischer Belastung

Besondere Beachtung bei Wahl und Zusammenstellung der Komponenten verdient die thermische Belastbarkeit. Neben allgemeinen Ursachen wie häufigem sommerlichem Anlagenstillstand und großem Wärmeüberschuss gibt es drei Hauptursachen für erhöhte thermische Belastung von Komponenten:

- Dampf im System
- Heißwasserschub nach Wiedereinschalten
- Kollektor-„Kühl“-Funktionen des Reglers, Bypassfunktionen u. a.

Nachfolgend sollen Tipps gegeben werden, wie damit umgegangen werden kann.

#### **Dampf im System (wandernde Dampf-Front):**

In Kollektorfeldern können – je nach Sonnenscheindauer und Kollektortyp – große Mengen Dampf erzeugt werden. Aus einem Liter Solarflüssigkeit können (rein rechnerisch) bis zu 1000 Liter Dampf entstehen. Die entstehende Dampf-Front wandert (abhängig von Verdampfungsdruck, Wärmeverlusten und Hindernissen) in Richtung Ausdehnungsgefäß.

Wenn durch die Anlagenkonfiguration mit großen Mengen Dampf zu rechnen ist, wird zur Sicherung des Ausdehnungsgefäßes eine Schutzeinrichtung (z. B. ein Vorschaltgefäß) empfohlen.

#### **Heißwasserschub nach Wiedereinschalten:**

Nach Anlagenstillstand wird bei wieder eingeschalteter Pumpe überhitzte Solarflüssigkeit aus dem Kollektorfeld und angrenzenden Rohrbereichen in Richtung Speicher gepumpt. Die Heißwasserfront kann dabei bis weit in den Rücklauf vordringen. Hier können dann auch Temperaturen deutlich über 120 °C auftreten, da – besonders bei schon warmem Speicher – im Wärmetauscher nur ein Teil der Temperatur abgebaut wird.

Es ist deshalb empfehlenswert, eine sogenannte Wiederanlaufsperr/Kollektor-Maximaltemperaturbegrenzung im Regler zu aktivieren. Diese Funktion sorgt dafür, dass die Kollektorkreispumpe im überhitzten Zustand des Kollektors nicht anspringt. Sie schützt damit das System vor thermischer Überlastung.

#### **Kollektor-„Kühl“-Funktionen des Reglers, Bypassfunktionen u. a.:**

Im Falle der sogenannten Kollektor-Kühl-Funktion schaltet der Regler in konstanten Abständen die Pumpe ein, um den Kollektor zu kühlen bzw. um zu verhindern, dass sich im Kollektor eine Dampfblase bildet. Dies hat einen erheblichen Wärmeeintrag ins Rohrsystem zur Folge. In einem gut isolierten System kommt es jedoch nicht zu ausreichender Abkühlung. Das System „schaukelt“ sich immer weiter auf. Besonders bei relativ großem Kollektorfeld und gleichzeitig kurzen Leitungswegen (Dachheizzentrale), kann dadurch das gesamte System sehr heiß werden. Auch kann es zu einer Dampfbeaufschlagung des Ausdehnungsgefäßes kommen. Besondere Beachtung verdient der „Urlaubsfall“. Es ist deshalb empfehlenswert, diese Funktionen nicht zu aktivieren und stattdessen eine sogenannte Wiederanlaufsperr/Kollektor-Maximaltemperaturbegrenzung im Regler zu nutzen.

### 1.3 Tipps zur Auswahl der Komponenten

Anlagen zur Heizungsunterstützung unterliegen ganz allgemein einer erhöhten thermischen Beanspruchung. Davon sind prinzipiell alle Komponenten betroffen. Nachfolgend erhalten Sie einige Hinweise zur Auswahl:

#### **Dichtungen, Dichtmaterialien, Armaturen und Pumpen**

- Temperatur-, Glykol- und Druckbeständigkeit (Herstellerfreigabe)
- Nach Möglichkeit Einbau im Rücklauf
- Hanf nicht in Kollektornähe, hier nur metallisch dichtend
- Durchflussmesser in Kollektornähe in Bypass-Ausführung

### Dämmung

- Achten Sie auf den Einbau von temperaturbeständigem Material zur Dämmung.

### Solarfluid

- Zum Schutz des Solarfluids gilt: Anlagenbetriebsdruck beträgt je nach Herstellerangaben 0,7 bis 1,5 bar zuzüglich 0,1 bar pro Meter statischer Höhe (an der höchsten Stelle des Systems im kalten Zustand).
- Kollektoren in Einbaulage waagrecht oder mit unteren Anschlüssen sorgen für eine geringere Belastung des Fluids, da diese nicht leer kochen müssen, sondern leer drücken.
- möglichst wenige Rohrleitungen oberhalb des Kollektors, da deren Inhalt bei Anlagenstillstand in den Kollektor fließt und dort auch verdampfen muss.

### Ausdehnungsgefäße

- Vorschaltgefäß (oder andere Schutzeinrichtung für das MAG) installieren (besonders bei großem Kollektorinhalt in Verbindung mit kurzen Rohrleitungen).
- Vordruck nach Anlieferung prüfen und an den Anlagendruck anpassen. Dazu sind Herstellervorgaben/Berechnungstabellen der Hersteller zu beachten. Gegebenenfalls muss Druck aufgepumpt oder abgelassen werden.

### Vorschaltgefäße

Der Einbau von Vorschaltgefäßen gewinnt zunehmend an Bedeutung. Wie bereits erwähnt, können in Solaranlagen im Stillstandsfall mitverdampfende Rohrvolumina von 100 % erreicht werden, was zu einer Dampfbeaufschlagung der Membran des Ausdehnungsgefäßes führen kann. Das würde zur Zerstörung der Membran führen. Weitere Informationen zu diesem Thema entnehmen Sie bitte dem BDH-Informationsblatt Nr. 34.

### Fühler, Fühlerkabel und andere Kabelisolationen

- Fühler sollten an der durch den Kollektorhersteller vorgesehenen Stelle montiert werden, eine Freigabe als Kollektorfühler durch den Systemanbieter aufweisen und austauschbar sein.

### Zusammenfassung und Empfehlungen zur Vermeidung thermischer Überlastung

- Kollektorfeld nicht überdimensionieren (siehe Punkt 2 „Auslegung“)
- Nach Möglichkeit weitere sommerliche Verbraucher mit einbeziehen
- Betriebsdruck nach Herstellerangaben und nicht unnötig hoch
- Kollektor-Kühl- und -Bypassfunktionen des Reglers richtig einsetzen und Auswirkungen überprüfen, Anlagenschutzfunktionen des Reglers nutzen
- Komponenten und Materialien mit Herstellerfreigabe einsetzen
- Vorschaltgefäße (oder andere Schutzeinrichtung für das MAG) verwenden



*Bild 6:  
Nicht geeignet für den Einbau in unmittelbarer Kollektornähe: Sicherheitsventil und Durchflussmengenbegrenzer ohne ausreichende thermische Beständigkeit für die gewählte Einbauposition*

## 2 Auslegung

### 2.1 Kollektorfläche

Wird die sommerliche Überschusswärme (z. B. durch eine Schwimmbaderwärmung) vollständig genutzt, ist in der Dimensionierung der Kollektorfläche eine Begrenzung nach oben nicht notwendig, da ein Mehr an Kollektorfläche dann auch zu einem vergleichbaren Mehr an Energieeinsparung führt. Hier geben also eher die Kaufkraft des Kunden oder die zur Verfügung stehende Dachfläche den Ausschlag.

Ist eine Nutzung der sommerlichen Überschusswärme nicht möglich, kann in der Planung zunächst mit dem Ansatz des 1,8- bis 2,5-fachen der für die reine Trinkwassererwärmung (TWW) benötigten Kollektorfläche gearbeitet werden. Anschließend wird mittels Simulation die genaue Einsparung an Brennstoff für diese Fläche ermittelt. Alternativ berechnet man dann noch ein oder zwei etwas größere Kollektorflächen. Der Kunde kann sich dann für die eine oder andere Konfiguration entscheiden.

Für die ansatzweise Festlegung der Kollektorfläche (1,8- bis 2,5-fache Fläche TWW) liegt dabei die Überlegung zugrunde, welche Fläche allein für die reine Trinkwassererwärmung mindestens notwendig wäre (1–1,5 m<sup>2</sup> Kollektorfläche pro Person). Daraus ergibt sich für die Kollektorfläche zur Heizungsunterstützung der untere Grenzwert von etwa dem doppelten des Wertes zur reinen Trinkwassererwärmung. Würde man die Fläche noch kleiner auslegen, wäre ein Beitrag zur Heizung schlicht nicht spürbar.

**Beispiel:** Für ein EFH mit vier Personen und 200 l Trinkwarmwasserverbrauch pro Tag (45 °C) werden etwa 5 m<sup>2</sup> Kollektorfläche für die reine Trinkwassererwärmung veranschlagt. Als erster Ansatz für eine mögliche solare Heizungsunterstützung kann also hier von mindestens 9 m<sup>2</sup> Kollektorfläche ausgegangen werden. Die Simulation dieser Anlage unter Berücksichtigung aller spezifischen Kunden-, Klima- und Gebäudedaten ergibt dann die mögliche Brennstoffersparnis bzw. den erreichbaren solaren Deckungsbeitrag. Wird anschließend statt mit 9 m<sup>2</sup> zusätzlich mit 14 m<sup>2</sup> oder 16 m<sup>2</sup> Kollektorfläche simuliert, kann der Kunde anschaulich den Mehrnutzen der Kollektorfläche erkennen. Der planerische Aufwand hierfür hält sich in Grenzen, da als einziger Parameter lediglich die Kollektorfläche und evtl. noch die Speichergröße verändert wird. Achten Sie darauf, dass Sie Ihrem Kunden stets klar vermitteln, welchen Nutzen er davon hat und stellen Sie Ihre Argumentation auf seine Bedürfnisse ein.

Besteht die Möglichkeit, Kollektorausrichtung und Neigung zu wählen, sollten reine Südausrichtungen mit Abweichungen bis Südost oder Südwest sowie eine Neigung von etwa 45–60° bevorzugt werden. Dies gilt für Kollektorfelder zur Heizungsunterstützung ohne Nutzung der sommerlichen Überschusswärme. Diese etwas steileren Neigungen als in der Trinkwassererwärmung sorgen – neben einem höheren Ertrag in der Übergangszeit – gleichzeitig für geringere Überschüsse im Sommer und schonen damit die gesamte Anlage. Besteht keine Möglichkeit, Dachausrichtung und Neigung zu wählen – was für die Mehrheit aller Dächer zutrifft – gilt prinzipiell keine Einschränkung in der Eignung, es ist lediglich von geringeren Erträgen auszugehen.

Mit zunehmendem Dämmstandard moderner Gebäude wird es aus Sicht möglichst hoher Energieeinsparung lohnend, vorrangig die Heizung zu unterstützen, bevor es an die Trinkwassererwärmung geht. Moderne Flächenheizungen und gut abgeglichenen Radiatorenheizkreise arbeiten schließlich mit Temperaturen weit unter der Bereitschaftstemperatur des Trinkwassers. Moderne Regeltechnik macht diesbezüglich eine Unterscheidung möglich und entscheidet selbsttätig, wo die solare Wärme gerade am effizientesten eingesetzt werden kann. Setzen Sie sich bei der Wahl der optimalen Regelung am besten frühzeitig mit den im BDH vertretenen Unternehmen in Verbindung.

### 2.2 Speicher

Für die Dimensionierung eines Speichers zur solaren Heizungsunterstützung interessieren die zwei Grenzfälle „zu klein“ und „zu groß“. Eine passende Auslegung wird sich innerhalb dieser Grenzen bewegen.

### Fall A: Speicher zu klein

Prinzipiell muss unterschieden werden, ob es sich um ein Einspeichersystem mit Kombispeicher oder ein Zweispeichersystem mit Solar- und Pufferspeicher handelt. Puffer- oder Kombispeicher sollten in der Lage sein, den maximalen Solarertrag eines typischen Tages aufzunehmen. Da der Nutzungszeitraum hier nicht im Sommer liegt, sondern in den Übergangszeiten und im Winter, ergibt sich „ein guter Sonnentag“ in der Übergangszeit Herbst bzw. Frühling als das typische Einsatzgebiet, da hier im Gegensatz zum Winter die höhere Einstrahlung zu erwarten ist.

### Pufferdimensionierung in Zweispeichersystemen

Hierbei ist zu berücksichtigen, dass in aller Regel zuerst die Trinkwasserbereitung erfolgt. Der Pufferspeicher muss also lediglich den Teil der Solarwärme speichern können, der nach Beladung des Trinkwasserspeichers noch übrig ist.

**Beispiel:** Bei einer Kollektorfläche von 10 m<sup>2</sup> wird in der Übergangszeit etwa eine Fläche von 6 m<sup>2</sup> für die reine Trinkwassererwärmung (eines 300-Liter-Speichers) benötigt. Der Pufferspeicher muss nun also mindestens so groß gewählt werden, dass er in der Lage ist, den Ertrag von 4 m<sup>2</sup> Kollektorfläche aufzunehmen. Es fällt nicht schwer zu überschlagen, dass wenn ein 300-Liter-Speicher im Herbst für 6 m<sup>2</sup> ausreicht, für 4 m<sup>2</sup> als minimales Puffervolumen lediglich 200 l benötigt werden.

### Kombispeicherdimensionierung

Aus dem zur Pufferdimensionierung Gesagten ergibt sich, dass für eine 10-m<sup>2</sup>-Kollektorfläche minimal 500 l Kombispeicher (300 l Solarspeicher + 200 l Puffer) ausreichen.

### Fall B: Speicher zu groß

Ein Speicher ist dann zu groß, wenn er innerhalb eines Tages nicht auf ein nutzbares Temperaturniveau kommt. Zur Unterstützung (Rücklaufanhebung) einer Fußbodenheizung wird beispielsweise in der Übergangszeit eine Temperatur von ca. 40 °C nötig sein, da diese auf ihrer Heizkurve gerade bei ca. 28–33 °C arbeitet. Je schlechter abgeglichen eine Heizung ist oder je höher die Rücklauftemperaturen, umso höhere Puffertemperaturen werden benötigt.

Das gesamte Puffervolumen sollte also am Abend des Tages deutlich (ca. 10 K) über der Heizungsrücklauftemperatur liegen. Ansonsten ist keine Anhebung des Rücklaufes möglich.

**Beispiel:** Bei einer Kollektorfläche von 10 m<sup>2</sup> stehen – nach Abzug des Energiebedarfs für Trinkwassererwärmung – noch ca. 4 m<sup>2</sup> zur Raumheizung zur Verfügung. Verteilt man diese Energiemenge (ca. 2 kWh/(m<sup>2</sup>·d)<sup>1)</sup> = 8 kWh = 8 000 Wh) auf einen 500-Liter-Pufferspeicher, stellt sich eine Temperaturdifferenz von  $dT = 8\,000 / (1,16 \cdot 500) = 14$  K ein. Fängt ein Speicher morgens mit einer Temperatur von 15 °C an, so käme dieser auf 15 + 14 = 29 °C. Dieser Speicher wäre also zu groß. Daraus ergibt sich für ein angestrebtes Temperaturniveau von beispielsweise 40 °C (von 15 °C auf 40 °C = 25 K) ein maximales Speichervolumen von 275 Litern.

Es ist leicht ersichtlich, dass sich in dem beschriebenen Fall das passende Speichervolumen zwischen den Grenzwerten 200 und 275 Litern bewegt.

In der Praxis ist allerdings zu berücksichtigen, dass ein erheblicher Teil der solaren Tageswärme bereits tagsüber wieder verbraucht wird, wodurch das real benötigte Speichervolumen eher kleiner ausfällt.

Es soll abschließend auch hier darauf hingewiesen werden, dass das exakte Dimensionieren von Speichern auf eine computergestützte Simulation hinausläuft. Im überwiegenden Teil der Planungsfälle ist eine solche Exaktheit allerdings unnötig.

<sup>1)</sup> Typischer Ertrag an einem Sommertag: ca. 2,5–3 kWh/(m<sup>2</sup>·d). Daraus abgeleitet im Herbst/Frühjahr ca. 2 kWh/(m<sup>2</sup>·d)

### 3 Daumenwerte und Faustformeln

- Kollektorfläche zur Heizungsunterstützung mindestens 1,8- bis 2,5-mal so groß wie zur Trinkwassererwärmung
- 50–70 Liter Speichervolumen je Quadratmeter Kollektorfläche

Die Verwendung von heizlastabhängigen Daumenwerten ist nach Möglichkeit zu vermeiden, da diese Auslegung zu ungenau ist. Werden trotzdem Daumenwerte verwendet, ist darauf zu achten, für welche Randbedingungen diese Werte ermittelt wurden. Keinesfalls dürfen diese Werte bei Anlagen mit abweichenden Randbedingungen verwendet werden.

Beispielrechnungen <sup>1)</sup>	Beispiel A: 5 Quadratmeter Kollektorfläche und 700-Liter-Kombispeicher	Beispiel B: 8 Quadratmeter Kollektorfläche und 700-Liter-Kombispeicher
Heizlast	EFH mit 120 m <sup>2</sup> Wohnfläche, 6 kW	
Heizkreis	Fußbodenheizung 40 °C/30 °C	
Belegung	4 Personen/160 l/d	
Standort	Köln	
Ausrichtung	Süd, Dachneigung 45°	
Deckung	57,6 %	62,7 %
Trinkwarmwasserbedarf		
Deckung gesamt	21,2 %	24,6 %
Systemnutzungsgrad	48,5 %	46,6 %

<sup>1)</sup> Die Beispielsimulation wurde mit dem Simulationsprogramm für thermische Solaranlagen T<sup>3</sup>SOL unter obigen Randbedingungen durchgeführt.

Bild 7: Beispielsimulation für eine Einfamilienhausanlage zur Heizungsunterstützung mit Variation der Kollektorfläche

### 4 Installationshinweise und Praxistipps zur Fehlervermeidung

Zu den häufigsten Fehlerursachen gehören

- Falsche Wahl und Zusammenstellung der Komponenten
- Falsche Einregelung der Komponenten
- Fehlerhafte Befestigung oder Positionierung von Temperaturfühlern

Prinzipiell sollten deshalb vorkonfektionierte Systeme zum Einsatz kommen, deren Komponenten werkseitig aufeinander abgestimmt und die speziell für das Einsatzgebiet solare Heizungsunterstützung entwickelt wurden. Die Mitgliedsunternehmen des BDH verfügen hierbei über eine breite Palette bewährter Systeme.

Wenn sich durch bauliche Voraussetzungen oder Kundenwunsch die Notwendigkeit ergibt, vorhandene Komponenten mit neuen zu kombinieren, dann achten Sie auf eine sorgfältige Planung und nehmen Sie rechtzeitig Kontakt mit den Herstellern auf. Legen Sie besonderen Wert auf eine umfassende Dokumentation der Anlage und weisen Sie den Betreiber in die Funktionen ein.

Achten Sie bei der Inbetriebnahme von Speichern besonders auf eine exakte Einstellung der Bereitschaftstemperatur. Zu hohe Bereitschaftstemperaturen gehen auf Kosten des solaren Ertrages und bewirken verstärkten Kalkausfall.

### 5 Inspektion

Die Inspektion einer Solaranlage zur Heizungsunterstützung unterscheidet sich prinzipiell nicht von der einer Anlage zur Trinkwassererwärmung. Durch die verstärkte thermische Belastung der Komponenten kommt ihr jedoch eine größere Bedeutung zu. Besonders das Solarfluid muss regelmäßig überprüft werden. Versäumen Sie auf keinen Fall, Ihrem Kunden die Inspektion anzubieten.

Weitere Hinweise zur Inspektion von Solaranlagen entnehmen Sie bitte den Herstellerinformationen, dem BDH-Informationsblatt Nr. 34 „Betriebssicherheit thermischer Solaranlagen“ und dem BDH-Informationsblatt Nr. 44 „Thermische Solaranlagen – Dokumentation von Übergabe und Inspektion“.

Herausgeber:  
Interessengemeinschaft  
Energie Umwelt Feuerungen GmbH  
Infoblatt 27/2 März/2011



# Betriebsicherheit thermischer Solaranlagen

Für grundlegende und ergänzende Informationen beachten Sie bitte die BDH-Infoblätter Nr. 17 „Thermische Solaranlagen“ Teil 1, 2 und 3 sowie die BDH-Infoblätter Nr. 27 „Solare Heizungsunterstützung“ Teil 1 und 2.

Dieses BDH-Infoblatt legt den Schwerpunkt auf den Einfamilienhausbereich.

## 1 Einleitung

Thermische Solaranlagen sind Bestandteil moderner Heiztechnik und reduzieren den Verbrauch von fossiler Energie. Das schützt die Umwelt und senkt die Energiekosten. Der Trend geht dabei zu größeren Kollektorflächen; fast die Hälfte der neu gebauten Anlagen dient auch der Heizungsunterstützung. Moderne Kollektoren sind zudem sehr leistungsfähig: Handelsübliche Flachkollektoren erreichen auf dem Prüfstand Stillstandstemperaturen von deutlich über 200 °C, bei Vakuum-Röhrenkollektoren liegen sie über 260 °C.

Eine Besonderheit der Solartechnik ist die Energiequelle, denn die Energiezufuhr der Sonne – der „Brenner“ – lässt sich nicht abschalten. Ein Betriebszustand, bei dem die Kollektoren und Teile des Solarkreises bis zur Stillstandstemperatur erwärmt werden, ist daher normal.

Thermische Solaranlagen müssen grundsätzlich eigensicher ausgeführt sein, d. h., es müssen alle Betriebszustände eigenständig und ohne eingreifende Maßnahmen von außen durchlaufen werden können. Nur bei eigensicheren Solaranlagen ist der zuverlässige, störungsfreie Betrieb langfristig gewährleistet.

In der Praxis der vergangenen Jahre stellte sich heraus, welche Anlagenkonzepte besonders betriebssicher sind, wie sich Belastungen reduzieren und Probleme vermeiden lassen. Dieses Infoblatt fasst die Erfahrungen zusammen und zeigt auf, wie thermische Solaranlagen über 20 Jahre sicher betrieben werden können.

## 2 Stagnationsverhalten thermischer Solaranlagen

### 2.1 Anlagenstillstand bei Sonneneinstrahlung

Der Anlagenstillstand bei Sonneneinstrahlung, auch als Stagnation bezeichnet, führt zu einem Temperaturanstieg im Kollektor bis zur maximalen Temperatur, bei der Energiegewinn und -verlust einander die Waage halten. In den Kollektoren werden dabei Temperaturen erreicht, die in der Regel den Siedepunkt der Solarflüssigkeit überschreiten.

Ein Grund für den Anlagenstillstand bei Sonneneinstrahlung ist zumeist ein voller Speicher. Aber auch Stromausfall oder technische Defekte können Ursache der Stagnation sein. Die Dampfbildung im Kollektor gilt insofern als „normaler Betriebszustand“, und zwar unabhängig von der Kollektorart, von der Größe der Kollektorfläche und von der Betriebsweise (Heizungsunterstützung, Trinkwassererwärmung).

Das Konzept, mit hohem Druck im System den Zeitpunkt des Siedens und damit der Dampfbildung möglichst weit hinauszuschieben oder gar zu vermeiden, hat sich in der Praxis nicht bewährt und wird daher hier nicht weiter betrachtet.

Der Stagnationsfall führt zu Belastungen von Komponenten und Solarflüssigkeit:

- Dampfbildung im Kollektor und angrenzendem Solarkreis
- Beschleunigte Alterung der Solarflüssigkeit

### 2.2 Dampfvolumen

Die Dampfbildung im Kollektor wird nur dann zum Risiko, wenn das produzierte Dampfvolumen bei der Ausdehnung Anlagenkomponenten thermisch überlastet.

Es kommt daher darauf an, das Dampfvolmen möglichst gering zu halten. Die Menge des produzierten Dampfes ist u. a. abhängig von der Dauer des Siedens der Solarflüssigkeit. Je länger diese also während der Stagnation im Wärmeerzeuger (Kollektor) verbleibt, desto größer wird das Dampfvolmen (mehr dazu unter Punkt 3.1 Hydraulik).

Zudem muss sich die Dampfblase gezielt ausdehnen können, ohne dass es dabei zur thermischen Überlastung von Anlagenteilen kommt. Durch geeignete Dimensionierung und Anordnung der entsprechenden Komponenten wird die Dampfildung im Stagnationsfall ohne Folgen für die Funktionsfähigkeit der Anlage bleiben (mehr dazu unter Punkt 5.2 Membran-Druckausdehnungsgefäß und 5.3 Vorschaltgefäß).

### 2.3 Alterung der Solarflüssigkeit

Mit beginnender Dampfildung steigt der Druck im System stark an und infolgedessen steigt auch die Siedetemperatur des Solarfluids. Bei marktüblichen Gemischen auf Basis von Propylenglykol beginnt bei Überhitzung eine langsame Zersetzung (Herstellerangaben beachten). Je höher die Fluidtemperatur ist, desto schneller laufen diese Zersetzungsprozesse ab. Während der thermischen Belastung finden chemische Reaktionen statt, die zur Bildung von organischen Säuren führen. Die dem Fluid zugesetzten alkalischen Bestandteile neutralisieren diese Säuren, werden aber dadurch mit der Zeit verbraucht.

Eine zusätzliche Belastung des Wärmeträgers stellt in diesem Zusammenhang Sauerstoff dar. Dieser sorgt dafür, dass die Inhibitoren zur Säurepufferung beschleunigt abgebaut werden. Neben dem Luftsauerstoff, der bei der Befüllung eingetragen wird, sind hier auch Oxide von Verzunderungen im Solarkreis zu beachten. Zudem hat sich herausgestellt, dass auch Sauerstoffeintrag über Dichtungen nicht sicher ausgeschlossen werden kann (mehr dazu unter Punkt 4.3 Verbindungen).

#### Zunder als Sauerstoffquelle

Eine häufig unbeachtete Ursache für Sauerstoff im Solarkreis ist Zunder auf den Innenflächen von Kupferrohrleitungen, ggf. auch im Kollektor. Zum einen entsteht dieser Zunder beim Löten, zum anderen kann auch die Sonneneinstrahlung auf den leeren Kollektor zur Zunderildung führen. Das ist dann der Fall, wenn der unbefüllte Kollektor ungeschützt, d. h. ohne Abdeckung über längere Zeit der Einstrahlung ausgesetzt ist. Lässt sich eine Zunderildung nicht mit Sicherheit ausschließen, ist auf eine sorgfältige Beseitigung dieser Verunreinigungen beim Spülen zu achten (mehr dazu unter Punkt 6.1 Befüllen und spülen).

Im ungünstigen Fall treffen beide Belastungen – Überhitzung und Oxidation – zusammen. Die schützenden Bestandteile werden dann sehr rasch verbraucht, das Fluid überaltert. In der Folge wird die Solarflüssigkeit nicht nur korrosiv (Übersäuerung), es kommt auch zur Bildung von teerartigen Zersetzungsprodukten, die im Fluid nicht mehr löslich sind und so zu Verklebungen innerhalb des Solarkreises bis hin zur Zerstörung der Solaranlage führen.



Solarfluid: Ausgangszustand (pH 8,2) und rechts stark gealtert (pH 6,8)



Zerstörtes Solarfluid mit unlöslichen Zersetzungsprodukten



## 2.4 Gefahr erkannt, Gefahr gebannt

Eine gute Solarwärmanlage zeichnet sich durch einen auf das Gebäude abgestimmten Systemdruck, ein schnell entleerendes Kollektorfeld und durch eine konsequente Entlüftung des Solarfluids im laufenden Betrieb aus. In solchen Anlagen hat die Solarflüssigkeit eine sehr lange Lebensdauer.

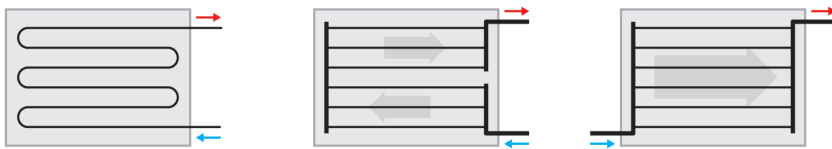
Um den dauerhaft sicheren Betrieb sicherzustellen, muss der Alterungszustand der Solarflüssigkeit regelmäßig überprüft werden. Als Maß dafür hat sich in der Praxis der pH-Wert bewährt, der stets im alkalischen Bereich ( $\text{pH} > 7,0$  – Herstellerangaben beachten) liegen muss. Oberhalb dieses Wertes ist das Korrosionsrisiko deutlich reduziert, darunter besitzt das Solarfluid keine ausreichende Korrosionsschutzwirkung mehr und muss ausgewechselt werden (mehr dazu unter Punkt 7.3 Solarflüssigkeit).

## 3 Kollektorfeld

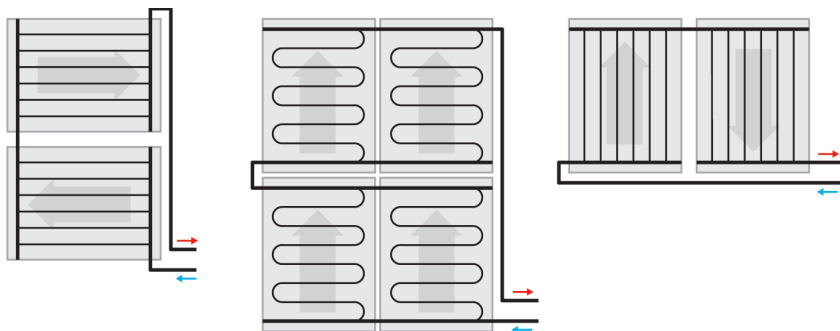
### 3.1 Hydraulik

Von entscheidender Bedeutung für das Verhalten der Anlage im Stagnationsfall ist die hydraulische Einbindung der Kollektoren in den Solarkreis. Grundsätzlich wird unterschieden in leer drückende und leer kochende Kollektorfelder.

In einem **leer drückenden Kollektorfeld** wird der Wärmeträger relativ schnell von der sich bildenden Dampfblase über die Vor- und Rücklaufleitung aus dem Kollektor gedrängt. Je schneller dieser Vorgang abläuft, desto geringer sind die thermische Belastung des Fluids und das entstehende Dampfvolument mit entsprechend geringen Dampfreichweiten. Ist der Kollektor vollständig mit Dampf gefüllt, erwärmt er sich bis zur Stagnationstemperatur und bleibt in diesem Zustand bis die Einstrahlung abnimmt und die Dampfblase kondensiert.



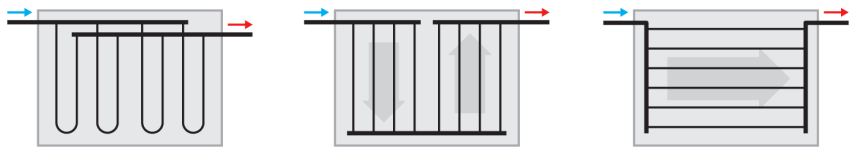
Prinzip: Leer drückender Kollektor.



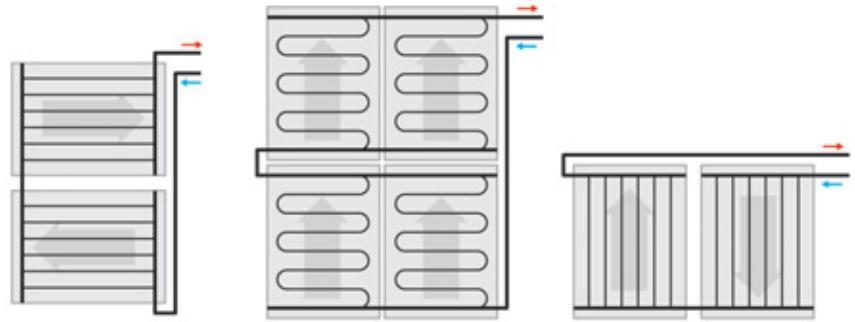
Leer drückendes Kollektorfeld mit von Kollektoranschlüssen fallenden Rohrleitungen

Das verdrängte Volumen aus dem Kollektor und den unmittelbaren Anschlussleitungen wird vom Membran-Druckausdehnungsgefäß (MAG) aufgenommen und bei Kondensation der Dampfblase wieder in den Solarkreis zurückgedrückt. Die Anlage ist somit wieder betriebsbereit.

Im Gegensatz dazu wird bei einem **leer kochenden Kollektorfeld** der Wärmeträger nicht (vollständig) von der Dampfblase aus dem Kollektor gedrängt, sondern kann nur als Dampf den Kollektor verlassen, d. h. er kocht entsprechend lange vor sich hin. Bei Verwendung von glykolhaltigen Wärmeträgern kommt es aufgrund des höheren Siedepunktes des Glykols zur Aufkonzentration mit immer weiter ansteigendem Siedepunkt und entsprechend zunehmender thermischer Belastung des Fluids. Zudem ist bei leer kochenden Kollektorfeldern das maximale Dampfvolument deutlich größer als bei leer drückenden Kollektorfeldern.



Prinzip: Leer kochender Kollektor.



Leer kochendes Kollektorfeld mit von Kollektoranschlüssen steigenden Rohrleitungen

Werden jedoch gute, leer drückende Kollektoren ungünstig hydraulisch eingebunden, so bilden sich „Flüssigkeitssäcke“, aus denen während der Stillstandsphase ständig Fluid in den Kollektor fließen und dort neuen Dampf bilden kann. Je konsequenter die hydraulische Einbindung der Kollektoren (fallende Rohrleitung) ein Leerdrücken ermöglicht, desto geringer sind die Belastungen für das System.

#### Alternative Wärmeträger

In der Praxis hat sich der Einsatz von Propylenglykol-Wasser-Gemischen als Wärmeträger bewährt und weitestgehend im Markt durchgesetzt. Vereinzelt werden aber auch Alternativen angeboten:

#### Thermoöl

Temperaturbeständige Öle bieten unter dem Aspekt der thermischen Belastbarkeit zwar Vorteile, sie sind aber in der praktischen Anwendung schwerer zu handhaben. Zudem haben sie eine geringere Wärmekapazität als Propylenglykol-Wasser-Gemische und kosten deutlich mehr.

#### Wasser

Systeme, die Wasser als Wärmeträgermedium verwenden, müssen den Frostschutz durch Wärmeeintrag sicherstellen, d. h. im Frostfall müssen gefährdete Bereiche mit durchströmendem Wasser beheizt werden. In Bezug auf Dampf-bildung ist mit vergleichbaren Risiken für thermisch sensible Komponenten zu rechnen.

#### Ionische Flüssigkeiten

Versuche mit ionischen Flüssigkeiten (Salzlösungen) haben zu keinen befriedigenden Ergebnissen geführt und gelten als nicht praxistauglich.

### 3.2 Entlüfter

Kann im Bereich der Kollektoren nicht auf einen Entlüfter verzichtet werden, wird ein Luftabscheider mit Handentlüfter (thermisch belastbar) empfohlen. Der Einsatz von Automatikentlüftern ist nur dann zulässig, wenn sie entsprechend temperaturbeständig sind und nach Inbetriebnahme der Anlage mit einem geeigneten Absperrorgan verschlossen werden, um Dampfaustritt zu verhindern.

Für die notwendige regelmäßige Entlüftung muss der Handentlüfter bzw. der Absperrhahn kurzzeitig geöffnet werden. Bei schlechter Zugänglichkeit sind Entlüfter an dieser Stelle daher nicht empfehlenswert.

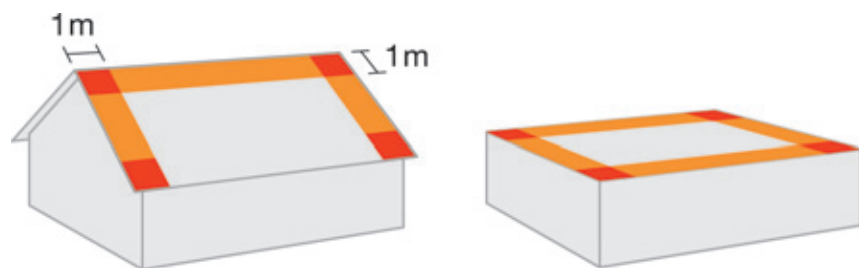
Weitere Informationen zum Thema Entlüftung finden Sie unter den Punkten 5.5 Luftabscheider und 6.4 Entlüften.

### 3.3 Statik

Grundsätzlich gilt: Der Fachhandwerker übernimmt mit der Errichtung der Solaranlage die Verantwortung dafür, dass die Kombination aus Anlage und Dach den statischen Anforderungen entspricht und dass die Dachhaut ihre Schutzfunktion uneingeschränkt behält.

Die statischen Anforderungen an die Kollektorbefestigung sind in der DIN 1055 detailliert beschrieben. Hier finden sich u. a. die spezifischen Daten zu den Lastannahmen, die bei der Befestigung von Kollektoren zu berücksichtigen sind, wie z. B. die Schnee- und Windlastzonen. Die Objekt-spezifischen Lastannahmen bilden die Voraussetzung für ein geeignetes Befestigungskonzept und sind bei der Bestellung der Komponenten zu berücksichtigen.

Besonders in Eck- und Randbereichen von Dächern jeglicher Form ist die Montage von Kollektoren mit Standard-Befestigungssystemen nicht zulässig. Die dort auftretenden Windlasten (Sog und Druck) sind deutlich höher als im übrigen Dachbereich und übersteigen die statischen Belastungsgrenzen von Standard-Befestigungssystemen. Als Mindestabstand zum äußeren Dachrand gilt für das Kollektorfeld ein Meter. Wenn dieser Mindestabstand nicht eingehalten werden kann, muss das notwendige Befestigungssystem in Absprache mit dem Hersteller bzw. Lieferanten gewählt werden.



Mindestabstand des Kollektorfeldes vom Dachrand 1 Meter (Ausnahme: Traufbereich bei geneigten Dächern)

Bei der Montage von Kollektoren auf Dächern ist sicherzustellen, dass das Dach die zusätzliche Last (Kollektor plus Befestigungssystem) an der vorgesehenen Stelle tragen kann. Das gilt insbesondere für die Flachdachmontage bei der Verwendung eines Ballastbefestigungssystems.

Zudem ist auf den Schutz der äußeren Dachhaut zu achten. Das gilt sowohl für die direkte Montagefläche der Kollektoren als auch für die sonstigen, von den Arbeiten betroffenen Bereiche. Neben der Regendichtheit muss auch die Wind- und Luftdichtheit der Gebäudehülle uneingeschränkt erhalten bleiben. Das bedeutet, dass nach der Verlegung der Solarkreisverrohrung z. B. das durchdrungene Unterdach bzw. die Unterspannbahn oder auch eine Luftdichtheitsebene mit Dampfsperre im Innenbereich nach Abschluss der Montage wieder sorgfältig anzuarbeiten sind.

### 3.4 Korrosion

Um die statischen Anforderungen an das Befestigungssystem ausreichend zu berücksichtigen, muss Korrosion dauerhaft vermieden werden. Nicht korrodierende Befestigungsmaterialien, wie z. B. Aluminium (ggf. seewasserfest) oder Edelstahl, bieten hier ausreichende Sicherheit. Werden aber verzinkte Komponenten (z. B. Gestelle) eingesetzt, ist auf die Unversehrtheit der Oberfläche zu achten. Die Nachbearbeitung von verzinkten Bauteilen (z. B. bohren oder sägen) auf der Baustelle zerstört deren Korrosionsschutz und ist auch durch Aufbringen von Schutzfarben nicht wieder ausreichend herzustellen. Wenn die Nachbearbeitung nicht vermeidbar ist, müssen diese Stellen regelmäßig überprüft und ggf. gewartet werden.

Schrauben, Scheiben und Muttern aus verzinktem Stahl sind in der Regel nicht geeignet für die Befestigung von Kollektoren, denn die oberflächliche Schutzschicht wird bei der Verarbeitung beschädigt. Das führt schon kurzfristig zur Rostbildung, die die Befestigung beeinträchtigt: Verrostete Schrauben lassen sich nicht lösen, weggerostete U-Scheiben führen zu lockeren Verbindungen.



*Korrosion ist zu vermeiden*

*Korrosionsschutz ist regelmäßig zu überprüfen*

Das Korrosionsrisiko gilt nicht nur für den Außenbereich, auch unter der Dacheindeckung muss mit Feuchtigkeit gerechnet werden, die besonders beim Kontakt unterschiedlicher Materialien zu Korrosionsproblemen führt (Kontaktkorrosion).

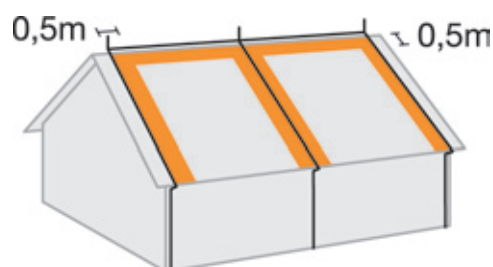
### **3.5 Asbestdächer**

Für Arbeiten an Dächern, die mit Asbestzementplatten eingedeckt sind, gilt in Deutschland die TRGS 519 (Technische Regeln für Gefahrstoffe: Asbest). Sie dürfen demnach nur von Unternehmen durchgeführt werden, die von den Behörden der jeweils zuständigen Bundesländer zur Durchführung dieser Arbeiten zugelassen worden sind. Bei der Kollektormontage sind zudem die Vorschriften der einzelnen Bundesländer einzuhalten.

### **3.6 Blitzschutz**

Die einschlägigen Regeln für den Blitzschutz finden sich in der DIN EN 62305 Teil 3 / VDE 0185-305-3 (Blitzschutz, Schutz von baulichen Anlagen und Personen) und im Beiblatt 2 (Photovoltaik- und Solarthermie-Anlagen). Die Anforderungen an den Blitzschutz richten sich nach der Blitzschutzklasse des jeweiligen Gebäudes und müssen bei der Planung und Installation thermischer Solaranlagen berücksichtigt werden.

Ist auf einem Gebäude eine Blitzschutzanlage als äußerer Blitzschutz vorhanden, sind die Kollektoren und deren Befestigung so in diesen zu integrieren, dass auch das Kollektorfeld vor einem direkten Blitzeinschlag geschützt ist. Dazu muss sich die gesamte Kollektorfläche innerhalb der Maschen der Blitzschutzanlage befinden, wobei nach allen Seiten ein Sicherheitsabstand von ca. 0,5 m vom Kollektorfeld zu den ableitenden Teilen der Blitzschutzanlage einzuhalten ist. Die genaue Berechnung dieses Trennungsabstandes ist der DIN EN 62305 Teil 3 zu entnehmen. Kann der Trennungsabstand aus baulichen Gründen nicht eingehalten werden, so sind die Kollektoren und deren Befestigung auf kürzestem Weg mit den ableitenden Teilen zu verbinden (Cu-Kabel mit mindestens 16 mm<sup>2</sup>).



*Trennungsabstand bei vorhandener Blitzschutzanlage mind. 0,5 Meter.*

Wenn die Blitzschutzanlage veraltet und nicht mehr normgerecht ist, erlischt aufgrund der Montage der Kollektoren der bis dahin geltende Bestandsschutz. In diesem Fall muss das Blitzschutzkonzept bzw. die Blitzschutzanlage komplett überarbeitet werden

Zum Schutz des Kollektorfühlers gegen induzierte Überspannungen kann eine Überspannungsschutzdose eingesetzt werden. Bei ortsnahen Blitzen können in der Fühlerleitung Spannungsspitzen induziert werden, die zur Zerstörung des Fühlers führen. Mithilfe von Schutzdioden werden diese Überspannungen auf einen unschädlichen Wert begrenzt. Das Gehäuse ist üblicherweise als Aufputzdose ausgeführt und dient gleichzeitig der ordnungsgemäßen Verbindung zwischen Kollektorfühler und weiterführender Fühlerleitung.

Um den Regler vor Überspannungen aus dem Netz zu schützen, ist auf Konzepte zurückzugreifen, die zum Schutz empfindlicher Geräte (z. B. Computer oder Fernseher) entwickelt wurden (Grob-/Mittel-/Feinschutz). Die Rohrleitungen des Solar- kreises sind in jedem Fall mit der Hauptpotenzialausgleichsschiene zu verbinden (Cu-Kabel mit mindestens 16 mm<sup>2</sup>).

## 4 Solarkreisverrohrung

### 4.1 Wärmedehnung

Bei der Verlegung und Befestigung der Rohre des Solarkreises ist die Wärmedehnung aufgrund des großen Temperaturunterschiedes zu beachten, der für Solaranlagen bei 200 K (-25 °C bis > 175 °C) liegt. Für üblicherweise verwendetes Kupferrohr muss eine Wärmedehnung von 3,4 mm pro Meter berücksichtigt werden. Das gilt auch im Kollektorfeld, wenn mehrere Kollektoren mit durchgehenden Sammelleitungen fest miteinander verbunden werden. Hier sind ggf. Maßnahmen zur Kompensation erforderlich.

### 4.2 Dämmung

Für die Dämmung des Solarkreises ist nur Material mit einer hohen thermischen Belastbarkeit (mindestens 150 °C) einzusetzen. Wird thermisch belastbares Dämmmaterial aus EPDM-Kautschuk eingesetzt, so ist eine kurzfristige Überschreitung der zulässigen Temperatur dieses Materials im Stagnationsfall akzeptabel. Denn es stellt keine Gefahr für den Anlagenbetrieb dar, sondern führt nur zu einer leichten Verkrustung auf der Innenseite (bräunliche Verfärbung) der Dämmung und zu einer geringen Abnahme der Dämmwirkung.

Die Dämmung des Solarkreises ist zudem im Außenbereich gegen Feuchtigkeit, UV-Strahlung und Kleintierverbiss zu schützen. Entweder muss ein entsprechender Schutz zusätzlich erstellt werden oder das Dämmmaterial muss so beschaffen sein, dass der Schutz gewährleistet ist.



Biss- und Pickspuren



Fehlende UV-Beständigkeit

### 4.3 Verbindungen

Für die Rohrverbindungen im Solarkreis sind am besten metallische Dichtsysteme (konische bzw. Klemm-/Schneidring-Verschraubungen) geeignet. Werden andere Dichtungen (Flachdichtungen, Dichtringe etc.) verwendet, so muss eine ausreichende Glykol-, Druck- und Temperaturbeständigkeit gegeben sein. Teflon ist aufgrund fehlender Glykolbeständigkeit ungeeignet. Hanf ist weitestgehend zu vermeiden, da eingehanfte Verbindungen nicht ausreichend gasdicht sind.

Bei allen nicht metallischen Dichtungen muss mit Diffusion von Luft gerechnet werden, da diese zwar wasserdicht (von innen nach außen), nicht aber gasdicht (von außen nach innen) sind. Gase diffundieren stets in Richtung der geringeren Konzentration, d. h. durch die Dichtungen hindurch in das Solarfluid. Auch wenn es sich jeweils nur um geringe Mengen handelt, wird je nach Anzahl der „Undichtheiten“ eine entsprechende Menge Luftsauerstoff in das Solarfluid transportiert. Die physikalische Grenze dieser Diffusion ist die temperatur- und druckabhängige Sättigung der Solarflüssigkeit, die jedoch unerwünscht ist und über permanente Entlüftung verhindert wird.

#### 4.4 Fühlerkabel

In Zusammenhang mit der Solarkreisverrohrung sind ebenso der Fühler und das Fühlerkabel sorgfältig zu verlegen, zu befestigen und zu schützen. Es ist zu beachten, dass Kleintiere Kabel beschädigen können (vgl. Zündkabel im Auto), was im Falle des Kollektorfühlers zu einem Anlagenausfall führen würde.



*Bissspuren am Fühlerkabel*



*Fühlerkabel nicht befestigt*

Als Fühlerleitung zwischen Kollektorfühler und Regler sind nur geeignete Kabel zu verwenden. Dabei sind die Hinweise des Reglerherstellers zu beachten, die üblicherweise der Bedienungsanleitung zu entnehmen sind.

## 5 Solarstation

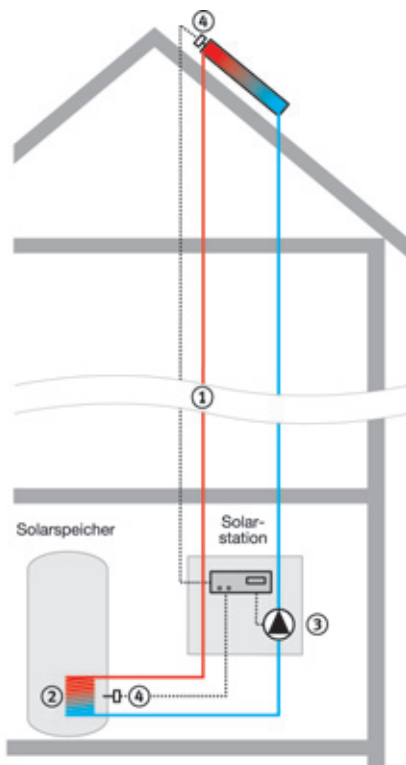
Marktübliche Solarstationen werden in verschiedenen Standardgrößen als wärmedämmte Einheiten mit allen notwendigen Komponenten geliefert und reduzieren den Montageaufwand auf ein Minimum. Es ist jedoch zu beachten, dass die Solarstation im Auslieferungszustand noch nicht betriebsbereit ist, sondern stets an die örtlichen Gegebenheiten angepasst werden muss (Pumpe, Regler, MAG).

### 5.1 Reglereinstellungen

Die „Schaltzentrale“ der thermischen Solaranlage ist der Regler und wird vom Hersteller mit Standardeinstellungen geliefert. Die einzelnen Regelparameter müssen für den ordnungsgemäßen Betrieb auf die jeweilige Anlage eingestellt werden. Dabei sind grundsätzlich die Herstellerunterlagen zu berücksichtigen.

Bei der Einstellung der Ein- und Ausschaltwerte der Solarpumpe sind die zu erwartenden Wärmeverluste im Solarkreis zu berücksichtigen. Im durchschnittlichen Einfamilienhaus sind Verluste im Solarkreis vom 2–3 K durchaus normal, d. h. die Schaltwerte müssen deutlich über diesem Wert liegen. Unter Berücksichtigung von Messtoleranzen und des Energiebedarfs für die Solarpumpe sollte die Einschalt-Temperaturdifferenz in diesem Fall bei mindestens 6–7 K liegen, um einen realen Energiegewinn zu erzielen.

Der Unterschied zwischen Ein- und Ausschaltwert (Hysteresis) muss so hoch ( $> 2$  K) sein, dass ein Takten der Pumpe vermieden wird, bei dem die Wärme aus dem Kollektor gar nicht bis in den Speicher gelangt.



☐ Verluste im Solar-Vorlauf	2–3 K
☐ Minimale Temperaturdifferenz am Wärmetauscher	2–3 K
☐ Berücksichtigung des Energiebedarfs der Solarpumpe	≈ 1 K
☐ Berücksichtigung von Messtoleranzen der Speicher- und Kollektorfühler	≈ 1 K
<b>Einschalt-Temperaturdifferenz</b>	<b>≈ 6–8 K</b>

#### *Einflussgrößen für den Solarregler*

Ein weiterer anzupassender Parameter ist die Temperaturbegrenzung im Speicher. Eine hohe Maximaltemperatur im Speicher (z. B. 80 °C) erhöht dessen Kapazität und reduziert damit den Nachheizbedarf. In diesem Fall muss mit einem thermostatischen Mischer die Temperatur im Warmwassernetz begrenzt werden.

Eine niedrige Maximaltemperatur im Speicher (< 60 °C) ist als „Verbrühschutz“ nicht zu empfehlen, denn dadurch reduziert sich die Kapazität des Speichers und es erhöht sich der Nachheizbedarf. Zudem nehmen die Stagnationszeiten deutlich zu, mit den entsprechenden Belastungen für die Anlage.

In Regionen mit sehr hartem Wasser kann die Begrenzung auf 60 °C jedoch als Verkalkungsschutz notwendig sein. In diesem Fall ist das Anlagenkonzept den Bedingungen anzupassen (z. B. größerer Speicher, kleinerer Kollektor, häufigere Inspektion).

Viele Regler bieten daneben Zusatzfunktionen, wie z. B. Urlaubs- oder Kühlschaltungen an. Diese Zusatzfunktionen verringern die Stagnationsbelastungen, sie entbinden aber nicht von der Pflicht zur sorgfältigen Berücksichtigung des Stagnationsfalls mit den dazu beschriebenen Maßnahmen. Die Stagnationszeiten werden nur reduziert, aber eben nicht vermieden. (Beachten Sie dazu auch das BDH-Informationsblatt Nr. 27 Teil 2.)

#### **5.2 Membran-Druckausdehnungsgefäß (MAG)**

Das MAG gleicht die Volumenänderungen des Wärmeträgers im Solarkreis aus. Das geringste Volumen erreicht der Wärmeträger im kalten Zustand – bei Außentemperaturen von –25 °C und nicht etwa bei der Befülltemperatur von z. B. +20 °C. Um diesen Volumenunterschied auszugleichen, muss der Vordruck im MAG bei Inbetriebnahme um mindestens 0,3 bar niedriger als der Anlagenbetriebsdruck eingestellt werden.

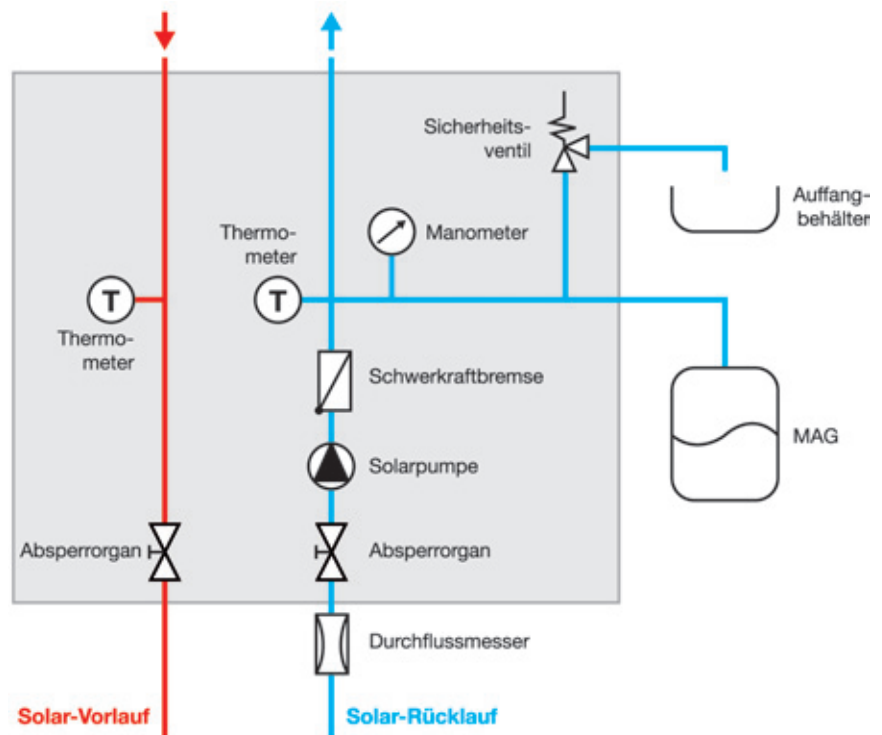
Das Nutzvolumen des MAG muss so groß sein, dass es neben der vergleichsweise geringen Wärmeausdehnung des flüssigen Wärmeträgers vor allem das Volumen der Bereiche aufnehmen kann, die im Stagnationsfall mit Dampf gefüllt sind (Kollektor, Teile der Solarkreisleitung).

Eine überschlägige Auslegungsregel findet sich in Teil 2 des BDH-Informationsblattes Nr. 17, Punkt 4.4. Wichtig ist aber, dass im Zweifelsfall stets die größere Variante

gewählt wird, denn ein (etwas) zu kleines MAG führt im Stagnationsfall zum Ansprechen des Sicherheitsventils mit entsprechend weitläufigen Folgen.

Der Vordruck des MAG im Auslieferungszustand darf nicht ungeprüft übernommen, sondern muss für das jeweilige Objekt sorgfältig eingestellt werden. Für eine ggf. notwendige Druckerhöhung darf keine Luft verwendet werden, sondern nur Stickstoff. Der Sauerstoff aus der Luft führt nicht nur im MAG zu Korrosion, er diffundiert auch durch die Membran in die Solarflüssigkeit. Das führt zu sinkendem Anlagendruck bzw. Vordruck im MAG und beschleunigt die Alterung des Solarfluids (mehr dazu unter Punkt 6.3 Druckverhältnis).

Im Gegensatz zur im Heizungsbau üblichen Einbaulage des MAG in Fließrichtung vor der Pumpe (saugseitig), hat sich bei kleinen und mittleren thermischen Solaranlagen der Einbau auf der Druckseite durchgesetzt. Das MAG wird also hinter der Pumpe in den Solarkreis hydraulisch eingebunden. Dabei muss beachtet werden, dass sich die Schwerkraftbremse in Fließrichtung vor dem MAG befindet, damit die Solarflüssigkeit im Stagnationsfall auch über die Rücklaufleitung in das MAG gedrückt werden kann. Es ist darauf zu achten, dass die Schwerkraftbremse entweder ausreichend vom Abzweig zum MAG entfernt oder für Temperaturen über 110 °C geeignet ist.



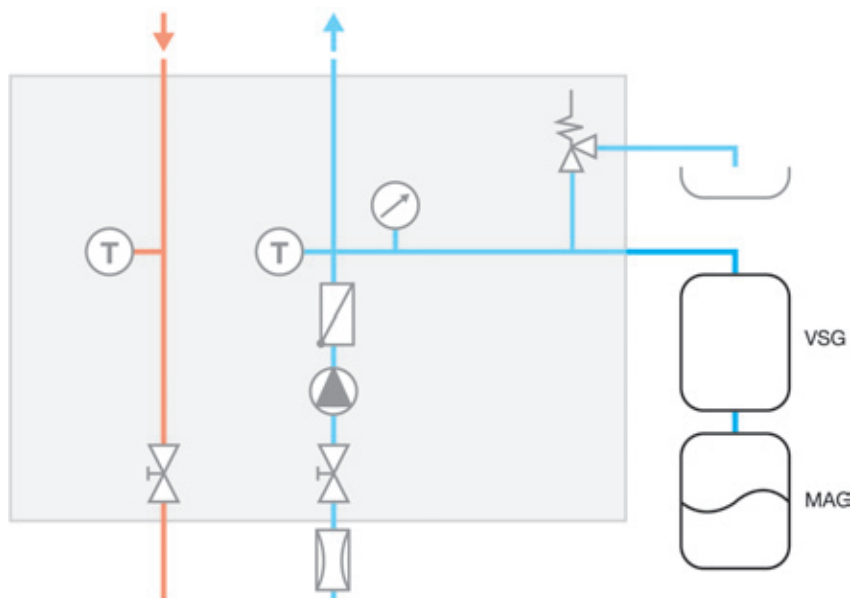
Einbaulage MAG – Sicherheitsventil – Schwerkraftbremse – Solarpumpe

### 5.3 Vorschaltgefäß (VSG)

Die maximal zulässige Temperatur des MAG wird von der Membran bestimmt und liegt in der Regel bei 70 °C. Wenn nicht mit Sicherheit ausgeschlossen werden kann, dass das Fluid mit höherer Temperatur oder sogar Dampf das MAG erreicht, ist ein VSG in der Stichleitung vor dem MAG zu installieren. Das ist erfahrungsgemäß der Fall bei Gesamtröhrlängungen von weniger als 20 m, wie sie z. B. bei Dachheizzentralen üblich sind.

Als Orientierung für das Volumen des VSG wird auf die Herstellerangaben verwiesen.





Einbaulage VSG – MAG.

#### 5.4 Sicherheitsventil

Der Vordruck des MAG, der Anlagenbetriebsdruck und der Ansprechdruck des Sicherheitsventils im Solarkreis ergeben im Zusammenspiel die geforderte Sicherheit. Das Sicherheitsventil muss für thermische Solaranlagen und für den eingesetzten Wärmeträger sowie für den Temperaturbereich geeignet sein. Der Ansprechdruck des Sicherheitsventils muss 10 % über dem maximalen Anlagenbetriebsdruck liegen, bei weiteren 10 % muss es dann voll geöffnet sein (DIN 3320).

Für die Dimensionierung muss die maximale Leistung der Kollektorfläche ( $\eta_0 \cdot 1000 \text{ W} \cdot \text{m}^2$ ) herangezogen werden, um sicherzustellen, dass der daraus resultierende Durchfluss das Ventil passieren kann.

Am Auslauf des Sicherheitsventils ist zudem eine temperaturbeständige Ablaufleitung mit ausreichender Nennweite zu installieren, die in einen thermisch belastbaren Behälter mündet, der mindestens den doppelten Kollektorkinhalt aufnehmen kann. Wird der mitgelieferte Fluidbehälter (PE) verwendet, so ist durch eine ausreichend bemessene Wasservorlage (einfacher Kollektorkinhalt) der thermische Schutz des Behälters vorzusehen.

#### 5.5 Luftabscheider

Für den langfristig sicheren Betrieb einer thermischen Solaranlage ist eine permanente Entlüftung des Solarkreises notwendig.

Rein physikalisch gilt: Je höher die Temperatur des Fluids ist und je geringer der Druck, desto schneller treten die Luftanteile (gelöste Gase, Mikroblasen) aus. Am Kollektorausstritt bzw. an der höchsten Stelle dahinter trifft beides zusammen. Aspekte der solarthermischen Praxis sprechen aber gegen Entlüftung an dieser Stelle (vgl. Punkt 3.2 Entlüfter).

Da ab einer Strömungsgeschwindigkeit von 0,4 m/s (Selbstentlüftungsgeschwindigkeit) die ausgetretenen Luftanteile vom Fluidstrom mitgerissen werden, kann auch an tiefer gelegenen Stellen ausreichend sicher entlüftet werden. In der Praxis hat sich dafür die Luftabscheidung im Bereich der Solarstation bewährt. Dabei wird im Vorlauf des Solarkreises (vor dem Wärmetauscher) eine Luftflasche oder ein Lufttopf (Mikroblasenabscheider) integriert, der permanent aus dem durchströmenden Solarfluid die Luftanteile „herausfiltert“. Ist eine Dampfausdehnung im Stagnationsfall bis dorthin mit Sicherheit auszuschließen, kann zur Ausleitung der Luft ein Automatikentlüfter eingesetzt werden. Im anderen Fall wird ein thermisch belastbarer Handentlüfter verwendet, der regelmäßig geöffnet werden muss.



Luftflasche für senkrechten Einbau



Lufttopf für waagerechten Einbau

### 5.6 Schutz vor thermischer Überlastung

Die Komponenten und Armaturen im Rücklauf der Solarstation sind für Temperaturen über 110 °C nicht geeignet. Um sie vor thermischer Überlastung im Stagnationsfall zu schützen, werden sie in Fließrichtung vor der Schwerkraftbremse angeordnet. Dabei muss sichergestellt sein, dass sie ausreichend vom Abzweig zum MAG entfernt sind.

## 6 Inbetriebnahme

Im Rahmen der Inbetriebnahme wird der Solarkreis befüllt, gespült und abgedrückt. Aufgrund der großen Relevanz für die Betriebssicherheit der Anlage ist auf sorgfältige Durchführung dieser Arbeitsschritte zu achten. Während der Durchführung darf der Kollektor keine Wärme liefern, d. h., der Kollektor muss entweder abgedeckt oder die Einstrahlung entsprechend gering sein. Generell werden die Arbeiten nur mit dem Wärmeträgermedium durchgeführt.

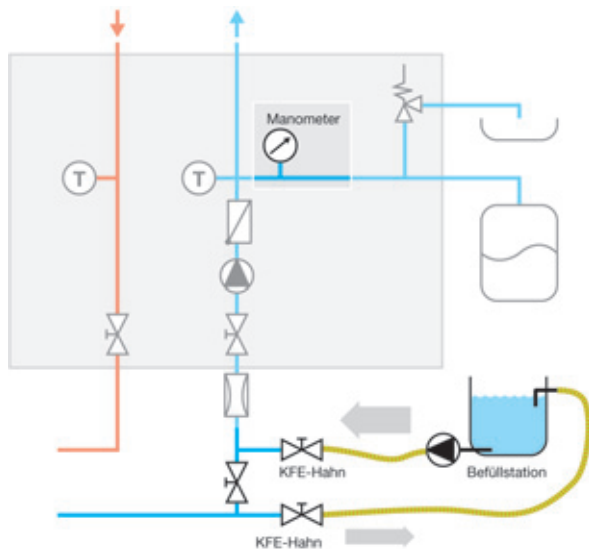
### 6.1 Befüllen und spülen

Werden bei der Befüllung Pumpen mit geringer Leistung verwendet, muss die Luft an der/den höchsten Stelle/n entweichen können. Dafür sind Handentlüfter in rein metallener Ausführung bestens geeignet. Allerdings wird dann bei der Befüllung eine zweite Person benötigt, die den Entlüfter verschließt, sobald Fluid austritt. Alternativ können thermisch belastbare Automatikentlüfter mit Absperrorgan eingesetzt werden, die dann aber für die Druckprobe und erneut nach Inbetriebnahme verschlossen werden müssen.

Besser bewährt in der Praxis hat sich eine Spül- und Befüllereinheit mit einer leistungsstarken Pumpe und großvolumigem Vorratsbehälter. Dabei kann auf eine Entlüftung an höchster Stelle verzichtet werden. Entscheidend ist, dass in waagerechten und fallenden Abschnitten des Solarkreises die Strömungsgeschwindigkeit größer als 0,4 m/s ist, um die Lufteinschlüsse mit der Strömung mitreißen zu können.

Um eine starke Verschäumung des Solarfluids zu verhindern, empfiehlt es sich, zunächst mit gedrosseltem Volumenstrom das Leitungssystem langsam zu füllen und dann schrittweise zu erhöhen. Auch beim Rückfließen in den Befüllbehälter ist darauf zu achten, dass möglichst keine Verwirbelungen entstehen. Der Flüssigkeitsstand oberhalb des Rücklauf- bzw. Vorlaufstutzens sollte jederzeit so hoch sein, dass im Behälter eine ruhige Oberfläche entsteht.

Vorsicht bei Objekten mit großer statischer Höhe! Es kann sich an hoch gelegenen Stellen aufgrund der dahinter fallenden Wassersäule ein Unterdruck bilden. Dadurch sinkt der Siedepunkt des Fluids stark ab und es kann trotz geringer Temperatur zur Dampfbildung kommen, sodass die Anlage nicht korrekt befüllt werden kann. Abhilfe schafft hier die Drosselung des Auslaufs am KFE-Hahn. Der austretende Volumenstrom wird dabei so weit reduziert, dass stets der erforderliche Anlagenbetriebsdruck am Manometer erhalten bleibt.



*Drosselung des Auslaufs am KFE-Hahn*

Ist der gesamte Solarkreis inkl. der Kollektoren mit Wärmeträger gefüllt, muss durch intensives Spülen (Strömungsgeschwindigkeit  $> 0,4 \text{ m/s}$ ) sichergestellt werden, dass alle Verunreinigungen (Zunder, Späne etc.) und Lufteinschlüsse entfernt sind. Der Spülvorgang muss erfahrungsgemäß mindestens 20 Minuten dauern, um alle Verunreinigungen und Lufteinschlüsse herauszuspülen.

