

Thermische Stromproduktion inklusive Wärmekraftkoppelung (WKK) in der Schweiz 1990 bis 2000

Ausgearbeitet durch

Urs Kaufmann, Dr.EICHER+PAULI AG, Liestal

Im Auftrag des

Bundesamtes für Energie

August 2001

Auftraggeber:

Bundesamt für Energie

Auftragnehmer:

Dr. EICHER+PAULI AG, Kasernenstrasse 21, CH-4410 Liestal

Autor:

Urs Kaufmann

2001

Diese Studie wurde im Auftrag des Bundesamtes für Energie erarbeitet. Für den Inhalt der Studie ist allein der/die Studiennehmer/in verantwortlich.

Bundesamt für Energie BFE

Worblentalstrasse 32, CH-3063 Ittigen • Postadresse: CH-3003 Bern
Tel. 031 322 56 11, Fax 031 323 25 00 • office@bfe.admin.ch • www.admin.ch/bfe

Vertrieb: BBL/EDMZ, 3003 Bern, www.admin.ch/edmoz

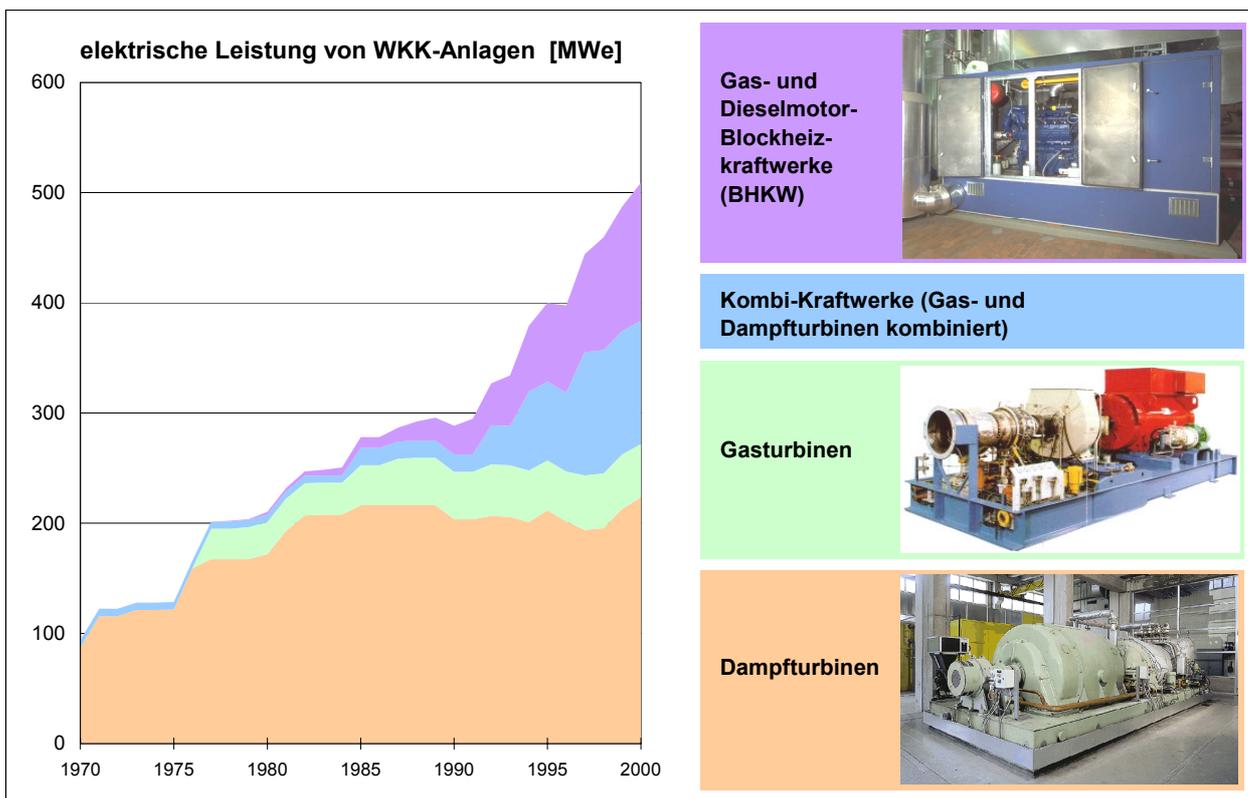
BBL/EDMZ Bestellnummer: 805.281.2 d

Bundesamt für Energie

Thermische Stromproduktion inklusive Wärmekraftkopplung (WKK) in der Schweiz 1990 bis 2000

Ausgabe 2000

24. Juli 2001



Hauptsitz

Auftraggeber
Bundesamt für Energie
Herr Dr. Felix Andrist
3003 Bern

Liestal

Niederlassungen

Zürich

Bern

Luzern G:\2001\007\4-Dok\WKK-2000.doc

Inhaltsverzeichnis

1.	Zusammenfassung	3
2.	Einleitung	7
2.1	Ausgangslage	7
2.2	Technologien und Einsatzbereiche von WKK-Anlagen	9
2.3	Definition Wärmekraftkopplung (WKK)	10
2.4	Anlagekategorien	13
3.	Thermische Stromerzeugung	14
3.1	Anlagen und elektrische Leistungen	14
3.2	Stromproduktion 1990 - 2000	15
3.3	Energieträger 2000	17
4.	Wärmekraftkopplung (WKK)	18
4.1	Übersicht	18
4.2	Energieträger 2000	20
4.3	Auswertung nach Kantonen	21
5.	Gross-WKK-Anlagen	22
5.1	Übersicht	22
5.2	Industrie	23
5.3	Fernheizkraftwerke u.a.	25
6.	Klein-WKK-Anlagen	27
6.1	Bestand und Energie	27
6.2	Einsatzgebiete	33
6.3	Schadstoffreduktionsmassnahmen	35
6.4	Jährliche Neuinbetriebnahmen	37
7.	Spezialauswertungen therm. Stromproduktion	39
7.1	Kehrichtverbrennungsanlagen (KVA)	39
7.2	Deponiegasnutzung	41

© Copyright

Dr.EICHER+PAULI AG, CH-4410 Liestal
Vervielfältigung auszugsweise oder des gesamten Inhaltes
nur unter Quellenangabe erlaubt.

Impressum

Projektnummer: 2001.1.007
Verfasser: Urs Kaufmann
Telefon: 061 921 99 91
E-Mail: urs.kaufmann@eicher-pauli.ch

Freigabe: Dr. Felix Andrist, BFE

Dokumentation

Stand: Fassung vom 24.07.2001 10:56

Anhang	43
A. Thermische Stromerzeugung	44
A.1 Zeitreihen 1990 - 2000	44
A.2 Energieträgersplit 2000	44
A.3 Bruttoenergieverbrauch der Anlagen mit thermischer Stromverbrauch 2000	44
A.4 Bruttoenergieverbrauch für die thermische Stromproduktion 2000	44
B. Wärmekraftkopplung (WKK)	51
B.1 Zeitreihen inst. elektrische Leistungen 1960 - 2000	51
B.2 Kantonale Verteilung	51
C. Gross-WKK-Anlagen	55
D. Klein-WKK-Anlagen	61
D.1 Jahresstatistiken 2000	61
D.2 Zeitreihen 1984 - 2000	61
E. Spezialauswertungen	72
E.1 Kehrichtverbrennungsanlagen	72
E.2 Deponiegasnutzung	72
F. Erläuterungen zur Statistik	78
F.1 Gross-WKK-Statistik	79
F.2 Klein-WKK-Statistik	80
G. Literatur- und Quellenverzeichnis	87

Hinweise und Abkürzungen

[] siehe Literatur- und Quellenverzeichnis im Anhang G

WKK Wärmekraftkopplung
 BHKW Blockheizkraftwerk
 KVA Kehrichtverbrennungsanlage
 ARA Abwasserreinigungsanlage

Ausführliche methodische Erläuterungen zur vorliegenden Statistik finden sich im Anhang F.

1. Zusammenfassung

Im Jahr 2000 wurden in der Schweiz insgesamt 65'348 GWh Elektrizität erzeugt. Davon stammen 2'835 GWh, also 4.3 % aus den Generatoren von thermischen Stromerzeugern (ohne Kernkraftwerke). Dieses Ergebnis stammt aus der vorliegenden Untersuchung, die im Auftrag des Bundesamtes für Energie (BFE) durchgeführt wurde. Das Ziel war, alle thermischen Stromproduktionsanlagen statistisch zu erfassen und deren Energieproduktion im Jahre 2000 auszuwerten und darzustellen. Dazu wurde eine Umfrage bei allen Anlagenbetreibern grösserer Anlagen sowie den Lieferanten von kleineren Anlagen durchgeführt.

Als thermische Stromerzeuger werden alle Anlagen bezeichnet, die aus fossilen oder biogenen Energieträgern Strom produzieren (Tabelle 1.1). Will eine solche Anlage in dieser Publikation zusätzlich als Wärmekraftkopplungs-Anlage (WKK-Anlage) bezeichnet werden, so muss sie mindestens 5 % der eingesetzten Energie in Elektrizität umwandeln und einen Gesamtwirkungsgrad (Wärme und Elektrizität) von mindestens 60 % ausweisen. Die Grenze zwischen Klein- und Gross-WKK-Anlagen liegt bei 1 MW installierter elektrischer Leistung.

Thermische Stromerzeuger haben im Jahr 2000 rund 4.3 % Anteil an der schweizerischen Stromproduktion erreicht. Der weitaus grösste Teil davon wird durch Kehrichtverbrennungsanlagen, durch Anlagen in der Industrie und durch Klein-WKK-Anlagen erbracht.

		Nr.	Anlagenkategorie	Anzahl Anlagen Ende 2000	Inst. el. Leist. Ende 2000 [MWe]	Stromproduktion 2000 GWh %	
Thermische Stromproduktion	Wärmekraftkopplung	T1	diverse therm. Stromerzeuger	20	75.0	16	1%
		T2	Vouvry (stillgelegt 30.9.1999)	0	0.0	0	0%
		T3	Deponiegasverstromung	9	7.5	44	2%
		T4	Kehrichtverbrennungsanlagen (KVA ohne WKK*)	23	215.0	1'132	40%
		Subtotal Nicht-WKK-Anlagen			52	297.5	1'191
	Klein-WKK	W1	Kehrichtverbrennungsanlagen (KVA mit WKK*)	4	47.4	152	5%
		W2	Industrie**	23	260.7	916	32%
		W3	Fernheizkraftwerke**	8	74.5	102	4%
		W4	stromproduzier. Klein-WKK (Blockheizkraftwerke und Gasturbinen < 1MW)	904	126.3	473	17%
		W5	nicht stromprod. Klein-WKK (Gas-/Dieselmotor-Wärmepumpen)	(54)	0.0	0	0%
Subtotal WKK-Anlagen (ohne W5)			939	508.9	1'643	58%	
Total gesamte thermische Stromproduktion			991	806.4	2'835	100%	

G:\2001\007\All-Ausw\Zus-Fass2000.xls|Zusammenfassung

Kommentare:

* Definition der Wärmekraftkopplungs(WKK)-Anlagen im Rahmen dieser Statistik: $ETA_{tot} \geq 60\%$ und $ETA_{el} \geq 5\%$

** ohne Gas-/Dieselmotoren-Blockheizkraftwerke (diese sind bei den stromprod. Klein-WKK-Anlagen erfasst)

Tabelle 1.1 Übersicht über die thermische Stromproduktion in der Schweiz

Die 'Kleinen' ganz gross

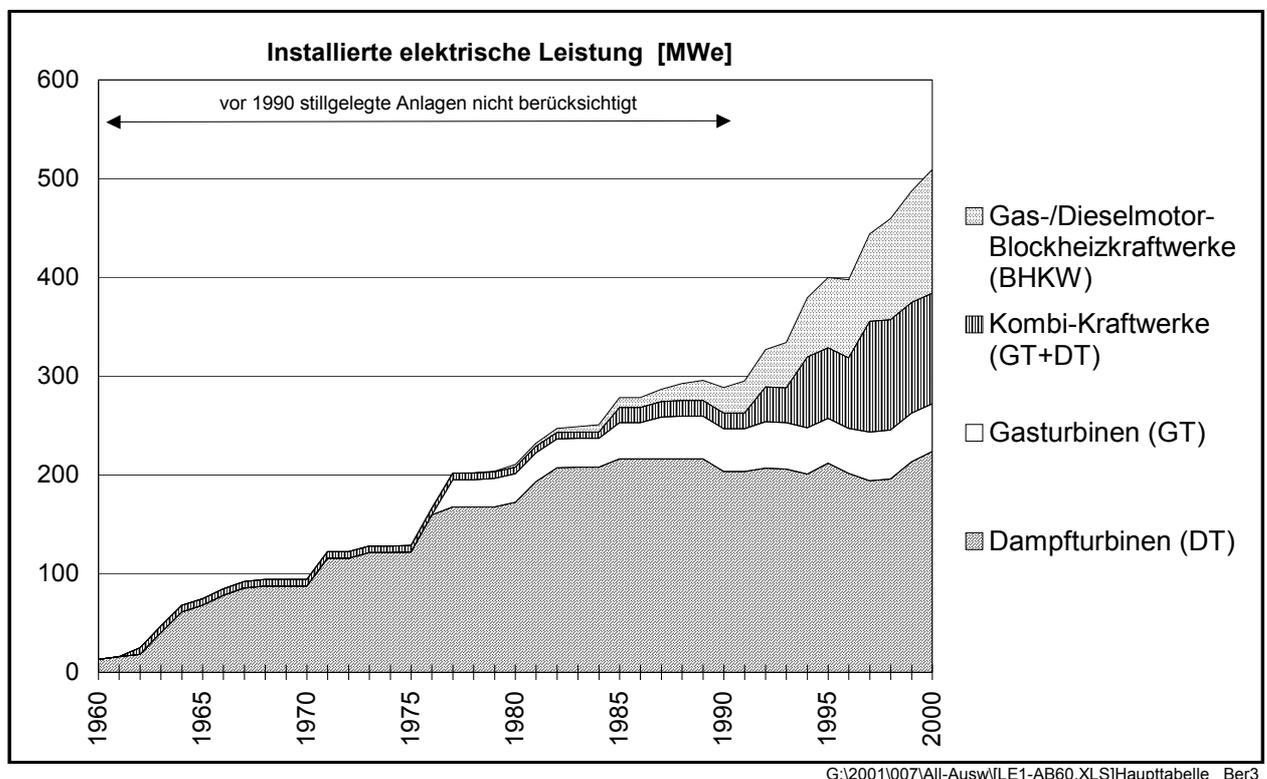
Im Jahr 2000 haben insgesamt 991 Anlagen an die thermische Stromproduktion beigetragen (Tabelle 1.1). Den grössten Anteil stellt mit 904 Anlagen die Gruppe Klein-WKK, 35 Anlagen gehören der Kategorie Gross-WKK an. In den neunziger Jahren wurden insgesamt gut 600 Klein-WKK-Anlagen realisiert. Der Zuwachs hat in den letzten Jahren aber bei rund 70 Anlagen mit ca. 10 MW elektrischer Leistung jährlich stagniert. Im Jahre 2000 sind nur noch 45 zusätzliche Klein-WKK-Anlagen in Betrieb gegangen.

Die dicken 'Brummis'

Gesamthaft sind heute 806 MW elektrische Leistung in thermischen Stromerzeugern installiert. Alle WKK-Anlagen gemeinsam steuern 509 MWe bei, davon sind rund 75 % in Gross-WKK-Anlagen zu finden.

Hier wiederum sind es vor allem die Dampfturbinen, die den Löwenanteil ausmachen. Rund 223 MWe stehen in den Generatoren dieser Kategorie zur Stromproduktion bereit (Bild 1.2). Anfangs der neunziger Jahre erlebten die Kombianlagen einen Boom. Bei dieser Technologie wird einer Gasturbine ein Hochdruckabhitzeessel mit Dampfturbine nachgeschaltet.

Die acht Fernheizkraftwerke der Schweiz mit Gross-WKK-Anlagen sind schliesslich noch mit 75 MWe am Netz.



G:\2001\007\All-Ausw[LE1-AB60.XLS]Haupttabelle Ber3

Bild 1.2 Entwicklung der elektrischen Leistung der WKK-Anlagen unterschieden nach Technologien

(Fast) Alle haben zugelegt

Die Stromproduktion der thermischen Kraftwerke konnte von 1'524 MWh im Jahr 1990 auf 2'835 MWh im Jahr 2000 gesteigert werden (Bild 1.3). Zu diesem Ergebnis beigetragen haben vor allem die WKK-Anlagen. Diese haben 2000 gemeinsam 1'643 GWh Strom in die Netze der Betreiber geliefert, davon die 'Kleinen' allein 472 GWh (Bild 1.3). Damit konnte in der Kategorie WKK seit 1990 ein Wachstum um 150 % erzielt werden. Zusätzlich werden noch 1'132 MWh von Kehrrichtverbrennungsanlagen (KVA) geliefert, was gegenüber 1990 einer Steigerungsrate von gut 85 % entspricht.

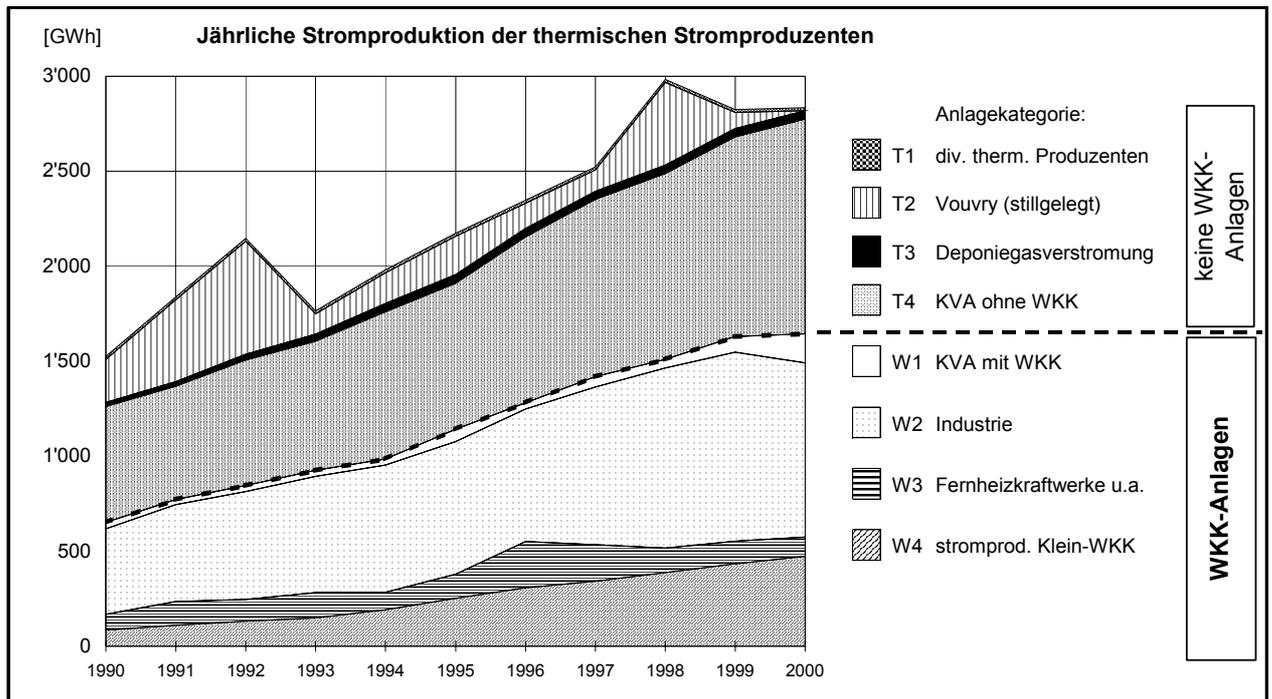


Bild 1.3 Entwicklung der thermischen Stromproduktion

Ob Kläranlage oder Bürogebäude...

Die wichtigsten Einsatzgebiete für Gross-WKK-Anlagen sind die Chemie-, die Papier- sowie die mineralölverarbeitende Industrie.

Klein-WKK-Anlagen hingegen werden zur Hauptsache in Kläranlagen (18 % der Leistung) und Gewerbe-/Industriebetrieben (18 %) eingesetzt. Bürogebäude (13 %), Wärmeverbundenanlagen (13 %) sowie Schulen und Sportanlagen (9 %) und Wohngebäude (9 %) sind weitere wichtige Einsatzgebiete von Klein-WKK-Anlagen.

Erfreulich ist die Tatsache, dass 30 % der zum Betrieb der Anlagen benötigte Energie aus regenerativen Energiequellen stammt. Dies sind primär die erneuerbaren Anteile der Abfälle in Kehrichtverbrennungsanlagen und Industriebetrieben sowie etwa 5 % Biogase (Bild 1.4).

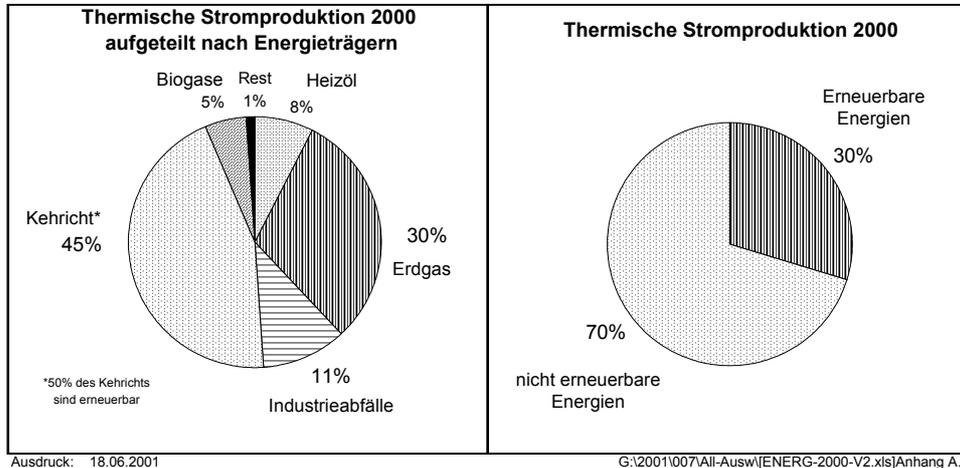


Bild 1.4 Aufteilung der thermischen Stromproduktion des Jahres 2000 nach Energieträgern

Die Spitzenreiter

Im Mittel wurden in der Schweiz im Jahr 2000 pro Kopf der Bevölkerung 229 kWh Strom aus thermischen Kraftwerken produziert. Die Kantone Wallis und Basel-Stadt sind dabei mit 1'200 und 800 kWh pro Kopf die Spitzenreiter. Die nächsten beiden Plätze werden von den Kantonen Solothurn und Basel-Landschaft eingenommen.

Résumé

En l'an 2000, la Suisse a produit 65'348 GWh d'électricité. 2'835 GWh, soit 4,3 % du total est issu de génératrices thermiques (mais non nucléaires). Tel est le résultat de la présente étude, commanditée par l'Office fédéral de l'énergie. Il s'agissait de saisir statistiquement toutes les installations de production thermique d'électricité et d'en présenter la production en l'an 2000. A cet effet, un sondage a touché tous les exploitants d'installations d'une certaine importance ainsi que les fournisseurs d'équipements plus petits.

Sont qualifiées d'équipements de production thermique d'électricité les installations produisant du courant à partir d'agents fossiles ou biogènes (tab. 1.1). Pour apparaître en outre ici comme une installation chaleur-force (CCF), elles doivent convertir en électricité au moins 5 % de l'énergie absorbée et avoir un rendement global (chaleur et électricité) d'au moins 60 %. La limite entre petites et grandes installations se situe aux alentours de 1 MW de puissance électrique installée.

En l'an 2000, des équipements thermiques ont fourni 4,3 % de la production totale d'électricité. Dans la grande majorité des cas, il s'agit d'usines d'incinération des ordures ménagères (UIOM), d'équipements industriels et de petites centrales à couplage chaleur-force.

		Nr.	Catégorie d'installations	Nbre d'install. Fin 2000	Puiss. installée Fin 2000 [MWe]	Prod. de courant en 2000 GWh	%	
Production thermique de courant	Couplage chaleur-force	T1	Div. producteurs d'électricité therm.	20	75.0	16	1%	
		T2	Vouvry (désaff. depuis le 30.9.99)	0	0.0	0	0%	
		T3	Au gaz de décharge	9	7.5	44	2%	
		T4	Usines d'incinération des ordures (UIOM sans CCF*)	23	215.0	1'132	40%	
		Sous-total sans install. CCF		52	297.5	1'191	42%	
	Petits CCF	Grands CCF	W1	Usines d'incinération des ordures (UIOM avec CCF*)	4	47.4	152	5%
			W2	Industrie**	23	260.7	916	32%
			W3	Centrales CAD** avec CCF	8	74.5	102	4%
			W4	Petites centrales CCF prod. d'élec. (groupes à CCF et turbines à gaz < 1 MW)	904	126.3	473	17%
			W5	Petites centrales CCF non prod. d'électricité. (PAC à mot. gaz/diesel)	(54)	0.0	0	0%
Sous-total install. CCF (sauf W5)		939	508.9	1'643	58%			
Total production thermique d'électricité		991	806.4	2'835	100%			

G:\2001\007\AII-Ausw\Zus-Fass2000.xls]Zusammenfassung Ber2

Commentaires:

* Définition des install. à couplage chaleur-force (CCF) dans cette statistique: $ETA_{tot} \geq 60\%$ et $ETA_{el} \geq 5\%$

** sans les groupes à CCF à moteur à gaz/diesel (assimilés ici aux petites install. à CCF prod. de courant)

PAC: pompe à chaleur CAD: chauffage à distance

Tableau 1.1 Vue d'ensemble de la production thermique d'électricité en Suisse

Les "petits" sont la majorité

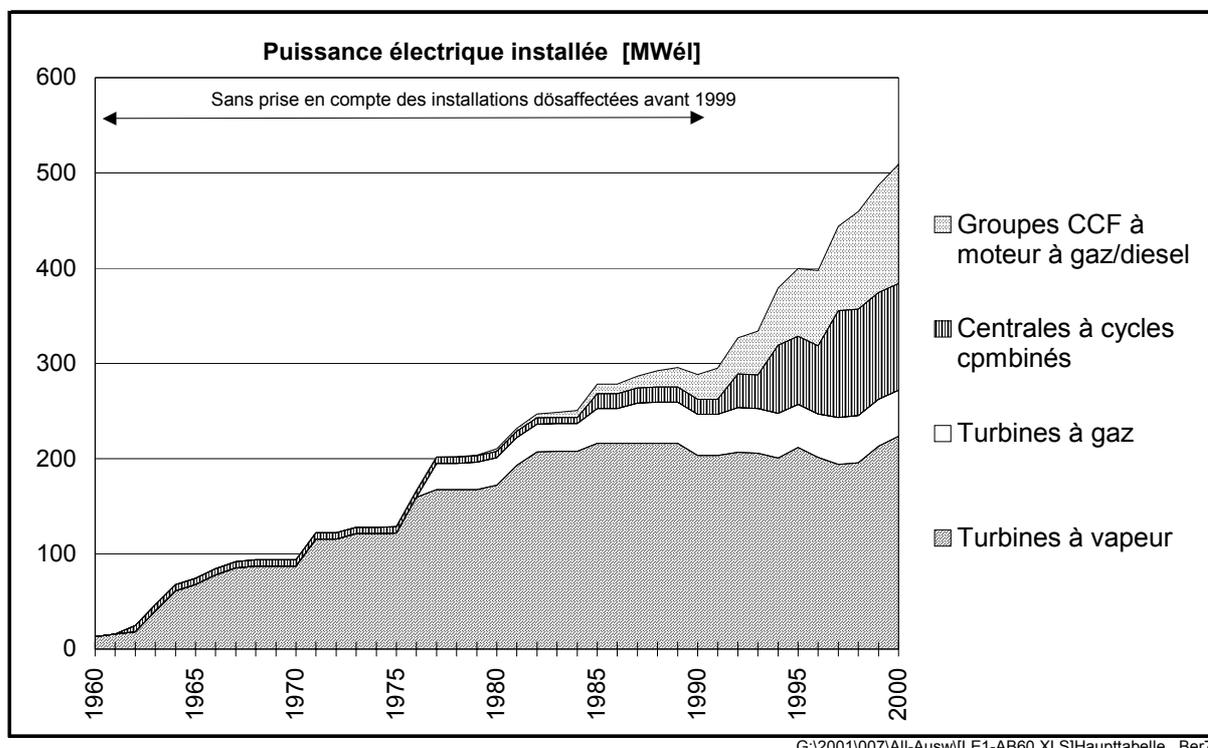
En l'an 2000, des équipements thermiques au nombre de 991 ont fourni de l'électricité (tab. 1.1). Ce sont avant tout des petites installations (904), mais 35 d'entre eux relèvent de la catégorie des grands CCF. Plus de 600 petits équipements à CCF ont été construits au cours de la dernière décennie, mais le rythme de ces réalisations a stagné ces années passées aux alentours de 70 installations, avec une dizaine de MW de puissance par année. En l'an 2000, le nombre des mises en service n'a pas dépassé 45.

Poids lourds

L'ensemble des producteurs thermiques représente aujourd'hui 806 MW de puissance électrique installée. Les équipements à CCF en produisent 509 MWe, dont 75 % dans des grosses unités.

Parmi celles-ci, les turbines à gaz prédominent largement, fournissant quelque 223 MWe (fig. 1.2). Au début des années 1990, les équipements à cycles combinés ont connu un grand succès. Il s'agit d'installations où une turbine à gaz est suivie d'une chaudière haute pression exploitant les rejets de chaleur pour alimenter une turbine à vapeur.

Enfin les huit centrales de chauffage à distance de Suisse équipées d'un gros CCF fournissent 75 MW au réseau électrique.



G:\2001\007\All-Ausw[LE1-AB60.XLS]Haupttabelle Ber7

Figure 1.2 Evolution de la puissance électrique des installations à CCF selon leur type

(Presque) tous ont progressé

La production d'électricité issue d'installations thermiques a passé de 1'524 MWh en 1990 à 2'835 MWh en l'an 2000 (fig. 1.3). La progression est due avant tout aux équipements à CCF. Ceux-ci ont injecté 1'643 GWh de courant dans les réseaux des exploitants en l'an 2000, dont 472 GWh en provenance des "petits" (fig. 1.3). Ainsi la catégorie CCF a progressé de 150 % depuis 1990. S'y ajoutent 1'132 MWh produits par les UIOM, en progression de 85 % par rapport à 1990.

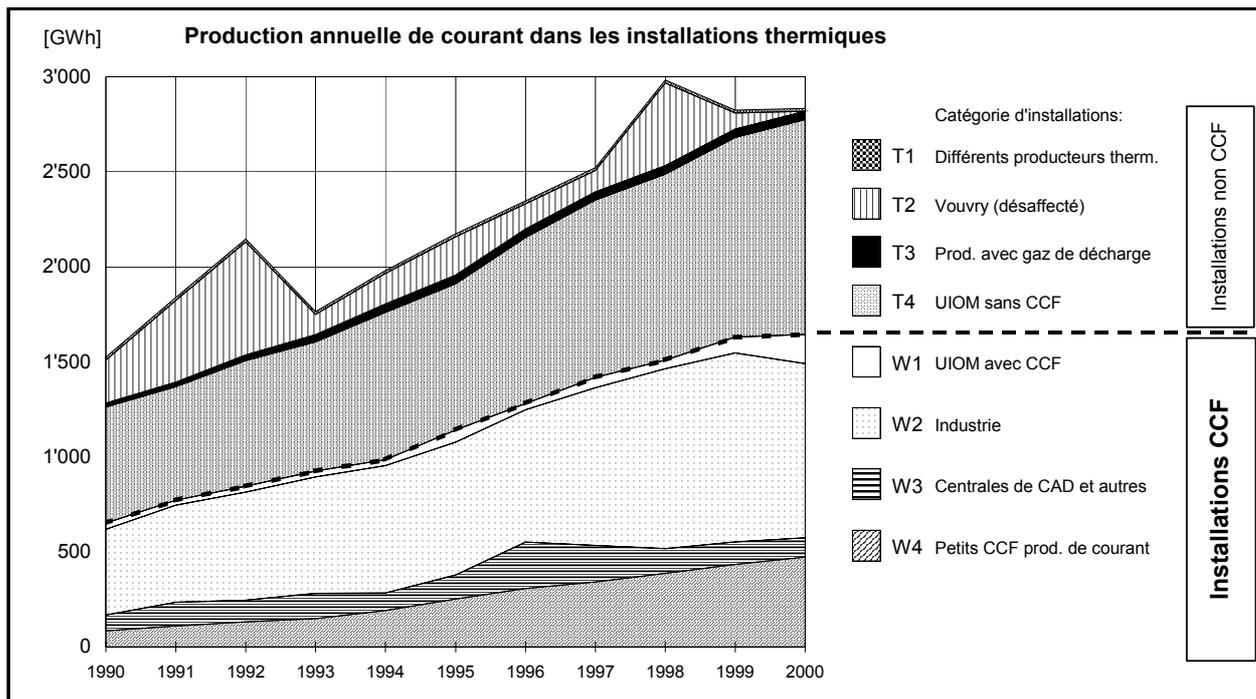


Figure 1.3 Evolution de la production thermique de courant

Station d'épuration ... ou bureaux

Les principaux exploitants de grandes installations à CCF se trouvent dans les industries chimique, du papier et du pétrole.

En revanche, les petits CCF se situent surtout dans les stations d'épuration (18 % de la puissance) et dans des entreprises industrielles ou artisanales (18 %). On en trouve aussi dans les immeubles de bureaux (13 %), les réseaux de chauffage à distance (13 %), les bâtiments scolaires et sportifs (9 %) ainsi que dans l'habitat (9 %).

On constate heureusement que 30 % de l'énergie nécessaire à ces installations provient de sources renouvelables. Ce sont surtout les parts renouvelables des déchets dans les UIOM et les entreprises industrielles, plus 5 % de biogaz (fig. 1.4).

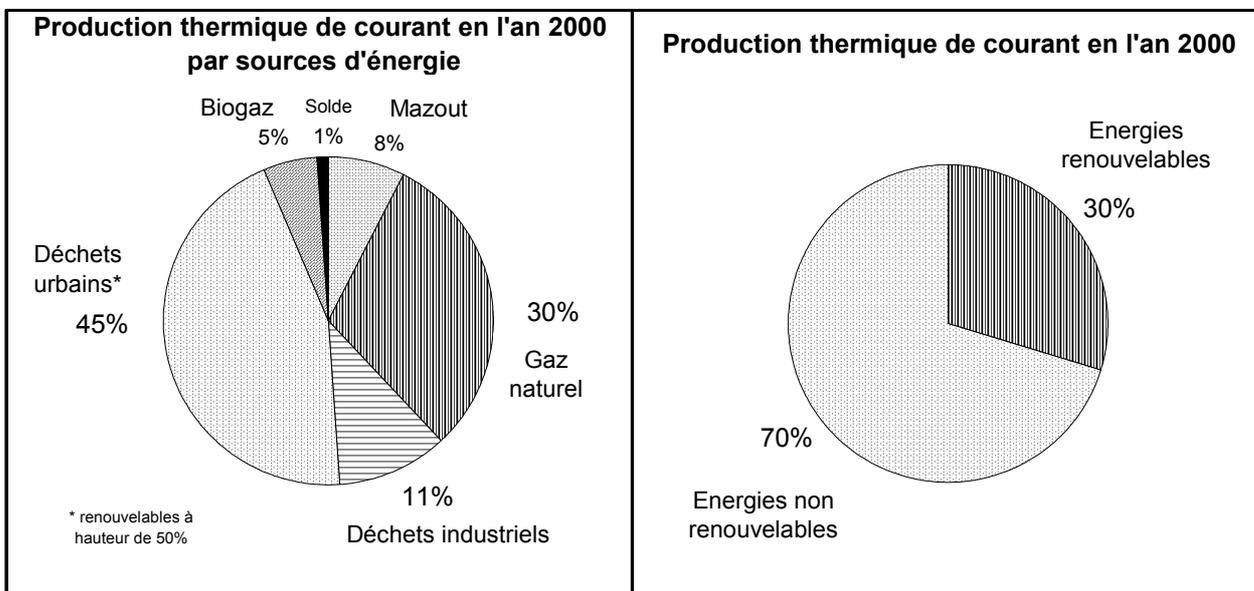


Figure 1.4 Apport des différentes sources d'énergie à la production thermique de courant en 2000

Champions

La production moyenne d'électricité de source thermique en l'an 2000 a été de 229 kWh par tête d'habitant. Avec respectivement 1200 et 800 kWh par personne, les cantons du Valais et de Bâle-Ville en ont fourni la proportion la plus élevée, suivis de Soleure et Bâle-Campagne.

2. Einleitung

In den neunziger Jahren wurden viele neue thermische Stromproduktionsanlagen (insbesondere Wärmekraftkopplungsanlagen) in Betrieb genommen. Der vorliegende Bericht ermöglicht einen umfassenden statistischen Überblick über diese Anlagen.

2.1 Ausgangslage

Gemäss Elektrizitätsstatistik wurden im Jahre 2000 in der Schweiz 65'348 Mio. kWh elektrische Energie produziert. Rund 96 % dieser Strommenge wurde in Wasser- und Kernkraftwerken erzeugt. Die restlichen 4.3 % wurden in kleineren und grösseren thermischen Kraftwerken produziert.

Da bei **thermischen Kraftwerken ohne nennenswerte Nutzung der anfallenden Abwärme** die eingesetzte Energie nur zu einem kleinen Teil genutzt wird, sind diese Kraftwerke separat zu betrachten. Das ölthermische Kraftwerk Vouvry ist mit 284 MW elektrischer Leistung das grösste Kraftwerk dieser Kategorie. Es wurde am 30.9.2000 nach 34 Betriebsjahren stillgelegt. In den vergangenen Jahren wurden in der Schweiz nur noch wenige Kraftwerke ohne Nutzung der Abwärme gebaut. Diese Anlagen dienen zur sogenannten Verstromung von nicht anderweitig nutzbaren Energieträgern (Kehricht, Deponiegas usw.).

Anders sieht es bei Anlagen zur thermischen Stromproduktion mit Nutzung der anfallenden Abwärme aus. Dabei handelt es sich um sogenannte **Wärmekraftkopplungs(WKK)-Anlagen**. Diese leisten einen Beitrag zur dezentralen Stromversorgung in der Schweiz. Da die verfügbare Abwärme meist vollständig genutzt wird, können gleiche Gesamtwirkungsgrade wie beim Einsatz der gleichen Brennstoffe in herkömmlichen Feuerungsanlagen erzielt werden.

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 Luftschadstoffeinsparungen bis zu 40 %.

Die kleineren WKK-Anlagen bis 1 MW elektrischer Leistung haben ab Mitte der achtziger Jahre eine starke Zunahme erfahren. Daher wurde deren statistische Erfassung im Auftrag des Bundesamtes für Energie bereits anfangs der neunziger Jahre begonnen und die Auswertungen in jährlichen Berichten publiziert.

Wärmekraftkopplungs- (WKK)-Anlagen produzieren elektrische Energie, wobei die anfallende Abwärme für Heizzwecke genutzt wird.

Auch bei den grösseren WKK-Anlagen ab 1 MW elektrischer Leistung haben beachtliche Veränderungen stattgefunden. In der Papierindustrie, in Fernheizkraftwerken und Kehrlichtverbrennungsanlagen wurden Anlagen modernisiert oder neu gebaut. Insbesondere die neuen Anlagen wurden in der schweizerischen Elektrizitätsstatistik nicht erfasst. Daher wurde 1997 erstmals ein statistischer Überblick über alle thermischen Kraftwerke und insbesondere alle WKK-Anlagen publiziert.

Für die Fortschreibung der Statistik aller thermischer Kraftwerke und WKK-Anlagen wurde die Dr.EICHER+PAULI AG vom Bundesamt für Energie beauftragt. Die vorliegende Ausgabe präsentiert die Resultate der durchgeführten Erhebungen zu den Bestandesänderungen und Energieumsätzen im Jahr 2000. Folgende Punkte sind speziell zu beachten:

- Der vorliegende Bericht umfasst statistische Auswertungen zu sämtlichen mit fossilen und biogenen Energieträgern betriebenen thermischen Kraftwerken in der Schweiz. Anzahl, elektrische Leistung sowie die Stromproduktion ab 1990 werden ausgewiesen.
- Es wird unterschieden zwischen Wärmekraftkopplungsanlagen und den restlichen Anlagen mit geringer oder fehlender Abwärmenutzung (Definition siehe Kap. 2.2).
- Die WKK-Anlagen werden wie in früheren Jahren unterteilt in Klein- und Gross-WKK-Anlagen (siehe Kap. 2.3).
- Die erfassten thermischen Kraftwerke werden in insgesamt neun Anlagenkategorien unterteilt (siehe Kap. 2.4). Die Kategorien-Bezeichnungen und -Nummern (T1, T2, ... W1, W2 ...) werden auf allen Darstellungen und Auswertungen verwendet.

Detailliertere Erläuterungen zur Statistik finden sich im Anhang F.

Der Verfasser bedankt sich an dieser Stelle bei allen Personen, welche die erhaltenen Erhebungsformulare ausgefüllt und zurückgeschickt haben.

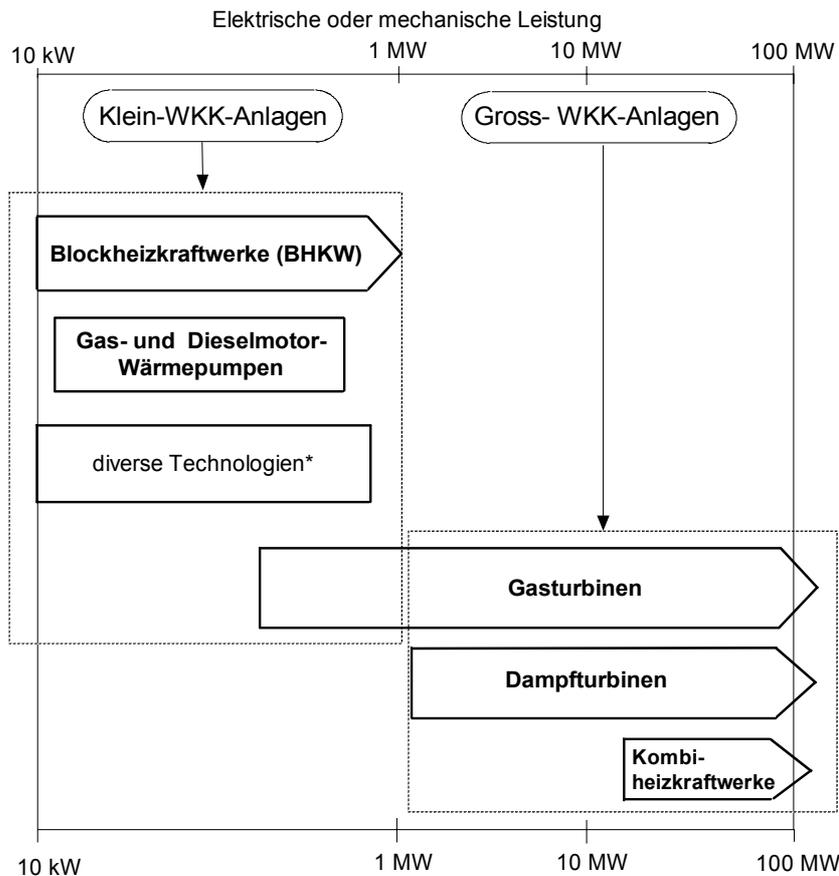
2.2 Technologien und Einsatzbereiche von WKK-Anlagen

Um vergleichbare Technologien und Einsatzbereiche zusammenfassen zu können, wird unterschieden zwischen Klein- und Gross-WKK-Anlagen (siehe Bild 2.2).

