Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association suisse des électriciens, de l'Association des entreprises électriques suisses

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen

Band: 79 (1988)

Heft: 10

Artikel: Das Gebot der Wärme-Kraft-Kopplung

Autor: Gyarmathy, G.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-904029

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. 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. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

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. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

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. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 09.07.2025

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

Das Gebot der Wärme-Kraft-Kopplung

G. Gyarmathy

Die kombinierte Erzeugung von Wärme und Kraft bietet in bezug auf optimale und umweltgerechte Energienutzung verschiedene Vorteile, die in dem Beitrag anschaulich dargestellt werden. Er gelangt zu der Empfehlung, die Möglichkeiten der Wärme-Kraft-Kopplung optimal zu nutzen durch Ausnutzung der Kernkraftwerke wie auch durch schadstoffarme Verbrennung von fossilen Energieträgern und Müll in grösseren Anlagen.

La production combinée de chaleur et de force offre divers avantages, avantages que l'article présente de manière concrète en ce qui concerne l'utilisation optimale de l'énergie et conforme à l'environnement. Il recommande d'utiliser au mieux les possibilités du couplage chaleur – force offertes par les centrales nucléaires, ainsi que par la combustion d'agents énergétiques fossiles et d'ordures dans des installations de grandes dimensions permettant de réduire les émissions de polluants.

Leicht gekürzte Fassung eines Vortrages, gehalten anlässlich des ETH-Informationstages «Energietechnik» am 23. Januar 1988 in Zürich.

Adresse des Autors
Prof. Dr. *Georg Gyarmathy*,
Institut für Energietechnik, ETH Zürich,
8092 Zürich.

Im Zusammenhang mit dem Thema «Ansätze zu einer umweltgerechten Energieversorgung» sollen nachfolgend drei Fragen näher betrachtet werden:

- Aus welchen Energiequellen und mit welchen Verfahren wird der Energiebedarf der Schweiz heute gedeckt?
- Wie sind diese Verfahren hinsichtlich der Energienutzung und des Umweltschutzes zu beurteilen?
- Was ist zu unternehmen und zu fördern?

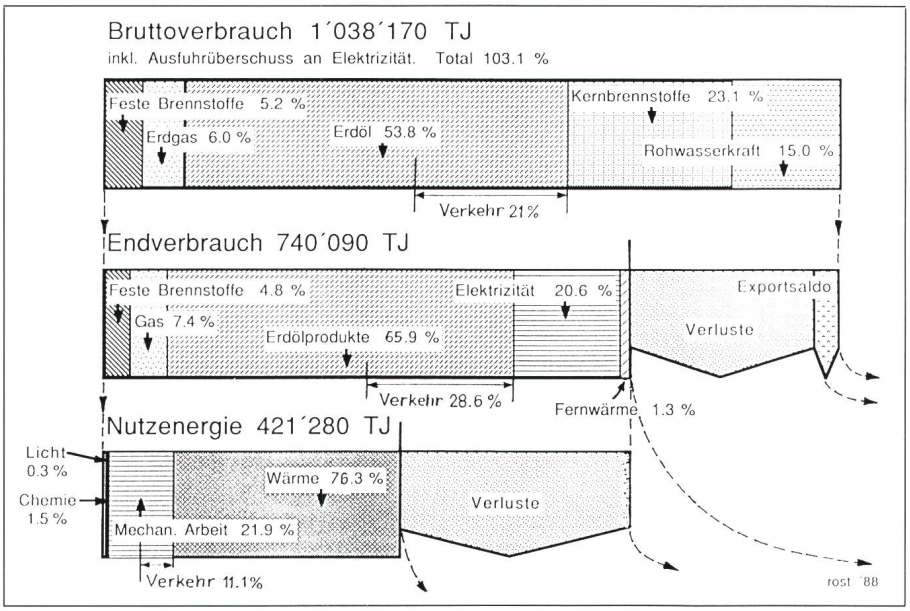
Die Ausführungen beschränken sich auf den Bedarf der stationären Verbraucher, Strassenverkehr und Flugverkehr werden also nach einer ersten Gesamtübersicht ausgeklammert.

1. Der Energiebedarf und seine Deckung heute

Der heutige Energie-Jahresbedarf der Schweiz ist aus dem in Figur 1 dargestellten Energieflussdiagramm ersichtlich.

Unter *Bruttoverbrauch* (oberer Teil der Figur) versteht man den Saldo der Primärenergiebilanz. Er enthält einerseits den Energieanfall aus inländischen Quellen, heute vorwiegend Wasserkraft (rechts aussen) sowie etwas Holz, Müll und Industrieabfälle; in der ferneren Zukunft könnten als inländische Quellen auch die Sonnenenergie, die Erdwärme und sehr beschränkt auch etwas Wind in Erscheinung treten. Dazu kommt anderseits der durch Import-Überschuss und Lagerbewegungen gegebene Brennstoffverbrauch, nämlich der gigantische Konsum an Rohöl und Erdölprodukten sowie die Erdgas- und die heute sehr geringen Kohlenimporte – letztere sind unter den «festen Brennstoffen» enthalten – und schliesslich noch der Einsatz von Kernbrennstoffen.

