



Wärme und Strom – ein cleveres System

WKK

WKK

CCF

WKK

CCF

CCF

Erdgas ist Brennstoff – und ist Treibstoff. Erst dadurch lässt sich das thermodynamische Potenzial von Erdgas vollständig nutzen, also Strom und gleichzeitig Wärme produzieren: Wärme-Kraft-Kopplung (WKK). Gleiches gilt für Biogas; die beiden umweltfreundlichen Energieträger ergeben einen guten Mix. Module zur kombinierten Erzeugung von Strom und Wärme gibt es in jeder Leistungsklasse, sie passen ins Einfamilienhaus ebenso wie ins Grossobjekt. Wärme-Kraft-Kopplung in gasversorgten Gebieten – ein cleveres System.

WKK – Heizung mit Mehrwert

Einsatzbereiche: Für welche Bauten eignen sich Wärme-Kraft-Kopplungsanlagen? Für Bauten mit Wärmebedarf! Tatsächlich passt eine Heizung mit Wärme-Kraft-Kopplung (WKK) in Wohn- und Gewerbehäuser, in Schul- und Sportbauten sowie in Industriebauten. Aufgrund des breiten Leistungsspektrums passen WKK-Anlagen grundsätzlich in jede Heizzentrale, in kleine ebenso wie in grosse Objekte – Mikro-WKK, Mini-WKK und Gross-WKK (Tabelle 1).

Betriebsmanagement: WKK-Anlagen produzieren Strom und Wärme gleichzeitig im Verhältnis 1 zu 2. Ein stromgeführter Betrieb – unter Verzicht der Wärmenutzung – ist in der Schweiz nicht zulässig. Falls ein technischer Wärmespeicher verfügbar ist, lässt sich aber die Betriebs-

weise an den Strombedarf respektive an attraktive Rückspeisetarife anpassen. Batterien zur Speicherung von Elektrizität bieten eine interessante Möglichkeit, die Eigenstromnutzung zu erhöhen.

Präzis planen: Das Gebäude und die WKK-Anlage müssen als integrales Gesamtsystem funktionieren, was eine präzise Einbindung bedingt. Dies gilt vor allem für die Dimensionierung der WKK-Anlage. Der Jahresgang des Wärmebedarfs (Abbildung 1) dient zur Planung. Die Wärmeleistung einer WKK-Einheit liegt zwischen der ganzjährig anfallenden Grundlast (im Beispiel die Wassererwärmung) und etwa 50 % bis 60 % des Spitzenbedarfs. Der Spitzenbedarf wird über den Wärmespeicher respektive über den Gasheizkessel gedeckt.

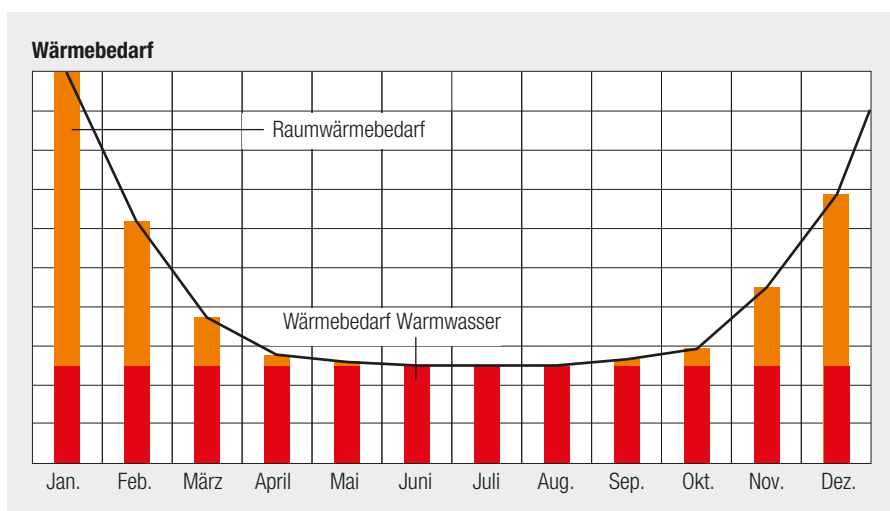
Tabelle 1: Leistungsangaben beziehen sich auf die elektrische Leistung in kW_{el}.