Die Klein-WKK-Anlagen werden bereits seit 1991 statistisch erfasst und umfassen folgende Technologien:

- **Blockheizkraftwerke (BHKW)** mit Gas-, Diesel- und Zündstrahlmotoren
- **Wärmepumpen**, welche 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
- Neue Technologien (**Brennstoffzellen, Stirlingmotoren** usw.)

Es gibt ganz verschiedene WKK-Technologien. In dieser Statistik wird zwischen Klein- und Gross-WKK-Anlagen unterschieden.



*Total-Energie-Anlagen (TEA); Direktgebläseantriebe

G:\1998\001\ALL-BER\wkk-anl.drw

Bild 2.2 Aufteilung der Wärmekraftkopplungstechnologien und -Leistungsbereiche in Klein- und Gross-WKK-Anlagen

Als Gross-WKK-Anlagen werden folgende Technologien bezeichnet (siehe auch Bild 2.2):

- **Dampfturbinen:**
Es kann zwischen folgenden Dampfturbinen-Typen unterschieden werden: Entnahme-Gegendruckanlagen, Gegendruckanlagen, Entnahme-Kondensations-Anlagen.
Reine Kondensationsanlagen werden nicht erfasst, da die anfallende Wärme nicht genutzt wird und es sich folglich nicht um WKK-Anlagen handelt.
Einige kleinere Spezialaggregate (Speisepumpen-Antriebsturbine, Dampfmotor, ORC-Turbogenerator, Holzgas-Motor) wurden aus erhebungstechnischen Gründen ebenfalls der Gross-WKK-Statistik und bei Auswertungen den Dampfturbinen zugeordnet.
- **Gasturbinen** (ab 1 MW elektrischer Leistung):
Gasturbinen bis 1 MW elektrischer Leistung werden im Rahmen der Klein-WKK-Statistik erfasst. Ab 1 MW sind sie im vorliegenden Bericht den Gross-WKK-Anlagen zugeordnet.
- **Kombianlagen:**
Bei Kombiheizkraftwerken wird einer Gasturbine ein Hochdruckabhitzeessel mit Dampfturbine nachgeschaltet. Dadurch kann ein höherer elektrischer Wirkungsgrad erzielt werden.

2.3 Definition Wärmekraftkopplung (WKK)

Im vorliegenden Bericht werden thermische Stromproduktionsanlagen als WKK-Anlagen betrachtet, wenn mindestens 60 % der eingesetzten Energie in Elektrizität und genutzte Heiz- oder Prozesswärme umgewandelt werden. Als zweites Kriterium muss bei einer WKK-Anlage die Stromproduktion mindestens 5 % des Energieinputs betragen.

Im Gegensatz zu konventionellen, thermischen Kraftwerken wird die bei der Stromproduktion anfallende Abwärme bei Wärmekraftkopplungsanlagen vollständig oder mindestens teilweise genutzt. Bei WKK-Anlagen werden folglich die eingesetzten Energieträger sowohl in hochwertige Elektrizität als auch in nutzbare Wärmeenergie umgewandelt.

Auch bei Abfallbehandlungsanlagen wird häufig aus Kehrlicht oder Deponiegas sowohl Strom als auch Wärme erzeugt. Es stellt sich die Frage, ob solche Anlagen generell als WKK-Anlagen bezeichnet werden können.

In Bild 2.3 sind alle schweizerischen Kehrlichtverbrennungsanlagen (KVA) in Abhängigkeit ihres elektrischen und thermischen Jahreswirkungsgrades eingetragen. Diese sind wie folgt definiert:

- Elektrischer Wirkungsgrad (Eta_{el})= prod. Elektrizität/verbrauchte Energiemenge
- Thermischer Wirkungsgrad (Eta_{th})= genutzte Wärme¹/verbrauchte Energiemenge
- Gesamtwirkungsgrad (Eta_{Tot}) = Eta_{el} + Eta_{th}

1) Für Eigenbedarf und Verkauf genutzte Wärme (d.h. ohne ungenutzte Überschusswärme)

Voraussetzung für die Bezeichnung als WKK-Anlage ist in dieser Statistik, dass mindestens 5 % der eingesetzten Energie in Strom und insgesamt 60 % in Nutzenergie (Strom und Wärme) umgewandelt wird.

Viele KVA weisen zwar einen elektrischen Wirkungsgrad über 10 % auf. Bei den meisten dieser KVA beträgt der thermische Wirkungsgrad weniger als 20 %. In Bild 2.3 wurden diese KVA als **Kraftwerke** bezeichnet.

Andererseits gibt es auch Kehrichtverbrennungsanlagen, bei denen zwar beachtliche Wärmemengen genutzt werden (Eta_{th} über 50 %), aber nur wenig Strom produziert wird. Diese Anlagen sind in Bild 2.3 als **Heizwerke** bezeichnet.

Es gilt nun am Beispiel der KVA festzulegen, welche Anlagen als **WKK-Anlagen** bezeichnet werden. Im Rahmen dieses Berichtes müssen folgende Bedingungen eingehalten werden (siehe Bild 2.3):

- Der Gesamtwirkungsgrad der Anlage muss mindestens 60 % betragen ($\text{Eta}_{\text{Tot}} \geq 60\%$). Diese anspruchsvolle Bedingung wurde so festgelegt, dass WKK-Anlagen auch in absehbarer Zukunft höhere Gesamtwirkungsgrade als thermische Kraftwerke ohne Abwärmennutzung aufweisen. Als weiteren Punkt gilt es zu beachten, dass WKK-Anlagen nicht wesentlich schlechtere Gesamtwirkungsgrade aufweisen sollten als normale Feuerungsanlagen.
- WKK-Anlagen müssen einen minimalen elektrischen Wirkungsgrad von 5 % erreichen ($\text{Eta}_{\text{el}} \geq 5\%$). Dadurch ist eine Abgrenzung gegenüber Heizwerken mit marginaler elektrischer Ausbeute gewährleistet.

Selbstverständlich muss beispielsweise bei Kehrichtverbrennungsanlagen jährlich mit den entsprechenden Betriebsdaten geprüft werden, ob die Anlage als WKK-Anlage bezeichnet werden kann oder nicht.

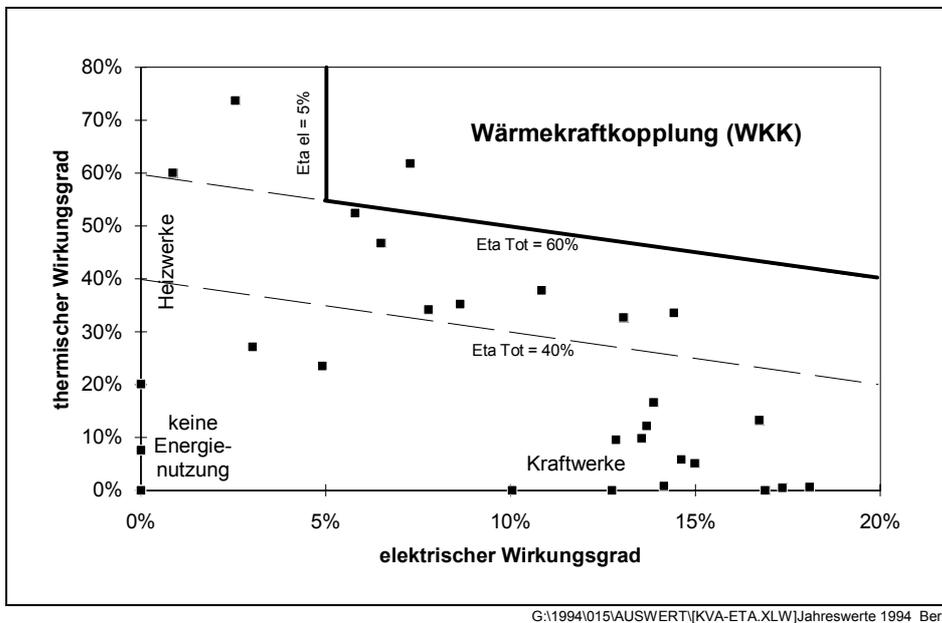
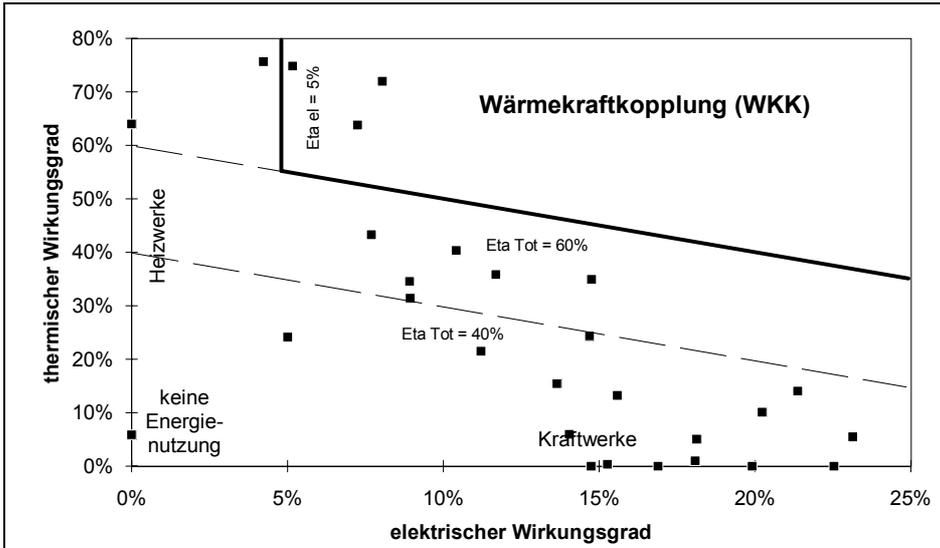


Bild 2.3a Jahreswirkungsgrade der schweizerischen Kehrichtverbrennungsanlagen im Jahr 1994



G:\2000\007\ALL-AUSW\KVA-ETA.XLW\Jahreswerte 1999 Ber2

Bild 2.3b Jahreswirkungsgrade der schweizerischen Kehrlichtverbrennungsanlagen im Jahr 1999 (Achtung: andere Skalierung als im Bild 2.3a)

2.4 Anlagekategorien

Die erfassten Anlagen werden in neun Kategorien unterteilt (siehe Bild 2.4). Bei den Kategorien T1 bis T4 handelt es sich um thermische Stromproduktionsanlagen mit geringer oder fehlender Abwärmenutzung. Die stromproduzierenden WKK-Anlagen sind in den Kategorien W1 bis W4 aufgeteilt. Kategorie W5 umfasst die nicht stromproduzierenden Klein-WKK-Anlagen. Dabei handelt es sich um Wärmepumpen, die mit Gas- oder Dieselmotoren angetrieben werden.

Gliederung der erfassten Technologien.

Zuordnungen		Nr. Kat.	Anlagenkategorie	Beschreibung	Bericht	
Thermische Stromproduktion (Kap. 3, Anh. A)		T1	diverse therm. Stromerzeuger	div. thermische Stromerzeuger mit keiner o. geringer Abwärmenutzung (z.B. Notstromanlagen)	Kap. 3	
		T2	Vouvry	ölthermische Kraftwerk Vouvry	Kap. 3	
		T3	Deponigasverstromung	mit Deponiegas betriebene Gasmotoren, welche die WKK-Bedingungen* nicht erfüllen	Kap. 7.2 Anh. E.2	
		T4	Kehrichtverbrennungsanl. (KVA ohne WKK)	KVA, welche die WKK-Bedingungen* nicht erfüllen	Kap. 7.1 Anh. E.1	
	Wärmekraftkopplung (WKK)* (Kap. 4, Anh. B)	Gross-WKK-Anlagen** (Kap. 5, Anh. C)	W1	Kehrichtverbrennungsanl. (KVA mit WKK)	KVA, welche die WKK-Bedingungen* erfüllen	Kap. 7.1 Anh. E.1
			W2	Industrie	industrielle Gross-WKK-Anlagen	Kap. 5.2
			W3	Fernheizkraftwerke u.a.	Gross-WKK-Anlagen in öffentlichen Fernheizkraftwerken (inkl. einzelne Spezialfälle)	Kap. 5.3
			W4	stromprod. Klein-WKK	Blockheizkraftwerke (mit Gas- und Dieselmotoren) und Gasturbinen < 1 MWe	Kap. 6 Anh. D
			W5	nicht stromprod. Klein-WKK	mit Gas- oder Dieselmotoren angetriebene Wärmepumpen	Kap. 6 Anh. D
	Klein-WKK-Anlagen** (Kap. 6, Anh. D)					

G:\1999\007\ALL-AUSW\STRUKTUR.XLS

Kommentare:

* Bedingungen für die statistische Bezeichnung als Wärmekraftkopplungs(WKK)-Anlagen:

Eta Tot >= 60% und Eta EI >= 5%

Bei WKK-Anlagen muss während des betrachteten Betriebsjahres mind. 60% der eingesetzten Energie in Elektrizität und Wärme, welche genutzt wird, umgewandelt werden. Der elektrische Jahresnutzungsgrad muss mindestens 5% betragen. Weitere Angaben finden sich in Kap. 2.3.

** Aus erhebungstechnischen Gründen wird weiterhin zwischen Gross- und Klein-WKK-Anlagen unterschieden. Sämtliche Gas- und Dieselmotoren sowie Gasturbinen bis 1 MWe werden als Klein-WKK-Anlagen bezeichnet (sofern die WKK-Bedingungen eingehalten werden). Weitere Angaben finden sich in Kap. 2.2.

Bild 2.4 Anlagekategorien des vorliegenden Berichtes

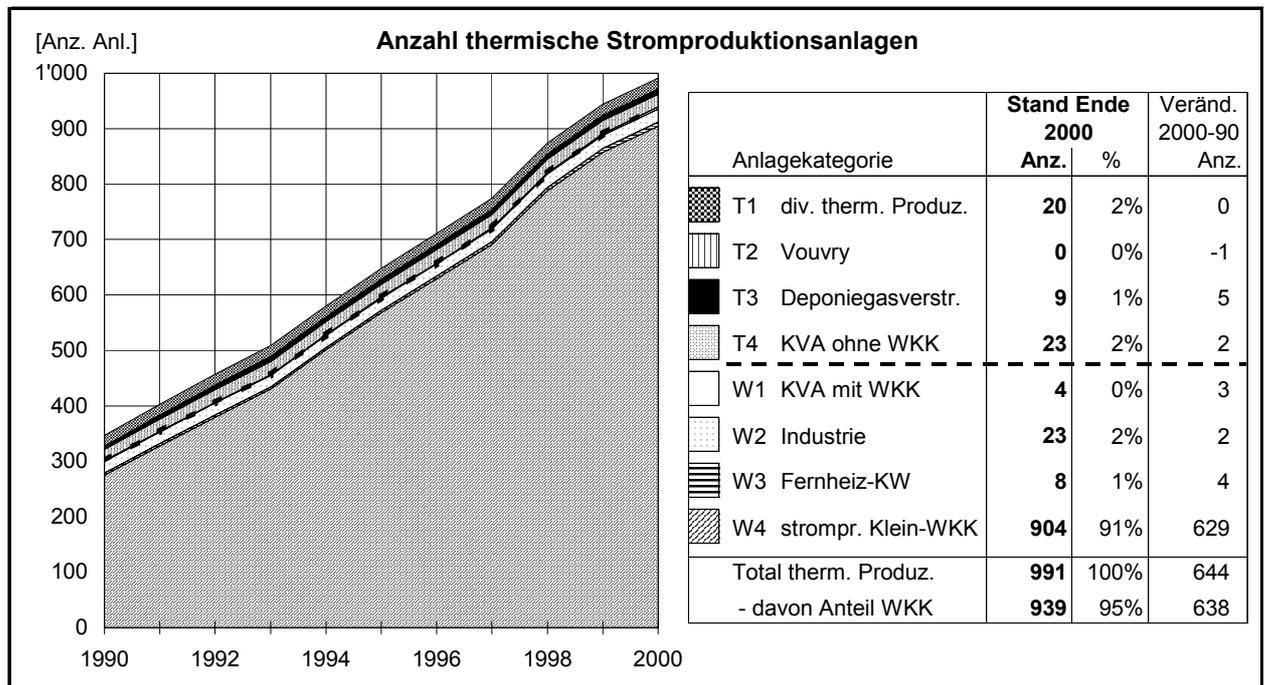
3. Thermische Stromerzeugung

In Kapitel 3 wird die gesamte thermische Stromerzeugung in der Schweiz der Jahre 1990 bis 2000 quantifiziert. Als Grundlage dienen die Erhebungen der Dr.EICHER+PAULI AG sowie die schweizerische Elektrizitätsstatistik (Kat. T2). Die detaillierten Auswertungen finden sich im Anhang A.

3.1 Anlagen und elektrische Leistungen

Rund 990 Anlagen haben im Jahr 2000 in der Schweiz zur thermischen Stromproduktion beigetragen (siehe Bild 3.1a). Abgesehen von hier nicht erfassten Notstromanlagen wird bei 52 Anlagen die Abwärme nicht genutzt (Kat. T1 bis T4). Bei den restlichen knapp 940 WKK-Anlagen wird die bei der Stromproduktion anfallende Abwärme meist, soweit technisch möglich, genutzt. Die Klein-WKK-Anlagen sind mit Abstand die grösste Anlagenkategorie (W4). Deren Anzahl hat in den neunziger Jahren um 630 Anlagen zugenommen.

Ende 2000 waren 991 thermische Stromproduktionsanlagen (ohne Kernkraftwerke) in Betrieb.

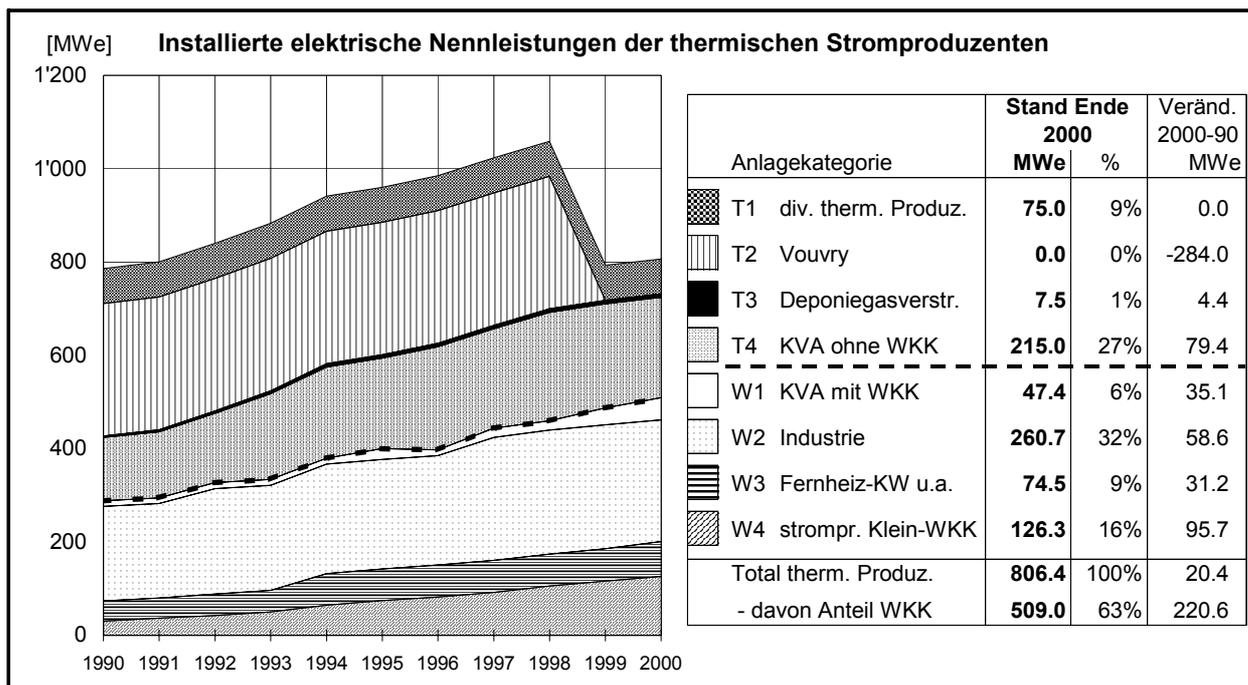


G:\2001\007\All-Ausw\ANZ-AB90.xls]Ausw-Graf Ber4

Bild 3.1a Entwicklung der Anzahl thermischer Stromproduktionsanlagen

(siehe Anhang A.1a)

Die gesamte elektrische Nennleistung aller thermischen Stromproduzenten betrug Ende 2000 rund 806 MW (Bild 3.1b). Die elektrische Leistung aller WKK-Anlagen betrug Ende 2000 rund 509 MWe.



G:\2001\007\All-Ausw[LEI-AB90.xls]Ausw-Graf Ber4
(siehe Anhang A.1b)

Bild 3.1b Entwicklung der installierten elektrischen Nennleistungen

3.2 Stromproduktion 1990 - 2000

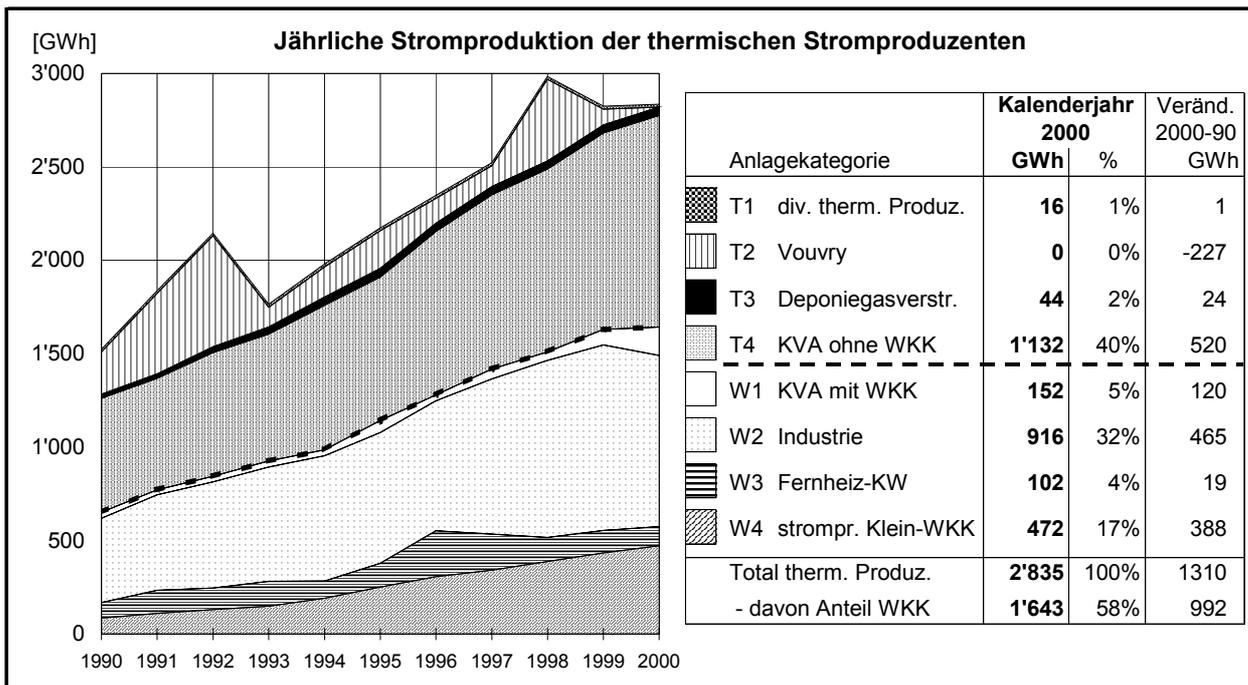
Im Jahr 2000 betrug die thermische Stromproduktion in der Schweiz 2'835 GWh (siehe Bild 3.2a). Neben den 37'850 GWh aus Wasserkraftwerken und den 24'950 GWh aus Kernkraftwerken haben die thermischen Stromerzeuger im Jahr 2000 einen Beitrag von 4.3 % an die gesamte Landeserzeugung erbracht.

58 % der thermischen Stromproduktion wurde 2000 mit WKK-Anlagen erzeugt. Der grösste Teil davon wurde in Gross-WKK-Anlagen in der Industrie und in Fernheizkraftwerken produziert. Der Beitrag der Klein-WKK-Anlagen betrug mit 472 GWh bereits 17 % der thermischen Stromerzeugung.

Deutlich weniger als die Hälfte (nämlich nur 42 %) der thermischen Stromproduktion erfolgte im Jahr 2000 in Kraftwerken mit geringer oder keiner Abwärmenutzung. Dabei handelt es sich zum grössten Teil um Kehrichtverbrennungsanlagen.

Die thermische Stromproduktion hat in den neunziger Jahren um 1'311 GWh zugenommen. Dies entspricht knapp einer Verdoppelung seit 1990. Die grössten Beiträge an diese Zunahme haben die industriellen Gross-WKK-Anlagen (Kat. W2), die Kehrichtverbrennungsanlagen (Kat. T4 und W1) sowie die Klein-WKK-Anlagen (Kat. W4) geleistet. Hingegen hat die Elektrizitätserzeugung im ölthermischen Kraftwerk Vouvry sehr stark geschwankt und entfällt seit der Stilllegung ganz.

Die thermische Stromproduktion (ohne Kernkraftwerke) betrug im Jahr 2000 rund 2'835 GWh, resp. 4.3 % der schweizerischen Landeserzeugung.

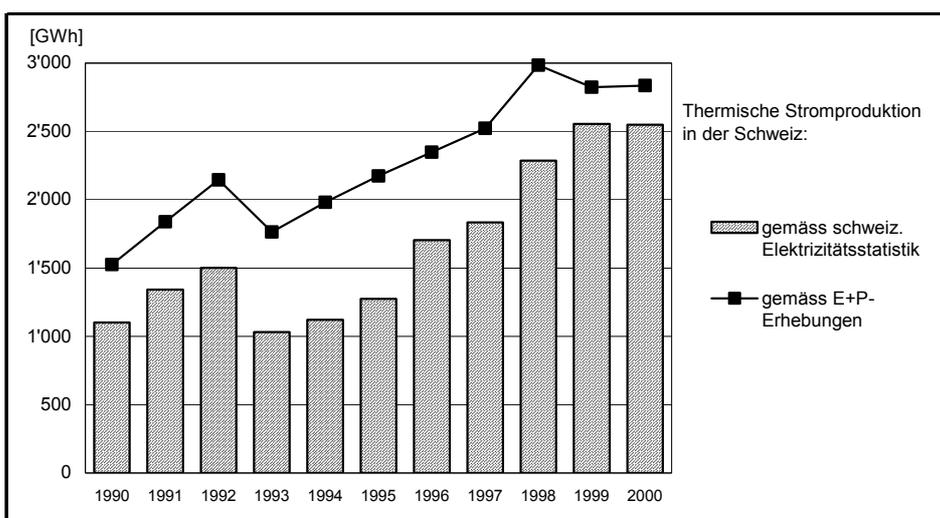


G:\2001\007\All-Ausw[STR-AB90.xls]Ausw-Graf Ber4

Bild 3.2a Thermische Stromproduktion der Jahre 1990 bis 2000

(siehe Anhang A.1c)

Insgesamt hat die thermische Stromproduktion des Jahres 2000 gemäss den vorliegenden Erhebungen rund 2'835 GWh betragen. In der offiziellen Elektrizitätsstatistik wurde für das gleiche Jahr nur 2'548 GWh ausgewiesen. Folglich wurden darin 287 GWh resp. 10 % der effektiven thermischen Stromproduktion nicht erfasst. Bild 3.2b zeigt die Differenz zwischen den in diesem Bericht ausgewiesenen Resultaten sowie denjenigen der Elektrizitätsstatistik der vergangenen Jahre.



G:\2001\007\All-Ausw[STR-AB90.xls]Ausw-Graf Ber5

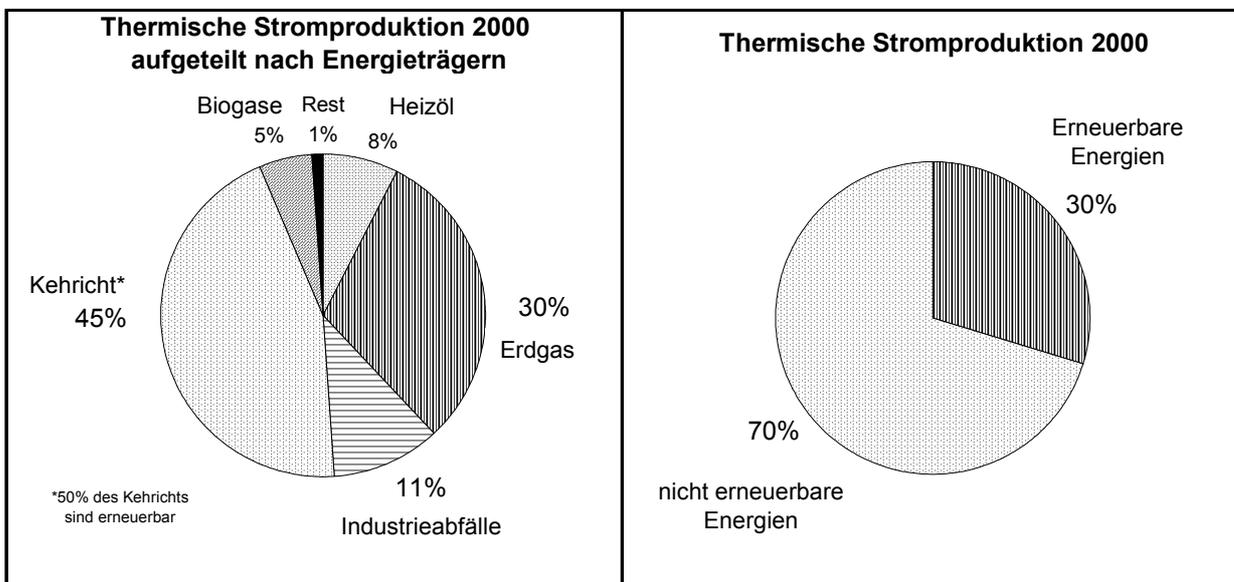
Bild 3.2b Thermische Stromproduktion der Jahre 1990 bis 2000: Vergleich der offiziellen schweizerischen Elektrizitätsstatistik mit den vorliegenden Erhebungsergebnissen

3.3 Energieträger 2000

In Bild 3.3 wird gezeigt, welche Energieträger im Jahre 2000 für die thermische Stromproduktion eingesetzt wurden. Der aus Kehricht stammende Strom weist mit 45 % den grössten Anteil auf. Erdgas (30 %), Industrieabfälle (11 %), Heizöl (8 %) und Biogase (5 %) sind die weiteren Energieträger. Bei den industriellen Abfällen handelt es sich um Raffinerierückstände, Lösungsmittel und Chemieabfälle.

Kehricht (45 %) und Erdgas (30 %) sind die dominanten Energieträger bei der thermischen Stromproduktion.

Gut ein Viertel der thermischen Stromerzeugung basiert auf erneuerbaren Energieträgern. Dabei wurde berücksichtigt, dass gemäss Abfallanalysen rund die Hälfte des verbrannten Kehrichts erneuerbaren Ursprungs ist. Auch die verschiedenen Biogasarten (Klärgas, Deponiegas, Biogas aus Vergärungsanlagen in Landwirtschaft, Gewerbe und Industrie) weisen einen nennenswerten Beitrag zur thermischen Stromproduktion mit erneuerbaren Energieträgern auf.



Ausdruck: 18.06.2001

G:\2001\007\All-Ausw\ENERG-2000-V2.xls\Anhang A.2

Bild 3.3 Thermische Stromproduktion 2000 aufgeteilt nach Energieträgern

(siehe Anhang A.2)

In der Ausgabe 2000 finden sich erstmals Angaben zum Bruttoenergieverbrauch der Anlagen zur thermischen Stromproduktion (siehe Anhänge A.3 und A.4).

4. Wärmekraftkopplung (WKK)

In diesem Kapitel finden sich einige übergeordnete Auswertungen zur Gesamtheit aller WKK-Anlagen in der Schweiz.

4.1 Übersicht

Ende 2000 waren in der Schweiz 939 WKK-Anlagen mit einer elektrischen Nennleistung von 509 MW in Betrieb. Im Kalenderjahr 2000 haben die WKK-Anlagen 1'643 GWh Elektrizität produziert. Dies entspricht 58 % der thermischen und 2.5 % der gesamten schweizerischen Stromproduktion.

2.5 % der schweizerischen Stromproduktion stammt aus WKK-Anlagen.

Wie Tabelle 4.1a zeigt, entspricht die Leistungsnahme im Jahre 2000 genau dem Durchschnitt der letzten 5 Jahre. Bei der Anlagenzahl und der Stromproduktion wurde aber im Jahre 2000 nur ein bescheidenes Wachstum festgestellt.

	Total	Jährlicher Zuwachs	
	2000	2000	Ø 96 - 2000
Anzahl Anlagen*	939	48	69 Anl./a
Elektrische Leistung*	509 MW _e	22	22 MW _e /a
Jahresstromproduktion	1'643 GWh	13	100 GWh/a

* Bestand per Jahresende

Tabelle 4.1a Übersicht über die WKK-Anlagen in der Schweiz

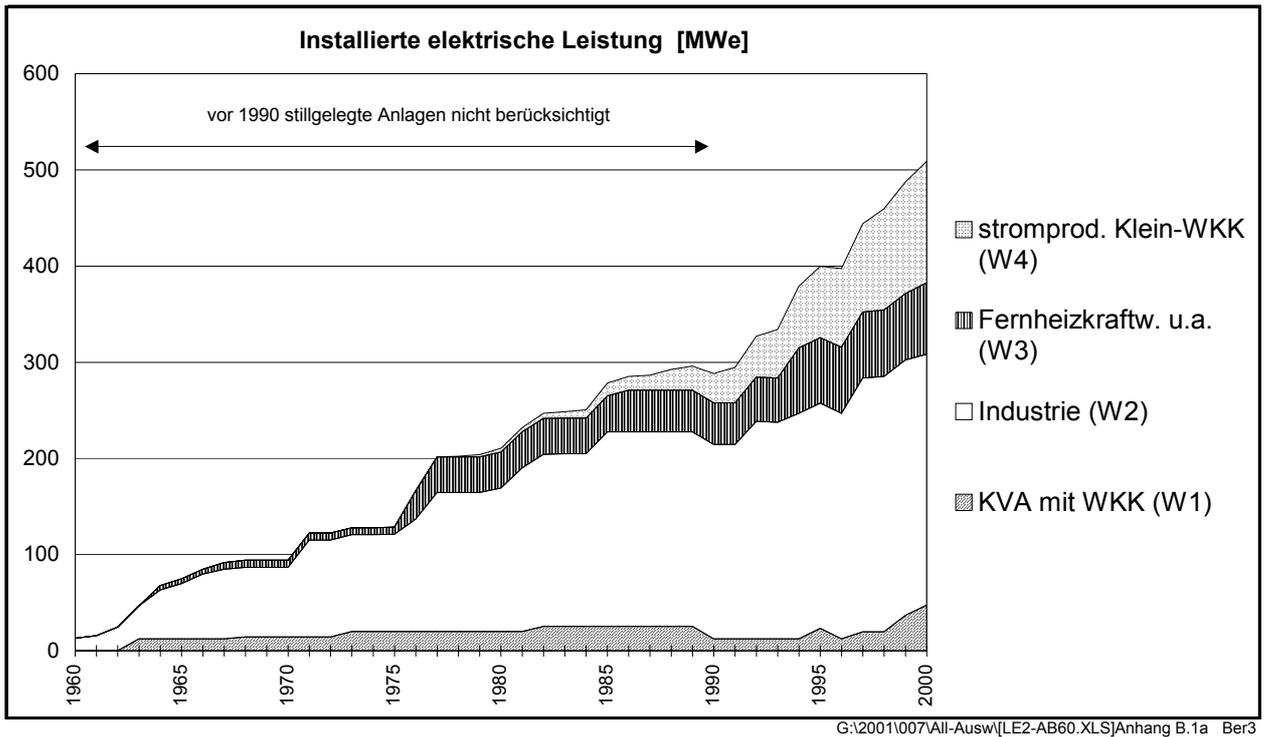
[Anlagekat. W1, W2, W3, W4]

(siehe Anhänge A.1)

Die Entwicklung der elektrischen Nennleistungen aller WKK-Anlagen seit 1960 ist in den zwei nachstehenden Bildern dargestellt.

Bild 4.1b zeigt die Aufteilung nach Anlagekategorien. Dabei wird ersichtlich, dass erst ab 1985 die Verbreitung der Klein-WKK-Anlagen zugenommen hat. Der Einsatz von Gross-WKK-Anlagen in Industriebetrieben und Kehrichtverbrennungsanlagen hat in den 60er Jahren begonnen.

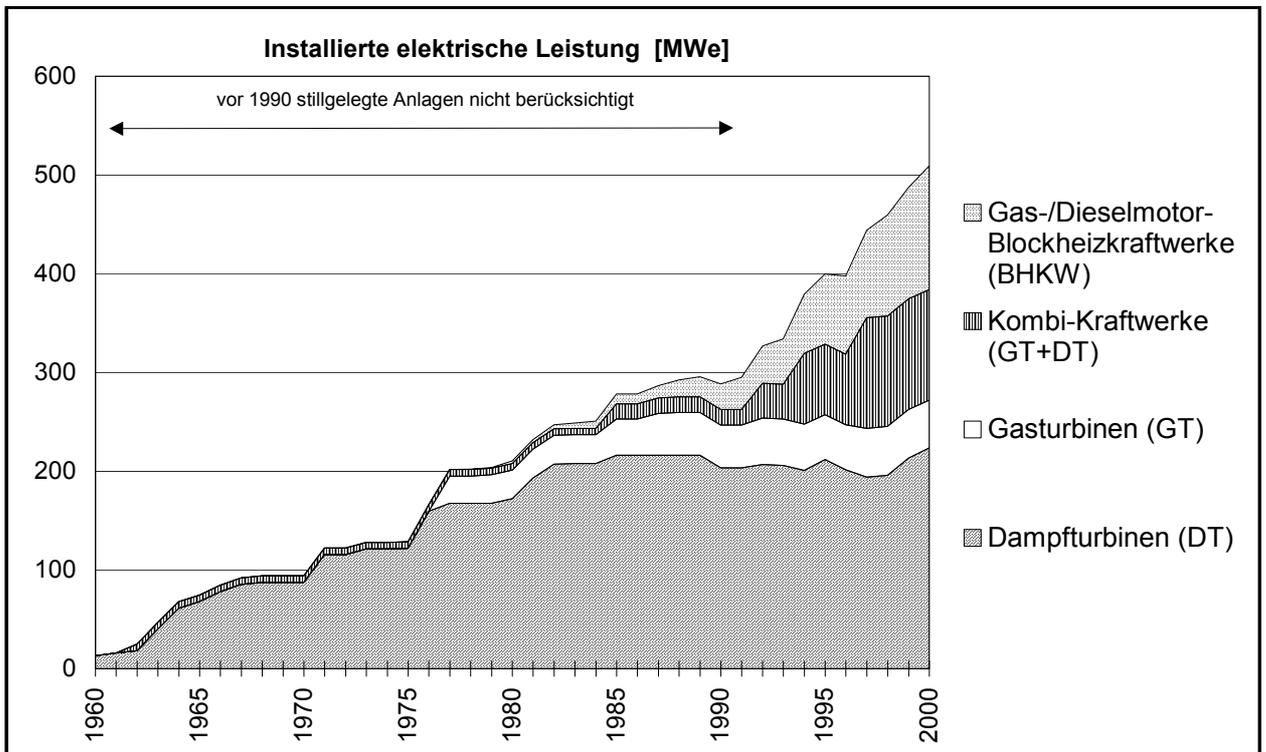
Die WKK-Entwicklung nach Technologien in Bild 4.1c zeigt, dass bis Mitte der 70er Jahre fast ausschliesslich Dampfturbinen eingesetzt wurden. Die Nennleistung von reinen Dampfturbinenanlagen hat in den letzten Jahren stagniert. Eine sehr starke Zunahme in diesem Jahrzehnt haben die Kombianlagen (d.h. der kombinierte Betrieb von Gas- und Dampfturbinen) erfahren. Dies trifft auch für die Vielzahl von Blockheizkraftwerken (BHKW) zu.



