

Juni 2004

Kosten und Entschädigung von Strom aus Kehr- richt- verbrennungsanlagen

Auftraggeber:

Bundesamt für Energie BFE, 3003 Bern

Mitfinanziert durch:

Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft BUWAL, 3003 Bern

Auftragnehmer:

econcept, Lavaterstrasse 66, 8002 Zürich

AutorInnen:

Reto Dettli	Dipl. Ing. ETH, Dipl. NDS ETHZ in Betriebswissenschaften (Projektleitung)
Pia Steiner	lic. rer. pol.
Martin Baur	Dr. rer. soc. oec.
Mathias Müller	Dipl. Phys. ETH

Begleitgruppe:

Stefan Muster	Bundesamt für Energie BFE (Vorsitz)
Marc Chardonens	Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft BUWAL
Romina Salerno	Bundesamt für Energie BFE
Peter Steiner	Verband der Betriebsleiter und Betreiber Schweizerischer Abfallbehandlungsanlagen VBSA
Stefan Wiederkehr	Bundesamt für Energie BFE
Kurt Wiederkehr	Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen VSE
Hanspeter Wild	Fernwärme Zürich

Dokument: 563_be_Schlussbericht def_Juni04.doc
Speicherdatum: 29. Juni 2004

Diese Studie wurde im Rahmen des Forschungsprogramms „Energiewirtschaftliche Grundlagen“ des Bundesamts für Energie BFE erstellt. Für den Inhalt ist allein der/die Studiennehmer/in verantwortlich.

Bundesamt für Energie BFE

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

Vorwort des Bundesamts für Energie BFE

In der vorliegenden Untersuchung werden der Stand der Energieerzeugung in schweizerischen Kehrichtverbrennungsanlagen (KVA) und mögliche Massnahmen zu deren Steigerung analysiert.

Die **Autoren (Econcept)** zeigen auf, dass kein akuter Handlungsbedarf besteht, um die aktuelle Energienutzung der Abfälle zu sichern. Zum Teil werden hohe Deckungsbeiträge erwirtschaftet, wenn die Nutzungsdauer die Amortisationszeit der Elektrizitätserzeugungsanlagen übersteigt. Hingegen bestehen heute keine Anreize oder Vorschriften, um alte Anlagen durch neue energieeffizientere zu ersetzen. Um entsprechende Anreize zu geben, entwickeln die Autoren eine Reihe von Vorschlägen. Diese sollen im Kontext der schweizerischen Energiepolitik diskutiert werden. Insbesondere müssen dabei die energiepolitischen Ziele sowie die im Rahmen der Strommarktöffnung möglichen Massnahmen zur Förderung von Elektrizität aus Erneuerbaren Energien berücksichtigt werden.

Aus Sicht des **Bundesamts für Energie** sind angesichts der beschränkten Zahl von Anlagen und der sehr unterschiedlichen Kosten- und Ertragsverhältnisse massgeschneiderte einzel-fallweise Unterstützungsmassnahmen einer pauschalen Förderung grundsätzlich vorzuziehen. Zu berücksichtigen sind eine allenfalls konkurrierende Wirkung auf andere Erneuerbare Energien (energetische Holznutzung), die Interdependenzen zwischen dem Verkauf von Elektrizität und Wärme aus KVA, die Entwicklungen beim "Marktkehricht" und das Verursacherprinzip bei der Gestaltung der Kehrichtgebühren.

Die Studie wurde in der beratenden **Kommission für Fragen der Anschlussbedingungen unabhängiger Produzenten (KAP)** zusammen mit Vertretern des **Verbands der Betriebsleiter und Betreiber Schweizerischer Abfallbehandlungsanlagen (VBSA)** diskutiert. Eine allfällige Förderung der Stromproduktion soll gemäss KAP nicht auf eine indirekte Subventionierung der Abfallverwertung abzielen, sondern ermöglichen, dass ungenutztes Energiepotenzial, unter Berücksichtigung der individuellen Voraussetzungen der Anlagen, effizient genutzt werden kann. Erstens kann dies über den "Energiepfad" erfolgen (Änderung der Energieverordnung, Anpassungen der KAP-Empfehlungen, Finanzierung der Mehrkosten über Hochspannungsnetz). Eine zweite Möglichkeit ist der "Abfallpfad" (Anpassung der Technischen Verordnung über Abfälle, flankierende Massnahmen, Finanzierung über Abfallgebühren). Denkbar sind auch Kombinationsmöglichkeiten oder ein "freiwilliger Pfad" (Zusammenarbeit Elektrizitätsversorgungsunternehmen-KVA). Mögliche Optionen sollen gemäss KAP weiter konkretisiert und zwischen den KVA-Interessenvertreter und dem BFE diskutiert werden.

Inhalt

Zusammenfassung	v
Ausgangslage und zentrale Fragestellungen	v
Fallstudien und Handlungsbedarf	v
Empfehlungen	viii
Résumé	xi
Situation initiale et questions fondamentales	xi
Etudes de cas et nécessité d'agir	xii
Recommandations	xiv
1 Ausgangslage und Ziel der Arbeit	1
1.1 Ausgangslage	1
1.2 Zielsetzung	2
2 Rechtliche Grundlagen	5
3 Aktuelle Situation der KVA in der Schweiz	9
3.1 Datenbasis	9
3.2 Kapazitäten und Auslastung der KVA	9
3.3 Produktion von Wärme und Elektrizität	13
3.3.1 Konkurrenz zwischen Wärme- und Stromproduktion	13
3.3.2 Wirkungsgrad der Anlagen zur Energienutzung in KVA	13
3.3.3 Übersicht der Anlagen zur Energienutzung in KVA	15
3.4 Vergütung der Energie aus KVA	18
3.4.1 Elektrizität	18
3.4.2 Wärme	20
3.5 Sanierungsbedarf, Ausbaupläne und Energienutzungspotenziale	23
3.5.1 Betriebsdauer, Amortisation und Ersatz von Anlagen	23

3.5.2	Durchgeführte Sanierungen und Neuanlagen.....	23
3.5.3	Sanierungspläne und Gründe für unterlassene Sanierungen	24
3.5.4	Energienutzungspotenziale.....	26
3.6	Technische Massnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz	30
3.7	Fazit.....	32
4	Wechselwirkungen Energie- und Abfallwirtschaft	33
4.1	Finanzielle Bedeutung der Energienutzung für die KVA.....	33
4.2	Wechselwirkungen.....	34
5	Kosten und Erträge der Energienutzung: Fallbeispiele.....	37
5.1	Abgrenzungen und Randbedingungen der Untersuchung	38
5.2	Bestehende Anlagen	39
5.2.1	Vorgehen zur Ermittlung der Kosten	39
5.2.2	Fallbeispiel Horgen	39
5.2.3	Fallbeispiel La Chaux-de-Fonds	43
5.2.4	Fallbeispiel Buchs AG	48
5.2.5	Fallbeispiel Monthey	53
5.2.6	Fallbeispiel Posieux	57
5.3	Sanierungsprojekte.....	63
5.3.1	Vorgehen zur Ermittlung der Kosten	63
5.3.2	Fallbeispiel Bern.....	63
5.3.3	Fallbeispiel Basel	70
6	Einfluss veränderter Rahmenbedingungen auf die Fallbeispiele	73
6.1	Definition der Rahmenbedingungen	73
6.2	Einfluss der Rahmenbedingungen auf die Fallbeispiele.....	74
7	Rahmenbedingungen der Energienutzung aus KVA in Europa	79
7.1	Übersicht, EU-Ebene	79
7.2	Ausgewählte Länder	80
7.2.1	Österreich.....	81
7.2.2	Schweden	82

7.2.3	Dänemark.....	82
7.2.4	Niederlande.....	83
7.2.5	Deutschland.....	85
7.2.6	Italien.....	85
7.2.7	Übersicht über die Regelungen in den untersuchten Ländern.....	86
7.3	Fazit.....	88
8	Fazit und Handlungsbedarf.....	89
8.1	Fazit.....	89
8.1.1	Zusätzliches Potenzial der KVA-Stromproduktion.....	89
8.1.2	Kostenstruktur der Elektrizitätsproduktion.....	89
8.1.3	Heterogenität der KVA.....	91
8.1.4	Zur Situation in den umliegenden Ländern und deren Erfahrungen.....	92
8.2	Handlungsbedarf.....	92
9	Vorschläge zur Sicherung und Steigerung der Stromproduktion in KVA.....	95
9.1	Strategien und Übersicht der Massnahmenvorschläge.....	95
9.2	Flankierende Massnahmen.....	96
9.2.1	Gesetzliche Anerkennung des biogenen Anteils im Abfall.....	96
9.2.2	Gesetzliche Mindestanforderungen zur Energienutzung.....	97
9.3	Finanzierung.....	98
9.3.1	Kombinationen von Massnahmen und Finanzierungsmechanismen.....	101
9.4	Massnahmenvorschläge.....	103
10	Empfehlungen.....	113
	Literatur.....	117

Zusammenfassung

Ausgangslage und zentrale Fragestellungen

Mit der vorliegenden Arbeit werden die Rahmenbedingungen der Energienutzung in KVA analysiert, der Handlungsbedarf aufgezeigt und Massnahmen vorgeschlagen, die zur Sicherung und Steigerung der Energienutzung in KVA führen.

Rahmenbedingungen analysieren

Elektrizität aus KVA gilt gemäss Energieverordnung als nicht Erneuerbarer Energieträger. Es besteht ein ungenutztes Elektrizitätsnutzungspotenzial in der Grössenordnung von rund 300 GWh/Jahr. Im Rahmen von EnergieSchweiz soll dieses Potenzial mindestens zum Teil genutzt werden.

Strom aus KVA gilt gemäss EnV als nicht Erneuerbare Energie

Die Erlöse aus der Produktion von Elektrizität sind für die KVA ein gewichtiger finanzieller Faktor um die Entsorgungskosten tief zu halten. Aufgrund der Vorwirkungen einer allfälligen Elektrizitätsmarktöffnung sind die Erlöse in den letzten Jahren jedoch deutlich gesunken.

Erlöse aus Elektrizitätsproduktion für KVA relevant

Für die Ermittlung des Handlungsbedarfs und die Erarbeitung von Massnahmen stehen vier Fragen im Zentrum:

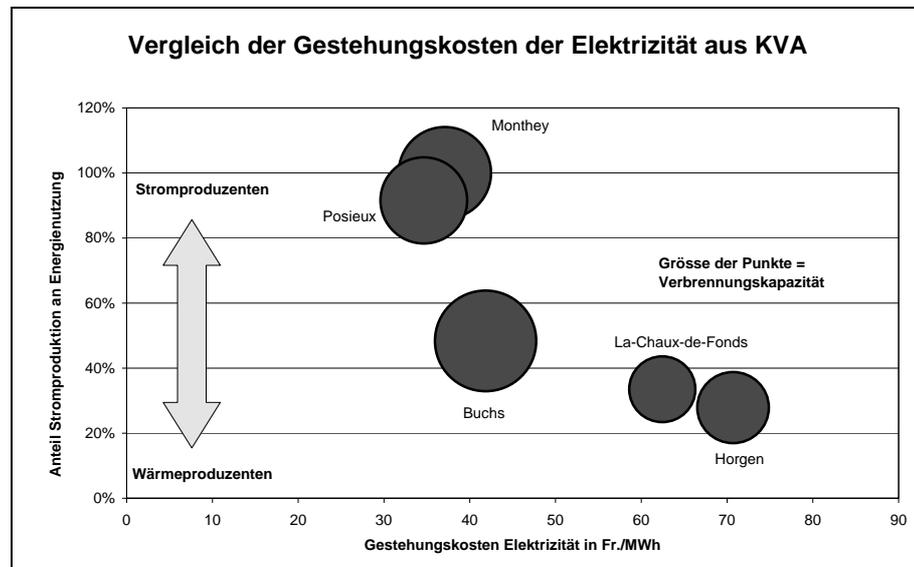
Zentrale Fragestellungen

1. Ist in bestehenden Anlagen das heutige Niveau der Energienutzung gesichert?
2. Wird in bestehenden Anlagen die Energieeffizienz erhöht?
3. Ist bei Sanierung oder Ersatz von Anlagen das heutige Niveau der Energienutzung gesichert?
4. Werden bei Sanierung oder Ersatz von Anlagen die energieeffizientesten Technologien eingesetzt?

Fallstudien und Handlungsbedarf

Es wurden fünf Fallstudien in bestehenden Anlagen durchgeführt und zwei Sanierungsprojekte der Energienutzung in KVA analysiert. Die Gestehungskosten der Elektrizität aus KVA sind wie folgt:

Vorgehen



Figur 1: Vergleich der Gestehungskosten der Elektrizität aus KVA für Anlagen, die Wärme oder Wärme und Strom produzieren. Die Grösse der Punkte ist proportional zur Verbrennungskapazität.

Unterschiede zwischen den Anlagen

Je grösser der Anteil der Wärmenutzung an der Energienutzung ist, desto höher sind die Elektrizitätsgestehungskosten. Der Handlungsbedarf lässt sich an Hand der vier zentralen Fragestellungen wie folgt zusammenfassen:

1. Ist in bestehenden Anlagen das heutige Niveau der Energienutzung gesichert?

Auch wenn die (Voll-)Kosten der Energienutzung und der Elektrizitätsproduktion nicht gedeckt sind, besteht kein akuter Handlungsbedarf. Es werden immer noch Deckungsbeiträge generiert, die Nutzungsdauer der Anlagen übersteigt die Amortisationszeit teilweise bei Weitem. Die Anlagen zur Energienutzung in der KVA können weiterbetrieben und amortisiert werden.

Es besteht kein akuter Handlungsbedarf um die aktuelle Energienutzung zu sichern.

2. Wird in bestehenden Anlagen die Energieeffizienz erhöht?

Es bestehen heute, mit Ausnahme von betrieblichen Optimierungen, keine Anreize, alte Anlagen vor Ablauf ihrer Lebensdauer

durch energieeffizientere Anlagen zu ersetzen. Die variablen Kosten der Elektrizitätsproduktion sind sehr gering.

Bei den untersuchten Fallbeispielen (Sanierungen in Anlagen mit grosser Fernwärmeversorgung) fehlen rund 20 Fr./MWh für einen kostendeckenden Betrieb der (nicht realisierten) Ausbauten.

Um in bestehenden Anlagen die Energieeffizienz zu erhöhen sind zusätzliche Anreize nötig.

3. Ist bei Sanierung oder Ersatz von Anlagen das heutige Niveau der Energienutzung gesichert?

Die bei der Verbrennung anfallende Wärme in KVA ist gemäss Art. 38 TVA zu nutzen, wobei offen bleibt, wie effizient diese Nutzung zu erfolgen hat. Beim Ersatz von Anlagen ist aus wirtschaftlichen Gründen absehbar, dass bei einem Teil der Anlagen nur das gesetzliche Minimum gemacht wird. Vor allem bei Anlagen, die sowohl Wärme als auch Strom produzieren sind die energieeffizientesten Technologien nicht wirtschaftlich, weil die Anlagen zur Stromproduktion weniger ausgelastet sind und die Elektrizität vor allem im Sommer bei tiefen spezifischen Stromerlösen anfällt.

In der Regel ist das heutige, teilweise tiefe Niveau der Energienutzung in KVA bei einem Ersatz von Anlagen so lange gesichert, als TVA Art. 38 durch die Kantone tatsächlich vollzogen wird.

4. Werden bei Sanierung oder Ersatz von Anlagen die energieeffizientesten Technologien eingesetzt?

Auf Grund wirtschaftlicher Überlegungen ist davon auszugehen, dass zukünftig bei einem Ersatz nicht die energieeffizientesten Anlagen zum Einsatz kommen. Bei den untersuchten Fallbeispielen von überwiegend wärmeproduzierenden Anlagen fehlten rund 20 Fr./MWh für einen kostendeckenden Betrieb einer Kondensationsturbine an Stelle einer Gegendruckturbine.

Empfehlungen

Empfehlungen

Wir empfehlen Ihnen zur Sicherung und Steigerung der Energienutzung aus KVA folgende Massnahmen:

1. Anerkennung des biogenen Anteils im Abfall als erneuerbaren Energieträger.

Damit wird eine Gleichstellung der Energienutzung in schweizerischen KVA mit der EU erreicht und der bisherigen Praxis im Rahmen von EnergieSchweiz Rechnung getragen.¹

2. Mindestanforderungen für die Energienutzung in KVA als Präzisierung von Art. 38 TVA oder eine Branchenvereinbarung zur Steigerung der Energieeffizienz in den Schweizerischen KVA

Die TVA schreibt in Art. 38a die Nutzung der bei der Abfallverbrennung entstehenden Wärme vor. Dieser Artikel enthält aber keine Vorgaben über das Ausmass der Nutzung. Es ist daher sinnvoll, im Rahmen einer zukünftigen Änderung der TVA den Art. 38 durch die Festlegung von Mindestanforderungen der Energienutzung zu ergänzen.

Es ist zu beachten, dass für diejenigen KVA, die ihre Energieeffizienz steigern oder die Mindestanforderungen als Erste erfüllen, durch allfällige höhere Betriebskosten keine Nachteile beim Marktkehricht resultieren. Es braucht einen finanziellen Ausgleichsmechanismus.

3. Sicherstellen der Wirtschaftlichkeit der energieeffizientesten Technologien bei Sanierungen und Neubauten der Energienutzung

Dafür stehen aus unserer Sicht zwei Varianten im Vordergrund:

¹ Diese Massnahme soll nicht automatisch zu einer Vergütung gemäss neuen inländischen Kraftwerken führen (zurzeit 15 Rp./kWh).

- Umsetzung EnG und Förderung der Erneuerbaren Energien:
Die für die Förderung der Erneuerbaren Energien entwickelten Mechanismen und Verfahren werden auf die Elektrizität aus KVA ausgeweitet. Strom aus KVA soll analog wie Elektrizität aus Kleinwasserkraftwerken behandelt werden. Dabei soll eine Umkehrung der Nachweispflicht gelten. Eine Vergütung höher als der marktorientierte Bezugspreis wird nur gegen Nachweis der höheren Gestehungskosten gewährt.
- Durchsetzen des Verursacherprinzips gemäss USG und TVA Art. 38.:
Das Verursacherprinzip gemäss USG beschränkt sich grundsätzlich auf die Finanzierung der umweltgerechten Entsorgung von Abfällen. Bezüglich Energienutzung sind jedoch keine Standards definiert.
Damit die nicht gedeckten Kosten aus der Energienutzung den Verursachern des Abfalls angelastet werden könnten, müssten auf Verordnungsstufe, beispielsweise TVA Art. 38, minimale Standards zur Energienutzung in KVA festgelegt werden.

Beide Varianten sind umsetzbar und bedingen mindestens eine Anpassung auf Verordnungsstufe.

4. Fortführen des Programms zur Steigerung der Energieeffizienz in den KVA (Energie in Infrastrukturanlagen)

Massnahmen zur Reduktion des Eigenbedarfs an Elektrizität in den KVA verfügen über ein teilweise sehr gutes Kosten/Nutzen-Verhältnis. Die Reduktion des Eigenbedarfes führt schlussendlich zum gleichen Resultat wie eine Steigerung der Energieeffizienz in der Energieerzeugung: Eine höhere Abgabe von Elektrizität ans Netz. Das Programm Energie in Infrastrukturen unterstützt die KVA bei der Reduktion des Eigenbedarfs und sollte deshalb weitergeführt werden.

Die Anstrengungen für eine Vermarktung von Strom aus Abfall als Ökostrom können zu einer Steigerung des Stromerlöses in bestehenden Anlagen und bei Ausbau-/Sanierungsvorhaben führen. Damit erhöhen sich aber die Anreize für energieeffizientere Produktionsan-

Beschränkte Wirkung einer möglichen Ökostromvermarktung

lagen nicht wesentlich. Die Erfahrungen von Ökostrom aus Wasserkraft zeigen, dass die Marketingaufwendungen sowie mögliche Auflagen bei der Produktion zu Mehrkosten führen, die in der Grössenordnung der Mehrerlöse liegen können.

Die Investitionszyklen der Kehrlichtverbrennungsanlagen sind mit 20-40 Jahre sehr lang. In den nächsten 5-8 Jahren drängen sich in zahlreichen KVA Erneuerungen bei der Energieinfrastruktur auf. Die vorgeschlagenen Empfehlungen sollten deshalb bald umgesetzt werden, damit die Chancen zur Steigerung der Energieeffizienz in KVA im Rahmen der anstehenden Sanierungen genutzt werden können.

Résumé

Situation initiale et questions fondamentales

Le présent travail doit permettre d'analyser les conditions cadres pour l'exploitation de l'énergie dans les UIOM's, de démontrer les nécessités d'agir et de proposer des mesures permettant d'assurer et de promouvoir l'exploitation de l'énergie dans les UIOM's.

Analyser les conditions cadres

Selon l'ordonnance sur l'énergie, l'électricité provenant des UIOM's n'est pas le produit de porteurs d'énergie renouvelables. Il existe un potentiel d'exploitation de l'électricité non utilisée de près de 300 GWh/année, en chiffre rond. Dans le cadre de SuisseEnergie, ce potentiel doit, tout au moins partiellement, être exploité.

L'électricité des UIOM's ne provient pas d'énergie renouvelable, au sens de l'OEn

Les recettes provenant de la production d'électricité constituent un facteur important pour les UIOM's, permettant de maintenir à un faible niveau les coûts de traitement des déchets. En raison d'une éventuelle ouverture du marché de l'électricité, ces recettes ont grandement diminué ces dernières années.

Recettes importantes de la production d'électricité pour les UIOM's

L'élucidation de la nécessité d'agir et la mise sur pied des mesures nécessaires s'achoppent à quatre questions capitales:

Questions capitales

1. Est-ce que le niveau d'exploitation actuel est assuré dans les installations en service?
2. L'efficacité énergétique des installations sera-t-elle augmentée?
3. Est-ce qu'en cas d'assainissement ou de remplacement d'installations le niveau actuel d'exploitation de l'énergie sera assuré?
4. Est-ce qu'en cas d'assainissement ou de remplacement d'installations des technologies de haute efficacité seront aménagées?

Etudes de cas et nécessité d'agir

Procédé

Cinq études de cas ont été faites dans des installations en exploitation et deux projets d'assainissement de l'exploitation de l'énergie dans les UIOM's ont été analysés.

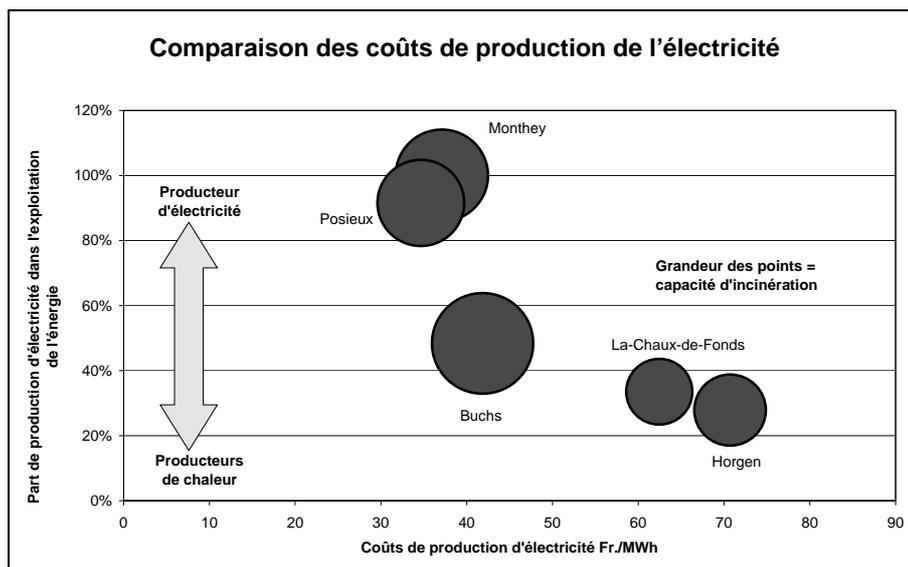


Figure 2: Comparaison des coûts de production de l'électricité des UIOM's qui produisent de la chaleur ou de l'électricité. La grandeur des points est proportionnelle à la capacité d'incinération.

Différence entre les installations

Plus la part de l'exploitation thermique de l'énergie est importante, plus élevés sont les coûts de revient de l'électricité. La nécessité d'agir se résume à l'aide des quatre questions centrales posées et peut être résumée comme il suit:

1. Est-ce que le niveau d'exploitation actuel est assuré dans les installations en service?

Même si les coûts (globaux) de l'exploitation de l'énergie et de la production d'énergie ne sont pas couverts, il n'y a pas nécessité urgente d'agir. Il y a encore des montants de couverture qui sont générés, qui excèdent la durée d'exploitation de l'installation et, en partie de loin son amortissement. Les installations d'exploitation de l'énergie des UIOM's peuvent être exploitées et amorties.

Il n'y a pas nécessité urgente d'agir pour assurer l'exploitation actuelle de l'énergie.

2. L'efficacité énergétique des installations sera-t-elle augmentée?

Aujourd'hui, il n'existe aucune incitation, mise à part l'optimisation de l'entreprise, pour que les anciennes installations soient remplacées prématurément par des installations plus efficaces sur le plan de l'énergie. Les coûts variables de la production d'énergie sont très faibles.

Les cas de figure examinés (assainissement d'installations dotées d'un grand approvisionnement en chauffage à distance) montrent qu'il manque 20 Fr./MWh, en chiffre rond, pour couvrir pleinement les coûts d'exploitation (des projets de construction non réalisés).

Pour augmenter l'efficacité énergétique des installations en service, il faudrait des incitations supplémentaires.

3. Est-ce qu'en cas d'assainissement ou de remplacement d'installations le niveau actuel d'exploitation de l'énergie sera assuré?

La chaleur produite dans les UIOM's doit être exploitée, conformément à l'article 38 OTD. L'efficacité de cette exploitation n'est toutefois pas stipulée. Lorsque des installations sont remplacées, il va sans dire que pour des raisons économiques le minimum légal est appliqué; notamment dans les installations qui produisent de la chaleur et de l'énergie pour lesquelles les technologies efficaces de production d'électricité ne sont pas rentables du fait que les génératrices ne tournent pas à pleine charge et que l'électricité est avant tout produite en été, alors que les prix sont les plus bas.

En règle générale, l'exploitation de l'énergie au sein des UIOM's dont le niveau est en partie bas, n'est assuré, lors du remplacement d'une installation, qu'aussi longtemps que l'application de l'article 38 OTD est effectivement assurée par les cantons.

4. Est-ce qu'en cas d'assainissement ou de remplacement d'installations des technologies de haute efficacité seront aménagées?

En raison de considérations économiques, il y a lieu d'admettre qu'à l'avenir les installations ne seront pas remplacées par des installations plus performantes dans la production d'électricité. Les cas examinés dans des installations produisant essentiellement de la chaleur montrent qu'il manque 20 Fr./MWh en chiffre rond, pour couvrir les coûts d'exploitation d'une turbine à condensation, comparativement à une turbine à contre-pression.

Recommandations

Recommandations

Afin d'assurer et de promouvoir l'exploitation de l'énergie provenant des UIOM's, nous vous recommandons d'adopter les mesures suivantes:

1. Reconnaissance de la part biogène des déchets, constituant un porteur d'énergie renouvelable.

Ainsi, l'égalité de traitement dans l'exploitation de l'énergie par les UIOM's suisses est sauvegardée par rapport à l'UE et la pratique actuelle est prise en considération dans le cadre de SuisseEnergie.²

2. Exigences minimale en matière d'exploitation de l'énergie dans les UIOM's en guise de précision de l'article 38 OTD ou convention de la branche pour augmenter l'efficacité énergétique des UIOM's suisses.

