

Brennstoffzellen

für die Hausenergieversorgung



Einleitung

Für Gebäude, welche über einen Gasanschluss verfügen, ist ein Brennstoffzellenheizgerät eine interessante Option. Im Gegensatz zu herkömmlichen Gasheizkesseln erzeugen Brennstoffzellenheizgeräte sowohl Wärme für die Gebäudebeheizung und die Trinkwassererwärmung als auch Strom. Der Strom steht zum Eigenverbrauch oder zur Einspeisung in das öffentliche Netz zur Verfügung. Das Brennstoffzellenheizgerät ist somit eine stromerzeugende Heizung, welche aber im Gegensatz zu herkömmlichen Mini- und Mikro-KWK-Anlagen nicht auf einen motorischen Prozess sondern auf eine elektrochemische Umwandlung des Energieträgers setzt. Durch die direkte Umwandlung des Brennstoffs in elektrische und thermische Energie lassen sich höhere Wirkungsgrade als bei herkömmlichen KWK-Anlagen erreichen. Im ersten Schritt wird das Erdgas zu einem wasserstoffreichen Prozessgas reformiert. Im zweiten Schritt erfolgt in einem Brennstoffzellenstapel die kombinierte Erzeugung von Strom und Wärme. Bei Hochtemperatur-Brennstoffzellen erfolgt die Reformierung in der Brennstoffzelle.

Derzeit bieten mehrere Hersteller Brennstoffzellenheizgeräte an, welche entweder als Einzelgerät oder zusammen mit einem Gas-Brennwertkessel angeboten werden. Die Brennstoffzelle übernimmt die Grundlasterzeugung der Wärme. Bedarfsspitzen werden durch das Zusatzheizgerät, meist ein Gas-Brennwertkessel, abgedeckt. Durch einen ausreichend dimensionierten Pufferspeicher kann Wärme bevorratet werden, sodass möglichst viel Strom erzeugt werden kann, wenn dieser im Gebäude benötigt wird. Bei der Installation von Brennstoffzellenheizgeräten ist darauf zu achten, dass ein Zweizegler am Hausanschluss installiert wird. Über diesen kann der Netz-

betreiber den eingespeisten Strom abrechnen. Ferner wird ein weiterer Zähler benötigt, der direkt am Gerät die Menge des erzeugten Stroms misst und so die Inanspruchnahme der Förderung nach dem KWKG ermöglicht. Ähnlich wie bei Gas-Brennwertkesseln sind die Abgase über ein feuchtunempfindliches Abgassystem abzuführen. Die Bedienung des Brennstoffzellenheizgerätes erfolgt über eine Regelung am Gerät. Auf Wunsch ist auch die Digitalisierung der Anlage möglich. Hierdurch kann der Betreiber über ein Smartphone oder ein Tablet aus der Ferne ablesen, wieviel Strom gerade produziert, in das öffentliche Netz eingespeist oder selbst verbraucht worden ist. Auch die Fernwartung ist durch die Digitalisierung möglich.

Brennstoffzellenheizgeräte können sowohl im Neubau, als auch im Gebäudebestand eingesetzt werden. Der Einbau und der Betrieb von Brennstoffzellenheizgeräten werden über den Staat gefördert. So wird z. B. über das KfW-Programm 433 „Energieeffizient Bauen und Sanieren – Zuschuss Brennstoffzelle“ eine Anlage mit einer elektrischen Leistung von einem kW mit einem Investitionszuschuss von ca. € 12.300,- gefördert. Hinzu kommt eine dem Strommarkt angepasste Vergütung für den in das öffentliche Netz eingespeisten Strom. Brennstoffzellenheizgeräte erreichen bei der Ausstellung des europäischen Energielabels für Wärmeerzeuger im Regelfall die Energieeffizienzklasse A++.



Abb. 1:
Das Brennstoffzellenheizgerät erzeugt Wärme und Strom im Wohnhaus

Das Funktionsprinzip der Brennstoffzelle

Im Folgenden wird das Funktionsprinzip einer PEM-Brennstoffzelle (Proton Exchange Membrane) erläutert. Das Funktionsprinzip basiert im Wesentlichen auf der Umwandlung von Wasserstoff und Sauerstoff zu Wasser (Abb. 2). Dabei kommt es unter kontrollierten Bedingungen ohne externe Energiezufuhr zu einer Reaktion des eingesetzten Wasserstoffs mit Sauerstoff. Dieser Vorgang wird auch als „kalte Verbrennung“ bezeichnet. Hierbei entsteht neben elektrischem Strom auch Wärme.