G:\2001\007\All-Ausw[LE2-AB60.XLS]Anhang B.1a Ber3

Bild 4.1b Elektrische Nennleistungen der WKK-Anlagen aufgeteilt nach Anlagekategorien

(siehe Anhang B.1a)



G:\2001\007\All-Ausw[LE1-AB60.XLS]Haupttabelle Ber3

Bild 4.1c Elektrische Nennleistungen der WKK-Anlagen aufgeteilt nach Technologien

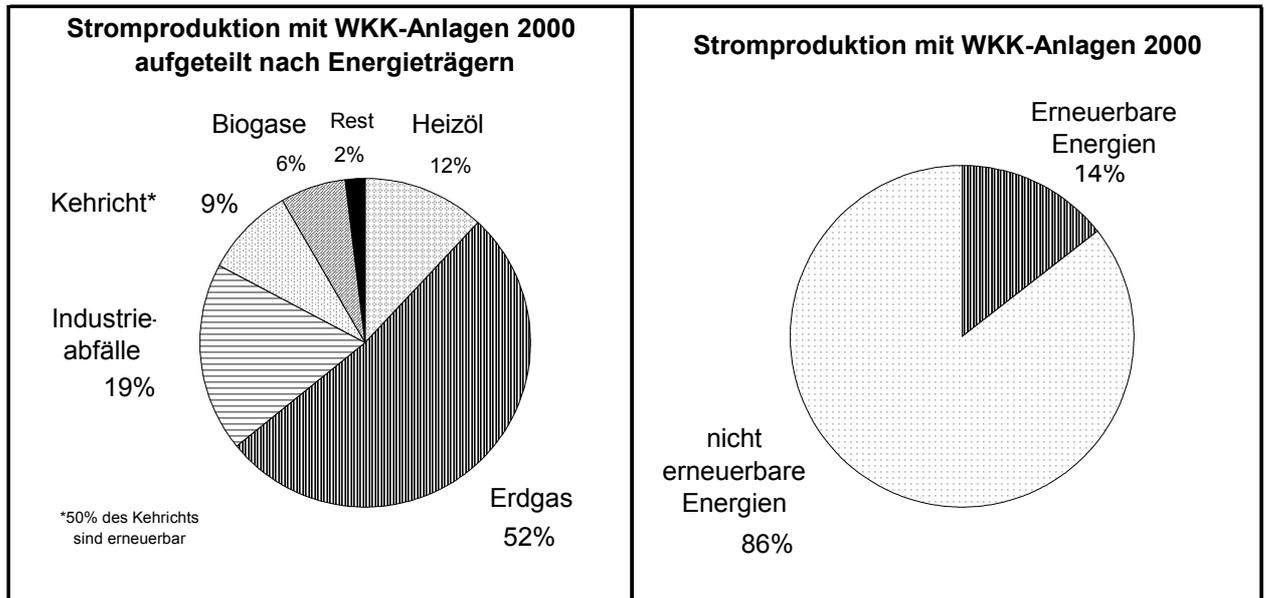
(siehe Anhang B.1b)

4.2 Energieträger 2000

Unter Punkt 3.3 wurde die gesamte thermische Stromproduktion des Jahres 2000 nach Energieträgern aufgeteilt. In Bild 4.2 findet sich die analoge Aufteilung für die Stromproduktion mit WKK-Anlagen.

Der Hauptenergieträger der WKK-Anlagen ist eindeutig Erdgas.

Erdgas ist mit 52 % der wichtigste Energieträger. Industrieabfälle und Heizöl sind mit Anteilen von 19 und 12 % weitere wichtige Energieträger bei der Elektrizitätserzeugung in WKK-Anlagen. Die verschiedenen Biogasarten (Klärgas, Deponiegas, Biogas aus Vergärungsanlagen in Landwirtschaft, Gewerbe und Industrie) weisen einen Anteil von 6 % auf.



G:\2001\007\AII-Ausw\ENERG-2000-V2.xls\Anhang A.2 Ber1

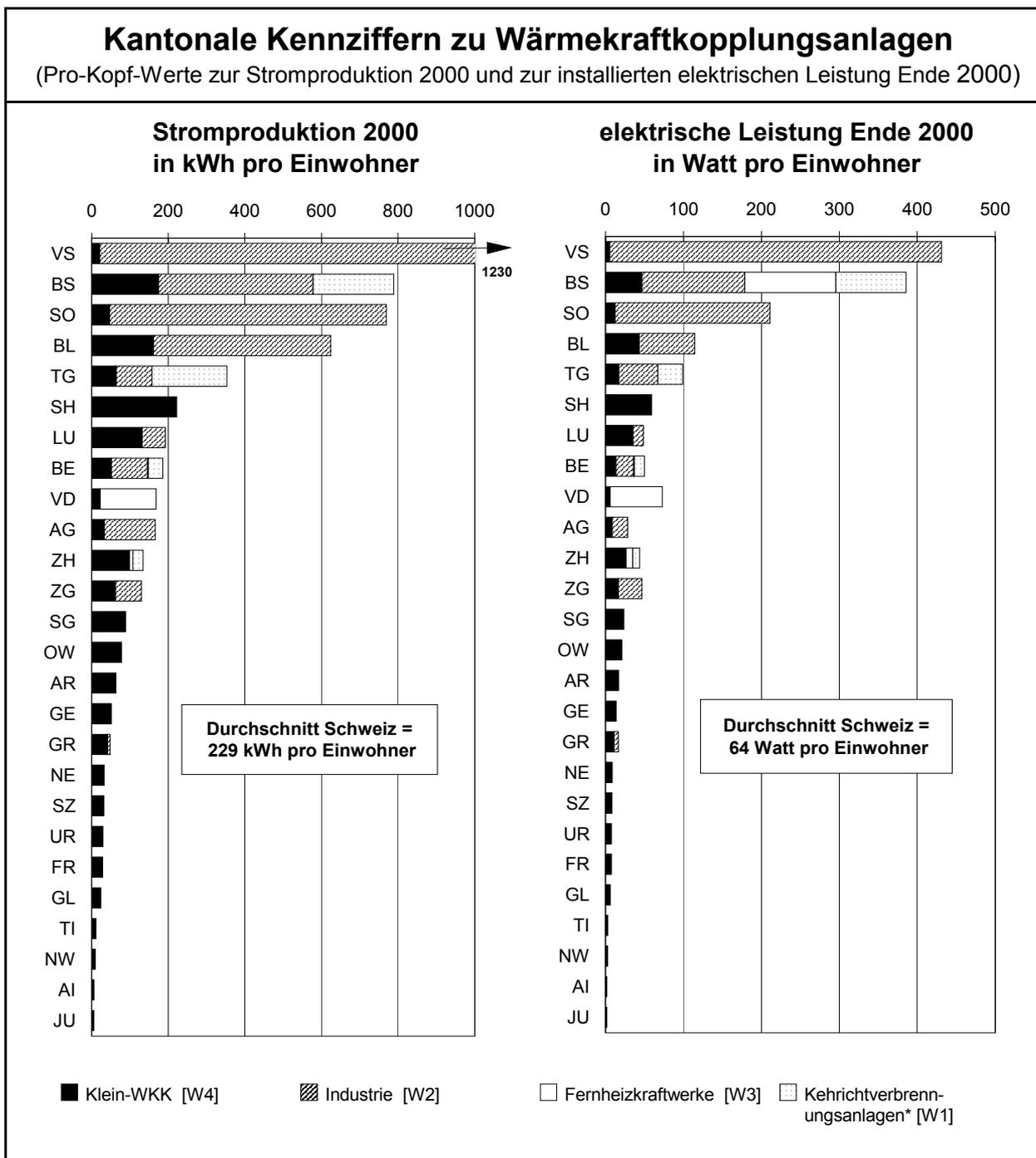
Bild 4.2 Aufteilung der WKK-Stromproduktion 2000 nach Energieträgern

(siehe Anhang A.2)

4.3 Auswertung nach Kantonen

Im Bild 4.3 wird die kantonale Verbreitung von WKK-Anlagen mittels Pro-Kopf-Werten dargestellt. Der Kanton Wallis ist dank den Anlagen in Industriebetrieben der WKK-Spitzenreiter der Schweiz. Basel-Stadt weist neben den industriellen WKK-Anlagen auch viele Blockheizkraftwerke für Nahwärmeverbundanlagen sowie die WKK-Produktion in der Kehrichtverbrennungsanlage auf.

Wallis und Basel-Stadt sind die WKK-Spitzenreiter.



*nur KVA, welche als WKK-Anlagen definiert wurden

Bild 4.3 Kantonale Pro-Kopf-Werte aller WKK-Anlagen

(siehe Anhang B.2)

5. Gross-WKK-Anlagen

Wie unter Punkt 2.3 erläutert, wird im vorliegenden Bericht zwischen Klein- und Gross-WKK-Anlagen unterschieden. In diesem Kapitel werden einige Spezialauswertungen zu den Gross-WKK-Anlagen insbesondere in der Industrie und Fernheizkraftwerken präsentiert. Die detaillierten Auswertungen finden sich im Anhang C.

5.1 Übersicht

Ende 2000 waren 35 Gross-WKK-Anlagen in Betrieb. Dabei handelt es sich um vier Anlagen in Kehrlichtverbrennungsanlagen (siehe Kap. 7.1), 23 Anlagen in der Industrie (s. Kap. 5.2) sowie acht Anlagen in Fernheizkraftwerken (s. Kap. 5.3).

71 % der WKK-Stromproduktion wird in Anlagen ab 1 MWe erzeugt (Gross-WKK-Anlagen).

	Total	Jährlicher Zuwachs	
	2000	2000	Ø 96 - 2000
Anzahl Anlagen*	35	1	1.4 Anl./a
Elektrische Leistung*	383 MW _e	11	11 MW _e /a
Jahresstromproduktion	1'171 GWh	-25	56 GWh/a

* Bestand per Jahresende

Tabelle 5.1 Übersicht über die Gross-WKK-Anlagen in der Schweiz

[Anlagekat. W1, W2, W3]

(siehe Anhänge A.1)

Im Jahr 2000 hat die installierte elektrische Leistung der Gross-WKK-Anlagen im Vergleich ähnlich wie in den Vorjahren um 11 MW zugenommen.

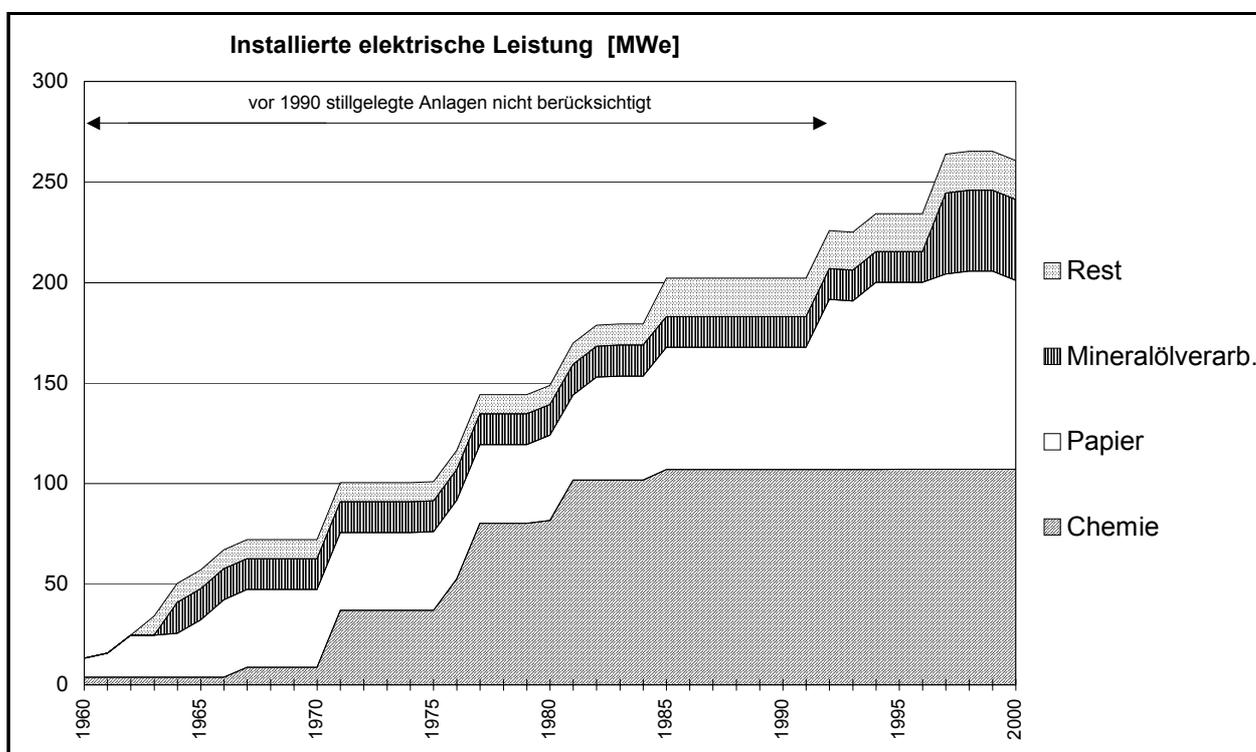
Die Jahresstromproduktion hat um 2 % auf 1'171 GWh abgenommen. Dabei hat in erster Linie die industrielle WKK-Stromproduktion stark abgenommen (-78 GWh). Dafür sind verschiedene Ursachen verantwortlich, u.a. die Stilllegung einer Anlage wegen Konkurs sowie Produktionsunterbrüche.

5.2 Industrie

Drei Viertel des Gross-WKK-Bestandes steht in Industriebetrieben. Bild 5.2a zeigt die Entwicklung der elektrischen Leistung aufgeteilt nach Industriebranchen. Chemie und Papierindustrie sind ganz eindeutig diejenigen Branchen mit den meisten Gross-WKK-Anlagen.

Nach einer Stagnation in der zweiten Hälfte der achtziger Jahre haben die industriellen Gross-WKK-Anlagen in den neunziger Jahren stark zugenommen. Dies betrifft in erster Linie die Papier- und die mineralölverarbeitende Industrie. In den letzten drei Jahren hat der Industriebereich wieder stagniert. Im Jahr 2000 wurde wegen einer Firmenschliessung eine Gasturbine stillgelegt.

56 % des WKK-Stroms stammt aus Gross-WKK-Anlagen in Industriebetrieben.

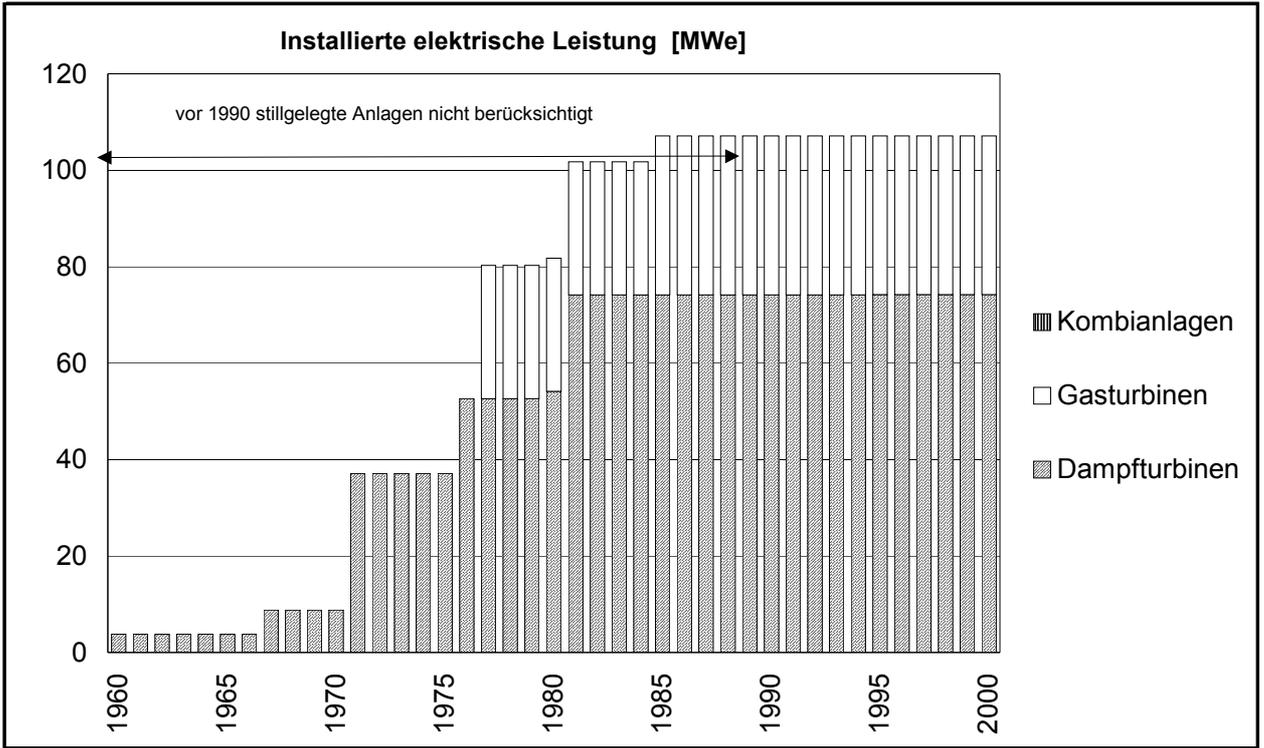


G:\2001\007\All-Ausw\LE3-AB60.XLS\Anhang Ca Ber3

Bild 5.2a Industrielle Gross-WKK-Anlagen aufgeteilt nach Branchen

(siehe Anhang Ca)

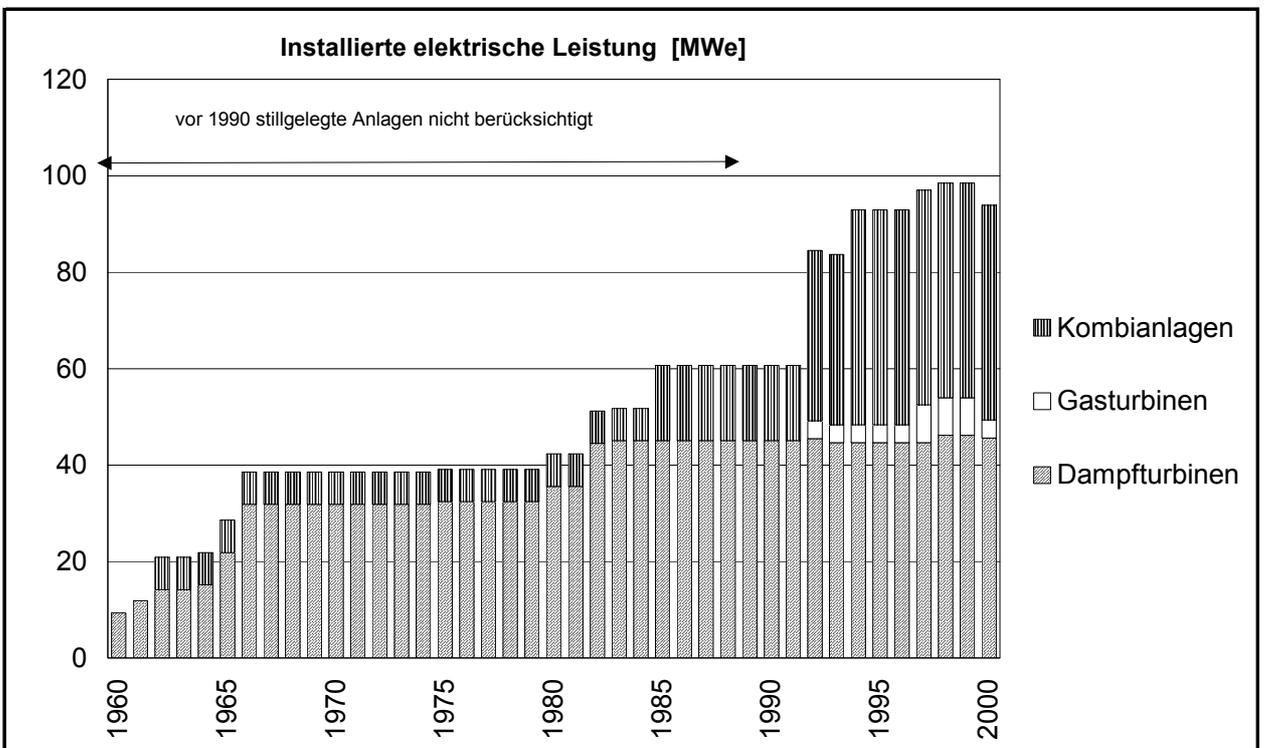
Die nachstehenden Bilder zeigen die eingesetzten Technologien in den verschiedenen Industriebranchen. In der chemischen Industrie werden ausschliesslich Gas- und Dampfturbinen betrieben (s. Bild 5.2b). In der Papierindustrie sind fast die Hälfte der Anlagen kombinierte Gas- und Dampfturbinen-Heizkraftwerke ("Kombianlagen" gemäss Bild 5.2c). Reine Gasturbinen-Anlagen werden in der Papierindustrie nur vereinzelt und in den restlichen Industriebranchen überhaupt nicht eingesetzt.



G:\2001\007\All-Ausw[LE1-AB60.XLS]Haupttabelle Ber5

Bild 5.2b Gross-WKK-Anlagen in der chemischen Industrie (aufgeteilt nach Technologien)

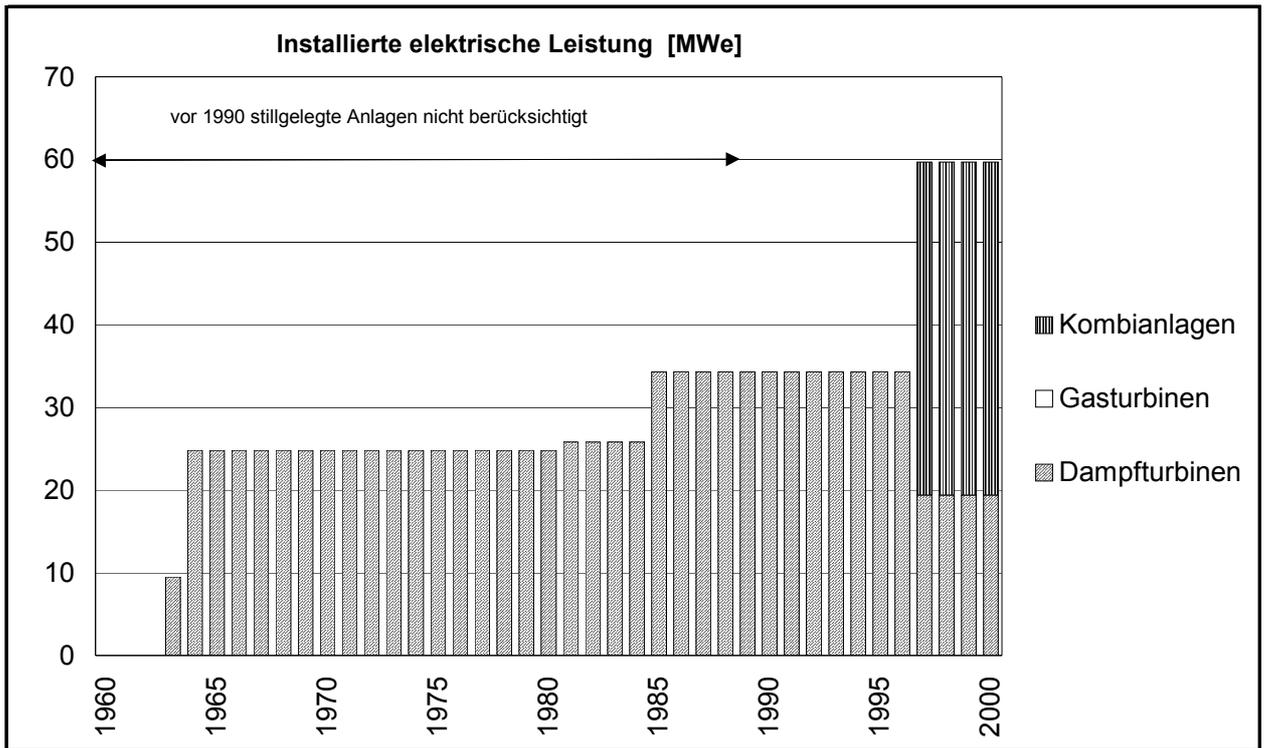
(siehe Anhang Cb)



G:\2001\007\All-Ausw[LE1-AB60.XLS]Haupttabelle Ber5

Bild 5.2c Gross-WKK-Anlagen in der Papierindustrie (aufgeteilt nach Technologien)

(siehe Anhang Cc)



G:\2001\007\All-Ausw[LE1-AB60.XLS]Haupttabelle Ber5

Bild 5.2d Industrielle Gross-WKK-Anlagen ohne Papier- und chemische Industrie

(siehe Anhang Cd)

5.3 Fernheizkraftwerke u.a.

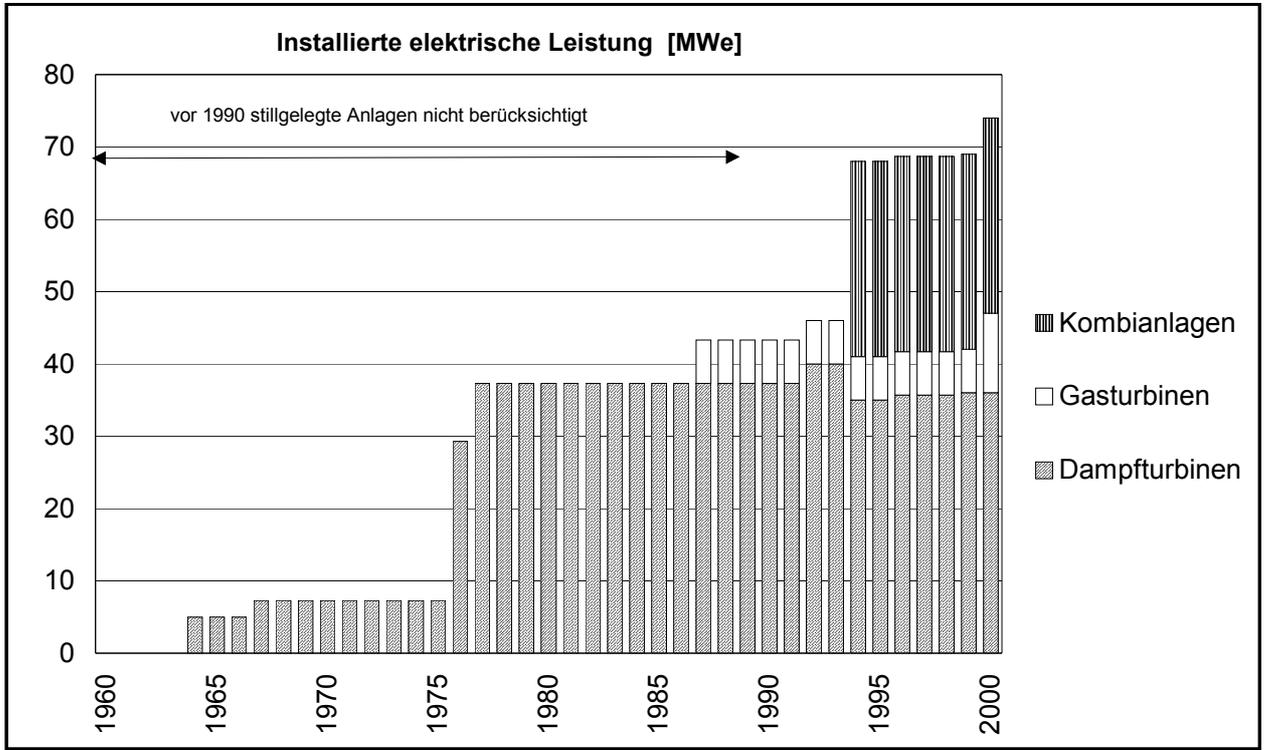
Ende 2000 waren in der Schweiz acht Fernheizkraftwerke mit Gross-WKK-Aggregaten in Betrieb. Es handelt sich dabei in erster Linie um die Fernheizkraftwerke Voltastrasse in Basel (Dampfturbine, 22 MWe) und Pierre de Plan in Lausanne (Kombikraftwerk, 34 MWe). Aus wirtschaftlichen Gründen wurde das Fernheizkraftwerk Voltastrasse in Basel in den letzten Jahren nicht betrieben.

Fernheizkraftwerke (sowie einige Spezialanlagen) produzieren 6 % des WKK-Stroms.

Zur Vereinfachung werden im Rahmen dieses Berichtes auch folgende Anlagen in der Kategorie "Fernheizkraftwerke u.a." ausgewiesen:

- Zwei Gasturbinen an der EPFL Lausanne mit zusammen 6 MWe
- Die Wärmeversorgung des Flughafens Zürich mit zwei Dampfturbinen und einer Gasturbine mit zusammen 10 MWe
- Die mit Holz betriebene Dampfturbine des Nahwärmeverbundes Meiringen (697 kWe; seit 1996)
- Der mit Holz betriebene ORC-Turbogenerator in der Energiezentrale des Waffenplatzes Bière (335 kWe; seit 1999)
- Das mit Holzgas betriebene Blockheizkraftwerk beim AC-Zentrum in Spiez (200 kWe; seit 2000)

Hingegen werden die von Fernwärmeversorgern eingesetzten Gas- und Dieselmotoren in diesem Bericht als Klein-WKK-Anlagen erfasst (siehe Kapitel 6).



G:\2001\007\All-Ausw[LE1-AB60.XLS]Haupttabelle Ber5

Bild 5.3a Gross-WKK-Anlagen in Fernheizkraftwerken aufgeteilt nach Technologien

(siehe Anhang Ce)

6. Klein-WKK-Anlagen

Sämtliche Anlagen mit Gas- und Dieselmotoren sowie Gasturbinen bis 1 MWe werden in der vorliegenden Statistik als Klein-WKK-Anlagen bezeichnet, sofern mindestens 60 % der eingesetzten Energie in Form von Elektrizität und Wärme genutzt werden. Dabei ist zu unterscheiden zwischen stromproduzierenden Klein-WKK-Anlagen (Kat. W4) und den nicht stromproduzierenden Gas- und Dieselmotorwärmepumpen (Kat. W5).

Die detaillierten Auswertungen zu den Klein-WKK-Anlagen finden sich im Anhang D. Methodische und erhebungstechnische Angaben zur Klein-WKK-Statistik sind im Anhang F.2 umfassend dargestellt.

6.1 Bestand und Energie

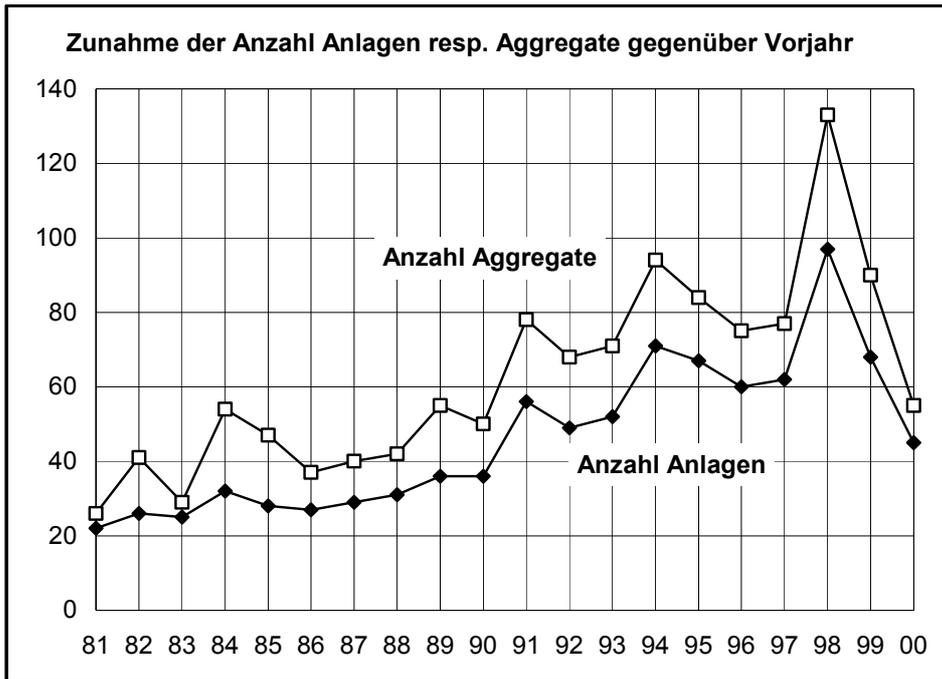
Analog zu den bisher publizierten Ausgaben der Klein-WKK-Statistik wird im Kapitel 6.1 in der Regel nicht zwischen strom- und nicht stromproduzierenden Klein-WKK-Anlagen unterschieden (siehe dazu die Anhänge A.1 und D.1).

6.1.1 Anzahl Anlagen und Aggregate

Im Rahmen der Klein-WKK-Erhebungen wird zwischen Anlagen und Aggregaten differenziert. Eine Anlage entspricht einem Standort (in der Regel handelt es sich um eine Heizzentrale), an welchem 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 2000 waren in der Schweiz insgesamt 958 Klein-WKK-Anlagen mit 1'301 Aggregaten in Betrieb. Im Vergleich zu Ende 1999 bedeutet dies eine Zunahme um 45 Anlagen und 55 Aggregaten. Bild 6.1a zeigt, dass im Jahr 2000 die Bestandeszunahme wesentlich geringer ausfiel als im Spitzenjahr 1998.

Die als Klein-WKK-Anlagen bezeichneten Gas- und Dieselmotor-Blockheizkraftwerke und Brennstoffzellen sowie die Gasturbinen bis 1 MWe haben im Jahr 2000 29 % des WKK-Stroms produziert.



G:\2001\007\KW-Ausw[AA-ANZ.XLS]Anhang D.2a Ber2

Bild 6.1a Jährliche Zunahme des Klein-WKK-Bestandes

(siehe Anhang D.2a)

6.1.2 Installierte Leistungen

Die 1'301 Klein-WKK-Aggregate, welche Ende 2000 in Betrieb waren, weisen zusammen eine Energie-Inputleistung von 398 MW auf (siehe Tabelle 6.1b). Die maximale elektrische Leistung dieser Klein-WKK-Anlagen beträgt 126.3 MW. Weitere 1.2 MW werden direkt zum Antrieb von Gebläsen in Kläranlagen genutzt.

Die Klein-WKK-Anlagen konnten Ende 2000 zusammen 236 MW thermische Leistung zur Beheizung von Gebäuden und zur Nutzung als Prozesswärme abgeben.

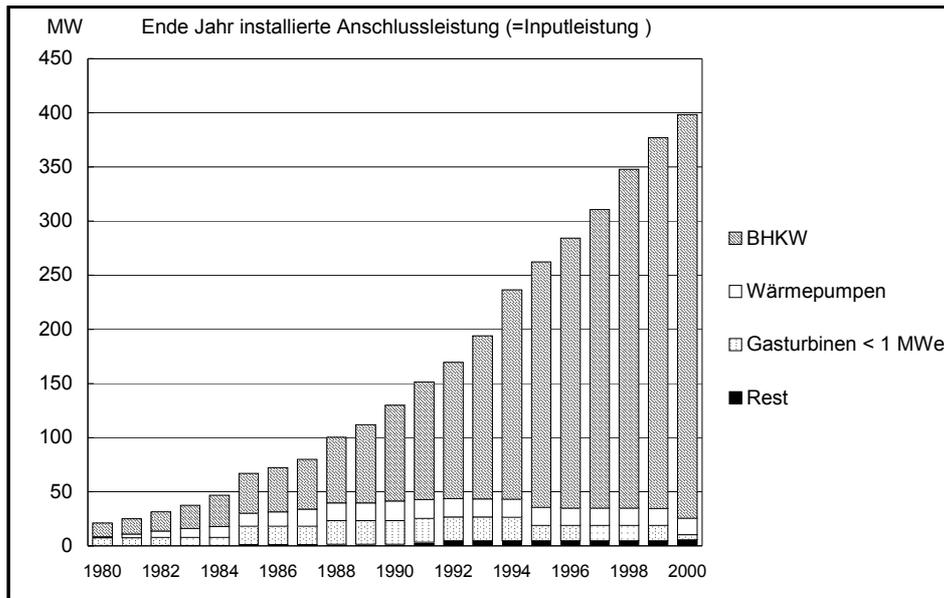
	Total	Jährlicher Zuwachs	
	Ende 2000	2000	Ø 96 - 2000
Anzahl Anlagen	958	45	66 Anl./a
Anzahl Aggregate	1'301	55	86 Aggr./a
Energie-Inputleistung	398.4 MW	21.5	27.2 MW/a
Elektrische Leistung	126.3 MW _e	10.3	10.4 MW _e /a
Mechanische Leistung*	1.2 MW	-0.25	- 0.12 MW/a
Heizleistung	236.3 MW _{th}	9.3	13.4 MW _{th} /a

* Wellenleistung von Direkt-Gebläseantrieben in Kläranlagen

Tabelle 6.1b Bestand und installierte Leistungen Ende 2000 sowie Jahreszunahmen 2000 und im Zeitraum 1996 - 2000

In Tabelle 6.1b ist der Leistungszuwachs 2000 mit dem Durchschnitt der Jahre 1996 bis 2000 verglichen. Die installierte elektrische Klein-WKK-Leistung hat 2000 um 10.3 MW zugenommen. Dies entspricht ziemlich genau der mittleren Leistungszunahme der Vorjahre.

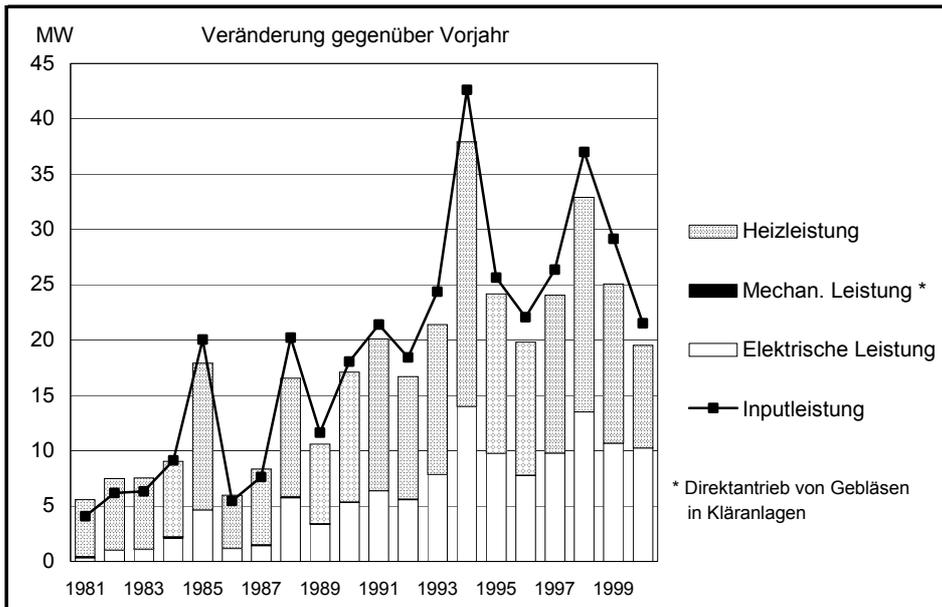
Bild 6.1c zeigt die Entwicklung der jeweils Ende Jahr installierten Energie-Inputleistung aufgeteilt nach Klein-WKK-Technologien. Die Leistung der Wärmepumpen und Gasturbinen bis 1 MWe nimmt seit 1992 ab.



G:\2001\007\KW-Ausw\AA-WKKT.XLS\Anhang D.2c Ber2

Bild 6.1c Gesamte am Jahresende installierte Energie-Inputleistung aller Klein-WKK-Anlagen aufgeteilt nach Technologien (siehe Anhang D.2c)

Die jährliche Zunahme der installierten Klein-WKK-Leistungen seit 1981 ist in Bild 6.1d dargestellt. 1998 konnte der bisher zweitgrößte Leistungszuwachs verzeichnet werden. Seither verminderte sich der Zuwachs der installierten Leistung bis auf das Niveau anfangs der neunziger Jahre.



G:\2001\007\KW-Ausw\AA-ISLT.XLS\Anhang D.2b Ber2

Bild 6.1d Zuwachs der am Jahresende installierten Leistungen gegenüber dem Vorjahr (siehe Anhang D.2d)

Erstmals finden sich in der vorliegenden Ausgabe auch Auswertungen des Klein-WKK-Bestandes Ende 2000 nach Leistungsklassen. Tabelle 6.1e zeigt, dass die 798 Klein-WKK-Aggregate bis 100 kW elektrischer Nennleistung zusammen 54.8 MW (43 %) aufweisen. Die 421 Klein-WKK-Aggregate ab 100 kW elektrischer Leistung weisen 71.4 MW (67 %) elektrische Leistung auf.

Leistungsklasse der Aggregate	Aggregate in Betrieb		elektrische Leistung	
	Anzahl	%	[MWe]	%
< 10 kWe	134	10.3%	0.72	0.6%
10 - 19 kWe	329	25.3%	4.70	3.7%
20 - 49 kWe	147	11.3%	5.01	4.0%
50 - 99 kWe	188	14.5%	12.86	10.2%
100 - 199 kWe	214	16.4%	31.47	24.9%
200 - 349 kWe	124	9.5%	28.61	22.7%
350 - 499 kWe	52	4.0%	21.86	17.3%
>= 500 kWe	31	2.4%	21.05	16.7%
Gebläseantriebe	17	1.3%	-	-
Wärmepumpen	65	5.0%	-	-
Total	1301	100.0%	126.28	100.0%

Stand per 31.12.2000/ Kantone: alle

G:\2001\007\KW-Ausw\LeistKlass-Energie.xls\Konzentrat Ber2

Tabelle 6.1e Ende 2000 in Betrieb stehende Klein-WKK-Aggregate, geordnet nach Leistungsklassen (siehe Anhang D.2g)

Bild 6.1f zeigt die Aufteilung des Klein-WKK-Bestandes nach Leistungsklassen und zusätzlich nach Energieträgern in grafischer Form.

