

**Zeitschrift:** Schweizer Ingenieur und Architekt  
**Herausgeber:** Verlags-AG der akademischen technischen Vereine  
**Band:** 108 (1990)  
**Heft:** 49

**Artikel:** Blockheizkraftwerke in der Praxis  
**Autor:** Eicher, Hanspeter  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-77581>

### **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:** 01.04.2025

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

# Blockheizkraftwerke in der Praxis

In diesem Beitrag über Blockheizkraftwerke (BHKW) soll vor allem die Sicht aus der Praxis anhand von zehn typischen Anlagebeispielen das Einsatzgebiet von Gasmotor-Blockheizkraftwerken im Leistungsbe- reich zwischen 40 kWe und 900 kWe im Vordergrund stehen. Ferner wird gezeigt, welche Anstrengungen unternommen werden können, um die Technologie der Blockheizkraftwerke verstärkt in die Praxis um- zusetzen.

## Bis anhin realisierte Anlagen

Bild 1 zeigt eine Zusammenstellung der seit Mitte der 70er Jahre in der Schweiz realisierten Wärmekraftkopplungs-An-

VON HANSPETER EICHER,  
LIESTAL

lagen in Form von Gasmotor-Block- heizkraftwerken. Die Zusammenstel- lung dürfte rund 90% aller in der Schweiz installierten Anlagen enthal- ten (bezogen auf die installierte Lei- stung). Was Gasturbinen betrifft, die in Bild 1 nicht aufgeführt sind, sind erst einige wenige in Betrieb (zum Teil je- doch mit grosser Leistung, z.B. eine An- lage mit 25 MWel bei der Fa. Sandoz in Monthey). In neuerer Zeit ist der Bau einiger grösserer Anlagen vor allem in der Papierindustrie beschlossen wor- den.

## Beispiele typischer Anlagen

Nachfolgend werden verschiedene Gas- motor-Blockheizkraftwerke im Lei- stungsbereich von 40 kWe bis 1000 kWe behandelt, darunter auch die ersten Standard-Blockheizkraftwerke [1]. Alle Anlagen sind entweder in Betrieb oder in der Phase der Ausführung. Die Palet- te der Anlagen soll zeigen, wie vielfältig der Einsatzbereich für solche Anlagen tatsächlich geworden ist.

### Einfamilienhaussiedlung Stettbrunnen in Muttenz, BL

Allgemeine Angaben zum Objekt: Die Einfamilienhaussiedlung besteht aus rund 50 Einfamilienhäusern, die vom Architekturbüro Theo Meyer und Part- ner geplant und in drei Etappen gebaut wurden. Die Häuser werden durch eine Wohngenossenschaft vermietet oder verkauft. In der ersten Etappe wurden rund 15 Häuser mit konventionellen Heizungsanlagen ausgerüstet, diejeni- gen der zweiten und dritten Etappe (Bild

der 2 und 3) mit einem Nahwärmever- bund und einem Blockheizkraftwerk. Die BHKW-Anlage und die Wärmever- teilung wurden von der Arbeitsgemein- schaft für dezentrale Energieversor- gung ADEV finanziert und gebaut. Die

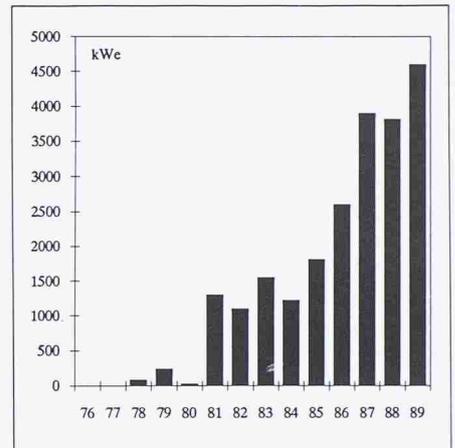


Bild 1. Jährlich installierte Leistung von Gasmotor-Blockheizkraftwerken in der Schweiz

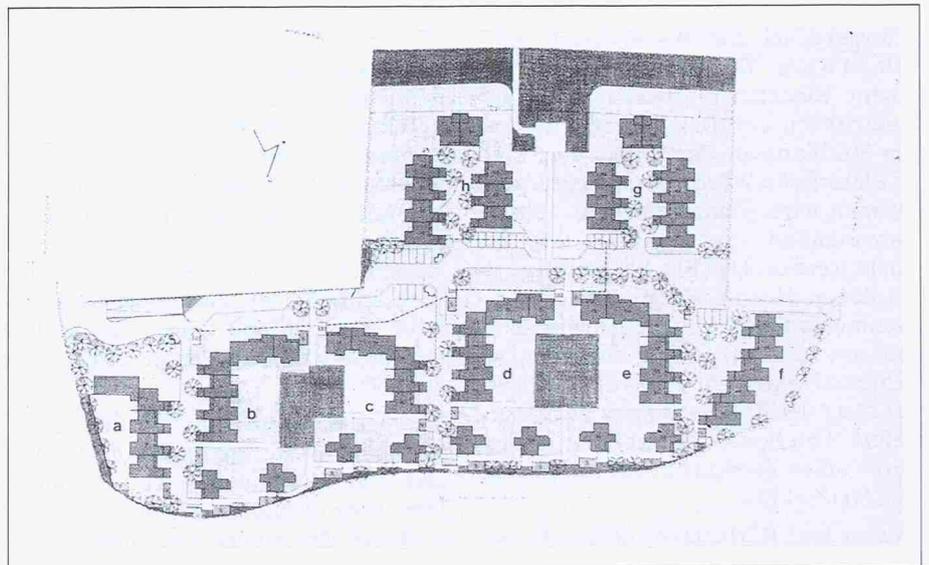


Bild 2. Siedlungsplan der EFH-Siedlung Stettbrunnen



Bild 3. Sicht auf einen Teil der Einfamilienhäuser in der Siedlung Stettbrunnen

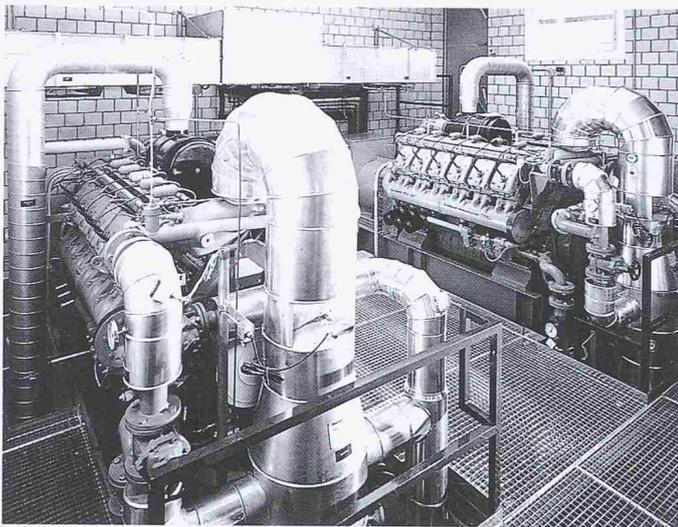


Bild 4. Heizkessel und zwei Klein-Blockheizkraftwerke

Wärmebezügler haben vergleichbare Investitions- und Betriebskosten wie bei einer konventionellen Gaseinzelheizung.