### 6.2 Abdrücken

Für die Druckprobe hat sich in der Praxis folgendes Verfahren bewährt:

- Ggf. vorhandene Automatikentlüfter sind abzusperren.
- Der Solarkreis (inkl. Kollektoren) wird anschließend mit Solarflüssigkeit befüllt, bis der Druck 90 % des maximalen Anlagenbetriebsdrucks (Ansprechdruck des Sicherheitsventils minus 10 %) beträgt.
- Dieser Druck wird mindestens 30 Minuten gehalten. (Hinweis: Glykolgemische verhalten sich bei Leckagen deutlich träger als Wasser.)
- Abschließend wird die Leckkontrolle von Verschraubungen und Löt- bzw. Pressverbindungen durchgeführt.
- MAG und Sicherheitsventil bleiben während der Druckprobe integriert.

Ist die Druckprobe positiv verlaufen, wird zunächst entlüftet und dann durch Ablassen von Solarfluid der Druck bis zum Fülldruck der Anlage reduziert (mehr dazu unter Punkt 6.3 Druckverhältnis).

Im anderen Fall wird das Solarfluid soweit abgelassen, dass die Nacharbeiten durchgeführt werden können. Anschließend wird die Druckprobe wiederholt.

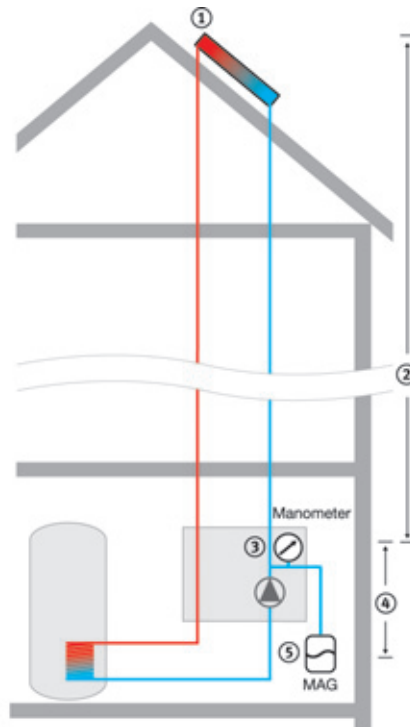
### 6.3 Druckverhältnis

Als richtiges Maß für den Anlagenbetriebsdruck gilt, dass an der höchsten Stelle des Systems in kaltem Zustand ein Überdruck von  $0,7\text{--}1,5 \text{ bar}$  herrscht (Herstellerangaben beachten). Der Anlagenbetriebsdruck an der Solarstation beträgt also diese  $0,7\text{--}1,5 \text{ bar}$  zuzüglich je  $0,1 \text{ bar}$  pro Meter statischer Höhe zwischen Manometer (Solarstation) und höchstem Anlagenpunkt.

Aufgrund der nach Inbetriebnahme noch austretenden Luft muss der Fülldruck etwas höher (Praxiswert  $+0,1 \text{ bar}$ ) sein als der Anlagenbetriebsdruck (Herstellerhinweise beachten).

Der Vordruck im MAG wird für die notwendige Wasservorlage mindestens  $0,3 \text{ bar}$  niedriger eingestellt als der Anlagenbetriebsdruck. Dabei ist der eventuelle Höhenunterschied zwischen dem Manometer und dem MAG zu berücksichtigen. Wird das MAG z. B. einen Meter unterhalb des Manometers installiert, so muss der Vordruck im MAG auf den an dieser Stelle wirkenden Anlagenbetriebsdruck ( $+0,1 \text{ bar}$ ) abgestimmt werden, d. h., der Vordruck muss dann nur  $0,2 \text{ bar}$  niedriger sein als das Manometer anzeigt.

Dieses abgestimmte Druckverhältnis zwischen Fülldruck, Anlagenbetriebsdruck und Vordruck im MAG ist eine Voraussetzung für den langfristig sicheren Betrieb einer Solaranlage.



<input type="checkbox"/> Systemüberdruck an höchster Stelle	0,7–1,5 bar
<input type="checkbox"/> Zuschlag pro Meter statischer Höhe	+ 0,1 bar/m
<b>③ Anlagenbetriebsdruck (Manometer)</b>	_____ bar
Anlagenbetriebsdruck	_____ bar
Füllreserve für Entlüftung	+ 0,1 bar
<b>Fülldruck</b>	_____ bar
Anlagenbetriebsdruck	_____ bar
Abzug für Wasservorlage	-0,3 bar
<input type="checkbox"/> Zuschlag pro Meter Höhendifferenz Manometer – MAG	+0,1 bar/m
<b>⑤ Vordruck MAG</b>	_____ bar

*Druckverhältnis im Solarkreis in Abhängigkeit von der statischen Höhe*

Wird der Anlagenbetriebsdruck zu gering eingestellt oder sinkt er aufgrund von Undichtheiten oder Entlüftung etwas ab, kann es zum partiellen Sieden von Solarflüssigkeit während des Betriebs der Anlage kommen. Besonders gefährdet sind die Bereiche mit hoher Temperatur und mit Druckabfall im Vorlauf des Kollektorfeldes bzw. am höchsten Punkt des Solarkreises. Eine Dampfblase an dieser Stelle wird den Durchfluss reduzieren oder sogar ganz unterbrechen. Zudem tritt bei niedrigem Anlagenbetriebsdruck stagnationsbedingte Dampf Bildung sehr viel häufiger auf.

#### 6.4 Entlüften

Bei der Inbetriebnahme muss auf eine sorgfältige Entlüftung geachtet werden. Aus dem vorher eingefüllten Solarfluid treten üblicherweise noch Mikroblasen aus, die sich an diversen Stellen zu kleinen Luftblasen sammeln können, wie z. B. in der Pumpe, im Wärmetauscher oder vor der Schwerkraftbremse. Diese Lufteinströme müssen gezielt entfernt werden.

Indizien für ausreichende Entlüftung des Systems sind eine konstante Anzeige des erforderlichen Volumenstroms und ein stabiler Druck während des Pumpenbetriebs, d. h. weder am Durchflussmesser noch am Manometer treten dabei Schwankungen auf.

Wurden in dampfgefährdeten Bereichen der Anlage Automatikentlüfter eingebaut, sind sie zum Abschluss der Inbetriebnahme abzusperrern.

Nach den ersten Betriebswochen ist es empfehlenswert, an allen Entlüftern ggf. vorhandene Luft erneut abzulassen (mehr dazu unter Punkt 7.1 Inspektionsumfang).

#### 6.5 Volumenstrom

Nach der Entlüftung muss der erforderliche Volumenstrom im Solarkreis eingestellt werden. Je nach Produkt bzw. System wird dabei die richtige Pumpenstufe oder die entsprechende Reglereinstellung gewählt (Herstellerangaben beachten). Eine Einstellung des Volumenstroms über eine Durchflussbegrenzung ist nicht empfehlenswert, denn sie führt zu unnötig hohem Strombedarf für die Pumpe.

## 7 Inspektion und Wartung

Zur langfristigen Erhaltung der Betriebssicherheit und des Wirkungsgrades der thermischen Solaranlage sollte sie regelmäßig überprüft werden. Nach Intervall und Umfang wird dabei unterschieden in Inspektion (jährlich) und Wartung (alle 3–5 Jahre). Der Abschluss eines Inspektions- und Wartungsvertrags ist für alle thermischen Solaranlagen empfehlenswert.

Zusätzlich wird empfohlen, nach den ersten Betriebswochen eine erste Inspektion mit Kontrolle wesentlicher Funktionen der Anlage durchzuführen. Diese Nachkontrolle bzw. Erstinspektion sollte kalkulatorisch Bestandteil der gesamten „Dienstleistung Solaranlage“ sein und kann ggf. im Angebot gesondert ausgewiesen werden.

In einem Inspektions- bzw. Wartungsprotokoll werden die wesentlichen Anlagenparameter notiert, um ggf. problematische Veränderungen (z. B. Anlagenbetriebsdruck, pH-Wert) erkennen zu können. Für die Erstinspektion ist auf Daten (Fülldruck, Anlagenbetriebsdruck, Regler- und Pumpeneinstellungen etc.) der Anlagendokumentation Bezug zu nehmen.

### 7.1 Inspektionsumfang

Die jährlich durchzuführende Inspektion sollte mindestens folgenden Umfang haben (gilt auch für die Erstinspektion):

- alle Entlüftungsorgane im Solarkreis entlüften
- Anlagenbetriebsdruck mit Sollwert vergleichen (bei Erstinspektion: Ausgangswert)
- pH-Wert und Frostschutz mit Sollwert und Vorjahreswert vergleichen (bei Erstinspektion: Ausgangswert)
- Pumpe ggf. manuell einschalten
- wenn Durchflussmesser vorhanden: Volumenstrom mit Sollwert vergleichen
- auf Schwankungen am Manometer und ggf. Durchflussmesser achten
- auf Geräusche in der Pumpe achten (Luft)
- Schwerkraftbremse öffnen und schließen
- Gängigkeit des thermostatischen Mischventils prüfen (nicht nötig bei Erstinspektion)
- Betriebsprotokolle des Reglers auf Plausibilität prüfen (z. B. Tmax Kollektor, Tmax Speicher, Ertragssumme etc.)
- Plausibilität prüfen in Abhängigkeit von Strahlung: – Vorlauf- und Rücklauf-temperatur an Thermometern – Anzeigewerte des Reglers
- Dokumentation aller Einstellungen und Messwerte

Das MAG und das Sicherheitsventil müssen nicht überprüft werden, wenn der Anlagenbetriebsdruck in Ordnung ist und das Sicherheitsventil keine Anzeichen eines Ansprechens (Ablagerung, Tropfen, Zunahme im Auffangbehälter) zeigt.

### 7.2 Wartungsumfang

Darüber hinaus empfiehlt es sich, in längeren Abständen (z. B. alle 3–5 Jahre) eine Wartung als erweiterte Inspektion durchzuführen. Zusätzlich zu den o. g. Inspektionsarbeiten sind dabei folgende Arbeiten sinnvoll:

- Sichtprüfung aller Armaturen, Verbindungen und Anschlüsse
- Sichtprüfung der Kollektoren inkl. Befestigung
- Sichtprüfung Dämmung Solarkreis und Fühlerleitung

Wenn auch der Speicher Bestandteil des Wartungsvertrages ist, muss eine Speicherwartung nach Herstellerangaben durchgeführt werden.

Ergeben sich aus der Wartung bzw. Inspektion notwendige Arbeiten, sind sie dem Kunden gesondert anzubieten (z. B. Reinigung der Kollektoren, Austausch von Solarflüssigkeit oder Anode).

### **7.3 Erläuterungen zur Inspektion**

#### **Anlagenbetriebsdruck**

Der Anlagenbetriebsdruck unterliegt in Abhängigkeit von der Temperatur normalen Schwankungen. Aufgrund der Volumenzunahme der Solarflüssigkeit bei Erwärmung wird der Anlagenbetriebsdruck bei einer mittleren Fluidtemperatur von 80 °C etwas höher sein als bei der Fülltemperatur (z. B. 20 °C). Abweichungen vom ursprünglich eingestellten Wert nach oben sind also plausibel, Abweichungen nach unten nicht.

Wird ein Druckabfall festgestellt, der nicht ausreichend erklärt werden kann, muss die Ursache gefunden werden, um Betriebsstörungen zu verhindern. Neben Undichtheiten im Bereich der Kollektoren und des Solarkreises kann auch das Ansprechen des Sicherheitsventils der Grund für den Druckabfall sein.

Ein bloßes Auffüllen von Solarflüssigkeit zur Korrektur des Anlagenbetriebsdrucks, ohne jedoch die Ursache gefunden zu haben, ist nicht ausreichend. Jede Undichtheit im Solarkreis wird über kurz oder lang zu einer Betriebsstörung führen. Und selbstverständlich ist darauf zu achten, dass der Anlagenbetriebsdruck nicht durch Zugabe von Wasser korrigiert wird – auch nicht vom Anlagenbetreiber.

#### **Vordruck MAG**

Ein möglicher Grund für den Druckabfall in der Anlage kann auch ein gesunkener Vordruck im MAG sein. Ist dieser aufgrund von Undichtheiten auf der Gasdruckseite gefallen, ändert sich der Anlagenbetriebsdruck entsprechend. Um den Vordruck des MAG zu überprüfen, muss das MAG vom Solarkreis hydraulisch getrennt und entleert werden. (Achtung: bei Einstrahlung Kollektor abdecken!) Mit einem Druckprüfer wird der Vordruck auf der Gasseite gemessen und im Bedarfsfall durch Zugabe von Stickstoffgas erhöht. Zur Druckerhöhung darf keine Luft verwendet werden (vgl. Punkt 5.2 Membran-Druckausdehnungsgefäß).

#### **Solarflüssigkeit**

Das Wärmeträgermedium ist als Betriebsmittel der thermischen Solaranlage einem normalen Verschleiß ausgesetzt. Sowohl die Frost- als auch die Korrosionsschutzzusätze altern bzw. verbrauchen sich im Betrieb der Anlage. Die regelmäßige Überprüfung der spezifischen Kennwerte gibt Auskunft über den Fortschritt dieses Alterungsprozesses. Es ist nicht ungewöhnlich, wenn das Solarfluid dann nach zehn bis zwölf Jahren ausgetauscht werden muss.

Je nach Belastung (Überhitzung, Oxidation) beschleunigt sich jedoch der Verschleiß. Wird im Rahmen der jährlichen Inspektion ein deutliches Absinken des pH-Wertes festgestellt, so ist das Fluid ggf. zu wechseln, schon bevor der vom Hersteller angegebene Grenzwert unterschritten wird. Eine deutliche Braunverfärbung und ein stechender Geruch sind Indizien für eine Überalterung. Im Zweifelsfall sollte eine Probe entnommen werden, die an den Hersteller geschickt und dort fachgerecht analysiert werden kann.

Zur Kontrolle des pH-Wertes und des Frostschutzwertes dürfen nur Messgeräte verwendet werden, die vom Hersteller dafür zugelassen sind. Ergänzend wird noch darauf hingewiesen, dass eine Mischung unterschiedlicher Solarflüssigkeiten nur in Absprache mit dem Hersteller bzw. nach Herstellerangaben zulässig ist.

### **8 Fazit**

Der Markt für thermische Solaranlagen ist ein Wachstumsmarkt. Gute Anlagen zeichnen sich durch hohe Effizienz und Langlebigkeit aus. Das schafft zufriedene Kunden, die über Empfehlung das Marktwachstum beschleunigen.

Fachhandwerker, die die Hinweise dieses Informationsblattes berücksichtigen, haben einen Wettbewerbsvorteil beim Verkauf und bei der Installation thermischer Solaranlagen, reduzieren die Kundenreklamationen und leisten einen Beitrag zur nachhaltigen Energieversorgung.

Thermische Solaranlagen können jahrzehntelang sicher und effizient betrieben werden.

# Thermische Solaranlagen – Dokumentation von Übergabe und Inspektion

Für grundlegende und ergänzende Informationen beachten Sie bitte die BDH-Infoblätter Nr. 17 „Thermische Solaranlagen“ Teil 1, 2 und 3, die BDH-Infoblätter Nr. 27 „Solare Heizungsunterstützung“ Teil 1 und 2 sowie das BDH-Infoblatt Nr. 34 „Betriebssicherheit thermischer Solaranlagen“.

Dieses BDH-Infoblatt legt den Schwerpunkt auf druckhaltende Solaranlagen im Einfamilienhausbereich mit Frostschutzmitteln auf Glykolbasis. Die hier dargestellten Formulare stehen als Druck- bzw. Kopiervorlage im PDF-Format auf der Internetseite [www.bdh-koeln.de](http://www.bdh-koeln.de) zur Verfügung.

## 1 Einleitung

Thermische Solaranlagen können über 20 Jahre sicher betrieben werden, wenn die Anlagen gut geplant und richtig installiert sind. Um den effizienten Betrieb der Solaranlage langfristig sicherzustellen, sollten zudem regelmäßig Inspektionen durchgeführt werden. Es empfiehlt sich daher, mit dem Betreiber einen Inspektionsvertrag abzuschließen.

Neben dem Formular für Inspektionsarbeiten (Inspektionsprotokoll) wird auf den folgenden Seiten auch das Formular für die Übergabe der Anlage an den Betreiber vorgestellt und erläutert.

Das Übergabeprotokoll dient einerseits zur Feststellung der ordnungsgemäßen Funktion der Anlage, d. h., es dokumentiert die vollständige und korrekte Ausführung der vereinbarten Bauleistung. Andererseits sind die Daten des Übergabeprotokolls auch die Basis für Inspektionsarbeiten.

Das Inspektionsprotokoll beschreibt die notwendigen Arbeitsschritte der Inspektion thermischer Solaranlagen und dient zur Dokumentation der durchgeführten Inspektionsarbeiten.

Die Angaben zu den Messwerten, Maßen und Reglereinstellungen im Übergabe- bzw. Inspektionsprotokoll sind für die anschließenden Inspektionsarbeiten notwendig, um die Funktion bzw. Veränderungen in der Anlage beurteilen zu können. So können Funktionsstörungen vermieden und die thermischen Solaranlagen über 20 Jahre effizient und sicher betrieben werden.

## **2 Inspektion, Wartung und Instandsetzung**

Die unterschiedlichen Begriffe werden wie folgt definiert:

### **Inspektion**

Periodische (jährliche) Feststellung des IST-Zustandes der Solaranlage und Abgleich mit dem SOLL-Zustand

Das betrifft alle (jährlichen) Arbeiten an der Solaranlage:

- Entlüftung
- Prüfung zu Druck und Durchfluss
- Glykolmessungen
- Reglereinstellungen

Ebenfalls trifft es auf die Sichtprüfungen (alle 3–5 Jahre) an der Solaranlage zu:

- Kollektoren
- Rohrleitungen im Außenbereich
- dazugehörige Befestigungen

### **Wartung**

Bedarfsabhängige Tätigkeit zur Erhaltung des SOLL-Zustandes

Das kann bei einer Solaranlage sein:

- Nachfüllen oder Auswechseln von Wärmeträgern
- Nachfüllen von Stickstoff im MAG
- Reinigen der Kollektorabdeckung oder anderer optisch relevanter Bauteile des Kollektors (Spiegel)

### **Instandsetzung**

Bedarfsabhängige Tätigkeit zur Wiederherstellung des SOLL-Zustandes

Das betrifft bei einer Solaranlage den Austausch defekter Teile:

- MAG
- Pumpen
- andere Komponenten



### 3 Übergabeprotokoll

Die Inbetriebnahme thermischer Solaranlagen wird detailliert im BDH-Informationsblatt Nr. 34 beschrieben. Im vorliegenden Informationsblatt Nr. 44 liegt der Schwerpunkt auf der Dokumentation der eingesetzten Komponenten und der durchgeführten Arbeiten.

Das Übergabeprotokoll dokumentiert die wichtigsten Daten und Maße der Solaranlage. Im Folgenden werden die einzelnen Abschnitte des Übergabeprotokolls detailliert erläutert.

#### 3.0 Anlage

TRINKWASSERERWÄRMUNG    HEIZUNGSUNTERSTÜTZUNG    \_\_\_\_\_

Handelt es sich bei der installierten thermischen Solaranlage um eine Anlage zur Trinkwassererwärmung plus Heizungsunterstützung, so sind beide Felder anzukreuzen. Ein ggf. noch vorhandener weiterer Wärmeabnehmer (z. B. Schwimmbad) kann zusätzlich notiert werden.

#### 3.1 Kollektorfläche

**1. Kollektor**      Kollektorfläche gesamt: \_\_\_\_\_, m<sup>2</sup> (Bruttofläche)    \_\_\_\_\_, m<sup>2</sup> (Aperturfläche)

Flachkollektoren      \_\_\_ Stk.      Hersteller, Typ \_\_\_\_\_

Vakuum-Röhrenkollektoren      \_\_\_ Stk.      Hersteller, Typ \_\_\_\_\_

Blitzschutz: Anschluss an  vorhandener Blitzschutzanlage     neu installierter Blitzschutzanlage

Überspannungsschutz (Kollektorfühler)

Die Angabe zur Kollektorfläche bezieht sich sowohl auf die Bruttofläche als auch auf die Aperturfläche. Die Bruttofläche ist der Wert, der bei der Beantragung der Fördermittel beim Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA) angegeben wird. Die Aperturfläche wird für Angaben gemäß dem Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz (EEWärmeG) benötigt.

Die Flächenangabe zu Einzelkollektoren ist nicht relevant. Die Typenbezeichnung der Kollektoren ist den Herstellerunterlagen zu entnehmen.

### 3.2 Speicher

2. Speicher		Speichervolumen gesamt: _____ l
<input type="radio"/> Trinkwarmwasserspeicher	___ Stk. Volumen _____ l	Hersteller, Typ _____
	___ Stk. Volumen _____ l	Hersteller, Typ _____
<input type="radio"/> Kombispeicher	___ Stk. Volumen _____ l	Hersteller, Typ _____
<input type="radio"/> Pufferspeicher	___ Stk. Volumen _____ l	Hersteller, Typ _____
	<input type="radio"/> Frischwasser-Station	Hersteller, Typ _____
Korrosionsschutz: <input type="radio"/> nicht erforderlich <input type="radio"/> Fremdstromanode <input type="radio"/> Opferanode		
<input type="radio"/> Trinkwasser-Ausdehngefäß	Volumen _____ l	
<input type="radio"/> Pufferspeicher-Ausdehngefäß	Volumen _____ l	
<input type="radio"/> Ausdehnung im Heizkreis integriert	Volumen _____ l	zusätzlich

Werden bei der Integration der Solaranlage in eine bestehende Heizungsanlage ein oder mehrere Speicher zusätzlich installiert, so sind alle Speicher – auch der integrierte vorhandene Trinkwarmwasserspeicher – aufzuführen.

Bei Kombispeichern ist das Gesamtvolumen des Speichers anzugeben. Eine detaillierte Angabe der verschiedenen Volumina (Heizwasser, Trinkwarmwasser) ist ebenso wenig erforderlich, wie Hinweise zur Art der Trinkwassererwärmung (z. B. Tank-in-Tank, interne Wärmetauscher o. Ä.). Wird jedoch mit einem Pufferspeicher auch eine Frischwasser-Station zur Trinkwassererwärmung eingesetzt, so ist dies zu notieren.

Die Angaben zum Korrosionsschutz beziehen sich auf neu installierte Trinkwarmwasserspeicher, d. h. dass ggf. integrierte vorhandene Speicher hier nicht berücksichtigt werden.

Bei den Ausdehnungsgefäßen ist nur das Volumen neu installierter Gefäße anzugeben. Wird das notwendige Ausdehnungsvolumen für den Pufferspeicher in die Ausdehnung des Heizkreises integriert, so ist nur das zusätzlich installierte Ausdehnungsvolumen anzugeben.

### 3.3 Solarkreisverrohrung

3. Solarkreisverrohrung		Solarkreislänge gesamt: _____ m
Durchmesser:	DN _____	Verbindungstechnik _____
Dämmung:	Stärke _____ x _____	
	im Außenbereich mit <input type="radio"/> UV-Schutz <input type="radio"/> Pickschutz	
Entlüftung:	Handentlüfter ___ Stk.	Automatikentlüfter (absperrbar) ___ Stk.
Potenzialausgleich:	<input type="radio"/> Hauptpotenzialausgleichsschiene <input type="radio"/> _____	
Spülen:	Dauer _____ min	

Die Gesamtlänge der Solarkreisverrohrung schließt sowohl den Vor- und Rücklauf als auch ggf. zwischen den Kollektoren bzw. Speichern verlegte Solarleitungen ein. Werden verschiedene Rohrquerschnitte eingesetzt, so sind grobe Längenangaben jeweils ausreichend.

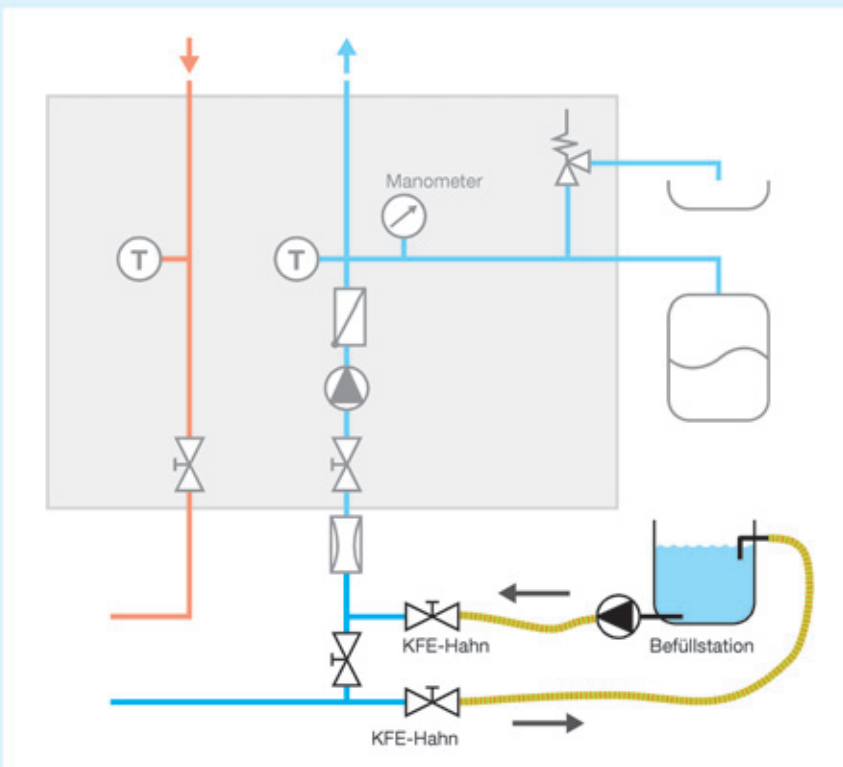
Bei den Punkten zur Dämmung von Rohrleitungen im Außenbereich ist keine Längenangabe erforderlich.

Die Anzahl und Art der Entlüftungsorgane ist zu notieren, wobei Angaben zur Position der einzelnen Entlüfter ggf. in komplexen Fällen hilfreich sein können. Dafür bietet sich das empfohlene Anlagenschema an (mehr dazu unter Punkt 3.9 Einweisung und Dokumentation).

Die Einbindung der Solarkreisverrohrung in den Potenzialausgleich wird in der Regel über die Hauptpotenzialausgleichsschiene durchgeführt. Wird von einer anderen Möglichkeit Gebrauch gemacht, so ist diese zu notieren.

#### TIPP

Der Vorgang des Spülens der Solarkreisverrohrung ist beschrieben im BDH-Informationsblatt Nr. 34, Punkt 6.1 Befüllen und Spülen. Es hat sich bewährt, die Spül- und Befüllpumpe gemäß dem abgebildeten Schema anzuschließen.



Anschluss der Spül- und Befüllpumpe

### 3.4 Wärmeträger

<b>4. Wärmeträger</b>	Hersteller, Typ _____	
Füllvolumen _____ l	Frostschutz bis – _____ °C	pH-Wert _____
<b>5. Druckverhältnisse</b>		

Wird beim Spülen der Solarkreisverrohrung nur das anschließend in der Anlage verbleibende Wärmeträgermedium verwendet, so können für das Übergabeprotokoll die Angaben zu Frostschutz und pH-Wert den Herstellerunterlagen entnommen werden. Für im Rahmen von Inspektionen erfragte Angaben im Inspektionsprotokoll sind dann allerdings ausschließlich Messwerte zu notieren.

#### TIPP

Muss der Solarkreis intensiv gereinigt werden, so wird empfohlen, auch dafür ein Wärmeträgergemisch zu verwenden. Nach dem Reinigungsvorgang wird der Solarkreis mit neuem, sauberem Wärmeträgermedium gefüllt und zur Entfernung der Luft erneut gespült.

Das Füllvolumen bezieht sich auf die tatsächlich eingefüllte Menge des Wärmeträgers und nicht auf eventuelle Berechnungen des Füllvolumens.

### 3.5 Druckverhältnisse

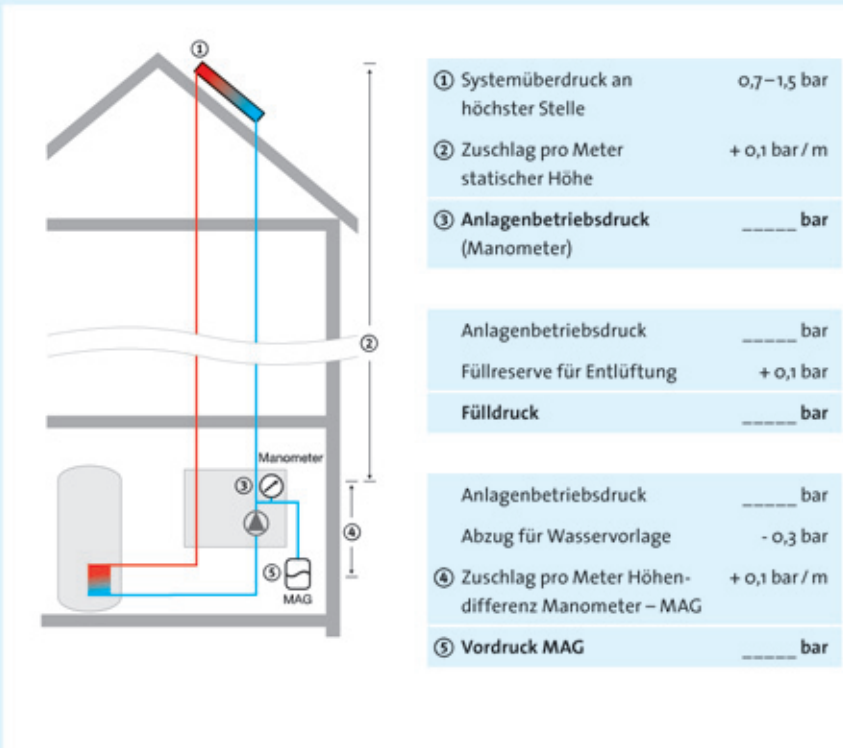
<b>5. Druckverhältnisse</b>	
<b>• IST-Werte</b>	<b>• SOLL-Werte</b>
Fülldruck _____ bar (bei _____ °C Fluidtemperatur)	Systemüberdruck _____ bar an höchster Stelle
Vordruck MAG _____ bar	statische Höhe _____ m
Volumen MAG _____ l	Anlagenbetriebsdruck _____ bar
Sicherheitsventil _____ bar	
<input type="radio"/> Druckprobe durchgeführt bei _____ bar    Dauer _____ min	

Zu den Druckverhältnissen sind bei den SOLL-Werten die Werte aus der Anlagenplanung, bei den IST-Werten die tatsächlich eingestellten Werte anzugeben.

Wenn beim MAG der tatsächlich eingestellte Vordruck vom Lieferzustand abweicht, wird empfohlen, diesen auf die spezifische Anlage abgestimmten Wert auch auf dem MAG zu notieren.

## TIPP

Die Bestimmung der Druckverhältnisse im Solarkreislauf ist genau beschrieben im BDH-Informationsblatt Nr. 34, Punkt 6.3 Druckverhältnis. Das abgebildete Schema gibt einen schnellen Überblick.



Druckverhältnis im Solarkreis in Abhängigkeit von der statischen Höhe

## 3.6 Reglereinstellungen

**6. Regler** Hersteller, Typ \_\_\_\_\_

Alle Solar-Schaltwerte in Herstellerunterlagen eingetragen

Speicher Maximaltemperatur eingestellt auf \_\_\_\_\_ °C

Schaltzeiten Nachheizung eingestellt auf \_\_\_\_\_ bis \_\_\_\_\_ Uhr

Bereitschaftstemperatur eingestellt auf \_\_\_\_\_ °C

Für die Reglereinstellungen gilt dasselbe wie für den Vordruck des MAG: Es müssen die Werkseinstellungen auf den individuellen Bedarf vor Ort angepasst werden. Alle Schaltwerte sind dabei zu prüfen und ggf. zu korrigieren. Diese korrigierten Werte sind in die spezifischen Unterlagen des Reglers einzutragen und der Anlagendokumentation beizulegen. Zusätzlich wird im Übergabeprotokoll die gewählte Maximaltemperatur des Speichers notiert.

Bei den Einstellungen zur Nachheizung werden nur die Schaltzeiten und die gewählte Bereitschaftstemperatur eingetragen. Die weiteren Modalitäten im Umgang mit der Nachheizung sind unter dem Punkt 3.8 Systemoptimierung zu vermerken.

### 3.7 Pumpeneinstellungen

7. Pumpe Hersteller, Typ \_\_\_\_\_

Volumenstrom \_\_\_\_\_ l/min (bei \_\_\_\_\_ °C Fluidtemperatur)

Pumpenstufe \_\_\_\_\_  Drehzahlregelung

Die Angabe zum Volumenstrom bezieht sich bei Pumpen mit Drehzahlregelung auf die Einstellung 100 % Pumpenleistung am Regler. Grundsätzlich ist die Fluidtemperatur anzugeben, denn der Volumenstrom ist davon abhängig.

### 3.8 Systemoptimierung

8. Systemoptimierung

Für die Optimierung des Systems wurden folgende Betriebsweisen vereinbart:

Unterdrückung der Nachheizung durch den Solarregler

Abschalten des Heizkessels im Sommer

Reduktion der Laufzeit der Zirkulationspumpe

Thermische Desinfektion  Intervall  Manuell

Je nach Wunsch des Betreibers gibt es verschiedene Möglichkeiten, das System der Trinkwassererwärmung energetisch zu optimieren. Neben der Reduktion der Nachheizzeiten und der Laufzeit der ggf. vorhandenen Zirkulationspumpe betrifft das auch die thermische Desinfektion. Bei der automatischen Regelung sind die Intervalle mit dem Betreiber abzusprechen, alternativ kann der Betreiber bei Bedarf manuell die thermische Desinfektion aktivieren.

Es ist bei der Systemoptimierung zu berücksichtigen, dass die Verantwortlichkeit in Bezug auf die Trinkwasser-Hygiene aufseiten des Betreibers liegt. Es sind dem Betreiber die entsprechenden Hinweise zu geben (siehe Punkt 3.9 Einweisung und Dokumentation).

### 3.9 Einweisung und Dokumentation

**9. Einweisung und Dokumentation**

<input type="checkbox"/> Anlagenfunktion erläutert	<input type="checkbox"/> Rohrleitungen und Armaturen beschriftet
<input type="checkbox"/> Verantwortung zur Trinkwasser-Hygiene erläutert	<input type="checkbox"/> Kontrollen und Störungsmeldungen erläutert
<input type="checkbox"/> Datenblätter und Bedienungsanleitungen übergeben	<input type="checkbox"/> Anlagenschema übergeben

\_\_\_\_\_  
Ausführender (Unterschrift)      Firmenstempel      \_\_\_\_\_  
Betreiber (Unterschrift)

Neben der Dokumentation aller durchgeführten Arbeiten mithilfe dieses Übergabeprotokolls sind dem Betreiber der Anlage auch alle Unterlagen (Datenblätter und Bedienungsanleitungen) zu verwendeten Komponenten auszuhändigen. Zusätzlich wird empfohlen, eine Funktionsskizze der Anlage mit allen wesentlichen Daten und Maßen im Bereich der Solarstation zu befestigen. Mithilfe dieser Skizze werden dem Betreiber die Grundfunktionen der Anlage erläutert und die Möglichkeiten zur Kontrolle der ordnungsgemäßen Anlagenfunktion aufgezeigt. Darüber hinaus ist es empfehlenswert, alle wesentlichen Komponenten im Bereich der Solarstation (Sicherheitsventil, Manometer, Durchflussmesser) und die Rohrleitungen zu beschriften.

Mit der Unterschrift bestätigt der Fachhandwerker die ordnungsgemäße Ausführung aller Arbeiten, der Betreiber bestätigt damit die Abnahme der Anlage.

#### TIPP

Es hat sich in der Praxis bewährt, dem Betreiber eine Kopie des unterschriebenen Übergabeprotokolls mit der Abschlussrechnung zu senden.

## 4 Inspektionsprotokoll

Im Inspektionsprotokoll werden die durchgeführten Arbeiten, die einzelnen Messwerte und ggf. bemerkenswerte Auffälligkeiten dokumentiert. Bei den jährlichen Inspektionen dient das Inspektionsprotokoll des Vorjahres als Referenz für die Beurteilung des aktuellen Anlagenzustands.

Im Folgenden werden die einzelnen Abschnitte des Inspektionsprotokolls detailliert erläutert.

### 4.0 Inspektionsart

<input type="radio"/> ERSTINSPEKTION	<input type="radio"/> INSPEKTION	<input type="radio"/> ERWEITERTE INSPEKTION
--------------------------------------	----------------------------------	---

Die Erstinspektion wird empfohlen zur Qualitätssicherung nach Inbetriebnahme. In den ersten Wochen ergeben sich ggf. Auffälligkeiten, die auf Betriebsstörungen hinauslaufen können (z. B. Luft im Solarkreis oder Druckabfall). Die Kosten für die Erstinspektion sollten fester Bestandteil der Dienstleistung Solaranlage und im Gesamtpreis der Anlage enthalten sein.

Die Inspektion sollte jährlich durchgeführt werden. Dazu ist es sinnvoll, mit dem Betreiber einen entsprechenden Inspektionsvertrag abzuschließen.

Alle drei bis fünf Jahre ist darüber hinaus eine erweiterte Inspektion durchzuführen. Dabei werden zusätzlich zu den Punkten der Inspektion auch das Kollektorfeld mit Befestigung und weitere Komponenten in Augenschein genommen (mehr dazu unter Punkt 4.7 Sichtprüfungen).

Grundlage aller Inspektionen sind die Daten der jeweils vorherigen Prüfung. Bei der Erstinspektion sind das die Daten des Übergabeprotokolls.

### 4.1 Entlüftung

<b>1. Entlüftung des Solarkreises</b>		
<input type="radio"/> Handentlüfter geprüft	_____ Stk.	Bemerkungen _____
<input type="radio"/> Automatikentlüfter geprüft	_____ Stk.	_____

Luft im Solarkreislauf gefährdet den Wärmeträger und muss als potenzielle Störungsquelle konsequent unterbunden werden. Die Entlüftung des Solarkreises ist daher Bestandteil der jährlichen Arbeiten. Es sind dabei alle Entlüftungseinrichtungen zu berücksichtigen, d. h., jeder Entlüfter ist zu öffnen und die ggf. vorhandene Luft abzulassen. Die Anzahl der kontrollierten Entlüfter ist jeweils festzuhalten.

Sind dabei auffällige Spuren (Feuchtigkeit, Ablagerungen aufgrund eingetrockneter Tropfen) an Entlüftern zu sehen, so ist das zu notieren. Werden nicht abgesperrte Automatikentlüfter in dampfgefährdeten Bereichen vorgefunden, so sind diese zu schließen. Auch dies ist zu notieren.



## 4.2 Anlagendruck

**2. Anlagenbetriebsdruck**

Druck geprüft bei Pumpe aus \_\_\_\_\_ bar

Druck geprüft bei Pumpe ein \_\_\_\_\_ bar

Druckschwankungen am Manometer  Ja  Nein

Falls Überprüfung MAG und Sicherheitsventil erforderlich:

Sicherheitsventil trocken  Ja  Nein Bemerkungen \_\_\_\_\_

MAG Vordruck geprüft;  
korrigiert von \_\_\_\_\_ bar auf \_\_\_\_\_ bar. \_\_\_\_\_

Die Druckunterschiede zwischen Pumpe ein und Pumpe aus sind je nach Druckverlust im Solarkreis und nach Pumpentyp zu berücksichtigen. Der Vergleich des aktuellen Anlagendrucks mit den dokumentierten Daten der letzten Kontrolle muss sich stets auf denselben Messwert beziehen (Pumpe ein oder aus). Ist die Pumpe vom Regler ggf. nicht eingeschaltet, so ist die Pumpe manuell einzuschalten. Bei getakteten Pumpen (Drehzahlregelung) ist am Regler zur Prüfung stets 100 % Pumpenleistung einzustellen.

Druckschwankungen am Manometer können ein Indiz sein für Luft in der Solar- kreisleitung. Bei getakteten Pumpen (Drehzahlregelung) sind Schwankungen im reduzierten Drehzahlbereich jedoch normal. Auch in diesem Fall ist am Regler 100 % Pumpenleistung einzustellen.

Das MAG und das Sicherheitsventil müssen nicht überprüft werden, wenn der Anlagenbetriebsdruck in Ordnung ist und das S-Ventil keine Anzeichen eines Ansprechens (Ablagerung, Tropfen, Zunahme im Auffangbehälter) zeigt.

### 4.3 Wärmeträger

<b>3. Wärmeträger</b>		
<input type="checkbox"/> Frostschutz geprüft	— _____ °C	Bemerkungen _____ _____
<input type="checkbox"/> pH-Wert geprüft	_____	
<b>4. Durchfluss</b>		

Die Abnahme des Frostschutzes im Laufe einer Messperiode ist nur durch Auffüllen von Wasser zu erklären. Insofern sollte dieser Wert über die Jahre stabil bleiben.

Anders sieht es dagegen mit dem pH-Wert aus. Der im Fluid vorhandene pH-Puffer baut sich im Laufe der Zeit ab, d. h., das Sinken des Wertes in gewissen Grenzen ist ein normaler Alterungsprozess. Es sind jedoch die jeweiligen Herstellerangaben in Bezug auf kritische Grenzwerte zu beachten. Selbst wenn diese Grenzwerte noch nicht erreicht sind, kann es ggf. empfehlenswert sein, den Wärmeträger auszutauschen. Das trifft dann zu, wenn im Laufe einer Messperiode der pH-Wert deutlich abgenommen hat. Das deutet darauf hin, dass die Pufferwirkung der Inhibitoren stark in Anspruch genommen wurde und macht eine Unterschreitung des pH-Wertes ggf. vor der nächsten Kontrolle wahrscheinlich.

Weitere Indizien für eine starke Alterung des Fluids sind der Geruch des Wärmeträgers (stechend, scharf, stark) und die farbliche Veränderung (bräunliche Verfärbung). Finden sich Trubstoffe bzw. feste Bestandteile in der entnommenen Probe, so ist der Austausch des Wärmeträgers erforderlich und mit dem Betreiber zu vereinbaren.

Während des normalen Alterungsprozesses finden die Veränderungen im Laufe von Jahren statt, ein Alter von zehn bis zwölf Jahren ist also durchaus erreichbar (vergl. BDH-Info Nr. 34, Punkt 6.3 Wärmeträger).

#### TIPP

Es wird empfohlen, die pH-Werte aller Prüfungen in einer Übersicht, z. B. in der Kundenmappe einzutragen, um die Veränderungen im Laufe der Betriebsjahre auf einen Blick erkennen zu können.

### 4.4 Volumenstrom

<b>4. Durchfluss</b>		
<input type="checkbox"/> Volumenstrom geprüft	_____ l/min; bei Fluidtemperatur _____ °C und Pumpenstufe _____	
<input type="checkbox"/> Schwerkraftbremse geprüft (öffnen und schließen)		

Der Volumenstrom ist im Falle von Pumpen mit Drehzahlregelung bei 100 % Pumpenleistung am Regler zu kontrollieren.

Die Abnahme des Volumenstroms im Laufe einer Messperiode kann ein Anzeichen für Luft in der Solarkreisleitung sein. Liegt die Temperatur des Wärmeträgers jedoch deutlich unter derjenigen der Referenzmessung, so kann eine Abnahme des Volumenstroms auch durch die höhere Viskosität (= höherer Durchflusswiderstand) erklärt werden. Besonders im Winterhalbjahr kann bei zuvor ausgeschalteter Pumpe der Wärmeträger im Bereich der Kollektoren deutlich kälter und damit auch zähflüssiger sein, als das Thermometer im Bereich der Solarstation anzeigt.

Es ist in jedem Falle notwendig, bei Abfall des Volumenstroms die Ursache dafür zu finden. Und sollte Luft im Solarkreis die Ursache sein, so ist das auf keinen Fall für den ordnungsgemäßen Betrieb der Anlage zu tolerieren. Die Luft muss gefunden und entfernt werden, denn sie gefährdet den Wärmeträger.

Ein weiterer Hinweis auf Luft im Solarkreis können Geräusche wie Sprudeln, Gluckern o. Ä. sein. Es kann sich z. B. Luft an der Schwerkraftbremse sammeln. Daher ist die Schwerkraftbremse im Zuge der Arbeiten zu öffnen und zu schließen und auf Geräusche von aufsteigender Luft zu achten. Bei dieser Funktionsprüfung ist auch darauf zu achten, ob Öffnen und Schließen sicher funktionieren.

Auch innerhalb des Pumpengehäuses kann bei laufender Pumpe Luft zu entsprechenden Geräuschen führen. Ebenfalls ist an der höchsten Stelle oder an Stellen mit einem Hochpunkt auf entsprechende Geräusche zu achten.

#### 4.5 Warmwasserverteilung

The image shows a screenshot of a technical checklist titled "5. Warmwasserverteilung". It contains two radio button options: "thermostatisches Mischventil geprüft" and "Zirkulation geprüft". To the right of these options is a field labeled "Bemerkungen" with a horizontal line for text entry. Below the checklist, the beginning of another section "6. Drucker" is visible.

Das thermostatische Mischventil ist auf Gängigkeit zu prüfen, d. h., das Einstellrad ist jeweils bis zum Anschlag zu betätigen. Anschließend ist die mit dem Betreiber vereinbarte Temperatur erneut einzustellen.

Die Kaltwasserzuleitung zum Thermomischer ist auf Fehlzirkulation (Erwärmung durch Warmwasser aus dem Speicher) zu überprüfen. Sollte diese Leitung eine auffällige Temperatur zeigen, so ist die Schwerkraftbremse im Mischventil zu überprüfen und ggf. zu ersetzen. Eine Fehlzirkulation über diese Leitung führt zur unerwünschten Vermischung der Temperaturschichten im Speicher, mit negativen Folgen für den Solarertrag.

Auch bei der Zirkulation muss der ordnungsgemäße Betrieb geprüft werden. Entsprechen die Einstellungen (Laufzeit, Takte o. Ä.) noch denen des Übergabeprotokolls? Sind die Temperaturen in der Rücklaufleitung noch im erwarteten Bereich? Insbesondere ist darauf zu achten, dass die Zirkulationspumpe nicht außer Betrieb genommen wurde, denn dadurch wird die Rücklaufleitung zur „toten“ Strecke, mit einer erheblichen hygienischen Gefahr.

Entsprechende Befunde sind im Feld Bemerkungen zu notieren.

#### 4.6 Reglereinstellungen

**6. Regler**

Reglereinstellungen „Solar“ geprüft Bemerkungen \_\_\_\_\_

Reglereinstellungen „Nachheizung“ geprüft \_\_\_\_\_

Messwerte, Betriebsprotokolle

Zählerstand Pumpenlaufzeit: \_\_\_\_\_ Std.

max. Kollektortemperatur: \_\_\_\_\_ °C

max. Speichertemperatur: oben \_\_\_\_\_ °C  
unten \_\_\_\_\_ °C

Zählerstand Warmwasser: \_\_\_\_\_ l

Zählerstand Wärmemenge Solarkreis: \_\_\_\_\_ kWh

Bei der Überprüfung der Reglereinstellungen ist auf Abweichungen gegenüber den ursprünglich eingestellten Werten zu achten. Das betrifft auch die Werte, die in Absprache mit dem Betreiber zur Optimierung des Gesamtsystems eingestellt wurden (siehe unter Punkt 8. Systemoptimierung im Übergabeprotokoll). Bei Abweichungen ist eine Rücksprache mit dem Betreiber empfehlenswert.

Soweit vom Regler oder sonstigen Messinstrumenten Zählerstände oder andere Werte zur Verfügung gestellt werden, sind diese zu notieren. Bei der Interpretation der Werte ist auf vorschnelle Aussagen zu verzichten, denn die Leistungsfähigkeit der Solaranlage ist nur unter Berücksichtigung und genauer Abwägung verschiedener Parameter zu beurteilen. So ist ein gesunkener Ertrag im Kollektorkreis noch nicht unbedingt ein Zeichen für eine gesunkene Anlagenleistung, da der Kollektorertrag auch abhängig ist von Einstrahlungssumme und Verbrauchsverhalten.

#### 4.7 Sichtprüfungen

**7. Sichtprüfungen (nur bei erweiterter Inspektion)**

Kollektoren inkl. Befestigung/Eindeckrahmen geprüft Bemerkungen \_\_\_\_\_

Rohrleitungen inkl. Befestigung geprüft \_\_\_\_\_

Dämmung Solarkreis und Fühlerleitung geprüft \_\_\_\_\_

Armaturen, Verbindungen und Anschlüsse geprüft \_\_\_\_\_

**8. Dokumentation**

Die erweiterte Inspektion beinhaltet zusätzlich zu den o. g. Prüfpunkten eingehende Sichtprüfungen der Anlagenkomponenten, die nicht im Rahmen der jährlichen Inspektion geprüft werden.

Bei den Kollektoren ist auf Beschlag im Inneren des Kollektors bzw. auf der Innenseite der Kollektorabdeckung zu achten. Zudem sind alle Befestigungselemente der Kollektoren und der im Freien verlegten Rohrleitungen auf Korrosion zu überprüfen und einem mechanischen Belastungstest zu unterziehen, d. h., alle Verbindungen, Schrauben usw. sind auf festen Sitz zu überprüfen.

Bei der Dämmung der Rohrleitung im Außenbereich ist auf Pickspuren bzw. Kleintierverbiss und auf Alterung aufgrund von UV-Strahlung zu achten.

Auch ohne auffälligen Druckabfall im Solarkreis sind im Rahmen der erweiterten Inspektion alle Verbindungen und Armaturen auf Dichtheit zu überprüfen. Finden sich eingetrocknete Tropfspuren, sind diese unter Bemerkungen zu notieren und ggf. zu entfernen. Feuchtigkeit ist ein deutliches Zeichen für größere Undichtheit. In diesem Fall sollte mit dem Betreiber der Austausch der Dichtung bzw. der Armatur vereinbart werden.

#### 4.8 Dokumentation

Werden bei der Inspektion Betriebszustände erkannt, die zusätzliche Arbeiten (z. B. Austausch des Wärmeträgermediums) notwendig machen, so sollte mit dem Kunden die Erstellung eines Angebotes vereinbart werden. In diesem Fall ist das Feld „Angebot wird erstellt“ anzukreuzen.

The image shows a screenshot of a form section titled "8. Dokumentation". It contains the following elements:

- A checked checkbox:  Kopie Inspektionsprotokoll wird dem Betreiber zugestellt
- An unchecked checkbox:  Arbeiten notwendig, und zwar followed by five horizontal lines for notes.
- An unchecked checkbox:  Angebot wird erstellt
- Three signature lines at the bottom labeled: "Ausführender (Unterschrift)", "Firmenstempel", and "Betreiber (Unterschrift)".

#### TIPP

Es hat sich in der Praxis bewährt, dem Betreiber eine Kopie des Inspektionsprotokolls mit der Rechnung für die Inspektion zu schicken.



# Übergabeprotokoll thermische Solaranlage

Name (Betreiber) \_\_\_\_\_ Datum \_\_\_\_\_

Adresse \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

TRINKWASSERERWÄRMUNG     HEIZUNGSUNTERSTÜTZUNG     \_\_\_\_\_

**1. Kollektor** Kollektorfläche gesamt: \_\_\_\_\_ m<sup>2</sup> (Bruttofläche) \_\_\_\_\_ m<sup>2</sup> (Aperturfläche)

Flachkollektoren \_\_\_\_\_ Stk. Hersteller, Typ \_\_\_\_\_  
 Vakuum-Röhrenkollektoren \_\_\_\_\_ Stk. Hersteller, Typ \_\_\_\_\_

Blitzschutz: Anschluss an  vorhandener Blitzschutzanlage     neu installierter Blitzschutzanlage  
 Überspannungsschutz (Kollektorfühler)

**2. Speicher** Speichervolumen gesamt: \_\_\_\_\_ l

Trinkwarmwasserspeicher \_\_\_\_\_ Stk. Volumen \_\_\_\_\_ l Hersteller, Typ \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_ Stk. Volumen \_\_\_\_\_ l Hersteller, Typ \_\_\_\_\_  
 Kombispeicher \_\_\_\_\_ Stk. Volumen \_\_\_\_\_ l Hersteller, Typ \_\_\_\_\_  
 Pufferspeicher \_\_\_\_\_ Stk. Volumen \_\_\_\_\_ l Hersteller, Typ \_\_\_\_\_  
 Frischwasser-Station Hersteller, Typ \_\_\_\_\_

Korrosionsschutz:  nicht erforderlich     Fremdstromanode     Opferanode

Trinkwasser-Ausdehngefäß Volumen \_\_\_\_\_ l  
 Pufferspeicher-Ausdehngefäß Volumen \_\_\_\_\_ l  
 Ausdehnung im Heizkreis integriert Volumen \_\_\_\_\_ l zusätzlich

**3. Solarkreisverrohrung** Solarkreislänge gesamt: \_\_\_\_\_ m

Durchmesser: DN \_\_\_\_\_ Verbindungstechnik \_\_\_\_\_

Dämmung: Stärke \_\_\_\_\_ x \_\_\_\_\_  
im Außenbereich mit  UV-Schutz     Pickschutz

Entlüftung: Handentlüfter \_\_\_\_\_ Stk. Automatikentlüfter (absperrbar) \_\_\_\_\_ Stk.

Potenzialausgleich:  Hauptpotenzialausgleichsschiene     \_\_\_\_\_

Spülen: Dauer \_\_\_\_\_ min

**4. Wärmeträger** Hersteller, Typ \_\_\_\_\_

Füllvolumen \_\_\_\_\_ l Frostschutz bis – \_\_\_\_\_ °C pH-Wert \_\_\_\_\_

### 5. Druckverhältnisse

#### • IST-Werte

Fülldruck \_\_\_\_\_ bar  
(bei \_\_\_\_\_ °C Fluidtemperatur)

Vordruck MAG \_\_\_\_\_ bar

Volumen MAG \_\_\_\_\_ l

Sicherheitsventil \_\_\_\_\_ bar

#### • SOLL-Werte

Systemüberdruck \_\_\_\_\_ bar  
an höchster Stelle

statische Höhe \_\_\_\_\_ m

Anlagenbetriebsdruck \_\_\_\_\_ bar

Druckprobe durchgeführt bei \_\_\_\_\_ bar Dauer \_\_\_\_\_ min

**6. Regler** Hersteller, Typ \_\_\_\_\_

Alle Solar-Schaltwerte in Herstellerunterlagen eingetragen

Speicher Maximaltemperatur eingestellt auf \_\_\_\_\_ °C

Schaltzeiten Nachheizung eingestellt auf \_\_\_\_\_ bis \_\_\_\_\_ Uhr

Bereitschaftstemperatur eingestellt auf \_\_\_\_\_ °C

**7. Pumpe** Hersteller, Typ \_\_\_\_\_

Volumenstrom \_\_\_\_\_ l/min (bei \_\_\_\_\_ °C Fluidtemperatur)

Pumpenstufe \_\_\_\_\_  Drehzahlregelung

### 8. Systemoptimierung

Für die Optimierung des Systems wurden folgende Betriebsweisen vereinbart:

Unterdrückung der Nachheizung durch den Solarregler

Abschalten des Heizkessels im Sommer

Reduktion der Laufzeit der Zirkulationspumpe

Thermische Desinfektion  Intervall  Manuell

### 9. Einweisung und Dokumentation

Anlagenfunktion erläutert

Rohrleitungen und Armaturen beschriftet

Verantwortung zur Trinkwasser-Hygiene erläutert

Kontrollen und Störungsmeldungen erläutert

Datenblätter und Bedienungsanleitungen übergeben

Anlagenschema übergeben

\_\_\_\_\_  
Ausführender (Unterschrift)

\_\_\_\_\_  
Firmenstempel

\_\_\_\_\_  
Betreiber (Unterschrift)



# Inspektionsprotokoll thermische Solaranlage

Name (Betreiber) \_\_\_\_\_ Datum \_\_\_\_\_  
Adresse \_\_\_\_\_ Uhrzeit \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

## Wetterbedingungen

Temperatur \_\_\_\_\_ °C Einstrahlung:  sonnig  leicht bewölkt  stark bewölkt  ohne  
Bei Anlagen mit Strahlungsfühler \_\_\_\_\_ Watt/qm

ERSTINSPEKTION  INSPEKTION  ERWEITERTE INSPEKTION

### 1. Entlüftung des Solarkreises

Handentlüfter geprüft \_\_\_\_\_ Stk. Bemerkungen \_\_\_\_\_  
 Automatikentlüfter geprüft \_\_\_\_\_ Stk. \_\_\_\_\_

### 2. Anlagenbetriebsdruck

Druck geprüft bei Pumpe aus \_\_\_\_\_ bar  
 Druck geprüft bei Pumpe ein \_\_\_\_\_ bar  
Druckschwankungen am Manometer  Ja  Nein

Falls Überprüfung MAG und Sicherheitsventil erforderlich:

Sicherheitsventil trocken  Ja  Nein Bemerkungen \_\_\_\_\_  
 MAG Vordruck geprüft; \_\_\_\_\_  
korrigiert von \_\_\_\_\_ bar auf \_\_\_\_\_ bar. \_\_\_\_\_

### 3. Wärmeträger

Frostschutz geprüft - \_\_\_\_\_ °C Bemerkungen \_\_\_\_\_  
 pH-Wert geprüft \_\_\_\_\_ \_\_\_\_\_

### 4. Durchfluss

Volumenstrom geprüft \_\_\_\_\_ l/min;  
bei Fluidtemperatur \_\_\_\_\_ °C und Pumpenstufe \_\_\_\_\_  
 Schwerkraftbremse geprüft (öffnen und schließen)

---

**5. Warmwasserverteilung**

- Thermostatisches Mischventil geprüft
- Zirkulation geprüft

Bemerkungen \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

---

**6. Regler**

- Reglereinstellungen „Solar“ geprüft
- Reglereinstellungen „Nachheizung“ geprüft

Bemerkungen \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Messwerte, Betriebsprotokolle

Zählerstand Pumpenlaufzeit: \_\_\_\_\_ Std.  
max. Kollektortemperatur: \_\_\_\_\_ °C  
max. Speichertemperatur: oben \_\_\_\_\_ °C  
  unten \_\_\_\_\_ °C  
Zählerstand Warmwasser: \_\_\_\_\_ l  
Zählerstand Wärmemenge Solarkreis: \_\_\_\_\_ kWh

---

**7. Sichtprüfungen (nur bei erweiterter Inspektion)**

- Kollektoren inkl. Befestigung/Eindeckrahmen geprüft
- Rohrleitungen inkl. Befestigung geprüft
- Dämmung Solarkreis und Fühlerleitung geprüft
- Armaturen, Verbindungen und Anschlüsse geprüft

Bemerkungen \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

---

**8. Dokumentation**

Kopie Inspektionsprotokoll wird dem Betreiber zugestellt

Arbeiten notwendig, und zwar \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Angebot wird erstellt

---

Ausführender (Unterschrift)

---

Firmenstempel

---

Betreiber (Unterschrift)

# Photovoltaik

## Teil 1: Grundlagen, Systeme und Komponenten

### 1 Argumente für die Kundenberatung

Die Energie der Sonne lässt sich auf verschiedene Weise umwandeln: Bei solarthermischen Anlagen wird z. B. die Sonnenenergie für die Erzeugung von heißem Wasser genutzt. Dabei wird Flüssigkeit im Solarkollektor erhitzt und steht dann zur Trinkwassererwärmung, zur Heizungsunterstützung oder zur Temperierung von Schwimmbädern zur Verfügung. Bei der Photovoltaik hingegen wird die Strahlungsenergie der Sonne in Gleichstrom und anschließend in netzkonformen Wechselstrom umgewandelt.

#### Warum denn eigentlich Photovoltaik?

Einer der wesentlichen Vorteile einer Photovoltaik-Anlage gegenüber anderen Investitionen „rund ums Haus“ besteht in der Einspeisung der elektrischen Energie (zu definierten Konditionen) ins öffentliche Netz.

Je nach Standort und Ertrag kann eine Photovoltaik-Anlage auch eine angemessene Rendite erwirtschaften. Den Hintergrund dafür bildet das EEG<sup>1)</sup>, das Gesetz zum Vorrang der Erneuerbaren Energien, das jedem Betreiber einer PV-Anlage über einen Zeitraum von 20 Jahren, plus dem Jahr der Inbetriebnahme, eine bestimmte Vergütung für die erzeugte Strommenge gesetzlich garantiert.

Photovoltaik-Anlagen sind technisch ausgereift und langlebig. Diese Vorteile haben mittlerweile auch viele Banken und Sparkassen erkannt, weshalb sich PV-Anlagen günstig finanzieren lassen.

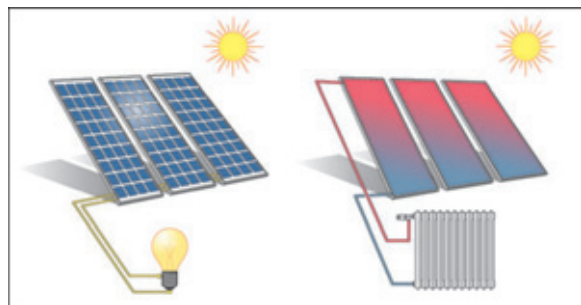


Bild 1:

Die Energie der Sonne lässt sich auf verschiedene Weise umwandeln: Bei solarthermischen Anlagen wird die Sonnenenergie für die Erzeugung von heißem Wasser genutzt. Bei der Photovoltaik wird die Strahlungsenergie der Sonne in Strom umgewandelt

#### 1.1 Photovoltaik-Anlagen aus Sicht des Handwerks

Der Verkauf und die Installation von Photovoltaik-Anlagen stellt für das Fachhandwerk ein interessantes Geschäftsfeld dar. Ein Marktwachstum mit hohen Zuwachsraten sorgt für eine dynamische Entwicklung dieses Geschäftsfeldes. Das sichert Arbeitsplätze und sorgt für eine kontinuierliche Auslastung des Betriebes. Im Detail bedeutet das:

- Die im BDH vertretenen Hersteller bieten dem Fachhandwerk ausgereifte Systemlösungen mit aufeinander abgestimmten Komponenten an. Entsprechende Produktschulungen, Planungshilfen und Weiterbildungsmaßnahmen runden das Informationspaket für die Marktpartner vollendet ab.
- Photovoltaische Stromerzeugung ist eine ausgereifte Technologie, wobei sehr hohe Leistungsgarantien auf Photovoltaik-Module üblich sind. Das Handwerk profitiert von diesen Garantieaussagen und von den professionellen Serviceleistungen in einem hoch entwickelten Marktsegment.
- Für Bauherren und Betreiber bedeutet eine Photovoltaik-Anlage, dass sowohl die Investitionssumme als auch der Ertrag überschaubar und langfristig kalkulierbar sind. Für das Fachhandwerk bietet das Geschäftsfeld eine gute Grundlage für zufriedene Kunden und geschäftlichen Erfolg.

<sup>1)</sup> Ursprünglich: „Gesetz für den Vorrang Erneuerbarer Energien.“ In der Neufassung seit 2009: „Gesetz zur Neuregelung des Rechts der Erneuerbaren Energien im Strombereich“ und zur Änderung damit zusammenhängender Vorschriften (Erneuerbare-Energien-Gesetz, EEG 2009).

- Die Investition in eine Photovoltaik-Anlage führt zur Wertsteigerung der Immobilie und für den installierenden Fachhandwerker ermöglicht sie eine weithin sichtbare Werbung. In Verbindung mit einem Wartungsvertrag kann darüber hinaus eine langfristige Kundenbindung aufgebaut werden.

## 2 Fragen zum EEG, dem Baurecht, der Finanzierung und der Ertragsvorschau

### 2.1 Das EEG – 20 Jahre garantierte Vergütung

Für Strom aus erneuerbaren Energieträgern, zu denen Solarstrom gehört, sind vom Netzbetreiber gesetzlich festgelegte Mindestpreise zu bezahlen. Durch eine bundesweite Ausgleichsregelung werden die den Netzbetreibern für die Vergütung entstehenden Kosten rückvergütet, indem sie auf den Strompreis umgelegt werden und diese Umlage an die Netzbetreiber zurückfließt. Die Höhe der Vergütung ist „degressiv“ angelegt, da der Gesetzgeber davon ausgeht, dass es mit steigender Marktgeltung zu Kostensenkungen kommen wird.

#### Was bedeutet „degressive“ Vergütung?

Die Vergütung für Solarstrom wird über einen Zeitraum von 21 Kalenderjahren gezahlt. Die Höhe der Vergütung ist im „EEG“ geregelt und richtet sich nach dem Jahr der Inbetriebnahme. Die jährliche Degression (Absenkung) der Vergütung gilt nur für die im jeweiligen Jahr neu installierten Photovoltaik-Anlagen. Seit Januar 2009 können Betreiber von PV-Anlagen neben dem in das öffentliche Netz eingespeisten Strom auch für den Eigenverbrauch eine Vergütung beanspruchen. Beim Eigenverbrauch spart der Betreiber einer PV-Anlage somit entsprechende Stromkosten. Diese betragen 2010 beim Haushaltsstrom durchschnittlich 20 Cent pro kWh.

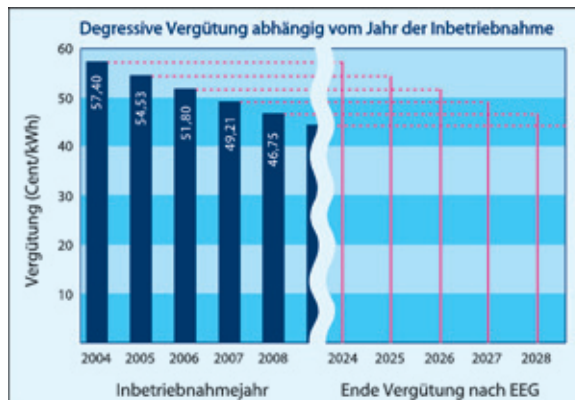


Bild 2:  
Vergütung bei Netzeinspeisung  
am Beispiel einer Aufdachanlage  
< 30 kWp in Abhängigkeit vom  
Inbetriebnahmejahr

#### Welche Vergütungen gibt es?

Die nachfolgende Tabelle gibt einen Überblick über die Entwicklung der Einspeisevergütung für PV-Strom. Alle Preise zzgl. gesetzlicher MwSt.