Wärme-Kraft-Kopplung – Klassierung		
Mikro – bis 10 kW _{el}	Mini – bis 50 kW _{el}	Grossanlagen – über 50 kW _{el}
Einfamilienhäuser, kleine Mehrfamilienhäuser und Gewerbebetriebe	Grössere Mehrfamilienhäuser, Gewerbebetriebe, Dienstleistungsgebäude, Nahwärmeverbünde	Industriebetriebe, Wohnüberbauungen, Dienstleistungsgebäude, Industriebetriebe, Nah-/Fernwärmeverbünde

Tabelle 2: Ein Treibstoff – vier Wege der Nutzung.

Nutzung von Wärme und Strom			
Wärmeproduktion		Stromproduktion	
Direktnutzung	Nutzung über Wärmespeicher	Stromeigennutzung	Einspeisung ins Netz

Abbildung 1: Wärmebedarf einer Wohnsiedlung (Jahresgang).



Technik: Die meisten WKK-Anlagen werden von einem Industriemotor angetrieben. Seit 140 Jahren bewährt sich dieser Motortyp; den ersten Gasmotor baute 1876 Nicolaus August Otto. Die Wärme im Abgas und die Strahlungswärme des Motors werden konsequent genutzt. Der mit dem Motor gekoppelte Generator erzeugt Elektrizität und ist oft wassergekühlt.

Treibstoffe: Die Nutzung von Erdgas respektive Biogas für den Antrieb der WKK-Anlage hat enorme Vorteile, denn das Gasnetz liefert zuverlässig und vor allem effizient (Tabelle 4). Eine Anlieferung in Chargen entfällt, wie das bei anderen Treib- und Brennstoffen notwendig ist. Gasbezüger können ihren individuellen Biogasanteil wählen. In landwirtschaftlichen Betrieben, Kompogasanlagen und

Kläranlagen kommt häufig Klärgas und Rohbiogas zum Einsatz; andere Treibstoffe sind dagegen selten.

Stromeigennutzung: Mit der im Jahr 2014 in Kraft getretenen Energieverordnung (EnV; SR 730.01) kann der durch WKK- und PV-Anlagen im eigenen Gebäude erzeugte Strom am Ort der Produktion entweder selbst genutzt oder an andere Endverbraucher im gleichen Gebäude verkauft werden.

Laufzeiten pro Jahr: Zwischen 1000 und 6000 Stunden sind WKK-Anlagen typischerweise in Betrieb. In der Regel ist der Wärmebedarf für den Betrieb ausschlaggebend.

WKK-Technologien		
Otto-Motor mit Generator	Brennstoffzelle	Stirling-Motor mit Generator
Sehr bewährte Technologie; zuverlässig, wirtschaftlich und ökologisch seit Jahrzehnten	Bewährte, innovative Technologie; nur eingeschränkte Gerätepalette am Markt verfügbar	Technologie mit grossem Potenzial; einige Geräte im Praxistest; nur bedingt serienreif
Erdgas oder Biogas als Treibstoff (in Autos: Benzin)	Erdgas, Biogas oder Wasserstoff als Treibstoff	Erdgas oder Biogas, seltener Holzenergie

Tabelle 3: Drei Technologien der Wärme-Kraft-Kopplung.

Treibstoffe			
Erdgas	Biogas/ Erdgas	Rohbiogas	Andere Treibstoffe
Häufigster Treibstoff für WKK-Anlagen	Mix aus aufbereitetem Biogas und Erdgas	Dazu gehören auch Klär- und Deponiegas; stark steigender Absatz	Flüssiggase, Diesel und Wasserstoff mit seltener Anwendung

Tabelle 4: Die wichtigsten Treibstoffe.

