

**Zeitschrift:** Energie & Umwelt : das Magazin der Schweizerischen Energie-Stiftung  
SES

**Herausgeber:** Schweizerische Energie-Stiftung

**Band:** - (1995)

**Heft:** 1: Eine Stromzukunft für die Schweiz ohne Atomkraft

**Artikel:** Energie besser nutzen statt verpuffen : Wärmekraftkopplung

**Autor:** Pauli, Hans

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-586337>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 02.02.2025

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# Energie besser nutzen statt verpuffen: Wärme-Kraftkopplung

Anlagen mit Wärme-Kraftkopplung erbringen ein Mehr an Nutzenergie - ohne zusätzliche Belastung unserer Umwelt. Der Beitrag zeigt Technologien und Anwendungen, Hemmnisse und Perspektiven dieser unterschätzten Option.

Von Hans Pauli \*

Eine verbesserte Energienutzung steht hinter den Bestrebungen, die Wärme-Kraftkopplung (WKK) breiter anzuwenden. Herkömmliche Heizkessel wandeln Öl oder Gas in Wärme um, ohne das Potential zur Erzeugung mechanischer Energie - seit Erfindung des Generators 1831 sozusagen ein Synonym für Elektrizität - zu nutzen. Der wertvollste Teil unserer Primärenergie wird aber in dieser eindimensionalen Energiekonversion schlicht vernichtet (siehe Kasten). Ein typisches Beispiel mangelnder Qualitätssicherung.

Wärme-Kraftkopplungsanlagen machen mehr aus fossilen Energien, weil der hochwertige Energieanteil in Form von Elektrizität ausgekoppelt und die Wärme ebenfalls genutzt wird. Statt 85 Prozent Wärme werden aus 100 Prozent Gas 30 Prozent Strom und 60 Prozent Wärme gewonnen. Mit dem erzeugten Strom kann über eine Elektrowärmepumpe gut 85 Prozent Wärme gewonnen werden. Das heisst: die in der Wärme-Kraftkopplungsanlage direkt anfallenden 60 Prozent Wärme sind - im Vergleich zum Heizkessel - "geschenkt". Unter dem Strich kann mit Wärme-Kraftkopplung eine um 50 bis 60 Prozent verbesserte Energieausbeute erzielt werden.

Mit einer installierten Leistung von 300'000 kW und einer Stromproduktion von knapp 1'500 Mio. kWh ist der Anteil der WKK-Anlagen an der schweizerischen Energieversorgung marginal - um das Mindeste zu sagen. Der bescheidene Beitrag von 2,5 Prozent an der gesamten Strompro-

duktion der Schweiz (58'000 Mio. kWh) muss vor allem unter dem Gesichtspunkt bewertet werden, dass in der Schweiz riesige Wärmeströme - jährlich rund 100 Mia. kWh - ohne Ausnutzung des thermodynamischen Potentials der Primärenergieträger gewonnen werden.

## WKK ist kompatibel

Das Potential der Wärme-Kraftkopplung ist aus einem einfachen Grund sehr gross: Strom und Wärme - die beiden WKK-Produkte - gehören zu unserer Grundversorgung. Die weitgehende Kompatibilität von verfügbarer Primärenergie, bewährter Anlagentechnologie sowie zeit- und standortabhängigem Verbrauchsprofil ist der Hauptgrund für die vielfältigen Anwendungsmöglichkeiten der Wärme-Kraftkopplung. Eine Einschränkung ist auch nicht, wie vielfach behauptet, aufgrund ungenügender Betriebszeiten von Anlagen gegeben. Zwar sind die Vollbetriebsstunden eines Blockheizkraftwerkes wegen dem verhältnismässig hohen Anteil der Kapitalkosten sozusagen die Schlüsselgrösse der Wirtschaftlichkeit. Diese jährliche Betriebszeit ist aber - bei einem gegebenen Lastprofil - eine Funktion der Anlageleistung. Eine präzise Planung wird beides, Betriebszeiten und Leistung, optimieren und den naturgemäss nur kurzzeitigen Spitzenbedarf einem Öl- oder Gaskessel mit geringerem Investitionskostenanteil "anhängen". Spitäler und Heime, Gewerbe- und Industriebetriebe, Kläranlagen und Deponiegasanlagen, Schulen und Hallenbäder sind für Anwendungen der Wärme-Kraftkopplung besonders geeignet. Wohnsiedlungen sind aufgrund verbesserter Wärmedämmung und des dadurch grösseren Verbrauchanteiles für die Warmwasseraufbereitung ebenfalls wirtschaftliche Standorte für WKK-Anlagen. Fazit: WKK ist als Technologie in allen haustech-

