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: 84 (1993)

Heft: 24

Artikel: Statistik 1992 der Klein-WKK-Anlagen in der Schweiz

Autor: Kaufmann, Urs

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-902765

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: 10.07.2025

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

1992 wurden 71 neue Blockheizkraftwerke mit 6 MW elektrischer Leistung in Betrieb genommen. Drei Gasmotor-Wärmepumpen sowie ein Klärgasmotor zum Antrieb eines Gebläses waren die weiteren 1992 neu dazugekommenen Klein-WKK-Anlagen. Bei den Ende 1992 in der Schweiz betriebenen Klein-WKK-Anlagen handelt es sich insgesamt um 524 Blockheizkraftwerke, 25 Klärgas-Gebläseantriebe, 77 mit Verbrennungsmotoren betriebene Wärmepumpen, 8 Gasturbinen bis 1 MW elektrischer Leistung sowie einzelne Total-Energie-Anlagen. Diese Klein-WKK-Anlagen produzierten 1992 rund 152 Mio. kWh Elektrizität. Dies entspricht 0,32% des schweizerischen Elektrizitätsverbrauchs. Die Stromproduktionszunahme der Klein-WKK-Anlagen betrug 1992 rund 22 Mio. kWh. Damit konnte immerhin 8% der schweizerischen Elektrizitätsverbrauchszunahme im Jahre 1992 gedeckt werden. Dies sind Resultate der Klein-WKK-Statistik 1992.

Statistik 1992 der Klein-WKK-Anlagen in der Schweiz

■ Urs Kaufmann

Mit Wärme-Kraft-Kopplungs(WKK)-Anlagen kann aus fossilen und erneuerbaren Energieträgern hochwertige Nutzenergie (Elektrizität und mechanische Energie) erzeugt werden. Die dabei anfallende «Abwärme» wird zu Heizzwecken genutzt. Der Jahreswirkungsgrad von WKK-Anlagen liegt in der Höhe von modernen Feuerungsanlagen.

Die dezentrale WKK-Stromproduktion ermöglicht den Antrieb von Elektromotor-Wärmepumpen und den Einsatz anderer sogenannter Elektro-Thermo-Verstärkungsprozesse (z.B. Wärmerückgewinnung bei Lüftungsanlagen und gewerblichen Kälteanlagen, Elektrofahrzeuge). Die Kombination von WKK-Anlagen und Elektro-Thermo-Verstärkern ermöglicht im Vergleich zu modernen konventionellen Feuerungen markante Energie- und Luftschadstoff-Einsparungen bis zu 40%.

Definition Klein-WKK-Anlagen

Die Verbreitung der WKK-Anlagen hat in der Schweiz im Verlaufe der achtziger Jahre stark zugenommen. Dies gilt besonders für die sogenannten Klein-WKK-Anlagen. Folgende Anlagetypen wurden unter dem Begriff Klein-WKK-Anlagen zusammengefasst:

- *Blockheizkraftwerke (BHKW)* mit Gas-, Diesel- und Zündstrahlmotoren
- *Wärmepumpen,* die mit Gas-, Diesel- und Zündstrahlmotoren angetrieben werden
- mit Gasmotoren angetriebene Gebläse in Kläranlagen
- *Total-Energie-Anlagen (TEA),* die eine Kombination aus Gasmotor, Elektrogenerator und Wärmepumpe darstellen
- *Gasturbinen* unter 1 MW elektrischer Leistung.

Verbesserung der Klein-WKK-Statistik

Das Bundesamt für Energiewirtschaft (BEW) hatte 1990 der Dr. Eicher + Pauli AG den Auftrag erteilt, eine Datenbank über die in der Schweiz betriebenen Klein-WKK-Anlagen anzulegen. Damit die zu erfassende Anzahl Anlagen in einem vernünftigen Rahmen gehalten werden konnte, wurden Anlagen mit einer totalen Anschlussleistung aller Aggregate von weniger als 100 kW von der Erfassung in der Datenbank ausgeschlossen. Diese Kleinstanlagen umfassen leistungs- und energiemässig nur rund 10% des Gesamtbestandes. Betrachtet man die Anzahl Anlagen, so stellt man aber fest, dass ein Drittel aller in der Schweiz betriebenen Klein-WKK-Anlagen Kleinstanlagen sind. Die meisten statistischen Auswertungen ba-

Adresse des Autoren:
Urs Kaufmann, Dr. Eicher + Pauli AG, Ingenieurgemeinschaft für Energie- und Umwelttechnik, Pfeffingerstrasse 41, 4053 Basel.

sierten im Vorjahr [1, 2] nur auf den in der Datenbank erfassten Anlagen.