Conformément à l'article 38a de l'OTD, l'énergie calorifique provenant de l'incinération des déchets doit être exploitée. Cet article ne prescrit cependant pas l'ampleur de l'exploitation. Il est donc judicieux, compte tenu d'une prochaine modification de l'OTD, de

² Cette mesure ne doit pas générer automatiquement une indemnisation, au sens des nouvelles centrales électriques indigènes (actuellement 15 cts/kWh).

compléter l'article 38 en stipulant les exigences minimales relatives à l'exploitation de l'énergie.

Il y a lieu de veiller à ce que les UIOM's qui augmentent leur efficacité énergétique ou qui satisfont en premier aux exigences minimales ne soient pas être préférentielles par des éventuels coûts d'exploitation plus importants face au marché des déchets. Il faut un mécanisme de péréquation financière.

3. Assurer le rendement économique des technologies les plus efficaces lors d'assainissement et de nouvelles constructions d'exploitation de l'énergie.

A cette fin et selon nous, deux variantes s'imposent:

- Application de la LENE et promotion des énergies renouvelables:

Les mécanismes et procédés destinés à promouvoir les énergies renouvelables sont étendus sur l'électricité provenant des UIOM's. L'électricité des UIOM's doit être traitée comme l'électricité provenant de petites centrales hydrauliques. Un inversement de la charge de la preuve doit être applicable. Une indemnité supérieure au prix du marché n'est consentie que si les coûts de revient excédentaires sont justifiés.

- Application du principe de causalité conformément à la LPE et l'OTD, article 38:

Le principe de causalité, au sens de la LPE concerne principalement le financement du traitement des déchets conforme à l'environnement. Quant à l'exploitation de l'énergie, aucun standard n'est défini.

Pour compenser les frais non couverts de l'exploitation de l'énergie par imputation aux producteurs de déchets, il faudrait que par le biais de l'ordonnance, par exemple l'article 38 de l'OTD, des standards minimums d'exploitation de l'énergie des UIOM's soient définis.

Les deux variantes sont réalisables; elles impliquent toutefois une adaptation de l'ordonnance.

4. Poursuite du programme de promotion de l'efficacité dans la production d'énergie des UIOM's (L'Energie dans les infrastructures)

Les mesures visant à réduire les besoins en électricité dans les UIOM's comportent en partie de très bons rapports coûts / prestations. La réduction des besoins en énergie conduit finalement au même résultat que la promotion de l'efficacité de production dans l'exploitation de l'énergie: Une augmentation de la livraison d'électricité dans le réseau. Le programme énergie dans les infrastructures (SuisseEnergie) soutient les UIOM's dans la réduction de leurs besoins énergétiques et devrait de ce fait être poursuivi.

*Effets restreints
d'une commercialisation envisageable de l'électricité écologique*

Les efforts visant à la commercialisation de l'électricité écologique provenant des déchets, afin d'augmenter le produit de l'électricité, doivent profiter aux installations existantes ainsi qu'aux projets d'assainissement et d'élargissement des activités. De ce fait, l'impact des incitations en faveur d'installations plus performantes ne sera pas augmenté considérablement. Les expériences faites avec le courant écologique des forces hydrauliques montrent que les investissements dans la mercatique ainsi que les éventuelles exigences en matière de production génèrent un surplus de coûts généralement égal au produit supplémentaire.

Les cycles d'investissements des installations de traitement des déchets varient entre 20 et 40 ans, ce qui est de très longue durée. Au cours des prochaines 5 à 8 ans des rénovations des infrastructures d'exploitation de l'énergie seront impérativement nombreuses dans les UIOM's. Les recommandations suggérées doivent de ce fait être appliquées le plus rapidement possible afin de saisir l'opportunité inhérente à l'augmentation de l'efficacité énergétique des UIOM's, dans le cadre des assainissements nécessaires.

1 Ausgangslage und Ziel der Arbeit

1.1 Ausgangslage

Die Schweizerischen Kehrlichtverbrennungsanlagen geben pro Jahr rund 950 GWh Elektrizität ans Netz ab. Sie sind damit nach den Kleinwasserkraftwerken die bedeutendsten unabhängigen Produzenten. Es besteht ein zusätzliches Energienutzungspotenzial aus KVA in der Grössenordnung von einigen 100 GWh.

KVA bedeutende unabhängige Produzenten

Die Elektrizitäts- und Wärmeproduktion aus KVA ist für die KVA-Betreiber eine wirtschaftlich relevante Tätigkeit. Rund ein Viertel der Erträge sind auf die Energieproduktion zurückzuführen.

Energieerlöse sind für KVA relevant

EnergieSchweiz formuliert ambitionöse Zielsetzungen bei der Elektrizitätsproduktion aus Erneuerbaren Energien, zu denen die KVA erhebliche Zielbeiträge liefern sollen. Die Rahmenbedingungen für eine vermehrte Energienutzung aus KVA sind nicht nur wegen der erfolgten Ablehnung des EMG ungünstig:

Rahmenbedingungen ungünstig

Die Rückliefertarife (gemäss Art. 7 EnG und Empfehlungen der KAP) erfolgt die Entschädigung gemäss marktorientierten Bezugspreisen) reichen für den Betrieb bestehender Anlagen aus. Eine Sanierung der Elektrizitätserzeugung wird aus betriebswirtschaftlichen Gründen möglichst lange hinausgezögert. Die energieeffizientesten Technologien (Kondensationsturbinen) werden dabei aus wirtschaftlichen Gründen nicht realisiert wie Beispiele aus Basel, Bern und Luzern zeigen.

Die KVA stehen unter Kostendruck und konkurrenzieren sich im Bereich Marktkehrlicht. Mehrkosten aus energetischen Gründen können trotz der gesetzlichen Pflicht zur Abwärmenutzung nicht in Kauf genommen werden.

Die KVA-Betreiber weisen auf eine Diskrepanz hin, da die Energie aus KVA gesetzlich als nicht Erneuerbare Energie gilt, der biogene Anteil aber bei der Zielerreichung von EnergieSchweiz, analog zu Energie 2000, den Erneuerbaren Energien zugerechnet wird. Die KVA-Betreiber fordern deshalb mindestens für den biogenen Anteil eine Vergütung gemäss den Beschaffungskosten aus neuen inländischen Produktionsanlagen (zurzeit 15 Rp./kWh).

Diskrepanz bei KVA-Strom

Bestehende Untersuchungen des VBSA: sinkende Erträge, Investitionsstau

Der Verband der Betriebsleiter und Betreiber Schweizerischer Abfallbehandlungsanlagen VBSA hat in den letzten 2-3 Jahren mehrere Umfragen zur Energienutzung aus KVA bei seinen Mitgliedern durchgeführt. Angaben zur Struktur der heutigen Rücklieferverträge, die Rückliefertarife sowie Kenntnisse über realisierte, abgelehnte oder zurückgestellte Ausbauprojekte im Bereich der Stromnutzung liegen vor. Zurzeit können auf Seiten der KVA sinkende Stromerlöse und ein eigentlicher Investitionsstau festgestellt werden, welcher mit verbesserten Rahmenbedingungen gelöst werden könnte.

Zurzeit wird die EIWO erarbeitet, welche zu neuen elektrizitätswirtschaftlichen Rahmenbedingungen führen wird. Für deren detaillierte Ausgestaltung ist eine fundierte Situationsanalyse, welche den Handlungsbedarf bezüglich Energienutzung in KVA aufzeigt, erwünscht.

1.2 Zielsetzung

Ziele der vorliegenden Arbeit

Mit der vorliegenden Arbeit werden die Rahmenbedingungen der Energienutzung in KVA analysiert, der Handlungsbedarf aufgezeigt und Massnahmen vorgeschlagen, die zur Sicherung und Steigerung der Energienutzung in KVA führen.

Für die Ermittlung des Handlungsbedarfs und die Erarbeitung der Massnahmen stehen vier Fragen im Zentrum:

1. Ist in bestehenden Anlagen das heutige Niveau der Energienutzung gesichert?
2. Wird in bestehenden Anlagen die Energieeffizienz erhöht?
3. Ist bei Sanierung oder Ersatz von Anlagen das heutige Niveau der Energienutzung gesichert?
4. Werden bei Sanierung oder Ersatz von Anlagen die energieeffizientesten Technologien eingesetzt?

Entscheidungsgrundlagen

Folgende Grundlagen, die im Rahmen dieser Studie erarbeitet werden, bilden die Basis zur Beantwortung der Fragen:

- Potenzial der KVA-Stromproduktion

- Kostenstruktur der Elektrizitätsproduktion und Stellenwert der Stromerlöse für die KVA
- Stromvergütungs- und Abfallpreisfestsetzungsmechanismen
- Situation und Erfahrungen der umliegenden Länder

Auf Basis dieser Informationen werden Lösungsvorschläge zur Sicherung und Steigerung der Stromproduktion aufgezeigt. Die Ziele der Abfall- und Energiepolitik - Förderung der Abfalltrennung und -recycling, Anwendung des Verursacherprinzips bei der Kehrrichtentsorgung sowie optimales Ausnützen der Abwärme - werden dabei berücksichtigt. Es wird untersucht, welche Auswirkungen die Rahmenbedingungen auf die Stromproduktion in KVA haben und wie diese externen Vorgaben verändert werden können, um die Energienutzung in KVA zu sichern resp. zu erhöhen. Dabei sind eine verbesserte Rechts- und Investitionssicherheit mit gleichzeitiger Flexibilität bei technologischen, rechtlichen und wirtschaftlichen Veränderungen sicherzustellen.

*Möglichkeiten zur
Sicherung und Stei-
gerung der Strom-
produktion*

2 Rechtliche Grundlagen

Im Zusammenhang mit der Energienutzung aus KVA und deren Vergütung bestehen folgende relevanten gesetzlichen Bestimmungen:

Im Umweltschutzgesetz (USG) sowie im Energiegesetz (EnG) ist das Verursacherprinzip festgelegt. Gemäss Art. 2 USG sind die Kosten von Massnahmen von den Verursachern zu tragen. Die Finanzierung der Energienutzung in KVA ist ein Wechselspiel zwischen Abfall und Energie, in dem beide Bereiche ihren Beitrag leisten müssen. In Kapitel 4, 3. Abschnitt des USG wird die Finanzierung der Entsorgung von Abfällen geregelt. Das Verursacherprinzip beinhaltet aber nur die Sicherstellung der Finanzierung der umweltgerechten Entsorgung der Abfälle durch deren Verursacher. Inwieweit diese Regelungen auch die Energienutzung in KVA betreffen, wird im Vollzug des Rechts von den Kantonen unterschiedlich ausgelegt.

Verursacherprinzip

Die Technische Verordnung über Abfälle (TVA) legt in Art. 38 fest, dass der Inhaber einer Verbrennungsanlage für Siedlungsabfälle diese so zu errichten und zu betreiben hat, dass die bei der Verbrennung anfallende Wärme genutzt wird.

Verpflichtung zur Wärmenutzung

Aus rechtlicher Sicht wird gemäss Energieverordnung (EnV) Energie aus KVA unmissverständlich zu den nicht Erneuerbaren Energien gezählt. Im Abfall sind jedoch je zu etwa 50% Produkte erneuerbaren (v.a. Biomasse) und nicht erneuerbaren Ursprungs enthalten. Die Steigerung der Energienutzung aus KVA wurde im Rahmen des Programms Energie 2000 bzw. EnergieSchweiz zu 50% den Zielen bei den Erneuerbaren Energien zugerechnet, sie sind auch in der Statistik der Erneuerbaren Energien aufgeführt. Im Rahmen der durch das EMG vorgesehenen Elektrizitätsmarktöffnung wären ebenfalls 50% der Elektrizität aus KVA als Erneuerbare Energie behandelt worden und damit marktberechtigt gewesen. Damit wäre eine Durchleitung wie bei den Erneuerbaren Energien bis zu den noch nicht marktberechtigten EndkundInnen möglich gewesen.

Nicht Erneuerbarer Energieträger

Die Unternehmungen der öffentlichen Energieversorgung sind verpflichtet, die von unabhängigen Produzenten angebotene Überschussenergie, die regelmässig produziert wird, in einer für das Netz geeigneten Form abzunehmen (Art. 7 Abs. 1 EnG). Die Vergütung von Strom aus KVA wird im Gegensatz zur Nutzung Erneuerbarer Energien und Strom aus fossilen WKK weder im EnG noch in der

Abnahme- und Vergütungspflicht für Elektrizität

EnV geregelt. Erst in den Empfehlungen der Kommission für Fragen der Anschlussbedingungen unabhängiger Produzenten KAP, welche gemäss Art. 6 EnV den Bund und die Kantone berät, wird festgelegt, dass die Vergütung analog fossiler WKK entsprechend den marktorientierten Bezugspreisen zu erfolgen hat. Bei Streitfällen bestimmt der Kanton die Behörde, welche die Vergütung festlegt.

Verbindlichkeit der Empfehlungen der KAP

Es stellt sich die Frage nach der Verbindlichkeit der Empfehlungen bezüglich der Gleichbehandlung von Strom aus KVA mit Strom aus fossilen WKK sowie der Höhe der Vergütung. Die Gleichbehandlung von Strom aus KVA mit Strom aus fossiler WKK stützt sich auf die EnV Art. 1 Bst. h, welche den Begriff WKK derart definiert, dass die Energienutzung in KVA darin enthalten ist. Damit sind auch die Fragen zur Höhe der Vergütung geklärt, da WKK-Anlagen lediglich gemäss marktorientierten Bezugspreisen vergütet werden. Die Empfehlungen der KAP sind, obwohl sie vom Charakter her lediglich Vollzugshilfen entsprechen, rechtlich genügend abgesichert, so dass deren Inhalt bei Streitfällen standhält.

Unabhängige Produzenten

Obige Abnahme- und Vergütungspflicht gilt nur für unabhängige Produzenten³. Nicht alle KVA sind jedoch unabhängige Produzenten, beispielsweise die als städtische Betriebe organisierten KVA in Zürich und Winterthur. Dieser Umstand hat bis heute nicht zu wesentlich anderen Vergütungen bei den nicht unabhängigen Produzenten geführt. Es sind keine Beispiele bekannt, in welchen die Stromkonsumenten durch sehr hohe Stromvergütungen indirekt die Abfallproduzenten quersubventionieren oder umgekehrt. Das im Umweltschutzgesetz festgelegte Verursacherprinzip verhindert einen möglichen Missbrauch.

Vergütung der Wärme

Die Vergütung der von der KVA abgegebenen Wärme wird im Rahmen von privatrechtlichen Verträgen geregelt. Es bestehen keine gesetzlichen Vorgaben für die Abnahme oder Vergütung der Wärme.

3 Art. 1 Abs. a EnV:
Inhaber von Energieerzeugungsanlagen, an welchen Unternehmen der öffentlichen Energieversorgung zu höchstens 50 Prozent beteiligt sind und die leistungsgebundene Energien:
1. vorwiegend für den Eigenbedarf erzeugen, oder
2. ohne öffentlichen Auftrag vorwiegend oder ausschliesslich zur Einspeisung ins Netz erzeugen.

Am meisten Interpretationsbedarf besteht bei der Definition der wirtschaftlichen Zumutbarkeit gemäss Art 3 EnG⁴. Gemäss Botschaft zum EnG steht bei der Interpretation das Verhältnismässigkeitsprinzip im Zentrum. Es sind bei der Beurteilung nicht nur die Investitionen sondern die gesamten Kosten über die Lebensdauer einzubeziehen. Massgebend bei der Beurteilung von allfälligen zumutbaren Mehrkosten ist auch das überwiegende öffentliche Interesse. Dieses ist im Falle der CO₂-neutralen Energienutzung aus KVA mit dem damit verbundenen Schutz der Umwelt und des Klimas durchaus gegeben.

Wirtschaftliche Zumutbarkeit

Für den Vollzug auf Stufe KVA fehlen jedoch die entsprechenden Bestimmungen auf Verordnungsstufe. Die TVA enthält in Art. 38 im jetzigen Stand lediglich die Nutzung der Wärme, nicht aber deren Ausmass und die wirtschaftliche Tragbarkeit von energetischen Massnahmen.

Präzise Angaben über den Umfang der Mehrkosten, welche noch wirtschaftlich zumutbar sind, bestehen nicht. Aus den Erfahrungen bei Anschlussverpflichtungen an Fernwärmeversorgungen kann man davon ausgehen, dass 10-20% Mehrkosten in einem diskutablen Bereich liegen. Darüber hinaus gehende Mehrkosten dürften schwierig durchsetzbar sein.

Welche Mehrkosten sind zumutbar?

Absehbare Veränderungen der rechtlichen Grundlagen betreffen nicht die Höhe der Vergütung der dezentral produzierten Energie sondern deren Finanzierung. Die für die lokalen Elektrizitätswerke entstehenden Mehrkosten durch die Übernahme Erneuerbarer Energien (heute 15 Rp./kWh) werden neu gemäss Energiegesetz über einen Ausgleichsmechanismus auf Hochspannungsebene (Hochspannungsnetz) finanziert⁵. Für das lokale EW resultieren keine Mehrkosten mehr.

Ausblick

Die rechtlichen Rahmenbedingungen für die Energienutzung aus KVA haben keine Lücken. Die Vergütung der Elektrizität ist eindeutig

Fazit

⁴ Art. 3 Abs. 4 EnG: Massnahmen können nur soweit angeordnet werden, als sie technisch und betrieblich möglich und wirtschaftlich tragbar sind. Überwiegende öffentliche Interessen sind zu wahren.

⁵ Die Änderung des Kernenergiegesetzes (KEG) (Vorlage der Redaktionskommission für die Schlussabstimmung vom 21. März 2003) sieht eine Anpassung des Energiegesetzes (Art. 7 Abs. 7) vor.

geregelt. Auch bei den nicht unabhängigen Produzenten bestehen nur geringe zusätzliche Freiheiten gegenüber den unabhängigen Produzenten. Das Umweltschutzgesetz verhindert eine Benachteiligung der unabhängigen Produzenten. Der grösste Interpretationsspielraum besteht bei der wirtschaftlichen Zumutbarkeit von Massnahmen zu Nutzung der bestehenden Abwärme. Gewisse Mehrkosten über die Lebensdauer sind aus Gründen des öffentlichen Interesses zumutbar.

3 Aktuelle Situation der KVA in der Schweiz

3.1 Datenbasis

Die Beschreibung der aktuellen Situation der KVA basiert auf mehreren Datenquellen. Neben vom BUWAL publizierten Daten fließen die Resultate zweier Umfragen ein, die der VBSA und **econcept** im Jahr 2002 und neu im Rahmen der vorliegenden Arbeit bei den KVA durchführten.⁶ Weiter werden auch Ergebnisse aus [**econcept** 2002] integriert.

26 KVA beteiligten sich an der Umfrage 2003. Dies entspricht einer Rücklaufquote von über 90%.

Im August 2003 wurden 29 KVA angeschrieben wovon 26 Betriebe den Fragebogen ausgefüllt retournierten. Eine angeschriebene KVA stellte Ende 2002 den Betrieb ein und wird in der Auswertung der Umfrage nicht berücksichtigt. Dies entspricht einer Rücklaufquote von über 90%.

3.2 Kapazitäten und Auslastung der KVA

In der Schweiz verfügten im Jahr 2001 29 Kehrichtverbrennungsanlagen über eine Verbrennungskapazität von rund 3.1 Mio. t Abfällen pro Jahr. Damit entsprechen die Kapazitäten etwa der anfallenden Abfallmenge. Die Auslastung der KVA schwankte im Jahr 2001 zwischen 114% und 73%.⁷

28 Kehrichtverbrennungsanlagen

Die anfallende Wärme wird, unabhängig vom Alter der bestehenden Anlagen, in allen Anlagen ausser in Lausanne für die Stromerzeugung genutzt. In 23 Anlagen wird neben Elektrizität auch Fernwärme erzeugt. Die nachfolgende Tabelle zeigt eine Übersicht der Anlagen zur Kehrichtverbrennung.

Wärme- und Elektrizitätsnutzung

⁶ [VBSA / **econcept** 2002] sowie [VBSA / **econcept** 2003]

⁷ Die Auslastung wurde aufgrund einer mittleren Betriebszeit berechnet, welche der tatsächlichen Nutzungsdauer entspricht. Wenn Anlagen länger als die mittlere Betriebszeit in Betrieb stehen, so liegt der Auslastungsgrad über 100%.

Quelle: [http://www.umwelt-schweiz.ch/imperia/md/content/abfall/tab4_d.pdf]

Stammdaten der Kehrichtverbrennungsanlagen im Jahr 2003

Standort	Ofenart	thermische Leistung [MW]	Inbetriebnahme / Gesamterneuerung	Stromproduktion	Fernwärmenutzung
Basel BS					
Ofen 3	Rost	40	1998	Ja	Ja
Ofen 4	Rost	40	1998	Ja	Ja
Bazenheid SG					
Ofen 1	Rost	12.2	1976	Ja	Ja
Ofen 2	Rost	12.2	1976	Ja	Ja
Ofen 3	Rost	12.2	1984	Ja	Ja
Bern BE					
Ofen 1	Rost	27.5	1985	Ja	Ja
Ofen 2	Rost	27.5	1986	Ja	Ja
Brügg (Biel) BE					
Ofen 1	Rost	16.75	1991	Ja	Ja
Buchs AG					
Ofen 1	Rost	30.7	1994	Ja	Ja
Ofen 3	Rost	28	1984	Ja	Ja
Buchs SG					
Ofen 1	Rost	12.1	1974	Ja	Ja
Ofen 2	Rost	24.2	1982	Ja	Ja
Ofen 3	Rost	31.7	1995	Ja	Ja
Colombier NE					
Ofen 1	Rost	13.8	1988	Ja	Ja
Ofen 2	Rost	13.8	1991	Ja	Ja
Dietikon ZH					
Ofen 1	Rost	17.5	1993	Ja	Ja
Ofen 2	Rost	17.5	1995	Ja	Ja
Gamsen VS					
Ofen 2	Rost	17.5	1998	Ja	Nein
Hinwil ZH					
Ofen 1	Rost	40	1996	Ja	Ja
Ofen 2	Rost	21.75	2001	Ja	Ja
Ofen 3	Rost	21.75	1976	Ja	Ja
Horgen ZH					
Ofen 1	Rost	10.9	1992	Ja	Ja
Ofen 2	Rost	14	1991	Ja	Ja
La Chaux-de-Fonds NE					
Ofen 1	Rost	22	1994	Ja	Ja
Lausanne VD					
Ofen 1	Rost	9.6	1958	Ja	Ja
Ofen 2	Rost	9.6	1958	Ja	Ja
Les Cheneviers GE					
Ofen 4	Rost	50	1978/95	Ja	Ja
Ofen 5	Rost	58	1993	Ja	Ja
Ofen 6	Rost	58	1993	Ja	Ja
Luzern LU					
Ofen 1	Rost	10	1990/98	Ja	Ja
Ofen 2	Rost	10	1989/97	Ja	Ja
Ofen 3	Rost	16	1983/99	Ja	Ja
Monthey VS					
Ofen 1	Rost	20	2003	Ja	Nein
Ofen 2	Rost	37.6	2003	Ja	Nein
Ofen 3	Rost	37.6	1996	Ja	Nein

Stammdaten der Kehrichtverbrennungsanlagen im Jahr 2003						
Standort	Ofenart	thermische Leistung [MW]	Inbetriebnahme / Gesamterneuerung	Stromproduktion	Fernwärmee-nutzung	
Niederurnen GL						
Ofen 2	Rost	26	1984	Ja	Ja	
Ofen 3	Rost	26	2000	Ja	Ja	
Oftringen AG						
Ofen 1	Rost	27.9	1992	Ja	Nein	
Ofen 2	Drehrohr	1.5	1992	Ja	Nein	
Posieux FR						
Ofen 1	Rost	40	2001	Ja	Ja	
Sion VS						
Ofen 1	Rost	9.2	1971	Ja	Nein	
Ofen 2	Rost	12.3	1976	Ja	Nein	
St. Gallen SG						
Ofen 1	Rost	14	1987	Ja	Ja	
Ofen 2	Rost	14	1988	Ja	Ja	
Trimmis GR						
Ofen 1	Rost	21.25	1990	Ja	Ja	
Turgi AG						
Ofen 3	Rost	17	1983	Ja	Ja	
Ofen 4	Rost	32	1996	Ja	Ja	
Weinfelden TG						
Ofen 1	Rost	28	1996	Ja	Ja	
Ofen 2	Rost	28	1996	Ja	Ja	
Winterthur ZH						
Ofen 1	Rost	36.25	1977	Ja	Ja	
Ofen 2	Rost	41.5	1993	Ja	Ja	
Zuchwil SO						
Ofen 1	Rost	26	1993	Ja	Ja	
Ofen 2	Rost	26	1992	Ja	Ja	
Ofen 3	Rost	29	1990	Ja	Ja	
Zürich (Hagenholz) ZH						
Ofen 1	Rost	43.5	1982	Ja	Ja	
Ofen 3	Rost	38.3	1989	Ja	Ja	
Zürich (Josefstrasse) ZH						
Ofen 1	Rost	47.8	1995	Ja	Ja	
Ofen 2	Rost	43.5	2001	Ja	Ja	
Thun BE						
Ofen 1	Rost	44	2004	Ja	Ja	
Lausanne II VD						
Ofen 1	Rost	30	2006	Nein	Ja	
Ofen 2	Rost	30	2006	Nein	Ja	
Tessin TI						
Ofen 1	Rost	35	2007			
Ofen 2	Rost	35	2007			

Quelle: Stammdaten der Kehrichtanlagen im Jahre 2001, inkl. Projekte, BUWAL 2001, aktualisiert durch **ec concept** Sept. 2003

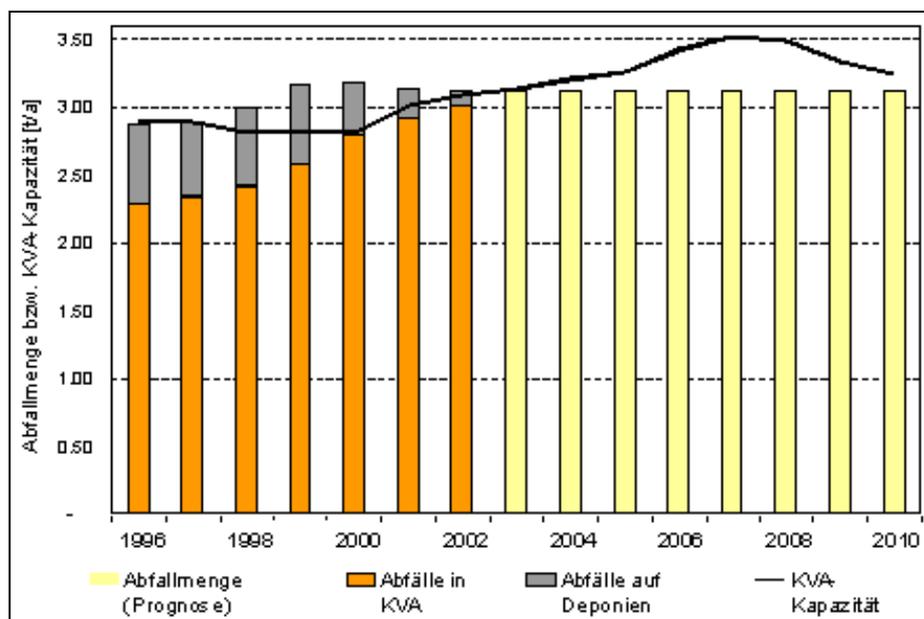
Tabelle 1: Übersicht der bestehenden und geplanten Kehrichtverbrennungsanlagen in der Schweiz

Unterschiedliches Alter der Anlagen

Das Alter der Anlagen ist sehr unterschiedlich. Neben Anlagen neuester Bauart wurden in den letzten fünf Jahren zahlreiche Anlagen saniert. Rund 12 von 60 Ofenlinien sind älter als 20 Jahre und müssen in den nächsten Jahren saniert werden.