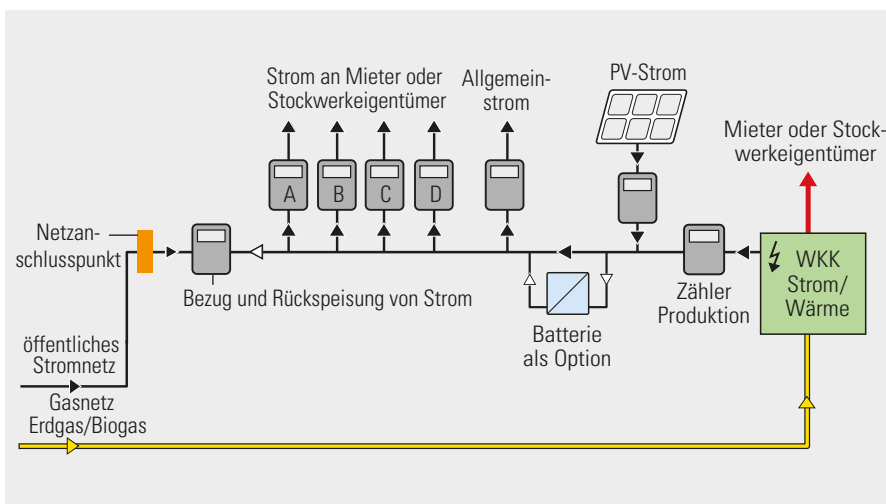


Abbildung 2: Energiefluss bei Nutzung von Strom für den Eigenverbrauch.

Glossar

■ **BHKW:** Abkürzung für Blockheizkraftwerk; verbreiteter Begriff für kompakte Wärme-Kraft-Kopplungsanlage. Kommt in der Regel «en bloc» auf die Baustelle.

■ **KWK:** In Deutschland und Österreich gebräuchliches Kürzel für Kraft-Wärme-Kopplung.

■ **WKK:** Abkürzung für Wärme-Kraft-Kopplung – bedeutet die gleichzeitige Erzeugung von elektrischem Strom und nutzbarer Wärme.

■ **Biogas:** Aus Biomasse durch Vergärung gewonnenes, brennbares Gas mit 90 % Methan; aufgrund der Zertifizierung ist mit stark steigendem Absatz zu rechnen.

■ **Erdgas:** Natürlich in der Erde vorkommendes Gas, das überwiegend aus Methan besteht.

■ **Methan (CH₄):** Hauptbestandteil von Erdgas und Biogas (> 90 % Methan).

■ **Rohbiogas:** Primärgas aus Biomasse mit etwa 50 % bis 60 % Methan.

■ **Endenergie:** Aus Primärenergie gewonnene Energie; sie ist besonders für den Handel geeignet (z.B. Strom, Pellet). Bei Erdgas sind Primär- und Endenergie identisch.

■ **Primärenergie:** Energie oder Energiequelle in der ursprünglichen, in der Natur vorkommenden Form (z.B. Erdgas, Holz, Sonne, Wind).

■ **Umweltwärme:** Im natürlichen Umfeld vorkommende Wärme; in der Regel bezieht sich der Begriff auf Aussenluft zur Nutzung in Gas- oder Elektro-Wärmepumpen.

■ **Eigenstromnutzung:** Jener Anteil der Stromproduktion, der am Ort der Erzeugung verbraucht wird – ohne vorherige Einspeisung ins Stromnetz. Bringt wirtschaftliche Vorteile, weil die Gebühren der Netznutzung entfallen. Quelle: Energiegesetz EnV; SR 730.01



Abbildung 3: Die Wärme-Kraft-Kopplung ist eine bewährte Technologie, wie dieses Foto einer historischen Haustechnikzentrale zeigt.

■ **Jahresgang:** Entwicklung eines Parameters im Verlaufe eines Jahres, in der Regel Energiebedarf, Energieverbrauch oder Leistungsbedarf (Lastgang).

■ **Laufzeiten:** Zeitdauer, in der ein Aggregat in Betrieb ist. In Laufzeiten sind auch Zeiten mit Teillastbetrieb enthalten, im Gegensatz zu → Vollbetriebsstunden.

■ **Spitzendeckung:** Lieferung von Energie in Zeiten mit besonders hohem Bedarf, zum Beispiel Stromproduktion während Wintermonaten.

■ **Vollbetriebsstunden:** Laufzeiten eines Aggregates, umgerechnet auf den Betrieb mit 100 % Last (auch Volllaststunden).

■ **Wirkungsgrad:** Der Wirkungsgrad ist das Verhältnis von Nutzen und Aufwand, bei der Stromerzeugung also das Verhältnis von Energieeinsatz und erhaltener elektrischer Energie.

Gut kombiniert mit WKK

Beispiel in Solothurn

Das herrschaftlich anmutende Haus liegt in einem schönen Park mitten in Solothurn. Doch das Seraphische Liebeswerk ist ein fast hundertjähriges Sozialwerk der Aarestadt. Vor einigen Jahren mussten die alten Ölkessel ersetzt werden. Unter vier Varianten entschied sich der Verein für eine zentrale Gasheizung, ergänzt durch ein kleines Blockheizkraftwerk.

