



## DANIEL DILLIER: «WÄRME-KRAFT-KOPPLUNG – DAS BINDEGLIED ZWISCHEN GAS, STROM UND WÄRME»

**Der Verband Effiziente Energie Erzeugung V3E setzt sich für die Wärme-Kraft-Kopplung (WKK), also die effiziente Nutzung von Energieressourcen zur gleichzeitigen Produktion von Wärme und Strom ein. Verbandspräsident Daniel Dillier führt im Interview aus, welches Potenzial diese Technologie hat und wie sie in der Schweiz als ideale Ergänzung zu Solar- und Windenergie wie auch zur Wasserkraft eingesetzt werden könnte, um insbesondere den hohen Energiebedarf im Winter zu decken. Dafür müssten aber die Rahmenbedingungen angepasst werden. Dillier zeigt verschiedene Verbesserungsmöglichkeiten auf.**

*Margarete Bucheli (Fotos der Bildzelle: IWK)*

### **Was wird unter WKK verstanden? Was sind die Vor- und Nachteile dieser Technologie?**

Unter WKK versteht man einfach gesagt eine Technik, die dezentral und effizient Wärme und Strom beim Verbraucher nach Bedarf erzeugt. Der Nutzer wird so mit den beiden wichtigsten Energiearten versorgt. Eine WKK-Anlage treibt meist mit einem Verbrennungsmotor einen Generator an und erzeugt dadurch elektrische Energie. Die anfallende Abwärme wird als Heiz- oder Prozesswärme genutzt. Neben dem Motor kommen auch andere Technologien zum Einsatz, wie Brennstoffzellen, Gasturbinen oder Stirling-Motoren. Kombikraftwerke (Gas-und-Dampfturbinen-Kraftwerke, kurz GuD-Kraftwerke), Dampfturbinen sowie Kehrlichtverbrennungsanlagen mit Wärmenutzung zählen ebenfalls zu den WKK-Anlagen.

**«WKK-Anlagen nutzen den Brennstoff hoch-effizient. So werden Gesamtwirkungsgrade von über 90% erreicht.»**

Durch die optimale Nutzung der Brennstoffe werden Gesamtwirkungsgrade von über 90% erreicht. Dabei können Biogas, Klärgas, Erdgas, Holzgas, Wasserstoff oder andere Sondergase sowie fossiler Diesel, Bio-Diesel, Ethanol oder Methanol verwendet werden.

Zu den Vorteilen der WKK-Technologie zählen:

- WKK-Anlagen erzeugen gleichzeitig Wärme sowie Strom und nutzen damit den Brennstoff hocheffizient; mittels Abgaskondensation sind sogar Wirkungsgrade von über 100% möglich.
- WKK-Anlagen laufen vorwiegend im Winter, also dann wenn Wärme und auch viel Strom benötigt werden.
- WKK-Anlagen entlasten die Stromnetze und können zur Netzstabilisierung eingesetzt werden.
- WKK-Anlagen eignen sich als flexible Stromerzeugungseinheiten, um Stromspitzen und Regelenergie bereitzustellen.
- WKK-Anlagen reduzieren die CO<sub>2</sub>-Emissionen. Die CO<sub>2</sub>-Emissionen aus einer Erdgas-WKK-Anlage sind halb so gross wie diejenigen von EU-Importstrom (UCTE-Strom-Mix) und liegen bei einem Viertel jener von Strom aus Kohlekraftwerken.
- WKK-Anlagen sind eine erprobte Technologie und rasch realisierbar.

Da subventionierter EU-Strom den Schweizer Strommarktpreis stark verzerrt, ergeben sich Herausforderungen bezüglich der Wirtschaftlichkeit von WKK-Anlagen. Diese bestimmt, ob eine WKK-Anlage gebaut wird oder nicht. Daher braucht es gut geplante und innovative Lösungen. Beispielsweise durch die Nutzung der Eigenverbrauchsregelung, das Brechen von teuren Lastspitzen oder durch ein zukünftig besseres Zusammenspiel der Gas-, Strom- und Wärmenetze (Konvergenz der Netze).