Nach einer Phase von Kapazitätsengpässen könnten leichte Überkapazitäten bei der Verbrennung resultieren.

In den letzten Jahren bestand eine kapazitätsmässige Überlastung der KVA. Es konnten nicht wie geplant alle Abfälle verbrannt werden. Mit der Betriebsaufnahme der KVA Thun dürften im Jahr 2004 die Verbrennungsengpässe jedoch behoben sein. Da die in den KVA anfallende Abfallmenge in den nächsten Jahren voraussichtlich auf dem heutigen Niveau verbleiben wird, können Überkapazitäten bei der Verbrennung entstehen, insbesondere falls weitere Anlagen realisiert werden. Für eine Optimierung der Kapazitäten ist auch die regionale Verteilung der Abfallmengen und Kapazitäten mit zugehörigen Transportaufwendungen zu berücksichtigen. Leichte Überkapazitäten sind möglicherweise aus Wettbewerbsgründen (Kostendruck bei den einzelnen Anlagen) erwünscht.



Quelle: BUWAL

Figur 3: Übersicht der anfallenden Abfallmengen und der Verbrennungskapazität 1996 bis 2010

3.3 Produktion von Wärme und Elektrizität

3.3.1 Konkurrenz zwischen Wärme- und Stromproduktion

Im Kehrichtofen wird der Abfall verbrannt und mit der anfallenden Wärme Dampf auf einem hohen Druck- und Temperaturniveau erzeugt. Der Dampf wird einer Gegendruck- oder Kondensationsturbine zugeführt. Je nach Anforderungen der Fernwärme (Heizen, Prozessdampf) wird der Turbine Energie in Form von Dampf entzogen. Je nach Menge und Höhe des Druck- bzw. Temperaturniveaus der Dampfauskoppelung sinkt der Wirkungsgrad der Elektrizitätserzeugung. Je heisser die Fernwärme betrieben wird, desto geringer ist die Stromausbeute. Wärme- und Elektrizitätsnutzung konkurrenzieren sich gegenseitig.

Enge Koppelung von Wärme- und Elektrizitätsnutzung

Die KVA haben ein sehr unterschiedliches Verhältnis von Wärme- und Elektrizitätsproduktion. Die KVA in Basel, Bern, Zuchwil, Weinfelden oder Zürich geben den Grossteil ihrer Energie als Wärme an Dritte (Fernwärme, Prozessenergie für Papierindustrie) ab. Ländliche KVA wie beispielsweise Turgi, Niederurnen oder die KVA im Wallis konzentrieren sich mangels Wärmenachfrage vorwiegend auf die Produktion von Elektrizität. Die Art der Energienutzung wird vor allem durch die Absatzpotenziale der Fernwärme bestimmt. Sofern es nachfrageseitig und von der Lage der KVA her möglich ist, sollte der Absatz von Wärme aus energetischen Gründen Priorität vor der Stromerzeugung haben.

Nachfragestruktur entscheidet über Art der Energienutzung

3.3.2 Wirkungsgrad der Anlagen zur Energienutzung in KVA

Die Beurteilung des Wirkungsgrades der einzelnen Anlagen zur Energienutzung kann aufgrund der höheren Wertigkeit der Elektrizität gegenüber der Wärme nicht pauschal erfolgen. In der nachfolgenden Aufstellung wird der Wirkungsgrad aufgrund unterschiedlicher Definitionen berechnet. Wird der Wirkungsgrad definiert als Summe der Wärme- und Elektrizitätsproduktion geteilt durch den Energieinput, resultieren Wirkungsgrade zwischen 14% und 79%. Verwendet man zur Berücksichtigung der höheren Wertigkeit von Elektrizität gegenüber Wärme einen Faktor zwei für Elektrizität (entspricht ca. dem Wirkungsgrad einer neuen Gas-Kombi-Anlage), resultieren Wirkungsgrade zwischen 28% und 88%.

Keine pauschale Beurteilung der Effizienz einer KVA möglich

Standort der KVA	Energieinput Energieinhalt Kehricht und Hilfskessel MWh	Energienutzung			Wirkungsgrade		
		Elektrizität MWh	Wärme MWh	Wärme und Strom (Strom=1) %	Wärme und Strom gewichtet (Strom=2) %	Strom bezogen auf Input minus Wärme %	
Basel	611'966	39'700	446'200	79%	86%	24%	
Bazenheid	259'947	20'200	49'500	27%	35%	10%	
Bern	467'056	36'000	280'100	68%	75%	19%	
Brügg (Biel)	136'501	19'100	19'700	28%	42%	16%	
Buchs (AG)	431'600	64'000	77'500	33%	48%	18%	
Buchs (SG)	515'111	91'400	50'800	28%	45%	20%	
Colombier	240'287	35'300	13'000	20%	35%	16%	
Dietikon	291'065	59'200	25'400	29%	49%	22%	
Gamsen	95'840	19'200	0	20%	40%	20%	
Hinwil	526'888	84'500	25'000	21%	37%	17%	
Horgen	204'149	18'900	73'300	45%	54%	14%	
La Chaux-de-Fonc	152'459	8'900	53'500	41%	47%	9%	
Lausanne	171'602	0	99'800	58%	58%	0%	
Les Cheneviers	1'027'695	154'300	0	15%	30%	15%	
Luzern	288'393	45'600	40'400	30%	46%	18%	
Monthey	394'753	69'100	0	18%	35%	18%	
Niederurnen	263'560	49'500	1'100	19%	38%	19%	
Oftringen	242'578	52'600	0	22%	43%	22%	
Sion	171'564	23'200	0	14%	27%	14%	
St. Gallen	269'160	35'100	56'700	34%	47%	17%	
Trimmis	168'404	14'500	60'100	44%	53%	13%	
Turgi	407'874	86'400	22'600	27%	48%	22%	
Weinfelden	425'636	44'500	286'500	78%	88%	32%	
Winterthur	484'679	74'400	168'600	50%	65%	24%	
Zermatt	16'992	0	1'800	11%	11%	0%	
Zuchwil	614'307	70'300	195'800	43%	55%	17%	
Zürich I (Josefstrasse)	391'666	36'100	157'400	49%	59%	15%	
Zürich II (Hagenholz)	608'830	32'200	322'000	58%	63%	11%	
Summe	9'880'562	1'284'200	2'526'800	38.6%	51.6%	17.5%	

Quelle: [Abfallstatistik 2000], Berechnungen econcept

Tabelle 2: Übersicht der Energienutzung aus KVA im Jahr 2000 bei unterschiedlichen Definitionen des Wirkungsgrades

Wird der Wirkungsgrad der Elektrizitätserzeugung alleine betrachtet (Energieproduktion Elektrizität / (Energieinput – Energieproduktion Wärme), resultieren wiederum stark unterschiedliche Werte zwischen 9% und 32% bzw. 24%.⁸

Wirkungsgrad Stromerzeugung

Aus den Betrachtungen der Wirkungsgrade der einzelnen Anlagen lassen sich keine verbindlichen Schlussfolgerungen über die Effizienz der Energienutzung in Schweizer KVA ziehen. Die Ermittlung eines theoretischen Nutzungspotenzials, basierend auf den Unterschieden zur besten KVA, führt zu voreiligen Schlüssen. Die Optimierung der Energienutzung in der KVA muss für jede Anlage einzeln, basierend auf den technischen Anlagedaten, ermittelt werden.

Optimierung im Einzelfall

3.3.3 Übersicht der Anlagen zur Energienutzung in KVA

Zwölf der 26 KVA, die den Fragebogen retournierten, verfügen über eine Anlage (Turbine/Generator) zur Energienutzung, eine KVA betreibt drei Anlagen, die übrigen je zwei. Die folgende Tabelle vermittelt eine Übersicht der einzelnen Anlagen mit Baujahr, Investitionshöhe und Leistung.

Das Alter der Anlagen bewegt sich zwischen 43 Jahren und Neuanlagen, die erst im nächsten Jahr in Betrieb gehen werden.

KVA	Anlage	Baujahr	Investitionen in Fr.	Investitionen für Anbindung Elektrizitätsnetz	Investitionen Wärmeauskopplung / -übergabestation	Leistung in MW
1				850'000	n.a.	
	Anlage 1	1970	n.a.			5.20
	Anlage 2	1996	16'635'000			7.70
2				3'700'000	n.a.	
	Anlage 1	1992	3'200'000			14.57
	Anlage 2	1992(1)	11'100'000			n.a.
3				inkl.	inkl.	
	Anlage 1	1994	20'300'000			11.15
4				inkl.	n.a.	
	Anlage 1	1963	8'000'000			22.50
	Anlage 2	1963	3'000'000			5.45
5				inkl.		
	Anlage 1	1990	7'000'000			3.05
	Anlage 2	1960	1'000'000			1.00
6				850'000	2'150'000	
	Anlage 1	2002	16'700'000			12.00
7				n.a.	31'000'000 (3)	

8 Der Wert von 32% ist wahrscheinlich ein Ausreisser. Der zweithöchste Wert liegt bei 24% und damit im Bereich der Wirkungsgrade moderner Dampfturbinen.

KVA	Anlage	Baujahr	Investitionen in Fr.	Investitionen für Anbindung Elektrizitätsnetz	Investitionen Wärmeauskopplung / -übergabestation	Leistung in MW
	Anlage 1	1998	5'111'000			17.18
8				1'400'000	300'000	
	Anlage 1	2000	5'800'000			10.00
9				4'600'000	4'560'000	
	Anlage 1	1998	11'800'000			7.33
	Anlage 2	1984	4'500'000			5.10
10				750'000	inkl.	
	Anlage 1	1989	8'000'000			5.00
	Anlage 2	2004	13'300'000			7.00
11				n.a.	n.a.	
	Anlage 1	1970	n.a.			6.50
	Anlage 2	1970	n.a.			n.a.
12				n.a.	n.a.	
	Anlage 1	1975	n.a.			5.50
	Anlage 2	1975	n.a.			2.50
13				inkl.	inkl.	
	Anlage 1	1999	7'000'000			4.80
14				n.a.	n.a.	
	Anlage 1	1974	n.a.			1.00
	Anlage 2	1983	5'000'000			5.50
	Anlage 3	1995	10'000'000			10.00
15				inkl.	inkl.	
	Anlage 1	1984	4'000'000			2.20
	Anlage 2	2000	10'900'000			5.50
16				250'000	11'700'000	
	Anlage 1	1986	7'500'000			5.80
17				n.a.	n.a.	
	Anlage 1	1976	n.a.			10.00
	Anlage 2	1983	n.a.			1.80
18				5'600'000	6'100'000	
	Anlage 1	1995	8'420'000			7.25
19				n.a.	inkl.	
	Anlage 1	2006	6'300'000			18.90
20				inkl.	n.a.	
	Anlage 1	2003	15'600'000			20.00
21				inkl.	n.a.	
	Anlage 1	1998	10'000'000			4.30
22				n.a.	n.a.	
	Anlage 1	1975	n.a.			8.50

KVA	Anlage	Baujahr	Investitionen in Fr.	Investitionen für Anbindung Elektrizitätsnetz	Investitionen Wärmeauskopplung / -übergabestation	Leistung in MW
	Anlage 2	1993	18'000'000			6.30
23				n.a.	n.a.	
	Anlage 1	1976	9'000'000			16.60
24				500'000	10'000'000	
	Anlage 1	1982	5'000'000			5.60
	Anlage 2	1965	5'000'000			5.60
25				n.a.	n.a.	
	Anlage 1	1991	4'500'000			3.00
26				n.a.	n.a.	
	Anlage 1	1993	6'301'000			9.60
	Anlage 2	1993 (2)	2'020'000			n.a

inkl. = in den Investitionskosten der Anlage zur Energienutzung inbegriffen / (1) LUKO, Hilfsaggregate, Montage etc. / (2) Dampfkondensator und Kühlturm / (3) inkl. Turbogruppe etc. / Quelle: [VBSA / econcept 2003]

Tabelle 3: Baujahr, Investitionen und Leistung der Anlagen zur Energienutzung in den KVA der Schweiz

Die Investitionshöhe zum Zeitpunkt des Baujahres der Anlage schwankt zwischen 1 Mio. CHF und 20 Mio. CHF.⁹ Die Kosten für die Anbindung ans Elektrizitätsnetz resp. für die Wärmeauskopplungs- und -übergabestation werden von einigen KVA separat ausgewiesen und bewegen sich zwischen 250'000 CHF und 5.6 Mio. CHF (Elektrizität) sowie 2 Mio. CHF bis 31 Mio. CHF (Wärme). Diese Kosten werden oft nicht von den KVA selber getragen, sondern von den Energieabnehmern. Die Bandbreite der Leistung der Anlagen zur Energieproduktion umfasst 1 MW bis 22,5 MW.

Die Investitionen bewegen sich zwischen 1 Mio. CHF und 20 Mio. CHF zum Zeitpunkt des Baujahres.

⁹ Teuerungsbereinigt würden sich in Preisen von 2003 nach dem Produzentenpreisindex beispielsweise für Anlagen aus den 60er Jahren Investitionen in der Höhe von rund 1,6 Mio. CHF bis 12.8 Mio. ergeben. Quelle: [Stat. Jahrbuch 2003] S.253 (1970=100; 2002=160)

3.4 Vergütung der Energie aus KVA

Vergütung im Rahmen von privatrechtlichen Verträgen

Die Vergütung der Energie ist in den einzelnen KVA sehr unterschiedlich im Rahmen von privatrechtlichen Verträgen geregelt. Die Preise für Wärme und für Elektrizität sind meist an die Entwicklung von Indizes (Teuerung, Heizöl- oder Gaspreis, Elektrizitätspreise übergeordneter Werke, Zinssätze, etc.) gebunden. In der Umfrage 2003 geben die meisten KVA-Betreiber an, dass die Preise von den Abnehmern festgelegt werden. Mehrfach wird ausgesagt, dass die Preise auch Verhandlungssache zwischen KVA und Abnehmer seien.

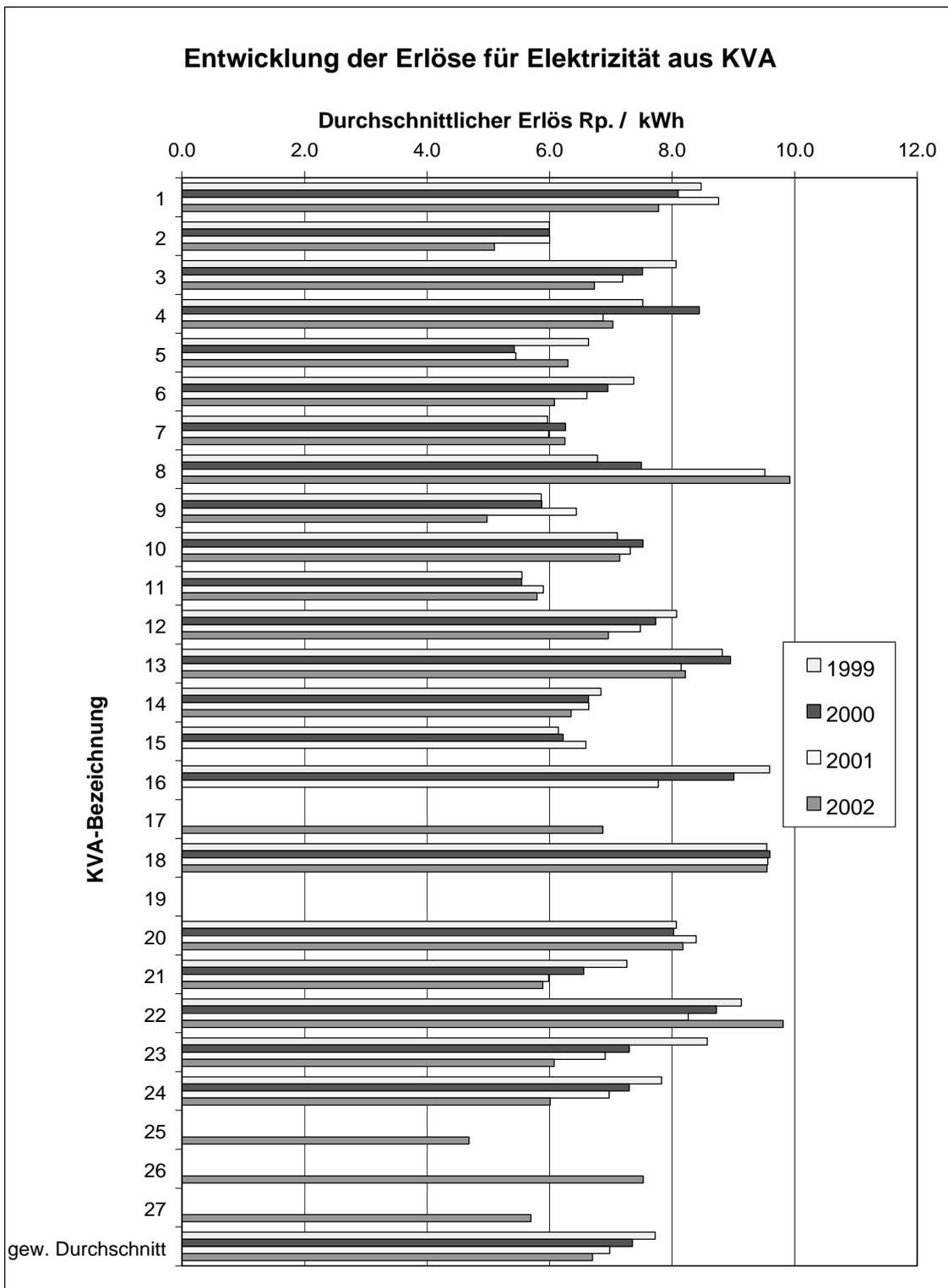
Relevanz Energieproduktion

Die Energienutzung ist für die KVA aus wirtschaftlicher Sicht bedeutend. Unabhängig davon ob mehr Wärme oder Strom produziert wird, trägt der Energieverkauf rund 20%-25% zu den gesamten Erträgen bei.

3.4.1 Elektrizität

Entwicklung Erlöse Elektrizität

Nachfolgende Figur zeigt die Resultate von Erhebungen aus den Jahren 2002 und 2003 zu den spezifischen Erlösen der Elektrizitätsproduktion in KVA. Die Erlöse sind 1999-2001 im Zuge der Vorwirkungen der Elektrizitätsmarktöffnung in der Regel gesunken. Auch im Jahr 2002 setzte sich dieser Trend bei zahlreichen KVA fort. Der gewichtete Durchschnitt der Erlöse hat 1999-2002 um 1 Rp./kWh von 7.7 Rp./kWh auf 6.7 Rp./kWh abgenommen. Im Jahr 2002 lag die Vergütung pro kWh Elektrizität in den verschiedenen KVA zwischen fünf und zehn Rappen, wobei lediglich drei KVA mehr als 9 Rp./kWh und drei KVA weniger als 6 Rp./kWh Strom erhielten.



Quellen: [VBSA / econcept 2003], [VBSA / econcept 2002]

Figur 4: Entwicklung des mittleren Erlöses von Elektrizität in KVA. Der gewichtete Durchschnitt hat in den letzten 4 Jahren um rund 1 Rp./kWh abgenommen.

Einflussfaktoren der Vergütung

Die Vergütung hängt sowohl von der Produktionszeit (Sommer, Winter, Hochtarif- oder Niedertarifzeiten) sowie von der zeitlichen Verfügbarkeit und Zuverlässigkeit der Maximalproduktion (Senkung der Leistungsspitzen des Elektrizitätswerkes, Leistungsvergütung) ab. Die Unterschiede zwischen den einzelnen KVA können also auch auf unterschiedlichen Produktionscharakteristiken beruhen.

In den meisten Fällen werden die Preise von den Abnehmern festgelegt. Es besteht für die KVA jedoch ein Verhandlungsspielraum.

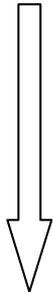
Die fünf KVA mit den höchsten Vergütungen pro kWh geben bei der Frage, wer die Preise festlegt, alle an, dass der Abnehmer die Preise entweder allein oder in Verhandlung mit der KVA festlege. Aber auch jene KVA mit den tiefsten Preisen sagen aus, dass die Preise von den Abnehmern bestimmt werden. Bei einer kommunalen KVA bestimmt der Stadtrat die Höhe der Vergütung. Eine KVA erwähnt als preisbestimmenden Faktor eine Öko-Komponente, da Strom aus KVA zu 50% CO₂-neutral sei, dennoch liegt die Vergütung dieser KVA unter 6 Rp./kWh. Eine KVA nennt die fehlende Marktöffnung als Determinante des Preises, eine andere führt die Politik als Bestimmungsfaktor an.

Auffallend ist, dass keiner der KVA-Betreiber in der durchgeführten Umfrage Art. 7 EnG (Festlegung der Vergütung nach marktorientierten Bezugspreisen) als preisbestimmenden Faktor erwähnt.

3.4.2 Wärme*Die Unterschiede sind bei der Vergütung der Wärme grösser als beim Strom.*

Die Unterschiede bei der Vergütung der Wärme sind erheblich grösser als beim Strom. Es lässt sich jedoch kein eindeutiger Trend über die letzten Jahre aufzeigen. Die Gründe für die Unterschiede zwischen den einzelnen KVA dürften auf Abgrenzungsfragen im Zusammenhang mit dem Fernwärmenetz beruhen sowie auf unterschiedlicher Gewichtung der preisbestimmenden Faktoren Zins, Ölpreis, Strompreis etc. Die Vermutung, dass es sich bei den Vergütungen von mehr als 5 Rp./kWh um Endverbraucherpreise inkl. Verteilung (Amortisation Leitungsnetz!) handelt und bei den Preisen von 1 bis maximal 3 Rp./kWh um Wärme ab KVA, wird auch durch die Umfrage 2003 gestützt. Dort zeigte sich, dass viele KVA, welche Wärmepreise über dem Durchschnittspreis von 2.4 Rp./kWh erzielten, die Energie direkt an den Endkunden liefern und das Fernwärmenetz auch selber betreiben.

Nachfolgende Tabelle zeigt die Bandbreite der Vergütungen für Fernwärme an KVA. Mit Lieferung an Endkunden liegen die Vergütungen zwischen 6.6 Rp./kWh und 2.1 Rp./kWh, mit Lieferung an den Fernwärmebetreiber schwanken die Vergütungen je nach KVA zwischen 3.0 Rp./kWh und 0.4 Rp./kWh.

	Vergütung pro kWh Wärme: Lieferung an Endkunden	Vergütung pro kWh Wärme: Lieferung an Fernwärmebetreiber
Höchste Vergütung	6.6 Rp./kWh	3.0 Rp./kWh
	6.3 Rp./kWh	3.0 Rp./kWh
	6.3 Rp./kWh	2.7 Rp./kWh
	5.6 Rp./kWh	1.9 Rp./kWh
	3.9 Rp./kWh	1.2 Rp./kWh
	3.1 Rp./kWh	1.2 Rp./kWh
	2.6 Rp./kWh	1.1 Rp./kWh
	2.2 Rp./kWh	1.1 Rp./kWh
	2.2 Rp./kWh	1.0 Rp./kWh
	2.1 Rp./kWh	0.6 Rp./kWh
	Tiefste Vergütung	

Quelle: [VBSA / econcept 2003]

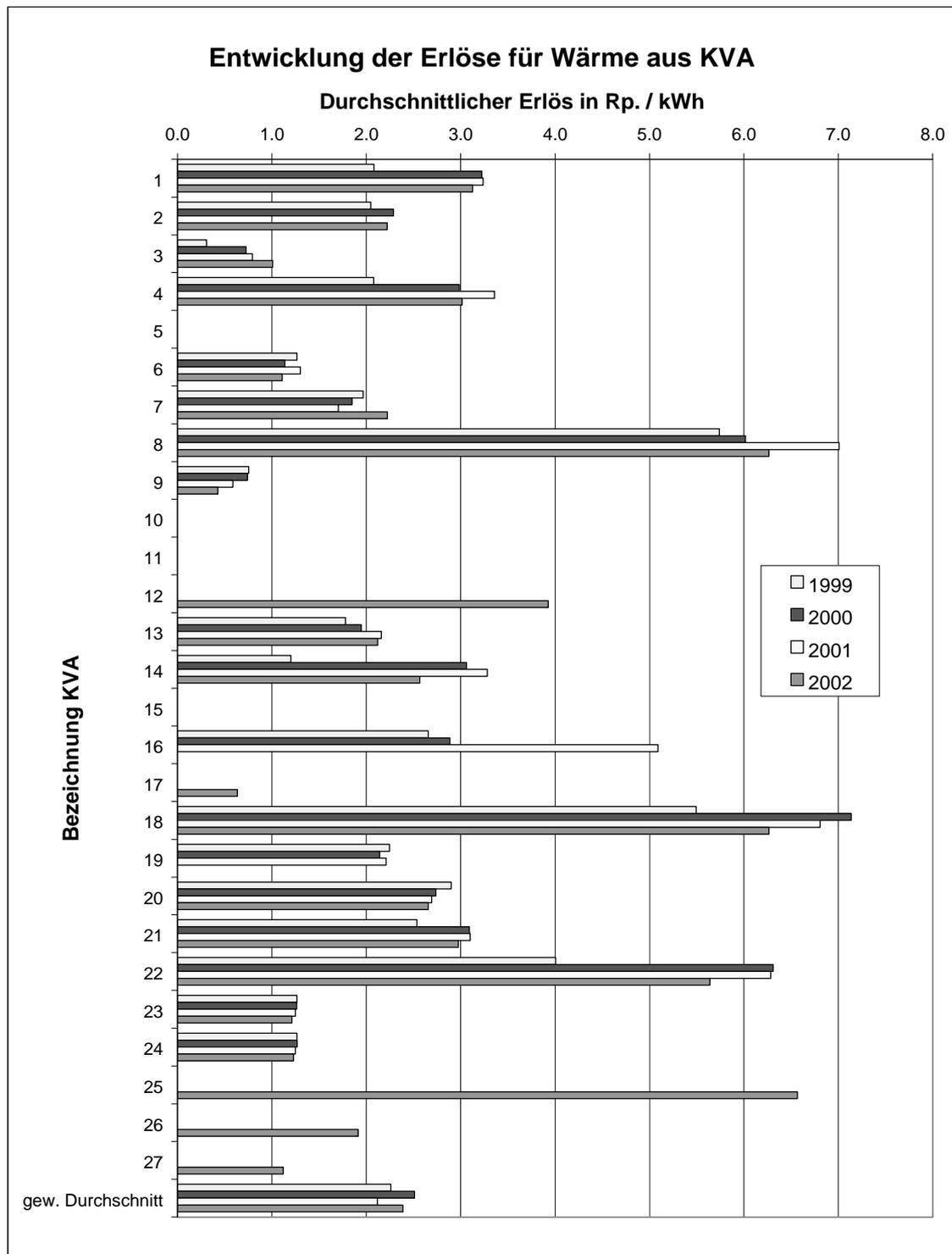
Tabelle 4: Bandbreite der Vergütungen der Fernwärme für KVA differenziert nach Lieferung an Endkunden und Fernwärmebetreiber

Die Wärme aus KVA steht in Konkurrenz zu fossilen Energien. Die Erlöse sind in den meisten Fällen entweder an den Öl- bzw. Gaspreis oder an die Vergütung der Elektrizität ¹⁰ gekoppelt. Die Entwicklung dieser Preise dürfte die jährlichen Ertragschwankungen der einzelnen KVA bei der Wärmevergütung im Wesentlichen begründen.

