



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und
Kommunikation UVEK

Bundesamt für Energie BFE
Analysen und Perspektiven

September 2017

Thermische Stromproduktion inklusive Wärme-Kraftkopplung (WKK) in der Schweiz

Ausgabe 2016



Auftraggeber:

Bundesamt für Energie BFE, 3003 Bern

Auftragnehmer:

eicher+pauli, 4410 Liestal

Autoren:

Urs Kaufmann, eicher+pauli

Begleitung:

Olivier Baillifard, Bundesamt für Energie

Für den Inhalt dieses Berichtes sind allein die Autoren verantwortlich.

Bundesamt für Energie BFE

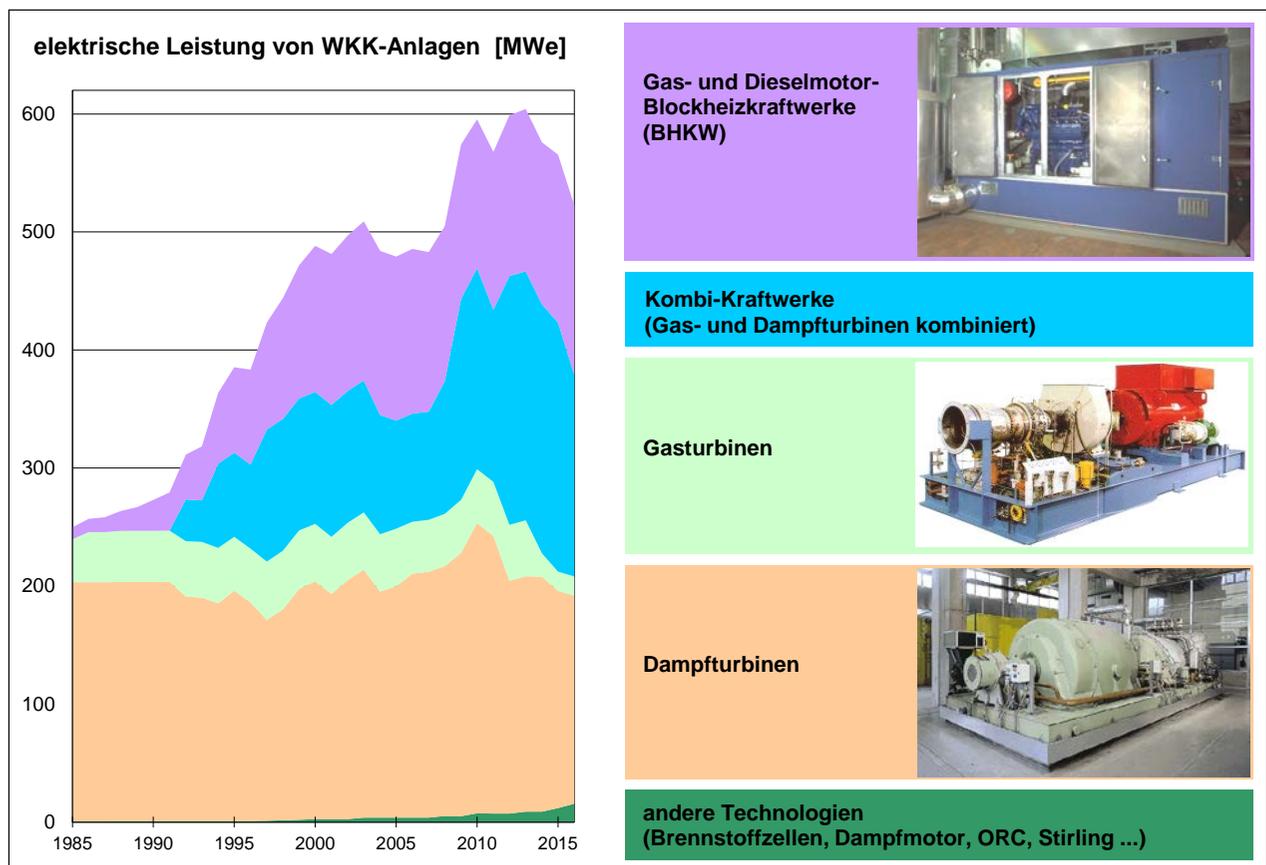
Mühlestrasse 4, CH-3063 Ittigen • Postadresse: CH-3003 Bern
Tel. 058 462 56 11, Fax 058 462 25 00 • office@bfe.admin.ch • www.admin.ch/bfe

Bundesamt für Energie

Thermische Stromproduktion inklusive Wärmekraftkopplung (WKK) in der Schweiz 1990 bis 2016

Ausgabe 2016

26. September 2017



G:\2017\1003_WKK_Statistik\AI-Ausw[LEIST-ab1990.xlsx]Technologie _Ber6

Auftraggeberin

Bundesamt für Energie
Analysen und Perspektiven
Herr Olivier Baillifard
3003 Bern

Inhaltsverzeichnis

1.	Zusammenfassung	3
1.	Résumé	7
2.	Einleitung	11
2.1	Ausgangslage	11
2.2	Technologien und Einsatzbereiche von WKK-Anlagen	13
2.3	Definition Wärmekraftkopplung (WKK)	14
2.4	Anlagekategorien	16
3.	Thermische Stromerzeugung	17
3.1	Anlagen und elektrische Leistungen	17
3.2	Stromproduktion 1990 - 2016	18
3.3	Energieträger	20
4.	Wärmekraftkopplung (WKK)	22
4.1	Übersicht	22
4.2	Energieträger	24
4.3	Auswertung nach Kantonen	25
5.	Gross-WKK-Anlagen	27
5.1	Übersicht	27
5.2	Industrie u.a.	27
5.3	Fernheizkraftwerke u.a.	28
6.	Klein-WKK-Anlagen	29
6.1	Bestand und Energie	29
6.2	Einsatzgebiete	35
6.3	Schadstoffreduktionsmassnahmen	37
6.4	Jährliche Neuinbetriebnahmen	39
7.	Spezialauswertungen therm. Stromproduktion	41
7.1	Kehrichtverbrennungsanlagen (KVA)	41
7.2	Deponiegasnutzung	43

Impressum

Projektnummer: 17.1003.1
Verfasser: Urs Kaufmann
Telefon: 061 927 42 67
E-Mail: urs.kaufmann@eicher-pauli.ch

Freigabe: Olivier Baillifard, BFE

Dokumentation

Stand: Fassung vom 26.09.2017 15:05:00
Ablage: G:\2017\1003_WKK_Statistik\4-Dok\WKK-2016.doc

	Anhang	45
A.	Thermische Stromerzeugung	46
A.1	Zeitreihen 1990 - 2016	46
A.2	Energieträgersplit 2016	46
A.3	Bruttoenergieverbrauch der Anlagen mit thermischem Stromverbrauch 2016	46
A.4	Bruttoenergieverbrauch für die thermische Stromproduktion 2016	46
B.	Wärmeerkraftkopplung (WKK)	53
B.1	Zeitreihen elektrische Leistungen 1990 - 2016	53
B.2	Kantonale Verteilung	53
C.	Gross-WKK-Anlagen	57
D.	Klein-WKK-Anlagen	60
D.1	Jahresstatistiken 2016	60
D.2	Zeitreihen 1980 - 2016	60
E.	Spezialauswertungen	69
E.1	Kehrichtverbrennungsanlagen	69
E.2	Deponiegasnutzung	69
F.	Erläuterungen zur Statistik	75
F.1	Gross-WKK-Statistik	76
F.2	Klein-WKK-Statistik	77
G.	Literatur- und Quellenverzeichnis	85

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 2016 wurden in der Schweiz insgesamt 61'616 GWh Elektrizität erzeugt. Davon stammen 3'899 GWh, also rund 6.3 % 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. Es ist das Ziel, alle thermischen Stromproduktionsanlagen statistisch zu erfassen und deren Energieproduktion im Jahre 2016 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 Gesamtnutzungsgrad (Wärme und Elektrizität) von mindestens 60 % ausweisen. Die Grenze zwischen Klein- und Gross-WKK-Anlagen liegt im Bereich von 1 MW installierter elektrischer Leistung.

Thermische Stromerzeuger haben im Jahr 2016 rund 6.3 % 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 2016	Inst. el. Leist. Ende 2016 [MWe]	Stromproduktion 2016 GWh	%
Thermische Stromproduktion	Wärmekraftkopplung	T1	diverse therm. Stromerzeuger	20	75.0	10.0	0%
		T2	Vouvry (stillgelegt 30.9.1999)	0	0.0	0.0	0%
		T3	Deponiegasverstromung	2	0.1	0.6	0%
		T4	Kehrichtverbrennungsanlagen (KVA ohne WKK*)	26	364.0	2'041.2	52%
		Subtotal Nicht-WKK-Anlagen			48	439.1	2'051.8
	Klein-WKK	W1	Kehrichtverbrennungsanlagen (KVA mit WKK*)	4	58.5	307.8	8%
		W2	Gross-WKK in Industrie u.a.** (Industrie, Dienstleistungen, Energiesektor)	15	138.3	466.7	12%
		W3	Fernheizkraftwerke u.a.**	19	175.7	500.2	13%
		W4	stromproduzier. Klein-WKK (BHKW < 10MW _e und Gasturbinen < 1MW _e)	934	150.0	572.0	15%
		W5	nicht stromprod. Klein-WKK (Gas-/Dieselmotor-Wärmepumpen)	(0)	0.0	0.0	0%
Subtotal WKK-Anlagen (ohne W5)			972	522.5	1'846.7	47%	
Total gesamte thermische Stromproduktion				1'020	961.6	3'898.6	100%

Stand: 13.09.2017

G:\2017\1003_WKK_Statistik\All-Ausw\Anhang-A1_V2.xlsx\ZusFass Ber11

Kommentare:

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

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

Tabelle 1.1 Übersicht über die thermische Stromproduktion in der Schweiz

Die 'Kleinen' werden ersetzt

Im Jahr 2016 haben insgesamt 1'020 Anlagen zur thermischen Stromproduktion beigetragen (Tabelle 1.1). Den grössten Anteil stellt mit 934 Anlagen die Gruppe Klein-WKK, 38 Anlagen gehören der Kategorie Gross-WKK an. Seit anfangs der neunziger Jahre wurden netto insgesamt 603 Klein-WKK-Anlagen realisiert. In den vergangenen Jahren hat der Ersatz von älteren, kleinen Aggregaten durch grössere, neue Aggregate stetig zugenommen. Es waren aber auch ersatzlose Stilllegungen zu verzeichnen. Dies hat dazu geführt, dass der Anlagenbestand in den vergangenen Jahren stagnierte.

Die dicken 'Brumms'

Gesamthaft sind heute 962 MW elektrische Leistung in thermischen Stromerzeugern installiert. Alle WKK-Anlagen gemeinsam steuern 523 MWe bei, davon sind 71 % in Gross-WKK-Anlagen zu finden.

Hier wiederum sind es vor allem die Dampfturbinen, die den grössten Anteil ausmachen. Rund 176 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 Hochdruckabhitzekeessel mit Dampfturbine nachgeschaltet.

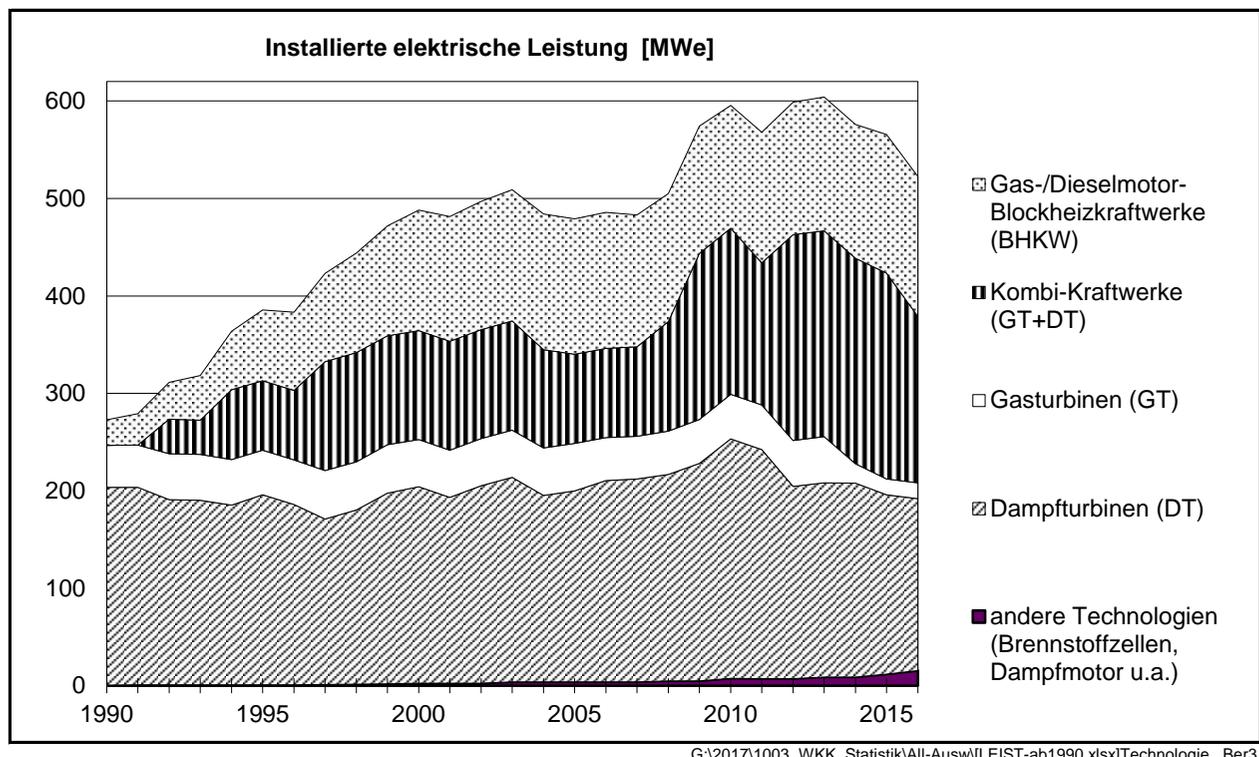


Bild 1.2 Entwicklung der elektrischen Leistung der WKK-Anlagen unterschieden nach Technologien

Fast alle haben zugelegt

Die Stromproduktion der thermischen Kraftwerke wurde von 1'524 GWh im Jahr 1990 auf 3'899 GWh im Jahr 2016 gesteigert (Bild 1.3). Zu diesem Ergebnis beigetragen haben in den neunziger Jahren vor allem die WKK-Anlagen. Diese haben 2016 gemeinsam 1'847 GWh Strom in die Netze der Betreiber geliefert, davon die 'Kleinen' allein 572 GWh (Bild 1.3). Das Wachstum der vergangenen 15 Jahre wurde fast ausschliesslich in Kehrlichtverbrennungsanlagen erzielt. Zusätzlich führte ein neues Kombi-Kraftwerk im Wallis zu einer beachtlichen Zunahme der WKK-Stromproduktion im Jahre 2010.

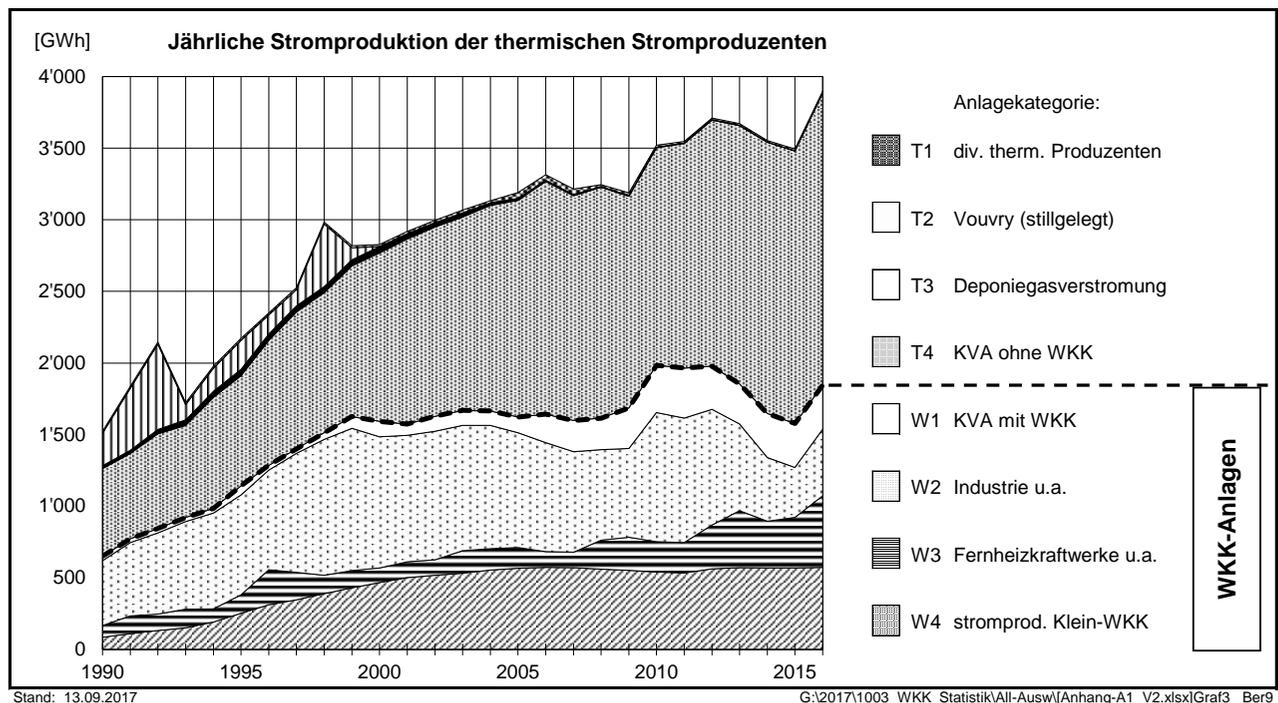


Bild 1.3 Entwicklung der thermischen Stromproduktion

Ob Kläranlage oder Bürogebäude...

Die wichtigsten Einsatzgebiete für Gross-WKK-Anlagen sind die chemische und die Papierindustrie. Seit 2015 spielt die früher wichtige mineralölverarbeitende Industrie keine Rolle mehr.

Klein-WKK-Anlagen hingegen werden zur Hauptsache in Kläranlagen (19 % der Leistung) und Gewerbe- und Industriebetrieben (12 % in fossilen BHKW, 11 % in Biogasanlagen) eingesetzt. Wärmeverbundanlagen (15 %), Wohngebäude (7 %) sowie Spitäler und Heime (6 %) sind weitere wichtige Einsatzgebiete von Klein-WKK-Anlagen.

45 % der zum Betrieb der Anlagen benötigten Energie stammt aus regenerativen Energiequellen. Dies sind primär die erneuerbaren Anteile der Abfälle in Kehrichtverbrennungsanlagen und Industriebetrieben sowie etwa 8 % Biogase und 6 % Holz (Bild 1.4).

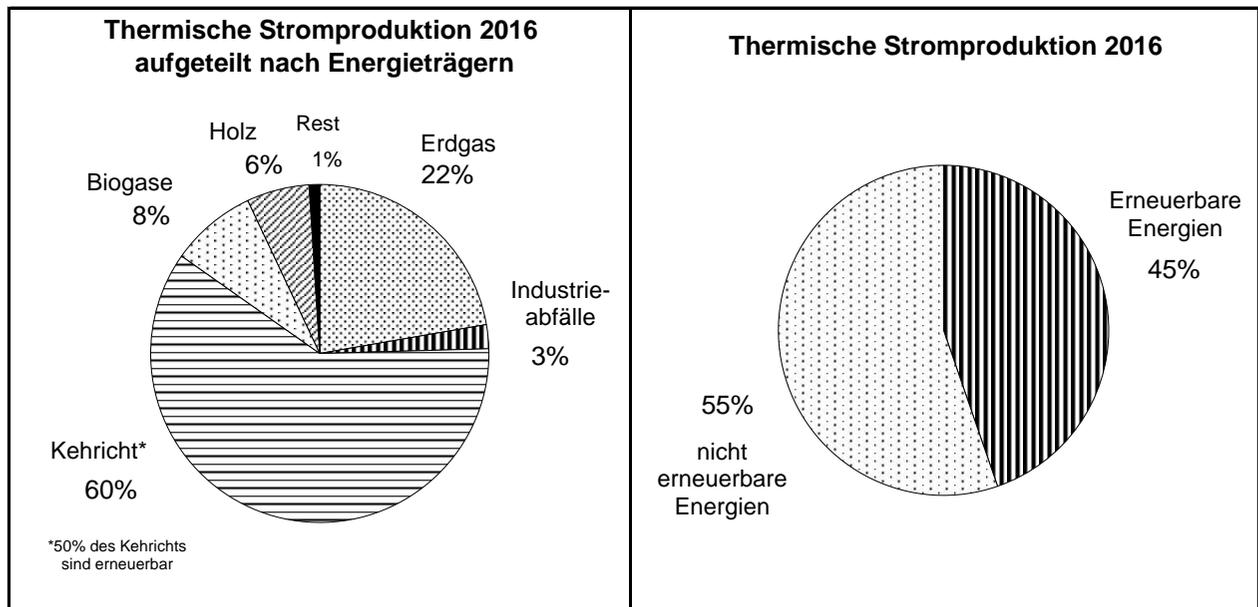


Bild 1.4 Aufteilung der thermischen Stromproduktion des Jahres 2016 nach Energieträgern

Die Spitzenreiter

Im Mittel wurden in der Schweiz im Jahr 2016 pro Kopf der Bevölkerung 219 kWh Strom mit WKK-Anlagen produziert. Die Kantone Basel-Stadt und Wallis sind dabei mit 1'175 und 845 kWh pro Kopf die Spitzenreiter. Die nächsten beiden Plätze werden von den Kantonen Bern (388 kWh) und Schaffhausen (248 kWh) eingenommen.

1. Résumé

En 2016, la Suisse a produit 61'616 GWh d'électricité. 3'899 GWh, soit 6.3 % du total, sont issus de génératrices thermiques (mais non nucléaires). Tel est le résultat de la présente étude réalisée pour le compte de 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 2016. A cet effet, un sondage a été réalisé auprès de tous les exploitants d'installations d'une certaine importance ainsi que des 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 figurer en outre ici comme installations de couplage 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 2016, des équipements thermiques ont fourni 6.3% 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	Nombre d'install. Fin 2016	Puissance installée Fin 2016 [MWe]	Prod. de courant en 2016	
						GWh	%
Production thermique de courant	Couplage chaleur-force	T1	Div. producteurs d'électricité therm.	20	75.0	10.0	0%
		T2	Vouvry (désaff. depuis le 30.09.1999)	0	0.0	0.0	0%
		T3	Au gaz de décharge	2	0.1	0.6	0%
		T4	Usines d'incinération des ordures (UIOM sans CCF*)	26	364.0	2'041.2	52%
		Sous-total sans install. CCF		48	439.1	2'051.8	53%
	Petits CCF	W1	Usines d'incinération des ordures (UIOM avec CCF*)	4	58.5	307.8	8%
		W2	Grands CCF en industrie et divers** (industrie, services, secteur de l'énergie)	15	138.3	466.7	12%
		W3	Centrales CAD avec CCF et divers**	19	175.7	500.2	13%
		W4	Petites centrales CCF prod. d'élec. (groupes à CCF et turbines à gaz < 1 MW)	934	150.0	572.0	15%
		W5	Petites centrales CCF non prod. d'électricité. (PAC à mot. gaz/diesel)	(0)	0.0	0.0	0%
Sous-total install. CCF (sauf W5)		972	522.5	1'846.7	47%		
Total production thermique d'électricité				1'020	961.6	3'898.6	100%

Stand: 13.09.2017

G:\2017\1003_WKK_Statistik\All-Ausw\Anhang-A1_V2.xlsx|ZusFass Ber12

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

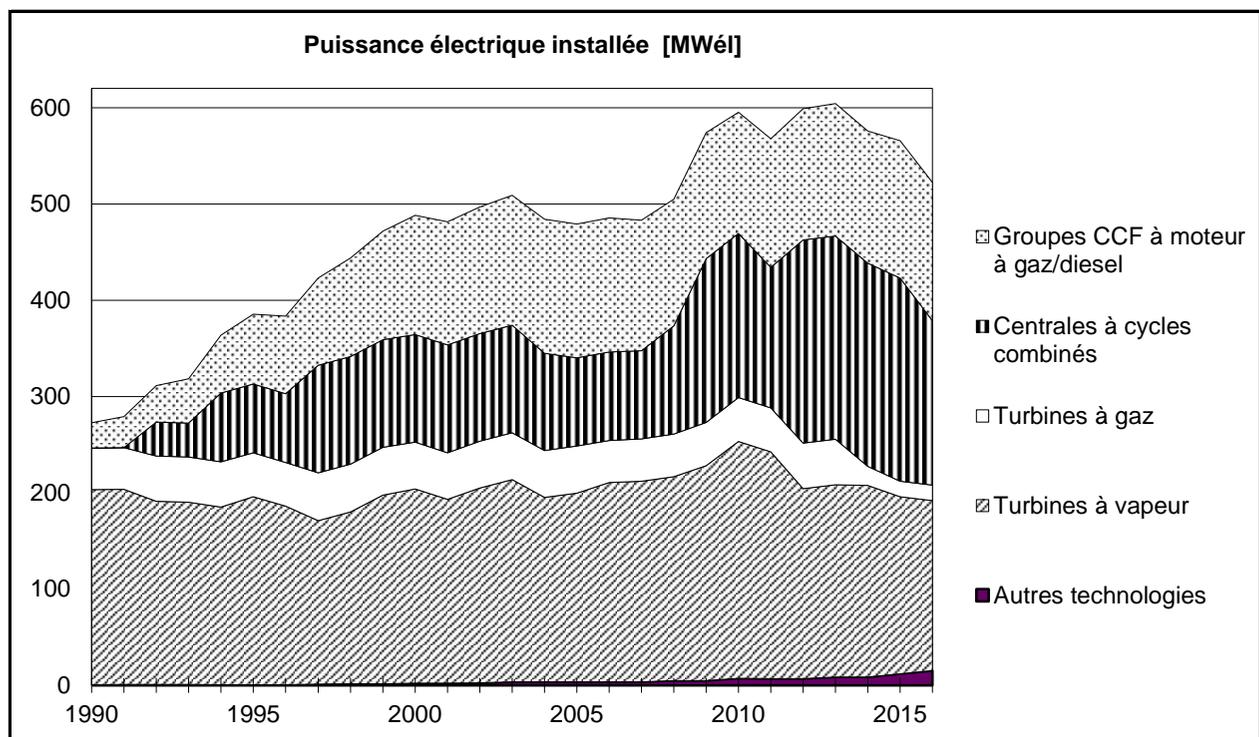
Les "petits" sont remplacés

En 2016, de l'électricité a été fournie par 1'020 équipements thermiques (tab. 1.1). La plupart (934) sont de petits CCF, 38 d'entre eux font partie de la catégorie des grands CCF. Le nombre net des petits CCF construits depuis le début des années 90 s'élève à 603. Ces dernières années, le remplacement de petits groupes CCF relativement anciens par de nouveaux groupes plus grands a augmenté de façon constante. Certains équipements ont cependant aussi été démantelés sans être remplacés. En conséquence, le nombre d'installations a stagné, voire diminué au cours des dernières années.

Poids lourds

L'ensemble des producteurs thermiques représente aujourd'hui 962 MW de puissance électrique installée. Les équipements à CCF en produisent 523 MWe, dont 71 % dans des grosses unités.

Parmi celles-ci, les turbines à vapeur prédominent largement, fournissant quelque 176 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.



G:\2017\1003_WKK_Statistik\All-Ausw\LEIST-ab1990.xlsx]Technologie 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 3'899 MWh en l'an 2016 (fig. 1.3). La progression réalisée dans les années 90 est due avant tout aux équipements à CCF. En 2016, ceux-ci ont injecté 1'847 GWh de courant dans les réseaux des exploitants, dont 572 GWh en provenance des "petits" (fig. 1.3). En revanche, la croissance enregistrée ces quinze dernières années est presque entièrement due à des usines d'incinération des ordures ménagères sans CCF.

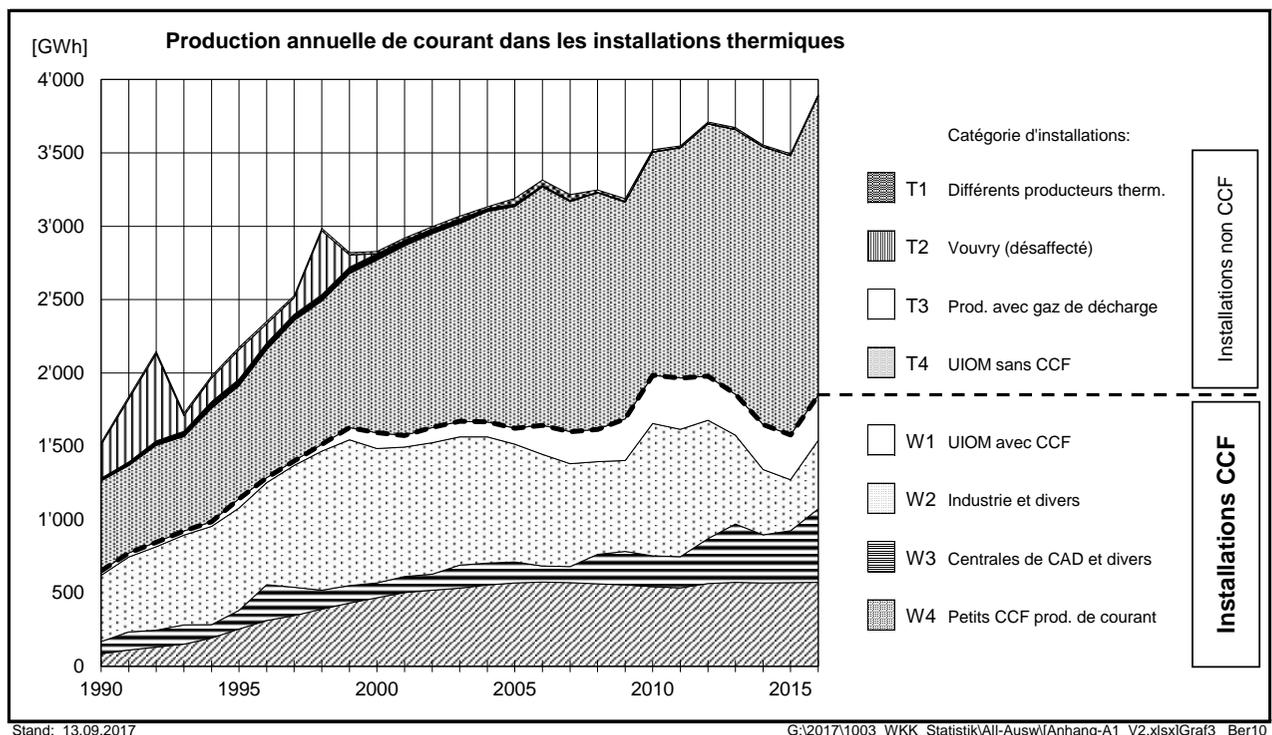


Figure 1.3 Evolution de la production thermique de courant

Station d'épuration ... ou bureaux

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

En revanche, les petits CCF se situent surtout dans les stations d'épuration (19% de la puissance) et dans des entreprises industrielles ou artisanales (23%). On en trouve aussi dans les réseaux de chauffage à distance (15%) et dans l'habitat (7%) ainsi que dans les hôpitaux et les foyers (6%).

45 % de l'énergie nécessaire de ces installations provient de sources renouvelables. Ce sont surtout les parts renouvelables des déchets dans les UIOM et les entreprises industrielles, plus 8 % de biogaz et 6 % de bois (fig. 1.4).

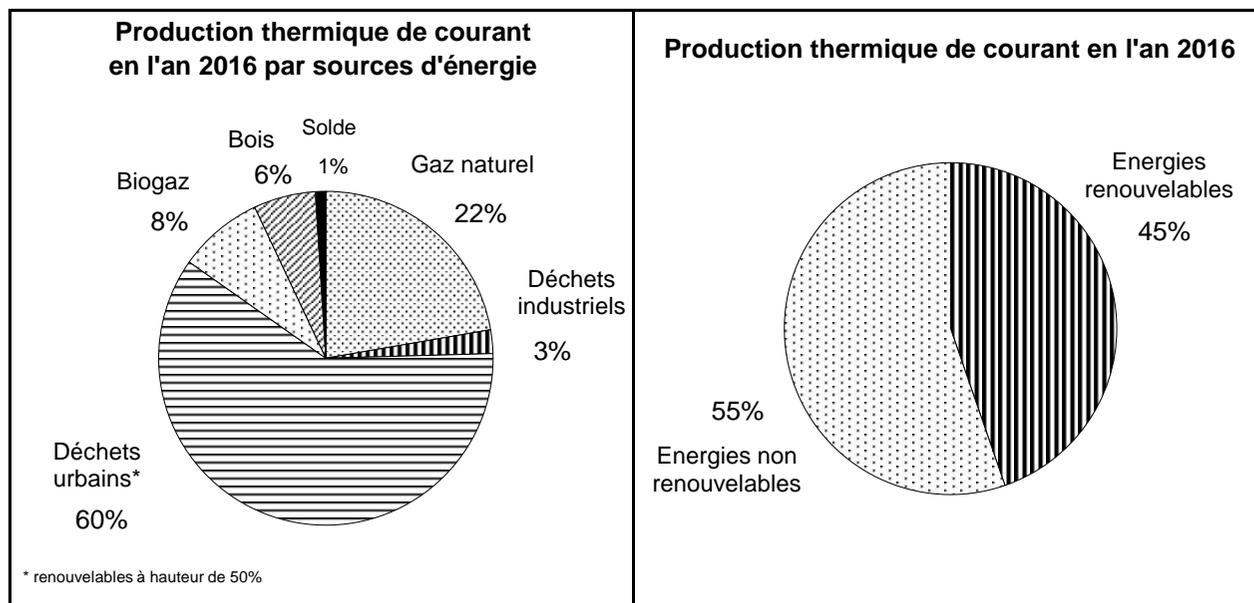


Figure 1.4 Apport des différentes sources d'énergie à la production thermique de courant en 2016

Champions

La production moyenne d'électricité de source CCF en 2016 a été de 219 kWh par tête d'habitant. Avec respectivement 1'175 et 845 kWh par personne, les cantons de Bâle-Ville et du Valais en ont fourni la proportion la plus élevée, suivis de Berne (388 kWh) et de Schaffhouse (248 kWh).

2. Einleitung

In den vergangenen 25 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 2016 in der Schweiz 61'616 Mio. kWh elektrische Energie produziert. Rund 92 % dieser Strommenge wurde in Wasser- und Kernkraftwerken erzeugt. Die restlichen gut 8% wurden in kleineren und grösseren thermischen Kraftwerken und mit Wind- oder Photovoltaik-Anlagen 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 mit 284 MW elektrischer Leistung war das grösste Kraftwerk dieser Kategorie. Es wurde am 30.9.1999 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 Gesamtnutzungsgrade 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). Die Kombination von WKK-Anlagen und Elektro-Thermo-Verstärkern ermöglicht im Vergleich zu modernen konventionellen Feuerungen markante Energie- und Luftschadstoffeinsparungen.

Die kleineren WKK-Anlagen bis rund 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 eicher+pauli vom Bundesamt für Energie beauftragt. Die vorliegende Ausgabe präsentiert die Resultate der durchgeführten Erhebungen zu den Bestandesänderungen und Energieumsätzen im Jahr 2016. 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. Die Kategorien-Bezeichnungen und -Nummern (T1, T2, ... W1, W2) werden auf allen Darstellungen und Auswertungen verwendet (siehe Kap. 2.4).
- Einige rückwirkende Korrekturen führen dazu, dass die Vorjahreswerte von der letztjährigen Publikation abweichen können.