Netzeinspeisung			
Anlagen auf oder an Gebäuden			
• bis 30 kWp	28,74 ct/kWh		
• bis 100 kWp	27,33 ct/kWh		
• bis 1000 kWp	25,86 ct/kWh		
Konversionsflächen	22,07 ct/kWh		
sonst. Freiflächenanlagen	21,11 ct/kWh		
Ackerflächen	–		
Eigenverbrauch			
	bis 30 kWp	bis 100 kWp	bis 500 kWp
• weniger als 30 % des erzeugten Stroms	12,36 ct/kWh	10,95 ct/kWh	9,48 ct/kWh
• ab 30 % des erzeugten Stroms	16,74 ct/kWh*	15,33 ct/kWh*	13,86 ct/kWh*

Bild 3: Vergütungssätze im Überblick (März 2011)

\*) Für den zusätzlich erzeugten Strom

## **2.2 An welche baulichen Voraussetzungen ist die Vergütung geknüpft?**

Für die Zahlung der Mindestvergütung nach EEG besteht ein Rechtsanspruch, unabhängig von den baulichen Voraussetzungen. Wird jedoch, wie allgemein üblich, die erhöhte Vergütung für dachmontierte Anlagen angestrebt, darf die „bauliche Hülle“ nicht extra für die Photovoltaik-Anlage errichtet worden sein. Unter einer „baulichen Hülle“ versteht man jede mit dem Erdboden verbundene, aus Baustoffen und Bauteilen hergestellte Anlage. Freiflächenanlagen erhalten nur dann die Mindestvergütung, wenn sie im Bereich eines Bebauungsplanes im Sinne des § 30 BauGB oder auf einer Fläche in Betrieb genommen werden, für die ein Verfahren nach § 38 Abs. 1 BauGB (Planfeststellungsverfahren) durchgeführt worden ist.

## **2.3 Baugenehmigung und Denkmalschutz**

Solaranlagen sind bauliche Anlagen im Sinne des Baurechts und müssen daher die baurechtlichen Bestimmungen erfüllen. Maßgebend sind die jeweiligen Bauordnungen der Bundesländer. In der Regel gelten Photovoltaik-Anlagen als „schlicht“ genehmigungsfreie Vorhaben, wenn sie bündig zur Dachfläche oder an der Fassade montiert sind. Die „schlichte“ Genehmigungsfreiheit bedeutet für den Bauherren, dass er niemanden fragen und um eine Genehmigung bitten muss. Er braucht also meistens keinen Bauantrag und auch keine Anzeige bei einer Behörde oder der Kommune zu stellen. Genehmigungsfreiheit bedeutet natürlich nicht automatisch eine baurechtliche Zulässigkeit, sondern vielmehr, dass die Verantwortung für die Einhaltung der gesetzlichen Bestimmungen auf den Bauherren verlagert wird. Auf denkmalgeschützten Gebäuden und dort, wo Gebäudeensembles insgesamt unter Denkmalschutz gestellt sind, sind PV-Anlagen immer genehmigungspflichtig. Die Kommunen können in ihren regionalen Bebauungsplänen weitere Vorgaben treffen. Erkundigen Sie sich also vor Baubeginn bei der/den zuständigen Baubehörde(n).

## **2.4 Photovoltaik-Anlage beim Netzbetreiber anmelden**

Die „VDE-Anwendungsregel für den Anschluss und den Parallelbetrieb von Eigenenergieanlagen am Niederspannungsnetz“ sieht ein Anmeldeverfahren für Photovoltaik-Anlagen vor. Der Netzbetreiber ist daher vom Anlagenplaner schon in der ersten Planungsphase mit in die Maßnahme einzubeziehen und offene Fragen sind zu klären.

## **2.5 Sichere Renditen – Das Geschäft mit der Sonne**

Photovoltaik-Anlagen bieten meist eine sichere Rendite. Die Jahresergebnisse nach Steuern hängen u. a. von der Investitionssumme, der Größe der Anlage, dem Finanzierungsmodell, den Betriebskosten, dem Stromertrag (Höhe der Vergütung und eingesparter Strommenge sowie der elektrischen Leistung) sowie dem möglichen Restwert der Anlage nach 20 Betriebsjahren ab. Die Wirtschaftlichkeit jeder Einzelanlage sollte vor Baubeginn anlagenspezifisch ermittelt und auf Ergebniswirksamkeit überprüft werden.

## **2.6 Finanzierung von Photovoltaik-Anlagen**

Viele Banken und Sparkassen bieten eigene Solarkredite an. Darüber hinaus werden Photovoltaik-Anlagen auch von der Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW) finanziert. Die KfW verfolgt das Hausbank-Prinzip, d. h., die KfW-Kredite werden nicht direkt vergeben, sondern ausschließlich über die jeweilige Hausbank. Sie ist als durchleitende Bank auch der Ansprechpartner für den Kreditnehmer. Für alle KfW-Programme gilt: Die Kreditanträge sind vor Beginn des Vorhabens (also vor der Unterschrift unter den Kaufvertrag) zu stellen. Da sich die Konditionen für Kreditprogramme ändern können, empfehlen wir diese im Internet unter [www.kfw.de](http://www.kfw.de) tagesaktuell abzurufen. Unter der Voraussetzung, dass sich die Anlage „rechnet“, ist eine Realisierung auch ohne Eigenkapital möglich.

### 3 Systeme am Markt: Netzgekoppelt oder Inselnetz

Solarstromanlagen unterscheidet man – je nachdem, ob ein Netzanschluss vorhanden ist – in netzgekoppelte Systeme und in Inselanlagen. Die überwiegende Mehrheit aller Photovoltaik-Anlagen in Deutschland arbeiten als netzgekoppelte Systeme mit Einspeisung des erzeugten Stroms in das öffentliche Stromnetz.

Inselsysteme haben in Deutschland zur Stromversorgung nur eine sehr geringe Verbreitung, verfügen wir doch über ein sehr gut ausgebautes Stromversorgungsnetz und eine hohe Versorgungssicherheit. So beschränkt sich der Einsatz von Inselsystemen hierzulande meist auf Klein- und Kleinstanwendungen oder auf netzferne Gegenden wie z. B. zur Beleuchtung von Verkehrsschildern an Autobahnen.

#### 3.1 Netzgekoppelte Systeme

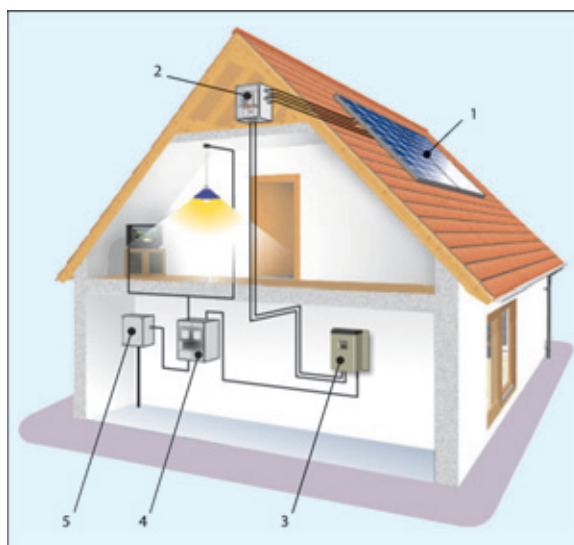


Bild 4:  
Der prinzipielle Aufbau einer netzgekoppelten PV-Anlage:  
1. PV-Generator mit Montagesystem  
2. Generatoranschlusskasten  
3. Wechselrichter  
4. Einspeise- und Bezugsmesser  
5. Netzanschluss

Eine Solarstromanlage besteht im Wesentlichen aus den im Bild 4 dargestellten Komponenten.

#### 3.2 Funktionsweise des Systems

In den Solarzellen eines Solarmoduls wird das Sonnenlicht direkt in elektrische Energie (Gleichstrom) umgewandelt. Mehrere Module zusammen bilden den PV-Generator. Der Generator arbeitet fast immer, wenn Sonnenlicht auf ihn trifft – auch ein bewölkter Himmel führt dabei schon zu einer messbaren Stromproduktion.

Netzgekoppelte Solarstromanlagen speisen ihre gesamte Energie in das öffentliche Stromversorgungsnetz ein. Dazu wird der vom Generator erzeugte Gleichstrom vom Wechselrichter in netzüblichen Wechselstrom (z. B. 230 V/50 Hz) umgewandelt und über einen separaten Stromzähler ins öffentliche Netz eingespeist.



Bild 5: Eine Photovoltaikanlage kann sowohl diffuse Strahlung bei schlechtem Wetter als auch direkte Strahlung bei Sonnenschein in Strom umwandeln

## 4 Aufbau, Funktion und Komponenten

### 4.1 Strom aus Licht: So funktioniert's

Trifft Lichtenergie auf eine Solarzelle, werden Elektronen frei. Das in der Solarzelle vorhandene elektrische Feld treibt diese Elektronen zu einer Seite der Solarzelle, sodass ein Ladungsunterschied zwischen Ober- und Unterseite der Zelle entsteht – elektrische Spannung. Wird der Stromkreis zwischen Ober- und Unterseite geschlossen, fließt Strom.

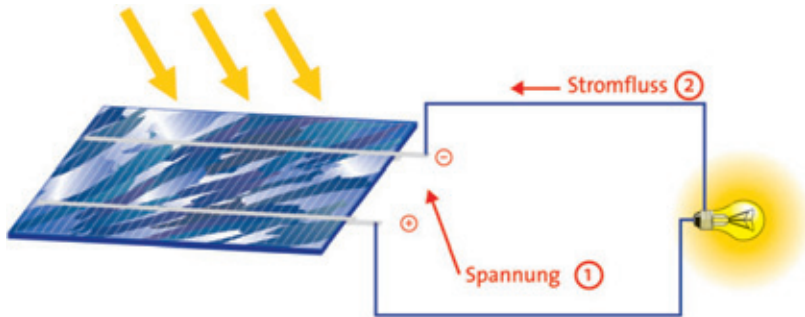


Bild 6: Wenn auf eine Solarzelle Licht trifft, entsteht eine elektrische Spannung (1) zwischen der Ober- und Unterseite. Wird der Stromkreis geschlossen, fließt Strom (2)

#### Viel Licht = viel Strom

Der Strom und damit die elektrische Leistung einer Solarzelle sind direkt abhängig von der Bestrahlungsstärke. Es gilt: viel Sonne – viel Strom. Daher liefern Solarzellen die meiste Energie bei direktem Sonnenschein. Bei Dunst oder Nebel z. B. in den Früh- oder Abendstunden eines Tages oder bei diffusem Licht (Wolken) wird eine entsprechend geringere Leistung abgegeben.

#### Schön kalt = hohe Spannung

Außerdem ist der Wirkungsgrad einer Solarzelle auch von der Oberflächentemperatur abhängig. Vereinfacht kann man sicher sagen, dass je niedriger die Oberflächentemperatur ist, desto höher ist die Spannung. Gerade in unseren relativ kühlen Breiten funktionieren Solarzellen sehr gut. Deshalb gilt es bei der Planung besonders darauf zu achten, dass die Module später auf dem Dach nicht unnötig warm werden und eine gute Hinterlüftung sichergestellt ist.

### 4.2 Wie Sand am Meer – Ausgangsstoff und Herstellung einer Solarzelle

Solarzellen werden heute überwiegend aus Silizium hergestellt. Ausgangsmaterial ist hochreiner Quarzsand ( $\text{SiO}_2$ ), der buchstäblich wie Sand am Meer in großen Mengen verfügbar ist. Normaler Sand ist durch seine natürlichen Verunreinigungen allerdings nicht geeignet. Das daraus gewonnene Rohsilizium muss vorher durch einen technologisch aufwendigen Prozess gereinigt und kristallisiert werden. Erst dadurch richten sich alle Silizium-Atome so aus, dass sie später für den photovoltaischen Effekt genutzt werden können. Um Rohsolarzellen zu gewinnen, werden die Siliziumblöcke anschließend zu dünnen Scheiben von 0,2 bis 0,3 Millimetern Dicke – den sogenannten Wafern – zerschnitten.



Bild 7:  
Die Herstellung von Solarzellen ist ein energetisch aufwendiger Prozess

Damit eine Solarzelle Strom erzeugen kann, muss sie während der Herstellung verschiedene Prozesse durchlaufen:

- Die Oberfläche einer Seite der Scheibe (Wafer) wird gezielt mit bestimmten Atomen „verunreinigt“. Man nennt diesen Prozess Dotierung. Die dem Sonnenlicht zugewandte Schicht wird dabei mit Phosphor negativ dotiert, die darunterliegende Siliziumschicht wird durch Beigabe von Bor-Atomen positiv dotiert.
- Auf Vorder- und Rückseite der Zellen werden metallische Kontakte aufgebracht.
- Nach Aufbringen der Kontakte wird die fertige Zelle mit einer Antireflexschicht versehen. Die Antireflexschicht erhöht die Lichtausbeute und lässt die eigentlich silbergrauen Zellen bläulich bis schwarz schimmern.

### **4.3 Hightech vom Fließband – Verschiedene Arten von Solarzellen**

Bei den wichtigsten derzeit auf dem Markt befindlichen Zellen handelt es sich um:

- monokristalline Solarzellen
- polykristalline Solarzellen
- Dünnschichtzellen aus Kupfer-Indium-Diselenid (CIS), Cadmium-Tellurid (CdTe) oder amorphem Silizium.

Aufgrund der gleichmäßigen Kristallstruktur verfügen monokristalline Zellen über den höchsten Wirkungsgrad, sie sind allerdings auch am teuersten. Polykristalline Zellen sind günstiger herzustellen, ihr Wirkungsgrad liegt aber unter dem der monokristallinen Zellen.

#### **Monokristalline Solarzellen**

Beim vielfach üblichen Tiegelziehprozess wird ein Kristallkeim in eine Siliziumschmelze getaucht und unter langsamem Drehen aus der Schmelze gezogen. Dabei lassen sich regelmäßige Einkristalle mit etwa 30 cm Durchmesser und mehreren Metern Länge herstellen. Monokristalline Silizium-Kristallblöcke sind zunächst rund und erhalten erst durch eine Beschneidung der Kanten ihre fast quadratische Form.

#### **Polykristalline Solarzellen**

Anders als beim zeitaufwendigen Ziehen von Kristallen wird hier Silizium erhitzt und in eine rechteckige Form gegossen. Beim Abkühlen entstehen viele kleine Kristalle (Eisblumenmuster). Die Siliziumblöcke werden in Stangen und anschließend zu Wafern zersägt, die bereits ihre rechteckige Form haben.

Das Verfahren ist kosten- und energiesparender als die Herstellung von monokristallinen Zellen. Der etwas schlechtere Wirkungsgrad dieser Zellen wird dadurch verursacht, dass an den Grenzen der einzelnen Kristalle der photovoltaische Effekt etwas beeinträchtigt wird.

#### **Dünnschichtzellen**

Für die Herstellung von Dünnschicht-Solarzellen werden photoaktive Halbleiter als dünne Schichten auf ein Trägermaterial, z. B. Glas, aufgebracht. Die am häufigsten verwendeten Materialien sind amorphes Silizium, Kupfer-Indium-Diselenid (CIS) oder Cadmium-Tellurid (CdTe). Der geringe Material- und Energiebedarf für die Herstellung und der hohe Automatisierungsgrad bei der Fertigung lassen erhebliche Kostenreduktionen zu. Der Wirkungsgrad der Zellen ist allerdings deutlich geringer als bei kristallinen Solarzellen.

### **4.4 Von der Solarzelle zum Modul**

Bei der Solarmodul-Herstellung werden mehrere Solarzellen elektrisch miteinander verbunden. Dabei wird der Vorderkontakt einer Zelle mit dem Rückseitenkontakt der nächsten Zelle verbunden usw. Durch diese Reihenschaltung wird die Spannung des späteren Moduls festgelegt. Je mehr Zellen auf diese Weise in Reihe verschaltet werden, umso höher wird die Spannung des Moduls. Schaltet man Reihen von Zellen parallel, erhöht sich dagegen die Stromstärke des Moduls.



Die elektrisch miteinander verbundenen Zellen werden anschließend in Kunststofffolien aus Ethylen-Vinyl-Acetat (EVA) und Tedlar eingebettet und auf eine Sicherheitsglasscheibe auflaminiert. So ist das Solarmodul dauerhaft vor Witterungseinflüssen geschützt. Auf der Modulrückseite wird eine Anschlussdose mit den Modulklemmen angebracht. Die Dose enthält auch sogenannte Bypassdioden. Diese Dioden dienen vorrangig dem Schutz des Moduls und verhindern Zellschäden (z. B. durch Hot Spot). Ihr Name leitet sich aus der Funktionsweise ab – den Strom an anderen Zellen „im Bypass“ vorbeizuführen.

Der **Hot Spot** entsteht bei Abschattung einer einzelnen Solarzelle. In einem Modul sind mehrere Zellen zu einem Modulstring in Reihe verschaltet. Eine verschaltete Zelle verhält sich wie ein elektrischer Widerstand und kann sich, wenn der Strom der übrigen Zellen hindurchfließt, bis zur Zerstörung erhitzen. Um dies zu vermeiden, werden Bypass-Dioden parallel zu den Zellen geschaltet.

Noch im Herstellerwerk werden die typischen Kennwerte des Moduls „Strom“, „Spannung“, „Leistung“ sowie verschiedene Verlustfaktoren unter standardisierten Bedingungen ermittelt. Diese mit STC abgekürzten Bedingungen (engl.: standard test conditions) sind normiert und ermöglichen so den genauen Vergleich verschiedener Module.

Die Spitzenleistung eines Moduls, unter diesen Bedingungen wird Peak-Leistung nach dem englischen Wort „Peak“ (= Spitze) genannt und mit einem kleinen p hinter der Leistung Kilowatt (kWp) gekennzeichnet. Die Angabe zur Peak-Leistung bedeutet in der Praxis, dass das Modul maximal diese Leistung erbringt, aber – je nach Sonneneinstrahlung und Temperatur – auch deutlich weniger leisten kann.

Besonders wichtig für die spätere Planung sind die Angaben zur Leistungstoleranz. Gute Module haben eine geringe Leistungstoleranz, übliche Werte liegen bei +/- 5 %. Positive Leistungstoleranzen (z. B. -0/+ 5 %) werden natürlich gern in Kauf genommen, bedeuten sie doch mehr Leistung fürs gleiche Geld.

Vor Ort, also beispielsweise auf dem Hausdach, werden schließlich mehrere Solarmodule zu einem Solargenerator miteinander verschaltet. Generell werden Solarzellen u. a. nach der ICE-Norm 61215 durch neutrale Institute geprüft und zugelassen.

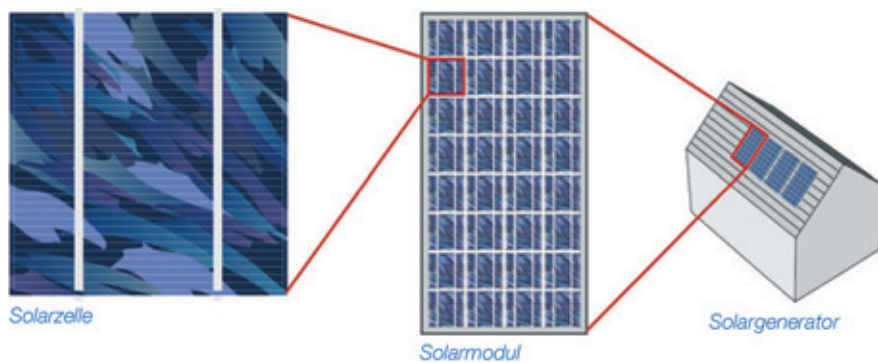


Bild 8: Viele Zellen bilden das Modul, viele Module bilden den Generator

#### 4.5 Damit sich der Zähler dreht: Das Zusammenspiel der Komponenten

##### Der richtige Aufbau des Solargenerators

Innerhalb eines Generators werden mehrere Module zu Reihen – sogenannten Strings – verschaltet. Innerhalb eines Strings sollten alle Module die gleichen Kennwerte aufweisen. Werden unterschiedliche Module miteinander verschaltet, kann es zu erheblichen Ertragseinbußen kommen, da immer das Modul mit der geringsten energetischen Ausbeute eines Strings den Strom und damit die Leistung vorgibt. Dieser auch als „Gartenschlaucheffekt“ bezeichnete Umstand wird in Teil 2, Bild 3 verdeutlicht: Das „schwächste“ Modul der Reihe mit 95 Wp bestimmt die Gesamtleistung.

##### Der Generatoranschlusskasten (GAK)

Der Generatoranschlusskasten enthält Anschlussklemmen und Trennstellen, bei Bedarf auch Strangsicherungen, Überspannungsableiter und Strangdioden. Im GAK

werden alle Strangleitungen des Solargenerators zusammengefasst und mit den Gleichstromhauptleitungen verbunden, die zum Wechselrichter führen. Der GAK sollte in der Nähe des Generators an einem leicht zugänglichen Ort eingebaut werden. Besonders bei kleineren Anlagen wird häufig auf den GAK verzichtet, weil seine Funktion vom Wechselrichter mit übernommen wird.

#### **Gleichstromhauptschalter**

Der Gleichstromhauptschalter ist vorgeschrieben und ermöglicht es dem Installateur, für Reparatur und Wartung den Wechselrichter und die übrigen Wechselstromkomponenten vom Generator zu trennen. Der Schalter wird daher unmittelbar vor dem Wechselrichter installiert.

#### **Solar-Kabel**

Damit die elektrische Sicherheit über die gesamte Lebensdauer der Anlage gewährleistet wird, müssen Kabel von Photovoltaik-Anlagen besonders langlebig und widerstandsfähig sein. „Solarkabel“ verfügen deshalb über folgende Besonderheiten:

- Erd- und Kurzschlussicherheit,
- sehr hohe mechanische Festigkeit,
- UV-, Ozon- und Witterungsbeständigkeit und
- Temperaturbeständigkeit (Auslegungstemperatur auf dem Dach: 70 °C).

Ganz besonders wichtig ist die Erd- und Kurzschluss-Sicherheit, deshalb werden Solarkabel immer einadrig und doppelt isoliert ausgeführt.

#### **Wechselrichter**

Der Wechselrichter wandelt den vom Solargenerator gelieferten Gleichstrom (engl.: DC = Direct Current) in Wechselstrom (engl.: AC = Alternate Current) mit 230 V/50 Hz Netzspannung bzw. bei größeren Anlagen in dreiphasigen Drehstrom mit 400 V/50 Hz Netzspannung um. Wechselrichter werden in vielen Leistungsklassen angeboten und nach ihrer Funktionsweise in Zentralwechselrichter, String- bzw. Multistringwechselrichter oder Modulwechselrichter unterschieden. Bei einem Zentralwechselrichter werden alle PV-Module auf einen Wechselrichter verschaltet. Bei vielen Anlagen ist es jedoch erforderlich, die Generatorleistung auf mehrere Wechselrichter aufzuteilen, beispielsweise bei größeren Generatoren, bei Teilverschattungen sowie abweichenden Ausrichtungen oder Neigungen innerhalb des Generators.

Fällt einmal der Strom aus oder wird die Stromversorgung durch den Energieversorger z. B. für Wartungsarbeiten kurz unterbrochen, erkennt das der Wechselrichter und unterbricht die Einspeisung der PV-Anlage aus Sicherheitsgründen. Sobald das Netz wieder vorhanden ist, setzt der Wechselrichter die Stromeinspeisung automatisch fort.

Für die Montage des Wechselrichters ist ein gleichmäßig kühler Raum ideal, während ein Wechselrichter im (sommerlich heißen) Dachraum konvektiv oder ventilatorisch belüftet werden sollte. Selbstverständlich werden auch Geräte mit eingebauter Ventilator Kühlung angeboten.

#### **Einspeisezähler**

Als Solar-Einspeisezähler kommt ein geeichter und vom Versorgungsnetzbetreiber (VNB) zugelassener Zähler zum Einsatz. Die Einspeisung muss nicht über einen vom VNB gemieteten Zähler abgerechnet werden. Der Anlagenbetreiber kann sich einen eigenen Zähler kaufen und selbst ablesen.

# Photovoltaik

## Teil 2: Planung, Installation und Wartung

### 1 Die Anlagenplanung

#### 1.1 Vorgehensweise bei der Anlagenplanung

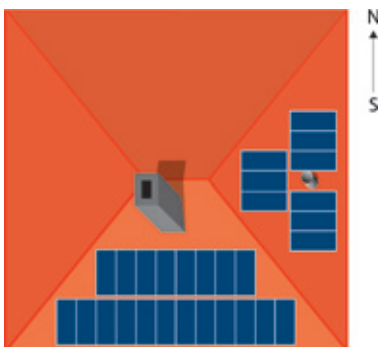
Die im BDH vertretenen Hersteller bieten ihren Kunden umfangreiche Hilfestellung von der Produktschulung über die Anlagenberatung bis hin zur Planung und Simulation an. Nutzen Sie diesen Service. Die Größe einer PV-Anlage wird maßgeblich von der zur Verfügung stehenden Aufstellfläche, den Kundenwünschen und dem finanziellen Rahmen bestimmt. Natürlich sollte es sich beim späteren Aufstellort auch um einen lohnenden, ertragreichen Standort handeln. Gerade für die Fremdfinanzierung gilt: Je höher der spätere Ertrag der Anlage, umso einfacher die Finanzierung bzw. desto geringer der geforderte Eigenkapitalanteil.

Im Detail hängt die Planung im Wesentlichen von folgenden Punkten ab:

- Größe, Ausrichtung, Neigung und Tragfähigkeit des Daches
- Verschattungsfreiheit
- Wünsche des Bauherren zu Montageort, Modultyp oder Wechselrichter sowie zu ästhetischen Punkten, wie einer möglichst harmonischen oder symmetrischen Integration
- Finanzrahmen des Bauherren, d. h. die Höhe des für die Investition zur Verfügung stehenden Eigen- und/oder Fremdkapitals

Am häufigsten begrenzt die zur Verfügung stehende (Dach-)Fläche die maximal installierbare Photovoltaikleistung. Der Flächenbedarf ist jedoch von der eingesetzten Zellentechnologie abhängig. Eine Generatorleistung von einem 1 kWp erfordert je nach Zellentyp folgende Fläche:

Zellentyp	Monokristallin	Polykristallin	Dünnschicht
Flächenbedarf für 1 kWp	6–9 m <sup>2</sup>	7–10 m <sup>2</sup>	15–20 m <sup>2</sup>



*Bild 1:*  
Die Dimensionierung einer Photovoltaik-Anlage hängt wesentlich von der Dachfläche, der Ausrichtung des Daches und der Verschattung ab. Modulanordnung bei einem Gebäude mit Dachfläche nach Süden und Osten sowie einer möglichen Verschattung durch ein Entlüftungsröhr

Vorgehensweise bei der Anlagenplanung:

1. Auswahl und Prüfung einer geeigneten Dachfläche
2. Überschlägige Festlegung der Anlagengröße gemäß dem Finanzrahmen und der zur Verfügung stehenden Fläche
3. Auswahl der Solarmodule und der dazu passenden Wechselrichter
4. Festlegung der Modulverschaltung, Verdrahtungsplanung, Zusammenstellung und Dimensionierung aller Komponenten und Erstellung der Stückliste
5. Ertragsprognose auf der Basis einer Simulation der geplanten Anlage mit den standortspezifischen Wetterdaten
6. Ergänzung um weitere notwendige Anlagenkomponenten (z. B. Blitzschutz etc.)

7. Anfrage beim Versorgungsnetzbetreiber nach Anschlussbedingungen und Antrag auf Netzanschluss. Prinzipiell sollten vorkonfektionierte Systeme zum Einsatz kommen, deren Komponenten herstellereitig aufeinander abgestimmt wurden. Die Mitgliedsunternehmen des BDH verfügen hierbei über eine breite Angebotspalette bewährter Photovoltaiksysteme.

### 1.2 Ist das Dach geeignet? – Optimale Ausrichtung und Umgang mit Verschattungen

Geeignet ist ein Dach prinzipiell immer dann, wenn es möglich ist, dort die gewünschte Anzahl der Module in optimaler Ausrichtung und Neigung zu positionieren und zu montieren, sowie wenn die Module unverschattet sind und es sich um einen sonnenreichen Standort handelt. Optimal sind reine Südausrichtungen, wobei Abweichung zwischen Südosten und Südwesten möglich sind, da sie den Ertrag nur wenig verringern. Es gilt als Orientierung: Je mehr eine Anlage von Süden abweicht, umso flacher sollten die Module geneigt sein. Auf flachgeneigten Dächern von ca. 20° Dachneigung oder weniger sind also auch reine West- oder Ostausrichtungen der Module akzeptabel.

Eine geeignete Dachneigung beträgt in Deutschland etwa 30 bis 45 Grad. Bei Flachdächern kann es sinnvoll sein, eine geringe Modulneigung zu wählen, um mehr Module auf einer begrenzten Fläche unterzubringen, ohne dass es zu gegenseitiger Verschattung kommt.

Das Dach sollte nach der Montage einer PV-Anlage eine Standzeit von noch mindestens 20 Jahren haben. Achten Sie also darauf, dass das Dach zum Zeitpunkt der Montage einer PV-Anlage möglichst neuwertig ist oder saniert wurde. Hintergrund sind die erheblichen Mehrkosten für den Ab- und Wiederaufbau der PV-Anlage bei einer zwischenzeitlichen Dacherneuerung. Eine vorherige Sanierung älterer Dächer lohnt sich daher häufig.

Technisch gesehen ist heute die Montage auf fast allen Dachtypen möglich, wenngleich nicht alles wirtschaftlich sinnvoll ist. Besonders wichtig ist in jedem Falle die Verschattungsfreiheit.

#### Abweichung vom Optimum

Zur Ausrichtung gilt also allgemein: Je flacher ein Dach geneigt ist, umso weniger ist die Ausrichtung der Module von Bedeutung. Daraus abgeleitet sollten Fassadenmontagen oder steile Aufständungen möglichst genau nach Süden ausgerichtet sein.

Zur Neigung gilt: Besser zu flach als zu steil. Denn den größten Teil des Ertrages bringt eine Photovoltaik-Anlage im Sommer bei einem hohen Sonnenstand. Auf das Winterquartal (Dezember, Januar, Februar) mit seinen tiefen Sonnenständen entfällt lediglich ein geringer Anteil des jährlichen Ertrages. Insofern sollte sich die Modulneigung immer nach dem Sonnenstand in den einstrahlungsstärksten Monaten Mai, Juni, Juli orientieren.

Die Minderung der Erträge durch nicht optimale Ausrichtung und Neigung können Sie überschlägig der Grafik 2 entnehmen.

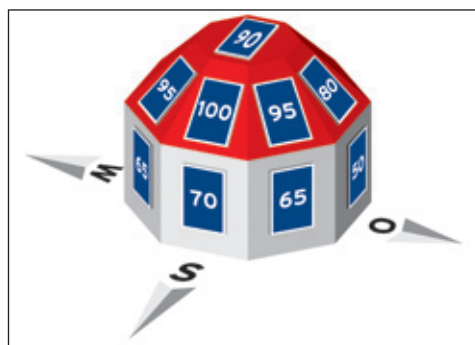


Bild 2:  
Ist mein Dach geeignet? Die Grafik ermöglicht es Ihnen zu überschlagen, mit welchen Erträgen Sie rechnen können. (Angaben in Prozent)

#### Unterschiedlich ausgerichtete Generatorflächen

Sobald die Solarmodule auf verschiedenen ausgerichteten Dachflächen aufgeteilt werden, muss jeder Teilgenerator mit einem eigenen Wechselrichter betrieben werden. Eine Alternative bieten sogenannte Multistring-Geräte, die innerhalb eines Gehäuses mehrere Wechselrichter vereinen. Nur so ist eine optimale Anpassung an die verschiedenen Einstrahlungsbedingungen möglich.

## Warum ist Verschattung so kritisch? Der „Gartenschlaucheffekt“

Die Verschattung einer Photovoltaik-Anlage muss nach Möglichkeit vermieden werden. Wird eine Solarzelle verschattet, kann sie keinen Strom produzieren. Fließt aber durch eine einzige Zelle kein Strom mehr, kann durch sämtliche mit ihr in Reihe geschalteten Zellen kein Strom mehr fließen. Man kann das mit dem sog. „Gartenschlaucheffekt“ verdeutlichen: Wird ein Wasserschlauch an einer einzigen Stelle zugeedrückt, kommt am Ende weniger oder gar kein Wasser mehr heraus.

Da aus technischen Gründen in einer PV-Anlage immer viele Zellen/Module in Reihe geschaltet werden, hat die Verschattung einer Zelle oder eines Moduls somit direkte Auswirkungen auf den gesamten Anlagenertrag.

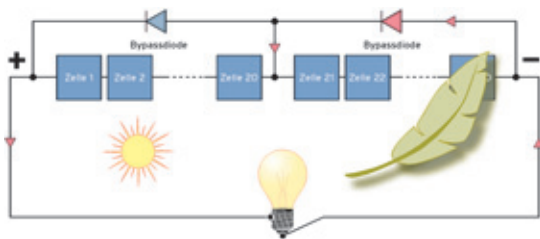


Bild 3:  
Bypassdioden vermindern die Auswirkung von Verschattung

## Wann spricht man von einer Verschattung?

Fällt ein Schatten auf den Solargenerator, spricht man von einer Verschattung. Neben unvermeidlichen Schatten durch Wolken, Nachbargebäude oder dem Horizont während des Sonnenlaufs gibt es eine Reihe von vermeidbaren Verschattungen. Dazu gehören Schatten durch:

- Antennen, Blitzschutzanlagen, Freileitungen usw., die über den Solargenerator führen
- Schornsteine, Dachgauben und Erker
- Bäume (Wachstum beachten)
- herabfallendes Laub, Verschmutzung, Schnee usw.

Beim Thema Verschattung ist auch der jeweilige Nachbar und ganz besonders derjenige mit dem südlich angrenzenden Grundstück wichtig: Wächst auf dem Nachbargrundstück z. B. ein Baum, der früher oder später die Anlage verschattet, sollte dieses Problem möglichst frühzeitig gemeinsam geklärt werden. Auch zukünftige Baumaßnahmen des Nachbarn sollten auf ihre Auswirkungen auf den Anlagenertrag besprochen und möglichst noch vor Baubeginn der PV-Anlage einvernehmlich geklärt werden.

**Achtung:** Der Bauwunsch des Nachbarn wird gerichtlich höher eingestuft als eine dadurch eventuell verursachte Verschattung einer PV-Anlage. Lohnt sich also eine PV-Anlage nur, weil südlich davon eine Baulücke existiert, sollte unbedingt die Wahrscheinlichkeit einer Bebauung der Lücke innerhalb der nächsten 20 Jahre geklärt werden.



Bild 4: Bypassdioden vermindern die Auswirkung von Verschattung



Bild 5: Wenn sich die Satellitenanlage nicht versetzen lässt, bleibt als letzte Möglichkeit, die Lage der Module den Gegebenheiten anzupassen (Quelle: Dürschner)

## Umgang mit Verschattungen

Manche Schattenverursacher lassen sich entfernen. Sie können von Fall zu Fall Folgendes versuchen:

- Bäume verpflanzen, solange sie noch klein sind,
- einzelne Äste von Bäumen entfernen und ggf. fortlaufend beschneiden,
- Satellitenanlagen und Antennen umsetzen (Verschattung durch Schattenwurf) usw.

### Optimale Anordnung der Module

Wenn es nicht möglich ist, Verschattungen gänzlich zu vermeiden, kann die Wirkung der Verschattung durch geschickte Anordnung der Solarmodule und der optimalen Wahl des Wechselrichterkonzepts verringert werden.

### Verschattung durch Schnee auf den Modulen

Schnee hat einen viel geringeren Einfluss auf den Anlagenertrag als oft angenommen, da er in einer ohnehin ertragsschwachen Jahreszeit fällt. Das soll die nachfolgende Tabelle verdeutlichen. Schnee rutscht üblicherweise ab, kann allerdings bei sehr flach geneigten Modulen auch längere Zeit liegen bleiben. Eine über die gesamten Wintermonate Dezember, Januar und Februar vollständig verschneite Anlage bringt pro Jahr aber nur etwa 10 % weniger Ertrag als eine völlig schneefreie Anlage. Der Aufwand für die Beräumung wird sich demzufolge erst bei besonders großen Solarstromanlagen lohnen.

Saison	Frühling	Sommer	Herbst	Winter
Ertrag ca. in %	≈ 30 %	≈ 40 %	≈ 20 %	≈ 10 %

Prozentuale Verteilung des Anlagenertrags über die Jahreszeiten

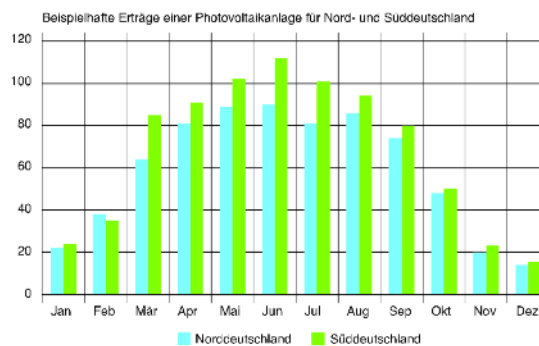


Bild 6: Die höchsten Erträge liefert eine PV-Anlage in den Sommermonaten. Erträge in Süddeutschland liegen dabei im Durchschnitt um 10 % über denen in Norddeutschland

### 1.3 Welcher Installationsort ist der beste?



Bild 7: Die Mitgliedsunternehmen des BDH bieten Montagesysteme für alle gängigen Aufstellungs- und Anbringungsvarianten

### Installationsort: Dach oder Fassade

Am häufigsten wird die Aufdachmontage ausgeführt. Weitere Varianten sind Indachmontage, Freiaufstellung bzw. Flachdach- und Fassadenmontage.

Eine bereits montierte PV-Anlage unterscheidet man nach ihrer Ausrichtung auf dem Dach in senkrecht bzw. hochkant angeordnete Solarmodule. Die kürzere Seite des Moduls verläuft demzufolge bei senkrechter Ausrichtung parallel zur Dachrinne. Wählen Sie bei mehreren Modulreihen übereinander nach Möglichkeit eine senkrechte Montage, denn dabei ergeben sich weniger Rahmenkanten in Ablaufrichtung der Niederschläge.



Bild 8: Kleine Anlagen in Aufdachmontage sind heute weitverbreitet. Sie sind einfach und kostengünstig zu montieren



Bild 9: Größere Module lassen sich spezifisch kostengünstiger montieren

### Was spricht für die Aufdachmontage?

- einfache, schnelle und kostengünstige Montage
- auch nachträglich im Altbau oder auf bestehenden Dächern gut zu montieren
- gute Hinterlüftung (Kühlung) der Module (hoher Ertrag)
- Dachhaut bleibt weitestgehend unberührt
- hohe Vergütung lt. EEG
- „Schön weit oben“, dadurch hoher Ertrag aufgrund geringerer Verschattungsmöglichkeiten, auch was zukünftig wachsende Bäume und Baumaßnahmen in der Nachbarschaft betrifft

### Was spricht besonders für eine Indachmontage?

- ansprechende Optik durch architektonisch anspruchsvolle Lösungen, ideal für besonders hochwertige Dächer
- Einsparung von Dacheindeckung, ähnlich wie bei Fassadenanlagen
- Hinterlüftung beachten

### Was spricht besonders für eine Flachdachaufstellung?

- optimale Ausrichtung und Neigung der Module lassen sich gut realisieren
- besonders gute Hinterlüftung (Kühlung) der Module, d. h. hoher Ertrag
- sehr einfache, schnelle und kostengünstige Montage
- Module sind leicht zugänglich

### Was spricht besonders für die Freiaufstellung?

- keine besonderen statischen Anforderungen an den Untergrund
- nahezu unbegrenztes Platzangebot (Baugenehmigung beachten)
- optimale Ausrichtung und Neigung der Module lassen sich gut realisieren



Bild 10:  
Bei der dargestellten waagerechten Flachdachmontage auf einem Bitumendach sind die Windangriffskräfte besonders niedrig (Foto: B. Breid)

### Was spricht für die Fassadenmontage

- höhere Vergütung lt. EEG („Fassadenbonus“), allerdings weniger Ertrag
- wirtschaftlich interessant, wenn Module Teilfunktionen der Außenhaut des Gebäudes übernehmen und diese damit ersetzen
- attraktives Aussehen durch architektonisch anspruchsvolle Lösungen
- großes Potenzial an zur Verfügung stehenden Flächen

Die Fassadenmontage bringt durch die steile Neigung der Module deutlich weniger Ertrag als andere Montagearten. Der Vergütungszuschlag des EEG gleicht diesen Minderertrag nicht vollständig aus. Fassadenanlagen können sich jedoch rechnen, wenn die gesparten Kosten für eine „normale“ Fassade in die Betrachtung mit einbezogen werden.

### 1.4 Welches Modul ist das richtige?

Am Markt werden mehr als 1 000 unterschiedliche PV-Module angeboten. Die im BDH organisierten Unternehmen bieten ihren Kunden technisch ausgereifte Produkte, Systemkomponenten und einen hervorragenden Service an.

#### Welcher Zellentyp ist geeignet?

Im Wesentlichen kommen bei Anlagen im Ein- und Mehrfamilienhausbereich mono- und polykristalline Solarmodule zum Einsatz.

Für monokristalline Module spricht der etwas höhere Wirkungsgrad und damit der geringere Flächenbedarf und für einige Bauherren, aus ästhetischen Erwägungen die einfarbig schwarze oder blaue Oberfläche.

Polykristalline Module verfügen zwar über einen etwas geringeren Wirkungsgrad als ihre monokristallinen Schwestern, haben dafür aber einen niedrigeren Preis. Einigen Bauherren gefällt auch gerade das schillernd-blaue und strukturierte Aussehen der polykristallinen Zellen.

Auch gegen den Einsatz von Modulen mit Dünnschichtzellen spricht nichts – außer dem größeren Flächenbedarf. Die Leistungseinbußen durch Verschattung und hohe Temperaturen sind bei Dünnschichtzellen technologiebedingt sogar geringer. Ihre Stärken entfaltet aber auch das einfarbige, homogene Erscheinungsbild.

Diese wahrscheinlich sehr zukunftsreiche Entwicklung, bei der die Photovoltaikschicht nur wenige Mikrometer stark ist und nicht aus dem herkömmlichen Silizium, sondern aus Cadmiumtellurid (CdTe) oder Kupfer-Indium-Diselenid (CuInSe<sub>2</sub>) hergestellt wird, vereint die Vorteile des geringen Rohstoffverbrauchs und der einfachen sowie kostengünstigen Herstellung.



*Bild 11 a: Für monokristalline Module spricht der etwas höhere Wirkungsgrad und der damit geringere Flächenbedarf*



*Bild 11 b: Einigen Bauherren gefällt auch das schillernd-blaue Aussehen der polykristallinen Module*



*Bild 12: Werden PV-Module und solarthermische Kollektoren gemeinsam montiert, sollten die Rahmenmaße für einen möglichst harmonischen Eindruck zueinander passen*

## **2 Dimensionierung: Größe „nach oben offen“**

Da das EEG die hundertprozentige Abnahme und Vergütung des photovoltaisch erzeugten Stroms sichert, sind bei der Planung der Anlagengröße keine Schranken gesetzt.

Somit rückt – neben der Größe der vorhandenen Fläche – vor allem der finanzielle Rahmen des Kunden in den Mittelpunkt der Dimensionierung.

### **2.1 Jede Menge Kilowattstunden – Mit wie viel kann man rechnen?**

#### **Ertragsabschätzung**

Im langjährigen Mittel variiert das jährliche Strahlungsangebot der Sonne auf einer horizontalen Fläche in Deutschland je nach Standort zwischen 950 kWh und 1 200 kWh pro Quadratmeter. Als Faustformel wird meist mit einem Strahlungsangebot von 1 000 kWh je m<sup>2</sup> und Jahr gerechnet.

Der Wirkungsgrad moderner Photovoltaik-Anlagen liegt heute bei ca. 10 %. Das bedeutet einen realistischen Stromertrag von etwa 100 kWh pro Quadratmeter. In der Praxis bezieht man den Ertrag einer Photovoltaik-Anlage immer auf ihre installierte Nennleistung, um die Erträge unterschiedlicher Anlagen miteinander vergleichen zu können. Für die Höhe dieses sogenannten spezifischen Ertrags in Kilowattstunden pro Kilowatt peak (kWh/kWp) gibt es langjährige Statistiken für eine große Anzahl von Standorten in Deutschland unter: [www.pv-ertraege.de](http://www.pv-ertraege.de)

Gut funktionierende Anlagen sollten in Deutschland mindestens einen durchschnittlichen spezifischen Jahresertrag von 800 kWh/kWp erreichen. Sehr gute



Anlagen kommen auf über 900 kWh/kWp. Nur optimal geplante und professionell überwachte Anlagen an Top-Standorten mit perfekter Technik erzielen dauerhaft Erträge von über 1000 kWh/kWp und Jahr.

### **3 Vom Dach zum Keller: Wie passt die Anlage ins Haus?**

Der bauliche Aufwand für die Integration einer PV-Anlage in ein bestehendes Gebäude ist nicht groß. Eine Anlage von wenigen Kilowatt Nennleistung kann in zwei bis drei Tagen komplett installiert werden. Im Rahmen eines Neubaus verringert sich der Aufwand noch einmal. Trotzdem gilt es im Vorfeld einige Maßnahmen zu planen und zu koordinieren.

#### **3.1 Die Montage des Generators**

Die Montage des Generators bedeutet sicherlich den größten Aufwand. Für die Montage des Generators/der Generatoren müssen persönliche Schutzmittel angelegt bzw. auch ein Gerüst gestellt werden (Vorschriften der BG beachten). Generatorgrößen von wenigen Kilowatt lassen sich von zwei erfahrenen Handwerkern bereits an wenigen Tagen komplett auf dem Dach montieren.

#### **3.2 Potenzialausgleich allgemein**

Der Potenzialausgleich für alle berührbaren metallischen Teile einer elektrischen Anlage ist gemäß DIN VDE 0100 Teil 712 grundsätzlich vorgeschrieben. Dies trifft insbesondere auch für Montagegestelle und Modulrahmen bei PV-Anlagen zu. Es ist zu beachten, dass PV-Anlagen z. B. durch Fehler in Wechselrichtern unter Spannung stehen können. Personenschäden sind durch einen Potenzialausgleich grundsätzlich zu verhindern. Es muss also in jedem Fall ein kompletter Berührungsschutz gewährleistet sein.

#### **3.3 Blitzschutz**

Prinzipiell ist für eine PV-Anlage kein Blitzschutz notwendig, da sie das Risiko eines Blitzeinschlags nicht erhöht. Ausnahmen bilden hier öffentlich zugängliche Gebäude und Frei- oder Flachdachaufstellungen, bei denen die Module deutlich über die Umgebung herausragen.

Ob eine PV-Anlage allerdings durch zusätzliche Blitzschutzmaßnahmen abgesichert werden muss, liegt u. U. im Ermessen vom Eigentümer oder auch der jeweiligen Versicherung. Bei Gebäuden mit Blitzschutzanlagen kann es aber ohne Weiteres vorkommen, dass durch die Montage der PV-Anlage der vorhandene Blitzschutz des Gebäudes beeinträchtigt oder unwirksam wird. Hier kann ein Haftungsrisiko für den PV-Installateur entstehen, das nicht vernachlässigt werden sollte.

Änderungen an einer alten Blitzschutzanlage (mit Bestandsschutz) können den Bestandsschutz aufheben und eine Anpassung an den sogenannten „Stand der Technik“ notwendig machen. Sprechen Sie die Kunden darauf rechtzeitig an und planen Sie diese Kosten mit ein.

#### **3.4 Gleichstromverkabelung**

In der Regel werden die Module bereits in unmittelbarer Generatornähe miteinander elektrisch gekoppelt und lediglich zwei Kabel als Gleichstromhauptleitung abgeführt. Für die Verlegung der beiden Kabel lassen sich z. B. auch stillgelegte Schornsteinzüge nutzen. In jedem Fall sollten Sie dann aber mit dem zuständigen Bezirkschornsteinfegermeister sprechen. Andernfalls erfolgt die Verlegung in handelsüblichen Kabelkanälen. Hierzu sind – bei der Verlegung in bestehenden Häusern – Bohr- bzw. kleinere Stemmarbeiten notwendig. Die Gleichstromverlegung sollte aber grundsätzlich von einem erfahrenen Handwerker erfolgen.

#### **3.5 Montage des Wechselrichters**

Obwohl Wechselrichter heute flüsterleise arbeiten, gehören sie aus Gründen einer möglichst niedrigen Arbeitstemperatur nicht in Wohnräume oder andere beheizte Bereiche des Gebäudes. Ideale Installationsorte sind ein kühler Haustechnikraum,

ein Keller oder der Dachboden, wenn dieser im Sommer nicht zu heiß wird und in der Nähe der Einspeisung liegt.

Einige Wechselrichter geben im Betrieb ein leises Brummen von sich, weshalb sie prinzipiell nicht an Wänden zu schutzbedürftigen Räumen oder im Wohnflur eines Hauses montiert werden sollen. Der Platz, an dem der Wechselrichter installiert wird, sollte für Wartungs- und Kontrollzwecke jederzeit gut erreichbar sein.

#### 4 **Wartung und Wartungsvertrag**

Bieten Sie in jedem Fall Ihrem Kunden einen Wartungsvertrag an. Es ist nicht jedermanns Sache, auf einem hohen Dach gelegentlich nach den Modulen zu schauen und diese im Bedarfsfall zu säubern. Mit einem Wartungsvertrag bekommt der Betreiber die höchstmögliche Sicherheit, auch tatsächlich das Maximum aus seiner Anlage herauszuholen. Sollte es doch einmal zu einem Fehler kommen und dieser z. B. durch fehlende Überwachung der Anlage durch den Betreiber längere Zeit unerkannt bleiben, können erhebliche finanzielle Ausfälle entstehen.

Die Wartung vor Ort sollte deshalb einmal jährlich erfolgen, vorzugsweise vor Beginn der ertragsstarken Monate Mai/Juni und folgende Punkte umfassen:

- Prüfung der Wechselrichterfunktionen
- Messung der einzelnen Modulstränge, sobald die Erträge zu wünschen übrig lassen
- Prüfung der Sicherheitseinrichtungen auf Funktion
- Sichtprüfung des Solargenerators und der sichtbar verlegten Leitungen
- Überprüfung des Montagesystems auf Festigkeit und – bei Dachmontage – auf Dichtheit
- Dokumentation der aktuellen Erträge
- Überprüfung der Erträge durch Vergleich mit Einstrahlungsdaten oder Referenz-erträgen

Wir empfehlen im Rahmen des Wartungsvertrages auch eine monatliche „manuelle“ Kontrolle mittels Fernüberwachung oder sogar eine automatische elektronische Kontrolle des Anlagenbetriebes. Fragen Sie Ihren Systemanbieter nach solchen Möglichkeiten. Einige Hersteller bieten bereits vollautomatische Fernüberwachungsmöglichkeiten mit Internetanbindung an.

#### 5 **Weiterführende Hinweise**

##### 5.1 **Verbände und Vereine**

###### **Bundesindustrieverband**

**Deutschland Haus-, Energie und Umwelttechnik e. V.**

Frankfurter Straße 720–726, 51145 Köln

Tel.: (0 22 03) 9 35 93-0, Fax: (0 22 03) 9 35 93-22

E-Mail: [Info@bdh-koeln.de](mailto:Info@bdh-koeln.de), Internet: [www.bdh-koeln.de](http://www.bdh-koeln.de)

##### 5.2 **Literaturhinweise**

- Antony, Dürschner, Remmers: „**Photovoltaik für Profis**“, Verkauf, Planung und Montage von Solarstromanlagen für Fachhandwerk, Planer und Architekten, VWEV Verlag/Solarpraxis Verlag Berlin, 2005, 324 Seiten, **ISBN 3-934595-38-3**

Standardwerk mit ausführlichen Tipps zum richtigen Verkaufen, zur Planung und zur Installation, viele Praxistipps zur Fehlervermeidung, umfangreiche Tabellen zur Fehlersuche sowie eine ausführliche Normenübersicht.

- Berthold Breid: „**Beratungspaket Photovoltaik**“. Die optimale Unterstützung für Kundenberatung, Vertrieb und Marketing beim Verkauf von PV-Solartechnik. 2., überarbeitete Auflage, 2005. Ringordner, 94 Seiten, vierfarbig mit vielen Grafiken, Fotos und Tabellen, farbiges Navigationssystem und CD-ROM, **ISBN 3-934595-39-1**

Alle typischen Fragen von Bauherren rund um eine PV-Anlage, für das Verkaufsgespräch schnell und anschaulich beantwortet und illustriert.

# Photovoltaik

## Teil 3: Kopiervorlagen und Checklisten

### Aufnahmebogen

Projektdaten	
Name des Auftraggebers:	
Welche Angebote oder Kostenschätzungen sind zu erstellen?	
Straße:	
PLZ, Ort:	
Tel./Fax privat:	dienstlich:
Anschrift der Baustelle (falls abweichend):	
Kundenwünsche	
Wie groß ist der finanzielle Rahmen der Maßnahmen?	
Möchten Sie Ihre Photovoltaikanlage finanzieren lassen?	
Haben Sie schon Vorstellungen zu Technik, Funktion, Komfort der Anlage?	
Typ der gewünschten Photovoltaikanlage	
<input type="checkbox"/> Netzeinspeisung (Hinweis: Inselanlagen werden hier nicht berücksichtigt!)	
Generatorleistung, ca.: _____ kWp	Gewünschte Fläche, ca.: _____ m <sup>2</sup>
Modultyp	
<input type="checkbox"/> Monokristallin <input type="checkbox"/> Polykristallin <input type="checkbox"/> Sonstige	
Typenbezeichnung:	
Montageart	
<input type="checkbox"/> Aufdach <input type="checkbox"/> Flachdach/Freiaufstellung <input type="checkbox"/> Sonstige:	

### Dach und Dachneigung

- Pfanne  Biberschwanz  Berliner Welle  
 Sonstiges:

Auf welches Dach werden die Module montiert:

Farbe und Typ der Dachsteine:

*Nicht vergessen: Lüfterziegel zur Kabeleinführung in ausreichender Menge sowie passend in Form und Farbe bestellen!*

Dachboden ausgebaut?  ja  nein

Steht das Haus unter Denkmalschutz?  ja  nein

### Hinweise zur Modulmontage

Höhe des Dachrandes (*Traufhöhe*)

<5m (*Aufstieg per Leiter möglich*)  >5m

Absturzhöhe  <3m  >3m (*Absturzsicherung erforderlich*)

Gerüst erforderlich?  ja  nein

Ungenutzter Schornstein kann für die Kabelverlegung genutzt werden  ja  nein

### Hinweise zur Kabelverlegung

Entfernung Generator → Generator-Anschlusskasten: \_\_\_\_\_ m

Entfernung Generator → Potenzial-Ausgleichsschiene: \_\_\_\_\_ m

Entfernung Generator-Anschlusskasten → Wechselrichter: \_\_\_\_\_ m

Entfernung Wechselrichter → Einspeisezähler: \_\_\_\_\_ m

Entfernung Einspeisezähler → Netzanschluss: \_\_\_\_\_ m

### Hinweise zur Wechselrichter- und Zählermontage

Wo kann der Generator-Anschlusskasten montiert werden?

Wo kann der Gleichstrom-Hauptschalter montiert werden?

Wo kann der Einspeisezähler montiert werden? (Ist noch ein Zählerplatz frei?)

Wo kann der Wechselrichter montiert werden?

Bei Anlagen über 30kWp: Wo befindet sich der nächste freigegebene Netzeinspeisepunkt? (*i. d. R. in Rücksprache mit dem Verteilnetzbetreiber zu klären*)

### Kontaktdaten des zuständigen Verteilnetzbetreibers (Energieversorger)

Name:

Anschrift (*Straße/PF, PLZ, Ort*):

Ansprechpartner:

Tel./Fax:

Kundennummer des Auftraggebers (*auf Stromrechnung*):

## Abschluss

Gibt es noch Informationsbedarf? Was muss noch geklärt werden?

Welche Kataloge, Broschüren werden benötigt?

Welche Angebote oder Kostenschätzungen sind zu erstellen?

Bis wann soll das Angebot vorliegen?

Wir empfehlen (u. a. für die volle Gewährleistung der Herstellergarantie), einen **Wartungsvertrag abzuschließen.**  ja  nein  
Ist dafür ein Angebot gewünscht:

Welche Laufzeit ist gewünscht?

5 Jahre  10 Jahre  20 Jahre  Garantiezeit

Wann sollte der Baubeginn, wann sollten die Maßnahmen beendet sein?

Sollen wir den Antrag auf Netzeinspeisung an den Verteilnetzbetreiber (Stromversorger) einschicken?  ja  nein

Wer muss benachrichtigt werden?

Bauamt  Schornsteinfeger  Denkmalschutz

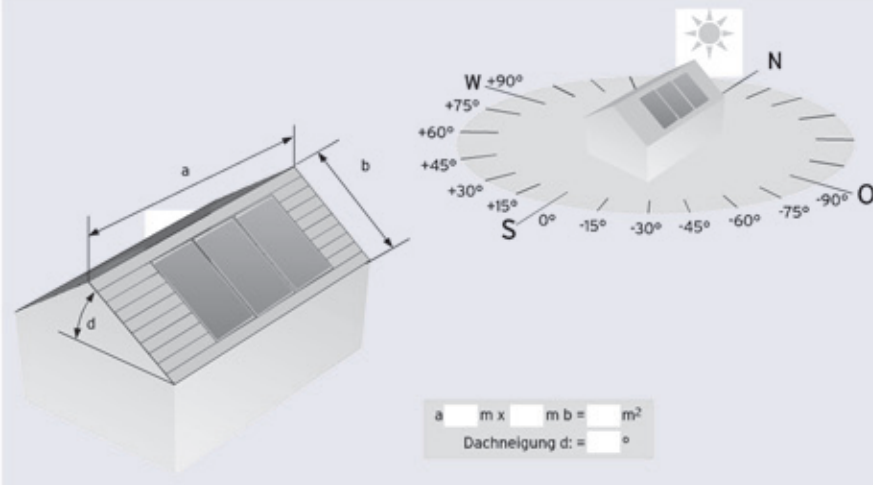
Sollen wir das übernehmen?  ja  nein

Wann können wir mit Ihrer Entscheidung rechnen?

in 2 Tagen  in 1 Woche  am: \_\_\_\_\_

Welcher Folgetermin wird gewünscht? (Wann wird Rückruf gewünscht?)

## Ausrichtung, Neigung, zur Verfügung stehende Dachfläche bei einfachen Dächern



### Platz für Notizen:

## Inbetriebnahmeprotokoll

### Allgemeine Daten

Betreiber:

Name:

Straße:

Ort:

Anlagenstandort (*falls abweichend*):

Straße:

Ort:

Inbetriebnahme am:

Inbetriebnahme durch:

Firma:

Name:

Straße:

Ort:

In Anwesenheit von Betreiber:

Vertreter des Netzbetreibers:

### Technische Daten der PV-Anlage

Neigung des Photovoltaikgenerators: \_\_\_\_\_ °

Ausrichtung

Süd: \_\_\_\_\_ °  Südwest: \_\_\_\_\_ °  Südost: \_\_\_\_\_ °  West: \_\_\_\_\_ °  Ost: \_\_\_\_\_ °

Montageort:  Schrägdach  Flachdach  Fassade  Freiaufstellung

Abschattung des Generators ist möglich durch:

\_\_\_\_\_ Stück Module

\_\_\_\_\_ Module sind zu einem Strang verschaltet, daraus ergeben sich

\_\_\_\_\_ Stränge

### Verwendete Leitung für Generatorverkabelung

Typ:

Querschnitt: \_\_\_\_\_ mm<sup>2</sup>

### Generatoranschlusskasten

Typ:

Anzahl:

### Gleichstromhauptschalter

Typ:

Anzahl:

### Gleichstromhauptleitung vom GAK zum Wechselrichter

Typ:

Querschnitt:

Leitungslänge einfach:

### Wechselrichter:

#### SI-Schalter

Leitungsschutzschalter \_\_\_\_\_-phasig

Typ:

#### FI-Schutzschalter

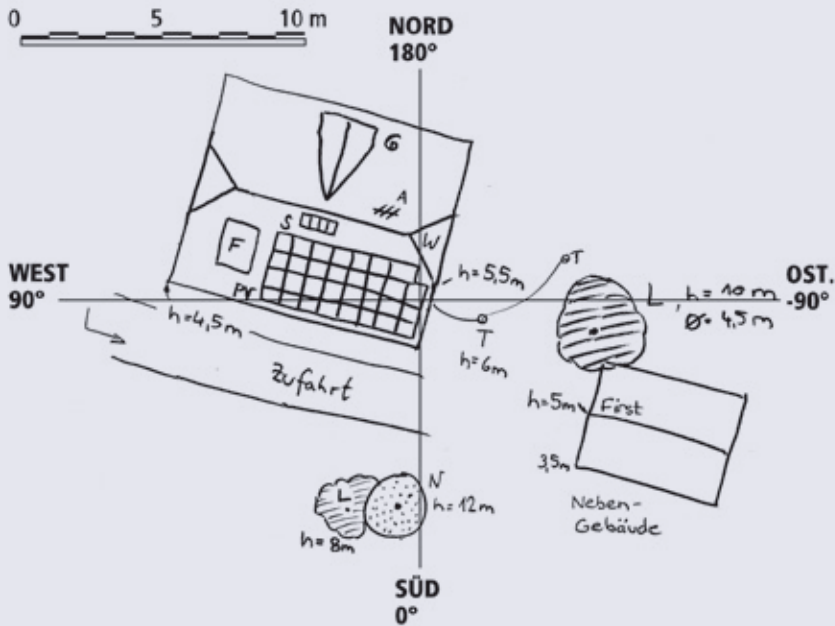
Auslöse-Fehlerstrom: \_\_\_\_\_ mA

Montagegestell geerdet über (*z. B. vorhandene Blitzschutzanlage, separater Erdspeiß, Potenzialausgleichschiene*):

Überspannungsableiter geerdet über:

Netzeinspeisung:  Volleinspeisung  Überschusseinspeisung

Zur vollständigen Dokumentation erstellen Sie bitte eine Verschaltungsskizze des Solargenerators (siehe Beispiel).



Musterskizze Kennzeichnung (ggf. mit Höhenangabe):

- A = Antenne
- F = Fenster
- G = Gaube
- L = Laubbaum
- N = Nadelbaum
- S = Schornstein
- T = Telefonmast
- W = Walm
- PV = Platz für Photovoltaik-Module

### Prüfung Solargenerator

Wetter

- sonnig  
  wolzig  
  bedeckt  
  unbeständig  
  Einstrahlungsmessung: \_\_\_\_\_ W/m<sup>2</sup>

#### Messung der Stränge<sup>1</sup>

Strangleerlaufspannung	Strangkurzschlussstrom
Strang 1: _____ V	Strang 1: _____ A
Strang 2: _____ V	Strang 2: _____ A
Strang 3: _____ V	Strang 3: _____ A
gem. Datenblatt: _____ V	gem. Datenblatt: _____ A

#### Messung am GAK

Generator-Leerlaufspannung am Ausgang GAK: \_\_\_\_\_ V  
 Spannung des Pluspols/Minuspols gegen Erde: \_\_\_\_\_ V \_\_\_\_\_ V  
 Generator-Kurzschlussstrom<sup>2</sup>: \_\_\_\_\_ A

Sichtprüfung und Funktionskontrolle

- Alle Feinsicherungen geprüft und in Ordnung
- Alle Überspannungsableiter in Ordnung
- Erdungswiderstand der Erdungsanlage

<sup>1</sup> **Achtung:** Der Wechselrichter muss vom GAK bzw. den Strängen getrennt sein, und die einzelnen Stränge müssen ebenfalls 2-polig getrennt werden. Wegen der Gefahr von Lichtbögen müssen Messungen außerhalb des Wechselrichters oder anderer elektronischer Geräte durchgeführt werden.

<sup>2</sup> Nur bei bedecktem Himmel messen.

**Achtung:** Gefahr von Lichtbögen bei Verwendung normaler Amperemeter. Bei hohen Strömen Messungen mit Strommesszange durchführen. Wechselrichter und Generator müssen getrennt sein.

## Checkliste Wartung

### Achtung!

Der Solargenerator steht bei Tageslicht immer unter Spannung. Es besteht die Gefahr von Verbrennung, Verblitzung und elektrischem Schlag. Beachten Sie, dass sämtliche Arbeiten an der elektrischen Installation nur von eingetragenen Elektroinstallateuren durchgeführt werden dürfen.

Je nach Anlage können sich die notwendigen Tätigkeiten unterscheiden und einzelne Punkte entfallen. Die folgende Auflistung stellt eine mögliche Auswahl dar.

### Generator und Leitungen

- Sichtprüfung des Solargenerators und der sichtbar verlegten Leitungen auf offene Verbindungen, Kabelbeschädigung, Schmorstellen und lose Kabelbinder etc.
- Überprüfung des Montagegestells auf Festigkeit und Beschädigung,
- Reinigen des Generators von Laub, Vogelkot etc.
- Freischneiden des Generators von Gras oder Ästen

### Generatoranschlusskasten

- Überprüfung auf eingedrungene Feuchtigkeit und Verschmutzung (Insekten etc.)
- Messung der einzelnen Modulstränge
- Überprüfung der Strangsicherungen
- Überprüfung der Überspannungsableiter
- Überprüfung der Schraubklemmen auf Lockerung

### Wechselrichter

- Prüfung der Wechselrichterfunktion über Display bzw. LED-Anzeige
- Reinigung der Wechselrichter-Lüftungsöffnungen
- Prüfung der Sicherheitseinrichtungen auf Funktion

### Zähler

- Auslesen des Anlagenenertrages und Dokumentation der aktuellen Erträge
- Überprüfung der Sicherungen



Foto Ihrer Referenzanlage



**Realisation**

Inbetriebnahme:

Förderung:

Betreiber:

Besichtigung:

**Anlagendaten**

Modulfläche:

Anzahl der Module:

Anlagenleistung:

Ausrichtung:

Neigungswinkel:

## Technische Daten

Solargenerator:

Modultyp:

Max. Leistung:

Nennstrom:

Nennspannung:

Kurzschlussstrom:

Leerlaufspannung:

Max. Systemspannung:

Modul-Abmessung:

Gewicht:

Farbe:

Rahmen:

Aufständerungssystem:

Wechselrichter:

Bezeichnung:

DC-Nennleistung (W):

DC-Nennspannung (V):

Max. Eingangsspannung (V):

Max. DC-Eingangsstrom (A):

Besonderheiten:

Ertrag:

Jahresertrag:

Energieausbeute pro installiertem kWp:

Einspeisevergütung:

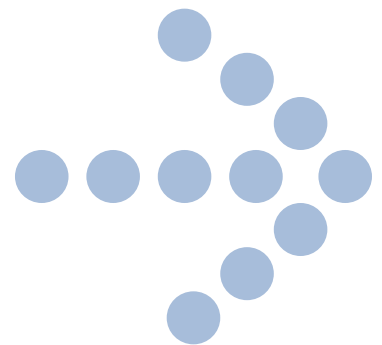
Vermiedene CO<sub>2</sub>-Emissionen pro Jahr:

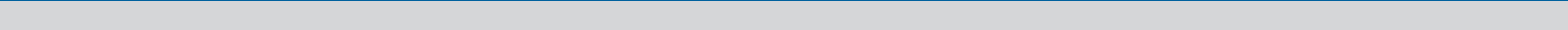
### Hinweis

*Die alleinige Lektüre der vorliegenden Teile 1 bis 3 des „BDH Informationsblatt Nr. 29 Photovoltaik“ befähigt nicht dazu, Photovoltaik-Anlagen fachgerecht zu planen oder zu installieren. Wir empfehlen deshalb ausdrücklich die Information über einschlägige Seminare und Fachliteratur. Eine Auswahl möglicher Literatur finden Sie am Ende von Teil 2 dieser Broschüre.*



# Wohnungslüftung





# Wohnungslüftung

## Praxistipps und Hilfe zur Kundeninformation

Wer neu baut oder ein Wohngebäude saniert, ist gemäß Energieeinsparverordnung (EnEV) dazu verpflichtet, einen regelmäßigen „Mindestluftwechsel“ in seinem Haus sicherzustellen. Notwendig ist dies, da die – dank moderner Bautechniken – ebenso energieeffizienten wie luftdichten Gebäudehüllen einen unkontrollierten Luftaustausch durch Fugen und Ritzen aus energetischen Gründen nicht mehr zulassen. Aktives Lüften seitens der Bewohner reicht hier nicht aus. Um der Anforderung der EnEV gerecht zu werden, wurde daher für Neubau und Sanierung die Erstellung eines Lüftungskonzeptes verpflichtend in die Norm DIN 1946-6 [1] eingeführt.