Erdgas WKK-Anlage



Klärgas BHKW-Modul



Biogas BHKW-Module

### Wie sieht die WKK-Landschaft der Schweiz derzeit aus?

In der Schweiz wurden 2015 insgesamt 66 TWh Strom erzeugt. 1,6 TWh davon oder 2,4% stammen aus WKK. 1 TWh wurde mit WKK-Grossanlagen, beispielsweise GuD-Kraftwerken, Gasturbinen, Dampfturbinen oder Kehrlichtverbrennungsanlagen mit Wärmenutzung, erzeugt. Rund 0,6 TWh stammen aus mehrheitlich mit Verbrennungsmotoren ausgerüsteten WKK-Anlagen. Bei der Hälfte dieser kleineren WKK-Anlagen ist der Brennstoff Erdgas und der Rest vorwiegend Biogas und Klärgas. In der Schweiz sind momentan rund 1000 WKK-Anlagen in Betrieb.

### Wohin gehen die Entwicklungen?

Das aktuell sehr grosse Potenzial der mit Biogas betriebenen WKK-Anlagen steckt heute leider in der «KEV-Warteschlange» fest. Gemäss KEV-Statistik vom Januar 2016 haben 95 Biomasse-Anlagen einen positiven Bescheid erhalten und könnten realisiert werden. 261 Biomasse-Anlagen stehen auf der Warteliste. Zusammen würden diese 356 Biomasse-Anlagen jährlich zusätzlich rund 1,1 TWh Strom produzieren. Auf der Warteliste stehen aber auch eine Vielzahl von Photovoltaik-, Windkraft- und Wasserkraftanlagen. Die Freigabe erfolgt nach verfügbarem Geld aus den KEV-Abgaben sowie einem politisch festgelegten Schlüsselfürdiversene Technologien. Die Biogas-WKK-Anlagen produzieren neben erneuerbarem Strom auch erneuerbare Wärme, wodurch sich die CO<sub>2</sub>-Emissionen in der Schweiz weiter reduzieren lassen. Falls es der Schweizer Politik mit dem Ziel, aus erneuerbaren Energieträgern Strom und Wärme zu produzieren, ernst ist, sollte die Förderung dieser Biogas-WKK-Anlagen gegenüber anderen KEV-Gesuchen priorisiert werden.

Für Stadtwerke und andere regionale Querverbundsunternehmen sind WKK-Anlagen die verbindende Technologie für das Zusammenführen der Strom-, Gas- und Wärmenetze. Dies wurde bereits vorbildlich erkannt, z. B. bei den Stadtwerken St. Gallen, Solothurn und Lugano. Je nach Preis- und Nachfragesituation kann Erdgas in Wärme und Strom umgewandelt werden, womit die entsprechenden leitungsgebundenen Versorgungssysteme beliefert werden. Damit können auch die finanziellen Beiträge an die übergeordneten Stromnetze reduziert werden.

Mit der Zunahme der recht unregelmässigen Stromerzeugung aus Photovoltaik- und Windkraftanlagen werden überdies sogenannte «Power-to-Gas-Anlagen» interessant, mit denen überschüssiger Strom in einen gasförmigen Energieträger umgewandelt werden kann. So können Sonnen- und Windenergie im Gasnetz gespeichert und bei Strommangel mittels WKK-Anlagen wieder in Strom umgewandelt werden.

Interessante Entwicklungen gibt es auch im Ausland. Neuartige WKK-Technologien, wie Brennstoffzellen, werden heute im asiatischen Raum bereits in grossen Stückzahlen eingesetzt. In

Japan wurden beispielsweise fast 200 000 Brennstoffzellen für Einfamilienhäuser installiert.