Weitergehende methodische Erläuterungen zur Statistik finden sich im Anhang F.

Die Verfasser bedanken sich an dieser Stelle bei allen Personen, welche die erhaltenen Erhebungsformulare ausgefüllt und zurückgeschickt und sich zu telefonischen Auskünften bereit erklärt haben.

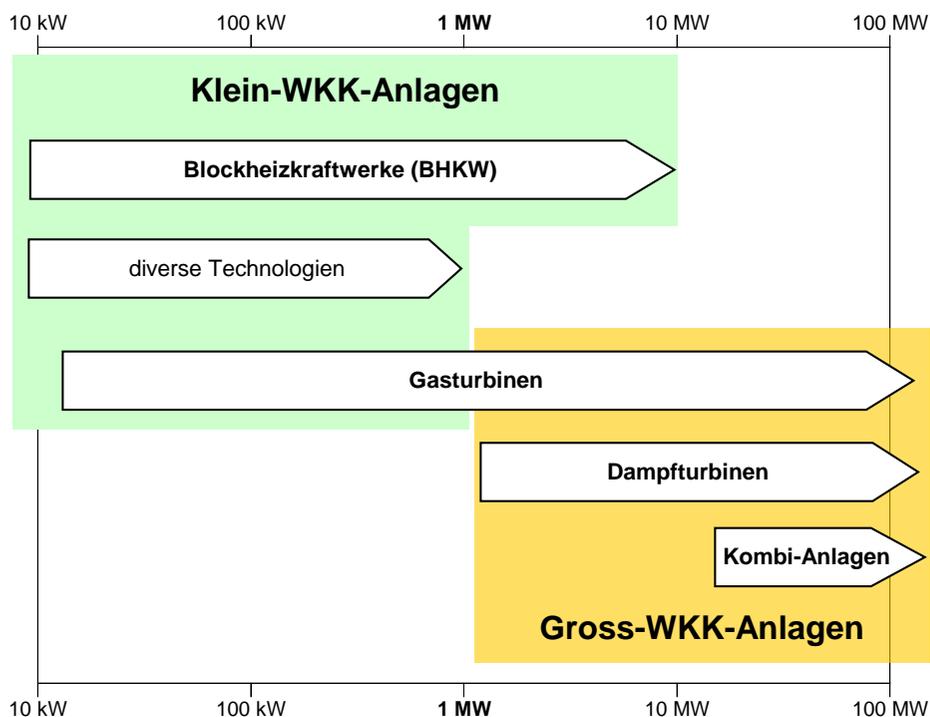
2.2 Technologien und Einsatzbereiche von WKK-Anlagen

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:

- alle **Blockheizkraftwerke (BHKW)** mit Biogas-, Gas-, Diesel- und Zündstrahlmotoren (auch BHKW über 1 MW elektrischer Leistung werden aus erhebungstechnischen Gründen als Klein-WKK-Anlagen behandelt)
- **Gasturbinen** unter 1 MW elektrischer Leistung (z.B. Mikrogasturbinen)
- Neue Technologien (**Brennstoffzellen, Stirlingmotoren** usw.)
- Verschiedene ältere und kaum mehr eingesetzte Technologien:
 - > **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

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



G:\2012\1012\All-Ausw\WKK-Grafik.xls|KleinGross

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):

- **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.
- **Dampfturbinen:**
Es kann zwischen folgenden Dampfturbinen-Typen unterschieden werden: Entnahme-Gegendruckanlagen, Gegendruckanlagen, Entnahme-Kondensations-Anlagen.
Bei reinen Kondensationsanlagen handelt es sich nicht um WKK-Anlagen, da die anfallende Wärme nicht genutzt wird.
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.
- **Kombianlagen (resp. Gas-und-Dampf-Kombikraftwerk GuD):**
Bei Kombiheizkraftwerken wird einer Gasturbine ein Hochdruckabhitzekeessel mit Dampfturbine nachgeschaltet. Dadurch kann ein höherer elektrischer Nutzungsgrad 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 Energieeinsatzes 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 Kehrriech oder Deponegas 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 Kehrriechverbrennungsanlagen (KVA) in Abhängigkeit ihres elektrischen und thermischen Jahresnutzungsgrades eingetragen. Diese sind wie folgt definiert:

- Elektrischer Nutzungsgrad (Eta_{el}) = prod. Elektrizität/verbrauchte Energiemenge
- Thermischer Nutzungsgrad (Eta_{th}) = genutzte Wärme¹/verbrauchte Energiemenge
- Gesamtnutzungsgrad (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 insgesamt 60 % der eingesetzten Energie in Nutzenergie (Strom und Wärme) und mindestens 5 % in Strom umgewandelt wird.

Viele KVA weisen zwar einen elektrischen Nutzungsgrad über 10 % auf. Beim grösseren Teil dieser KVA beträgt der thermische Nutzungsgrad weniger als 20 %. In Bild 2.3 wurden diese KVA als **Kraftwerke** bezeichnet.

Umgekehrt gibt es auch Kehrichtverbrennungsanlagen, bei welchen 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 Gesamtnutzungsgrad 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 Gesamtnutzungsgrade als thermische Kraftwerke ohne Abwärmenutzung aufweisen. Als weiteren Punkt gilt es zu beachten, dass WKK-Anlagen nicht wesentlich schlechtere Gesamtnutzungsgrade aufweisen sollten als normale Feuerungsanlagen.
- WKK-Anlagen müssen einen minimalen elektrischen Nutzungsgrad 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.

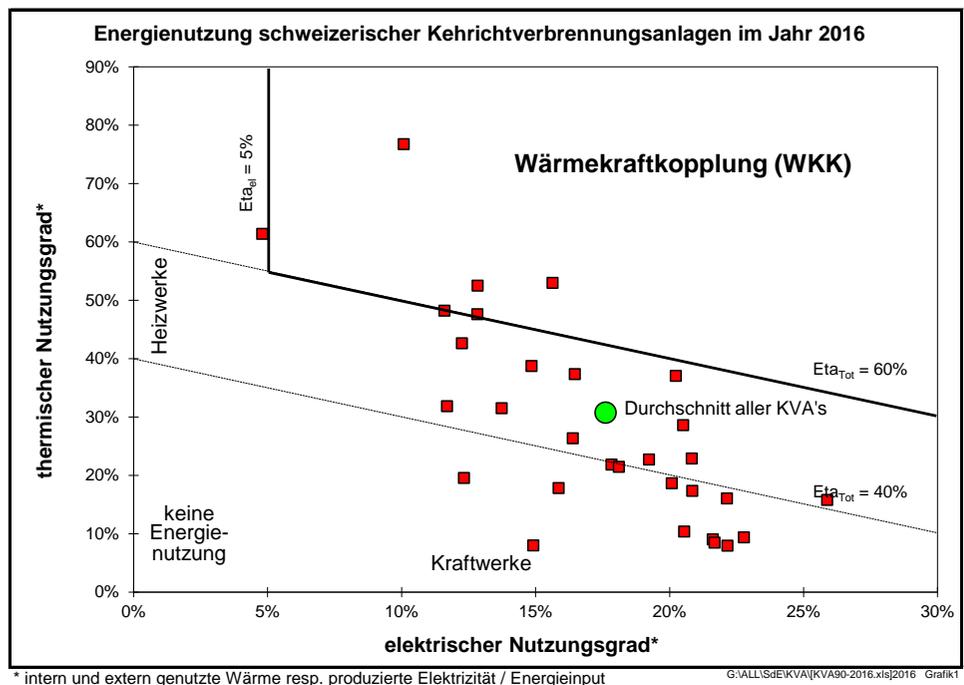


Bild 2.3 Jahresnutzungsgrade der schweizerischen Kehrichtverbrennungsanlagen im Jahr 2016

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. Seit 2015 gibt es keine entsprechenden Anlagen mehr.

Die hier gezeigte Kategorisierung der erfassten Technologien findet sich in den meisten Auswertungen wieder.

Zuordnungen		Nr. Kat.	Anlagekategorie	Beschreibung	Bericht	
Thermische Stromproduktion <small>(Kap. 3, Anh. A)</small>		T1	diverse therm. Stromerzeuger	div. thermische Stromerzeuger mit keiner o. geringer Abwärmenutzung (z.B. Notstromanlagen)	Kap. 3	
		T2	Vouvry	öthermische 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)* <small>(Kap. 4, Anh. B)</small>	Gross-WKK-Anlagen** <small>(Kap. 5, Anh. C)</small>	W1	Kehrichtverbrennungsanl. (KVA mit WKK)	KVA, welche die WKK-Bedingungen* erfüllen	Kap. 7.1 Anh. E.1
			W2	Gross-WKK in Industrie u.a.	Gross-WKK-Anlagen in Industrie, Dienstleistungen und im Energiesektor	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
		Klein-WKK-Anlagen** <small>(Kap. 6, Anh. D)</small>	W5	nicht stromprod. Klein-WKK	mit Gas- oder Dieselmotoren angetriebene Wärmepumpen	Kap. 6 Anh. D

G:\2012\1012\All-Ausw\STRUKTUR.XLS

Kommentare:

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

Eta Tot \geq 60% und Eta El \geq 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 2016 quantifiziert. Als Grundlage dienen die Erhebungen von eicher+pauli. Die detaillierten Auswertungen finden sich im Anhang A.

3.1 Anlagen und elektrische Leistungen

Rund 1'020 Anlagen haben im Jahr 2016 in der Schweiz zur thermischen Stromproduktion beigetragen (siehe Bild 3.1a). Abgesehen von hier nicht erfassten Notstromanlagen wird bei knapp 50 Anlagen die Abwärme nicht genutzt (Kat. T1 bis T4). Bei den restlichen 972 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 seit 1990 um 659 Anlagen zugenommen, wobei seit 2006 zuerst ein Rückgang und aktuell eine Stagnation des Anlagenbestandes zu verzeichnen ist.

Ende 2016 waren 1'020 thermische Stromproduktionsanlagen (ohne Kernkraftwerke) in Betrieb.

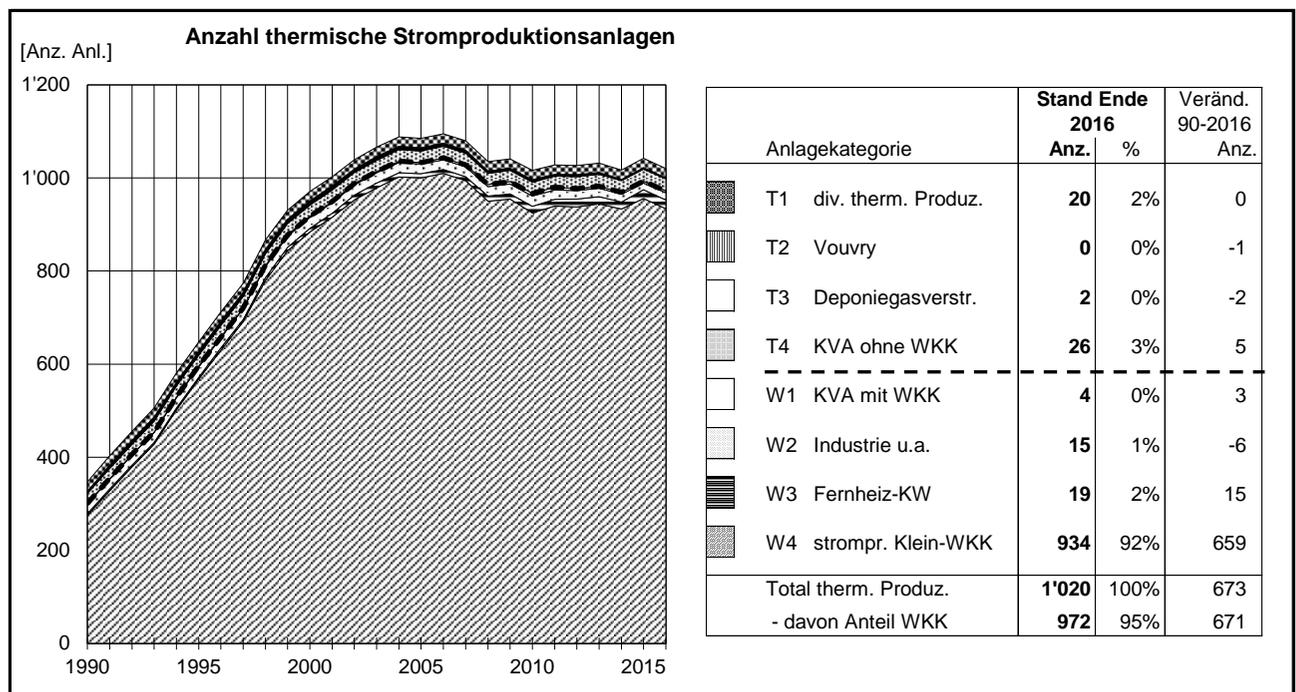


Bild 3.1a Entwicklung der Anzahl thermischer Stromproduktionsanlagen

(siehe Anhang A.1a)

Die gesamte elektrische Nennleistung aller thermischen Stromproduzenten betrug Ende 2016 rund 962 MWe (Bild 3.1b). Die elektrische Leistung aller WKK-Anlagen betrug Ende 2016 rund 523 MWe.

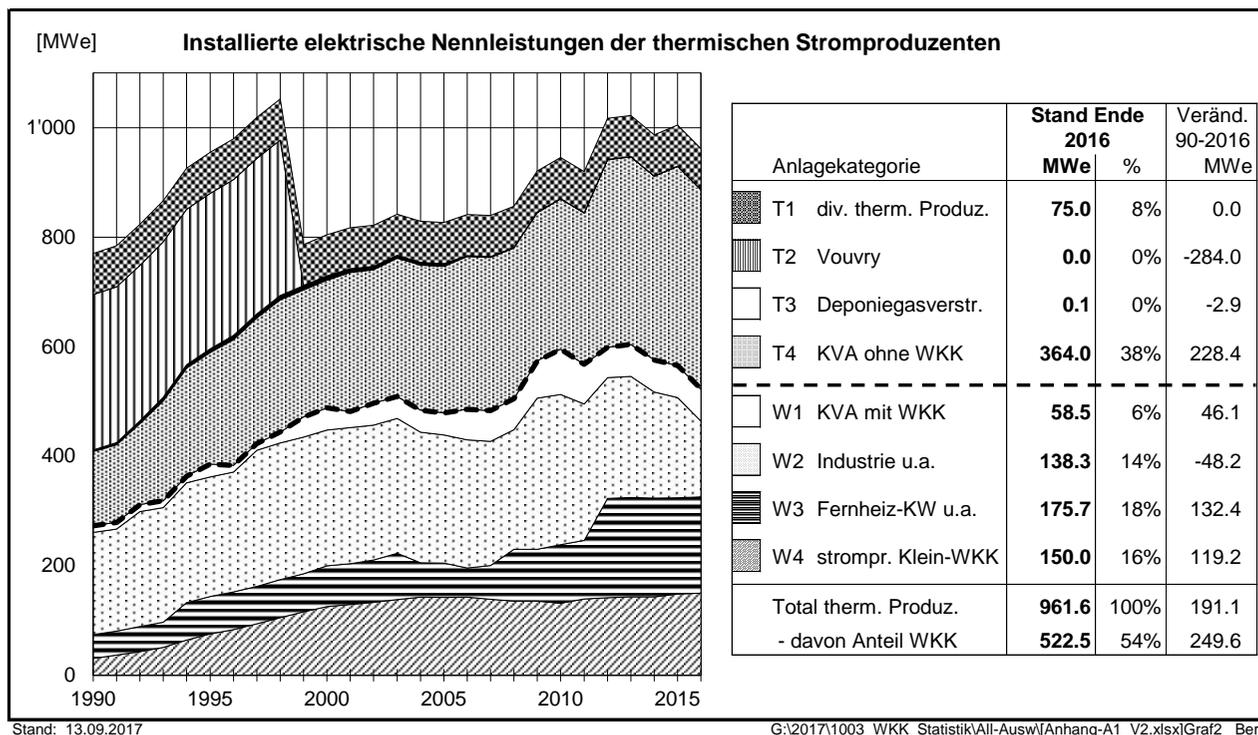


Bild 3.1b Entwicklung der installierten elektrischen Nennleistungen

(siehe Anhang A.1b)

3.2 Stromproduktion 1990 - 2016

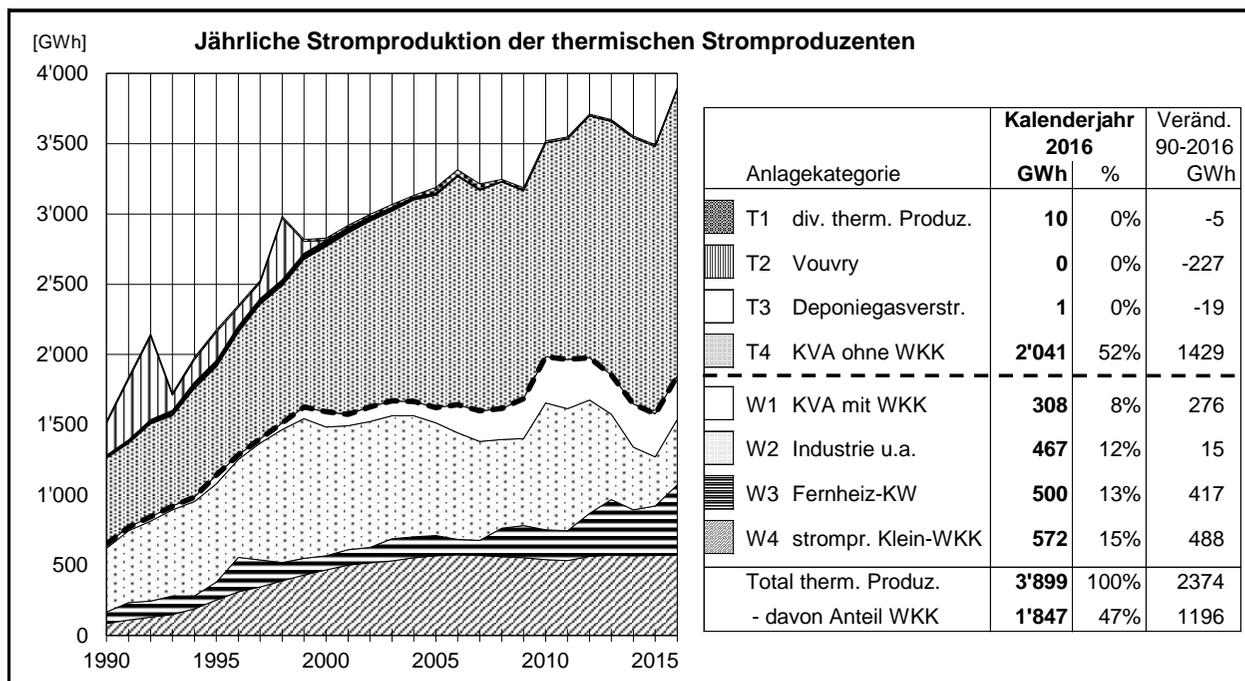
Im Jahr 2016 betrug die thermische Stromproduktion in der Schweiz 3'899 GWh (siehe Bild 3.2a). Neben den 36'326 GWh aus Wasserkraftwerken und den 20'235 GWh aus Kernkraftwerken haben die thermischen Stromerzeuger im Jahr 2016 einen Beitrag von rund 5.3 % an die gesamte Landeserzeugung erbracht.

Rund 46 % der thermischen Stromproduktion wurde 2016 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 594 GWh resp. 17 % der thermischen Produktion.

Die anderen 54 % der thermischen Stromproduktion entstanden im Jahr 2016 in Kraftwerken mit geringer oder keiner Abwärmenutzung. Dabei handelt es sich fast ausschliesslich um Kehrichtverbrennungsanlagen.

Die thermische Stromproduktion hat seit 1990 um 1'997 GWh zugenommen. Dies entspricht mehr als einer Verdoppelung seit 1990. Gut 60 % dieser Zunahme entfällt mit 1'292 GWh auf die Kehrichtverbrennungsanlagen ohne WKK (Kat. T4). Weitere massgebliche Zunahmen verzeichneten die Klein-WKK-Anlagen (Kat. W4, 509 GWh) und zunehmend die Kehrichtverbrennungsanlagen mit WKK (Kat. W1, 274 GWh). Seit dem Höhepunkt Ende der 90ziger Jahre ist die Stromproduktion der Gross-WKK-Anlagen im Bereich Industrie u.a. (Kat. W2) deutlich rückläufig.

Die thermische Stromproduktion (ohne Kernkraftwerke) betrug im Jahr 2016 rund 3'899 GWh, 5.3 % der schweizerischen Landeserzeugung.



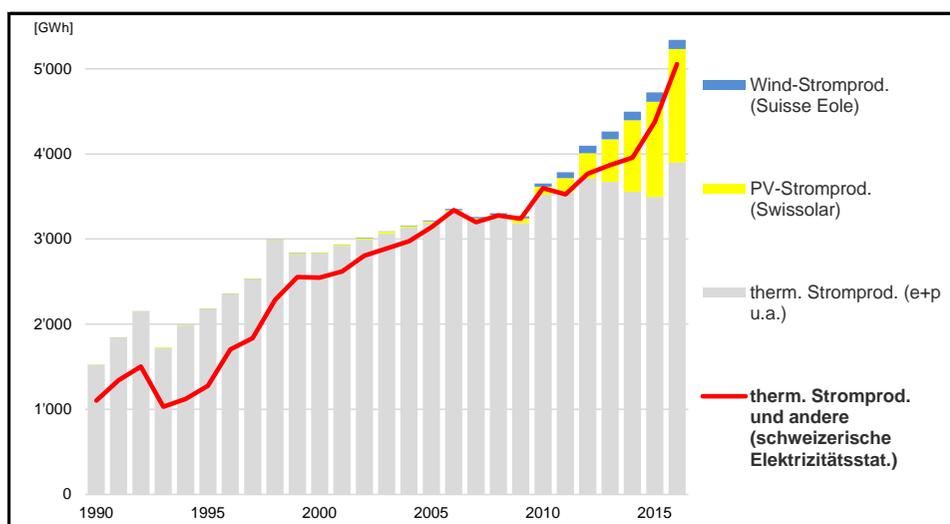
Stand: 13.09.2017

G:\2017\1003_WKK_Statistik\All-Ausw\Anhang-A1_V2.xlsx\Graf3 Ber7

Bild 3.2a Thermische Stromproduktion der Jahre 1990 bis 2016

(siehe Anhang A.1c)

Wie erwähnt, betrug die thermische Stromproduktion des Jahres 2016 gemäss vorliegender Erhebung insgesamt rund 3'899 GWh. Zusammen mit der PV-Stromproduktion (1'333 GWh; Quelle: Swissolar im Auftrag des BFE) und derjenigen mit Wind (109 GWh; Quelle: Suisse Eole) resultiert im 2016 eine Produktion „thermisch und andere“ von 5'341 GWh. In der offiziellen Elektrizitätsstatistik wurde für 2016 aber nur 5'055 GWh unter „thermisch und andere“ ausgewiesen (rote Linie in Bild 3.2b). Wegen der unterschiedlichen Erhebungsmethodik kann diese Abweichung der Teilstatistiken zur Elektrizitätsstatistik nicht vermieden werden.



Stand: 15.09.2017

G:\2017\1003_WKK_Statistik\All-Ausw\Anhang-A1_V2.xlsx\Graf3 Ber8a

Bild 3.2b Stromproduktion „thermisch und andere“: Vergleich der schweizerischen Elektrizitätsstatistik (rot) mit den Erhebungen von e+p, Swissolar und Suisse Eole (Balken)

3.3 Energieträger

In Bild 3.3a wird gezeigt, welche Energieträger im Jahre 2016 für die thermische Stromproduktion eingesetzt wurden. Der aus Kehricht stammende Strom weist mit 60 % den grössten Anteil auf. Erdgas (22 %), Industrieabfälle (3 %), Biogase (8 %) und Holz (6 %) sind die weiteren Energieträger. Bei den industriellen Abfällen handelt es sich um Raffinerierückstände, Lösungsmittel, Schlämme aus der Papierproduktion und Chemieabfälle.

Kehricht (60 %) und Erdgas (22 %) sind die dominanten Energieträger bei der thermischen Stromproduktion.

45 % der thermischen Stromerzeugung basiert auf erneuerbaren Energieträgern. Dabei wurde berücksichtigt, dass gemäss Abfallanalysen rund 50 % 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.

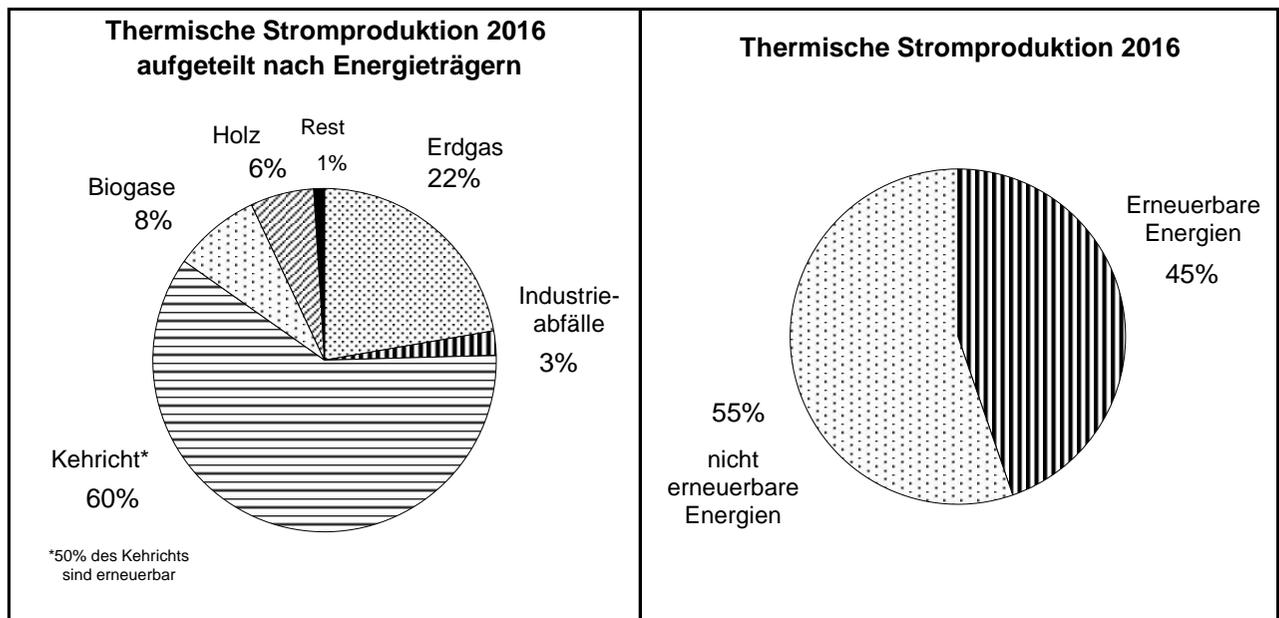
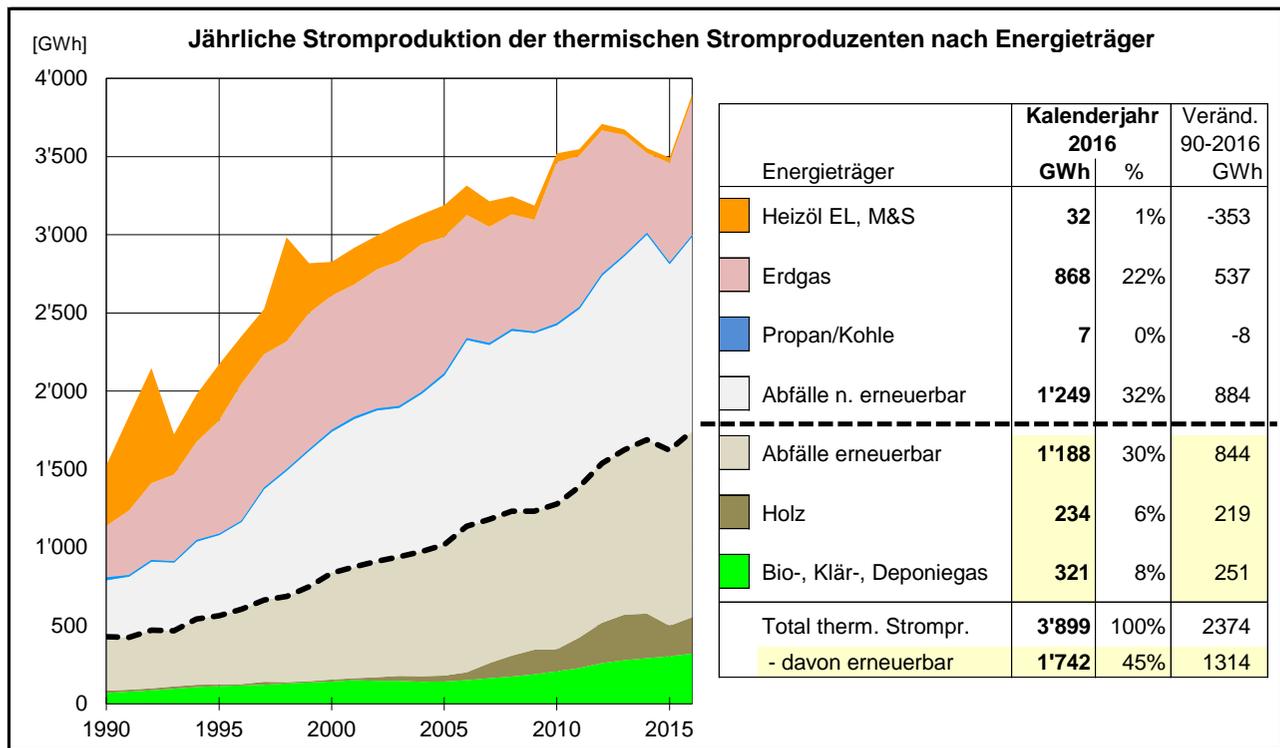


Bild 3.3a Thermische Stromproduktion 2016 aufgeteilt nach Energieträgern

(siehe Anhang A.2)

Angaben zum Bruttoenergieverbrauch der Anlagen zur thermischen Stromproduktion finden sich in den Anhängen A.3 und A.4.

Im Bild 3.3b ist die Entwicklung der thermischen Stromproduktion seit 1990 nach Energieträgern dargestellt. Dabei ist ersichtlich, dass bei den fossilen Energieträgern eine Verschiebung von Heizöl zu Erdgas stattgefunden hat. Die erneuerbare thermische Stromproduktion hat seit 1990 um 1'314 GWh auf inzwischen 1'742 GWh (2016) zugenommen.



Stand: 13.09.2017

G:\2017\1003_WKK_Statistik\All-Ausw\Anhang-A1_V2.xlsx|Graf3 Ber13

Bild 3.3b Thermische Stromproduktion seit 1990 aufgeteilt nach Energieträgern

4. Wärmekraftkopplung (WKK)

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

4.1 Übersicht

Ende 2016 waren in der Schweiz 972 WKK-Anlagen mit einer elektrischen Nennleistung von 523 MW in Betrieb. Im Kalenderjahr 2016 haben die WKK-Anlagen 1'847 GWh Elektrizität produziert. Dies entspricht 47 % der thermischen und 3.0 % der gesamten schweizerischen Stromproduktion.

3 % der gesamten schweizerischen Stromproduktion stammt aus WKK-Anlagen.

Wie Tabelle 4.1a zeigt, ist die WKK-Anlagenzahl im 2016 um 21 Anlagen zurückgegangen. Die installierte Leistung der WKK-Anlagen hat im Jahr 2016 um 43 MW abgenommen. Bei der WKK-Stromproduktion 2016 resultierte gegenüber dem Vorjahr hingegen eine Zunahme um 270 GWh. Im langjährigen Trend der WKK-Stromproduktion konnte seit 1999 eine Stagnation und ab 2010 nochmals eine vorübergehende Zunahme beobachtet werden (Bild 3.2a auf Seite 19, Teil WKK).

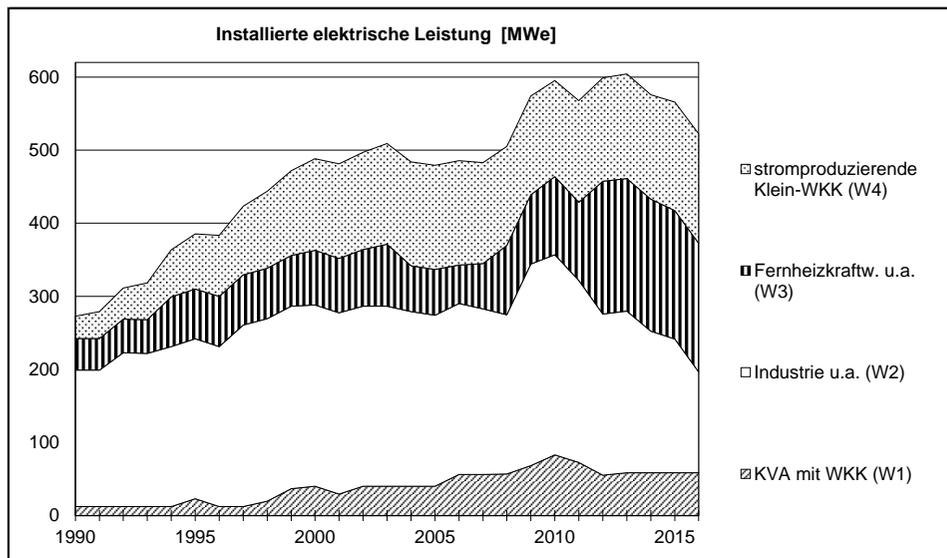
Die Inbetriebnahme der neuen GuD-Anlage in Monthey war der Hauptfaktor für die deutliche Zunahme der WKK-Leistung und –Stromproduktion im Jahr 2010. Weiter haben neue Kehrrechtverbrennungsanlagen die angewandte WKK-Limite erreicht und damit die WKK-Stromproduktion der KVA angehoben.

	Total	Jährlicher Zuwachs	
	2016	2016	Ø 2012 - 2016
Anzahl Anlagen*	972	-21	-2 Anl./a
Elektrische Leistung*	523 MW _e	-43	-9 MW _e /a
Jahresstromproduktion	1'847 GWh	+270	-24 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 1990 ist in den zwei nachstehenden Bildern dargestellt.