Die PEM-Brennstoffzelle besteht aus zwei Elektroden – der Anode (Minuspol) und der Kathode (Pluspol). Sie sind getrennt durch den Elektrolyt mit einer festen, ionendurchlässigen Membran. Jede der Elektroden ist mit einem Katalysator beschichtet, z. B. Nickel oder Platin. Nachdem Wasserstoff der Anode zugeführt wurde, teilt er sich in Elektronen und Protonen. Die freien Elektronen werden als elektrischer Strom durch den äußeren Kreislauf genutzt. Die Protonen breiten sich durch den Elektrolyt zur Kathode aus. An der Kathode verbindet sich der Sauerstoff aus der Luft mit Elektronen aus dem äußeren Kreislauf und Protonen. Gemeinsam ergeben sie Wasser und Wärme. Zwischen Kathode und Anode kann sich nun eine Spannung aufbauen. Verbindet man beide Elektroden miteinander, fließen die Elektronen von der Anode zur Kathode und liefern so Strom. Die Reaktionswärme wird zum Heizen und zur Warmwasserbereitung genutzt. Die Brennstoffzelle kann direkt mit Wasserstoff oder alternativ mit Erdgas mit einem vorgeschalteten Reformer betrieben werden.

Im Gegensatz zu den KWK-Anlagen mit motorischem Konzept weisen Brennstoffzellenheizgeräte aufgrund ihrer direkten elektrochemischen Umwandlung im Regelfall höhere elektrische Wirkungsgrade auf. Die in der Praxis

	PEMFC Proton Exchange Membrane	SOFC Oxidkeramik
Elektrolyt	Polymer-Membran	Festkeramischer Elektrolyt
Arbeits-temperatur	70–90 °C	650–1.000 °C
Brennstoff	<ul style="list-style-type: none"> • Wasserstoff • Erdgas • Methanol • Methan 	<ul style="list-style-type: none"> • Wasserstoff • Erdgas • Methan
Einsatzbereich	<ul style="list-style-type: none"> • Kfz-Antrieb • BHKW • Mikro-KWK 	<ul style="list-style-type: none"> • Kraftwerk • BHKW • Mikro-KWK
Anlagen-wirkungsgrad (elektrisch)	~ 32–38 %	~ 33–60 %

Tab. 1: Eigenschaften von PEMFC- und SOFC-Brennstoffzellen

erreichte elektrische Gleichspannung liegt bei einer einzelnen Brennstoffzelle zwischen 0,8 und 0,9 V. Die Zellspannung ist abhängig von der Temperatur, dem Druck und der Gaszusammensetzung. Um eine höhere Spannung zu erreichen, müssen daher einzelne Brennstoffzellen miteinander verbunden werden. Diese Zusammenschaltung erfolgt in der Regel in einer Sandwich-Bauweise (Brennstoffzellenstapel oder auch Stack), d. h. die einzelnen Zellen werden aufeinander gestapelt und in Reihe geschaltet.

Brennstoffzellen können in zwei Gruppen nach ihrem Temperaturniveau klassifiziert werden: Niedertemperaturbrennstoffzellen und Hochtemperaturbrennstoffzellen. Bei den zwei für die Gebäudebeheizung gängigsten Typen handelt es sich um die PEMFC (engl. Proton Exchange Membrane Fuel Cell) und die SOFC (engl. Solid Oxide Fuel Cell). In der Tabelle 1 sind die wesentlichen Merkmale der beiden Typen aufgelistet:

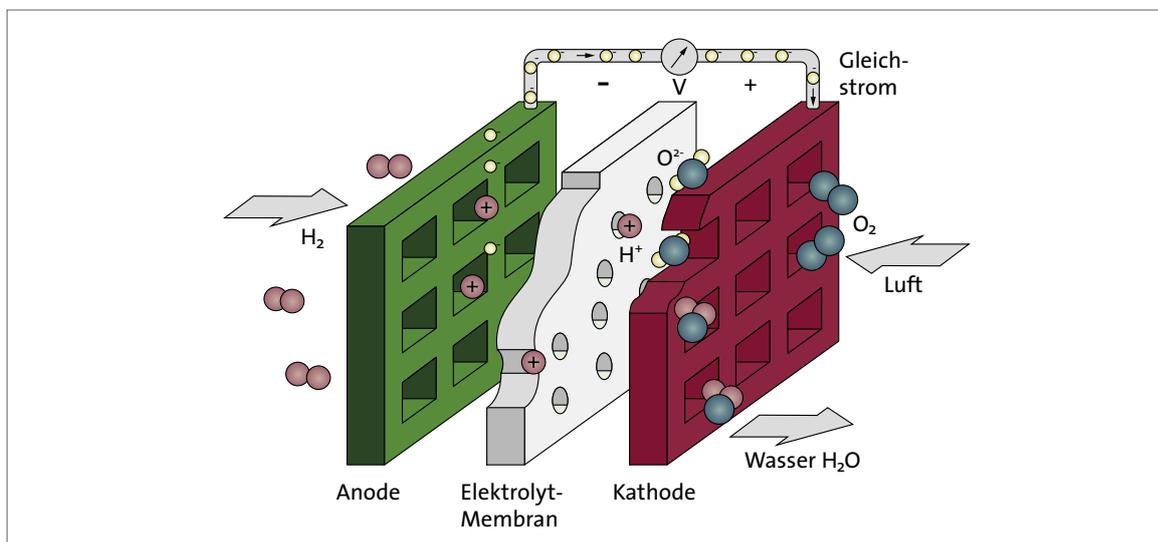


Abb. 2: Funktionsweise einer PEM-Brennstoffzelle

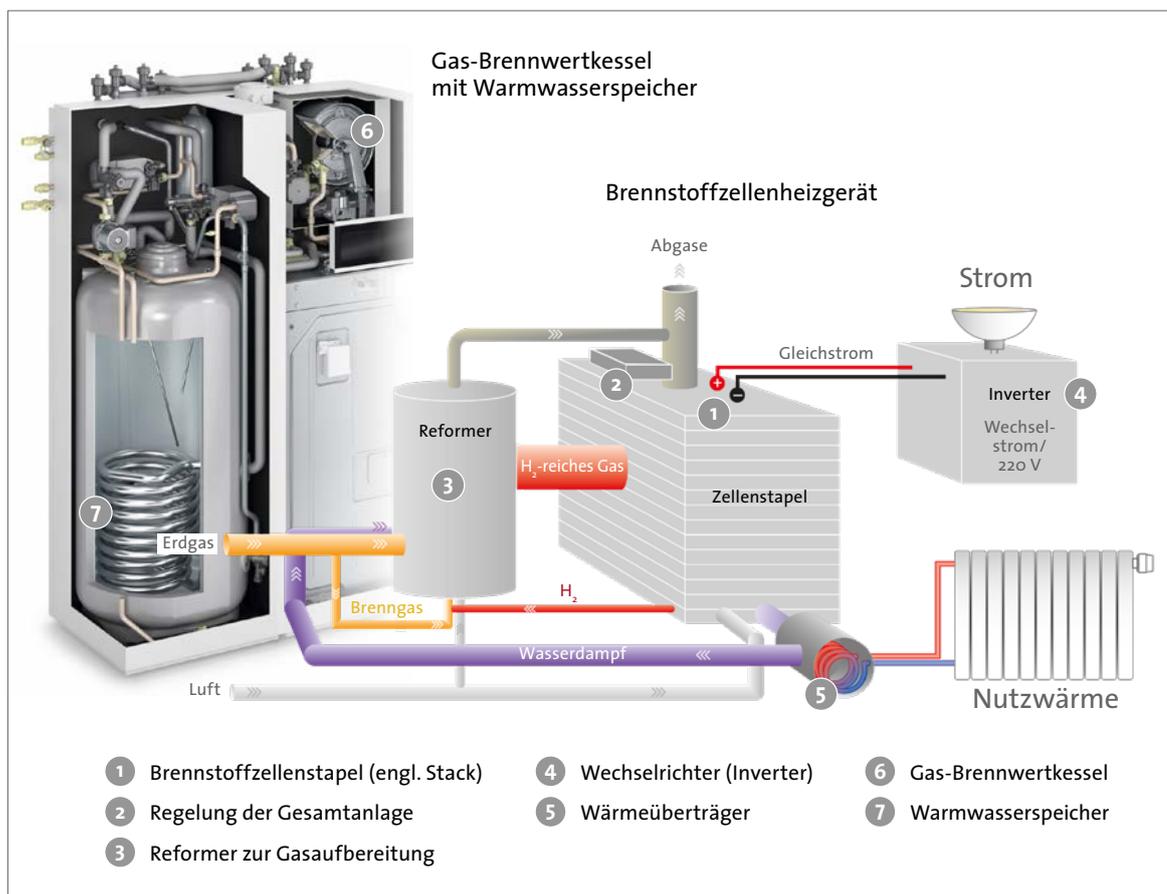
Die Brennstoffzellenanlage



Abb. 3: Das Brennstoffzellenheizgerät lässt sich sowohl im Neubau als auch im Altbau installieren

Nach intensiver Entwicklung und Erprobung von Brennstoffzellenheizgeräten mit Unterstützung der Energiewirtschaft und Politik in diversen Praxistests bieten Hersteller von Brennstoffzellenheizgeräten inzwischen ein breites Spektrum dieser innovativen Produkte für das Ein- und Zweifamilienhaus an. Abbildung 4 zeigt den grundsätzlichen Aufbau einer Brennstoffzellenanlage. Die Anlage wird dabei unterteilt in das eigentliche Brennstoffzellenheizgerät und die dazugehörige Peripherie.

Brennstoffzellen lassen sich wie jede andere neue Gasheizung vergleichsweise einfach installieren. Die wesentliche Voraussetzung ist ein vorhandener Erdgasanschluss. Dabei haben Brennstoffzellenheizgeräte vergleichbare Abmessungen wie andere Heizgeräte auch. In der Regel reicht ein Keller mit ungefähr zwei Metern Höhe. Beim Austausch einer alten Gasheizung müssen nur wenige Installationsarbeiten durchgeführt werden, um die neue Anlage technisch zu integrieren.



Quelle: ASUE

Abb. 4: Komponenten einer Brennstoffzellenanlage

Verfügbare Brennstoffzellenheizgeräte

Tabelle 2 zeigt eine Auswahl von Brennstoffzellenheizgeräten, welche in Deutschland derzeit verfügbar sind. Die Geräte werden zum Teil mit integriertem Gas-Brennwertkessel sowie mit integriertem Trinkwarmwasser- und Pufferspeicher angeboten. Einige Hersteller