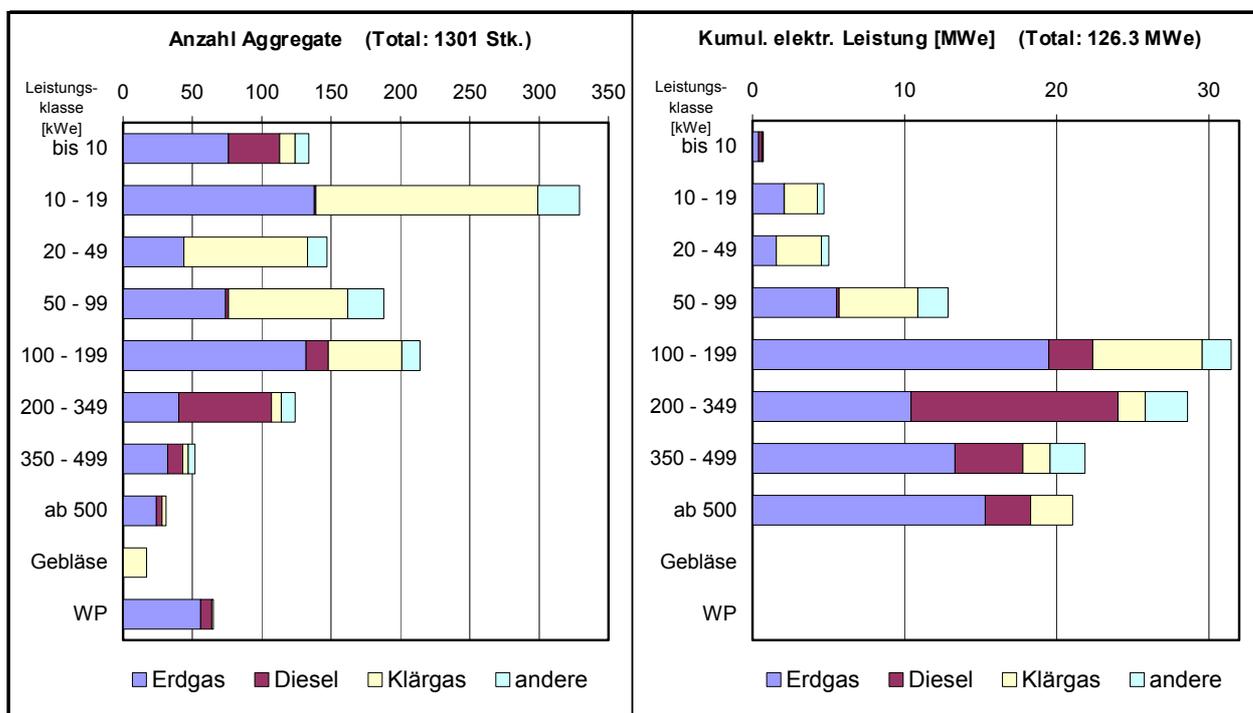


Bild 6.1f Ende 2000 in Betrieb stehende Klein-WKK-Aggregate, geordnet nach Leistungsklassen und nach Energieträgern (siehe Anhang D.2g)

6.1.3 Energieverbrauch und -produktion

Sämtliche in der Schweiz betriebenen Klein-WKK-Anlagen haben im Jahr 2000 mit einem Endenergieverbrauch von 1'527 GWh rund 480 GWh hochwertige Energie in Form von Elektrizität oder mechanischer Energie erzeugt (siehe Tabelle 6.1g).

Neben der hochwertigen Energie produzierten die Klein-WKK-Anlagen 838 GWh nutzbare Wärme. Davon wurden aber nur 792 GWh effektiv zu Heizzwecken eingesetzt. Die Differenz zwischen produzierter und effektiv genutzter Wärmeenergie von 46 GWh (5 %) wurde mit Notkühlern direkt an die Umwelt abgegeben. Dies tritt in stromgeführten WKK-Anlagen auf. Dabei handelt es sich vorwiegend um Anwendungen in Kläranlagen, die in erster Linie zur Verstromung von anfallendem Klärgas dienen.

	Energiedaten	Jährlicher Zuwachs	
	2000	2000	Ø 96 - 2000
Endenergieverbrauch	1526.8 GWh	100.3	124.8 GWh
Elektrizitätsproduktion	472.5 GWh _e	38.4	44.2 GWh _e
Mechan. Nutzenergie *	7.1 GWh _m	- 0.9	-0.5 GWh _m
Produzierte Wärme **	837.7 GWh _{th}	45.2	63.7 GWh _{th}
Genutzte Wärme ***	791.82 GWh _{th}	45.8	70.5 GWh _{th}

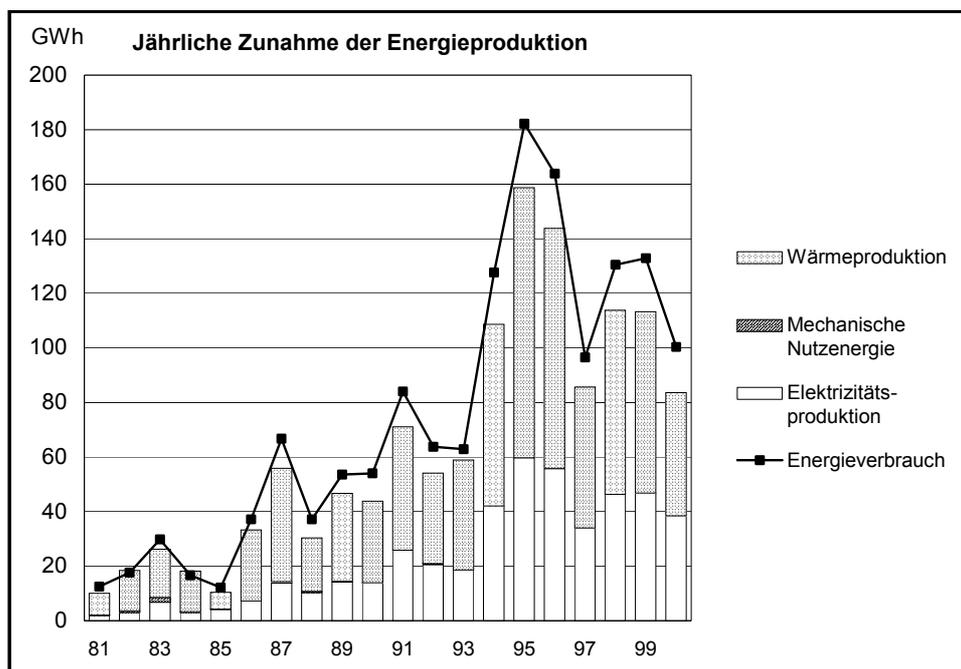
* Energie an der Welle von Direkt-Gebläseantrieben in Kläranlagen

** WKK-Abwärme, welche bei der aktuellen Installation zu Heizzwecken nutzbar wäre

*** WKK-Abwärme, welche effektiv zu Heizzwecken genutzt wird

Tabelle 6.1g Energiedaten 2000 sowie Jahreszunahmen 2000 und im Zeitraum 1996 - 2000

Bild 6.1h zeigt die jährliche Zunahme der Energieproduktion resp. des Energieverbrauchs aller Klein-WKK-Anlagen. Es ist ersichtlich, dass z.B. die Klein-WKK-Stromproduktion in den vergangenen Jahren zwischen 35 und 60 GWh pro Jahr zugenommen hat.

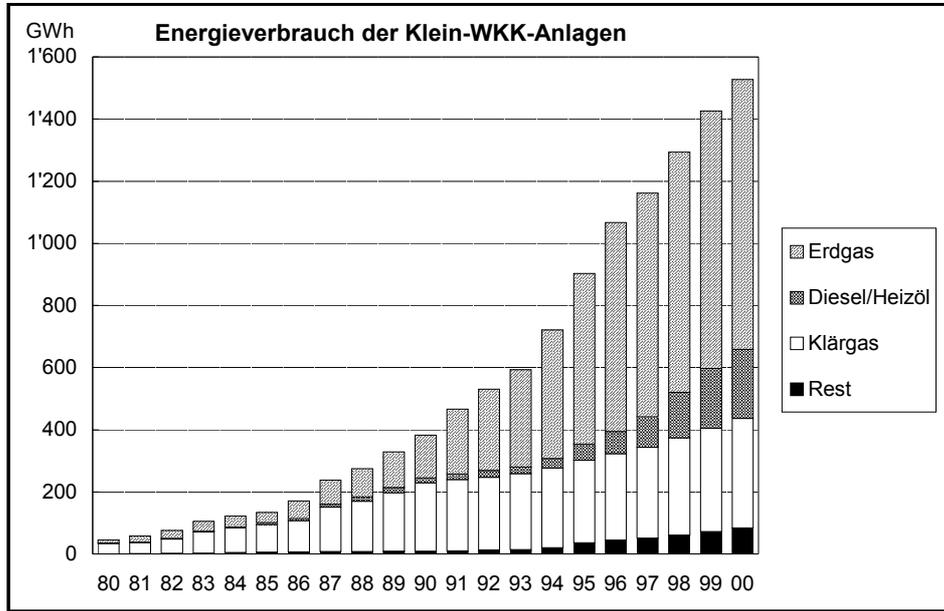


G:\2001\007\KW-Ausw\AA-EVPD.XLS\Anhang D.2d Ber2

Bild 6.1h Jährliche Zunahmen der Energieproduktion resp. des Energieverbrauchs der Klein-WKK-Anlagen (s. Anhang D.2d)

Der Trend zu erdgas- und dieselvesorgten Klein-WKK-Anlagen hat 2000 dazu geführt, dass der Anteil erneuerbarer Energieträger (Klärgas, Deponiegas, Biogas) auf 26 % gesunken ist (siehe Bild 6.1i). Es gilt zu beachten, dass die in den achtziger Jahren dominierenden BHKW in

Kläranlagen in den letzten Jahren stagniert haben. Viele Kläranlagen weisen inzwischen Gasmotoren zur Verwertung des anfallenden Klärgases auf.



G:\2001\007\KW-Ausw[AA-EEVT.XLS]Anhang D.2e Ber2

Bild 6.1i Entwicklung des Energieverbrauchs aller schweizerischer Klein-WKK-Anlagen (siehe Anhang D.2e)

6.2 Einsatzgebiete

Tabelle 6.2a zeigt die Aufteilung der Ende 2000 installierten Klein-WKK-Aggregate und deren elektrischer Nennleistung nach Anlagekategorien und Einsatzgebieten.

33 % der Aggregate resp. 19 % der elektrischen Leistung wurde in Abwasserreinigungsanlagen zur energetischen Nutzung des anfallenden Klärgases genutzt. Anteilsmässig eine geringe Bedeutung weisen die mit Biogas oder Deponiegas betriebenen Klein-WKK-Anlagen auf.

Mit 57 % (Anz.) resp. 75 % (el. Leist.) Anteil am Klein-WKK-Bestand Ende 2000 sind die mit fossilen Energieträgern betriebenen Blockheizkraftwerke (W4.FOS.1) dominierend. Bild 6.2c zeigt, dass in den neunziger Jahren die elektrische Leistung der fossilen BHKW von 16.4 auf 95.3 MW sehr stark zugenommen hat. Die Entwicklung der verschiedenen Einsatzgebiete ist ebenfalls ersichtlich.

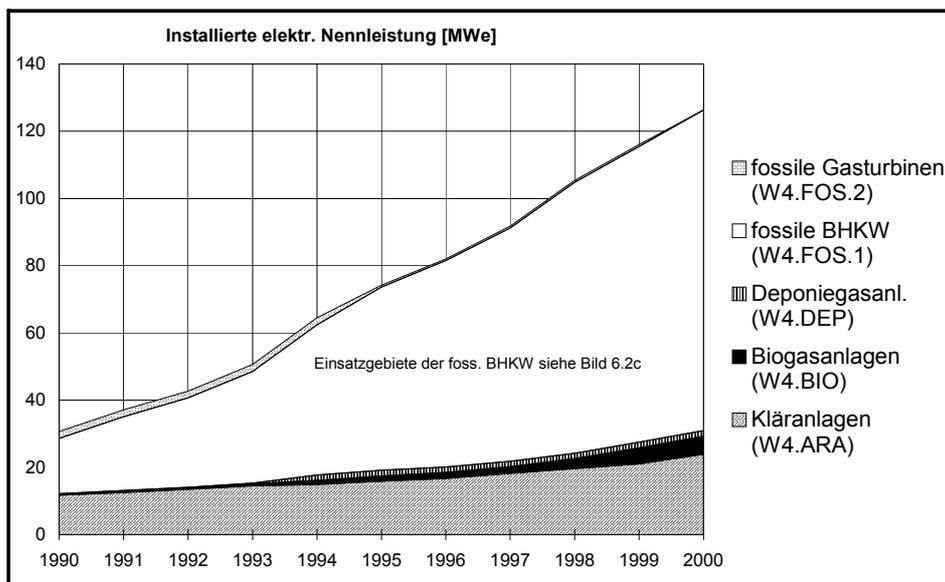
Wird die Leistungszunahme aller Klein-WKK-Anlagen im Jahre 2000 analysiert, so sind die BHKW in Kläranlagen mit 28 % führend (siehe Bild 6.2d). Anlagen in Gewerbe- und Industriebauten lagen im vergangenen Jahr mit 17 % auf dem zweiten Platz bei der Leistungszunahme.

Bezogen auf die elektrische Klein-WKK-Leistung sind die Bereiche Kläranlagen (18 %) sowie Gewerbe und Industrie (15 %) am wichtigsten. Bürogebäude (13 %) sowie Wärmeverbundanlagen (13 %) sind weitere wichtige Klein-WKK-Einsatzgebiete.

Anlagekategorie Einsatzgebiete	Aggregate		El. Leistung		Zunahme 2000	
	Anz.	%	MWe	%	MWe	%
w4 Stromprod. Klein-WKK-Anl.	1'239	95%	126.3	100%	10.3	100%
W4.ARA.1 Kläranlagen mit BHKW	430	33%	23.0	18%	4.26	41%
W4.ARA.2 Kläranlagen mit Gasturbinen	2	0%	0.9	1%	-1.38	-13%
W4.BIO.1 Biogasanlagen Landwirtschaft	37	3%	0.9	1%	0.06	1%
W4.BIO.2 Biogasanlagen Gewerbe u. Industrie	29	2%	4.5	4%	0.50	5%
W4.DEP Deponiegas-WKK-Anlagen	4	0%	1.6	1%	0.00	0%
W4.FOS.1 fossile BHKW	737	57%	95.3	75%	7.38	72%
Bürogebäude (inkl. Banken)	97	7%	16.1	13%	0.08	1%
Wärmeverbund (gemischte Nutzung)	61	5%	16.4	13%	2.98	29%
Schulen, Sportanlagen	109	8%	11.7	9%	0.51	5%
Wohngebäude	139	11%	11.1	9%	0.78	8%
Gewerbe und Industrie	146	11%	23.0	18%	1.73	17%
Spitäler, Heime	77	6%	10.0	8%	1.20	12%
andere (und unbekannt)	108	8%	7.0	6%	0.10	1%
W4.FOS.2 fossile Gasturbinen < 1 MWe	0	0%	0.0	0%	-0.55	-5%
w5 Nicht stromprod. Klein-WKK-Anl.	62	5%	0.0	0%	0.0	0%
Bürogebäude (inkl. Banken)	9	1%				
Wärmeverbund (gemischte Nutzung)	4	0%				
Schulen, Sportanlagen	17	1%				
Wohngebäude	11	1%				
Gewerbe und Industrie	2	0%				
Spitäler, Heime	5	0%				
andere	14	1%				
w4+w5 Total alle Klein-WKK-Anlagen	1'301	100%	126.3	100%	10.3	100%

G:\2001\007\KW-Ausw[Einsge2000.xls]Anhang D.2f Ber1

Tabelle 6.2a Anzahl Klein-WKK-Aggregate und elektrische Nennleistungen nach Anlagekategorien und Einsatzgebieten per 31.12.2000 (siehe Anhang D.2f)



G:\2001\007\KW-Ausw[Einsge2000.xls]Anhang D.2f Ber2

Bild 6.2b Entwicklung der elektrischen Nennleistungen der Klein-WKK-Anlagen nach Anlagekategorien (siehe Anhang D.2f)

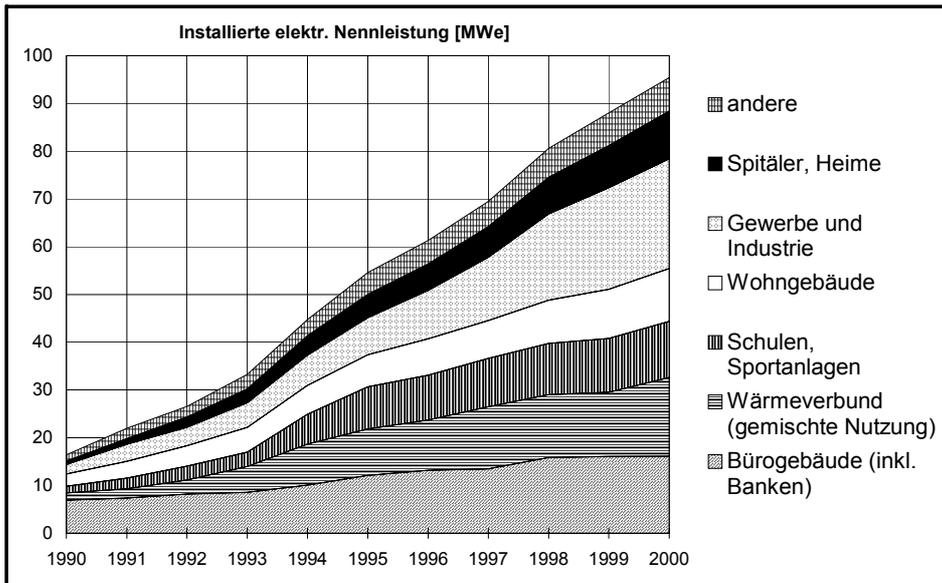


Bild 6.2c Entwicklung der elektrischen Nennleistungen fossiler BHKW nach Einsatzgebieten (siehe Anhang D.2f)

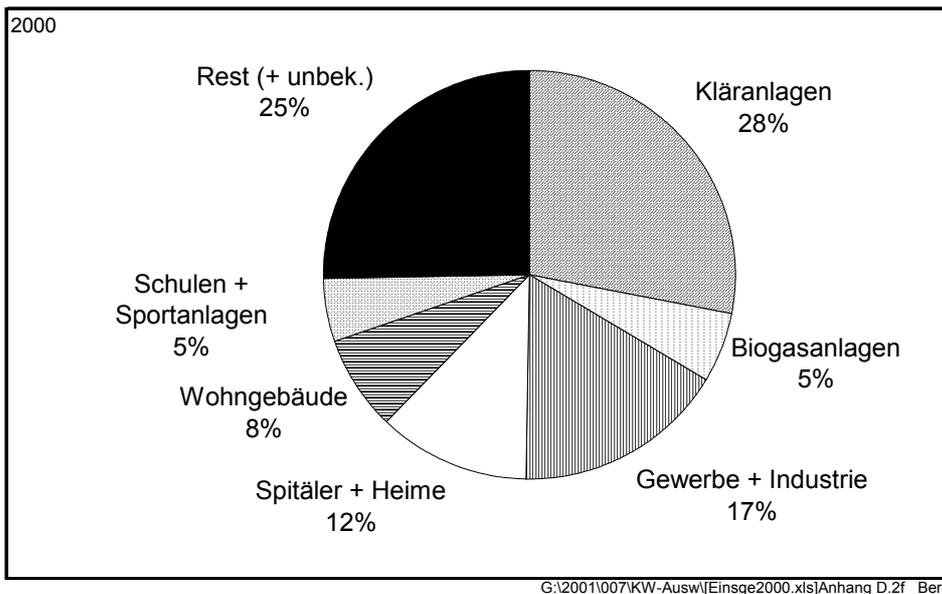


Bild 6.2d Aufteilung der BHKW-Leistungszunahme im Jahre 2000 nach Einsatzgebieten

6.3 Schadstoffreduktionsmassnahmen

In diesem Abschnitt werden die eingesetzten Schadstoffreduktionsmassnahmen von Blockheizkraftwerken analysiert. Dabei wurde unterschieden zwischen den BHKW in Kläranlagen sowie den mit fossilen Energieträgern betriebenen BHKW.

66 % der in Kläranlagen installierten BHKW-Leistung war Ende 2000 mit Magermotoren ausgerüstet. In Bild 6.3a ist gut ersichtlich, dass bei den ab 1993 installierten BHKW in Kläranlagen fast ausschliesslich Magermotoren eingesetzt wurden.

Magermotoren im Kläranlagen-Bereich sowie Dreiwegen- und SCR-Katalysatoren bei den restlichen Klein-WKK-Anlagen sind die Verfahren zur Schadstoffreduktion.

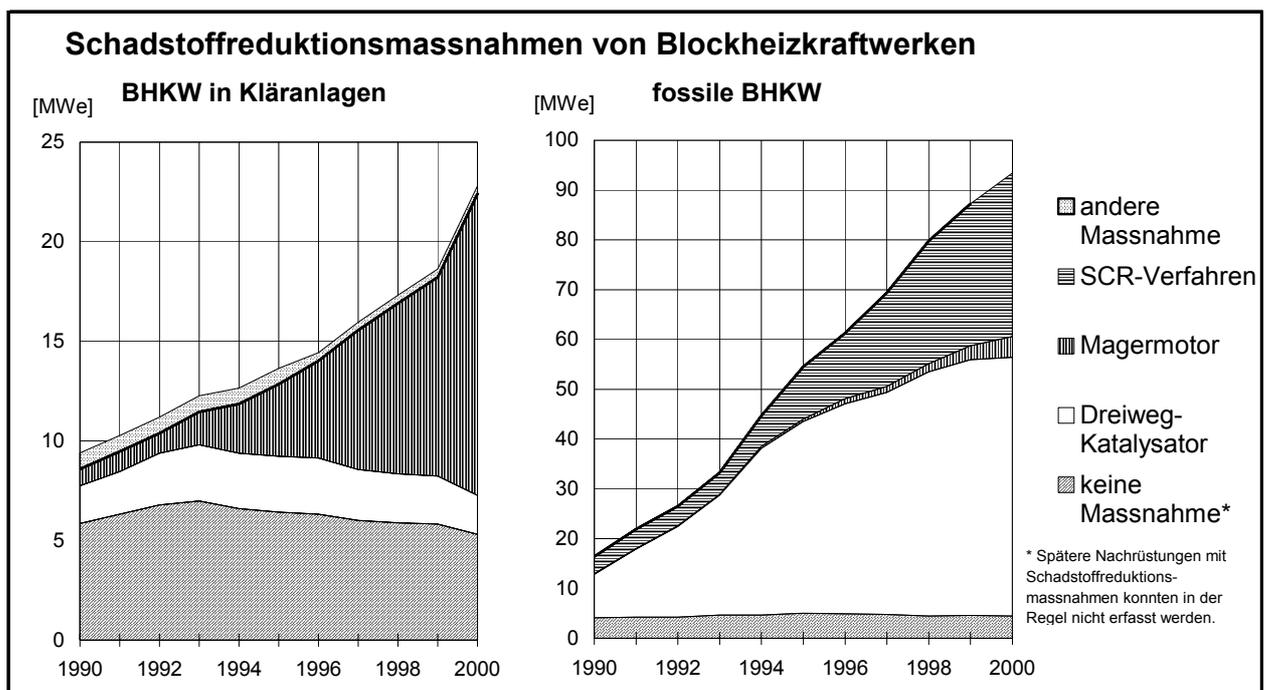
Bei fossilen BHKW sind Anlagen mit geregelter Dreiweg-Katalysator dominierend (55 % Ende 2000). Ab 1993 haben Anlagen, welche mit dem SCR-Verfahren ausgerüstet wurden, stark zugenommen. Ende 2000 betrug der leistungsmässige Anteil dieser Anlagen bereits 35 %. Bei der "Selektiv Katalytische Reduktion" (SCR) werden die Abgase zunächst mit flüssigem Harnstoff geimpft und hernach im SCR-Katalysator "gereinigt". Dank Reaktion mit Ammoniak und Sauerstoff wandeln sich die Stickoxide in Stickstoff und Wasser um.

Anlagekategorie	Schadstoffreduktionsmassnahme	Aggregate		El. Leistung	
		Anz.	%	MWe	%
W4.ARA.1	BHKW in Kläranlagen	429	100%	22.8	100%
	keine Massnahme*	241	56%	5.3	23%
	geregelter Dreiweg-Katalysator	28	7%	2.0	9%
	Magermotor	159	37%	15.1	66%
	SCR-Verfahren	0	0%	0.0	0%
	andere	1	0%	0.4	2%
W5.FOS.1	fossile BHKW	729	100%	94.1	100%
	keine Massnahme*	75	10%	4.5	5%
	geregelter Dreiweg-Katalysator	424	58%	51.9	55%
	Magermotor	89	12%	4.2	4%
	SCR-Verfahren	112	15%	32.8	35%
	andere	29	4%	0.8	1%

* Spätere Nachrüstungen mit Schadstoffreduktionsmassnahmen konnten in der Regel nicht erfasst werden.

G:\2001\007\KW-Ausw[Schadr2000.xls]Auswert Ber1

Tabelle 6.3a Übersicht über die Schadstoffreduktionsmassnahmen von Blockheizkraftwerken Ende 2000



G:\2001\007\KW-Ausw[Schadr2000.xls]Auswert Ber2

Bild 6.3b Entwicklung der Schadstoffreduktionsmassnahmen von Blockheizkraftwerken

6.4 Jährliche Neuinbetriebnahmen

Im Kapitel 6.4 werden alle neu in Betrieb genommenen Gas- und Dieselmotoren und Brennstoffzellen der letzten Jahre ausgewiesen. Es sind folglich auch die Deponiegasmotoren ohne Abwärmenutzung enthalten. Viele Motoren dienen als Ersatz älterer Anlagen und führen darum nicht zu einer Bestandeszunahme, wie sie in den Bildern 6.1a und 6.1d dargestellt ist.

Die neu in Betrieb genommene Leistung der Gas- und Dieselmotoren (inkl. Brennstoffzellen) blieb in den vergangenen Jahren recht konstant.

6.4.1 Lieferanten

Die Tabellen 6.4a und 6.4b geben einen Überblick über die Lieferanten der 1995 bis 2000 in der Schweiz in Betrieb genommenen Gas- und Dieselmotoren sowie der Brennstoffzellen für den stationären Betrieb. Nicht enthalten sind Notstromanlagen.

Lieferant	Anzahl in Betrieb genommene Aggregate								Total 1995-2000	
	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2000			
ACUTEC AG Widnau, Widnau	0	0	0	25	0	0	0%	25	4%	
AKSA Würenlos AG, Würenlos	3	2	1	0	1	1	1%	8	1%	
Ballard Power Systems, British Columbia	0	0	0	0	0	1	1%	1	0%	
BHKW Energie-Service AG, Kronbühl	0	0	0	28	35	15	16%	78	12%	
Bimex Technic AG, Thun	10	3	0	9	3	0	0%	25	4%	
Böhni Energie & Umwelt GmbH, Frauenfeld	0	1	1	3	3	1	1%	9	1%	
DIMAG Energie AG, Niederdorf	27	18	36	29	26	27	29%	163	25%	
Ecopower energy solutions AG, Biel-Bienne 4	0	0	0	7	9	4	4%	20	3%	
Hamburg Gas Consult (ONSI), Hamburg	0	0	0	0	0	1	1%	1	0%	
IWK Integrierte Wärme und Kraft AG, Sarnen	4	1	0	3	2	5	5%	15	2%	
NoNOx SOWAR AG, Obfelden	8	13	18	26	14	8	9%	87	14%	
Royce & Partners SA, Le Mont-Pèlerin	0	0	0	0	1	5	5%	6	1%	
Saurer Thermotechnik AG, Arbon	35	33	32	0	0	0	0%	100	16%	
Sulzer Hexis AG, Winterthur	0	0	0	0	1	0	0%	1	0%	
Ulrich Ammann AG Energiesysteme, Langenthal	13	13	13	10	13	9	10%	71	11%	
Vescal SA, Schwerzenbach	0	0	0	0	0	14	15%	14	2%	
Lieferanten einzelner Aggregate	2	6	3	4	1	1	1%	17	3%	
TOTAL	102	90	104	144	109	92		641		

G:\2001\007\KW-Ausw[Lieferanten.xls]Auswert Ber1

Tabelle 6.4a In Betrieb genommene Motoren und Brennstoffzellen 1995 bis 2000

(Kat. T3, W4, W5)

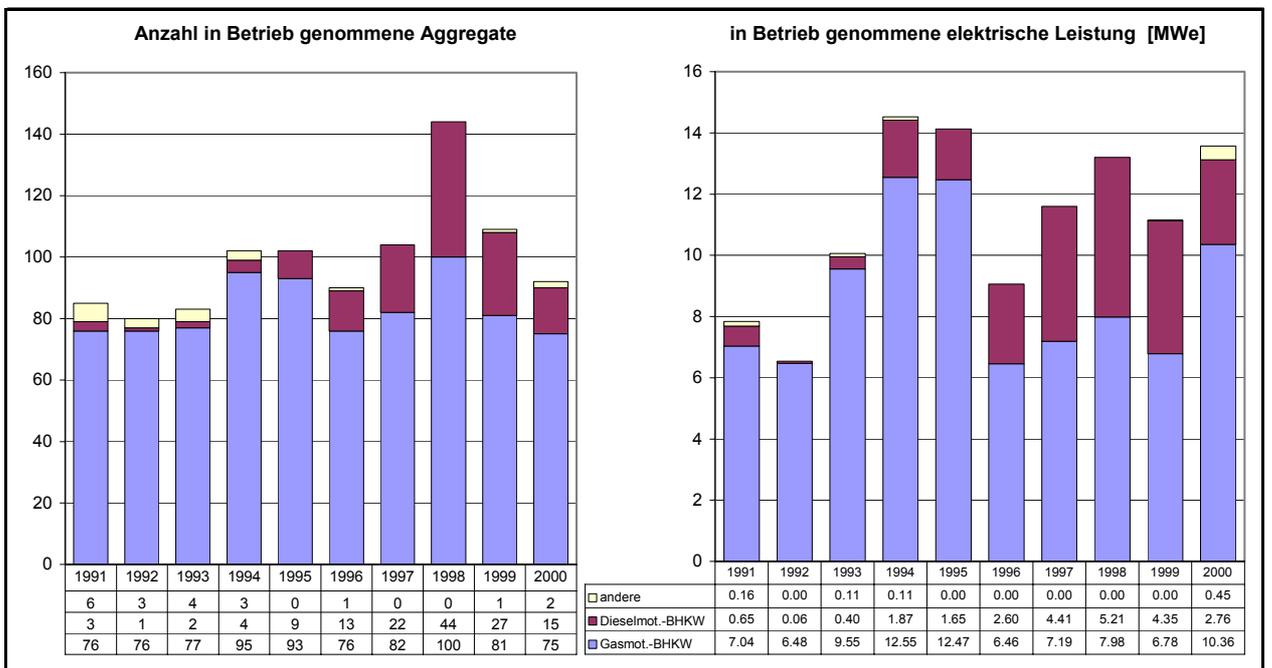
6.4.2 Technologien

Die seit 1991 jährlich in Betrieb genommenen Motoren und neuerdings auch vereinzelt Brennstoffzellen sind in Bild 6.4c dargestellt. Darin wird unterschieden zwischen den Gas- und Dieselmotor-BHKW sowie den restlichen Technologien (Gebläse- und Wärmepumpenantriebe sowie Brennstoffzellen). Die Dominanz der Gasmotor-BHKW wurde seit Mitte der neunziger Jahre durch die vermehrt eingesetzten Dieselmotor-BHKW vermindert.

Lieferant	Installierte elektrische Leistung [MW]								Total 1995-2000
	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2000		
ACUTEC AG Widnau, Widnau	0.00	0.00	0.00	0.13	0.00	0.00	0%		0.13 0%
AKSA Würenlos AG, Würenlos	0.26	0.25	0.09	0.00	0.09	0.12	1%		0.79 1%
Ballard Power Systems, British Columbia	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.25	2%		0.25 0%
BHKW Energie-Service AG, Kronbühl	0.00	0.00	0.00	0.39	0.64	0.28	2%		1.31 2%
Bimex Technic AG, Thun	3.37	0.78	0.00	1.51	0.57	0.00	0%		6.23 9%
Böhni Energie & Umwelt GmbH, Frauenfeld	0.00	0.04	0.02	0.18	0.20	0.06	0%		0.50 1%
DIMAG Energie AG, Niederdorf	2.79	1.89	4.88	3.09	2.81	5.36	40%		20.82 29%
Ecopower energy solutions AG, Biel-Bienne 4	0.00	0.00	0.00	0.03	0.04	0.02	0%		0.10 0%
ONSI Corporation, Cennecticut	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	1%		0.20 0%
IWK Integrierte Wärme und Kraft AG, Sarnen	2.96	0.66	0.00	1.28	0.42	2.52	19%		7.83 11%
NoNOx SOWAR AG, Obfelden	1.58	2.60	3.60	5.02	4.04	2.92	22%		19.76 27%
Royce & Partners SA, Le Mont-Pèlerin	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.10	1%		0.12 0%
Saurer Thermotechnik AG, Arbon	0.81	0.59	0.46	0.00	0.00	0.00	0%		1.86 3%
Sulzer Hexis AG, Winterthur	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0%		0.00 0%
Ulrich Ammann AG Energiesysteme, Langenthal	2.20	1.78	2.23	1.01	2.27	1.66	12%		11.14 15%
Vescal SA, Schwerzenbach	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07	1%		0.07 0%
Lieferanten einzelner Aggregate	0.16	0.47	0.33	0.55	0.05	0.02	0%		1.57 2%
TOTAL	14.13	9.06	11.60	13.19	11.14	13.57			72.68

G:\2001\007KW-Ausw[Lieferanten.xls]Auswert Ber3

Tabelle 6.4b Elektrische Nennleistung der 1995 bis 2000 in Betrieb genommenen Motoren und Brennstoffzellen (Kat. T3, W4, W5)



G:\2001\007KW-Ausw[Inbetriebnahmen.xls]Ausw-n-Techn Ber3

Bild 6.4c in Betrieb genommene Motoren und Brennstoffzellen der letzten 10 Jahre (Kat. T3, W4, W5)

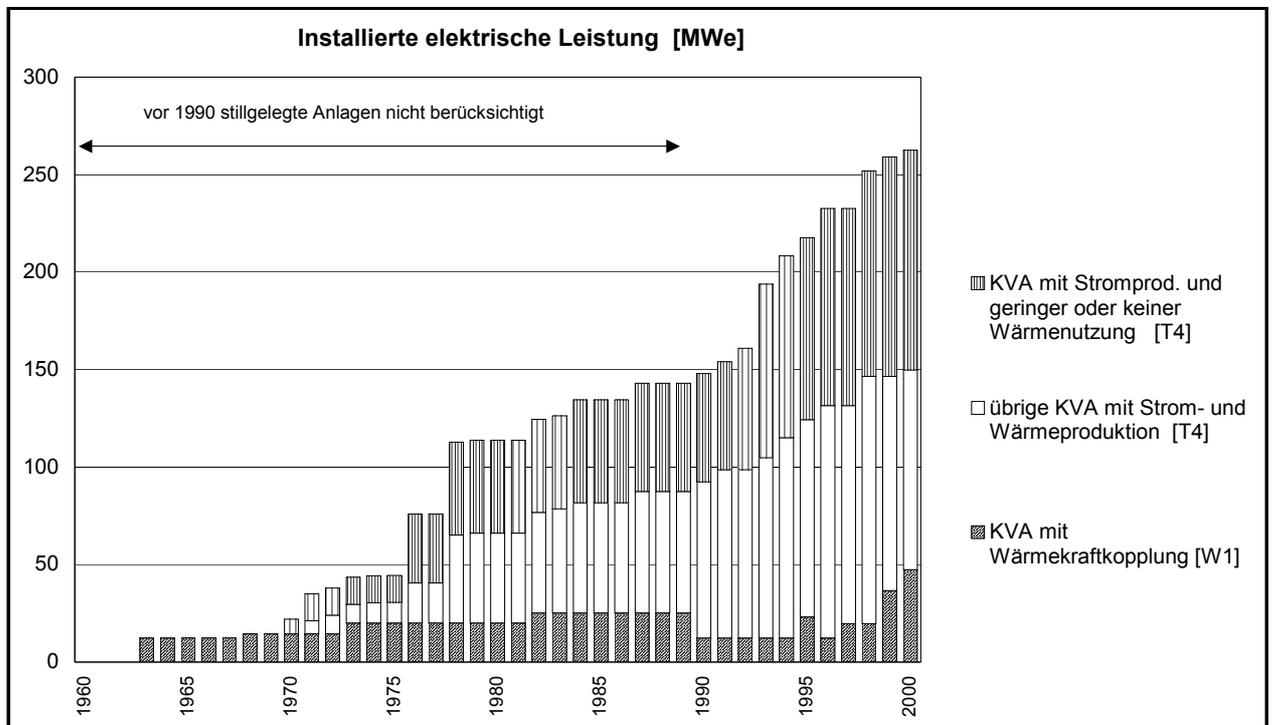
7. Spezialauswertungen therm. Stromproduktion

In diesem Kapitel werden zwei Anlagegruppen näher untersucht, bei denen jeweils nur einzelne Anlagen die WKK-Kriterien gemäss Kapitel 2.3 erfüllen. Es handelt sich um Kehrichtverbrennungsanlagen (Kat. T4 und W1) sowie um Deponiegasanlagen (Kat. T3 und W4.DEP).

7.1 Kehrichtverbrennungsanlagen (KVA)

Ende 2000 waren in der Schweiz 28 Kehrichtverbrennungsanlagen in Betrieb. Wie bereits in Bild 2.3 gezeigt, wird die verfügbare Abwärme in KVA sehr unterschiedlich genutzt. Bei vielen Anlagen kann mangels Abnehmer nur wenig Abwärme für Heizzwecke genutzt werden. Bei diesen KVA wird das Hauptgewicht auf die Stromproduktion mit Dampfturbinen gelegt. Die in diesem Bericht festgelegten Bedingungen für WKK-Anlagen erfüllten im Betriebsjahr 2000 nur die KVA Bern, die KVA Thurgau in Weinfelden, die KVA Basel sowie die KVA Hagenholz in Zürich. Alle anderen KVA erreichen den als statistische Grenze festgelegten Jahreswirkungsgrad von 60 % nicht und werden daher an dieser Stelle nicht als WKK-Anlagen ausgewiesen.

In den 28 schweizerischen Kehrichtverbrennungsanlagen werden beachtliche Energiemengen genutzt (2000: 1'284 GWh Strom und 2'527 GWh Wärme).

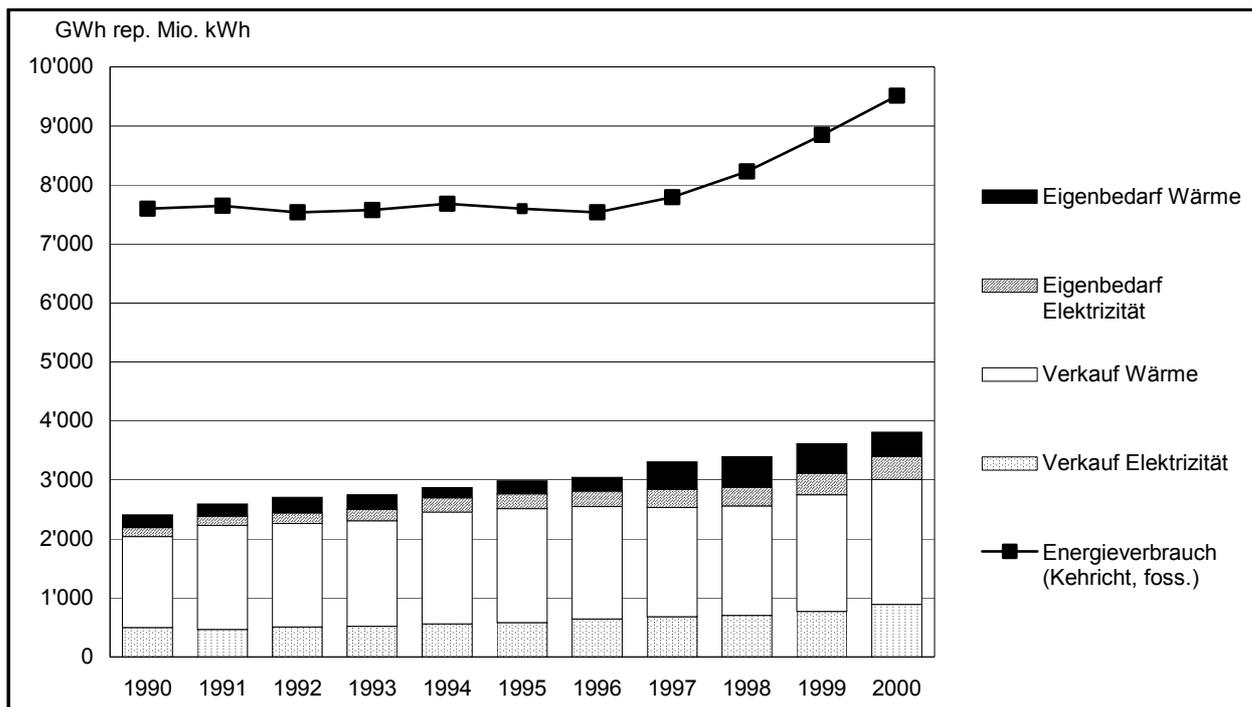


G:\2001\007\AI-Ausw[LE4-AB60.XLS]Anhang E.1a Ber3

Bild 7.1a Entwicklung der installierten elektrischen Leistung aller Kehrichtverbrennungsanlagen in der Schweiz (siehe Anhang E.1a)

In Bild 7.1a ist die Entwicklung der installierten elektrischen Nennleistung der Dampfturbinen in KVA dargestellt. In den neunziger Jahren kann eine beachtliche Leistungszunahme registriert werden. Hauptursache waren die Nachrüstungen und Vergrößerungen von Dampfturbinen im Rahmen von Gesamtanierungen, welche aufgrund der lufthygienischen Vorschriften in den vergangenen Jahren vorgenommen wurden.

Die energetische Nutzung der KVA in den neunziger Jahren ist in Bild 7.1b und Tabelle 7.1c dargestellt.



G:\2001\007\All-AuswKVA-AB90.XLS Ber1

Bild 7.1b Energieverbrauch sowie Eigenbedarf resp. Verkauf von selbstproduzierter Elektrizität und Wärme aller KVA in der Schweiz

		1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
Install. elektr. Nennleistung (1)	MWe	148.0	154.0	160.9	195.8	208.4	217.7	232.6	232.6	251.8	259.1	262.4
Endenergieverbrauch Total (2)	GWh	7'596	7'650	7'538	7'575	7'682	7'599	7'537	7'794	8'232	8'850	9'513
- davon Kehricht	GWh	7'496	7'550	7'438	7'450	7'556	7'431	7'346	7'597	8'026	8'632	9'325
- davon fossile Energien	GWh	100	100	100	125	126	168	191	197	204	206	179
Elektrizitätsproduktion (3)	GWh	644	623	692	712	806	833	906	987	1'024	1'134	1'284
- davon Anteil Eigenbedarf	%	23%	26%	26%	27%	31%	30%	29%	31%	31%	32%	31%
Genutzte Wärmeproduktion (4)	GWh	1'765	1'970	2'010	2'037	2'064	2'151	2'140	2'321	2'371	2'480	2'527
- davon Anteil Eigenbedarf	%	12%	10%	13%	12%	8%	10%	11%	20%	22%	20%	16%
Jahresnutzungsgrad [= (3+4)/2]		32%	34%	36%	36%	37%	39%	40%	42%	41%	41%	40%
Vollbetriebsstd. Stromprod. [= 3/1]		4'350	4'040	4'300	3'630	3'870	3'830	3'900	4'240	4'070	4'370	4'890

G:\2001\007\All-AuswKVA-AB90.XLS Ber2

Tabelle 7.1c Energie- und Leistungswerte von schweizerischen Kehrichtverbrennungsanlagen in den neunziger Jahren

Im Jahr 2000 wurde 31 % der Stromproduktion von 1'284 GWh zur Deckung des Eigenbedarfs der KVA verwendet. Von der gesamthaft genutzten Wärmeproduktion von 2'527 GWh dienten 16 % für die Deckung des Wärmebedarfs der KVA. Die restlichen 84 %, d.h. 2'114 GWh Wärmeenergie, haben die KVA im Jahre 2000 an Dritte verkauft.