Auch bei der Sanierung muss das Thema Lüftung beachtet werden. Ein Lüftungskonzept wird notwendig, wenn z. B. im Ein- und Mehrfamilienhaus mehr als ein Drittel der vorhandenen Fenster ausgetauscht bzw. im Einfamilienhaus mehr als ein Drittel der Dachfläche neu abgedichtet werden. Damit sind die Beteiligten – Planer, Fensterbauer-Bauunternehmer, Installateure etc. gefordert, eine verbindliche Aussage zur Wohnungslüftung zu treffen.

Dauerlüften durch gekippte Fenster macht alle Bemühungen des baulichen Wärmeschutzes zunichte. Regelmäßiges bzw. angemessenes Lüften ist jedoch vielfach nicht möglich – etwa weil sich Lärmquellen in Hausnähe befinden oder aufgrund der Lebensgewohnheiten der Bewohner. Die Folgen sind u. a. Bauschäden und gesundheitliche Beeinträchtigungen, zum Beispiel durch Schimmelbildung. Eine Lüftungsanlage minimiert das Risiko von Bauschäden und sorgt für die optimale Raumlüftung. Damit erweist sie sich neben der Wärmedämmung und dem Einsatz moderner Heizungstechnik als wesentliches Element moderner, energiesparender Gebäude im Neubau und in der Sanierung.

### 1 Zweck der Wohnungslüftung

#### 1.1 Luftwechsel

Den größten Teil unserer Zeit befinden wir uns in geschlossenen Räumen von Gebäuden und atmen Raumluft. Der Luftaustausch in alten Gebäuden erfolgt nahezu ausschließlich durch Öffnungen in der Gebäudehülle wie Fugen, Ritzen und vor allem Fenster und Türen. Die Intensität des Luftaustausches ist dabei vor allem von den zufällig herrschenden Wetterverhältnissen (insbesondere Wind und Temperatur) und dem Bewohner abhängig. Bei langem Aufenthalt in Räumen setzt Ermüdung ein und die Konzentrationsfähigkeit lässt nach, oft ein Zeichen für schlechte Raumluft und nicht genügend Frischluft. Auch Bauschäden in Form von Feuchteschäden können so entstehen.

Daher verlangt die DIN 1946-6 die Erstellung eines Lüftungskonzeptes.

Lüftungsanlagen ermöglichen auf komfortable Art einen hygienisch und energetisch optimalen Luftwechsel, welcher zudem auf die individuellen Bedürfnisse angepasst werden kann.

In der Gebäudetechnik wird der Luftaustausch durch die Luftwechselrate beschrieben. Sie gibt an, welcher Anteil der Luft je Stunde erneuert wird. In Wohngebäuden sollte die Luftwechselrate etwa 0,4/h (Nennlüftung, bei normaler Nutzung) betragen, und grundsätzlich muss die Feuchteschutzlüftung nutzerunabhängig eingehalten werden. Dies bedeutet, dass ungefähr alle zwei bis drei Stunden die gesamte Raumluft einmal erneuert werden sollte. Eine Intensivlüftung, z. B. während einer Party, kann über eine zusätzliche Fensterlüftung realisiert werden.

#### 1.2 Energetische Aspekte

Die Energieverluste eines Gebäudes setzen sich aus den Transmissionswärmeverlusten (Energieverluste durch Wand, Decke und Boden) und den Lüftungswärmeverlusten zusammen. Durch die energetischen Anforderungen an die Gebäudehülle

konnten die Transmissionswärmeverluste immer weiter reduziert werden, sodass bei kompakten Haustypen die Lüftungswärmeverluste dominieren. In modernen Gebäuden werden bereits bis zu 50 % des Heizwärmebedarfs für die Aufheizung der notwendigen Frischluftversorgung benötigt. Die steigende Bedeutung des Lüftungswärmebedarfs ist im folgenden Bild dargestellt.

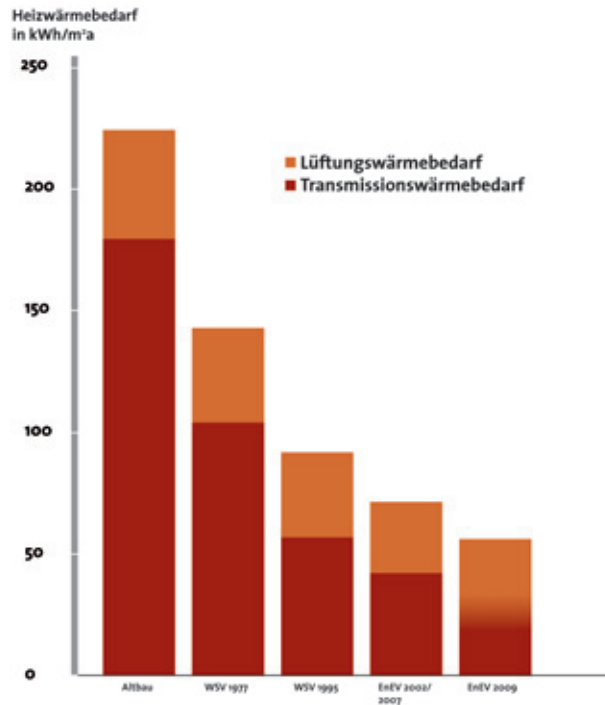
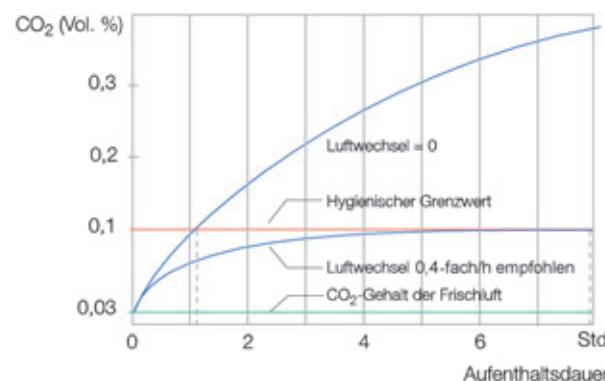


Bild 1:  
Relativer Anteil der Lüftung am Gesamtwärmebedarf (Beispiel: Reihenhaus mit vier Wohneinheiten)

Die Energieeinsparverordnung (EnEV) legt die Obergrenze für den Jahres-Primärenergiebedarf und den Transmissionswärmeverlust eines Neubaus oder Bestandsgebäudes fest. Bei Wohngebäuden werden dabei Heizung, Lüftung und Trinkwassererwärmung betrachtet. Seit Inkrafttreten der EnEV 2009 werden die jeweiligen Höchstwerte erstmalig mit einem Referenzgebäude verglichen. Für dieses sind sowohl die wärmetechnischen Eigenschaften der Umschließungsflächen (Fenster, Türen und Wände) als auch die Ausstattung mit anlagentechnischen Komponenten vorgegeben. Der geforderte Mindestluftwechsel wird hierbei durch eine bedarfsgeführte Abluftanlage sichergestellt.

### 1.3 Luftqualität

Für das Wohlbefinden und die Gesundheit der Bewohner ist die Nennlüftung von entscheidender Bedeutung. Bild 2 zeigt den Einfluss des Luftwechsels auf den Anstieg der CO<sub>2</sub>-Konzentration in der Raumluft. Analog zum CO<sub>2</sub>-Gehalt nehmen Luftfeuchtigkeit und Gerüche sowie Ausdünstungen aus Möbeln und Baumaterialien (VOC) zu. Bei Überschreiten der Grenzwerte fühlen sich die Bewohner unwohl und leiden unter Kopfschmerzen, Müdigkeit oder mangelnder Konzentration.



weitere Einflussparameter:  
– Personenzahl (30 m<sup>3</sup>/h und Person)  
– Raumgröße

Bild 2: Zunahme der CO<sub>2</sub>-Konzentration durch eine physisch nicht tätige Person

Lüftungsanlagen wirken hier entgegen: Sie ermöglichen ein gesteigertes Wohlbefinden, indem z. B. nachts in den Schlafräumen konstant frische Luft zugeführt wird. Ein modernes Wohnungslüftungssystem ist in der Lage, die Konzentration auftretender Schadstoffe zu begrenzen.

#### 1.4 Schutz vor Schimmelpilzbildung

Die Hauptursache für das Entstehen von Schimmelpilzen ist eine zu hohe Luftfeuchtigkeit. Bei normaler Aktivität werden in Wohnräumen durch Kochen, Waschen und als Bestandteil der Atemluft je Bewohner täglich ca. 2 bis 3 Liter Wasser in Form von Wasserdampf an die Raumluft abgegeben.

Da die Wasseraufnahmefähigkeit der Luft temperaturabhängig ist, kommt es bei unzureichender Lüftung an kalten Bauteiloberflächen zu einer erhöhten Oberflächenfeuchte bis hin zur Kondensation des Wasserdampfes.

Für die Entstehung von Schimmelpilzen ist dabei eine maximale Sättigung der Luft oder Kondensation generell nicht erforderlich. In der Regel kann bereits eine relative Luftfeuchte über 80 %, die in Küchen und Bädern mühelos erreicht wird, zur Schimmelbildung führen. Das einzig wirksame Gegenmittel zum Schimmelpilzbefall stellt eine angemessene und ausreichende Lüftung dar. Diese lässt sich durch ein entsprechendes Lüftungskonzept sicherstellen.

#### 1.5 Gesundheitliche Vorteile

Man schätzt, dass bereits jeder dritte Deutsche an einer Allergie leidet. Die Zahl der Auslöser hierfür kann durch die kontrollierte Wohnungslüftung stark reduziert werden. Bei Pollenallergien empfiehlt sich z. B. der Einbau eines Pollenfilters. Damit können bis zu 90 % der Allergene zurückgehalten werden.

Die Schlussfolgerungen aus verschiedenen Forschungsberichten zeigen eindeutig, dass mit einer kontinuierlich betriebenen Wohnungslüftungsanlage die Häufigkeit der Hausstaubmilbe stark eingedämmt und Allergene sicher zurückgehalten werden können.

Die Vorteile der kontrollierten Wohnungslüftung verspüren aber nicht nur Allergiker in Bezug auf Pollen und Milben, sondern auch jeder andere Bewohner, denn bei verbrauchter Luft atmet der Mensch unbewusst weniger. Das sinkende Atemvolumen und die schlechtere Sauerstoffversorgung sorgen nicht nur für eine geringere Leistungsfähigkeit, sondern sind auch Gründe für ein schwächeres Immunsystem.

#### 1.6 Komfort

Da sich der Mensch zu mehr als 90 % in Innenräumen aufhält, ist eine behagliche Wohnqualität wesentlich. Hierzu kann die kontrollierte Wohnungslüftung einen Beitrag leisten.

Die kontinuierliche Filterung der Außenluft steigert das gesundheitliche Wohlbefinden. Die Außenluft kann u. a. durch eine Wärmerückgewinnung vorgewärmt und zugfrei eingebracht werden, während gleichzeitig Umweltbelastungen wie Verunreinigungen und Außenlärm keinen Zugang finden. Vor allem an verkehrsreichen Straßen oder sonstigen Orten mit hoher Geräuschbelastung ist dies von großem Vorteil.

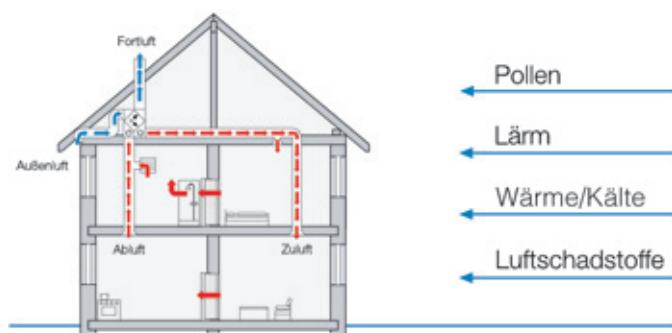


Bild 3: Vorteile der Wohnungslüftung

## 1.7 Zusammenfassung

Die kontrollierte Wohnungslüftung ermöglicht:

- eine Reduzierung der Energiekosten,
- eine Verbesserung der Luftqualität,
- Schutz vor Schimmelpilzbildung und daraus resultierenden Bauschäden,
- eine Erhöhung des Komforts sowie
- eine Reduzierung der allergenen Belastung.

## 2 Varianten und Bauformen von Lüftungsanlagen

Die nachfolgend beschriebenen Wohnungslüftungssysteme sind für den Einbau in Ein- und Mehrfamilienhäusern konzipiert. Luftheizungen und Kühlung werden hierbei nicht berücksichtigt.

Ventilatorgestützte Lüftungssysteme ermöglichen einen einstellbaren Luftwechsel und unterscheiden sich damit von der freien Lüftung (Fensterlüftung, Schachtlüftung)

Der Luftwechsel wird durch die Steuerung des Ventilators oder einer Drosseleinrichtungen eingestellt.

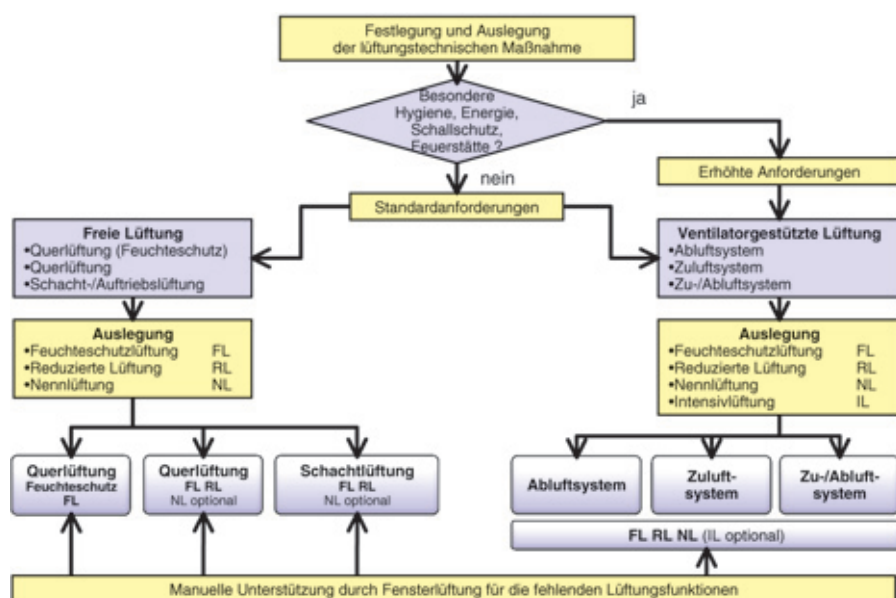


Bild 4: Varianten von Lüftungsanlagen (Feuchteschutzlüftung FL, Reduzierte Lüftung RL, Nennlüftung NL, Intensivlüftung IL) [2]

### 2.1 Abluftanlagen

Abluftanlagen saugen die verbrauchte Luft aus den Feuchträumen (Bad, WC und Küche) ab. Im Gebäude wird dabei ein geringfügiger Unterdruck erzeugt, sodass Außenluft über Nachströmöffnungen in den Außenwänden in die Wohn- und Schlafräume gelangt.

Nachströmung erfolgt über spezielle Außenluftdurchlasselemente (ALD), die z. B. über den Heizkörpern in Außenwand, Fenster oder Fensterrahmen eingebaut werden und aus Komfortgründen in Strömungsrichtung und -geschwindigkeit angepasst werden können. Bei ALDs hinter den Heizkörpern mit gezielter Luftdurchführung durch den Heizkörper kann die Zuluft zusätzlich vorgewärmt werden. ALDs können bedarfsgerecht geregelt werden.

Der Einsatz von Abluftanlagen eignet sich in besonderem Maße für die Gebäudemodernisierung, da auf Zuluftkanalsysteme verzichtet werden kann. Eine Wärmerückgewinnung, z. B. mit einer Abluft-Wärmepumpe, ist ebenfalls möglich.



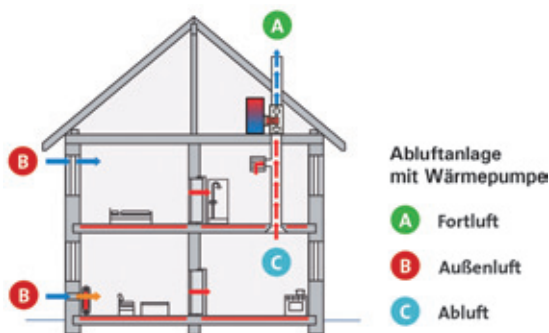


Bild 5: Abluftanlage

### 2.2 Dezentrale Lüftungsgeräte mit Wärmerückgewinnung

Dezentrale Lüftungsgeräte mit Wärmerückgewinnung (WRG) versorgen einzelne Räume über ein Wärmerückgewinnungsgerät mit vorgewärmter Zuluft.



Bild 6: Dezentrales Lüftungsgerät mit Wärmerückgewinnung

Die Geräte werden üblicherweise im Bereich der Fenster angeordnet. Die Lüftung ist in mehreren Stufen regelbar und lässt sich individuell an die Raumnutzung anpassen.

### 2.3 Zentrale Be- und Entlüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung

In einer zentralen Be- und Entlüftungsanlage werden die Außenluft und die Fortluft mit je einem Ventilator gefördert. Die Wärmerückgewinnung erfolgt über einen hocheffizienten Wärmetauscher.

Die verbrauchte Luft (Abluft) wird aus den Feuchträumen abgesaugt. Gleichzeitig wird den Wohn- und Schlafräumen Frischluft (Zuluft) zugeführt. Die Lüftungsleitungen und Luftdurchlässe werden vorzugsweise in oder an Decken, Fußböden und Wänden verlegt. Über Luftdurchlässe wird der notwendige Volumenstrom dem Raum zu- bzw. aus dem Raum abgeführt. Durch Abgleichen der Zu- und Abluftvolumenströme erreicht man eine Lüftungsbalance.

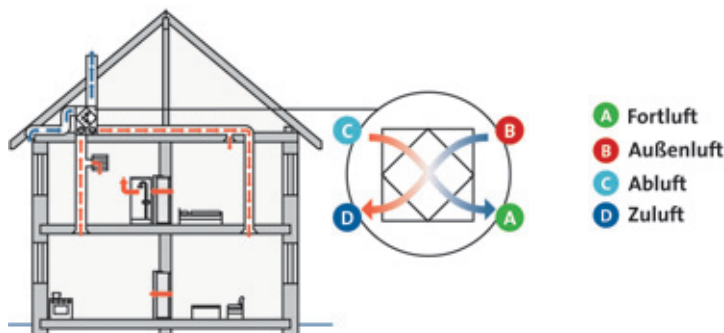


Bild 7: Be- und Entlüftungsanlage

Durch die Wärmerückgewinnung wird nicht nur der Lüftungswärmebedarf reduziert, sondern es ergibt sich durch die Vorwärmung der Zuluft zusätzlich ein erhöhtes Behaglichkeitsgefühl.

Die Wärmerückgewinnungsgrade moderner Lüftungsgeräte betragen bis zu 90 % und führen somit bei korrekter Betriebsweise zu nennenswerten energetischen Einsparungen.

Durch unterschiedliche Anlagentechniken können weitere Komfortsteigerungen erreicht werden. Wohnungslüftungsgeräte (mit Wärme- und Feuchterückgewinnung) haben zudem den Vorteil, dass die Luft auch bei normalem Luftwechsel im Winter es nicht zu trocken wird. Dabei wird die Feuchte aus der Abluft zur Verfügung gestellt.

Ein weiterer Vorteil der kontrollierten Wohnungslüftung ist die Möglichkeit der Temperierung der Luft in der heißen Jahreszeit. Hierzu wird das Gebäude mit Außenluft versorgt, die über einen Erdreichwärmeübertrager angesaugt wird.

### 3 Planungsgrundlagen

#### 3.1 Grundlagen

Die wesentliche bauliche Voraussetzung für den Einsatz einer Lüftungsanlage ist eine ausreichend luftdichte Bauweise, wie sie heute im Neubau und in der Sanierung von der EnEV gefordert wird: „Zu errichtende Gebäude sind so auszuführen, dass der zum Zwecke der Gesundheit und Beheizung erforderliche Mindestluftwechsel sichergestellt ist.“ In einem „undichten“ Gebäude hingegen entsteht durch unkontrollierte Öffnungen insgesamt ein zu hoher Luftwechsel und damit ein unnötiger Energieverlust.

In der Praxis wird diese Luftdichtheit eines Gebäudes durch den Blower-Door-Test nachgewiesen. Im Gebäude wird mittels großer Ventilatoren ein Über- oder Unterdruck mit 50 Pa zum vorherrschenden Luftdruck erzeugt und die dabei einströmende Luftmenge gemessen. Der entsprechende Kennwert wird als  $n_{50}$  Wert angegeben.

Neben der Hauptforderung an die Gebäudedichtheit sind bei der Planung weitere Grundsätze für den Einsatz eines Wohnungslüftungssystems zu beachten:

- Bei jeder Gebäudeplanung und Sanierung ist grundsätzlich ein Lüftungskonzept zu erstellen (DIN 1946-6).
- Richtige Zuordnung der Zu- und Abluftbereiche sowie die Anordnung der Auslässe sind zu beachten, Überströmmöglichkeiten zwischen den Räumen sind ebenfalls einzuplanen.
- Außenluft- und Fortluftöffnungen sind mit ausreichendem Abstand zueinander zu platzieren (Vermeidung von Kurzschlussströmungen).
- Die Aufstellung des Lüftungsgerätes soll in der wärme gedämmten Gebäudehülle erfolgen.
- Um Geräuschemissionen zu vermeiden sind Schalldämmmaßnahmen vorzusehen

Es sind vier unterschiedliche Lüftungsstufen sicherzustellen:

1. Feuchteschutzlüftung (FL): Lüftung zur Gewährleistung des Feuchte- und Bautenschutzes, die ständig und nutzerunabhängig sichergestellt werden muss.
2. Reduzierte Lüftung (RL): Lüftung zur Sicherstellung des hygienischen Mindeststandards und des Bautenschutzes bei Abwesenheit des Nutzers.
3. Nennlüftung (NL): Lüftung zur Sicherstellung des hygienischen und gesundheitlichen Mindeststandards bei der Nutzung einer Wohnung.
4. Intensivlüftung (IL): Lüftung zum Abbau von Lastspitzen, die z. B. durch das Trocknen von Wäsche oder durch Kochen auftreten.

Ein Lüftungsgerät kann z. B. mit drei aktiven Lüftungsstufen ausgerüstet sein, die Intensivlüftung kann daher unter Einbeziehung der Fensterlüftung sichergestellt werden.

### 3.2 Lüftungskonzept

Vor Erstellung eines Lüftungskonzeptes muss zunächst geprüft werden, ob eine lüftungstechnische Maßnahme notwendig ist.

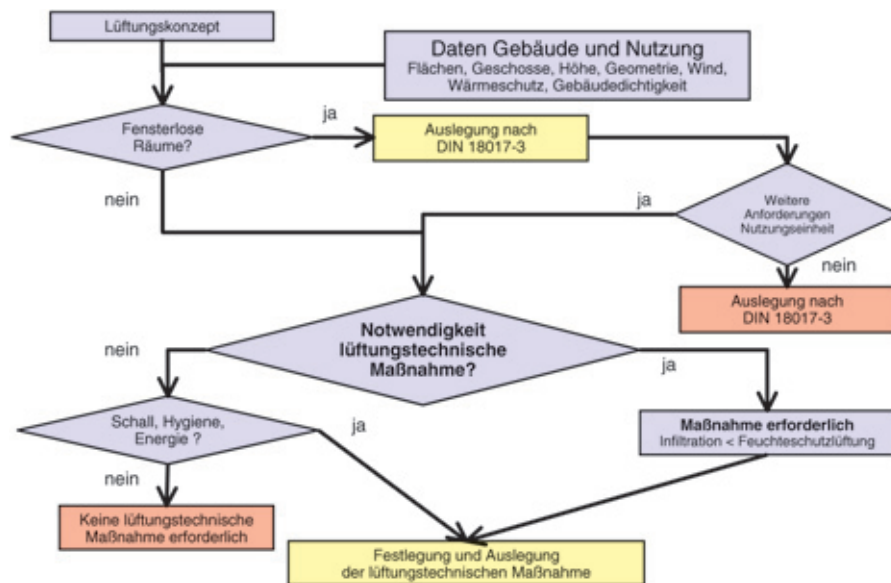


Bild 8: Vorgehensweise bei der Überprüfung der Notwendigkeit lüftungstechnischer Maßnahmen [2]

Auf der Basis der allgemeinen Gebäudedaten sowie der Wohnfläche und des Wärmeschutzniveaus wird der Luftvolumenstrom zum Feuchteschutz ermittelt. Parallel dazu erfolgt die Berechnung der Luftdichtheit der Gebäudehülle, aus der sich die Infiltration ergibt. Ist die Infiltration kleiner als der notwendige Volumenstrom zum Feuchteschutz, ist eine lüftungstechnische Maßnahme erforderlich. Dies ist in allen heutigen Neubauten der Fall und bei der Sanierung zu prüfen.

In einem 2. Schritt wird geprüft, inwieweit sich weitere Maßnahmen aus zusätzlichen Nutzeranforderungen – z. B. im Bereich Energieeffizienz, Hygiene oder Schall – ergeben.

Sind im Gebäude fensterlose Räume zu entlüften, ist die DIN 18017-3 anzuwenden.

### 3.3 Bauliche Voraussetzungen

Da die Erstellung eines Lüftungskonzeptes heute Stand der Technik ist, müssen schon in der Planung unterschiedliche Randbedingungen beachtet werden. Eine frühzeitige Konzeptentscheidung und Integration des Lüftungssystems in das Gebäude sollte angestrebt werden, denn daraus ergeben sich mögliche Brandschutzmaßnahmen.

Der Architekt sollte in Absprache mit dem Bauherrn und dem Haustechnikplaner Folgendes beachten:

Außenluftansaugung (Rohr mit Haube, Wetterschutzgitter, ...)	Querschnitt, Abstand über Boden, Dach, Schornstein, emissionsfreie Ansaugung
Fortluftdurchlass	Design, maximaler möglicher Abstand zur Außenluftansaugung
Erdreich-Wärmeübertrager	Luft: Ansaugturm, Leitungserlegung, Kondensatabfluss, Durchführung Sole: Leitungsverlegung, Entlüftung, Durchführung, Kondensatabfluss
Aufstellungsraum für das Lüftungsgerät	Hauswirtschaftsraum, Küche, Diele, Bad, im Keller oder Dachboden frostfrei
Steigschacht für Luftleitungen	möglichst zentrale Lage, kurze Leitungen
Verteilleitungen	Verlegung in Betondecken (Statik beachten) Verlegung auf dem Beton, Bodenaufbau (Höhe und Trittschalldämmung beachten)
Zuluftdurchlässe	Design, Anzahl, Funktion (Misch-, Quelllüftung), Ort (Decke, Wand, Boden)
Abluftdurchlässe	Design, Anzahl, möglichst an höchster Stelle im Raum (Decke, Wand)
Wartungskonzept	Position von Reinigungsöffnungen und Zugänglichkeit
Durchdringung der Gebäudehülle	Vermeidung von Wärmebrücken, Luftdichtigkeit, Dampfsperre und Dämmung beachten
Elektroversorgung	Position von Bedien- und Regelgerät, Netzanschluss des Gerätes, Zubehör
Brandschutz	Brandschutzkonzept (Brandabschnitte, Landesbauordnung beachten)

## 4 Praxistipps für die Installation

### 4.1 Aufstellungsort des Gerätes

Der Aufstellungsort sollte eben, tragfähig und frostfrei sein. Für Filterwechsel und Wartung muss das Gerät gut zugänglich sein. Durch die Wärmerückgewinnung fällt im Wärmetauscher Kondensat an. Für die Kondensatableitung ist ein frostfreier Anschluss an eine Abwasserleitung erforderlich. Dieser kann bei Geräten mit zusätzlicher Feuchterückgewinnung gegebenenfalls entfallen.

In einem Einfamilienhaus bieten sich folgende Standorte zur Installation des Zentralgerätes an:

- im EG oder OG (Diele, Küche, Bad, Hauswirtschaftsraum),
- auf dem gedämmten Dachboden oder
- in den beheizten Kellerräumen.

### 4.2 Maßnahmen gegen Körperschall

Für die Geräteaufstellung auf Beton- oder Estrichböden sind keine zusätzlichen Schalldämmmaßnahmen notwendig, da die Geräte in der Regel mit Schwingungsdämpfern versehen sind. Bei einer Aufstellung auf Holzbalkendecken wird eine zusätzliche Entkopplung der Anlage durch eine Betonplatte mit Schwingungsdämpfern empfohlen.

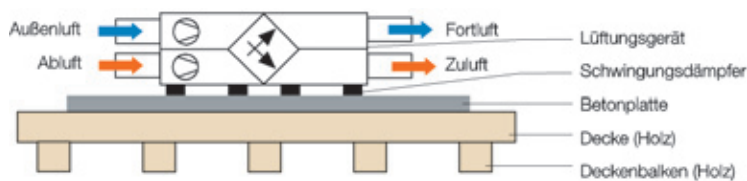


Bild 9: Schallentkoppelte Aufstellung auf einer Holzbalkendecke

Bei einer Wandmontage ist für eine ausreichende Dämpfung zu sorgen, damit keine Körperschallübertragung stattfinden kann, Anschlussleitungen sind gegebenenfalls entkoppelt auszuführen.

#### 4.3 Luftführung im Gebäude

Bei zentralen Geräten von Abluftanlagen oder Be- und Entlüftungsanlagen ist das Luftverteilsystem so zu planen, dass eine komplette Raumdurchströmung gewährleistet wird.

Die Zu- und Abluftströme müssen sorgfältig abgeglichen und ausbalanciert werden. Dies ist bereits während der Planung bei der Ermittlung der Luftmengen zu berücksichtigen.

Die Zuluft wird im Wohn- und Schlafbereich möglichst zugfrei und geräuscharm eingebracht. Bei zentralen Geräten werden die Lufteinlässe i. d. R. in den Raumdecken oder in Wänden angeordnet. Alternativ ist die Zuluftführung im Fußboden möglich. Zuluftinlässe dürfen nicht von Möbelstücken oder Vorhängen verdeckt werden.

Die Abluft wird aus Küche, Bad und WC sowie ggf. Hauswirtschaftsraum und Ankleide möglichst hoch und nahe an den Quellen möglicher Gerüche abgesaugt.

Aus dem Wohn- und Schlafbereich muss die Luft über Flure, Dielen und ggf. das Treppenhaus in Küche, Bad, WC nachströmen können. Deshalb sollten Überströmelemente eingebaut werden, oder Türen unten einen Spalt von ca. 0,8 bis 1,5 cm aufweisen.

#### 4.4 Rohrleitungen und Zubehör

Die Zu- und Abluftleitungen werden vorzugsweise in oder auf Decken und in Installationsschächten verlegt. Wenn diese Möglichkeiten nicht vorhanden sind, stehen spezielle Kanäle für die Verlegung auf Putz zur Verfügung.

Bei der Wahl des Werkstoffes sollte auf die Beschaffenheit der Rohre geachtet werden, dabei ist das Luftleitungsnetz glatt und ohne scharfkantige und spitze Teile auszuführen.

Die Verlegung der Leitungen sollte zudem möglichst windungsfrei erfolgen. Bei Umlenkungen helfen große Radien den Druckverlust des Rohrleitungssystems gering zu halten. Darüber hinaus können schlecht ausgebildete Umlenkungen Strömungsgeräusche verursachen.

Alle Luftleitungen müssen befestigt werden. Für die Montage können Rohrschellen mit Gummieinlagen bzw. Lochbänder verwendet werden. Es sind Möglichkeiten zur Reinigung der Leitungen vorzusehen.

#### 4.5 Zu- und Abluftdurchlässe

Als Luftdurchlässe für die Zu- und Abluft stehen je nach Anordnung unterschiedliche Lüftungsgitter und Tellerventile zur Verfügung. Zur Reinhaltung von Lüftungsleitungen und Ventilatoren sind Abluftdurchlässe mit Filtern auszurüsten.

#### 4.6 Luftschalldämmung

In der Zu- und Abluftleitung ist unmittelbar nach (hinter) dem Lüftungsgerät jeweils ein Schalldämpfer zu installieren. Je nach verwendetem Luftverteilsystem können zusätzliche Telefonschalldämpfer zwischen den Räumen notwendig werden. Der Einsatz eines Schalldämpfers für Außenluft- und Fortluftleitung ist je nach Projekt zu prüfen.

#### **4.7 Außenluftansaugung und Fortluftführung**

Je nach baulichen Gegebenheiten und Aufstellungsort des Zentralgerätes können die Durchführungen für die Außenluft bzw. Fortluft im Dach (Flachdach oder Schrägdach) oder in Außenwänden installiert werden.

Die Ansaugöffnung für die Außenluft und die Ausblasöffnung für die Fortluft sollten möglichst weit auseinanderliegen und so an der Gebäudefront angeordnet werden, dass keine Vermischung der Luftströme stattfindet. Die Hauptwindrichtung ist zu beachten, wobei die Öffnungen möglichst windabgewandt sein sollten. Die Außenluft ist an einer Stelle zu entnehmen, an der mit möglichst geringen Verunreinigungen zu rechnen ist.

Zusätzlich zur Wärmerückgewinnung kann durch Einsatz eines Erdreichwärmeübertragers die Außenluft temperiert werden.

#### **4.8 Wärmedämmung und Schutz gegen Kondenswasserbildung**

Zur Vermeidung von Wärmeverlusten und insbesondere zum Schutz gegen Kondenswasserbildung müssen Lüftungsleitungen, die durch Kaltbereiche führen, wärmegeklämt werden. Außen- und Fortluftleitungen müssen generell dampf-diffusionsdicht gedämmt werden. Die Lüftungsgeräte sind serienmäßig wärmegeklämt.

### **5 Wartungshinweise**

Die Filter der Lüftungsanlage sind regelmäßig zu wechseln. Hinweise zur Wartung des Lüftungsgerätes und möglicher ergänzender Bauteile entnehmen Sie bitte den Hinweisen der Hersteller.

### **6 Fazit**

Lüftungsanlagen ermöglichen – sorgfältige Planung und Ausführung vorausgesetzt – einen energetisch und hygienisch optimierten Luftwechsel. Somit erweisen sie sich als wichtiger Bestandteil moderner, energiesparender Gebäude. Die kontrollierte Wohnungslüftung steigert die Raumluftqualität und sorgt auf diese Weise nicht nur für ein behagliches Wohnklima, sondern beugt auch der Bildung von Schimmelpilzen vor. Lüftungsanlagen dienen damit ebenso dem Bautenschutz wie dem Werterhalt einer Immobilie.

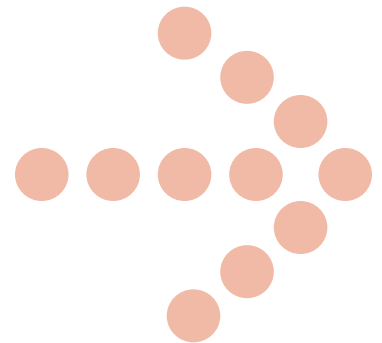
### **Quellen**

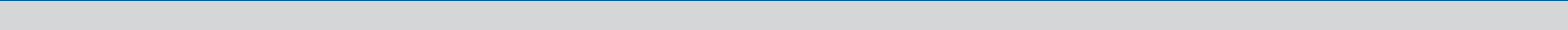
[1] Deutsches Institut für Normung e. V., DIN 1946-6, Mai 2009. Raumlufttechnik – Teil 6: Lüftung von Wohnungen; Allgemeine Anforderungen, Anforderungen zur Bemessung, Ausführung und Kennzeichnung, Übergabe/Übernahme (Abnahme) und Instandhaltung

[2] FGK-Normen-Taschenbuch Wohnungslüftung, Fachinstitut Gebäude Klima e. V., [www.fgk.de](http://www.fgk.de)



## Heizungstechnik allgemein







# Warmwasserspeicher – Vom Trinkwasserspeicher bis hin zu modernen multivalenten Systemen

## 1 Einleitung

Im Gebäudebestand schlummert ein beträchtliches Energieeinsparpotenzial. Weniger Energie zu verbrauchen, reduziert gleichzeitig die Treibhausgasemissionen. Auch in der Politik besteht mittlerweile Konsens darüber, diese Potenziale durch verbesserte Energieeffizienz sowie die Nutzung erneuerbarer Energien zu erschließen. Für den Wärmemarkt ist diese Schwerpunktsetzung nicht neu, denn die Produkte, die hier den Verbrauchern angeboten werden, stehen für hohe Energieausnutzung und eine umweltschonende Wärmeerzeugung. Beispiele hierfür sind die Öl- und Gas-Brennwerttechnik, Wärmepumpen, moderne Holzzentralheizungskessel, Blockheizkraftwerke und solarthermische Anlagen. Multivalente Heizungssysteme bieten zudem schon heute die Möglichkeit, die Wärmeversorgung auf mehrere Säulen zu stellen.

Hohe Energieeffizienz und die zusätzliche Nutzung von erneuerbaren Energien sind vielfach die Standardausführung im Neubau. Aber auch bei der energetischen Sanierung ist die Kombination von energieeffizienter Heizungstechnik und erneuerbaren Energien zunehmend gefragt. Darüber hinaus gewinnen die Aspekte Versorgungssicherheit und Unabhängigkeit von nur einem Energieträger für Verbraucher spürbar an Bedeutung. Es liegt daher nahe, die Wärmeversorgung von Gebäuden auf mehrere Säulen zu stellen und Angebote zu entwickeln, die verschiedene Energiesysteme und -träger zur Beheizung und Trinkwassererwärmung nutzen. Die Heizungsindustrie bietet solche Heizungssysteme als praxiserprobte Lösung bereits heute an. Dabei handelt es sich beispielsweise um eine Kombination von Brennwertgerät, solarthermischer Anlage und Kaminofen mit Anschluss an das zentrale Heizungssystem. Die Wärmespeicherung in modernen Warmwasserspeichern spielt hierbei eine zentrale Rolle.

## 2 Wärmeerzeuger

Moderne Heizungssysteme sind heute aufeinander abgestimmte Gesamtsysteme. Die Energieeinsparpotenziale der einzelnen Komponenten erschließen sich erst, wenn diese exakt aufeinander abgestimmt werden. Abb. 1 gibt anhand eines Systemhauses einen Überblick über effiziente Heizungssysteme, welche in Deutschland zum Einsatz kommen. Die Nutzung von erneuerbaren Energien ist hierbei bereits fest etabliert. Als zentraler Wärmeerzeuger werden Öl- oder Gasbrennwertkessel, Holzzentralheizungskessel, Elektrowärmepumpen sowie kleine Blockheizkraftwerke eingesetzt. In vielen Fällen wird der Wärmeerzeuger durch eine solarthermische Anlage unterstützt. Hierdurch kann unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten bis zu 60 % der Energie für die Warmwasserbereitung und bis zu 30 % der Energie für die Gebäudebeheizung bereitgestellt werden. Die Einbindung von Wärme aus Kamin- oder Pelletöfen mit integriertem Wasserwärmetauscher ist eine weitere Option, einen Teil der Energie für die zentrale Gebäudebeheizung und Trinkwassererwärmung abzudecken.

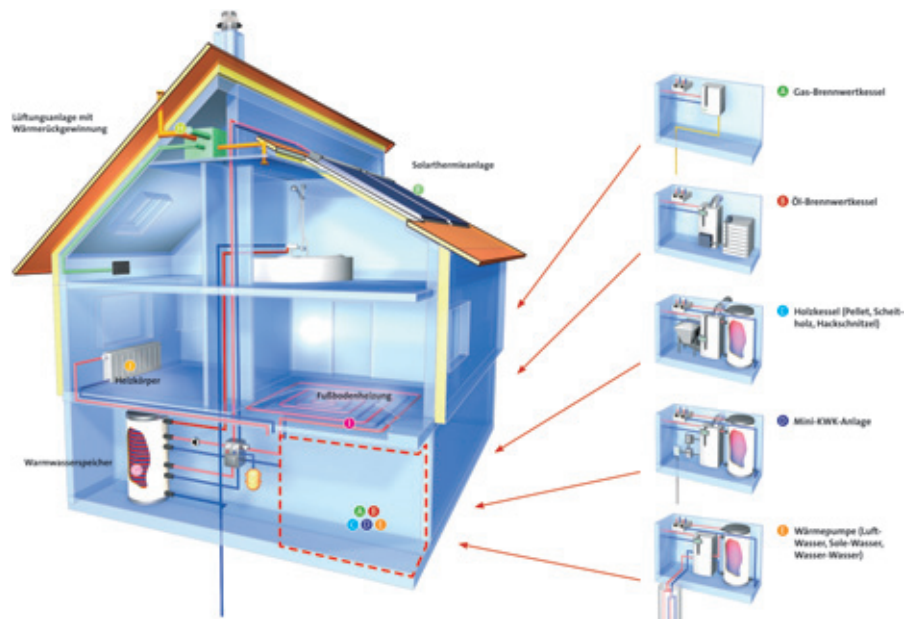


Abb. 1: Effiziente Heizungssysteme

Mittelpunkt des Heizungssystems ist der Warmwasserspeicher. Hier wird Wärme für die Gebäudebeheizung und erwärmtes Trinkwasser gespeichert. Über das Verteilsystem wird das erwärmte Wasser dann über Rohrleitungen und Pumpen zu den einzelnen Heizkörpern/Flächenheizungen und Zapfstellen transportiert. Abb. 2 zeigt die heute auf dem deutschen Heizungsmarkt verfügbaren Speichersystemarten und -größen. In Anlagen, welche mehr als eine Wärmequelle nutzen, werden in der Regel größere Speichervolumen benötigt.

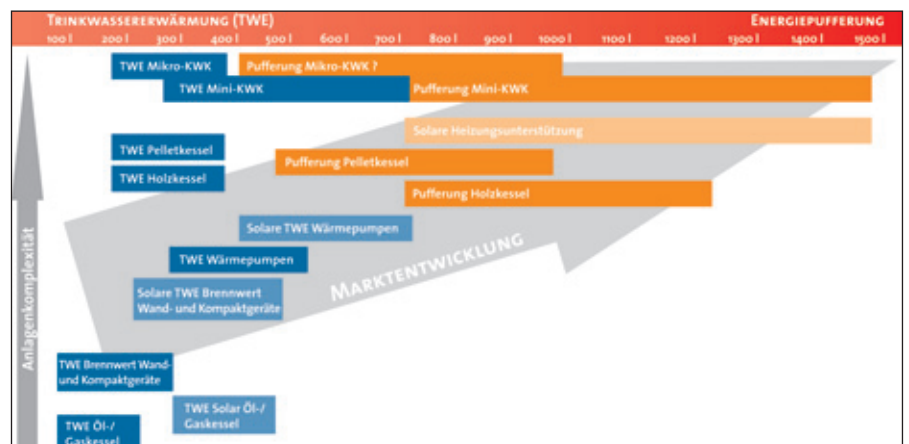


Abb. 2: Verfügbare Speichersysteme und deren Marktentwicklung

### 3 Speichertypen

Moderne Speichertypen werden für praktisch alle Anwendungsfälle und Leistungsbereiche angeboten. Generell unterscheidet man zwischen Speichern zur

- Trinkwassererwärmung,
- Energiespeicherung (Pufferspeicher) und zur
- kombinierten Trinkwassererwärmung und Energiespeicherung (Kombispeicher).

#### 3.1 Trinkwarmwasserspeicher

Seit der Erfindung des Badeofens gegen Ende des 19. Jahrhunderts sind die Ansprüche an Komfort, Hygiene und Energieeffizienz der Trinkwassererwärmung immer weiter gestiegen. Mit Aufkommen der Zentralheizung entwickelte sich auch

die Trinkwassererwärmung weiter. Zunächst wurde direkt im Heizkessel ein Warmwasserspeicher installiert, der von außen durch das Heizungswasser erwärmt wurde.

Mit dem Aufkommen der Niedertemperatur-Heiztechnik wurde dieses Konzept durch separate Trinkwassererwärmer ersetzt. Hierbei handelt es sich um wärmegeämmte Trinkwasserbehälter, die durch einen innenliegenden Wärmetauscher oder von außen, über einen von Heizungswasser durchströmten Doppelmantel, beheizt werden. Diese sog. monovalenten Speicher („einwertig“ = nur zum Anschluss an den Heizkessel) gibt es sowohl als liegende wie auch als stehende Variante (siehe Abb. 3).

Sobald die Temperatur im Trinkwarmwasserspeicher unterhalb des gewünschten Wertes sinkt, wird über eine Pumpe (Speicherladepumpe) warmes Heizungswasser durch den Wärmetauscher im Speicher bzw. Doppelmantel gepumpt. Das Trinkwasser wird so erwärmt. Der Vorteil eines solchen Systems liegt zum einen darin, dass die Warmwassertemperatur unabhängig von der Kesseltemperatur geregelt werden kann. Zum anderen kann die Temperatur des Heizkessels immer dann abgesenkt werden, wenn genügend erwärmtes Trinkwasser im Speicher vorhanden ist und keine weitere Beheizung notwendig ist. Die Bereitschaftsverluste des Heizkessels können so deutlich reduziert werden.

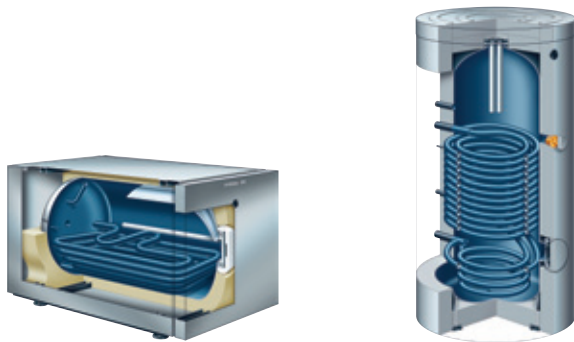


Abb. 3: Monovalente Trinkwarmwasserspeicher

Durch die vermehrte Nutzung von erneuerbaren Energien, wurden die Anforderungen an Heizungsanlagen und die Trinkwassererwärmung höher. Für eine Solaranlage zur Trinkwassererwärmung wird beispielsweise ein Speicher benötigt, der es erlaubt, die Solarenergie an das Trinkwasser zu übergeben. Gleichzeitig sollte auch die Solarwärme „gespeichert“ werden können, um z. B. einen Tag ohne Sonnenschein überbrücken zu können. Des Weiteren muss aber auch eine (konventionelle) Beheizung über den Kessel möglich sein, falls keine ausreichende Solarenergie zur Verfügung steht. Hierfür wurden sog. bivalente Trinkwarmwasserspeicher mit zwei Wärmetauschern entwickelt (siehe Abb. 4). Die Solaranlage versorgt den unteren Wärmetauscher, der Heizkessel bei Bedarf den oberen Wärmetauscher. Für die Solaranlage steht so ein großes Volumen zur Verfügung, um möglichst viel Solarenergie zu nutzen und zu bevorraten. Der Heizkessel stellt den Komfort sicher und kann unabhängig von der Solaranlage arbeiten. Üblicherweise ist das Volumen eines bivalenten Speichers etwa doppelt so groß wie das Volumen eines monovalenten Speichers.

Auch für Wärmepumpenheizungen werden besondere Trinkwarmwasserspeicher benötigt. Diese Speicher haben ähnlich den bivalenten Solarspeichern ein großes Volumen um mögliche Sperrzeiten des Stromversorgers zu überbrücken. In besonderen Wärmepumpen-Tarifen wird durch den Stromversorger häufig eine mögliche Abschaltung der Wärmepumpe zu Zeiten von erhöhtem Strombedarf im Versorgungsnetz festgelegt. Solche Wärmepumpen-Tarife sind daher günstiger als gewöhnliche Tarife für Haushaltsstrom, erfordern aber die Möglichkeit, diese sogenannten „Sperrzeiten“ zu überbrücken. Außerdem wird für die Trinkwassererwärmung mit einer Wärmepumpe ein sehr großer Wärmetauscher benötigt, da für Wärmepumpen die genaue Einhaltung der maximal zulässigen Betriebstemperaturen notwendig ist. Insbesondere kurz vor dem Erreichen der gewünschten Trinkwassertemperatur könnte dies sonst bei zu klein dimensionierten Wärmetauschern zu Problemen führen.

Bei Wärmepumpen kann die Wärmespeicherung auch über Pufferspeicher erfolgen (siehe Kap. 3.2).

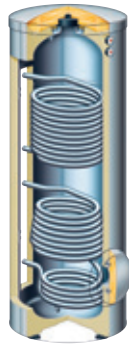


Abb. 4: Bivalenter Trinkwarmwasserspeicher

### 3.2 Pufferspeicher

Um Energie für die Gebäudebeheizung zu speichern bzw. eine sichere Versorgung bei zeitlichem Versatz von Bedarf und Angebot von Wärme zu gewährleisten, ist die Verwendung von Pufferspeichern notwendig (siehe Abb. 5). Dies ist insbesondere bei Nutzung von Wärme aus erneuerbaren Energien sowie KWK-Anlagen erforderlich. So brennt z. B. in einem Holzheizkessel das einmal entzündete Brennholz komplett ab, egal ob Wärme zur Raumheizung oder Trinkwassererwärmung benötigt wird oder nicht. Die überschüssige Wärme wird in einem Pufferspeicher „zwischenlagert“. Wird von der Raumheizung Wärme benötigt, wird diese über die Heizkreispumpe dem Pufferspeicher entzogen, falls der Holzkessel nicht die benötigte Temperatur bereitstellen kann.

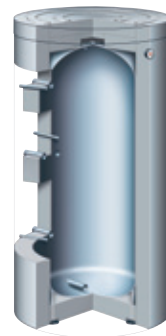


Abb. 5: Pufferspeicher

### 3.3 Kombispeicher

Das vorhandene Puffervolumen kann auch zur Beheizung des Trinkwassers verwendet werden. Entweder indem zusätzlich zum Pufferspeicher ein weiterer, meist nebenstehender Trinkwarmwasserspeicher verwendet wird (Zwei-Speicher-System) oder indem die Trinkwassererwärmung direkt in oder am Pufferspeicher erfolgt (Kombispeicher). Beide Varianten dienen der kombinierten Trinkwassererwärmung und Energiespeicherung für die Gebäudebeheizung.

Bei Kombispeichern unterscheidet man zwischen drei Arten der Trinkwassererwärmung (siehe auch Abb. 6): über einen

- internen Trinkwasserwärmetauscher,
- einen innenliegenden Trinkwarmwasserspeicher (Tank-in-Tank-System) und über
- einen externen Wärmetauscher (Frischwassermodul).

Sowohl Frischwassermodule als auch Kombispeicher mit einem internen Trinkwasserwärmetauscher funktionieren ähnlich einem Durchlauferhitzer. Erst wenn Trinkwarmwasser benötigt wird, strömt dieses durch den Wärmetauscher und wird erwärmt. Diese Methode der Trinkwassererwärmung ist sowohl hygienisch als auch energieeffizient, erfordert jedoch einen relativ großen Pufferspeicher. Bei einem Tank-in-Tank-System ist der Trinkwarmwasserspeicher in einem Pufferspeicher eingebaut und wird durch diesen erwärmt (vgl. Doppelmantelspeicher).

Das vorhandene Puffervolumen eines Kombispeichers kann idealerweise auch in Verbindung mit einer thermischen Solaranlage genutzt werden. In den Kombispeicher wird ein zusätzlicher Wärmetauscher zur Anbindung der Kollektoren integriert. Auf diesem Wege kann dann sowohl das Trinkwasser erwärmt als auch Solarenergie zur Unterstützung der Raumheizung zur Verfügung gestellt werden.

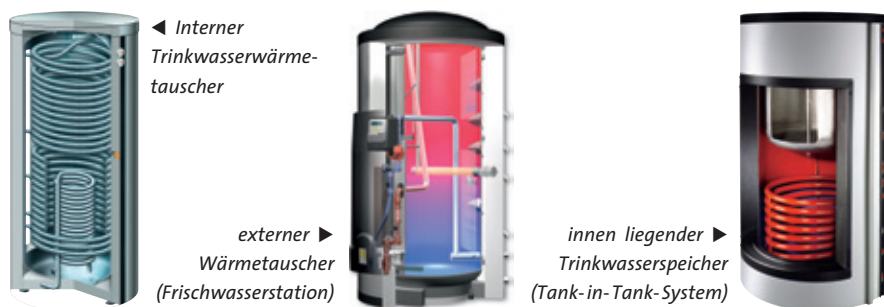


Abb. 6: Kombispeicherarten

## 4 Anlagenkonzepte

Im Folgenden sind typische Anlagenkonzepte mit Warmwassersystemen anhand von Systemskizzen erläutert.

### 4.1 System mit monovalentem Trinkwarmwasserspeicher

Das Trinkwasser wird im Speicher über einen integrierten Wärmetauscher erwärmt. Da nur ein Wärmetauscher im Speicher eingebaut ist, spricht man bei dieser Variante von einem monovalenten System. Der Wärmetauscher wird gewöhnlich mit Heizwasser eines zentralen Wärmeerzeugers (WZ) versorgt. Dies könnte z. B. ein Gas- oder Ölbrennwertkessel, ein Holzheizkessel oder eine Wärmepumpe sein. Die Beheizung erfolgt so lange, bis die gewünschte Temperatur im Speicher erreicht ist. Wird warmes Wasser gezapft, wird es oben aus dem Speicher entnommen, das nachströmende Kaltwasser tritt unten in den Speicher ein und schichtet sich unter das warme Wasser.

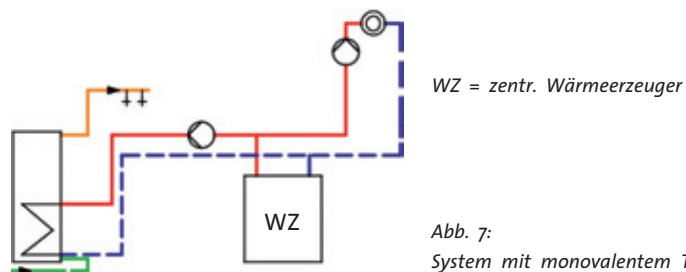


Abb. 7:  
System mit monovalentem Trinkwarmwasserspeicher

### 4.2 System mit bivalentem Trinkwarmwasserspeicher zum Solareintrag

Der vom Kollektor erwärmte Wärmeträger wird durch eine Umwälzpumpe zum bivalenten Trinkwarmwasserspeicher gefördert, wo die Wärme über einen Wärmetauscher im unteren Bereich des Speichers an das Trinkwasser abgegeben wird. Damit zu jedem Zeitpunkt warmes Wasser zur Verfügung steht, erwärmt der zentrale Wärmeerzeuger bei nicht ausreichenden Temperaturen den oberen Teil des Trinkwarmwasserspeichers (Bereitschaftsteil) über den zweiten Wärmetauscher. Kollektorkreis, Trinkwasser und Nachheizung sind hierbei hydraulisch vollständig getrennt. Da bei dieser Variante zwei Wärmetauscher im Speicher zum Einsatz kommen, spricht man hier von einem bivalenten System.

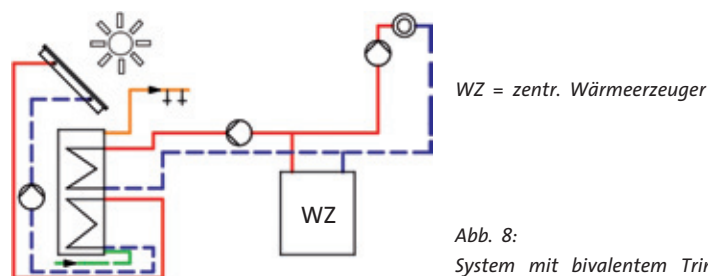


Abb. 8:  
System mit bivalentem Trinkwarmwasserspeicher

### 4.3 Zweispeichersystem zur solaren Trinkwassererwärmung und Heizungsunterstützung

Bei dieser Variante kommen ein bivalenter Trinkwarmwasserspeicher und ein zusätzlicher Pufferspeicher zur Vorhaltung von Warmwasser für die Gebäudebeheizung zum Einsatz. Über die Kollektoranlage wird der untere Wärmetauscher des Trinkwarmwasserspeichers mit Energie beladen. Wenn ausreichend Solarenergie zur Verfügung steht, wird auch der Pufferspeicher über einen eingebauten Wärmetauscher mit Energie versorgt. Der Wärmeerzeuger versorgt – falls erforderlich – den Bereitschaftsteil des Trinkwarmwasserspeichers mit Wärme und sorgt für die Gebäudebeheizung. Sofern im Pufferspeicher ausreichend Energie zur Verfügung steht, erfolgt zur Heizungsunterstützung eine Temperaturerhöhung des Heizungsrücklaufs. Immer dann, wenn im Speicher höhere Temperaturen als im Heizungsrücklauf zur Verfügung stehen, wird ein Ventil im Heizungsrücklauf geschaltet und dieser durch den Speicher geführt.

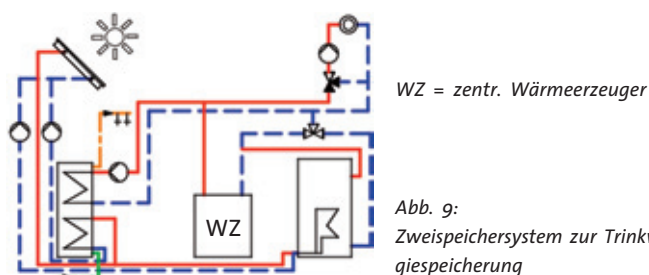


Abb. 9:  
Zweispeichersystem zur Trinkwassererwärmung und Energiespeicherung

### 4.4 Kombispeicher mit solarer Trinkwassererwärmung und Heizungsunterstützung

In der Abb. 10 ist ein Anlagenschema mit einem Kombispeicher dargestellt, bei dem das Trinkwasser über einen innenliegenden Wärmetauscher erwärmt wird. Über die Kollektoranlage wird der Kombispeicher über einen weiteren Wärmetauscher im unteren Bereich des Kombispeichers beladen. Ist die solare Einstrahlung für die Trinkwassererwärmung nicht ausreichend, so erfolgt eine Nacherwärmung durch den zentralen Wärmeerzeuger im oberen Bereich des Speichers. Sofern im Speicher ausreichend Energie zur Verfügung steht, erfolgt die Versorgung des Heizkreises ebenfalls über den Speicher. Der zentrale Wärmeerzeuger wird erst eingeschaltet, wenn die Solltemperatur für den Heizkreis im Speicher unterschritten wird.

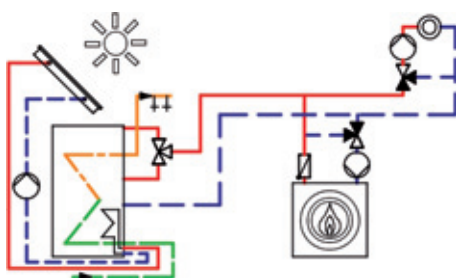


Abb. 10:  
Kombispeicher mit innen liegendem Wärmetauscher zur Trinkwassererwärmung (Beispiel: Pelletkessel mit Rücklaufftemperaturerhöhung)

### 4.5 Multivalentes Heizungssystem

Bei dieser Variante wird Wärme von drei verschiedenen Energiequellen genutzt: einem zentralen Wärmeerzeuger, einer thermischen Solaranlage und einem Holzkaminofen mit einer Wassertasche. In der Abb. 11 ist ein Anlagenschema für solch ein multivalentes Heizungssystem dargestellt.

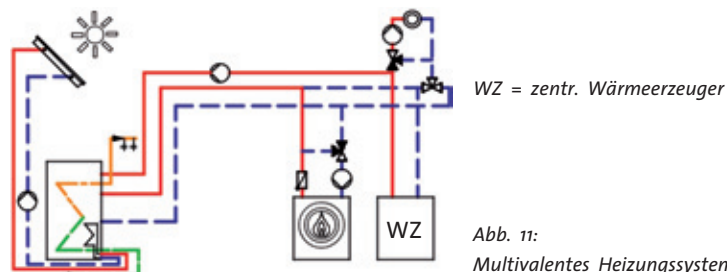


Abb. 11:  
Multivalentes Heizungssystem

Zentrales Element eines solchen multivalenten Heizungssystems ist der großvolumige, gut isolierte Kombispeicher, in dem die Wärme aus den drei unterschiedlichen Energiequellen bevorratet wird (siehe Abb. 11). Ein zusätzlicher Pufferspeicher kann optional zur Vergrößerung des Puffervolumens eingesetzt werden. In den Sommermonaten kann die für die Warmwasserbereitung benötigte Energie fast ausschließlich solar erzeugt werden. In der Übergangszeit und im Winter leistet der Holzkaminofen seinen Beitrag nicht nur für die Beheizung des Aufstellraums, sondern auch zur Beheizung des gesamten Gebäudes. Über einen Wärmetauscher wird ein Teil der Wärme aus dem Kaminofen in den Kombispeicher eingespeist, anstatt ungenutzt über den Schornstein zu entweichen. Erst wenn Solaranlage und Kaminofen den Wärmebedarf allein nicht mehr abdecken können, schaltet sich automatisch der zentrale Wärmeerzeuger hinzu.

## 5 Dämmung

In einem Warmwasserspeicher soll die thermische Energie möglichst lange erhalten bleiben. Dazu wird der Speicher isoliert. Diese Isolierung bezeichnet man auch als Wärmedämmung. Sie verringert die Abgabe thermischer Energie aus dem Speicher an den Aufstellort. Die energetische Güte der Wärmedämmung wird durch die Wärmeleitfähigkeit  $\lambda$  des Dämmstoffes in W/mK und deren Dämmstärke charakterisiert. Je kleiner der  $\lambda$ -Wert und je größer die Dämmstärke, desto besser die Wärmedämmeigenschaften des Speichers.

Es gibt eine Vielzahl geeigneter Dämmstoffe. Die eingesetzten Dämmstoffe müssen gegenüber den Betriebsbedingungen stabil sein. Dies gilt insbesondere im Hinblick auf die auftretenden Temperaturbelastungen und der betriebsbedingten Feuchte sowie bei Außenaufstellung auf die Belastung durch UV-Strahlung. Zum Einsatz kommen Polyurethan (PUR) sowohl als Hart- und als Weichschaum, Melaminharzschaumstoff, thermostabilisiertes EPS (Expandiertes Polystyrol) und Polyesterfaservlies.

Man unterscheidet zwischen Warmwasserspeichern mit abnehmbarer und werkseitig fest angebrachter Wärmedämmung. Während die fest angebrachte Wärmedämmung – wie der Name schon sagt – fest mit dem Warmwasserspeicher verbunden ist, wird die abnehmbare Wärmedämmung meist vor Ort bei der Montage angebracht. Eine fest angebrachte Wärmedämmung verfügt im Regelfall aufgrund der festen Umschließung des Behälters über bessere Dämmeigenschaften. Abnehmbare Wärmedämmung kommt insbesondere zum Einsatz, wenn größere Speichervolumen benötigt werden und aufgrund der vorhandenen Transportwege im Gebäude eine Montage vor Ort erforderlich ist. Eine fest angebrachte Wärmedämmung ist im Regelfall aus PUR-Hartschaum. Als abnehmbare Wärmedämmung kommen ebenfalls PUR-Hartschaum (zwei abnehmbare Halbschalen), PUR-Weichschaum, Melaminharzschaumstoff, EPS und Polyesterfaservlies zum Einsatz.

## 6 Werkstoffe für den Innenbehälter

Die mit Trinkwasser in Berührung kommenden Teile eines Speichers dürfen über die angedachte Lebensdauer des Gerätes nicht in ihrer Funktion beeinträchtigt werden. Sie müssen dafür Sorge tragen, dass die hohen Anforderungen an Trinkwasserqualität und weitere hygienische Aspekte erfüllt werden (siehe auch Anforderungen in DIN EN 12897). Daher werden die Behälter der Warmwasserspeicher aus emailliertem Stahl oder Edelstahl ausgeführt. Edelstahlspeicher zeichnen sich besonders durch ihre Korrosionsbeständigkeit und entsprechende Langlebigkeit aus, ohne dass Korrosionsschutzmaßnahmen erforderlich wären. Emaillierte Stahlbehälter bedürfen einer zusätzlichen Korrosionsschutzmaßnahme. Email ist ein spezielles Glas besonderer chemischer Zusammensetzung und physikalischer Beschaffenheit. Durch Emaillieren entsteht ein Verbundwerkstoff aus Metall und Glas, der die positiven Eigenschaften beider Werkstoffe vereinigt.

Bei emaillierten Stahlbehältern wird der Korrosionsschutz des Stahlbehälters an möglichen und auch zulässigen Fehl- oder Zehrstellen des Emails durch das Überlagern eines entgegengesetzten Stroms (Schutzstrom) erreicht. Die Einprägung des Schutzstroms kann durch eine externe Spannungsquelle (Fremdstromanode) oder

über ein mit dem Stahlbehälter leitend verbundenes unedleres Metall (Opferanode) erfolgen. Fremdstromanoden sind weitgehend verschleißfrei. Opferanoden bestehen weitgehend aus Magnesium. Je nach Wasserqualität werden sie mit der Zeit „verbraucht“ und müssen erneuert werden, damit der Korrosionsschutz erhalten bleibt. Eine regelmäßige Überprüfung ist somit erforderlich.

## **7 Kenndaten**

Wichtige Kenndaten bei Warmwasserspeichern sind der Wärmeverlust, die Mischwassermenge und die NL-Zahl.

### **7.1 Wärmeverlust**

Der Wärmeverlust – oder auch als Bereitschaftsverlust bezeichnet – beschreibt den Energieverlust des Speichers, welcher auch anfällt, wenn kein Warmwasser entnommen wird. Er wird z. B. nach der DIN EN 12897 ermittelt und in kWh pro Betrachtungszeitraum (z. B. 24 Stunden) und einer bestimmten Temperaturdifferenz angegeben. Ausschlaggebend für den Wärmeverlust sind die Hüllfläche des Speichers und der Wärmedurchgangswert zwischen dem Speicherinnen und der Umgebung. Je niedriger der Wärmeverlust bei gleichem Speichervolumen ist, desto energieeffizienter ist der Speicher.