*Koppelung Öl- oder
Elektrizitätspreis*

Nachfolgende Figur zeigt die Resultate von Erhebungen aus den Jahren 2002 und 2003 zu den spezifischen Erlösen der Wärmenutzung in KVA.

¹⁰ Die durch die Wärmenutzung entfallenen Erträge bei der Stromproduktion werden auf die Wärme umgerechnet (Stromersatzkennziffern).



Figur 5: Entwicklung der Erlöse aus der Wärmeproduktion ausgewählter KVA in der Schweiz. Es sind unterschiedliche Abgrenzungen (mit / ohne Betrieb und Amortisation Fernwärmeverteilung) zu beachten.

3.5 Sanierungsbedarf, Ausbaupläne und Energienutzungspotenziale

3.5.1 Betriebsdauer, Amortisation und Ersatz von Anlagen

Die Zahlen der Umfrage 2003 zeigen, dass zahlreiche Anlagen zur Energienutzung weit über ihre übliche Lebensdauer von ca. 15 bis 20 Jahren hinaus betrieben werden. Insgesamt verfügen die 26 KVA, die sich an der Umfrage beteiligten über 41 Anlagen zur Energieproduktion. Die ältesten Anlagen sind bereits 40 Jahre alt oder älter (Bern, Biel), die neuesten Turbinen und Generatoren haben erst dieses Jahr ihren Betrieb aufgenommen (Monthey) oder werden Ende 2003 und im Verlauf des Jahres 2004 folgen (Thun, Trimmis). Eine Anlage wird im Jahr 2006 in Betrieb genommen werden (Lausanne). Die Hälfte der Anlagen ist älter als 15 Jahre und über 40% der Anlagen stammen noch aus den 60er und 70er Jahren.

Zahlreiche Anlagen werden länger als 15 Jahre betrieben.

Alter der Anlagen im Durchschnitt	17 Jahre
Baujahr Neueste Anlage	2006
Baujahr Älteste Anlage	1960
Median	1990
Anzahl Anlagen aus den 90er Jahren und neuer	21
Anzahl Anlagen aus den 80er Jahren	7
Anzahl Anlagen aus den 70er Jahren	9
Anzahl Anlagen aus den 60er Jahren	4

Quelle: [VBSA / econcept 2003]

Tabelle 5: Altersstruktur der Anlagen zur Energienutzung in den KVA der Schweiz, Resultate Umfrage 2003

3.5.2 Durchgeführte Sanierungen und Neuanlagen

Lediglich sieben KVA gaben in der Umfrage 2003 an, in den letzten Jahren eine Anlage zur Energienutzung ersetzt zu haben. Die Sanierungen hatten sowohl eine Erhöhung der Wärmeproduktion als auch der Stromproduktion zur Folge. In einer KVA verlagerte sich durch die Sanierung die Energienutzung von der Wärme zur Elektrizität. Die Daten der Umfrage 2003 zeigen, dass weitere 14 Anlagen aus den 90er Jahren stammen oder erst nach 2000 gebaut wurden.

In den letzten Jahren wurden relativ wenige Anlagen zur Energienutzung saniert.

Die Sanierungen erhöhten in den meisten Fällen die Energienutzung (Strom und Wärme).

Die von den KVA-Betreibern angegebenen Sanierungen erhöhten die Stromproduktion pro Anlage um 4'400 MWh bis 45'000 MWh. Bei der Wärmenutzung schwankte die Mehrproduktion zwischen 10'000 MWh und 50'000 MWh. Eine Gesamtsumme der Erhöhung der Energienutzung durch alle Sanierungen lässt sich aus der Umfrage nicht ermitteln, da einige KVA keine Angaben zur Erhöhung der Energienutzung machten.

KVA	1	2	3	4	5	6	7
Sanierungsjahr	1996	1998	1999	2000	2003	2004	2006
Investitionen in Mio. CHF	16.64	11.8	7	10.9	15	13.3	6.3
Investitionen für Anbindung an Elektrizitätsnetz in Mio. CHF	0.85	4.6	inkl.	inkl.	n.a.	0.75	n.a.
Investitionen für Wärmeauskopplung / und -übergabestation in Mio. CHF	n.a.	4.56	inkl.	inkl.	n.a.	inkl.	n.a.
Leistung in MW	7.7	7.3	4.8	5.5	20.0	7.0	18.9
Erhöhung der Wärmenutzung in MWh	4'400	n.a.	4'985	-13'500	n.a.	45'000	n.a.
Erhöhung der Stromproduktion in MWh	24'000	n.a.	10'410	21'600	50'000	10'000	n.a.

inkl. = in den Investitionskosten der Anlage inbegriffen / Quelle: [VBSA / econcept 2003]

Tabelle 6: Übersicht sanierte Anlagen zur Energienutzung in der Schweiz, Resultate Umfrage 2003

3.5.3 Sanierungspläne und Gründe für unterlassene Sanierungen

Die geplante Nutzungsdauer liegt für mehrere Anlagen bei 30-40 Jahren!

Die folgende Übersicht zeigt, dass es Anlagen zur Energienutzung gibt, die jetzt schon älter sind als 20 Jahre und für die vorgesehen ist, sie noch mindestens weitere 10-15 Jahre zu betreiben. Dies führt für sechs Anlagen zu einer geplanten Betriebsdauer von über 40 resp. 30 Jahren. Weitere drei Anlagen werden nach Angaben der KVA-

Betreiber nach einer Betriebsdauer von 20-30 Jahren ersetzt. Der grösste Teil der Anlagen, die nach 2015 ersetzt werden sollen, stammt aus den 90er Jahren. Dies ergibt für 13 Anlagen eine Lebensdauer von mindestens 15 Jahren, wobei keine Aussage möglich ist, in welchem Jahr der Ersatz geplant ist. Insgesamt für 15 Anlagen wurden keine Angaben über einen geplanten Sanierungszeitpunkt gemacht. Sieben dieser Anlagen sind relativ neu. Acht Anlagen ohne Angaben zur Sanierung sind älter als 20 Jahre; ob für diese überhaupt eine Sanierung geplant ist oder nicht, lässt sich nicht sagen.

Anzahl geplante Sanierungen nach Altersstruktur ¹¹	Baujahr 1960-69	Baujahr 1970-79	Baujahr 1980-89	Baujahr 1990-99	Baujahr 2000+
Sanierung nach 2015	1	1	1	11	2
Sanierung im Jahr 2011-15	2	0	0	0	0
Sanierung im Jahr 2006-10	0	2	2	0	0
Sanierung bis 2005	0	2	0	0	0
Keine Angabe zum geplanten Sanierungszeitpunkt	1	4	3	6	1
Summen	4	9	6	17	3

Quelle: [VBSA / econcept 2003]

Tabelle 7: Übersicht der geplanten Sanierungszeitpunkte differenziert nach Baujahr der Anlagen, Resultate Umfrage 2003

Würden alle Anlagen nach jeweils ca. 15-20 Jahren Betriebsdauer ersetzt, müssten 20 Anlagen sofort, 14 Anlagen in zehn Jahren und die restlichen sieben Anlagen nach 15 bis 20 Jahren erneuert werden.

¹¹ Zwei Anlagen, die 2004 und 2006 fertig saniert sein werden sind in dieser Übersicht nicht enthalten, da der Erstellungszeitpunkt der alten Anlage nicht bekannt ist.

Lediglich zu den neueren Anlagen wurden Angaben gemacht, weshalb – aus offensichtlichen Gründen – vorläufig keine Sanierung geplant ist. Bei den älteren Anlagen fehlten Begründungen, weshalb eine Sanierung unterlassen oder hinausgeschoben wird. Ein KVA-Betreiber gibt an eine 17-jährige Anlage nicht zu sanieren, da sie noch in gutem Zustand sei und die Strompreise zu tief seien, um einen Ersatz (mit Mehrproduktion) zu rechtfertigen.

Projekte in Schubladen der KVA

Eine Umfrage des VBSA in Zusammenarbeit mit „Energie in Infrastrukturanlagen“ aus dem Jahr 2000¹² zeigt, dass die KVA Betreiber verschiedene Projekte zur Steigerung der Energieeffizienz in den Schubladen halten, aber aus wirtschaftlichen Gründen nicht realisieren.

3.5.4 Energienutzungspotenziale

Energienutzungspotenziale schwierig zu ermitteln

Die zusätzlichen Energienutzungspotenziale sind schwierig zu ermitteln, da jede KVA über unterschiedliche Anteile an Strom und Wärme sowie über andere den Wirkungsgrad bestimmende Parameter der Energienutzung, wie beispielsweise das Temperaturniveau der Wärmenutzung, verfügt.

Die Energienutzung einer bestehenden KVA kann grundsätzlich erhöht werden durch:

- eine Reduktion des Eigenbedarfs an Strom und Wärme (Betriebsoptimierung)
- eine Steigerung der Wirkungsgrade der Energienutzung
- Erweiterungen der Anlagen zur Energienutzung

Bei Neubauten ist die Standortwahl ein wichtiger Faktor zur Optimierung der Energienutzung.

Betriebsoptimierung nicht Teil dieser Arbeit

Die Betriebsoptimierung zur Reduktion des Eigenbedarfes wird im Rahmen von EnergieSchweiz (Energie in Infrastrukturanlagen) mittels einer Pilotstudie in der Kezo Hinwil und anschliessender Umsetzung bei den übrigen KVA vorangetrieben. Die Resultate dieser Feinanaly-

¹² [Umfrage Infrastrukturanlagen 2000]

se liegen mittlerweile vor, werden in dieser Studie jedoch nicht näher betrachtet.

Die Steigerung der Wirkungsgrade der Energienutzung kann wie folgt erreicht werden:

Steigerung Wirkungsgrade

- Verbesserte Wirkungsgrade bei der Turbine (Kondensationsturbinen)
- Verbesserung der Kühlung im Sommerbetrieb bei Luftkondensatoren
- Erhöhung der Druckparameter bei der Dampferzeugung
- Verringerung der Abgasverluste durch Rauchgasrezirkulation
- Allenfalls zusätzliche Betriebsoptimierungen zwischen Fernwärmebetrieb und Elektrizitätsbetrieb (Reduktion exergetischer Verluste)
- Eine wesentliche Rahmenbedingung für eine hohe Effizienz der Energienutzung ist der Standort der KVA.

Sämtliche der oben aufgeführten Verbesserungen sind immer mit erheblichen Investitionen oder mit betrieblichen Risiken (Kondensations- und Korrosionsprobleme) verbunden.

Verbesserungen mit erheblichen Investitionen verbunden

a) Erhöhung der Stromproduktion

Wenn der mittlere Wirkungsgrad der Elektrizitätsproduktion bezogen auf den Energieinput minus Wärmeproduktion von heute 17.5% auf den Wert moderner Turbinen von ca. 25% gesteigert wird, resultiert eine zusätzliche Elektrizitätsproduktion von rund 550 GWh/a oder rund 40%. Für genauere Zahlen müsste detailliert abgeklärt werden, ob dies für die einzelnen KVA aus technischen Gründen möglich ist.

Grobschätzung Potenzial

Das Potenzial lässt sich auch durch eine differenziertere Analyse der best practice ermitteln. Wir haben drei Kategorien von KVA gebildet, solche mit ausschliesslicher Stromproduktion, mit einer Verstromung von 40-90% der anfallenden Wärme sowie die typischen Fernwärme-KVA mit einer Verstromungsquote zwischen 0% und 40% der anfallenden Wärme. Für jede dieser Kategorien haben wir die best practice gewählt und errechnen ein zusätzliches Stromnutzungspotenzial von 285 GWh.

Differenziertere Schätzung ergibt ein Potenzial von 285 GWh.

Umfrage ergibt ein tieferes Potenzial.

Gemäss Umfrage 2003 führen die geplanten Sanierungen der Anlagen zur Stromproduktion zu einer Mehrproduktion an Elektrizität um bis zu 37'000 MWh je Anlage. In einer Anlage wird die Mehrproduktion Strom zulasten der Wärmenutzung gehen. Konkrete Zahlen wurden nur von vereinzelt KVA genannt. Zählt man diese Angaben zusammen resultiert eine Mehrproduktion an Elektrizität durch in den nächsten Jahren durchgeführte Sanierungen von insgesamt 100'000 MWh. Der grösste Teil aller Befragten beantwortete die Frage nach der aus einer Sanierung resultierenden Erhöhung der Energienutzung jedoch nicht. Dies vermutlich oft deshalb, weil zahlreiche Sanierungsvorhaben nur als Vision oder Grobkonzept ausgearbeitet sind.

b) Erhöhung der Wärmenutzung

Neun KVA beurteilen es technisch und nachfrageseitig möglich, die Fernwärmenutzung zu erhöhen, sechs KVA sehen die technische Machbarkeit als gegeben aber geben an, dass die Nachfrage fehlt. Drei KVA verneinen die Möglichkeit zur Erhöhung der Wärmenutzung. Drei KVA geben an, die Wärmenutzung sei optimiert und nicht weiter zu erhöhen.

16 KVA geben an, insgesamt 22 Projekte zur Erhöhung der Wärmenutzung ausgearbeitet zu haben. Von den acht KVA, die sowohl technisch als auch marktmässig eine Erhöhung der Wärmenutzung als möglich erachten, haben alle ein Projekt ausgearbeitet. Von den 6 KVA, die zwar die technische Machbarkeit bejahen, aber die Nachfrage nicht, verfügen fünf über Projekte.

Wärmeausbaupläne der KVA	Ausführungsplanung	Detailplanung	Grobkonzept	Vision
Anzahl Projekte	4	3	9	3
Wärmeabgabe an Industrie / Gärtnerei	1	1	1	1
Wärmeabgabe an Schwimmbad / Schule	1		2	
Erweiterung FWN in neues Quartier	1		3	
Neubau FWN			1	
Technologische Verbesserung /Ausbau Heizwerk	1	1	1	
Verdichtung FWN / Neukundenwerbung		1		1
Kühlzwecke / Absorptionskälteanlage			1	1

Quelle: [VBSA / econcept 2003]

Tabelle 8: Anzahl Projekte für den Ausbau der Wärmenutzung in verschiedenen Bereichen und unterschiedlichem Konkretisierungsgrad

Folgende Gründe werden in der Umfrage 2003¹³ angegeben, weshalb die Projekte nicht ausgeführt werden:

- Zu hohe Kosten
- Wärmenutzung bildet Konkurrenz zur Erdgasversorgung
- Energiepreis / Ölpreis ist zu tief
- Ungenügende Wirtschaftlichkeit des Projekts
- Ungenügende Bereitschaft angrenzender Gemeinden, Defizit mitzutragen
- Bei Absorptionsanlagen müsste Energie zum Nulltarif abgegeben werden
- Neue FW-Leitung wird zu lang und damit zu teuer
- Nur eine Ofenlinie, daher Risiko eines Ausfalls zu gross
- Beim Abnehmer ist Wärmeabnahme erst langfristig vorgesehen
- Potenzieller Abnehmer hat Betrieb geschlossen

¹³ [Umfrage VBSA / econcept 2003]

Zusätzliche Wärmee-nutzung bringt je nach Projekt zwischen 3'000 und 90'000 MWh.

Zehn KVA machen eine Angabe zum Potenzial ihres Projektes. Die zusätzliche Nutzung der Wärme liegt bei den drei kleinsten Projekten zwischen 3'000 MWh und 8'000 MWh, bei den vier mittleren Projekten zwischen 15'000 MWh und 35'000 MWh und bei den drei grössten Projekten zwischen 70'000 MWh und 90'000 MWh. Die gesamte Mehrnutzung an Wärme durch die Realisierung dieser Projekte würde rund 500'000 MWh betragen. Dies ist erheblich mehr, als die Menge, die bei den tatsächlich geplanten Sanierungen genannt wird. Dort beträgt die genannte Netto-Mehrproduktion Wärme lediglich rund 14'000 MWh, da durch die Sanierung der Energieanlage die Wärmeproduktion zugunsten der Stromproduktion reduziert wird.

Die genannten Potenziale von Wärme- und Stromproduktion sind nicht als Gesamtpotenzial der schweizerischen KVA zu verstehen, da die Datenlage sehr schwach ist. Viele KVA beantworteten die Frage nach der Mehrproduktion von Strom und Wärme durch Sanierungen nicht.

Obwohl zahlreiche Projekte existieren, sind diese oft wenig konkretisiert und es ist teilweise unwahrscheinlich, dass sie je zur Ausführung kommen werden.

3.6 Technische Massnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz

Zur Steigerung der Energieeffizienz in einer bestehenden KVA kommen neben der Reduktion des Eigenbedarfes und der im Kapitel 5.3 erläuterten Ergänzung der Elektrizitätserzeugung mit einer Kondensationsturbine folgende Massnahmen in Fragen:

➤ **Vergrosserung des Luftkondensators:**

Dadurch kann die Elektrizitätserzeugung während den Sommermonaten erhöht werden. In der KVA Weinfelden wurde diese Massnahme in Kombination mit einem wassergekühlten Rost realisiert. Diese Steigerung der Energieeffizienz ist in einigen Spezialfällen prüfenswert, dürfte aber aufgrund der tiefen Stromvergütung im Sommer nur in Ausnahmefällen wirtschaftlich sein.

➤ **Erhöhung der Dampfparameter im Kessel**

In Europa hat sich als Standard eine Energienutzung mit ca. 400 °C und 40 bar etabliert. In Ausnahmefällen werden auch hö-

here Parameter gefahren, beispielsweise in einer Anlage in Deutschland. Diese wurde aber mit diesen Parametern ausgelegt, weil vor Ort bereits von einem nicht mehr betriebenen Kraftwerk entsprechende Turbinen vorhanden waren. Auch in Boston USA wurde eine Anlage mit höheren Parametern erstellt. Es ist bei höheren Temperaturen und Drücken vermehrt mit Korrosionsproblemen zu rechnen. Eine nachträgliche Anpassung bedingt erhebliche Investitionen in die Anlagen und ist nicht wirtschaftlich realisierbar.

Betriebsoptimierung durch verbesserte Rauchgasrückführung

Durch eine verbesserte Rauchgasrückführung (Sekundärluft) lassen sich die Abgasverluste reduzieren. Diese Optimierung birgt die Risiken von Kondensations- und Korrosionsproblemen. Sie müsste für die einzelnen Anlagen en detail abgeklärt werden.

3.7 Fazit

Tendenziell sinkende Auslastung verstärkt Druck auf Preise Marktkehricht.

Der Neubau oder die Erweiterung von KVA, die teilweise erst jetzt in Betrieb gehen sowie die sich stabilisierende Abfallmenge wird in den nächsten Jahren zu einer eher sinkenden Auslastung der KVA führen. Dadurch wird der Druck auf die Entsorgungspreise mindestens beim Marktkehricht zunehmen.

Sehr unterschiedlicher Wirkungsgrad der Energienutzung

Die Anlagen weisen einen sehr unterschiedlichen Wirkungsgrad bei der Energienutzung auf. Zwar hängt er ab von der Art der Energienutzung verbunden mit der Berücksichtigung der höheren Wertigkeit von Elektrizität. Aber auch unter vergleichbaren KVA mit einem ähnlichen Anteil Strom- und Wärmeproduktion bestehen erhebliche Unterschiede beim Wirkungsgrad. Wenn man die Elektrizität mit dem Faktor zwei gewichtet, resultiert ein mittlerer Wirkungsgrad von knapp 52%, wobei die schlechtesten Anlagen bei 27% und die besten bei 86% liegen.

Sinkende Stromerlöse in den letzten 4 Jahren

Die Vergütung der Elektrizität ist in den letzten vier Jahren von durchschnittlich 77 Fr./MWh auf 67 Fr./MWh gesunken. Damit verbunden sind Einnahmefälle von rund 11 Mio. Fr. jährlich.

Bis 2010 knapp 1/3 der Anlagen sanieren

Bei sechs KVA ist eine Sanierung der Anlagen bis ins Jahr 2010 geplant, fünf Anlagen, die zu diesem Zeitpunkt zwischen 30 und 50 Jahre alt sind, machen keine Angaben. Es ist also damit zu rechnen, dass in den nächsten fünf bis sieben Jahren rund ein Drittel der Anlagen saniert werden muss.

Ungewöhnlich hohe Betriebszeit von bis zu 40 Jahren für Elektrizitätsnutzungsanlagen

Die Energienutzungsanlagen werden weit über die normale Betriebsdauer von etwa 20 Jahren betrieben. Einzelne KVA planen für ihre Anlagen Lebensdauern von über 40 Jahren.

Zusätzliches Potenzial für Wärmenutzung

16 KVA geben an, dass sie Projekte zur Verbesserung der Wärmenutzung ausgearbeitet haben. Etwa die Hälfte der Projekte befindet sich im Stadium der Detail- oder Ausführungsplanung. Die Wirtschaftlichkeit ist in der Regel zurzeit nicht gegeben.

Zusätzliches Potenzial für Stromnutzung

Zusätzlich besteht ein ungenutztes Strompotenzial von ca. 285 GWh (Ermittlung über best practice bei vergleichbaren KVA). Rund 100 GWh davon wurden von den KVA im Rahmen der Umfrage durch bestehende Projekte ausgewiesen.

4 Wechselwirkungen Energie- und Abfallwirtschaft

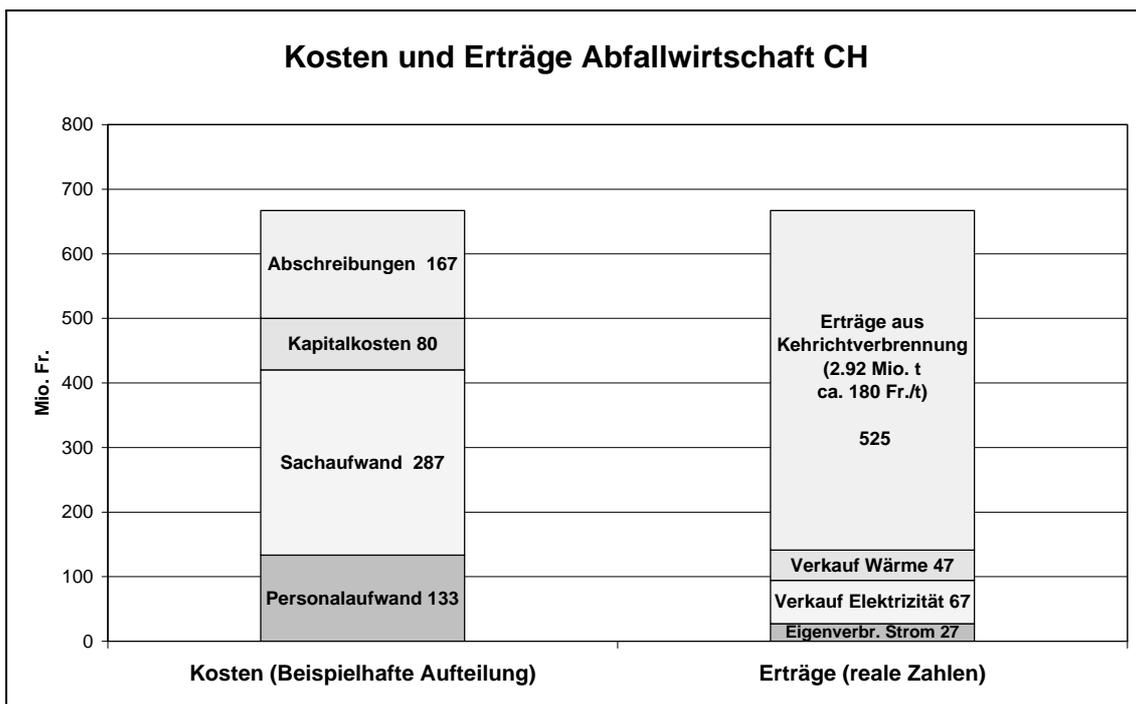
4.1 Finanzielle Bedeutung der Energienutzung für die KVA

Die Energieproduktion der KVA ist finanziell bedeutend. Im Jahr 2001 wurden für 44 Mio. Fr. Wärme und für rund 53 Mio. Fr. Elektrizität verkauft. Während der Eigenbedarf im Vergleich zur verkauften Wärme ca. 5% beträgt und damit vernachlässigt werden kann, sind die eingesparten Elektrizitätskosten durch den Eigenbedarf finanziell relevant. Der Wert des Eigenverbrauchs aller KVA beträgt, bewertet mit dem mittleren Verkaufspreis, rund 22 Mio. Fr.

Finanziell bedeutende Energienutzung

Der Ertrag aus der Energieproduktion inklusive Eigenverbrauch beträgt also rund 120 Mio. Fr. pro Jahr. Die Erlöse aus der Abfallverbrennung in KVA betragen im Mittel 170-190 Fr./t, im Jahr 2001 wurden 2.92 Mio. t Abfall verbrannt. Die Erlöse aus der Energienutzung machen rund 20% der Gesamteinnahmen aus.

Energienutzung senkt Abfallkosten um ca. 20% oder 120 Mio. Fr./a



Quelle: Abfallstatistik 2000, Berechnungen **e c o n c e p t**

Figur 6: Kosten und Erträge der Schweizer Abfallwirtschaft im Jahr 2001

4.2 Wechselwirkungen

Zusammenhänge komplex

Die Zusammenhänge zwischen Abfall- und Energiewirtschaft sind komplex. Bei einer Veränderung der Rahmenbedingungen bei der Energienutzung sind nachfolgende Effekte zu berücksichtigen:

Kombination von Marktwirtschaft und Monopolstrukturen

In der Abfallwirtschaft werden marktwirtschaftliche Prinzipien und monopolartige Strukturen kombiniert. Einerseits haben die KVA im Bereich der Haushaltsabfälle ein faktisches Gebietsmonopol (Verbandsgemeinden, Vertragsgemeinden) mit Sackgebühren, andererseits herrschen beim Abfall aus Industrie und Gewerbe Konkurrenzverhältnisse unter den einzelnen KVA. Die KVA stehen unter einem erheblichen Kostendruck.

KVA hauptsächlich in Besitz der öffentlichen Hand

Die Abfallverbrennungsanlagen befinden sich hauptsächlich im Besitz der öffentlichen Hand. Eine erhebliche Gewinnabschöpfung ist nicht zu erwarten, da sofort die Kehrichtsackgebühren bei den Monopolkunden unter Druck geraten dürften. Mit verstärkten Abschreibungen und Rückstellungen für den Ersatz der Anlagen können in finanziell guten Jahren Reserven geschaffen werden, ohne dass die Preise und Gebühren angepasst werden müssen.

Energienutzung hilft Entsorgungskosten senken

Die Erträge aus der Energienutzung helfen die Kehrichtgebühren und -preise zu senken. Bei sinkenden Stromerlösen müssen die Ausfälle mittelfristig bei den Gebühren und Preisen kompensiert werden. Andererseits helfen steigende Erlöse die Kosten zu senken. Aufgrund unterschiedlicher Preisfestsetzungsmechanismen können die preislichen Anpassungen im Bereich des Marktkehrichts schneller vorgenommen werden als bei den Sackgebühren.

Abfallpreise können kurzfristig nur im Marktkehricht angepasst werden.

Sinkende Erlöse aus dem Energiegeschäft führen zu höheren Abfallpreisen vornehmlich beim Marktkehricht, wodurch die Auslastung der Anlage sinken kann. Da die Kostenstruktur der KVA mit bis zu 80% des Aufwandes aus Fixkosten besteht, führt dies zu einer weiteren unerwünschten Erhöhung der Preise.