## Qualitätssicherung bei der Energiekonversion

Der erste Experte für Wärme-Kraftkopplung hiess Nicolas-Sadi Carnot (1796 bis 1832). Der französische Physiker untersuchte an Dampfmaschinen von James Watt - Wirkungsgrad 7 Prozent! - die Zusammenhänge zwischen Wärme und mechanischer Arbeit und publizierte 1824 die erste Abhandlung zur Thermodynamik unter dem Titel "Über die Antriebskraft des Feuers" - damals eine Sensation. Die Thermodynamik zeigt, dass der Wert der Wärme mit ihrer Temperatur steigt, und wieviel Wärme einer bestimmten Temperatur für die Produktion mechanischer Arbeit nötig ist. Umgekehrt wird mechanische Energie, also auch Elektrizität, als Wärme mit "unendlich hoher" Temperatur definiert. Dieser qualitative Aspekt der Energie wird als Exergie bezeichnet. Energie bleibt immer erhalten, ungeachtet ihrer Anwendung, für Exergie gilt dies nicht, sie geht verloren. Es ist erstaunlich, dass heute, 170 Jahre nach Sadi's Erkenntnissen, in den meisten wärmetechnischen Anwendungen der beste Teil der Energie ungenutzt bleibt.

nisch ausgerüsteten Bauten einsetzbar.

Für das Jahr 2005 wird das Potential auf einen jährlichen Stromertrag von 5'000 Mio. kWh oder 9 Prozent der schweizerischen Stromproduktion geschätzt. Die Investitionskosten zur Installation der dafür zusätzlich notwendigen 700'000 kW an Anlageleistung betragen 2 bis 2,5 Mia. Franken. WKK-Anlagen sind auch - direkt oder indirekt - Auslöser von Folgeprojekten, an der die lokale Bauwirtschaft beteiligt ist. Der kommunale Wärmeverbund ist dafür ein Beispiel. Da ein grosser Teil der Wertschöpfung - mindestens aber Planung, Installation und Wartung der

\* Hans Pauli ist Gründer und Teilhaber der in der ganzen Schweiz tätigen Ingenieurgemeinschaft Dr.Eicher+Pauli AG, Liestal. Der 42jährige Verfahreningenieur ist Präsident des Schweizerischen Fachverbandes für Wärme-Kraftkopplung.

Anlagen sowie alle baulichen Arbeiten - in der Schweiz stattfindet, hat diese Technologie für unser Land eine volkswirtschaftliche Dimension. Für fossile Energieträger gilt dies in weit geringerem Masse (siehe Kasten).

### WKK - die dritte Säule

Mit 2'000 bis 3'000 Franken spezifischer Investitionskosten pro kW installierter Leistung schneiden Wärmekraftkopplungsanlagen besser ab als alle anderen Technologien der Stromerzeugung. (Ein Atomkraftwerk kommt auf 7'000 Franken pro kW zu stehen.) Noch schwerer wiegt das Argument, dass WKK-Anlagen viel rascher geplant und realisiert werden können als grosse Kern- und Wasserkraftwerke. Standortdiskussionen sind bei WKK-Anlagen undenkbar - und dies nicht nur wegen den geringeren Dimensionen, sondern ebensosehr wegen der höheren allgemeinen Verträglichkeit. Diese Flexibilität in der Anlagegrösse, in der Standortfrage und in der Terminierung prädestiniert die WKK-Technik zur "dritten Säule" unserer Stromversorgung - neben Wasser- und Kernkraft.

### Hemmnisse der Wärmekraftkopplung

Die Wärmekraftkopplung ist, was ihre energiepolitische Förderung betrifft, buchstäblich zwischen Stuhl und Bank gefallen. Denn einerseits unterstützen Bund und Kantone die energiegerechte Bauweise von Bauten und Anlagen mit verschiedenen Instrumenten, andererseits ist die Erzeugung von Elektrizität aus erneuerbaren Quellen aufgrund der Empfehlungen des Eidgenössischen Verkehrs- und Energiewirtschaftsdepartementes, EVED, stark bevorzugt - beide Förderanliegen sind unbestritten. Nur: die verbesserte Verwertung von Primärenergieträgern durch Wärmekraftkopplung mit den damit verbundenen sehr positiven Konsequenzen für uns und unsere Umwelt ist weder für die Landesregierung noch für das Aktionsprogramm Energie 2000 ein Thema. Der Energienutzungsbeschluss und die dazugehörige Verordnung liefern zwar Grundsätze zur dezentralen Stromerzeugung, die daraus abgeleitete EVED-Empfehlung kommt in der Wirkung aber einem Verbot gleich: Die öffentlichen Energieversorger sollen, so die Empfeh-