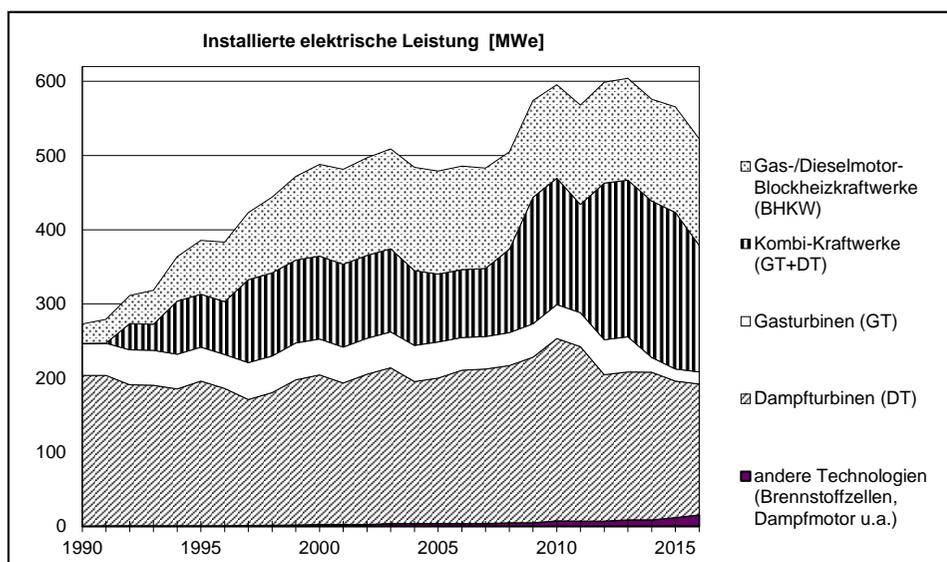


G:\2017\1003_WKK_Statistik\All-Ausw[LEIST-ab1990.xlsx]Anlagekategorien (B.1a) Ber22

Bild 4.1b Elektrische Nennleistungen der WKK-Anlagen aufgeteilt nach Anlagekategorien
(siehe Anhang B.1a)

Bild 4.1b zeigt die Aufteilung nach Anlagekategorien. Dabei wird ersichtlich, dass die Verbreitung der Klein-WKK-Anlagen in den 90er Jahren deutlich zugenommen hat. Der Einsatz von Gross-WKK-Anlagen im Bereich Industrie u.a. sowie in Kehrlichtverbrennungsanlagen hatte bereits in den 60er Jahren begonnen.

Die WKK-Entwicklung nach Technologien in Bild 4.1c zeigt, dass zu Beginn der 90er Jahre die Dampfturbinen dominant waren. Die Nennleistung von reinen Dampfturbinenanlagen hat viele Jahre stagniert. In den 90er Jahren sowie mit der 2009 in Betrieb gegangenen GuD-Anlage Monthey haben die Kombianlagen (d.h. der kombinierte Betrieb von Gas- und Dampfturbinen) eine markante Zunahme erfahren.



G:\2017\1003_WKK_Statistik\All-Ausw[LEIST-ab1990.xlsx]Technologie Ber3

Bild 4.1c Elektrische Nennleistungen der WKK-Anlagen aufgeteilt nach Technologien
(siehe Anhang B.1b)

4.2 Energieträger 2016

In Abschnitt 3.3 wurde die gesamte thermische Stromproduktion des Jahres 2016 nach Energieträgern aufgeteilt. In Bild 4.2 findet sich die analoge Aufteilung für die Stromproduktion mit WKK-Anlagen.

Der Hauptenergieträger der WKK-Anlagen ist Erdgas mit einem Anteil von 47 %.

Erdgas ist mit 47 % der wichtigste Energieträger. Industrieabfälle und Kehricht sind mit Anteilen von 5 und 17 % weitere wichtige Energieträger bei der Elektrizitätserzeugung in WKK-Anlagen. Die verschiedenen Biogasarten (Klärgas, Deponiegas, Biogas aus Vergärungsanlagen in Landwirtschaft, Gewerbe und Industrie) weisen einen steigenden Anteil von 17 % auf. Drei grössere Holzheizkraftwerke in Basel, Zürich und Bern haben dazu geführt, dass der Holzanteil bei der WKK-Stromproduktion auf 13 % gestiegen ist.

Der erneuerbare Anteil an der WKK-Stromproduktion beträgt 39 %.

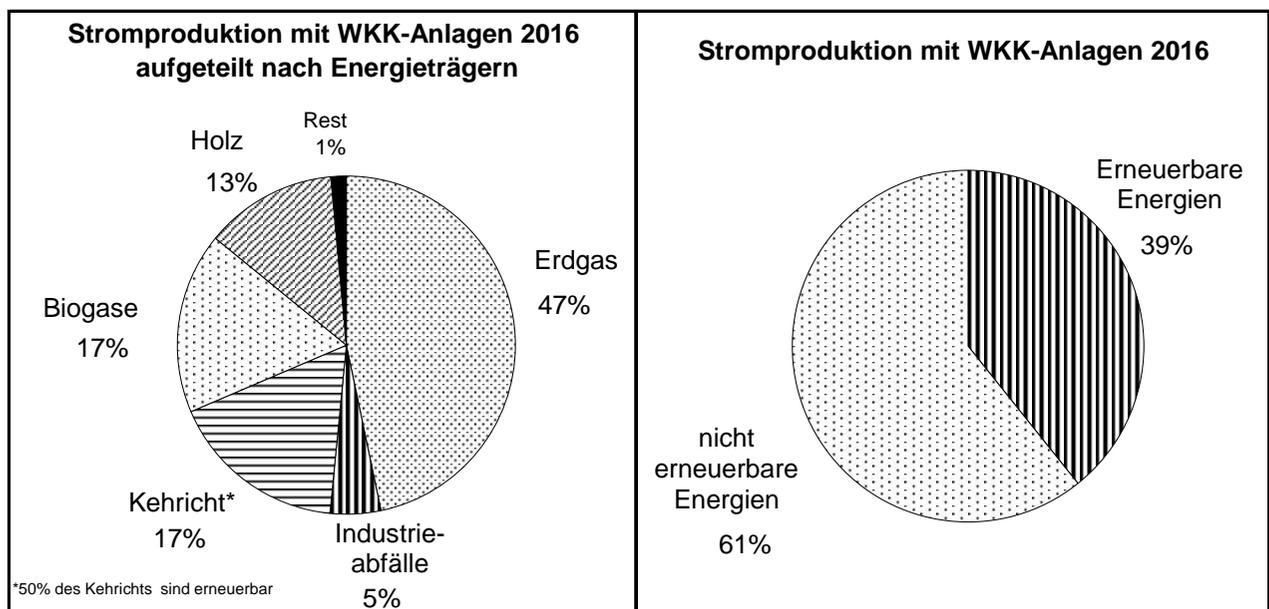


Bild 4.2 Aufteilung der WKK-Stromproduktion 2016 nach Energieträgern

(siehe Anhang A.2)

4.3 Auswertung nach Kantonen

In den Bildern 4.3 und 4.4 wird die kantonale Verbreitung von WKK-Anlagen mittels Pro-Kopf-Werten dargestellt. Die höchsten Werte der Schweiz weisen die Kantone Basel-Stadt, Wallis und Bern auf (Stromproduktion, linke Darstellung Bild 4.3). Wegen der Inbetriebnahme der GuD-Anlage in Monthey liegt der Kanton Wallis seit 2010 in der WKK-Spitzengruppe.

Die Kantone Basel-Stadt, Wallis und Bern produzieren am meisten WKK-Strom pro Kopf.

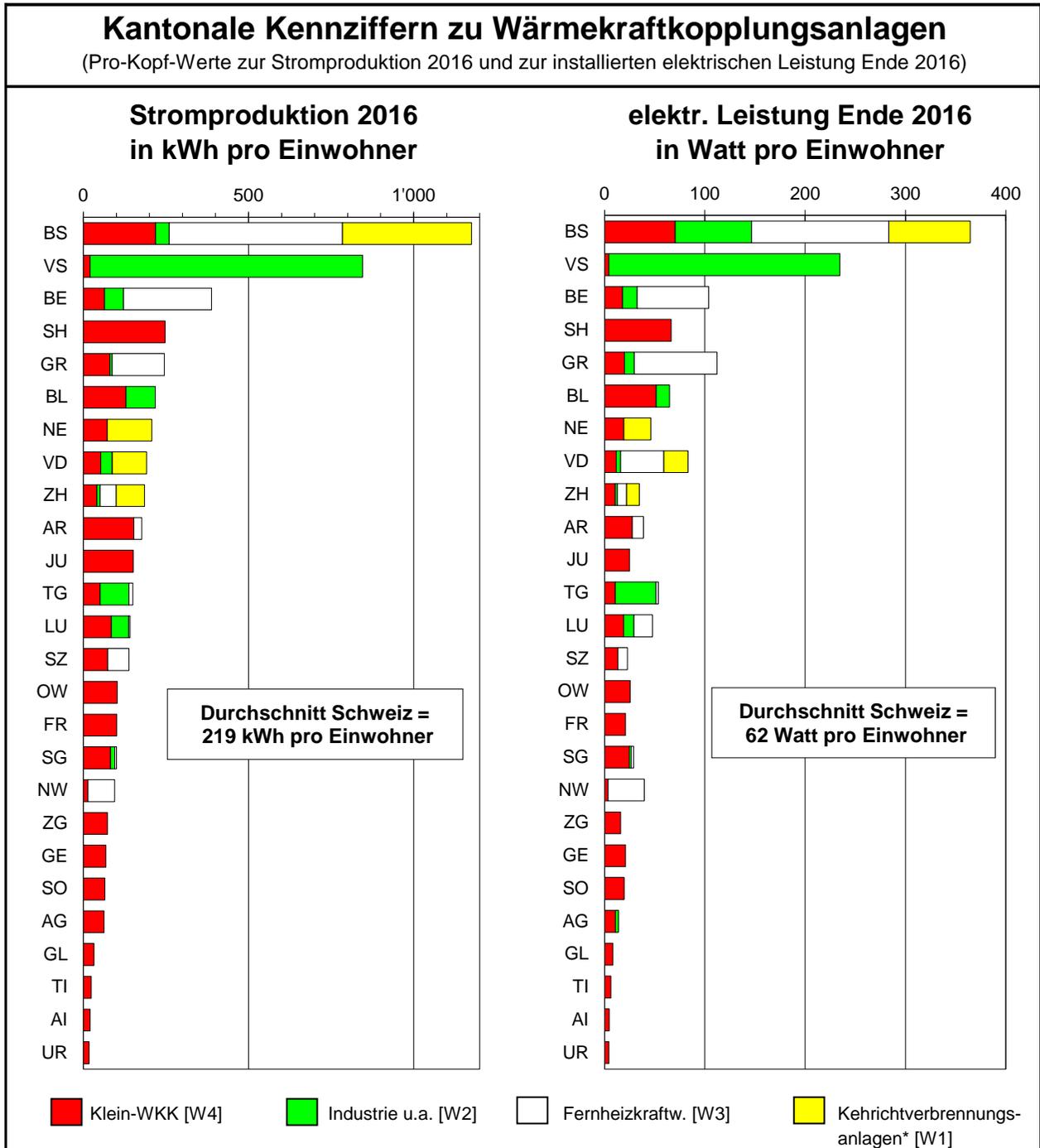


Bild 4.3 Kantonale Pro-Kopf-Werte aller WKK-Anlagen

(siehe Anhang B.2)

In Basel-Stadt sind die WKK-Einsatzgebiete mit den vielen Blockheizkraftwerken für Nahwärmeverbundanlagen, einer Kehrichtverbrennungsanlage mit WKK, diversen Industrieanlagen und seit 2008 mit zwei neuen Fernheizkraftwerken - wovon eines mit Holz betrieben - sehr vielfältig.

In der rechten Darstellung von Bild 4.3 sind die Pro-Kopf-Werte der installierten elektrischen Leistung ersichtlich. Auffällig ist, dass die Kantone Basel-Stadt und Wallis einen deutlichen Vorsprung gegenüber den nachfolgenden Kantonen aufweisen.

5. Gross-WKK-Anlagen

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 2016 waren 39 Gross-WKK-Anlagen in Betrieb. Dabei handelt es sich um vier Anlagen in Kehrichtverbrennungsanlagen (Kap. 7.1, resp. Bild 2.3), 15 Anlagen im Bereich Industrie u.a. (Kap. 5.2) sowie 19 Anlagen in Fernheizkraftwerken (Kap. 5.3, Anhang A.1a).

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

	Total	Jährlicher Zuwachs	
	2016	2016	Ø 2012 - 2016
Anzahl Anlagen*	38	+1	-1 Anl./a
Elektrische Leistung*	373 MW _e	-45	-11 MW _e /a
Jahresstromproduktion	1'275 GWh	+267	-31 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)

5.2 Industrie u.a.

Gross-WKK-Anlagen im Bereich Industrie u.a. produzierten im 2016 mit 467 GWh rund 25 % der gesamtschweizerischen WKK-Stromproduktion. Bild 5.2 zeigt die Entwicklung der elektrischen Leistung, aufgeteilt nach Technologien. Die neue GuD-Anlage in Monthey hat zu einem deutlichen Anstieg im Jahre 2009 geführt. In der Papierindustrie sind seit dem Höhepunkt Ende der 90er Jahre verschiedene Anlagen wegen Betriebschliessungen stillgelegt worden.

25 % des WKK-Stroms stammt aus Gross-WKK-Anlagen in Industriebetrieben u.a.

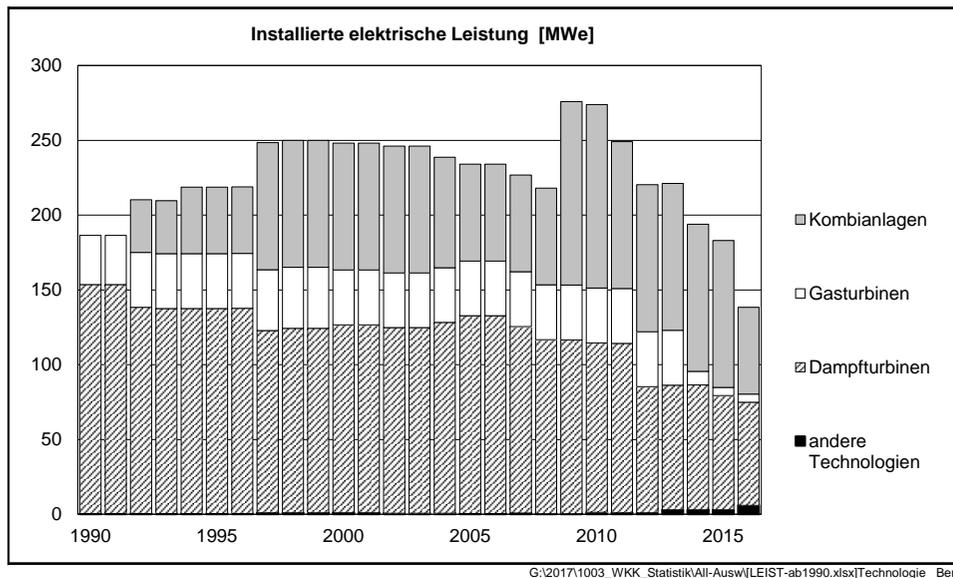


Bild 5.2 Gross-WKK-Anlagen in Industrie u.a. aufgeteilt nach Technologien (siehe Anhang Ca)

5.3 Fernheizkraftwerke u.a.

Per Ende 2016 waren der Kategorie "Fernheizkraftwerke u.a." 19 Anlagen zugewiesen.

Zur Vereinfachung werden im Rahmen dieses Berichtes auch einige Spezialanlagen in der Kategorie "Fernheizkraftwerke u.a." ausgewiesen.

Die von Fernwärmeversorgern betriebenen Gas- und Dieselmotoren werden in diesem Bericht als Klein-WKK-Anlagen erfasst (siehe Kap. 6).

Fernheizkraftwerke (sowie einige Spezialanlagen) produzieren 27 % des WKK-Stroms.

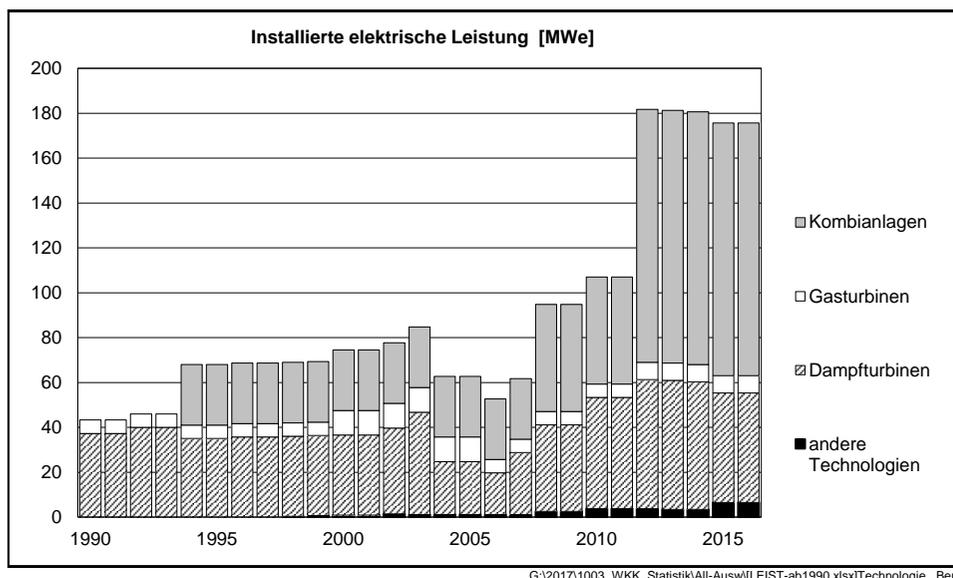


Bild 5.3 Gross-WKK-Anlagen in Fernheizkraftwerken aufgeteilt nach Technologien (siehe Anhang Cb)

6. Klein-WKK-Anlagen

Sämtliche Anlagen mit Gas- und Dieselmotoren sowie Gasturbinen bis 1 MW elektrischer Leistung 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

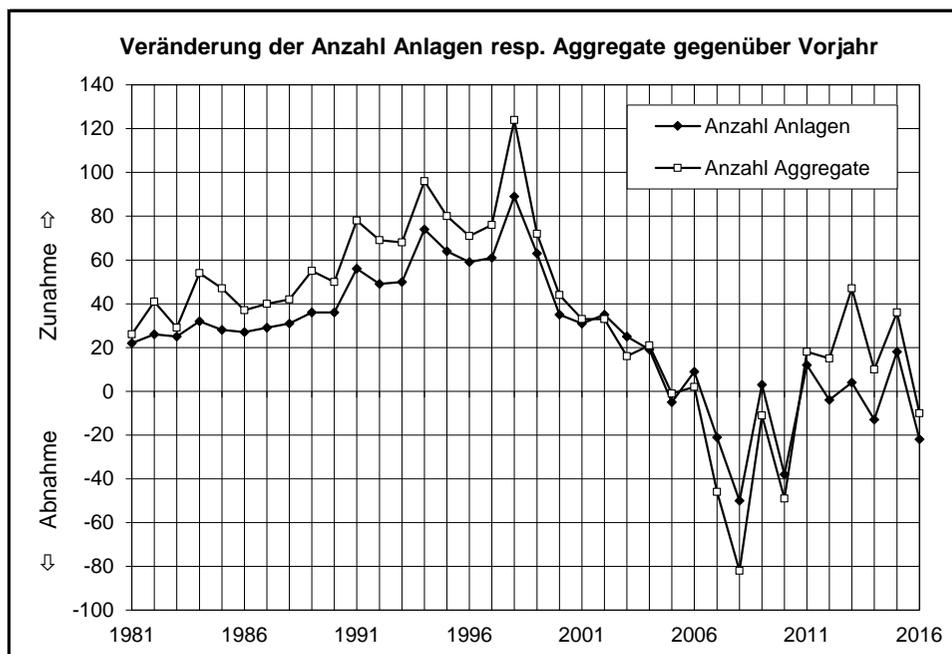
Analog zu den früher separat publizierten Ausgaben der Klein-WKK-Statistik wird im Kapitel 6.1 in der Regel nicht zwischen Klein-WKK-Anlagen mit oder ohne Stromproduktion unterschieden. In den meisten Detailauswertungen im Anhang ist aber eine klare Unterscheidung zwischen stromproduzierenden (Kat. W4, 2016: 934 Anlagen) und nicht stromproduzierenden (Kat. W5, 2016: alle stillgelegt) Klein-WKK-Anlagen vorhanden.

Die als Klein-WKK-Anlagen bezeichneten Gas- und Dieselmotor-Blockheizkraftwerke, Brennstoffzellen sowie die Gasturbinen bis 1 MWe haben im Jahr 2016 31 % des WKK-Stroms produziert.

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 dabei um eine Heizzentrale, in welcher 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 2016 waren in der Schweiz insgesamt 934 Klein-WKK-Anlagen mit 1'286 Aggregaten in Betrieb. Im Vergleich zum Spitzenjahr 2006 bedeutet dies eine Abnahme um 111 Anlagen und 72 Aggregate. Bild 6.1a zeigt, dass der Bestand seit 2011 eher wieder leicht angestiegen oder zumindest stabil geblieben ist. Im Spitzenjahr 1998 betrug der Zuwachs über 120 Aggregate.



G:\2017\1003_WKK_Statistik\KW-Ausw\AA-ANZ.xls\Anhang D.2a Ber2

Bild 6.1a Jährliche Veränderung des Klein-WKK-Bestandes

(siehe Anhang D.2a)

6.1.2 Installierte Leistungen

Die 1'286 Klein-WKK-Aggregate, welche Ende 2016 in Betrieb waren, weisen zusammen eine Energie-Inputleistung von 404 MW auf (siehe Tabelle 6.1b). Die maximale elektrische Leistung dieser Klein-WKK-Anlagen beträgt 150 MW.

Die Klein-WKK-Anlagen konnten Ende 2016 zusammen 205 MW thermische Leistung zur Beheizung von Gebäuden und zur Nutzung als Prozesswärme abgeben.

	Total Ende 2016	Jährlicher Zuwachs	
		2016	Ø 2012 - 2016
Anzahl Anlagen	934	-22	-3 Anl./a
Anzahl Aggregate	1'286	-10	20 Aggr./a
Energie-Inputleistung	403.8 MW	-1.4	1.3 MW/a
Elektrische Leistung	150.0 MW _e	1.7	2.2 MW _e /a
Mechanische Leistung*	0.0 MW	0.0	0.0 MW/a
Heizleistung	204.8 MW _{th}	-2.6	-1.6 MW _{th} /a

G:\2017\1003_WKK_Statistik\KW-Ausw\Jahr_1yp3+2_2016.xls\RES_WKK2 WKK902

* Wellenleistung von Direkt-Gebläseantrieben in Kläranlagen

Tabelle 6.1b Bestand und installierte Leistungen Ende 2016 sowie Jahreszunahmen 2016 und im Zeitraum 2012 - 2016

Bild 6.1c zeigt die Entwicklung der jeweils Ende Jahr installierten Energie-Inputleistung aufgeteilt nach Klein-WKK-Technologien. Die Leistung der mit Verbrennungsmotoren angetriebenen Wärmepumpen und der Gasturbinen bis 1 MW hat seit 1992 stetig abgenommen. Inzwischen wurden die letzten Anlagen stillgelegt.

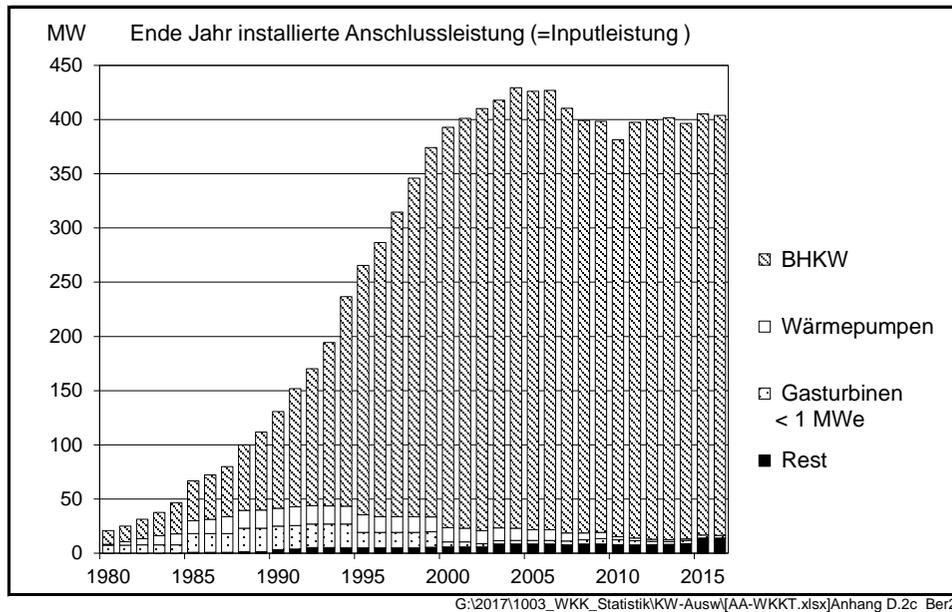


Bild 6.1c Gesamte am Jahresende installierte Energie-Inputleistung aller Klein-WKK-Anlagen aufgeteilt nach Technologien (siehe Anhang D.2c)

Die jährliche Zunahme der installierten Klein-WKK-Leistungen seit 1981 ist in Bild 6.1d dargestellt. 1994 ist der bisher grösste Leistungszuwachs zu verzeichnen. Seither verminderte sich der Zuwachs der installierten Leistung stetig. Seit 2005 sind in der Regel nur noch geringe Zuwächse oder sogar deutliche Leistungsabnahmen zu verzeichnen. Im 2011 und 2015 nahm die Leistung jeweils wieder zu. Sonst stagnierte aber der Bestand eher, d.h. die neu installierten Aggregate konnten nur gerade die ersetzten oder stillgelegten Aggregate kompensieren.

Veränderungen bei der Motoren-Technologie haben dazu geführt, dass der mittlere elektrische Wirkungsgrad von rund 20 % in den 80er Jahren auf nun über 37 % angestiegen ist.

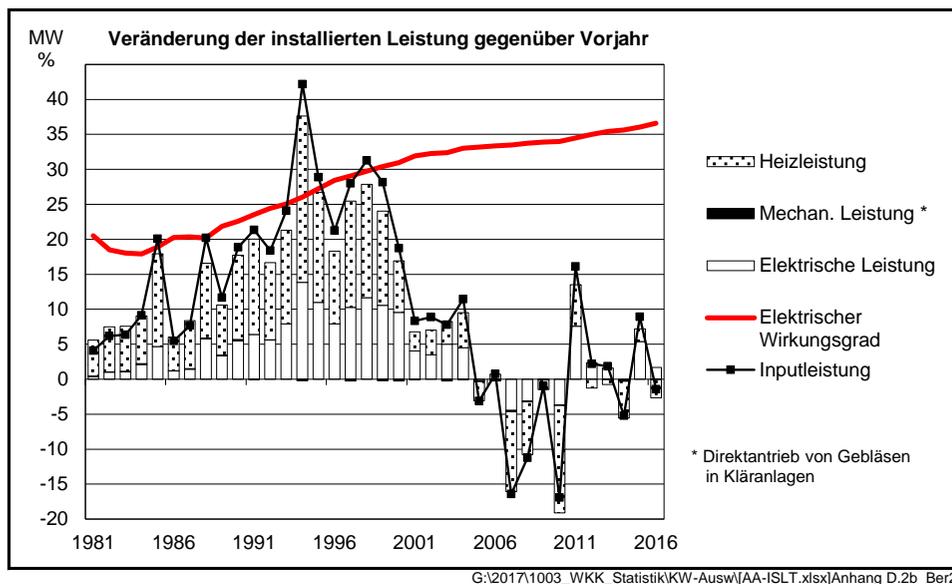


Bild 6.1d Zuwachs der am Jahresende installierten Leistungen aller Klein-WKK-Anlagen gegenüber dem Vorjahr (siehe Anhang D.2b)

Die nachstehende Tabelle 6.1e zeigt eine Auswertung des Klein-WKK-Bestandes Ende 2016 nach Leistungsklassen. Es kann daraus abgeleitet werden, dass die 847 Klein-WKK-Aggregate bis 99 kW elektrischer Nennleistung zusammen 21.8 MW (14.5 % von total 150 MW) aufweisen. Die 439 Klein-WKK-Aggregate ab 100 kW_e weisen 128.2 MW (85.5 %) elektrische Leistung auf.

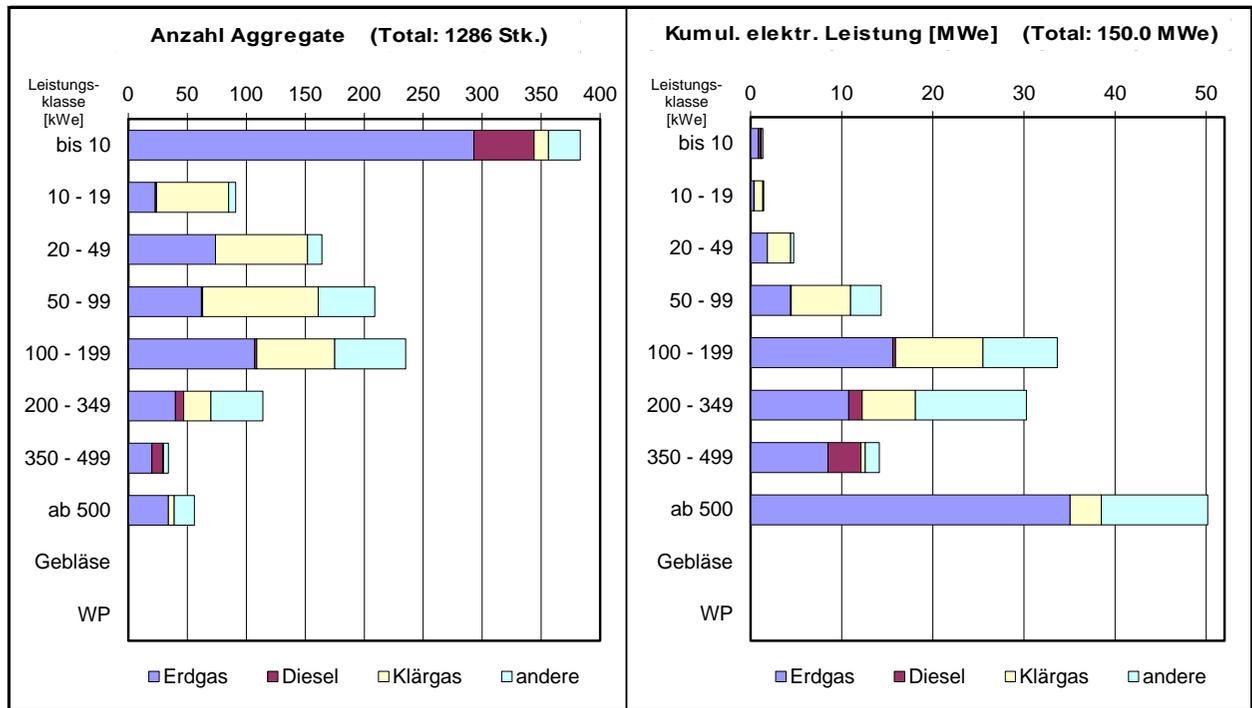
Leistungsklasse der Aggregate	Aggregate in Betrieb		elektrische Leistung	
	Anzahl	%	[MWe]	%
< 10 kW _e	383	29.8%	1.32	0.9%
10 - 19 kW _e	91	7.1%	1.42	0.9%
20 - 49 kW _e	164	12.8%	4.72	3.1%
50 - 99 kW _e	209	16.3%	14.32	9.5%
100 - 199 kW _e	235	18.3%	33.66	22.4%
200 - 349 kW _e	114	8.9%	30.24	20.2%
350 - 499 kW _e	34	2.6%	14.12	9.4%
>= 500 kW _e	56	4.4%	50.17	33.5%
Gebläseantriebe	0	0.0%	-	
Wärmepumpen	0	0.0%	-	
Total	1286	100.0%	149.97	100.0%

Stand per 31.12.2016

G:\2017\1003_WKK_Statistik\KW-Ausw\Leistungsklass-Energie.xlsx\Konzentrat Ber2

Tabelle 6.1e Ende 2016 in Betrieb stehende Klein-WKK-Aggregate, geordnet nach Leistungsklassen

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



G:\2017\1003_WKK_StatistikKW-Ausw[LeistKlass-Energie.xlsx]Konzentrat Ber1

Bild 6.1f Ende 2016 in Betrieb stehende Klein-WKK-Aggregate, geordnet nach Leistungsklassen und nach Energieträgern

6.1.3 Energieverbrauch und -produktion

Sämtliche in der Schweiz betriebenen Klein-WKK-Anlagen haben im Jahr 2016 mit einem Endenergieverbrauch von 1'640 GWh rund 572 GWh hochwertige Energie in Form von Elektrizität oder mechanischer Energie erzeugt (siehe Tabelle 6.1g).

Neben der hochwertigen Energie produzierten die Klein-WKK-Anlagen 757 GWh nutzbare Wärme. Davon wurden aber nur 683 GWh effektiv zu Heizzwecken eingesetzt. Die Differenz zwischen produzierter und effektiv genutzter Wärmeenergie von 74 GWh (10 %) 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.

	Total Ende 2016	Jährlicher Zuwachs	
		2016	Ø 2012 - 2016
Endenergieverbrauch	1'639.5 GWh	6.7	7.5 GWh/a
Elektrizitätsproduktion	572.0 GWh _e	3.1	7.6 GWh _e /a
Mechan. Nutzenergie *	0.0 GWh _m	-0.2	-0.2 GWh _m /a
Produzierte Wärme **	757.4 GWh _{th}	-1.0	-7.8 GWh _{th} /a
Genutzte Wärme ***	683.4 GWh _{th}	-3.7	-8.8 GWh _{th} /a

G:\2017\1003_WKK_Statistik\KW-Ausw\Jahr_Typ3+2_2016.xls\RES_WKK2 WKK903

* 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 2016 sowie Jahreszunahmen 2016 und im Zeitraum 2012 - 2016

Bild 6.1h zeigt die jährliche Zunahme der Energieproduktion resp. des Energieverbrauchs aller Klein-WKK-Anlagen.

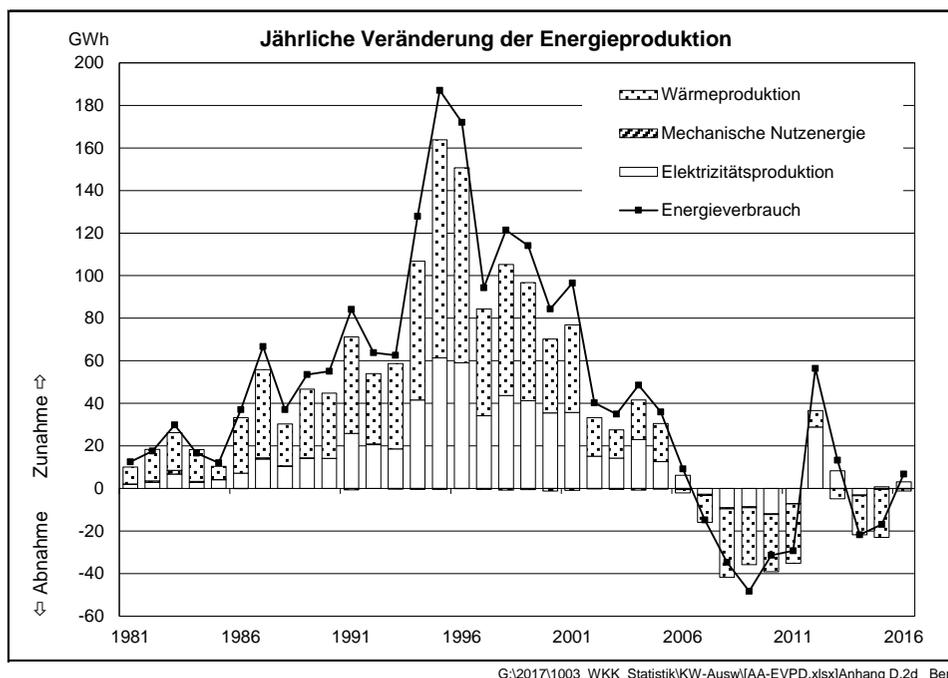


Bild 6.1h Jährliche Veränderung der Energieproduktion und des Energieverbrauchs der Klein-WKK-Anlagen (siehe Anhang D.2d)

Die Analyse der Energieträger zeigt, dass Biogas - wie bereits in den Vorjahren - als einziger Energieträger im Jahr 2016 einen Zuwachs erlebt hat. Diesel/Heizöl-Klein-WKK-Anlagen haben nach kurzem aber starkem Wachstum Ende der neunziger Jahre eine stark rückläufige Tendenz (siehe Bild 6.1i und Anhang D.2e). Insgesamt ist im 2016 der Anteil erneuerbarer Energieträger (Klärgas, Deponiegas, Biogas, Fett/Öl) auf 57 % angestiegen.