Konkurrenz zu anderen energetischen Verwertungen von Abfall

Die Kehrichtverbrennungsanlagen stehen nicht nur in Konkurrenz zu anderen KVA sondern auch zu anderen energetischen Verwertungen der Separatsammlungen und in den Zementöfen (Autoreifen, etc.). Es bestehen auch einzelne Verwertungsanlagen für Altholz, die sich wesentlich über die Stromerlöse (für erneuerbare Energien 15 Rp./kWh) finanzieren.

Die Elektrizitätspreise sind saisonal differenziert und bestehen aus Arbeits- und Leistungspreisen.

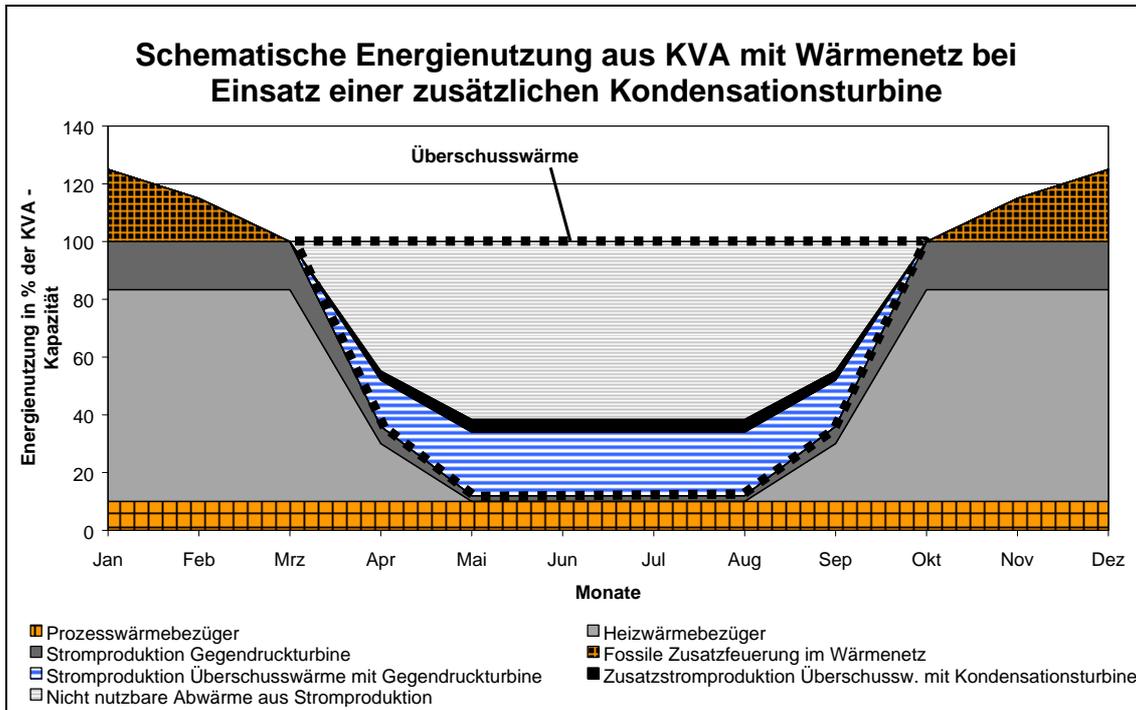
Saisonal differenzierte Elektrizitätspreise

Die Arbeitspreise sind im Sommer tiefer als im Winter, im tageszeitlichen Verlauf liegen sie für Nachtstrom unter den Werten für die Tagesproduktion.

Die Leistungspreise sind fix über das ganze Jahr. Sie können aber von den lokalen EVU nur vergütet werden, wenn ihre eigenen Bezugsspitzen beim übergeordneten Lieferanten reduziert werden. Für die Vergütung des Leistungspreises ist deshalb die Spitzenleistung im Winterhalbjahr relevant.

Bei einer KVA mit reiner oder grossmehrheitlicher Stromproduktion resultiert bei einer Effizienzsteigerung sowohl eine ertragswirksame Erhöhung der Leistung als auch der Energie mit den gleichen durchschnittlichen Preisen. Bei einer KVA mit einem erheblichen Absatz an Wärme für Heizzwecke wird eine Effizienzsteigerung bei der Stromproduktion nur im Sommer wirksam. Es resultieren eine deutlich tiefere Vergütung für die Elektrizität und keine Vergütung für die zusätzliche Leistung, da sie nur im Sommer anfällt. Zudem beziehen sich die Kosten der Effizienzsteigerung nur auf eine deutlich kleinere Energiemenge als bei einer Ganzjahresnutzung. Die Wirtschaftlichkeit der Anlage wird gegenüber einer Ganzjahresnutzung zusätzlich verschlechtert.

Leistungsvergütung bei Elektrizitätsproduktion i.d.R. nur für Winterproduktion



Figur 7: Illustration der Auswirkungen einer zusätzlichen Energienutzung der Überschusswärme mittels Kondensationsturbine bei einer KVA mit Wärmenetz. Die Elektrizität fällt nur im Sommer bei sehr geringen Tarifen an.

*Zusammenhang
Wärme- und Strom-
erlös*

Zu beachten sind auch die Wechselwirkungen zwischen den Erlösen für Wärme und Strom. Der Wärmepreis ist in einigen KVA mehr oder weniger stark an den Strompreis gekoppelt, in dem die Wärmenetzbetreiber der KVA für die Wärme die entgangenen Stromerlöse bezahlen müssen. Bei steigenden Strompreisen erhöht sich automatisch der Wärmepreis. Dies kann für die angeschlossene Fernwärmegesellschaft existenzgefährdende Auswirkungen annehmen.

5 Kosten und Erträge der Energienutzung: Fallbeispiele

Im folgenden Kapitel werden die Gestehungskosten und die Erträge der Elektrizitäts- und Wärmeproduktion in KVA anhand von sieben Fallbeispielen erläutert und der Einfluss veränderter Rahmenbedingungen analysiert. Wir stützen uns dabei auf die Kostenrechnung bei bestehenden Anlagen und analysieren Konzeptstudien für die Sanierung von Anlagen.

Die Fallbeispiele basieren auf Kostenrechnungen und Konzeptstudien.

Die KVA der Schweiz wurden nach ihrer Art der Energienutzung in reine Stromproduzenten, hauptsächliche Wärmeproduzenten und gemischte Energienutzungsanlagen eingeteilt. Bei der Auswahl der Fallbeispiele wurde darauf geachtet, aus jeder dieser Gruppen mindestens eine Anlage zu untersuchen. Es wurden eher neuere Anlagen ausgesucht, da die Verfügbarkeit der Daten bei diesen Anlagen eher gewährleistet ist. Die Einteilung in diese Kategorien erfolgte nach der produzierten Menge in MWh. Betrachtet man die Erträge durch die Energieverkäufe, so gehört eigentlich La-Chaux-de-Fonds in die Kategorie der gemischten Produzenten, da die Erträge aus Stromverkauf und Wärmeverkauf fast gleich hoch sind. Obwohl jede Anlage ein Einzelfall ist, kann durch diese Gruppierung eine gewisse Repräsentativität erzielt werden.

Die sieben Fallbeispiele wurden aus den Gruppen Strom-, Wärme- und gemischte Strom-/Wärmeproduzenten ausgewählt.

Untersuchte KVA	Baujahr	Abfallmenge 2002	Produzierte Elektrizität in MWh	Produzierte Wärme in MWh
Stromproduzenten				
Monthey	2003	107'177	85'000	0
Posieux	2000	88'000	71'000	6'550
Strom- und Wärmeprod.				
Buchs (AG)	1994	119'469	64'235	68'560
Wärmeproduzenten				
La-Chaux-de-Fonds	1999	50'552	26'600	52'800
Horgen	1991	59'400	19'900	51'500
Basel*	1998	192'800		
Bern*	1993	110'010		

* = Auswertung von nicht ausgeführten Projekten zur Stromproduktion

Tabelle 9: Übersicht der Fallbeispiele (Quelle: Fallbeispiele, Abfallstatistik)

5.1 Abgrenzungen und Randbedingungen der Untersuchung

Enge Systemgrenzen

Bezüglich der Energienutzung in der KVA werden bei den nächsten Arbeitsschritten relativ enge Systemgrenzen gewählt:

- **Stromerzeugung:**
Für Stromerzeugung notwendige Kessel, Zusatzkessel oder zusätzliche Kesselteile. Armaturen, Verrohrung mit Turbine, Turbine, Pumpen, allfällige Wärmerückgewinnungsanlagen im Turbinendampfkreislauf, Generator, Transformator, el. Verkabelung, Schalt- und Messanlagen, Leittechnik. Kurz, alle Komponenten im Zusammenhang mit der Stromerzeugung ab Kessel bis zur Netzklemme.
- **Wärmebereitstellung:**
Evtl. für Wärmebereitstellung notwendige Zusatzanlagen im Kessel, Armaturen, Verrohrung, Messeinrichtung, Übergabestelle inkl. Wärmetauscher und Steuerung- und Regelung. Das Fernwärmenetz sowie Pumpen, Spitzenlastkessel etc., die zum Betrieb des Fernwärmenetzes notwendig sind, sollen **nicht** betrachtet werden.

Aufteilung Kosten Dampfkessel

Welcher Anteil des Dampfkessels der einen oder anderen Energienutzung zugewiesen wird, muss in jedem Einzelfall beurteilt werden.

Abgrenzung Energienutzung zu Abfallverwertung

Zur Abgrenzung gegenüber der Abfallentsorgung schlagen wir vor, dass auf Quersubventionen zwischen Wärme- und Elektrizitätsproduktion sowie zwischen Abfallverwertung und Energienutzung zu verzichten ist. Das bedeutet, dass sich die Energienutzung grundsätzlich aus den Energieerlösen finanziert, die Behandlung der Abfälle aus den Abfallerlösen (Gebühren und Preise). Die Konkurrenzsituation beim Marktkehricht kann so erhalten werden. Offen bleibt bei dieser Abgrenzung, wie zumutbare Mehrkosten durch die Energienutzung (gemäss EnG, siehe Kapitel 2) gedeckt werden.

5.2 Bestehende Anlagen

5.2.1 Vorgehen zur Ermittlung der Kosten

Als Fallbeispiele werden die KVA von Horgen, La Chaux-de-Fonds, Buchs, Monthey und Posieux detailliert untersucht. Mit Ausnahme von Monthey sind die KVA Anlagen, die sowohl Wärme als auch Elektrizität absetzen.

Fallbeispiele

Zur Untersuchung der Kostenstruktur analysierten wir die Jahresberichte und -rechnungen und führten Gespräche mit den Betreibern, um die Aufschlüsselung der Kosten auf die Anlagenteile, die im Zusammenhang mit der Wärme- und Stromproduktion stehen, detailliert zu erheben und zu diskutieren. Dabei wurde darauf geachtet, dass die energierelevanten Anlagenteile präzise abgegrenzt sind.

Basis Kostenrechnung

5.2.2 Fallbeispiel Horgen

In der KVA Horgen wird wie in den übrigen Anlagen des Kantons Zürich eine standardisierte Rechnungslegung verwendet und eine Kostenstellen- sowie Kostenträgerrechnung geführt. Die Kosten und Erträge der einzelnen Kostenstellen wie Abfallverbrennung, Wärme- und Stromproduktion etc. sind bekannt:

Investitionen in 1000 Fr.	Heisswasser-kreislauf	Wasserdampf-kreislauf	Turbo-gruppe	Total
Investitionen	3'880	12'160	4'540	20'580

Tabelle 10: Investitionen für die der Energienutzung dienenden Anlagenteile in der KVA Horgen

Kosten 2002 in 1000 Fr.	Heiss- wasser- kreislauf	Wasser- dampf- kreislauf	Turbo- gruppe	Total	%
Personalkosten ¹⁾	57	175	82	314	17%
Betriebsmittel ²⁾	15	45		60	3%
Unterhalt der Anlagen ³⁾	26	113	42	181	10%
Sachversicherungen	7	22	9	38	2%
Zinsen ⁴⁾	58	141	53	252	13%
Abschreibungen ⁵⁾	194	608	227	1'029	55%
Total Kosten	357	1'104	413	1'874	100%

1) Aufteilung entspr. Investitionskosten

2) Effektive Kosten

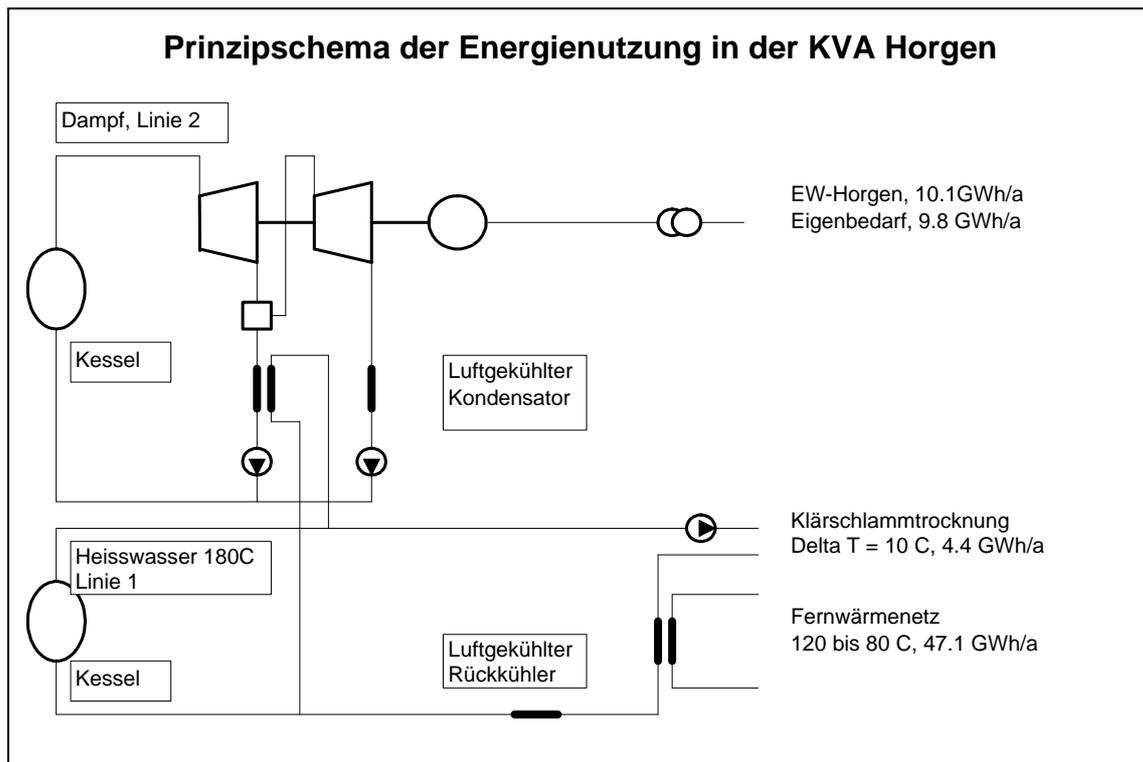
3) Aufträge an Externe, Material, tatsächlicher Aufwand

4) Effektive Zinsen

5) Abschreibung 5% der Investitionen

Tabelle 11: Kosten der Energienutzung in der KVA Horgen für das Jahr 2002

Die Bedeutung der einzelnen Anlagenteile erschliesst sich aus dem folgenden Prinzipschema:



Figur 8: Prinzipschema der Energienutzung der KVA Horgen

Die KVA Horgen verfügt über eine Entnahme-Kondensationsturbine. Die Dampfenentnahme nach dem Hochdruckteil wird in Abhängigkeit des Fernwärmebedarfs geregelt und die aus dem Heizkondensator ausgekoppelte Wärme dem "Haupt"-Heisswasserkreislauf (Linie 1) zugeführt. Der restliche Dampf gelangt zum Niederdruckteil der Turbine und von dort in den Luftkondensator. Der Hauptanteil der Wärme (rund 85%) wird aber durch Linie 1 produziert.

*KVA Horgen mit
Kondensationsent-
nahmeturbine*

Pro Jahr werden rund 20 GWh Elektrizität produziert, von denen knapp die Hälfte als Eigenbedarf zum Betrieb von Pumpen, Ventilatoren in Kühlern etc. Verwendung finden. Ebenfalls als Eigenbedarf deklariert werden die Wärmebezüge für die Klärschlamm-trocknung, die mit 4.4 GWh/a jedoch nur gerade 8.5 % der gesamthaft produzierten Jahres-Wärmemenge von 51.5 GWh ausmachen. Die Erträge für Eigenbedarf-Strom als auch für Wärme für die Klärschlamm-trocknung werden zu Marktpreisen in die Rechnung eingesetzt.

*Hälfte der Produktion
als Eigenbedarf*

Mit den Angaben aus der vorstehenden Tabelle lassen sich die realisierten Erträge für Wärme und Strom für das Jahr 2002 berechnen:

Ertrag aus Elektrizitätsnutzung KVA Horgen		Verkauf an GWh	Eigenbe- darf
Elektrizitätsproduktion	MWh	10'130	9'770
Ertrag ¹⁾	Fr.	687'000	590'000
Spezifischer Elektrizitätsertrag	Fr./MWh	67.80	60.40

1) Eigenbedarf zu Liefertarifen der Gemeindewerke Horgen (GWH) ver-
rechnet

Tabelle 12: Elektrizitätsproduktion im Jahr 2002 in der KVA Horgen

Ertrag aus Wärmenutzung KVA Horgen		Verkauf an FW-Netz	Eigenbe- darf ¹⁾
Produzierte nutzbare Wärme	MWh	47'130	4'400
Ertrag	Fr.	1'142'000	110'000
Spezifischer Wärmeertrag	Fr./MWh	24.25	25.00

1) Eigenbedarf für Klärschlamm-trocknung
FW: Fernwärme

Tabelle 13: Wärmenutzung im Jahr 2002 in der KVA Horgen

*Aufteilung Kosten
Dampfkreislauf*

Für die Abschätzung der Kosten für die Stromerzeugung muss auch der Dampfkreislauf (Linie 2) berücksichtigt werden. Den weitaus grössten Einzelposten stellt mit 608'000 Fr./a die Abschreibung für Kessel, Pumpen, Hochdruckinstallationen sowie Heizkondensator dar. In Linie 2 werden jährlich etwa 80 GWh Dampf produziert wovon rund 8 GWh über den Heisswasserkreislauf (Linie 1) abgesetzt werden. Es werden daher der Stromerzeugung nur 90% der Kosten aus Linie 2 angerechnet.

Gestehungskosten Elektrizität KVA Horgen		
Elektrizitätsproduktion	MWh	19'900
Kostenanteil Wasserdampfkreisl. (Linie 2)	Fr.	994'000
Kosten Turbo-Gruppe	Fr.	413'000
Gestehungskosten Elektrizität	Fr./MWh	70.70

Tabelle 14: Elektrizitätsproduktion im Jahr 2002 in der KVA Horgen

Gestehungskosten Wärme KVA Horgen		
Produzierte nutzbare Wärme	MWh	51'500
Kosten Heisswasserkreislauf (Linie 1)	Fr.	357'000
Kostenanteil Wasserdampfkreisl. (Linie 2)	Fr.	110'000
Gestehungskosten Wärme	Fr./MWh	9.10

Tabelle 15: Wärmeproduktion im Jahr 2002 in der KVA Horgen

Gesamthaft ergeben sich folgende Kosten und Erträge:

Kosten und Erträge Energienutzung		Kosten	Erträge	Differenz
Elektrizität	Fr.	1'407'000	1'277'000	- 130'000
Wärme	Fr.	467'000	1'252'000	785'000
Summe	Fr.	1'874'000	2'529'000	655'000

Tabelle 16: Kosten und Erträge 2002 der Energienutzung in der KVA Horgen inkl. intern verrechneter Erträge aus Eigenbedarf

Die Resultate zeigen ein günstiges Ertrags-/ Kostenverhältnis bei der Wärmeproduktion der Linie 1. Die Überschüsse aus dem Wärmege-
schäft (ca. 785'000 Fr./a) mussten im Jahr 2002 teilweise zur De-
ckung der Verluste im Strombereich (ca. 130'000 Fr./a) verwendet
werden. Gemäss einer Analyse, die bezüglich des Stroms durch die
KVA Horgen für das Jahr 2001 durchgeführt wurde, lag der realisierte
Tarif für den verkauften und als Eigenbedarf verwendeten Stromer-
trag im Vorjahresvergleich bei 74.40 Fr./MWh. Der Einbruch um mehr
als 10% ist auf die Erosion der Rückspeisetarife zurückzuführen.

*Wärmeverkauf ren-
tabel*

Nach einer vollständigen Abschreibung der Anlagen zur Energienut-
zung, bei einer Abschreibung über 20 Jahre also ca. im Jahr 2012,
verringern sich die jährlichen Kosten um knapp 1.3 Mio. Fr. Unter der
vereinfachenden Annahme von gleich bleibenden Unterhaltskosten
resultieren Gestehungskosten von 2.7 Fr./MWh für Wärme (heute
9.10 Fr./MWh) sowie knapp 23 Fr./MWh für Elektrizität (heute
70.7 Fr./MWh). Diese Gestehungskosten sind definitionsgemäss mit
den variablen Kosten der Energienutzung identisch.

*Variable Kosten der
Energienutzung*

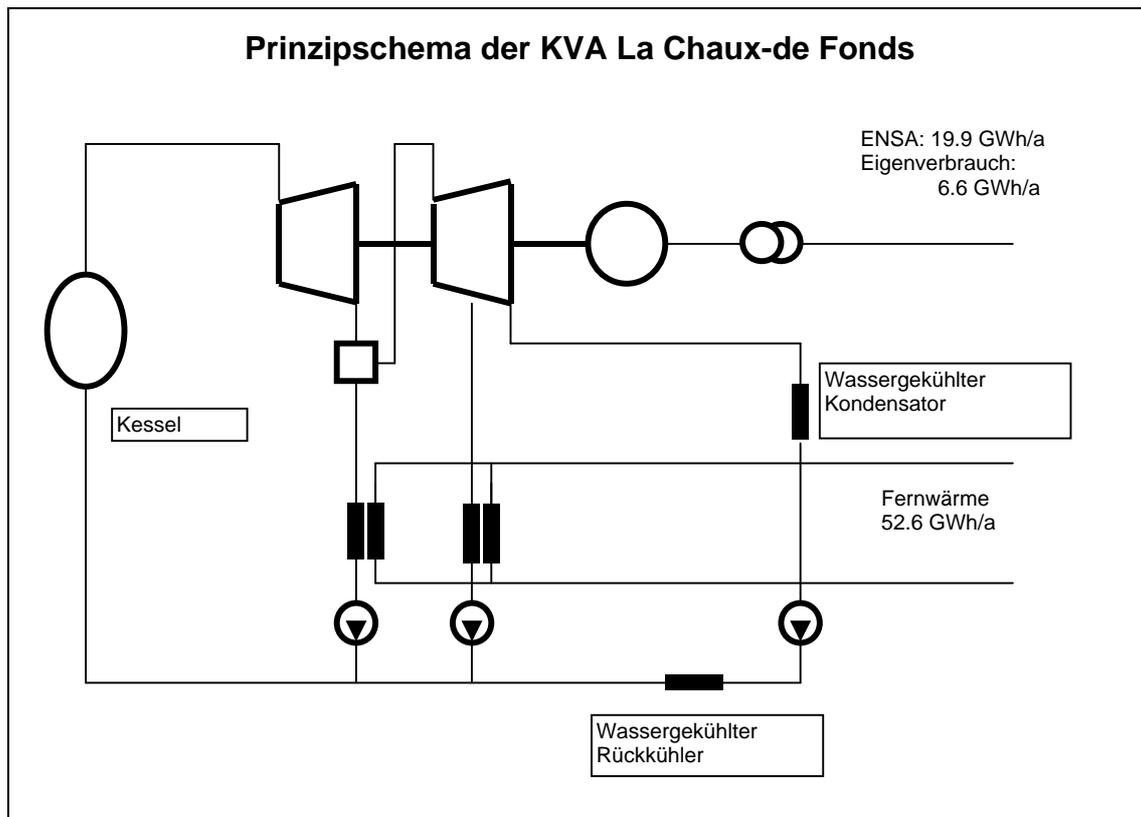
5.2.3 Fallbeispiel La Chaux-de-Fonds

Im Jahr 2000 wurde in der KVA La Chaux-de-Fonds die alte Turbo-
gruppe mit einer Leistung von 2.7 MW ausser Betrieb genommen und
durch eine Neuanlage von 5 MW ersetzt. Die vorgesehenen Investiti-
onen für die neue Maschine und die Anpassungen des Dampfkreis-
laufs von 8 Mio. Fr. wurden bereits 1998 gesprochen.

*Ersatz Turbogruppe
im Jahr 2000*

Entnahmekondensationsturbine

Bei der Turbine handelt es sich um eine Entnahme-Kondensationsturbine. Die folgende Abbildung gibt einen Überblick über das Anlagenlayout.



Figur 9: Prinzipschema der Energienutzung in der KVA La Chaux-de-Fonds

Kommerzielle Eckdaten

Die kommerziellen Eckdaten der Energienutzung gehen aus der folgenden Tabelle hervor:

Investitionen in 1000 Fr.	Dampfkreis- lauf	Turbogruppe	Summe
Investitionen	5'000	22'100	27'100

Tabelle 17: Investitionen für die der Energienutzung dienenden Anlagenteile in der KVA La Chaux-de-Fonds. (Schätzung econcept)

Kosten der Energienutzung in Fr.	Dampfkreis- lauf	Turbo- gruppe	Summe	Anteil
Personalkosten	45'0000	330'000	780'000	25%
Betriebsmittel (Strom, Wasser, etc.)	362'000	10'000	372'000	12%
Unterhalt der Anlagen und Immobilien	180'000	50'000	230'000	7%
Sachversicherungen	44'500	65'900	110'400	4%
Zinsen	243'400	360'200	603'600	20%
Amortisationen	400'000	592'000	992'000	32%
Summe	1'679'900	1'408'100	3'088'000	100%

Tabelle 18: Kostenrechnung der Energienutzung in der KVA La Chaux-de-Fonds für das Jahr 2001-2002

Bei der Definition der einzelnen Kostenstellen wurde darauf geachtet, dass sie aus Gründen der Vergleichbarkeit gut mit den im vorhergehenden Kapitel verwendeten übereinstimmen. Beim Personalbedarf wurde das zur Überwachung und zum betriebsinternen Unterhalt angestellte Personal berücksichtigt.

*Vergleichbar mit
KVA Horgen*

Es wurden in den Jahren 2001/2002 folgende Erträge aus der Energieproduktion erwirtschaftet:

Ertrag aus Elektrizitätsnutzung CRIDOR		Verkauf an ENSA ¹⁾	Eigenbe- darf
Elektrizitätsproduktion	MWh	19'900	6'700
Ertrag	Fr.	1'401'000	
Spezifischer Elektrizitätsertrag	Fr./MWh	70.30	

1) ENSA: Electricité Neuchâteloise SA

*Tabelle 19: Elektrizitätsnutzung im Jahr 2001/2002 in der KVA
La Chaux-de-Fonds*

Ertrag aus Wärmenutzung CRIDOR		Verkauf an FW-Netz	Eigenbe- darf
Produzierte nutzbare Wärme	MWh	52'580	
Ertrag	Fr.	1'580'000	
Spezifischer Wärmeertrag	Fr./MWh	30.05	

*Tabelle 20: Wärmenutzung im Jahr 2001/2002 in der KVA La Chaux-
de-Fonds*

Die Gestehungskosten für Strom und Wärme errechnen sich für CRIDOR (Centre régional d'incinération des ordures) wie in Tabelle 21 und Tabelle 22 aufgeführt.