**Anlagedaten:** Der Wärmeleistungsbedarf bei  $-8^{\circ}\text{C}$  beträgt 270 kW und der Wärmebedarf für Warmwasser rund 150 MWh/a. Die Anlage besteht aus einem Blockheizkraftwerk mit einer elektrischen Leistung von 38 kW, dessen Strahlungsabwärme über eine kleine elektrische Wärmepumpe zurückgewonnen wird. Damit kann ein Jahresnutzungsgrad von mehr als 90% erreicht werden. Das Blockheizkraftwerk wurde im Herbst 1988 in Betrieb genommen und weist eine jährliche Laufzeit von mehr als 5000 h auf. Die produzierte Elektrizität wird vollständig in das Netz der Elektra Birseck zurückgeliefert. Die Spitzenlastdeckung erfolgt durch einen Zweistoffkessel mit Erdgas und Heizöl EL.

**Kosten und Wirtschaftlichkeit:** Die gesamten Investitionskosten für die Heizzentrale und den Nahwärmeverbund belaufen sich auf Fr. 550 000.-. Nicht inbegriffen sind die Kosten für die Wärmeverteilung in den einzelnen Häusern, das heisst für Heizkörper und allfällige Bodenheizungen. Unter den momentan gültigen Randbedingungen kann die ADEV die Anlage nicht ganz wirtschaftlich betreiben, dazu müssten die Wärmeverkaufspreise um 10 bis 15% angehoben werden.

**Betriebserfahrungen:** Nach Inbetriebnahme der Anlagen im Herbst 1988 traten einige unerwartete Probleme auf. Es zeigte sich, dass die aus Kostengründen gewählte hydraulische Schaltung zu Betriebsproblemen führen konnte, wenn die einzelnen Unterstationen hydraulisch nicht richtig abgeglichen wurden oder die gewünschte Wassertemperatur in den Wassererwärmern zu hoch eingestellt wurde. Insbesondere ergaben sich zu bestimmten Zeiten zu hohe Rücklaufftemperaturen, und die im

Blockheizkraftwerk eingebaute Wärmepumpe ging auf Störung. Diese Probleme wurden durch den Einbau einer Rücklaufftiefhaltung und die Instruktion der Bewohner, dass die Warmwassertemperatur nicht über  $55^{\circ}\text{C}$  eingestellt werden darf, behoben.

Zu Beginn der Betriebszeit traten in demjenigen Haus Schallprobleme auf, durch dessen Dach die beiden Kamine der Heizzentrale geführt werden. Die Bewohner des Hauses fühlten sich insbesondere in der Nacht durch die Restgeräusche des Heizkessels gestört, obschon der Lärmpegel bereits unter den vorgeschriebenen Werten lag. Die Kamine mussten mit einer verstärkten Endschalldämmung ausgerüstet werden.

Seit der Behebung der letzten Detailprobleme im Herbst 1989 läuft die Anlage jedoch zur vollen Zufriedenheit. Die vorausgerechnete jährliche Betriebszeit der Anlage wird übertroffen, und die Schadstoffemissionen vor allem beim Stickoxid erreichen extrem niedrige Werte. Die gemachten Erfahrungen zeigen mit aller Deutlichkeit, dass die Realisierung von Blockheizkraftwerken mit grossem Engagement und Sorgfalt der planenden Ingenieure verbunden sein muss. Die Hauptprobleme, die sich einstellen können, liegen bei der Hydraulik und der Regelung/Steuerung der Anlagen. Die Planung von BHKW-Anlagen setzt verständlicherweise erfahrene Ingenieure voraus.

#### Schulhaus Gehrenmatten in Arlesheim, BL

**Allgemeine Angaben zum Objekt:** Die Gemeinde Arlesheim hatte sich zum Ziel gesetzt, für das Schulzentrum Gehrenmatten eine energiesparende und umweltfreundliche Heizungstechnologie einzusetzen. Aufgrund einer Vorstudie beschloss der Gemeinderat, ein Projekt für den Zusammenschluss der

beiden Heizzentralen im Schulzentrum sowie für den Einbau eines Blockheizkraftwerkes auszuarbeiten. Anlässlich einer Gemeindeversammlung wurde der Projektkredit bewilligt.

**Anlagedaten:** Durch den Zusammenschluss zweier einzelner Heizzentralen ergab sich ein Wärmeleistungsbedarf von 550 kW und ein Jahresenergiebedarf von 1120 MWh. Die Anlage besteht aus zwei Blockheizkraftwerken mit einer elektrischen Leistung von je 43 kW. Die Anlage weist eine Besonderheit auf, indem die Blockheizkraftwerke und ein Spitzenlastkessel in der ersten (Bild 4) und der andere Spitzenlastkessel in der zweiten Heizzentrale stehen. Dadurch wurde es möglich, mit dem Platz in den bestehenden Heizzentralen auszukommen und die bestehenden Heizkessel weiterzuverwenden.

Das Blockheizkraftwerk wurde im Herbst 1989 in Betrieb genommen. Es wird eine jährliche Laufzeit von rund 4300 h erwartet. Die produzierte Elektrizität wird in erster Linie für die Deckung des Eigenbedarfes verwendet. Nur der Überschuss wird in das Netz der Elektra Birseck zurückgeliefert.

**Kosten und Wirtschaftlichkeit:** Die gesamten Investitionskosten für die BHKW Anlage belaufen sich auf Fr. 360 000.-. Nicht inbegriffen sind die Kosten für den Zusammenschluss der beiden Heizzentralen durch einen kleinen Nahwärmeverbund.

**Betriebserfahrungen:** Die Anlagen funktionierten nach Inbetriebnahme im Herbst 1989 ohne nennenswerte Probleme. Die ungewöhnliche hydraulische Schaltung funktioniert zur vollen Zufriedenheit. Kleinere Verbesserungen mussten im Lärmbereich vorgenommen werden. Es handelte sich jedoch um reine Ausführungsprobleme, die beim Bau jeglicher Anlagen erwartet werden müssen und leicht behoben werden können.

#### Alte Wollweberei Oristal in Liestal, BL

**Allgemeine Angaben zum Objekt:** Die alte Wollweberei (Bild 5) im Oristal lag jahrelang still und verfiel zusehends, bevor sie von einem ortsansässigen Gewerbetreibenden gekauft und renoviert wurde. Zahlreiche Gewerbe- und Dienstleistungsbetriebe haben dort ihre neue Wirkungsstätte gefunden. Die Gebäude waren bereits durch einen Wärmeverbund erschlossen.