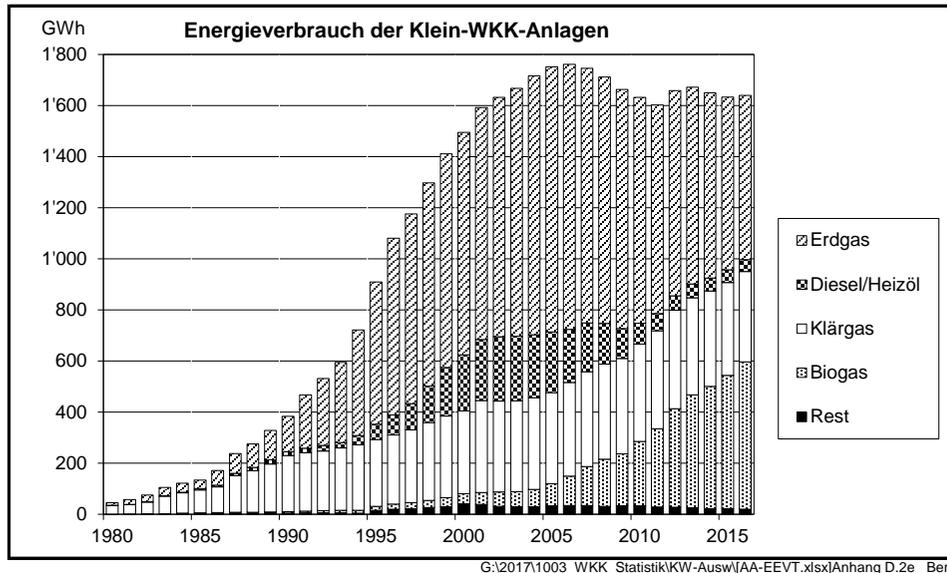


Bild 6.1i Entwicklung des Energieverbrauchs aller schweizerischer Klein-WKK-Anlagen (siehe Anhang D.2e)

6.2 Einsatzgebiete

Tabelle 6.2a zeigt die Aufteilung der Ende 2016 installierten Klein-WKK-Aggregate und deren elektrischer Nennleistung nach Anlagekategorien und Einsatzgebieten.

26 % der Klein-WKK-Aggregate resp. 19 % der elektrischen Leistung wurden in Abwasserreinigungsanlagen zur energetischen Nutzung des anfallenden Klärgases eingesetzt. Anteilsmässig immer bedeutender werden die mit Biogas betriebenen Klein-WKK-Anlagen, was sich mit 37 % Anteil an den Neuinstallationen 2016 noch weiter verstärken wird.

Mit knapp 60 % (Anz. und el. Leist.) Anteil am Klein-WKK-Bestand Ende 2016 sind die mit fossilen Energieträgern betriebenen Blockheizkraftwerke (W4.FOS.1) noch dominierend. Bild 6.2c zeigt, dass seit Beginn der neunziger Jahre die elektrische Leistung der fossilen BHKW von 16 auf 108 MW im Jahr 2004 sehr stark zugenommen hat. Seither ist die Leistung der fossilen BHKW aber wieder auf 86 MW gesunken.

Bezogen auf die elektrische Klein-WKK-Leistung sind die Bereiche Kläranlagen (19 %), Biogas (23 %) sowie Gewerbe und Industrie (12 %) am wichtigsten. Wärmeverbundenanlagen (15 %) und Wohngebäude (7 %) sind weitere wichtige Klein-WKK-Einsatzgebiete.

Anlagekategorie	Einsatzgebiete	Aggregate		El. Leistung		Veränd. 2016*		Neuinst. 2016**	
		Anz.	%	MWe	%	MWe	%	MWe	%
W4	Stromproduz. Klein-WKK-Anl.	1'286	100%	150.0	100%	1.68	100%	11.38	100%
W4.ARA.1	Kläranlagen mit BHKW	337	26%	28.8	19%	0.45	27%	1.91	17%
W4.ARA.2	Kläranlagen mit Gasturbinen	7	1%	0.6	0%	0.03	2%	0.03	0%
W4.BIO.1	Biogasanlagen Landwirtschaft	112	9%	17.8	12%	2.13	127%	3.60	32%
W4.BIO.2	Biogasanlagen Gewerbe u. Industrie	66	5%	16.5	11%	0.00	0%	0.56	5%
W4.DEP	Deponiegas-WKK-Anlagen	0	0%	0.0	0%	0.00	0%	0.00	0%
W4.FOS.1	fossile BHKW	761	59%	86.1	57%	-0.77	-46%	5.26	46%
	Haushalte Wohnen	373	29%	9.9	7%	-1.25	-74%	0.37	3%
	Industrie Gewerbe, Industrie	74	6%	18.2	12%	-0.83	-50%	0.04	0%
	Dienstleistungen Büro	61	5%	6.5	4%	-1.35	-80%	0.00	0%
	Bildung, Forschung	64	5%	7.5	5%	-0.17	-10%	0.37	3%
	Gesundheit	69	5%	9.1	6%	0.66	39%	0.67	6%
	Infrastruktur Versorgung***	59	5%	22.2	15%	2.17	129%	3.02	27%
	andere, unbekannt	61	5%	12.6	8%	0.01	0%	0.80	7%
W4.FOS.2	fossile Gasturbinen < 1 MWe	3	0%	0.2	0%	-0.18	-11%	0.03	0%

Hinweise:

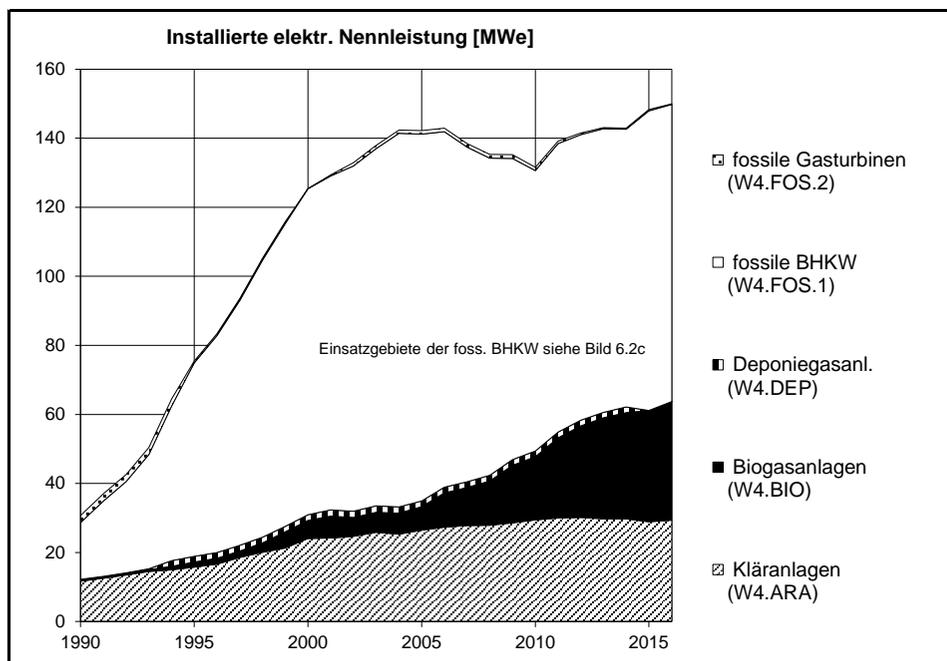
* Bestandesänderung gegenüber Vorjahr (= Summe der neuinstallierten minus stillgelegte/ersetzte Aggregate)

** nur neuinstallierte WKK-Aggregate (Basis für Bild 6.2d)

*** Wärmeverbund

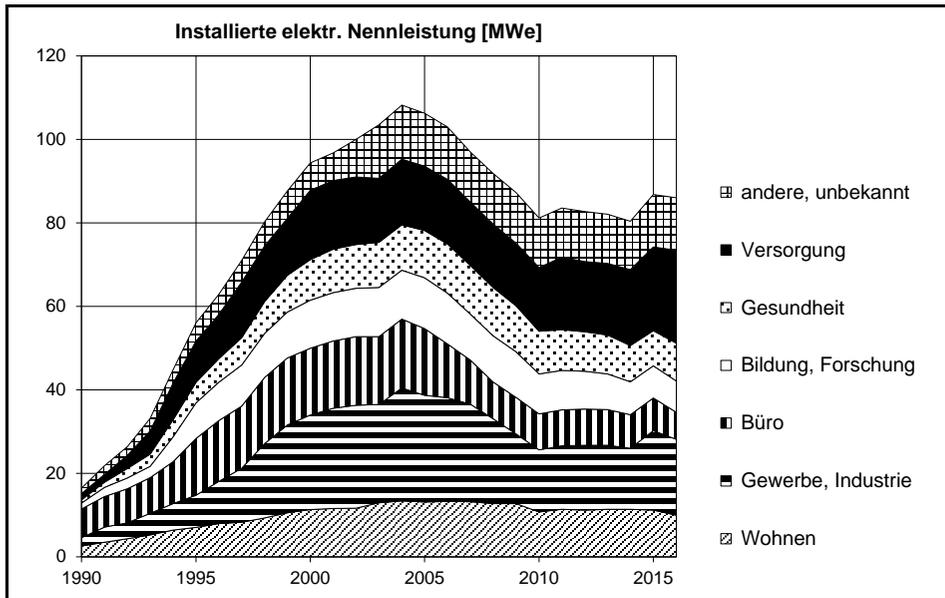
G:\2017\1003_WKK_Statistik\KW-Ausw[Einsge2016.xlsx]Anhang D.2f Ber1

Tabelle 6.2a Anzahl Klein-WKK-Aggregate und elektrische Nennleistungen nach Einsatzgebieten per 31.12.2016



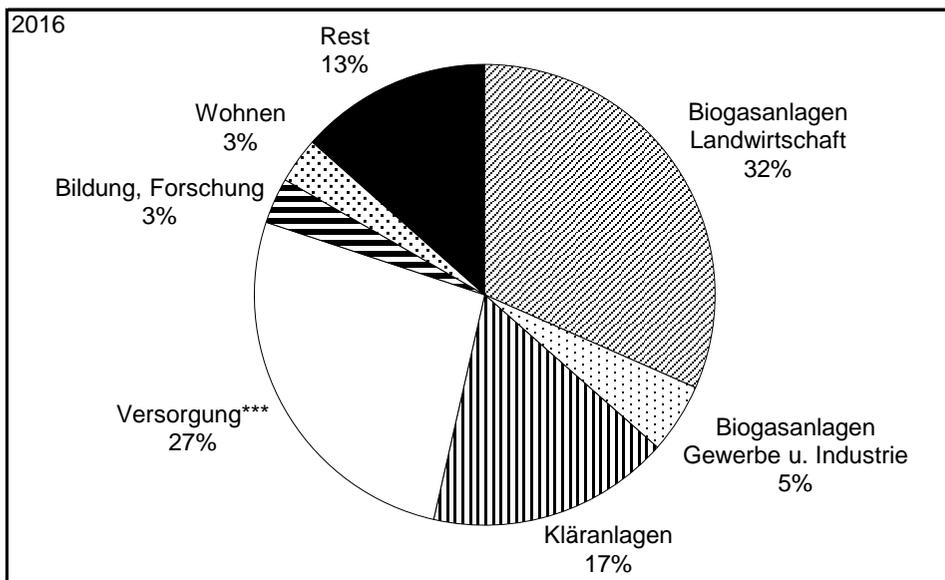
G:\2017\1003_WKK_Statistik\KW-Ausw[Einsge2016.xlsx]Anhang D.2f Ber2

Bild 6.2b Entwicklung der elektrischen Nennleistungen der Klein-WKK-Anlagen nach Anlagekategorien



G:\2017\1003_WKK_Statistik\KW-Ausw\{Einsge2016.xlsx\Anhang D.2f Ber3

Bild 6.2c Entwicklung der elektr. Nennleistungen fossiler BHKW nach Einsatzgebieten



*** Wärmeverbund

G:\2017\1003_WKK_Statistik\KW-Ausw\{Einsge2016.xlsx\Anhang D.2f Ber4

Bild 6.2d Neuinstallierte Klein-WKK-Leistung nach Einsatzgebieten (Jahr 2016)

6.3 Schadstoffreduktionsmassnahmen

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

51 % der in Kläranlagen installierten BHKW-Leistung war Ende 2016 mit Magermotoren ausgerüstet. In Bild 6.3b ist gut ersichtlich, dass bei den ab 1993 installierten BHKW in Kläranlagen weitgehend Magermotoren eingesetzt wurden. Zunehmend werden die Magermotoren noch durch

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

einen Oxi-Katalysator ergänzt. Diese Anlagen werden unter „andere“ ausgewiesen.

Bei fossilen BHKW sind weiterhin Anlagen mit geregelterm Dreiweg-Katalysator am häufigsten (37 % Ende 2016). Ab 1993 haben Anlagen, mit selektivem katalytischem Reduktionsverfahren (SCR) deutlich zugenommen. Ende 2016 betrug der leistungsmässige Anteil dieser Anlagen 18 %. Beim SCR-Verfahren werden die Stickoxide (NO_x) im Abgas nach dem Motor mit zugeführtem Harnstoff zu molekularem Stickstoff (N₂) und Wasserdampf umgesetzt (Reduktion um bis zu 95 %).

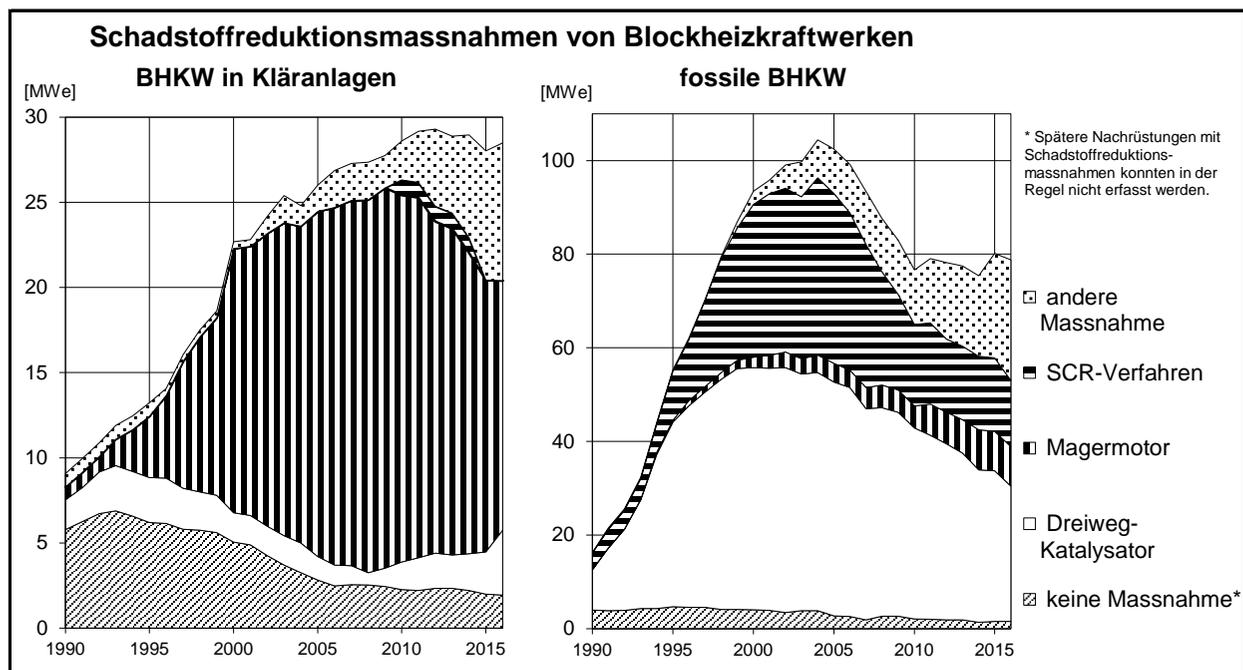
Anlagekategorie	Schadstoffreduktionsmassnahme	Aggregate		El. Leistung	
		Anz.	%	MWe	%
W4.ARA.1a	BHKW in Kläranlagen	335	100%	28.5	100%
	keine Massnahme*	38	11%	1.9	7%
	geregelter Dreiweg-Katalysator	35	10%	3.8	13%
	Magermotor	185	55%	14.6	51%
	SCR-Verfahren	0	0%	0.0	0%
	andere**	77	23%	8.1	28%
W5.FOS.1a	fossile BHKW	595	100%	78.8	100%
	keine Massnahme*	17	3%	1.6	2%
	geregelter Dreiweg-Katalysator	260	44%	28.9	37%
	Magermotor	87	15%	8.5	11%
	SCR-Verfahren	34	6%	14.2	18%
	andere**	197	33%	25.8	33%

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

** z.B. Oxi-Katalysator zu Magermotor

G:\2017\1003_WKK_Statistik\KW-Ausw[Schadr2016.xlsx]Auswert Ber1

Tabelle 6.3a Übersicht über die Schadstoffreduktionsmassnahmen von Blockheizkraftwerken Ende 2016



G:\2017\1003_WKK_Statistik\KW-Ausw[Schadr2016.xlsx]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, Brennstoffzellen usw. der letzten Jahre ausgewiesen.

Die neu in Betrieb genommene Leistung der Klein-WKK-Aggregate betrug im 2016 rund 11.4 MWe.

6.4.1 Lieferanten

Die Tabellen 6.4a und 6.4b geben einen Überblick über die Lieferanten der 2011 bis 2016 in der Schweiz in Betrieb genommenen Klein-WKK-Aggregate für den stationären Betrieb. Nicht enthalten sind Notstromanlagen. Im Jahre 2016 dienten 35 % der neu installierten Aggregate als Ersatz innerhalb der gleichen Anlage. Bezüglich elektrischer Leistung betrug der Ersatzanteil 2016 nur rund 30 %.

Lieferant (nur mit Erlaubnis namentlich erwähnt)	Anzahl in Betrieb genommene Aggregate								Total 2011-2016	
	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2016			
42technology AG, Aarwangen	1	3	1	0	0	2	3%	7	1%	
Acrona Projects Sarl, Yverdon-les-Bains	1	4	5	3	4	3	4%	20	4%	
AKSA Würenlos AG, Würenlos	0	0	0	0	2	0	0%	2	0%	
Avesco AG, Langenthal	21	23	15	15	13	17	22%	104	20%	
BES BHKW Energie-Service AG, Wittenbach	12	11	14	14	21	20	25%	92	18%	
CoGen sarl, Le Mont-Pèlerin	6	12	13	3	5	0	0%	39	7%	
Hexis AG, Winterthur	2	0	0	8	8	7	9%	25	5%	
Hoval AG, Feldmeilen	0	0	0	0	4	1	1%	5	1%	
IWK Integrierte Wärme und Kraft AG, Sarnen	19	12	11	7	8	10	13%	67	13%	
Vaillant GmbH, Dietikon	0	0	2	2	3	0	0%	7	1%	
Viessmann (Schweiz) AG, Spreitenbach	0	34	46	27	17	17	22%	141	27%	
andere Lieferanten	6	1	5	1	0	2	3%	15	3%	
TOTAL	68	100	112	80	85	79		524		
Anteil der Aggregate, welche ältere ersetzen*	41%	27%	22%	23%	27%	35%		28%		

* Ersatz für stillgelegte Aggregate innerhalb der gleichen Anlage

G:\2017\1003_WKK_Statistik\KW-Ausw[Lieferanten.xlsx]Auswert Ber1

Tabelle 6.4a In Betrieb genommene Motoren und Brennstoffzellen 2011 bis 2016

(Kat. T3, W4, W5)

6.4.2 Technologien und Leistungen

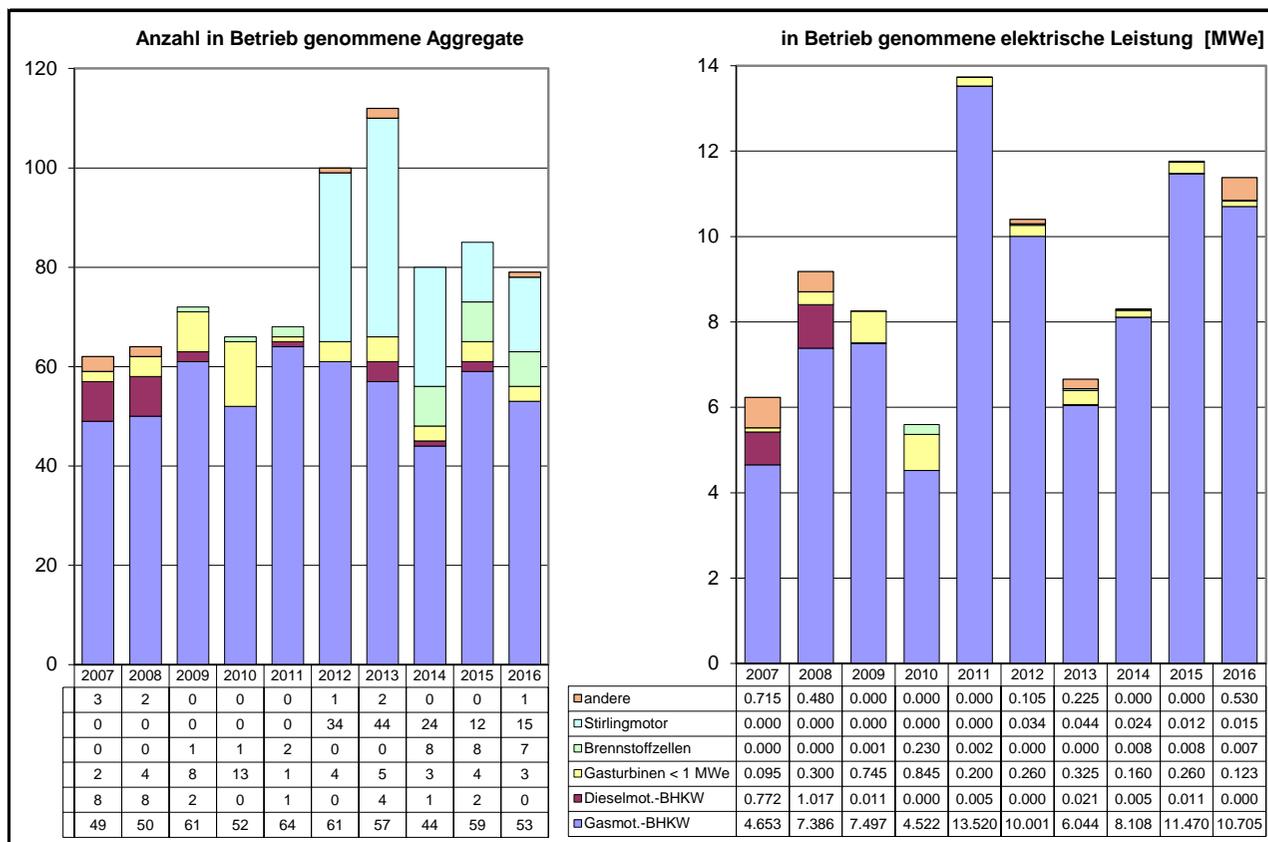
Die während den letzten zehn Jahren in Betrieb genommenen Klein-WKK-Technologien sind in Bild 6.4c dargestellt. Darin wird unterschieden zwischen den Gas- und Dieselmotor-BHKW, Klein-Gasturbinen, Brennstoffzellen, Stirlingmotoren sowie den restlichen Technologien (Zündstrahlmotoren u.a.). Wie bereits in den letzten Jahren wurden kaum neue Dieselmotor-BHKW installiert. Im Berichtsjahr wurde schweizweit eine Leistung von 11.4 MWe neu installiert.

Lieferant (nur mit Erlaubnis namentlich erwähnt)	Installierte elektrische Leistung [MW]								Total 2011-2016	
	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2016			
42technology AG, Aarwangen	0.195	0.057	0.020	0.000	0.000	0.053	0%	0.325	1%	
Acrona Projects Sarl, Yverdon-les-Bains	0.200	0.260	0.325	0.160	0.260	0.123	1%	1.328	2%	
AKSA Würenlos AG, Würenlos	0.000	0.000	0.000	0.000	0.400	0.000	0%	0.400	1%	
Avesco AG, Langenthal	3.022	4.483	1.477	3.155	2.945	4.053	36%	19.135	31%	
BES BHKW Energie-Service AG, Wittenbach	0.338	0.449	0.379	0.417	0.589	0.641	6%	2.813	5%	
CoGen sarl, Le Mont-Pèlerin	0.052	0.090	0.093	0.031	0.046	0.000	0%	0.312	1%	
Hexis AG, Winterthur	0.002	0.000	0.000	0.008	0.008	0.007	0%	0.025	0%	
Hoval AG, Feldmeilen	0.000	0.000	0.000	0.000	0.323	0.140	1%	0.463	1%	
IWK Integrierte Wärme und Kraft AG, Sarnen	9.560	4.922	2.639	4.148	7.099	5.342	47%	33.710	54%	
Vaillant GmbH, Dietikon	0.000	0.000	0.002	0.002	0.007	0.000	0%	0.011	0%	
Viessmann (Schweiz) AG, Spreitenbach	0.000	0.034	0.144	0.134	0.084	0.161	1%	0.556	1%	
andere Lieferanten	0.358	0.105	1.580	0.250	0.000	0.860	8%	3.153	5%	
TOTAL	13.727	10.400	6.659	8.305	11.760	11.380		62.231		
Anteil der ersetzten elektrischen Leistung*	20%	22%	30%	23%	21%	30%		24%		

*Ersatz für stillgelegte Aggregate innerhalb der gleichen Anlage

G:\2017\1003_WKK_Statistik\KW-Ausw(Lieferanten.xlsx)\Auswert Ber3

Tabelle 6.4b Elektrische Nennleistung der 2011 bis 2016 in Betrieb genommenen Motoren und Brennstoffzellen (Kat. T3, W4, W5)



G:\2017\1003_WKK_Statistik\KW-Ausw([Inbetriebnahmen.xlsx])Ausw-n-Techn Ber3

Bild 6.4c In Betrieb genommene Klein-WKK-Aggregate der letzten 10 Jahre

(Kat. T3, W4, W5)

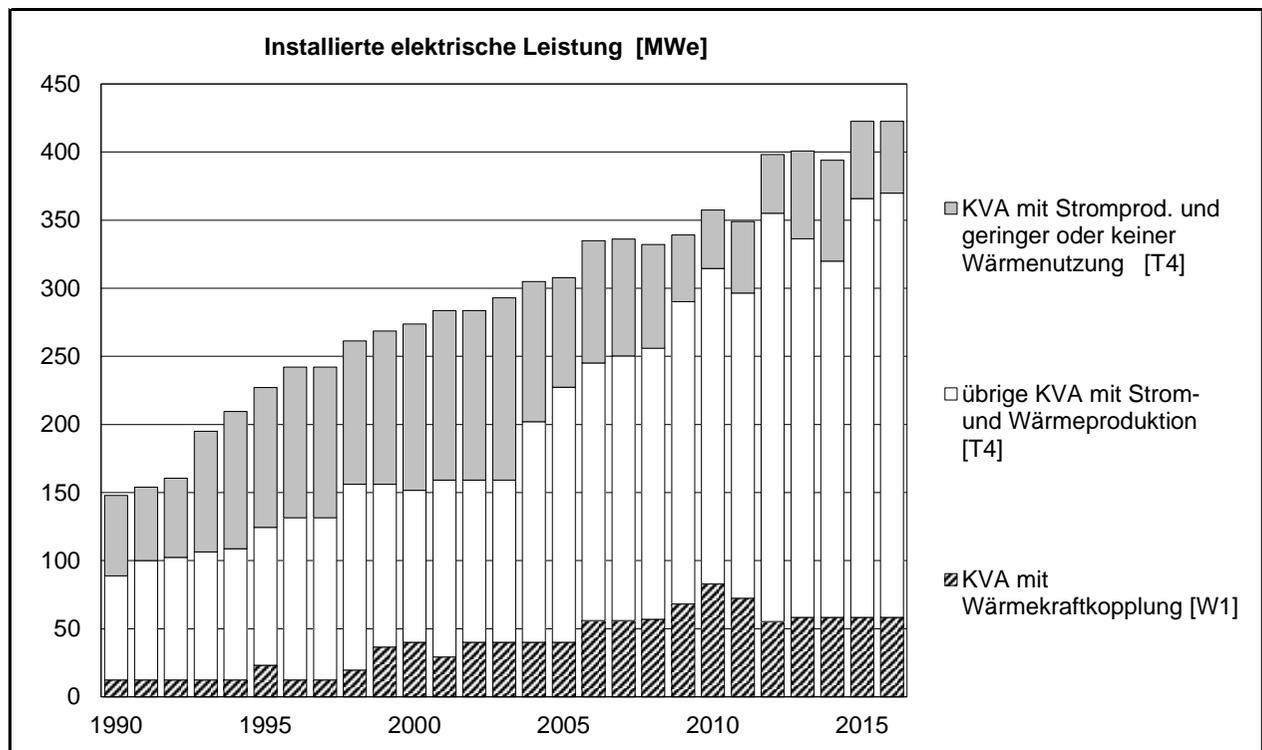
7. Spezialauswertungen thermische Stromproduktion

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 2016 waren in der Schweiz 30 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 2016 die KVAs Basel, Hagenholz in Zürich, Lausanne sowie die KVA in La Chaux-de-Fonds. Alle anderen KVA erreichten den als statistische Grenze festgelegten Jahresnutzungsgrad von 60 % nicht und werden daher an dieser Stelle nicht als WKK-Anlagen ausgewiesen.

In den 30 schweizerischen Kehrichtverbrennungsanlagen werden beachtliche Energiemengen genutzt (2016: 2'349 GWh Strom und 4'096 GWh Wärme).



G:\2017\1003_WKK_Statistik\All-Ausw\LEIST-ab1990.xlsx\KVA-Betriebsarten (E.1a) Ber42

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. Seit 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 Kehrichtverbrennungsanlagen ist in Bild 7.1b und Tabelle 7.1c seit 1990 dargestellt.

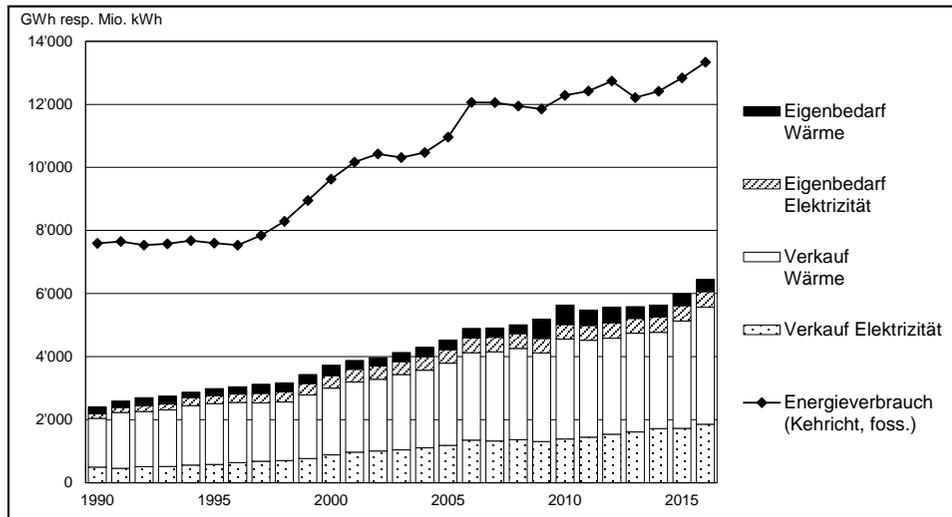


Bild 7.1b Energieverbrauch sowie Eigenbedarf resp. Verkauf von selbstproduzierter Elektrizität und Wärme aller KVA in der Schweiz seit 1990

		1990	2000	2005	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Install. elektr. Nennleistung (1)	MWe	148.0	273.8	307.9	357.5	349.0	398.1	400.8	394.1	422.5	422.5
Endenergieverbrauch Total (2)	GWh	7'596	9'631	10'963	12'285	12'425	12'737	12'211	12'411	12'836	13'333
- davon Kehricht	GWh	7'496	9'444	10'800	12'111	12'285	12'595	12'164	12'389	12'796	13'263
- davon fossile Energien	GWh	100	178	152	160	120	134	40	22	32	70
Elektrizitätsproduktion (3)	GWh	644	1'284	1'620	1'849	1'918	2'021	2'083	2'200	2'210	2'349
- davon Anteil Eigenbedarf	%	23%	31%	27%	25%	24%	24%	23%	22%	22%	21%
Genutzte Wärmeproduktion (4)	GWh	1'765	2'440	2'903	3'788	3'557	3'551	3'505	3'436	3'786	4'096
- davon Anteil Eigenbedarf	%	12%	13%	10%	16%	14%	14%	11%	11%	10%	9%
Jahresnutzungsgrad [= (3+4)/2]		32%	39%	41%	46%	44%	44%	46%	45%	47%	48%
Vollbetriebsstd. Stromprod. [= 3/1]		4'350	4'690	5'260	5'170	5'500	5'080	5'200	5'580	5'230	5'560

Tabelle 7.1c Energie- und Leistungswerte der schweizerischen KVA seit 1990

Im Jahr 2016 wurde 21 % der Stromproduktion von 2'349 GWh zur Deckung des Eigenbedarfs der KVA verwendet. Von der gesamthaft genutzten Wärmeproduktion von 4'096 GWh dienten rund 9 % für die Deckung des Wärmebedarfs der KVA. Die restlichen 91 %, d.h. 3'713 GWh Wärmeenergie, haben die KVA im Jahre 2016 an Dritte verkauft. Anfangs der neunziger Jahre wurden nur 32 % der in KVA verbrannten Energie (Kehricht und fossile Energien) zur Stromproduktion resp. für Heiz- oder Prozesswärmebedarfsdeckung genutzt. Dank Sanierungen und Ausbau des

Wärmeverkaufs an Dritte konnte der Jahresnutzungsgrad inzwischen auf 48 % gesteigert werden (siehe Tabelle 7.1c). Bild 7.1d zeigt die Energieanteile, welche sämtliche KVA im Jahre 2016 in Form von Wärme oder Elektrizität an Dritte verkauft haben. Der Durchschnitt für alle KVA liegt bei 27.8 % Wärme- und 14.0 % Stromverkauf.