Anfangs der neunziger Jahre wurden nur 32 % der in KVA verbrannten Energie (Kehricht und foss. Energien) zur Stromproduktion resp. für Heiz- oder Prozesswärmebedarfsdeckung genutzt. Dank Sanierungen und Ausbau des Wärmeverkaufs an Dritte konnte der Jahresnutzungsgrad auf 40 % gesteigert werden (siehe Tabelle 7.1c).

7.2 Deponiegasnutzung

Seit Mitte der achtziger Jahre hat die energetische Nutzung des in Abfalldeponien anfallenden Gases stark zugenommen. Zur Zeit sind 21 Deponiegasmotoren zur Elektrizitätsproduktion installiert.

Da diese mit Deponiegas betriebenen Motoren in der Regel weit entfernt von potentiellen Wärmeabnehmern aufgestellt werden müssen, kann der grösste Teil der anfallenden Motorenabwärme nicht genutzt werden. Aus diesem Grund erreichen die meisten Deponiegasmotoren Gesamtwirkungsgrade von weniger als 60 % und können daher nicht als WKK-Anlagen bezeichnet werden (siehe Punkt 2.3). Es sind nur vier mit Deponiegas betriebene Motoren in den Auswertungen über Klein-WKK-Anlagen enthalten (Kat. W4.DEP).

Ende 2000 wurde in 13 schweizerischen Abfalldeponien Deponiegas energetisch genutzt. In zwei Fällen wurde dieses Gas ausschliesslich in Heizkesseln zur Wärmeproduktion genutzt (siehe Anhang E.2d). Bei den restlichen 11 Deponien wurde das anfallende Gas in erster Linie zur Stromproduktion sowie teilweise zur Wärmeproduktion genutzt. Im Bild 7.2a ist die Entwicklung der installierten elektrischen Leistung dieser Deponiegasmotoren dargestellt (2000: 9.1 MW_e).

2000 wurde 136.1 GWh Deponiegas zum Antrieb der 22 Motoren eingesetzt. Damit konnte 44.2 GWh Elektrizität erzeugt werden (siehe Bild 7.2b). Die in der Klein-WKK-Statistik berücksichtigten vier Deponiegasmotoren mit einem Gesamtwirkungsgrad über 60 % erzeugten 2000 nur 0.75 GWh Elektrizität aus Deponiegas (gemäss Anhang E.2b). Diese als Klein-WKK-Aggregate erfassten Deponiegasmotoren wurden im Jahr 2000 aus betrieblichen Gründen zu einem grossen Teil mit Propan oder Erdgas betrieben. Insgesamt wurde im Jahre 2000 2.2 GWh Motorenabwärme für Heizzwecke genutzt.

23.3 GWh Deponiegas wurde in Heizkesseln zur Produktion von 19.3 GWh Wärme verbrannt.

Die Deponiegasnutzung in der Schweiz hat in der ersten Hälfte der neunziger Jahre stark zugenommen, ist aber seither sogar leicht rückläufig.

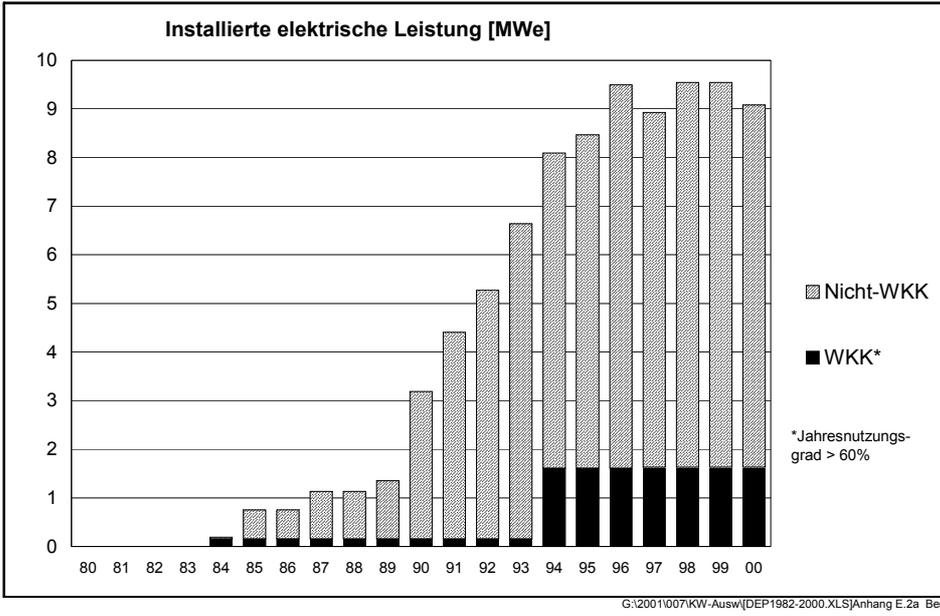


Bild 7.2a Installierte elektrische Leistung sämtlicher mit Deponiegas betriebenen Motoren (siehe Anhang E.2a)

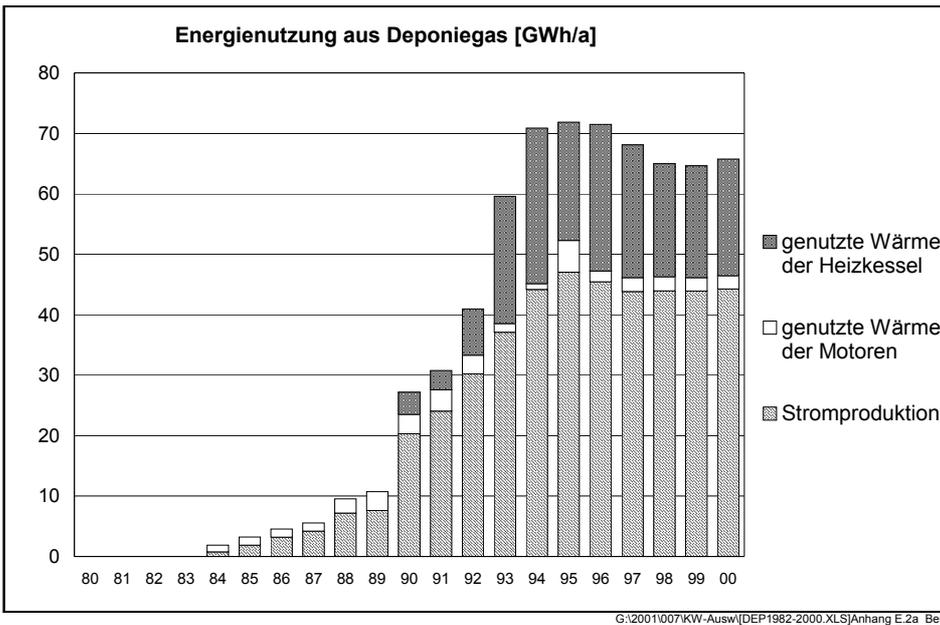


Bild 7.2b Gesamte Wärmenutzung und Stromproduktion mit Deponiegas in der Schweiz (siehe Anhang E.2a)

Anhang

A. Thermische Stromerzeugung

A.1 Zeitreihen 1990 - 2000

A.1a Anzahl Anlagen

A.1b Installierte Leistung

A.1c Stromproduktion

A.2 Energieträgersplit 2000

Aufteilung der thermischen Stromproduktion des Jahres 2000 nach Energieträgern

A.3 Bruttoenergieverbrauch der Anlagen mit thermischer Stromverbrauch 2000

Gesamter Bruttoenergieverbrauch des Jahres 2000 der Anlagen mit thermischer Stromproduktion (für Strom- und Wärmeproduktion)

A.4 Bruttoenergieverbrauch für die thermische Stromproduktion 2000

Bruttoenergieverbrauch des Jahres 2000 für die Stromproduktion, d.h. exkl. Bruttoenergieverbrauch für die Wärmeproduktion der gleichen Anlagen

Anzahl Anlagen ab 1990

Anlagekategorien		Anzahl Anlagen											Kommentare			
		Nr.	Bezeichnung	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998		1999	2000	
Thermische Stromproduktion (Kap. 3)	Wärmekraftkopplung (Kap. 4)	T1	div. therm. Stromerzeuger	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	ganz grobe Schätzung	
		T2	Vouvry (öltherm. Kraftwerk)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	Stilllegung 30.9.1999	
		T3	Deponiegasverstromung	4	6	7	8	7	8	8	8	8	9	9		
		T4	KVA ohne WKK	21	22	23	24	24	23	25	24	25	24	23	nur KVA's mit Stromproduktion	
	Wärmekraftkopplung (Kap. 4)	Gross-WKK (Kap. 5)	W1	KVA mit WKK	1	1	1	1	1	2	1	2	2	3	4	
			W2	Industrie	21	21	22	21	22	22	22	23	24	24	23	
			W2.15	Nahrungsmittelindustrie (NOGA 15)	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
			W2.20	Verarbeitung von Holz (NOGA 20)	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	
			W2.21	Papierindustrie (NOGA 21)	10	10	11	10	11	11	11	11	12	12	11	
			W2.23	Mineralölverarbeitung (NOGA 23)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
			W2.24	Chemische Industrie (NOGA 24)	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	
			W2.26	Nichtmet. Mineralien (NOGA 26)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
		W3	Fernheizkraftwerke u.a.	4	4	4	4	4	4	5	5	6	7	8		
		Klein-WKK (Kap. 6)	W4	stromprod. Klein-WKK	275	328	379	430	501	568	629	691	788	857	904	
			W4.ARA.1	Kläranlagen mit BHKW	153	168	187	203	214	226	239	251	259	275	284	
			W4.ARA.2	Kläranlagen mit Gasturbinen	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	
	W4.BIO.1		Biogasanlagen Landwirtschaft	25	26	27	28	30	30	31	30	31	34	35		
	W4.BIO.2		Biogasanlagen Gewerbe u. Industrie	0	0	1	1	3	6	7	8	10	13	16		
	W4.DEP		Deponiegas-WKK-Anlagen	2	2	2	2	3	2	2	2	2	2	2	ab 95 vorw. mit Erdgas betrieben	
	W4.FOS.1		fossile BHKW	91	128	158	192	247	301	347	397	483	530	566	Feingliederung siehe Kap. 6.2	
W4.FOS.2	fossile Gasturbinen < 1 MWe		2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	0			
W5	nicht stromprod. Klein-WKK	56	59	57	58	58	58	57	57	57	56	54				
Total	Anz. therm. Stromproduzenten	347	403	457	509	580	648	711	774	874	944	991	(Total exkl. Kat. W5)			
Subtotal	W1-W4 Wärmekraftkopplung (WKK)	301	354	406	456	528	596	657	721	820	891	939				
Subtotal	W1-W3 Gross-WKK	26	26	27	26	27	28	28	30	32	34	35				
Subtotal	W4+W5 Klein-WKK	331	387	436	488	559	626	686	748	845	913	958				
Anteil	W1-W4 Wärmekraftkopplung (WKK)	87%	88%	89%	90%	91%	92%	92%	93%	94%	94%	95%	Anteil am Total der therm. Produz.			
Anteil	W1-W3 Gross-WKK	7%	6%	6%	5%	5%	4%	4%	4%	4%	4%	4%	Anteil am Total der therm. Produz.			
Anteil	W4+W5 Klein-WKK	95%	96%	95%	96%	96%	97%	96%	97%	97%	97%	97%	Anteil am Total der therm. Produz.			

Elektrische Nennleistungen ab 1990

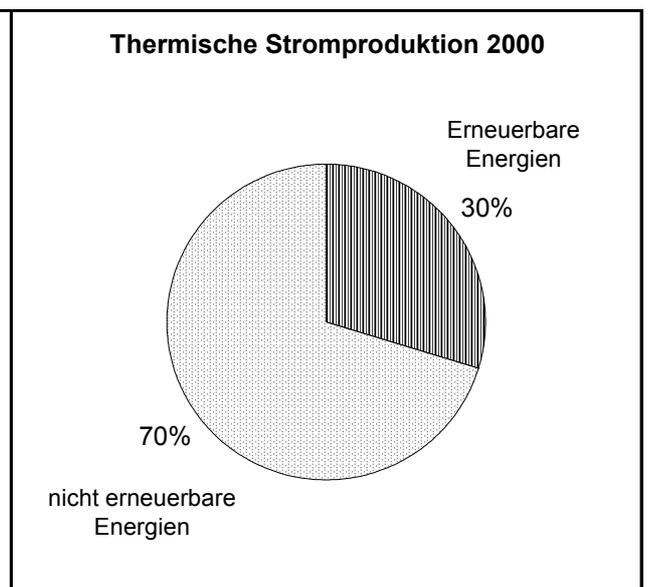
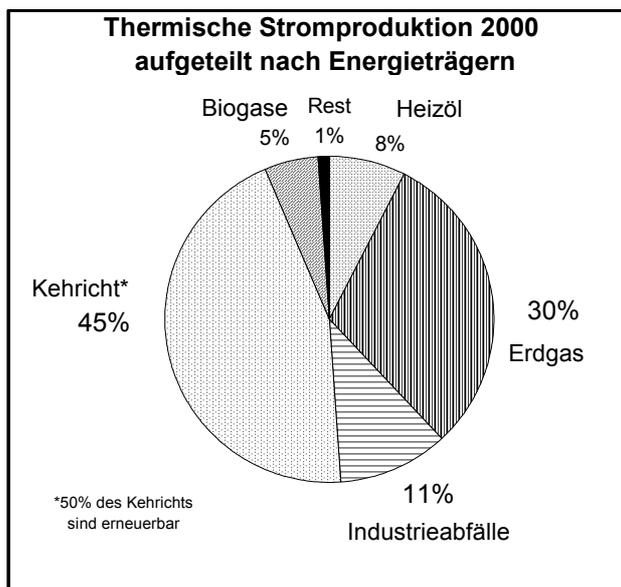
Anlagekategorien		Elektrische Nennleistungen [MWe]											Kommentare			
		Nr.	Bezeichnung	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998		1999	2000	
Thermische Stromproduktion (Kap. 3)	Wärmekraftkopplung (Kap. 4)	T1	div. therm. Stromerzeuger	75.0	75.0	75.0	75.0	75.0	75.0	75.0	75.0	75.0	75.0	75.0	grobe Schätzung	
		T2	Vouvry (öltherm. Kraftwerk)	284.0	284.0	284.0	284.0	284.0	284.0	284.0	284.0	284.0	0.0	0.0	Stilllegung 30.9.1999	
		T3	Deponiegasverstromung	3.0	4.3	5.1	6.5	6.5	6.9	7.9	7.3	7.9	7.9	7.5		
		T4	KVA ohne WKK	135.6	141.6	148.5	183.4	196.0	194.5	220.2	213.0	232.2	222.5	215.0		
	Wärmekraftkopplung (Kap. 4)	Gross-WKK (Kap. 5)	W1	KVA mit WKK	12.4	12.4	12.4	12.4	12.4	23.2	12.4	19.6	19.6	36.6	47.4	
			W2	Industrie	202.1	202.1	225.9	225.1	234.3	234.4	234.4	263.9	265.4	265.4	260.7	
			W2.15	Nahrungsmittelindustrie (NOGA 15)	18.0	18.0	18.0	18.0	18.0	18.0	18.0	18.0	18.0	18.0	18.0	
			W2.20	Verarbeitung von Holz (NOGA 20)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.4	0.4	0.4	
			W2.21	Papierindustrie (NOGA 21)	60.7	60.7	84.5	83.7	92.9	92.9	92.9	97.0	98.5	98.5	93.9	
			W2.23	Mineralölverarbeitung (NOGA 23)	15.3	15.3	15.3	15.3	15.3	15.3	15.3	40.3	40.3	40.3	40.3	
			W2.24	Chemische Industrie (NOGA 24)	107.1	107.1	107.1	107.1	107.1	107.2	107.2	107.2	107.2	107.2	107.2	
			W2.26	Nichtmet. Mineralien (NOGA 26)	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	
		W3	Fernheizkraftwerke u.a.	43.3	43.3	46.0	46.0	68.0	68.0	68.7	68.7	69.0	69.3	74.5		
		Klein-WKK (Kap. 6)	W4	stromprod. Klein-WKK	30.6	37.0	42.6	50.5	64.5	74.2	82.0	91.8	105.3	116.0	126.3	
			W4.ARA.1	Kläranlagen mit BHKW	9.4	10.3	11.2	12.2	12.7	13.7	14.4	16.0	17.4	18.7	23.0	
			W4.ARA.2	Kläranlagen mit Gasturbinen	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	0.9	
			W4.BIO.1	Biogasanlagen Landwirtschaft	0.4	0.4	0.4	0.4	0.5	0.5	0.5	0.5	0.7	0.9	0.9	
			W4.BIO.2	Biogasanlagen Gewerbe u. Industrie	0.0	0.0	0.2	0.2	0.7	1.1	1.4	1.5	2.2	4.0	4.5	
			W4.DEP	Deponiegas-WKK-Anlagen	0.2	0.2	0.2	0.2	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	ab 95 vorw. mit Erdgas betrieben
			W4.FOS.1	fossile BHKW	16.3	21.8	26.3	33.1	44.7	54.6	61.3	69.4	80.6	88.0	95.3	Feingliederung siehe Kap. 6.2
W4.FOS.2	fossile Gasturbinen < 1 MWe		2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.0			
W5	nicht stromprod. Klein-WKK	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0				
Total	el. Leist. aller therm. Stromproduz.	786.0	799.7	839.6	882.9	940.7	960.1	984.6	1'023	1'058	792.8	806.4				
Subtotal	W1-W4 Wärmekraftkopplung (WKK)	288.4	294.8	326.9	334.0	379.2	399.8	397.5	444.0	459.4	487.4	509.0				
Subtotal	W1-W3 Gross-WKK	257.8	257.8	284.3	283.5	314.7	325.6	315.5	352.2	354.1	371.4	382.7				
Subtotal	W4 Klein-WKK	30.6	37.0	42.6	50.5	64.5	74.2	82.0	91.8	105.3	116.0	126.3				
Anteil	W1-W4 Wärmekraftkopplung (WKK)	37%	37%	39%	38%	40%	42%	40%	43%	43%	61%	63%	Anteil am Total der therm. Produz.			
Anteil	W1-W3 Gross-WKK	33%	32%	34%	32%	33%	34%	32%	34%	33%	47%	47%	Anteil am Total der therm. Produz.			
Anteil	W4 Klein-WKK	4%	5%	5%	6%	7%	8%	8%	9%	10%	15%	16%	Anteil am Total der therm. Produz.			

Stromproduktion ab 1990

Anlagekategorien		Stromproduktion [GWh/a]											Kommentare			
		Nr.	Bezeichnung	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998		1999	2000	
Thermische Stromproduktion (Kap. 3)	Wärmekraftkopplung (Kap. 4)	T1	div. therm. Stromerzeuger	15.0	15.0	15.0	15.0	15.9	16.0	16.0	16.0	16.0	16.0	16.0	Schätzungen	
		T2	Vouvry (öltherm. Kraftwerk)	227.0	431.0	595.0	107.0	160.7	202.0	132.0	112.0	436.0	84.0	0.0	Stilllegung 30.9.1999	
		T3	Deponiegasverstromung	19.6	23.5	30.2	37.1	44.2	44.6	45.0	43.2	43.3	43.1	43.5		
		T4	KVA ohne WKK	611.9	595.8	660.9	679.5	774.5	769.6	873.7	932.8	977.9	1'051.2	1'131.9		
	Wärmekraftkopplung (Kap. 4)	Gross-WKK (Kap. 5)	W1	KVA mit WKK	31.9	27.1	30.8	32.0	31.6	63.2	32.7	54.1	46.6	82.4	152.4	
			W2	Industrie	451.5	511.2	568.0	612.2	670.5	698.6	696.0	830.6	947.3	994.4	916.4	
			W2.15	Nahrungsmittelindustrie (NOGA 15)	24.0	21.8	22.2	22.8	19.2	20.1	20.1	28.4	26.5	26.1	30.1	
			W2.20	Verarbeitung von Holz (NOGA 20)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	1.5	1.5	1.5	
			W2.21	Papierindustrie (NOGA 21)	187.5	196.2	285.1	333.2	387.0	404.8	393.2	416.3	436.4	464.9	439.0	
			W2.23	Mineralölverarbeitung (NOGA 23)	31.0	90.3	81.0	86.9	99.7	101.8	104.1	205.8	293.8	303.4	264.9	
			W2.24	Chemische Industrie (NOGA 24)	204.7	200.2	174.8	165.4	160.2	167.7	176.5	178.6	188.8	198.4	179.7	
			W2.26	Nichtmet. Mineralien (NOGA 26)	4.3	2.7	4.8	4.0	4.5	4.2	2.1	1.0	0.3	0.1	1.2	
		W3	Fernheizkraftwerke u.a.	83.0	123.9	115.1	131.7	91.5	127.7	244.5	192.8	128.9	119.1	102.0		
		W4	stromprod. Klein-WKK	84.5	110.2	130.9	149.5	191.6	251.3	307.1	341.0	387.3	434.1	472.5		
		Klein-WKK (Kap. 6)	W4.ARA.1	Kläranlagen mit BHKW	39.8	43.0	46.1	49.5	53.2	56.0	60.0	64.5	71.1	77.1	87.2	
			W4.ARA.2	Kläranlagen mit Gasturbinen	7.7	8.1	6.8	6.7	7.0	6.6	6.4	6.7	6.8	6.6	4.6	
	W4.BIO.1		Biogasanlagen Landwirtschaft	1.1	1.1	1.1	1.2	1.3	1.3	1.3	1.8	2.1	2.6	3.1		
	W4.BIO.2		Biogasanlagen Gewerbe u. Industrie	0.0	0.0	0.5	0.7	1.5	2.6	4.2	5.1	6.5	8.2	9.3		
	W4.DEP		Deponiegas-WKK-Anlagen	0.8	0.6	0.1	0.1	0.1	5.1	7.6	7.3	8.1	8.6	7.9	ab 95 vorw. mit Erdgas betrieben	
	W4.FOS.1		fossile BHKW	30.2	50.9	69.9	85.3	122.9	175.2	226.5	255.2	292.2	330.9	360.3	Feingliederung siehe Kap. 6.2	
W4.FOS.2	fossile Gasturbinen < 1 MWe	4.8	6.5	6.4	6.1	5.8	4.3	1.1	0.3	0.6	0.2	0.0				
W5	nicht stromprod. Klein-WKK	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0				
Total	Thermische Stromproduktion	1'524	1'838	2'146	1'764	1'980	2'173	2'347	2'522	2'983	2'824	2'835				
Subtotal	W1-W4 Wärmekraftkopplung (WKK)	651	772	845	925	985	1'141	1'280	1'419	1'510	1'630	1'643				
Subtotal	W1-W3 Gross-WKK	566	662	714	776	794	890	973	1'078	1'123	1'196	1'171				
Subtotal	W4 Klein-WKK	84	110	131	150	192	251	307	341	387	434	472				
Anteil	W1-W4 Wärmekraftkopplung (WKK)	43%	42%	39%	52%	50%	52%	55%	56%	51%	58%	58%	Anteil an der ges. therm. Prod.			
Anteil	W1-W3 Gross-WKK	37%	36%	33%	44%	40%	41%	41%	43%	38%	42%	41%	Anteil an der ges. therm. Prod.			
Anteil	W4 Klein-WKK	6%	6%	6%	8%	10%	12%	13%	14%	13%	15%	17%	Anteil an der ges. therm. Prod.			
	Therm. Stromprod. * gem. Elektrizitätsstatistik	1'101	1'342	1'502	1'031	1'121	1'275	1'703	1'835	2'285	2'554	2'548	Erklärungen siehe Kap. 3.2			

Thermische Stromproduktion 2000 in der Schweiz aufgeteilt nach Anlagekategorien und Energieträgern

Energieträger	erneuer- barer Anteil	Stromproduktion [GWh] nach Anlagekategorien								Stromprod. Total	
		div. therm. T1	Vouvry T2	Deponie- gasverstr. T3	KVA o. WKK T4	KVA m. WKK W1	Industrie W2	Fernh.- kraftw. W3	Klein- WKK W4	[GWh]	%
Heizöl EL		16.0			2.6	4.3	15.2	2.9	73.2	114.1	4%
Heizöl M&S							100.0			100.0	4%
Erdgas					3.8	4.9	473.6	97.1	282.0	861.5	30%
Propan									13.1	13.1	0%
Kohle											
Ind.abfälle n.erneuerb.							268.4			268.4	9%
Kehricht	50%				1125.5	143.2	2.1			1270.8	45%
Ind.abfälle erneuerb.	100%						36.9	0.1	1.6	38.6	1%
Holz	100%							2.0		2.0	0%
Restholz	100%						3.6			3.6	0%
Altholz	100%						3.7			3.7	0%
Rinde	100%						2.3			2.3	0%
Klärschlamm	100%						9.6			9.6	0%
Biogas	100%						0.9		10.8	11.7	0%
Klärgas	100%								91.1	91.1	3%
Deponiegas	100%			43.5					0.8	44.3	2%
andere Biomasse	100%										
Stromproduktion Total		16.0		43.5	1131.9	152.4	916.4	102.0	472.5	2834.7	100%
- davon erneuerbar				43.5	562.7	71.6	58.1	2.0	104.2	842.2	30%
- davon nicht erneuerbar		16.0			569.1	80.8	858.3	100.0	368.3	1992.5	70%
Anteil der erneuerbaren Energietr.				100%	49.7%	47.0%	6.3%	2.0%	22.1%		



**Bruttoverbrauch [1] der Anlagen mit thermischer Stromprod. 2000
aufgeteilt nach Anlagekategorien und Energieträgern**

[1] gesamter Bruttoverbrauch für die Strom- und Wärmeproduktion in Anlagen zur thermischen Stromproduktion (s.u.)

Energieträger	erneuer- barer Anteil	Bruttoverbrauch [1] nach Anlagekategorien [GWh]								Brutto- verbrauch [1] Total	
		div. therm. T1	Vouvry T2	Deponie- gasverstr. T3	KVA o. WKK T4	KVA m. WKK W1	Industrie W2	Fernh.- kraftw. W3	Klein- WKK W4	[GWh]	%
Heizöl EL		45.7			14.5	66.5	91.6	24.3	218.3	460.9	3%
Heizöl M&S							667.3			667.3	4%
Erdgas					39.4	58.9	2'793.9	516.1	843.3	4'251.6	25%
Propan									39.1	39.1	0%
Kohle											
Ind.abfälle n.erneuerb.							1'486.9			1'486.9	9%
Kehricht	50%				7'219.1	1'918.8	10.6			9'148.4	53%
Ind.abfälle erneuerb.	100%						458.7	3.7	5.3	467.7	3%
Holz	100%							23.5		23.5	0%
Restholz	100%						44.4			44.4	0%
Altholz	100%						30.8			30.8	0%
Rinde	100%						18.8			18.8	0%
Klärschlamm	100%						79.2			79.2	0%
Biogas	100%						6.8		36.7	43.5	0%
Klärgas	100%								352.3	352.3	2%
Deponiegas	100%			133.5					2.5	136.1	1%
andere Biomasse	100%										
Bruttoverbrauch [1] Total		45.7		133.5	7'273.0	2'044.2	5'688.9	567.6	1'497.6	17'250.5	100%
- davon erneuerbar				133.5	3'609.5	959.4	643.9	27.2	396.9	5'770.4	33%
- davon nicht erneuerbar		45.7			3'663.4	1'084.8	5'045.0	540.4	1'100.7	11'480.1	67%
Anteil der erneuerbaren Energietr.				100%	49.6%	46.9%	11.3%	4.8%	26.5%		

Ausdruck: 19.06.2001

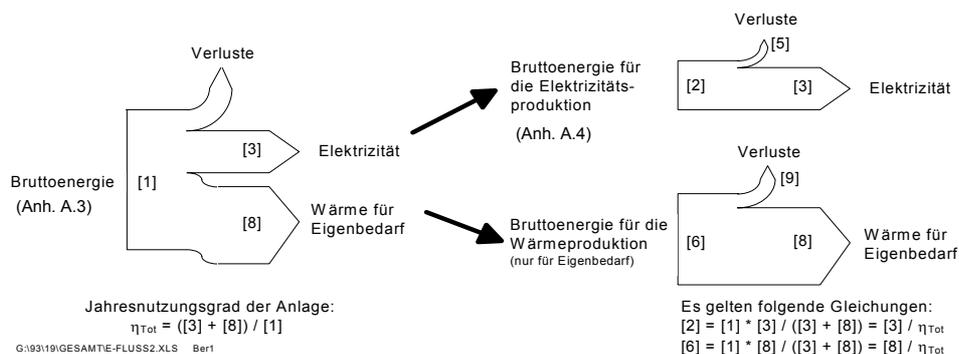
G:\2001\007\All-Ausw\ENERG-2000-V2.xls\Anhang A.3

Hinweis zu den Bruttoverbrauchs-Tabellen sowie zur Aufteilung der thermischen Stromproduktion nach Energieträgern:

Bei konventionell-thermischen Kraftwerken dient der gesamte Bruttoverbrauch der Anlage zur Elektrizitätsproduktion. Bei Wärmekraftkopplungsanlagen hingegen dient ein Teil des Bruttoverbrauchs der Anlage zur Wärmeproduktion (für Eigenbedarf oder für die Fernwärmeabgabe). Im Auftrag des Bundesamtes für Energie wurden daher der Bruttoverbrauch der Anlagen zur thermischen Stromproduktion auf folgende zwei Arten ausgewiesen:

- a. der gesamte Bruttoverbrauch der Anlagen zur therm. Stromprod. => [1] in nachstehendem Schema (Anhang A.3)
- b. Bruttoverbrauch, welcher ausschliesslich zur therm. Stromprod. dient => [2] in nachstehendem Schema (Anhang A.4)

Weiter ist zu beachten, dass im Anhang A.2 sowie unter Punkt 3.3 und 4.2 die thermische Stromproduktion nach Energieträgern aufgeteilt wird. Dabei wurde die Stromproduktion [3] nach Energieträgern aufgeteilt. Es handelt sich folglich nicht um einen Split des Bruttoverbrauchs ([2] oder [1]).



**Bruttoverbrauch [2] für die thermische Stromproduktion 2000
aufgeteilt nach Anlagekategorien und Energieträgern**

[2] nur Bruttoverbrauch für die Stromproduktion (d.h. exkl. Bruttoverbrauch für die gleichzeitige Wärmeproduktion, s.u.)

Energieträger	erneuer- barer Anteil	Bruttoverbrauch [2] nach Anlagekategorien [GWh]								Brutto- verbrauch [2] Stromprod. [GWh] %	
		div. therm. T1	Vouvry T2	Deponie- gasverstr. T3	KVA o. WKK T4	KVA m. WKK W1	Industrie W2	Fernh.- kraftw. W3	Klein- WKK W4		
Heizöl EL		45.7			9.5	6.0	17.3	3.8	85.6	167.9	2%
Heizöl M&S							136.1			136.1	2%
Erdgas					9.9	7.0	579.3	121.9	329.1	1'047.2	15%
Propan									15.3	15.3	0%
Kohle											
Ind.abfälle n.erneuerb.							374.4			374.4	6%
Kehricht	50%				4'493.6	196.3	2.2			4'692.2	69%
Ind.abfälle erneuerb.	100%						48.3	0.1	2.5	50.9	1%
Holz	100%							2.6		2.6	0%
Restholz	100%						4.5			4.5	0%
Altholz	100%						5.0			5.0	0%
Rinde	100%						3.0			3.0	0%
Klärschlamm	100%						12.8			12.8	0%
Biogas	100%						1.1		16.9	18.0	0%
Klärgas	100%								127.6	127.6	2%
Deponiegas	100%			131.0					1.0	132.0	2%
andere Biomasse	100%										
Bruttoverbrauch [2] Total		45.7		131.0	4'513.1	209.2	1'184.0	128.4	577.9	6'789.4	100%
- davon erneuerbar				131.0	2'246.8	98.2	75.8	2.7	147.9	2'702.4	40%
- davon nicht erneuerbar		45.7			2'266.3	111.1	1'108.2	125.7	430.0	4'086.9	60%
Anteil der erneuerbaren Energietr.				100%	49.8%	46.9%	6.4%	2.1%	25.6%		

Ausdruck: 19.06.2001

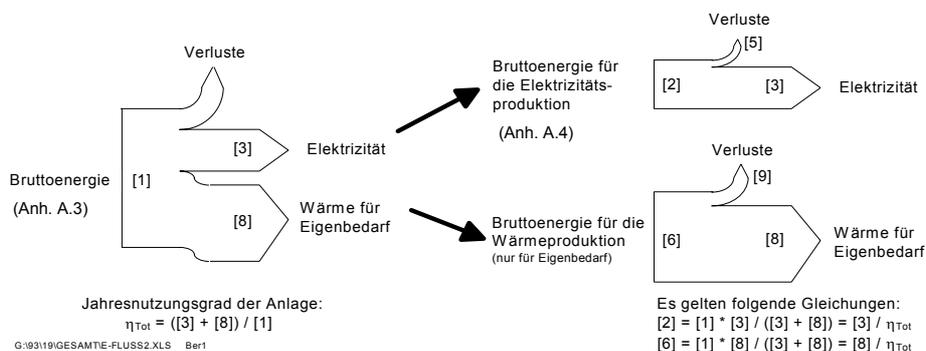
G:\2001\007\AIL-Ausw\ENERG-2000-V2.xls\Anhang A.4

Hinweis zu den Bruttoverbrauchs-Tabellen sowie zur Aufteilung der thermischen Stromproduktion nach Energieträgern:

Bei konventionell-thermischen Kraftwerken dient der gesamte Bruttoverbrauch der Anlage zur Elektrizitätsproduktion. Bei Wärmekraftkopplungsanlagen hingegen dient ein Teil des Bruttoverbrauchs der Anlage zur Wärmeproduktion (für Eigenbedarf oder für die Fernwärmeabgabe). Im Auftrag des Bundesamtes für Energie wurden daher der Bruttoverbrauch der Anlagen zur thermischen Stromproduktion auf folgende zwei Arten ausgewiesen:

- a. der gesamte Bruttoverbrauch der Anlagen zur therm. Stromprod. => [1] in nachstehendem Schema (Anhang A.3)
- b. Bruttoverbrauch, welcher ausschliesslich zur therm. Stromprod. dient => [2] in nachstehendem Schema (Anhang A.4)

Weiter ist zu beachten, dass im Anhang A.2 sowie unter Punkt 3.3 und 4.2 die thermische Stromproduktion nach Energieträgern aufgeteilt wird. Dabei wurde die Stromproduktion [3] nach Energieträgern aufgeteilt. Es handelt sich folglich nicht um einen Split des Bruttoverbrauchs ([2] oder [1]).



B. Wärmekraftkopplung (WKK)

B.1 Zeitreihen inst. elektrische Leistungen 1960 - 2000

Hinweis: Bei den Kehrichtverbrennungsanlagen kann die Betriebsart WKK/Nicht-WKK jährlich wechseln (siehe dazu auch Punkt 2.3). Dies führt zu Schwankungen bei der installierten Dampfturbinen-Leistung, welche als WKK-Anlagen der Kategorie W1 ausgewiesen werden.

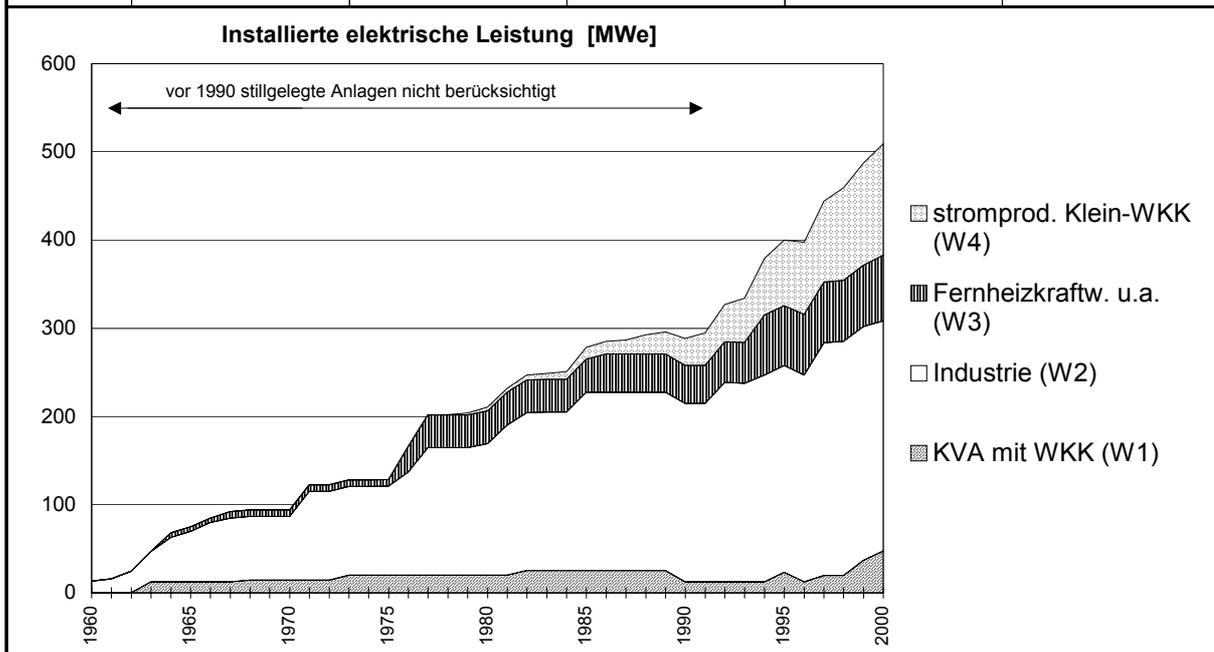
B.1a Aufteilung nach Anlagekategorien

B.1b Aufteilung nach Technologien

B.2 Kantonale Verteilung

Install. elektr. Nennleistungen nach Anlagekategorien [MWe]berücksichtigte Anlagen: **alle WKK-Anlagen**

Jahr	KVA mit WKK (W1)	Industrie (W2)	Fernheizkraftw. u.a. (W3)	stromprod. Klein-WKK (W4)	TOTAL
1960	0.00	13.17	0.00	0.00	13.17
1961	0.00	15.67	0.00	0.00	15.67
1962	0.00	24.67	0.00	0.00	24.67
1963	12.40	34.17	0.00	0.00	46.57
1964	12.40	50.47	5.00	0.00	67.87
1965	12.40	57.17	5.00	0.00	74.57
1966	12.40	67.17	5.00	0.00	84.57
1967	12.40	72.17	7.30	0.00	91.87
1968	14.50	72.17	7.30	0.00	93.97
1969	14.50	72.17	7.30	0.00	93.97
1970	14.50	72.17	7.30	0.00	93.97
1971	14.50	100.47	7.30	0.00	122.27
1972	14.50	100.47	7.30	0.00	122.27
1973	20.10	100.47	7.30	0.00	127.87
1974	20.10	100.47	7.30	0.00	127.87
1975	20.10	101.02	7.30	0.00	128.42
1976	20.10	116.60	29.30	0.00	166.00
1977	20.10	144.20	37.30	0.00	201.60
1978	20.10	144.20	37.30	0.51	202.10
1979	20.10	144.20	37.30	2.14	203.73
1980	20.10	148.90	37.30	4.10	210.40
1981	20.10	169.90	37.30	4.44	231.74
1982	25.30	178.80	37.30	5.45	246.85
1983	25.30	179.36	37.30	6.55	248.51
1984	25.30	179.36	37.30	8.65	250.61
1985	25.30	202.11	37.30	13.32	278.03
1986	25.30	202.11	43.30	14.50	285.21
1987	25.30	202.11	43.30	15.92	286.63
1988	25.30	202.11	43.30	21.70	292.41
1989	25.30	202.11	43.30	25.05	295.76
1990	12.40	202.11	43.30	30.40	288.21
1991	12.40	202.11	43.30	36.80	294.61
1992	12.40	225.94	46.00	42.40	326.74
1993	12.40	225.14	46.00	50.26	333.80
1994	12.40	234.34	68.00	64.26	379.00
1995	23.20	234.38	68.00	74.03	399.61
1996	12.40	234.38	68.70	81.82	397.30
1997	19.65	263.87	68.70	91.60	443.82
1998	19.65	265.37	69.04	105.12	459.17
1999	36.65	265.37	69.34	115.81	487.16
2000	47.45	260.71	74.54	126.08	508.77

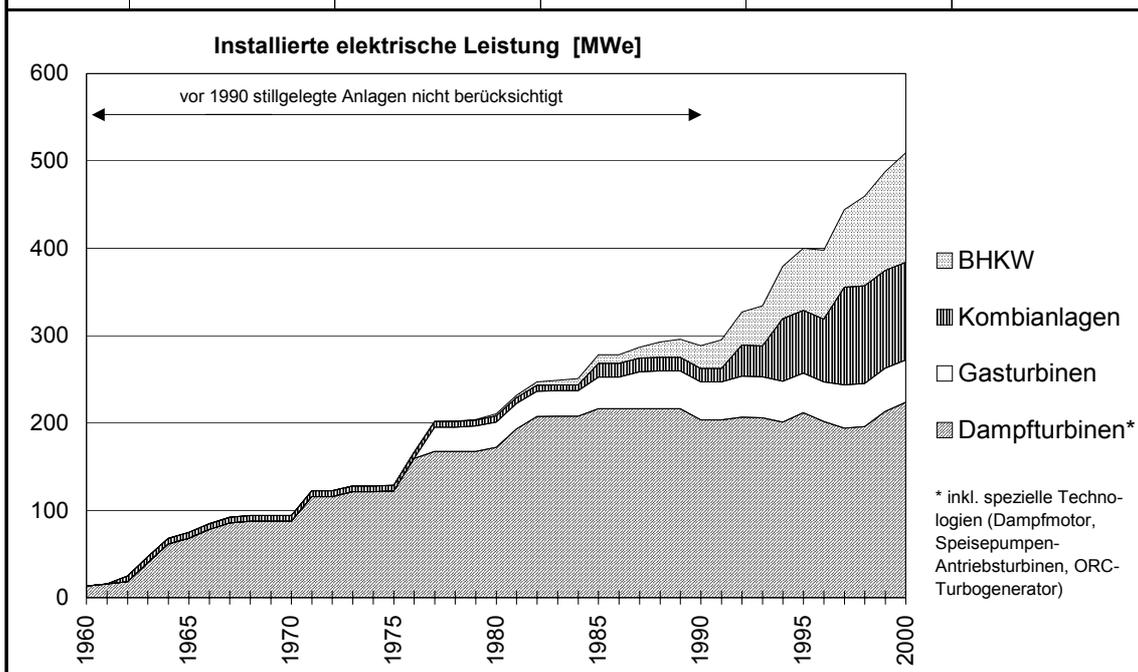


Ausdruck: 19.06.01 17:23

G:\2001\007\All-Ausw[LE2-AB60.XLS]Anhang B.1a Ber1

Installierte elektr. Nennleistungen nach Technologien [MWe]berücksichtigte Anlagen: **alle WKK-Anlagen**