bieten nur das reine Brennstoffzellenheizgerät als Einzelgerät an, sodass der Spitzenlastkessel und die Warmwasserspeicher installationsseitig eingebaut werden müssen. Die elektrische Leistung der Geräte liegt zwischen 0,75 und 1,5 kW_{el}, die thermische Leistung zwischen 0,85 und 1,25 kW_{th}. Die elektrischen Wirkungsgrade liegen zwischen 36 und 55 %.



Abb. 5: Das Brennstoffzellenheizgerät ist einfach zu installieren

Hersteller	Buderus BLUEGEN BG15	SenerTec Dachs o.8	SOLIDpower BLUEGEN BG15	Viessmann Vitolator PT2	Viessmann Vitolator PA2	Remeha electa 300	Sunfire Sunfire-Home 750
Anlage	Brennstoffzellen-Einzelgerät	Brennstoffzelle mit integriertem Brennwertgerät und Warmwasserspeicher	Brennstoffzellen-Einzelgerät	Brennstoffzelle mit integriertem Brennwertgerät und Warmwasserspeicher	Brennstoffzellen-Einzelgerät	Brennstoffzelle mit Zusatzheizgerät und Speichersystem	Brennstoffzellen-Einzelgerät
Typ Brennstoffzelle	SOFC	PEMFC	SOFC	PEMFC	PEMFC	PEMFC	SOFC
Maße nur Grundgerät (T x B x H)	800 x 550 x 1.200 mm	1.080 x 1.410 x 1.870 mm	800 x 1.200 x 1.800 mm	595 x 1.200 x 1.800 mm	595 x 600 x 1.600 mm	1.080 x 410 x 1.870 mm	600 x 680 x 1.150 mm
Elektrische Leistung	1.500 W	750 W	1.500 W	750 W	750 W	750 W	750 W
Thermische Leistung	850 W	1.100 W	850 W	1.100 W	1.100 W	1.100 W	1.250 W
Elektrischer Wirkungsgrad	55 %	38 %	55 %	38 %	38 %	38 %	36 %
Thermischer Wirkungsgrad	33 %	54 %	33 %	54 %	54 %	54 %	54 %
Gesamtwirkungsgrad	88 %	92 %	88 %	92 %	92 %	92 %	90 %
Pufferspeicher Heizungswasser	extern	300 l	extern	220 l Trinkwasserspeicher	extern	300 l	extern