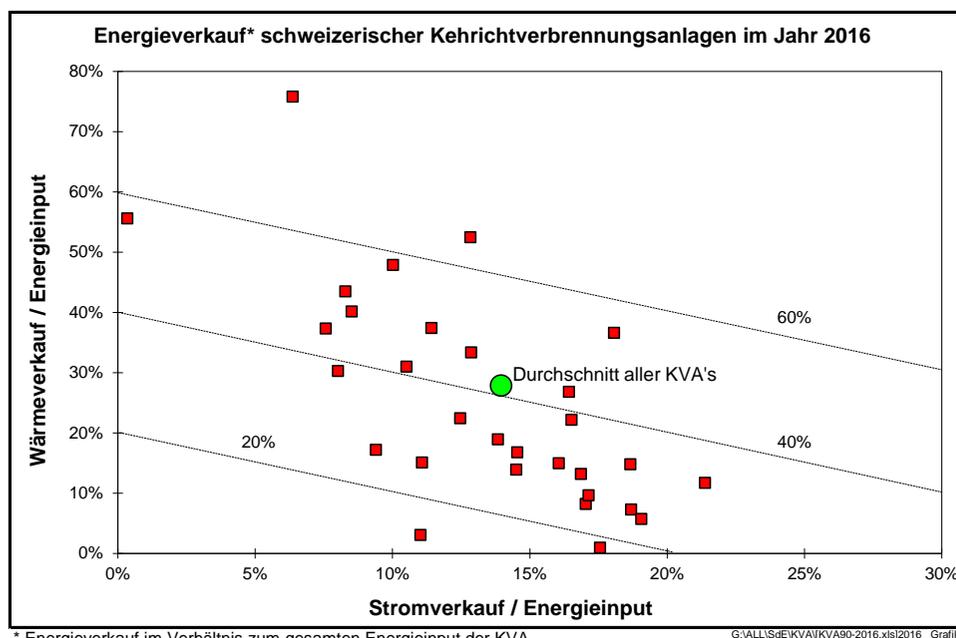


Bild 7.1d Energieverkaufs-Benchmark schweizerischer KVA (Jahr 2016)

7.2 Deponiegasnutzung

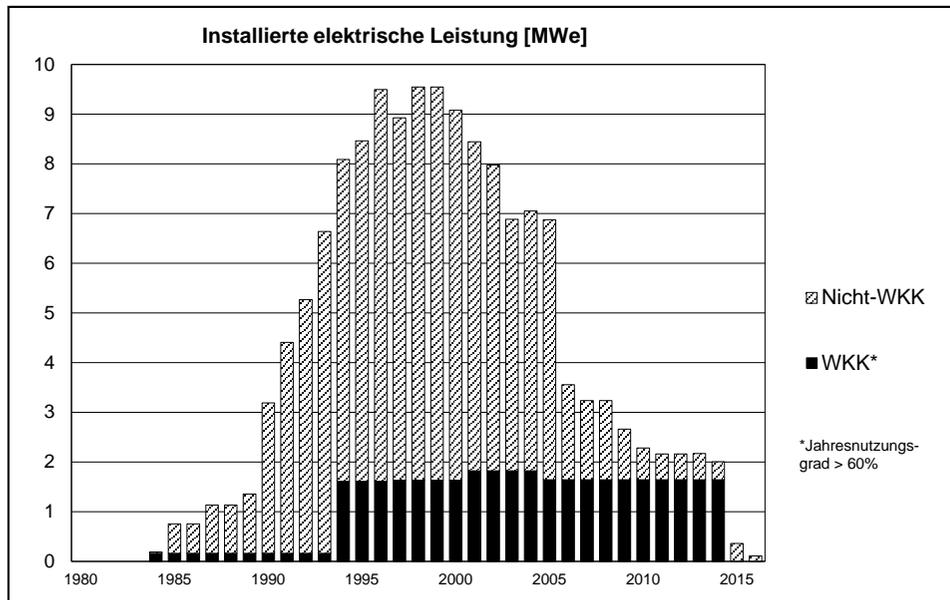
Ab Mitte der achtziger Jahre hatte die energetische Nutzung des in Abfalldeponien anfallenden Gases stark zugenommen. Mitte der neunziger Jahre wurde der Höhepunkt der Deponiegasnutzung erreicht. Seither ist sie rückläufig. Zur Zeit sind nur noch 2 Deponiegasmotoren zur Elektrizitätsproduktion in Betrieb.

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 Gesamtnutzungsgrade von weniger als 60 % und können daher nicht als WKK-Anlagen bezeichnet werden (siehe Punkt 2.3). Seit 2016 sind keine mit Deponiegas betriebenen Motoren mehr in den Auswertungen über Klein-WKK-Anlagen enthalten (Kat. W4.DEP).

Ende 2016 wurde nur noch in 3 schweizerischen Abfalldeponien Deponiegas energetisch genutzt. In einem Fall wurde dieses Gas ausschliesslich in Heizkesseln zur Wärmeproduktion genutzt (siehe Anhang E.2d). Bei den andern 2 Deponien wurde das anfallende Gas in erster Linie zur Stromproduktion genutzt. Im Bild 7.2a ist die Entwicklung der installierten elektrischen Leistung dieser Deponiegasmotoren dargestellt. Diese hat im Jahr 2016 auf 0.11 MWe abgenommen.

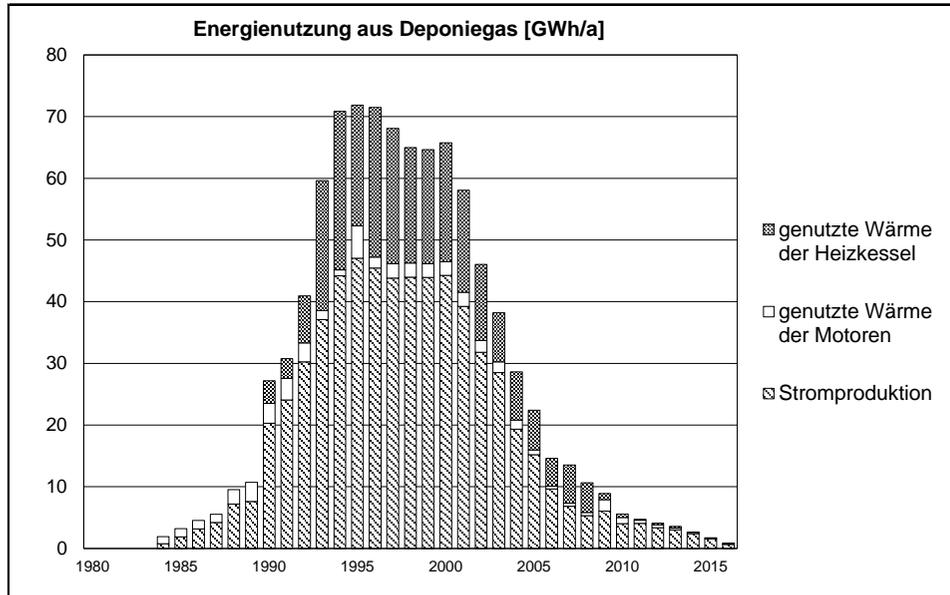
Die Deponiegasnutzung in der Schweiz hat in der ersten Hälfte der neunziger Jahre stark zugenommen, ist jedoch seit Beginn des neuen Jahrtausends stark rückläufig.

2016 wurde nur noch 3.34 GWh Deponiegas zum Antrieb der 2 Motoren eingesetzt. Damit konnte 0.64 GWh Elektrizität erzeugt werden (siehe Bild 7.2b).



G:\2017\1003_WKK_Statistik\KW-Ausw\DEP1982-2016.xlsx\Anhang E.2a Ber5

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



G:\2017\1003_WKK_Statistik\KW-Ausw\DEP1982-2016.xlsx\Anhang E.2a Ber6

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

Anhang	45
A. Thermische Stromerzeugung	46
A.1 Zeitreihen 1990 - 2016	46
A.2 Energieträgersplit 2016	46
A.3 Bruttoenergieverbrauch der Anlagen mit thermischem Stromverbrauch 2016	46
A.4 Bruttoenergieverbrauch für die thermische Stromproduktion 2016	46
B. Wärmekraftkopplung (WKK)	53
B.1 Zeitreihen elektrische Leistungen 1990 - 2016	53
B.2 Kantonale Verteilung	53
C. Gross-WKK-Anlagen	57
D. Klein-WKK-Anlagen	60
D.1 Jahresstatistiken 2016	60
D.2 Zeitreihen 1980 - 2016	60
E. Spezialauswertungen	69
E.1 Kehrichtverbrennungsanlagen	69
E.2 Deponiegasnutzung	69
F. Erläuterungen zur Statistik	75
F.1 Gross-WKK-Statistik	76
F.2 Klein-WKK-Statistik	77
G. Literatur- und Quellenverzeichnis	85

A. Thermische Stromerzeugung

A.1 Zeitreihen 1990 - 2016

Hyperlink und Seiten-Nr.:

A.1a Anzahl Anlagen

Anhang A.1a (S. 47)

A.1b Installierte Leistung

Anhang A.1b (S. 47)

A.1c Stromproduktion

Anhang A.1c (S. 49)

A.2 Energieträgersplit 2016

Anhang A.2 (S. 50)

Aufteilung der thermischen Stromproduktion des Jahres 2016 nach Energieträgern

A.3 Bruttoenergieverbrauch der Anlagen mit thermischem Stromverbrauch 2016

Anhang A.3 (S. 51)

Gesamter Bruttoenergieverbrauch des Jahres 2016 der Anlagen mit thermischer Stromproduktion (für Strom- und Wärmeproduktion)

A.4 Bruttoenergieverbrauch für die thermische Stromproduktion 2016

Anhang A.4 (S. 52)

Bruttoenergieverbrauch des Jahres 2016 für die Stromproduktion, d.h. exkl. Bruttoenergieverbrauch für die Wärmeproduktion der gleichen Anlagen

Anzahl Anlagen ab 1990

Anlagekategorien		Anzahl Anlagen															Kommentare			
		Nr.	Bezeichnung	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014		2015	2016	
Thermische Stromproduktion (Kap. 3)	Wärmekraftkopplung (Kap. 4)	T1	div. therm. Stromerzeuger	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	ganz grobe Schätzung	
		T2	Vouvry (öltherm. Kraftwerk)	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Stilllegung 30.9.1999
		T3	Deponiegasverstromung	4	8	9	7	7	7	5	5	5	4	4	4	3	3	2		
		T4	KVA ohne WKK	21	23	24	25	25	25	24	24	24	24	26	26	25	26	26	26	nur KVA's mit Stromproduktion
	Gross-WKK (Kap. 5)	W1	KVA mit WKK	1	2	3	3	4	4	5	5	6	6	4	4	4	4	4	4	
		W2	Gross-WKK in Industrie u.a.	21	22	23	21	21	21	20	21	22	20	18	18	17	14	15		
		W3	Fernheizkraftwerke u.a.	4	4	8	9	8	9	11	11	14	14	17	16	15	19	19		
		W4	stromprod. Klein-WKK	275	568	884	1'000	1'010	994	950	955	925	940	938	944	933	956	934		
		W4.ARA.1	Kläranlagen mit BHKW	153	227	276	278	279	280	275	277	274	277	277	276	276	274	270		
		W4.ARA.2	Kläranlagen mit Gasturbinen	2	2	1	0	0	1	1	3	3	3	3	3	4	4	5		
		W4.BIO.1	Biogasanlagen Landwirtschaft	25	27	31	44	54	55	55	59	58	68	76	81	84	87	89		
		W4.BIO.2	Biogasanlagen Gewerbe u. Industrie	0	6	18	20	24	25	26	31	34	36	36	38	39	41	42	1 Anl. von 2002-08 mit Erdgas betr.	
		W4.DEP	Deponiegas-WKK-Anlagen	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	von 1995-2008 vorw. mit Erdgas betr.	
		W4.FOS.1	fossile BHKW	91	303	556	649	644	624	583	575	547	550	540	541	525	546	525	Feingliederung siehe Kap. 6.2	
		W4.FOS.2	fossile Gasturbinen < 1 MWe	2	1	0	8	8	8	9	9	8	5	5	4	4	4	3		
W5	nicht stromprod. Klein-WKK	56	56	47	36	35	30	24	22	14	11	9	7	5	0	0				
Total	Anz. therm. Stromproduzenten	347	648	971	1'085	1'095	1'080	1'035	1'041	1'016	1'028	1'027	1'032	1'017	1'042	1'020	(Total exkl. Kat. W5)			
Subtotal	W1-W4 Wärmekraftkopplung (WKK)	301	596	918	1'033	1'043	1'028	986	992	967	980	977	982	969	993	972				
Subtotal	W1-W3 Gross-WKK	26	28	34	33	33	34	36	37	42	40	39	38	36	37	38				
Subtotal	W4+W5 Klein-WKK	331	624	931	1'036	1'045	1'024	974	977	939	951	947	951	938	956	934				
Anteil	W1-W4 Wärmekraftkopplung (WKK)	87%	92%	95%	95%	95%	95%	95%	95%	95%	95%	95%	95%	95%	95%	95%	Anteil am Total der therm. Produz.			
Anteil	W1-W3 Gross-WKK	7%	4%	4%	3%	3%	3%	3%	4%	4%	4%	4%	4%	4%	4%	4%	Anteil am Total der therm. Produz.			
Anteil	W4+W5 Klein-WKK	95%	96%	96%	95%	95%	95%	94%	94%	92%	93%	92%	92%	92%	92%	92%	Anteil am Total der therm. Produz.			

Elektrische Nennleistungen ab 1990

Anlagekategorien		Elektrische Nennleistungen [MWe]															Kommentare			
		Nr.	Bezeichnung	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014		2015	2016	
Thermische Stromproduktion (Kap. 3)	Wärmekraftkopplung (Kap. 3)	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	75.0	75.0	75.0	75.0	grobe Schätzung	
		T2	Vouvry (öltherm. Kraftwerk)	284.0	284.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	Stilllegung 30.9.1999
		T3	Deponiegasverstromung	3.0	6.9	7.4	5.2	1.9	1.6	1.6	1.0	0.6	0.5	0.5	0.5	0.4	0.4	0.1		
		T4	KVA ohne WKK	135.6	204.0	233.6	267.7	279.0	280.0	275.2	270.9	274.6	276.5	342.8	342.3	335.6	364.0	364.0		
	Wärmekraftkopplung (Kap. 4)	Gross-WKK (Kap. 5)	W1	KVA mit WKK	12.4	23.2	40.2	40.2	56.1	56.1	56.9	68.2	82.9	72.5	55.3	58.5	58.5	58.5	58.5	
			W2	Gross-WKK in Industrie u.a.	186.5	218.8	248.1	234.0	234.0	226.9	218.1	275.9	273.9	249.2	220.3	221.2	193.9	183.1	138.3	
			W3	Fernheizkraftwerke u.a.	43.3	68.0	74.5	62.7	52.7	61.7	94.8	94.8	107.0	107.0	181.7	181.4	180.7	175.7	175.7	
		Klein-WKK (Kap. 6)	W4	stromprod. Klein-WKK	30.7	75.5	125.4	142.2	142.9	138.4	135.3	135.3	131.6	139.1	141.5	143.1	142.9	148.3	150.0	
			W4.ARA.1	Kläranlagen mit BHKW	9.4	13.5	23.2	26.5	27.4	27.8	27.8	28.2	29.1	29.6	29.8	29.4	29.2	28.4	28.8	
			W4.ARA.2	Kläranlagen mit Gasturbinen	2.3	2.3	0.9	0.0	0.0	0.1	0.1	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.5	0.5	0.6	
			W4.BIO.1	Biogasanlagen Landwirtschaft	0.4	0.4	0.8	2.9	5.4	5.8	6.3	8.2	8.4	10.9	12.6	13.5	14.5	15.7	17.8	
	W4.BIO.2		Biogasanlagen Gewerbe u. Industrie	0.0	1.0	4.4	3.9	4.5	5.2	6.5	8.4	10.0	12.3	13.9	15.7	16.3	16.5	16.5	1 Anl. von 2002-08 mit Erdgas betr.	
	W4.DEP		Deponiegas-WKK-Anlagen	0.2	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	0.0	0.0	von 1995-2008 vorw. mit Erdgas betr.	
	W4.FOS.1		fossile BHKW	16.4	56.1	94.4	106.3	103.0	96.9	91.9	87.2	81.2	83.6	82.7	82.1	80.4	86.8	86.1	Feingliederung siehe Kap. 6.2	
	W4.FOS.2	fossile Gasturbinen < 1 MWe	2.1	0.6	0.0	1.0	1.0	1.0	1.1	1.1	1.0	0.7	0.5	0.4	0.4	0.4	0.2			
	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	0.0	0.0	0.0	0.0			
Total	el. Leist. aller therm. Stromproduz.	770.5	955.3	804.3	827.0	841.6	839.7	856.8	921.1	945.6	919.8	1'017	1'022	987	1'005	961.6				
Subtotal	W1-W4 Wärmekraftkopplung (WKK)	272.9	385.4	488.2	479.1	485.7	483.1	505.0	574.1	595.4	567.8	598.8	604.2	576.0	565.6	522.5				
Subtotal	W1-W3 Gross-WKK	242.2	310.0	362.8	337.0	342.8	344.7	369.7	438.9	463.8	428.7	457.3	461.1	433.0	417.3	372.5				
Subtotal	W4 Klein-WKK	30.7	75.5	125.4	142.2	142.9	138.4	135.3	135.3	131.6	139.1	141.5	143.1	142.9	148.3	150.0				
Anteil	W1-W4 Wärmekraftkopplung (WKK)	35%	40%	61%	58%	58%	58%	59%	62%	63%	62%	59%	59%	58%	56%	54%	Anteil am Total der therm. Produz.			
Anteil	W1-W3 Gross-WKK	31%	32%	45%	41%	41%	41%	43%	48%	49%	47%	45%	45%	44%	42%	39%	Anteil am Total der therm. Produz.			
Anteil	W4 Klein-WKK	4%	8%	16%	17%	17%	16%	16%	15%	14%	15%	14%	14%	14%	15%	16%	Anteil am Total der therm. Produz.			

Stand: 11.09.2017

G:\2017\1003_WKK_Statistik\All-Ausw\Anhang-A1_V2.xlsx|Bericht2 Ber2

Stromproduktion ab 1990

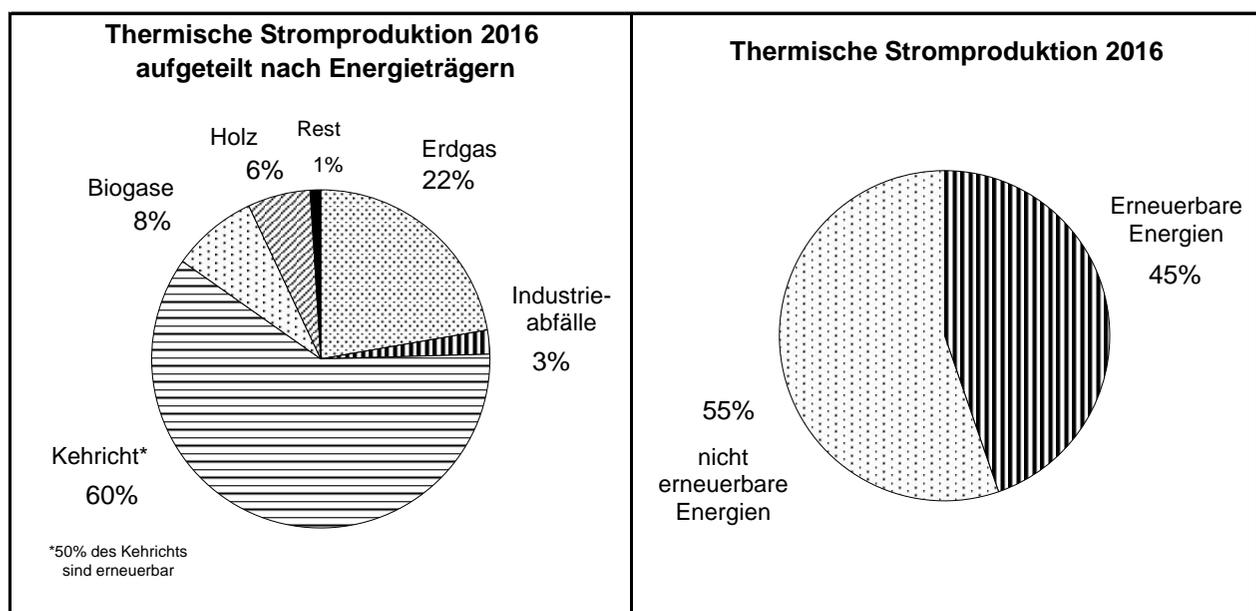
Anlagekategorien		Stromproduktion [GWh/a]															Kommentare			
		Nr.	Bezeichnung	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014		2015	2016	
Thermische Stromproduktion (Kap. 3)	Wärmekraftkopplung (Kap. 4)	T1	div. therm. Stromerzeuger	15.0	15.0	15.0	40.0	38.0	40.0	14.0	18.0	14.0	10.0	10.0	11.0	11.0	11.0	10.0	Cornaux (NE) + 10 GWh (Schätz.)	
		T2	Vouvry (öltherm. Kraftwerk)	227.0	202.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	Stillegung 30.9.1999
		T3	Deponiegasverstromung	19.6	44.6	43.5	15.0	9.6	6.8	5.3	5.2	3.7	3.9	3.3	3.0	2.3	1.6	0.6		
		T4	KVA ohne WKK	611.9	769.6	1'176.4	1'511.6	1'624.6	1'570.1	1'612.4	1'478.1	1'519.6	1'568.5	1'718.9	1'804.7	1'893.1	1'904.2	2'041.2		
	Gross-WKK (Kap. 5)	W1	KVA mit WKK	31.9	63.2	107.9	108.7	198.9	216.9	220.5	284.0	329.0	349.6	301.7	278.8	307.2	306.0	307.8		
		W2	Gross-WKK in Industrie u.a.	451.5	698.6	916.4	803.6	760.4	703.5	631.3	620.5	901.7	869.5	806.7	607.1	445.5	348.4	466.7		
		W3	Fernheizkraftwerke u.a.	83.0	127.7	101.9	143.7	110.2	107.5	201.5	229.2	212.3	212.0	306.5	397.1	326.9	353.9	500.2		
		W4	stromprod. Klein-WKK	84.5	252.7	466.3	567.1	573.3	570.6	561.6	553.0	541.0	534.0	562.8	571.2	568.1	568.9	572.0		
		W4.ARA.1	Kläranlagen mit BHKW	39.8	55.0	84.3	103.8	108.1	110.8	112.3	113.3	115.6	117.9	119.6	119.3	117.8	116.3	113.9		
		W4.ARA.2	Kläranlagen mit Gasturbinen	7.7	6.6	2.6	0.0	0.0	0.1	0.3	0.4	2.3	2.3	2.3	2.3	2.5	2.5	2.8		
Klein-WKK (Kap. 6)	W4.BIO.1	Biogasanlagen Landwirtschaft	1.1	1.5	3.2	9.3	15.4	26.1	32.6	37.4	45.7	51.3	63.4	77.0	88.7	99.8	115.8			
	W4.BIO.2	Biogasanlagen Gewerbe u. Industrie	0.0	2.6	9.8	15.2	20.7	24.0	26.2	31.7	41.4	52.3	70.4	77.9	79.4	83.9	88.4	1 Anl. von 2002-08 mit Erdgas betr.		
	W4.DEP	Deponiegas-WKK-Anlagen	0.8	5.1	7.9	9.0	8.7	6.8	5.8	5.8	6.6	5.9	5.8	6.7	5.2	0.0	0.0	von 1995-2008 vorw. mit Erdgas betr.		
	W4.FOS.1	fossile BHKW	30.2	177.5	358.5	426.7	417.6	399.9	380.9	362.2	327.6	302.8	300.8	287.4	274.0	265.8	250.9	Feingliederung siehe Kap. 6.2		
	W4.FOS.2	fossile Gasturbinen < 1 MWe	4.8	4.3	0.0	3.2	2.9	2.9	3.5	2.1	1.8	1.4	0.4	0.6	0.6	0.6	0.2			
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	0.0	0.0	0.0	0.0				
Total	Thermische Stromproduktion	1'524	2'173	2'827	3'190	3'315	3'215	3'247	3'188	3'521	3'548	3'710	3'673	3'554	3'494	3'899				
Subtotal	W1-W4 Wärmekraftkopplung (WKK)	651	1'142	1'592	1'623	1'643	1'599	1'615	1'687	1'984	1'965	1'978	1'854	1'648	1'577	1'847				
Subtotal	W1-W3 Gross-WKK	566	890	1'126	1'056	1'070	1'028	1'053	1'134	1'443	1'431	1'415	1'283	1'080	1'008	1'275				
Subtotal	W4 Klein-WKK	84	253	466	567	573	571	562	553	541	534	563	571	568	569	572				
Anteil	W1-W4 Wärmekraftkopplung (WKK)	43%	53%	56%	51%	50%	50%	50%	53%	56%	55%	53%	50%	46%	45%	47%	Anteil an der ges. therm. Prod.			
Anteil	W1-W3 Gross-WKK	37%	41%	40%	33%	32%	32%	32%	36%	41%	40%	38%	35%	30%	29%	33%	Anteil an der ges. therm. Prod.			
Anteil	W4 Klein-WKK	6%	12%	16%	18%	17%	18%	17%	17%	15%	15%	15%	16%	16%	16%	15%	Anteil an der ges. therm. Prod.			
	Therm. Stromprod. u.a. gem. Elektrizitätsstat.*	1'101	1'275	2'548	3'139	3'340	3'199	3'276	3'239	3'597	3'526	3'768	3'869	3'955	4'376	5'055				
	Therm. Stromprod. gem. Elektriz.stat.** (B)	1'100	1'269	2'534	3'110	3'301	3'154	3'221	3'162	3'467	3'288	3'380	3'279	3'013	3'147	3'613	Erklärungen siehe Kap. 3.2			

* inkl. andere Kraftwerke wie Photovoltaikanlagen und Windenergieanlagen

** nach Abzug der Photovoltaik- und Windenergieanlagen

Thermische Stromproduktion 2016 in der Schweiz aufgeteilt nach Anlagekategorien und Energieträgern

Energieträger	erneuer- barer Anteil	Stromproduktion [GWh] nach Anlagekategorien								Stromprod. Total	
		div. therm. T1	Vouvy T2	Deponie- gasverstr. T3	KVA o. WKK T4	KVA m. WKK W1	Industrie u.a. W2	Fernh.- kraftw. W3	Klein- WKK W4	[GWh]	%
Heizöl EL		10.0			2.2	0.2	1.7	1.1	16.3	31.5	1%
Heizöl M&S							0.5			0.5	0%
Erdgas					5.3	1.4	299.9	332.8	228.6	867.9	22%
Propan									7.1	7.1	0%
Kohle											
Ind.abfälle n.erneuerb.							74.3		0.0	74.3	2%
Kehricht	50%				2033.8	306.2	8.0			2348.0	60%
Ind.abfälle erneuerb.	95%						15.1			15.1	0%
Holz	100%						6.4	121.5		127.8	3%
Restholz	100%						18.1	0.3		18.4	0%
Altholz	100%						32.7	44.6		77.3	2%
Rinde	100%						10.0			10.0	0%
Klärschlamm	100%										
Biogas	100%						0.1		204.2	204.2	5%
Klärgas	100%								115.8	115.8	3%
Deponiegas	100%			0.6						0.6	0%
andere Biomasse	100%								0.1	0.1	0%
Stromproduktion Total		10.0		0.6	2041.2	307.8	466.7	500.2	572.0	3898.6	100%
- davon erneuerbar				0.6	1016.9	153.1	85.6	166.3	320.0	1742.5	45%
- davon nicht erneuerbar		10.0			1024.3	154.7	381.1	333.9	252.0	2156.1	55%
Anteil der erneuerbaren Energietr.				100%	49.8%	49.7%	18.3%	33.2%	55.9%		



Bruttoverbrauch [1] der Anlagen mit thermischer Stromprod. 2016 aufgeteilt nach Anlagekategorien und Energieträgern

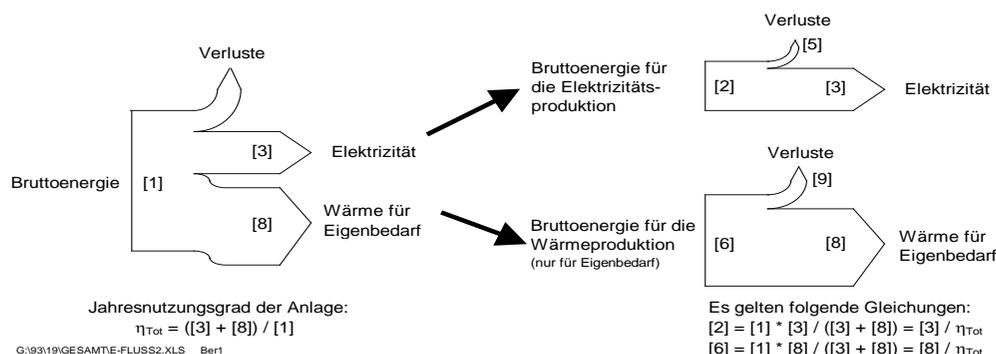
[1] gesamter Bruttoverbrauch für die Strom- und Wärmeproduktion in Anlagen zur thermischen Stromproduktion (s.u.)

Energieträger	erneuerbarer Anteil	Bruttoverbrauch [1] nach Anlagekategorien [GWh]								Bruttoverbrauch [1] Total [GWh] %	
		div. therm. T1	Vouvry T2	Deponie-gasverstr. T3	KVA o. WKK T4	KVA m. WKK W1	Industrie u.a. W2	Fernh.-kraftw. W3	Klein-WKK W4		
Heizöl EL		28.6			13.9	2.4	23.6	8.2	45.8	122.5	1%
Heizöl M&S							3.3			3.3	0%
Erdgas (Hu)					42.9	10.8	1'285.5	759.6	643.2	2'741.9	14%
Propan									20.0	20.0	0%
Kohle											
Ind.abfälle n.erneuerb.							973.1		0.0	973.1	5%
Kehricht	50%				10'894.4	2'369.0	8.9			13'272.3	66%
Ind.abfälle erneuerb.	95%						198.2			198.2	1%
Holz	100%						53.4	943.4		996.8	5%
Restholz	100%						75.5	3.0		78.5	0%
Altholz	100%						302.1	352.5		654.6	3%
Rinde	100%						46.7			46.7	0%
Klärschlamm	100%										
Biogas	100%						0.5		576.0	576.5	3%
Klärgas	100%								354.3	354.3	2%
Deponiegas	100%			3.3						3.3	0%
andere Biomasse	100%								0.2	0.2	0%
Bruttoverbrauch [1] Total		28.6		3.3	10'951.2	2'382.1	2'970.7	2'066.7	1'639.5	20'042.1	100%
- davon erneuerbar				3.3	5'447.2	1'184.5	670.8	1'298.9	930.5	9'535.3	48%
- davon nicht erneuerbar		28.6			5'504.0	1'197.6	2'299.9	767.8	709.0	10'506.9	52%
Anteil der erneuerbaren Energietr.				100%	49.7%	49.7%	22.6%	62.8%	56.8%		

Ausdruck: 11.09.2017

G:\2017\1003_WKK_Statistik\All-Ausw\ENERG-ab1990-V3.xlsb\Anhang A.3 Ber4

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



Bruttoverbrauch [2] für die thermische Stromproduktion 2016 aufgeteilt nach Anlagekategorien und Energieträgern

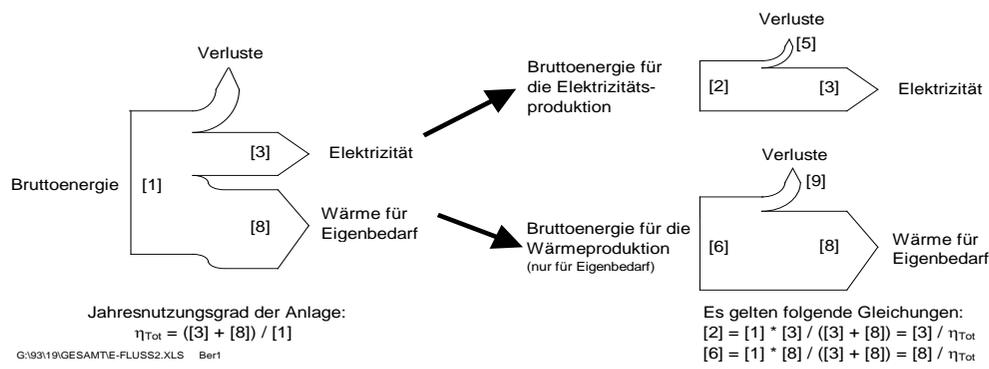
[2] nur Bruttoverbrauch für die Stromproduktion (d.h. exkl. Bruttoverbrauch für die gleichzeitige Wärmeproduktion, s.u.)