Um die Aussagekraft der Klein-WKK-Statistik zu verbessern, wurde anfangs 1993 in Zusammenarbeit mit den Lieferanten eine Zusammenstellung der nicht in der Klein-WKK-Datenbank erfassten Kleinstanlagen erarbeitet. Die im neusten Bericht zur Klein-WKK-Statistik 1992 [4] publizierten Daten umfassen generell sämtliche schweizerischen Klein-WKK-Anlagen. Dies gilt auch für sämtliche Zeitreihen der Jahre 1980 bis 1992.

Erhebung 1993

In den ersten Monaten des Jahres 1993 wurden mit speziellem Fragebogen technische Daten über die 1992 in Betrieb genommenen Klein-WKK-Anlagen erhoben und in der Klein-WKK-Datenbank erfasst.

Energie- und Betriebsdaten werden aus Kostengründen nur alle zwei Jahre erhoben. Diese Vollerhebung wird erst 1994 durchgeführt.

Eine Zusammenstellung der wichtigsten Zeitreihen der Klein-WKK-Statistik wurde in der schweizerischen Gesamtenergiestatistik 1992 erstmals publiziert.

Anzahl Anlagen und Aggregate

Im Rahmen der Klein-WKK-Statistik wird zwischen Anlagen und Aggregaten unterschieden. Eine Anlage entspricht einem Standort (in der Regel handelt es sich um eine Heizzentrale), an dem sich ein oder mehrere Klein-WKK-Aggregate befinden. Die letzteren werden häufig auch als Module bezeichnet. Im schweizerischen Mittel weist jede Anlage 1,4 Aggregate auf.

Ende 1992 waren in der Schweiz insgesamt 449 Klein-WKK-Anlagen mit 640 Aggregaten in Betrieb. Im Vergleich zu Ende 1991 bedeutet dies eine Zunahme um 52 Anlagen und 75 Aggregate. Bild 1 zeigt, dass 1992 die Zunahme des Anlagenbestandes minim schwächer ausgefallen ist als im Rekordjahr 1991. Ob dies bereits eine Folge der schlechteren Wirtschaftslage und der vermehrten Sparanstrengungen der öffentlichen Hand ist, wird sich erst in den folgenden Jahren beantworten lassen. Die Massnahmen zur Förderung der WKK-Technologie würden andererseits erwarten lassen, dass die Zunahme des Anlagenbestandes in den kommenden Jahren weiterhin steigende oder zumindest gleichbleibende Tendenz aufweisen sollte.

Abgesehen von drei Gasmotor-Wärmepumpen und einem Klärgasmotor als Gebläseantrieb handelt es sich bei den 1992 in Betrieb genommenen Klein-WKK-Aggregaten ausschliesslich um Blockheizkraftwerke (BHKW). Darunter befindet sich ein Dieselmotor-BHKW. Die restlichen BHKW werden mit Gasmotoren angetrieben. Tabelle 1 zeigt die Aufteilung des Ende 1992 in Betrieb stehenden Klein-WKK-Bestandes auf die verschiedenen Technologien.

Installierte Klein-WKK-Anlagen und -Aggregate (Ende 1992)	BHKW	Wärme-pumpen	Gas-turbinen <1 MW_e	Total*
Anzahl Anlagen	377	64	4	449
Anzahl Aggregate (= Module)	549**	77	8	640

* Inkl. einiger nebenstehend nicht aufgeführter Anlagen (z.B. Total-Energie-Anlagen usw.)
** Die rund 25 Klärgasmotoren, welche direkt Gebläse von Belüftungsbecken in Kläranlagen antreiben, wurden zur Vereinfachung den BHKW zugerechnet.