*Aufteilung der Kos-
ten*

Die Investitionen für die einzelnen Anlagenteile in der KVA verteilen sich wie folgt: 18% entfallen auf den Dampfkreislauf, 26% auf die Turbogruppe und 56% auf die anderen Anlagenteile wie Verbrennungsöfen, DeNOx-Anlagen etc. Da die Kesselanlagen für die Dampferzeugung zu Verstromungszwecken komplizierter sind als solche, die lediglich zur Abführung der Verbrennungswärme installiert werden müssen, wurden in den folgenden Berechnungen 15% der Dampferzeugungskosten der Stromproduktion zugeschlagen und nur 85% der Wärmebereitstellung für das Fernwärmenetz.

Gestehungskosten Elektrizität CRIDOR		
Elektrizitätsproduktion	MWh	26'600
Kostenanteil Dampferzeugung (15%)	Fr.	252'000
Kosten Turbogruppe	Fr.	1'408'100
Gestehungskosten Elektrizität	Fr. /MWh	62.45

*Tabelle 21: Elektrizitätsproduktion im Jahr 2001/2002 in der KVA
La Chaux-de-Fonds*

Gestehungskosten Wärme CRIDOR		
Produzierte nutzbare Wärme	MWh	52'280
Kostenanteil Dampferzeugung (85%)	Fr.	1'428'000
Gestehungskosten Wärme	Fr./MWh	27.15

*Tabelle 22: Wärmeproduktion im Jahr 2001/2002 in der KVA
La Chaux-de-Fonds*

Die aus den Zahlen des Jahresabschlusses berechneten spezifischen Erträge entsprechen etwa dem mittleren Ertrag von 70 Fr./MWh bzw. 30 Fr./MWh.

Spezifische Energieerträge

Gesamthaft ergeben sich folgende Kosten und Erträge:

Kosten und Erträge Energienutzung		Kosten ¹⁾	Erträge	Differenz
Elektrizität	Fr.	1'244'900	1'401'400	156'500
Wärme	Fr.	1'428'000	1'580'000	152'085
Summe	Fr.	2'672'800	2'981'400	308'600

1) Bezogen auf verkaufte Elektrizität

*Tabelle 23: Kosten und Erträge im Jahr 2001/2002 in der KVA
La Chaux-de-Fonds*

Vergleicht man Erträge und Aufwendungen stellt man fest, dass die Selbstkosten im Falle der Wärmeabgaben um 2.90 Fr./MWh und bei den Stromverkäufen um 7.85 Fr./MWh unter den Verkaufserträgen

*Energienutzung
rentabel*

liegen. Insgesamt sind für das Jahr 2001-2002 Überschüsse aus der Energieproduktion in der Höhe von 308'600 Fr. ohne Berücksichtigung des Eigenbedarfs aufgetreten. (Der Tarif für die einzukaufende Elektrizität liegt in einer Spanne zwischen 109 und 150 Fr./MWh. Somit verbessert die weitgehende Stromautonomie die Gesamtertragssituation der KVA erheblich.)

Variable Kosten der Energienutzung

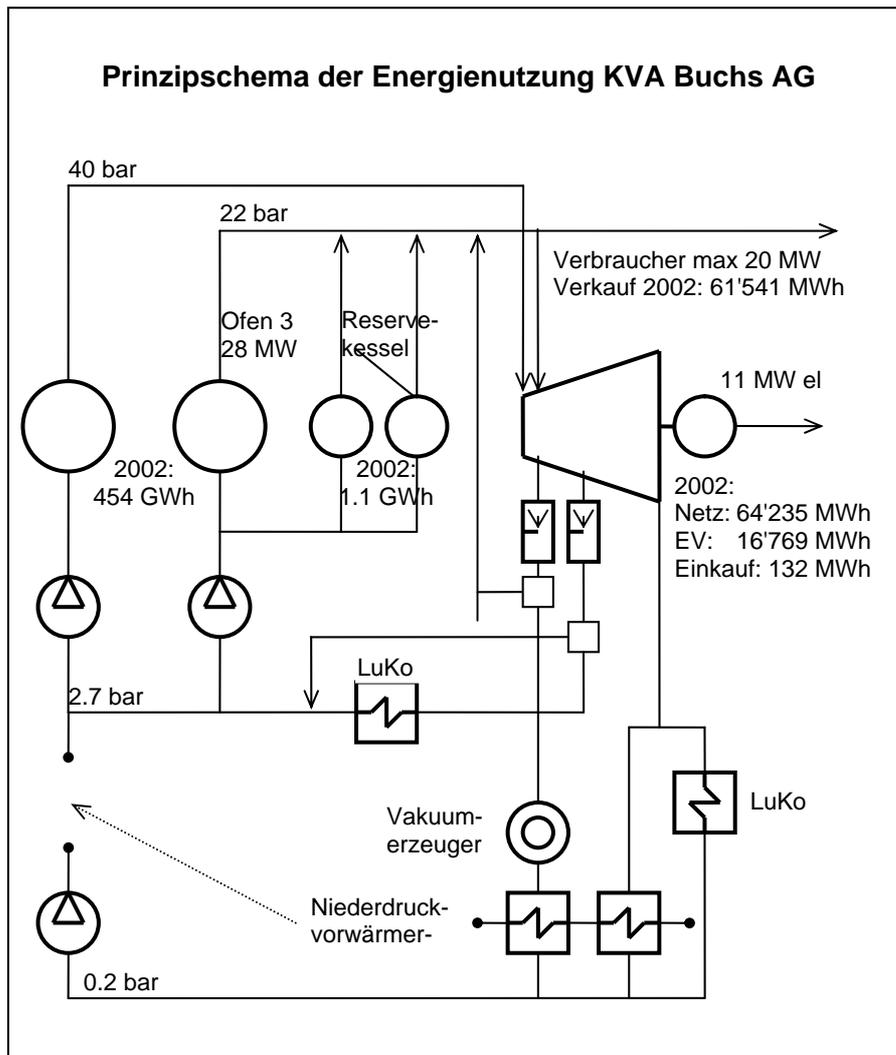
Nach einer vollständigen Abschreibung der Anlagen zur Energienutzung, bei einer Abschreibung über 20 Jahre also ca. im Jahr 2014, verringern sich die jährlichen Kosten um knapp 1.6 Mio. Fr. Unter der vereinfachenden Annahme von gleich bleibenden Unterhaltskosten resultieren Gestehungskosten von 16.8 Fr./MWh für Wärme (heute 27.15 Fr./MWh) sowie knapp 23 Fr./MWh für Elektrizität (heute 62 Fr./MWh). Diese Gestehungskosten sind definitionsgemäss mit den variablen Kosten der Energienutzung identisch.

5.2.4 Fallbeispiel Buchs AG

Ausgangslage

Die KVA Buchs wurde im Jahre 1973 mit zwei Verbrennungslinien erstmals in Betrieb gesetzt und seither kontinuierlich erweitert und erneuert. 1994 wurde die Turbogruppe zusammen mit einer neuen Ofenlinie in Betrieb genommen. Sie wurde leistungsmässig so ausgelegt, dass sie auch den Dampf aus einer weiteren Kesselanlage, die in nächster Zeit von 22 bar auf ca. 40 bar aufgerüstet werden soll, verarbeiten kann. Das an die KVA angeschlossene Fernwärmenetz bedient in erster Linie Industriekunden, sodass eine über das Jahr verhältnismässig gute Auslastung erreicht werden kann. Während 2002 zur winterlichen Spitzenzeit pro Woche rund 2400 MWh geliefert werden konnten, belief sich das Sommer-Minimum auf rund 600 MWh/Woche. Zur Deckung der gegenüber den Abnehmern garantierten minimalen Lieferleistung wird während der Revisionszeit oder bei Pannen ein Reservekessel eingesetzt. Die Vorhaltung dieser Reservekapazität ist Teil des Abnahmevertrags mit der Fernwärme Wynenfeld AG (Fewag) und hat auf die Tarifgestaltung einen wichtigen Einfluss. Daher werden im Folgenden die Aufwendungen für den Reservekessel und dessen Befeuerung in die Kostenstruktur der Wärmebereitstellung einbezogen.

In der folgenden Figur sind die wichtigen energierelevanten Anlagenteile dargestellt:



Figur 10: Prinzipschema der Energienutzung in der KVA Buchs AG

Bei der Turbine handelt es sich um eine ABB Entnahme-Kondensationsturbine. Sie wurde so dimensioniert, dass bei einem späteren Ausbau der Ofenlinie 3 auf 40 bar der gesamte erzeugte Dampf in der Hochdruckstufe von 40 bis 22 bar verstromt werden kann, bevor ein Teil zu den Verbrauchern geleitet wird.

Stromerzeugung

Investitionen in 1000 Fr.	Fernwärme	Stromer- zeugung	Summe
Investitionen	13'000	34'000	47'000

*Tabelle 24: Investitionen für die der Energienutzung dienenden Anlage-
teile der KVA Buchs*

Investitionen

Die Investitionen umfassen die für die Fernwärme- bzw. Stromproduktion notwendigen Kessel- sowie Gebäudeanteile. Bei dem Betrag für die Fernwärme sind auch die beiden Reservekessel miteingerechnet. Sie bilden einen für die Fernwärmeproduktion unverzichtbaren Anlagenteil, indem sie die kontinuierliche Wärmelieferung sicherstellen. Dies ist ein wesentliches Argument bei der Gestaltung des Wärmetarifs. Im Bereich der Stromerzeugung wurde durch die Anlagenbetreiber der Kesselanteil auf 10, der Anteil für die elektromechanische Ausrüstung auf 20 und der Gebäudeanteil auf rund 4 Mio. Fr. geschätzt.

Kosten KVA Buchs 2002 in 1000 Fr.	Fern- wärme	Turbo- gruppe	Summe	Anteil
Personalkosten	162	236	398	9%
Betriebsmittel	56	21	77	2%
Unterhalt Anl. u. Immob.	145	333	478	10%
Diverses (Ant. Verw.kosten)	118	76	194	4%
Versicherungen	25	38	63	1%
Zinsen	114	244	358	8%
Abschreibungen	1'232	1'739	2'971	66%
Total	1'852	2'687	4'539	100%

*Tabelle 25: Kostenrechnung der Energienutzung in der KVA Buchs
für das Jahr 2002*

Fernwärmekosten

In den Kosten "Fernwärme" sind die Aufwendungen für den Dampfkreislauf der Ofenlinie 3 enthalten, soweit die Anlagen über eine blosse Einrichtung zur Vernichtung der Verbrennungswärme hinausgehen. Eine analoge Abgrenzung wurde auch für den Turbinenkreislauf vorgenommen.

Die Angaben für die Personalkosten wurden in Kenntnis des Mittelwertes über mehrere Jahre aus den Gesamtaufwendungen für 2002 geschätzt. In der Position "Betriebsmittel" sind Wasser, Heizmaterialien, Strom etc. inbegriffen, soweit sie nach aussen entschädigt werden müssen. Insbesondere ist im Betrag von 56'000 Fr. der Kauf von Heizöl EL zum Betrieb der Reservekessel enthalten. Der Eigenbedarf an selbst produzierter Elektrizität ist nicht berücksichtigt. Ähnlich wie bei den Personalkosten wurde auch der durch Dritte ausgeführte Unterhalt an Überhitzer und Turbinenrevisionen mittels eines mehrjährigen Mittelwertes abgeschätzt. Die Angaben für die Versicherungen entsprechen den 2002 tatsächlich erwachsenen Kosten. Die Zinsen wurden ausgehend von den 2002 fälligen Aufwendungen für die Gesamtanlage nach Massgabe der Investitionen auf die entsprechenden Anlagenteile umgelegt. Die ausgewiesenen Abschreibungen entsprechen den gemäss Anlagenbuchhaltung getätigten Abschreibungen. Während die Abschreibedauer für die dampfführenden Teile 15 Jahre beträgt, ist sie für den elektromechanischen Teil und die Gebäude auf 25 Jahre festgelegt.

Übrige Kosten

Ertrag aus Elektrizitätsnutzung		Verkauf an IBA ¹⁾	Eigenbedarf
Elektrizitätsproduktion	MWh	47'600	16'770
Ertrag	Fr.	2'911'000	
Spezifischer Elektrizitätsertrag	Fr./MWh	61.15	

1) IBA: Industrielle Betriebe Aarau

Tabelle 26: Elektrizitätsnutzung im Jahr 2002 in der KVA Buchs

Ertrag aus Wärmenutzung		Verkauf an FW-Netz	Eigenbedarf
Produzierte nutzbare Wärme	MWh	61'540	7'020
Ertrag	Fr.	1'901'000	
Spezifischer Wärmeertrag	Fr./MWh	30.90	

Tabelle 27: Wärmenutzung im Jahr 2001/2002 in der KVA Buchs

Der Eigenbedarf an Strom wird gemessen und ist daher genau bekannt. In der KVA-Buchhaltung wird er aber nicht separat geführt. Die

als Eigenbedarf genutzte Wärme wurde mit etwa 10% durch die Anlagenbetreiber geschätzt. Auch die selbst genutzte Wärme wird nicht intern verrechnet.

Spezifische Erträge

Die aus den Zahlen des Jahresabschlusses berechneten spezifischen Erträge für den Strom liegen bei 61.15 Fr./MWh und für die Wärme bei 30.90 Fr./MWh.

Gestehungskosten Elektrizität		
Elektrizitätsproduktion inkl. Eigenbedarf	MWh	64'235
Kosten Stromerzeugung	Fr.	2687
Gestehungskosten Elektrizität	Fr. /MWh	41.85

Tabelle 28: Elektrizitätsproduktion im Jahr 2002 in der KVA Buchs

Gestehungskosten Wärme		
Produzierte nutzbare Wärme inkl. Eigenbed.	MWh	68'560
Kosten	Fr.	1'852'000
Gestehungskosten Wärme	Fr./MWh	27.00

Tabelle 29: Wärmeproduktion im Jahr 2002 in der KVA Buchs

Gestehungskosten

Damit belaufen sich die Gestehungskosten der Elektrizität auf 41.85 Fr./MWh und für die nutzbare Wärme auf 27.00 Fr./MWh. Zum Vergleich: Die ordentlichen Tarife (2001) der IBA für Bezüge aus dem HS-Netz unter Benutzung kundeneigener Trafostationen liegen zwischen 60 Fr. und 135.10 Fr. pro MWh, wobei noch ein Leistungspreis von 22'490 Fr./MW (Sommerhalbjahr) bzw. 36'050 Fr./MW (Winterhalbjahr) einzubeziehen ist.

Gesamthaft ergeben sich folgende Kosten und Erträge:

Kosten und Erträge Energienutzung		Kosten ¹⁾	Erträge	Differenz
Elektrizität	Fr.	1'992'000	2'911'000	919'000
Wärme	Fr.	1'852'000	1'901'000	49'000
Summe	Fr.	3'844'000	4'812'000	968'000

1) Bezogen auf verkaufte Elektrizität

Tabelle 30: Kosten und Erträge im Jahr 2002 in der KVA Buchs

In der KVA Buchs ist die Energienutzung rentabel. Im Stromgeschäft erwirtschaftet die KVA einen Gewinn von 19.30 Fr./MWh, im Wärmegeschäft 3.90 Fr./MWh.

Für den Eigenbedarf an Strom hätte die KVA 2002 rund 1.8 Mio. Fr. bezahlen müssen. (IBA Preisbestimmungen 2001, inkl. MWSt., keine Rabatte, Leistungsspitze = 2.5 MW, gleichmässige Bezüge.) Der Durchschnittspreis für solche Strombezüge liegt unter obigen Voraussetzungen bei rund 107.50 Fr./MWh. Unter diesem Aspekt ist die Stromproduktion noch lohnender.

Eigenbedarf

Nach einer vollständigen Abschreibung der Anlagen zur Energienutzung verringern sich die jährlichen Kosten um knapp 1.34 Mio. Fr. Unter der vereinfachenden Annahme von gleich bleibenden Unterhaltskosten resultieren Gestehungskosten von 7.4 Fr./MWh für Wärme (heute 27 Fr./MWh) sowie knapp 11 Fr./MWh für Elektrizität (heute 42 Fr./MWh). Diese Gestehungskosten sind definitionsgemäss mit den variablen Kosten der Energienutzung identisch.

*Variable Kosten der
Energienutzung*

5.2.5 Fallbeispiel Monthey

Die KVA Monthey wurde 1973 bis 1976 erbaut. Sie verfügte über zwei Ofenlinien und eine Turbogruppe mit einer Leistung von 10 MW. Die verarbeitbare Kehrmenge dürfte zum Zeitpunkt der Inbetriebnahme bei rund 100'000 t/a gelegen haben. Seit 1993 ist eine durchgreifende Erneuerung der Anlage im Gange, die erst 2003 abgeschlossen wurde. Die beiden Verbrennungslinien wurden weitgehend ersetzt; die Jahreskapazität liegt nunmehr bei 160'000 t/a. Ebenso wurden bei der Energieproduktion Verbesserungen vorgenommen.

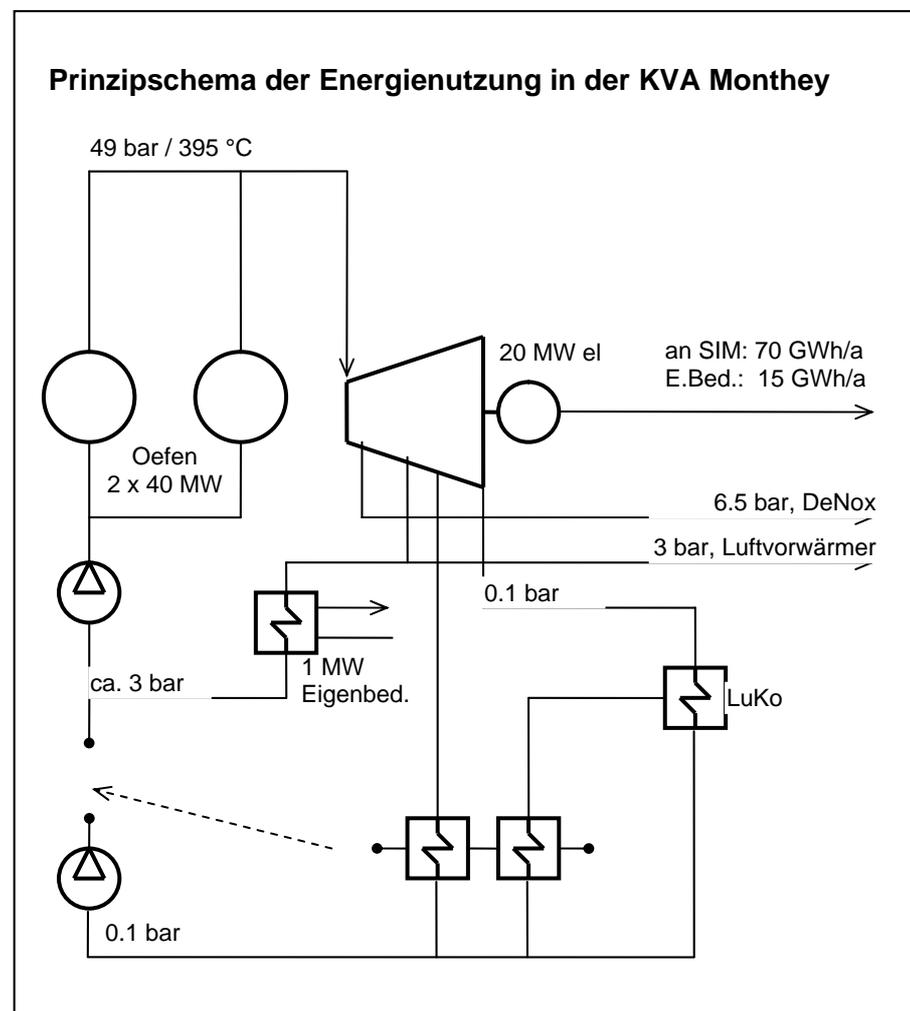
Ausgangslage

Die neue Kondensationsturbine erlaubt nun eine Leistung an der Generatorklemme von 20 MW.

Reine Stromproduzentin

Als einzige der untersuchten Anlagen ist die KVA Monthey eine reine Stromproduzentin. Projekte, das in der Umgebung liegende Industriegebiet mit Fernwärme oder Dampf zu versorgen, konnten nicht realisiert werden.

In der folgenden Figur sind die wichtigen energierelevanten Anlagenteile dargestellt:



SIM: Services industriels Monthey

Figur 11: Prinzipschema der Energienutzung in der KVA Monthey

Bei der Turbine handelt es sich um eine Alstom Entnahme-Kondensationsturbine. Sie ist auf eine Nennleistung von 20 MW dimensioniert.

Investitionen in 1000 Fr.	Stromer- zeugung
Investitionen	30'200

Tabelle 31: Investitionen für die der Energienutzung dienenden Anlagenteile der KVA Monthey

Die Kostenzusammenstellungen für die bis vor kurzem vorgenommenen Erneuerungs- und Ersatzmassnahmen liegen noch nicht in konsolidierter Form vor. Es können aber bereits recht zuverlässige Schätzungen vorgenommen werden. Demzufolge hat die gesamte KVA zur Zeit einen Buchwert von rund 217 Mio. Fr. Dabei sind etwa 157 Mio. Fr. den beiden 1997 und 2003 abgeschlossenen Ausbaustapen zuzuordnen. Die Kosten für die der Stromerzeugung dienenden Anlagenteile belaufen sich auf rund 30.2 Mio. Fr. Dabei wurden 10% des Gebäudewertes und 10% der Investitionen für die Kessel der Energienutzung zugeschlagen.

Kostenstruktur

Kosten KVA Monthey in 1000 Fr.	Turbo- gruppe	Anteil
Personalkosten	400	12%
Betriebsmittel	150	4%
Unterhalt Anlagen u. Immobilien	600	18%
Diverses (Ant. Verw.kosten)		
Versicherungen	150	4%
Zinsen 1)	530	16%
Abschreibungen 2)	1'510	45%
Total	3'340	100%

Bem: 1) Stromerzeugungsanlagen zur Hälfte zu 3.5 % fremdfinanziert
2) Lineare Abschreibung der el. mech. Teile über 20 Jahre; andere Anlagenteile und Gebäude über 25 Jahre

Tabelle 32: Erwartete Kosten für die Energienutzung in der KVA Monthey

Keine Erfahrungswerte

Wie bereits erwähnt, befindet sich die KVA Monthey immer noch in einer Übergangsphase, was bedeutet, dass die bis anhin publizierten Jahresberichte wenig aussagekräftig für die Verhältnisse der erneuerten und erweiterten Anlage sind. Die durch die Anlagenbetreiber vorgenommenen Schätzungen für die einzelnen Kostenpositionen basieren auf den Erfahrungen der vergangenen Jahre und den Erwartungen für die Zukunft und setzen einen eingespielten Betrieb der KVA ohne Havarien etc. voraus.

Ertrag aus Elektrizitätsnutzung		Verkauf an SIM ¹⁾	Eigenbedarf
Elektrizitätsproduktion	MWh	75'000	15'000
Ertrag	Fr.	3'975'000	
Spezifischer Elektrizitätsertrag	Fr./MWh	53.00	

1) SIM: Services industriels Monthey

Tabelle 33: Erwartete Erlöse aus dem Stromverkauf in der KVA Monthey

Elektrizitätsvergütung

Die vertragliche Vereinbarung mit den SIM sehen zur Zeit vor, dass für jene Stromlieferungen, die im Versorgungsgebiet der SIM abgesetzt werden können, eine Entschädigung von 59 Fr./MWh ausgerichtet wird. Falls Strom aus der KVA in das übergeordnete Netz zurückgespielen werden muss, sind die Tarife tiefer. Sie bewegen sich in jahres- und tageszeitlicher Staffelung in einer Spanne zwischen 26.00 und 57.00 Fr./MWh. Es wird erwartet, dass durch eine geschickte Betriebsführung ein Mittelpreis von 53.00 Fr./MWh erreichbar sein wird. Die KVA speist den Strom direkt in das 5.2 kV-Netz des Elektrizitätswerks ein.

Der Eigenbedarf an Strom wird gemessen und ist daher genau bekannt. In der KVA-Buchhaltung wird er aber nicht separat geführt. Es wird gerechnet, dass etwa 500 MWh Strom von den Gemeindewerken Monthey zugekauft werden müssen. Der Tarif ist leistungsunabhängig und beträgt 118 Fr./MWh.

Gestehungskosten Elektrizität		
Elektrizitätsproduktion inkl. Eigenbedarf	MWh	90'000
Kosten Stromerzeugung	Fr.	3'340'000
Gestehungskosten Elektrizität	Fr. /MWh	37.10

Tabelle 34: Erwartete Elektrizitätsproduktion in der KVA Monthey

Die spezifischen Gestehungskosten der Elektrizität belaufen sich auf 37.10 Fr./MWh. Falls die gegenwärtige Kapazitätsauslastung der KVA von 75% auf z.B. 85% verbessert werden kann, wäre aufgrund der weitgehend gleichbleibenden Kostenstruktur ein Rückgang auf 32.75 Fr./MWh zu erwarten.

Auch hier zeigt sich, dass die Stromproduktion im Hinblick auf den Eigenbedarf rentabel ist.

Gesamthaft ergeben sich folgende Kosten und Erträge:

Kosten und Erträge Energienutzung		Kosten ¹⁾	Erträge	Differenz
Elektrizität	Fr.	2'780'000	3'970'000	1'190'000

1) Bezogen auf verkaufte Elektrizität

Tabelle 35: Erwartete Kosten und Erträge in der KVA Monthey

Somit kann erwartet werden, dass von den heutigen Annahmen ausgehend jährlich rund 1.2 Mio. Fr. aus dem Stromgeschäft zu lösen sind.

5.2.6 Fallbeispiel Posieux

Die KVA Posieux, unweit der Stadt Fribourg gelegen, ging per 1. Januar 2002 in den regulären Betrieb. Sie verfügt über eine Ofenlinie mit einer Verbrennungsleistung von 40 MW. Pro Jahr können mit der KVA maximal 88'000 Tonnen Kehricht bewältigt werden.

Ausgangslage

Investitionen in 1000 Fr.	Fernwärme	Stromer- zeugung	Summe
Investitionen	600	19'120	19'720

Tabelle 36: Investitionen für die der Energienutzung dienenden Anlagenteile der KVA Posieux

Die Investitionen umfassen die für die Fernwärme- bzw. Stromproduktion notwendigen Kessel- sowie Gebäudeanteile. Der Energienutzung wurden 10% der Investitionen und 6% der Gebäudekosten zugeschlagen. Bei der Verteilung innerhalb der Energienutzung auf Fernwärme und Stromproduktion gingen 10% zur Fernwärme und 90% zur Stromproduktion.

Bei der unten folgenden Kostenaufstellung wurde auf das Budget für das Jahr 2004 zurückgegriffen, weil die vorliegenden Zahlen für 2002 aufgrund von Anlauf- und Inbetriebnahmeeffekten kein charakteristisches Bild vermitteln.