Jahr	Dampfturbinen*	Gasturbinen	Kombianlagen	BHKW	TOTAL
1960	13.17	0.00	0.00	0.00	13.17
1961	15.67	0.00	0.00	0.00	15.67
1962	17.97	0.00	6.70	0.00	24.67
1963	39.87	0.00	6.70	0.00	46.57
1964	61.17	0.00	6.70	0.00	67.87
1965	67.87	0.00	6.70	0.00	74.57
1966	77.87	0.00	6.70	0.00	84.57
1967	85.17	0.00	6.70	0.00	91.87
1968	87.27	0.00	6.70	0.00	93.97
1969	87.27	0.00	6.70	0.00	93.97
1970	87.27	0.00	6.70	0.00	93.97
1971	115.57	0.00	6.70	0.00	122.27
1972	115.57	0.00	6.70	0.00	122.27
1973	121.17	0.00	6.70	0.00	127.87
1974	121.17	0.00	6.70	0.00	127.87
1975	121.72	0.00	6.70	0.00	128.42
1976	159.30	0.00	6.70	0.00	166.00
1977	167.30	27.60	6.70	0.00	201.60
1978	167.30	27.60	6.70	0.51	202.10
1979	167.30	29.10	6.70	0.64	203.73
1980	172.00	29.10	6.70	2.60	210.40
1981	193.00	29.10	6.70	2.94	231.74
1982	207.10	29.10	6.70	3.95	246.85
1983	207.66	29.10	6.70	5.05	248.51
1984	207.66	29.10	6.70	7.15	250.61
1985	216.16	36.38	15.60	9.89	278.03
1986	216.16	36.38	15.60	9.89	278.03
1987	216.16	42.38	15.60	12.49	286.63
1988	216.16	43.28	15.60	17.37	292.41
1989	216.16	43.28	15.60	20.72	295.76
1990	203.46	43.28	15.60	26.07	288.41
1991	203.46	43.28	15.60	32.47	294.81
1992	206.55	46.98	35.34	38.07	326.93
1993	205.76	46.98	35.34	45.93	334.00
1994	200.78	46.98	71.54	59.93	379.22
1995	211.60	45.48	71.54	71.20	399.82
1996	201.50	45.48	71.54	78.99	397.51
1997	193.84	49.58	111.84	88.77	444.03
1998	195.67	49.58	111.84	102.29	459.37
1999	212.98	49.58	111.84	112.98	487.37
2000	223.40	48.55	111.84	125.18	508.97



Ausdruck: 19.06.01 14:35

G:\2001\007\All-Ausw[LE1-AB60.XLS]Haupttabelle Ber1

Wärmeerkopplung in der Schweiz: Kantonale Verteilung 2000

Anhang B.2

Standort- kanton	Klein-WKK-Anlagen [W4]			Industrie [W2]			Fernheizkraftwerke* [W3]			KVA (nur WKK) [W1]			TOTAL [W1 - W4]			KVA (ohne Wärmenutz.) [T4]		
	Anz.	MWe	GWh	Anz.	MWe	GWh	Anz.	MWe	GWh	Anz.	MWe	GWh	Anz.	MWe	GWh	Anz.	MWe	GWh
AG	59	4.74	17.81	2	10.74	72.08							61	15.48	89.90	3	30.95	202.99
AI	1	0.03	0.10										1	0.03	0.10			
AR	15	0.92	3.43										15	0.92	3.43			
BE	87	13.04	48.84	3	21.00	89.19	2	0.90	1.52	1	12.40	36.01	93	47.34	175.56	1	4.05	19.12
BL	70	11.23	41.88	3	18.44	119.56							73	29.67	161.44			
BS	31	8.87	33.05	3	24.83	75.97	1	22.00	0.05	1	17.00	39.72	36	72.70	148.79			
FR	19	1.84	6.89										19	1.84	6.89			
GE	23	5.62	20.96										23	5.62	20.96	1	31.00	154.34
GL	3	0.25	0.94										3	0.25	0.94	1	12.40	49.45
GR	31	2.07	7.78	1	1.00	1.22							32	3.07	9.00	1	5.00	14.53
JU	3	0.11	0.42										3	0.11	0.42			
LU	63	12.23	45.71	1	4.60	20.89							64	16.83	66.60	1	6.70	45.58
NE	20	1.46	5.48										20	1.46	5.48	2	10.45	44.19
NW	2	0.10	0.38										2	0.10	0.38			
OW	3	0.67	2.53										3	0.67	2.53			
SG	110	10.70	40.08										110	10.70	40.08	3	26.90	146.78
SH	23	4.38	16.38										23	4.38	16.38			
SO	26	3.07	11.51	3	48.48	176.27							29	51.54	187.78	1	11.80	70.30
SZ	12	1.11	4.17										12	1.11	4.17			
TG	58	3.92	14.64	3	11.39	21.26				1	7.25	44.50	62	22.56	80.39			
TI	7	0.97	3.64										7	0.97	3.64			
UR	3	0.28	1.07										3	0.28	1.07			
VD	49	3.73	13.98				3	41.34	89.89				52	45.06	103.87	1	0.16	
VS	19	1.57	5.88	3	117.30	333.23							22	118.87	339.11	3	19.20	111.45
ZG	9	1.62	6.09	1	2.94	6.70							10	4.56	12.79			
ZH	158	31.75	118.86				2	10.30	10.57	1	10.80	32.16	161	52.85	161.59	5	56.36	273.16
Gesamt	904	126.3	472.5	23	260.7	916.4	8	74.5	102.0	4	47.5	152.4	939	509.0	1'643.3	23	215.0	1'131.9

Anz. = Anzahl stromproduzierende Wärmeerkopplungsanlagen am Jahresende

MWe = installierte elektrische Leistung in MW am Jahresende

GWh = Stromproduktion im entsprechenden Jahr (kant. Aufteilung bei den Klein-WKK-Anlagen kann nur näherungsweise erfolgen)

* Fernheizkraftwerke mit Dampf- oder Gasturbinen sowie Kombiheizkraftwerken (Fernheizkraftwerke mit Gas-/Dieselmotoren sind als Klein-WKK-Anlagen erfasst)

G:\2001\007\ALL-AUSW\KT-WKK00.XLW\AuswTab Ber1

19.06.2001

C. Gross-WKK-Anlagen

- Ca. Entwicklung aller industriellen Gross-WKK-Anlagen nach Branchen**

- Cb. Gross-WKK-Anlagen in der chemischen Industrie nach Technologien**

- Cc. Gross-WKK-Anlagen in der Papierindustrie nach Technologien**

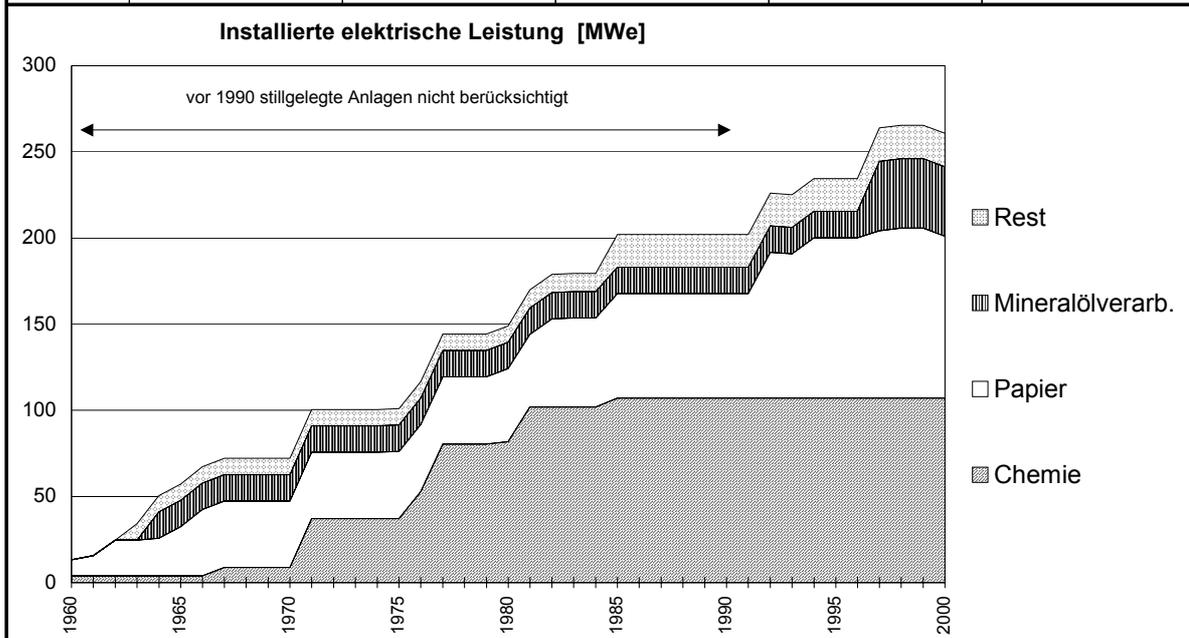
- Cd. Gross-WKK-Anlagen in der Industrie (exkl. Papier und Chemie) nach Technologien**

- Ce. Gross-WKK-Anlagen in Fernheizkraftwerken nach Technologien**

Install. elektr. Nennleistungen nach Industriebranchen [MWe]

berücksichtigte Anlagen: **Gross-WKK-Anlagen in der Industrie**

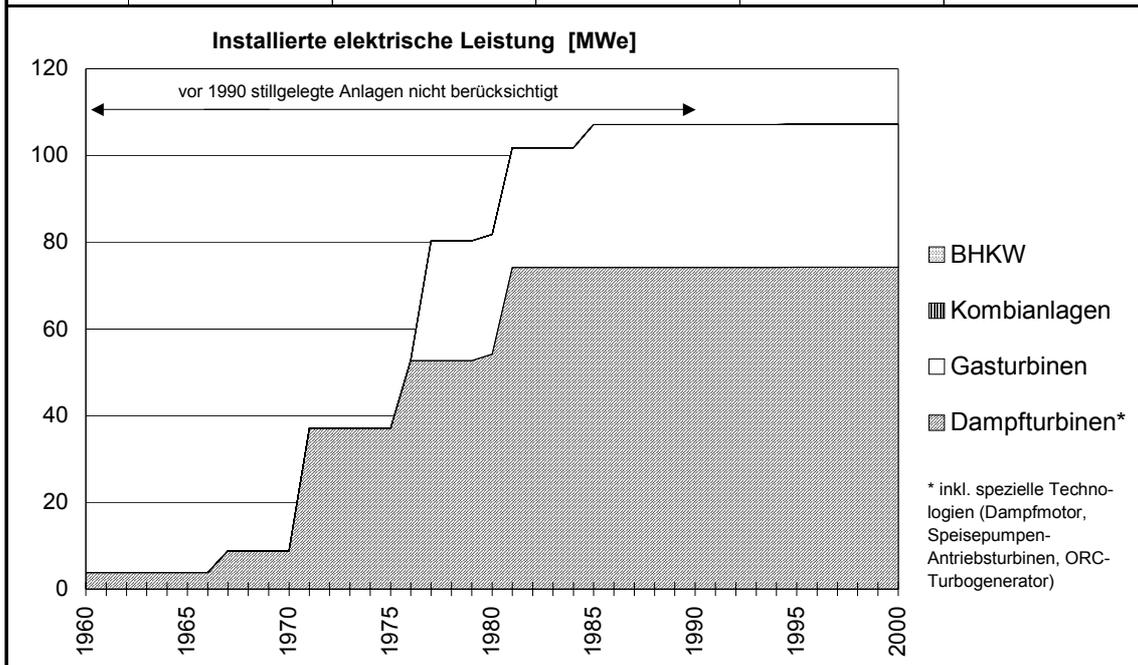
Jahr	Chemie	Papier	Mineralölverarb.	Rest	TOTAL
1960	3.80	9.37	0.00	0.00	13.17
1961	3.80	11.87	0.00	0.00	15.67
1962	3.80	20.87	0.00	0.00	24.67
1963	3.80	20.87	0.00	9.50	34.17
1964	3.80	21.87	15.30	9.50	50.47
1965	3.80	28.57	15.30	9.50	57.17
1966	3.80	38.57	15.30	9.50	67.17
1967	8.80	38.57	15.30	9.50	72.17
1968	8.80	38.57	15.30	9.50	72.17
1969	8.80	38.57	15.30	9.50	72.17
1970	8.80	38.57	15.30	9.50	72.17
1971	37.10	38.57	15.30	9.50	100.47
1972	37.10	38.57	15.30	9.50	100.47
1973	37.10	38.57	15.30	9.50	100.47
1974	37.10	38.57	15.30	9.50	100.47
1975	37.10	39.12	15.30	9.50	101.02
1976	52.68	39.12	15.30	9.50	116.60
1977	80.28	39.12	15.30	9.50	144.20
1978	80.28	39.12	15.30	9.50	144.20
1979	80.28	39.12	15.30	9.50	144.20
1980	81.78	42.32	15.30	9.50	148.90
1981	101.78	42.32	15.30	10.50	169.90
1982	101.78	51.22	15.30	10.50	178.80
1983	101.78	51.78	15.30	10.50	179.36
1984	101.78	51.78	15.30	10.50	179.36
1985	107.13	60.68	15.30	19.00	202.11
1986	107.13	60.68	15.30	19.00	202.11
1987	107.13	60.68	15.30	19.00	202.11
1988	107.13	60.68	15.30	19.00	202.11
1989	107.13	60.68	15.30	19.00	202.11
1990	107.13	60.68	15.30	19.00	202.11
1991	107.13	60.68	15.30	19.00	202.11
1992	107.13	84.51	15.30	19.00	225.94
1993	107.13	83.71	15.30	19.00	225.14
1994	107.13	92.91	15.30	19.00	234.34
1995	107.17	92.91	15.30	19.00	234.38
1996	107.17	92.91	15.30	19.00	234.38
1997	107.17	97.01	40.30	19.39	263.87
1998	107.17	98.51	40.30	19.39	265.37
1999	107.17	98.51	40.30	19.39	265.37
2000	107.17	93.85	40.30	19.39	260.71



Installierte elektr. Nennleistungen nach Technologien [MWe]

berücksichtigte Anlagen: **Gross-WKK-Anlagen in der chemischen Industrie (NOGA 24)**

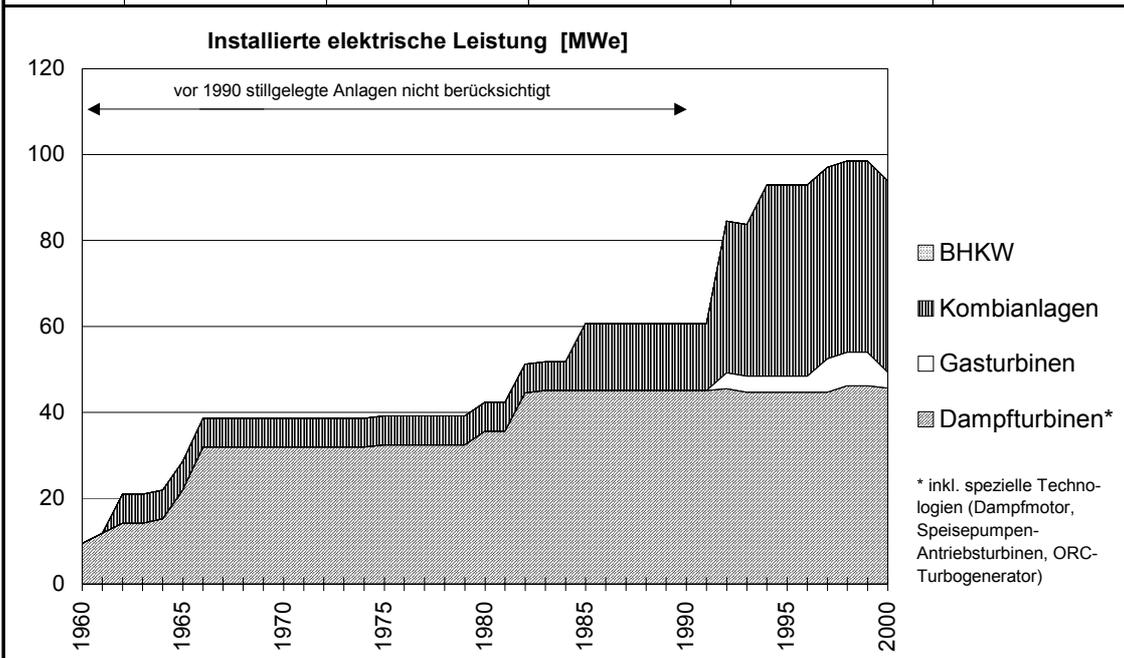
Jahr	Dampfturbinen*	Gasturbinen	Kombianlagen	BHKW	TOTAL
1960	3.80	0.00	0.00	0.00	3.80
1961	3.80	0.00	0.00	0.00	3.80
1962	3.80	0.00	0.00	0.00	3.80
1963	3.80	0.00	0.00	0.00	3.80
1964	3.80	0.00	0.00	0.00	3.80
1965	3.80	0.00	0.00	0.00	3.80
1966	3.80	0.00	0.00	0.00	3.80
1967	8.80	0.00	0.00	0.00	8.80
1968	8.80	0.00	0.00	0.00	8.80
1969	8.80	0.00	0.00	0.00	8.80
1970	8.80	0.00	0.00	0.00	8.80
1971	37.10	0.00	0.00	0.00	37.10
1972	37.10	0.00	0.00	0.00	37.10
1973	37.10	0.00	0.00	0.00	37.10
1974	37.10	0.00	0.00	0.00	37.10
1975	37.10	0.00	0.00	0.00	37.10
1976	52.68	0.00	0.00	0.00	52.68
1977	52.68	27.60	0.00	0.00	80.28
1978	52.68	27.60	0.00	0.00	80.28
1979	52.68	27.60	0.00	0.00	80.28
1980	54.18	27.60	0.00	0.00	81.78
1981	74.18	27.60	0.00	0.00	101.78
1982	74.18	27.60	0.00	0.00	101.78
1983	74.18	27.60	0.00	0.00	101.78
1984	74.18	27.60	0.00	0.00	101.78
1985	74.18	32.95	0.00	0.00	107.13
1986	74.18	32.95	0.00	0.00	107.13
1987	74.18	32.95	0.00	0.00	107.13
1988	74.18	32.95	0.00	0.00	107.13
1989	74.18	32.95	0.00	0.00	107.13
1990	74.18	32.95	0.00	0.00	107.13
1991	74.18	32.95	0.00	0.00	107.13
1992	74.18	32.95	0.00	0.00	107.13
1993	74.18	32.95	0.00	0.00	107.13
1994	74.18	32.95	0.00	0.00	107.13
1995	74.22	32.95	0.00	0.00	107.17
1996	74.22	32.95	0.00	0.00	107.17
1997	74.22	32.95	0.00	0.00	107.17
1998	74.22	32.95	0.00	0.00	107.17
1999	74.22	32.95	0.00	0.00	107.17
2000	74.22	32.95	0.00	0.00	107.17



Installierte elektr. Nennleistungen nach Technologien [MWe]

berücksichtigte Anlagen: **Gross-WKK-Anlagen in der Papierindustrie (NOGA 21)**

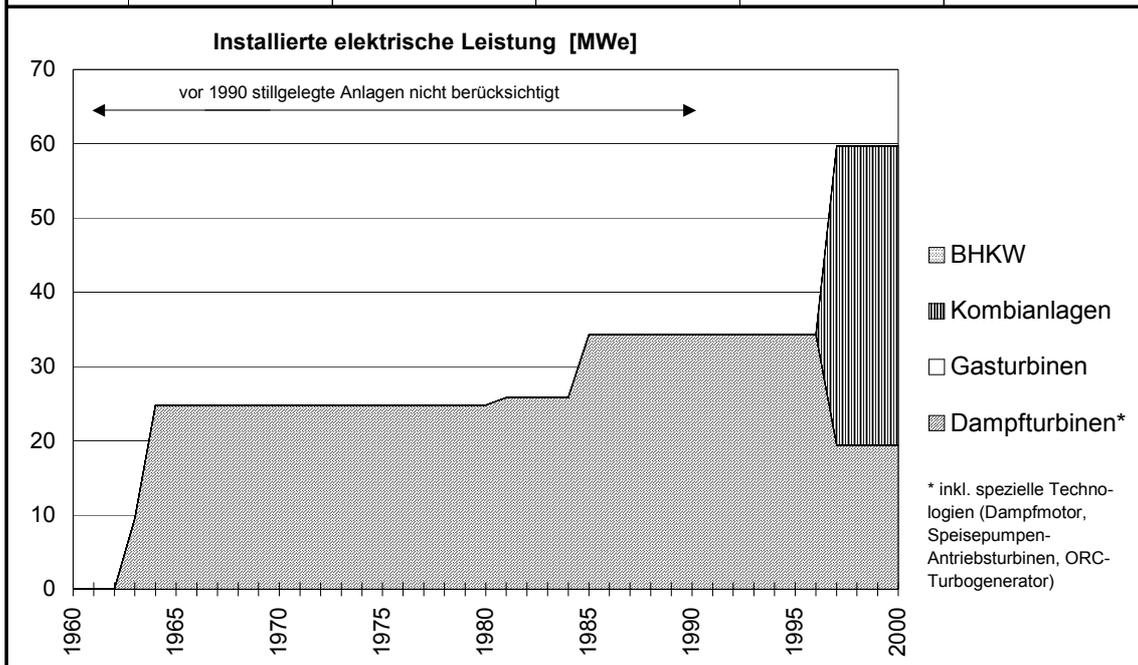
Jahr	Dampfturbinen*	Gasturbinen	Kombianlagen	BHKW	TOTAL
1960	9.37	0.00	0.00	0.00	9.37
1961	11.87	0.00	0.00	0.00	11.87
1962	14.17	0.00	6.70	0.00	20.87
1963	14.17	0.00	6.70	0.00	20.87
1964	15.17	0.00	6.70	0.00	21.87
1965	21.87	0.00	6.70	0.00	28.57
1966	31.87	0.00	6.70	0.00	38.57
1967	31.87	0.00	6.70	0.00	38.57
1968	31.87	0.00	6.70	0.00	38.57
1969	31.87	0.00	6.70	0.00	38.57
1970	31.87	0.00	6.70	0.00	38.57
1971	31.87	0.00	6.70	0.00	38.57
1972	31.87	0.00	6.70	0.00	38.57
1973	31.87	0.00	6.70	0.00	38.57
1974	31.87	0.00	6.70	0.00	38.57
1975	32.42	0.00	6.70	0.00	39.12
1976	32.42	0.00	6.70	0.00	39.12
1977	32.42	0.00	6.70	0.00	39.12
1978	32.42	0.00	6.70	0.00	39.12
1979	32.42	0.00	6.70	0.00	39.12
1980	35.62	0.00	6.70	0.00	42.32
1981	35.62	0.00	6.70	0.00	42.32
1982	44.52	0.00	6.70	0.00	51.22
1983	45.08	0.00	6.70	0.00	51.78
1984	45.08	0.00	6.70	0.00	51.78
1985	45.08	0.00	15.60	0.00	60.68
1986	45.08	0.00	15.60	0.00	60.68
1987	45.08	0.00	15.60	0.00	60.68
1988	45.08	0.00	15.60	0.00	60.68
1989	45.08	0.00	15.60	0.00	60.68
1990	45.08	0.00	15.60	0.00	60.68
1991	45.08	0.00	15.60	0.00	60.68
1992	45.48	3.70	35.34	0.00	84.51
1993	44.68	3.70	35.34	0.00	83.71
1994	44.68	3.70	44.54	0.00	92.91
1995	44.68	3.70	44.54	0.00	92.91
1996	44.68	3.70	44.54	0.00	92.91
1997	44.68	7.80	44.54	0.00	97.01
1998	46.18	7.80	44.54	0.00	98.51
1999	46.18	7.80	44.54	0.00	98.51
2000	45.62	3.70	44.54	0.00	93.85



Installierte elektr. Nennleistungen nach Technologien [MWe]

berücksichtigte Anlagen: **Gross-WKK-Anlagen in der Industrie (exkl. Papier + Chemie)**

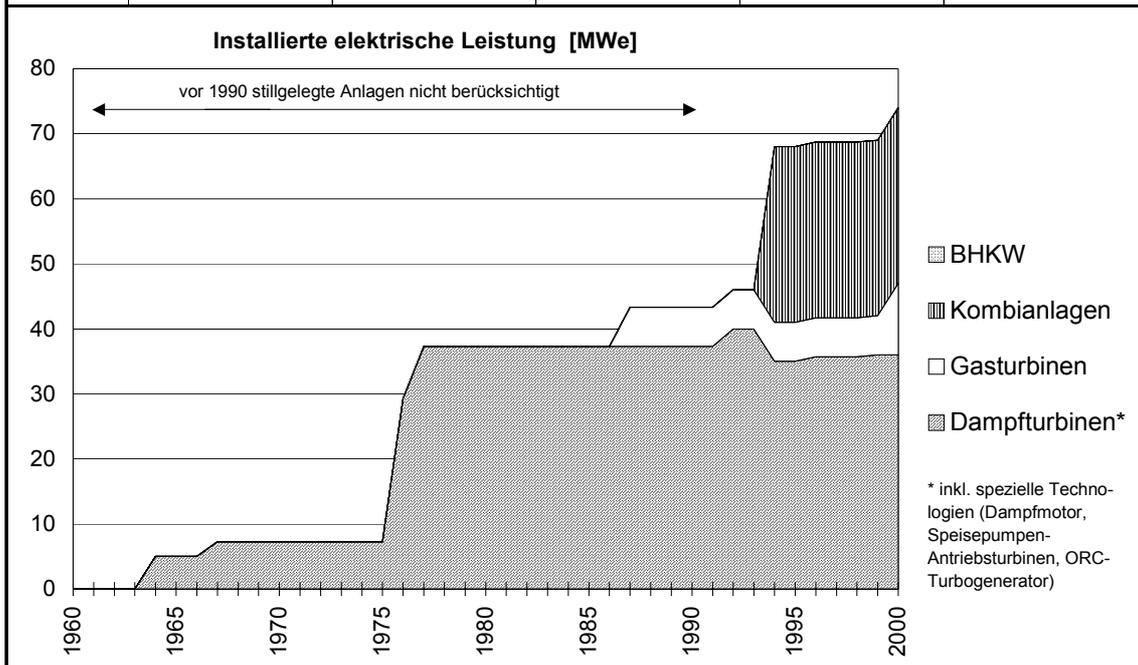
Jahr	Dampfturbinen*	Gasturbinen	Kombianlagen	BHKW	TOTAL
1960	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1961	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1962	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1963	9.50	0.00	0.00	0.00	9.50
1964	24.80	0.00	0.00	0.00	24.80
1965	24.80	0.00	0.00	0.00	24.80
1966	24.80	0.00	0.00	0.00	24.80
1967	24.80	0.00	0.00	0.00	24.80
1968	24.80	0.00	0.00	0.00	24.80
1969	24.80	0.00	0.00	0.00	24.80
1970	24.80	0.00	0.00	0.00	24.80
1971	24.80	0.00	0.00	0.00	24.80
1972	24.80	0.00	0.00	0.00	24.80
1973	24.80	0.00	0.00	0.00	24.80
1974	24.80	0.00	0.00	0.00	24.80
1975	24.80	0.00	0.00	0.00	24.80
1976	24.80	0.00	0.00	0.00	24.80
1977	24.80	0.00	0.00	0.00	24.80
1978	24.80	0.00	0.00	0.00	24.80
1979	24.80	0.00	0.00	0.00	24.80
1980	24.80	0.00	0.00	0.00	24.80
1981	25.80	0.00	0.00	0.00	25.80
1982	25.80	0.00	0.00	0.00	25.80
1983	25.80	0.00	0.00	0.00	25.80
1984	25.80	0.00	0.00	0.00	25.80
1985	34.30	0.00	0.00	0.00	34.30
1986	34.30	0.00	0.00	0.00	34.30
1987	34.30	0.00	0.00	0.00	34.30
1988	34.30	0.00	0.00	0.00	34.30
1989	34.30	0.00	0.00	0.00	34.30
1990	34.30	0.00	0.00	0.00	34.30
1991	34.30	0.00	0.00	0.00	34.30
1992	34.30	0.00	0.00	0.00	34.30
1993	34.30	0.00	0.00	0.00	34.30
1994	34.30	0.00	0.00	0.00	34.30
1995	34.30	0.00	0.00	0.00	34.30
1996	34.30	0.00	0.00	0.00	34.30
1997	19.39	0.00	40.30	0.00	59.69
1998	19.39	0.00	40.30	0.00	59.69
1999	19.39	0.00	40.30	0.00	59.69
2000	19.39	0.00	40.30	0.00	59.69



Installierte elektr. Nennleistungen nach Technologien [MWe]

berücksichtigte Anlagen: **Fernheizkraftwerke (exkl. KVA)**

Jahr	Dampfturbinen*	Gasturbinen	Kombianlagen	BHKW	TOTAL
1960	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1961	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1962	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1963	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1964	5.00	0.00	0.00	0.00	5.00
1965	5.00	0.00	0.00	0.00	5.00
1966	5.00	0.00	0.00	0.00	5.00
1967	7.30	0.00	0.00	0.00	7.30
1968	7.30	0.00	0.00	0.00	7.30
1969	7.30	0.00	0.00	0.00	7.30
1970	7.30	0.00	0.00	0.00	7.30
1971	7.30	0.00	0.00	0.00	7.30
1972	7.30	0.00	0.00	0.00	7.30
1973	7.30	0.00	0.00	0.00	7.30
1974	7.30	0.00	0.00	0.00	7.30
1975	7.30	0.00	0.00	0.00	7.30
1976	29.30	0.00	0.00	0.00	29.30
1977	37.30	0.00	0.00	0.00	37.30
1978	37.30	0.00	0.00	0.00	37.30
1979	37.30	0.00	0.00	0.00	37.30
1980	37.30	0.00	0.00	0.00	37.30
1981	37.30	0.00	0.00	0.00	37.30
1982	37.30	0.00	0.00	0.00	37.30
1983	37.30	0.00	0.00	0.00	37.30
1984	37.30	0.00	0.00	0.00	37.30
1985	37.30	0.00	0.00	0.00	37.30
1986	37.30	0.00	0.00	0.00	37.30
1987	37.30	6.00	0.00	0.00	43.30
1988	37.30	6.00	0.00	0.00	43.30
1989	37.30	6.00	0.00	0.00	43.30
1990	37.30	6.00	0.00	0.00	43.30
1991	37.30	6.00	0.00	0.00	43.30
1992	40.00	6.00	0.00	0.00	46.00
1993	40.00	6.00	0.00	0.00	46.00
1994	35.00	6.00	27.00	0.00	68.00
1995	35.00	6.00	27.00	0.00	68.00
1996	35.70	6.00	27.00	0.00	68.70
1997	35.70	6.00	27.00	0.00	68.70
1998	35.70	6.00	27.00	0.00	68.70
1999	36.00	6.00	27.00	0.00	69.00
2000	36.00	11.00	27.00	0.00	74.00



D. Klein-WKK-Anlagen

D.1 Jahresstatistiken 2000

D.1a Klein-WKK-Jahresstatistik Typ 2

Erläuterungen zu dieser Jahresstatistik finden sich im Anhang F.2.4.

D.1b Klein-WKK-Jahresstatistik Typ 3

Erläuterungen zu dieser Jahresstatistik finden sich im Anhang F.2.3.

D.1c Fortschreibungsparameter 2000

Das Modell zur Fortschreibung der Energiedaten der Klein-WKK-Anlagen ab 1994 ist im Anhang F.2.3 ausführlich beschrieben.

D.2 Zeitreihen 1984 - 2000

D.2a Anzahl Anlagen und Aggregate und durchschnittliche Energie-Inputleistungen

D.2b Installierte Leistungen

D.2c Installierte Anschlussleistungen (= Inputleistungen) aufgeteilt nach WKK-Technologien

D.2d Energieverbrauch und -produktion

D.2e Endenergieverbrauch nach Energieträgern

D.2f Anzahl Klein-WKK-Aggregate und elektrische Nennleistungen nach Anlagekategorien und Einsatzgebieten ab 1990

D.2g Aufteilung der Klein-WKK-Aggregate nach Leistungsklassen und Hauptenergieträger per Ende 2000

Jahresstatistik 2000												
Typ 2		TOTAL	Aufteilung nach Anlageart 3)						Aufteilung nach Technologien			
der Klein-WKK-Jahresstatistik		(alle Anlagen)	fossile WP	Biogas	Klärgas	Deponieg.	foss. BHKW	Div. foss.	BHKW 4)	Wärmep.	Gasturb.	Rest 5)
WKK-Anlagen in Betrieb (Jahresende)												
Anzahl WKK-Anlagen 1)	-	958	54	51	285	2	561	5	897	54	1	6
Anzahl WKK-Aggregate	-	1301	62	66	432	4	729	8	1228	62	2	9
Installierte Leistungen												
- Anschlussleistung	MW	398.39	15.21	16.31	82.26	4.86	274.72	5.02	372.91	15.21	4.66	5.61
- elektrische Leistung	MW	126.28		5.42	23.89	1.63	94.14	1.20	123.99		0.90	1.39
- mechanische Leistung 2)	MW	1.22			1.22				1.22			
- Heizleistung	MW	236.28	24.32	8.50	45.72	2.72	150.08	4.95	204.19	24.32	2.50	5.27
Jahresenergieverbrauch/ -produktion												
Endenergieverbrauch Total	GWh	1526.81	29.25	42.35	355.09	24.99	1063.42	11.72	1461.08	29.25	23.18	13.30
- Erdgas	GWh	868.35	25.03	0.23	1.43	22.45	807.50	11.72	831.60	25.03		11.72
- Diesel / Heizöl EL	GWh	222.49	4.22	0.11	0.68		217.47		218.07	4.22	0.20	
- Propan	GWh	39.19			0.74		38.45		39.19			
- Klärgas	GWh	352.23			352.23				327.66		22.99	1.58
- Deponiegas	GWh	2.54				2.54			2.54			
- Biogas	GWh	36.66		36.66					36.66			
- Fett/Öl erneuerbar	GWh	5.34		5.34					5.34			
- andere Energieträger	GWh	0.00			0.00						0.00	
produzierte Elektrizität	GWh	472.50		12.43	91.82	7.94	356.76	3.54	464.17		4.60	3.73
ins EW-Netz eingespeiste Elektr. 6)	GWh											
genutzte mechanische Energie 2)	GWh	7.06			7.06				7.06			
produzierte Wärmeenergie	GWh	837.67	41.26	20.98	190.37	13.17	563.33	8.57	774.15	41.26	12.30	9.96
genutzte Wärmeenergie	GWh	791.82	40.73	14.55	161.69	13.17	553.11	8.57	731.54	40.73	9.58	9.96

Kommentare:

G:\2001\007KW-Ausw\Jahr_Typ3+2_2000.xls\Anhang D.1a

1) Eine WKK-Anlage(=Standort) kann mehrere WKK-Aggregate(=Modul) umfassen.

2) nur direkt genutzte mechanische Leistung und Energie (z.B. von Gebläseantrieben in Kläranlagen)

3) Aufteilung der Anlagen zur Übernahme in die Statistik der erneuerbaren Energieträger

4) Blockheizkraftwerke (BHKW) und Direkt-Gebläseantriebe (in Kläranlagen eingesetzt)

5) alle WKK-Anlagen, bei denen mehrere Technologien gleichzeitig installiert sind und spezielle Technologien wie Total-Energie-Anlagen TEA usw.

6) Die von den Eigenerzeugern den Elektrizitätswerken verkaufte Strommenge konnte nicht erfasst werden.

Erstellungsdatum: 14.6.01

Jahresstatistik 2000												
Typ 3		TOTAL	Anlagearten (Typ 3) der Klein-WKK-Statistik 4)									
der Klein-WKK-Jahresstatistik		(alle Anlagen)	fossile WP	Biogas LW	ARA o. GT	Deponieg.	foss. BHKW	Rest foss.	Biog. Gew/In	ARA nur GT	fossile GT	Rest(ARA)
Anlagekategorie 5) ->		W5	W4.BIO.1	W4.ARA.1a	W4.DEP	W4.FOS.1a	W4.FOS.1b	W4.BIO.2	W4.ARA.2	W4.FOS.2	W4.ARA.1b	
WKK-Anlagen in Betrieb (Jahresende)		A	B	C	D	E	F	G	H	I	K	
Anzahl WKK-Anlagen 1)	-	958	54	35	283	2	561	5	16	1	1	
Anzahl WKK-Aggregate	-	1301	62	37	429	4	729	8	29	2	1	
Installierte Leistungen												
- Anschlussleistung	MW	398.39	15.21	3.15	77.02	4.86	274.72	5.02	13.16	4.66	0.58	
- elektrische Leistung	MW	126.28		0.92	22.80	1.63	94.14	1.20	4.50	0.90	0.19	
- mechanische Leistung 2)	MW	1.22			1.22							
- Heizleistung	MW	236.28	24.32	1.70	42.89	2.72	150.08	4.95	6.80	2.50	0.33	
Jahresenergieverbrauch/ -produktion												
Endenergieverbrauch Total	GWh	1526.81	29.25	11.48	330.32	24.99	1063.42	11.72	30.87	23.18	1.58	
- Erdgas	GWh	868.35	25.03	0.23	1.43	22.45	807.50	11.72				
- Diesel / Heizöl EL	GWh	222.49	4.22	0.11	0.48		217.47		0.20			
- Propan	GWh	39.19			0.74		38.45					
- Klärgas	GWh	352.23			327.66				22.99		1.58	
- Deponiegas	GWh	2.54				2.54						
- Biogas	GWh	36.66		11.13					25.53			
- Fett/Öl erneuerbar	GWh	5.34							5.34			
- andere Energieträger	GWh	0.00							0.00			
produzierte Elektrizität	GWh	472.50		3.13	87.04	7.94	356.76	3.54	9.30	4.60	0.18	
ins EW-Netz eingespeiste Elektr. 3)	GWh											
genutzte mechanische Energie 2)	GWh	7.06			7.06							
produzierte Wärmeenergie	GWh	837.67	41.26	6.19	176.68	13.17	563.33	8.57	14.79	12.30	1.40	
genutzte Wärmeenergie	GWh	791.82	40.73	5.26	150.71	13.17	553.11	8.57	9.29	9.58	1.40	

Kommentare:

G:\2001\007KW-Ausw\Jahr_Typ3+2_2000.xls\Anhang D.1b+c

1) Eine WKK-Anlage(=Standort) kann mehrere WKK-Aggregate(=Modul) umfassen.

2) nur direkt genutzte mechanische Leistung und Energie (z.B. von Gebläseantrieben in Kläranlagen)

3) Die von den Eigenerzeugern den Elektrizitätswerken verkaufte Strommenge konnte nicht erfasst werden.

4) Die ausgewiesenen Anlagearten (Typ 3) der Klein-WKK-Statistik weisen leider aus verschiedenen Gründen eine ungeeignete Reihenfolge auf.

5) Ab Mitte 1998 (d.h. ab Stat. 1997) wurden neue Kategorien der thermischen Stromproduktion und der Wärmekraftkopplung definiert. Dabei wird u.a. zwischen stromprod. Klein-WKK-Anlagen (Kat. W4) und nicht stromprod. Klein-WKK-Anl. unterschieden.

Die stromprod. Klein-WKK-Anl. (W4) werden in 7 Unterkat. aufget. (W4.ARA.1, W4.ARA.2, W4.BIO.1, W4.BIO.2, W4.DEP, W4.FOS.1, W4.FOS.2). Es gilt zu beachten, dass in obiger Tabelle die Kat. W4.ARA.1 und W4.FOS.1 in je 2 Spalten erscheinen.

Erstellungsdatum: 14.6.01

Fortschreibungsparameter 2000											
	Kommentare zu den Fortschreibungsparametern	Anlagearten (Typ 3) der Klein-WKK-Statistik									
		fossile WP	Biogas LW	ARA o. GT	Deponieg.	foss. BHKW	Rest foss.	Biog. Gew/In	ARA nur GT	fossile GT	Rest(ARA)
Anlagekategorie ->		W5	W4.BIO.1	W4.ARA.1a	W4.DEP	W4.FOS.1a	W4.FOS.1b	W4.BIO.2	W4.ARA.2	W4.FOS.2	W4.ARA.1b
Allgemeine Annahmen		A	B	C	D	E	F	G	H	I	K
Prozentsatz der Vollbetriebsstunden, welche die neu in Betrieb genommenen Anlagen erreichten:											
a.) im letzten Jahr	Wert a gemäss Bild F.2c	35%	35%	35%	-	35%	35%	-	-	-	50%
b.) in diesem Jahr	Wert a gemäss Bild F.2c	35%	35%	35%	-	35%	35%	-	-	-	50%
Fortschreibungsparameter zur Ermittlung des/der Jahresenergieverbrauchs/-produktion											
Endenergieverbrauch Total	S3: Vollbetriebsstunden	1905	3800	4714		4042	2750				2281
- Erdgas	Split des Endenergieverbrauchs Total auf die verschiedenen Energieträger erfolgt gemäss den erhobenen Werten des Jahres 1993 (Ausnahme bei Anlagenart E)	85.6%	2.0%	0.4%	-	75.9%	100.0%	-	-	-	
- Diesel / Heizöl EL		14.4%	1.0%	0.1%	-	20.5%		-	-	-	
- Propan				0.2%	-	3.6%		-	-	-	
- Klärgas				99.2%	-			-	-	-	100.0%
- Deponiegas					-			-	-	-	
- Biogas			97.0%		-			-	-	-	
- Holz					-			-	-	-	
- andere Energieträger				-			-	-	-		
produzierte Elektrizität	S3: Vollbetriebsstunden		3540	4333	-	3980	3918	-	-	-	1232
ins EW-Netz eingespeiste Elektr.											
genutzte mechanische Energie	S3: Vollbetriebsstunden			5117	-			-	-	-	
produzierte Wärmeenergie	S3: Vollbetriebsstunden	1680	3750	4490	-	3898	1842	-	-	-	2257
genutzte Wärmeenergie	Anteil an Wärmeproduktion	98.7%	85.0%	85.3%	-	98.2%	100.0%	-	-	-	100.0%

G:\2001\007\KW-Ausw\Nahr_Typ3+2_2000.xls\Anhang D.1b+c

* *** * ** * *

* Fortschreibungsparameter der Anlagearten A,C,F und K basieren auf den erhobenen Daten der Jahre 1992 und 1993

** Die elektrischen Vollbetriebsstunden der fossilen BHKW (Anlageart E) basieren ab Auswertungsjahr 1996 auf einer anfangs 1998 durchgeführten Stichprobenerhebung (Betriebsjahre 96+97). Die Vollbetriebsstunden des Endenergieverbrauch und der produzierten Wärmeenergie werden daraus abgeleitet.