### Welche Rolle soll gemäss Energiestrategie des Bundes die Wärme-Kraft-Kopplung in Zukunft spielen?

In der Botschaft zur Energiestrategie 2050 werden die vielen Vorzüge und das Potenzial der WKK klar umschrieben. Unter anderem heisst es: «Aufgrund des Wärmebedarfs für industrielle Prozesse, für grosse Gebäude sowie Wärmenetze ist von einem theoretischen, technisch machbaren und gesamtschweizerisch sinnvollen Potenzial von 5–7 TWh elektrischer Energie aus dezentral einspeisenden WKK-Anlagen auszugehen.» Heute werden mit WKK 1,6 TWh Strom erzeugt, d. h. WKK hat noch sehr viel Potenzial. Weiter heisst es in der Botschaft: «Dezentrale WKK-Anlagen wären dazu prädestiniert, im Winterhalbjahr gleichzeitig Strom und Wärme zu liefern und die in dieser Zeit reduzierte Produktion von Strom aus Sonne und Wasserkraft teilweise zu kompensieren. Ihre Produktion kann ausserdem bedarfsgerecht ausgestaltet werden, weil sie sich rasch ein- und ausschalten lassen. [...] Die Rahmenbedingungen für bestehende und neue WKK-Anlagen sollen optimiert werden, weil WKK-Anlagen einen wesentlichen Beitrag zur Stabilität des lokalen Verteilnetzes und zur Versorgungssicherheit leisten können.» Am 30. September 2016 verabschiedete das Parlament das erste Massnahmenpaket zur Umsetzung der Energiestrategie 2050. Leider ist darin noch nicht viel Konkretes zu finden, damit die WKK die ihr vom Bund zugewiesene und anerkannte Rolle übernehmen kann. Wie die Stromlücke nach der Stilllegung der Atomkraftwerke geschlossen werden soll, bleibt offen. Es kann ja kaum die Lösung sein, noch mehr CO<sub>2</sub>-belasteten Strom aus Kohlekraftwerken zu importieren.

«WKK-Anlagen sind die verbindende Technologie für das Zusammenführen der Strom-, Gas- und Wärmenetze.»

### Und was sagen die MuKE zum Thema WKK?

Beim Ersatz von Heizungsanlagen in bestehenden Gebäuden sind WKK-Anlagen als Standardlösung aufgeführt, was ich sehr positiv bewerte. Zudem muss bei Neubauten ein Teil des Strombedarfs selber erzeugt werden. Diese Anforderung kann mit WKK-Anlagen erfüllt werden.

### Welche Rolle sollte WKK Ihrer Meinung nach in einem zukünftigen Schweizer Energiesystem zukommen?

Die WKK-Technologie nutzt die eingesetzten Energieträger hocheffizient. Sie wandelt diese nicht nur wie ein Heizkessel in «Anergie», d. h. Wärme auf dem Niveau nahe der Umgebungs-

temperatur, um, sondern nutzt auch den hochwertigen Anteil (Exergie) und generiert damit Strom. Die Energiepolitik sollte der Forderung nach Energieeffizienz unbedingt Rechnung tragen und gerade bei grösseren Heizungsanlagen die WKK vorschreiben.

Ich sehe WKK vor allem als wichtige Brückentechnologie und wertvolle Stütze des Eigenversorgungsgrads, um den geplanten Ausstieg aus der Atomenergie und den Umbau der Schweizer Wärme- und Stromversorgung in Richtung erneuerbare Energie sicherzustellen. WKK-Anlagen sollten nicht erst gebaut werden, wenn die ersten Kernkraftwerke abgestellt werden, sondern der Kapazitätsaufbau muss deutlich früher starten. Lokal können WKK-Anlagen einen wichtigen Beitrag zur Netzstabilität und Versorgungssicherheit leisten, dies vor allem bei einem Ausbau von Photovoltaik und Windenergie. Interessant ist neuerdings die Möglichkeit, über das Erdgasnetz Biogas zu beziehen, auch wenn dieses nicht direkt physikalisch geliefert, sondern über die Bilanzierung abgerechnet wird. So können viele Kunden einen Teil ihres Energieeinsatzes in WKK-Anlagen mit erneuerbaren Brennstoffen abdecken. Damit kann zudem ein Ausgleich zwischen dem Anfall von Biomasse im Sommer und dem Energiebedarf im Winter geschaffen werden. Bisher mussten beispielsweise Kläranlagen im Sommer einen Teil der mit WKK-Anlagen erzeugten Wärme ungenutzt über Kühltürme an die Umgebung abführen.