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 u.a. W2	Fernh.- kraftw. W3	Klein- WKK W4		
Heizöl EL		28.6			5.0	0.3	2.3	1.7	19.1	56.9	1%
Heizöl M&S							0.6			0.6	0%
Erdgas (Hu)					10.8	2.3	385.3	550.0	267.4	1'215.7	16%
Propan									8.3	8.3	0%
Kohle											
Ind.abfälle n.erneuerb.							93.5		0.0	93.5	1%
Kehricht	50%				5'086.2	433.5	8.9			5'528.5	71%
Ind.abfälle erneuerb.	95%						21.1			21.1	0%
Holz	100%						9.0	183.8		192.8	2%
Restholz	100%						34.4	0.3		34.7	0%
Altholz	100%						63.7	127.6		191.3	2%
Rinde	100%						18.2			18.2	0%
Klärschlamm	100%										
Biogas	100%						0.1		302.3	302.4	4%
Klär gas	100%								157.7	157.7	2%
Deponiegas	100%			2.9						2.9	0%
andere Biomasse	100%								0.1	0.1	0%
Bruttoverbrauch [2] Total		28.6		2.9	5'101.9	436.1	637.1	863.3	754.8	7'824.7	100%
- davon erneuerbar				2.9	2'543.1	216.7	149.9	311.6	460.1	3'684.3	47%
- davon nicht erneuerbar		28.6			2'558.9	219.3	487.2	551.7	294.8	4'140.3	53%
Anteil der erneuerbaren Energietr.				100%	49.8%	49.7%	23.5%	36.1%	61.0%		

Ausdruck: 11.09.2017

G:\2017\1003_WKK_Statistik\All-Ausw[ENERG-ab1990-V3.xlsb]Anhang A.4 Ber5

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



B. Wärmekraftkopplung (WKK)

B.1 Zeitreihen elektrische Leistungen 1990 - 2016

Hyperlink und Seiten-Nr.:

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

Anhang B.1a (S. 54)

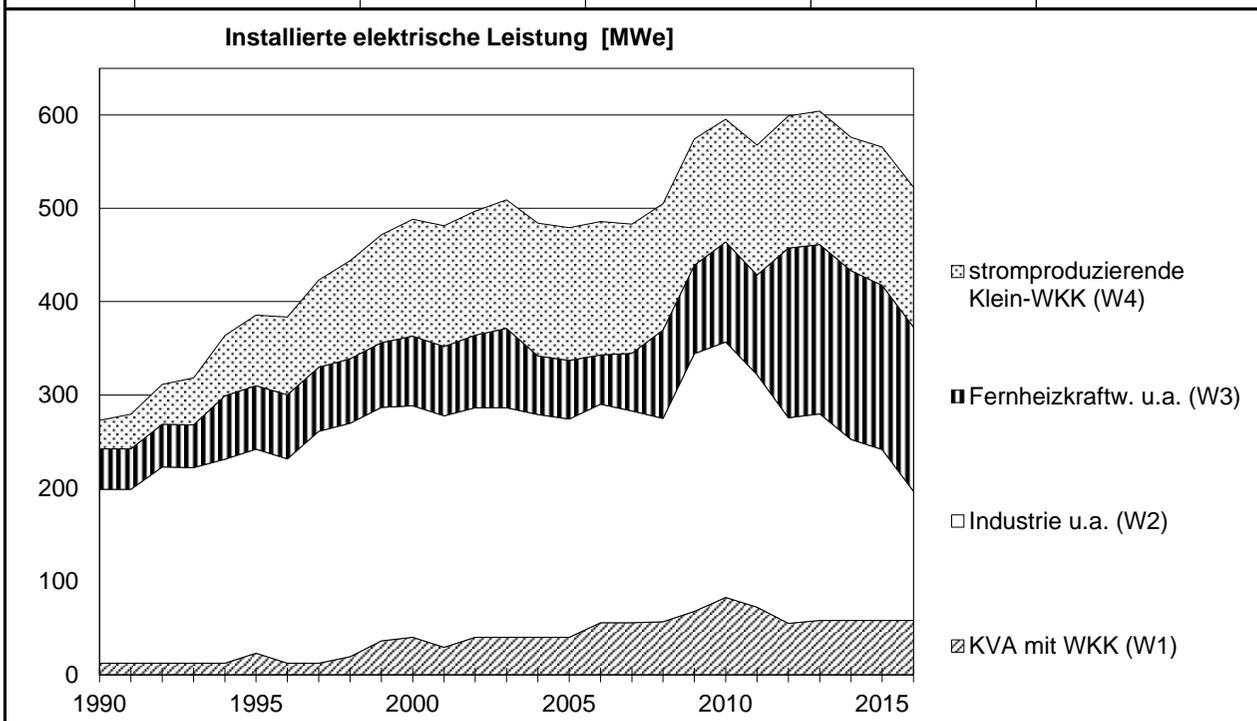
B.1b Aufteilung nach Technologien

Anhang B.1b (S. 55)

B.2 Kantonale Verteilung

Anhang B.2 (S. 56)

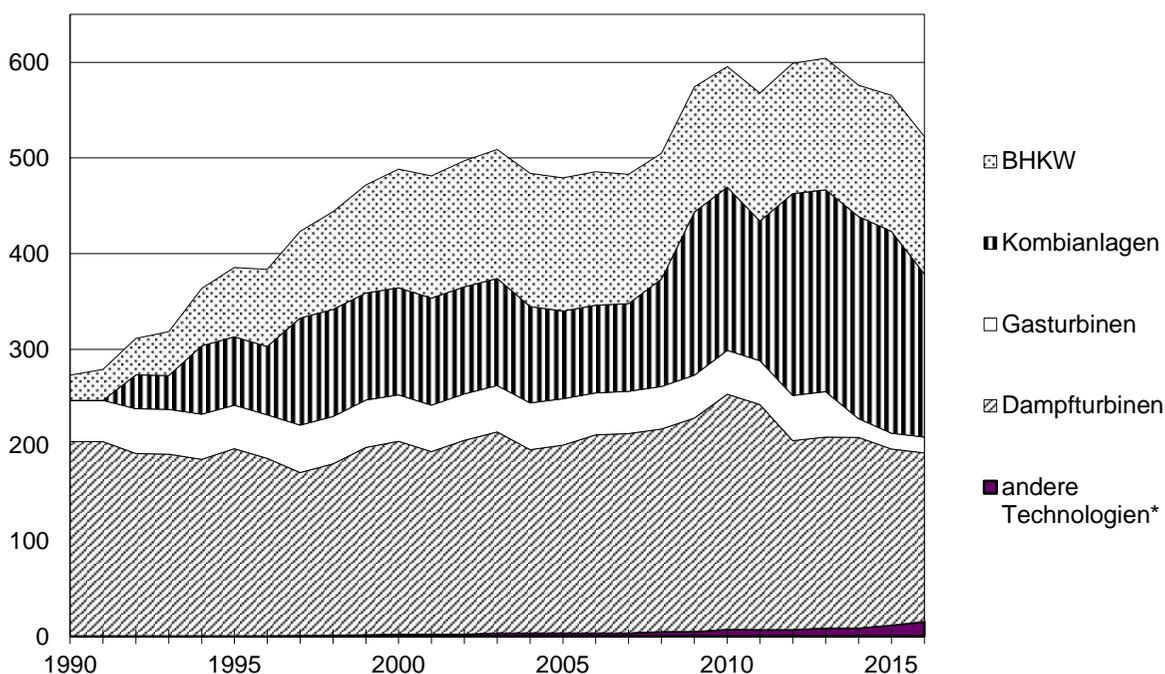
Install. elektr. Nennleistungen nach Anlagekategorien [MWe]					
berücksichtigte Anlagen: alle WKK-Anlagen					
Jahr	KVA mit WKK (W1)	Industrie u.a. (W2)	Fernheizkraftw. u.a. (W3)	stromproduzierende Klein-WKK (W4)	TOTAL
1990	12.40	186.51	43.30	30.73	272.94
1991	12.40	186.51	43.30	37.01	279.22
1992	12.40	210.35	46.00	42.58	311.33
1993	12.40	209.55	46.00	50.45	318.40
1994	12.40	218.75	68.00	64.46	363.61
1995	23.20	218.79	68.00	75.46	385.45
1996	12.40	218.93	68.70	83.36	383.39
1997	12.40	248.42	68.70	93.63	423.15
1998	19.65	249.92	69.04	105.26	443.87
1999	36.65	249.92	69.34	115.82	471.73
2000	40.20	248.10	74.54	125.35	488.19
2001	29.40	248.10	74.54	129.38	481.42
2002	40.20	246.23	77.66	132.87	496.96
2003	40.20	246.23	84.73	137.88	509.04
2004	40.20	238.79	62.73	142.39	484.11
2005	40.20	234.03	62.73	142.17	479.13
2006	56.07	234.03	52.73	142.89	485.72
2007	56.07	226.88	61.73	138.42	483.10
2008	56.87	218.06	94.76	135.31	505.00
2009	68.20	275.92	94.76	135.26	574.14
2010	82.90	273.92	106.99	131.58	595.39
2011	72.50	249.17	106.99	139.15	567.81
2012	55.30	220.33	181.69	141.51	598.83
2013	58.50	221.23	181.35	143.10	604.18
2014	58.50	193.87	180.65	142.94	575.96
2015	58.50	183.07	175.73	148.30	565.60
2016	58.50	138.31	175.73	149.97	522.51



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

Jahr	Dampfturbinen	Gasturbinen	Kombianlagen	BHKW	andere Technologien*	TOTAL
1990	202.71	43.28	0.00	26.20	0.75	272.94
1991	202.71	43.28	0.00	32.32	0.91	279.22
1992	190.21	46.98	35.34	37.89	0.91	311.33
1993	189.41	46.98	35.34	45.76	0.91	318.40
1994	184.41	46.98	71.54	59.84	0.84	363.61
1995	195.25	45.48	71.54	72.34	0.84	385.45
1996	185.29	45.48	71.54	80.24	0.84	383.39
1997	169.99	49.58	111.84	90.51	1.23	423.15
1998	178.74	49.58	111.84	102.14	1.57	443.87
1999	195.74	49.58	111.84	112.70	1.87	471.73
2000	201.57	48.55	111.84	123.71	2.52	488.19
2001	190.77	48.40	111.84	127.89	2.52	481.42
2002	202.53	48.55	111.84	131.48	2.56	496.96
2003	209.90	48.58	111.84	134.85	3.87	509.04
2004	191.40	48.72	100.90	139.22	3.87	484.11
2005	195.90	48.78	91.70	138.90	3.85	479.13
2006	206.77	43.84	91.70	139.56	3.85	485.72
2007	208.27	43.94	91.70	135.33	3.86	483.10
2008	211.80	44.24	112.40	131.44	5.12	505.00
2009	222.99	44.98	170.40	130.70	5.07	574.14
2010	245.69	45.73	170.40	126.04	7.53	595.39
2011	235.29	45.65	146.00	133.69	7.18	567.81
2012	197.25	47.28	211.00	136.08	7.22	598.83
2013	199.45	47.44	211.00	137.47	8.82	604.18
2014	198.99	19.84	211.00	137.28	8.85	575.96
2015	183.89	16.40	211.00	142.36	11.95	565.60
2016	176.31	16.28	170.70	143.60	15.62	522.51

* Brennstoffzelle, Dampfmotor, Speisepumpen-Antriebsturbinen, ORC-Turbogenerator

Installierte elektrische Leistung [MWe]

Wärme­kraft­kopplung in der Schweiz: Kantonale Verteilung 2016

Anhang B.2

Standort- kanton	Klein-WKK-Anlagen [W4]			Industrie u.a. [W2]			Fernheizkraftw.* [W3]			KVA (nur WKK) [W1]			TOTAL [W1 - W4]			KVA (geringe Wärmenutz.) [T4]		
	Anz.	MWe	GWh	Anz.	MWe	GWh	Anz.	MWe	GWh	Anz.	MWe	GWh	Anz.	MWe	GWh	Anz.	MWe	GWh
unbek.	11	0.16	0.03										11	0.16	0.03			
AG	57	7.34	41.35	1	xxx								58	9.26	41.35	3	32.01	217.08
AI	2	xxx	xxx										2	xxx	xxx			
AR	10	1.52	8.42				1	xxx	xxx				11	2.13	9.72			
BE	104	18.34	66.05	2	xxx	xxx	2	xxx	xxx				108	106.44	398.13	3	32.05	198.23
BL	66	14.73	36.95	1	xxx	xxx							67	18.53	62.17			
BS	25	13.63	42.17	2	xxx	xxx	3	26.40	101.26	1	xxx	xxx	31	70.38	226.93			
FR	38	6.56	31.53										38	6.56	31.53	1	xxx	xxx
GE	26	10.31	33.50										26	10.31	33.50	1	xxx	xxx
GL	4	0.33	1.29										4	0.33	1.29	1	xxx	xxx
GR	38	3.93	15.95	1	xxx	xxx	2	xxx	xxx				41	22.18	48.43	1	xxx	xxx
JU	8	1.84	11.05										8	1.84	11.05			
LU	45	7.64	34.06	1	xxx	xxx	1	xxx	xxx				47	19.25	57.12	1	xxx	xxx
NE	28	3.44	12.87							1	xxx	xxx	29	8.24	37.08	1	xxx	xxx
NW	2	xxx	xxx				1	xxx	xxx				3	1.68	4.04			
OW	4	0.96	3.84										4	0.96	3.84			
SG	86	12.37	41.42	1	xxx	xxx	2	xxx	xxx				89	14.58	50.49	3	33.00	208.42
SH	12	5.36	20.02										12	5.36	20.02			
SO	31	5.29	17.48										31	5.29	17.48	1	xxx	xxx
SZ	21	2.08	11.55				1	xxx	xxx				22	3.58	21.55			
TG	41	2.89	13.88	2	xxx	xxx	1	xxx	xxx				44	14.52	40.54	1	xxx	xxx
TI	16	2.20	8.54										16	2.20	8.54	1	xxx	xxx
UR	2	xxx	xxx										2	xxx	xxx			
VD	102	9.20	41.61	1	xxx	xxx	3	33.62	0.97	1	xxx	xxx	107	65.32	150.12			
VS	21	1.54	7.06	2	xxx	xxx							23	79.54	286.66	3	28.50	176.22
ZG	11	2.01	9.09										11	2.01	9.09			
ZH	123	15.93	60.69	1	xxx	xxx	2	xxx	xxx	1	xxx	xxx	127	51.63	275.04	5	75.52	399.41
Total	934	150.0	572.0	15	138.3	466.7	19	175.7	500.2	4	58.5	307.8	972	522.5	1'846.7	26	364.0	2'041.2

Anz. = Anzahl stromproduzierende Wärme­kraft­kopplungsanlagen 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)

xxx => aus Datenschutzgründen keine Anzeige von Werten bei weniger als 3 Anlagen

* Fernheizkraftwerke mit Dampf- oder Gasturbinen, Kombiheizkraftwerken und div. Spezialanlagen (Fernheizkraftwerke mit Gas-/Dieselmotoren sind als Klein-WKK-Anlagen erfasst)

D:\[KT-WKK2016.xls]Bericht Ber1

Stand: 28.09.2017

C. Gross-WKK-Anlagen

Hyperlink und Seiten-Nr.:

**Ca. Entwicklung der Gross-WKK-Anlagen in Industrie u.a.
nach Technologien**

Anhang Ca (S. 58)

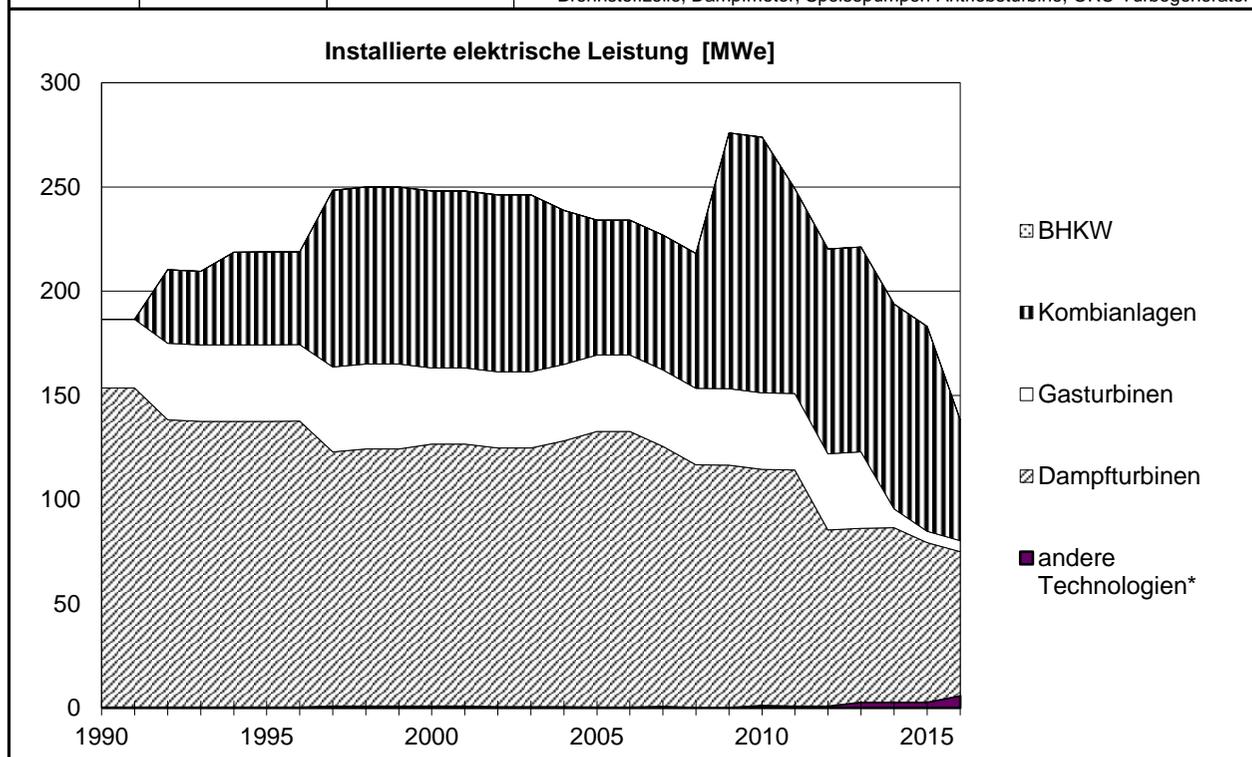
**Cb. Gross-WKK-Anlagen in Fernheizkraftwerken nach
Technologien**

Anhang Cb (S. 59)

Installierte elektr. Nennleistungen nach Technologien [MWe]berücksichtigte Anlagen: **Gross-WKK-Anlagen in der Industrie u.a.**

Jahr	Dampfturbinen	Gasturbinen	Kombianlagen	BHKW	andere Technologien*	TOTAL
1990	153.01	32.95	0.00	0.00	0.55	186.51
1991	153.01	32.95	0.00	0.00	0.55	186.51
1992	137.81	36.65	35.34	0.00	0.55	210.35
1993	137.01	36.65	35.34	0.00	0.55	209.55
1994	137.01	36.65	44.54	0.00	0.55	218.75
1995	137.05	36.65	44.54	0.00	0.55	218.79
1996	137.19	36.65	44.54	0.00	0.55	218.93
1997	121.89	40.75	84.84	0.00	0.94	248.42
1998	123.39	40.75	84.84	0.00	0.94	249.92
1999	123.39	40.75	84.84	0.00	0.94	249.92
2000	125.67	36.65	84.84	0.00	0.94	248.10
2001	125.67	36.65	84.84	0.00	0.94	248.10
2002	124.13	36.65	84.84	0.00	0.61	246.23
2003	124.13	36.65	84.84	0.00	0.61	246.23
2004	127.63	36.65	73.90	0.00	0.61	238.79
2005	132.13	36.65	64.70	0.00	0.55	234.03
2006	132.13	36.65	64.70	0.00	0.55	234.03
2007	124.63	36.65	64.70	0.00	0.90	226.88
2008	116.36	36.65	64.70	0.00	0.35	218.06
2009	116.22	36.65	122.70	0.00	0.35	275.92
2010	113.22	36.65	122.70	0.00	1.35	273.92
2011	113.22	36.65	98.30	0.00	1.00	249.17
2012	84.38	36.65	98.30	0.00	1.00	220.33
2013	83.38	36.65	98.30	0.00	2.90	221.23
2014	83.62	9.05	98.30	0.00	2.90	193.87
2015	76.52	5.35	98.30	0.00	2.90	183.07
2016	68.94	5.35	58.00	0.00	6.02	138.31

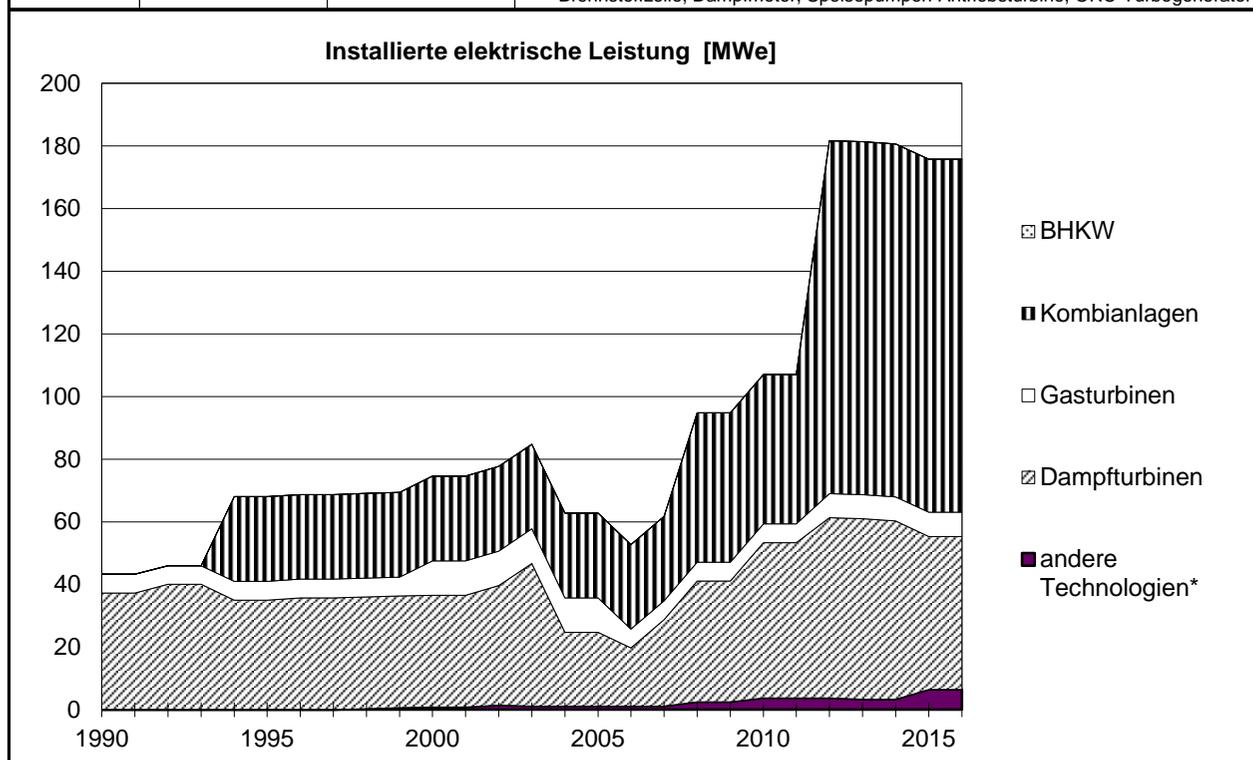
* Brennstoffzelle, Dampfmotor, Speisepumpen-Antriebsturbinen, ORC-Turbogenerator



Installierte elektr. Nennleistungen nach Technologien [MWe]berücksichtigte Anlagen: **Fernheizkraftwerke (exkl. KVA) sowie andere Spezialanlagen**

Jahr	Dampfturbinen	Gasturbinen	Kombianlagen	BHKW	andere Technologien*	TOTAL
1990	37.30	6.00	0.00	0.00	0.00	43.30
1991	37.30	6.00	0.00	0.00	0.00	43.30
1992	40.00	6.00	0.00	0.00	0.00	46.00
1993	40.00	6.00	0.00	0.00	0.00	46.00
1994	35.00	6.00	27.00	0.00	0.00	68.00
1995	35.00	6.00	27.00	0.00	0.00	68.00
1996	35.70	6.00	27.00	0.00	0.00	68.70
1997	35.70	6.00	27.00	0.00	0.00	68.70
1998	35.70	6.00	27.00	0.00	0.34	69.04
1999	35.70	6.00	27.00	0.00	0.64	69.34
2000	35.70	11.00	27.00	0.00	0.84	74.54
2001	35.70	11.00	27.00	0.00	0.84	74.54
2002	38.20	11.00	27.00	0.00	1.46	77.66
2003	45.57	11.00	27.00	0.00	1.16	84.73
2004	23.57	11.00	27.00	0.00	1.16	62.73
2005	23.57	11.00	27.00	0.00	1.16	62.73
2006	18.57	6.00	27.00	0.00	1.16	52.73
2007	27.57	6.00	27.00	0.00	1.16	61.73
2008	38.57	6.00	47.70	0.00	2.49	94.76
2009	38.57	6.00	47.70	0.00	2.49	94.76
2010	49.57	6.00	47.70	0.00	3.72	106.99
2011	49.57	6.00	47.70	0.00	3.72	106.99
2012	57.57	7.70	112.70	0.00	3.72	181.69
2013	57.57	7.70	112.70	0.00	3.38	181.35
2014	56.87	7.70	112.70	0.00	3.38	180.65
2015	48.87	7.70	112.70	0.00	6.46	175.73
2016	48.87	7.70	112.70	0.00	6.46	175.73

* Brennstoffzelle, Dampfmotor, Speisepumpen-Antriebsturbinen, ORC-Turbogenerator



D. Klein-WKK-Anlagen

D.1 Jahresstatistiken 2016

Hyperlink und Seiten-Nr.:

D.1a Klein-WKK-Jahresstatistik Typ 2

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

Anhang D.1a (S. 61)

D.1b Klein-WKK-Jahresstatistik Typ 3

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

Anhang D.1b (S. 62)

D.1c Fortschreibungsparameter 2016

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

Anhang D1.c (S. 63)

D.2 Zeitreihen 1980 - 2016

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

Anhang D.2a (S. 64)

D.2b Installierte Leistungen

Anhang D2.b (S. 65)

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

Anhang D.2c (S. 67)

D.2d Energieverbrauch und -produktion

Anhang D2.d (S. 67)

D.2e Endenergieverbrauch nach Energieträgern

Anhang D.2e (S. 68)

Jahresstatistik 2016											
Typ 2 der Klein-WKK-Jahresstatistik		TOTAL (alle Anlagen)	Aufteilung nach Anlageart 3)					Aufteilung nach Technologien			
		fossile WP	Biogas	Klärgas	Deponieg.	foss. BHKW	Div. foss.	BHKW 4)	Wärmep.	Gasturb.	Rest 5)
WKK-Anlagen in Betrieb (Jahresende)	M	N	O	P	Q	R	S	U	V	W	X
Anzahl WKK-Anlagen 1)	-	934	131	275		509	19	908		8	18
Anzahl WKK-Aggregate	-	1'286	178	344		595	169	1'108		10	168
Installierte Leistungen											
- Anschlussleistung	MW	403.81	89.71	84.35		215.89	13.87	387.20		2.51	14.11
- elektrische Leistung	MW	149.97	34.35	29.38		78.82	7.43	141.65		0.75	7.58
- mechanische Leistung 2)	MW										
- Heizleistung	MW	204.77	39.77	43.41		113.98	7.61	195.76		1.28	7.73
Jahresenergieverbrauch/ -produktion											
Endenergieverbrauch Total	GWh	1'639.51	576.20	357.09		683.58	22.63	1'605.20		10.25	24.06
- Erdgas	GWh	643.20		1.49		619.07	22.63	620.57		0.68	21.95
- Diesel / Heizöl EL	GWh	45.81		0.51		45.31		45.81			
- Propan	GWh	19.98		0.78		19.20		19.98			
- Klärgas	GWh	354.31		354.31				342.64		9.57	2.11
- Deponiegas	GWh										
- Biogas	GWh	576.05	576.05					576.05			
- Fett/Öl erneuerbar	GWh	0.15	0.15					0.15			
- andere Energieträger	GWh										
produzierte Elektrizität	GWh	571.99	204.22	116.67		243.81	7.29	561.11		2.99	7.90
genutzte mechanische Energie 2)	GWh										
produzierte Wärmeenergie	GWh	757.37	226.89	170.26		348.83	11.39	740.70		4.61	12.05
genutzte Wärmeenergie	GWh	683.42	184.96	145.42		342.50	10.54	668.19		4.08	11.14

Kommentare:

- 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 oder spezielle Technologien wie Brennstoffzellen, Total-Energie-Anlagen TEA usw. installiert sind.

Erstellungsdatum: 11.09.17

G:\2017\1003_WKK_Statistik\KW-Ausw\Jahr_Typ3+2_2016.xls\Anhang D.1a Ber04

Jahresstatistik 2016												
Typ 3		TOTAL	Anlagearten (Typ 3) der Klein-WKK-Statistik 3)									
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 4) ->		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)	-	934	89	268		509	16	42	5	3	2	
Anzahl WKK-Aggregate	-	1'286	112	335		595	166	66	7	3	2	
Installierte Leistungen												
- Anschlussleistung	MW	403.81	46.63	81.60		215.89	13.20	43.08	1.84	0.67	0.90	
- elektrische Leistung	MW	149.97	17.83	28.49		78.82	7.24	16.52	0.56	0.19	0.34	
- mechanische Leistung 2)	MW											
- Heizleistung	MW	204.77	20.35	42.01		113.98	7.26	19.42	0.93	0.35	0.47	
Jahresenergieverbrauch/ -produktion												
Endenergieverbrauch Total	GWh	1'639.51	329.88	345.42		683.58	21.95	246.32	9.57	0.68	2.11	
- Erdgas	GWh	643.20		1.49		619.07	21.95			0.68		
- Diesel / Heizöl EL	GWh	45.81		0.51		45.31						
- Propan	GWh	19.98		0.78		19.20						
- Klärgas	GWh	354.31		342.64					9.57		2.11	
- Deponiegas	GWh											
- Biogas	GWh	576.05	329.88					246.17				
- Fett/Öl erneuerbar	GWh	0.15						0.15				
- andere Energieträger	GWh											
produzierte Elektrizität	GWh	571.99	115.84	113.08		243.81	7.10	88.38	2.79	0.20	0.80	
genutzte mechanische Energie 2)	GWh											
produzierte Wärmeenergie	GWh	757.37	133.29	164.98		348.83	11.04	93.60	4.27	0.35	1.01	
genutzte Wärmeenergie	GWh	683.42	116.80	140.73		342.50	10.24	68.16	3.78	0.30	0.90	

Kommentare:

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

4) Ab Ausgabe 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. (W5) 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: 11.09.17

G:\2017\1003_WKK_Statistik\KW-Ausw\Jahr_Typ3+2_2016.xls\Anhang D.1b+c Ber02

Fortschreibungsparameter 2016											
	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%	-	40%	-	35%	-	-	-	-	-
b.) in diesem Jahr	Wert a gemäss Bild F.2c	35%	-	40%	-	35%	-	-	-	-	-

Fortschreibungsparameter zur Ermittlung des/der Jahresenergieverbrauchs/-produktion

Endenergieverbrauch Total	S3: Vollbetriebsstunden	1905	Die Energiedaten werden summarisch aus der Biogasstatistik (Landwirtschaft, WKK) übernommen.	4250	Die Energiedaten werden durch eicher+pauli jährlich erhoben.	3103	Die Energiedaten werden grösstenteils durch eicher+pauli jährlich erhoben.	Die Energiedaten werden anlagenweise aus der Biogasstatistik (Industrie und Gewerbe) übernommen.	Die Energiedaten werden bei grossen Anlagen durch eicher+pauli jährlich erhoben, bei kleineren Anlagen erfolgt eine Schätzung.	Die Energiedaten werden durch eicher+pauli jährlich erhoben.	Die Energiedaten werden durch eicher+pauli einzeln erhoben oder geschätzt.
- Erdgas	Split des Endenergieverbrauchs Total auf die verschiedenen Energieträger erfolgt:	85.6%		0.4%		90.6%					
- Diesel / Heizöl EL	a. gemäss den erhobenen Werten des Jahres 1993 (Spalten A und C)	14.4%		0.1%		6.6%					
- Propan				0.2%		2.8%					
- Klärgas				99.2%							
- Deponiegas											
- Biogas	b. gemäss den Inputleistungsanteilen des Vorjahres (Spalten E und F)										
- Holz											
- andere Energieträger											
produzierte Elektrizität	S3: Vollbetriebsstunden			4008		3060					
genutzte mechanische Energie	S3: Vollbetriebsstunden										
produzierte Wärmeenergie	S3: Vollbetriebsstunden	1680	3919	2987							
genutzte Wärmeenergie 4)	Anteil an Wärmeproduktion	98.7%	85.3%	98.2%							

Kommentare:

- 1) Die Fortschreibungsparameter zu den fossilen WP (W5) basieren auf den erhobenen Daten der Jahre 1992 und 1993.
- 2) Die Vollbetriebsstunden der Kat. W4.ARA.1a basieren auf erhobenen Daten der Jahre 90-93 sowie 2001. Die Vollbetriebsstunden der Zwischenjahre wurden linear interpoliert. Die Herleitung findet sich in Tabelle F.2e.
Der Energieträgersplit der Kat. W4.ARA.1a basiert auf erhobenen Daten der Jahre 1992 und 1993.
- 3) Die Vollbetriebsstunden der Kat. W4.FOS.1a basieren auf erhobenen Daten der Jahre 90-93 und 96-97. Ab 2010 wurden die Vollbetriebsstunden um 15% reduziert. Die Details finden sich in Tabelle F.2d.
Der Energieträgersplit der Kat. W4.FOS.1a wird ausgehend von den Hauptenergieträgern der installierten WKK-Aggregate per Ende des Vorjahres berechnet (siehe Tabelle F.2d).
- 4) Der prozentuale Anteil der Wärmeenergie, welche effektiv genutzt wird (und nicht via Kühler an die Umwelt abgegeben wird), basiert bei den Kategorien W5, W4.ARA.1a, W4.FOS.1a und W4.FOS.1b auf Erhebungen der Jahre 1992/1993.