In der Bildmitte ist der *Endverbrauch* dargestellt, d.h. die von den Verteilerorganisationen (wie Erdöl-



Figur 1 Vereinfachtes Energieflussdiagramm der Schweiz 1986

handel, Elektrizitätsunternehmungen usw.) an den Verbraucher gelieferte, gebrauchsfertige Energie wie Gas, Strom, Benzin, Fernwärme usw. Infolge Transport, Verteilung und Umwandlung geht auf dieser Stufe etwa ein Viertel der Primärenergie verloren. Die Verluste enthalten auch die grossen Mengen von Abwärme, die in den nuklearen und konventionellen thermischen Kraftwerken z.B. durch die Kühltürme an die Umgebung abgegeben werden.

Im untersten Teil der Figur ist die vom Verbraucher letztendlich *genutzte Energie* dargestellt. Sie widerspiegelt den heutigen Energiebedarf. Mit 76% überwiegt der Wärmebedarf alle anderen Nutzenergien bei weitem. Dieser Bedarf konzentriert sich saisonal natürlich auf den Winter.

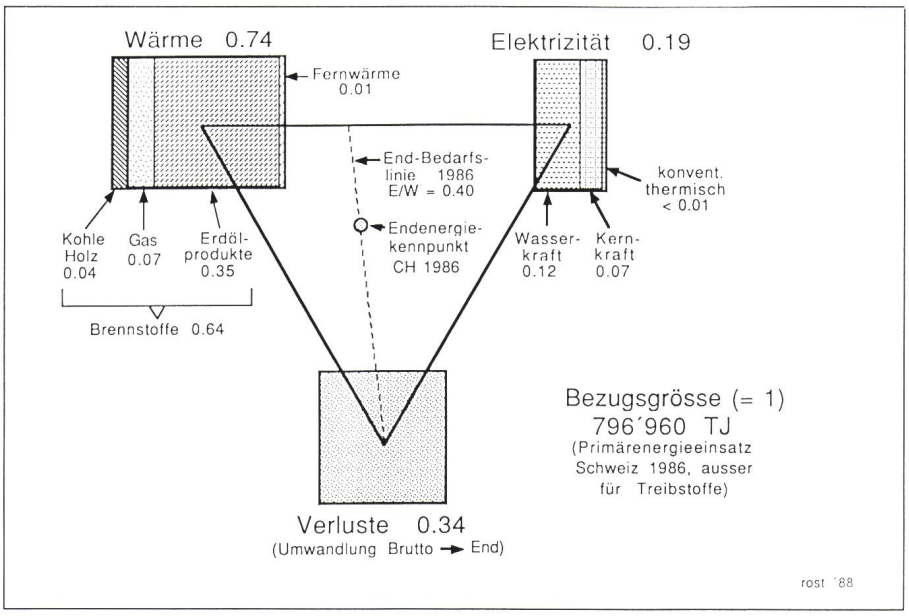
Beim Benutzer entstehen ebenfalls grosse Verluste. Ursachen sind die heute nur schlechte Nutzung der Treibstoffe im Verkehr (etwa die Hälfte aller Verluste auf der Nutzenergiestufe), die oft nur bescheidenen Wirkungsgrade der Verbrennungsöfen und auch mancher elektrischer Apparate. Als Nutzenergie bleiben insgesamt schlussendlich 42% des Bruttoverbrauches übrig.

Das Energiemuster wird auch in Zukunft von den Grundbedürfnissen nach Wärme, Arbeit, Licht und Prozessenergie geprägt, wobei gewisse Verschiebungen (z.B. dank energiesparenden Lösungen) durchaus zu erwarten sind.

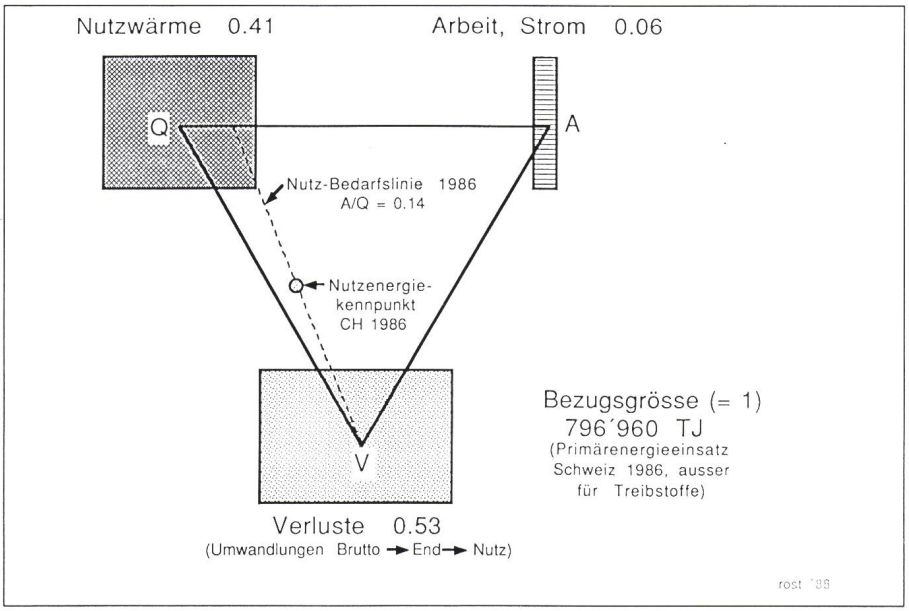
Nebst der *Grösse* des zukünftigen Bedarfs stehen aber heute landesweit hauptsächlich die *Mittel* zur Debatte, mit denen die Bedürfnisse in Zukunft gedeckt werden sollen.