Die BHKW-Anlage und die Erneuerung der Heizzentrale wurden von der Arbeitsgemeinschaft für dezentrale Energieversorgung ADEV finanziert. Der Wärmeverbund wird auch von der ADEV betrieben. Die Wärmebezügler haben vergleichbare Investitions- und



Bild 5. Teilansicht der renovierten Gebäude der alten Wollweberei in Liestal

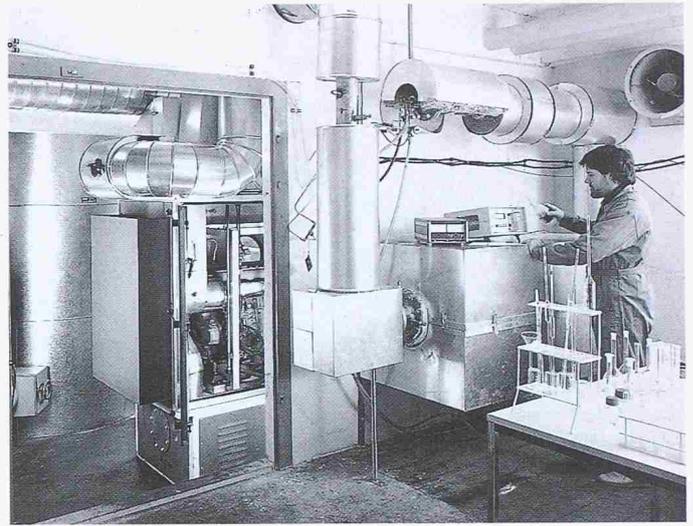


Bild 6. Entstickung mit Harnstoff am Dieselmotor-Blockheizkraftwerk im Oristal

Betriebskosten wie bei einer konventionellen Heizung.

Da im Oristal kein Erdgas verfügbar ist und die Anlage für den Betrieb mit Propan zu klein ist, wurde beschlossen, einen Dieselmotor einzusetzen. Da dies aus Gründen der Umweltverträglichkeit keine optimale Lösung darstellt, wurde gleichzeitig ein Forschungsprojekt für die Entstickung von Dieselmotoren mit einem potentiell kostengünstigen Verfahren in Angriff genommen. Zusammen mit dem Paul Scherrer Institut untersuchen wir seit 1988 den Einsatz von Harnstoff zur Entstickung von Abgasen unter Sauerstoffüberschuss. Die Resultate aus den Labor- und den Pilotversuchen am Dieselmotor verliefen bisher so erfolgsversprechend [2], [3], dass im Laufe der nächsten Heizperiode an eine Vollentstickung für Dauerbetrieb gedacht wird (Bild 6). Ein Russfilter wird bereits in diesem Sommer eingebaut.

**Anlagedaten:** Der Wärmeleistungsbedarf bei  $-8^{\circ}\text{C}$  beträgt rund 300 kW und der Jahresenergiebedarf für die Raumheizung rund 500 MWh/a. Das Warmwasser wird dezentral mit Elektroboilern aufbereitet. Die Anlage besteht aus einem Blockheizkraftwerk mit einer elektrischen Leistung von 44 kW. Das BHKW wurde im Herbst 1988 in Betrieb genommen und weist eine jährliche Laufzeit von rund 4500 h auf. Die produzierte Elektrizität wird vollständig in das Netz der Elektra Baselland EBL mit Sitz in Liestal zurückgeliefert. Die Spitzenlastdeckung erfolgt durch einen Kessel mit Heizöl EL.

**Kosten und Wirtschaftlichkeit:** Die gesamten Investitionskosten für die Heizzentrale und die Erweiterung des Nahwärmeverbundes beliefen sich auf Fr. 350 000.-. Nicht inbegriffen sind die Kosten für die Entstickung und Entrussung des Dieselmotors. Unter den mo-

mentan gültigen Randbedingungen kann die ADEV die Anlage einigermaßen wirtschaftlich betreiben.

**Betriebserfahrungen:** Seit Inbetriebnahme der Anlage im Herbst 1988 traten keine nennenswerten Probleme auf. Noch unbefriedigend ist die Umweltverträglichkeit. Der anfallende Russ führt auch dazu, dass die Abgaswärmetauscher bei jedem Service (alle 200 h) entrusst werden müssen. Diese Situation sollte sich mit dem geplanten Einbau des Russfilters stark verbessern lassen.

#### **Propan-Butan-betriebenes BHKW bei der Dimag in Niederdorf, BL**

**Allgemeine Angaben zum Objekt:** Seit anfangs dieses Jahres betreibt die Dimag ein kleines Blockheizkraftwerk zur Beheizung ihrer Liegenschaften in Niederdorf. Das besondere an dieser Anlage ist, dass es das erste Gasmotor-Blockheizkraftwerk der Schweiz ist, welches mit Propan oder Butan betrieben werden kann. Im Auftrag des Nationalen Energieforschungsfond (NEFF) führt unser Ingenieurbüro zusammen mit der Firma Shell und der Firma Dimag ein Forschungsprojekt durch. Dabei soll das Betriebsverhalten und die Schadstoffemissionen im Propan-Butan-Betrieb untersucht und optimiert werden. So dass weitere Anlagen ohne erhöhtes Betriebsrisiko und optimal umweltverträglich betrieben werden können.

**Kosten und Wirtschaftlichkeit:** Da die Anlage hauptsächlich Forschungs- und Demonstrationszwecken dient, sind die Kosten und die Wirtschaftlichkeit von untergeordneter Bedeutung und werden hier nicht wiedergegeben.

**Betriebserfahrungen:** Die Anlagen sind erst kurze Zeit in Betrieb, so dass noch keine definitiven Aussagen gemacht werden. Die bisherigen Erfahrungen

sind aber positiv. Im Sommer 1990 wird eine erste Veröffentlichung der Resultate erfolgen. Es kann davon ausgegangen werden, dass damit der Einsatz von BHKWs mit Propan oder Butan eine wichtige Förderung erhalten wird.

#### **Käsezentrum der COOP Schweiz in Kirchberg, BE**

**Allgemeine Angaben zum Objekt:** Die COOP Schweiz betreibt in Kirchberg im Kanton Bern ein Käsezentrum (Bild 7), das mit einem BHKW ausgerüstet ist. Die erzeugte Wärme wird für die Heizungs-, Lüftungsanlagen, für Warmwasser der Gebindewaschmaschine sowie für allgemeines Warmwasser verwendet. Das BHKW erzeugt gleichzeitig den Notstrom bei einem Stromausfall. Das zuständige Gaswerk hat sich bereit erklärt, bei Stromausfall Erdgas auch bei Temperaturen unter  $-4^{\circ}\text{C}$  zu liefern.