**In vielen europäischen Ländern ist der Anteil des durch WKK produzierten Stroms an der gesamten Stromproduktion deutlich höher als in der Schweiz. Weshalb?**

In Dänemark und Finnland liegt der Anteil bei über 50%, in Holland um 30%. Betrachten wir Deutschland: Der Anteil von Strom aus WKK-Anlagen soll mittelfristig von 15% auf 25% erhöht werden (zur Erinnerung, in der Schweiz stammt heute 2,4% des Stroms aus WKK). Wir beobachten in Deutschland seit Jahren einen starken Zubau von WKK-Anlagen in allen Grössen-kategorien. Basis für diesen Erfolg sind neben einer positiven Bewertung der WKK-Technologie die guten Rahmenbedingungen und die gesetzliche Förderung. Damit sind WKK-Anlagen für den Kunden von Beginn an wirtschaftlich interessant und finanziell planbar. Zudem sind die Auflagen nicht so rigoros wie in der Schweiz. Die Emissionsvorschriften im Ausland sind durchs Band weniger streng. Die grossen weltweit tätigen WKK-Lieferanten produzieren für die grossen Märkte und wir müssen Sonderlösungen für den kleinen Schweizer Markt anbieten, was WKK-Anlagen unnötig verteuert.

**«Schweizweit sollten die gleichen Grenzwerte gelten und ein einheitliches und zweckmässiges Verfahren für die periodischen Messungen festgelegt werden.»**

**Welche Regelungen fördern den Einsatz von WKK in der Schweiz, welche sind eher hemmend?**

Für die Wirtschaftlichkeit hilfreich ist die seit 2014 geltende Eigenverbrauchsregelung für Strom. Auf den selber produzierten und verbrauchten Strom müssen keine Abgaben wie Netznutzung oder KEV bezahlt werden. Damit kann der eingesparte Strombezug zu den vollen Bezugskosten – diese liegen gut viermal höher als der Ertrag, der bei der Einspeisung ins Stromnetz anfällt – in die Wirtschaftlichkeitsrechnung einge-

setzt werden. Nachteilig und unverhältnismässig sind hingegen die seit Ende 2015 geltenden erheblichen Verschärfungen der Luftreinhalteverordnung (LRV). So wurde beispielsweise der Grenzwert für Stickoxide aus WKK-Anlagen mit einer Feuerungswärmeleistung von mehr als 1000 kW von bisher 250 mg/Nm<sup>3</sup> auf 100 mg/Nm<sup>3</sup> gesenkt. Im europäischen Umfeld, z. B. in Deutschland, liegt der Wert bei 500 mg/Nm<sup>3</sup> oder teilweise bei 250 mg/Nm<sup>3</sup>.

**Was schlagen Sie vor, um die Umsetzung der überarbeiteten LRV möglichst vorteilhaft zu gestalten?**

Obschon die Emissionsgrenzwerte für WKK-Anlagen nun massiv gesenkt wurden, haben die Kantone trotzdem die Möglichkeit, in sogenannten Massnahmenplänen für bestimmte Gebiete noch wesentlich tiefere Grenzwerte festzulegen. So gelten für die Stadt Zürich 50 mg/Nm<sup>3</sup> oder für Massnahmegebiete im Kanton Basel-Landschaft 80 mg/Nm<sup>3</sup>. Hinzu kommen in vielen Kantonen unterschiedliche Vorschriften über das Messverfahren für den erstmaligen und nach der Installation dann periodisch notwendigen Nachweis der Einhaltung der Grenzwerte. Hier muss zwingend eine Harmonisierung herbeigeführt werden. Schweizweit sollten die gleichen Grenzwerte der LRV gelten und ein einheitliches und zweckmässiges Verfahren für die periodischen Messungen festgelegt werden. Für die Betreiber von WKK-Anlagen ist es nicht verständlich, wieso die periodische Abgasmessung an einem Automotor weniger als 100 Franken kostet und jene an einem in der Grösse vergleichbaren Motor einer WKK-Anlage mit über 1000 Franken zu Buche schlägt.