Tabelle 1 Nach Technologien aufgeteilter Klein-WKK-Bestand in der Schweiz Ende 1992

Installierte Klein-WKK-Leistungen (Ende 1992)		BHKW	Wärme-pumpen	Gas-turbinen <1 MW_e	Total*
Energie-Inputleistung	(MW)	141	20	22	185
Elektrische Leistung	(MW)	42	0	4	47
Mechanische Leistung**	(MW)	2	0	0	2
Heizleistung	(MW)	72	32	11	118

* Inkl. einiger nebenstehend nicht aufgeführter Anlagen (z.B. Total-Energie-Anlagen usw.)
** Wellenleistung von Direkt-Gebläseantrieben in Kläranlagen.

Tabelle 2 Installierte Leistungen der Ende 1992 in Betrieb stehenden Klein-WKK-Anlagen

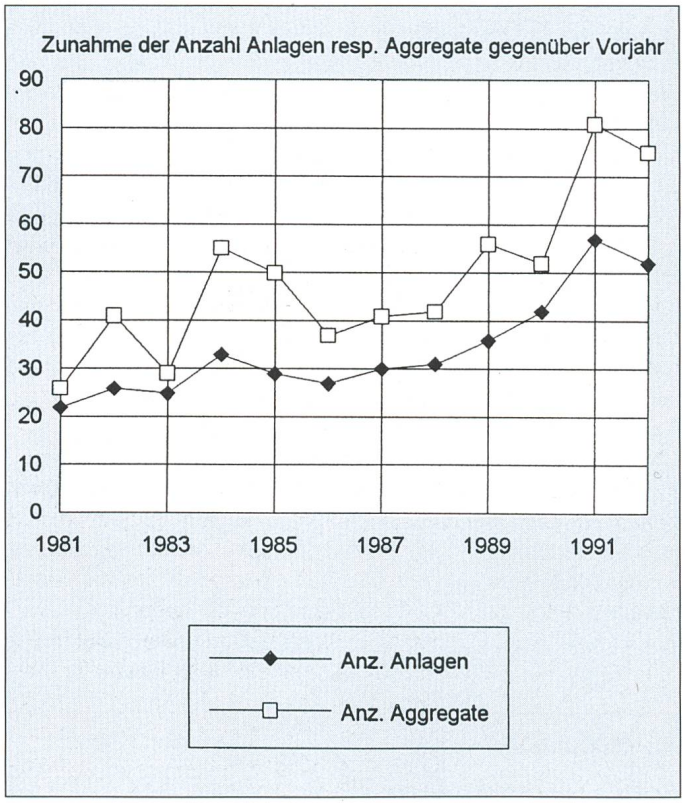

Bild 1 Jährliche Zunahme des Klein-WKK-Bestandes in der Schweiz im Zeitraum 1981–1992

Installierte Leistungen

Die 640 Klein-WKK-Aggregate, welche Ende 1992 in Betrieb waren, haben zusammen eine Energie-Inputleistung von 185 MW (Tabelle 2). Die maximale elektrische Leistung dieser Klein-WKK-Anlagen beträgt

Energieverbrauch und -produktion 1992 (provisorische Zahlen)		BHKW	Wärme-pumpen	Gas-turbinen < 1 MW_e	Total*
Endenergieverbrauch	(GWh)	496	38	66	610
Produzierte Elektrizität	(GWh)	138	0	13	152
Mechanische Energie **	(GWh)	11	0	0	11
Produzierte Wärmeenergie	(GWh)	232	54	34	330

* Inkl. einiger nebenstehend nicht aufgeführter Anlagen (z.B. TEA usw.).
** Direkt genutzte mechanische Energie bei Gebläseantrieben in Kläranlagen
1 GWh = 1 Mio. kWh.