Tab. 2: Verfügbare Brennstoffzellenheizgeräte für den häuslichen Bereich in Deutschland

Fördergelder durch den Staat

Das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie unterstützt den Einbau von Brennstoffzellenheizgeräten über das KfW-Programm 433 „Energieeffizient Bauen und Sanieren – Zuschuss Brennstoffzelle“ mit einem Förderzuschuss von € 6.800,- als Grundförderung, der darüber hinaus mit einem Zusatzbetrag von € 550,- je angefangener 100 Watt elektrischer Leistung aufgestockt wird. Für ein Gerät mit einer elektrischen Leistung von einem kW gibt es z. B. € 12.300,-. Der Zuschuss ist bei Anlagen bis 20 kW_{el} nicht mit der Stromvergütung über das KWKG kombinierbar.

Wer seinen Strom einspeist, bekommt zudem eine Einspeisevergütung vom Netzbetreiber, die sich an marktüblichen Handelspreisen an der Leipziger Strombörse orientiert. Weiterhin sparen Hauseigentümer, die ihren Strom selbst verbrauchen, einen großen Teil der Stromkosten, die durch den gelieferten Strom anfallen würden. Zum

Vergleich: Laut Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft beträgt der durchschnittliche Strompreis für Haushalte ca. 29 Cent pro kWh.

Seit dem 26. September 2015 erhalten zum Verkauf angebotene neue Heizkessel, Wärmepumpen und KWK-Anlagen (bis 50 kW_{el}) – auch als Raumheizgeräte bezeichnet – ein Energieeffizienzlabel. Ein solches Label ist dem Endverbraucher beim Kauf von Waschmaschinen, Glühbirnen, Fernsehen und anderen Haushaltsgeräten schon seit langem bekannt. Brennstoffzellenheizgeräte erhalten im Label durchwegs die Energieeffizienzklasse A++.

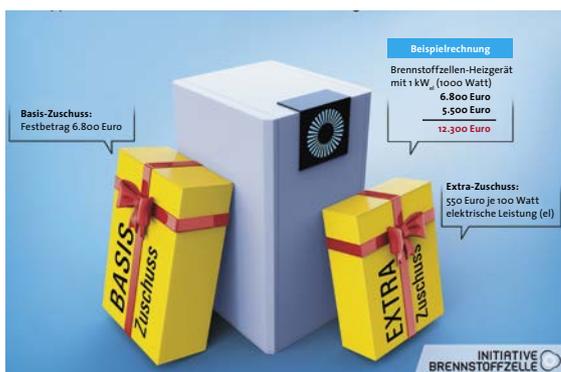


Abb. 6: Förderung von Brennstoffzellenheizgeräten über das KfW-Programm 433



Abb. 7: Mit Brennstoffzellenheizgeräten lassen sich höhere Wirkungsgrade erreichen als mit motorischen KWK-Anlagen