### **7.2 Mischwassermenge**

Beim Zapfen strömt am Speicherboden Kaltwasser nach. Kalt- und Warmwasser sollten sich dabei durch eine optimale Einströmung (keine Verwirbelung) möglichst wenig mischen. Nur so bleibt die vorgewählte Mischwassertemperatur lange konstant und ermöglicht einen hohen Komfort. Die Mischwassermenge – auch als nutzbare Warmwassermenge bezeichnet – ist die Wassermenge mit einer Temperatur von 45 °C, die den gleichen Wärmeinhalt wie der Nenninhalt des Warmwasserspeichers bei einer Wassertemperatur von 65 °C hat. Eine hohe Mischwassermenge zeigt die optimale Einströmung des kalten Wassers in den Speicher an, bei der die Durchmischungen gering möglichst gering ausfallen.

### **7.3 NL-Zahl**

Maßstab für die Bemessung eines Trinkwarmwasserspeichers ist die Leistungskennzahl NL. Sie beschreibt den Trinkwarmwasserbedarf einer sog. „Einheitswohnung“. Die Versorgung einer solchen durchschnittlichen Wohnung wurde mit der Leistungskennzahl „eins“ angenommen und beschreibt das Verhalten der Bewohner einer Vierzimmerwohnung mit drei bis vier Bewohnern. Eine Leistungszahl von „sieben“ sagt aus, dass der Wärmebedarf von sieben Einheitswohnungen durch den Trinkwarmwasserspeicher abgedeckt werden kann. Die Ermittlung der NL-Zahl erfolgt nach DIN 4708 Teil 2 und Teil 3.

## **8 Zusammenfassung**

Moderne Warmwasserspeicher werden für alle Anwendungsfälle und Leistungsbereiche angeboten. Sie sorgen für eine hohe Energieeffizienz durch minimale Wärmeverluste sowie optimierte Wärmeübertragungseigenschaften und Temperaturschichtungen. Trinkwarmwasser- und Kombispeicher bieten höchsten Warmwasserkomfort zum Duschen und Baden und erfüllen die hohen Anforderungen an Trinkwasserqualität und Hygiene. Puffer- und Kombispeicher ermöglichen die Speicherung von Energie und gewährleisten so eine sichere Versorgung bei zeitlichem Versatz von Bedarf und Angebot der Wärme. Dies ist besonders bei der Einbindung von Wärme aus erneuerbaren Energien in das zentrale Heizungssystem sowie beim Einsatz von dezentralen KWK-Anlagen von großer Wichtigkeit. Weiterhin werden bereits multivalente Speichersysteme angeboten, die es ermöglichen, Wärme aus mehr als zwei Energiequellen zu speichern. Dabei handelt es sich beispielsweise um die Kombination eines zentralen Wärmeerzeugers mit einer solarthermischen Anlage und einem Kamin-/Pelletofen mit integrierter Wassertasche.



# Heizkörper-Beschichtungen – Einsatzmöglichkeiten und Einsatzgrenzen

Für die Beschichtung von Heizkörpern gilt die DIN 55900 „Beschichtungen für Raumheizkörper; Begriffe, Anforderungen, Prüfung“:

Teil 1: Grundbeschichtungsstoffe,  
Industriell hergestellte Grundbeschichtungen

Teil 2: Deckbeschichtungsstoffe,  
Industriell hergestellte Fertiglackierungen

Die DIN 55900 bildet die Grundlage für die Leistungsbeschreibungen der Oberflächenqualität von Heizkörpern und ist demzufolge in der Regel Bestandteil der Ausschreibungstexte für Heizkörper.

## 1 Geltungsbereich der DIN 55900

Im Punkt „1. Geltungsbereich“ dieser Norm (in beiden Teilen) heißt es:

**„Diese Norm gilt für Grund-/Deckbeschichtungsstoffe für Raumheizkörper sowie für industriell hergestellte Grundbeschichtungen/Fertiglackierungen von Raumheizkörpern für Warmwasser- und Niederdruck-Dampfheizungen (Heißwasser bis 130 °C).“**

Die Lieferung von fertig lackierten, meist einbrennpulverbeschichteten Heizkörpern ist heute Stand der Technik. Somit sind die weiterführenden Ausführungen in DIN 55900 Teil 2 von besonderem Interesse.

In DIN 55900 Teil 2 „Deckbeschichtungsstoffe“ heißt es unter Punkt „1. Geltungsbereich“ weiter:

**„Nicht Gegenstand dieser Norm sind Beschichtungen für Raumheizkörper, die mit einer höheren Vorlauftemperatur als 130 °C betrieben werden und/oder die für Räume mit aggressiver und/oder feuchter Atmosphäre bestimmt sind.“**

## 2 Räume mit aggressiver und/oder feuchter Atmosphäre

Das heißt: Sind Heizkörper mit einer Oberflächenbeschichtung nach DIN 55900 Teil 2 ausgeschrieben, so sind sie in dieser ausgeschriebenen Form nicht geeignet für die Installation zum Beispiel in kritischen Bereichen von Schwimmbädern, Saunen, öffentlichen Toiletten oder in der Nähe von Urinalen.

Diese Feststellung gilt auch für die heute üblichen hochwertigen Einbrenn-Pulverdeckbeschichtungen. Vor der Bestellung von Heizkörpern für derartige Einsatzbereiche sollte man sich daher über den geplanten Aufstellungsort des Heizkörpers informieren und die Einsatzgrenzen entsprechend festlegen.

Wird eine Installation von Heizkörpern in Feuchträumen, wie z. B. in Schwimmbädern oder Gewerbebetrieben (z. B. Schlachtereien), gewünscht oder gefordert, sind andere Beschichtungen der Oberfläche bzw. entsprechend geeignete Oberflächenbehandlungen zu wählen. Gleiches gilt für Heizkörper in Räumen, die einer Nassreinigung (z. B. Hochdruck-Reiniger) unterzogen werden.

Hierfür werden z. B. verzinkte Heizkörper angeboten. Die möglichen Maßnahmen sind gegebenenfalls beim Hersteller zu erfragen.

### 3 Installationen im Sprühbereich

Weiter heißt es in DIN 55900 Teil 2 „Deckbeschichtungsstoffe“ unter Punkt „1. Geltungsbereich“:

**„Küchen, Badezimmer usw. sowie Plätze außerhalb des Sprühbereiches von Duschen und Toiletten sind dabei nicht als Räume mit aggressiver und/oder feuchter Atmosphäre zu verstehen.“**

Damit ist eindeutig definiert, dass der Bereich innerhalb des Sprühbereiches, z. B. unter einem Waschbecken, analog Räumen aggressiver und/oder feuchter Atmosphäre zu verstehen ist und damit nicht in den Geltungsbereich der Norm fällt. Somit können keinerlei Gewährleistungsansprüche abgeleitet werden, falls Korrosionserscheinungen an diesen innerhalb des Sprühbereiches installierten Heizkörpern auftreten sollten.

Ergibt sich aufgrund der örtlichen Gegebenheiten, z. B. beengte Platzverhältnisse, die Notwendigkeit der Installation von Raumheizkörpern innerhalb des Sprühbereiches, sind spezielle Maßnahmen, z. B. verzinkte Oberflächen, entsprechende Schutzverkleidungen etc., zu ergreifen. Die möglichen Maßnahmen sind gegebenenfalls beim Hersteller zu erfragen.

### 4 Notwendigkeit der regelmäßigen Belüftung

In Verbindung mit der Forderung nach Schutz vor Nässe und Kondenswasser ist auf eine besondere Problematik hinzuweisen.

Der Betrieb der Heizkörper sollte in ausreichend belüfteten Räumen erfolgen. Bei modernen Fensterkonstruktionen mit verbesserter Fugendichtheit oder bei innen liegenden Räumen ohne Fenster ist auf eine Be- und Entlüftung der Räume zu achten und eventuell eine Zwangsbe- und -entlüftung vorzusehen. Daher muss bei einer Sanierung und im Neubau heute verpflichtend ein Lüftungskonzept erarbeitet werden. Weitere Informationen zur Wohnungslüftung im Informationsblatt Nr. 18.

Abgeschaltete, kalte Heizflächen wirken wie Kühlflächen, an denen sich die Luftfeuchtigkeit der Raumluft als Kondensat niederschlägt. Die kondensierende Luftfeuchtigkeit kann dabei Rostansätze verursachen, die wiederum die Beschichtung zerstören können.

### 5 Innen liegende Bäder und Toilettenräume

Im Rahmen der Erstellung eines Lüftungskonzeptes werden die Anforderungen für die Lüftung von Bädern und Toiletten mit berücksichtigt. In der Regel sind die Anforderungen der DIN 18017 „Lüftung von Bädern und Toilettenräumen ohne Außenfenster“ Teil 3 „Lüftung mit Ventilatoren“ im Rahmen eines Lüftungskonzeptes erfüllbar. Daher ist es im Rahmen einer Sanierung notwendig, ein Lüftungskonzept nach DIN 1946 „Raumluftechnik“ Teil 6 „Lüftung von Wohnungen“ zu erstellen.

Ist eine regelmäßige Belüftung nicht realisierbar bzw. wird ein permanenter Luftwechsel nicht gewährleistet, ist ein kontinuierlicher Heizkörperbetrieb erforderlich, um den Kühlflächeneffekt zu vermeiden.

Dabei ist der Nutzer der Heizungsanlage auf die regelmäßige Beheizung der einzelnen Räume oder die regelmäßige Belüftung aufmerksam zu machen.

### 6 Lagerung, Installation und Betriebsweise von Heizkörpern

Unter Punkt „5. Anforderungen“ an die Deckbeschichtung gemäß Norm DIN 55900 Teil 2 heißt es:

**„Eine sachgemäße Beförderung, Lagerung und Montage der fertig lackierten Heizkörper sowie Schutz vor mechanischer Beschädigung, Nässe (z. B. Regen, Kondenswasser) und aggressiven Medien (z. B. angemachtem Mörtel, abbindendem Beton) sind notwendig.“**

Aus diesen „Anforderungen“ lassen sich wichtige Randbedingungen bezüglich des Transports, der Lagerung, Installation und Betriebsweise von Heizkörpern definieren.

Die Heizkörper sind trocken und in gut belüfteten Räumen zu lagern. Die Verpackung sollte nach Möglichkeit erst nach Fertigstellung aller baulichen Maßnahmen, wie z. B. Estrichlegen, Verputzen, Malerarbeiten, entfernt werden, um Beschädigungen zu verhindern. Eine Montage der Heizkörper und die Beheizung innerhalb der Verpackung sind heute in der Regel ohne Problem realisierbar.

## **7 Reinigung von Heizkörpern**

DIN 55900 Teil 2 definiert weiter:

**„Die Fertiglackierung muss ohne nachteilige Veränderung des Lackfilms mit geeigneten wässrigen Haushaltsreinigern zu reinigen sein.“**

Geeignete Reinigungsmittel für Lackflächen sind nicht abrasiv (scheuernd) und nicht stark alkalisch oder sauer (chemisch aggressiv).



# Vermeidung von Betriebsstörungen und Schäden durch Steinbildung in Warmwasserheizungsanlagen

## 1 Einleitung

Der verbesserte Wärmeschutz von Gebäuden hat dazu geführt, dass die installierten Heizleistungen bei annähernd gleich gebliebenen Wasserinhalten der Heizungsanlage abgenommen haben. Durch die zunehmende Einbindung von regenerativen Energien kommen immer mehr Pufferspeicher zum Einsatz, die den Wasserinhalt der Heizungsanlage vergrößern. Weiterhin hat das abnehmende Platzangebot für Wärmeerzeuger dazu geführt, dass kompakte Geräte mit hohen Wärmeübertragungsleistungen entwickelt wurden. All diese Aspekte begünstigen die Steinbildung in Warmwasserheizungsanlagen.

Unter Steinbildung versteht man heizwasserseitige Beläge am Wärmetauscher des Wärmeerzeugers, die hauptsächlich aus Calciumkarbonat (Kalk) und weiteren Inhaltsstoffen des Heizwassers bestehen. Die durch Steinbildung verursachten Beläge im Wärmeerzeuger können zu örtlicher Überhitzung führen. Siedegeräusche, Störungen durch abgelöste Ablagerungen (z. B. an Ventilen und Pumpen) sowie Leckagen an Wärmetauschern durch Rissbildung können die Folge sein.

Die Beachtung dieser Fachinformation hat zudem den Vorteil, dass über die Begrenzung der Kalkmenge im Heizungswasser eine Verringerung der energetischen Effizienz des Wärmeerzeugers durch Steinbildung vernachlässigt werden kann.

## 2 Zweck und Geltungsbereich der Fachinformation

Die Fachinformation beinhaltet praxisgerechte Anforderungen für die Vermeidung von übermäßiger Steinbildung in Warmwasserheizungsanlagen und definiert Mindestanforderungen an den erforderlichen Produktdaten- und Informationsaustausch zwischen Hersteller und dem SHK-Fachhandwerk.

Die Fachinformation gilt für Warmwasserheizungsanlagen mit einer bestimmungsgemäßen Betriebstemperatur von bis zu 100 °C. Umlaufwasserheizer, d. h. Wärmeerzeuger mit einem spezifischen Wasserinhalt von weniger als 0,3 l Wasserinhalt des Gerätes je kW Heizleistung des Gerätes, fallen auch in den Geltungsbereich der Fachinformation.

## 3 Entscheidungskriterien für die Heizwasseraufbereitung

Das Gefährdungspotential durch Steinbildung steigt mit zunehmender Gesamthärte des Heizwassers, dem Füll- und Ergänzungswasservolumen sowie der Betriebstemperatur des Heizwassers. Praxiserfahrungen zeigen, dass eine Steinbildung nicht völlig verhindert werden muss, um Schäden zu vermeiden. Daher kann eine definierte Menge der belagbildenden Wasserinhaltsstoffe im Heizungswasser einer Heizungsanlage in Abhängigkeit der Nennwärmeleistung und des Füll- und Ergänzungswasservolumens toleriert werden.

### 3.1 Anforderungen

Eine Wasseraufbereitung **ist nicht durchzuführen**, wenn die in der nachfolgenden Tabelle genannten Richtwerte eingehalten werden.

Nennwärmeleistung	Gesamthärte
$\leq 50$ kW bei spez. Wasserinhalt des Wärmeerzeugers <sup>1)</sup> $\geq 0,3$ l/kW	Keine Anforderungen
$\leq 50$ kW bei spez. Wasserinhalt des Wärmeerzeugers <sup>1)</sup> $< 0,3$ l/kW (Umlaufwasserheizer)	$\leq 16,8$ °dH
$> 50$ kW bis $\leq 200$ kW	$\leq 11,2$ °dH
$> 200$ kW bis $\leq 600$ kW	$\leq 8,4$ °dH
$> 600$ kW	$\leq 0,11$ °dH

Bei Anwendung der Tabelle wird von einer üblichen Heizungsanlage (Standardanlage) ausgegangen, deren spezifisches Anlagenvolumen (Füllwasser) nicht mehr als 20 l pro kW Nennwärmeleistung beträgt und bei der zu erwarten ist, dass die gesamte Füll- und Ergänzungswassermenge das Dreifache des Nennvolumens der Heizungsanlage nicht überschreitet. Eine Überschreitung des Füll- und Ergänzungswasservolumens ist beispielsweise anzunehmen, wenn relevante Anlagenteile – z. B. größere Rohrabschnitte, Pufferspeicher – ohne funktionsfähige Absperrventile versorgt werden.

Eine Wasseraufbereitung **ist durchzuführen**, wenn

- die in der Tabelle genannten Gesamthärten überschritten werden oder
- das spezifische Anlagenvolumen mehr als 20 l pro kW Nennwärmeleistung beträgt (bei Mehrkesselanlagen ist für diese Anforderung die jeweils kleinste Einzel-Nennwärmeleistung einzusetzen).

### 3.2 Praktische Vorgehensweise

Als Füll- und Ergänzungswasser steht normalerweise Trinkwasser zur Verfügung. In diesem Fall kann man die erforderlichen Härteangaben beim örtlichen Wasserversorgungsunternehmen erfragen. Viele Wasserversorgungsunternehmen haben ihre Wasseranalysen auf ihren Internet-Seiten veröffentlicht. Wird ein Härtebereich angegeben, z. B. Gesamthärte von 15,5 °dH bis 18,2 °dH, so ist der höchste Wert anzusetzen.

Aus den Unterlagen des Herstellers sind die Nennwärmeleistung und der spezifische Wasserinhalt des Wärmeerzeugers zu entnehmen. Mit diesen beiden Angaben kann ermittelt werden, ob es sich bei dem Wärmeerzeuger um einen Umlaufwasserheizer handelt oder nicht (kleiner oder größer gleich 0,3 l pro kW).

Anhand der oben genannten Auswahlkriterien ist zu prüfen, ob eine Wasseraufbereitungsmaßnahme erforderlich ist. Falls eine Wasseraufbereitungsmaßnahme erforderlich ist, sind die Vorgaben des Wärmeerzeugerherstellers zu beachten.

## 4 Mögliche Maßnahmen zur Vermeidung von Steinbildung

### 4.1 Enthärtung

Mittels einer Patrone, die ein Austauschharz enthält, wird Calcium gegen Natrium im Wasser ausgetauscht. Eine Kalkabscheidung kann nicht mehr stattfinden. In der Praxis unterscheidet man zwei Varianten. Bei der **Vollenthärtung** wird Calcium vollständig gegen Natrium ausgetauscht. Die Kalkabscheidung unterbleibt vollständig. Eine **Teilenthärtung** wird üblicherweise durch das Verschneiden von voll enthärtetem mit nicht aufbereitetem Wasser erreicht. Das Wasser enthält noch Reste von Calcium.

Bei der Enthärtung findet eine Entsäuerung statt. In der Regel kommt es also zu einer Erhöhung des pH-Wertes. Bei Heizungsanlagen, die Bauteile aus Aluminium (z. B. Wärmetauscher, Heizkörper etc.) enthalten, muss der pH-Wert im Bereich von 6,5 bis 8,5 (bei bestimmten Legierungen, z. B. AlSi10Mg bis 9,0) liegen und das Füllwasser sollte nicht unter 7 °dH enthärtet werden (Teilenthärtung). Bei Wärmeerzeugern mit Wärmetauschern aus Aluminium bestehen deshalb unter Umständen hersteller- und produktspezifische Vorgaben zum Wasseraufbereitungsverfahren.

<sup>1)</sup> Wasserinhalt des Wärmeerzeugers je kW Nennwärmeleistung

#### 4.2 Entsalzung

Bei diesem Verfahren werden abweichend zur Enthärtung alle härtebildenden Inhaltsstoffe aus dem Wasser entfernt. Man verwendet hierzu ebenfalls Patronen. Diese enthalten jedoch ein anderes Austauschharz als bei der Enthärtung. Es wird üblicherweise Füllwasser mit einer Leitfähigkeit von ca.  $1 \mu\text{S}/\text{cm}$  (micro Siemens/cm) erreicht. Durch die sehr geringe Leitfähigkeit bietet entsalztes Wasser einen hohen Korrosionsschutz. Das Verfahren der Umkehrosmose führt ebenfalls zu einem voll entsalztem Wasser. Hier wird anstelle eines Austauschharzes eine Membran verwendet.

#### 4.3 Heizungswasserzusätze

Aus der Vielzahl von Heizungswasserzusätzen sind zur Vermeidung von Steinbildung Härtestabilisatoren anwendbar. Sie unterscheiden sich zu den beiden zuvor genannten Verfahren dadurch, dass hier nicht Wasserbestandteile entfernt, sondern gezielt Stoffe zugesetzt werden. Die Aufgabe der Zusätze besteht in der chemischen Stabilisierung des Kalks, um dadurch die Bildung von Kalkschichten im Wärmeerzeuger zu vermeiden. Inhibitoren als Korrosionsschutzmaßnahme sind in der Regel nur bei korrosionstechnisch offenen Warmwasserheizungsanlagen erforderlich. Bei Verwendung von Heizungswasserzusätzen sind regelmäßige Kontrollen des Heizwassers gemäß den Angaben der Inhibitorenhersteller erforderlich.

### 5 Praxishinweise

Die Auswahl des anzuwendenden Verfahrens ist mit dem Auftraggeber nach anlagenspezifischen Gesichtspunkten und Herstellerangaben abzustimmen.

Häufiger Ergänzungswasserbedarf ist ein Zeichen für eine fehlerhafte Druckhaltung, häufige Reparaturen oder Leckagen. Durch fachgerechte Auslegung und regelmäßige Wartung, insbesondere der Ausdehnungsgefäße, kann die Ergänzungswassermenge gering gehalten werden.

Es empfiehlt sich, im Inbetriebnahmeprotokoll die Gesamthärte sowie die Menge des Füllwassers zu dokumentieren. Sofern aufbereitetes Wasser verwendet wird, ist die Art der Aufbereitung ebenso zu vermerken und bei Wartungs- und Kontrollmaßnahmen zu berücksichtigen.

Am Wärmeerzeuger sollte eine dauerhafte Kennzeichnung „Nachbefüllen nur nach Rücksprache mit dem Heizungsbauer“ angebracht werden.

Sofern es bauseitige Anlagenparameter erforderlich machen, ist z. B. bei vagabundierenden Korrosionsprodukten in unzureichend gespülten Bestandsanlagen im Heizungsrücklauf oder bei abplatzenden Kalkablagerungen in Anlagen mit Umlaufwasserheizern und Anlagenvolumen größer  $20 \text{ l}$  pro kW im Heizungsvorlauf ein Schmutzfilter einzubauen.

In Heizungsanlagen mit Plattenheizkörpern sowie bei Fußbodenheizungen üblicher Bauart ( $60 \text{ W}/\text{m}^2$ ) kann man von einem spezifischen Anlagenvolumen von nicht mehr als  $20 \text{ l}$  pro kW ausgehen. Bei Bestandsanlagen mit Radiatoren für den Schwerkraftbetrieb können höhere spezifische Anlagenvolumina erreicht werden. Bei Einbindung von Pufferspeichern ist das zusätzliche Wasservolumen zu berücksichtigen.

Für eine fachgerechte Schnittstelle für Füll- und Ergänzungswasser ist zu sorgen. Dies ist auch unter hygienischen Gesichtspunkten erforderlich. Eine dauerhafte Schlauchverbindung ist nicht statthaft. Für den Anschluss einer Heizungsfülleinrichtung sind die Sicherungseinrichtungen der DIN EN 1717 zu verwenden. Ohne Inhibitoren wird empfohlen einen Rohrtrenner BA oder CA einzubauen. Mit Inhibitoren ist ein Rohrtrenner BA einzubauen.

Abschnittsweise sollten Absperrventile eingebaut werden. Damit soll vermieden werden, dass bei jedem Reparaturfall oder jeder Anlagenerweiterung das gesamte Heizwasser abgelassen werden muss.

Bei Anlagen mit mehreren Wärmeerzeugern (Mehrkesselanlagen) empfiehlt es sich alle Wärmeerzeuger gleichzeitig in Betrieb zu nehmen, damit sich nicht die gesamte Kalkmenge in einem Wärmeerzeuger ablagert.

Zur Erfassung der Füll- und Ergänzungswassermengen ist bei Anlagen  $> 50 \text{ kW}$  der Einbau eines Wasserzählers erforderlich.

## 6 Fallbeispiele

### Beispiel 1:

- Gesamthärte (Angabe vom Wasserversorgungsunternehmen): 12,5 bis 14,8 °dH
- Nennwärmeleistung des Wärmeerzeugers: 33 kW
- Wärmeübergabe: überwiegend Fußbodenheizung (60 W/m<sup>2</sup>), zusätzlich einige Plattenheizkörper
- Spezifischer Wasserinhalt des Wärmeerzeugers: 0,5 l/kW

Vorgehensweise zur Bestimmung der Notwendigkeit einer Füllwasseraufbereitung:

- Handelt es sich um eine Standardanlage: → ja
- Bestimmung der maßgeblichen Gesamthärte: 14,8 °dH
- Handelt es sich um einen Umlaufwasserheizer: → nein

Ergebnis: Füllwasseraufbereitung ist **nicht erforderlich**.

### Beispiel 2:

- Gesamthärte (Angabe vom Wasserversorgungsunternehmen): 14,8 bis 18,3 °dH
- Nennwärmeleistung des Wärmeerzeugers: 17 kW
- Wärmeübergabe: überwiegend Fußbodenheizung (60 W/m<sup>2</sup>), zusätzlich einige Plattenheizkörper
- Spezifischer Wasserinhalt des Wärmeerzeugers: 0,25 l/kW
- Wärmetauscher aus Edelstahl

Vorgehensweise zur Bestimmung der Notwendigkeit einer Füllwasseraufbereitung:

- Handelt es sich um eine Standardanlage: → ja
- Bestimmung der maßgeblichen Gesamthärte: 18,3 °dH
- Handelt es sich um einen Umlaufwasserheizer: → ja

Ergebnis: Füllwasseraufbereitung ist **erforderlich**.

Die erforderliche Wasseraufbereitungsmaßnahme ist den Unterlagen des Wärmeerzeugerherstellers zu entnehmen.

### Beispiel 3:

- Gesamthärte (Angabe vom Wasserversorgungsunternehmen): 12,5 bis 14,8 °dH
- Nennwärmeleistung des Wärmeerzeugers: 33 kW
- Wärmeübergabe: überwiegend Fußbodenheizung (60 W/m<sup>2</sup>), zusätzlich einige Plattenheizkörper
- Spez. Wasserinhalt des Wärmeerzeugers: 0,5 l/kW
- Wärmetauscher aus Aluminiumlegierung
- Pufferspeicher über 700 Liter

Vorgehensweise zur Bestimmung der Notwendigkeit einer Füllwasseraufbereitung:

- Handelt es sich um eine Standardanlage: → nein  
(Durch Einbindung des Pufferspeichers liegt das spez. Anlagenvolumen nun über 20 l pro kW Nennwärmeleistung.)
- Bestimmung der maßgeblichen Gesamthärte: 14,8 °dH
- Handelt es sich um einen Umlaufwasserheizer: → nein

Ergebnis: Füllwasseraufbereitung ist **erforderlich**.

Die erforderliche Wasseraufbereitungsmaßnahme ist den Unterlagen des Wärmeerzeugerherstellers zu entnehmen. Der pH-Wert des Heizungswassers muss nach Behandlung im Bereich von 6,5 bis 8,5 (ggf. 9,0) liegen.



# Korrosionsschäden durch Sauerstoff im Heizungswasser – Sauerstoffkorrosion –

## 1 Das bewährte System

Wesentliche Teile von Warmwasserheizanlagen bestehen in der Regel aus unlegierten oder niedriglegierten Eisenwerkstoffen, die in sauerstoffhaltigen Wässern nicht korrosionsbeständig sind.

Diese Werkstoffe bewähren sich seit Jahrzehnten in optimaler Weise in den geschlossenen Heizanlagen und erfüllen problemlos ihre Aufgaben und Funktionen bezüglich der Feuerraumgestaltung, der Wärmeübertragung mit hohen Wärmestromdichten, eines reibungslosen Dauerbetriebes u. a. m.

Die heizwasserseitige Korrosionsbeständigkeit der un- oder niedriglegierten Eisenwerkstoffe beruht dabei weniger auf einer Werkstoffeigenschaft, sondern im Wesentlichen auf der Abwesenheit von Sauerstoff im Heizungswasser.

Seit den 70er-Jahren werden in Wohngebäuden und Gewerbebetrieben, z. B. Gärtnereien, vermehrt Kunststoffrohre eingesetzt. Die Praxis zeigt, dass nicht sauerstoffdiffusionsdichte Kunststoffrohre zu einem erheblichen Eintrag von Sauerstoff führen können.

## 2 Die Sauerstoffkorrosion

Nur bei Anwesenheit von Sauerstoff im Heizungswasser kann Eisen aus den Eisenwerkstoffen in Lösung gehen und über verschiedene Zwischenstufen Rost ausbilden [1]. Bei ständigem Sauerstoffzutritt, z. B. durch nicht diffusionsdichte Kunststoffrohre, kann dies zu Durchrostungen führen. Eine weitere Möglichkeit des Sauerstoffzutritts sind offene Ausdehnungsgefäße.

Bei Mischinstallationen aus Kupferwerkstoffen und un- bzw. niedriglegierten Eisenwerkstoffen wird bei Anwesenheit von Sauerstoff das Auftreten von Korrosion verstärkt und beschleunigt.

## 3 Zum Stand der Technik

Einschlägige technische Regeln, wie z. B. die VDI-Richtlinie 2035 Blatt 2 [2], schreiben daher unter der notwendigen Beachtung der vorgenannten Verhältnisse vor, dass eine Heizungsanlage so auszulegen und zu betreiben ist, dass ständiger Zutritt von Sauerstoff in das Heizungswasser nicht stattfinden kann.

In sachgemäß ausgelegten, gebauten und in Betrieb genommenen Heizungsanlagen ist nach einer kurzen Einfahrzeit der Sauerstoff aus dem Füllwasser verbraucht. Korrosionsschutzmaßnahmen in Heizungsanlagen bestehen daher in erster Linie darin, den weiteren Zutritt von Sauerstoff zum Heizungswasser zu verhindern.

Diese Forderung wird beim Einsatz von nicht diffusionsdichten Kunststoffen in Heizsystemen nicht erfüllt.

Wird der weitere Zutritt von Sauerstoff zum Heizungswasser verhindert, so stellen sich in Heizanlagen, auch bei offenen Anlagen nach DIN EN 12828 [3], in der Regel keine Probleme über Korrosionsschäden ein, wie die vorliegenden Erfahrungen eindeutig bestätigen. Unter diesen Voraussetzungen sind in geschlossenen Anlagen nur vereinzelt Korrosionsschäden bekannt geworden. Auf verschiedene Arten entstehender Unterdruck kann beispielsweise zu Schäden führen, die sich jedoch in geschlossenen Anlagen durch entsprechende Überprüfung, Wartung und Betriebsweise der Heizanlage in einfacher Art und Weise vermeiden und in der Folge beheben lassen. (Gegebenenfalls sollte z. B. ein unterdimensioniertes und/oder funktionsuntüchtiges Membranausdehnungsgerät instand gesetzt oder ersetzt werden.)

Diesen positiven Erfahrungen stehen leider Korrosionsschäden an Warmwasserheizanlagen gegenüber, wenn Rohrleitungen aus nicht sauerstoffdichten Kunststoffen bestehen.

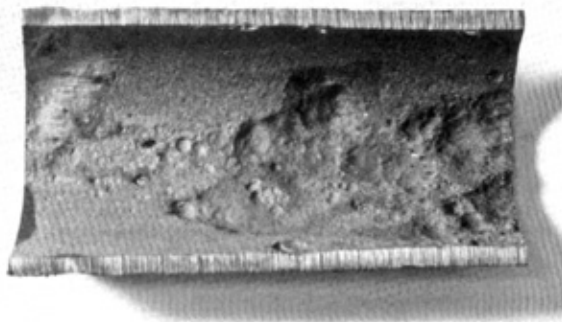
#### 4 Schadensbild

Ein typisches Schadensbild wird mit der nachfolgenden Aufnahme belegt.

Es handelt sich um einen Rücklaufstutzen aus „schwarzem“ Stahlrohr nach Entfernung der Korrosionsprodukte.

Deutlich sind ausgeprägte Mulden zu erkennen, die sich als signifikantes Kennzeichen einer Sauerstoffkorrosion unter Ablagerungen darstellen.

Diese Heizungsanlage mit einer Fußbodenheizung aus nicht sauerstoffdichten Kunststoffrohren ist infolge der Sauerstoffkorrosion bereits nach einer Betriebszeit von 1½ Jahren ausgefallen.



*Ausgeprägte Mulden infolge Sauerstoffkorrosion in einem Rohr aus St 37 nach Entfernung der Korrosionsprodukte*

#### 5 Schadensursache: Nicht diffusionsdichte Kunststoffrohre

Die meisten Kunststoffe sind bekanntlich wegen ihres molekularen Aufbaus und ihrer niedrigen Dichte für Gase durchlässig. Und zwar tritt z. B. bei Kunststoffrohren für Fußbodenheizungen eine Diffusion sowohl von außen nach innen (Sauerstoff) als auch von innen nach außen (Wasserdampf) auf. Triebkraft für die Diffusion von Stoffen bei durchlässigen (permeablen) Wänden ist eine Potenzialdifferenz, z. B. ein Sauerstoffpartialdruck- oder Konzentrationsunterschied (des gelösten Sauerstoffs) zwischen beiden Seiten der Trennwand.

Geht man davon aus, dass im Heizungswasser der erstmals mit dem Füllwasser eingebrachte Sauerstoff durch die in der Literatur (z. B. [1]) beschriebenen Reaktionen verbraucht worden ist, sein Partialdruck innerhalb des Rohres also gegen 0 bar geht, so findet man außerhalb des Rohres bei einer Sauerstoffkonzentration von etwa 21 Vol.-% in der Luft einen Sauerstoffpartialdruck von ca. 0,21 bar. Es liegt somit bezüglich der Sauerstoffpartialdrücke eine Druckdifferenz zwischen beiden Seiten der Rohrwand vor; bei nicht diffusionsdichten Kunststoffrohren erfolgt die Eintragung (Permeation) von Sauerstoff in das Heizungswasser als zwingende physikalische Konsequenz.

Andererseits permeiert das Wasser aus dem Rohr nach außen, da außen eine geringere Feuchtigkeitskonzentration (Wasserdampfpartialdruck) vorliegt. Diese Tatsache ist für die Entstehung eines Unterdrucks bei Kunststoffrohren zusätzlich zu beachten.

Auch weiterhin gibt es für Fußbodenheizungen mit Kunststoffrohren Rohrmaterial, das nicht „sauerstoffdicht“ ist, sodass das Heizungs-Umlaufwasser ständig durch Diffusion Sauerstoff aufnimmt. Dadurch können (wie bereits ausgeführt) Eisenteile in den Anlagen angegriffen und Korrosionsprobleme ausgelöst werden, die in Heizsystemen ohne Sauerstoffzutritt normalerweise nicht auftreten.

Der durch die Sauerstoffkorrosion entstehende Rostschlamm verursacht Funktionsstörungen z. B. an Wärmemengenzählern, Thermostatventilen, Umwälzpumpen und Heizkesseln sowie Zirkulationsblockaden ganzer Heizkreise.

Besonders bei Anlagen mit verhältnismäßig kleinen Anteilen wasserbenetzter Flächen aus Eisenwerkstoffen kann es bei diesen Bedingungen auch zu Durchrostungen an Heizkesseln und Verteilern etc. kommen. Der Kessel ist hier besonders gefährdet, da sich die Korrosionsgeschwindigkeit bei einer Temperaturerhöhung um 10 °C verdoppelt.

Dies ist besonders bei der Modernisierung von alten Anlagen zu beachten, bei denen häufig nur der oder die Wärmeerzeuger ausgetauscht werden und die übrige Anlage weitestgehend unverändert bleibt. Der bzw. die Wärmeerzeuger sind dann als einzige „metallisch blanke“ Anlagenkomponente besonders intensiv der Sauerstoffkorrosion ausgesetzt.

Eine weitere sekundäre Schadensursache resultiert aus Schlammablagerungen im Heizkessel. Damit kann die Wärmeübertragung empfindlich gestört werden mit erheblichen zusätzlichen thermomechanischen Spannungen im Material, die zu Rissen in den Eisenwerkstoffen führen, oder es kommt zu partiellen Überhitzungen im Kessel, wodurch Kochgeräusche und Spannungsgeräusche auftreten können.

## 6 Zur Menge des entstehenden Rostes

Um eine anschauliche Vorstellung zu geben, enthält die DIN 4726 einen unter Berücksichtigung der Rohrabmessungen normierten Wert für die maximal zulässige Sauerstoffdurchlässigkeit von  $< 0,1 \text{ mg/l-d}$  bei einer Wassertemperatur von 40 °C [4].

Unter diesen Verhältnissen sind kaum mehr Korrosionsschäden zu erwarten.

Bei den nicht sauerstoffdichten Rohren liegt der entsprechende Wert der Sauerstoffdurchlässigkeit demgegenüber bei

Menge Sauerstoff 5 mg/l-d.

Zieht man einen Sauerstoffgehalt des Leitungswassers von  $10 \text{ g/m}^3$  zum Vergleich heran, so entspricht dies praktisch einer Wasserneubefüllung nach jeweils zwei Tagen!

Da eine einmalige Wasserneubefüllung eine Magnetitmenge von  $36 \text{ g/m}^3$  erzeugt, entstehen hier also pro Heizperiode mindestens

$3600 \text{ g/m}^3$  Rostschlamm im Heizungswasser.

Diese Verhältnisse bedürfen keiner weiteren Interpretation, vgl. auch [5], [6]. Dabei wurden die zusätzlichen Umsetzungen in der heizfreien Zeit noch nicht einmal berücksichtigt.

## 7 Vermeidung der Korrosionsschäden – Empfohlene Maßnahmen

- Verwendung von gasundurchlässigen Werkstoffen Hierzu werden nach dem derzeitigen Stand der Erkenntnis auch sauerstoffdichte Kunststoffrohre nach DIN 4726 gerechnet.
- Werden gasdurchlässige Werkstoffe eingesetzt, ist eine **Systemtrennung** dahingehend vorzusehen, dass der Heizkreis, der mit dem durch die Kunststoffrohre fließenden Heizwasser beaufschlagt wird, durch einen Wärmetauscher aus korrosionsbeständigen Materialien von den anderen Heizkreisen bzw. vom Wärmeerzeuger getrennt wird.
- Auch bei der Sanierung von Altanlagen ist eine Systemtrennung als notwendig anzusehen, da der noch vorhandene und umfließende Rostschlamm ansonsten einen Korrosionsschaden nicht ausschließen lässt.
- Beim Einsatz von Inhibitoren sind die produktspezifischen Herstellerangaben zu beachten [2], [6]. Insbesondere ist eine regelmäßige Überprüfung erforderlich. Die Wirksamkeit auch im Modernisierungsfall sowie die Aussagen zu Materialverträglichkeiten mit den Anlagenwerkstoffen liegen in der Verantwortung der Inhibitorenhersteller.
- Elektrochemische Verfahren zur Sauerstoffentfernung und Verfahren, die aufgrund einer Ausgasung durch Druckentlastung (sog. Sprudelflascheneffekt) eine Sauer-

stoffentfernung versprechen, sind als Abhilfemaßnahme in der DIN 4726 [4] nicht genannt und stellen demnach **keine** anerkannte Regel der Technik dar.

Der BDH hat sich zu dieser Information, die auf seit Jahren vorliegenden Erfahrungen aufbaut und wissenschaftlich begründet ist, entschlossen, nachdem die Probleme der Sauerstoffkorrosion im Zusammenhang mit Kunststoffrohren entgegen dem Stand der Technik und trotz des damit verbundenen Risikos noch häufig negiert werden.

## 8 Literatur

- [1] Theiler, F.: Korrosionsschäden in Warmwasser-Heizungsanlagen. Heizung und Lüftung Nr. 3/87, Seite 6–11
- [2] VDI-Richtlinie 2035 – Blatt 2: Vermeidung von Schäden in Warmwasser-Heizungsanlagen – Heizwasserseitige Korrosion; August 2009
- [3] DIN EN 12828, Heizungssysteme in Gebäuden – Planung von Warmwasser-Heizungsanlagen
- [4] DIN 4726, Ausgabe: 2000-01, Warmwasser-Fußbodenheizungen und Heizkörperanbindungen – Rohrleitungen aus Kunststoffen
- [5] Kruse, C.-L.: Korrosion in Warmwasserheizungsanlagen als Folge von Sauerstoffdiffusion durch Kunststoffrohre; Schadensprisma (1982) Nr. 2, S. 17/21
- [6] Kruse, C.-L.: Korrosion in der Sanitär- und Heizungstechnik, Krammer Verlag, Düsseldorf 1991

# Korrosion durch Halogenkohlenwasserstoffe

„Der BDH sieht sich veranlasst, über die Gefahr zu informieren, die durch Halogenkohlenwasserstoffe in der Verbrennungsluft für Heizungsanlagen entstehen kann. Dieses Informationsblatt gibt einen Überblick über Schadensbild, Schadensursache und Herkunft der Halogenverbindungen. Gleichzeitig werden Hinweise gegeben, um nach Möglichkeit bei der Planung von Anlagen Schäden durch Halogenkohlenwasserstoffe vorbeugen zu können. Das Informationsblatt nimmt nicht zur Verantwortung bei ausgeführten Anlagen Stellung.“

## 1 Schadensbild

Beim Betrieb von Heizkesseln in Räumen, in denen „Halogenverbindungen“ in der Luft enthalten sind, beobachtet man Korrosionsschäden – vornehmlich an Gasheizungen –, die mit einem flächigen Angriff der betroffenen Metalle verbunden sind. Davon betroffen sind alle metallischen Werkstoffe, selbst Edelstahl kann geschädigt werden (Lochkorrosion). Sie treten hauptsächlich im Brennraum und an Kesselheizflächen, aber auch an Metallen im Bereich der Abgasstutzen, Verbindungsstücke (Abgasrohre) und Schornsteine auf. In besonders schweren Fällen finden sich sogar Korrosionserscheinungen außerhalb der Heizkessel. Infolge des flächigen Angriffs ist die Funktion der Heizanlage zunächst nicht gestört, diese bleibt auch weiterhin funktionsfähig. Trotzdem sollte man Abhilfe schaffen. Außerdem muss natürlich damit gerechnet werden, dass bei weiterem Fortschreiten des Korrosionsangriffs irgendwann einmal die Anlage ausfallen wird.

Grundsätzlich ist der beschriebene Vorgang nicht auf gasbetriebene Heizungen beschränkt, er tritt auch bei Ölfeuerungen auf und vermutlich auch bei Kohlefeuerungen. Infolge der abweichenden Betriebsbedingungen dieser Anlagen wird er dort aber durch andere Einflüsse überdeckt. Vermutlich ist diese Schadensform auch schon früher an Heizanlagen aufgetreten, jedoch nicht richtig erkannt worden.

Die Ursache der beschriebenen Korrosion lässt sich durch eine einfache chemische Analyse sicher feststellen: Im Rost lassen sich Halogenverbindungen, insbesondere Chloride, nachweisen.

## 2 Schadensursache

Ursache der beschriebenen Korrosionserscheinungen sind leicht flüchtige Halogenverbindungen, die in der Verbrennungsluft mitgeführt werden. Da die speziellen und zudem wechselnden Bezeichnungen dieser Stoffe nur dem Spezialisten etwas sagen, wird hier und im Folgenden nur der Ausdruck „Halogenverbindungen“ verwendet. Näheres darüber, um welche Fluor- und Chlor-Verbindungen es sich im Einzelnen handelt und woher sie stammen, siehe Tabelle auf der folgenden Seite.

In der Flamme bildet sich aus diesen, mit der Verbrennungsluft eingebrachten, Halogenverbindungen sehr aggressive Salzsäure und ggf. Fluorwasserstoff, die sich in der Heizanlage auch bei sehr geringer Konzentration der Schadstoffe in der Luft aufkonzentrieren können. Dabei ist zu beachten, dass kleine Mengen Säure über längere Zeit wirksam bleiben, sodass im ungünstigsten Falle eine einmalige Belastung zur Auslösung der Korrosion ausreicht. Beide Effekte sind zu beachten, wenn nach Schadensursachen gesucht wird.

Auch beim Verfeuern von verunreinigtem Heizöl, z. B. durch Zugabe von Altöl, sind Chloridschäden bekannt geworden.

## 3 Herkunft der Halogenverbindungen

Halogenverbindungen werden in der Industrie, im Gewerbe und auch in Haushaltsprodukten verwendet. Bei Zusammentreffen mehrerer ungünstiger Faktoren kann es dazu kommen, dass diese an der Verbrennung teilnehmen.

Die unten stehende Tabelle führt die bisher bekannten Hauptquellen auf. Praktisch wichtig sind die verschiedenen, bei Reinigung und in Kleb- bzw. Anstrichmitteln verwendeten Lösungsmittel. Chemische Reinigungen und Entfettungsbäder kommen als Quellen für Halogenverbindungen ebenso infrage wie Fußbodenkleber und andere. Neuanstriche in Heizräumen können ausreichend Halogenverbindungen abgeben, um eine Anlage zu zerstören. Einschränkend muss jedoch – gemäß einer Information des Deutschen Maler- und Lackierer-Handwerks – angemerkt werden, dass „Bautenlacke und Bautenfarben aus deutscher Produktion schon seit Jahren ohne halogenierte Kohlenwasserstoffe rezeptiert werden. Dasselbe gilt für Bauklebstoffe. Bei Maler- und Lackiererarbeiten können freie Halogenverbindungen nur in den seltenen Fällen entstehen, wo CKW-haltige Abbeizmittel oder CKW-haltige Klebstoffentferner eingesetzt werden. FCKW-haltige Sprühdosenlacke oder Sprühdosenklebstoffe werden von den professionell arbeitenden Handwerkern so gut wie nicht eingesetzt.“ Auch die häufig zur Desinfektion und zur Reinigung verwendeten Bleichlaugen („Javellewasser“) sind als Ursache der beschriebenen Korrosion nachgewiesen worden. Schließlich muss hier die gelegentlich zu Beiz- und Reinigungszwecken verwendete Salzsäure selbst erwähnt werden, die als Schadensverursacher auftreten kann, wenn ihre Dämpfe in den Brennraum geraten.

#### 4 Vorgehensweise im Schadensfall

Es gibt im Augenblick keine praktikable Möglichkeit, die Halogenverbindungen aus der Verbrennungsluft zu entfernen, ehe diese der Verbrennung zugeführt wird. Die günstigste Lösung ist in jedem Fall, die Quellen der Halogenkohlenwasserstoffe ausfindig zu machen und zu verschließen. Sofern dies nicht möglich ist, muss die Verbrennungsluft aus Bereichen herangeführt werden, die nicht durch Halogenkohlenwasserstoffe verunreinigt sind.

Zu weitergehenden Fragen berät Sie Ihr Kesselhersteller.

**Quellen für chlorierte Kohlenwasserstoffe sind z. B.:**

<b>Industrielle Quellen</b>	
Chemische Reinigungen	Trichlorethylen, Tetrachlorethylen, fluorierte Kohlenwasserstoffe
Entfettungsbäder	Perchlorethylen, Trichlorethylen, Methylenchlorid
Druckereien	Trichlorethylen
Kältemaschinen	Methylchlorid, Trichlorflourmethan, Dichlordifluormethan
<b>Quellen im Haushalt</b>	
Reinigungs- und Entfettungsmittel	Perchlorethylen, Methylchloroform, Trichlorethylen, Methylenchlorid, Tetrachlorkohlenstoff, Salzsäure
<b>Hobbyräume</b>	
Lösungsmittel und Verdünner	Verschiedene chlorierte Kohlenwasserstoffe
Sprühdosen	Chlor-fluorierte Kohlenwasserstoffe (Frigene)

*Diese Liste erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit.*

# Hinweise zur Verminderung von Geräuschemissionen durch Feuerstätten in Heizungsanlagen

Dieses Informationsblatt gibt Hinweise zur Planung sowie Ausführung von Gebäuden und Heizungsanlagen und zur Geräuschkinderung an bestehenden Anlagen.

## 1 Einleitung

Beim Betrieb einer Feuerstätte entsteht Luft- und Körperschall. Diese werden vom Aufstellraum über Boden, Decken und Wände in die Nachbarräume und über die Abgasanlage sowie Schächte auch in andere Räume und ins Freie übertragen (Abbildung 1). Die Folge können Geräuschbelästigungen in der Wohnung und sogar beim Nachbarn durch Abgasgeräusche an/aus der Mündung der Abgasanlage sein. Deshalb ist bereits in der Planungsphase eine Zusammenarbeit zwischen dem Architekten, dem Bauherren und dem Planer/Fachingenieur sowie dem Ersteller der Heizungsanlage zu empfehlen.

Der Luftschall entsteht überwiegend durch den Verbrennungsvorgang und wird durch Abstrahlung von Brenner, Kessel und Abgasführung übertragen. Die Verbrennungsgeräusche können durch Resonanzerscheinungen verstärkt werden, da die Abgassäule im Heizkessel und der Brennraum (Feuerraum) zusammen mit der Abgasanlage ein schwingungsfähiges System darstellt.

Der Körperschall entsteht durch mechanische Schwingungen der Wärmeerzeugeranlage und wird in festen Körpern, also Fundamenten, Wänden, Fußböden sowie in den Wandungen der Abgasanlage weitergeleitet. Er wird durch Abstrahlung von den Begrenzungsflächen in Luftschall umgewandelt und dadurch hörbar.

## 2 Schalltechnische Grundlagen und Begriffe

Nachstehend eine kurze Erläuterung der wichtigsten schalltechnischen Grundlagen und Begriffe, die im weiteren Text dieses Informationsblatts verwendet werden.

### 2.1 Schall

Schall sind mechanische Schwingungen und Wellen in elastischen Medien wie festen Körpern (Körperschall), Luft (Luftschall) und Flüssigkeit (Flüssigkeitsschall). Von Bedeutung beim Betrieb von Feuerstätten sind Luft- und Körperschall.

Jede Art von Schall, durch den Menschen z. B. gestört oder belästigt werden, wird als Lärm bezeichnet.

### 2.2 Frequenz

Die Frequenz ist die Anzahl der Schwingungen pro Sekunde, die in der Einheit Hz (Hertz) angegeben wird. Das menschliche Ohr nimmt Schwingungen von ca. 16 Hz (tiefe Töne) bis ca. 16 000 Hz (hohe Töne) wahr.

### 2.3 Geräusch

Als Geräusch wird Schall bezeichnet, der aus vielen Tönen beliebiger Frequenzen besteht.

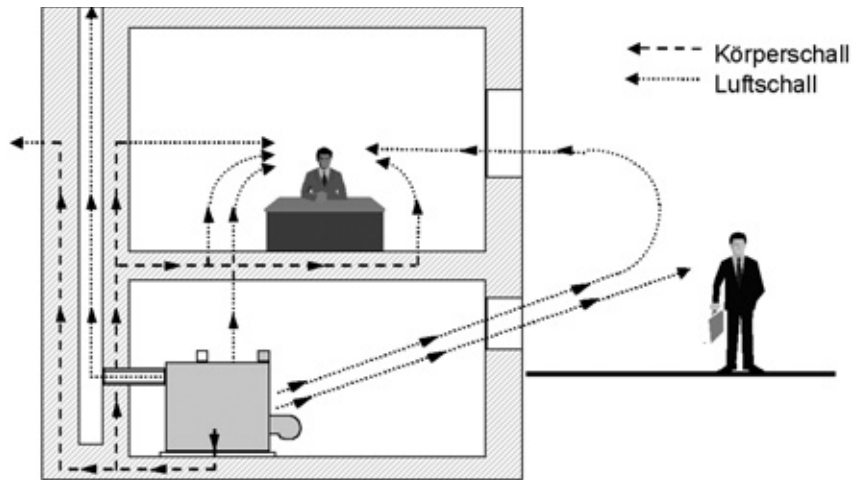


Abb. 1: Übertragungswege von Luft- und Körperschall

#### 2.4 Schalldruck und Schalldruckpegel

Beim Schalldruck handelt es sich physikalisch um Schwankungen des Luftdrucks und somit um Druckwellen. Gemessen wird der Schall in der Einheit  $\mu\text{bar}$  (mikrobar = 1 Millionstel bar).

Das menschliche Ohr reagiert auf eine sehr große Bandbreite von Schalldrücken, die zwischen Hörschwelle ( $2 \times 10^{-4} \mu\text{bar}$ ) und Schmerzgrenze ( $2 \times 10^2 \mu\text{bar}$ ) liegen. In der Praxis wird der Schalldruck nicht in  $\mu\text{bar}$ , sondern als Schalldruckpegel in Dezibel (dB) angegeben. Von Bedeutung ist der Bereich bis 120 dB.

#### 2.5 Bewerteter Schalldruckpegel

Die Empfindlichkeit des Ohres ist nicht bei allen Frequenzen gleich. So werden bei gleichem Schalldruckpegel tiefe und ganz hohe Töne leiser empfunden als mittlere Töne. In Hörversuchen wurde der Schalldruckpegel tiefer und hoher Töne solange variiert, bis eine gleiche Lautstärke empfunden wurde wie bei einem Ausgangston von 1000 Hz. Auf diese Weise wurden „Kurven gleichen Lautstärkeempfindens“ festgelegt. Die gemessenen Schalldruckpegel werden nach einem festgelegten Verfahren bewertet. Von Bedeutung ist die A-Bewertung mit der Einheit dB(A). In der Praxis, z. B. bei schallmindernden Maßnahmen, ist deshalb nicht der gemessene Schalldruckpegel entscheidend, sondern das tatsächliche Lautstärkeempfinden bei den unterschiedlichen Frequenzen.

#### 2.6 Gesamtschalldruckpegel

Das Addieren einzelner Schalldruckpegel verschiedener Schallquellen ist falsch, um den Gesamtschalldruckpegel zu erhalten. Hierzu sind logarithmische Berechnungen erforderlich, auf die aber vielfach in der Praxis verzichtet werden kann.

- Bei zwei gleich lauten Schallquellen liegt der Gesamtschalldruckpegel 3 dB über den Schalldruckpegeln der einzelnen Schallquellen.
- **Beispiel:** Schallquelle 1 mit 60 dB plus Schallquelle 2 mit 60 dB ergibt einen Gesamtschalldruckpegel von 63 dB.
- Der Gesamtschalldruckpegel wird hauptsächlich vom Schalldruckpegel der lautesten Schallquelle bestimmt. Ein zusätzliches schwächeres Geräusch, das mehr als 10 dB unter der lautesten Schallquelle liegt, führt zu keiner merklichen Steigerung des Gesamtschalldruckpegels.
- **Beispiel:** Schallquelle 1 mit 75 dB plus Schallquelle 2 mit 60 dB ergibt einen Gesamtschalldruckpegel von unter 76 dB.
- Eine Erhöhung des Gesamtschalldruckpegels um 10 dB wird etwa als Verdoppelung der Lautstärke wahrgenommen; eine Verminderung um 10 dB bedeutet eine Halbierung der empfundenen Lautstärke.



## **2.7 Schalleistung und Schalleistungspegel**

Die Schalleistung ist die als Luftschall abgegebene akustische Leistung in der Einheit Watt oder als Schalleistungspegel in dB. Die Schalleistung kann nicht direkt gemessen werden, sondern wird nach einem speziellen Verfahren aus den gemessenen Schalldrücken berechnet.

Der Schalleistungspegel ist für spezielle akustische Berechnungen erforderlich. So bei besonderen Anforderungen an den Schallschutz wie z. B. bei Konzertsälen. Für die meisten Anwendungen in der Heizungstechnik wird daher diese Größe nicht benötigt.

## **2.8 Schutzbedürftige Räume im Hochbau**

Nach DIN 4109 dürfen in schutzbedürftigen Räumen folgende A-Schalldruckpegel nicht überschritten werden:

- Wohn- und Schlafräume – 30 dB(A)
- Unterrichts- und Büroräume – 35 dB(A)

Diese Anforderungen gelten nicht für haustechnische Anlagen im eigenen Wohnbereich.

## **3 Maßnahmen zur Geräuschminderung**

Eine optimale Lösung setzt voraus, dass von Planungsbeginn bis zur Inbetriebnahme der Anlage eine enge Zusammenarbeit zwischen dem Architekten, dem Bauherren und dem Planer/Fachingenieur sowie dem Ersteller der Heizungsanlage besteht.

### **3.1 Planung der Gebäude**

Bei der Planung des Aufstellraumes und der Abgasführung sind besonders die nachfolgend beschriebenen Hinweise zu beachten. Schallübertragungen in schutzbedürftige Räume können damit begrenzt werden. Versäumnisse sind nachträglich nur sehr aufwendig oder nur bedingt zu beheben.

#### **3.1.1 Planung allgemein**

Es ist zu klären, welche gesetzlichen Anforderungen an den Schallschutz bestehen. Werden vom Bauherren höhere Anforderungen gestellt, müssen diese gesondert vereinbart und festgelegt werden. Diese Forderungen können nur mit einem erhöhten Kostenaufwand erfüllt werden.

#### **3.1.2 Lage des Aufstellraumes und der Abgasanlage**

- Der Aufstellraum und die Abgasanlage sollten nicht an schutzbedürftige Räume angrenzen und baulich nicht mit diesen verbunden sein.
- Lüftungsöffnungen und Mündungen von Abgasanlagen müssen so angeordnet sein, dass auf fremde oder zum Gebäude gehörende schutzbedürftige Räume keine unzumutbaren Geräusche einwirken.

Können diese Anforderungen nicht eingehalten werden, so ist mit zusätzlichen Schallschutzmaßnahmen zu rechnen.

#### **3.1.3 Bauliche Ausführung des Aufstellraumes**

- Die Luftschalldämmung ist umso besser, je höher die Masse der Wände und Decken ist. Bei tieferen Frequenzen wirkt sich jedoch eine höhere Masse in Bezug auf den Schallschutz weniger aus.
- Gemauerte Wände mit Ausnahme von Sichtmauerwänden müssen mindestens einseitig vollflächig verputzt werden.
- Es sollten Türen mit möglichst hoher Masse und guter Abdichtung auch im unteren Bereich verwendet werden.

- Bei höheren Anforderungen an den Schallschutz ist zu prüfen, ob der Aufstellraum vom Wohngebäude räumlich oder durch Fugen getrennt werden kann, um die Körperschallübertragung zu vermindern.

### **3.2 Planung von Heizungsanlagen**

Beim Betrieb von Feuerstätten ist der Körper- und Luftschall von Bedeutung.

#### **3.2.1 Körperschalldämmung**

Die Ausbreitung von Körperschall kann durch folgende Maßnahmen reduziert werden:

- Körperschalldämmende Unterbauten am Wärmeerzeuger sind bereits bei der Planung zu berücksichtigen. Ein nachträglicher Einbau hat Änderungen an den Anschlussrohrleitungen zur Folge.
- Unterbauten sind unter Berücksichtigung des Lastschwerpunktes nach dem Betriebsgewicht, also einschließlich Brenner, Wasserinhalt und zusätzlichen Lasten auszulegen (vollflächige Gummi- oder Korkunterlagen sind nicht geeignet).
- Eine Körperschalltrennung zwischen dem Abgasstutzen des Wärmeerzeugers, dem Verbindungsstück und dem Bauwerk kann durch eine akustische Entkopplung erfolgen (z. B. Gewebeband, Kompensator).
- Abstützung und Aufhängungen sind vom Bauwerk schalltechnisch zu entkoppeln, wobei die Längsdehnung nicht behindert werden darf.

#### **3.2.2 Luftschalldämmung**

Die Komponenten einer Feuerstätte bestehend aus Heizkessel, Brenner sowie Abgasanlage passen so zueinander, dass in der Regel keine zusätzlichen Maßnahmen zur Luftschalldämmung erforderlich sind. Dabei wird die Bemessung der Abgasanlage nach DIN 4705 durchgeführt, wobei sich der für die Feuerstätte erforderliche Mindestquerschnitt ergibt. Das Anfahrverhalten einer Feuerstätte wird von der DIN 4705 jedoch nur pauschal berücksichtigt. Dies kann bei Anlagen mit geringer Druckreserve gelegentlich zu Resonanz- und Geräuscheinungen (evtl. auch zu Funktionsstörungen) führen. Um dies zu vermeiden, ist auf einen ausreichend großen Querschnitt der Abgasanlage zu achten.

Besonders kritisch können sich Anlagen mit folgenden Merkmalen verhalten:

- Langes Verbindungsstück
- Mehrere Umlenkungen
- Sprunghafte Reduzierung des Querschnittes des Verbindungsstückes am Feuerstättenstutzen

Deshalb werden folgende Maßnahmen empfohlen:

- Das Verbindungsstück ist vom Wärmeerzeuger leicht steigend mit möglichst wenigen Umlenkungen auszuführen. Die gesamte Baulänge des Verbindungsstückes soll  $\frac{1}{4}$  der wirksamen Auftriebshöhe nicht überschreiten.
- Notwendige Querschnittsreduzierungen im Verbindungsstück sollten nicht direkt nach dem Abgasstutzen des Wärmeerzeugers, sondern strömungstechnisch günstig kurz vor der Einmündung in den senkrechten Teil der Abgasanlage erfolgen.
- Aufsätze an Mündungen sollten so ausgeführt oder angeordnet werden, dass diese nicht als Reflektor wirken und keine Verbrennungsgeräusche in schutzbedürftige Räume und an die Umgebung übertragen.
- Auswahl und Einbauort der Nebenluftvorrichtung nach Angaben des Herstellers. Ist ein Abgasschalldämpfer vorhanden, so muss die Montage der Nebenluftvorrichtung dahinter erfolgen.

Bei Feuerstätten, die im Überdruck betrieben werden, sollte bei der Auslegung der Abgasanlage der maximal zur Verfügung stehende Förderdruck nicht voll genutzt werden, damit keine zu hohen Abgasgeschwindigkeiten auftreten.

Bei höheren Schallschutzanforderungen sind folgende Maßnahmen zusätzlich zu empfehlen:

- Einsatz eines Abgasschalldämpfers. Eine wirksame Dämpfung erfordert Abgasschalldämpfer mit gewisser Länge. Deshalb ist bei der Planung der Platzbedarf und der zusätzliche Druckverlust zu berücksichtigen.
- Einsatz einer Brennerschalldämmhaube nach Abstimmung mit dem Kessel- und/oder Brennerhersteller.

### **3.3 Lärminderung an bestehenden Anlagen**

Sind Geräuschbelästigungen durch Feuerstätten vorhanden, so ist eine Analyse der bestehenden Situation unter der in Abschnitt 3.1 und 3.2 beschriebenen Hinweise erforderlich, um akustische Verbesserungen planen und durchführen zu können.

Geräuschprobleme können auftreten:

- im Aufstellraum der Feuerstätte
- in angrenzenden benachbarten Räumen zur Abgasanlage und dem Aufstellraum
- im Außenbereich des Gebäudes

#### **3.3.1 Maßnahmen zur Lärminderung im Aufstellraum der Feuerstätte**

- Überprüfung und ggf. Änderungen gemäß der in Abschnitt 3.1.2, 3.1.3, 3.2.1 und 3.2.2 genannten Hinweise
- Überprüfung des Betriebsverhaltens vom Gebläsebrenner und ggf. Änderung der eingestellten Wärmeleistung im Rahmen des vom Kesselhersteller angegebenen Bereiches unter Berücksichtigung des Gebäudewärmebedarfs
- Nachträgliche Ummantelung des Verbindungsstückes
- Schallabsorbierende Auskleidung frei zugänglicher Decken- und/oder Wandflächen des Aufstellraumes
- Einsatz einer Brennerschalldämmhaube nach Abstimmung mit dem Kessel- und/oder Brennerhersteller

#### **3.3.2 Maßnahmen zur Lärminderung in benachbarten Wohnräumen zur Abgasanlage**

- Überprüfung und ggf. Änderungen gemäß der in Abschnitt 3.1.2, 3.1.3, 3.2.1 und 3.2.2 genannten Hinweise
- Dehnungsausgleich schaffen
- Einbringen von Dämmschalen zwischen Schachtwange und abgasführender Innenschale
- Einsatz einer Innenschale ohne Berührungskontakt zum Schacht

#### **3.3.3 Maßnahmen zur Lärminderung von Mündungsgeräuschen**

- Überprüfung und ggf. Änderungen gemäß der im Abschnitt 3.1.2, 3.1.3, 3.2.1 und 3.2.2 genannten Hinweise
- Überprüfung der Einstellung und des Betriebsverhaltens des Gebläsebrenners
- Änderung der eingestellten Wärmeleistung im vom Kesselhersteller vorgegebenen Bereich unter Berücksichtigung des Gebäudewärmebedarfs
- Erhöhung der vorhandenen Abgasanlage
- Einbau eines Abgasschalldämpfers, der vorzugsweise unmittelbar hinter dem Wärmeerzeuger installiert wird und entsprechend den Betriebsbedingungen der Feuerungsanlage (Unter-/Überdruck; trocken/nass) geeignet sein muss.

- Einbau einer Nebenluftvorrichtung im Feuerstättenaufstellraum. Bei dieser Maßnahme ist das evtl. höhere Geräusch im Aufstellraum zu beachten.

#### **4 Allgemeine Hinweise**

Reichen vorgenannte Maßnahmen zur Lärminderung nicht aus, so ist eine Geräuschmessung nach DIN 45635 sinnvoll, die Aufschluss über das weitere Vorgehen gibt, wobei in vielen Fällen nur empirische Wege zum Erfolg führen.

Alle nachträglichen Maßnahmen, die sich auf die Funktion der Abgasanlage auswirken, erfordern eine Neuberechnung nach EN 13384-1. Änderungen an der Abgasanlage sind mit dem zuständigen Bezirksschornsteinfegermeister abzusprechen.

#### **Literatur, Normen und Richtlinien:**

Schmidt, Dr. Helmut: Schalltechnisches Taschenbuch, 4. Auflage, 1989

DIN 4109: 2006-10: Schallschutz im Hochbau – Teil 1: Anforderungen

DIN 45635-1: 1984-04: Geräuschmessung an Maschinen; Luftschallemission, Hüllflächen-Verfahren; Rahmenverfahren für drei Genauigkeitsklassen

DIN EN 15036-1:2006: Heizkessel – Prüfverfahren für Luftschallemissionen von Wärmeerzeugern – Teil 1: Luftschallemissionen von Wärmeerzeugern

EN 13384-1:2002+A2:2008: Abgasanlagen – Wärme- und strömungstechnische Berechnungsverfahren – Teil 1: Abgasanlagen mit einer Feuerstätte

# Wärme braucht Platz! – Geräusche in Heizungsanlagen

Eine Heizungsanlage hat ganz allgemein die Aufgabe, Wärme zu erzeugen und diese wunschgemäß dem Nutzer zur Verfügung zu stellen (Wärmeübergabe).

Von der Wärmeerzeugung zur Wärmeübergabe ist eine Wärmeverteilung erforderlich. Als Wärmeträger dient in der Regel Wasser. Dem Wasser wird neben thermischer Energie auch Bewegungsenergie aufgezwungen. Diese Bewegungsenergie – erzeugt durch Pumpen – transportiert den Wärmeträger „Wasser“ vom Wärmeerzeuger (Kessel oder Wärmepumpe) über die Wärmeverteilung (Rohrleitungen, Armaturen etc.) zur Wärmeübergabe (Flächenheizung/-kühlung oder Heizkörper).

Leider ist hin und wieder zu hören, dass nicht nur Wärme, sondern auch Geräusche übergeben werden.

## 1 Woher kommen diese Geräusche?

Bevor diese Frage beantwortet werden kann, ist es notwendig, die Art des Geräusches zu spezifizieren:

- Es gibt Geräusche, die über einen längeren Zeitraum gleichbleibend als Rauschen zu vernehmen sind. Hierbei handelt es sich i. d. R. um Fließgeräusche. Diese sind auf zu große Fließgeschwindigkeiten (wegen zu großer Differenzdrücke) in bestimmten Bereichen der Wärmeverteilung, z. B. in Ventilen, zurückzuführen. Diese Geräusche sind durch den hydraulischen Abgleich und eventuelle differenzdruckregelnde Maßnahmen abzustellen.
- Durch vertauschten Vor- und Rücklaufanschluss am Heizkörper können, neben erheblichen Minderleistungen, durch das Thermostatventil „Rattergeräusche“ entstehen. Diese Geräusche und die Minderleistungen sind durch eine Anlagenkorrektur abstellbar.
- Andererseits gibt es Knackgeräusche. Ihre Ursachen sind im Gegensatz zu Fließgeräuschen nicht sofort zu finden. Irrtümlicherweise werden sie deshalb pauschal dem Heizkörper zugeordnet.