Tabelle 3 Energiebilanz der Klein-WKK-Anlagen im Jahre 1992 (provisorische Zahlen)

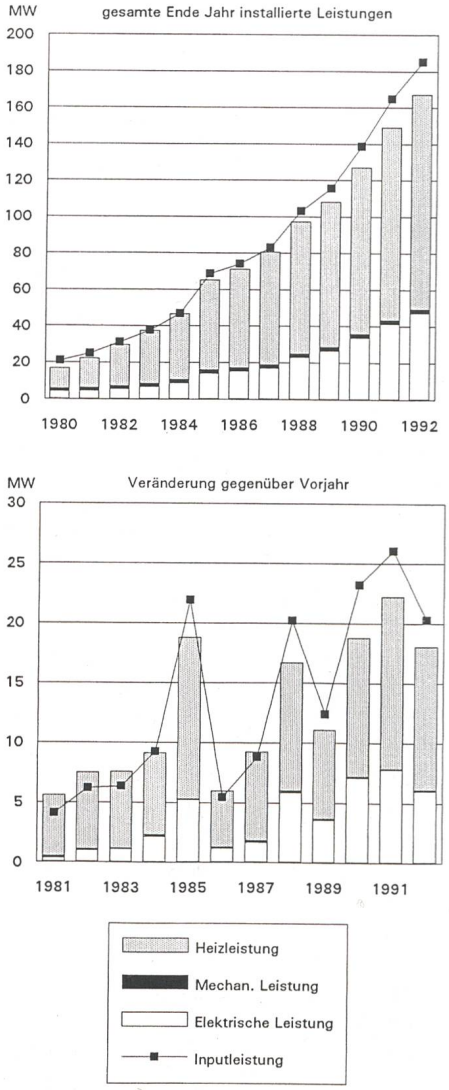

Bild 2 Installierte Klein-WKK-Leistungen: Gesamte Leistungen jeweils Ende Jahr (oben) sowie Zuwachsraten im angegebenen Jahr (unten)

gut 47 MW (netto, d.h. nach Abzug des Eigenbedarfs). Weitere 2 MW werden direkt zum Antrieb von Gebläsen in Kläranlagen genutzt.

Die Klein-WKK-Anlagen konnten Ende 1992 zusammen knapp 118 MW thermische Leistung zur Beheizung von Gebäuden und zur Nutzung als Prozesswärme abgeben.

In Bild 2 ist die Entwicklung der Klein-WKK-Leistungen in den Jahren 1980 bis 1992 dargestellt. Die oberste, punktierte Linie stellt die Energie-Inputleistung der Klein-WKK-Anlagen dar. Die darunter stehenden gestapelten Säulen zeigen, wie sich der Output aller Anlagen auf thermische, elektrische sowie bei Gebläseantrieben direkt genutzte mechanische Leistungen aufteilt.

Die linke Darstellung in Bild 2 zeigt die Leistungsentwicklung aller jeweils Ende Jahr in Betrieb stehenden Klein-WKK-Anlagen (gesamthaft Ende Jahr installierte Leistungen). Auf der rechten Seite sind die Veränderungen gegenüber dem Vorjahr abgebildet (Leistungszuwachs im angegebenen Jahr). Auch hier ist wie schon bei den Anzahl Anlagen erkennbar, dass im Jahre 1992 ein geringerer Leistungszuwachs als in den Jahren 1990 und 1991 zu verzeichnen war.

Beispielsweise wurden 1992 nur noch 6 MW elektrischer Klein-WKK-Leistung ans Stromnetz angeschlossen. In den beiden Vorjahren betrug der Zuwachs noch 7,1 bzw. 7,8 MWe/a. Dies entspricht einem Rückgang der Zuwachsrate um 20%.

Energieverbrauch und -produktion

Bei den in diesem Artikel präsentierten Energiedaten des Jahres 1992 handelt es sich um provisorische Zahlen, da erst im Rahmen der Vollerhebung Anfang 1994 die Energiebilanzen 1991–1993 der in der Klein-WKK-Datenbank erfassten Anlagen ermittelt werden.