**Anlagedaten:** Der Wärmeleistungsbedarf bei  $-8^{\circ}\text{C}$  beträgt rund 900 kW und der Jahresenergiebedarf rund 3000 MWh/a. Die Anlage besteht aus einem Blockheizkraftwerk mit einer elektrischen Leistung von 125 kW (Bild 8). Die Anlage wurde im Herbst 1989 in Betrieb genommen und weist eine jährliche Laufzeit von rund 7000 h auf. Die produzierte Elektrizität wird vollständig zur Deckung des eigenen Bedarfs verwendet, somit wird kein Strom in das Netz der Elektra Fraubrunnen zurückgeliefert. Das Blockheizkraftwerk ist mit einem metallischen Doppelbettkatalysator ausgerüstet. Der Lieferant garantiert eine Schadstoffreduktionsrate von 99% für  $\text{NO}_x$  und 95% für CO während mindestens 15 000 Betriebsstunden. Die Spitzenlastdeckung erfolgt durch einen Zweistoffkessel mit Erdgas und Heizöl EL.

**Kosten und Wirtschaftlichkeit:** Die gesamten Investitionskosten für die Er-



Bild 7. Aussenansicht des Käseentrums der Coop Schweiz in Kirchberg BE

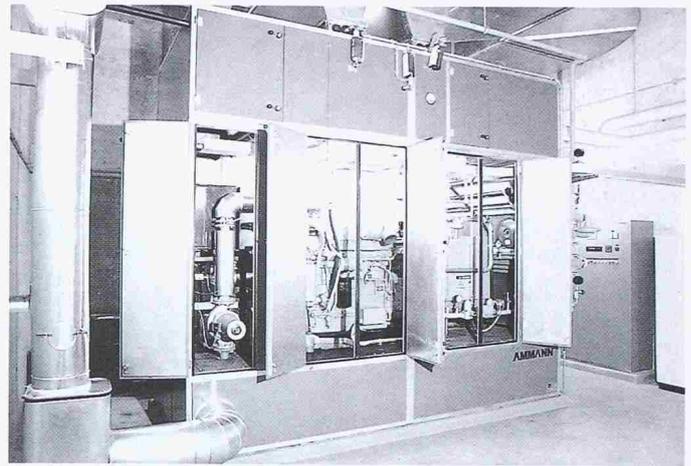


Bild 8. Caterpillar-Blockheizkraftwerk, geliefert von der Firma Ammann in Langenthal BE

weiterung des Blockheizkraftwerkes und die notwendigen Zusatzeinrichtungen beliefen sich auf rund Fr. 500 000.-. Die Anlage kann bei den momentan gültigen Randbedingungen wirtschaftlich betrieben werden. Die sich ergebenden Stromgestehungskosten sind geringer als die Bezugskosten bei der Elektra Fraubrunnen.

**Betriebserfahrungen:** Die Anlagen laufen seit der Inbetriebnahme im Herbst 1989 zufriedenstellend. Ausser den üblichen kleinen Inbetriebnahmeproblemen ergaben sich keine Komplikationen. Der Doppelbettkatalysator wurde infolge einer Fehlschaltung überhitzt und zerstört. Er ist inzwischen ersetzt worden, erbringt aber noch nicht ganz die erwarteten Ergebnisse.

### Siedlungsgenossenschaft Freidorf in Muttenz, BL

**Allgemeine Angaben zum Objekt:** Die Siedlungsgenossenschaft Freidorf in

Muttenz (Bild 9) besitzt historische Bedeutung. Ihre Gründung war zu jener Zeit eine Pioniertat. Nun hat die Genossenschaft auch in energetischer Hinsicht eine Pioniertat beschlossen. Rund 100 Heizanlagen sind älter als 15 Jahre, anstelle einer Sanierung der Einzelheizungen aller 150 Einfamilienhäuser wird ein Nahwärmeverbund aufgebaut. Die Wärmebereitstellung erfolgt durch Wärmerückgewinnung mittels Wärmepumpen aus den Büroräumen der COOP Schweiz, die im Genossenschaftshaus eingemietet ist, und durch ein Standard-Blockheizkraftwerk. Gemäss vorgesehenem Terminplan wird die Wärmelieferung im Herbst 1991 nach Abschluss der ersten Etappe aufgenommen. Die Fertigstellung der gesamten Anlage ist auf Herbst 1992 terminiert.

**Anlagendaten:** Die Anlage besteht aus einem Standard-Blockheizkraftwerk mit einer elektrischen Leistung von 170

kW (Bild 10), einem Spitzenkessel mit einer Leistung von 1200 kW sowie zwei elektrischen Wärmepumpen mit einer Wärmeleistung von jeweils 220 kW. Der Wärmeleistungsbedarf bei  $-8^{\circ}\text{C}$  beträgt 1390 kW und der Jahresenergiebedarf für Heizung und Warmwasser 4260 MWh/a. Davon werden 1745 MWh/a durch Wärmerückgewinnung mittels Wärmepumpen erzeugt. Das Blockheizkraftwerk stellt 1470 MWh/a bereit, der Rest von 1045 MWh/a wird durch den Spitzenkessel, der bis zu einer Aussentemperatur von  $-4^{\circ}\text{C}$  mit Erdgas betrieben wird, aufgebracht. Die produzierte Elektrizität wird vollständig in das Netz der Elektra Birseck zurückgeliefert. Das Blockheizkraftwerk weist einen Metallkatalysator auf, der sehr geringe Emissionswerte ermöglichen wird.

**Kosten und Wirtschaftlichkeit:** Die gesamten Investitionskosten für die Heizzentrale (Blockheizkraftwerk, Heizkessel und notwendige Zusatzeinrichtungen) betragen voraussichtlich Fr. 950 000.-. Für den Aufbau des Nahwärmeverbundes und den Anschluss der 150 Einfamilienhäuser wird ein Betrag von Fr. 2 500 000.- benötigt. Der Kanton Baselland unterstützt den Bau mit einem Betrag von Fr. 280 000.- Bei den gegebenen Randbedingungen kostet die Wärme aus dieser Anlage rund Fr. 55.-/MWh. Verglichen mit anderen Anlagen mit Wärmeverteilnetzen liegt dies relativ tief. Im Vergleich zu einer Gaseinzelheizung müssen geringe Mehrkosten in Kauf genommen werden.