*** Fortschreibungsparameter der Anlageart B basieren auf den erhobenen Daten des Jahres 1999 (gem. Biogas-Statistik 1999).

Werte gemäss
Inputleistungsanteilen
im Jahre 1999

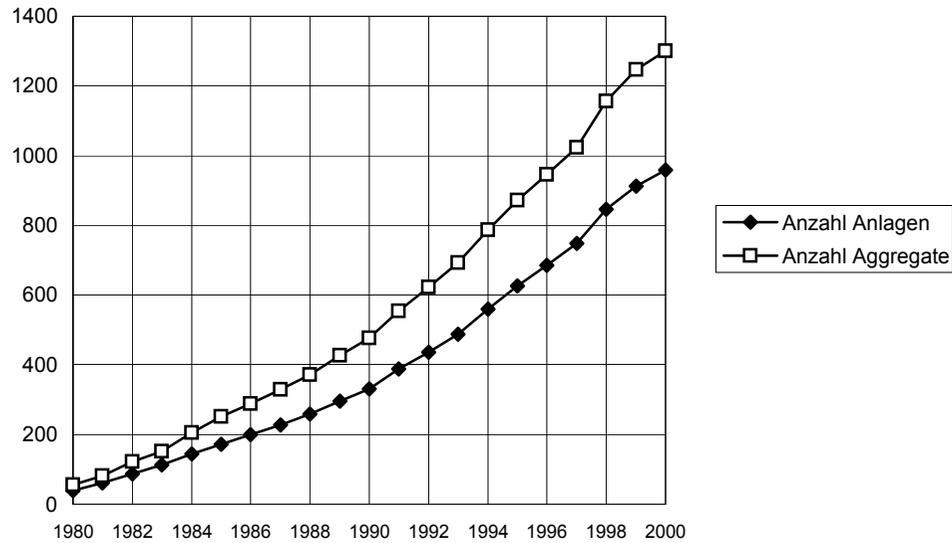
Anzahl Anlagen und Aggregate / Durchschnittliche Energieinputleistungen

betrachtete Anlagen und Aggregate: sämtliche in der Schweiz betriebene Klein-WKK-Anlagen

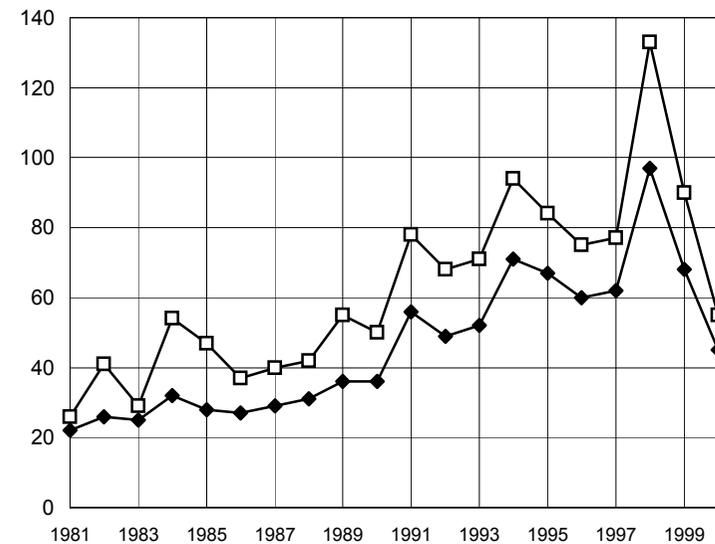
Kat. W4+W5

		1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
Anzahl Klein-WKK-Anlagen 1)		144	172	199	228	259	295	331	387	436	488	559	626	686	748	845	913	958
Anzahl Klein-WKK-Aggregate 2)		205	252	289	329	371	426	476	554	622	693	787	871	946	1023	1156	1246	1301
Anzahl Aggregate pro Anlage (Mittel)		1.42	1.47	1.45	1.44	1.43	1.44	1.44	1.43	1.43	1.42	1.41	1.39	1.38	1.37	1.37	1.36	1.36
durchschn. Inputleist. pro Anlage	kW/Anl.	325	388	363	350	386	379	392	391	389	398	423	419	415	415	412	413	416
durchschn. Inputleist. pro Aggregat	kW/Aggr.	228	265	250	243	270	262	273	273	273	280	301	301	301	304	301	302	306

Ende Jahr in der Schweiz betriebene Klein-WKK-Anlagen resp. -Aggregate



Zunahme der Anzahl Anlagen resp. Aggregate gegenüber Vorjahr



19. Jun 01

G:\2001\007\KW-Ausw[AA-ANZ.XLS]Anhang D.2a

Kommentare:

1) Klein-WKK-Anlage = Standort resp. Heizzentrale mit einem oder mehreren Klein-WKK-Aggregaten

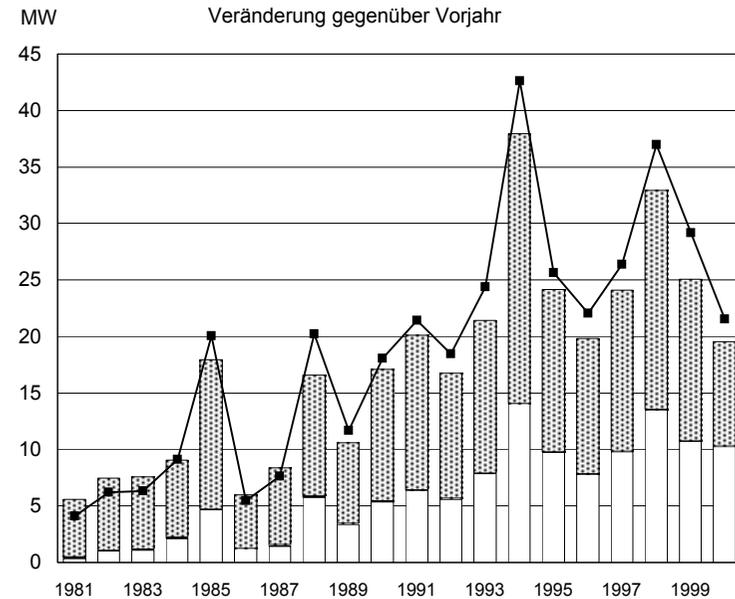
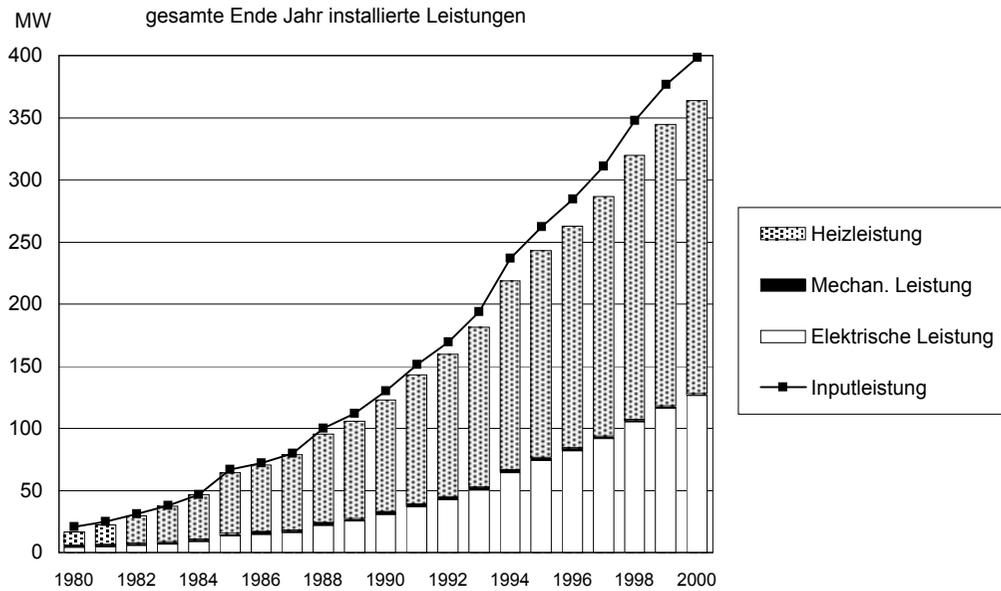
2) Klein-WKK-Aggregate werden auch Module bezeichnet

Installierte Leistungen

betrachtete Anlagen und Aggregate: sämtliche in der Schweiz betriebene Klein-WKK-Anlagen

Kat. W4 + W5

		1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
Anschlussleistung = Inputleistung	MW	46.73	66.79	72.25	79.89	100.10	111.75	129.82	151.23	169.67	194.04	236.66	262.29	284.36	310.73	347.72	376.87	398.39
Heizleistung	MW	35.94	49.19	53.97	60.81	71.49	78.64	90.35	104.06	115.14	128.67	152.58	166.98	178.97	193.25	212.65	227.01	236.28
Mechanische Leistung	MW	1.60	1.60	1.64	1.73	1.85	1.93	1.97	1.97	2.02	2.01	1.83	1.83	1.86	1.62	1.62	1.47	1.22
Elektrische Leistung	MW	8.84	13.52	14.70	16.13	21.89	25.25	30.60	37.00	42.59	50.46	64.47	74.23	82.02	91.81	105.32	116.01	126.28



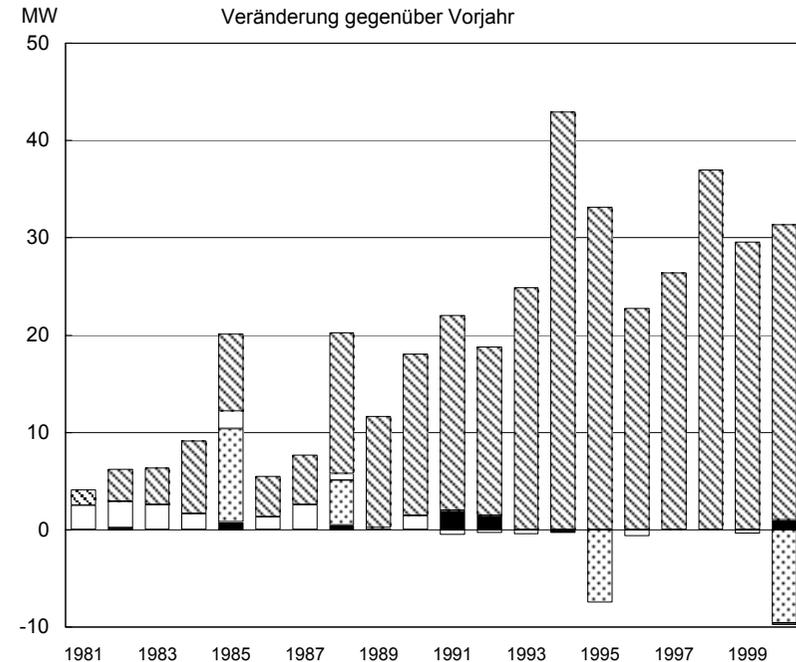
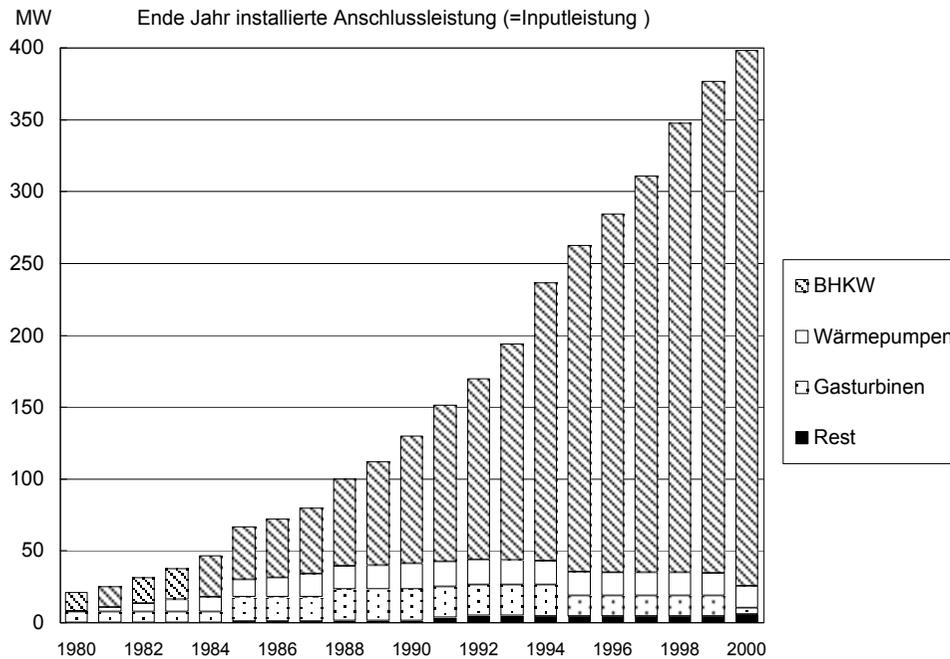
Installierte Anschlussleistungen (=Inputleistungen) aufgeteilt nach WKK-Technologien

betrachtete Anlagen und Aggregate: sämtliche in der Schweiz betriebene Klein-WKK-Anlagen

Kat. W4 + W5

		1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
BHKW (inkl. Gebläseantriebe)	MW	28.92	36.82	40.96	46.02	60.47	71.95	88.57	108.61	125.95	150.81	193.73	226.86	249.59	275.97	312.96	342.52	372.91
Gas- + Dieselmotorwärmepumpen*	MW	10.11	11.88	13.19	15.77	16.43	16.61	18.05	17.48	17.11	16.62	16.51	16.51	15.85	15.85	15.85	15.43	15.21
Gasturbinen (bis 1 MWe)	MW	7.50	17.10	17.10	17.10	21.76	21.76	21.76	21.76	21.76	21.76	21.76	14.26	14.26	14.26	14.26	14.26	4.66
restl. Anlagen (z.B. TEA)	MW	0.20	1.00	1.00	1.00	1.44	1.44	1.44	3.39	4.85	4.85	4.65	4.65	4.65	4.65	4.65	4.65	5.61
TOTAL	MW	46.73	66.80	72.25	79.89	100.10	111.76	129.82	151.24	169.67	194.04	236.65	262.28	284.35	310.73	347.72	376.86	398.39

* Kat. W5

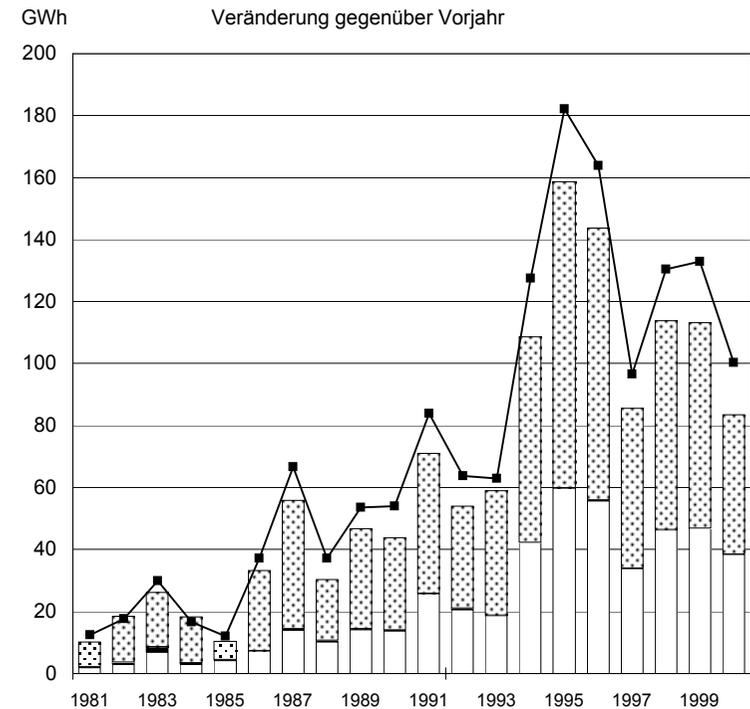
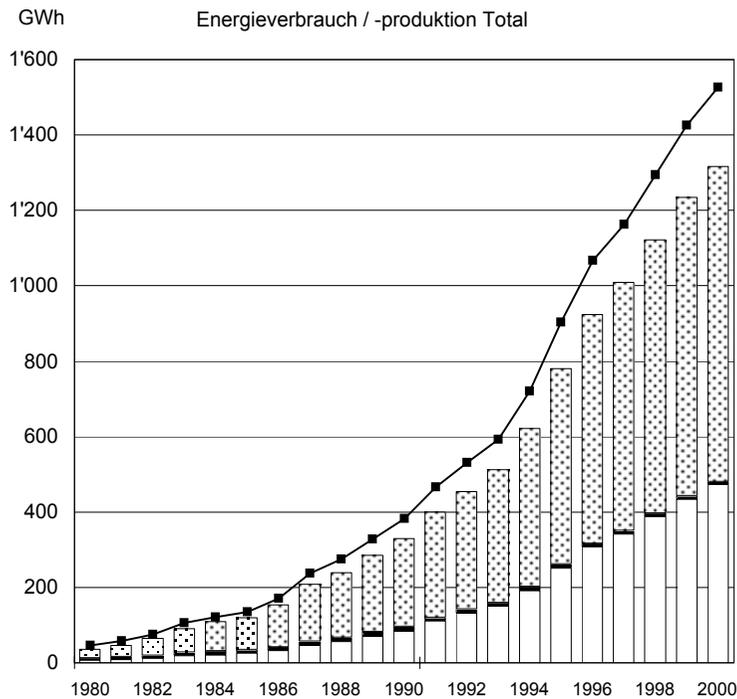


Energieverbrauch / -produktion

betrachtete Anlagen und Aggregate: sämtliche in der Schweiz betriebene Klein-WKK-Anlagen

Kat. W4 + W5

		1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
Endenergieverbrauch	GWh/a	121.9	134.1	171.1	237.8	274.9	328.5	382.5	466.4	530.2	593.1	720.7	902.8	1066.7	1163.1	1293.5	1426.5	1526.8
Wärmeproduktion	GWh/a	79.1	85.3	111.3	152.8	172.5	204.7	234.6	279.9	313.0	353.4	420.0	519.0	606.9	658.7	726.1	792.5	837.7
Mechanische Nutzenergie	GWh/a	9.2	9.3	9.3	9.8	10.2	10.5	10.6	10.0	10.3	10.1	9.7	9.4	9.4	9.1	8.3	8.0	7.1
Elektrizitätsproduktion	GWh/a	21.1	25.3	32.5	46.3	56.6	70.7	84.4	110.2	130.9	149.5	191.6	251.3	307.1	341.0	387.3	434.1	472.5
Gesamtwirkungsgrad	-	90%	89%	89%	88%	87%	87%	86%	86%	86%	86%	86%	86%	87%	87%	87%	87%	86%

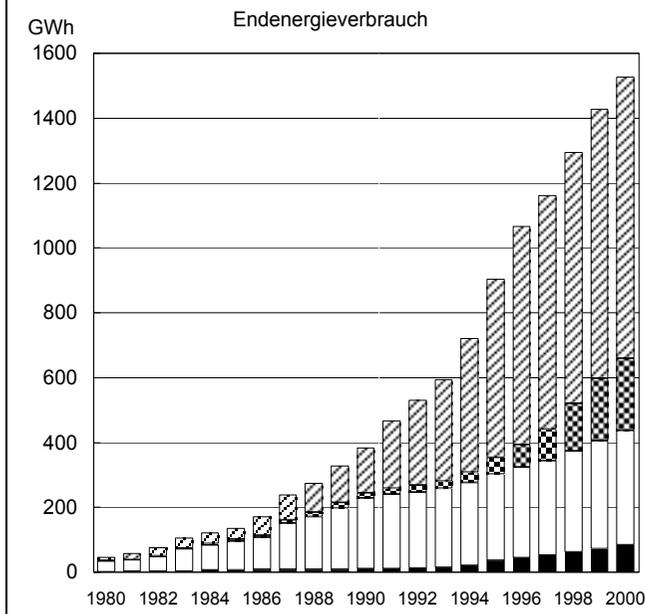


Endenergieverbrauch nach Energieträgern

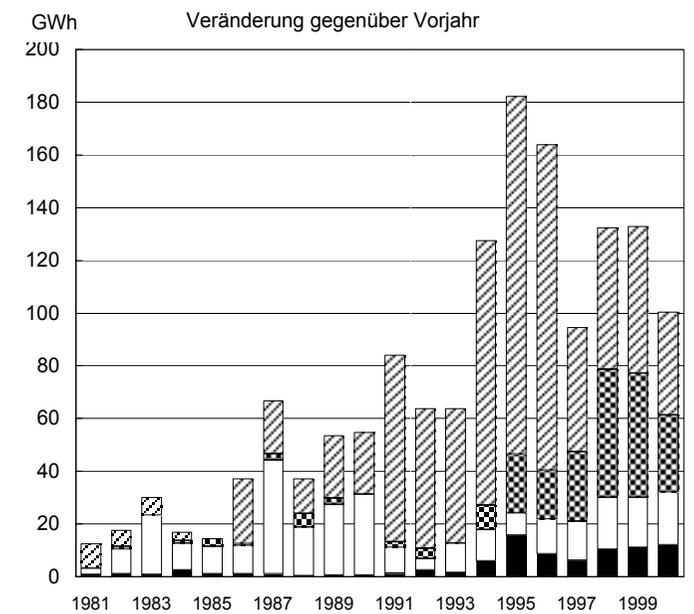
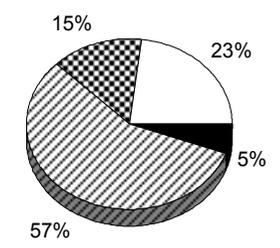
betrachtete Anlagen und Aggregate: sämtliche in der Schweiz betriebene Klein-WKK-Anlagen

Kat. W4 + W5

		1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
Erdgas	GWh/a	35.49	33.14	57.67	77.67	90.95	114.78	138.21	208.97	261.97	312.95	413.44	549.15	672.64	719.91	773.65	829.26	868.35
Diesel / Heizöl EL	GWh/a	2.92	5.80	6.65	9.21	14.14	16.58	16.00	18.12	22.04	21.14	30.37	52.54	71.19	97.49	145.95	193.09	222.49
Propan	GWh/a	0.19	0.87	1.46	1.65	1.76	1.85	2.01	3.78	6.06	6.69	10.00	14.06	23.92	26.24	30.29	31.88	39.19
Klärgas	GWh/a	78.47	89.03	99.79	142.98	161.62	188.38	219.12	228.93	233.49	244.81	256.70	265.24	278.29	293.15	313.05	332.29	352.23
Deponiegas	GWh/a	2.06	2.06	2.06	2.06	2.07	2.48	2.50	2.12	0.26	0.30	0.18	7.84	1.76	2.59	2.42	2.66	2.54
Biogas	GWh/a	2.81	3.13	3.49	4.24	4.38	4.36	4.58	4.47	6.42	7.20	9.96	13.99	18.85	21.88	28.19	35.22	36.66
Fett/Öl erneuerbar	GWh/a	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.04	5.34
andere Energieträger	GWh/a	0.01	0.03	0.03	0.03	0.01	0.03	0.06	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
TOTAL	GWh/a	121.95	134.06	171.15	237.84	274.93	328.46	382.48	466.44	530.24	593.09	720.65	902.82	1'066.7	1'161.3	1'293.6	1'426.4	1'526.8
Anteil erneuerbarer Energieträger		68%	70%	62%	63%	61%	59%	59%	50%	45%	43%	37%	32%	28%	27%	27%	26%	26%



Anteile im Jahr 2000



Anzahl Klein-WKK-Aggregate* ab 1990

Anlagekategorie	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
W4 Stromproduz. Klein-WKK-Anl.	410	485	556	626	720	804	880	957	1'090	1'182	1'239
W4.ARA.1 Kläranlagen mit BHKW	242	267	296	316	335	352	369	381	397	419	430
W4.ARA.2 Kläranlagen mit Gasturbinen	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	2
W4.BIO.1 Biogasanlagen Landwirtschaft	26	27	28	30	32	32	33	32	33	36	37
W4.BIO.2 Biogasanlagen Gewerbe u. Industrie	0	0	2	3	7	12	14	15	18	25	29
W4.DEF Deponiegas-WKK-Anlagen	1	2	2	2	5	4	4	4	4	4	4
W4.FOS.1 fossile BHKW	133	181	220	267	333	398	454	519	632	692	737
Bürogebäude (inkl. Banken)	26	31	38	46	55	64	72	83	93	95	97
Wärmeverbund (gemischte Nutzung)	7	10	14	21	32	37	42	53	54	55	61
Schulen, Sportanlagen	23	32	39	46	61	80	90	97	101	107	109
Wohngebäude	30	38	45	50	56	64	75	87	104	124	139
Gewerbe und Industrie	17	25	29	35	47	58	72	91	122	139	146
Spitäler, Heime	9	11	19	27	36	41	47	50	59	70	77
andere (und unbekannt)	21	34	36	42	46	54	56	58	99	102	108
W4.FOS.2 fossile Gasturbinen < 1 MWe	3	3	3	3	3	1	1	1	1	1	0
W5 Nicht stromprod. Klein-WKK-Anl.	67	71	68	67	67	67	66	66	66	64	62
Bürogebäude (inkl. Banken)	8	8	9	9	9	9	9	9	9	9	9
Wärmeverbund (gemischte Nutzung)	7	7	7	4	4	4	4	4	4	4	4
Schulen, Sportanlagen	21	23	20	20	19	19	19	19	19	19	17
Wohngebäude	13	13	11	13	13	13	13	13	13	11	11
Gewerbe und Industrie	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Spitäler, Heime	4	5	6	6	6	6	5	5	5	5	5
andere	13	13	13	13	14	14	14	14	14	14	14
W4+W5 Total alle Klein-WKK-Anlagen	477	556	624	693	787	871	946	1'023	1'156	1'246	1'301

* Eine Klein-WKK-Anlage (=Standort) kann mehrere WKK-Aggregate (=Module) umfassen.

Installierte elektrische Nennleistungen ab 1990 [MWe]

Anlagekategorie	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
W4 Stromproduz. Klein-WKK-Anl.	30.7	37.1	42.7	50.6	64.5	74.2	82.0	91.8	105.3	116.0	126.3
W4.ARA.1 Kläranlagen mit BHKW	9.39	10.27	11.19	12.26	12.65	13.65	14.42	15.97	17.41	18.73	22.99
W4.ARA.2 Kläranlagen mit Gasturbinen	2.28	2.28	2.28	2.28	2.28	2.28	2.28	2.28	2.28	2.28	0.90
W4.BIO.1 Biogasanlagen Landwirtschaft	0.38	0.40	0.40	0.43	0.47	0.47	0.48	0.50	0.66	0.86	0.92
W4.BIO.2 Biogasanlagen Gewerbe u. Industrie	0.00	0.00	0.09	0.20	0.70	1.13	1.38	1.46	2.24	4.00	4.50
W4.DEF Deponiegas-WKK-Anlagen	0.16	0.17	0.17	0.17	1.63	1.61	1.61	1.63	1.63	1.63	1.63
W4.FOS.1 fossile BHKW	16.42	21.94	26.52	33.23	44.69	54.54	61.30	69.41	80.54	87.96	95.34
Bürogebäude (inkl. Banken)	6.92	7.34	8.17	8.54	10.04	12.09	13.16	13.46	15.85	16.06	16.13
Wärmeverbund (gemischte Nutzung)	1.48	1.91	2.98	5.40	8.62	9.72	10.50	12.98	13.15	13.47	16.44
Schulen, Sportanlagen	1.43	2.30	2.86	2.99	6.19	8.81	9.43	10.10	10.74	11.24	11.75
Wohngebäude	2.54	3.47	4.30	5.25	6.06	6.73	7.64	7.96	9.07	10.28	11.05
Gewerbe und Industrie	2.00	3.61	3.83	5.13	6.36	7.73	10.07	13.19	18.03	21.26	22.99
Spitäler, Heime	0.75	1.14	2.17	2.85	4.05	4.90	5.55	6.48	7.66	8.81	10.01
andere (und unbekannt)	1.31	2.18	2.21	3.07	3.36	4.56	4.96	5.23	6.05	6.85	6.95
W4.FOS.2 fossile Gasturbinen < 1 MWe	2.05	2.05	2.05	2.05	2.05	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.00

Druckdatum: 19.06.2001

G:\2001\007\KW-Ausw[Einsge2000.xls]Anhang D.2f

Klein-WKK-Anlagen nach Leistungsklassen und Energieträger

berücksichtigte Anlagen: - alle Klein-WKK-Aggregate (W4+W5)
 - alle am Ende des Jahres 2000 in Betrieb stehenden Aggregate
 - Auswertung umfasst folgende Kantone: alle

Anzahl Aggregate nach Leistungsklassen und Hauptenergieträger

Leistungs- klasse der Aggregate	Erdgas	Propan	Diesel, HEL	Klärgas	Deponiegas	Biogas	Rest	Total Aggr.	in %
< 10 kWe	76	7	37	11	0	3	0	134	10.3%
10 - 19 kWe	138	9	1	160	0	21	0	329	25.3%
20 - 49 kWe	44	6	0	89	0	7	1	147	11.3%
50 - 99 kWe	74	11	2	86	0	15	0	188	14.5%
100 - 199 kWe	132	2	16	53	1	9	1	214	16.4%
200 - 349 kWe	40	4	67	7	0	2	4	124	9.5%
350 - 499 kWe	32	1	11	4	3	1	0	52	4.0%
>= 500 kWe	24	0	4	3	0	0	0	31	2.4%
Gebläseantriebe	0	0	0	17	0	0	0	17	1.3%
Wärmepumpen	56	0	8	1	0	0	0	65	5.0%
Total Aggr.	616	40	146	431	4	58	6	1'301	100.0%
in %	47.3%	3.1%	11.2%	33.1%	0.3%	4.5%	0.5%	100.0%	

Kumulierte elektr. Leistung [kWe] nach Leistungsklassen und Hauptenergietr.

Leistungs- klasse der Aggregate	Erdgas	Propan	Diesel, HEL	Klärgas	Deponiegas	Biogas	Rest	Total el. Leist.	in %
< 10 kWe	404	39	196	60	0	19	0	717	0.6%
10 - 19 kWe	2'065	135	18	2'187	0	297	0	4'703	3.7%
20 - 49 kWe	1'574	211	0	2'953	0	258	20	5'015	4.0%
50 - 99 kWe	5'530	860	162	5'170	0	1'135	0	12'857	10.2%
100 - 199 kWe	19'479	293	2'896	7'195	180	1'322	110	31'475	24.9%
200 - 349 kWe	10'421	1'057	13'620	1'778	0	534	1'200	28'610	22.7%
350 - 499 kWe	13'299	356	4'482	1'775	1'452	495	0	21'859	17.3%
>= 500 kWe	15'305	0	2'980	2'760	0	0	0	21'045	16.7%
Gebläseantriebe	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
Wärmepumpen	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
Total el. Leist.	68'077	2'950	24'354	23'877	1'632	4'060	1'330	126'280	100.0%
in %	53.9%	2.3%	19.3%	18.9%	1.3%	3.2%	1.1%	100.0%	

Ausdruck:

19.06.2001 17:31

G:\2001\007\KW-Ausw\LeistKlass-Energie.xls\Anhang D.2g

E. Spezialauswertungen

E.1 Kehrlichtverbrennungsanlagen

E.1a Entwicklung der elektrischen Nennleistung nach Betriebsarten

E.2 Deponiegasnutzung

E.2a Gesamte Deponiegasnutzung in der Schweiz

Gesamtauswertung der Teilauswertungen in den Anhängen E.2b bis E.2d

E.2b Deponiegasnutzung in Anlagen mit WKK-Gasmotoren

Gasmotoren, welche einen Gesamtwirkungsgrad (d.h. Jahresnutzungsgrad) über 60 % aufweisen, werden gemäss Definition im Kapitel 2 als Klein-WKK-Anlagen definiert. Die Energiedaten und Leistungen gemäss Anhang E.2b sind Bestandteil der Klein-WKK-Auswertungen dieses Berichtes (Kategorie W4.DEF).

E.2c Deponiegasnutzung in Anlagen mit Gasmotoren, welche einen Jahresnutzungsgrad unter 60 % aufweisen und darum nicht als Klein-WKK-Anlagen bezeichnet werden können

Gasmotoren, welche einen Gesamtwirkungsgrad (d.h. Jahresnutzungsgrad) unter 60 % aufweisen, werden gemäss Definition im Kapitel 2 nicht als Klein-WKK-Anlagen definiert. Die Angaben gemäss Anhang E.2c (= Kategorie T3) fehlen aus diesem Grund in den WKK-Auswertungen des vorliegenden Berichtes.

E.2d Deponiegasnutzung ausschliesslich mit Heizkesseln

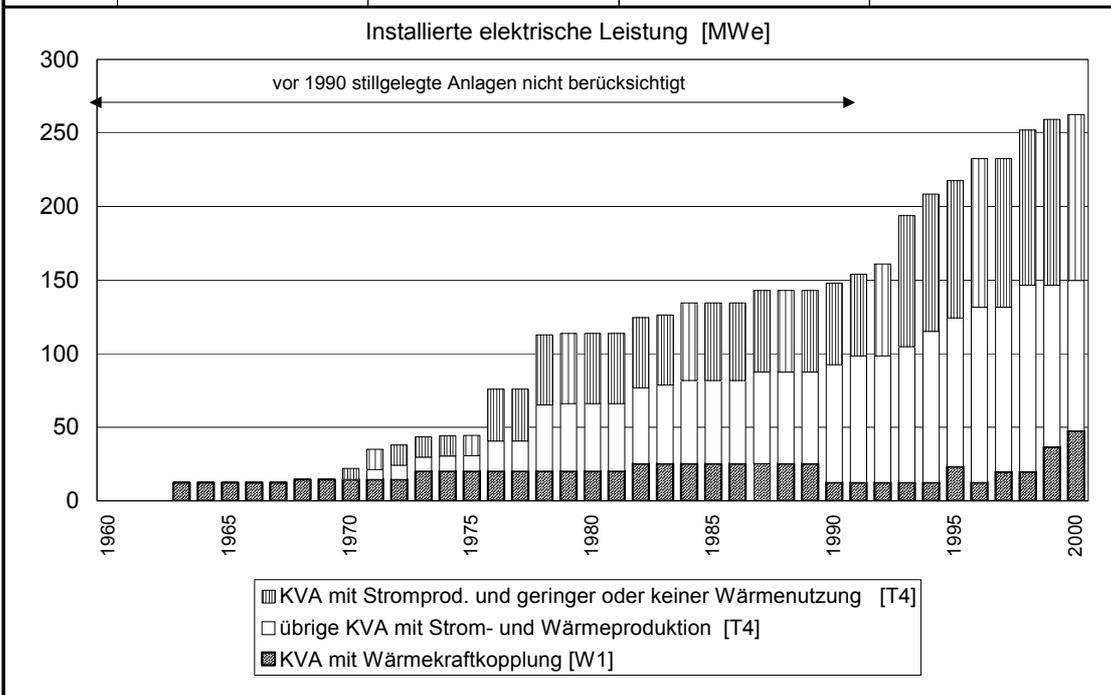
Deponiegas, welches in Anlagen ohne Gasmotoren (d.h. ausschliesslich mit Heizkesseln) genutzt wird, ist in Anhang E.2d erfasst.

Installierte elektr. Nennleistungen nach Betriebsarten [MWe]

berücksichtigte Anlagen:

alle Kehrichtverbrennungsanlagen (KVA)

Jahr	KVA mit Wärmekraftkopplung [W1]	übrige KVA mit Strom- und Wärmeproduktion [T4]	KVA mit Stromprod. und geringer oder keiner Wärmenutzung [T4]	TOTAL [W1] + [T4]
1960	0.00	0.00	0.00	0.00
1961	0.00	0.00	0.00	0.00
1962	0.00	0.00	0.00	0.00
1963	12.40	0.00	0.00	12.40
1964	12.40	0.00	0.00	12.40
1965	12.40	0.00	0.00	12.40
1966	12.40	0.00	0.00	12.40
1967	12.40	0.00	0.00	12.40
1968	14.50	0.00	0.00	14.50
1969	14.50	0.00	0.00	14.50
1970	14.50	0.00	7.54	22.04
1971	14.50	6.70	13.84	35.04
1972	14.50	9.60	13.84	37.94
1973	20.10	9.60	13.84	43.54
1974	20.10	10.40	13.84	44.34
1975	20.10	10.56	13.84	44.50
1976	20.10	20.56	35.26	75.92
1977	20.10	20.56	35.26	75.92
1978	20.10	45.06	47.66	112.82
1979	20.10	46.06	47.66	113.82
1980	20.10	46.06	47.66	113.82
1981	20.10	46.06	47.66	113.82
1982	25.30	51.56	47.66	124.52
1983	25.30	53.36	47.66	126.32
1984	25.30	56.41	52.76	134.47
1985	25.30	56.41	52.76	134.47
1986	25.30	56.41	52.76	134.47
1987	25.30	62.21	55.46	142.97
1988	25.30	62.21	55.46	142.97
1989	25.30	62.21	55.46	142.97
1990	12.40	80.11	55.46	147.97
1991	12.40	86.16	55.46	154.02
1992	12.40	86.16	62.36	160.92
1993	12.40	92.36	89.11	193.87
1994	12.40	102.67	93.31	208.38
1995	23.20	101.17	93.31	217.68
1996	12.40	119.22	101.01	232.63
1997	19.65	111.97	101.01	232.63
1998	19.65	126.87	105.31	251.83
1999	36.65	109.87	112.61	259.13
2000	47.45	102.36	112.61	262.42



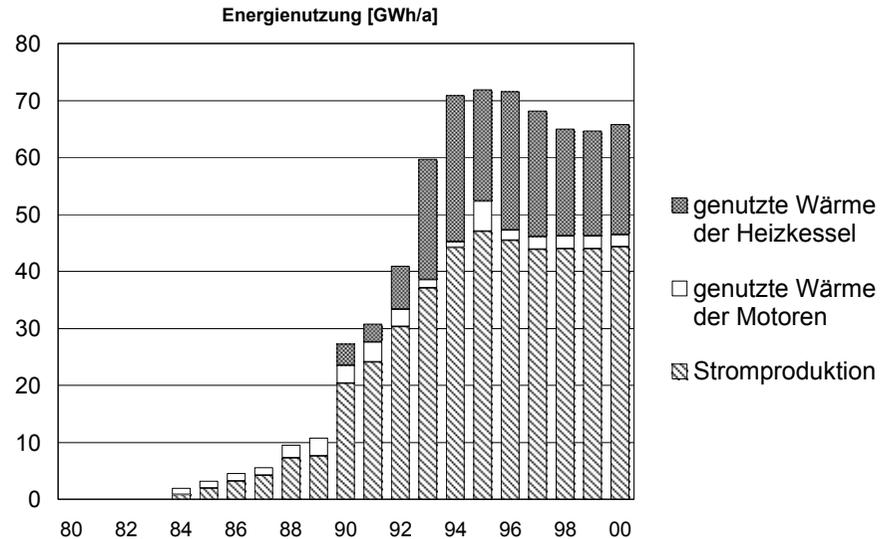
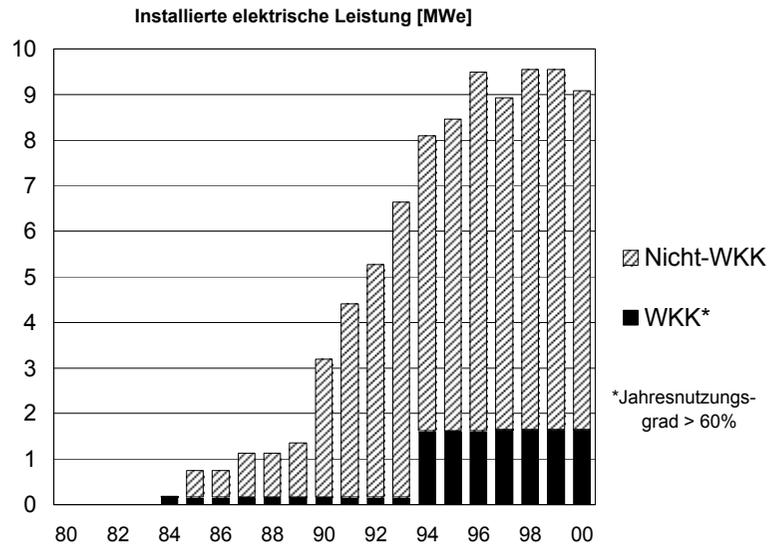
Deponiegasnutzung mit Gasmotoren und Heizkesseln (Gesamtauswertung)

betrachtete Anlagen: sämtliche in der Schweiz mit Deponiegas betriebenen Motoren und Heizkessel

		1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
Anzahl Anlagen	-	2	3	3	3	4	4	7	9	11	11	11	12	12	12	13	13	13
Anzahl Gasmotoren (WKK-Aggregate)	-	2	5	5	6	6	7	10	13	15	17	20	20	22	21	22	22	21
Install. Energieinputleistung der Motoren	MW	0.68	2.55	2.55	3.73	3.73	4.45	10.07	14.11	16.86	20.89	25.16	26.29	29.23	27.30	29.01	29.01	27.58
Install. elektrische Leistung der Motoren	MW	0.19	0.75	0.75	1.13	1.13	1.35	3.19	4.41	5.27	6.64	8.09	8.47	9.50	8.93	9.55	9.55	9.08
Deponiegasverbrauch Gasmotoren	GWh/a	2.46	6.15	10.46	13.86	23.64	24.89	63.93	76.15	97.44	118.83	141.55	147.43	141.36	135.49	137.50	138.50	136.05
Stromproduktion Gasmotoren**	GWh/a	0.78	1.89	3.18	4.20	7.18	7.61	20.31	24.08	30.25	37.10	44.20	47.03	45.44	43.83	43.97	43.92	44.25
mit Motoren prod. Wärmeenergie	GWh/a	1.23	1.97	2.57	3.05	6.29	7.07	9.61	9.50	11.40	8.88	9.06	13.61	10.64	9.74	9.54	8.53	11.91
genutzte Wärmeenergie der Motoren	GWh/a	1.13	1.33	1.35	1.36	2.36	3.11	3.20	3.49	3.06	1.45	0.96	5.27	1.78	2.33	2.30	2.24	2.23
Deponiegasverbrauch Heizkessel*	GWh/a	fehlende Angaben						4.44	3.82	9.13	26.57	35.71	23.10	28.42	25.83	21.19	21.14	23.25
prod./genutzte Wärme der Kessel*	GWh/a	fehlende Angaben						3.67	3.19	7.65	21.05	25.71	19.57	24.26	21.95	18.73	18.47	19.27