Die provisorischen Energiedaten des Jahres 1992 basieren bei vor 1990 in Betrieb genommenen Anlagen auf den erhobenen Energiedaten des Jahres 1990. Bei Anlagen, welche seit dem 1. Januar 1990 in Betrieb genommen wurden, erfolgte eine Schätzung der Energiebilanz mit auf Erfahrungswerten basierenden Jahresnutzungsgraden und Vollbetriebsstunden.

Sämtliche in der Schweiz betriebenen Klein-WKK-Anlagen haben 1992 mit einem Endenergieverbrauch von 610 GWh gut 163 GWh hochwertige Energie in Form von Elektrizität oder mechanischer Energie erzeugt (Tabelle 3). Die produzierten 152 GWh Klein-WKK-Strom deckten 1992 0,32% des schweizerischen Elektrizitätsverbrauchs.

Neben der hochwertigen Energie produzierten die Klein-WKK-Anlagen 330 GWh nutzbare Wärme. Davon wurden aber nur 291 GWh effektiv zu Heizzwecken eingesetzt. Die Differenz zwischen produzierter und effektiv genutzter Wärmeenergie von 39 GWh wurde wegen fehlendem Wärmebedarf mit Notkühlern direkt an die Umwelt abgegeben. Dies tritt in stromgeführten WKK-Anlagen auf. Dabei handelt es sich vorwiegend um Anwendungen in Kläranlagen und Deponien, die in erster Linie zur Verstromung von anfallendem Klär- und Deponiegas dienen.

Die Stromproduktionszunahme der Klein-WKK-Anlagen betrug 1992 rund 22 GWh (Zunahmen 1990 und 1991: jeweils 26,5 GWh/a). Im Vergleich dazu hat der schweizerische Elektrizitätsverbrauch im Jahr 1992

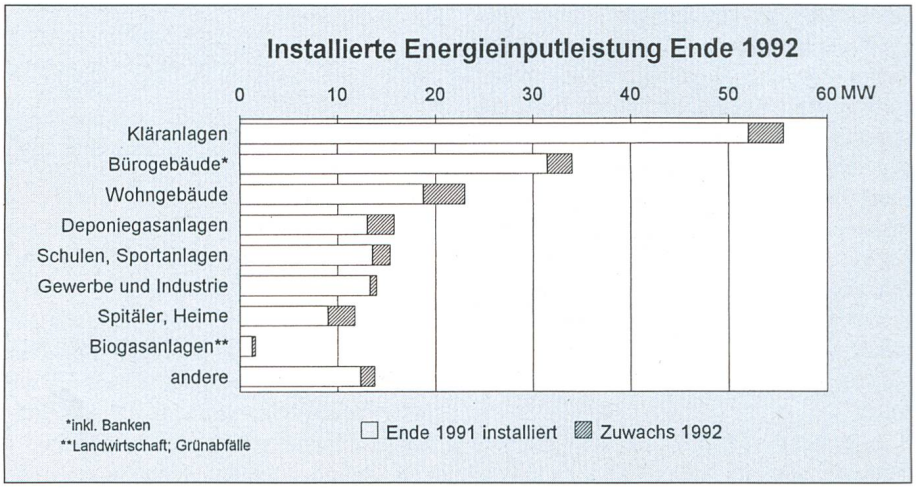

Bild 3 Aufteilung der Energie-Inputleistung der schweizerischen Klein-WKK-Anlagen nach Einsatzgebieten (Stand Ende 1992)