### Goetheanum, Freie Hochschule für Geisteswissenschaft in Dornach, SO

**Allgemeine Angaben zum Objekt:** Das Goetheanum, Freie Hochschule für Geisteswissenschaft, braucht wohl kaum näher vorgestellt zu werden. Im markanten «Heizhaus» (Bild 11) befin-

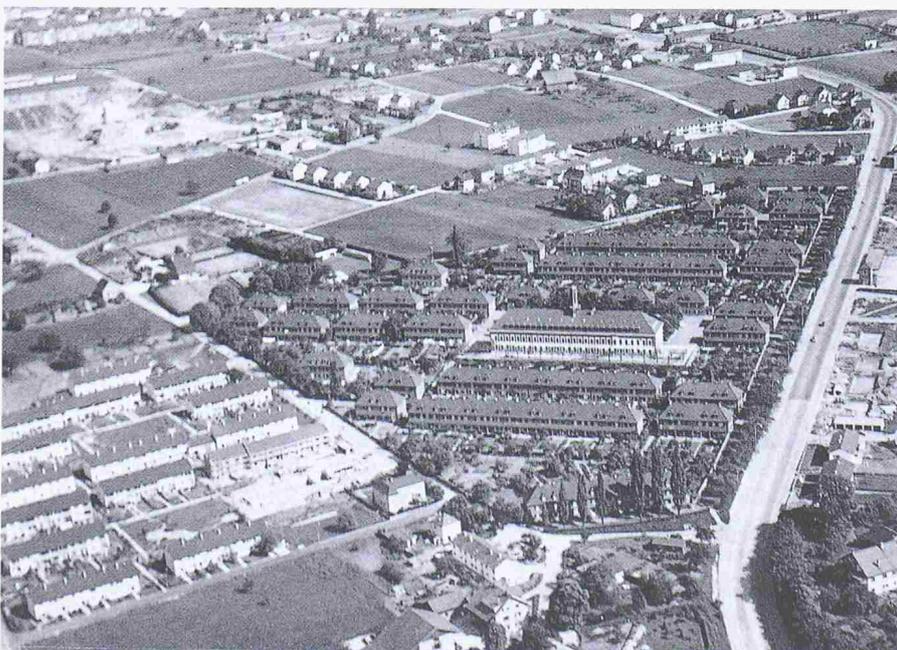


Bild 9. Siedlungsgenossenschaft Freidorf aus der Vogelperspektive

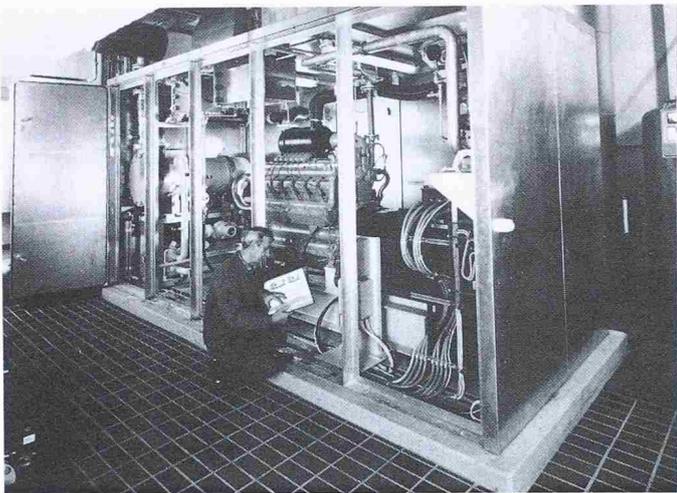


Bild 10. Standard-Blockheizkraftwerk, wie es im Freidorf in Muttenz eingesetzt wird



Bild 11. Das alte Heizhaus des Goetheanums

det sich seit 1958 eine Kohleheizung, die das Goetheanum und die umliegenden Gebäude mit Wärme versorgt. Mit der Einführung der Luftreinhalteverordnung wurde von den Behörden des Kantons Solothurn eine Sanierung der Anlagen verfügt. Die Verantwortlichen des Goetheanums haben nun beschlossen, ein Blockheizkraftwerk einzubauen. Es wird den Betrieb im Herbst 1990 aufnehmen.

**Anlagedaten:** Der Wärmeleistungsbedarf beträgt 1850 kW. Dies würde an und für sich für die Installation von zwei Standard-Blockheizkraftwerken ausreichen. Aus Platzgründen kann im bestehenden Heizhaus jedoch nur ein Aggregat mit einer elektrischen Leistung von 170 kW eingebaut werden. Der Warmwasserbedarf wird nicht durch das BHKW gedeckt, da die Verteilverluste bei diesem kleinen Warmwasserbedarf zu hoch ausfallen würden. Das BHKW arbeitet parallel zum Netz der Elektra Birseck. In erster Linie wird die erzeugte Elektrizität zur Deckung des Eigenbedarfes verwendet. Die Anlage soll im Rahmen eines vom Nationalen Energieforschungsfonds (NEFF) finanzierten Projektes mit einem Zweibettkatalysator ausgerüstet werden. Damit sollten die gesamten Schadstoffemissionen praktisch bis zur Bedeutungslosigkeit reduziert werden können.

**Kosten und Wirtschaftlichkeit:** Die Kosten für den gesamten Umbau der Anlage betragen rund Fr. 1 040 000.-. Dar-

in enthalten sind auch die Aufwendungen, welche für die Erneuerung der konventionellen Anlagenteile wie Heizkessel und Wärmeverteilung notwendig sind. Die zu erwartenden jährlichen Betriebskosten bestehend aus Kapitalkosten, Energiekosten, Wartung und Unterhalt betragen Fr. 195 000.-. Im Vergleich zu einer konventionellen Gasheizung kann nur ein knapp wirtschaftlicher Betrieb erwartet werden, da das Goetheanum als Hochspannungsbezüger pro kWh Elektrizität nur rund 10 Rp./kWh (inkl. Leistungsanteil) bezahlt.

#### Ita Wegman Klinik in Arlesheim

**Allgemeine Angaben zum Objekt:** Die Ita Wegman Klinik in Arlesheim ist ein privates Spital, das auf der Basis der antroposophischen Medizin arbeitet. Die

bestehenden Gebäude (Bild 12) werden nun durch einen Neubau ergänzt. Gleichzeitig wird die gesamte Haustechnik erneuert. Dadurch ergeben sich günstige Voraussetzungen für den Einsatz eines Blockheizkraftwerkes. Im allgemeinen sind Spitäler sowieso hervorragend für den Einsatz dieser Technologie geeignet, da sie gleichzeitig einen hohen Wärme- und Elektrizitätsbedarf aufweisen und meistens auch auf eine Notstromversorgung angewiesen sind, die vom Blockheizkraftwerk übernommen werden kann. Direkt neben der Ita Wegman Klinik befindet sich die Weleda AG; ein Betrieb, der Heilmittel auf antroposophischer Grundlage herstellt. Auch die Heizungsanlagen der Weleda sind erneuerungsbedürftig. Es wird daher ein kleiner Nahwärmeverbund erstellt, so dass in Zukunft die Weleda



Bild 12. Teilansicht der Ita Wegman Klinik in Arlesheim



Bild 13. Hochhäuser der Siedlung Hardau in Zürich

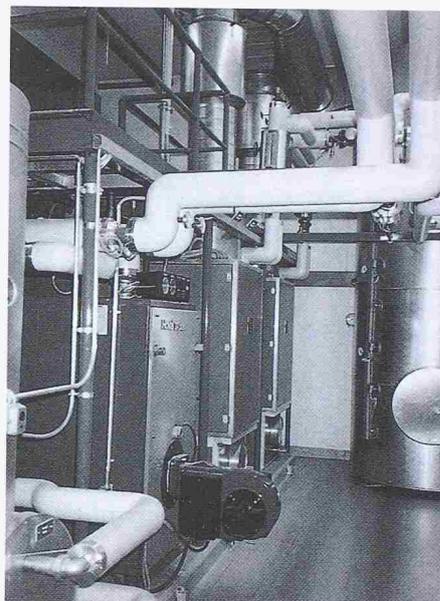


Bild 14. Blick in die Heizzentrale des BHKWs Hardau

von der Heizzentrale der Klinik aus beheizt werden kann.