Erstellungsdatum: 11.09.17

G:\2017\1003_WKK_Statistik\KW-Ausw\Jahr_Typ3+2_2016.xls\Anhang D.1b+c Ber03

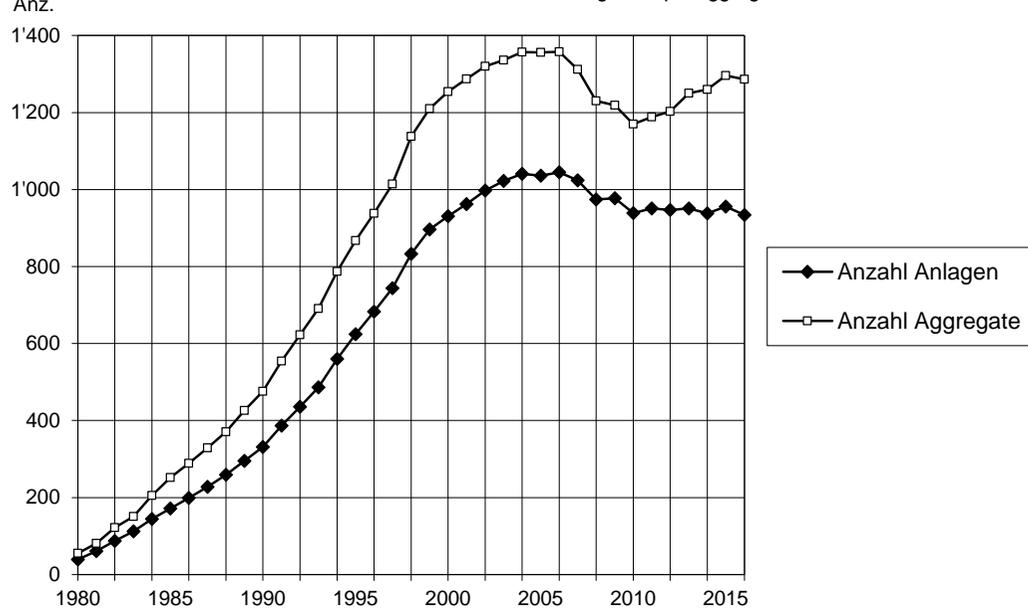
Anzahl Anlagen und Aggregate / Durchschnittliche Energieinputleistungen

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

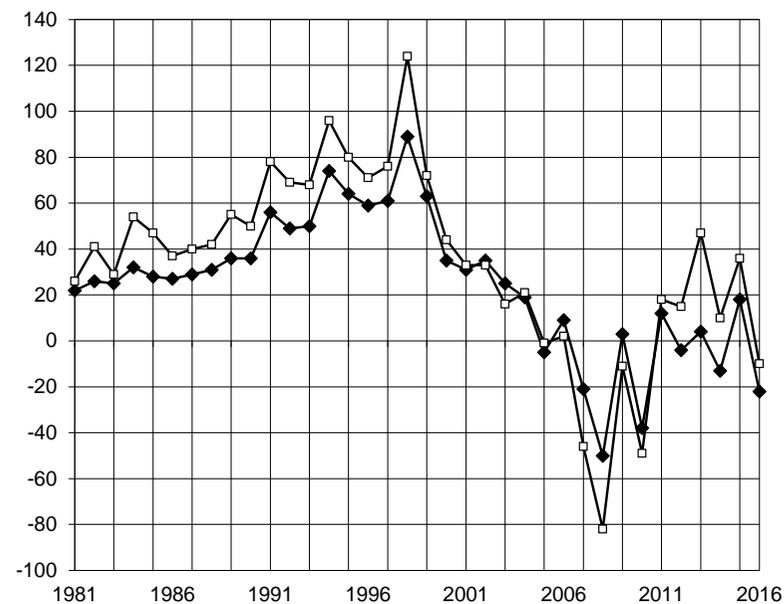
Kat. W4+W5

		2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Anzahl Klein-WKK-Anlagen 1)		931	962	997	1'022	1'041	1'036	1'045	1'024	974	977	939	951	947	951	938	956	934
Anzahl Klein-WKK-Aggregate 2)		1'254	1'287	1'320	1'336	1'357	1'356	1'358	1'312	1'230	1'219	1'170	1'188	1'203	1'250	1'260	1'296	1'286
Anzahl Aggregate pro Anlage (Mittel)		1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.2	1.2	1.2	1.3	1.3	1.3	1.4	1.4
durchschn. Inputleist. pro Anlage	kW/Anl.	422	417	411	409	412	411	408	401	410	408	406	418	422	422	423	424	432
durchschn. Inputleist. pro Aggregat	kW/Aggr.	313	312	311	313	316	314	314	313	325	327	326	335	332	321	315	313	314

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



Veränderung der Anzahl Anlagen resp. Aggregate gegenüber Vorjahr



11. Sep 17

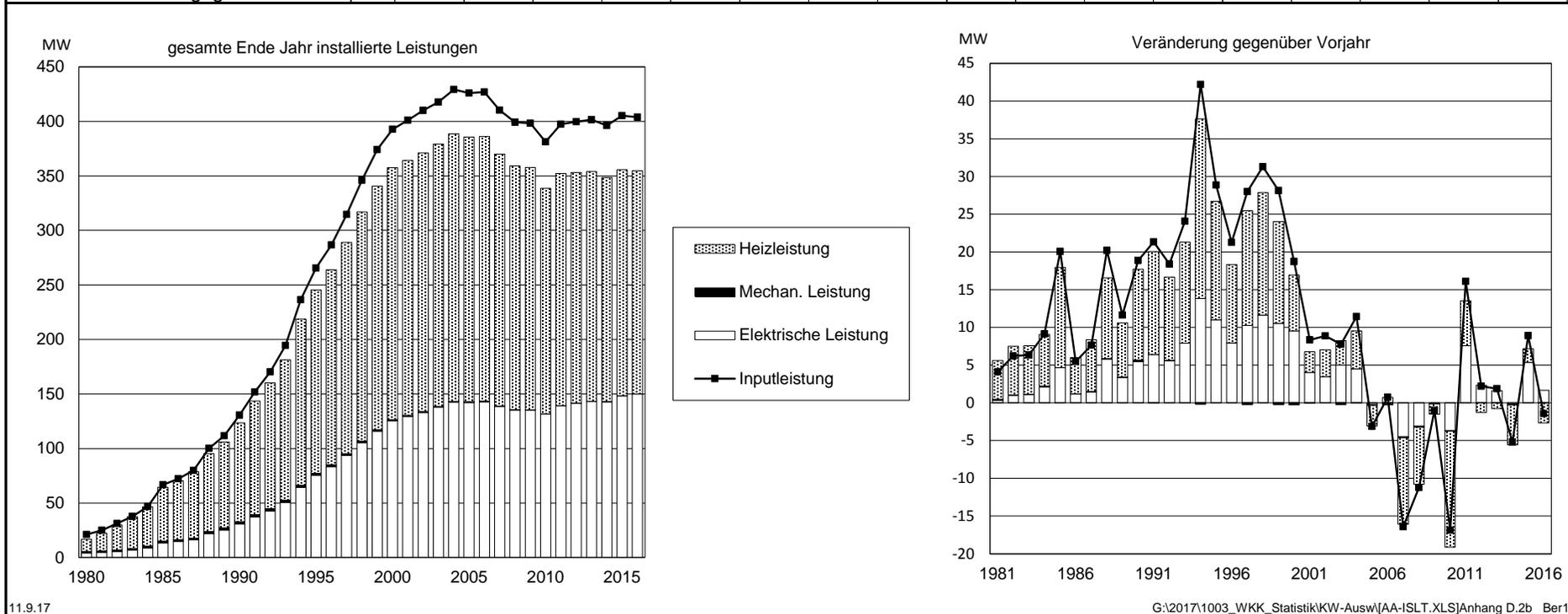
G:\2017\1003_WKK_StatistikKW-Ausw[AA-ANZ.XLS]Anhang D.2a Ber1

Installierte Leistungen

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

Kat. W4 + W5

		2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Anschlussleistung = Inputleistung	MW	392.85	401.18	410.05	417.82	429.25	426.12	426.88	410.45	399.23	398.25	381.35	397.46	399.66	401.53	396.33	405.24	403.81
Heizleistung	MW	230.93	233.65	237.21	240.43	245.46	242.74	242.59	231.14	223.59	222.22	206.86	212.81	211.56	210.85	205.59	207.40	204.77
Mechanische Leistung	MW	1.15	1.09	1.09	0.85	0.82	0.71	0.59	0.45	0.32	0.26	0.20	0.20	0.20	0.16	0.03	0.03	0.00
Elektrische Leistung	MW	125.35	129.39	132.87	137.88	142.39	142.17	142.89	138.41	135.31	135.26	131.58	139.15	141.50	143.10	142.93	148.30	149.97
Elektrischer Wirkungsgrad	%	31.9	32.3	32.4	33.0	33.2	33.4	33.5	33.7	33.9	34.0	34.5	35.0	35.4	35.6	36.1	36.6	37.1



11.9.17

G:\2017\1003_WKK_Statistik\KW-Ausw\AA-ISLT.XLS\Anhang D.2b Ber1

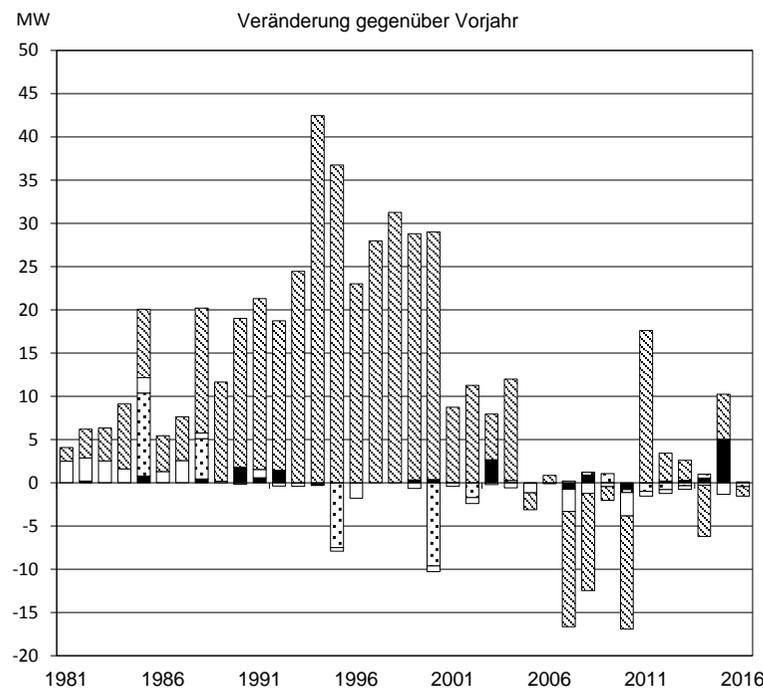
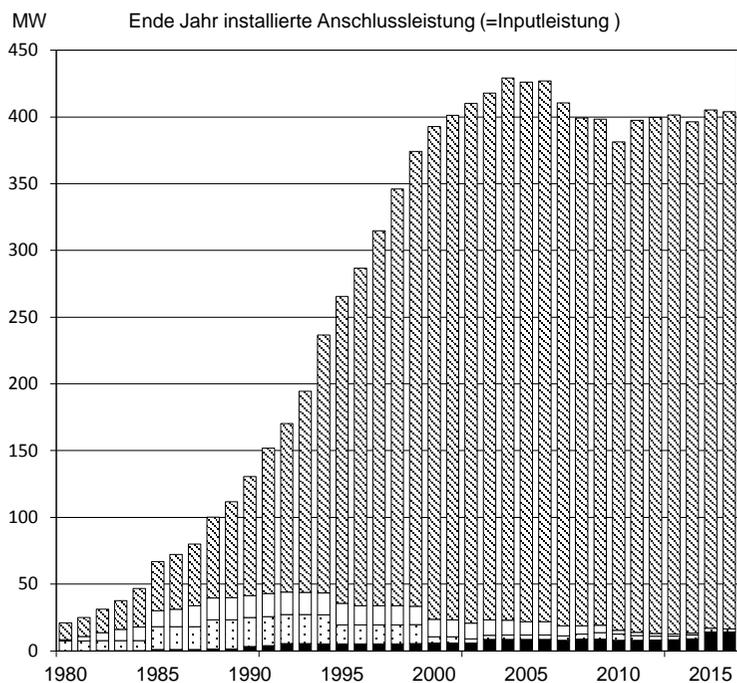
Installierte Anschlussleistungen (=Inputleistungen) aufgeteilt nach WKK-Technologien

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

Kat. W4 + W5

		2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
BHKW (inkl. Gebläseantriebe)	MW	369.29	377.98	389.24	394.54	406.24	404.27	405.10	391.77	380.53	378.94	365.87	383.50	386.71	389.04	383.12	388.32	387.20
Gas- + Dieselmotorwärmepumpen*	MW	13.02	12.61	11.92	11.72	11.16	10.06	9.96	7.39	6.17	5.73	3.03	2.48	2.02	1.60	1.32	0.00	0.00
Gasturbinen (bis 1 MWe)	MW	4.66	4.71	3.00	3.00	3.29	3.29	3.29	3.51	3.83	4.88	4.55	3.59	2.82	2.49	2.93	2.93	2.51
Rest (z.B. Brennstoffzellen, TEA)	MW	5.88	5.88	5.89	8.56	8.56	8.51	8.53	7.78	8.70	8.70	7.90	7.88	8.11	8.40	8.95	13.99	14.11
TOTAL	MW	392.85	401.18	410.05	417.82	429.25	426.12	426.88	410.45	399.23	398.25	381.35	397.46	399.66	401.53	396.33	405.24	403.81

* Kat. W5

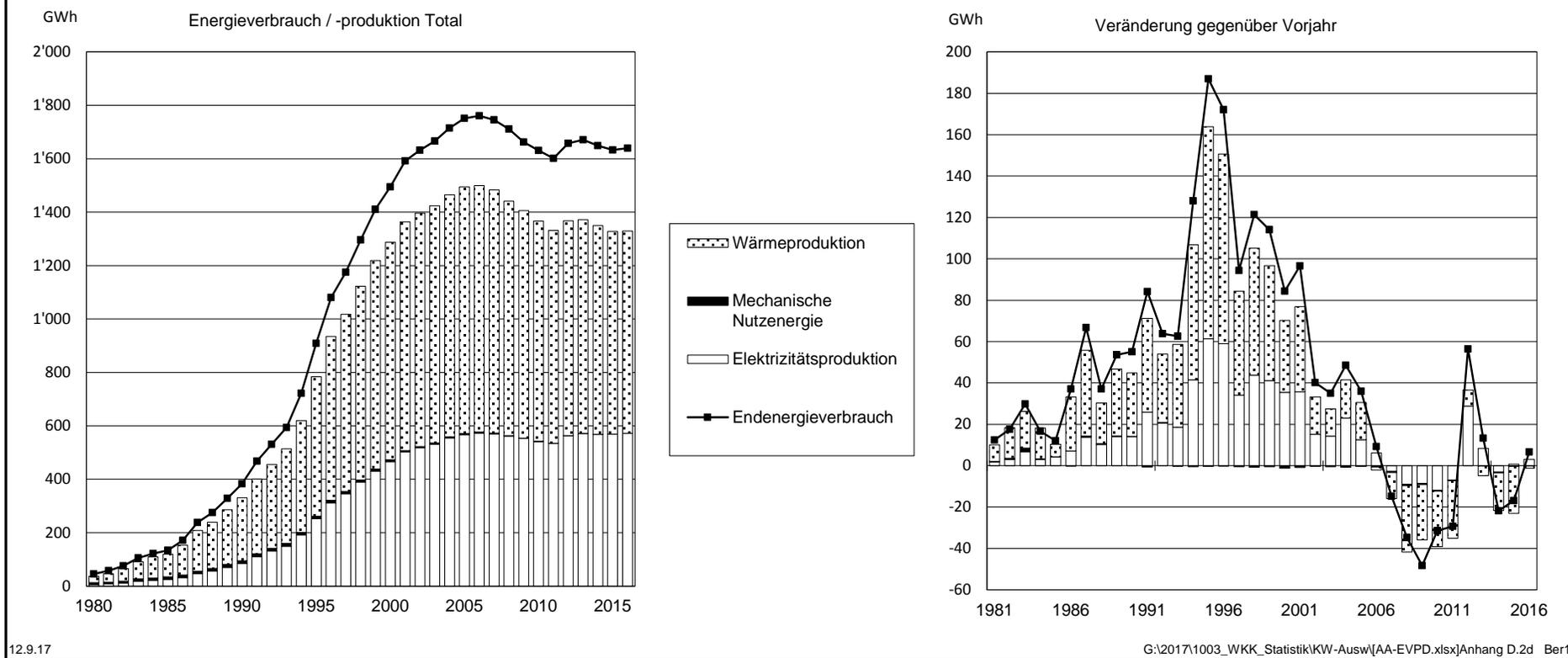


Energieverbrauch / -produktion

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

Kat. W4 + W5

		2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Endenergieverbrauch	GWh/a	1495.0	1591.5	1631.7	1666.7	1715.2	1751.2	1760.4	1745.6	1710.9	1662.5	1631.1	1601.8	1658.2	1671.5	1649.7	1632.8	1639.5
Wärmeproduktion	GWh/a	815.2	856.3	874.4	887.6	906.2	924.1	922.5	910.0	877.8	851.1	824.2	796.4	804.1	799.4	781.0	758.4	757.4
Mechanische Nutzenergie	GWh/a	6.2	5.3	5.2	4.7	4.0	3.7	3.1	2.5	1.9	1.4	1.1	0.9	0.9	0.9	0.5	0.2	0.0
Elektrizitätsproduktion	GWh/a	466.3	502.1	517.2	531.5	554.5	567.1	573.3	570.6	561.6	553.0	541.0	534.0	562.8	571.2	568.1	568.9	572.0
Gesamtwirkungsgrad	-	86%	86%	86%	85%	85%	85%	85%	85%	84%	85%	84%	83%	82%	82%	82%	81%	81%

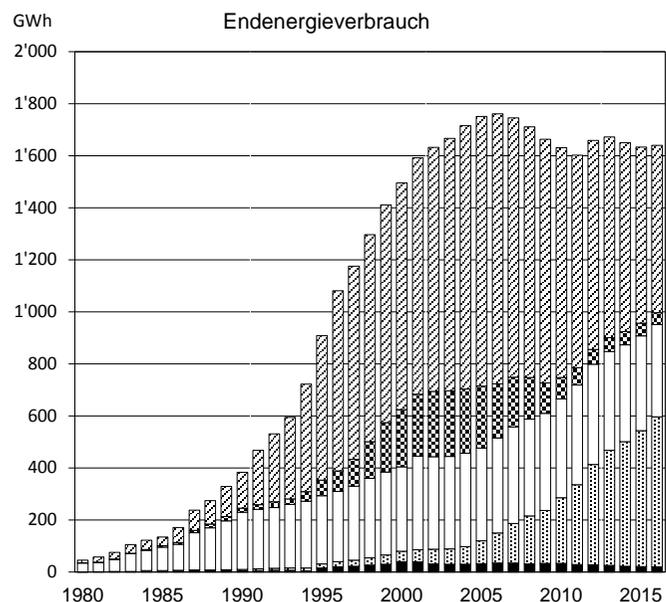
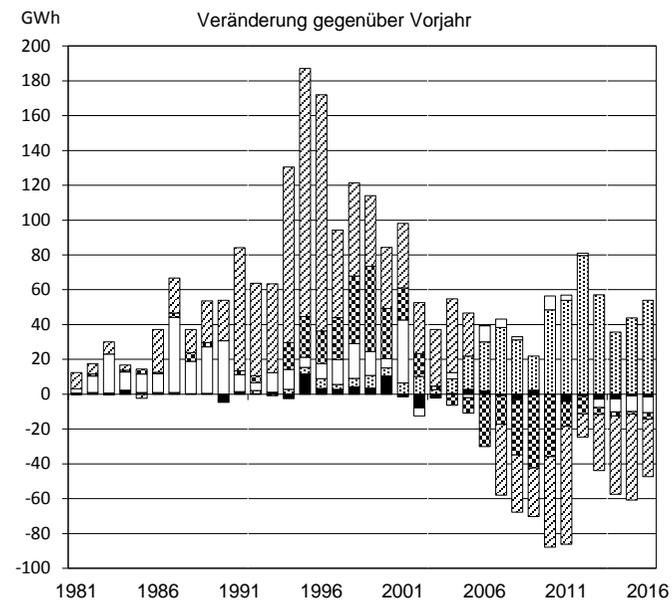
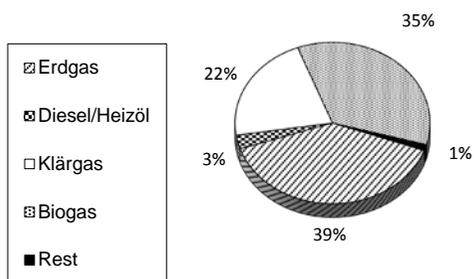


Endenergieverbrauch nach Energieträgern

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

Kat. W4 + W5

		2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Erdgas	GWh/a	871.07	908.11	937.38	969.88	1012.20	1037.03	1037.04	996.39	963.56	935.60	883.69	816.00	802.73	770.48	725.57	676.29	643.20
Diesel / Heizöl EL	GWh/a	219.53	237.84	250.93	252.91	246.65	237.91	207.77	191.23	159.48	117.53	81.66	67.41	57.23	53.18	50.81	49.38	45.81
Propan	GWh/a	32.63	31.91	27.92	27.62	28.22	31.88	31.52	30.96	30.70	30.30	29.16	28.75	27.74	25.02	22.34	21.49	19.98
Klärgas	GWh/a	323.97	360.19	355.58	355.03	358.77	356.76	366.07	370.82	372.77	372.45	380.40	383.41	384.70	379.92	372.50	363.44	354.31
Deponiegas	GWh/a	2.54	2.47	1.87	1.70	1.51	0.67	0.00	0.00	0.00	2.80	1.17	0.36	0.24	0.16	0.13	0.00	0.00
Biogas	GWh/a	39.95	46.41	56.65	59.28	67.61	86.69	114.65	153.07	184.20	203.71	251.89	305.75	385.41	442.55	478.16	522.04	576.05
Fett/Öl erneuerbar	GWh/a	5.34	4.61	1.41	0.27	0.27	0.25	3.13	3.06	0.18	0.16	3.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
andere Energieträger	GWh/a	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
TOTAL	GWh/a	1495.03	1591.54	1631.75	1666.69	1715.23	1751.19	1760.39	1745.58	1710.87	1662.54	1631.12	1601.84	1658.20	1671.46	1649.65	1632.80	1639.51
Anteil erneuerbarer Energieträger		25%	26%	25%	25%	25%	25%	27%	30%	33%	35%	39%	43%	46%	49%	52%	54%	57%

**Anteile im Jahr 2016**

12.9.17

G:\2017\1003_WKK_Statistik\KW-Ausw[AA-EEVT.xlsx]Anhang D.2e Ber1

E. Spezialauswertungen

E.1 Kehrichtverbrennungsanlagen

Hyperlink und Seiten-Nr.:

E.1a Entwicklung der elektrischen Nennleistung nach Betriebsarten

Anhang E.1a (S. 70)

E.2 Deponiegasnutzung

E.2a Gesamte Deponiegasnutzung in der Schweiz

Anhang E.2a (S. 71)

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

E.2b Deponiegasnutzung in Anlagen mit WKK-Gasmotoren

Anhang E.2b (S. 72)

Gasmotoren, welche einen Gesamtnutzungsgrad (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

Anhang E.2c (S. 73)

Gasmotoren, welche einen Gesamtnutzungsgrad (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.

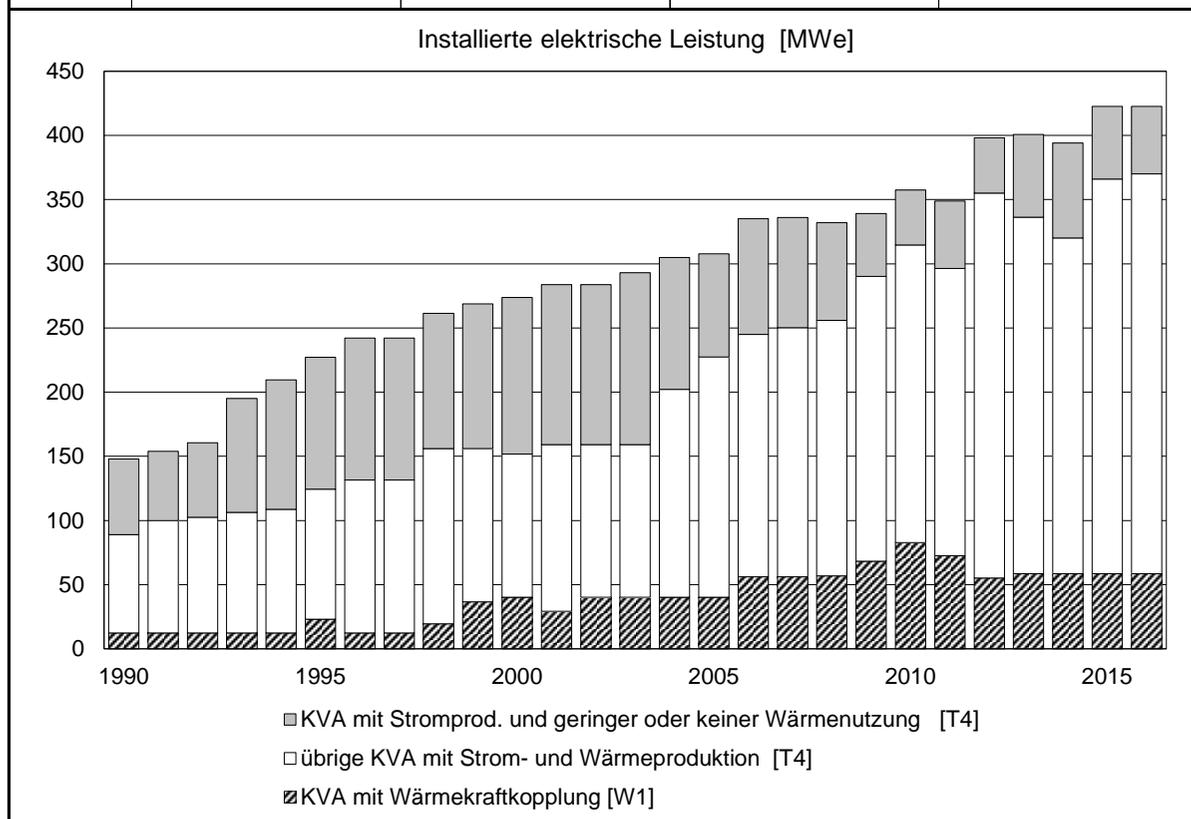
E.2d Deponiegasnutzung ausschliesslich mit Heizkesseln

Anhang E.2d (S. 74)

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]
1990	12.40	76.56	59.01	147.97
1991	12.40	87.61	54.01	154.02
1992	12.40	90.07	58.06	160.53
1993	12.40	94.02	88.51	194.93
1994	12.40	96.37	100.67	209.44
1995	23.20	101.17	102.83	227.20
1996	12.40	119.22	110.53	242.15
1997	12.40	119.22	110.53	242.15
1998	19.65	136.47	105.23	261.35
1999	36.65	119.47	112.53	268.65
2000	40.20	111.51	122.13	273.84
2001	29.40	129.70	124.58	283.68
2002	40.20	118.90	124.58	283.68
2003	40.20	118.90	133.88	292.98
2004	40.20	161.90	102.88	304.98
2005	40.20	187.27	80.38	307.85
2006	56.07	189.00	89.98	335.05
2007	56.07	194.20	85.78	336.05
2008	56.87	199.00	76.18	332.05
2009	68.20	222.04	48.86	339.10
2010	82.90	231.64	42.96	357.50
2011	72.50	223.94	52.56	349.00
2012	55.30	299.84	42.96	398.10
2013	58.50	277.82	64.48	400.80
2014	58.50	261.52	74.08	394.10
2015	58.50	307.48	56.52	422.50
2016	58.50	311.44	52.56	422.50



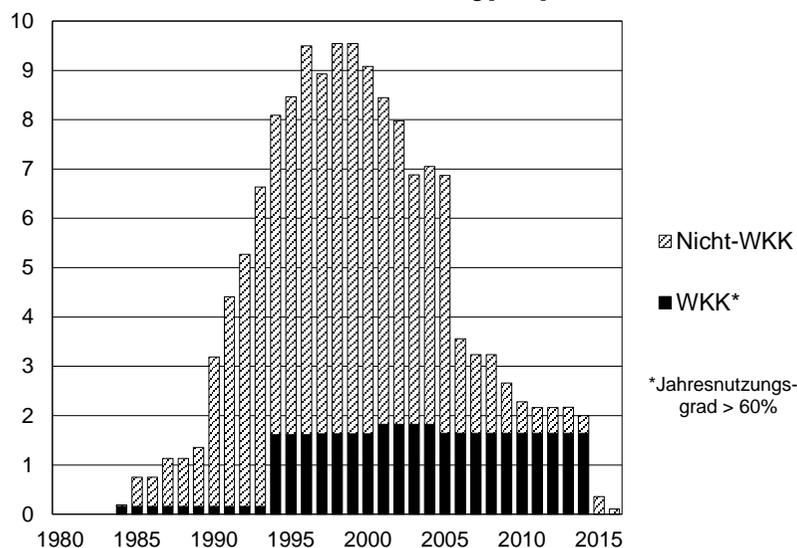
Deponiegasnutzung mit Gasmotoren und Heizkesseln (Gesamtauswertung)

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

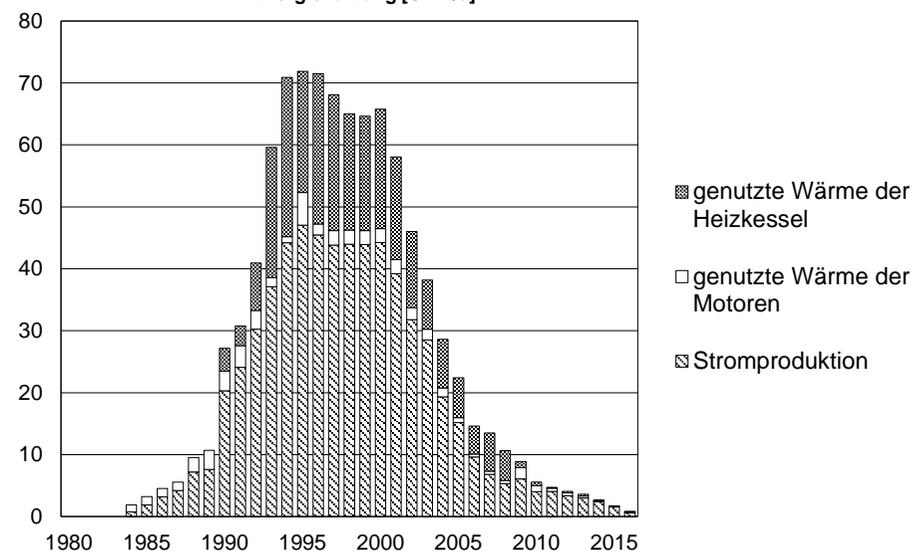
		1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Anzahl Anlagen	-	13	13	13	11	11	11	11	10	9	7	7	7	6	6	6	6	4	3
Anzahl Gasmotoren (WKK-Aggregate)	-	22	21	20	19	17	17	16	11	10	10	9	9	8	8	8	7	3	2
Install. Energieinputleistung der Motoren	MW	29.01	27.58	25.38	23.95	20.49	21.04	20.44	10.36	9.41	9.41	7.68	6.68	6.25	6.25	6.27	5.78	1.01	0.32
Install. elektrische Leistung der Motoren	MW	9.55	9.08	8.45	7.98	6.88	7.05	6.87	3.56	3.24	3.24	2.66	2.28	2.16	2.16	2.17	2.00	0.36	0.11
Deponiegasverbrauch Gasmotoren	GWh/a	138.50	136.05	122.34	99.53	98.55	65.69	49.88	32.24	21.57	19.28	19.92	12.96	12.14	11.99	10.41	8.67	5.88	3.34
Stromproduktion Gasmotoren**	GWh/a	43.92	44.25	39.23	31.79	28.51	19.34	15.19	9.64	6.84	5.33	6.07	4.02	4.05	3.35	3.01	2.39	1.57	0.64
mit Motoren prod. Wärmeenergie	GWh/a	8.53	11.91	11.05	9.52	7.33	3.89	4.19	3.59	3.61	1.91	2.71	1.37	0.96	0.79	0.56	0.51	0.32	0.28
genutzte Wärmeenergie der Motoren	GWh/a	2.24	2.23	2.29	1.92	1.74	1.46	0.77	0.45	0.50	0.50	1.83	0.98	0.53	0.47	0.32	0.21	0.10	0.10
Deponiegasverbrauch Heizkessel*	GWh/a	21.14	23.25	18.14	14.04	9.20	9.03	7.64	5.31	7.77	6.02	1.21	0.69	0.16	0.33	0.32	0.07	0.06	0.17
prod./genutzte Wärme der Kessel*	GWh/a	18.47	19.27	16.55	12.32	7.94	7.83	6.45	4.52	6.17	4.83	1.00	0.55	0.13	0.27	0.26	0.05	0.05	0.14

* mit Deponiegas betriebene Heizkessel

Installierte elektrische Leistung [MWe]



Energienutzung [GWh/a]



12.9.17

G:\2017\1003_WKK_Statistik\KW-Ausw[DEP1982-2016.xlsx]\Anhang E.2a_Ber1

Deponiegasnutzung mit Gasmotoren (WKK)

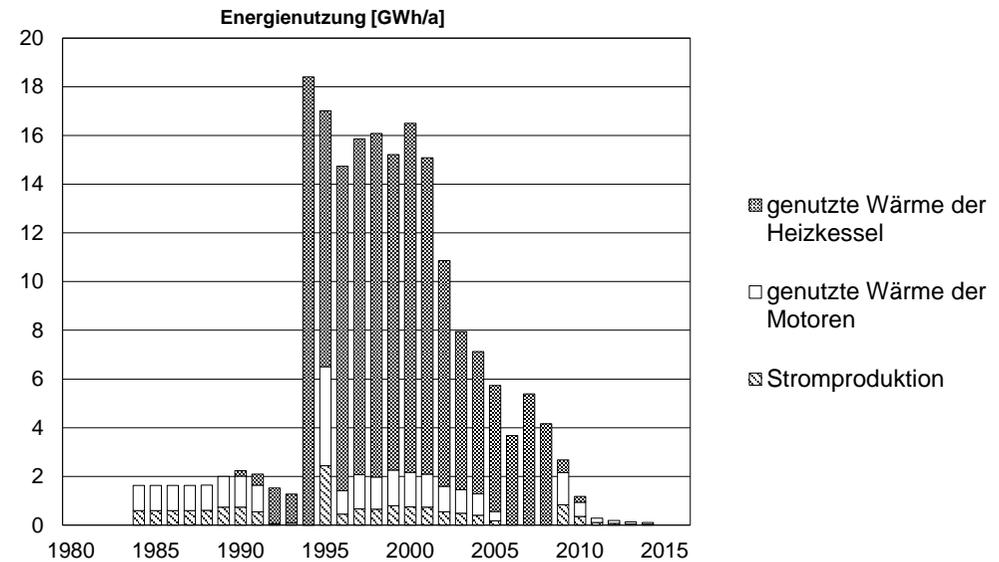
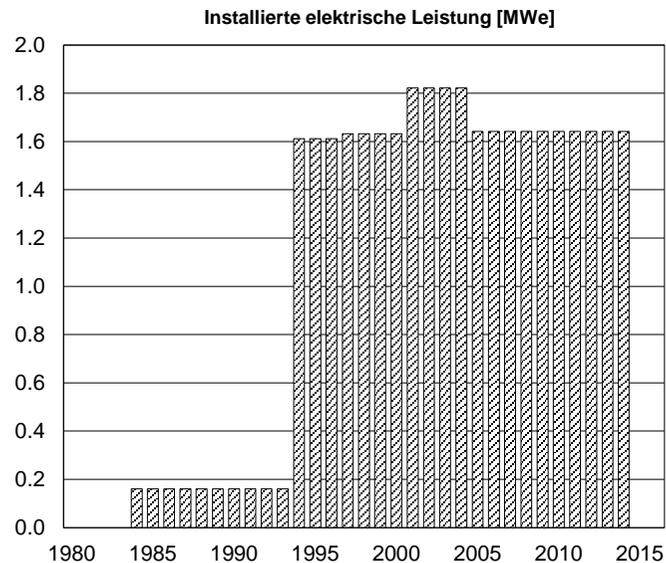
Kat. W4.DEP

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

* Jahresnutzungsgrad = (genutzte Wärmeenergie + Stromproduktion) / Deponiegasverbrauch

		1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Anzahl Anlagen	-	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0
Anzahl Gasmotoren (WKK-Aggregate)	-	4	4	5	5	5	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	0	0
Install. Energieinputleistung der Motoren	MW	4.86	4.86	5.38	5.38	5.38	5.38	4.78	4.78	4.78	4.78	4.78	4.78	4.78	4.78	4.78	4.78	0.00	0.00
Install. elektrische Leistung der Motoren	MW	1.63	1.63	1.82	1.82	1.82	1.82	1.64	1.64	1.64	1.64	1.64	1.64	1.64	1.64	1.64	1.64	0.00	0.00
Deponiegasverbrauch Gasmotoren	GWh/a	2.66	2.54	2.47	1.87	1.70	1.51	0.67	0.00	0.00	0.00	2.80	1.17	0.36	0.24	0.16	0.13	0.00	0.00
Stromproduktion Gasmotoren***	GWh/a	0.80	0.75	0.74	0.55	0.49	0.41	0.18	0.00	0.00	0.00	0.83	0.36	0.11	0.07	0.05	0.04	0.00	0.00
mit Motoren prod. Wärmeenergie	GWh/a	1.46	1.41	1.36	1.04	0.96	0.87	0.38	0.00	0.00	0.00	1.32	0.58	0.18	0.12	0.08	0.06	0.00	0.00
genutzte Wärmeenergie der Motoren	GWh/a	1.46	1.41	1.36	1.04	0.96	0.87	0.38	0.00	0.00	0.00	1.32	0.58	0.18	0.12	0.08	0.06	0.00	0.00
Deponiegasverbrauch Heizkessel**	GWh/a	14.53	17.27	13.87	10.39	7.44	6.57	5.94	4.27	6.79	5.18	0.62	0.28	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
prod./genutzte Wärme der Kessel**	GWh/a	12.95	14.34	12.99	9.27	6.49	5.85	5.16	3.68	5.39	4.16	0.52	0.23	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

** mit Deponiegas betriebene Heizkessel in der gleichen Heizzentrale



12.9.17

G:\2017\1003_WKK_Statistik\KW-Ausw\DEP1982-2016.xlsx\Anhang E.2b Ber2

Deponiegasnutzung mit Gasmotoren (ohne WKK)

Kat. T3

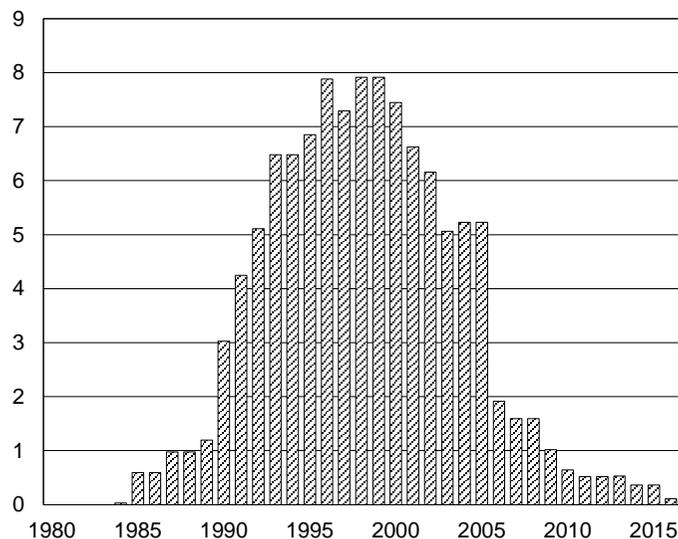
betrachtete Anlagen: sämtliche in der Schweiz betriebenen Deponiegasmotoren mit einem Jahresnutzungsgrad* bis 60%

* Jahresnutzungsgrad = (genutzte Wärmeenergie + Stromproduktion) / Deponiegasverbrauch