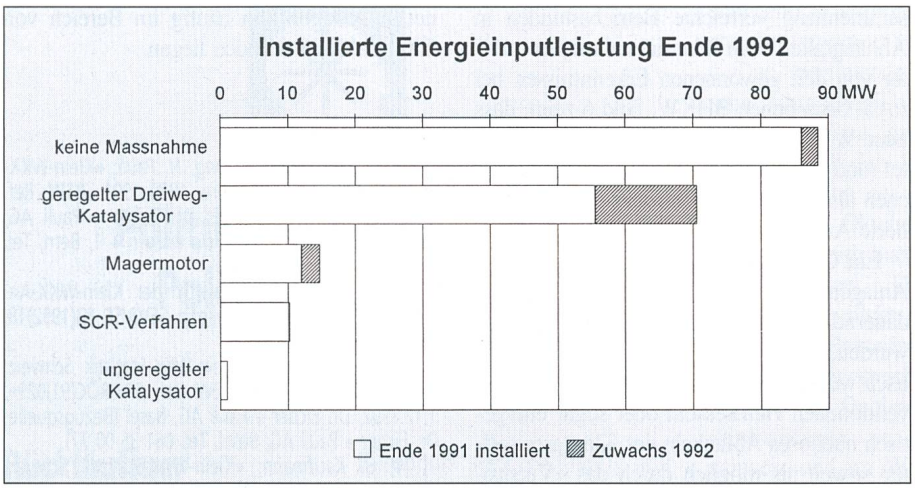

Bild 4 Aufteilung der Energie-Inputleistung der schweizerischen Klein-WKK-Anlagen entsprechend den Schadstoff-Reduktionsmassnahmen (Stand Ende 1992)

um 280 GWh zugenommen. Knapp 8% der Verbrauchszunahme 1992 konnte folglich durch die Steigerung der dezentralen Stromproduktion in Klein-WKK-Anlagen gedeckt werden. In den Jahren 1990 und 1991 ist der schweizerische Stromverbrauch mit durchschnittlich 1042 GWh pro Jahr viel stärker als 1992 gewachsen. Entsprechend war in diesen Jahren der Beitrag der Klein-WKK-Anlagen zur Deckung der Verbrauchszunahme mit 2,5% wesentlich tiefer als 1992.

Der Trend zu erdgasversorgten Klein-WKK-Anlagen hat 1992 dazu geführt, dass der Anteil erneuerbarer Energieträger (Klärgas, Deponiegas, Biogas) auf 52% gesunken ist.

Einsatzgebiete

Ende 1992 wiesen die in Kläranlagen installierten Klein-WKK-Anlagen eine Energie-Inputleistung von 56 MW auf (siehe Bild 3). Dies entspricht 30% der gesamten installierten Inputleistung von 185 MW. Es handelt sich dabei um das wichtigste Einsatzgebiet. Klein-WKK-Anlagen haben auch eine bereits namhafte Verbreitung in Büro- und Wohngebäuden.

Bild 3 zeigt, dass 1992 im Bereich der Wärmeversorgung von Wohngebäuden die grösste Zunahme bei der installierten Klein-WKK-Inputleistung erfolgte (+ 4,3 MW). An zweiter Stelle bei der Leistungszunahme 1992 liegen die Kläranlagen (+ 3,6 MW), gefolgt von den Spitälern und Heimen (+ 2,8 MW) sowie den Deponiegasanlagen (+ 2,8 MW).

Schadstoff-Reduktionsmassnahmen

Dreiviertel der 1992 installierten Klein-WKK-Leistung wurden mit einem geregelten Dreiwegkatalysator ausgerüstet. Zwei zur Deponiegas-Verstromung dienende Magermotoren weisen einen Anteil von 13% der Leistungszunahme 1992 auf. Ein Dieselmotor-BHKW wurde mit einem SCR-Verfahren zur Entstickung ausgerüstet. Insgesamt 88% der 1992 in Betrieb genommenen Klein-WKK-Leistung weist eine Schadstoffreduktions-Massnahme (Dreiwegkatalysator, Magermotor oder SCR-Verfahren) auf. Beim gesamten Ende 1992 installierten Klein-WKK-Bestand beträgt dieser Anteil nur 52% (Bild 4).

Jahresbetriebsstunden

Im Rahmen der Erhebung 1991 wurden auch die von Klein-WKK-Anlagen erreichten Betriebsstunden erfasst.

Die ersten Auswertungen [1, 2] hatten für die Jahre 1988–1990 folgende Durchschnittswerte bei den Betriebsstunden ergeben (arithmetische Mittel):

- BHKW (exkl. Kläranlagen und Deponien) 3120 h/a
- Klein-WKK-Anlagen in Kläranlagen 5540 h/a
- Gas- und Dieselmotor-Wärmepumpen 2180 h/a.