**Anlagedaten:** Der Wärmeleistungsbedarf der Klinik und der Weleda AG beträgt rund 735 kW. Der jährliche Energiebedarf beträgt nach der Ausführung des Neubaus 1630 MWh/a. Auch das Warmwasser für die Waschmaschinen und die Geschirrwäscher wird zukünftig durch das Blockheizkraftwerk bereitgestellt. Es wird ein Aggregat mit einer elektrischen Leistung von 120 kW aufgestellt und mit einer elektrischen Wärmepumpe zur Rückgewinnung der Strahlungsabwärme des Motors ausgerüstet. Dadurch kann ein Jahresnutzungsgrad von mehr als 90% erreicht werden. Die Anlage produziert jährlich rund 550 MWh, die zum grössten Teil für die Deckung des Eigenverbrauches der Klinik verwendet werden.

**Kosten und Wirtschaftlichkeit:** Die gesamten Investitionen für die Erneuerung der Heizungsanlagen, den Einbau des Blockheizkraftwerkes und den Bau des Nahwärmeverbundes betragen rund Fr. 950 000.- Im Vergleich zu einer konventionellen Anlage ist aus dem gleichen Grund wie beim Goetheanum nur ein knapp wirtschaftlicher Betrieb zu erwarten.

**Überbauung Hardau in Zürich**

**Allgemeine Angaben zum Objekt:** Die Heizzentrale der Überbauung Hardau versorgt ungefähr 1000 Wohnungen, benachbarte Schulhäuser, ein Hallenschwimmbad und ein Altersheim mit Wärme (Bild 13). Die Anlagen sind im Besitz der Stadt Zürich und werden vom Amt für technische Gebäudeausrüstung der Stadt Zürich (ATG) betrieben. Gestützt auf das kantonale Energiegesetz, das im Paragraph 13 die Prüfung des Einsatzes von Blockheizkraft-

werken bei Anlagen mit einer Wärmeleistung von mehr als 2 MW/h vorschreibt, hat sich die Stadt Zürich entschlossen, den Einbau eines BHKWs zu untersuchen. Im Jahre 1987 wurde die Projektierung durchgeführt, und das BHKW konnte im Herbst 1989 in Betrieb genommen werden.

**Anlagedaten:** Der Wärmeleistungsbedarf der Überbauung beträgt nach der Realisierung einiger wärmetechnischer Sanierungsarbeiten rund 7000 kW. Der Jahresenergiebedarf beläuft sich inkl. Warmwasserbereitung auf rund 14000 MWh. Es wurde beschlossen, zwei Blockheizkraftwerke mit einer elektrischen Leistung von je 450 kW zu installieren (Bild 14). Die zu erwartenden Laufzeiten werden pro Aggregat im Mittel über 5000 h/a liegen. Die Strahlungsabwärme der BHKWs wird mittels elektrischen Wärmepumpen zurückgewonnen, so dass der Jahresnutzungsgrad bei 95% liegen wird. Von der produzierten Elektrizität von 5100 MWh/a werden 400 MWh für den Antrieb der Wärmepumpen genutzt, der Rest wird in das Netz des EWZ zurückgeliefert.

**Kosten und Wirtschaftlichkeit:** Für den Bau des BHKWs und der notwendigen Zusatzeinrichtungen wurden rund Fr. 2 500 000.- ausgegeben. Vorbehaltlich der definitiven Schlussabrechnung verteilen sich die Aufwendungen wie folgt:

- Bauliche Aufwendung Heizzentrale Fr. 165 000.-
- Elektrische Ausrüstung Fr. 154 000.-
- Blockheizkraftwerke Fr. 1 460 000.-
- Wärmepumpen Fr. 100 000.-
- Heizungsanlagen, Speicher Fr. 60 000.-
- Lüftungsanlagen Fr. 50 000.-

- Stahlbau Fr. 125 000.-
- Diverses Fr. 140 000.-
- Honorare Fr. 280 000.-

Der Betrag für die Heizungsanlagen ist relativ tief ausgefallen. Die Ausgaben für die Lüftungsanlagen sind ebenfalls sehr gering ausgefallen, da die Abwärme der BHKWs durch die Wärmepumpen zurückgewonnen werden kann und die Luftmengen dadurch entsprechend gering gehalten werden können. Relativ hohe Beträge wurden jedoch für Stahlbauarbeiten (Spezialkonstruktion infolge gedrängter Platzverhältnisse sowie Krananlagen) notwendig. Mit den vom Zürcher Gemeinderat kürzlich beschlossenen Rücklieferarifen erwirtschaftet die Anlage einen jährlichen Gewinn von rund Fr. 100 000.-.

**Betriebserfahrungen:** Die Inbetriebnahme hat etwas länger gedauert (rund drei Monate); vorgesehen waren ungefähr sechs Wochen. Diese Verzögerung ist auf die Grösse und die Kompliziertheit der Anlage zurückzuführen. Die Werte der Schall- und Abgasemissionen waren von Anfang an sehr gut. Probleme ergeben sich noch mit den beiden Gasmotoren sowie mit Dampfschlägen in den Abgaswärmetauschern. Im Rahmen eines Forschungsprogrammes, das von der Stadt Zürich und dem Bundesamt für Energie finanziert ist, wird eine Erfolgskontrolle sowie eine Analyse der dynamischen Betriebsabläufe durchgeführt.

**Verstärkte Realisierung von Blockheizkraftwerken**

Das Potential für WKK-Anlagen ist in der Schweiz bedeutend. Bislang hat je-

doch die Umsetzung des Potentials in realisierte Anlagen noch nicht genügend stattgefunden. Hier werden einige wichtige Strategien zur verstärkten Förderung und Realisierung von BHKW-Anlagen vorgestellt.

### Allgemeinakzeptanz

Die allgemeine Bekanntheit dezentraler WKK-Anlagen ist in der Schweiz in letzter Zeit gestiegen. Dazu haben öffentliche Diskussionen und die Medien Wichtiges beigetragen. Auch die Umweltfreundlichkeit solcher Anlagen in bezug auf niedrige Stickoxidemissionen (Gasmotoren mit Katalysator) wird zur Verbesserung der Akzeptanz beitragen. Noch weitgehend unbekannt ist jedoch die Möglichkeit, mit Hilfe von WKK-Anlagen Energie einzusparen, und damit auch einen Beitrag zur Verringerung der CO<sub>2</sub>-Emissionen zu leisten. Hier ist eine intensive Öffentlichkeitsarbeit notwendig.