* mit Deponiegas betriebene Heizkessel

** nur mit Deponiegas erzeugter Strom (allfällige Stromprod. mit Erdgas in gl. Anl. nicht enthalten)



Deponiegasnutzung mit Gasmotoren (WKK) Kat. W4.DEP

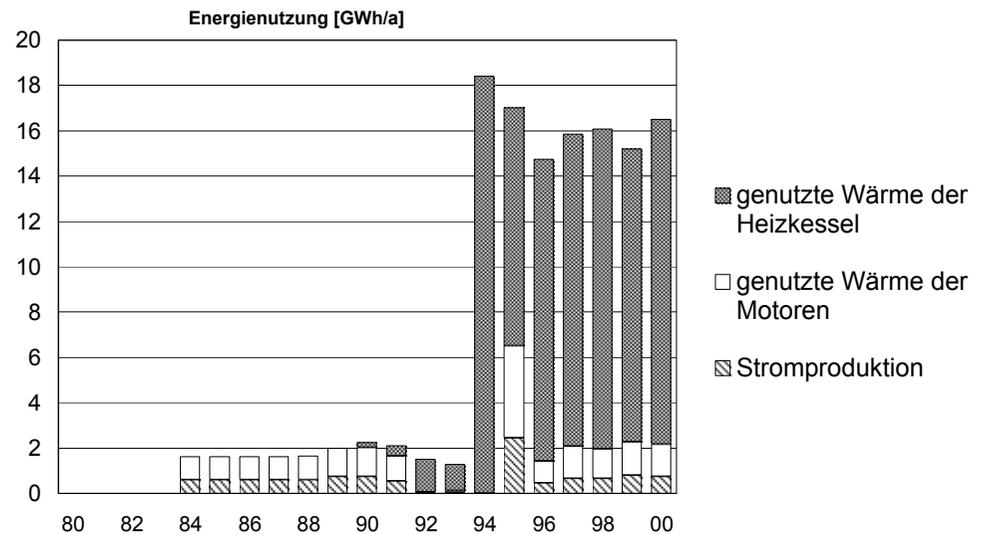
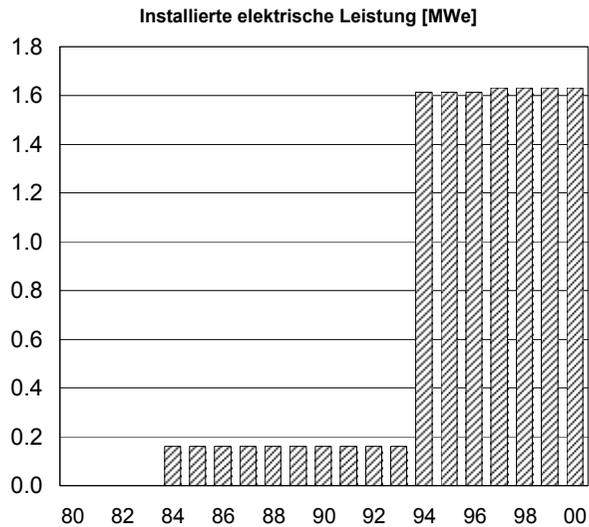
betrachtete Anlagen: sämtliche in der Schweiz betriebenen Deponiegasmotoren mit einem Jahresnutzungsgrad* über 60%

* Jahresnutzungsgrad = (genutzte Wärmeenergie + Stromproduktion) / Deponiegasverbrauch

		1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	
Anzahl Anlagen	-	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	
Anzahl Gasmotoren (WKK-Aggregate)	-	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	4	4	4	4	4	4	4	
Install. Energieinputleistung der Motoren	MW	0.58	0.58	0.58	0.58	0.58	0.58	0.58	0.58	0.58	0.58	4.84	4.84	4.84	4.86	4.86	4.86	4.86	
Install. elektrische Leistung der Motoren	MW	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	1.61	1.61	1.61	1.63	1.63	1.63	1.63	
Deponiegasverbrauch Gasmotoren	GWh/a	1.88	1.88	1.88	1.88	1.88	2.30	2.31	1.93	0.08	0.12	0.00	7.84	1.76	2.59	2.42	2.66	2.54	
Stromproduktion Gasmotoren***	GWh/a	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.74	0.74	0.55	0.02	0.02	0.00	2.44	0.45	0.66	0.65	0.80	0.75	
mit Motoren prod. Wärmeenergie	GWh/a	1.03	1.03	1.03	1.03	1.04	1.26	1.27	1.09	0.05	0.08	0.00	4.17	0.96	1.41	1.32	1.46	1.41	
genutzte Wärmeenergie der Motoren	GWh/a	1.03	1.03	1.03	1.03	1.04	1.26	1.27	1.09	0.05	0.08	0.00	4.07	0.96	1.41	1.32	1.46	1.41	
Deponiegasverbrauch Heizkessel**	GWh/a	fehlende Angaben							0.27	0.53	1.71	1.38	26.69	11.83	14.90	15.14	15.56	14.53	17.27
prod./genutzte Wärme der Kessel**	GWh/a	fehlende Angaben							0.23	0.45	1.45	1.17	18.40	10.50	13.32	13.78	14.11	12.95	14.34

** mit Deponiegas betriebene Heizkessel in der gleichen Heizzentrale

*** nur mit Deponiegas erzeugter Strom (allfällige Stromproduktion mit Erdgas in gleichen Anlagen nicht enthalten)



19.6.01

G:\2001\007\KW-Ausw\DEP1982-2000.XLS\Anhang E.2b Ber

Kommentar: (1) Im Fernheizkraftwerk Liestal wird das Deponiegas ab 1997 nur noch in den Heizkesseln genutzt. Die Gasmotoren werden ausschliesslich mit Erdgas betrieben.

Deponiegasnutzung mit Gasmotoren (ohne WKK)

Kat. T3

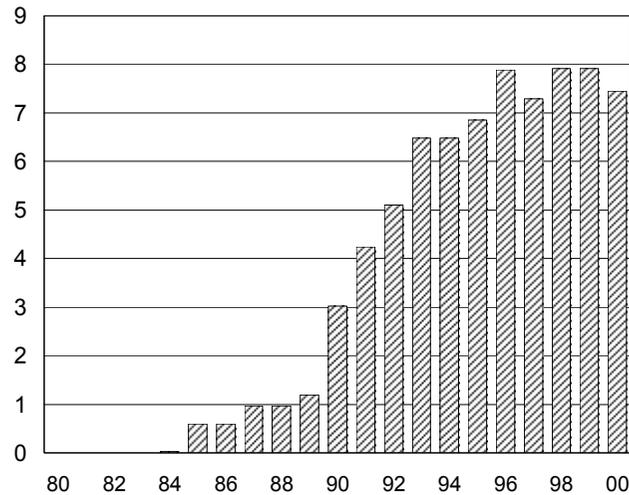
betrachtete Anlagen: sämtliche in der Schweiz betriebenen Deponiegasmotoren mit einem Jahresnutzungsgrad* bis 60%

* Jahresnutzungsgrad = (genutzte Wärmeenergie + Stromproduktion) / Deponiegasverbrauch

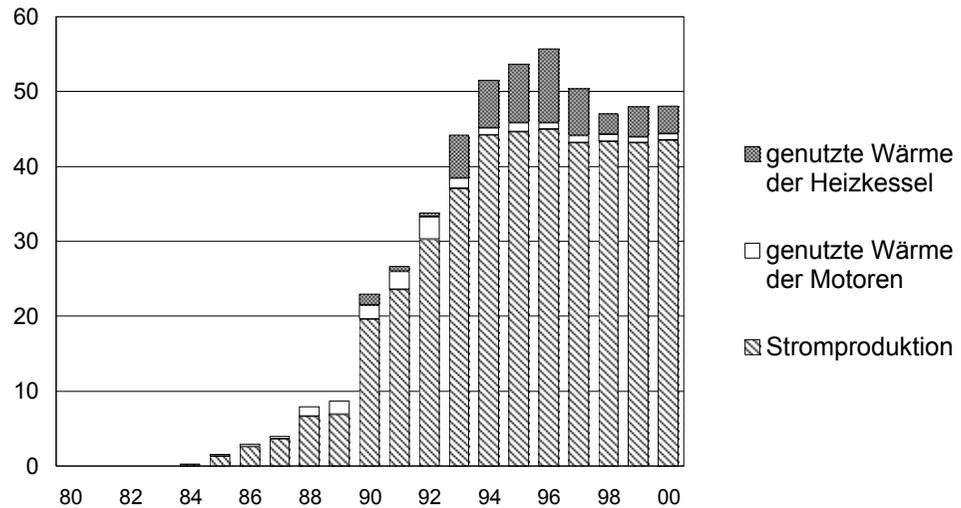
		1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
Anzahl Anlagen	-	1	2	2	2	3	3	4	6	7	8	7	8	8	8	9	9	9
Anzahl Gasmotoren (WKK-Aggregate)	-	1	4	4	5	5	6	9	12	14	16	16	16	18	17	18	18	17
Install. Energieinputleistung der Motoren	MW	0.10	1.97	1.97	3.15	3.15	3.87	9.49	13.53	16.28	20.31	20.32	21.45	24.39	22.44	24.15	24.15	22.72
Install. elektrische Leistung der Motoren	MW	0.03	0.59	0.59	0.97	0.97	1.19	3.03	4.25	5.11	6.48	6.48	6.85	7.88	7.29	7.91	7.91	7.45
Deponiegasverbrauch Gasmotoren	GWh/a	0.59	4.28	8.58	11.99	21.75	22.60	61.62	74.21	97.36	118.71	141.55	139.59	139.59	132.89	135.08	135.83	133.51
Stromproduktion Gasmotoren	GWh/a	0.18	1.29	2.58	3.60	6.58	6.87	19.57	23.53	30.23	37.08	44.20	44.60	44.99	43.17	43.32	43.13	43.50
mit Motoren prod. Wärmeenergie	GWh/a	0.20	0.94	1.54	2.02	5.25	5.81	8.34	8.41	11.35	8.80	9.06	9.44	9.68	8.33	8.22	7.07	10.50
genutzte Wärmeenergie der Motoren	GWh/a	0.10	0.30	0.31	0.32	1.32	1.84	1.92	2.40	3.01	1.38	0.96	1.20	0.82	0.91	0.98	0.77	0.82
Deponiegasverbrauch Heizkessel**	GWh/a	fehlende Angaben						1.79	0.90	0.64	7.01	7.80	9.78	12.22	8.30	3.23	4.89	4.52
prod./genutzte Wärme der Kessel**	GWh/a	fehlende Angaben						1.43	0.72	0.51	5.71	6.35	7.88	9.89	6.26	2.71	4.03	3.77

** mit Deponiegas betriebene Heizkessel in der gleichen Heizzentrale

Installierte elektrische Leistung [MWe]

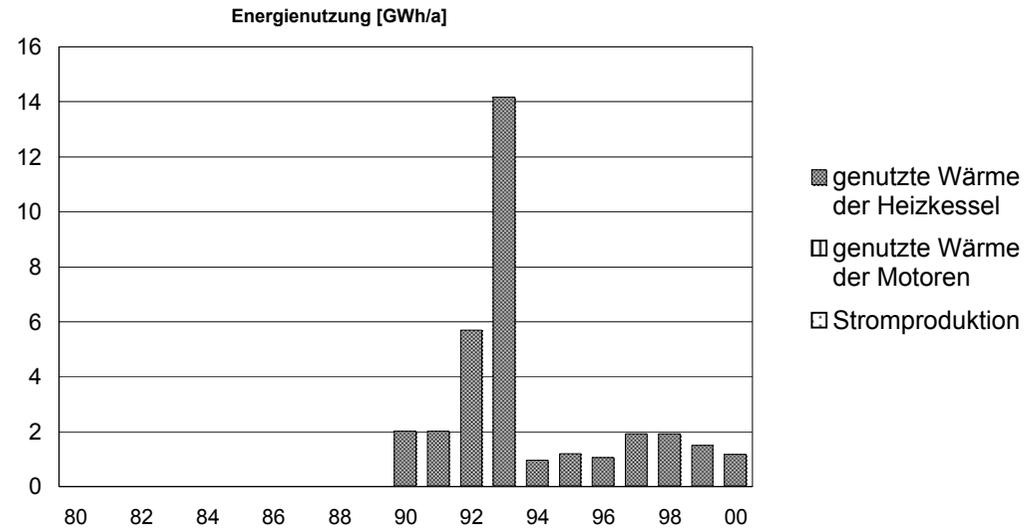


Energienutzung [GWh/a]



		1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	
Deponiegasnutzung ausschliesslich mit Heizkesseln																			
betrachtete Anlagen: sämtliche in der Schweiz betriebenen Deponiegas-Feuerungen (Anlagen ausschliesslich mit Heizkesseln)																			
Anzahl Anlagen	-	fehlende Angaben						2	2	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Anzahl Gasmotoren (WKK-Aggregate)	-																		
Install. Energieinputleistung der Motoren	MW																		
Install. elektrische Leistung der Motoren	MW																		
Deponiegasverbrauch Gasmotoren	GWh/a																		
Stromproduktion Gasmotoren	GWh/a																		
mit Motoren prod. Wärmeenergie	GWh/a																		
genutzte Wärmeenergie der Motoren	GWh/a																		
Deponiegasverbrauch Heizkessel*	GWh/a	fehlende Angaben						2.39	2.39	6.79	18.19	1.21	1.49	1.31	2.39	2.40	1.72	1.46	
prod./genutzte Wärme der Kessel*	GWh/a	fehlende Angaben						2.01	2.01	5.69	14.17	0.97	1.19	1.05	1.91	1.92	1.49	1.16	

* mit Deponiegas betriebene Heizkessel in der gleichen Heizzentrale



F. Erläuterungen zur Statistik

Bis 2000 wurden im Auftrag des Bundesamtes für Energie durch die Dr.EICHER+PAULI AG im Wesentlichen folgende Berichte über WKK-Anlagen und die thermische Stromproduktion in der Schweiz veröffentlicht:

- Für die Jahre 1992 bis 1996 wurde jährlich eine eigenständige Statistik über die Klein-WKK-Anlagen publiziert.
- Ab dem Auswertungsjahr 1997 wurde jährlich eine Statistik über die gesamte thermische Stromproduktion veröffentlicht [Thermisch 99].

Zusammenfassungen dieser Resultate wurden in den vergangenen Jahren auch in der schweizerischen Elektrizitäts- und in der Gesamtenergiestatistik präsentiert. Andererseits wurden die Angaben über thermische Stromerzeuger, welche erneuerbare Energien verwenden, in der schweizerischen Statistik der erneuerbaren Energien [SdEE] verwendet.

In den Kapiteln F.1 und F.2 finden sich nähere Angaben zu früheren Ausgaben, zu den vorhandenen Daten, zu den durchgeführten Erhebungen und zur Energiedatenfortschreibung der Klein- und Gross-WKK-Statistik.

F.1 Gross-WKK-Statistik

F.1.1 Frühere Ausgaben und Erhebungen

2000 wurden mittels Vollerhebung die Stammdaten aller Gross-WKK-Anlagen aktualisiert, neue Anlagen sowie die Jahresdaten des Betriebsjahres 2000 erfasst. Im Vergleich zu den bisherigen Resultaten ergaben sich nur geringe Unterschiede (einzelne Korrekturen von Vorjahreswerten).

F.1.2 Vorliegende Daten

Datenbank:	Die Daten zu den Gross-WKK-Anlagen werden in einer Access-Datenbank verwaltet (Access-Vers. 2.0).
erfasste Daten: (Kat. W1, W2, W3)	<ul style="list-style-type: none">• Adresse und Bezeichnung der Anlage• Adresse des Anlagebetreibers• Stammdaten zu den Gross-WKK-Aggregaten (Inbetriebnahmedatum, Hersteller, Typ, elektrische Leistung, Energieträger)• Endenergieverbrauch seit 1990 (bei einigen Anlagen konnte nur der Energieträgersplit erhoben werden)• Stromproduktion und Verkauf ans EW (Jahre 1990 bis 2000)
zusätzliche Daten: (Kat. T4)	In der gleichen Access-Datenbank werden auch die Stamm- und Energiedaten sämtlicher KVA erfasst (d.h. nicht nur Kat. W1 sondern auch Kat. T4). Zusätzlich zu obigen Daten sind zu den KVA auch die produzierten und verkauften Wärmemengen erfasst.

F.2 Klein-WKK-Statistik

F.2.1 Frühere Ausgaben und Erhebungen

Seit 1992 wurde jährlich eine Statistik über die Klein-WKK-Anlagen publiziert. Die Klein-WKK-Statistik hat in den vergangenen Jahren einige Änderungen erfahren (methodische Änderungen, Korrektur von Fehlern). Aus diesem Grund stimmen einzelne Angaben früherer Statistik-Ausgaben nicht mehr mit der jeweils neusten Publikation überein.

Nachstehend sind die wichtigsten Änderungen der Klein-WKK-Statistik aufgelistet:

- In der ersten 1992 erschienenen Ausgabe waren Kleinst-Anlagen bis 100 kW Inputleistung nicht berücksichtigt.
- Bis zur Statistik 1994 wurden die Stammdaten der neuen Klein-WKK-Anlagen bei den Anlagebetreibern eingeholt. Seither basieren die Angaben zu den neuen Klein-WKK-Anlagen in der Regel ausschliesslich auf Angaben der Lieferanten.
- Die Energiedaten bis und mit Betriebsjahr 1993 basieren grösstenteils auf Betreiberangaben (Quasi-Vollerhebung). Ab 1994 wurden die Energiedaten entsprechend der Leistungsentwicklung und mit den aus den Betriebsjahren 92/93 abgeleiteten Vollbetriebsstunden fortgeschrieben. Nur bei vier speziellen Kategorien (W4.DEP, W4.BIO.2, W4.ARA.2, W4.FOS.2) wurden die jährlichen Energiedaten weiterhin einzelanlagenweise erhoben. Das Fortschreibungsmodell ist im Anhang F.2.3 ausführlich beschrieben.
Aufgrund der anfangs 1998 durchgeführten Stichprobenerhebung wurde festgestellt, dass die Vollbetriebsstunden der fossilen BHKW (Kat. W4.FOS.1) im Zeitraum 1993 bis 1996 um beachtliche 35 % zugenommen haben. Bei der Energiedaten-Fortschreibung mussten aus diesem Grund bei den fossilen BHKW (Kat. W4.FOS.1) rückwirkende Korrekturen vorgenommen werden.
- In der Statistik 1996 wurde erstmals die in der Einleitung beschriebene WKK-Definition angewandt. Dies hatte zur Folge, dass die meisten mit Deponiegas betriebenen Anlagen nicht mehr als Klein-WKK-Anlagen betrachtet wurden. Dies entsprach einer (rückwirkenden) "Umbuchung" von Kategorie W4.DEP in Kategorie T3.
- Im Jahre 1999 wurde eine neue Access-Datenbank für die Klein-WKK-Anlagen geschaffen. Diese ermöglichte eine wesentliche Vereinfachung der Datenerfassung, -pflege und -auswertung. Seit Beginn der Klein-WKK-Erhebungen anfangs der neunziger Jahre wurde mittels einer Omnis-Datenbank-Applikation in drei Teil-Datenbanken sowie einer Excel-Tabelle mit Kleinst-Anlagen die Daten verwaltet. Die seinerzeit erste Windows-konforme Datenbank Omnis ist aus heutiger Sicht zu komplex und unflexibel für eine bedienerfreundliche Datenbank. Aus diesem Grund wurden die Daten in eine Access-Datenbank portiert. Dies ermöglicht nun wesentlich einfachere Auswertungen, Eingaben usw.

F.2.2 Vorliegende Daten

Datenbank: (Kat. W4, W5, T3)	Die Daten zu den Klein-WKK-Anlagen werden seit März 1999 in einer Access-Datenbank verwaltet (Access-Vers. 2000).
erfasste Daten: (Kat. W4 und W5) * Bei Anlagen, deren Angaben ausschliesslich vom Lieferanten stammen (d.h. sogenannte minimal erfasste Anlagen) ist die Datenqualität z.T. nicht optimal (z.B. unvollständige Adressen) ** Energiedaten bis 1993 ziemlich vollständig; ab 1994 nur noch bei Anlagen mit jährlicher Erhebung (siehe Kap. F.2.3) oder bei Teilnahme an der Stichprobenerhebung 2000)	<ul style="list-style-type: none"> • Adresse und Bezeichnung der Anlage* • Adresse des Anlagebetreibers* • Art und Beschreibung der mit Wärme versorgten Gebäude* • Folgende Stammdaten zu den Klein-WKK-Aggregaten: Inbetriebnahme- und evtl. Stilllegedatum, Hersteller, Typ, Nennleistungen (Input, elektrisch, thermisch), Energieträger, Schadstoffreduktionsmassnahme • Endenergieverbrauch der Klein-WKK-Anlagen** • Stromproduktion und Verkauf ans EW** • Wärmeproduktion und -nutzung** • Betriebsstunden und Startimpulse der einzelnen Aggregate**
zusätzliche Daten: (Kat. T3)	In der Access-Datenbank der Klein-WKK-Anlagen werden auch die Stamm- und Energiedaten sämtlicher Deponiegasverstromungsanlagen erfasst (Kat. T3). Die Energiedaten der Deponiegasmotoren und allfälliger Heizkessel mit Deponiegasnutzung werden jährlich erhoben.
Unsicherheiten:	Die aktuelle Klein-WKK-Statistik weist folgende Unsicherheiten auf: <ul style="list-style-type: none"> • Allfällige ersatzlose Stilllegungen von Anlagen werden nur z.T. in Erfahrung gebracht. Insbesondere bei den Gas- und Dieselmotor-Wärmepumpen (Kat. W5) dürften diese Fälle zunehmen. Im Herbst 2001 wird eine Umfrage durchgeführt, um allfällige Stilllegungen älterer Anlagen erfassen zu können. • Im Bereich der Abwasserreinigungsanlagen wurden in den vergangenen Jahren grosse Anstrengungen zur Betriebsoptimierung unternommen (E2000-Beschleunigungsaktion 'Energie in ARA'). Aus diesem Grund ist zu erwarten, dass die aus den Jahren 92/93 stammenden Vollbetriebsstundenzahlen bei BHKW in ARA (Kat. W4.ARA.1) inzwischen zugenommen haben. Diese Frage wird evtl. näher geprüft.

F.2.3 Fortschreibung der Energiedaten

Aus Kostengründen können nur alle 3 bis 5 Jahre Energiedaten bei den Betreibern von bestehenden Anlagen erhoben werden. Aus diesem Grund wurde ein geeignetes **Modell für die Fortschreibung** entwickelt.

In einem ersten Schritt wurde der Anlagebestand in möglichst homogene Gruppen aufgeteilt. Insgesamt wurden zehn Anlagearten unterschieden. Dazu wurde der **Typ 3 der Jahresstatistik** definiert (siehe Bild F.2a und Anhang D.1b). Darin sind die statistischen Angaben zu den zehn Anlagearten spaltenweise aufgeführt. Die Spalten werden mit den Buchstaben A bis K bezeichnet (siehe Bild F.2a und zugehörige Definitionen in Tabelle F.2b).

Bei den Anlagearten D, G, H und I werden jedes Jahr die Energiedaten telefonisch oder schriftlich erhoben.

Bei den restlichen Anlagearten wurden die Energiedaten jeweils mit dem in Bild F.2c beschriebenen Berechnungsmodell ermittelt. Dieses einfache Modell zur Fortschreibung der Energiedaten ergibt genügend genaue Resultate. Die grösste Ungenauigkeit dürfte beim Split des gesamten Endenergieverbrauchs auf die verschiedenen Energieträger auftreten. Dieser Split wurde bei den Anlagearten A, B und C vereinfachend dem Split des Jahres 1993 gleichgesetzt. Bei den mit fossilen Energieträgern betriebenen BHKW (=Anlageart E) wurde der mit dem Berechnungsmodell ermittelte Endenergieverbrauch entsprechend dem Verhältnis der installierten Inputleistungen auf die Energieträger Erdgas, Diesel und Propan aufgeteilt.

Die für das Fortschreibungsmodell verwendeten Parameter wie Vollbetriebsstunden und Energieträgersplit sind im Anhang D.1c dargestellt.

Schweiz. Statistik der Klein-WKK-Anlagen (Bundesamt für Energie BFE)

Jahresstatistik		1997										
Typ 3		TOTAL	Anlagearten (Typ 3) der Klein-WKK-Statistik									
der Klein-WKK-Jahresstatistik		(alle Anlagen)	fossile WP	Biogas LW	ARA o. GT	Deponieg.	foss. BHKW	Rest foss.	Biog. Gew/In	ARA nur GT	fossile GT	Rest(ARA)
Anlagekategorie ->		W5	W4.BIO.1	W4.ARA.1a	W4.DEP	W4.FOS.1a	W4.FOS.1b	W4.BIO.2	W4.ARA.2	W4.FOS.2	W4.ARA.1b	
WKK-Anlagen in Betrieb (Jahresende)		A	B	C	D	E	F	G	H	I	K	
Anzahl WKK-Anlagen 1)	-	749	57	31	250	2	394	3	8	2	1	1
Anzahl WKK-Aggregate	-	1024	66	33	379	4	513	6	15	5	1	2
Installierte Leistungen												
- Anschlussleistung	MW	310.51	15.85	1.82	58.00	4.84	206.51	3.85	4.58	11.29	2.97	0.80
- elektrische Leistung	MW	91.77		0.48	15.86	1.61	68.68	0.75	1.46	2.28	0.55	0.11
- mechanische Leistung 2)	MW	1.62			1.62							
- Heizleistung	MW	193.01	25.39	1.25	32.88	2.70	115.30	4.49	2.43	5.96	1.71	0.91
Jahresenergieverbrauch/ -produktion												
Endenergieverbrauch Total	GWh	1161.26	30.19	5.66	260.93	23.92	777.45	10.59	16.32	32.88	1.49	1.83
- Erdgas	GWh	719.91	25.83	0.11	1.13	21.08	659.69	10.59			1.49	
- Diesel / Heizöl EL	GWh	97.49	4.36		0.38		92.36			0.40		
- Propan	GWh	26.24			0.59	0.25	25.40					
- Klärgas	GWh	293.15			258.83					32.48		1.83
- Deponiegas	GWh	2.59				2.59						
- Biogas	GWh	21.88		5.56					16.32			
- Holz	GWh											
- andere Energieträger	GWh											
produzierte Elektrizität	GWh	340.55		1.37	64.36	7.31	252.33	2.93	5.11	6.71	0.31	0.13
ins EW-Netz eingespeiste Elektr. 3)	GWh											
genutzte mechanische Energie 2)	GWh	9.10			9.10							
produzierte Wärmeenergie	GWh	657.42	42.65	3.49	141.04	13.03	419.93	8.27	8.12	17.77	1.05	2.06
genutzte Wärmeenergie	GWh	616.71	42.11	2.84	120.31	13.02	412.32	8.27	4.28	11.51		2.06



G:\1998\001\ALL-BER\ISTA-TYP.XLS Ber3

Bild F.2a Typ 3 der Klein-WKK-Jahresstatistik (Beispiel, aktuelle Auswertung siehe Anhang D.1b)

10 Anlagearten gemäss Typ 3 der Klein-WKK-Statistik				
Spalte	Kategorie	Kurzbezeichnung	Art der betroffenen Klein-WKK-Anlagen	Herkunft der Energiedaten ab 1994
A	W5	Fossile WP	Mit fossilen Energieträgern betriebene Wärmepumpen	Fortschreibung gemäss Bild F.2c
B	W4.BIO.1	Biogas LW	Mit Biogas betriebene Klein-WKK-Anlagen in Landwirtschaftsbetrieben	Fortschreibung gemäss Bild F.2c
C	W4.ARA.1.	ARA o. GT	Mit Klärgas betriebene Anlagen (ohne die Anl. der Spalten H und K)	Fortschreibung gemäss Bild F.2c
D	W4.DEP	Deponiegas	Mit Deponiegas betriebene Anlagen	Telefonische Erhebung
E	W4.FOS.1a	Foss. BHKW	Mit fossilen Energieträgern betriebene Blockheizkraftwerke (BHKW)	Fortschreibung gemäss Bild F.2c (Aktualisierung der Vollbetriebsstunden im Rahmen der Stichprobenerhebung 2000; siehe Kapitel 6.5.1 und Tabelle F.2d)
F	W4.FOS.1b	Rest foss.	Spezielle mit fossilen Energieträgern betriebene Klein-WKK-Anlagen (TEA's und Anlagen mit GMWP und BHKW)	Fortschreibung gemäss Bild F.2c
G	W4.BIO.2	Biog. Gew/In	Mit Biogas betriebene Gasmotoren in Gewerbe und Industrie (Biogas aus der Vergärung von Grünabfällen und industriellen Abwässern)	Telefonische Erhebung
H	W4.ARA.2	ARA nur GT	Gasturbinen in Kläranlagen	Telefonische Erhebung
I	W4.FOS.2	Fossile GT	Mit fossilen Energieträgern betriebene Gasturbinen bis 1 MWe	Telefonische Erhebung
K	W4.ARA.1b	Rest (ARA)	Spezielle mit Klärgas betriebene Klein-WKK-Anlagen (TEA's und Anlagen mit GMWP und BHKW)	Fortschreibung gemäss Bild F.2c

Tabelle F.2b Definition der zehn Anlagearten A bis K gemäss Typ 3 der Klein-WKK-Jahresstatistik

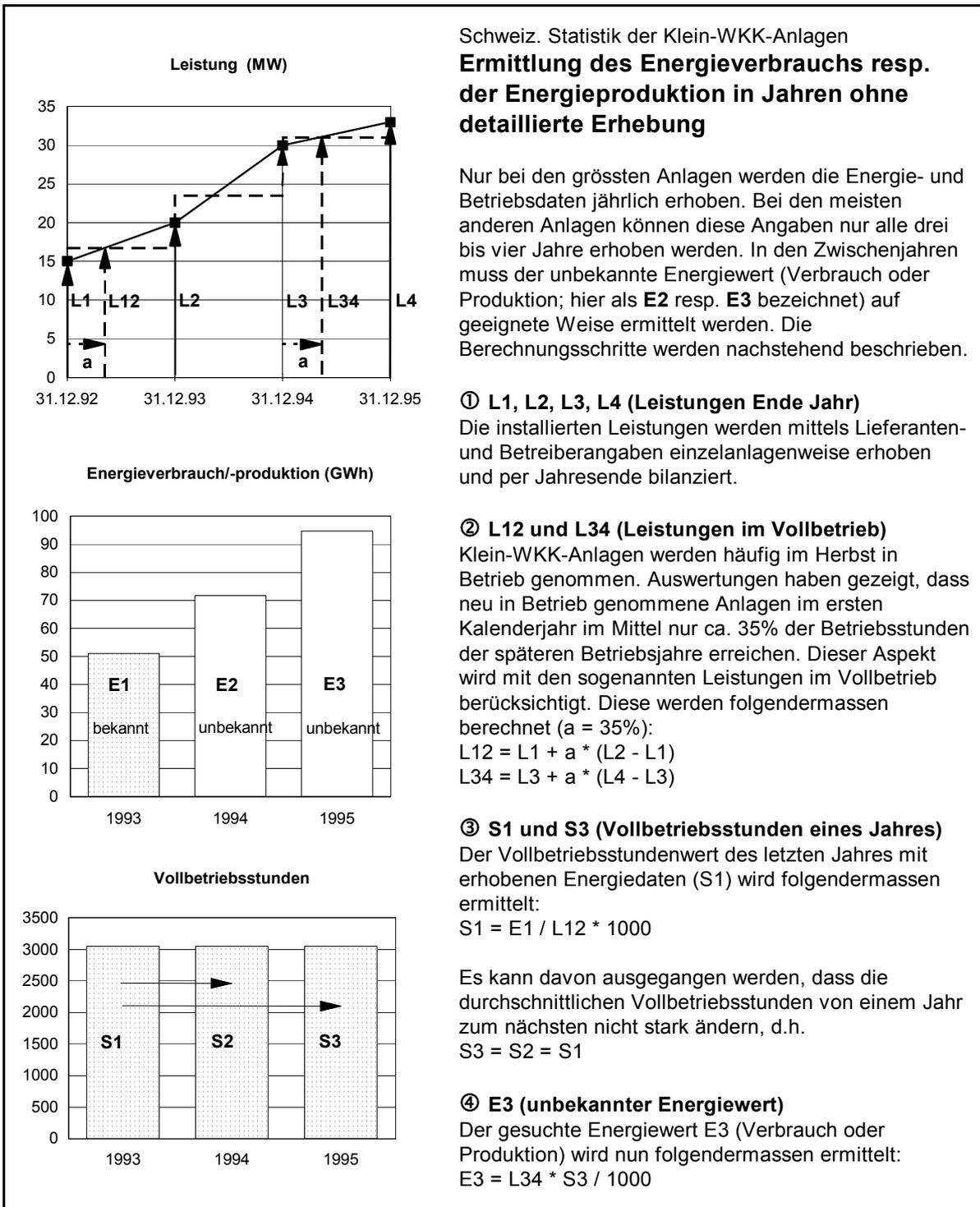


Bild F.2c Fortschreibung der Energiedaten in Jahren ohne detaillierte Erhebung (Berechnung der gesuchten Energiemenge E3 aus den bekannten Werten E1 sowie L1 bis L4)

Anlageart "fossile BHKW" (E resp. W4.FOS.1): Herleitung der Vollbetriebsstunden ab 1993							
Ze.Nr.		1993	1994	1995	1996	1997	Kommentar resp. Berechnung:
	Vollbetriebsstunden (VBSTD):	* berechnet					
[1]	VBSTD elektr. (Brutto) h/a	*3'070			4'150	4'150	Auswertung gemäss Stichprobenerh. (Betriebsjahre 1996/97; s. Kap. 6.5.1)
[2]	VBSTD elektr. (Netto) h/a	**2'948			3'980	3'980	= [1] * 0.96 (Abzug Eigenverbrauch BHKW von 4%; siehe unten)
[3]	VBSTD elektr. (Netto) h/a	**2'948	3'292	3'636	3'980	3'980	Werte 1994 und 1995 interpoliert; andere Werte übernommen aus [2]
		** aus Vollerhebung 92/93					
[4]	VBSTD Input h/a	**3'045	3'344	3'693	4'042	4'042	= ([3] * [7]) / [13] / [6]
[5]	VBSTD therm. h/a	**2'992	3'225	3'562	3'898	3'898	= ([3] * [7]) / [13] * [14] / [8]
	Leistungen des Bestandes am Jahresanfang:						
[6]	Input MW	80.31	101.26	136.55	165.25	184.71	
[7]	elektrisch MW	25.67	32.39	43.94	53.80	60.56	
[8]	thermisch MW	44.52	56.89	76.98	92.47	103.65	
	theoretische Wirkungsgrade:						
[9]	Total	87.4%	88.2%	88.6%	88.5%	88.9%	= [10] + [11]
[10]	elektrisch	32.0%	32.0%	32.2%	32.6%	32.8%	= [7] / [6]
[11]	thermisch	55.4%	56.2%	56.4%	56.0%	56.1%	= [8] / [6]
	Jahresnutzungsgrade:						
[12]	Total	84.9%	85.7%	86.1%	86.0%	86.4%	= [13] + [14]
[13]	elektrisch	31.5%	31.5%	31.7%	32.1%	32.3%	= [10] - 0.5% (Erfahrungswert)
[14]	thermisch	53.4%	54.2%	54.4%	54.0%	54.1%	= [11] - 2% (Erfahrungswert)

Umrechnung der Vollbetriebsstunden (VBSTD) der Bruttostromproduktion auf Nettostromproduktion:

Der Eigenstromverbrauch aller fossiler BHKW beträgt rund 2%.

BHKW mit internen Elektrowärmepumpen (EWP) weisen einen zusätzlichen Eigenstromverbrauch von rund 6% aus.

Rund ein Drittel des Bestandes fossiler BHKW weisen interne EWP's auf.

Gesamthaft muss von der Bruttostromproduktion 4% abgezogen werden, um die Nettostromproduktion der BHKW zu erhalten.

G:\1998\001\KW-AUSW\VBSTD.XLS

Stand: 5.5.98

Tabelle F.2d Herleitung der Vollbetriebsstunden 1994 bis 1997 der Kategorie W4.FOS.1a (Spalte E in Statistik Typ 3)

Die mittleren elektrischen Vollbetriebsstunden der Betriebsjahre 1996/97 wurden im Rahmen der Stichprobenerhebung 1998 ermittelt. Aufgrund der markanten Zunahme gegenüber den zuletzt erhobenen Jahresdaten aus den Betriebsjahren 1992/93 mussten die Vorjahreswerte schrittweise angehoben werden.

F.2.4 Typ 2 der Jahresstatistik

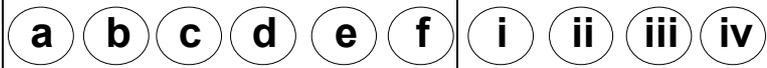
Im **Typ 2** der Jahresstatistik wurde eine weniger detaillierte **Aufteilung der Anlagearten (Spalten a bis f in Bild F.2e; siehe auch Anhang D.1a)** vorgenommen. Dabei handelt es sich um einen Zusammenzug der Anlagearten gemäss Typ 3 (Spalten A bis K in Bild F.2a). Folgende Spalten werden zusammengefasst:

- a = A
- b = B + G
- c = C + H + K
- d = D
- e = E
- f = F + I

Typ 2 der Jahresstatistik weist zusätzlich eine Aufteilung nach Klein-WKK-Technologien auf (Spalten i bis iv in Bild F.2e).

Schweiz. Statistik der Klein-WKK-Anlagen (Bundesamt für Energie BFE)

Jahresstatistik		1997										
Typ 2	TOTAL	Aufteilung nach Anlageart						Aufteilung nach Technologien				
der Klein-WKK-Jahresstatistik	(alle Anlagen)	fossile WP	Biogas	Klärgas	Deponieg.	foss. BHKW	Div. foss.	BHKW	Wärmep.	Gasturb.	Rest	
WKK-Anlagen in Betrieb (Jahresende)												
Anzahl WKK-Anlagen	-	749	57	39	253	2	394	4	685	57	3	4
Anzahl WKK-Aggregate	-	1024	66	48	386	4	513	7	944	66	6	8
Installierte Leistungen												
- Anschlussleistung MW		310.51	15.85	6.40	70.10	4.84	206.51	6.82	275.75	15.85	14.26	4.65
- elektrische Leistung MW		91.77		1.94	18.24	1.61	68.68	1.30	88.09		2.83	0.85
- mechanische Leistung MW		1.62			1.62				1.62			
- Heizleistung MW		193.01	25.39	3.67	39.75	2.70	115.30	6.20	154.56	25.39	7.66	5.40
Jahresenergieverbrauch/ -produktion												
Endenergieverbrauch Total GWh		1161.26	30.19	21.99	295.64	23.92	777.45	12.07	1084.28	30.19	34.37	12.42
- Erdgas GWh		719.91	25.83	0.11	1.13	21.08	659.69	12.07	682.00	25.83	1.49	10.59
- Diesel / Heizöl EL GWh		97.49	4.36		0.78		92.36		92.74	4.36	0.40	
- Propan GWh		26.24			0.59	0.25	25.40		26.24			
- Klärgas GWh		293.15			293.15				258.83		32.48	1.83
- Deponiegas GWh		2.59				2.59			2.59			
- Biogas GWh		21.88		21.88					21.88			
- Holz GWh												
- andere Energieträger GWh												
produzierte Elektrizität GWh		340.55		6.48	71.21	7.31	252.33	3.23	330.48		7.02	3.06
ins EW-Netz eingespeiste Elektr. GWh												
genutzte mechanische Energie GWh		9.10			9.10				9.10			
produzierte Wärmeenergie GWh		657.42	42.65	11.61	160.87	13.03	419.93	9.32	585.61	42.65	18.82	10.33
genutzte Wärmeenergie GWh		616.71	42.11	7.12	133.88	13.02	412.32	8.27	552.76	42.11	11.51	10.33



G:\1998\001\ALL-BERI\STA-TYP.XLS Ber2

Bild F.2e Typ 2 der Klein-WKK-Jahresstatistik (Beispiel, aktuelle Auswertung siehe Anhang D.1a)

G. Literatur- und Quellenverzeichnis

- [Thermisch 99] U. Kaufmann: 'Thermische Stromproduktion und Wärmekraftkopplung (WKK) in der Schweiz, 1990 bis 1999'; Juli 2000, Dr.EICHER+PAULI AG, Liestal (Bezug: Eidg. Drucksachen- und Materialzentrale EDMZ, 3003 Bern; Form 805.281.1d)
- [WKK-Handbuch] WKK-Fachverband: 'Wärmekraftkopplung - Potenziale, Markt, Innovation', Marktübersicht mit Referenzbeispielen, Fachinformationen und Firmenportraits, Neuauflage Frühjahr 2001 (Bezug: www.waermekraftkopplung.ch)
- [RAVEL WKK] Hp. Eicher, J. Weilenmann: 'Wärmekraftkopplung; Gasmotor-Blockheizkraftwerke effizient planen, bauen und betreiben; RAVEL im Wärmesektor, Heft 4', Mai 1994, Bern (Bezug: EDMZ, 3003 Bern, Best.Nr. 724.358d)
- [SdEE] U. Kaufmann: 'Schweizerische Statistik der erneuerbaren Energien, Grundlagen, Methodik und Auswertungen, 1990 bis 1999'; Dezember 2000, Dr.EICHER+PAULI AG, Liestal (Bezug: Eidg. Drucksachen- und Materialzentrale EDMZ, 3003 Bern; Form 805.520.3 d; Download: www.eicher-pauli.ch Publikationen)