Diese erstaunlich tiefen Durchschnittswerte gaben den Anlass für die nachstehenden zusätzlichen Auswertungen [3]. Dabei wurde untersucht, ob ein Zusammenhang

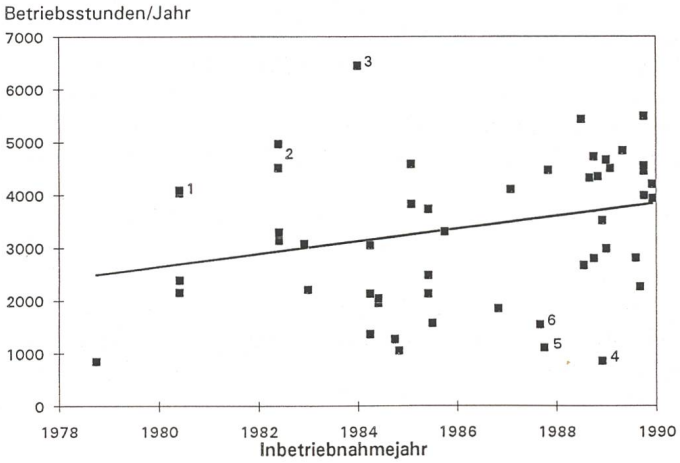

Bild 5 Durchschnittliche Betriebsstunden von BHKW-Anlagen in den Jahren 1988–1990 in Abhängigkeit vom Inbetriebnahmejahr (exkl. Klärgas-, Deponiegas- und Biogasbetriebene BHKW)

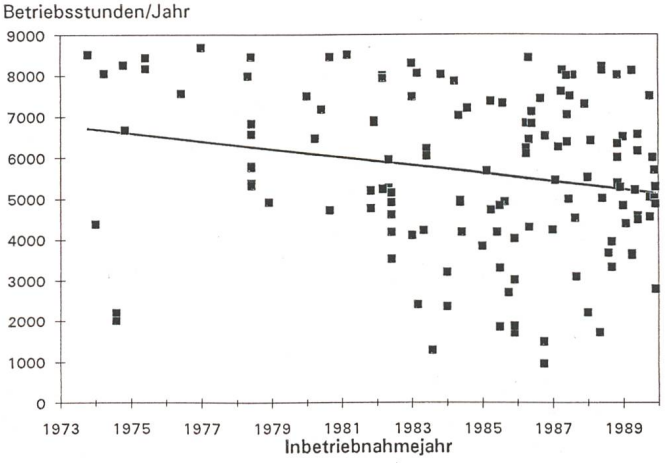

Bild 6 Gemessene Jahresbetriebsstunden von WKK-Anlagen in Kläranlagen in Abhängigkeit vom Inbetriebnahmejahr (Betriebsstunden-Durchschnittswerte der Jahre 1988–1990)

zwischen Anlagealter und erreichten Laufzeiten besteht.

Betriebsstunden von fossil betriebenen BHKW

Bild 5 zeigt für alle mit fossilen Energieträgern betriebenen BHKW die Jahresbetriebsstunden, die in den Jahren 1988 bis 1990 im Mittel erreicht wurden. Es ist deutlich zu erkennen, dass die eingezeichnete Regressionsgerade stark ansteigende Tendenz aufweist. Das heisst, neue Anlagen weisen im Vergleich mit älteren eindeutig höhere Jahresbetriebsstunden auf. Mögliche Gründe dafür sind:

- bessere Kenntnisse bezüglich Planung von BHKW-Anlagen
- höhere Betriebssicherheit der Anlagen
- Abnahme des Wärmebedarfs von älteren Anlagen (z.B. wegen Fassadenisolation usw.).

Es gibt bereits Anfang der achtziger Jahre installierte Anlagen, die hohe Jahresbetriebsstunden erreichen (Anlagen 1–3 in Bild 5).

Leider gibt es aber auch Ende der achtziger Jahre installierte Anlagen, die nur rund 1000 Stunden jährlich laufen (Anlagen 4–6 in Bild 5). Es kann nur vermutet werden, dass elementare Planungsgrundsätze missachtet wurden.