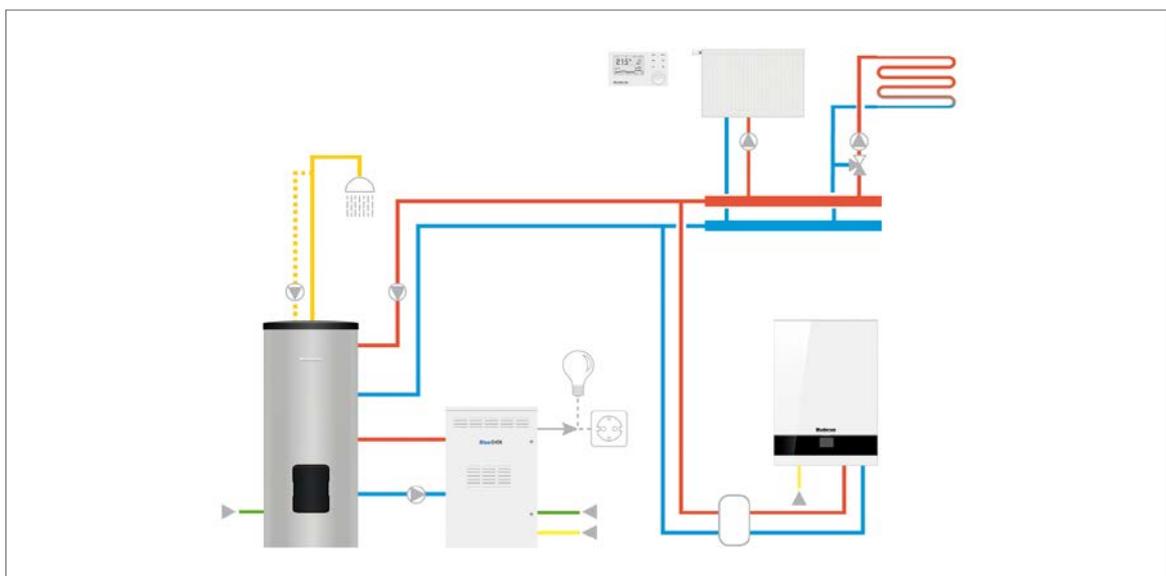


Abb. 8: Einbindung eines Brennstoffzellenheizgerätes in ein Heizsystem

Energielabel und Zusammenfassung

Zum Vergleich erhält ein moderner Gas- oder Ölbrennwertkessel die Energieeffizienzklasse A. Um den Vergleich der Energieeffizienzklasse des neuen Raumheizgerätes mit der von alten Bestandsheizkesseln zu ermöglichen, ist in Deutschland in 2016 das sogenannte Heizungsaltanlagenlabel eingeführt worden. Hierbei labeln Schornsteinfeger, Heizungsbauer und bestimmte Energieberater im Handwerk sukzessive alle in Deutschland installierten Gas- und Ölheizkessel bis Baujahr 2008. Alte Gas- und Ölheizkessel auf Basis der Standard- und Niedertemperaturtechnik erreichen hierbei die Energieeffizienzklassen D und C. Das bedeutet, durch den Austausch eines alten Heizkessels gegen ein Brennstoffzellenheizgerät steigt die Energieeffizienz um 4 bis 5 Klassen. Dieser Klassenunterschied signalisiert die hohe Effizienz von Brennstoffzellenheizgeräten. Die als Effizienzmaßstab dienende jahreszeitbedingte Raumheizungs-Energieeffizienz η_s steigt von ca. 70 auf über 125 %.



Abb. 9: Brennstoffzellenheizgeräte mit doppeltem Plus

Zusammenfassung

Brennstoffzellenheizungen bieten dem Endverbraucher zahlreiche Vorteile: Sie überzeugen mit höchster Effizienz, niedrigen Verbrauchskosten sowie umweltschonender Erzeugung von Strom und Wärme. Sie sind sowohl beim Neubau als auch bei der Sanierung der bestehenden Heizungsanlage einsetzbar. Der Staat gewährt durch das KfW-Programm 433 hohe Investitionszuschüsse beim Einbau. Der erzeugte Strom kann sowohl im Gebäude selbst verbraucht, als auch in ein öffentliches Netz eingespeist werden. Durch den Selbstverbrauch des erzeugten Stroms kann die durch den Stromversorger zu beziehende Strommenge in großen Mengen reduziert werden, sodass sich die Stromkosten zu gleichen Anteilen reduzieren. Brennstoffzellenheizgeräte erreichen bei der Ausstellung des europäischen Energielabels im Regelfall die Energieeffizienzklasse A++. Auf Wunsch ist auch eine Internet-Anbindung möglich, sodass das Brennstoffzellenheizgerät über ein Smartphone oder ein Tablet von überall bedient und überwacht werden kann.

www.bdh-koeln.de



Herausgeber: Interessengemeinschaft Energie Umwelt
Feuerungen GmbH, Frankfurter Straße 720–726, 51145 Köln

Ausgabe März 2021

BDH

Bundesverband der
Deutschen Heizungsindustrie

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

Internet: www.bdh-koeln.de