Bei diesen Überlegungen über die zukünftige Energieversorgung sollte man – nebst den wirtschaftlichen, sicherheitstechnischen und versorgungstechnischen Fragen – der Rücksichtnahme auf unsere natürliche Umwelt eine besondere Wichtigkeit beimessen.

Figur 2 zeigt den nach Ausklammerung der Treibstoffwirtschaft übrigbleibenden Endenergieverbrauch zusammen mit den für die Bereitstellung dieser Endenergie bedingten Verlusten. Die Anteile Elektrizität, nicht elektrisch erzeugte Wärme und Verluste sind an den drei Ecken eines gleichseitigen Dreiecks aufgetragen. Die Lage des Schwerpunktes veranschaulicht die relative Grösse der drei Endenergie-Anteile. Die Verluste machen etwa ein Drittel aus.



Figur 2 Endenergieverbrauch der Schweiz 1986 (ohne Treibstoffe 210 300 TJ)



Figur 3 Nutzenergieverbrauch in der Schweiz 1986 (ohne Strassen- und Flugverkehr)

Geht man auf die Nutzenergiestufe hinunter, erhält man die in Figur 3 dargestellten Verhältnisse. Der Verlustanteil ist auf 0,53 angestiegen. Die Höhenlage des Schwerpunktes gibt den durchschnittlichen Nutzungsgrad der Primärenergie an. Er betrug im Jahr 1986 etwa 0,47. Vor zwölf Jahren betrug er nur etwa 0,39.

Die Neigung der Bedarfslinie nach links bringt das naturgegebene, starke Übergewicht des Wärmebedarfs zum Ausdruck. Es ist wesentlich festzuhalten, dass dieser Wärmebedarf auch heute noch überwiegend durch Verbrennungsprozesse gedeckt wird.

Neben dem Verbrauch der sich mit der Zeit erschöpfenden Ressourcen sind Verbrennungsprozesse in zweierlei Hinsicht bedenklich: sie belasten die Luft durch Schadstoffe, und sie erhöhen den Kohlendioxidgehalt der Erdatmosphäre auf unwiderrufliche Art und Weise. Es muss erwartet wer-

den, dass die fortgesetzte CO_2-Anreicherung der Luft nach der Jahrtausendwende durch Veränderung der Wärmestrahlungsbilanz unseres Planeten zu katastrophalen weltweiten Klimaveränderungen führen kann. Diese alte Vermutung ist durch neuere Forschungsergebnisse bestärkt worden.

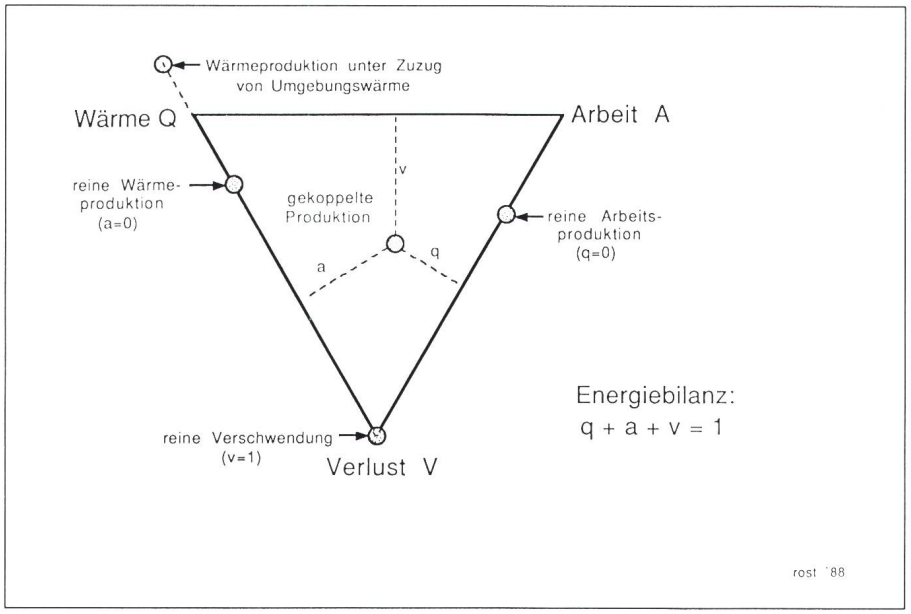
Die zur Deckung des Arbeits- und Strombedarfs benötigte Elektrizität wird zu drei Fünfteln aus Wasserkraft gedeckt, also aus einer unerschöpflichen, sauberen, einheimischen Energiequelle. Die restlichen zwei Fünftel der Elektrizitätserzeugung entfallen im wesentlichen auf die Kernkraftwerke.