lung, nur soviel zahlen, wie die Beschaffung im regionalen Übertragungsnetz kostet. Dieser "Grosshandelspreis" entspricht dem Tarif der Wiederverkäufer bzw. der Grossbezüger und liegt weit unter den tatsächlichen Beschaffungskosten aus neuen Werken. (Löbliche Ausnahmen sind die Kantone Basel-Stadt und Basel-Landschaft sowie die Stadt Bern.) Zweifelsohne mangelt es der WKK-Technologie an der politischen Lobby, um die dringend notwendigen Änderungen in der Tarifstruktur zu lancieren. Mit diesem Nachteil müssen die grossen und einflussreichen Elektrizitätswerke nicht leben. Sie sind eng mit den in- und ausländischen Stromproduzenten verbunden: jede dezentral erzeugte Kilowattstunde konkurrenziert deren Aktivitäten. Der Bau und der Betrieb von WKK-Anlagen bedarf aber der Zustimmung des örtlichen Elektrizitätswerkes: Hier vermischen sich Postulate der offiziellen Energiepolitik mit singulären Interessen einiger Werke. Ökologie: Die Umweltverträglichkeit von WKK-Anlagen ist leicht zu begründen. Für eine definierte Menge Nutzenergie sind in der Wärmekraftkopplung weniger Primärenergie notwendig als in üblichen Wärmeerzeugern. Und der Schadstoffausstoss verträgt sich wegen den modernen Katalysatoren mit der Luftreinhalteverordnung.

### Das bessere Gigawatt

Das von der WKK-Branche anvisierte Ziel der dezentralen Elektrizitätserzeugung von 5'000 Mio. kWh im Jahre 2005 setzt eine installierte Anlageleistung von rund 1 Mio. kW voraus - 1 Gigawatt. Die mehreren hundert Anlagen würden von lokalen Fachfirmen geplant, gebaut, betrieben und gewartet. Eine Konzentration auf einige wenige internationale Konzerne, wie beim Grosskraftwerksbau, ist bei der dezentralen Stromerzeugung kaum möglich. Dieses Gigawatt ist aber nicht nur bezüglich Energieausbeute, spezifische Investitionskosten, Sicherheit und Flexibilität besser als "zentrale" Technologien, dieses Gigawatt ist auch rascher realisierbar.

Wirtschaftlichkeit: Die Rückliefertrife oder der Grad der Eigennutzung des Stromes sind die beiden wichtigsten Faktoren der Wirtschaftlichkeit. Technologisch betrachtet ist es die Betriebszeit, die über plus oder minus in der Betriebsbuchhaltung entscheidet. Im Gegensatz zur Stromproduktion aus erneuerbaren Quellen sind die Rahmenbedingungen für die Stromrücklieferung aus WKK-Anlagen denkbar schlecht. (Ausnahme: die beiden Kantone Basel und die Stadt Bern. Die Vergütung schwankt zwischen 15 und 20 Rappen pro kWh.) Lebensdauer: Zweifelsohne braucht eine WKK-Anlage Wartung, die vorteilhafterweise durch einen Wartungsvertrag sichergestellt ist. Wo die Wartung stimmt, stimmt auch die Lebensdauer: Untersuchungen weisen Werte, je nach Konfiguration, von zwölf bis zwanzig Jahren aus.

### Perspektiven

Eine dezentrale Wärmekraftkopplung setzt ein ausreichendes Angebot an kleinen Maschinen voraus. Kleine Aggregate ermöglichen auch die Installation von WKK-Kaskaden, in denen die einzelnen Module zeit- und lastabhängig zu- und abgeschaltet werden. Das vor einigen Monaten in Arlesheim installierte Mini-Blockheizkraftwerk ist ein Beispiel dieser Entwicklung. Das Aggregat erbringt unter Nennleistung 14,5 kW Wärme und 5,5 kW Strom. Die Leistungswerte eröffnen dieser Grössenklasse ein riesiges Anwendungspotential. Interessant ist auch die Kombination von WKK-Anlage und Notstromaggregat. Grosse Hoffnungen werden in Fachkreisen sodann auf die zunehmende Standardisierung gesetzt. Planung, Herstellung, Installation und Wartung werden dadurch kostengünstiger.