**Wie sieht es mit der Wirtschaftlichkeit von WKK-Anlagen in der Schweiz aus?**

Europaweit werden für Bandenergie sehr tiefe und für viele Stromproduktionsanlagen nicht mehr kostendeckende Strompreise bezahlt. Dies betrifft natürlich auch die WKK-Anlagen. Strom zu erzeugen und diesen ins Netz des lokalen Stromlieferanten einzuspeisen, ist heute kein tragfähiges Geschäftsmodell mehr. Es gibt jedoch verschiedene neue Geschäftsmodelle, die insbesondere die vielen Vorteile der WKK-Technologie nutzen. Diese neuen Geschäftsmodelle werden heute von einigen Stadtwerken und lokalen Querverbundsunternehmen, die regional Gas, Strom, Wärme und Wasser liefern, bereits erfolgreich angewendet. Industriebetriebe mit hohem Strom- und Prozesswärmebedarf setzen WKK als Grundlastanlage ein und können die damit erzeugte Nutzenergie vollständig selber nutzen. Für die Wirtschaftlichkeit hilfreich ist die erwähnte Eigenverbrauchsregelung für Strom. Sie kann die Wirtschaftlichkeit substantiell verbessern. Wichtig sind auch die eingesparten Kosten für die Wärmeerzeugung, die ja ebenfalls mit der WKK-Anlage abgedeckt wird. Ein Beweis für die Wirtschaftlichkeit von WKK sind die 1000 in Betrieb stehenden Anlagen.

**Welche Faktoren sind zentral, um eine WKK-Anlage wirtschaftlich zu betreiben?**

Die Wärme muss genutzt und die Anlage sollte 2000 bis 4000 Stunden pro Jahr betrieben werden können. Dadurch ist eine optimale Dimensionierung der WKK-Anlage möglich. Selbstverständlich haben auch der Gas-, Strom- und Wärmepreis einen grossen Einfluss. Schliesslich ist es eine Frage der gewünschten Amortisationszeit. In Deutschland können es weniger als 5 Jahre sein und in der Schweiz eher mehr als 10 Jahre.



Für Daniel Dillier ist WKK eine wichtige Brückentechnologie und wertvolle Stütze des Eigenversorgungsgrads, um den geplanten Ausstieg aus der Atomenergie und den Umbau der Schweizer Wärme- und Stromversorgung in Richtung erneuerbare Energie sicherzustellen

### Welches Potenzial hat Ihres Erachtens die WKK-Technologie in der Schweiz?

Es gibt zahlreiche Studien des Bundesamts für Energie (BFE), von Prognos AG, Infrac, Jochem & Jakob, Dr. Eicher & Pauli AG bis hin zum Paul Scherrer Institut, in denen ein theoretisch machbares Potenzial für die Stromproduktion mit WKK von 5 bis 33 TWh angegeben wird. Aktuell ist auf der Homepage des BFE Folgendes nachzulesen: *«Zudem könnte etwa 30% unserer Elektrizität mit Wärme-Kraft-Kopplungs-Anlagen erzeugt werden.»* Dies wären rund 20 TWh. V3E sieht das technisch realisierbare WKK-Potenzial bis 2030 bei 8 TWh in der Stromproduktion. Die Umsetzung dieses Potenzials hängt jedoch stark von den Rahmenbedingungen und vom politischen Willen ab.

### Wie müssten denn die Rahmenbedingungen beschaffen sein, damit dieses Potenzial ausgeschöpft werden kann?

Dafür müssten vorab bei allen Stromerzeugungsarten oder Strombezugsquellen die gleichen Ellen angelegt werden. Die Betrachtungs- und Bilanzierungsgrenzen sind richtig zu definieren. Dies ist im Strommarkt bei Weitem nicht der Fall, und zwar weder in Europa noch in der Schweiz. Zur Ausschöpfung des Potenzials müsste(n):

- importierter Strom entsprechend seiner Herkunft mit einer CO<sub>2</sub>-Abgabe belastet werden;
- die Entlastung der oberen Netzebenen durch dezentral produzierten WKK-Strom im Einspeisepreis vergütet werden;
- die Kosten für die Netznutzung für die Stromlieferung an einen Dritten auf die effektiv beanspruchte Netzebene begrenzt werden;
- für grössere Heizungsanlagen der Einsatz von effizienten WKK-Anlagen vorgeschrieben werden;
- die WKK-Anlage in den MuKEn auch als Standardlösung für Neubauten aufgeführt werden, und dies bei vergleichbaren Auflagen wie für Wärmepumpen. Zudem müsste für elektrische Wärmepumpen die Herkunft des Stroms nachgewiesen werden;
- die LRV an die gültigen Standards in Europa angepasst werden.