Richtig ist, dass die Heizfläche die Wirkung eines Resonanzkörpers ähnlich Musikinstrumenten hat. Richtig ist auch, dass die Knackgeräusche von der Heizfläche an den Raum abgegeben werden. Doch die Heizfläche ist nicht zwangsläufig die Geräuschquelle (Ursache).

Die Ursachen für Knackgeräusche können äußerst vielfältig sein. Häufigste Ursache sind Dehnungsbewegungen des Wärmeverteilsystems bei kurzzeitigen, extremen Temperaturänderungen, z. B. bei Aufheizphasen. Insbesondere Dehnungen von Rohrleitungen in Bereichen von Wand-, Boden- und/oder Deckendurchführungen sind hier zu benennen.

Alle Stoffe dehnen sich mit steigender Temperatur aus. Die Ausdehnung lässt sich vorausberechnen:

$$\Delta L = \alpha_L \cdot L \cdot (\vartheta_2 - \vartheta_1)$$

mit:  $\Delta L$  = Längenänderung infolge Temperaturänderung [mm]

$$\alpha_L = \text{linearer Ausdehnungskoeffizient} \left[ \frac{\text{mm}}{\text{m} \cdot 100\text{K}} \right]$$

$L$  = Ausgangslänge [m]

$\vartheta_1$  = Ausgangstemperatur (Ausgangszustand) [°C]

$\vartheta_2$  = „neue“ Temperatur (Endzustand) [°C]

In nachstehender Tabelle sind beispielhaft einige lineare Ausdehnungskoeffizienten für im Heizungsbau relevante Materialien angegeben:

Material	linearer Ausdehnungskoeffizient $\alpha_L \left[ \frac{mm}{m \cdot 100K} \right]$	Ausdehnung von 10-m-Rohr bei Erwärmung von 10 °C auf 60 °C $\Delta L [mm]$
Kupfer	1,6	8
Messing	1,9	9,5
Niedrig legierter Stahl	1,2	6
PE-X-Rohr	17,0	85
Metallverbundrohr*)	2,4	12
Estrich	1,2	6

\*) (Aluminium 2,38 mm/m · 100K)

Mit der Ausdehnung treten entsprechende Kräfte auf. Werden diese Kräfte festgehalten, z. B. durch Einzementieren eines Rohres, entstehen Spannungen. Solange die Haltekräfte größer sind als die Dehnungskräfte, ist von Knackgeräuschen nichts zu hören. Werden die Dehnungskräfte jedoch größer als die Haltekräfte, kommt es zu „Reibereien“ zwischen Rohrleitung und dem umgebenden Material. Die Dehnungsspannungen bauen sich aber nicht stufenlos gleitend ab, sondern im Rahmen des Kräftespiels „in kleinen Sprüngen“. Es knackt!

Selbst Kunststoffrohre in Schutzrohren bewegen sich bei extremen, kurzzeitigen Temperaturänderungen derart, dass Knackgeräusche zu hören sind. Diese Tatsache ist auch als „Stick-Slip-Effekt“ bekannt. Dieser „Stick-Slip-Effekt“ wird besonders gefördert durch die extrem schnelle Erwärmung und damit partielle Ausdehnung der Kunststoffrohre beim plötzlichen „Zu-Auf-Betrieb“ des Heizkörpers von z. B. 10 °C auf 60 °C. Beim Betrieb bzw. beim Abkühlen treten diese Geräusche nicht auf, weil die Temperaturänderung wesentlich langsamer verläuft.

Das Kräftespiel und der „Stick-Slip-Effekt“ werden durch Knackgeräusche hörbar. Die Körperschallübertragung tut jetzt das Übrige. Mit etwa 4-facher (Luft-)Schallgeschwindigkeit breitet sich das Geräusch im Wasser des Wärmeverteilsystems aus. Am Resonanzkörper „Heizfläche“ wird das Geräusch von der Heizungsanlage an die Raumluft abgegeben.

Das heißt, die Heizfläche wird zum Sprachrohr für einen Mangel, den sie nicht verursacht hat.

Die möglichen Ursachen sind:

- Mechanische Spannungen bei Heizkörper-Anbindung im kalten Zustand
- Mangelhafte Ausführung von Mauerdurchführungen für die Rohrleitungen
- „Stick-Slip-Effekt“ bei Kunststoffrohr im Schutzrohr
- Kontakt von Vor- und Rücklaufleitungen im Estrich oder im Mauerwerk
- Reibung der Heizungsrohre auf Pappdämmstreifen oder in Rohrschellen (Eckleisten-Verlegung) im Fußboden/Sockelleistenbereich
- Kreuzung und Berührung der Vor- und Rücklaufleitungen
- Eindringen von Estrich/Beton zwischen Isolierung und Rohre beim Verarbeiten
- Unsachgemäße Verlegung von Fußbodenheizungen
- Verwendung von Rohrschellen ohne Dämmung
- Keine Montage von Schallschutzelementen zwischen Konsolen (Wandbefestigungen) und Heizkörper (Metall auf Metall).

Die Aufzählung erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit, zeigt aber die häufigsten in der Praxis anzutreffenden Ursachen bei Recherchen der Kundendienst-Monteur.

## 2 Hinweise zur Lösung und Vermeidung von Problemen

So vielfältig wie die Ursachen der Knackgeräusche sind, so vielfältig sind auch die möglichen Maßnahmen.

1. So erstaunlich es klingen mag, bereits nach Lockern/Lösen von Heizkörper-Verschraubungen, kurzem Wackeln an den Rohrleitungen und Anziehen/Montage kann das Geräusch weg sein.
2. Rohre sind frei durch Mauerdurchbrüche zu führen. Sie dürfen nicht durch Mörtel und/oder Estrich am Ausdehnen gehindert werden.
3. Rohrschellen sollten Kunststoffeinlagen haben. Dadurch wird gewährleistet, dass das Rohr bei Dehnungsbewegungen gleitet und möglicher Körperschall vom Gebäude nicht auf die Heizungsanlage übertragen wird.
4. Gleiches gilt für die Heizflächenbefestigung an der Wand. Entsprechende Kunststoffelemente sollten an Kontaktflächen zwischen Wandkonsole und Heizkörper sein (i. d. R. in der Konsole integriert).
5. Im Vorfeld sind eine gewissenhafte Planung (z. B. Leitungsführung) und qualitätsvolle Bauausführung Voraussetzungen dafür, dass Geräusche in Heizungsanlagen verhindert werden.





# Planungs- und Ausführungshinweise für den Einsatz von Druckhaltesystemen und Entgasungsanlagen in Warmwasser-Heizungsanlagen

## 1 Druckhalteanlagen

Mittlere und größere Warmwasserheizungsanlagen werden zunehmend mit speziellen Druckhaltesystemen verschiedener Bauarten ausgeführt. Diese halten den erforderlichen Druck in vorgegebenen Grenzen und gleichen die durch Temperaturänderungen des Heizungswassers entstehenden Volumenänderungen aus.

Es werden hauptsächlich zwei Systeme eingesetzt, die sich prinzipiell von der Druckhaltung unterscheiden, die ausschließlich mit geschlossenen Membranausdehnungsgefäßen betrieben wird.

## 2 Kompressorgesteuerte Druckhaltestation

Der Volumenausgleich und die Druckhaltung erfolgt über ein veränderliches Luftpolster im Ausdehnungsgefäß. Bei zu niedrigem Druck pumpt ein Kompressor Luft in das Gefäß. Über ein Magnetventil wird Luft abgelassen, wenn der Druck zu hoch wird. Durch eine diffusionsdichte Membrane im Ausdehnungsgefäß soll verhindert werden, dass Luft in das Heizungswasser gelangt. Es handelt sich um eine elastische Druckhaltung, die Druckschwankungen in engen Grenzen von z. B. 0,2 bar hält.

## 3 Pumpengesteuerte Druckhaltung

Eine pumpengesteuerte Druckhaltestation besteht im Wesentlichen aus einer Druckhaltepumpe, einem Überströmventil und einem drucklosen Auffangbehälter mit diffusionsdichter Membrane. Beim Aufheizen dehnt sich das Heizungswasser aus. Der Druck im System steigt an. Ist der Einstelldruck des Überströmventils erreicht, öffnet dieses und lässt das Ausdehnungswasser in den Auffangbehälter einströmen. Während der Abkühlung schrumpft das Wasservolumen. Der Druck im System fällt. Bei Unterschreiten eines eingestellten Wertes wird die Druckhaltepumpe eingeschaltet. Sie saugt das Wasser aus dem Behälter und drückt es zurück in die Heizung. Damit wird der Druck in festen Grenzen konstant gehalten. Druckschwankungen von 0,5 bis 1 bar sind zu erwarten. Häufig werden diese Stationen mit automatischer Entgasung unter Ausnutzung des sogenannten „Sprudeleffektes“ eingesetzt. Die Druckhaltepumpe schaltet in Intervallen ein. Es wird ein Überdruck erzielt. Das Überströmventil öffnet. Wasser aus der Heizungsanlage strömt in den drucklosen Behälter und entspannt sich. Wie in einer Sprudelflasche, die geöffnet wird, soll im Wasser gelöste Luft entweichen. Es ist zu beachten, dass es sich hier um keine Sauerstoffentfernung im Sinne eines Korrosionsschutzes gemäß VDI 2035 „Vermeidung von Schäden in Warmwasser-Heizungsanlagen“ Blatt 2 „Wasserseitige Korrosion“ handelt. Darüber hinaus sind nur korrosionstechnisch geschlossene Geräte zu verwenden, die keinen schädlichen Sauerstoffeintrag in das Heizungswasser zulassen.

## 4 Planungsgrundsätze

Der Einsatz der vorgenannten Geräte erfordert bei der Planung und Ausführung von Heizungsanlagen die Beachtung einiger Regeln.

Durch pumpengesteuerte Druckhalteanlagen mit und ohne integrierte Entgasung schwankt der Druck in der Heizungsanlage. Je nach Ausführung der Anlage und Geräteeinstellungen können die Schwankungen sehr häufig auftreten. Auch wenn

die Druckschwankungen klein erscheinen, können sie bei entsprechend großer Häufigkeit zu erheblichen Schäden an den eingesetzten Komponenten einer Heizungsanlage führen. Diese Bauteile sind für statische und nicht für dynamische Belastungen ausgelegt.

Zum Schutz vor Schäden ist jeder Wärmeerzeuger zusätzlich mit einem Membran-Ausdehnungsgefäß auszurüsten. Damit wird die Frequenz der Druckschwankungen reduziert sowie die Laufzeit der Druckhaltepumpe verlängert. Diese Maßnahme trägt wesentlich zur Erhöhung der Betriebssicherheit und möglichen Nutzungsdauer der Anlagenteile bei.

Ein weiterer Vorteil bei Einsatz eines eigenen Ausdehnungsgefäßes an jedem Kessel entsteht dadurch, dass in Mehrkesselanlagen die gemeinsame Ausdehnungsleitung zwischen den Kesseln entfallen kann. Es werden Fehlzirkulationen vermieden, die bei automatischer Folgeschaltung auftreten können. Außerdem wird der Forderung der DIN EN 12828 „Heizungssysteme in Gebäuden – Planung von Warmwasser-Heizungsanlagen“ nach einer direkten Verbindung der Kessel mit einem Ausdehnungsgefäß entsprochen.

Je größer diese Gefäße sind, umso geringer werden die Druckschwankungen. In der Praxis haben sich folgende Mindestgrößen bewährt, die nicht unterschritten werden sollten:

Kesselleistung (kW)	Membran Druckausdehnungsgefäß Inhalt in Liter
bis 300	50
bis 500	80
bis 1 000	140
bis 2 000	300
bis 5 000	800
bis 10 000	1 600

Tabelle 1: Empfohlene minimale Volumina der Druckausdehnungsgefäße

Das nachfolgende Schema zeigt die mögliche Anordnung der Druckhaltung/Ausdehnungsgefäße einer Zweikesselanlage. Die sicherheitstechnische Ausrüstung der Kessel ist nicht vollständig dargestellt. Diese ist gemäß den geltenden Normen und Richtlinien zu ergänzen.

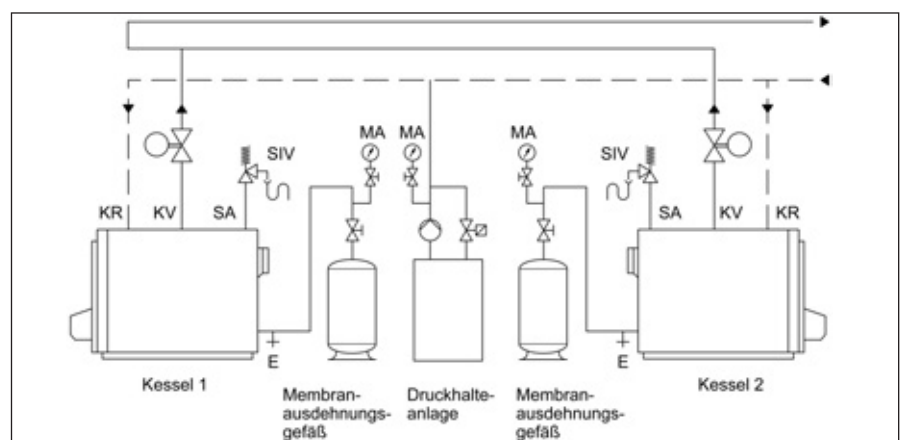


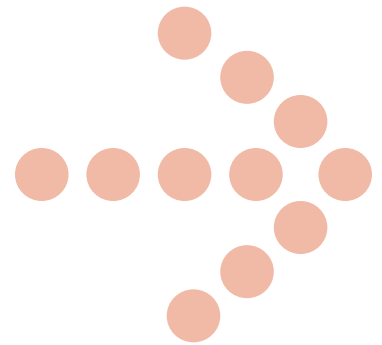
Bild 1: Schema einer möglichen Anordnung der Druckhaltung/Ausdehnungsgefäße am Beispiel einer Zweikesselanlage

## 5 Wartung

Regelmäßige Wartung von Druckhalteanlagen schützt vor Fehlfunktionen und damit die Anlagenkomponenten vor Schäden durch überhöhte Druckwechsellastbeanspruchung.



# Abgastechnik





# Produktbeschreibung und Kennzeichnung von Abgasanlagen

## Erläuterungen zur Kennzeichnung von System-Abgasanlagen nach **DIN EN 1856-1** und **DIN V 18160-1**

Die **Produktbeschreibung** für Abgasanlagenprodukte z. B. nach **DIN EN 1856-1** setzt sich aus der Konformitätserklärung und der Produktinformation zusammen.

Die **Konformitätserklärung mit Produktinformation ersetzen** die nationalen allgemeinen bauaufsichtlichen **Zulassungen**.

Der **Stichtag**, ab dem System-Abgasanlagen mit Metall-Innenrohren nach DIN EN 1856-1 wie doppelwandige Edelstahlschornsteine und -abgasleitungen nur noch mit der Konformitätserklärung in Verkehr gebracht werden dürfen, war der **1. April 2005**.

**Jeder** Hersteller solcher Produkte **muss** seit diesem Datum die Konformitätserklärung vorlegen! Dies gilt nicht für bereits vorher vom Hersteller in Verkehr gebrachte Produkte (z. B. Lagerbestand beim Händler).

Für Abgasanlagen-Innenrohre aus Metall nach DIN EN 1856-2 z. B. für Querschnittsanpassungen müssen ab November 2007 Konformitätserklärungen der Hersteller vorgelegt werden.

Mit der Konformitätserklärung werden die Leistungsanforderungen beschrieben. Damit können die Abgasanlagen-Produkte auf dem europäischen Markt ohne Beschränkungen in Verkehr gebracht werden.

Ergänzend zur Konformitätserklärung erläutert die **Produktinformation** die Eigenschaften und die Anwendungsmöglichkeiten für die Abgasanlagen-Produkte.

Die Verantwortung für die gelieferten Abgasanlagen wird von einer Zulassungsstelle auf den Hersteller übertragen! Damit wird Herstellerangaben eine deutlich höhere Wertigkeit zugeordnet als bisher.

Zur Herstellererklärung gehören z. B. technische Angaben, die Montageanleitungen sowie alle veröffentlichten Darstellungen.

Das zu verwendende Heizmaterial, Öl, Gas- oder Festbrennstoff, wird nicht mehr separat ausgewiesen. Es ist nur noch ersichtlich aus der Erklärung zur Rußbrandbeständigkeit in Verbindung mit der Korrosionswiderstandsklasse.

Nachfolgend wird diese Kennzeichnung erläutert, und zwar auf der Grundlage der

1. Nationalen Vornorm **DIN V 18160-1 „Abgasanlagen – Planung und Ausführung“ mit Beiblatt 1 zu DIN V 18160-1 „Abgasanlagen – Ergänzungen zur Anwendung von Metallabgasanlagen nach EN 1856-1 und Innenrohren und Verbindungsstücken nach EN 1856-2 – Teil 1: Ergänzung zur Anwendung der Korrosionswiderstandsklassen und Zulässigkeit von Werkstoffen“**

und der

2. Europäischen Norm **DIN EN 1856-1 „Abgasanlagen – Anforderungen an Metall-Abgasanlagen – Teil 1 Bauteile für Systemabgasanlagen“**

### 1 Kennzeichnung nach der nationalen Vornorm **DIN V 18160-1**

In der in der Beratung befindlichen neuen DIN V 18160-1 „Abgasanlagen“ ist für ausgeführte Abgasanlagen in Anlehnung an DIN EN 1443 „Abgasanlagen – Allgemeine Anforderungen“ folgendes Kennzeichnungssystem vorgesehen:

z. B. Abgasanlage DIN V 18160-1 – T450 N1 D 3 G50 Loo

mit:

- **Temperaturklasse** (siehe DIN V 18160-1 Abs. 5.1.2)

Die Temperaturklasse **Taaa** gibt an, bis zu welcher Nennbetriebstemperatur aaa in °C (während des Betriebes der Feuerstätte bei Nennleistung erzielte durchschnittliche Abgastemperatur) die Abgasanlage einsetzbar ist:

Temperaturklasse	Nennbetriebstemperatur °C
T 080	≤ 80
T 100	≤ 100
T 120	≤ 120
T 140	≤ 140
T 160	≤ 160
T 200	≤ 200
T 250	≤ 250
T 300	≤ 300
T 400	≤ 400
T 450	≤ 450
T 600	≤ 600

- **Gasdichtheitsklasse (Druckklasse)** (siehe DIN V 18160-1 Abs. 5.1.3)

Die Gasdichtheitsklasse (Druckklasse) gibt an, für welche Betriebsweise die Abgasanlage geeignet ist:

Klasse	Leckrate l/(sm <sup>-1</sup> )	Nominaldruck Pa	Betriebsweise	Verwendung
N1	2,0	-40	Unterdruck	im Gebäude/im Freien
N2	3,0	-20	Unterdruck	im Gebäude/im Freien
P1	0,006	200	Über-/Unterdruck <sup>a</sup>	im Gebäude/im Freien
P2	0,120	200	Über-/Unterdruck <sup>a</sup>	Im Freien <sup>c</sup>
H1	0,006	5 000	Über-/Unterdruck <sup>b</sup>	im Gebäude/im Freien
H2	0,120	5 000	Über-/Unterdruck <sup>b</sup>	Im Freien <sup>c</sup>

<sup>a</sup> Überdruck maximal 200 Pa    <sup>b</sup> Überdruck maximal 5 000 Pa    <sup>c</sup> bei Unterdruck auch im Gebäude

- Unterdruck-Abgasanlagen (Dichtheitsklasse **N1** oder **N2**) werden in der Regel bei Anlagen, die mit Öl, Gas oder Festbrennstoffen betrieben werden, eingesetzt.
- Überdruck-Abgasanlagen (Dichtheitsklasse **P1** oder **P2**) werden in der Regel bei Brennwert-Anlagen, die mit Öl oder Gas betrieben werden, eingesetzt.
- Hochdruck-Abgasanlagen (Dichtheitsklasse **H1** oder **H2**) werden in der Regel bei BHKW- oder Netzersatz-Anlagen, die mit Öl oder Gas betrieben werden, eingesetzt.

Die Dichtheit von Überdruck-Abgasanlagen stellt üblicherweise der Bezirksschornsteinfegermeister fest. Bei den verwendeten Messgeräten wird der Durchmesser und die Länge der Abgasleitung eingegeben. Als Ergebnis wird nur die Aussage: Gemessene Leckrate kleiner/größer als zulässige Leckrate und damit Anlage dicht/undicht angezeigt!

- **Kondensatbeständigkeitsklasse** (siehe DIN V 18160-1 Abs. 5.1.4)

Kondensatbeständigkeitsklassen sind:

- **W** für Abgasanlagen, die planmäßig feucht betrieben werden dürfen;
- **D** für Abgasanlagen, die planmäßig unter Trocken-Bedingungen betrieben werden müssen.

- **Korrosionswiderstandsklasse** (siehe DIN V 18160-1 Abs. 5.1.5)

Die brennstoffabhängigen Korrosionswiderstandsklassen für Abgasanlagen sind:

Korrosionswiderstandsklassen	1	2	3
Mögliche Brennstoffarten	Gas: Schwefelgehalt $\leq 50 \text{ mg/m}^3$ , Erdgas: L + H, Flüssiggas	Gas Erdgas: L + H Flüssiggas	Gas Erdgas: L + H Flüssiggas
	Öl und Kerosin: Schwefelgehalt $\leq 50 \text{ mg/m}^3$	Öl und Kerosin: Schwefelgehalt $\leq 0,2 \text{ Masse \%}$	Öl und Kerosin
	–	Holz für ausschließlich offen betriebene Feuerstätten	Holz Kohle, Torf

Prozessgase oder -flüssigkeiten sind nicht berücksichtigt.

- **Rußbrandbeständigkeitsklasse mit Angabe des Abstandes zu brennbaren Baustoffen** (siehe DIN V 18160-1 Abs. 5.1.6)

Rußbrandbeständigkeitsklassen sind:

- **Oxx** für Abgasanlagen ohne Rußbrandbeständigkeit;
- **Gxx** für Abgasanlagen mit Rußbrandbeständigkeit.

Die beigefügte Zahl **xx** (00 oder 30 oder andere) gibt den erforderlichen Abstand bei der zugeordneten maximalen Dauertemperatur zwischen **Außenseite der Abgasanlage** und angrenzendem **Bauteil aus oder mit brennbarem Material** (z. B. eine Holzwand) an (gilt nicht für Balken, Fußleisten u. Ä., FeuVO beachten), wobei xx der Zahlenwert des Abstandes in gerundeten Millimeter ist. Besteht die Wand aus **nicht brennbaren** Bauteilen ist kein Mindestabstand erforderlich. In diesem Fall ergibt sich der Abstand nur aus dem Dachüberstand o. Ä.

- **Feuerwiderstandsklasse** (siehe DIN V 18160-60)

Die Feuerwiderstandsklasse **Lzz** gibt die Zeitspanne (**Feuerwiderstandsdauer**) in zz Minuten an, der die Abgasanlage bei Brandbeanspruchung widersteht. Die möglichen Klassen sind:

Bauaufsichtliche Anforderungen	Feuerwiderstandsklasse
kein Feuerwiderstand	L00
feuerhemmend	L30
hochfeuerhemmend	L60
feuerbeständig	L90
hochfeuerbeständig	L120

- Mögliche Zusatzinformationen sind:
  - Wärmedurchlasswiderstand in  $\text{m}^2\text{K/W}$ ,
  - Innenwandrauigkeit r in mm und Einzelwiderstände  $\zeta$ ,
  - Frost-Tauwechselbeständigkeit,
  - Widerstand gegen Windeinfluss.

## 2 Kennzeichnung nach der Europäischen Norm DIN EN 1856-1

Nach DIN EN 1856-1 sind die Produkte für Systemabgasanlagen aus Metall nach folgendem System gekennzeichnet:

Beispiel: Kennzeichnung eines doppelwandig wärmedämmten Schornsteins nach DIN EN 1856-1

Benannte Stelle: **Muster-Prüfanstalt  
(z. B. TÜV Süd oder MPA Dortmund)**

Zertifikatsnummer/Jahr **D – 0036 BPR 23456/2010**

## Systemabgasanlage DIN EN 1856-1 – T450 N1 D V2-L50060 G50

Wobei die

- Temperaturklasse Taaa
- Druckklasse N1 oder N2, P1 oder P2, H1 oder H2
- Kondensatbeständigkeitsklasse D oder W
- Rußbrandbeständigkeitsklasse mit Angabe des Abstandes zu brennbaren Baustoffen G(xx) oder O(xx)

denen der DIN V 18160-1 entsprechen.

### • Korrosionswiderstand

Das Kürzel Vx-L50060 ist Angabe der für die Korrosionswiderstandsfähigkeit maßgebenden Werkstoffeigenschaften des Abgasanlagen-Produktes:

- Mit V1, V2 bzw. V3 werden Produkte gekennzeichnet, die **erfolgreich einer bestimmten Korrosionsprüfung** nach DIN EN 1856-1 unterzogen wurden. (V2 bedeutet z. B. Verfahren der Korrosionsprüfung bei der Prüfstelle des TÜV Süd.)
- Mit Vm werden Produkte **ohne erfolgreiche Korrosionsprüfung** gekennzeichnet.
- L10 bis L70 steht für die Werkstoffart des Innenrohres, z. B. L50 = 1.4404 bzw. 1.4571 (gleichwertig).
- Die drei letzten Ziffern geben multipliziert mit 0,01 mm die Wanddicke des Innenrohres an (060 => 0,60 mm).

Die Verknüpfung zwischen den Werkstoffeigenschaften und der Korrosionswiderstandsklasse hängt, sofern vorhanden, von den individuellen Vorschriften der Mitgliedsländer ab.

Für Deutschland ist geplant, diese Verknüpfung in einem Beiblatt 1 zur DIN V 18160-1 vorzugeben. Nach dem bisherigen Beratungsstand ist abhängig von der Kondensatbeständigkeitsklasse folgende Verknüpfung vorgesehen:

Werkstoffeigenschaft nach DIN EN 1856-1		Kondensatbeständigkeits- und Korrosionswiderstandsklasse nach DIN V 18160-1	
Vx-	Lxxyyy	für trockenen Betrieb	für feuchten Betrieb
V1-	Alle	D 1	W 1
V2-	Alle	D 3	W 2
V3-	Alle	D 3	–
Vm-	L11150	D 1	W 1
Vm-	L40060	D 3	–
Vm-	L50060	D 3	–
Vm-	L50100	D 3	W 1
Vm-	L70100	D 3	W 2

Zu beachten ist, dass

- bei Verwendung von Produkten der Kondensatbeständigkeitsklasse D nur eine Abgasanlagen-Kennzeichnung D möglich ist,
- nach DIN V 18160-1 für Abgasanlagen mit Innenrohren aus Metall eine gleichzeitige Kennzeichnung für feuchten Betrieb (W x) und Rußbrandbeständigkeit (G) zurzeit noch nicht vorgesehen ist,
- größere Wanddicken als y,yy mm zulässig sind.



## Beispiele zur Kennzeichnung doppelwandiger Abgasanlagen

	Kennzeichnung der Systemabgasanlage (durch den Hersteller) nach DIN EN 1856-1	Kennzeichnung der ausgeführten Abgasanlage (durch den ausführenden Montagebetrieb) nach DIN V 18160-1
doppelwandiger, rußbrandbeständiger Systemschornstein  doppelwandige, feuchteunempfindliche Systemabgasleitung	T400 N1 W V2-L50060 G50	T400 N1 D 3 G50 Lzz <sup>1)</sup> oder T400 N1 W 2 O50 Lzz <sup>1)</sup>
doppelwandige, feuchteunempfindliche und druckdichte Systemabgasleitung	T200 H1 W V2-L50060 O20	T200 H1 W 2 O20 Lzz <sup>1)</sup>
doppelwandiger, rußbrandbeständiger, druckdichter Systemschornstein  doppelwandige, feuchteunempfindliche, druckdichte Systemabgasleitung	T400 P1 W V2-L40050 G50	T400 P1 D 3 G50 Lzz <sup>1)</sup> oder T400 P1 W 2 O50 Lzz <sup>1)</sup>
doppelwandiger, rußbrandbeständiger, druckdichter Systemschornstein	T400 P1 D V2-L40050 G50	T400 P1 D 3 G50 Lzz <sup>1)</sup>
doppelwandiger, rußbrandbeständiger, druckdichter Systemschornstein  doppelwandige, trocken zu betreibende druckdichte Systemabgasleitung Brennstoffe Klasse 1	T400 P1 W Vm-L50080 G50	T400 P1 D 3 G50 Lzz <sup>1)</sup>
doppelwandiger, rußbrandbeständiger, druckdichter Systemschornstein  doppelwandige, feuchteunempfindliche, druckdichte Systemabgasleitung Brennstoffe Klasse 1	T400 P1 W Vm-L50105 G50 <sup>1)</sup>	T400 P1 D 3 G50 Lzz <sup>1)</sup> oder T400 P1 W 1 O50 Lzz <sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> zz in min. (Abhängig von der Feuerwiderstandsdauer der bauseitigen Ummantelung)

### Typenschild der ausgeführten Abgasanlage

Die installierte Abgasanlage ist mit folgendem Typenschild zu versehen:

#### Ausführung 0.1

(doppelwandiger, rußbrandbeständiger Systemschornstein)

Abgasanlage		
Fa: Irgendwer XXXX TYP: DW Super		
CE-Zertifikats-Nr.:	0123-XYZ - XXXXXX / 2005	
Produktbezeichnung:	DIN EN 1856-1	T400 N1 D V2 - L50060 G50
Abgasanlagenbezeichnung:	DIN V 18160-1	T400 N1 D 3 G50 Lzz
Nenndurchmesser:	200 mm	
Wärmedurchlasswiderstand:	0,40 m <sup>2</sup> K/W	
Abstand zu brennbaren Baustoffen	50 mm hinterlüftet	
Einbauer: _____	Einbaudatum: _____	

#### Ausführung 0.2

(doppelwandige, feuchteunempfindliche Systemabgasleitung)

Abgasanlage		
Fa: Irgendwer XXXX TYP: DW Super		
CE-Zertifikats-Nr.:	0123-XYZ - XXXXXX / 2005	
Produktbezeichnung:	DIN EN 1856-1	T400 N1 W V2 – L50060 O50
Abgasanlagenbezeichnung:	DIN 18160	T400 N1 W 2 O50 Lzz
Nenndurchmesser:	200 mm	
Wärmedurchlasswiderstand:	0,40 m <sup>2</sup> K/W	
Abstand zu brennbaren Baustoffen	50 mm hinterlüftet	
Einbauer: _____	Einbaudatum: _____	

#### Ausführung 0.3

(doppelwandige, feuchteunempfindliche, druckdichte Systemabgasleitung)

Abgasanlage		
Fa: Irgendwer XXXX TYP: DW Super		
CE-Zertifikats-Nr.:	0123-XYZ - XXXXXX / 2005	
Produktbezeichnung:	DIN EN 1856-1	T200 H1 W V2 – L50060 O20
Abgasanlagenbezeichnung:	DIN 18160	T200 H1 W 2 O50 Lzz
Nenndurchmesser:	200 mm	
Wärmedurchlasswiderstand:	0,40 m <sup>2</sup> K/W	
Abstand zu brennbaren Baustoffen	20 mm hinterlüftet	
Einbauer: _____	Einbaudatum: _____	

## Konformitätserklärung und Produktinformation DIN EN 1856-1

### Anforderungen an Metall-Abgasanlagen

#### Teil 1: Bauteile für System-Abgasanlagen DIN EN 1856-1

Herstelleridentifikation	<b>Firma XXX</b>
Produktbezeichnung (Handelsname)	<b>DW-XY</b>
Name und Funktion des Verantwortlichen:	<b>Wili Mustermann Geschäftsführer</b>
Benannte Stelle:	<b>Muster-Prüfanstalt</b> (z. B. TÜV Süd/MPA Dortmund)
Zertifikatsnummer/Jahr	<b>D - 0123-XYZ - XXXXXX / 2005</b>

Kennzeichnung Begleitdokumente nach EN 1856 – 1 Anhang ZA Bild ZA 2

Code	Produktbezeichnung	EN	1856-1	T	N1	D	V2-	G(50)	
0.1	Metall Systemabgasanlage	EN 1856-1	400	T	N1	D	V2-	G(50)	Mehrschalige Abgasanlage doppelwandige Ausführung mit xx mm Wärmedämmung  belüftet über die gesamte Länge, ohne Verkleidung
0.2	Metall Systemabgasanlage	EN 1856-1	400	T	N1	W	V2-	O(50)	
0.3	Metall Systemabgasanlage	EN 1856-1	200	T	H1	W	V2-	O(20)	

Produktbeschreibung	<p>Abschnitt einer Metall-Systemabgasanlage</p> <p><b>Druckfestigkeit</b></p> <p>Höchstlast: siehe technische Unterlagen</p> <p><b>Strömungswiderstand</b></p> <p>Mittlere Rauigkeit: 1,0 mm</p> <p><b>Wärmedurchlasswiderstand</b></p> <p>0,40 m<sup>2</sup>/KW</p> <p><b>Biegefestigkeit</b></p> <p>Schräger Einbau: Maximale Auslenkung zwischen zwei Stützen: 3 m bei 45°</p> <p>Windlast: freistehendes Ende: 3 m über der letzten Abstützung</p> <p>Maximaler Abstand waagerechter Befestigungen: 3 m</p> <p><b>Frost-Tauwechselbeständigkeit: Ja</b></p>
Normennummer	
Temperaturklasse	
Druckklasse	
Kondensatbeständigkeit (W: feucht oder D: trocken)	
Korrosionswiderstand (Beständigkeit gegen Korrosion) Werkstoff des Abgasrohres	
Rußbrandbeständigkeit G: ja / O: nein	
Abstand zu brennbaren Bauteilen (in mm)	

**Anmerkung:** Europäische Rechtsvorschriften ohne nationale Abweichung müssen nicht aufgeführt werden.

### 3 Zusammenfassung

Die hier vorgestellte Produktinformation wurde in Zusammenarbeit mit benannten Stellen erstellt.

Wir bedanken uns für die freundliche und fachliche Unterstützung durch den Bundesverband des Schornsteinfegerhandwerks – Zentralinnungsverband (ZIV) –.

Die erste Seite der Produktbeschreibung (Konformitätserklärung s. S. 7) ist jeder Lieferung beizufügen. Die folgenden Seiten sind auf Anfrage bereitzustellen oder im Internet zu veröffentlichen (Produktinformation).

Der Aufbau der Produktbeschreibung ist ähnlich der allgemein bauaufsichtlichen Zulassung.

Somit ist der Übergang zu dem neuen System für den Anwender deutlich vereinfacht. Die laufende Nummerierung der einzelnen Zeilen erlaubt einen schnellen Vergleich, ob zu allen nach der Norm geforderten Angaben eine Aussage gemacht wurde.

Das Beispiel enthält eine Mehrfachkennzeichnung, da einige Produkte für verschiedene Einsatzbereiche verwendet werden können.

Die Produktbeschreibung (Konformitätserklärung und Produktinformation) ist von den Mitgliedern des



in einheitlicher Form dargestellt.

# Abgasanlagen für moderne Wärmerezeuger – Hinweise für Planung und Ausführung

Moderne Wärmerezeuger werden im Vergleich zu alten Heizkesseln mit erheblich niedrigeren Abgastemperaturen und geringerem Luftüberschuss betrieben. Zudem wird beim Einsatz eines neuen Wärmerezeugers die Leistung dem Wärmebedarf des Gebäudes angepasst. Eine genaue Abstimmung von Wärmerezeuger und Abgasanlage (Schornstein bzw. Abgasleitung) ist deshalb unbedingt erforderlich. Dies fordert auch die VOB, Teil C, DIN 18380.

Die bei einer Heizungsmodernisierung anzutreffenden Schornsteine sind für den Anschluss eines modernen Wärmerezeugers vielfach zu groß. Insbesondere die Schornsteine in den neuen Bundesländern sind durch den bisherigen Betrieb mit Festbrennstoffen in den meisten Fällen nicht ohne Weiteres für den Anschluss eines modernen Wärmerezeugers geeignet.

Es ist dann erforderlich, den Schornstein anzupassen bzw. zu modernisieren, z. B. durch eine Nebenluftvorrichtung oder eine querschnittsmindernde Maßnahme.

Als querschnittsmindernde Maßnahme werden häufig feuchteunempfindliche Einsatzrohre aus Edelstahl eingesetzt. Diese Einsatzrohre benötigen in der Regel eine Wärmedämmung, um die geforderte Wärmedurchlass-Widerstandsgruppe zu erreichen und damit die Kondenswasserbildung im Einsatzrohr zu vermeiden. Die Praxis zeigt, dass diese Zusammenhänge häufig nicht beachtet werden.

Der BDH weist mit diesem Informationsblatt auf die zu beachtenden Kriterien hin, um moderne Wärmerezeuger mit einer abgestimmten Abgasanlage energiesparend und betriebssicher zu betreiben.

## 1 Merkmale neuer Wärmerezeuger

Vorzugsweise werden heute die besonders energiesparenden und umweltschonenden Niedertemperaturkessel oder Brennwertgeräte eingesetzt.

### 1.1 Niedertemperaturkessel

- Je nach Bauart und Heizwassertemperatur kann die Abgastemperatur zwischen  $< 80\text{ °C}$  und  $200\text{ °C}$  betragen.
- Die Abgase werden im Regelfall im Unterdruckbetrieb abgeführt.

### 1.2 Brennwertkessel

- Bei Brennwertgeräten bildet sich Kondenswasser.
- Die Abgastemperatur kann unter  $40\text{ °C}$  liegen.
- Die Abgase werden bei Abgasanlagen in der Regel mit Überdruck oder bei feuchteunempfindlichen Schornsteinen mit Unterdruck abgeführt.
- Brennwertgerät und Abgasanlage müssen bezüglich der max. zulässigen Abgastemperatur (Typ A =  $80\text{ °C}$ , Typ B =  $120\text{ °C}$ , Typ C =  $160\text{ °C}$ ) aufeinander abgestimmt werden.

## 2 Einsatz moderner Wärmerezeuger im Neubau und im Gebäudebestand

Bei dem Einsatz moderner Wärmerezeuger ist zwischen dem Neubaubereich und Modernisierungsmaßnahmen im Gebäudebestand zu unterscheiden.

### 2.1 Neubaubereich

Niedertemperaturkessel und Brennwertgeräte sind an hierfür bauaufsichtlich zugelassene oder CE-gekennzeichnete Schornsteine oder Abgasanlagen anzuschließen. Eine Dimensionierung nach DIN EN 13384 ist erforderlich. Bei Planung und Montage sind die Einbauvorschriften der Hersteller zu beachten.

### 2.2 Gebäudebestand

Ohne Anpassungsmaßnahmen kann in vielen Fällen der vorhandene Schornstein für den neuen Wärmeerzeuger nicht mehr verwendet werden.

## 3 Anpassungsmaßnahmen bei Niedertemperaturkesseln

Werden alte Heizkessel gegen moderne Niedertemperaturkessel ausgetauscht, muss geprüft werden, ob der vorhandene Schornstein für den Einsatz des neuen Heizkessels geeignet ist. Wenn die Bausubstanz des Schornsteins in Ordnung ist, sind zunächst folgende technische Möglichkeiten zu prüfen:

- Verwendung eines kurzen, strömungsgünstigen und wärmegeprägten Verbindungsstückes
- Außenwärmedämmung des Schornsteins
- Einbau einer Nebenluftvorrichtung
- Bei Gasfeuerstätten mit Brenner ohne Gebläse wirkt die Strömungssicherung in Bezug auf den Trocknungseffekt ähnlich wie eine Nebenluftvorrichtung.

Reichen diese Maßnahmen nicht aus, den vorhandenen Schornstein vor Durchfeuchtung zu schützen oder zeigt die Berechnung nach DIN EN 13384, dass der vorhandene Schornstein nicht geeignet ist, wird eine Querschnittsmindernde Maßnahme erforderlich.

Der vorhandene Schornstein wird dann durch den Einsatz von Rohren aus z. B. Edelstahl, Keramik, Schamotte, Kunststoff oder Glas den abgastechnischen Ausführungsmerkmalen des neuen Wärmeerzeugers angepasst.

Hinweise zur Querschnittsverminderung sind in Checkliste 1 aufgeführt.

#### Checkliste 1

#### Schornsteinanpassung durch Querschnittsverminderung beim Einsatz von Niedertemperaturkesseln (nur für Unterdruckbetrieb)

1. Richtlinien für Querschnittsverminderung an Hausschornsteinen beachten.
2. Vorhandenen Schornstein hinsichtlich des Bauzustandes prüfen und Wärmedurchlasswiderstandsgruppe feststellen.
3. Bemessung des erforderlichen Querschnitts für das Einsatzrohr nach DIN EN 13384, ggf. unter Berücksichtigung des Einsatzes einer Nebenluftvorrichtung oder einer zusätzlichen Wärmedämmung (entspr. der Richtlinie Querschnittsverminderung an Hausschornsteinen). Die einwandfreie Funktion setzt die Verwendung der angenommenen Wärmedurchlasswiderstandsgruppe voraus.
4. Festlegung eines geeigneten Systems zur Querschnittsverminderung (konventionell oder feuchteunempfindlich) entsprechend den Berechnungsergebnissen nach DIN EN 13384, unter Berücksichtigung des Vollast- und ggf. des Teillastbetriebes.
5. Eine Querschnittsverminderung setzt ein entsprechendes Genehmigungs- oder Anzeigeverfahren voraus, je nach Bundesland unterschiedlich.
6. Es dürfen nur Systeme zur Querschnittsverminderung mit Prüfzeugnis oder allgemeiner bauaufsichtlicher Zulassung bzw. CE-Kennzeichnung eingesetzt werden. Bei Planung und Einbau sind die Vorschriften der Zulassung sowie der Hersteller zu beachten.

7. Besonders zu beachten ist, dass
  - nur vom Hersteller zugelassene Bauteile eingesetzt werden,
  - für Schneidarbeiten geeignete Werkzeuge verwendet werden,
  - Schweißarbeiten nur zulässig sind, wenn dies die Zulassung erlaubt,
  - die Verbindung zwischen Wärmeerzeuger und Schornstein systemgerecht hergestellt wird (z. B. Anschlussformstück für den Wärmeerzeuger usw.).
8. Eine ausreichende Ausdehnungsmöglichkeit des Abgassystems im Schornstein ist vorzusehen.
9. Der Zwischenraum von Innenrohr und vorhandenem Schornstein muss zum Schutz gegen Witterungseinflüsse abgedeckt werden.
10. Kondenswasser, welches in einem feuchteunempfindlichen Querschnittsverminderungssystem auftreten kann, ist vor Eintritt in den Abgasstutzen des Wärmeerzeugers abzuführen.

#### **4 Abgasanlagen für Brennwertgeräte und Niedertemperaturkessel mit Abgastemperaturen < 160 °C bzw. < 80 °C**

Niedertemperaturkessel mit Abgastemperaturen < 160 °C (Öl-/Gas-Spezialheizkessel) bzw. < 80 °C (Gas-Spezialheizkessel mit Brenner ohne Gebläse) sind an hierfür bauaufsichtlich oder CE-gekennzeichnete zugelassene, feuchteunempfindliche Schornsteine oder Abgasanlagen anzuschließen.

Brennwertgeräte werden aufgrund der sehr niedrigen Abgastemperaturen und des Kondenswasseranfalls überwiegend an Abgasanlagen, aber auch an feuchteunempfindlichen Schornsteinen betrieben. Beim Anschluss an feuchteunempfindliche Schornsteine ist durch die Bemessung nach DIN EN 13384 sicherzustellen, dass im Schornstein kein Überdruck auftreten kann.

Hinweise zur Ausführung von Abgasanlagen für Brennwertgeräte und Niedertemperaturkessel mit Abgastemperaturen < 160 °C bzw. < 80 °C, siehe Checkliste 2.

##### **Checkliste 2**

**Anpassungsmaßnahmen beim Einsatz von Brennwertgeräten und Niedertemperaturkesseln mit Abgastemperaturen < 160 °C (Öl-/Gas-Spezialheizkessel) bzw. < 80 °C (Gas-Spezialheizkessel mit Brenner ohne Gebläse) (Überdruck- und Unterdruckbetrieb möglich)**

1. Abgasanlagen für Abgase mit niedrigen Temperaturen müssen bauaufsichtlich zugelassen oder CE-gekennzeichnet sein.
2. Es dürfen nur die für die Abgasanlage abgestimmten und zugelassenen Systembauteile einschl. der Dichtungsmaterialien für den gesamten Abgasweg vom Heizkessel bis zur Schornsteinmündung eingesetzt werden.
3. Abgasanlage und Wärmeerzeuger müssen aufeinander abgestimmt sein. An die Abgasanlage darf nur ein Wärmeerzeuger angeschlossen werden, für den der Nachweis (max. Abgastemperatur nach DIN 4702 – siehe Angabe des Kesselherstellers) erbracht ist, dass die für die Abgasanlage zulässige Abgastemperatur am Abgasstutzen des Wärmeerzeugers nicht überschritten wird.
4. Werden die Abgase in der Abgasanlage mit Überdruck abgeführt, so ist ein ausreichender Abstand zwischen Abgasanlage und Schornstein für die Sicherheits hinterlüftung vorzusehen. Der Ringspalt um die Abgasanlage kann bei raumluftunabhängigem Betrieb auch als Verbrennungszuluftkanal benutzt werden, wenn dies nach den Angaben des Herstellers bzw. Zulassungsbescheides zulässig ist.
5. Der Einbau der Abgasanlage in den vorhandenen Schornstein wird analog den in der Checkliste 1 beschriebenen Hinweisen, Pkt. 1, 4, 7, 8, 9, vorgenommen.
6. Abgasanlagen für Überdruckbetrieb werden durch den Bezirksschornsteinfegermeister auf Dichtheit geprüft. Dabei darf die Gasdurchlässigkeit der Abgas-

anlagen bei einem statischen Überdruck von 1 000 Pa max. 50 l/(h · m<sup>2</sup>) betragen. Bei Koaxial-Abgasleitungen kann die Dichtheitsprüfung durch eine CO<sub>2</sub>- oder O<sub>2</sub>-Messung in der Verbrennungsluftzuführung (Ringspalt) ersetzt werden. Es empfiehlt sich, nach Fertigstellung der Abgasanlage direkt eine Druckprüfung bzw. CO<sub>2</sub>- oder O<sub>2</sub>-Messung gemeinsam mit dem Bezirksschornsteinfegermeister durchzuführen.

7. Abgastemperatur-Begrenzung. Dies erfolgt üblicherweise über einen Abgas-STB im Abgasweg des Wärmeerzeugers. Als Abgas-STB werden üblicherweise die vom Hersteller des Wärmeerzeugers hierfür gelieferten Geräte verwendet. Andere Abgas-STB können eingesetzt werden, wenn dies nach Angabe des Wärmeerzeuger-Herstellers zulässig und entsprechend der Zulassung für die Abgasanlage möglich ist. Der sachgerechte Einbau des Abgas-STB ist nach Angabe der Gerätehersteller durch die Zentralheizungs-Fachfirma auszuführen und zu bescheinigen. Ein Niedertemperaturkessel ist dabei mit seiner Nennwärmeleistung oder innerhalb seines zugelassenen Nennwärmeleistungsbereiches zu betreiben. Wird bei einem Niedertemperaturkessel der Brennstoffdurchsatz kleiner als die angegebene kleinste Nenn-Wärmeleistung eingestellt, dann werden die Heizflächen nicht mit genügend Wärme versorgt. Dies kann zur Kondenswasserbildung im Wärmeerzeuger führen und die Haltbarkeit beeinträchtigen.

## **5 Bezirksschornsteinfegermeister einschalten**

Der BDH empfiehlt, bei den Maßnahmen zur Abstimmung von Wärmeerzeuger und Abgasanlage den Bezirksschornsteinfegermeister vor der Anlagenerstellung zurate zu ziehen.

## **6 Kondenswasserentsorgung**

Kondenswasser aus der Abgasanlage bzw. aus dem Wärmeerzeuger muss fachgerecht entsprechend den örtlichen abwassertechnischen Vorschriften bzw. Herstellervorschriften entsorgt werden. Entsprechend abgestimmte Bauteile der Abgasleitung bzw. des Wärmeerzeugers sind für die Kondenswasserentsorgung vorzusehen.

## **7 Zusammenfassung**

Zur Energieeinsparung und Umweltschonung werden heute nahezu ausschließlich moderne Wärmeerzeuger als Niedertemperaturkessel oder Brennwertgeräte eingesetzt.

Für die Funktion und Betriebssicherheit der Heizungsanlage ist es erforderlich, dass Wärmeerzeuger und Abgasanlage aufeinander abgestimmt werden. Dies erfordert zugelassene Abgassysteme, die von geschultem Fachpersonal zu verarbeiten sind. Die hierbei zu beachtenden Voraussetzungen und Ausführungshinweise sind in den Checklisten 1 und 2 zusammengefasst.



# Anforderungen an Abgasanlagen für Feuerungsanlagen für flüssige und gasförmige Brennstoffe im Leistungsbereich von 1 bis 50 MW

## 1 Allgemein

Abgasanlagen als Bestandteil von Feuerungsanlagen müssen mit den übrigen Komponenten der Anlage sorgfältig abgestimmt sein. Die Abgasanlage besteht üblicherweise aus einem Verbindungsstück zwischen Wärmezeuger und dem senkrechten Teil der Abgasanlage und der senkrechten Abgasanlage selbst – im weiteren Verlauf als Schornstein bezeichnet. Es werden teilweise zusätzlich Abgasschalldämpfer und/oder Abgasklappen für die Absperrung des Wärmezeugers bzw. zur Regelung des Abgasdruckes in Abgasanlagen eingesetzt.

Allgemeine Anforderungen an Abgasanlagen in und an Gebäuden sind in DIN EN 1443 festgelegt. Die Ausführung der Abgasanlagen muss dem geltenden Baurecht der einzelnen Bundesländer (z. B. Feuerungsverordnungen) sowie der DIN V 18160 entsprechen. Für frei stehende Schornsteine gelten neben dem Baurecht die DIN 1056, die DIN 4133 und die DIN EN 13084-1.

Die folgenden Abschnitte enthalten Empfehlungen für die Ausführung von Abgasanlagen, die einen störungsfreien Betrieb einer Feuerungsanlage gewährleisten sollen. Bei Nichtbeachtung dieser Regeln können zum Teil massive Betriebsprobleme beim Feuerungsbetrieb auftreten. Dies sind häufig akustische Störungen bzw. Beeinträchtigungen der Verbrennungsstabilität oder überhöhte Schwingungen an Bauteilen bzw. deren Komponenten. Low-NO<sub>x</sub>-Feuerungssysteme sind wegen ihrer Verbrennungsführung kritischer hinsichtlich dieser Betriebsprobleme einzustufen. Die Abgasanlage muss deshalb besonders sorgfältig und ingenieurmäßig geplant und ausgeführt werden.

$\alpha$  an Hausaltanlagen 87° (s. Bild 3)

$\alpha$  an Industrieanlagen 45°

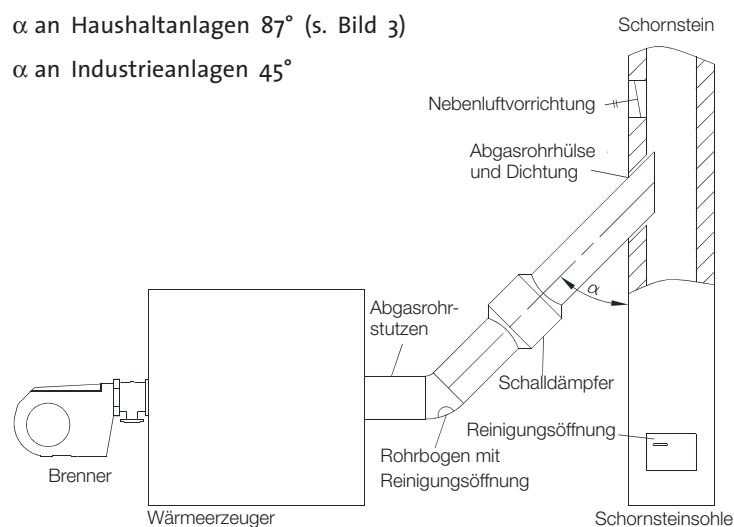


Bild 1: Komponenten einer Abgasanlage

## 2 Planungs- und Ausführungshinweise für Verbindungsstücke

Das Abgas der Feuerungsanlage soll mit geringem Druck- und Wärmeverlust in den Schornstein geleitet werden. Daher sollten Verbindungsstücke strömungsgünstig (z. B. kurz und ansteigend, mit wenigen Umlenkungen zum Schornstein) ausgeführt werden.

Auftretende Wärmedehnungen und Reaktionskräfte auf den Schornstein sind durch den Einbau von Kompensatoren oder Schiebemuffen auszugleichen. Wegen ihrer guten Schwingungssteifigkeit sind kreisrunde Querschnitte für Verbindungsstücke zu bevorzugen. Umlenkungen in den Verbindungsstücken sind strömungstechnisch günstig durch Bögen oder Leitbleche auszuführen. Verbindungsstücke mit mehreren Umlenkungen sind zu vermeiden, da sie Luft- und Körperschall sowie den Anfahrdruckstoß negativ beeinflussen können. Scharfkantige Übergänge zwischen rechteckigen Anschlussflanschen und dem Verbindungsrohr sind zu vermeiden. Ebenso wie bei eventuell erforderlichen Reduzierungen/Erweiterungen soll der Übergangswinkel  $30^\circ$  nicht übersteigen.

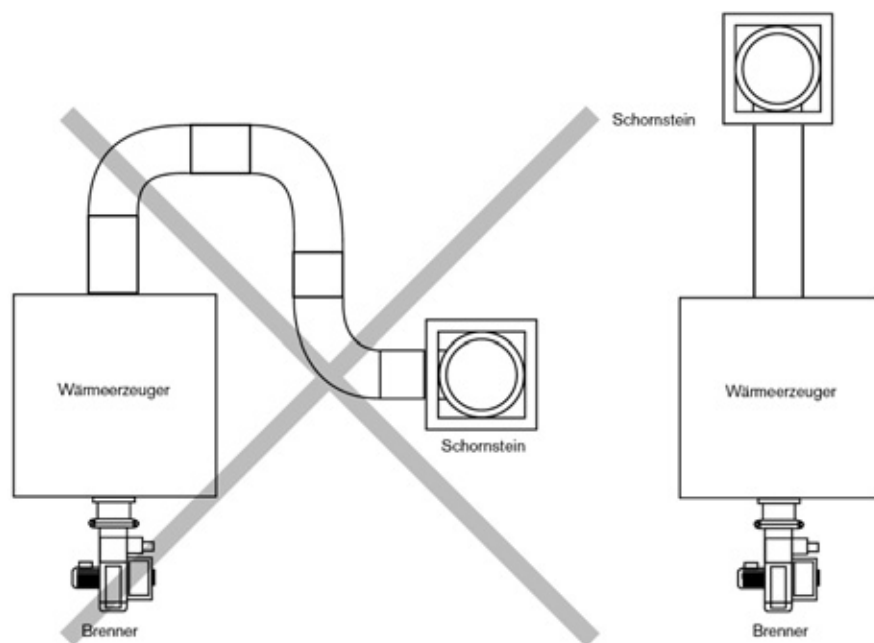


Bild 2: Beispiele für ungeeignete und korrekte Abgasführung vom Wärmeerzeuger bis zum Schornstein

Es ist zu beachten, dass das Kondensat auf der gesamten Länge ungehindert abfließen kann, gemäß ATV-Merkblatt 251 behandelt und nach den örtlichen Bestimmungen entsorgt wird.

Reinigungsöffnungen sind gemäß DIN 18160-1 und DIN 18160-5 und der IVS-Richtlinie 105 vorzusehen, deren Einbaulage vom Planer entsprechend den gültigen Vorschriften in Absprache mit dem zuständigen Schornsteinfegermeister bzw. Kaminkehrer festzulegen ist.

Aufhängungen oder Stützen für Verbindungsstücke sind gemäß den Herstellerangaben bzw. gemäß entsprechender Berechnungen vorzusehen, wobei – abhängig von der Verwendung von Kompensatoren – Aufhängungen und Stützen starr, gefedert (mit Dämpfungs-Glied) oder als Gleitlager ausgeführt sein können.

Messanschlüsse für die Messung der Abgas-Parameter sind an geeigneter Stelle vorzusehen. Die nach VDI-Richtlinie VDI 4200 definierte Messgasentnahme ist zu beachten, wo dies gefordert wird.

### 3 Bemessung der Abgasanlage

Festlegungen zur strömungstechnischen Bemessung sind den Normen DIN EN 13384 für Abgasanlagen in und an Gebäuden bzw. DIN EN 13084-1 für frei stehende Schornsteine zu entnehmen.

Zur Vermeidung von Strömungsrauschen in der Abgasanlage sollte die Strömungsgeschwindigkeit des Abgases im Verbindungsstück erfahrungsgemäß  $10 \text{ m/s}$  bezogen auf den Betriebsvolumenstrom bei Vollast nicht übersteigen.

Die Auslegung des Brenners erfolgt so, dass die heizgasseitigen Widerstände des Kessels, des aufgebauten oder direkt angebauten Abgaswärmetauschers und des direkt

hinter dem Kessel angebrachten Abgasschalldämpfers überwunden werden, sodass an der Schnittstelle zur Abgasanlage ein Förderdruck von  $\pm 0$  Pa ansteht. Bei Kesseln mit geringer Abgastemperatur z. B. Brennwertkessel ist die Abgasanlage gemäß dem vom Kessel- bzw. Brennerhersteller angegebene Abgaswertetripel auszulegen.

Ergibt die Bemessung der Abgasanlagen – Vollast und/oder Teillast – einen starken Unterdruck in der Abgasanlage, sollen Rauchgasdruckregelungen oder Nebenluftvorrichtungen in schwerer und gedämpfter Ausführung zur Aufrechterhaltung stabiler Verbrennungsverhältnisse eingesetzt werden.

Die statischen Vorgaben der Abgasanlage sind gemäß Herstellerangabe zu berücksichtigen. Bei frei stehenden Schornsteinen nach EN 13084-1 muss eine statische Berechnung vorliegen.

#### 4 Schornsteinanschluss

Verbindungsstücke sollten strömungsgünstig möglichst ansteigend in den Schornstein eingeführt werden.

Gegenüber oder auf gleicher Höhe liegende Anschlüsse sollten bei einer Mehrfachbelegung des Schornsteines vermieden werden.

Eventuell vorhandene Aufsätze an Schornstein-Mündungen müssen eine freie Ausströmung der Abgase in den freien Luftstrom gewährleisten.

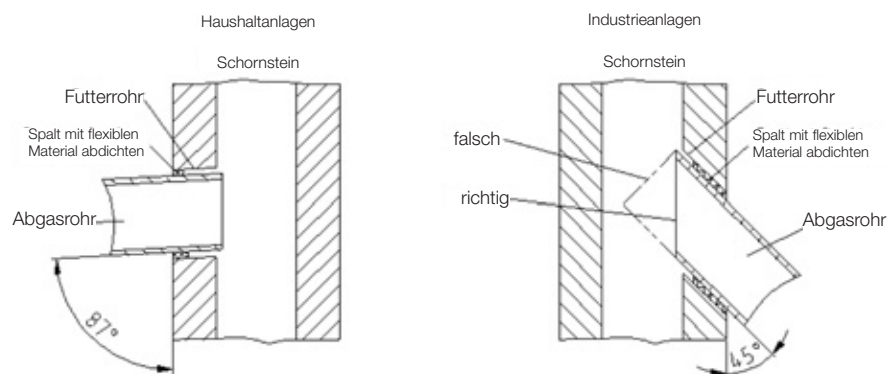


Bild 3: Einbindung der Verbindungsleitung in den Schornstein

#### 5 Gemeinsame Abgasanlage, Zusammenführung von Abgasströmen

Mehrere Feuerstätten dürfen an eine gemeinsame Abgasanlage (Schornstein, Abgasleitung) nur angeschlossen werden, wenn ihre Bauart sicherstellt, dass sie für diese Betriebsweise geeignet sind und die nachfolgenden Anforderungen eingehalten sind:

- Bemessung der Anlage für die einwandfreie Ableitung der Abgase in jedem Betriebszustand;
- Verhinderung des Einströmens von Abgasen in außer Betrieb befindliche Feuerstätten bei Überdruckbetrieb (z. B. durch dicht schließende Abgasklappen);
- Gleichbleibende Feuerraumdruckverhältnisse in jedem der angeschlossenen Wärmeerzeuger in allen Betriebszuständen. Mindestabgasgeschwindigkeit  $W_{\min}$  nach DIN EN 13084-1 Anhang A berücksichtigen oder vereinfachend  $W_{\min} = 0,5$  m/s.

Nach Möglichkeit sollte die Zusammenführung von Abgasströmen jedoch vermieden werden, da es bei einer schwachen Belastung des Schornsteins (z. B. bei Betrieb eines einzigen Wärmeerzeugers) zu einem geringeren Unterdruck im Schornstein kommt. Die Abgase füllen dann den Schornstein nicht mehr vollständig aus und kalte Luft kann in den Schornstein einfallen. Die auftretende Abgasabkühlung kann zu Rußansatz, Versottung und Brandgefahr im Schornstein führen.

Lässt sich die Zusammenführung von Abgasströmen dennoch nicht verhindern, so sollte die Zusammenführung wie in Bild 4 ausgeführt werden. Zu beachten ist, dass nur gleichgerichtete Abgasströme zusammengeführt werden. Um eine ge-

gegenseitige Beeinflussung der Abgasströme zu unterbinden, müssen sie, wie in Bild 4 gezeigt, auf einem kurzen Teilstück der Abgasanlage durch ein Trennblech voneinander isoliert parallel geführt werden.

Nicht an mehrfach belegte Abgasanlagen angeschlossen werden dürfen:

- Wärmeerzeuger mit Abgastemperaturen über 400 °C,
- Feuerungen, die mit Flüssiggas betrieben werden,
- Feuerstätten mit Gebläse, soweit nicht alle Feuerstätten im selben Raum aufgestellt sind,
- Feuerstätten in Räumen mit ständig offener Verbindung zum Freien, z. B. mit Lüftungsöffnungen, ausgenommen Feuerstätten im selben Raum.

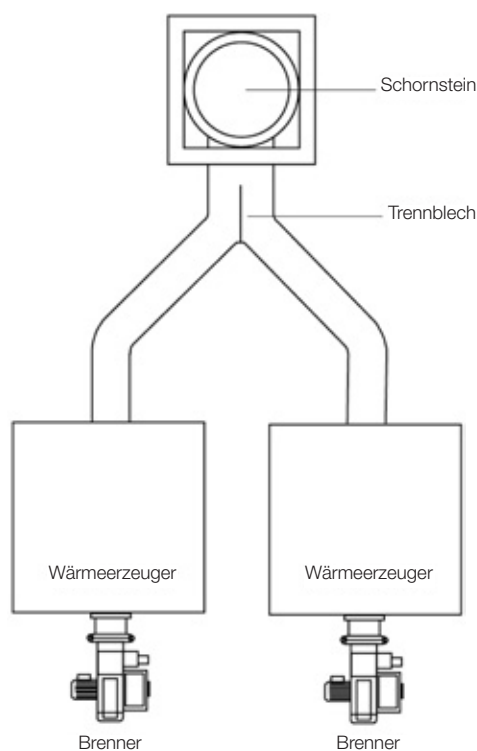


Bild 4: Zusammenführung von Abgasströmen in einer gemeinsamen Abgasanlage

Bei Doppelflammrohrkesseln ist zu beachten, dass die Abgasströmung gleichgerichtet zusammengeführt wird.

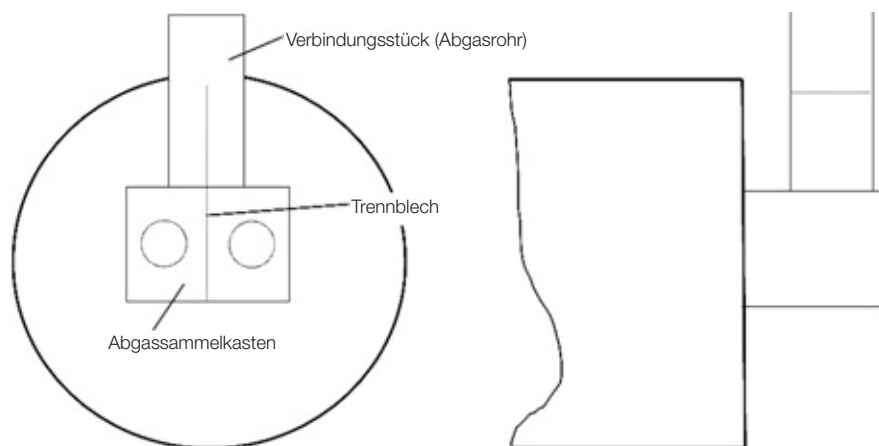


Bild 5: Abgaszusammenführung an Doppelflammrohrkesseln

# Blitzschutz an Abgasanlagen

## Blitzschutzsystem, Erdung, Potenzialausgleich

### Vorwort

Blitzschutzsysteme sind sicherheitstechnische Einrichtungen, die gegen die schädigenden Wirkungen des Blitzstromes schützen sollen. Wenn ein Blitzschutzsystem vorhanden ist, müssen die Abgasanlagen in das Blitzschutzsystem integriert werden.

Die Notwendigkeit eines Blitzschutzsystems ergibt sich aus baurechtlichen bzw. bauaufsichtlichen, versicherungstechnischen oder privatrechtlichen Anforderungen. Die Anforderung und Ausführung für den Blitzschutz ergeben sich aus DIN EN 62305-3 (VDE 0185-305-3) (Schutz von baulichen Anlagen und Personen).

Sollen elektronische Anlagenteile geschützt werden, ist ein Überspannungsschutz gemäß DIN EN 62305-4 (VDE 0185-305-4) (Elektrische und elektronische Systeme in baulichen Anlagen) mit entsprechenden Maßnahmen notwendig.

Wird kein Blitzschutzsystem für die bauliche Anlage vorgesehen, ergeben sich Anforderungen für Erdung und den Potenzialausgleich der Abgasanlage aus DIN VDE 0100-410 (Errichten von Niederspannungsanlagen: Schutzmaßnahmen; Schutz gegen elektrischen Schlag) und DIN VDE 0100-540 (Errichten von Niederspannungsanlagen: Auswahl und Errichtung elektrischer Betriebsmittel-Erdungsanlagen, Schutzleiter und Schutzpotenzialausgleichsleiter) und anderen mitgeltenden Normen.

### 1 Anwendungsbereich

Dieses Informationsblatt gilt für die Planung und Montage von Blitzschutzsystemen, Erdung und Schutzpotenzialausgleich von baulichen Anlagen mit Abgasanlagen. Es ist eine Ergänzung zu den grundsätzlichen Anforderungen an Blitzschutzsysteme.