Kostenstruktur

Kosten KVA Posieux gem. Budget 2004 in 1000 Fr.	Fern- wärme	Turbo- gruppe	Summe	Anteil
Personalkosten	20	300	320	15%
Betriebsmittel	6	177	183	8%
Unterhalt Anlagen u. Immobilien	6	179	185	9%
Diverses (Ant. Verw.kosten)	2	51	53	2%
Versicherungen	2	73	75	3%
Zinsen	17	540	557	27%
Abschreibungen	24	758	782	36%
Total	76	2078	2154	100%

Tabelle 37: Kostenrechnung der Energienutzung in der KVA Posieux gemäss Budget für das Jahr 2004

Der Zweckverband SAIDEF (SA Incineration des Déchets Fribourgeois) ist als Aktiengesellschaft organisiert und tritt nur als Eigentümer der Anlage auf. Als eigentlicher Anlagenbetreiber fungieren die FEW

(Freiburgische Elektrizitätswerke); diese arbeiten gemäss einem Vertrag mit SAIDF, der die Abgeltungen für den Betrieb sowie die Konditionen für den Strom- und Wärmeverkauf festlegt. Das Inkasso der Kehrgebühren sowie weitere administrative Tätigkeiten werden ebenfalls durch externe Stellen durchgeführt und durch SAIDF entschädigt. Somit enthält das Budget für das Jahr 2004 realistische, vertraglich vereinbarte Leistungen und Preise.

Übrige Kosten

Die Personalkosten für die Betreuung der Energieproduktionseinrichtungen wurden im Verhältnis zum Gesamtaufwand von den Betreibern geschätzt. Beim Posten "Betriebsmaterial" wurden die eindeutig der Abfallbehandlung zuzuordnenden Anteile weggelassen und der Rest im Verhältnis der Investitionen auf die Fernwärme und die Stromproduktion verteilt. Bei den übrigen Aufwendungen in der obigen Kostenzusammenstellung wurden die für die ganze Anlage im Budget 2004 ausgewiesenen Aufwendungen im Verhältnis der Investitionen auf die Fernwärme und die Stromproduktion verteilt.

Die Abschreibungen erfolgen linear auf eine Dauer von 25 Jahren.

Ertrag aus Elektrizitätsnutzung		Verkauf	Eigenbedarf
Elektrizitätsproduktion	MWh	60'000	11'000
Ertrag	Fr.	3'540'000	
Spezifischer Elektrizitätsertrag	Fr./MWh	59.00	

Tabelle 38: Elektrizitätsnutzung in der KVA Posieux gemäss Budget 2004

Ertrag aus Wärmenutzung		Verkauf	Eigenbedarf
Produzierte nutzbare Wärme	MWh	6'000	550
Ertrag	Fr.	72'000	
Spezifischer Wärmeertrag	Fr./MWh	12.00	

Tabelle 39: Wärmenutzung in der KVA Posieux gemäss Budget 2004

Der Eigenbedarf an Strom wird gemessen und ist daher genau bekannt. Da das Freiburgerische Elektrizitätswerk als Betreiberin der Anlage eingesetzt ist, existieren keine klaren Abgrenzungen und Abmachungen in Bezug auf die Verrechnung des Strom-Eigenbedarfs. Vertraglich vereinbart ist nur, dass die FEW für den aus der KVA bezogenen Strom der SAIDEF 59 Fr./MWh unabhängig von Saison und Tageszeit vergüten.

Eigenbedarf

Eine analoge Vereinbarung gilt für die Wärme.

Gestehungskosten Elektrizität		
Elektrizitätsproduktion inkl. Eigenbedarf	MWh	71'000
Kosten Stromerzeugung	Fr.	2'078'000
Gestehungskosten Elektrizität	Fr. /MWh	34.65

Tabelle 40: Elektrizitätsproduktion in der KVA Posieux gemäss Budget 2004

Gestehungskosten Wärme		
Produzierte nutzbare Wärme inkl. Eigenbed.	MWh	6'550
Kosten	Fr.	75'800
Gestehungskosten Wärme	Fr./MWh	12.65

Tabelle 41: Wärmeproduktion in der KVA Posieux gemäss Budget 2004

Damit belaufen sich die Gestehungskosten der Elektrizität auf 34.65 Fr./MWh und für die nutzbare Wärme auf 12.65 Fr./MWh.

Gesamthaft ergeben sich folgende Kosten und Erträge:

Kosten und Erträge Energienutzung		Kosten ¹⁾	Erträge	Differenz
Elektrizität	Fr.	2'078'000	3'540'000	1'462'000
Wärme	Fr.	75'800	72'000	-3'800
Summe	Fr.	2'153'800	3'612'000	1'458'200

1) Bezogen auf verkaufte Elektrizität

Tabelle 42: Kosten und Erträge in der KVA Posieux gemäss Budget 2004

Energienutzung rentabel

In der KVA Posieux ist die Energienutzung rentabel. Während die KVA im Stromgeschäft einen Gewinn von nahezu 1.5 Mio. Fr. erwirtschaftet, tritt im Wärmegeschäft ein kleines Defizit von rund 4'000 Fr auf. Diese Situation wird sich ändern, sobald zusätzliche Fernwärmeabnehmer angeschlossen sind. Eine Ausweitung der Lieferungen wird die KVA-Rechnung nicht zusätzlich belasten, da die notwendigen Installationen KVA-seitig bereits vorgesehen sind. Damit ist längerfristig mit einer Verfünffachung der Erträge aus dem Wärmeverkauf zu rechnen.

Wie bereits erwähnt, wurde für den Eigenbedarf kein Preis festgelegt. Vernünftigerweise müsste er den FEW-Gestehungskosten zu den Nachfragezeiten entsprechen. Diese dürften häufig über dem KVA-Gestehungspreis liegen.

Nach einer vollständigen Abschreibung der Anlagen zur Energienutzung verringern sich die jährlichen Kosten um knapp 1.34 Mio. Fr. Unter der vereinfachenden Annahme von gleich bleibenden Unterhaltskosten resultieren Gestehungskosten von 5.3 Fr./MWh für Wärme (heute 12.65 Fr./MWh) sowie knapp 11 Fr./MWh für Elektrizität (heute 34.65 Fr./MWh). Diese Gestehungskosten sind definitionsgemäss mit den variablen Kosten der Energienutzung identisch.

*Variable Kosten der
Energienutzung*

5.3 Sanierungsprojekte

5.3.1 Vorgehen zur Ermittlung der Kosten

Den nachfolgenden Fallbeispielen liegen Sanierungsprojekte zu Grunde, die nicht ausgeführt wurden. Die Angaben beruhen also auf Projektierungskosten und nicht wie in den vorangehenden Fallbeispielen auf realen Kostenrechnungen.

Projektierte Kosten

5.3.2 Fallbeispiel Bern

a) Ausgangslage:

Die ewb (Energie Wasser Bern) betreibt eine Fernwärmezentrale in Kombination mit einem Dampfkraftwerk. Der Wärmebedarf im Grundlastbereich wird hauptsächlich durch die unmittelbar daneben gelegene Kehrlichtverbrennungsanlage 1 der Stadt Bern in Form von Hochdruckdampf gedeckt. Zur Spitzenlastdeckung kommen weitere mit fossilen Brennstoffen befeuerte Wärmeerzeuger hinzu.

*KVA als Teil der
städtischen Fern-
wärmeversorgung*

Durch Auskoppelung von Hochdruckdampf kann eine Gegendruck-Dampfturbine im Dauerbetrieb elektrische Energie erzeugen. Der Turbinenabdampf wird anschliessend ins Fernheiznetz eingespeist. Im Sommer fallen Wärmeüberschüsse an, die über eine Kondensationsturbine abgebaut werden. Die Restwärme wird dabei ungenutzt über den Kühlturm abgebaut.

*Wärmeüberschüsse
im Sommer über
Kondensationsturbi-
ne*

Bereits 1991 wurden durch die Betreiber Konzepte zur Erhaltung und Verbesserung der Anlagen ins Auge gefasst. Vor allem drei Gründe waren ausschlaggebend:

*Ersatz Anlagen
schon länger geplant*

1. Eine Analyse der Anlagenkonfiguration offenbarte Lücken in der Redundanz der wichtigen Systeme.
2. Die beiden Turbinen wiesen bereits mehr als 30 Betriebsjahre auf.
3. Ein beachtliches Strompotenzial blieb ungenutzt.

Autoren der Studie

Die durch die Firma Elektrowatt Engineering AG, (EWE, früher EWI) 1991 ausgearbeiteten Vorschläge wurden nur zum Teil realisiert. 1998 war die Problematik des sommerlichen Wärmeüberschusses nach wie vor vorhanden, und EWE unternahm eine Überarbeitung der Studie von 1991 mit dem Ziel, aus einem breiten Variantenfeld die unter betrieblichen und ökonomischen Aspekten günstigste Variante für die Verstromung des Überschusses ausfindig zu machen [EWE 1998].

b) Varianten:*Untersuchte Varianten*

Zwei Turbinen sind 1998 im Einsatz: Eine Gegendruck- und eine Kondensationsdampfturbine (G-DT_alt und K-DT_alt). Es stellte sich die Frage, durch welche Maschinen die alten Turbinen zu ersetzen seien, und ob die alten Gruppen noch weiterhin als Standby- oder auch Maschinen im regulären Betrieb beibehalten werden sollen. Die folgende Tabelle zeigt den untersuchten Variantenfeld:

Variante	G-DT_alt	K-DT_alt	E-K-DT_neu	G-DT_neu
1	weg	bleibt		neu, aS
2	weg	bleibt		neu, nS
3	bleibt	bleibt		neu, nS
4	weg	weg	neu, nS	
5	weg	bleibt	neu, nS	
6	bleibt	bleibt	neu, nS	
7	weg	weg	neu, nS	
8	weg	bleibt	neu, nS	

nS: neuer Standort

aS: alter Standort

G-Dt: Gegendruckdampfturbine, K-DT: Kondensationsdampfturbine

E-K-DT: Entnahme- Kondensationsdampfturbine

Tabelle 43: Durch EWE untersuchte Varianten zur effizienteren Nutzung des Verstromungspotenzials und zur Verbesserung der betrieblichen Redundanz

c) Variantenvergleich

Durch eine gewichtete Bilanzierung der Vor- und Nachteile bezüglich diverser Kriterien wurden die einzelnen Varianten bewertet. Die höchste Punktezahl erhielt die Variante 6, die dann auch zur Realisierung vorgeschlagen wurde.

Am besten bewertete Varianten verwendet

Die einzige Variante, die keinen zusätzlichen Platzbedarf erfordert hätte, war Variante 1. Obwohl hier die betrieblichen Notwendigkeiten (wie bei den übrigen 7 Varianten auch) erfüllbar waren und die Investitionen am geringsten, wurden aus Gründen der Redundanz und der betrieblichen Flexibilität Lösungen unter Beibehaltung beider alter Maschinen bevorzugt. Damit stehen sich die teuerste Variante 6 und die "mittelteure" Variante 3 gegenüber.

Zur Festlegung der optimalen Leistungsklasse der neu vorgesehenen Turbinen wurden sorgfältige Analysen von Menge und zeitlichem Gang der Fernwärmeabgaben und der Dampfbezüge über das ganze Jahr durchgeführt. Aufgrund dieser Daten konnte ein Betriebsregime für die neue Anlage entworfen werden, sodass die Bedürfnisse der Wärmekunden gedeckt und die daneben mögliche Stromproduktion prognostiziert und kommerziell bewertet werden konnte.

Zeitlicher Verlauf von Angebot und Nachfrage wichtig

Unter diesen Voraussetzungen war ein Vergleich von Variante 6 (neue Entnahme- Kondensationsdampfturbine) mit Variante 3 (neue

Vorteile der ausgewählten Varianten

Gegendruckdampfturbine) möglich. Die höheren Investitionskosten von Variante 6 - sie wurden mit mehr als einem Drittel gewichtet - wurden durch eine ganze Anzahl von Vorteilen wettgemacht. So führten der geringere spezifische Dampfbedarf und die erhöhte Flexibilität im Betrieb der E-K-DT zu einer besseren Verstromungskapazität, d.h.: Die vorhandenen Dampfüberschüsse können effizienter energetisch verwertet werden. Als weitere Vorteile, die für Variante 6 sprachen, wurden zusätzliche Redundanz zur bereits vorhandenen K-DT und einfachere Integration in das Leitkonzept erwähnt. Bei beiden diskutierten Varianten ist die Stromproduktion während der Umbauzeit sichergestellt.

d) Vergleich von Kosten und Ertrag

In der folgenden Tabelle ist die EWE-Schätzung für die Investitionskosten der beiden Varianten 6 und 3 dargestellt:

Investitionsvergleich der Varianten	Var. 3: neue G-DT neuer Stao Mio. Fr.	Var. 6: neue E-K-DT neuer Stao Mio. Fr.
Gegendruckdampfturbine (100 t/h)	4.00	
Entnahmekondensationsturbine (100/40 t/h)		7.00
MSR, Anpassungen Dampfleitungen, Einbindung Generatoren	2.00	2.50
Bauliche Massnahmen	2.25	2.25
Sanierung bestehende Turbinen	1.00	1.00
Summen	9.25	12.75

Tabelle 44: EWE-Schätzung der Investitionen für die beiden Varianten neue Gegendruckdampfturbine bzw. neue Entnahmekondensationsdampfturbine

Mehrinvestitionen für Kondensationsturbine

Der grösste Anteil der Mehrinvestition für Variante 6 geht auf den zusätzlichen Niederdruckteil der Kondensationsturbine zurück. Die unten stehende Tabelle weist die für das Jahr 2010 prognostizierte Elektrizitätsproduktion und die entsprechenden Erträge für die beiden

Varianten aus. Dabei wurde die folgende Struktur der Rückspeisetarife angenommen:

Sommer (Apr. - Sept.): HT= 45 Fr./MWh NT= 20 Fr./MWh

Winter (Okt. - März): HT= 65 Fr./MWh NT= 40 Fr./MWh

Der mittlere Rückspeisetarif beträgt in Variante 3 rund 53.65 Fr./MWh und für Variante 6 rund 48.35 Fr./MWh. Der um etwa 10% tiefere mittlere Rückspeisetarif deutet darauf hin, dass die Strommehrproduktion vor allem während des Sommers stattfindet und nur zu schlechteren Konditionen absetzbar ist.

Tieferer mittlerer Rückspeisetarif wegen Sommerüberschusswärme

In Bern war vorgesehen, dass die Investitionen für die neue Turbine durch das städtische Elektrizitätswerk übernommen worden wären. Daher wurde bei der Tarifgestaltung in der Untersuchung auf die Anwendung eines Leistungspreises verzichtet¹⁴.

e) Gestehungskosten

Ausgehend von den Investitionen und den Annahmen für Wartung und Unterhalt lässt sich der anlagenbedingte Selbstkostenpreis für den Strom berechnen. Inwieweit für den Dampf und den Betrieb der Luftkondensatoren oder das verwendete Kühlwasser Kostenbeiträge einzusetzen sind, bleibt zu diskutieren. Man kann sich auf den Standpunkt stellen, dass in einer optimalen Anlage nur Überschussdampf zur Verstromung gelangt welche ohnehin abgeführt werden muss. Die entgegengesetzte Argumentation läuft darauf hinaus, dass der Dampf zum Betrieb der Turbinen zu Marktpreisen in die Rechnung der Stromerzeugung einzusetzen sei und dass auch die Kosten für das Kühlwasser voll zu Lasten des Turbinenbetriebs gehen.

¹⁴ Auch wenn die Anlagen im Besitz der KVA wären, könnte für die zusätzlich im Sommer anfallende Leistung kein Leistungspreis verrechnet werden.

Gestehungskosten Elektrizität		Variante 3	Variante 6
Stromproduktion	MWh	47'700	53'900
Investition	Fr.	9'250'000	12'750'000
Jahreskosten:			
Annuität (3% Zins, 20 Jahre)	Fr./a	622'000	857'000
Wartung (3% Investition)	Fr./a	278'000	383'000
Kühlwasser	Fr./a	248'000	248'000
Energiekosten (Dampf)	Fr./a	0	0
Total Jahreskosten	Fr./a	1'148'000	1'488'000
Gestehungskosten (ohne Dampfkosten)	Fr./MWh	24.10	27.60
Energiekosten Dampf (30 Fr./t)	Fr./a	1'529'000	1'804'000
Total Jahreskosten	Fr./a	2'677'000	3'292'000
Gestehungskosten (mit Dampfkosten)	Fr./MWh	56.10	61.10

Tabelle 45: Selbstkosten für die Stromerzeugung mit und ohne Energiekosten

Kühl- und Energiekosten

In der EWE-Studie wurden die Kühl- und Energiekosten voll den Gestehungskosten für die Stromproduktion angelastet. Dabei wurden für die Dampfkosten 30.2 Fr./t bei einem Heizölpreis von 300 Fr./t angenommen. Die Kosten für den Kühlturbetrieb wurden anhand der effektiven Kosten und Betriebsdaten für 1996 hergeleitet. Sie beliefen sich auf 4 Rp./m³.

Setzt man bei der Berechnung der Selbstkosten für die Elektrizitätsproduktion als Energiekosten den Referenzpreis für fossil erhitzten Dampf und für die Kühlkosten den tatsächlichen Aufwand ein, so erhält man Kosten, die in etwa der Stromproduktion in einer isolierten Anlage entsprechen würden.

Überschusswärme kostenlos

Die obige Tabelle weist Selbstkosten für zwei hypothetische Fälle aus. In Realität wird immer (nur) ein grosser Teil der verstromten KVA-Wärme aus Überschussdampf produziert werden können, aus Dampf also, der ohne Turbine über Kühleinrichtungen wieder entspannt und kondensiert werden müsste. Damit sind die in obiger Tabelle errechneten Selbstkosten als obere und untere Grenze zu verstehen.

Unter der Annahme, dass nur Überschussdampf verwertet wird, ergibt sich folgende Grenzkostenbetrachtung:

Grenzkostenbetrachtung Variante 6 gegenüber Variante 3		
Mehrkosten	Fr. /a	340'000
Mehrstromertrag	MWh/a	6'200
Gestehungskosten Mehrertrag	Fr./MWh	54.80

Tabelle 46: Grenzkostenbetrachtung für die zusätzlich produzierte Elektrizität bei einer reinen Überschusswärme-Verwertung

Wenn wie von den Autoren des Variantenvergleichs vorgeschlagen ein Dampfpreis von 30 Fr./t für den Überschussdampf in die Berechnung einbezogen wird, resultieren Gestehungskosten von knapp 100 Fr./MWh.

Gestehungspreis bei Einbezug Dampfkosten

Die Autoren der EWE-Studie haben mit der Berücksichtigung von Dampfkosten auch im Sommer aus unserer Sicht eine unzulässige Vereinfachung vorgenommen. Weiter vermuten wir, dass bei den Energieerlösen nur die Arbeitspreise berücksichtigt wurden, ein Leistungspreis ist für die im Winter zusätzliche anfallende Leistung einzu beziehen. Aber, auch unter der Annahme der Verwertung von reiner Überschusswärme liegen die Grenzkosten der energieeffizienteren Variante über den Stromerträgen im Sommerhalbjahr. Die energieeffizientere Anlagen ist somit nicht wirtschaftlich betreibbar.

Keine Wirtschaftlichkeit für energieeffizientere Anlage

5.3.3 Fallbeispiel Basel

Ersatz Energienutzungsanlagen

Ähnlich wie in Bern beschäftigten sich auch in Basel die Verantwortlichen schon seit geraumer Zeit mit dem Ersatz der alten Turbinen. Die Frage wurde im Hinblick auf die Neuausstattung der neu erbauten und Ende 1999 übernommenen KVA III besonders aktuell.

KVA ebenfalls Teil der Fernwärmeversorgung

Basel verfügt über ein ausgedehntes Wärmenetz, das viele industrielle Abnehmer ganzjährig mit Dampf beliefert. Durch die Verlagerung von Produktionseinheiten entsteht aber nach und nach ein Wärmeproduktionsüberhang während der Sommermonate. Bereits 1994 verfasste die Beratungsfirma Gruneko einen Bericht [Gruneko 1994], welcher eine effizientere Nutzung der Sommerwärme untersucht. Im Wesentlichen standen drei Ziele zur Diskussion:

1. Installation einer Entnahme-Kondensationsturbine anstelle einer Gegendruckturbine.
2. Zusätzliche Wärmeabgabe in die chemische Industrie.
3. Nutzung der Überschusswärme in Absorptionskältemaschinen.

Keine detaillierten Unterlagen erhältlich

Für den Entscheid Kondensationsturbine oder nicht war vor allem die Menge des zur zusätzlichen Verstromung in Frage kommenden Überschussdampfs massgebend. Die Prognosen bezüglich Anfall und Brennwert des Kehrichts waren aber mit Unsicherheiten belastet, so dass sich keine klare Entscheidung fällen liess. Im erwähnten Bericht findet sich auch keine klare Variantendiskussion aufgrund derer Mehrkosten und Mehrerträge bewertet werden können. Hingegen wird die Installation einer 20 MW-Kondensationsturbine bei einem Wärmeüberschuss von 97'000 MWh, der aufgrund eines um 10% erhöhten Kehrlicht-Brennwertes erwartet werden könnte, als sinnvoll erachtet. Würde der Brennwert jedoch um 10% abnehmen, schlagen die Verfasser einen Wärmeabbau über Kühleinrichtungen im Rhein vor. Die für die Kondensationsturbine notwendige Investition wurde mit 19 Mio. Fr. angenommen und ein Ertrags-/Investitionsverhältnis mit 8.1% errechnet. Die Investition wäre erst mit bei einem Strompreis von 95 Fr/MWh rentabel gewesen. Ein solcher Preis ist jedoch am Markt nicht erzielbar, weshalb das Projekt schliesslich nicht realisiert wurde.

Geringer Sommerenergieüberschuss

Im Betriebsjahr 2002 betrug der Sommerüberschuss im Dampfnetz gemäss [Energieflussdiagramm 2002] 20'148 MWh. Damit lassen sich unter günstigen Bedingungen mit einer Kondensationsturbine

etwa 2000 MWh Elektrizität erzeugen, was im Vergleich zu den bereits produzierten 40'500 MWh nur noch einem kleinen Beitrag entspricht.

Rückblickend hat sich der für die neue KVA III getroffene Entscheid, eine Gegendruckturbine einzubauen und Vorkehrungen für eine eventuelle spätere Nachrüstung mit einer Kondensationsturbine zu treffen, als wirtschaftlich richtig erwiesen. Nach wie vor verfügen die Industriellen Werke Basel (IWB) über ein auch im Jahresverlauf gut ausgelastetes Fernwärmenetz. Im Bemühen, die Rückgänge der Bezüge durch die chemische Industrie im Sommer zu kompensieren und die Kühlleistungen gering zu halten, bieten die IWB Fernwärme zum Betrieb von Absorptions-Kältemaschinen gratis an. Eine Ergänzung der Turbogruppe mit einer Kondensationsturbine oder gar der Einbau einer neuen Entnahme-Kondensationsturbine in die KVA III steht zurzeit nicht zur Diskussion.

Aktuelle Energienutzung bestätigt Entscheid

6 Einfluss veränderter Rahmenbedingungen auf die Fallbeispiele

6.1 Definition der Rahmenbedingungen

Die Wirtschaftlichkeit der Energienutzung in KVA wird durch zahlreiche Rahmenbedingungen beeinflusst. Dazu gehören:

Einflussgrößen der Wirtschaftlichkeit

- die Auslastung der KVA
- die Entwicklung der Elektrizitätsmarktpreise (marktorientierter Bezugspreis)
- die Entwicklung der fossilen Energiepreise (Konkurrenzpreise Wärme)
- das Zinsniveau
- die Abschreibedauer

In den Fallbeispielen werden die Sensitivitäten gegenüber Zinssatz und Elektrizitätsmarktpreis analysiert. Die übrigen Parameter werden als konstant angenommen. Die Resultate der Sensitivitätsanalyse werden in der Erarbeitung der Lösungsvorschläge in den Kapiteln 8, 9 und 10 berücksichtigt.

Sensitivitätsanalysen

Parameter	Ausprägung	Erläuterung
Auslastung	hoch	Die Auslastung als grundsätzlich wichtiger Faktor für die Wirtschaftlichkeit der Energienutzung wird als konstant hoch angenommen.
Elektrizitätsmarktpreise	tief / hoch	Durchschnittliche Entschädigung inkl. Leistungspreis tief: 5 Rp./kWh Durchschnittliche Entschädigung inkl. Leistungspreis hoch: 9 Rp./kWh (heute 6-8 Rp./kWh)
Fossile Energiepreise	heutiges Niveau	Es wird angenommen, dass die fossilen Energiepreise auf heutigem Niveau real konstant bleiben.
Zinsniveau	tief / hoch	Tiefes Zinsniveau 4% Hohes Zinsniveau 7%

Tabelle 47: Annahmen zur Ausprägung der in der Sensitivitätsanalyse verwendeten Parameter

6.2 Einfluss der Rahmenbedingungen auf die Fallbeispiele

Fallbeispiele unter veränderten Rahmenbedingungen

Eine Veränderung der Zinssätze und Elektrizitätspreise gemäss der in Kapitel 6.1 definierten Annahmen hätte folgende Auswirkungen auf die untersuchten KVA.

KVA Horgen	Aktuelle Situation jeweils in 1000 Fr.	Veränderungen der Kosten und Erträge bei				
		Zinsen tief	Zinsen hoch	Elektrizi- tätspreis tief	Elektrizi- tätspreis hoch	Ablauf Abschrei- bedauer
Personalkosten	314					
Betriebsmittel	60					
Unterhalt Anlagen	181					
Sachversicherungen	38					
Zinsen	252	20	225			-252
Abschreibungen	1'029					-1'029
Summe der Kosten	1'874	20	225	0	0	-1'281
Verkauf Wärme	1'142					
Verkauf Elektrizität GWh	687			-180	912	
Eigenbedarf Energie ¹⁾	700			-184	929	
Summe der Erträge	2'529	0	0	-364	1'841	0
Veränderung Ertrag Energieproduktion		-20	-225	-364	1'841	1'281

1) Vermiedene Kosten des Eigenbedarfs

Aktuelle Situation: Mittlerer Zinsfuss 3.70%; Mittlerer Erlöse Elektrizität: 67.8 Fr./MWh

Unterschiedliche. Rahmenbedingungen: Zinsen tief = 4%, hoch = 7%;

Elektrizität inkl. Leistungspreis tief = 5 Rp./kWh, hoch = 9 Rp./kWh

Tabelle 48: Einfluss unterschiedlicher Rahmenbedingungen sowie des Ablaufs der Amortisationszeiten der Energienutzungsanlagen auf die finanzielle Situation der Energienutzung in der KVA Horgen in 1000 Fr

Die nachfolgenden Tabellen gehen von denselben Annahmen aus.

KVA La Chaux-de-Fonds	Aktuelle Situation	Veränderungen der Kosten und Erträge bei				
		jeweils in 1000 Fr.	Zinsen tief	Zinsen hoch	Elektrizi- tätspreis tief	Elektrizi- tätspreis hoch
Personalkosten	1'620					
Betriebsmittel	372					
Unterhalt Anlagen	230					
Sachversicherungen	110					
Zinsen	604	-105	268			-604
Abschreibungen	992					-992
Summe der Kosten	3'928	-105	268	0	0	-1'596
Verkauf Wärme	1'580					
Verkauf Elektrizität GWh	1'399			-367	1'857	
Eigenbedarf Energie ¹⁾	471			-124	625	
Summe der Erträge	3'450	0	0	-491	2'482	0
Veränderung Ertrag Energieproduktion		105	-268	-491	2'482	1'596

1) Vermiedene Kosten des Eigenbedarfs

Aktuelle Situation: Mittlerer Zinsfuss 4.875%; Mittlerer Erlös Elektrizität: 70.7 Fr./MWh

Tabelle 49: Einfluss der Rahmenbedingungen auf die KVA La Chaux-de-Fonds in kFr.