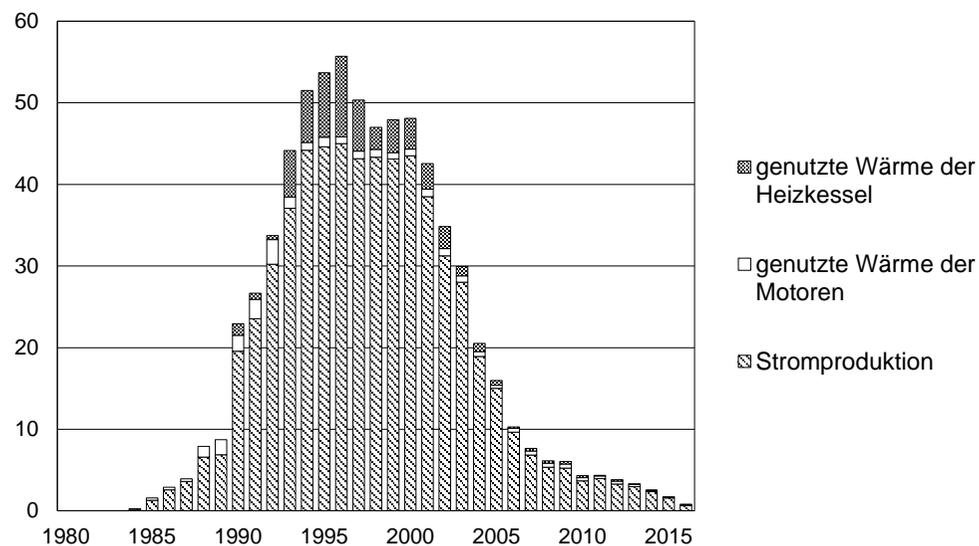
		1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Anzahl Anlagen	-	9	9	9	7	8	7	7	7	7	5	5	5	4	4	4	4	3	2
Anzahl Gasmotoren (WKK-Aggregate)	-	18	17	15	14	12	12	12	7	6	6	5	5	4	4	4	3	3	2
Install. Energieinputleistung der Motoren	MW	24.15	22.72	20.01	18.58	15.12	15.66	15.66	5.59	4.63	4.63	2.90	1.90	1.47	1.47	1.50	1.01	1.01	0.32
Install. elektrische Leistung der Motoren	MW	7.91	7.45	6.62	6.16	5.06	5.23	5.23	1.92	1.60	1.60	1.02	0.64	0.52	0.52	0.53	0.36	0.36	0.11
Deponiegasverbrauch Gasmotoren	GWh/a	135.83	133.51	119.87	97.66	96.85	64.18	49.21	32.24	21.57	19.28	17.12	11.79	11.78	11.75	10.25	8.54	5.88	3.34
Stromproduktion Gasmotoren	GWh/a	43.13	43.50	38.49	31.24	28.02	18.93	15.00	9.64	6.84	5.33	5.24	3.66	3.94	3.28	2.96	2.35	1.57	0.64
mit Motoren prod. Wärmeenergie	GWh/a	7.07	10.50	9.69	8.49	6.37	3.02	3.81	3.59	3.61	1.91	1.38	0.79	0.78	0.68	0.48	0.45	0.32	0.28
genutzte Wärmeenergie der Motoren	GWh/a	0.77	0.82	0.93	0.88	0.77	0.58	0.39	0.45	0.50	0.50	0.51	0.40	0.35	0.36	0.24	0.14	0.10	0.10
Deponiegasverbrauch Heizkessel**	GWh/a	4.89	4.52	3.73	3.23	1.36	1.24	0.79	0.26	0.36	0.37	0.37	0.32	0.08	0.23	0.16	0.00	0.01	0.01
prod./genutzte Wärme der Kessel**	GWh/a	4.03	3.77	3.14	2.72	1.13	1.01	0.57	0.21	0.29	0.29	0.30	0.25	0.06	0.18	0.13	0.00	0.01	0.01

** mit Deponiegas betriebene Heizkessel in der gleichen Heizzentrale

Installierte elektrische Leistung [MWe]



Energienutzung [GWh/a]



12.9.17

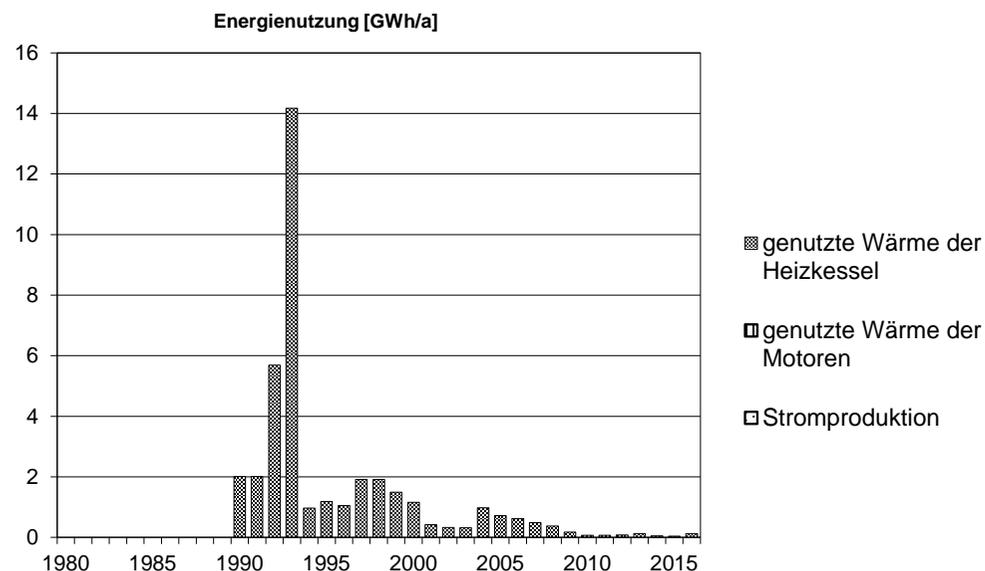
G:\2017\1003_WKK_StatistikKW-Ausw[DEP1982-2016.xlsx]Anhang E.2c Ber3

Deponiegasnutzung ausschliesslich mit Heizkesseln

betrachtete Anlagen: sämtliche in der Schweiz betriebenen Deponiegas-Feuerungen (Anlagen ausschliesslich mit Heizkesseln)

		1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Anzahl Anlagen	-	2	2	2	2	1	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Anzahl Gasmotoren (WKK-Aggregate)	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
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	1.72	1.46	0.54	0.42	0.40	1.22	0.91	0.78	0.62	0.47	0.22	0.09	0.09	0.10	0.16	0.06	0.05	0.16
prod./genutzte Wärme der Kessel*	GWh/a	1.49	1.16	0.43	0.33	0.32	0.98	0.72	0.63	0.50	0.38	0.18	0.07	0.07	0.08	0.13	0.05	0.04	0.13

* mit Deponiegas betriebene Heizkessel in der gleichen Heizzentrale



F. Erläuterungen zur Statistik

Bis zur vorliegenden Ausgabe wurden im Auftrag des Bundesamtes für Energie durch eicher+paoli 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].

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

Im Jahre 2016 wurden mittels Vollerhebung die Stammdaten aller Gross-WKK-Anlagen aktualisiert, neue Anlagen sowie die Jahresdaten des Betriebsjahres 2016 erfasst. Im Vergleich zu den bisherigen Resultaten ergaben sich nur geringe Unterschiede (einzelne Korrekturen von Vorjahreswerten).

F.1.2 Vorliegende Gross-WKK-Daten

Datenbank:	Die Daten zu den Gross-WKK-Anlagen werden in einer Access-Datenbank verwaltet.
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 soweit verfügbar der Verkauf ans EW (Jahre 1990 bis 2016)
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 weitgehend 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 einigen speziellen Kategorien (siehe Anhang D.1c) wurden die jährlichen Energiedaten weiterhin einzelanlagenweise erhoben. Das Fortschreibungsmodell der Kategorien W5, W4.ARA.1a und W4.FOS.1a 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.1a) im Zeitraum 1993 bis 1996 um beachtliche 35 % zugenommen hatten (siehe Tabelle F.2d).
- 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" des grössten Teils von Kategorie W4.DEP in Kategorie T3.
- Im Jahre 1999 wurde eine neue Access-Datenbank für die Klein-WKK-Anlagen geschaffen (als Ersatz für eine dreiteilige Omnis-Datenbank-Applikation). Dadurch war eine wesentliche Vereinfachung der Datenerfassung, -pflege und -auswertung möglich.
- Basierend auf einer Erhebung wichtiger Stamm- und Betriebsdaten zu den kommunalen Abwasserreinigungsanlagen konnten als Grundlage für die Ausgabe 2002 die erfassten WKK-Anlagen in ARA überprüft und soweit nötig bereinigt werden. Weiter konnten auch Vollbetriebsstunden des Betriebsjahres 2001 für die Kategorie W4.ARA.1a ermittelt werden. Durch lineare Interpolation mussten auch die Vorjahreswerte ab 1994 korrigiert werden (siehe Tabelle F.2e). Wegen den vorgenommenen Bestandeskorrekturen sowie der Aktualisierung der Vollbetriebsstundenwerte ändern die Zahlen der Kat. W4.ARA.1a ab 1994.

F.2.2 Vorliegende Klein-WKK-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 1998)	<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 älteren fossilen BHKW dürften diese Fälle zunehmen. Bei noch aktiven WKK-Lieferanten oder direkt auch bei Betreibern von älteren Anlagen wurden periodisch schriftliche und telefonische Umfragen durchgeführt, um allfällige Stilllegungen älterer Anlagen erfassen zu können. Eine weitergehende Umfrage - auch für die Erfassung der Vollbetriebsstunden (siehe unten) – ist anzustreben. Im 2017 wurden die Bestandesrecherchen mit Hilfe der Lieferanten intensiviert. • Die aus den Jahren 1996/97 stammenden Vollbetriebsstundenzahlen bei fossilen BHKW (Kat. W4.FOS.1a) sollten aktualisiert werden. Ab Ausgabe 2014 wurden rückwirkend die Vollbetriebsstunden ab 2010 schrittweise um insgesamt rund 25% reduziert. Damit soll dem reduzierten Betrieb der Anlagen aufgrund der ungünstigen Energiepreis-Situation Rechnung getragen werden (siehe Tabelle F.2d). Die Auswertung der Vollbetriebsstunden des Jahres 2016 von 34 Anlagen eines grösseren Anlagenbetreibers hat einen Durchschnittswert von 3'066 Stunden ergeben und entspricht ziemlich genau der aktuellen Annahme der elektrischen VBSTD für das Jahr 2016.

F.2.3 Fortschreibung der Energiedaten

Aus Kostengründen können nur periodisch 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 in den Spalten A, C und E werden die Energiedaten jeweils mit dem in Bild F.2c beschriebenen Berechnungsmodell ermittelt. Dieses einfache Modell zur Fortschreibung der Energiedaten ergibt genügend genaue Resultate. Der Split des gesamten Endenergieverbrauchs auf die verschiedenen Energieträger weist eine gewisse Unsicherheit auf. Dieser Split wurde bei den Anlagearten A und C vereinfachend dem Split der Jahre 1992 und 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.

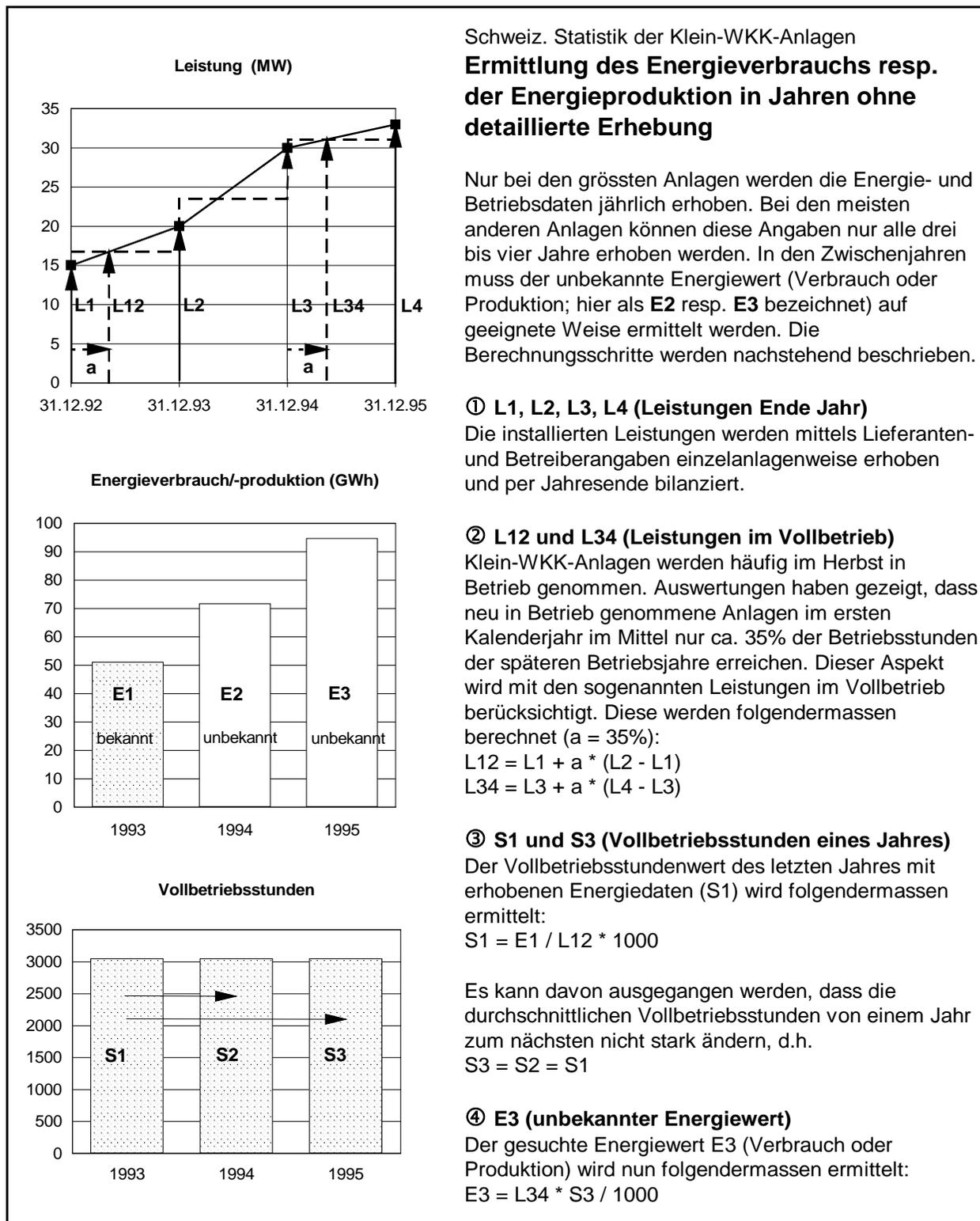
Die für das Fortschreibungsmodell verwendeten Parameter wie Vollbetriebsstunden und Energieträgersplit sind im Anhang D.1c sowie in den Tabellen F.2d und F.2e dargestellt.

Jahresstatistik		2002										
Typ 3 der Klein-WKK-Jahresstatistik		TOTAL (alle Anlagen)	Anlagearten (Typ 3) der Klein-WKK-Statistik 3)									
Anlagekategorie 4) ->		fossile WP	Biogas	LW	ARA o. GT	Deponieg.	foss. BHKW	Rest foss.	Biog. Gew/In	ARA nur GT	fossile GT	Rest(ARA)
		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)	-	1031	52	34	287	2	620	7	19		7	3
Anzahl WKK-Aggregate	-	1379	58	40	422	5	802	10	30		9	3
Installierte Leistungen												
- Anschlussleistung	MW	426.76	14.00	4.85	83.01	5.38	295.68	4.39	14.95		3.00	1.50
- elektrische Leistung	MW	138.09		1.47	25.00	1.82	102.29	0.95	5.17		0.90	0.48
- mechanische Leistung 2)	MW	1.17			1.17							
- Heizleistung	MW	248.03	22.39	2.53	45.63	3.00	159.72	4.72	7.72		1.50	0.82
Jahresenergieverbrauch/ -produktion												
Endenergieverbrauch Total	GWh	1661.99	26.66	15.49	344.58	24.43	1157.66	20.55	41.55	14.61	8.60	7.86
- Erdgas	GWh	938.63	22.82		1.49	22.22	862.95	20.55			8.60	
- Diesel / Heizöl EL	GWh	260.00	3.85		0.50		255.65			0.00		
- Propan	GWh	40.19			0.78	0.35	39.06					
- Klärgas	GWh	364.27			341.80					14.60		7.86
- Deponiegas	GWh	1.87				1.87						
- Biogas	GWh	55.86		15.49					40.37			
- Fett/Öl erneuerbar	GWh	1.18							1.18			
- andere Energieträger	GWh											
produzierte Elektrizität	GWh	526.53		4.49	95.75	7.81	393.85	5.44	11.15	3.07	2.50	2.48
genutzte mechanische Energie 2)	GWh	5.56			5.56							
produzierte Wärmeenergie	GWh	892.21	37.61	8.02	176.42	13.28	604.42	16.17	20.24	7.84	4.13	4.08
genutzte Wärmeenergie	GWh	840.79	37.13	7.25	150.49	13.28	593.45	15.42	10.10	5.56	4.13	3.97

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 (Typ 3)	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	Energiedaten gemäss schweizerischer Biogas-Statistik (summarisch erfasst)
C	W4.ARA.1a	ARA o. GT	Mit Klärgas betriebene Anlagen (ohne die Anl. der Spalten H und K)	Fortschreibung gemäss Bild F.2c mit den Vollbetriebsstunden gemäss Tab. F.2e
D	W4.DEP	Deponiegas	Mit Deponiegas betriebene Anlagen	jährliche Erhebung
E	W4.FOS.1a	Foss. BHKW	Mit fossilen Energieträgern betriebene Blockheizkraftwerke (BHKW)	Fortschreibung gemäss Bild F.2c und Tabelle F.2d
F	W4.FOS.1b	Rest foss.	Spezielle mit fossilen Energieträgern betriebene Klein-WKK-Anlagen (TEA's, Anlagen mit GMWP und BHKW sowie Brennstoffzellen)	jährliche Erhebung oder Schätzung
G	W4.BIO.2	Biog. Gew/In	Mit Biogas betriebene Gasmotoren in Gewerbe und Industrie (Biogas aus der Vergärung von Grünabfällen und industriellen Abwässern) sowie Einzelanlagen mit Tierfett- oder Pflanzenöl-Antrieb	Energiedaten gemäss schweizerischer Biogas-Statistik (Energiedaten jeder Anlage einzeln erfasst)
H	W4.ARA.2	ARA nur GT	Gasturbinen in Kläranlagen (Stilllegung der letzten Anlage im Jahre 2001)	jährliche Erhebung
I	W4.FOS.2	Fossile GT	Mit fossilen Energieträgern betriebene Gasturbinen bis 1 MWe	jährliche Erhebung
K	W4.ARA.1b	Rest (ARA)	Spezielle mit Klärgas betriebene Klein-WKK-Anlagen (TEA und Anlagen mit GMWP und BHKW) sowie Klärgas-betriebene Anlagen ausserhalb von kommunalen ARA	jährliche Erhebung oder Schätzung

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



G:\1997\008\HOCHR96.XLS Ber1

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)

A. Herleitung des Energieträgersplits der Kategorie W4.FOS.1a (fossile BHKW)

Co.	Hauptenergieträger	Einh.	Inputleistung per Jahresende (Kat. W4.FOS.1a)												
			1992	1993	1994	1995	1996	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
1	Erdgas	MW	71.5	91.5	121.0	148.1	161.4	213.1	197.5	203.6	200.8	198.5	189.7	199.2	193.0
2	Propan	MW	1.1	1.1	1.9	4.0	4.5	7.4	7.2	7.3	6.7	6.3	6.2	6.2	
6	Diesel, Heizöl	MW	7.5	8.4	13.8	17.6	23.3	20.7	17.1	15.1	14.5	14.5	14.5	14.6	14.0
	Total		80.0	101.0	136.8	169.8	189.2	241.2	221.9	226.0	222.1	219.3	210.4	220.0	213.2

Co.	Hauptenergieträger	Energieträgersplit per Ende Jahr (Kat. W4.FOS.1a)													
		1992	1993	1994	1995	1996	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	
1	Erdgas	89.3%	90.6%	88.5%	87.3%	85.3%	88.4%	89.0%	90.1%	90.4%	90.5%	90.2%	90.6%	90.5%	
2	Propan	1.3%	1.0%	1.4%	2.4%	2.4%	3.1%	3.3%	3.2%	3.0%	2.9%	2.9%	2.8%	2.9%	
6	Diesel, Heizöl	9.4%	8.4%	10.1%	10.4%	12.3%	8.6%	7.7%	6.7%	6.5%	6.6%	6.9%	6.6%	6.6%	
	Total	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	

Co.	Hauptenergieträger	Energieträgersplit für die Aufteilung des Energieverbrauchs													
		Erhebung		gemäss Split per Ende des Vorjahres											
		1992	1993	1994	1995	1996	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	
1	Erdgas	89.9%	91.6%	90.6%	88.5%	87.3%	85.7%	88.4%	89.0%	90.1%	90.4%	90.5%	90.2%	90.6%	
2	Propan	2.5%	2.3%	1.0%	1.4%	2.4%	2.9%	3.1%	3.3%	3.2%	3.0%	2.9%	2.9%	2.8%	
6	Diesel, Heizöl	7.6%	6.1%	8.4%	10.1%	10.4%	11.4%	8.6%	7.7%	6.7%	6.5%	6.6%	6.9%	6.6%	
	Total	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	

B. Herleitung der Vollbetriebsstunden (VBSTD) der Kategorie W4.FOS.1a (fossile BHKW)

Ze.			1992	1993	1994	1995	1996	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	Kommentar resp. Berechnung:
[1]	VBSTD elektr. (Brutto)	h/a		*3'070			4'150	4'150	4'026	3'901	3'777	3'652	3'528	3'351	3'184	Auswertung gemäss Stichprobenerhebung der Betriebsjahre 1996/97; Reduktion von 2010 bis 2014 um total 15% wegen der Energiepreis-Situation; ab 2015 weit. Redukt. um 5% pro Jahr
[2]	VBSTD elektr. (Netto)	h/a		**2'948	3'292	3'636	3'980	3'980	3'860	3'740	3'630	3'510	3'390	3'220	3'060	= [1] * 0.96 (Abzug Eigenverbrauch BHKW von 4%; s.u.); Jahre 94+95 interpoliert
[4]	VBSTD Input	h/a		**3'045	3'344	3'693	4'042	4'039	3'918	3'796	3'683	3'561	3'439	3'266	3'103	= ([2] * [7]) / [13] / [6]
[5]	VBSTD therm.	h/a		**2'992	3'225	3'562	3'897	3'893	3'777	3'659	3'550	3'431	3'313	3'145	2'987	= ([2] * [7]) / [13] * [14] / [8]
	Leistungen des Bestandes am Jahresanfang:															
[6]	Input	MW		80.0	101.0	136.8	169.8	252.7	241.2	221.9	226.0	222.1	219.3	210.4	220.0	
[7]	elektrisch	MW		25.6	32.4	44.0	55.3	86.4	81.8	75.5	77.9	77.0	76.4	74.2	79.0	
[8]	thermisch	MW		44.2	56.5	77.0	94.9	140.1	134.4	123.3	124.5	121.6	119.7	113.8	117.6	
	theoretische Wirkungsgrade:															
[9]	Total			87.2%	88.0%	88.5%	88.5%	89.7%	89.6%	89.6%	89.6%	89.4%	89.4%	89.3%	89.4%	= [10] + [11]
[10]	elektrisch			32.1%	32.0%	32.2%	32.6%	34.2%	33.9%	34.0%	34.5%	34.7%	34.8%	35.3%	35.9%	= [7] / [6]
[11]	thermisch			55.2%	56.0%	56.3%	55.9%	55.5%	55.7%	55.6%	55.1%	54.7%	54.6%	54.1%	53.5%	= [8] / [6]
	Jahresnutzungsgrade:															
[12]	Total			84.7%	85.5%	86.0%	86.0%	87.2%	87.1%	87.1%	87.1%	86.9%	86.9%	86.8%	86.9%	= [13] + [14]
[13]	elektrisch			31.6%	31.5%	31.7%	32.1%	33.7%	33.4%	33.5%	34.0%	34.2%	34.3%	34.8%	35.4%	= [10] - 0.5% (Erfahrungswert)
[14]	thermisch			53.2%	54.0%	54.3%	53.9%	53.5%	53.7%	53.6%	53.1%	52.7%	52.6%	52.1%	51.5%	= [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 EWPs auf.

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

Erstellungsdatum: 12.09.17

G:\2017\1003_WKK_Statistik\KW-Ausw\Jahr_Typ3+2_2016.xls\FOS.1a BerTabF2d

Die Auswertung der Vollbetriebsstunden des Jahres 2016 von 34 Anlagen eines grösseren Anlagenbetreibers hat einen Durchschnittswert von 3'066 Stunden ergeben und entspricht der obigen Annahme der VBSTD elektrisch [2] im Jahre 2016.

Tabelle F.2d Herleitung des Energieträgersplits und der Vollbetriebsstunden ab 1993 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.

Herleitung der Vollbetriebstunden für Energiedaten-Berechnung der WKK-Anlagen in Kläranlagen

Zeile		1992	1993	2001	2013	2014	2015	2016	Kommentar resp. Berechnung	
A. Kat. W4.ARA.1a (nur BHKW)										
A.1	Leistungen am Jahresende gemäss Datenbank									
[1]	Input-Leistung	kW	36'457	39'931	73'063	80'879	80'631	77'329	77'735	Auswertung Klein-WKK-Datenbank E+P
[2]	elektrische Leistung	kW	10'869	11'896	22'816	27'781	27'956	26'962	27'350	Auswertung Klein-WKK-Datenbank E+P
[3]	thermische Leistung	kW	20'684	22'690	40'540	42'707	42'034	40'208	40'003	Auswertung Klein-WKK-Datenbank E+P
A.2 theoretische Wirkungsgrade										
[4]	Total		86.5%	86.6%	86.7%	87.2%	86.8%	86.9%	86.6%	= [5] + [6]
[5]	elektrisch		29.8%	29.8%	31.2%	34.3%	34.7%	34.9%	35.2%	= [2] / [1]
[6]	thermisch		56.7%	56.8%	55.5%	52.8%	52.1%	52.0%	51.5%	= [3] / [1]
[5a]	Abzug beim elektr. Wirkungsgrad		2.0%	2.0%	2.0%	2.0%	2.0%	2.0%	2.0%	Erfahrungswert für Herleit. des Jahresnutz.grades
[6a]	Abzug beim therm. Wirkungsgrad		4.0%	4.0%	4.0%	4.0%	4.0%	4.0%	4.0%	Erfahrungswert für Herleit. des Jahresnutz.grades
A.3 Jahresnutzungsgrade										
[7]	Total		80.5%	80.6%	80.7%	81.2%	80.8%	80.9%	80.6%	= [8] + [9]
[8]	elektrisch		27.8%	27.8%	29.2%	32.3%	32.7%	32.9%	33.2%	= [5] - [5a] (Erfahrungswert)
[9]	thermisch		52.7%	52.8%	51.5%	48.8%	48.1%	48.0%	47.5%	= [6] - [6a] (Erfahrungswert)
A.4 Vollbetriebsstunden										
[10]	Input-Leistung	h/a	4'645	4'645	4'282	4'256	4'253	4'252	4'250	= [11] * [2] / [8] / [1]
[11]	elektrische Leistung	h/a	4'333	4'333	4'008	4'008	4'008	4'008	4'008	1993 + 2001 = Erhebung; 94-00 = Interpolation
[12]	thermische Leistung	h/a	4'317	4'318	3'974	3'933	3'927	3'925	3'919	= [11] * [2] / [8] * [9] / [3]
B. Kat. W4.ARA.1a (nur Gebläseantriebe)										
B.1	Leistungen am Jahresende gemäss Datenbank									
[21]	Input-Leistung	kW	6'453	6'057	3'330	563	98	98		nicht mehr vorhanden ab 2016
[22]	mechanische Leistung	kW	2'081	1'943	1'087	162	32	32		Auswertung Klein-WKK-Datenbank E+P
[23]	thermische Leistung	kW	3'443	3'237	1'766	297	51	51		Auswertung Klein-WKK-Datenbank E+P
B.2 theoretische Wirkungsgrade										
[24]	Total		85.6%	85.5%	85.7%	81.6%	85.7%	85.7%		= [25] + [26]
[25]	mechanisch		32.2%	32.1%	32.6%	28.8%	33.2%	33.2%		= [22] / [21]
[26]	thermisch		53.4%	53.4%	53.0%	52.7%	52.5%	52.5%		= [23] / [21]
B.3 Jahresnutzungsgrade										
[27]	Total		79.6%	79.5%	79.7%	75.6%	79.7%	79.7%		= [28] + [29]
[28]	mechanisch		30.2%	30.1%	30.6%	26.8%	31.2%	31.2%		= [25] - 2 % (Erfahrungswert)
[29]	thermisch		49.4%	49.4%	49.0%	48.7%	48.5%	48.5%		= [26] - 4 % (Erfahrungswert)
B.4 Vollbetriebsstunden										
[30]	Input-Leistung	h/a	5'455	5'457	5'059	5'059	5'059	5'059		Jahr 2001 = Erhebung; 94-00 = Interpolation *
[31]	mechanische Leistung	h/a	5'117	5'117	4'749	4'708	4'754	4'754		= [30] * [21] * [28] / [22]
[32]	thermische Leistung	h/a	5'046	5'049	4'677	4'675	4'674	4'674		= [30] * [21] * [29] / [23]
										* 1992/93: = [31] * [22] / [28] / [21]
C. Kat. W4.ARA.1a (Total BHKW und Gebläseantriebe)										
C.1	Leistungen am Jahresende									
[40]	Input-Leistung	kW	42'910	45'988	76'392	81'443	80'729	77'427	77'735	
[41]	elektrische Leistung	kW	10'869	11'896	22'816	27'781	27'956	26'962	27'350	
[42]	mechanische Leistung	kW	2'081	1'943	1'087	162	32	32	0	
[43]	thermische Leistung	kW	24'127	25'927	42'306	43'004	42'085	40'259	40'003	
C.2	Vollbetriebsstunden									
[44]	Input-Leistung	h/a	4'767	4'752	4'316	4'261	4'254	4'253	4'250	Datenbank ARA_VBSTD (Basis für Anh. D.1c)
[45]	elektrische Leistung	h/a	4'333	4'333	4'008	4'008	4'008	4'008	4'008	= ([10] * [1] + [30] * [21]) / ([1] + [21])
[46]	mechanische Leistung	h/a	5'117	5'117	4'749	4'708	4'754	4'754	0	= [31]
[47]	thermische Leistung	h/a	4'421	4'409	4'003	3'939	3'928	3'926	3'919	= ([10] * [1] + [30] * [21]) / ([1] + [21])

Erstellungsdatum: 12.09.17

G:\2017\1003_WKK_Statistik\KW-Ausw[Jahr_Typ3+2_2016.xls]ARA.1a BerTabF2e

Tabelle F.2e Herleitung der Vollbetriebsstunden ab 1993 der Kategorie W4.ARA.1a (Spalte C in Statistik Typ 3)

Die mittleren elektrischen Vollbetriebsstunden des Betriebsjahres 2001 wurden im Rahmen einer Auswertung einer neueren Erhebung von Kläranlagen-Betriebsdaten ermittelt [ARA 2003]. Aufgrund der Abnahme von ca. 8% gegenüber den zuletzt erhobenen Jahresdaten aus den Betriebsjahren 1992/93 mussten die Vorjahreswerte schrittweise reduziert werden.

F.2.4 Typ 2 der Jahresstatistik

Im Typ 2 der Jahresstatistik wurde eine weniger detaillierte Aufteilung der Anlagearten (Spalten N bis S in Bild F.2f; 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:

$$\begin{aligned} N &= A \\ O &= B + G \\ P &= C + H + K \\ Q &= D \\ R &= E \\ S &= F + I \end{aligned}$$

Typ 2 der Jahresstatistik weist zusätzlich eine Aufteilung nach Klein-WKK-Technologien auf (Spalten U bis X in Bild F.2f).

Jahresstatistik		2002										
Typ 2 der Klein-WKK-Jahresstatistik		TOTAL (alle Anlagen)	Aufteilung nach Anlageart 3)						Aufteilung nach Technologien			
WKK-Anlagen in Betrieb (Jahresende)		M	N	O	P	Q	R	S	U	V	W	X
Anzahl WKK-Anlagen 1)	-	1031	52	53	290	2	620	14	962	52	7	10
Anzahl WKK-Aggregate	-	1379	58	70	425	5	802	19	1299	58	9	13
Installierte Leistungen												
- Anschlussleistung	MW	426.76	14.00	19.81	84.51	5.38	295.68	7.38	403.87	14.00	3.00	5.89
- elektrische Leistung	MW	138.09		6.64	25.49	1.82	102.29	1.85	135.76		0.90	1.43
- mechanische Leistung 2)	MW	1.17			1.17				1.17			
- Heizleistung	MW	248.03	22.39	10.25	46.45	3.00	159.72	6.22	218.60	22.39	1.50	5.54
Jahresenergieverbrauch/ -produktion												
Endenergieverbrauch Total	GWh	1661.99	26.66	57.04	367.04	24.43	1157.66	29.15	1583.71	26.66	23.21	28.41
- Erdgas	GWh	938.63	22.82		1.49	22.22	862.95	29.15	886.66	22.82	8.60	20.55
- Diesel / Heizöl EL	GWh	260.00	3.85		0.51		255.65		256.15	3.85	0.00	
- Propan	GWh	40.19			0.78	0.35	39.06		40.19			
- Klärgas	GWh	364.27			364.27				341.80		14.60	7.86
- Deponiegas	GWh	1.87				1.87			1.87			
- Biogas	GWh	55.86		55.86					55.86			
- Fett/Öl erneuerbar	GWh	1.18		1.18					1.18			
- andere Energieträger	GWh											
produzierte Elektrizität	GWh	526.53		15.64	101.29	7.81	393.85	7.94	513.05		5.56	7.92
genutzte mechanische Energie 2)	GWh	5.56			5.56				5.56			
produzierte Wärmeenergie	GWh	892.21	37.61	28.26	188.34	13.28	604.42	20.30	822.38	37.61	11.97	20.25
genutzte Wärmeenergie	GWh	840.79	37.13	17.35	160.03	13.28	593.45	19.55	774.58	37.13	9.69	19.39

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

G. Literatur- und Quellenverzeichnis

- [Thermisch] U. Kaufmann: 'Thermische Stromproduktion und Wärmekraftkopplung (WKK) in der Schweiz'; Ausgabe 2015; September 2016, eicher+pauli, Liestal
Download: www.bfe.admin.ch → Themen → Energiestatistiken → Teilstatistiken [Link](#)
- [SdEE] U. Kaufmann: 'Schweizerische Statistik der erneuerbaren Energien'; Ausgabe 2016; September 2017, eicher+pauli, Liestal
Download: www.bfe.admin.ch → Themen → Energiestatistiken → Teilstatistiken [Link](#)
- [ARA 2003] U. Kaufmann: 'Energienutzung in Abwasserreinigungsanlagen', Entwurf Schlussbericht, Mai 2003, internes Papier, Bezug beim Autor
- Datenquellen Erhebungen durch eicher+pauli, das Bundesamt für Energie und weiteren vom Bundesamt für Energie beauftragten Stellen
Download: www.bfe.admin.ch → Themen → Energiestatistiken → Teilstatistiken [Link](#)
- Internetseiten und Geschäftsberichte der Anlagenbetreiber sowie kantonale statistische Ämter