### Gesetzliche Rahmenbedingungen

Die gesetzlichen Rahmenbedingungen haben sich in der letzten Zeit verbessert. Einige Kantone haben in ihren Energiegesetzen Vorschriften über die Rücknahmepflicht und Vergütung für dezentral erzeugte Elektrizität. Der Kanton Zürich kann bei Anlagen ab einer bestimmten Grösse den Einsatz von WKK-Anlagen vorschreiben. Dies sollte in weiteren Kantonen im Energiegesetz festgelegt werden. Wichtig wäre auch die Festschreibung von Wärmerverbundzonen im Rahmen der Raumplanungsgesetzgebung.

### Förderung durch Gemeinden, Kantone und Bund

Diese Organisationen haben mehrere Möglichkeiten, die Verbreitung von WKK-Anlagen zu fördern. Sie können das Potential für WKK-Anlagen in ihren eigenen Gebäuden systematisch analysieren lassen und anschliessend durch den Bau von Demonstrationsanlagen das Vertrauen in solche Anlagen vergrössern helfen. Die Kantone könnten in ihren Energiegesetzen die Förderung von WKK-Anlagen durch entsprechende Artikel vorsehen. Insbesondere sollten die Elektrizitätswerke zur Vergütung eines marktwirtschaftlich gerechten Rückliefertarifes angehalten werden. Im weiteren können sie den Bau von Demonstrations- und Pilotanlagen finanziell unterstützen, wie dies einige Kantone bereits tun. Nicht zuletzt könnten sich die Elektrizitätswerke, die sich teilweise in öffentlichem Besitz befinden, selbst um den Betrieb von WKK-Anlagen bemühen. Als Pioniere in dieser Beziehung gelten die Elektra Birseck und das Maschinen- und Heizungsamt der Stadt Basel, die

bereits mehrere eigene Anlagen betreiben.

### Wirtschaftlichkeit der Anlagen

Die Wirtschaftlichkeit ist einer der wichtigsten Parameter bei der Realisierung von WKK-Anlagen. Sie kann wie untenstehend erläutert vom bereits erreichten guten Stand noch weiter verbessert werden. Folgende Punkte sind von Bedeutung:

*Optimale Planung durch den Ingenieur:* Die Technologien der Wärmekraftkopplung sind seit einiger Zeit einsatzbereit. Sie wurden in den letzten Jahren optimiert und werden nun zunehmend in der Praxis eingesetzt. Diese Umsetzung bedarf jedoch eines sorgfältigen Vorgehens, da die konventionellen Haustechnikplaner ohne Ausbildung und Erfahrung im WKK-Bereich im allgemeinen für die Planung von WKK-Anlagen nicht genügend qualifiziert sind. Eine entsprechende Ausbildung in Theorie und Praxis muss daher angeboten werden. Darüber hinaus müssen auch erfahrene Planer weitere Fortschritte bei der Rationalisierung des Planungsablaufes machen.

*Standardisierung der Anlagen:* Durch das vom Kanton Zürich lancierte und vom Ingenieurbüro des Schreibenden entwickelte Standard-Blockheizkraftwerk [1] konnten die spez. Investitionskosten für Gasmotor-Blockheizkraftwerke gesenkt werden. Weitere Standardisierungsmöglichkeiten z.B. durch kombinierte BHKW-Kessel Aggregate, bei Planung, der hydraulischen Auslegung sowie der elektrischen Einbindung sollten angegangen werden.

*Rücklieferung in das elektrische Netz:* Die Wirtschaftlichkeit und damit die Verbreitung von WKK-Anlagen hängt wesentlich von der Vergütung für die erzeugte Elektrizität ab. Hier sollte der marktwirtschaftliche Grundsatz durchgesetzt werden, dass soviel vergütet wird, wie die Produktion aus einer neuen konventionellen Anlage zum selben Zeitpunkt inkl. Transport im Hochspannungsnetz kosten würde. Das Elektrizitätswerk des Kantons Zürich EWZ ist in dieser Beziehung vorbildlich. Es hat Rücklieferatarife, die nun einigermaßen diesen Forderungen entsprechen. Im Winter werden im Hochtarif 15 Rp./kWh und im Niedertarif 11 Rp./kWh vergütet.

### Trägergesellschaften

Viele potentielle Bauherren, welche die Installation eines Blockheizkraftwerkes begrüssen würden, müssen aus Investitionsgründen davon Abstand nehmen oder haben Bedenken, dass der Betrieb ihre Möglichkeiten bezüglich der Anlagenüberwachung übersteigt. Für diese

### ADEV, Partner für dezentrale Energieversorgung

Die ADEV, Arbeitsgemeinschaft für dezentrale Energieversorgung, wurde Anfang 1986 als Genossenschaft gegründet. Sie hat ihr Geschäftsdomizil in Liestal, BL.

Die Ziele der Gesellschaft liegen in der Anwendung und Verbreitung der rationellen und umweltgerechten Energienutzungstechniken. Eine Haupttätigkeit liegt daher im Bau, Betrieb und der Finanzierung von dezentralen Wärmekraft-Kopplungsanlagen. Weitere Schwerpunkte sind Photovoltaikanlagen, Kleinwasserkraftwerke und Windenergieanlagen.

In der ADV sind erfahrene Ingenieure und Unternehmen als Mitglieder vertreten. Dadurch ist es möglich, technisch und wirtschaftlich sinnvolle Anlagen zu planen, bauen und zu betreiben. Als Genossenschaft ist es auch einer breiten Bevölkerungsschicht möglich, sich als Investoren und Mitglieder an zukunftsgerichteten Energieanlagen zu beteiligen.

Bis heute wurde eine ganze Reihe von Wärme-Kraft-Kopplungsanlagen hauptsächlich im Raum Basel-Land erstellt.

Je nach Bedarf übernimmt die ADEV die Finanzierung, den Bau und die Planung sowie den Betrieb der Energieversorgungsanlage.

Fälle haben sich sogenannte Trägergesellschaften bewährt. Die Trägergesellschaften können öffentlich-rechtlicher (z.B. industrielle Betriebe einer Gemeinde, Elektrizitätswerke) oder privater Natur sein.