Zur Kernenergie ist festzuhalten, dass alle fünf schweizerischen Kernkraftwerke seit ihrer Inbetriebnahme durch einen im nuklearen Bereich störungsfreien Betrieb und durch eine hohe Arbeitsausnutzung, die an der Weltspitze steht, gekennzeichnet sind. Trotz umfangreichen Untersuchungen sind bis heute keine Tatsachen bekannt geworden, die auf nachteilige Einflüsse auf Mensch oder Natur schliessen lassen würden. Auch die Katastrophe in Tschernobyl darf darüber nicht hinwegtäuschen, dass die nach westlichen Sicherheitsstandards gebauten und betriebenen Kernkraftreaktoren zu den umweltfreundlichsten Energiequellen überhaupt gehören und gerade der Schonung der Natur zuliebe in den kommenden Jahrzehnten eine wichtige energiewirtschaftliche Rolle spielen sollten.

In mittel- und langfristiger Sicht weist also unsere heutige Energieversorgung drei schwerwiegende Mängel auf:

- Schadstoffbelastung der Luft, die sich zur verkehrsbedingten Belastung addiert,
- namhafter Beitrag zur weltweiten Erhöhung des CO_2-Gehaltes der Erdatmosphäre und
- starke Ressourcen-Abhängigkeit durch Importe, die heute zwar geographisch besser diversifiziert sind als zur Zeit der Ölkrise vor 15 Jahren, aber in der Preisentwicklung schwer voraussagbar bleiben.

Anstelle der Frage, wie man - unter Rückfall auf vermehrte Verbrennungsprozesse - aus der Kernenergie aussteigen soll, sind wir deshalb aufgerufen, darüber nachzudenken, wie man die gesamte Energieversorgung unter Einbezug der Kernenergie umweltfreundlicher machen kann.



Figur 4 Energie-Dreieck mit Kennpunkten diverser Verfahren

2. Verfahren für die Wärme- und Arbeitsversorgung

Jede Primärenergie wird auf ihrem Weg zur Nutzung Umwandlungen unterzogen, und es entstehen dabei Verluste und Umweltbelastungen. Das Endprodukt kann Nutzwärme oder Nutzarbeit sein oder beides. Für die Anteile w (Wärme), a (Arbeit) und v (Verlust) gilt

$$w + a + v = 1$$

Im Dreiecksdiagramm (Fig. 4) ist damit ein Punkt definiert, der «Energiekennpunkt des Verfahrens». Dieser charakterisiert das Endresultat der Umwandlung.

Je verlustbehafteter ein Verfahren ist, um so tiefer liegt sein Punkt im Dreieck. Verfahren, die nur Wärme liefern, ordnen sich am linken Rand, solche für Arbeitserzeugung am rechten an. Ambivalente Umwandlungsverfahren, die Wärme und Arbeit produzieren, liegen im Dreiecksinneren.

Umwandlungsverfahren, die ausser der benutzten Primärenergie (PE) noch weitere Energiemengen umsetzen, können Punkte ausserhalb vom Dreieck ergeben. Solche Energien sind die Umweltwärme bei Wärmepumpen oder z.B. die für Prozesssteuerung benötigte, meist geringe, elektrische Hilfsenergie bei vielen Verfahren.

Mit der Schattierung des Punktes soll im folgenden die Belastung der Atmosphäre mit Schadstoffen und mit Kohlendioxid zum Ausdruck gebracht werden.

Dieses Dreieck vermittelt einen anschaulichen Überblick über die Verfahren der Energieversorgung.

2.1 Wärmeversorgung

Einige der reinen Wärmeversorgung dienenden oder dafür zur Diskussion stehenden Verfahren sind in Figur 5 dargestellt.