In diesem Informationsblatt wird der Anschluss der Abgasanlage an den Schutzpotenzialausgleich und der der Erdungsanlage behandelt.

Überspannungsschutzmaßnahmen für die elektrischen und informationstechnischen Anlagen werden in diesem Informationsblatt nicht behandelt.

Das Informationsblatt gilt auch für frei stehende Schornsteine, an Gebäuden angebaute Abgasanlagen und den Einbau von metallenen Innenrohren in bestehende Schornsteine oder Schächte.

### 2 Normative Verweise

- DIN EN 62305-3 (VDE 0185-305-3):2006-10  
Blitzschutz.Teil 3. Schutz von baulichen Anlagen und Personen.
- DIN VDE 0100-410:2007-06  
Errichten von Niederspannungsanlagen: Schutzmaßnahmen-Schutz gegen den elektrischen Schlag.
- DIN VDE 0100-540:2007-06  
Errichten von Niederspannungsanlagen: Auswahl und Errichtung elektrischer Betriebsmittel – Erdungsanlagen, Schutzleiter und Schutzpotenzialausgleichsleiter.
- DIN EN 50164-1: 2009-03  
(VDE 0185-201: 2009-03)  
Blitzschutzbauteile: Anforderungen für Verbindungsbauteile.

Alle Normen erhältlich bei VDE VERLAG GMBH, Berlin oder Beuth Verlag GmbH, Berlin.

- DIN EN 10088-2:2005-09  
Nicht rostende Stähle – Teil 2: Technische Lieferbedingungen für Blech und Band aus korrosionsbeständigen Stählen für allgemeine Verwendung  
Beuth Verlag GmbH, 10772 Berlin
- DIN EN 10088-3:2005-09  
Nicht rostende Stähle – Teil 3: Technische Lieferbedingungen für Halbzeug, Stäbe, Walzdraht, gezogenen Draht, Profile und Blankstahlerzeugnisse aus korrosionsbeständigen Stählen für allgemeine Verwendung  
Beuth Verlag GmbH, 10772 Berlin

### **3 Definitionen**

#### **3.1 Blitzschutzsystem**

Das Blitzschutzsystem ist das gesamte System nach

DIN EN 62305-3 (VDE 0185-305-3)

für den Schutz einer baulichen Anlage und ihres Inhalts gegen die Auswirkungen direkter Blitzeinschläge. Es besteht aus dem äußeren und dem inneren Blitzschutz.

#### **3.2 Äußerer Blitzschutz**

Bestehend aus der Fangeinrichtung, den Ableitungen und der Erdungsanlage.

#### **3.3 Innerer Blitzschutz**

Zusätzliche Maßnahmen zur Verminderung der Auswirkungen des Blitzstromes innerhalb der baulichen Anlage, die über die für den äußeren Blitzschutz getroffenen hinausgehen.

#### **3.4 Fangeinrichtung**

Teil des äußeren Blitzschutzes, der zum Auffangen der Blitze bestimmt ist.

#### **3.5 Schutzwinkel**

Der Schutzwinkel  $\alpha$  bestimmt den Schutzraum, der durch die Fangstange gebildet wird. Er wird gegen die lotrechte Achse gemessen.

#### **3.6 Ableitungseinrichtung**

Teil des äußeren Blitzschutzes, der dazu bestimmt ist, den Blitzstrom von der Fangeinrichtung zur Erdungsanlage abzuleiten.

#### **3.7 Trennungsabstand $s$**

Abstand, der zur Vermeidung gefährlicher Funkenbildung gegen Teile des äußeren Blitzschutzes eingehalten werden muss.

#### **3.8 Erdungsanlage**

Teil des Schutzsystems, um den Blitzstrom und Fehlerströme des elektrischen Systems in die Erde einzuleiten und dort zu verteilen.

#### **3.9 Erdungsleiter**

Leiter für die Verbindung von leitfähigen Teilen mit der Erdungsanlage und/oder dem Potenzialausgleich/Haupterdungsschiene.

### **3.10 Schutzpotenzialausgleich**

Schutzmaßnahme, um Potenzialunterschiede auszugleichen. Leitfähige Verbindung der Haupterdungsschiene mit berührbaren metallenen Teilen

### **3.11 Blitzschutz-Potenzialausgleich**

Teil des Inneren Blitzschutzes, der die durch den Blitzstrom verursachten Potenzialunterschiede reduziert. Dies wird durch Verbindung aller getrennten, leitenden Anlagenteile direkt durch Leitungen oder durch Überspannungsschutzgeräte sichergestellt.

### **3.12 Haupterdungsschiene (HES)**

Schiene, an der metallene Installationen, von außen eingeführte leitende Teile, Mäntel und Schirme der Energie- und Informationstechnik und andere Kabel und Leitungen mit dem Blitzschutzsystem verbunden werden können.

### **3.13 Schutzpotenzialausgleichsleiter**

Schutzpotenzialausgleichsleiter zwischen Haupterdungsschiene und leitfähigen Installationen.

### **3.14 Metallene Installationen**

Metallene Installationen sind sämtliche in und an der baulichen Anlage vorhandenen metallenen Abgasanlagen und metallene Innenrohre von Abgasanlagen sowie leitfähige Rohrleitungen und andere durchgehende Metallsysteme, die Blitzstrom führen können.

### **3.15 Verbindungsbauteil**

Bauteil zum Verbinden von Leitern untereinander oder zu metallenen Abgasanlagen bzw. Installationen.

### **3.16 Messstelle**

Verbindungsstelle, die so geplant und angeordnet ist, dass die elektrische Prüfung und Messung von Komponenten des Blitzschutzsystems möglich ist.

### **3.17 Abgasanlage**

Aus Bauprodukten hergestellte bauliche Anlage wie Schornstein, Verbindungsstück, Abgasleitung oder Luft-Abgas-System für die Ableitung der Abgase von Feuerstätten; zu den Abgasanlagen zählen auch Anlagen zur Abführung von Verbrennungsgasen ortsfester Verbrennungsmotoren.

### **3.18 Schornstein**

Abgasanlage, die rußbrandbeständig ist.

### **3.19 Frei stehender Schornstein**

Abgasanlage, welche nicht mit Gebäuden, Masten oder anderen Tragkonstruktionen verbunden ist.

### **3.20 Außen angebrachte Abgasanlage**

Der Teil der Abgasanlage, der außen am Gebäude angebracht ist.

### **3.21 Metallene Abgasanlage**

Abgasanlage mit einem Innenrohr aus Metall, welche zusätzliche äußere Konstruktionsteile und Zubehör sowie Wärmedämmung beinhalten darf.

### 3.22 Metallene Abgasanlage in einer baulichen Anlage

Metallene Abgasanlage, welche ohne Ummantelung oder Verkleidung im Gebäude eingebaut wird (z. B. wenn die Decke des Aufstellraumes gleichzeitig das Dach bildet).

### 3.23 Metallenes Einsatzrohr in bestehendem Schornstein/Schacht

Starres oder flexibles Innenrohr aus Metall zur Querschnittsanpassung bestehender Abgasanlagen.

### 3.24 Verbindungsstück

Aus Bauprodukten hergestellte bauliche Anlage zwischen den Abgasstutzen der Feuerstätte und dem senkrechten Teil der Abgasanlage.

### 3.25 Aufsatz und Kopfverkleidung aus Metall an Abgasanlagen

Formstück oder Verkleidung am Auslass einer Abgasanlage.

### 3.26 Nicht metallene Abgasanlage

Abgasanlage mit einer nicht metallenen Innenschale und ggf. weiteren Schalen aus Mauerwerk, Betonformteilen oder Ortbeton.

## 4 Werkstoffe und Maße für das Blitzschutzsystem

### 4.1 Äußerer Blitzschutz

Für das Blitzschutzsystem bei Abgasanlagen werden nachfolgende Werkstoffe und Abmessungen empfohlen.

Weitergehende Hinweise siehe EN 62305-3 (VDE 0185-305-3) Tabelle 6 und 7.

#### 4.1.1 Fangeinrichtung

Fangspitze bis $\leq 1$ m Höhe:	$\varnothing$ 10 mm	Werkstoffnummer 1.4571 nach DIN EN 10088-3
Fangstange $> 1$ m Höhe:	$\varnothing$ 16 mm	Werkstoffnummer 1.4571 nach DIN EN 10088-3
Fangleitung:	$\varnothing$ 8 mm	Werkstoffnummer 1.4301 nach DIN EN 10088-3, Aluminiumlegierung oder stahlverzinkt

#### 4.1.2 Ableitung

$\varnothing$ 10 mm	Werkstoffnummer 1.4301 nach DIN EN 10088-3, Aluminiumlegierung oder stahlverzinkt
---------------------	---

#### 4.1.3 Erder/Erdeinführung

$\varnothing$ 10 mm	Werkstoffnummer 1.4571 nach DIN EN 10088-3
FL 30 x 3,5 mm	Werkstoffnummer 1.4571 nach DIN EN 10088-2

#### 4.1.4 Messstelle

Lösbare Verbindungsstelle aus Edelstahl mit Schraubverbindung. Werkstoffnummer 1.4301 nach DIN EN 10088-2.



#### 4.1.5 Schutzwinkel

Der Schutzwinkel  $\alpha$  beträgt ca.  $45^\circ$  bei maximaler Höhe der Abgasanlage von 15 m. Detaillierte Hinweise sind EN 62305-3 (VDE 0185-305-3), Tabelle 2, zu entnehmen.

#### 4.2 Innerer Blitzschutz

##### 4.2.1 Schutzpotenzialausgleichsleiter zur Haupterdungsschiene

Kupferleiter 16 mm<sup>2</sup>, wenn nicht nach mitgeltenden Normen, z. B. DIN VDE 0100-540, größere Querschnitte gefordert werden (z. B. 25 mm<sup>2</sup> in Industrieanlagen). Die Verbindungen sind auf kürzestem Wege herzustellen.

##### 4.2.2 Verbindungsbauteile

Blitzstromfähiges Verbindungsbauteil nach DIN EN 50164-1 (VDE 0185-201), Werkstoff Edelstahl, z. B. Werkstoffnummer 1.4301 nach DIN EN 10088-2.

##### 4.2.3 Trennungsabstand $s$

Der Trennungsabstand zwischen Teilen des äußeren Blitzschutzes und inneren leitenden Teilen ist nach EN 62305-3 (VDE 0185-305-3) Abschn. 6.3 einzuhalten.

Der Trennungsabstand muss vom Errichter des Blitzschutzsystems berechnet werden. Ist der notwendige Trennungsabstand nicht einzuhalten, ist der Blitzschutzpotenzialausgleich herzustellen.

### 5 Anforderungen

Leitfähige Einrichtungen, die in Verbindung zur Abgasanlage stehen (z. B. Flughindernisbefeuerung, Bühnen, Mess-, Steuer- und Regeleinrichtungen sowie Treppen und Leitern), sind in das Blitzschutzsystem einzubeziehen.

Der Schutzpotenzialausgleich des metallenen Verbindungsstücks sollte grundsätzlich am tiefsten Punkt der Abgasanlage (z. B. im Keller) erfolgen.

#### 5.1 Frei stehender Schornstein aus Metall

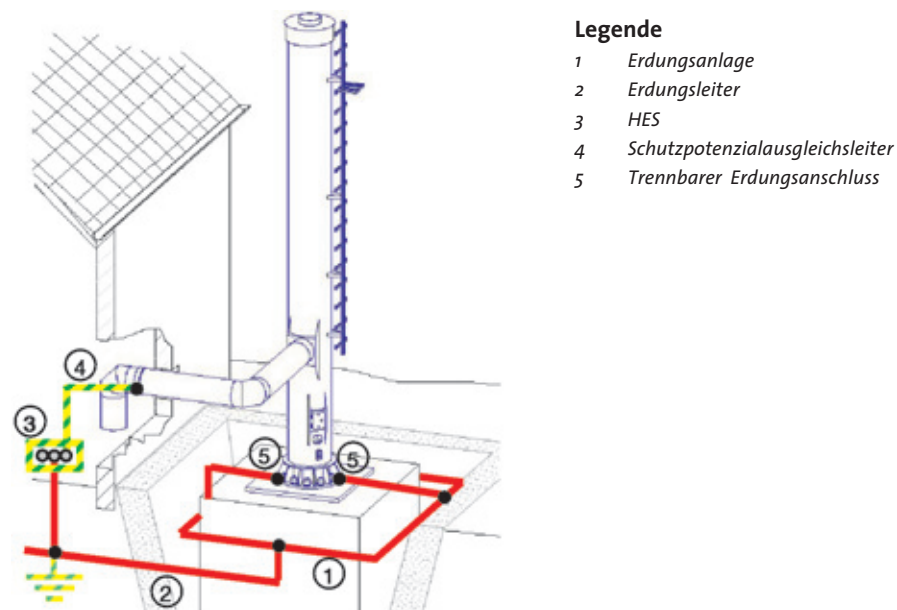


Bild 1: Frei stehender Schornstein aus Metall mit Erdung

### 5.1.1 Äußerer Blitzschutz

- Anschluss des Schornsteinfußes an die zugehörige Erdungsanlage.
- Ab 20 m Schornsteinhöhe sind zwei Erdanschlüsse herzustellen. Erdanschlüsse sind über trennbare Messstellen herzustellen.
- Wenn sich der frei stehende Schornstein teilweise innerhalb eines Gebäudes befindet, ist der Schornstein oberhalb des Daches an den ggf. vorhandenen äußeren Blitzschutz des Gebäudes anzubinden.

### 5.1.2 Innerer Blitzschutz

- Das leitfähige Verbindungsstück muss an der Innenseite der Gebäudehülle in den Schutzpotenzialausgleich eingebunden werden.

## 5.2 Frei stehender Schornstein aus Mauerwerk/Beton

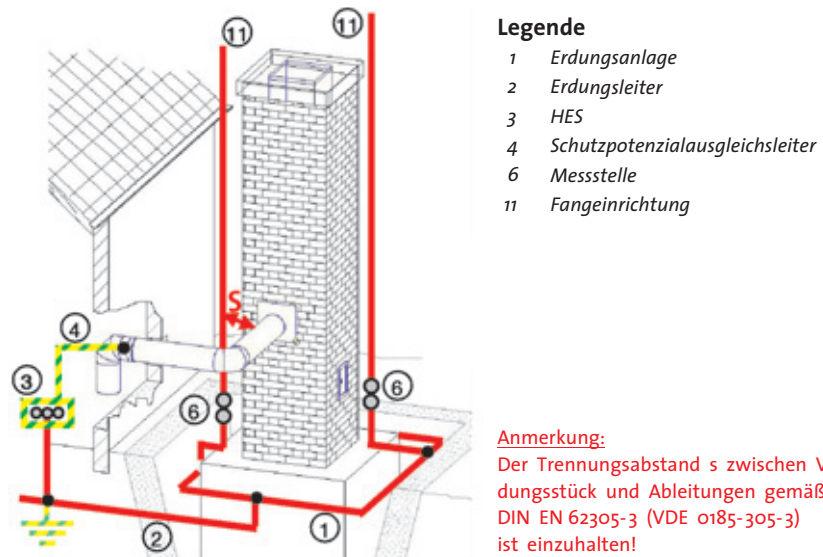


Bild 2: Frei stehender Schornstein mit äußerem Blitzschutz, gemauert, mit Erdungsanlage und leitfähigem Verbindungsstück

### 5.2.1 Äußerer Blitzschutz

- Anschluss der Ableitung an die zugehörige Erdungsanlage über Erdführung.
- Ab 20 m Schornsteinhöhe sind zwei Ableitungen herzustellen.
- Erdführungen sind mit Messstellen zu versehen.
- Wenn sich der frei stehende Schornstein teilweise innerhalb eines Gebäudes befindet, ist der Schornstein oberhalb des Daches an den ggf. vorhandenen äußeren Blitzschutz des Gebäudes anzubinden (siehe Bild 11).
- Jede elektrisch leitfähige Steigleiter ist an die Erdungsanlage anzuschließen.
- Eine durchgehend elektrisch leitfähige äußere Steigleiter ersetzt eine Ableitung.

### 5.2.2 Innerer Blitzschutz

- Das leitfähige Verbindungsstück muss am Gebäudeeintritt in den Schutzpotenzialausgleich eingebunden werden.

## 5.3 Außen angebrachte metallene Abgasanlagen

### 5.3.1 Äußerer Blitzschutz

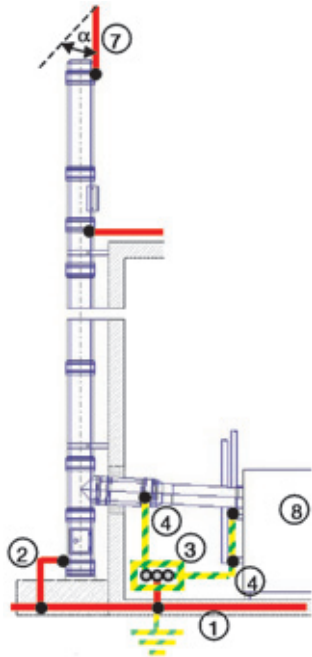
- Ist nur erforderlich, wenn auch ein äußerer Blitzschutz an der baulichen Anlage vorhanden ist.
- Ausführung entsprechend der Bilder 3 und 4.

### 5.3.2 Schutzpotenzialausgleich

#### 5.3.2.1 Schutzpotenzialausgleich bei baulichen Anlagen mit äußerem Blitzschutz

Für Feuerstätten mit elektrischem Anschluss (z. B. Öl-, Gas-, Pelletsfeuerstätten) gilt:

Die leitfähige Verbindungsleitung zwischen Abgasanlage und elektrisch angeschlossener Feuerstätte ist mit einem Schutzpotenzialausgleichsleiter an die Haupterdungsschiene anzuschließen.



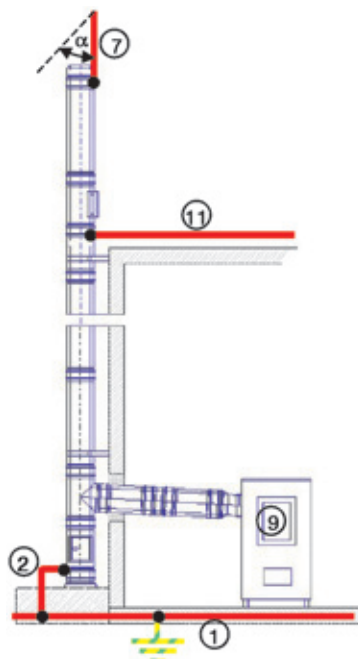
#### Legende

- 1 Erdungsanlage
- 2 Erdungsleiter
- 3 HES
- 4 Schutzpotenzialausgleichsleiter
- 7 Fangstange mit Schutzwinkel
- 8 Feuerstätte mit elektrischem Anschluss

Bild 3: Gebäude mit äußerem Blitzschutz und außen angebrachter Abgasanlage

• Für nicht elektrisch angeschlossene Feuerstätten (z. B. Kaminöfen) gilt:

Die Abgasanlage ist mit einem Erdungsleiter an die Erdungsanlage anzuschließen.



#### Legende

- 1 Erdungsanlage
- 2 Erdungsleiter
- 7 Fangstange mit Schutzwinkel
- 9 Feuerstätte ohne elektrischen Anschluss
- 11 Fangeinrichtung

Bild 4: Gebäude mit äußerem Blitzschutz und außen angebrachter Abgasanlage (z. B. Kaminöfen ohne elektrischem Anschluss)

### 5.3.2.2 Schutzpotenzialausgleich bei baulichen Anlagen ohne äußeren Blitzschutz

- Für Feuerstätten mit elektrischem Anschluss (z. B. Öl-, Gas-, Pelletsfeuerstätten):
- Die leitfähige Verbindungsleitung zwischen Abgasanlage und Feuerstätte mit elektrischem Anschluss ist mit einem Schutzpotenzialausgleichsleiter an die Haupterdungsschiene anzuschließen

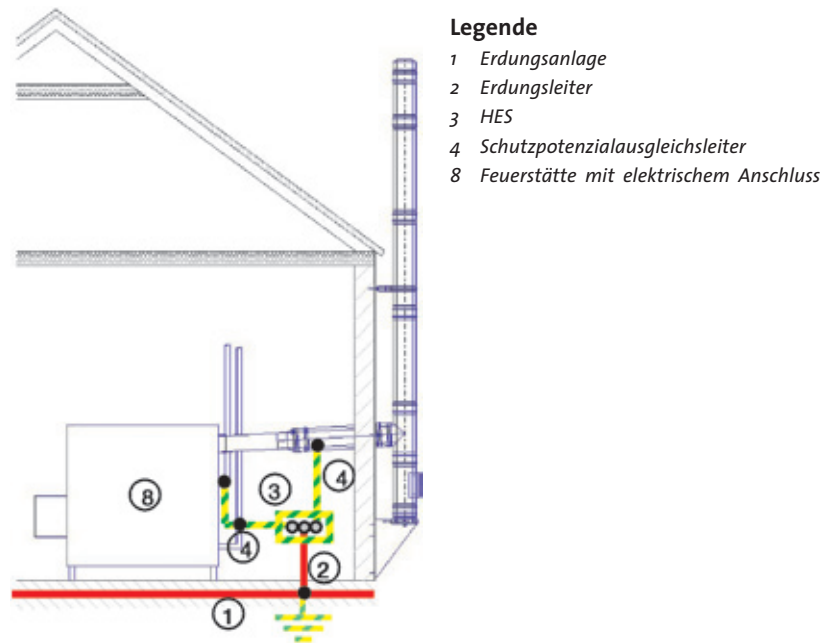
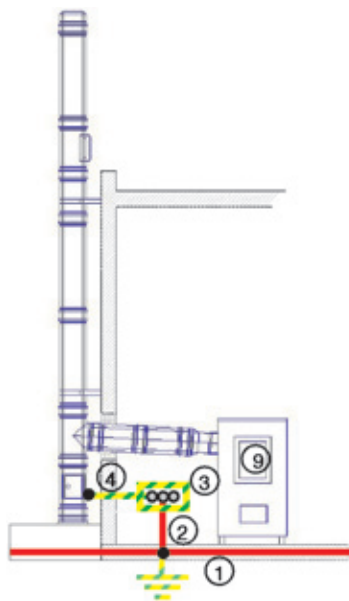
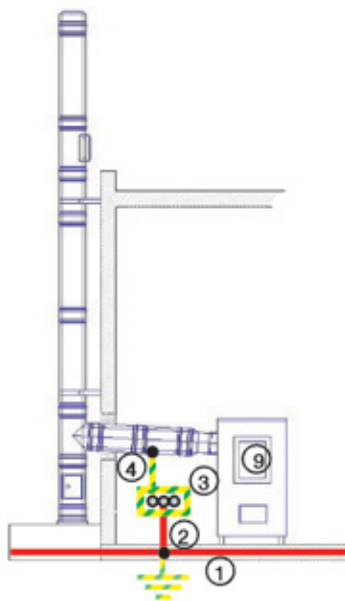


Bild 5: Gebäude ohne äußeren Blitzschutz mit außen angebrachter Abgasanlage (Feuerstätte mit elektrischem Anschluss)

- Für Feuerstätten ohne elektrischen Anschluss (z. B. Kaminöfen) gilt: Ein Anschluss an den Schutzpotenzialausgleich ist erforderlich.
- Es bestehen die Möglichkeiten, diese durch Verbindung
- des Fußpunktes der Metallabgasanlage an die Erdungsanlage (Bild 4),
- über einen Schutzpotenzialausgleichsleiter an den Schutzpotenzialausgleich (Bild 6 Variante a),
- vom leitfähigen Verbindungsstück über einen Schutzpotenzialausgleichsleiter an den Schutzpotenzialausgleich (Bild 6 Variante b)
- zu realisieren.



Variante a: Schutzpotenzialausgleichsleiter am Fußpunkt



Variante b: Schutzpotenzialausgleichsleiter am Verbindungsstück

Bild 6: Gebäude ohne äußeren Blitzschutz mit außen angebrachter Abgasanlage (z. B. Kaminofen ohne elektrischen Anschluss).

#### Legende

- 1 Erdungsanlage
- 2 Erdungsleiter
- 3 HES
- 4 Schutzpotenzialausgleichsleiter
- 9 Feuerstätte ohne elektrischen Anschluss

### 5.4 Metallene Abgasanlagen in baulichen Anlagen

Die nachfolgenden Anforderungen nach 5.4.1 und 5.4.2 gelten für Abgasanlagen sowohl innerhalb wie außerhalb von Schächten oder Ummantelungen.

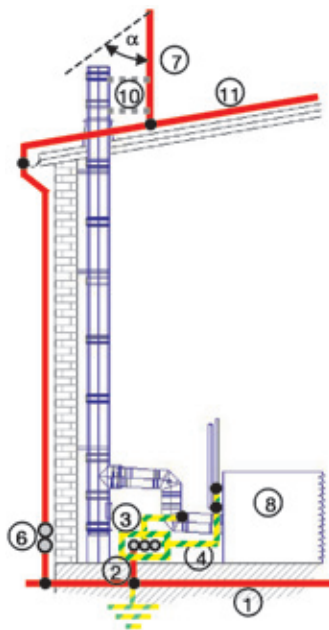
#### 5.4.1 Äußerer Blitzschutz

- Ist nur erforderlich, wenn auch ein äußerer Blitzschutz an der baulichen Anlage vorhanden ist.

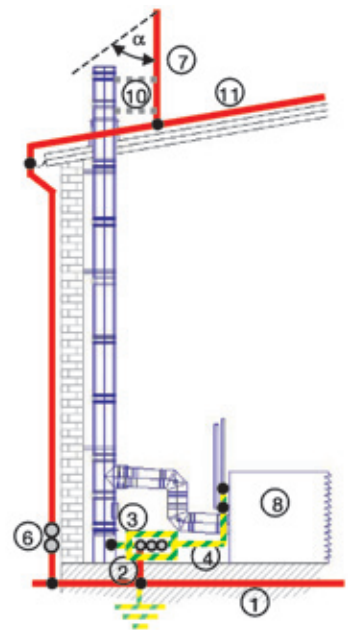
#### 5.4.2 Schutzpotenzialausgleich

##### 5.4.2.1 Schutzpotenzialausgleich bei baulichen Anlagen mit äußerem Blitzschutz

- Für Feuerstätten mit elektrischem Anschluss (z. B. Öl-, Gas-, Pelletsfeuerstätten) gilt: Das leitfähige Verbindungsstück zwischen Abgasanlage und Feuerstätte mit elektrischem Anschluss ist mit einem Schutzpotenzialausgleichsleiter an die Haupterdungsschiene anzuschließen.



Variante a: Schutzpotenzialausgleichsleiter am Verbindungsstück



Variante b: Schutzpotenzialausgleichsleiter am Fußpunkt

Bild 7: Gebäude mit äußerem Blitzschutz und Abgasanlage in baulicher Anlage

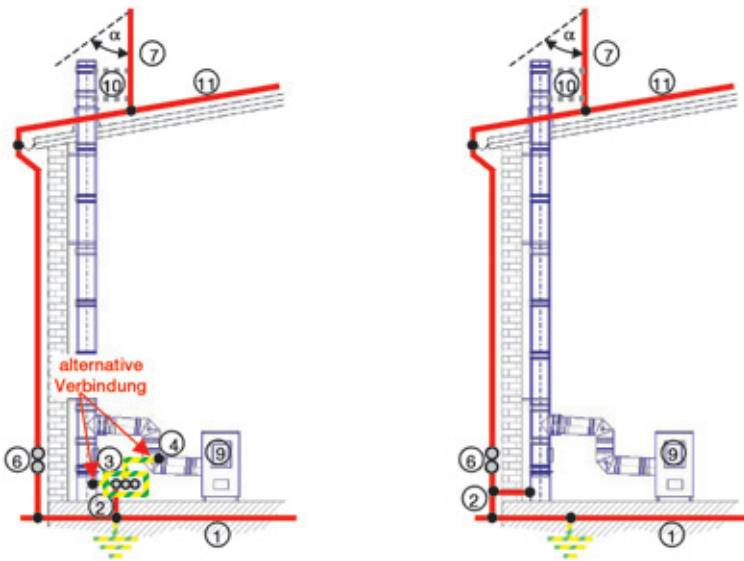
#### Legende

- 1 Erdungsanlage
- 2 Erdungsleiter
- 3 HES
- 4 Schutzpotenzialausgleichsleiter
- 6 Messstelle
- 7 Fangstange mit Schutzwinkel
- 8 Feuerstätte mit elektrischem Anschluss
- 10 Distanzhalter aus Isolierstoff
- 11 Fangeinrichtung

- Für Feuerstätten ohne elektrischen Anschluss (z. B. Kaminöfen) gilt: Ein Anschluss an den Schutzpotenzialausgleich ist erforderlich (Bild 8).

#### Es bestehen die Möglichkeiten, diese durch Verbindung

- des Fußpunktes der metallenen Abgasanlage oder des leitfähigen Verbindungsstückes an den Schutzpotenzialausgleich (Bild 8 Variante a),
- des Fußpunktes der Metallabgasanlage an die Erdungsanlage (Bild 8 Variante b) zu realisieren.



Variante a: Anschluss an Schutzpotenzialausgleich

Variante b: Anschluss an Erdungsanlage

Bild 8: Gebäude mit äußerem Blitzschutz und Abgasanlage in baulicher Anlage (z. B. Kaminofen ohne elektrischen Anschluss)

#### Legende

- 1 Erdungsanlage
- 2 Erdungsleiter
- 3 HES
- 4 Schutzpotenzialausgleichsleiter
- 6 Messstelle
- 7 Fangstange mit Schutzwinkel
- 9 Feuerstätte ohne elektrischen Anschluss
- 10 Distanzhalter aus Isolierstoff
- 11 Fangeinrichtung

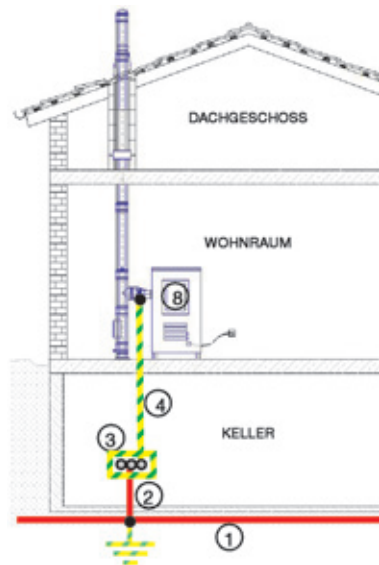
#### 5.4.2.2 Hauptpotenzialausgleich bei baulichen Anlagen ohne äußeren Blitzschutz

- Für Feuerstätten mit elektrischem Anschluss (z. B. Öl-, Gas-, Pelletfeuerstätten) gilt: Die metallene Abgasanlage ist an den Schutzpotenzialausgleich anzuschließen.

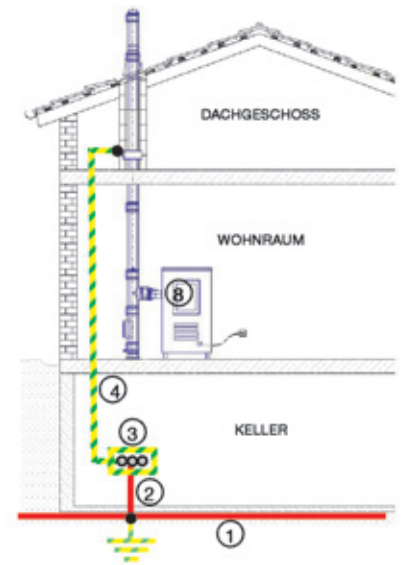
#### Es bestehen die Möglichkeiten, diese durch Verbindung

- des leitfähigen Verbindungsstücks zwischen Abgasanlage und Feuerstätte mit einem Schutzpotenzialausgleichsleiter an den Schutzpotenzialausgleich (Bild 9 Variante a),
- der senkrechten Abgasanlage mit dem Schutzpotenzialausgleichsleiter an den Schutzpotenzialausgleich (Bild 9 Variante b)

zu realisieren.



Variante a: Schutzpotenzialausgleichsleiter an Verbindungsstück



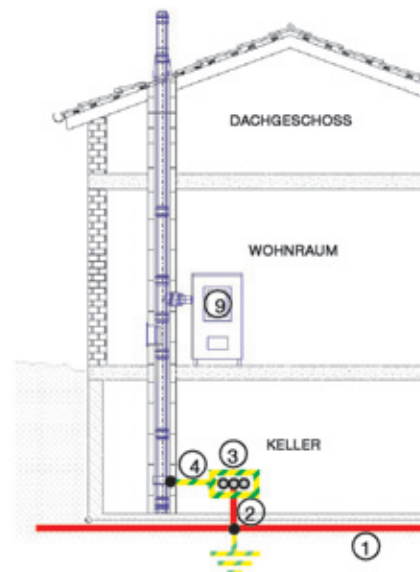
Variante b: Schutzpotenzialausgleichsleiter an senkrechter Abgasanlage

Bild 9: Gebäude ohne äußeren Blitzschutz und Abgasanlage in baulicher Anlage (z. B. Kaminofen mit elektrischem Anschluss)

#### Legende

- 1 Erdungsanlage
- 2 Erdungsleiter
- 3 HES
- 4 Schutzpotenzialausgleichsleiter
- 8 Feuerstätte mit elektrischem Anschluss

- Für Feuerstätten ohne elektrischen Anschluss (z. B. Kaminofen) gilt: Ein Anschluss an den Schutzpotenzialausgleich ist erforderlich (Bild 10).
- Der Fußpunkt der metallenen Abgasanlage ist mit einem Schutzpotenzialausgleichsleiter an den Schutzpotenzialausgleich anzuschließen.



#### Legende

- 1 Erdungsanlage
- 2 Erdungsleiter
- 3 HES
- 4 Schutzpotenzialausgleichsleiter
- 9 Feuerstätte ohne elektrischen Anschluss

Bild 10: Gebäude ohne äußeren Blitzschutz und Abgasanlage in baulicher Anlage (z. B. Kaminofen ohne elektrischen Anschluss)



## 5.5 Nicht metallene Abgasanlage in und an baulichen Anlagen

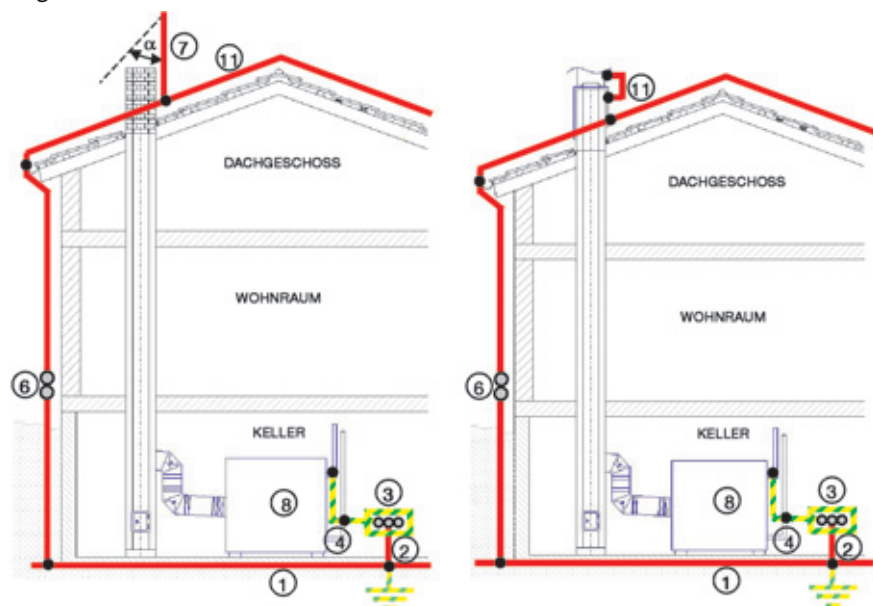
Die nachfolgenden Anforderungen der Abschnitte 5.5.1 und 5.5.2 gelten für Abgasanlagen sowohl innerhalb wie außerhalb von Schächten oder Ummantelungen.

### 5.5.1 Äußerer Blitzschutz

Ist nur erforderlich, wenn auch ein äußerer Blitzschutz an der baulichen Anlage vorhanden ist.

Ausführungen entsprechend der Bilder 11 und 12.

Metallene Schornsteinkopfausbildungen/Schornsteinkopfverkleidungen mit Blechdicken  $> 0,7$  mm können direkt ohne eigene Fangspitze an den äußeren Blitzschutz angeschlossen werden.



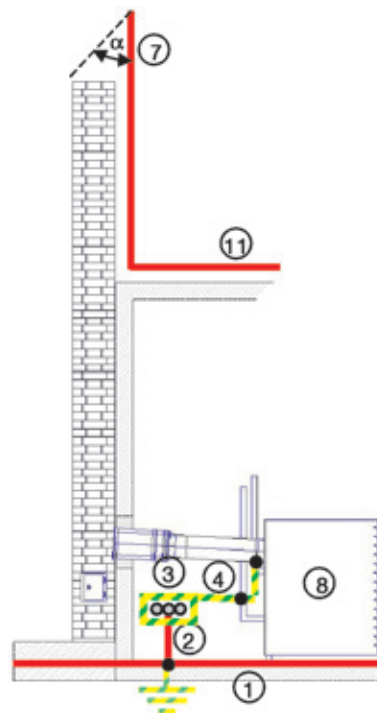
Variante a: Nicht metallene Abgasanlage in baulicher Anlage ohne Kopfverkleidung

Variante b: Nicht metallene Abgasanlage in baulicher Anlage mit Aufsatz und/oder Kopfverkleidung

Bild 11: Gebäude mit äußerem Blitzschutz

### Legende

- 1 Erdungsanlage
- 2 Erdungsleiter
- 3 HES
- 4 Schutzpotenzialausgleichsleiter
- 6 Messstelle
- 7 Fangstange mit Schutzwinkel
- 8 Feuerstätte mit elektrischem Anschluss
- 11 Fangeinrichtung



#### Legende

- 1 Erdungsanlage
- 2 Erdungsleiter
- 3 HES
- 4 Schutzpotenzialausgleichsleiter
- 7 Fangstange mit Schutzwinkel
- 8 Feuerstätte mit elektrischem Anschluss
- 11 Fangeinrichtung

Bild 12: Gebäude mit äußerem Blitzschutz und nicht metallener Abgasanlage an baulicher Anlage

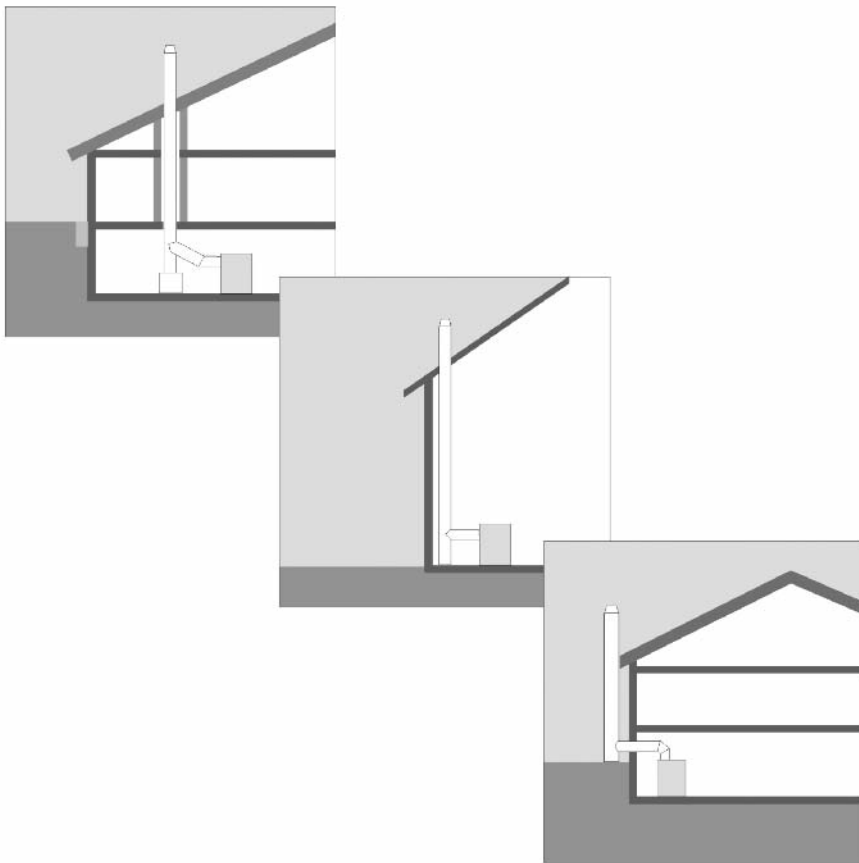
#### 5.5.2 Schutzpotenzialausgleich

Ein Anschluss der nicht metallenen Abgasanlage an den Schutzpotenzialausgleich ist nicht gefordert (Bild 11 und 12).

### 6 Literaturhinweise

- DIN EN 1443: 2005-09  
Abgasanlagen – Allgemeine Anforderungen  
Beuth Verlag GmbH, 10772 Berlin
- DIN V 18160-1: 2006-01  
Abgasanlagen – Planung und Ausführung  
Beuth Verlag GmbH, 10772 Berlin
- DIN EN 10088-2:2000-09  
Flacherzeugnisse aus Druckbehälterstählen – Nicht rostende Stähle  
Beuth Verlag GmbH, 10772 Berlin
- DIN EN 15287-1: 2008-10  
Abgasanlagen – Planung, Montage und Abnahme von Abgasanlagen – Teil 1:  
Abgasanlagen für raumluftabhängige Feuerstätten;  
Beuth Verlag GmbH, 10772 Berlin
- DIN EN 13084-1: 2007-05  
Frei stehende Schornsteine – Allgemeine Anforderungen  
Beuth Verlag GmbH, 10772 Berlin

# Auszüge und Erläuterungen zur Musterbauordnung und Muster- Feuerungsverordnung<sup>1)</sup> mit besonderer Berücksichtigung des Brandschutzes für Edelstahl- abgasanlagen



<sup>1)</sup> Fassung September 2007

## 1 Vorwort

Grundlage für die Erstellung der Musterfeuerungsverordnung (MFeuV) bildet § 85 Abs. 1 der Musterbauordnung (MBO) in der Fassung vom November 2002 mit den Änderungen von 2008 und für die Feuerungsverordnungen in den Bundesländern der jeweils entsprechende Paragraf in den Landesbauordnungen, der die Ermächtigungen für die jeweilige oberste Bauaufsichtsbehörde enthält, durch Rechtsvorschriften (wie z. B. die FeuV) Vorschriften zu erlassen u. a. über:

1. die nähere Bestimmung allgemeiner Anforderungen der §§ 4 bis 48 der Musterbauordnung
2. Anforderungen an Feuerungsanlagen und sonstigen Anlagen zur Wärmeerzeugung, Brennstoffversorgung des § 42 der MBO.

Die Broschüre enthält neben dem Text der MFeuV Erläuterungen, zeichnerische Darstellungen, Tabellen und Diagramme, unter besonderer Berücksichtigung von Edelstahl-Abgasanlagen, zur Erleichterung der Anwendung der Feuerungsverordnungen der Bundesländer.

Obwohl die MFeuV eine Empfehlung zur Einführung von Feuerungsverordnungen in den Bundesländern darstellt, ist jedoch davon auszugehen, dass der materielle Inhalt der MFeuV in allen neuen Feuerungsverordnungen der Länder mustergetreu übernommen wurde. Dies deshalb, da die MFeuV in Brüssel notifiziert wurde und jede Abweichung von dem Muster zu einem neuen Notifizierungsverfahren führen würde.

Aus diesem Grund ist auch davon auszugehen, dass die nachstehenden Erläuterungen zur MFeuV bundesweit angewendet werden können.

## 2 Musterbauordnung (MBO)

Bei der Anordnung, Errichtung, Änderung oder Instandhaltung sind u. a. folgende wesentliche Paragraphen bzw. deren Absätze aus der MBO zu beachten.

### § 2 Begriffe

(3) Gebäude werden in folgende Gebäudeklassen eingeteilt:

1. Gebäudeklasse 1:

- a) frei stehende Gebäude mit einer Höhe bis zu 7 m und nicht mehr als zwei Nutzungseinheiten von insgesamt nicht mehr als 400 m<sup>2</sup> und
- b) frei stehende land- oder forstwirtschaftlich genutzte Gebäude,

2. Gebäudeklasse 2:

Gebäude mit einer Höhe bis zu 7 m und nicht mehr als zwei Nutzungseinheiten von insgesamt nicht mehr als 400 m<sup>2</sup>

3. Gebäudeklasse 3:

sonstige Gebäude mit einer Höhe bis zu 7 m,

4. Gebäudeklasse 4:

Gebäude mit einer Höhe bis zu 13 m und Nutzungseinheiten mit jeweils nicht mehr als 400 m<sup>2</sup>,

5. Gebäudeklasse 5:

sonstige Gebäude einschließlich unterirdischer Gebäude.

Höhe im Sinne des Satzes 1 ist das Maß der Fußbodenoberkante des höchstgelegenen Geschosses, in dem ein Aufenthaltsraum möglich ist, über der Geländeoberfläche im Mittel. Die Grundflächen der Nutzungseinheiten im Sinne dieses Gesetzes sind die Brutto-Grundflächen; bei der Berechnung der Brutto-Grundflächen nach Satz 1 bleiben Flächen in Kellergeschossen außer Betracht.

### Hinweis:

Die schematischen Abbildungen erläutern wesentliche Inhalte der Verordnungstexte. Gegebenenfalls werden zusätzliche Anforderungen an die Installation gestellt.

(6) Geschosse sind oberirdische Geschosse, wenn ihre Deckenoberkanten im Mittel mehr als 1,40 m über die Geländeoberfläche hinausragen; im Übrigen sind sie Kellergeschosse. Hohlräume zwischen der obersten Decke und der Bedachung, in denen Aufenthaltsräume nicht möglich sind, sind keine Geschosse.

(8) Feuerstätten sind in oder an Gebäuden ortsfest benutzte Anlagen oder Einrichtungen, die dazu bestimmt sind, durch Verbrennung Wärme zu erzeugen.

### **§ 3 Allgemeine Anforderungen**

(1) Anlagen sind so anzuordnen, zu errichten, zu ändern und instand zu halten, dass die öffentliche Sicherheit und Ordnung, insbesondere Leben, Gesundheit und die natürlichen Lebensgrundlagen, nicht gefährdet werden.

Die wesentlichen baurechtlichen Anforderungen an Feuerungsanlagen sind im § 42 MBO zusammengefasst. § 85 Abs. 1 und 2 MBO ermächtigt die oberste Bauaufsichtsbehörde, eine Feuerungsverordnung für weitere Anforderungen an Feuerungsanlagen zu erlassen.

### **§ 42 Feuerungsanlagen, sonstige Anlagen zur Wärmeerzeugung, Brennstoffversorgung**

(1) Feuerstätten und Abgasanlagen (Feuerungsanlagen) müssen betriebssicher und brandsicher sein.

(2) Feuerstätten dürfen in Räumen nur aufgestellt werden, wenn nach der Art der Feuerstätte und nach Lage, Größe, baulicher Beschaffenheit und Nutzung der Räume Gefahren nicht entstehen.

(3) <sup>1</sup>Abgase von Feuerstätten sind durch Abgasleitungen, Schornsteine und Verbindungsstücke (Abgasanlagen) so abzuführen, dass keine Gefahren oder unzumutbare Belästigungen entstehen.

<sup>2</sup>Abgasanlagen sind in solcher Zahl und Lage und so herzustellen, dass die Feuerstätten des Gebäudes ordnungsgemäß angeschlossen werden können.

<sup>3</sup>Sie müssen leicht gereinigt werden können.

(4) <sup>1</sup>Behälter und Rohrleitungen für brennbare Gase und Flüssigkeiten müssen betriebssicher und brandsicher sein.

<sup>2</sup>Diese Behälter sowie feste Brennstoffe sind so aufzustellen oder zu lagern, dass keine Gefahren oder unzumutbare Belästigungen entstehen.

(5) Für die Aufstellung von ortsfesten Verbrennungsmotoren, Blockheizkraftwerken, Brennstoffzellen und Verdichtern sowie die Ableitung ihrer Verbrennungsgase gelten die Absätze 1 bis 3 entsprechend.

### **§ 85 Rechtsvorschriften**

(1) Zur Verwirklichung der in § 3 Abs. 1 und 2 bezeichneten Anforderungen wird die oberste Bauaufsichtsbehörde ermächtigt, durch Rechtsverordnung Vorschriften zu erlassen über

1. die nähere Bestimmung allgemeiner Anforderungen der §§ 4 bis 48,
2. Anforderungen an Feuerungsanlagen (§ 42), ...

Aufgrund dieser Rechtsvorschrift wird die oberste Bauaufsichtsbehörde ermächtigt, eine Feuerungsverordnung für weitere Anforderungen an Feuerungsanlagen zu erlassen.

### 3 Muster – Feuerungsverordnung (MFeuV), Stand: September 2007

Aufgrund von § 85 Abs. 1 Nr. 1 und 2 sowie Abs. 5 MBO werden verordnet:

#### INHALTSÜBERSICHT der MFeuV:

- § 1 Einschränkung des Anwendungsbereichs
- § 2 Begriffe
- § 3 Verbrennungsluftversorgung von Feuerstätten
- § 4 Aufstellung von Feuerstätten, Gasleitungsanlagen
- § 5 Aufstellräume für Feuerstätten
- § 6 Heizräume
- § 7 Abgasanlagen
- § 8 Abstände von Abgasanlagen zu brennbaren Bauteilen
- § 10 Wärmepumpen, Blockheizkraftwerke und ortsfeste Verbrennungsmotoren
- § 11 Brennstofflagerung in Brennstofflagerräumen
- § 12 Brennstofflagerung außerhalb von Brennstofflagerräumen
- § 13 Flüssiggasanlagen und Dampfkesselanlagen
- § 14 Inkrafttreten, Außerkrafttreten

#### § 1 Einschränkung des Anwendungsbereichs

<sup>1</sup>Für Feuerstätten, Wärmepumpen und Blockheizkraftwerke gilt die Verordnung nur, soweit diese Anlagen der Beheizung von Räumen oder der Warmwasserversorgung dienen oder Gas-Haushalts-Kochgeräte sind. <sup>2</sup>Die Verordnung gilt nicht für Brennstoffzellen und ihre Anlagen zur Abführung der Prozessgase.

#### HINWEIS:

*Die Anforderungen gelten auch für Abgasanlagen von Anlagen, die nicht der Beheizung von Räumen oder der Warmwasserversorgung dienen oder Gas-Haushalts-Kochgeräte sind, also auch zum Beispiel für Abgasanlagen von Backöfen, Prozesswärmeanlagen oder Netzersatzanlagen.*

#### § 2 Begriffe

(1) Als Nennleistung gilt

1. die auf dem Typenschild der Feuerstätte angegebene höchste Leistung, bei Blockheizkraftwerken die Gesamtleistung,
2. die in den Grenzen des auf dem Typenschild angegebenen Leistungsbereiches festgestellte und auf einem Zusatzschild angegebene höchste nutzbare Leistung der Feuerstätte

oder

3. bei Feuerstätten ohne Typenschild die aus dem Brennstoffdurchsatz mit einem Wirkungsgrad von 80 % ermittelte Leistung.

(2) <sup>1</sup>Raumluftunabhängig sind Feuerstätten, denen die Verbrennungsluft über Leitungen oder Schächte nur direkt vom Freien zugeführt wird und bei denen kein Abgas in gefahrdrohender Menge in den Aufstellraum austreten kann. <sup>2</sup>Andere Feuerstätten sind raumluftabhängig.

#### § 3 Verbrennungsluftversorgung von Feuerstätten

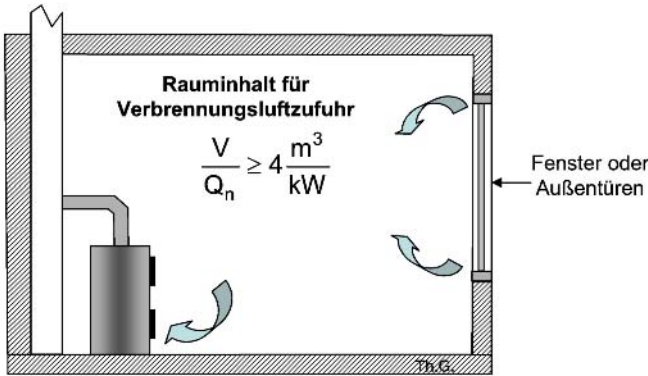
(1) Für raumluftabhängige Feuerstätten mit einer Nennleistung von insgesamt nicht mehr als 35 kW reicht die Verbrennungsluftversorgung aus, wenn jeder Aufstellraum

1. mindestens eine Tür ins Freie oder ein Fenster, das geöffnet werden kann (Räume mit Verbindung zum Freien) und einen Rauminhalt von mindestens 4 m<sup>3</sup> je 1 kW Nennleistung dieser Feuerstätten hat (**Bild 1**),
2. mit anderen Räumen mit Verbindung zum Freien nach Maßgabe des Absatzes 2 verbunden ist (Verbrennungsluftverbund) (**Bild 2**) oder
3. eine ins Freie führende Öffnung mit einem lichten Querschnitt von mindestens 150 cm<sup>2</sup> oder zwei Öffnungen von je 75 cm<sup>2</sup> (**Bild 3**) oder Leitungen ins Freie mit strömungstechnisch äquivalenten Querschnitten hat (**siehe Bilder 29 und 30**).

**Hinweis:**

Der Nachweis der ausreichenden Verbrennungsluftversorgung kann über den Verbrennungsluftverbund für raumluftabhängige Gasfeuerstätten nach Ziffer 9.2.2 ff. der DVGW-TRGI (April 2008) geführt werden. Sie enthalten Alternativen zu den Verbrennungsluftöffnungen von mind. 150 cm<sup>2</sup> freier Fläche, wie z. B. das Kürzen von Türblättern u. Ä. (siehe Diagramm).

Die Verbrennungsluftversorgung kann für raumluftabhängige Gasfeuerstätten nach Ziffer 9.2.3.1 der DVGW-TRGI (April 2008) bis zu max. 50 kW Gesamtnennwärmeleistung auch als Kombination über Außenfugen des Aufstellraumes bzw. des Verbrennungsluftverbundes mit Außenluftöffnungen sichergestellt werden.



V = Rauminhalt  
Q<sub>n</sub> = Gesamtnennwärmeleistung

Bild 1: Zu MFeuV § 3 Abs. 1 Ziffer 1: Rauminhalt für Verbrennungsluftzufuhr (V = Rauminhalt, Q<sub>n</sub> = Gesamtnennwärmeleistung, Maßgeblich die Summe der Nennwärmeleistungen von Feuerstätten, die gleichzeitig betrieben werden können)

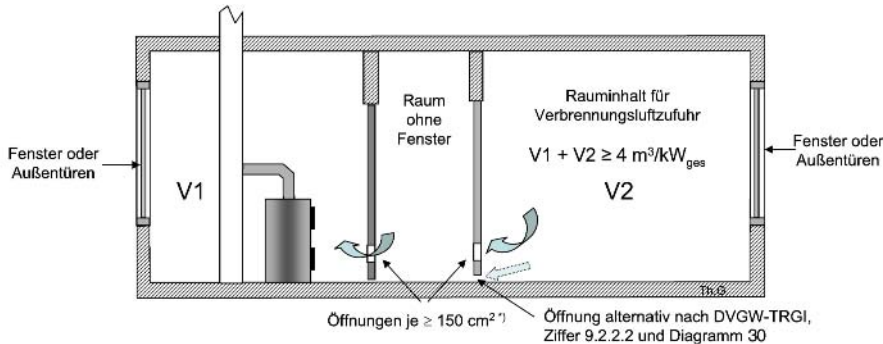


Bild 2: Zu MFeuV § 3 Abs. 1 Ziffer 2 und Abs. 2:\*) Freie Querschnittsfläche. Einschränkende Flächen von Gittern o. Ä. sind in Abzug zu bringen

Kanalquerschnitt strömungstechnisch äquivalent zur Öffnung von 150 cm<sup>2</sup> \*)  
A ≥ 150 + (ΣQN-50) x 2 cm<sup>2</sup> \*)

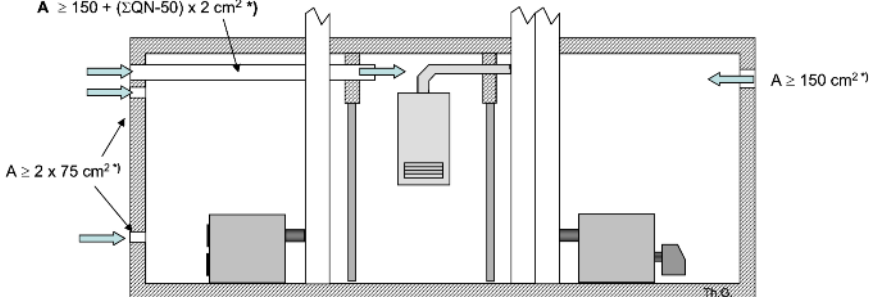


Bild 3: Zu MFeuV § 3 Abs. 1 Ziffer 3\*) Freie Querschnittsfläche. Einschränkende Flächen von Gittern o. Ä. sind in Abzug zu bringen

Gilt für raumluftabhängige Feuerstätten = 50 kW Gesamtnennwärmeleistung aller Feuerstätten, die gleichzeitig betrieben werden können.

Bei raumluftabhängigen Gasfeuerstätten mit Strömungssicherung ist Mindest-rauminhalt von 1 m<sup>3</sup> je kW Ges.-Nennleistung zu beachten.

(2) <sup>1</sup>Der Verbrennungsluftverbund im Sinne des Absatzes 1 Nr. 2 zwischen dem Aufstellraum und Räumen mit Verbindung zum Freien muss durch Verbrennungsluftöffnungen von mindestens 150 cm<sup>2</sup> zwischen den Räumen hergestellt sein. <sup>2</sup>Der Gesamtrauminhalt der Räume, die zum Verbrennungsluftverbund gehören, muss mindestens 4 m<sup>3</sup> je 1 kW Nennleistung der Feuerstätten, die gleichzeitig betrieben werden können, betragen (**Bild 2**). <sup>3</sup>Räume ohne Verbindung zum Freien sind auf den Gesamtrauminhalt nicht anzurechnen.

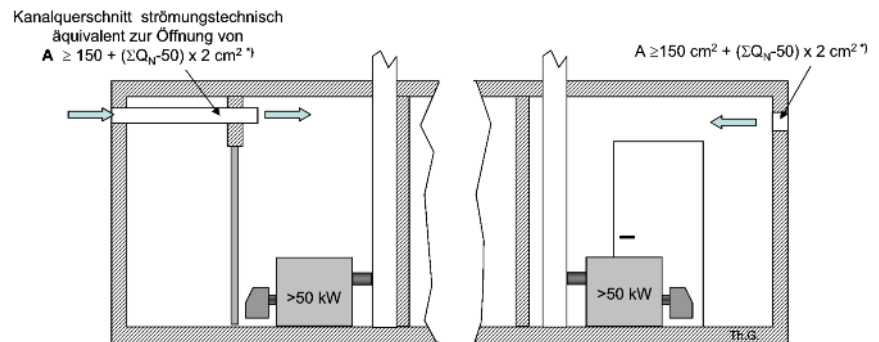


Bild 4: Zu MFeuV § 3 Abs. 4:\*) Freie Querschnittsfläche. Einschränkende Flächen von Gittern o. Ä. sind in Abzug zu bringen

Gilt für raumluftabhängige Feuerstätten > 50 kW Gesamtnennwärmeleistung aller Feuerstätten, die gleichzeitig betrieben werden können.

Bei raumluftabhängigen Gasfeuerstätten mit Strömungssicherung ist Mindest-rauminhalt von 1 m<sup>3</sup> je kW Ges.-Nennleistung zu beachten.

(3) Für raumluftabhängige Feuerstätten mit einer Nennleistung von insgesamt mehr als 35 kW und nicht mehr als 50 kW reicht die Verbrennungsluftversorgung aus, wenn jeder Aufstellraum die Anforderungen nach Absatz 1 Nr. 3 erfüllt.

(4) <sup>1</sup>Für raumluftabhängige Feuerstätten mit einer Nennleistung von insgesamt mehr als 50 kW reicht die Verbrennungsluftversorgung aus, wenn jeder Aufstellraum eine ins Freie führende Öffnung oder Leitung hat. <sup>2</sup>Der Querschnitt der Öffnung muss mindestens 150 cm<sup>2</sup> und für jedes über 50 kW hinausgehende Kilowatt 2 cm<sup>2</sup> mehr betragen (**Bild 4**). <sup>3</sup>Leitungen müssen strömungstechnisch äquivalent bemessen sein (**Bild 30**). <sup>4</sup>Der erforderliche Querschnitt darf auf höchstens zwei Öffnungen oder Leitungen aufgeteilt sein.

(5) <sup>1</sup>Verbrennungsluftöffnungen und -leitungen dürfen nicht verschlossen oder zugestellt werden, sofern nicht durch besondere Sicherheitseinrichtungen gewährleistet ist, dass die Feuerstätten nur bei geöffnetem Verschluss betrieben werden können. <sup>2</sup>Der erforderliche Querschnitt darf durch den Verschluss oder durch Gitter nicht verengt werden.

(6) Abweichend von den Absätzen 1 bis 4 kann für raumluftabhängige Feuerstätten eine ausreichende Verbrennungsluftversorgung auf andere Weise nachgewiesen werden.

(7) <sup>1</sup>Die Absätze 1 und 2 gelten nicht für Gas-Haushalts-Kochgeräte. <sup>2</sup>Die Absätze 1 bis 4 gelten nicht für offene Kamine.

**Hinweis:**

Der Nachweis der ausreichenden Verbrennungsluftversorgung kann über den Verbrennungsluftverbund für raumluftabhängige Gasfeuerstätten nach Ziffer 9.2.2 ff. der DVGW-TRGI (April 2008) geführt werden. Sie enthalten Alternativen zu den Verbrennungsluftöffnungen von mind. 150 cm<sup>2</sup> freier Fläche, wie z. B. das Kürzen von Türblättern u. Ä. (siehe Diagramm).

Die Verbrennungsluftversorgung kann für raumluftabhängige Gasfeuerstätten nach Ziffer 9.2.3.1 der DVGW-TRGI (April 2008) bis zu max. 50 kW Gesamtnennwärmeleistung auch als Kombination über Außenfugen des Aufstellraumes bzw. des Verbrennungsluftverbundes mit Außenluftöffnungen sichergestellt werden.



## § 4 Aufstellung von Feuerstätten, Gasleitungsanlagen

(1) Feuerstätten dürfen nicht aufgestellt werden

1. in notwendigen Treppenträumen, in Räumen zwischen notwendigen Treppenträumen und Ausgängen ins Freie und in notwendigen Fluren,
2. in Garagen, ausgenommen raumluftunabhängige Feuerstätten, deren Oberflächentemperatur bei Nennleistung nicht mehr als 300 °C beträgt.

(2) <sup>1</sup>Die Betriebssicherheit von raumluftabhängigen Feuerstätten darf durch den Betrieb von Raumluft absaugenden Anlagen wie Lüftungs- oder Warmluftheizungsanlagen, Dunstabzugshauben, Abluft-Wäschetrockner nicht beeinträchtigt werden (**Bild 5, 6, 7 und 14**). <sup>2</sup>Dies gilt als erfüllt, wenn

1. ein gleichzeitiger Betrieb der Feuerstätten und der Luft absaugenden Anlagen durch Sicherheitseinrichtungen verhindert wird (**Bild 5**),
2. die Abgasabführung durch besondere Sicherheitseinrichtungen überwacht wird (**Bilder 5 und 6**),
3. die Abgase der Feuerstätten über die Luft absaugenden Anlagen abgeführt werden oder (**Bild 7**)
4. anlagentechnisch sichergestellt ist, dass während des Betriebes der Feuerstätten kein gefährlicher Unterdruck entstehen kann.

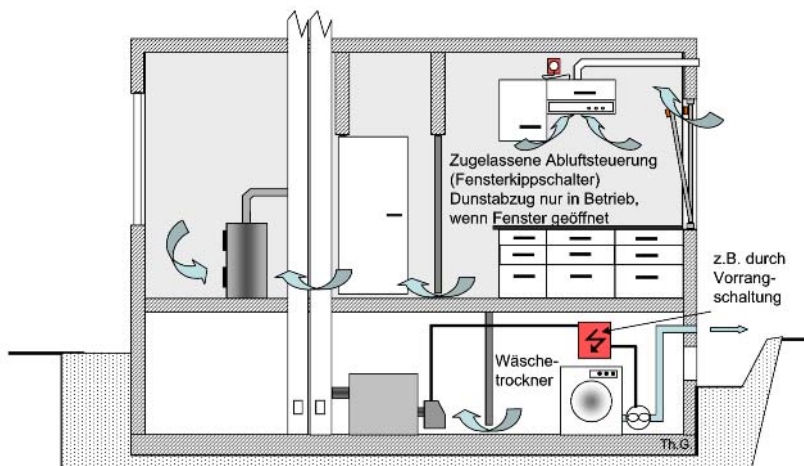


Bild 5: Zu MFeuV § 4 Abs. 2 Nr. 1+2

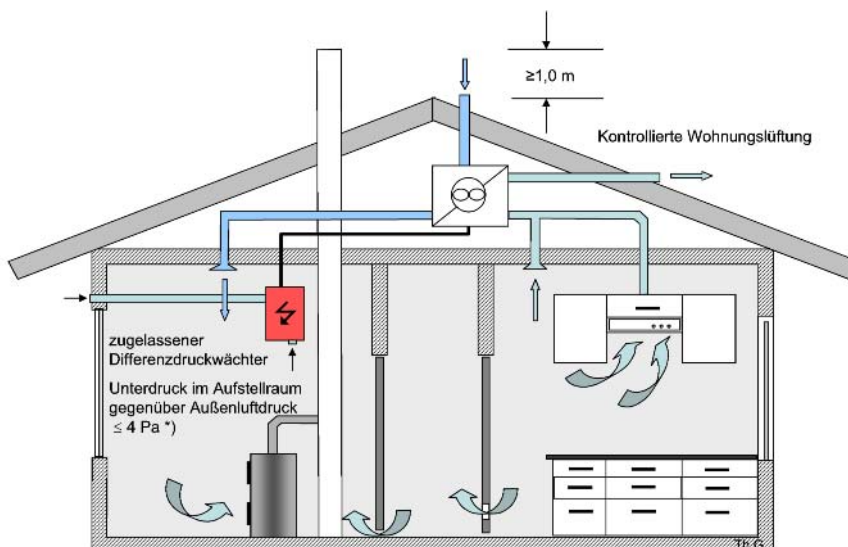


Bild 6: Zu MFeuV § 4 Abs. 2 Nr. 1+2

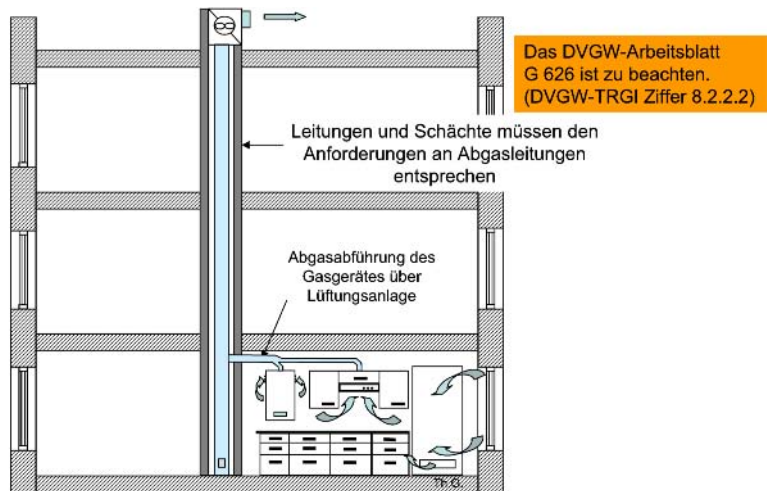


Bild 7: Zu MFeuV § 4 Abs. 2 Nr. 2+4

**Hinweis:**

Sicherheitseinrichtungen zur Gewährleistung eines gefahrlosen gemeinsamen Betriebes von Raumluft absaugenden Einrichtungen und raumluftabhängigen Feuerstätten benötigen als Verwendbarkeitsnachweis eine „Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung“ (Grundlage: Ziffer 1.3.8 der Bauregelliste B Teil 2, Basis: 2006/95/EG und 2004/108/EG).