Die Wahl brachte der sozial tätigen Gemeinschaft viele Vorteile:

- Deutliche Reduktion von CO₂-Emissionen und Schadstoffen.
- Platzsparende und einfache Haustechnik-Lösung.
- Das Klein-Blockheizkraftwerk übernimmt zusätzlich die Funktion einer Notstromanlage. Damit sind Wärmezeugung, Notbeleuchtung und weitere wichtige Funktionen bei einem Stromausfall sichergestellt.

In kleinen Gebäuden wie z. B. Ein- und Zweifamilienhäusern sind Micro-BHKW monovalent einsetzbar. Und in einem grösseren Objekt wie dem solothurnischen Sozialwerk erhöhen kleine BHKW die Effizienz und Flexibilität der grossen Heizzentrale.



Abbildung 4: Der naturnahe Garten schafft eine logische Verbindung zum Biogas, das jederzeit als Ergänzung zum Erdgas eingesetzt werden kann.

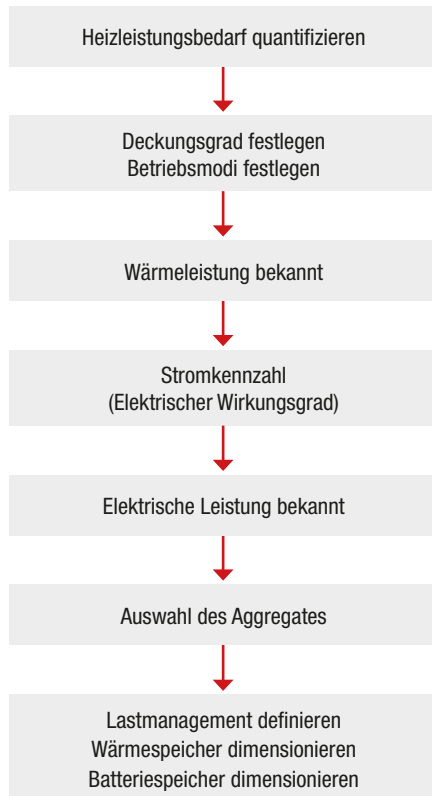
Seraphisches Liebeswerk Solothurn: die Daten

BHKW Dachs, elektrische Leistung	5,5 kW
BHKW Dachs, thermische Leistung	14,7 kW
Gasheizung, thermische Leistung	257 kW
Energieträger	Erdgas
Ökologische Vorteile (Reduktion pro Jahr)	
Reduktion Kohlendioxid	22 300 kg CO ₂
Reduktion Stickstoffoxid	27,3 kg NO _x
Reduktion Schwefeldioxid	38,6 kg SO ₂
Reduktion Kohlenmonoxid	6,9 kg CO
BHKW Betriebsstunden pro Jahr	6400 h/a



Abbildung 5: Das Micro-BHKW (links) lässt sich problemlos in die Haustechnikzentrale integrieren. Praktisch der gesamte WKK-Strom wird im Haus genutzt («Eigenverbrauch») – eine attraktive Kombination von Ökologie und Wirtschaftlichkeit.

WKK – Planung und Vorgehen

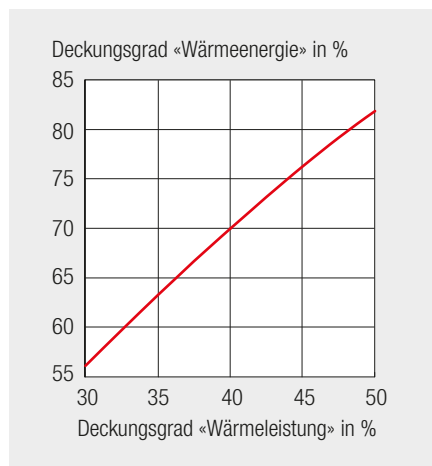


Nach Norm SIA 384.201 berechnen oder für Grobbeurteilung schätzen. Bedarf für Wassererwärmung nicht berücksichtigen.