In der Schweiz ist die Arbeitsgemeinschaft für dezentrale Energieversorgung (ADEV) im privaten Bereich führend. Die ADEV finanziert und betreibt Blockheizkraftwerke. Auf Anfrage eines Bauherrn klärt die ADEV in einem ersten Schritt ab, ob das Blockheizkraftwerk am vorgesehenen Standort überhaupt sinnvoll und wirtschaftlich eingesetzt werden kann. Falls diese Voraussetzungen erfüllt sind, macht die ADEV dem Bauherrn ein konkretes Angebot. Im allgemeinen basiert dies auf folgenden Punkten:

- Die ADEV wird Besitzer der Anlage, finanziert und betreibt dieselbe.
- Der Bauherr wird zum Wärmebezüger. Die Verantwortung und das Risiko liegen vollständig auf der Seite der ADEV. Der Wärmebezüger bezahlt der ADEV einen Anschlussbeitrag in der Höhe, wie er Investitionen für eine eigene Anlage während der Vertragsdauer aufbringen müsste, sowie jährliche Grundgebühren, die den Wartungskosten einer eigenen Anlage entsprechen. Der Wärmepreis pro kWh kann geringfügig über dem

**Literatur**

- [1] H. Pauli et al, Standard-Blockheizkraftwerk 150 - 200 kWe für den Kanton Zürich, Dr. Eicher & Pauli AG, Liestal (zu beziehen bei der Energiefachstelle des Kantons Zürich)
- [2] M. Koebel, M. Elsener, Erste Versuche zur Entstickung mit Harnstoff auf einer Dieselmotor SCR Pilotanlage in Liestal, Paul Scherrer Institut, TM-51-90-07, 30. März 1990
- [3] Hp. Eicher, Eicher & Pauli AG Liestal, Abgasreinigung von Dieselmotoren mit Harnstoff, Jahresbericht 1989 z.H. des Bundesamtes für Energie

Wärmepreis einer eigenen Anlage liegen. Damit wird berücksichtigt, dass kein Heizöl bestellt und der Wärmebezüger sich nicht mehr um die Anlage kümmern muss. Auch bei Verschärfung der Luftreinhaltevorschriften hat er keine Investitionen mehr zu tätigen.

- Das ADEV-Modell ist jedoch sehr flexibel und kann den jeweiligen Bedürfnissen des Bauherrn angepasst werden.

Die ADEV, welche ihren Sitz in Liestal hat, existiert bereits seit einigen Jahren und betreibt bereits mehrere Blockheizkraftwerke nach obigem Muster. Zur Zeit werden Überlegungen durchgeführt, eine schweizerische Organisation mit selbständigen regionalen Gesellschaften ins Leben zu rufen. Im Kästchen sind einige Angaben über die ADEV zu finden.

**Zusammenfassung und Folgerungen**

Wärme-Kraftkopplung im allgemeinen und Blockheizkraftwerke im speziellen können einen wichtigen Beitrag zur Einsparung fossiler Energieträger, zur Reduktion der  $\text{NO}_x$  und  $\text{CO}_2$  Emissio-

nen leisten, wenn sie geeignet eingesetzt werden. Sie müssen daher einen wesentlich wichtigeren Platz in der zukünftigen Energieversorgung der Schweiz einnehmen. Voraussetzung dazu ist, dass die Bedeutung der BHKW-Technik allgemein anerkannt wird, eine gemeinsame Förderstrategie entworfen und auf breiter Basis weiter in die Praxis umgesetzt wird. Wir hoffen, mit dieser Artikelserie einen der vielen notwendigen Schritte zum Erreichen dieses Zieles getan zu haben.

Adresse des Verfassers: Dr. Hp. Eicher, Dr. Eicher & Pauli AG, Oristalstrasse 85, 4410 Liestal.

Die in diesem Beitrag genannten Anlagen wurden vom Ingenieurbüro Eicher & Pauli AG projektiert.

## Energie-Management in Geschäftsbauten

Gebäudeleittechnik – eine Managemententscheidung

**Wer heute als Bauherr vor der Entscheidung steht, zur Überwachung und Betriebsoptimierung seiner haustechnischen Anlagen ein zentrales Leitsystem einzusetzen, wird sich leicht über den Aufbau und das Funktionsangebot solcher Systeme informieren können. Schwieriger wird es für ihn dann, wenn die bauseitigen Leistungen bei der Planung und Ausführung seines Vorhabens abgeschätzt werden sollten. Dieser Beitrag soll deshalb nicht nur den Aufbau und die wichtigsten Funktionen der Gebäudeleittechnik erklären, sondern auch über den erforderlichen Aufwand und die Aufgabenverteilung zwischen Bauherrn und Systemlieferanten informieren. Er geht aus von der Feststellung, dass ein gut funktionierendes Leitsystem nicht einfach geliefert, installiert und in Betrieb gesetzt werden kann, sondern als Gemeinschaftswerk aller Beteiligten entstehen muss.**

### Es ist nicht alles sinnvoll, was technisch möglich ist

«Als es noch keine elektronischen Taschenrechner gab, wusste niemand, dass man einen solchen braucht.» Die-

VON WALTER GASSER,  
ZUG

ser Satz ist irgendwie typisch für die heutige Situation im Anwendungsbe- reich der Mikroelektronik. Wenn vor gut 20 Jahren noch die Ideen und Anfor- derungen der Anwender dem Funk-

tionsangebot der Gerätetechnik weit voraus waren, so ist das nun schon seit einigen Jahren genau umgekehrt. Mikroprozessorunterstützte Geräte und Systeme stellen uns heute vor eine fast unüberschaubare Vielfalt von Möglich- keiten. In der anfänglichen Begeiste- rung über diese technischen Möglich- keiten wurde oft kaum nach deren Sinn gefragt. Inzwischen hat man aber in Anwenderkreisen glücklicherweise ein- gesehen, dass nicht alles, was technisch möglich, auch wirklich sinnvoll ist. Eine sinnvolle Anwendung der Com- putertechnik ist heute sicher die auto- matische Steuerung, Überwachung und

Betriebsoptimierung von energiever- brauchenden Anlagen in Gebäuden. Dazu gehören die Heizungs-, Lüftungs- und Klimaanlage, Aufzüge, Rolltrep- pen, Beleuchtung, Wasserversorgung, Abwasserbehandlung usw.

### Energie-Management als sinnvolle Anwendung der Gebäudeleittechnik

Die Überwachung von Klimaanlage durch ein zentrales Leitsystem kann auch dann sinnvoll sein, wenn die Ein- haltung der gewünschten Raumklima- verhältnisse noch manuell überwacht wird. Die Einhaltung der eingestellten Raumtemperatur- und Luftfeuchtig- keits-Sollwerte bietet noch keine Ge- währ dafür, dass die Luftaufbereitungs- zentralen auch energieoptimal betrie- ben werden. So könnte beispielsweise in einer Anlage gleichzeitig Luft ge- kühlt und wieder aufgeheizt werden, weil ein Kühlventil in geöffneter Stel- lung blockiert ist. Diese Anlage könnte so Wochen oder sogar monatelang mit grosser Energieverschwendung laufen. Ein Gebäudeleitsystem aber würde einen solchen Betriebszustand sofort erkennen und als Stöorzustand protokol- lieren. Weitere Gründe für den Einsatz von Gebäudeleitsystemen ergeben sich aus den veränderten Forderungen an die Anlagentechnik. Der Zwang zum