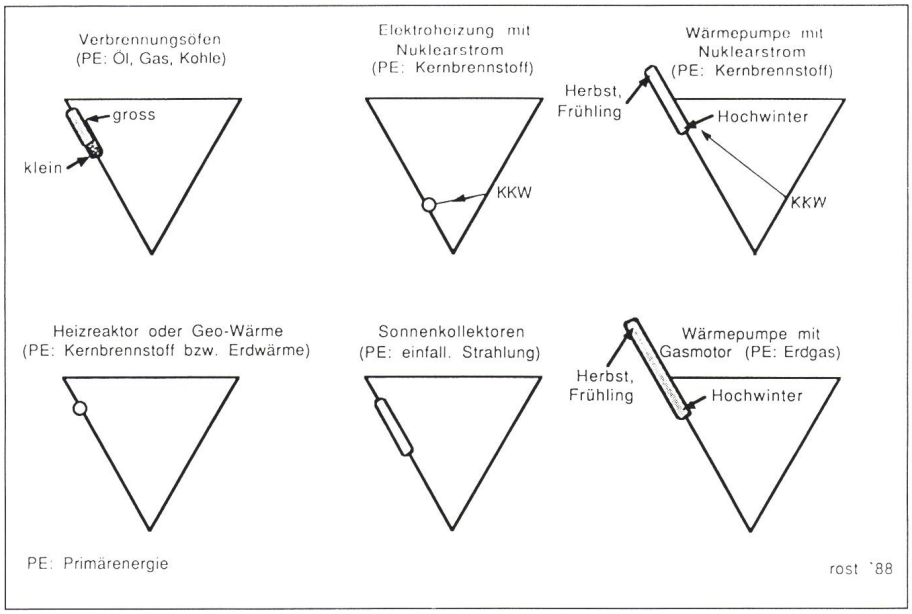
- Die Verbrennungstechnik ist für die Heizung recht effizient. Dank besserer Brennertechnik und Regeldynamik sind heute auch die kleineren Anlagen (Hausheizungen) akzeptabel im Wirkungsgrad. Die Schwere der Emissionen wird durch die Schattierung der Kennpunkte zum Ausdruck gebracht. Bezüglich Luftschadstoffe sind Grossanlagen besser. Alle heutigen Verbrennungsprozesse belasten aber die Atmosphäre mit ihrem Kohlendioxidausstoss.
- Der Strom kann ineffizient durch die einfache *Elektroheizung* oder sehr effizient durch *Wärmepumpen* genutzt werden.
- Bei *Heizreaktoren* - eine noch nicht eingesetzte Technik - wird Energie praktisch verlustlos genutzt, wobei allerdings ein kommunales Heizwasser-Verteilernetz vorhanden sein muss. Das gleiche gilt auch für die *geothermische Energie*.
- *Sonnenkollektoren* nutzen eine kostenlose, aber unregelmässig und

dezentral anfallende Primärenergie für Heizzwecke. Ihre Hauptprobleme liegen auf der Ebene der Wirtschaftlichkeit. Ihre zunehmende Nutzung ist sehr zu befürworten.

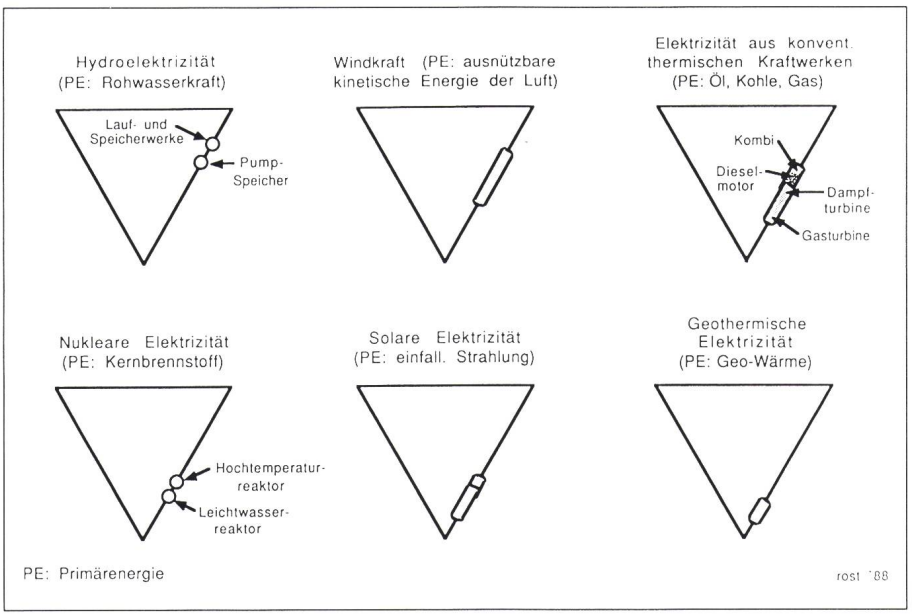
- Eine relativ aufwendige, aber sehr effiziente Nutzung von Erdgas erlaubt der *mit Wärmepumpe kombinierte Gasmotor*. Seine Effizienz zeigt die für alle luftgestützten Wärmepumpen charakteristische starke Abhängigkeit von der Aussentemperatur.