Kontrollwerte

- Bestehende, schlecht wärmedämmte Wohnhäuser: 50 W/m² bis 70 W/m²
- Bestehende, gut wärmedämmte Wohnhäuser: 40 W/m² bis 50 W/m²
- Neubauten gemäss heutigen Vorschriften: 25 W/m² bis 40 W/m²
- Bestehende, ungenügend wärmedämmte Büro- und Gewerbebauten: 60 W/m² bis 80 W/m²
- Minergie-Gebäude: 20 W/m² bis 30 W/m²
- Minergie-P-Gebäude: 8 W/m² bis 20 W/m²

Quelle: EnergieSchweiz



Die Kennlinie visualisiert den Zusammenhang zwischen dem Deckungsgrad der WKK-Wärmeleistung am gesamten Wärmebedarf sowie dem Deckungsgrad der WKK-Wärmeleistung am gesamten Wärmeleistungsbedarf des Gebäudes. Der Deckungsgrad «Wärmeleistung» variiert zwischen 30 % und 50 %, jener der «Wärmeenergie» zwischen 56 % und 82 %. Beispiel: Falls die WKK-Anlage 40 % des Wärmeleistungsbedarfs erbringt, deckt die Anlage 70 % des Wärmebedarfs. Quelle: VDI-Bericht 1594

Abbildung 6:
Energie und Leistung.
Quelle: VDI

Stromkennzahlen und elektrische Wirkungsgrade von WKK-Anlagen		
Aggregat	Leistungsbezogene Stromkennzahl*	Elektrischer Wirkungsgrad
WKK-Anlage mit Gasmotor	0,30 bis 0,80	0,25 bis 0,35
Brennstoffzellen	1,50 bis 6,00	0,40 bis 0,60

*Verhältnis der elektrischen Leistung zum Nutzwärmestrom

Tabelle 5: Typische Stromkennzahlen und elektrische Wirkungsgrade von Wärme-Kraft-Kopplungsanlagen.
Quelle: Universität Stuttgart, Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung IER

Speichern und steuern

Um WKK-Anlagen wirtschaftlich zu betreiben, sollte ein hoher Anteil der Stromproduktion innerhalb des Gebäudes genutzt werden, also vom Betreiber der Anlage respektive von seinen Mietern oder von anderen Stockwerk- und Miteigentümern. Der Eigenverbrauch von WKK-Strom lässt sich durch eine geschickte Vernetzung von Wärmespeicher, Steuerung der WKK-Anlage und verbraucherseitigem Lastmanagement optimieren.

Energiespeicher: Für WKK-Anlagen schreibt der Gesetzgeber zwingend die Nutzung der produzierten Wärme vor. Die Vorschrift bedingt bei allen stromgeführten Anlagen einen Wärmespeicher, auch Pufferspeicher genannt. Dies ermöglicht, die WKK-Anlage zu Zeiten mit grossem Strombedarf zu betreiben, auch wenn gleichzeitig kein Wärmebedarf ansteht. Die Dimensionierung des Wärmespeichers sollte sich nach dem Betriebsregime richten, das sich in der Steuerung abbildet. Ziel muss ein hoher Eigenverbrauchsanteil sein. Beispiel: In einem Mehrfamilienhaus mit 6 bis 12 Wohnungen sind Speicherkapazitäten zwischen 500 Liter und 1500 Liter sinnvoll. Die meisten Empfehlungen der Fachliteratur liegen bei einer spezifischen Speicherkapazität von 20 bis 30 Liter Wasservolumen je kW Heizleistung.

Batterien: Der mit einer WKK-Anlage produzierte Strom ist in einer Batterie sehr gut aufgehoben. Elektropeicher ersetzen Wärmespeicher nicht, sie ergänzen sich. In den letzten Jahren sind die Kosten stark gesunken, sodass diese Option schon bald zu einem relevanten Element einer zukunftsfähigen Energieversorgung werden könnte.

Steuerung der WKK-Anlage: Einen noch grösseren Einfluss als der Pufferspeicher hat die Steuerung der WKK-Anlage auf den Eigenverbrauchsanteil des WKK-Stromes. Im Prinzip sollte die Steuerung die durch den Betreiber der WKK-Anlage definierten Prioritäten umsetzen. Also wann und unter welchen betrieblichen Bedingungen die WKK-Anlage Strom und Wärme produziert.