**Um hohe Gesamtwirkungsgrade zu erreichen, ist es oft nötig, WKK-Anlagen wärmegeführt zu betreiben. Gleichzeitig wird**

**herausgestrichen, dass WKK-Anlagen nach Bedarf vor Ort Strom generieren und damit einen wertvollen Beitrag zur Versorgungssicherheit und Netzstabilität leisten. Können diese beiden Punkte wirklich unter einen Hut gebracht werden?**

Eine vollständige Nutzung der beiden wichtigsten Energieformen Strom und Wärme ist aus Gründen der Energieeffizienz auch bei nach Strombedarf betriebenen WKK erforderlich und steht auch aus wirtschaftlichen Gründen ganz oben im Pflichtenheft. Im Vergleich zu Strom ist Wärme relativ einfach und günstig speicherbar, womit Abweichungen zwischen Strom- und Wärmebedarf gut ausgeglichen werden können. Bei grösseren Gebäuden kann zudem die Gebäudemasse oder bei Fernwärmeversorgungen das Fernwärmenetz als Speicher genutzt werden. Damit können WKK-Anlagen gezielt bei grossem Strombedarf oder Ausfällen von anderen Stromerzeugungseinheiten betrieben werden. Ein Beispiel sind Photovoltaik-Anlagen. Diese produzieren vorwiegend im Sommer Strom und speisen diesen ins lokale Verteilnetz ein. Im Winter kann die fehlende Stromproduktion der Photovoltaik-Anlage durch eine WKK-Anlage ersetzt werden. Die Wärme kann gleichzeitig für die Beheizung der Gebäude verwendet werden. Photovoltaik-Anlagen unterliegen jedoch nicht nur saisonalen, sondern auch tageszeitlichen Schwankungen. In der Nacht produzieren sie gar keinen Strom. Diese Schwankungen können ebenfalls gut durch WKK-Anlagen abgedeckt werden, die mit Wärmespeichern ergänzt sind.

*«Im Winter kann die fehlende Stromproduktion von Photovoltaik-Anlagen durch WKK-Anlagen ersetzt werden. Die Wärme kann gleichzeitig für die Beheizung der Gebäude verwendet werden.»*

**Wenn in WKK-Anlagen Erdgas verbrannt wird, so werden weiterhin fossile Energieträger genutzt, deren Anteil an der Energieproduktion der Schweiz, insbesondere wegen der CO<sub>2</sub>-Emissionen, gesenkt werden sollen. Welche Argumente sprechen trotzdem für WKK?**

Betrachten wir die WKK-Anlage isoliert, so wird für den generierten Strom tatsächlich zusätzliches Erdgas genutzt. Erweitern wir aber unseren Betrachtungshorizont und schliessen in die Bilanzierung die Ölheizung mit ein, die durch eine mit Erdgas betriebene WKK-Anlage ersetzt wird, dann ist die CO<sub>2</sub>-Bilanz bereits fast ausgeglichen. Mit Erdgas wird bei gleichem Energieverbrauch 25% weniger CO<sub>2</sub> als mit Heizöl erzeugt. Wenn wir noch einen Schritt weitergehen und den mit der WKK-Anlage generierten Strom in einer Wärmepumpe einsetzen, die wiederum eine mit fossilen Brennstoffen betriebene Heizung ersetzt, dreht sich die Bilanz deutlich zugunsten der WKK-Anlage: Es wird dreimal weniger CO<sub>2</sub> emittiert. Relevant ist zudem, woher der in der Schweiz verbrauchte Strom kommt und wie er erzeugt wird. Fakt ist, dass vor allem im Winter viel Strom importiert werden muss und dieser auch aus Kohlekraftwerken stammt. Kohlekraftwerke erzeugen gut viermal mehr CO<sub>2</sub> als eine lokale Erdgas-WKK-Anlage. Weil die durch die CO<sub>2</sub>-Emissionen begünstigte Klimaerwärmung nicht lokal entsteht, ist eine – zumindest – europaweite Bilanzierung durchaus angezeigt.

**Und noch ein Schlusswort?**

WKK ist wertvoll!