2.2 Arbeitsversorgung

- Für die reine Arbeitsversorgung, (Fig. 6) hat die *Wasserkraft* den grossen Vorzug, eine unerschöpfliche mechanische Primärenergie zu nutzen. Sie erreicht dabei sehr hohe Wirkungsgrade. Leider sind die Wasserkraftreserven in vielen Ländern - so auch in der Schweiz - bereits weitgehend verwertet.
- Die *Windkraft* hat ein beschränktes Potential.
- Die *thermischen Verfahren* zur Gewinnung von mechanischer Arbeit (meist über den Zwischenschritt der Elektrizität) produzieren unweigerlich Abwärme und haben einen entsprechend tiefen Wirkungsgrad. Immerhin erreichen Dieselmotoren und kombinierte Gas/Dampf-Anlagen heute Wirkungsgrade von 50%. Die grosse energiewirtschaftliche Bedeutung der thermischen Verfahren ergibt sich aus der hohen Energiekonzentration im Umwandlungsprozess und dem relativ tiefen Preis der benutzten fossilen oder nuklearen Primärenergie.
- Heute erkennbare, aber noch nicht breit genutzte neue Verfahren wie die photovoltaisch oder biochemisch in Elektrizität oder in Wasserstoff umgesetzte *Sonnenenergie* werden auf lange Sicht hoffentlich zu einem Hauptpfeiler der globalen Energieversorgung. Sie könnten nämlich der Kohlendioxidfreisetzung ein definitives Ende setzen. Bis zu ihrem Einsatz in grossem Massstab braucht es aber selbst bei ihrer intensiven Förderung mit Sicherheit etliche Jahrzehnte. Auch die Probleme des Transportes, der Speicherung und der geopolitischen Versorgungssicherheit müssten befriedigend gelöst werden.
- Die *geothermische Energie* dürfte schon in der näheren Zukunft in besonderen Gegenden einen kleinen Beitrag zur Energieversorgung leisten.



Figur 5 Umwandlungsverfahren für Wärmelieferung allein



Figur 6 Umwandlungsverfahren für Arbeitslieferung allein

3. Wärme-Kraft-Kopplung

Figur 7 stellt einige Verfahren, die gleichzeitig Wärme und Arbeit (bzw. Strom) liefern können, im Energiedreieck dar. Bei ihrer Beurteilung muss man berücksichtigen, ob sie Wärme und Strom nur miteinander oder auch unabhängig liefern können - das heisst, ob sie nur im Winterbetrieb oder auch im Sommer voll eingesetzt werden können.

In der oberen Bildhälfte sind die fraglichen Kraftwerke für sich allein dargestellt. Die Wärme kann dabei ausschliesslich über Wärmeverteilnetze (meist mit Heisswasser betriebene Quartier- oder Fernheizungen) zum Verbraucher transportiert werden. Bei Blockheizkraftwerken kann das betreffende Gebäude, bei Heizkraftwerken ein Quartier oder eine Stadt geheizt werden. Bei Grosskraftwerken sind dem Fernwärmenetz bei etwa 30 km Distanz technisch-wirtschaftliche Grenzen gesetzt.

Die in Figur 7 oben links abgebilde-

ten *Heiz- und Blockheizkraftwerke* verfeuern Öl, Gas oder Müll. Im Sommer sind sie stillgelegt oder wenig ausgelastet. Im Winter müssen sie «wärmegeführt» betrieben werden, d.h. ihre elektrische Leistung richtet sich weitgehend nach dem augenblicklichen Wärmebedarf. Durch die Verbrennung tragen sie natürlich zur Schadstoff- und CO_2-Belastung der Atmosphäre bei, daher die Schattierung der Punkte. Sie gewähren im Winter einen hohen Energienutzungsgrad. Wo man fossile Brennstoffe, insbesondere Öl, zum Heizen braucht, sind sie wegen ihrer besseren Schadstoffkontrolle den dezentralen kleinen Heizkesseln eindeutig vorzuziehen. Durch ihre Eignung für verschiedene Brennstoffe sind solche Grossanlagen ausserdem sehr versorgungssicher.

Figur 8 zeigt ein Mini-Heizkraftwerk, nämlich eine mit Gasmotor betriebene Anlage, die ein Einfamilienhaus heizen und während der Heizzeit Strom ins Netz liefern kann. Ähnliche Kleinanlagen kann man auch mit integrierter Wärmepumpe kaufen.

In der Mitte von Figur 7 sind die Fernheizungen mit Wärmeauskopplung aus einem Kernkraftwerk gezeigt. Das Kraftwerk produziert im Sommer Strom und deckt den Gebrauchswarmwasserbedarf. Im Winter versorgt es über Heisswasserleitungen grössere Siedlungs- und Industriegebiete mit Heizwärme. Luftschadstoffe und Kohlendioxid werden nicht emittiert. Die sonst für Stromerzeugung allein verbrauchte Primärenergie wird zusätzlich für die Heizung ausgenutzt.

Solche Fernwärmenetze liefern 6 bis 7 mal mehr Heizwärme als der von ihnen verursachte winterliche Produktionsausfall an Elektrizität. Damit sind sie in energetischer Hinsicht den strombetriebenen Wärmepumpen weit überlegen. Diplomarbeitsstudien an unserem Institut haben gezeigt, dass dieses Verhältnis durch entsprechende konstruktive Gestaltung der Dampfturbinen weiter verbessert werden kann.