Lastmanagement: In Industrie- und grösseren Gewerbebetrieben ist der Betrieb eines Lastmanagement-Systems (LMS) üblich. Diese Systeme kommen vor allem für die Minderung der Leistungskosten in Zeiten mit Spitzenbedarf zum Einsatz. Das LMS versorgt schaltbare Verbraucher nach einem programmierten Schlüssel mit Elektrizität oder trennt diese vom Netz. Sehr gut schaltbar sind Elektroboiler, Elektrofahrzeuge, Elektrowärmepumpen sowie viele gewerbliche Verbraucher. In Verbindung mit WKK-Anlagen verbessern LMS die Wirtschaftlichkeit.

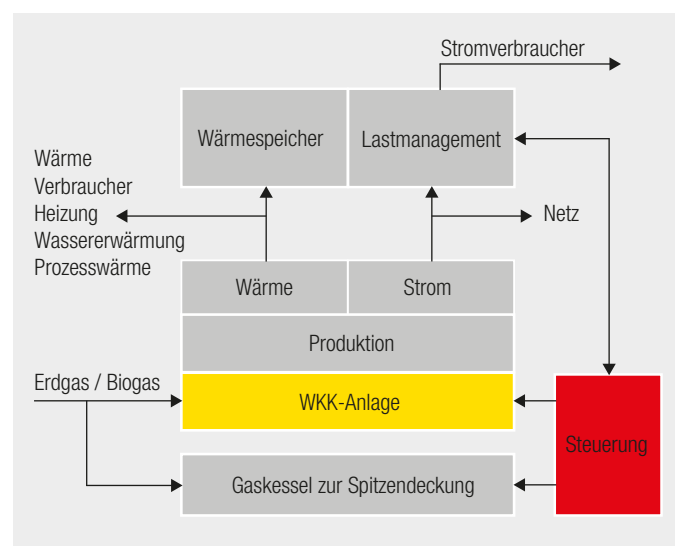


Abbildung 7: Einbindung einer WKK-Anlage ins haustechnische Umfeld, schematisch. Die Steuerung ist das zentrale Element.

WKK – fünf starke Argumente

Bewährte Technologie: Benzinmotor mit Generator, zwei Komponenten, die sich seit mehr als 100 Jahren drehen und dabei Wärme und Kraft in Form von Elektrizität erzeugen (weitere Infos Seite 2).

Wirtschaftlichkeit: Die Optimierung des Eigenverbrauches bringt zusätzliche monetäre Vorteile für die Wärme-Kraft-Kopplung. Denn dadurch entfallen die Netzgebühren. Das Energiegesetz legitimiert Betreiber von dezentralen Stromerzeugungsanlagen ausdrücklich dazu (weitere Infos Seite 7).

CO₂-Reduktion: Die gegenüber konventioneller Wärmeerzeugung erhöhte Energieausbeute mit WKK-Anlagen reduziert den spezifischen CO₂-Ausstoss (pro kWh). Zusätzlich lassen sich diese geringen Emissionen durch Beimischung von Biogas vermindern (weitere Infos Seite 5).

Versorgungssicherheit: Investitionen in haustechnische Anlagen verlangen nach einer hohen Sicherheit in der Energieversorgung. Mit dem leitungsgebundenen Energieträger Erdgas ist dieser Anspruch konsequent erfüllt.

Flexibilität: Die Nutzung von Wärme über Speicher als Alternative zur Direktnutzung und die Potenziale zur Optimierung des Eigenverbrauches des WKK-Stromes schaffen in der Haustechnik eine hohe Flexibilität (weitere Infos Seite 6 und 7).

WKK

CCF

Impressum

Herausgeber

VSG Verband der Schweizerischen
Gasindustrie, Grütlistrasse 44
8027 Zürich, 044 288 31 31
vsg@erdgas.ch | www.erdgas.ch

Redaktion

Hubert Palla, VSG | palla@erdgas.ch
Suisse romande
Antonina D'Amico, ASIG
damico@gaz-naturel.ch
Text und Grafik
Faktor Journalisten AG, Zürich

Fotos

Seite 4: Ursula Palla
Seite 5: RegioEnergie, Solothurn

Auflage

14 000 deutsch, 4 500 französisch

Druck

Bühler Druck AG, Schwerzenbach

Adressänderung

info@buehler-druck.ch

Gratis-Abonnements

vsg@erdgas.ch

gedruckt in der
schweiz



ClimatePartner^o
klimaneutral
Druck | ID 11058-1705-1002