In Betrieb befindliche Lüftungstechnische Anlagen dürfen den Betrieb der Feuerstätten auch in anderen Geschossen nicht beeinträchtigen. Der Austritt von Abgasen aus nicht in Betrieb befindlichen Feuerstätten ist zu verhindern (siehe auch § 7 Abs. 4 Nr. 2. der MFeuV).

Zudem ist die Ziffer 8.2.2 der DVW-TRGI zu beachten, insbesondere:

8.2.2.2

- b) In Räumen, außer Aufstellräumen mit Öffnungen ins Freie, oder Wohnungen, aus denen Ventilatoren Luft absaugen, dürfen Gasgeräte der Art B nur dann aufgestellt werden, wenn
- deren Abgase nach dem DVGW-Arbeitsblatt G 626 (Mechanische Abführung von Abgasen für raumluftabhängige Gasfeuerstätten in Abgas- bzw. Zentrallüftungsanlagen) mithilfe dieser Ventilatoren über Lüftungs- oder Abgasanlagen abgeführt werden,
  - die in Abschnitt 8.2.2.3 der beschriebenen Maßnahmen eingehalten werden.

(3) <sup>1</sup>Feuerstätten für gasförmige Brennstoffe ohne Flammenüberwachung dürfen nur in Räumen aufgestellt werden, wenn durch mechanische Lüftungsanlagen während des Betriebes der Feuerstätten stündlich mindestens ein fünffacher Luftwechsel sichergestellt ist. <sup>2</sup>Für Gas-Haushalts-Kochgeräte genügt ein Außenluftvolumenstrom von 100 m<sup>3</sup>/h.

(4) Feuerstätten für gasförmige Brennstoffe mit Strömungssicherung dürfen unbeschadet des § 3 in Räumen aufgestellt werden,

1. mit einem Rauminhalt von mindestens 1 m<sup>3</sup> je kW Nennleistung dieser Feuerstätten, soweit sie gleichzeitig betrieben werden können,
2. in denen durch unten und oben angeordnete Öffnungen mit einem Mindestquerschnitt von jeweils 75 cm<sup>2</sup> ins Freie eine Durchlüftung sichergestellt ist oder
3. in denen durch andere Maßnahmen wie beispielsweise unten und oben in derselben Wand angeordnete Öffnungen mit einem Mindestquerschnitt von jeweils 150 cm<sup>2</sup> zu unmittelbaren Nachbarräumen ein zusammenhängender Rauminhalt der Größe nach Nr. 1 eingehalten wird (**Bild 8**).

**Hinweis:**

Die obere Öffnung soll mind. 1,80 m über dem Fußboden, die untere Öffnung in der Nähe des Fußbodens angeordnet werden (**Bild 8**).

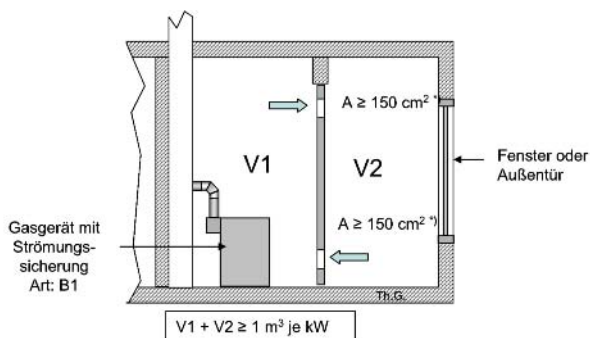


Bild 8: Zu MFeuV § 4 Abs. 4 Ziffer 3

(5) <sup>1</sup>Gasleitungsanlagen in Räumen müssen so beschaffen, angeordnet oder mit Vorrichtungen ausgerüstet sein, dass bei einer äußeren thermischen Beanspruchung von bis zu 650 °C über einen Zeitraum von 30 Minuten keine gefährlichen Gas-Luft-Gemische entstehen können. <sup>2</sup>Alle Gasentnahmestellen müssen mit einer Vorrichtung ausgerüstet sein, die im Brandfall die Brennstoffzufuhr selbsttätig absperrt. <sup>3</sup>Satz 2 gilt nicht, wenn Gasleitungsanlagen durch Ausrüstung mit anderen selbsttätigen Vorrichtungen die Anforderungen nach Satz 1 erfüllen.

(6) Feuerstätten für Flüssiggas (Propan, Butan und deren Gemische) dürfen in Räumen, deren Fußboden an jeder Stelle mehr als 1 m unter der Geländeoberfläche liegt, nur aufgestellt werden, wenn

1. die Feuerstätten eine Flammenüberwachung haben und
2. sichergestellt ist, dass auch bei abgeschalteter Feuerungseinrichtung Flüssiggas aus den im Aufstellraum befindlichen Brennstoffleitungen in gefahrdrohender Menge nicht austreten kann oder über eine mechanische Lüftungsanlage sicher abgeführt wird.

(7) <sup>1</sup>Feuerstätten müssen von Bauteilen aus brennbaren Baustoffen so weit entfernt oder so abgeschirmt sein, dass an diesen bei Nennleistung der Feuerstätten keine höheren Temperaturen als 85 °C auftreten können. <sup>2</sup>Dies gilt als erfüllt, wenn mindestens die vom Hersteller angegebenen Abstandsmaße eingehalten werden oder, wenn diese Angaben fehlen, ein Mindestabstand von 40 cm eingehalten wird.

(8) <sup>1</sup>Vor den Feuerungsöffnungen von Feuerstätten für feste Brennstoffe sind Fußböden aus brennbaren Baustoffen durch einen Belag aus nicht brennbaren Baustoffen zu schützen. <sup>2</sup>Der Belag muss sich nach vorn auf mindestens 50 cm und seitlich auf mindestens 30 cm über die Feuerungsöffnung hinaus erstrecken.

**Hinweis:**

Bei offenen Kaminen ist zusätzlich die DIN 18896, 4.4.3 zu beachten.

(9) <sup>1</sup>Bauteile aus brennbaren Baustoffen müssen von den Feuerraumöffnungen offener Kamine nach oben und nach den Seiten einen Abstand von mindestens 80 cm haben. <sup>2</sup>Bei Anordnung eines beiderseits belüfteten Strahlungsschutzes genügt ein Abstand von 40 cm.

## § 5 Aufstellräume für Feuerstätten

(1) <sup>1</sup>In einem Raum dürfen Feuerstätten mit einer Nennleistung von insgesamt mehr als 100 kW, die gleichzeitig betrieben werden sollen, nur aufgestellt werden, wenn dieser Raum

1. nicht anderweitig genutzt wird, ausgenommen zur Aufstellung von Wärmepumpen, Blockheizkraftwerken und ortsfesten Verbrennungsmotoren sowie für zugehörige Installationen und zur Lagerung von Brennstoffen,
2. gegenüber anderen Räumen keine Öffnungen, ausgenommen Öffnungen für Türen, hat,
3. dicht- und selbstschließende Türen hat und
4. gelüftet werden kann.

<sup>2</sup>In einem Raum nach Satz 1 dürfen Feuerstätten für feste Brennstoffe jedoch nur aufgestellt werden, wenn deren Nennleistung insgesamt nicht mehr als 50 kW beträgt.

(2) <sup>1</sup>Brenner und Brennstofffördereinrichtungen der Feuerstätten für flüssige und gasförmige Brennstoffe mit einer Gesamtnennleistung von mehr als 100 kW müssen durch einen außerhalb des Aufstellraumes angeordneten Schalter (Notschalter) jederzeit abgeschaltet werden können. <sup>2</sup>Neben dem Notschalter muss ein Schild mit der Aufschrift „NOTSCHALTER-FEUERUNG“ vorhanden sein (**Bild 9**).

(3) Wird in dem Aufstellraum nach Absatz 1 Heizöl gelagert oder ist der Raum für die Heizöllagerung nur von diesem Aufstellraum zugänglich, muss die Heizölaufuhr von der Stelle des Notschalters nach Absatz 2 aus durch eine entsprechend gekennzeichnete Absperrvorrichtung unterbrochen werden können.

(4) Abweichend von Absatz 1 dürfen die Feuerstätten auch in anderen Räumen aufgestellt werden, wenn die Nutzung dieser Räume dies erfordert und die Feuerstätten sicher betrieben werden können.

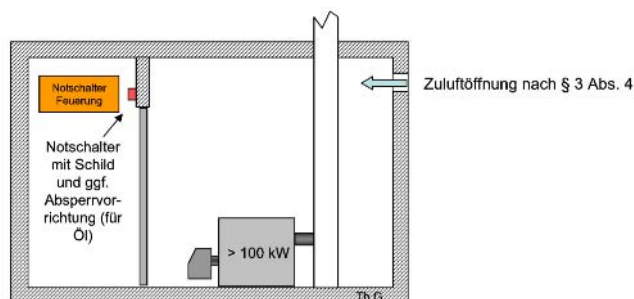


Bild 9: Zu MFeuV § 5 Abs. 2

## § 6 Heizräume

(1) <sup>1</sup>Feuerstätten für feste Brennstoffe mit einer Nennleistung von insgesamt mehr als 50 kW, die gleichzeitig betrieben werden sollen, dürfen nur in besonderen Räumen (Heizräumen) aufgestellt werden. <sup>2</sup>§ 5 Abs. 3 und Abs. 4 gilt entsprechend. <sup>3</sup>Die Heizräume dürfen

1. nicht anderweitig genutzt werden, ausgenommen zur Aufstellung von Feuerstätten für flüssige und gasförmige Brennstoffe, Wärmepumpen, Blockheizkraftwerke, ortsfesten Verbrennungsmotoren und für zugehörige Installationen sowie zur Lagerung von Brennstoffen und
2. mit Aufenthaltsräumen, ausgenommen solchen für das Betriebspersonal, sowie mit notwendigen Treppenträumen nicht in unmittelbarer Verbindung stehen.

<sup>4</sup>Wenn in Heizräumen Feuerstätten für flüssige und gasförmige Brennstoffe aufgestellt werden, gilt § 5 Abs. 2 entsprechend.

(2) Heizräume müssen

1. mindestens einen Rauminhalt von 8 m<sup>3</sup> und eine lichte Höhe von 2 m,
2. einen Ausgang, der ins Freie oder einen Flur führt, der die Anforderungen an notwendige Flure erfüllt, und
3. Türen, die in Fluchrichtung aufschlagen, haben.

(3) <sup>1</sup>Wände, ausgenommen nicht tragende Außenwände, und Stützen von Heizräumen sowie Decken über und unter ihnen müssen feuerbeständig sein. <sup>2</sup>Öffnungen in Decken und Wänden müssen, soweit sie nicht unmittelbar ins Freie führen, mindestens feuerhemmende und selbstschließende Abschlüsse haben (**Bild 10**). <sup>3</sup>Die Sätze 1 und 2 gelten nicht für Trennwände zwischen Heizräumen und den zum Betrieb der Feuerstätten gehörenden Räumen, wenn diese Räume die Anforderungen der Sätze 1 und 2 erfüllen.

(4) <sup>1</sup>Heizräume müssen zur Raumlüftung jeweils eine obere und eine untere Öffnung ins Freie mit einem Querschnitt von mindestens je 150 cm<sup>2</sup> (**Bild 10**) oder

Leitungen ins Freie mit strömungstechnisch äquivalenten Querschnitten haben.  
<sup>2</sup>§ 3 Abs. 5 gilt sinngemäß. <sup>3</sup>Der Querschnitt einer Öffnung oder Leitung darf auf die Verbrennungsluftversorgung nach § 3 Abs. 4 angerechnet werden.

(5) Lüftungsleitungen für Heizräume müssen eine Feuerwiderstandsdauer von mindestens 90 Minuten haben, soweit sie durch andere Räume führen, ausgenommen angrenzende, zum Betrieb der Feuerstätten gehörende Räume, die die Anforderungen nach Absatz 3 Satz 1 und 2 erfüllen. <sup>2</sup>Die Lüftungsleitungen dürfen mit anderen Lüftungsanlagen nicht verbunden sein und nicht der Lüftung anderer Räume dienen (**Bild 11**).

(6) Lüftungsleitungen, die der Lüftung anderer Räume dienen, müssen, soweit sie durch Heizräume führen,

1. eine Feuerwiderstandsdauer von mindestens 90 Minuten oder selbsttätige Absperrvorrichtungen mit einer Feuerwiderstandsdauer von mindestens 90 Minuten haben und (**Bild 12**)
2. ohne Öffnungen sein.

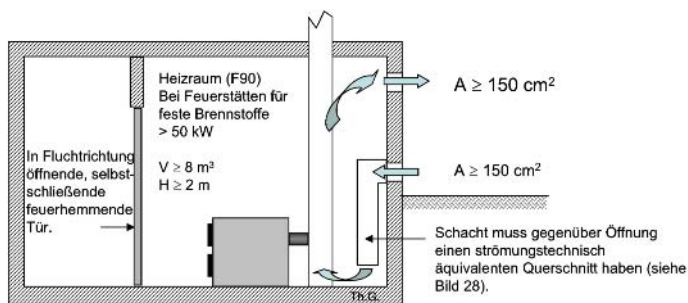


Bild 10: Zu MFeuV § 6 Abs. 3+4

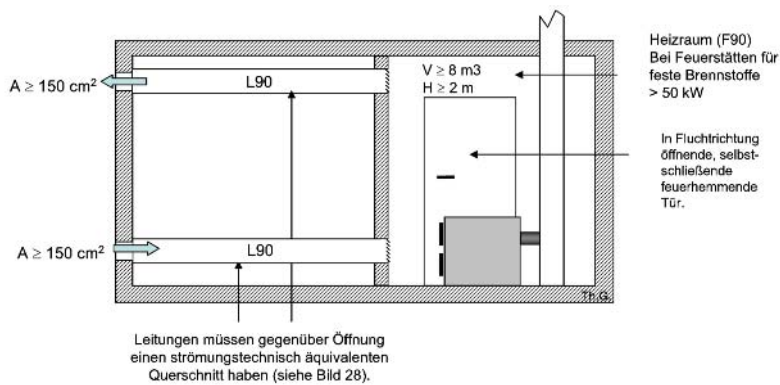


Bild 11: Zu MFeuV § 6 Abs. 5

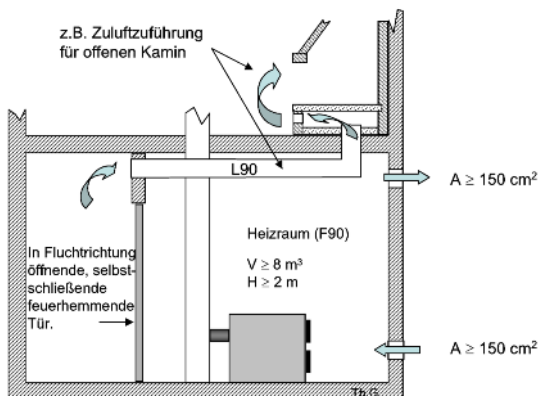


Bild 12: Zu MFeuV § 5 Abs. 6

## § 7 Abgasanlagen

(1) Abgasanlagen müssen nach lichtem Querschnitt und Höhe, soweit erforderlich auch nach Wärmedurchlasswiderstand und Beschaffenheit der inneren Oberfläche, so bemessen sein, dass die Abgase bei allen bestimmungsgemäßen Betriebszuständen ins Freie abgeführt werden und gegenüber Räumen kein gefährlicher Überdruck auftreten kann.

(2) <sup>1</sup>Die Abgase von Feuerstätten für feste Brennstoffe müssen in Schornsteine, die Abgase von Feuerstätten für flüssige oder gasförmige Brennstoffe dürfen auch in Abgasleitungen eingeleitet werden. <sup>2</sup>§ 41 Abs. 4 MBO bleibt unberührt (**siehe Auszug**).

### Auszug aus MBO – § 41 Lüftungsanlagen

(4) Lüftungsanlagen dürfen nicht in Abgasanlagen eingeführt werden; die gemeinsame Nutzung von Lüftungsleitungen zur Lüftung und zur Ableitung der Abgase von Feuerstätten ist zulässig, wenn keine Bedenken wegen der Betriebssicherheit und des Brandschutzes bestehen. Die Abluft ist ins Freie zu führen. Nicht zur Lüftungsanlage gehörende Einrichtungen sind in Lüftungsleitungen unzulässig (**siehe auch § 4 Abs. 2 Ziffer 3 der MFeuV**).

(3) <sup>1</sup>Abweichend von Absatz 2 Satz 1 sind Feuerstätten für gasförmige Brennstoffe ohne Abgasanlage zulässig, wenn durch einen sicheren Luftwechsel im Aufstellraum gewährleistet ist, dass Gefahren oder unzumutbare Belästigungen nicht entstehen. <sup>2</sup>Dies gilt insbesondere als erfüllt wenn

1. durch maschinelle Lüftungsanlagen während des Betriebs der Feuerstätten ein Luftvolumenstrom von mindestens 30 m<sup>3</sup>/h je kW Nennleistung aus dem Aufstellraum ins Freie abgeführt wird oder
2. besondere Sicherheitseinrichtungen verhindern, dass die Kohlenmonoxid-Konzentration in den Aufstellräumen einen Wert von 30 ppm überschreitet;
3. bei Gas-Haushalts-Kochgeräten, soweit sie gleichzeitig betrieben werden können, mit einer Nennleistung von nicht mehr als 11 kW der Aufstellraum einen Rauminhalt von mehr als 15 m<sup>3</sup> aufweist und mindestens eine Tür ins Freie oder ein Fenster hat, das geöffnet werden kann.

(4) Mehrere Feuerstätten dürfen an einen gemeinsamen Schornstein, an eine gemeinsame Abgasleitung oder an ein gemeinsames Verbindungsstück nur angeschlossen werden, wenn

1. durch die Bemessung nach Absatz 1 und die Beschaffenheit der Abgasanlage die Ableitung der Abgase für jeden Betriebszustand sichergestellt ist,
2. eine Übertragung von Abgasen zwischen den Aufstellräumen und ein Austritt von Abgasen über nicht in Betrieb befindliche Feuerstätten ausgeschlossen sind,
3. die gemeinsame Abgasleitung aus nicht brennbaren Baustoffen besteht oder eine Brandübertragung zwischen den Geschossen durch selbsttätige Absperrvorrichtungen oder andere Maßnahmen verhindert wird (**Bild 13**) und
4. die Anforderungen des § 4 Abs. 2 für alle angeschlossenen Feuerstätten gemeinsam erfüllt sind (**Bild 14**).

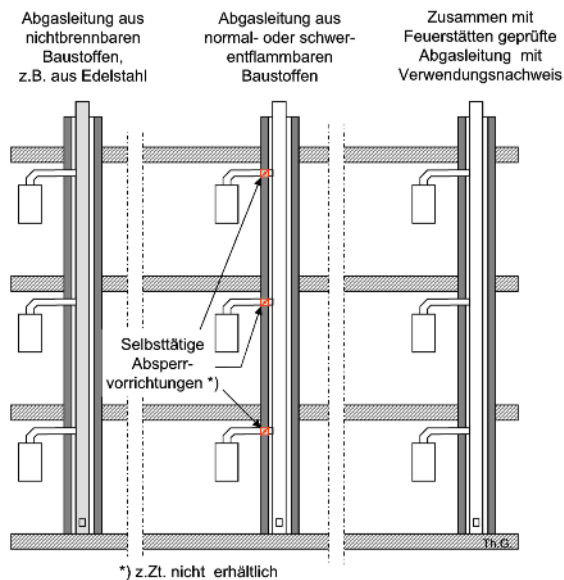
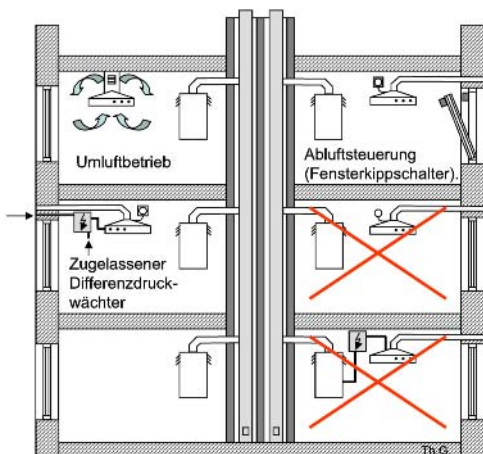


Bild 13: Zu MFeuV § 7 Abs. 4 Nr. 3



**Nicht gestattet !**  
Dunstabzugshaube kann mit Gasgerät und alleine betrieben werden. Beeinträchtigt eigene und gemeinsame Abgasabführung

**Nicht gestattet !**  
Vorrangschaltung. Dunstabzugshaube kann alleine betrieben werden. Beeinträchtigt gemeinsame Abgasabführung

Bild 14: Zu MFeuV § 4 Abs. 2 und § 7 Abs. 4, Nr. 4

(5) <sup>1</sup>In Gebäuden muss jede Abgasleitung, die Geschosse überbrückt, in einem eigenen Schacht angeordnet sein. <sup>2</sup>Dies gilt nicht

1. für Abgasleitungen in Gebäuden der Gebäudeklassen 1 und 2, die durch nicht mehr als eine Nutzungseinheit führen (**Bild 15 und 16**),
2. für einfach belegte Abgasleitungen im Aufstellraum der Feuerstätte und
3. für Abgasleitungen, die eine Feuerwiderstandsdauer von mindestens 90 Minuten, in Gebäuden der Gebäudeklassen 1 und 2 eine Feuerwiderstandsdauer von mindestens 30 Minuten haben.

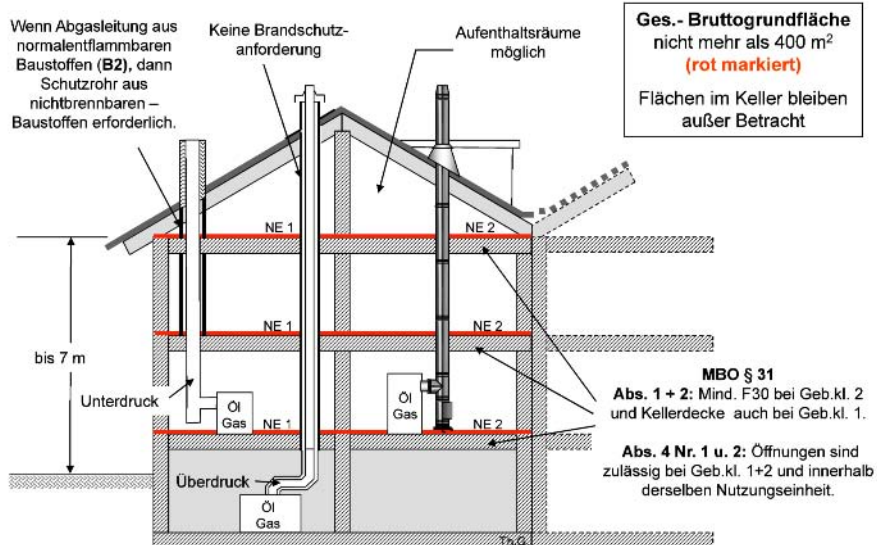


Bild 15: Schematische Darstellung zu MBO Gebäudeklasse 1 (frei stehend) und Gebäudeklasse 2 (nicht frei stehend), Nutzungseinheiten nebeneinander

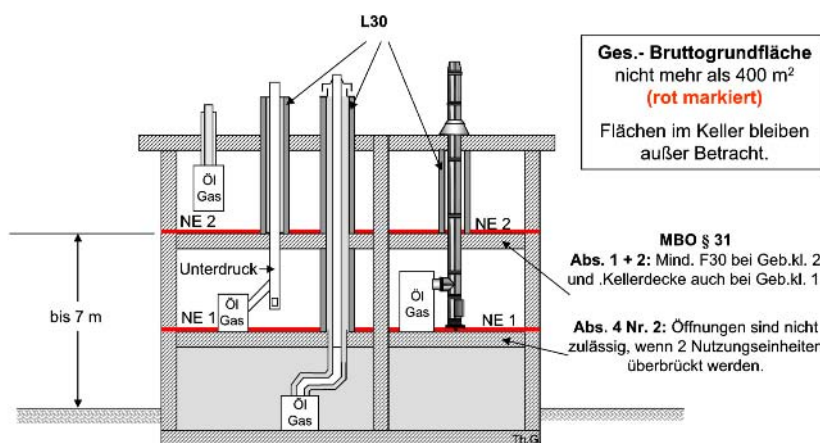


Bild 16: Schematische Darstellung zu MBO Gebäudeklasse 1 (frei stehend) oder Gebäudeklasse 2 (nicht frei stehend), Nutzungseinheiten übereinander

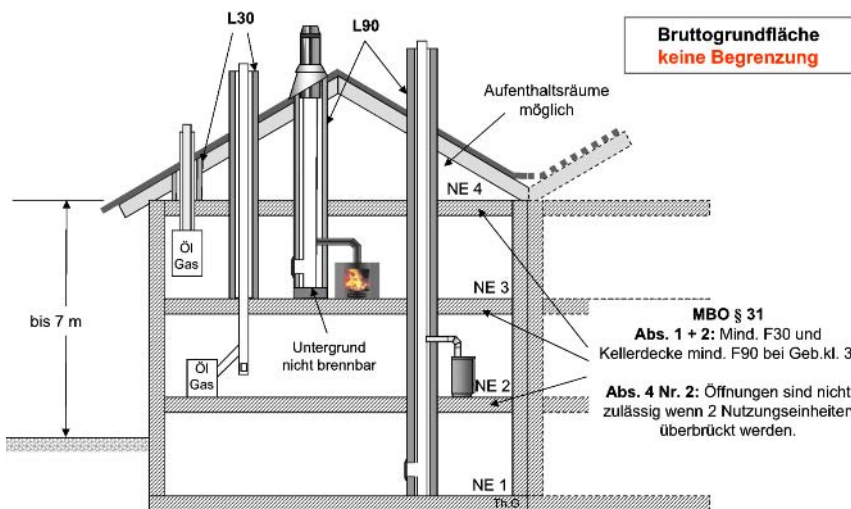


Bild 17: Schematische Darstellung zu MBO Gebäudeklasse 3 – frei stehend oder nicht frei stehend – unabhängig von NE, Beispiel: 2 Nutzungseinheiten übereinander



**Hinweis:**

Für die Bestimmung der Gebäudeklasse ist § 2 der Musterbauordnung (MBO) zu beachten.

(3) Gebäude werden in folgende Gebäudeklassen eingeteilt:

1. Gebäudeklasse 1:

- a) frei stehende Gebäude mit einer Höhe bis zu 7 m und nicht mehr als zwei Nutzungseinheiten von insgesamt nicht mehr als 400 m<sup>2</sup> und
- b) frei stehende land- oder forstwirtschaftlich genutzte Gebäude,

2. Gebäudeklasse 2:

Gebäude mit einer Höhe bis zu 7 m und nicht mehr als zwei Nutzungseinheiten von insgesamt nicht mehr als 400 m<sup>2</sup>,

3. Gebäudeklasse 3:

sonstige Gebäude mit einer Höhe bis zu 7 m,

4. Gebäudeklasse 4:

Gebäude mit einer Höhe bis zu 13 m und Nutzungseinheiten mit jeweils nicht mehr als 400 m<sup>2</sup>,

5. Gebäudeklasse 5:

sonstige Gebäude einschließlich unterirdischer Gebäude.

Höhe im Sinne des Satzes 1 ist das Maß der Fußbodenoberkante des höchstgelegenen Geschosses, in dem ein Aufenthaltsraum möglich ist, über der Geländeoberfläche im Mittel. Die Grundflächen der Nutzungseinheiten im Sinne dieses Gesetzes sind die Brutto-Grundflächen nach DIN 277 „Grundflächen und Rauminhalte von Bauwerken im Hochbau“. Bei der Berechnung der Brutto-Grundflächen nach Satz 1 bleiben Flächen in Kellergeschossen außer Betracht.

<sup>3</sup>Schächte für Abgasleitungen dürfen nicht anderweitig genutzt werden. <sup>4</sup>Die Anordnung mehrerer Abgasleitungen in einem gemeinsamen Schacht ist zulässig, wenn

1. die Abgasleitungen aus nicht brennbaren Baustoffen bestehen (**Bild 18**),
2. die zugehörigen Feuerstätten in demselben Geschoss aufgestellt sind oder (**Bild 18**)
3. eine Brandübertragung zwischen den Geschossen durch selbsttätige Absperrvorrichtungen oder andere Maßnahmen verhindert wird (**Bild 18**).

<sup>5</sup>Die Schächte müssen eine Feuerwiderstandsdauer von mindestens 90 Minuten, in Gebäuden der Gebäudeklassen 1 und 2 von mindestens 30 Minuten haben.

(6) Abgasleitungen aus normal entflammenden Baustoffen innerhalb von Gebäuden müssen, soweit sie nicht gemäß Abs. 5 in Schächten zu verlegen sind, zum Schutz gegen mechanische Beanspruchung von außen in Schutzrohren aus nicht brennbaren Baustoffen angeordnet oder mit vergleichbaren Schutzvorkehrungen aus nicht brennbaren Baustoffen ausgestattet sein. <sup>2</sup>Dies gilt nicht für Abgasleitungen im Aufstellraum der Feuerstätten. <sup>3</sup>§ 8 bleibt unberührt.

(7) Schornsteine müssen

1. gegen Rußbrände beständig sein,
2. in Gebäuden, in denen sie Geschosse überbrücken, eine Feuerwiderstandsdauer von mindestens 90 Minuten haben oder in durchgehenden Schächten mit einer Feuerwiderstandsdauer von 90 Minuten angeordnet sein,
3. unmittelbar auf dem Baugrund gegründet oder auf einem feuerbeständigen Unterbau errichtet sein; es genügt ein Unterbau aus nicht brennbaren Baustoffen für Schornsteine in Gebäuden der Gebäudeklassen 1 bis 3, für Schornsteine, die oberhalb der obersten Geschossdecke beginnen sowie für Schornsteine an Gebäuden (**Bild 17**).
4. durchgehend, insbesondere nicht durch Decken unterbrochen sein und
5. für die Reinigung Öffnungen mit Schornsteinreinigungsverschlüssen haben.

(8) Schornsteine, Abgasleitungen und Verbindungsstücke, die unter Überdruck betrieben werden, müssen innerhalb von Gebäuden

1. in vom Freien dauernd gelüfteten Räumen liegen,
2. in Räumen liegen, die § 3 Abs. 1 Nr. 3 entsprechen,
3. soweit sie in Schächten liegen, über die gesamte Länge und den ganzen Umfang hinterlüftet sein oder (**Bild 19**)

**Hinweis zu (8) Ziffer 3:**

Zudem ist die Ziffer 10.1.1 Absatz 6, letzter Satz der DVGW-TRGI zu beachten:

Bei Ausführungen nach Ziffer 3 darf sich die untere Belüftungsöffnung des Schachtes nicht in Räumen befinden, in denen planmäßig Unterdruck erzeugt wird, wie z. B. mittels kontrollierter Wohnungslüftung oder Wäschetrocknern

4. der Bauart nach so beschaffen sein, dass Abgase in gefahrdrohender Menge nicht austreten können.

(9) Verbindungsstücke dürfen nicht in Decken, Wänden oder unzugänglichen Hohlräumen angeordnet sowie nicht in andere Geschosse oder Nutzungseinheiten geführt werden.

(10) <sup>1</sup>Luft-Abgas-Systeme sind zur Abgasabführung nur zulässig, wenn sie getrennte, durchgehende Luft- und Abgasführungen haben. <sup>2</sup>An diese Systeme dürfen nur raumluftunabhängige Feuerstätten angeschlossen werden, deren Bauart sicherstellt, dass sie für diese Betriebsweise geeignet sind. <sup>3</sup>Im Übrigen gelten für Luft-Abgas-Systeme die Absätze 4 bis 9 sinngemäß.

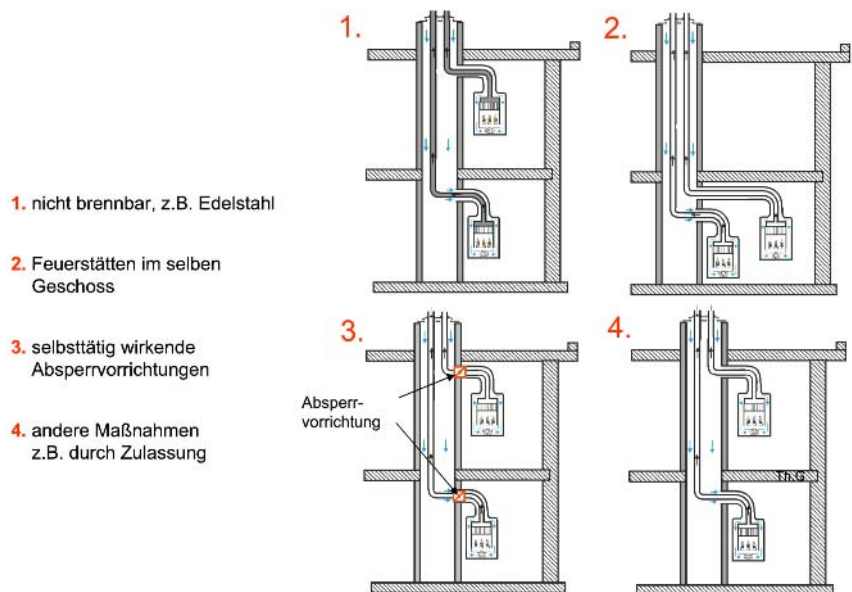


Bild 18: Zu MFeuV § 7 Abs. 5

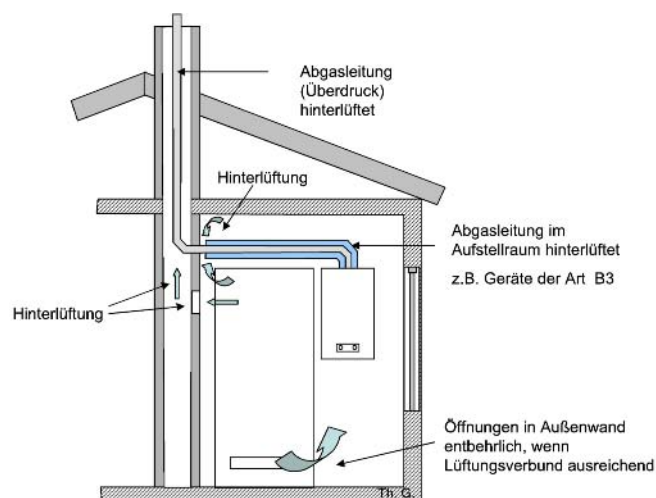


Bild 19: ZU MFeuV § 7 Abs. 8 Ziffer 3

## § 8 Abstände von Abgasanlagen zu brennbaren Bauteilen

(1) <sup>1</sup>Abgasanlagen müssen zu Bauteilen aus brennbaren Baustoffen so weit entfernt oder so abgeschirmt sein, dass an den genannten Bauteilen

1. bei Nennleistung keine höheren Temperaturen als 85 °C und
2. bei Rußbränden in Schornsteinen keine höheren Temperaturen als 100 °C auftreten können.

(2) <sup>2</sup>Die Anforderungen von Absatz 1 gelten insbesondere als erfüllt, wenn

1. die aufgrund von harmonisierten technischen Spezifikationen angegebenen Mindestabstände eingehalten sind,
2. bei Abgasanlagen für Abgastemperaturen der Feuerstätten bei Nennleistung bis zu 400 °C, deren Wärmedurchlasswiderstand mindestens 0,12 m<sup>2</sup> K/W und deren Feuerwiderstandsdauer mindestens 90 Minuten beträgt, ein Mindestabstand von 5 cm eingehalten ist (**Bild 20 und Bild 21**) oder
3. bei Abgasanlagen für Abgastemperaturen der Feuerstätten bei Nennleistung bis zu 400 °C ein Mindestabstand von 40 cm eingehalten ist.

<sup>2</sup>Im Falle von Satz 1 Nr. 2 ist

1. zu Holzbalken und Bauteilen entsprechender Abmessungen ein Mindestabstand von 2 cm ausreichend (**Bild 20**),
2. zu Bauteilen mit geringer Fläche wie Fußleisten und Dachlatten, soweit die Ableitung der Wärme aus diesen Bauteilen nicht durch Wärmedämmung behindert wird, kein Mindestabstand erforderlich.

<sup>3</sup>Abweichend von Satz 1 Nr. 3 genügt bei Abgasleitungen für Abgastemperaturen der Feuerstätten bei Nennleistung bis zu 300 °C außerhalb von Schächten

1. ein Mindestabstand von 20 cm oder
2. wenn die Abgasleitungen mindestens 2 cm dick mit nicht brennbaren Baustoffen mit geringer Wärmeleitfähigkeit ummantelt sind oder die Abgastemperatur der Feuerstätte bei Nennleistung nicht mehr als 160 °C betragen kann, ein Mindestabstand von 5 cm.

<sup>4</sup>Abweichend von Satz 1 Nr. 3 genügt für Verbindungsstücke zu Schornsteinen ein Mindestabstand von 10 cm, wenn die Verbindungsstücke mindestens 2 cm dick mit nicht brennbaren Baustoffen mit geringer Wärmeleitfähigkeit ummantelt sind.

<sup>5</sup>Die Mindestabstände gelten nur für den Anwendungsfall der Hinterlüftung.

### Hinweis:

*gilt nicht für § 8 Abs 2, d. h. wenn die thermische Prüfung eines Produktes ohne Hinterlüftung erfolgt ist und dieses im Rahmen der Konformitätserklärung angegeben ist.*

(3) <sup>3</sup>Bei Abgasleitungen und Verbindungsstücken zu Schornsteinen für Abgastemperaturen der Feuerstätten bei Nennleistung bis zu 400 °C, die durch Bauteile aus brennbaren Baustoffen führen, gelten die Anforderungen von Absatz 1 insbesondere als erfüllt, wenn diese Leitungen und Verbindungsstücke

1. in einem Mindestabstand von 20 cm mit einem Schutzrohr aus nicht brennbaren Baustoffen versehen oder
2. in einer Dicke von mindestens 20 cm mit nicht brennbaren Baustoffen mit geringer Wärmeleitfähigkeit ummantelt werden (**Bild 24**).

**Abstände von Schornsteinen zu Bauteilen aus oder mit brennbaren Baustoffen für Temperaturklassen bis T400 \*)**

**§ 8 Abs. 2 MFeuV**

2 cm (hinterlüftet), wenn max. T400, Schachtwand 1/Δ mind. 0,12 m<sup>2</sup> K/W und L90.

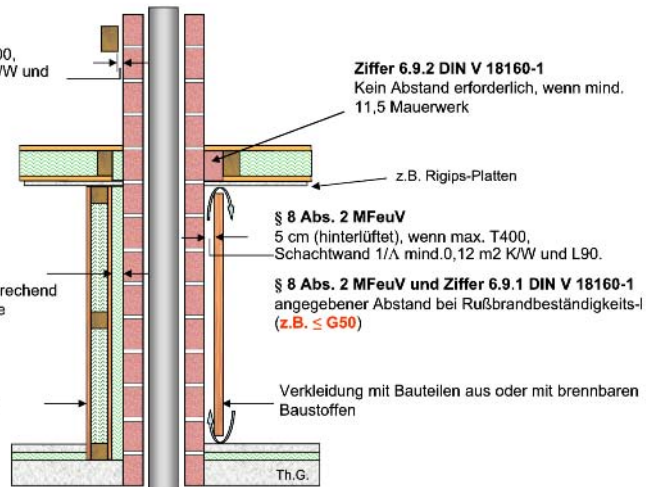
**Ziffer 6.9.2 DIN V 18160-1**

2 cm hinterlüftet, wenn ≤ G50

**§ 8 Abs. 1 MFeuV und Ziffer 6.9.1 DIN V 18160-1**

Dicke und Art der Dämmung entsprechend Zertifizierung oder Herstellerangabe

Wand aus brennbaren Baustoffen

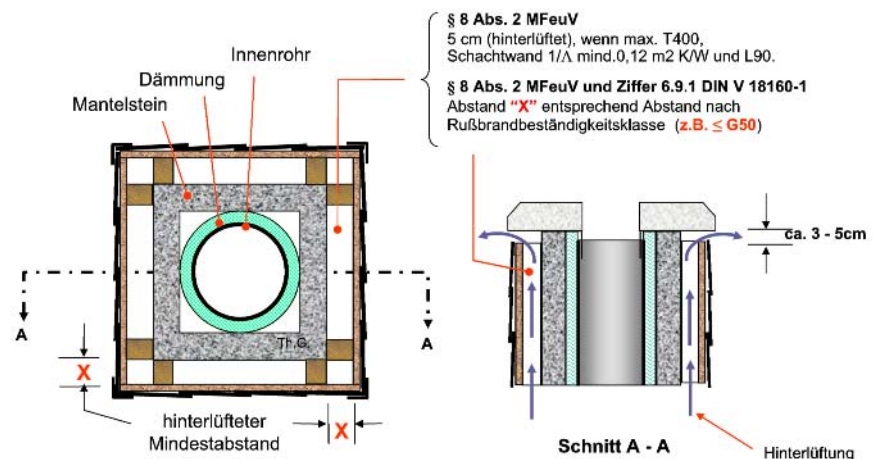


\*) Temperatur an den brennbaren Bauteilen bei Nennwärmeleistung ≤ 85 °C und bei Rußbränden ≤ 100 °C

Bild 20: Zu MFeuV § 8 Abstände von Schornsteinen zu Bauteilen aus oder mit brennbaren Baustoffen für Temperaturklassen bis T400

**Abstände von Schornsteinen zu Bauteilen aus oder mit brennbaren Baustoffen für Temperaturklassen bis T400 \*)**

**Schornsteinkopfverkleidung (Beispiel)**



**Empfehlung:** Anstelle von Dachlatten besser nichtbrennbare Baustoffe, z.B. Blechwinkel nutzen

Bild 21: Zu MFeuV § 8 Abstände von Schornsteinen zu Bauteilen aus oder mit brennbaren Baustoffen für Temperaturklassen bis T400 am Beispiel Schornsteinkopf

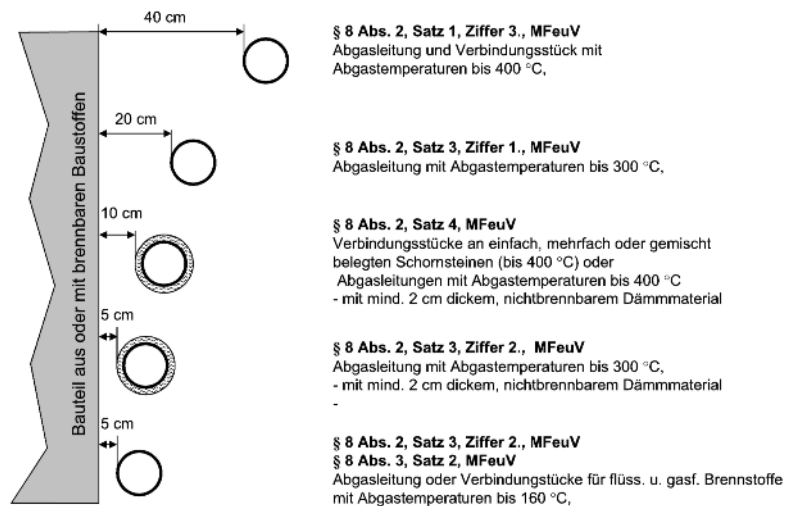


Bild 22: Zu MFeuV § 8 Abs. 2 und Abs. 3

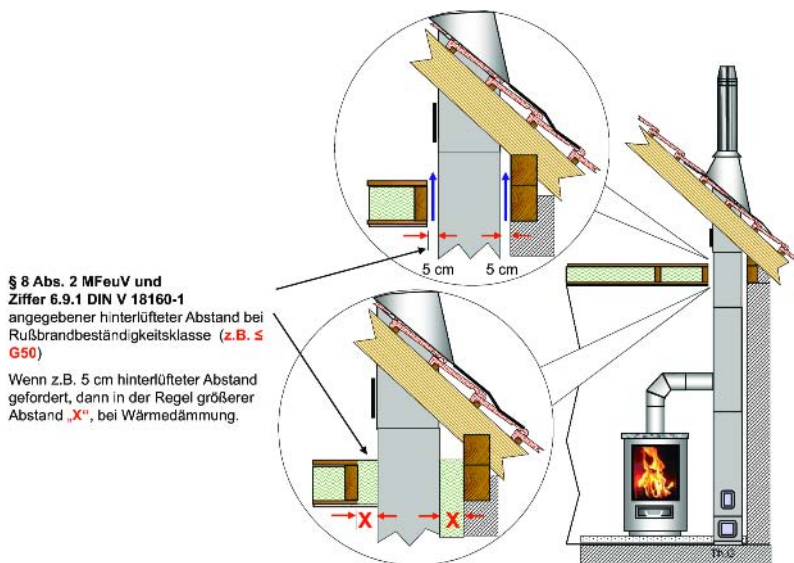


Bild 23: MFeuV § 8 Abs. 2

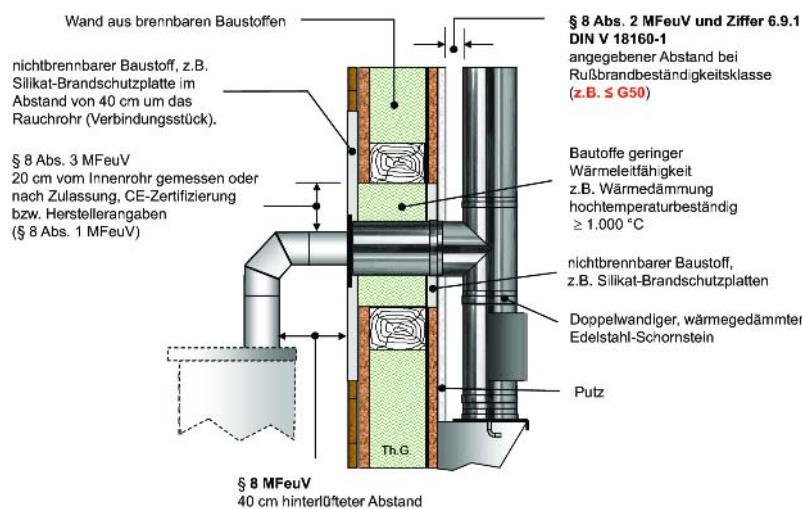


Bild 24: MFeuV § 8

<sup>2</sup>Abweichend von Satz 1 genügt bei Feuerstätten für flüssige und gasförmige Brennstoffe ein Maß von 5 cm, wenn die Abgastemperatur bei Nennleistung der Feuerstätten nicht mehr als  $160^\circ\text{C}$  betragen kann.

(4) Werden bei Durchführungen von Abgasanlagen durch Bauteile aus brennbaren Baustoffen Zwischenräume verschlossen, müssen dafür nicht brennbare Baustoffe mit geringer Wärmeleitfähigkeit verwendet und die Anforderungen des Absatzes 1 erfüllt werden.

## § 9 Abführung von Abgasen

(1) Die Mündungen von Abgasanlagen müssen

1. den First um mindestens 40 cm überragen oder von der Dachfläche mindestens 1 m entfernt sein (Bild 25); ein Abstand von der Dachfläche von 40 cm genügt, wenn nur raumluftunabhängige Feuerstätten für flüssige oder gasförmige Brennstoffe angeschlossen sind, die Summe der Nennleistungen der angeschlossenen Feuerstätten nicht mehr als 50 kW beträgt und das Abgas durch Ventilatoren abgeführt wird,
2. Dachaufbauten, Gebäudeteile, Öffnungen zu Räumen und ungeschützte Bauteile aus brennbaren Baustoffen, ausgenommen Bedachungen,

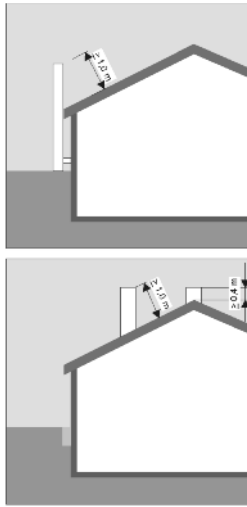


Bild 25: Zu MFeuV § 9 Abs. 1

um mindestens 1 m überragen, soweit deren Abstand zu den Abgasanlagen weniger als 1,5 m beträgt (Bild 26 und 27),

3. bei Feuerstätten für feste Brennstoffe in Gebäuden, deren Bedachung überwiegend nicht den Anforderungen des § 32 Abs. 1 MBO entspricht, am First des Daches austreten und diesen um mindestens 80 cm überragen.

(2) Die Abgase von raumluftunabhängigen Feuerstätten für gasförmige Brennstoffe dürfen durch die Außenwand ins Freie geleitet werden, wenn

1. eine Ableitung der Abgase über Dach nicht oder nur mit unverhältnismäßig hohem Aufwand möglich ist,
2. die Nennleistung der Feuerstätte 11 kW zur Beheizung und 28 kW zur Warmwasseraufbereitung nicht überschreitet und
3. Gefahren oder unzumutbare Belästigungen nicht entstehen.

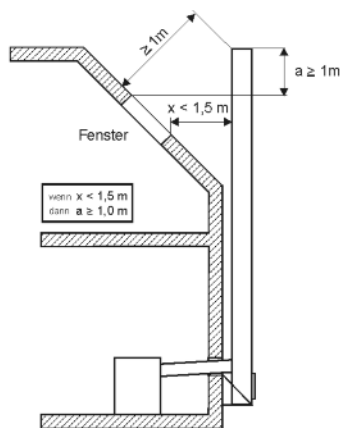


Bild 26: Zu MFeuV § 9 Abs. 2

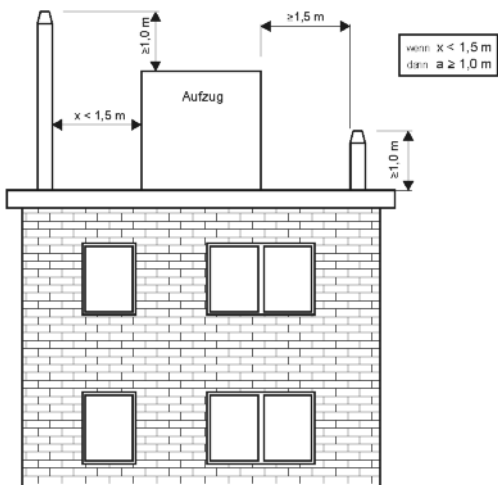


Bild 27: Zu MFeuV § 9 Abs. 2

**Hinweis:**

Abstände im Rahmen von Ableitbedingungen von Abgasen sind in § 19 1. BImSchV geregelt, diese Informationen finden Sie auch im BDH-Informationsblatt 22

## § 10 Wärmepumpen, Blockheizkraftwerke und ortsfeste Verbrennungsmotoren

(1) Für die Aufstellung von

1. Sorptionswärmepumpen mit feuerbeheizten Austreibern,
2. Blockheizkraftwerken in Gebäuden und
3. ortsfesten Verbrennungsmotoren

gelten § 3 Abs. 1 bis 6 sowie § 4 Abs. 1 bis 7 entsprechend.

(2) Es dürfen

1. Sorptionswärmepumpen mit einer Nennleistung der Feuerung von mehr als 50 kW,
2. Wärmepumpen, die die Abgaswärme von Feuerstätten mit einer Nennleistung von insgesamt mehr als 50 kW nutzen,
3. Kompressionswärmepumpen mit elektrisch angetriebenen Verdichtern mit Antriebsleistungen von mehr als 50 kW,
4. Kompressionswärmepumpen mit Verbrennungsmotoren,
5. Blockheizkraftwerke mit mehr als 35 kW Nennleistung in Gebäuden und
6. ortsfeste Verbrennungsmotoren nur in Räumen aufgestellt werden, die die Anforderungen nach § 5 erfüllen.

(3) <sup>1</sup>Die Verbrennungsgase von Blockheizkraftwerken und ortsfesten Verbrennungsmotoren in Gebäuden sind durch eigene, dichte Leitungen über Dach abzuleiten. <sup>2</sup>Mehrere Verbrennungsmotoren dürfen an eine gemeinsame Leitung nach Maßgabe des § 7 Abs. 4 angeschlossen werden. <sup>3</sup>Die Leitungen müssen außerhalb der Aufstellräume der Verbrennungsmotoren nach Maßgabe des § 7 Abs. 5 und 8 sowie § 8 beschaffen oder angeordnet sein.

(4) <sup>1</sup>Die Einleitung der Verbrennungsgase von Blockheizkraftwerken oder ortsfesten Verbrennungsmotoren in Abgasanlagen für Feuerstätten ist zulässig, wenn die einwandfreie Abführung der Verbrennungsgase und, soweit Feuerstätten angeschlossen sind, auch die einwandfreie Abführung der Abgase nachgewiesen ist. <sup>2</sup>§ 7 Abs. 1 gilt entsprechend.

(5) Für die Abführung der Abgase von Sorptionswärmepumpen mit feuerbeheizten Austreibern und Abgaswärmepumpen gelten die §§ 7 bis 9 entsprechend.

## § 11 Brennstofflagerung in Brennstofflagerräumen

(1) <sup>1</sup>Je Gebäude oder Brandabschnitt darf die Lagerung von

1. Holzpellets von mehr als 10 000 l,
2. sonstigen festen Brennstoffen in einer Menge von mehr als 15 000 kg,
3. Heizöl und Dieselkraftstoff in Behältern mit mehr als insgesamt 5 000 l der
4. Flüssiggas in Behältern mit einem Füllgewicht von mehr als insgesamt 16 kg nur in besonderen Räumen (Brennstofflagerräume) erfolgen, die nicht zu anderen Zwecken genutzt werden dürfen. <sup>2</sup>Das Fassungsvermögen der Behälter darf insgesamt 100 000 l Heizöl oder Dieselkraftstoff oder 6 500 l Flüssiggas je Brennstofflagerraum und 30 000 l Flüssiggas je Gebäude oder Brandabschnitt nicht überschreiten.

(2) <sup>1</sup>Wände und Stützen von Brennstofflagerräumen sowie Decken über oder unter ihnen müssen feuerbeständig sein. <sup>2</sup>Öffnungen in Decken und Wänden müssen, soweit sie nicht unmittelbar ins Freie führen, mindestens feuerhemmende und selbstschließende Abschlüsse haben. <sup>3</sup>Durch Decken und Wände von Brennstofflagerräumen dürfen keine Leitungen geführt werden, ausgenommen Leitungen, die zum Betrieb dieser Räume erforderlich sind sowie Heizrohrleitungen, Wasserleitungen und Abwasserleitungen. <sup>4</sup>Die Sätze 1 und 2 gelten nicht für Trennwände zwischen Brennstofflagerräumen und Heizräumen.

(3) Brennstofflagerräume für flüssige Brennstoffe müssen

1. gelüftet und von der Feuerwehr vom Freien aus beschäumt werden können und
2. an den Zugängen mit der Aufschrift „HEIZÖLLAGERUNG“ oder „DIESELKRAFTSTOFFLAGERUNG“ gekennzeichnet sein.

(4) Brennstofflagerräume für Flüssiggas

1. müssen über eine ständig wirksame Lüftung verfügen,
2. dürfen keine Öffnungen zu anderen Räumen, ausgenommen Öffnungen für Türen, und keine offenen Schächte und Kanäle haben,
3. dürfen mit ihren Fußböden nicht allseitig unterhalb der Geländeoberfläche liegen,
4. dürfen in ihren Fußböden keine Öffnungen haben,
5. müssen an ihren Zugängen mit der Aufschrift „FLÜSSIGGASANLAGE“ gekennzeichnet sein und
6. dürfen nur mit elektrischen Anlagen ausgestattet sein, die den Anforderungen der Vorschriften aufgrund des § 14 des Geräte- und Produktsicherheitsgesetzes für elektrische Anlagen in explosionsgefährdeten Räumen entsprechen.

(5) Für Brennstofflagerräume für Holzpellets gilt Absatz 4 Nr. 6 entsprechend.

## § 12 Brennstofflagerung außerhalb von Brennstofflagerräumen

(1) Feste Brennstoffe sowie Behälter zur Lagerung von brennbaren Gasen und Flüssigkeiten dürfen nicht in notwendigen Treppenträumen, in Räumen zwischen notwendigen Treppenträumen und Ausgängen ins Freie und in notwendigen Fluren gelagert oder aufgestellt werden.

(2) Heizöl oder Dieselkraftstoff dürfen gelagert werden

1. in Wohnungen bis zu 100 l,
2. in Räumen außerhalb von Wohnungen bis zu 1 000 l,
3. in Räumen außerhalb von Wohnungen bis zu 5 000 l je Gebäude oder Brandabschnitt, wenn diese Räume gelüftet werden können und gegenüber anderen Räumen keine Öffnungen, ausgenommen Öffnungen mit dichtschießenden Türen, haben,



4. in Räumen in Gebäuden der Gebäudeklasse 1 mit nicht mehr als einer Nutzungseinheit, die keine Aufenthaltsräume sind und den Anforderungen nach Nr. 3 genügen bis zu 5 000 l.

(3) <sup>1</sup>Sind in den Räumen nach Absatz 2 Nr. 2 bis 4 Feuerstätten aufgestellt, müssen diese

1. außerhalb erforderlicher Auffangräume für auslaufenden Brennstoff stehen und
2. einen Abstand von mindestens 1 m zu Behältern für Heizöl oder Dieselkraftstoff haben.

<sup>2</sup>Dieser Abstand kann bis auf die Hälfte verringert werden, wenn ein beiderseits belüfteter Strahlungsschutz vorhanden ist. <sup>3</sup>Ein Abstand von 0,1 m genügt, wenn nachgewiesen ist, dass die Oberflächentemperatur der Feuerstätte 40 °C nicht überschreitet.

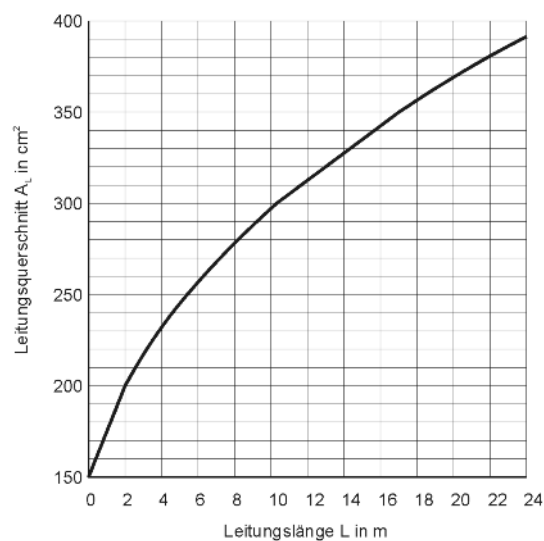
(4) Flüssiggas darf in Wohnungen und in Räumen außerhalb von Wohnungen gelagert werden jeweils in einem Behälter mit einem Füllgewicht von nicht mehr als 16 kg, wenn die Fußböden allseitig oberhalb der Geländeoberfläche liegen und außer Abläufen mit Flüssigkeitsverschluss keine Öffnungen haben.

### § 13 Flüssiggasanlagen und Dampfkesselanlagen

(1) <sup>1</sup>Für Flüssiggasanlagen und Dampfkesselanlagen, die weder gewerblichen noch wirtschaftlichen Zwecken dienen oder durch die keine Beschäftigten gefährdet werden können, gelten die materiellen Anforderungen und Festlegungen über erstmalige Prüfungen vor Inbetriebnahme und wiederkehrende Prüfungen der aufgrund des § 14 Geräte- und Produktsicherheitsgesetzes erlassenen Vorschriften entsprechend. <sup>2</sup>Dies gilt nicht für die in diesen Vorschriften genannten Flüssiggasanlagen und Dampfkesselanlagen, auf die diese Vorschriften keine Anwendung finden. <sup>3</sup>Eine sicherheitstechnische Bewertung der Anlagen zur Ermittlung der Prüffristen ist nicht erforderlich; es gelten die Höchstfristen.

(2) Zuständige Behörden im Sinne der Vorschriften nach Absatz 1 sind die ...2 2) Nach Landesrecht.

Leitungsquerschnitte für die Verbrennungsluftversorgung nach DVGW-TRGI 2008 oder alternativ Berechnung nach DIN 13384-1



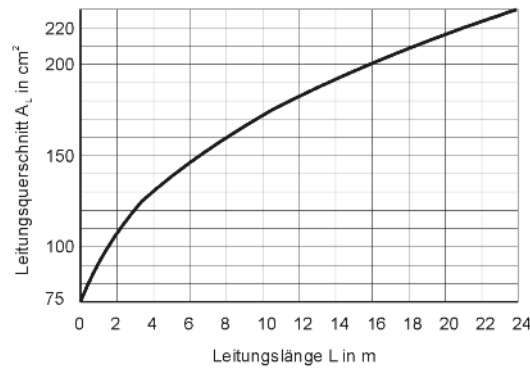
$$A_L = A \times \left(1 + 15,8 \times \frac{L}{A_{0,7}}\right)^{0,5}$$

- A<sub>L</sub> Querschnitt der Verbrennungsluftleitung in cm<sup>2</sup>
- A Querschnitt der Verbrennungsluftöffnung = 150 cm<sup>2</sup>
- L Länge der Verbrennungsluftleitung in m

Richtungsänderungen sind mit äquivalenten Leitungslängen zu berücksichtigen:

- 90° = 3,0 m
- 45° = 1,5 m
- Gitter = 0,5 m

Bild 28: Äquivalente quadratische Leitungsquerschnitte A<sub>L</sub> in Abhängigkeit von der Leitungslänge L für gerade Verbrennungsluftleitungen, die einer Verbrennungsluftöffnung ins Freie von 150 cm<sup>2</sup> freien Querschnitts entsprechen



$$A_L = A \times \left(1 + 15,8 \times \frac{L}{A_L^{0,7}}\right)^{0,5}$$

- A<sub>L</sub> Querschnitt der Verbrennungsluftleitung in cm<sup>2</sup>
- A Querschnitt der Verbrennungsluftöffnung = 75 cm<sup>2</sup>
- L Länge der Verbrennungsluftleitung in m

Richtungsänderungen sind mit äquivalenten Leitungslängen zu berücksichtigen:

- 90° = 3,0 m
- 45° = 1,5 m
- Gitter = 0,5 m

Bild 29: Äquivalente quadratische Leitungsquerschnitte A<sub>L</sub> in Abhängigkeit von der Leitungslänge L für gerade Verbrennungsluftleitungen, die einer Verbrennungsluftöffnung ins Freie von 75 cm<sup>2</sup> freien Querschnitts entsprechen

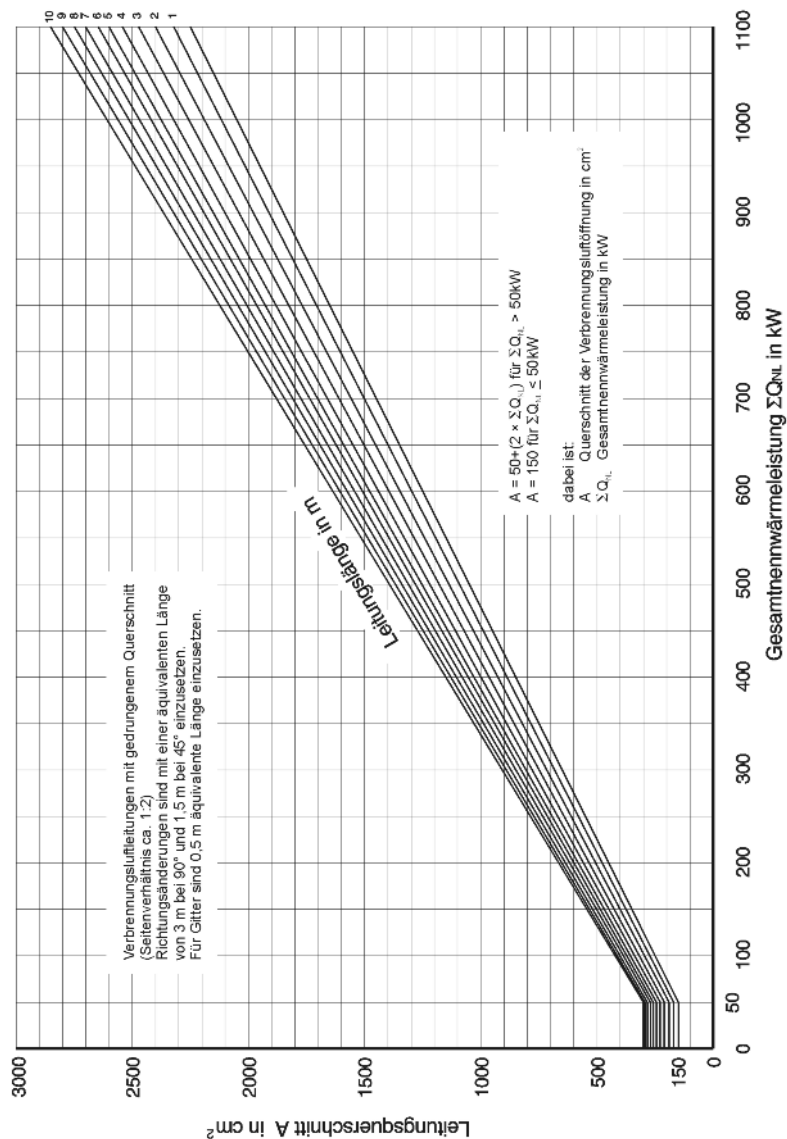


Bild 30: Bemessung von geraden Verbrennungsluftleitungen mit gedrungem Querschnitt (Seitenverhältnis 1:2). Es liegt die Bemessungsgleichung, wie in den Diagrammen 21 und 22 aufgeführt, zugrunde





# BDH

Bundesindustrieverband Deutschland  
Haus-, Energie- und Umwelttechnik e.V.

Frankfurter Straße 720-726  
51145 Köln  
Tel.: (0 22 03)-9 35 93-0  
Fax: (0 22 03)-9 35 93-22  
E-Mail: [info@bdh-koeln.de](mailto:info@bdh-koeln.de)  
Internet: [www.bdh-koeln.de](http://www.bdh-koeln.de)