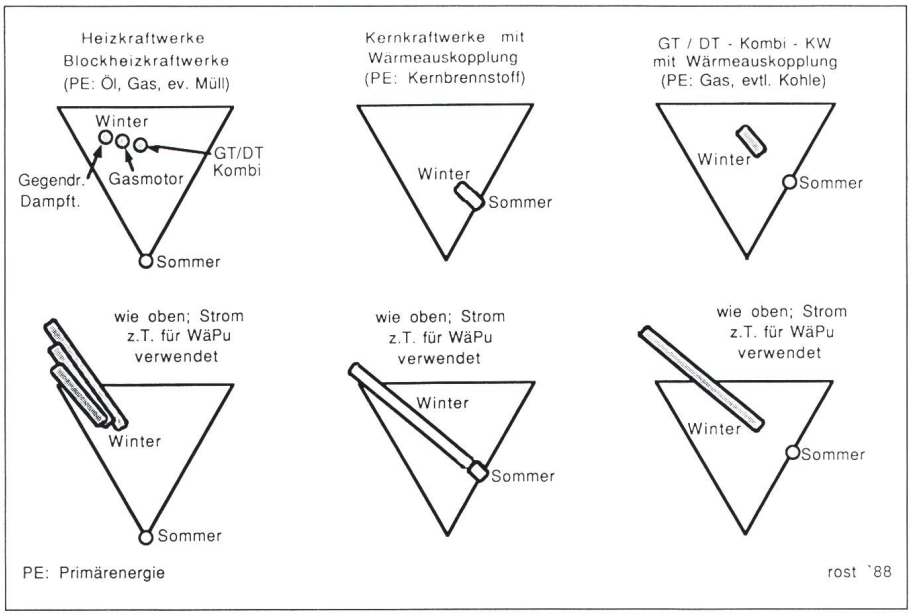
Die Vorteile der Fernheizung, auch für die Schweiz, sind seit langem erkannt worden. Zu erwähnen ist etwa die visionäre Studie «Fernbeheizte Schweiz?» von Alfred Hohl aus dem Jahr 1973, deren Einsichten heute noch weitgehend aktuell sind.

Doch werden die Möglichkeiten der Fernheizung in der Schweiz – im Gegensatz zu den skandinavischen Ländern – heute nur marginal ausgenutzt. Das «REFUNA» (Regionales Fernwärmenetz Unteres Aaretal), heizt nur wenige Dörfer in der nächsten Umgebung des Kernkraftwerks Beznau. In mehreren Städten bestehen lokale, mit Gas, Öl und Müll betriebene Quartiernetze, so in Lausanne seit 1934 – die älteste Fernheizung der Schweiz.

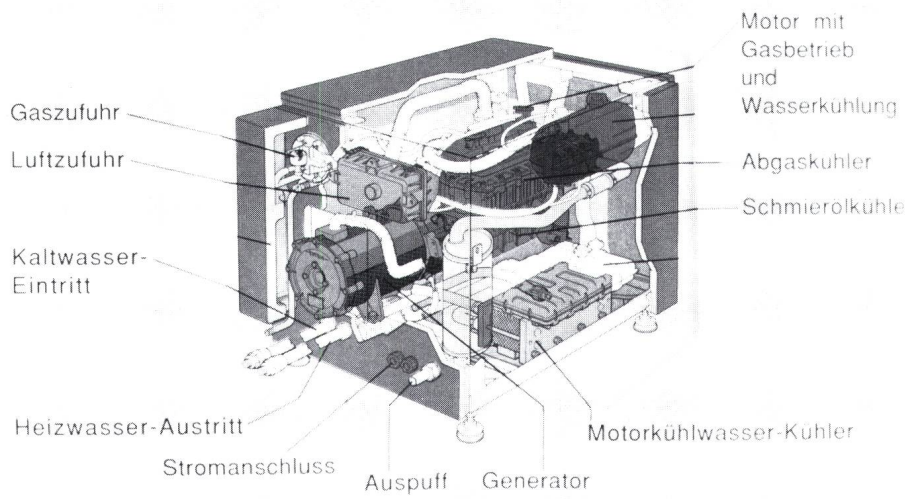
Weitere Projekte zur Ausnutzung brachliegender Möglichkeiten sind realisationsreif. Sie werden aber wegen der Angst vor der Kernenergie und der kurzfristigen Vorteile der tiefen Ölpreise nur zögernd aufgegriffen.

Länder, die viel Erdgas besitzen (z.B. Holland), bauen kombinierte Gasturbinen-Dampfturbinen-Kraftwerke, die in Figur 7 rechts angedeutet sind.

Mit dem Zuzug von elektrisch angetriebenen Wärmepumpen kann die wärmebezogene Brennstoffausnutzung bei allen Wärme-Kraft-Kopp-