Insgesamt ist aber eindeutig zu erkennen, dass neue Blockheizkraftwerke in der Regel 3500–5000 Jahresbetriebsstunden erreichen. Dies ist eine wichtige Voraussetzung für einen wirtschaftlichen Betrieb.

Betriebsstunden von BHKW in Kläranlagen

Bei Wärme-Kraft-Kopplungs-Anlagen in Kläranlagen unterscheidet sich dieser Zusammenhang «erreichte Betriebsstunden in Abhängigkeit vom Inbetriebnahmejahr» völlig von den gewonnenen Erkenntnissen bei fossil betriebenen BHKW. Bild 6 zeigt, dass neue WKK-Anlagen in Kläranlagen im Mittel rund 1000 Betriebsstunden weniger erreichen als noch in den siebziger Jahren installierte Anlagen.

Ein Grund dafür dürfte sein, dass neuere Anlagen auf eine vollständigere Nutzung des dauernd anfallenden Klärgases ausgelegt wurden, als dies früher der Fall war. Energetisch weniger wertvolles Verbrennen in konventionellen Heizkesseln oder sogar energetisch nutzloses Abfackeln des Klärgases sollten soweit als möglich durch das «Verstromen» mit Nutzung der anfallenden Abwärme ersetzt werden. Dies hat aber dazu geführt, dass die Jahres-Betriebsstundenwerte bei neuen Anlagen nun häufig im Bereich von 5000 bis 7000 Stunden liegen.

Literatur

[1] *U. Kaufmann, Y. Fang, H. Pauli*: «Klein-WKK-Statistik Schweiz der Jahre 1980–1991, BEW Ref. EP-PROC(91)029», 22.6.1992, Dr. Eicher + Pauli AG, Basel (Bezugsquelle: ENET, c/o Büro n + 1, Bern, Tel. 031 44 19 00).

[2] *U. Kaufmann*: «Statistik der Klein-WKK-Anlagen in der Schweiz», Bulletin SEV/VSE 83(1992)18, 18. Sept. 1992, Zürich.

[3] *U. Kaufmann*: «Klein-WKK-Statistik Schweiz: Weitere Auswertungen, BEW Ref. EP-PROC(91)029», 1.12.1992, Dr. Eicher + Pauli AG, Basel (Bezugsquelle: Dr. Eicher + Pauli AG, Basel, Tel. 061 35 00 77).

[4] *U. Kaufmann*: «Klein-WKK-Statistik Schweiz der Jahre 1980–1992, überarbeitete Statistiken 1980 bis 1991, Neuerhebung der Statistik 1992», 30.4.1992, Dr. Eicher + Pauli AG, Basel (Bezugsquelle: ENET, c/o Büro n + 1, Bern, Tel. 031 44 19 00).

Statistique 1992 des petites installations de couplage chaleur-force suisses

Soixante et onze nouvelles installations de couplage chaleur-force d'une puissance totale de 6 MW ont été mises en exploitation en 1992. Trois pompes à chaleur équipées d'un moteur à gaz ainsi qu'un moteur à gaz de curage entraînant une soufflerie sont venus s'ajouter en 1992 au nombre des petites installations de couplage chaleur-force (CCF) existantes.

Parmi les petites installations CCF opérationnelles en 1992 en Suisse, on trouve au total 524 installations de couplage chaleur-force, 25 entraînements de soufflerie par un moteur à gaz de curage, 77 pompes à chaleur équipées de moteurs à explosion, 8 turbines à gaz d'une puissance électrique allant jusqu'à 1 MW ainsi que quelques installations Totem.

Comme le montre la Statistique 1992 des petites installations de couplage chaleur-force suisse, celles-ci ont produit en 1992 environ 152 mio. de kWh d'électricité, soit 0,32% de la consommation suisse d'électricité. L'augmentation de la production d'électricité des petites installations CCF était, cette même année, d'environ 22 mio. de kWh; elle a permis de couvrir 8% de la hausse de consommation suisse d'électricité.