Figur 7 Verfahren der Wärme-Kraft-Kopplung

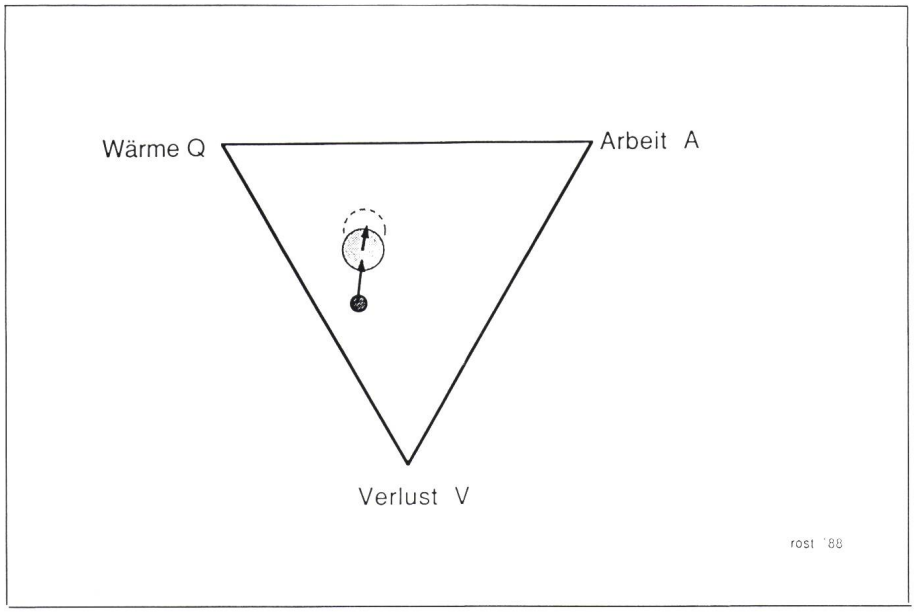


Figur 8 Mini-Heizkraftwerk: Kleines Wärme-Kraft-Modul mit Gasmotor (Wärme 40 kW, Strom 15 kW)

lungsprozessen nochmals wesentlich gesteigert werden.

In der unteren Bildhälfte von Figur 7 sind die Kraftwerke mit Wärmepumpen ergänzt, die je nach ihrer Anzahl einen kleinen oder grossen Teil der erzeugten Elektrizität unter Zuzug von Umgebungswärme in Heizwärme umsetzen. Sie können vom Kraftwerk entlegene Gebiete wirtschaftlich versorgen.

Ein Beispiel ist die neu erstellte Wärmepumpenanlage des Fernheizkraftwerks der ETH. Sie steht unter dem Walchetor an der Limmat, an der Stelle, wo vor bald 50 Jahren die erste Wärmepumpe der Welt in Betrieb genommen wurde, und wird die Gebäude der kantonalen Verwaltung heizen. Für 5 MW Heizwärme verbraucht sie im Mittel 1,5 MW Elektrizität.



Figur 9 Zielrichtung einer umweltgerechten Energieversorgung

4. Folgerung für eine umweltschonende Energieversorgung

Beim Vergleich dieser 18 gezeigten Energiedreiecke wird es deutlich, dass die diversen Verfahren der Wärme-Kraft-Kopplung unter den mittelfristig in weitem Umfang verfügbaren Techniken die beste Energienutzung und die geringste Luftbelastung aufweisen.

Welche Folgerungen ergeben sich aus diesen Überlegungen?

Die Aufgabe der Energieversorgung ist es, den in Figur 3 dargestellten Nutzenergiebedarf umweltgerecht, wirtschaftlich und sicher zur Verfügung zu stellen.

Dabei ist zu berücksichtigen, dass sich die Bedarfslinie gegenüber heute verändern wird: In erster Linie werden die moderne Gebäudeisolation und Gebäudetechnik weitere Reduktionen des Heizwärmebedarfs ermöglichen. Auch bei der Elektrizität sind Einsparungen möglich, aber es entstehen auch neue Bedürfnisse. Als Resultat wird sich die Nutzbedarfslinie etwas in Richtung von A (Arbeit) verschieben. Das Gesamtvolumen wird von der wirtschaftlichen Konjunktur stark abhängen.

Die Verfahren, die an der Energieversorgung teilhaben, müssen unter Berücksichtigung der tages- und jahreszeitlichen Variation des Bedarfs so kombiniert werden, dass die von ihnen gesamthaft produzierte Nutzenergie exakt der momentanen Bedarfslinie entsprechen kann und dass dabei möglichst wenig Verluste und möglichst geringe Umweltbelastungen entstehen.

Bildhaft und vereinfacht ausgedrückt: dass der Nutzenergiekennpunkt im Energiedreieck (Fig. 9) möglichst nach oben verschoben wird und dabei der Erzeugung von Luftschadstoffen und von Kohlendioxid möglichst Einhalt geboten wird.

Kurz- und mittelfristig erfordert dies folgende Massnahmen:

- Wirkungsgrad und Abgasqualität aller Arten der konventionellen Heizung sind weiter zu verbessern.
- Die Möglichkeiten der Kraft-Wärme-Kopplung sind maximal zu nutzen. Das bedeutet den Ausbau der Fernheizung, sowohl durch Ausnutzung der Kernkraftwerke wie auch durch eine schadstoffarme Verbrennung von fossilen Energieträgern und vom Müll in grösseren Anlagen.
- Die verfügbaren emissionsfreien Techniken – wie Sonnenkollektoren und Wärmepumpen – sind zur Substitution von Brennstoffen vermehrt einzusetzen.

Zu zeigen, dass für diese Aufgaben erprobte und effiziente Techniken heute schon bereitstehen und – Klarsicht und verantwortungsbewusstes Handeln vorausgesetzt! – auch eingesetzt werden könen, war das Ziel dieser Ausführungen.