KVA Buchs AG	Aktuelle Situation	Veränderungen der Kosten und Erträge bei				
		jeweils in 1000 Fr.	Zinsen tief	Zinsen hoch	Elektrizi- tätspreis tief	Elektrizi- tätspreis hoch
Personalkosten	162					
Betriebsmittel	56					
Unterhalt Anlagen	145					
Diverses (Anteil Verw. Kosten)	118					
Sachversicherungen	25					
Zinsen	114	2	89			-114
Abschreibungen	1'232					-1'232
Summe der Kosten	1'852	2	89	0	0	-1'346
Verkauf Wärme	1'910					
Verkauf Elektrizität	2'911			-525	1'384	
Eigenbedarf Energie ¹⁾	701					
Summe der Erträge	5'522	0	0	-525	1'384	0
Veränderung Ertrag Energieproduktion		-2	-89	-525	1'384	1'346

1) Vermiedene Kosten des Eigenbedarfs

Aktuelle Situation: Mittlerer Zinsfuss 3.94%; Mittlerer Erlös Elektrizität: 61 Fr./MWh

Tabelle 50: Einfluss der Rahmendbedingungen auf die KVA Buchs AG in kFr.

KVA Posieux	Aktuelle Situation jeweils in 1000 Fr.	Veränderungen der Kosten und Erträge bei				
		Zinsen tief	Zinsen hoch	Elektrizi- tätspreis tief	Elektrizi- tätspreis hoch	Ablauf Abschrei- bedauer
Personalkosten	320					
Betriebsmittel	183					
Unterhalt Anlagen	185					
Diverses (Anteil Verw. Kosten)	53					
Sachversicherungen	75					
Zinsen	557	-68	298			-557
Abschreibungen	781					-781
Summe der Kosten	2'154	-68	298	0	0	-1'338
Verkauf Wärme	72					
Verkauf Elektrizität	3'540			-638	1'683	
Eigenbedarf Energie ¹⁾	649					
Summe der Erträge	4'261	0	0	-638	1'683	0
Veränderung Ertrag Energieproduktion		68	-298	-638	1'683	1'338

1) Vermiedene Kosten des Eigenbedarfs

Aktuelle Situation: Mittlerer Zinsfuss 4.56%; Mittlerer Erlös Elektrizität: 59 Fr./MWh

Tabelle 51: Einfluss der Rahmenbedingungen in der KVA Posieux in 1000 Fr.

KVA Monthey	Aktuelle Situation jeweils in 1000 Fr.	Veränderungen bei				
		Zinsen tief	Zinsen hoch	Elektrizi- tät tief	Elektrizi- tät hoch	Ablauf Abschrei- bedauer
Personalkosten	400					
Betriebsmittel	150					
Unterhalt Anlagen	600					
Diveres (Anteil Verw. Kosten)						
Sachversicherungen	150					
Zinsen	530	76	530			-530
Abschreibungen	1'510					-1'510
Summe der Kosten	3'340	76	530	0	0	-2'040
Verkauf Wärme	0					
Verkauf Elektrizität	3'975			-606	2'089	
Eigenbedarf Energie ¹⁾	795					
Summe der Erträge	4'770	0	0	-606	2'089	0
Veränderung Ertrag Energieproduktion		-76	-530	-606	2'089	2'040

Aktuelle Situation: Mittlerer Zinsfuss 3.5%; Mittlerer Erlös Elektrizität: 59 Fr./MWh

Tabelle 52: Einfluss der Rahmenbedingungen in der KVA Posieux in 1000 Fr.

Obwohl die Abfallverbrennungsanlagen sehr kapitalintensiv sind, ist der Einfluss veränderter Kapitalkosten relativ gering. Bei der Energienutzung einer etwa 10-jährigen Anlage schlagen die elektrizitätswirtschaftlichen Rahmenbedingungen viel stärker zu Buche. Nach Ablauf der Abschreibedauer verbessert sich die finanzielle Situation bei der Energienutzung ebenfalls erheblich, wie nachfolgende Übersicht zeigt.

*Energienutzung
wenig zinssensitiv*

KVA	Veränderungen des Ertrags bei				
	Zinsen tief	Zinsen hoch	Elektrizi- tätspreis tief	Elektrizi- tätspreis hoch	Ablauf Abschrei- bedauer
Horgen	-20	-225	-364	1'841	1'281
La Chaux-de-Fonds	105	-268	-491	2'482	1'596
Buchs AG	-2	-89	-525	1'384	1'346
Posieux	68	-298	-540	1'860	1'338
Monthey	-76	-530	-606	2'089	2'040

Szenarien: Zinsen tief = 4%, hoch = 7%;

Elektrizitätspreis inkl. Leistungspreis Rp./kWh tief = 5, hoch = 9

Tabelle 53: Einfluss unterschiedlicher Rahmenbedingungen auf die Erträge der Energienutzung in den untersuchten KVA in 1000 Fr.

In obiger Aufstellung nicht berücksichtigt sind mögliche Veränderungen beim Wärmeerlös, da der Wärmepreis unter Umständen an einen Elektrizitätspreisindex gebunden ist.

7 Rahmenbedingungen der Energienutzung aus KVA in Europa

7.1 Übersicht, EU-Ebene

Die wichtigsten energiepolitischen Ziele der EU sind:

Energiepolitische Ziele der EU

- das Kyoto-Ziel (8% Reduktion CO₂-Emissionen zwischen 2008 und 2012 verglichen mit 1990)
- die Verdoppelung des Anteils erneuerbarer Energieträger (von 6% auf 12% des Bruttoinlandkonsums)
- die Erhöhung der Energieeffizienz (plus 18% bis 2010 verglichen mit 1995)

Die Energiegewinnung aus Abfall ist in der Richtlinie für die Förderung der Stromproduktion aus erneuerbaren Energiequellen (2001/77/EC) geregelt. Diese Richtlinie enthält unter anderem folgende Punkte:

Richtlinie für die Förderung von Strom aus Erneuerbaren Energien

In der Präambel der Richtlinie steht, dass die Verbrennung von nicht getrenntem Abfall nicht gefördert werden sollte, wenn diese Förderung die Hierarchie des Abfallmanagements gefährden würde. Die Hierarchie des Abfallmanagements beinhaltet gemäss EU-Abfallstrategie:

1. Abfallvermeidung
2. Abfallverwertung (Wiederverwendung, Recycling und Energiegewinnung)
3. Abfallentfernung (Verbrennung ohne Energiegewinnung und Deponierung/Lagerung).

Diese Hierarchie soll flexibel gehandhabt werden und deren Realisierung soll sich an der bestmöglichen Lösung für die Umwelt orientieren, inklusive Betrachtung der ökonomischen und sozialen Kosten.

Gemäss Richtlinie gilt der biologisch abbaubare Anteil von Abfällen aus Industrie und Haushalten als Biomasse und somit als erneuerbare Energiequelle. Die Definition von Biomasse beinhaltet den biogenen Anteil von Produkten, Abfällen und landwirtschaftlichen Resten,

Biogener Anteil von Abfall anerkannt

aus der Forstwirtschaft, sowie den biogenen Anteil von Industrie- und Haushaltsabfällen.

Förderung Stromproduktion aus Erneuerbaren, inkl. Abfall erlaubt

Die Richtlinie erlaubt verschiedene nationale Unterstützungssysteme für die Förderung der Stromproduktion aus erneuerbaren Quellen: Zertifikate, Investitionsbeihilfen, Steuerausnahmen oder -reduktionen, Steuerrückvergütungen sowie direkte Preisunterstützungen.

Netzzugang für alle

Mitgliedstaaten müssen grundsätzlich den Netzzugang und die Verteilung für unabhängige Produzenten von Erneuerbarer Energie garantieren. Diese können auch prioritären Zugang erhalten.

Die EU-Direktive zur Stromproduktion aus Erneuerbaren Energien ist in den meisten Ländern noch nicht umgesetzt.

Insgesamt betrug auf EU-Ebene die Verwertung von Biomasse und Abfall für die Produktion von Abfallbrennstoffen 1995 44.8 Mtoe¹⁵. Der geplante Anteil soll bis 2010 135 Mtoe betragen, davon soll ein Drittel aus Abfall bestehen (CEN 2003).

7.2 Ausgewählte Länder

Im Folgenden wird die Situation in ausgewählten Mitgliedsländern des cewep (confederation of european waste-to-energy plants) dargestellt.

Die Rahmenbedingungen in den einzelnen Ländern wurden durch ExpertInnenengespräche ermittelt.

¹⁵ Mtoe. = Megatonne (1 Mio. Tonnen) Öläquivalent

7.2.1 Österreich

Ein Grossteil der aus Abfall produzierten Energie in Österreich besteht aus Wärme (480 GWh Wärme- und 40 GWh Elektrizitätsproduktion).¹⁶

Wärmeproduktion dominant

In Österreich wird das hohe Potenzial der Abfallverbrennung für die Verringerung von Treibhausgasen anerkannt (Klimastrategie des Österreichischen Umweltministeriums 2000). Abfall wird als Bestandteil der Biomasse anerkannt, dies gilt für Abfälle mit hohem biogenem Anteil, d.h. der Anteil der eingesetzten Energieträger muss mindestens 30% des Primärenergieeinsatzes betragen. Ansonsten erfolgt keine Anerkennung der Anlage auf der Basis Erneuerbarer Energieträger.

Biogener Anteil von Abfall anerkannt

Die Stromproduktion aus der Verbrennung von Biomasse erhält eine finanzielle Förderung in Form von speziellen Einspeisetarifen. Diese beträgt für Anlagen bis 2 MW 0,16 €/kWh, für Anlagen grösser als 10 MW beträgt diese Förderung noch 0,102 €/kWh.

Die Verbrennung von bestimmten Abfällen aus Biomasse zur Stromproduktion wird mit einem tieferen Einspeisetarif von 0,026 €/kWh ebenfalls finanziell gefördert. Im Bundesgesetz sind diese Abfallarten abschliessend aufgezählt. Es handelt sich dabei um Abfälle aus Holz, Papier, Nahrungs- und Genussmitteln, Futtermitteln, etc. Siedlungsabfälle und Industrieabfälle sind in dieser Liste bewusst ausgenommen. Herkömmliche Abfallverbrennungsanlagen erhalten also keine finanzielle Förderung.

Keine Förderung der Stromproduktion aus Siedlungs- und Industrieabfall

In Österreich existiert auch ein finanzieller Zuschlag für Kraftwärmekopplungsanlagen. Der Anteil des produzierten Stroms im Verhältnis zur Wärme ist allerdings in den österreichischen KVA zu klein, um in den Genuss dieser Förderung zu kommen.

¹⁶ Diese Zahlen gelten nicht für das ganze Land, sondern für die Fernwärme Wien, die grösste KVA Österreichs.

7.2.2 Schweden

Wärmeproduktion dominant, Energieproduktion aus Abfall sehr effizient

Insgesamt werden in Schweden 2'459'000 Tonnen Haushalts- und Industrieabfälle verbrannt, daraus wurde 2001 nur ein sehr kleiner Teil für die Stromproduktion verwendet. Die Wärmeproduktion, die vor allem lokal als Heizwärme eingesetzt wird, beträgt 7,45 Mio. MWh/a, die Elektrizitätsproduktion lediglich knapp 325'000 MWh/a (Zahlen für 2001). Die aus der Abfallverbrennung freigesetzte Energie wird sehr effizient genutzt, bei einem durchschnittlichen Brennwert von 3,5 MWh/Tonne (Durchschnittswert für die Schweiz, 2002) verbranntem Abfall, beträgt die Energienutzung in Schweden insgesamt 90%. Wird die höhere Wertigkeit der Elektrizität berücksichtigt, indem für Elektrizität ein Faktor 2 gegenüber Wärme verwendet wird, resultierte sogar eine Energienutzung von 94% (vgl. Kap. 3.3)

Der schwedische Bericht für die Verbrennung von Siedlungsabfall basiert auf Emissionsfaktoren (CO_2 /MJ). Die diesbezüglichen Faktoren beruhen auf einer Schätzung des fossilen Anteils im Siedlungsabfall und werden neuen Schätzungen entsprechend überarbeitet. Der Prozentsatz des biogenen Ursprungs kann in etwa errechnet werden als die Emissionsfaktoren für Siedlungsabfall mit den Faktoren für Holz und Heizöl verglichen werden. Das Resultat einer solchen Berechnung ist, dass der biogene Anteil 60 bis 70% beträgt. Andere Schätzungen gehen sogar von einem biogenen Anteil von 75-85% aus. In Zukunft wird allenfalls ein fixer Anteil von Biomasse im Siedlungs- und Industrieabfall gesetzlich fixiert.

Biogener Anteil bisher nicht anerkannt, daher keine Fördermassnahmen

Schweden hat bereits neue Regelungen für die Zertifizierung von Strom aus Erneuerbaren Energien und dessen Förderung. Abfall ist in dieser Regelung bisher nicht berücksichtigt. Ausserdem bestehen Steuern auf die Verbrennung von Abfall.

Gesamtsystem wird reformiert

Das gesamte Ökosteuer- und Zertifizierungssystem Schwedens wird momentan grundlegend reformiert. Ob Abfall in die Zertifizierungsregelungen aufgenommen wird, steht noch zur Diskussion.

7.2.3 Dänemark

Wärmeproduktion dominant

In Dänemark wird grösstenteils Wärme aus Abfallverbrennung gewonnen. Beispielsweise produziert eine städtische Anlage in Kopenhagen pro Jahr 1 Mio. MWh Wärme und 100'000 MWh Elektrizität (Daten für 2000). Ländliche KVA produzieren tendenziell einen höhe-

ren Anteil von Elektrizität, die vorherrschende Energienutzung insgesamt ist aber Wärme.

In Dänemark wird Siedlungsabfall, Hausmüll und Industrieabfall mit einem bestimmten biogenen Anteil als erneuerbarer Energieträger anerkannt, wenn der Abfall für die Verbrennung geeignet ist und nicht anderweitig aussortiert und auf umweltverträgliche Weise recycelt werden kann, der Abfall einen positiven Brennwert aufweist und bei der Verbrennung von Abfall eine energetische Verwertung sichergestellt ist.

Abfall als Erneuerbarer Energie anerkannt

Dezentrale WKK-Anlagen, die mit natürlichen Gasen, Abfall oder Biomasse betrieben werden, erhalten nicht einen Marktpreis als Entschädigung sondern einen Preis, der sich nach den Vermeidungskosten orientiert. Dazu wird der Grenzkostenpreis der entsprechenden Stromproduktion in einem Gaswerk als Referenz genommen. Zusätzlich zu diesem Preis wird die Stromproduktion in diesen Anlagen mit einer Förderung in Höhe von 0,07 DKr pro kWh (=0,009 €) (DKr 0.10/kWh für Anlagen kleiner als 3 MW) unterstützt.

Förderung der Stromproduktion aus KVA

Andererseits ist für eine Tonne verbrannten Abfalls eine Steuer in Höhe von 330 DKr (=44,44 €) zu zahlen. Diese Abfallsteuer ist für die Verbrennung von Abfall mit Nutzung der Energie am niedrigsten. Höhere Sätze werden verlangt für die Verbrennung allein. Am höchsten sind die Steuern für die Deponierung von Abfall.

Abfallsteuer

Ursprünglich sollte ab 1.1.2003 ein neues Zertifikatssystem für Erneuerbare Energien eingeführt werden. Die Einführung wurde verschoben und soll in Zukunft gemeinsam mit anderen Ländern auf EU-Ebene erfolgen.

Dänemark wird womöglich in nächster Zeit die Regelungen zur Subventionierung für Elektrizität erneuern, die aus Erneuerbaren Energien sowie bei der Abfallverbrennung hergestellt wird.

System wird reformiert.

7.2.4 Niederlande

2001 wurde in den Niederlanden insgesamt 2'426 GWh Elektrizität und 2'948 GWh Wärme aus der Verbrennung von Abfällen gewonnen.

*Strom und Wärme-
produktion etwa
gleich hoch*

50% des Abfalls als biogener Anteil anerkannt

In den Niederlanden beträgt der biogene Anteil im Siedlungsabfall Schätzungen zufolge 71%. Dieser Anteil ist für 62% der gesamten Energieproduktion aus der Siedlungsabfallverbrennung verantwortlich. Es werden 60% des Sperrmülls aus Haushalten als biogen anerkannt. Gleiches gilt für 65% des Hausmülls und 58% des Gewerbeabfalls. Die niederländische Regierung erkennt 50% des Siedlungsabfalls als biogenen Anteil im Abfall und folglich als Beitrag für die Nutzung Erneuerbarer Energien an. Abfall wird zusätzlich als Bestandteil der Biomasse anerkannt.

Ziele der Regierung bezüglich Energiegewinnung aus Abfall hoch

Bis zum Jahr 2010 sollen gemäss Plänen der holländischen Regierung 10% des Energiebedarfs aus erneuerbaren Abfällen gewonnen werden. In einem Abkommen zwischen der Regierung und dem Verband der KVA-Betreiber haben sich letztere verpflichtet, ihre Energieproduktion in den nächsten drei Jahren um 23% zu erhöhen. Im Gegenzug sollen sie eine Subvention auf die Produktion der Energie erhalten.

Förderung der Energiegewinnung aus Abfall

Am 3.6.2003 verabschiedete der Niederländische Senat ein Gesetz über die Förderung Erneuerbarer Energien. Ab 01. Juli 2003 erhalten Produzenten Erneuerbarer Energie einen bestimmten Betrag für jede erzeugte kWh, der für 10 Jahre gilt. Diese Förderung erhalten nur Anlagen, die nach dem 1.1.1996 gebaut wurden oder Anlagen, die nach diesem Datum erneuert wurden.

Die Förderung erfolgt in unterschiedlicher Höhe:

Biomasse Anlagen (< 50 MW) für	reine Biomasse: 6,8 Cent/kWh unreine Biomasse: 2,9 Cent/kWh
Biomasse Anlagen (> 50 MW) für	reine Biomasse: 4,8 Cent/kWh unreine Biomasse: 2,9 Cent/kWh

Beispielsweise erhält eine KVA: für 100% Biomasse 2,9 Cent/kWh an Förderung, bei einem Biomasseanteil im Abfall von 50% erhält die Anlage 1,45 Cent/kWh. KVA erhalten allgemein nicht mehr als 2,9 Cent/kWh, auch wenn sie pure Biomasse verbrennen.

Für Siedlungsabfall wird ein fixer Prozentsatz für den Biomasseanteil angenommen. Im ersten Jahr beträgt dieser Anteil 50%. Dieser Satz wird jährlich überprüft.

Um die Förderung zu erhalten ist ein Grünes Zertifikat erforderlich.

Der Mindestwirkungsgrad einer Anlage muss 26% betragen, damit diese in den Genuss der Förderung kommt (diese Bedingung gilt nur für KVA und nicht für andere Anlagen zur Produktion von Erneuerbaren Energien). Der Wirkungsgrad wird berechnet aus der elektrischen Effizienz plus 2/3 der Wärmeeffizienz. Bisher erfüllt erst eine einzige KVA in den Niederlanden diese Bedingung und erhält folglich die Förderung. Der Strom aus dieser KVA ist auch als Strom aus Erneuerbaren Energien zertifiziert und kann unter diesem Label vermarktet werden.

Bedingungen für eine Förderung der Anlage

7.2.5 Deutschland

In Deutschland wurde 2002 aus 13,3 Mio. Tonnen verbranntem Abfall 13,6 Mio. MWh/a an Wärme und 5,3 Mio. MWh/a an Elektrizität produziert. Bei einem durchschnittlichen Brennwert von 3,5 MWh/Tonne Abfall entspricht dies einer Energienutzung von 41%. Bei Verwendung eines Faktors 2 für Elektrizität beträgt die Energienutzung 52%.

Wärmeproduktion wichtiger als Stromproduktion

Der biogene Anteil des Abfalls in Deutschland beträgt gemäss Schätzungen 62%.

Das deutsche EEG (Erneuerbare Energiengesetz) sieht bisher weder eine Anerkennung noch eine Förderung des biogenen Anteils im Abfall vor. Laut EEG werden nur Energieträger gefördert, die zu 100% erneuerbar sind.

Biogener Anteil des Abfalls nicht anerkannt, keine Förderung

Im Rahmen der Novellierung des EEG wird die Anerkennung des biogenen Anteils im Abfall als Träger EE diskutiert. Eine finanzielle Vergütung ist jedoch nicht vorgesehen. Damit wäre der Beitrag der Stromproduktion aus der Abfallverbrennung für die Erreichung der Kyoto-Ziele anrechenbar.

7.2.6 Italien

In Italien werden Abfall und Abfallbrennstoffe (sowohl aus Siedlungsabfall als auch Industrieabfällen) als Träger Erneuerbarer Energien anerkannt. Die Handhabung ist gesetzlich strikt geregelt. Der Energieanteil aus den so genannten Abfallsorten kann für sog. Grüne Zertifizierungen zugelassen werden.

Italien fördert Strom aus Erneuerbaren Energien mit 0,08 Cent/kWh. Ein Durchschnittspreis für Grüne Zertifikate wird durch die nationale Energiebehörde festgelegt.

Für Emissionen ist eine Steuer zu entrichten: Kohlesteuer für Emissionen aus Kraftwerken, die fossile Brennstoffe verwenden.

7.2.7 Übersicht über die Regelungen in den untersuchten Ländern

Die nachfolgende Tabelle liefert eine Übersicht über die wichtigsten Regelungen bezüglich der Stromproduktion in KVA der näher betrachteten 7 Länder.

	Österreich	Deutschland	Niederlande	Schweden	Dänemark	Italien	Schweiz
Anerkennung von Abfall als erneuerbarer Energieträger und/oder Biomasse	ja	nein	ja	nein	ja	ja	nein
Dominierende Energieproduktion aus Abfall	Wärme	Wärme	Wärme	Wärme	Wärme		Wärme
Verhältnis Wärme/ Strom (ca.)	10:1 ¹⁷	2,5:1	1,2:1	23:1	10:1 ¹⁸		2:1
Netzzugang für Strom aus KVA	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja (Abnahmepflicht)
Förderung der Stromproduktion aus Abfall:	ja/ nein ¹⁹	nein	ja	nein	ja (Grenzkostenvergütung)	ja	ja (Grenzkostenvergütung)
spezielle Einspeisetarife	ja/nein ²⁰	nein	ja (Zuschläge)	nein	ja (Zuschläge)	ja	nein
Zertifikate	nein	nein	ja	nein	nein	ja	nein
weitere Förderungen von KVA	nein	nein	n.bek.	nein	je nach Verwendung des Abfalls abgestufte Steuern		Förderung Wärmenetz
Entwicklung der politischen und rechtlichen Rahmenbedingungen	es werden keine Änderungen erwartet	Richtung Anerkennung von Abfall als EE, keine Förderung	n. bek	Reform des Systems, Richtung bisher unklar	Erneuerung Förderungssystem, Zertifikate		in Diskussion

Tabelle 54 Übersicht über geltende Regelungen in sieben Ländern der EU

¹⁷ Zahlen für Fernwärme Wien, nicht für ganz Österreich

¹⁸ Zahlen für städtische Anlagen

¹⁹ Die Energieproduktion aus gewissen Abfallarten wird gefördert, ausgenommen sind Siedlungs- und Industrieabfälle.

²⁰ Spezielle Einspeisetarife für Abfälle aus reiner Biomasse

7.3 Fazit

Viele Länder ändern momentan ihre Systeme

Die in diesem Kapitel beschriebenen Regelungen auf der Ebene einzelner Länder stellen lediglich eine Momentaufnahme dar, da die gesetzlichen Rahmenbedingungen in drei Ländern (Deutschland, Schweden, Dänemark) im Moment geändert werden. Die Richtung dieser Reformen ist unklar, zu erwarten ist aber zumindest eine Anerkennung von Abfall (oder mindestens des biogenen Anteils des Abfalls) als erneuerbare Energiequelle. Dadurch kann die Energieproduktion aus Abfallanlagen an die Erreichung der Kyoto-Ziele angerechnet werden.

Freier Netzzugang gewährleistet

Der freie Netzzugang für stromproduzierende KVA ist in allen Ländern gewährleistet.

Förderung bisher nicht weit verbreitet

Lediglich in den Niederlanden und Dänemark wird Strom aus Abfall finanziell gefördert. Die Förderung in den Niederlanden ist so ausgestaltet, dass bisher lediglich ein Unternehmen in den Genuss der Preissubventionen kommt.

Konzentration auf Stromproduktion

Diese Länderübersicht hat sich auf die Stromproduktion in Abfallanlagen konzentriert. Mögliche Förderungen der Wärmeproduktion (z.B. durch eine Subventionierung der Wärmenetze) wurden nicht dokumentiert. Es ist zu beachten, dass derartige weitere Fördermassnahmen das Abfallmanagement und die Stromproduktion beeinflussen können.

Wenig Anreize zur Erreichung der Ziele

Sollen die in europäischen und gewissen nationalen Absichtserklärungen formulierten Ziele über den Beitrag von Abfall zur Energieproduktion erreicht werden, müssen die Anreizmechanismen dementsprechend ausgestaltet werden. Gemäss Auskunft sämtlicher GesprächspartnerInnen in den einzelnen Ländern bieten die momentanen Rahmenbedingungen nicht genügend Anreize, die Energie- und die Stromproduktion in KVA auszubauen.

8 Fazit und Handlungsbedarf

8.1 Fazit

Die Analyse der vorliegenden Daten sowie die Umfrage bei den KVA der Schweiz zeigen folgendes Bild:

8.1.1 Zusätzliches Potenzial der KVA-Stromproduktion

Das zusätzlich nutzbare Potenzial zur Stromproduktion in der Schweiz kann nur in Grössenordnungen abgeschätzt werden. Die Umfrage hat bezüglich zusätzlichem Strompotenzial nicht die erwünschten Ergebnisse geliefert. Es ist aus der Umfrage jedoch klar ersichtlich, dass ein zusätzliches Potenzial von mindestens 100 GWh besteht. Mit einer best practice Analyse bei vergleichbaren KVA kommt man auf ein zusätzliches Potenzial von 285 GWh.

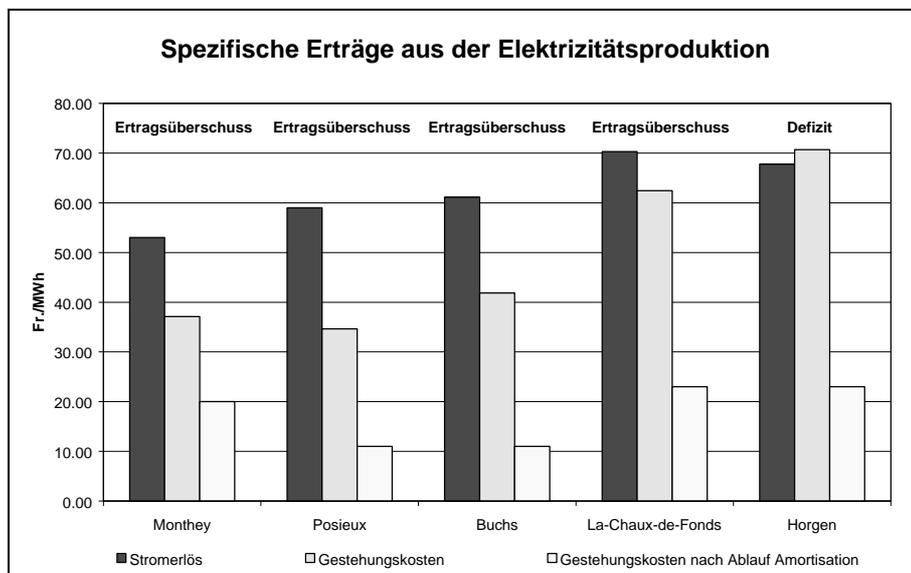
Potenzial nur basierend auf Detailanalyse quantifizierbar

8.1.2 Kostenstruktur der Elektrizitätsproduktion

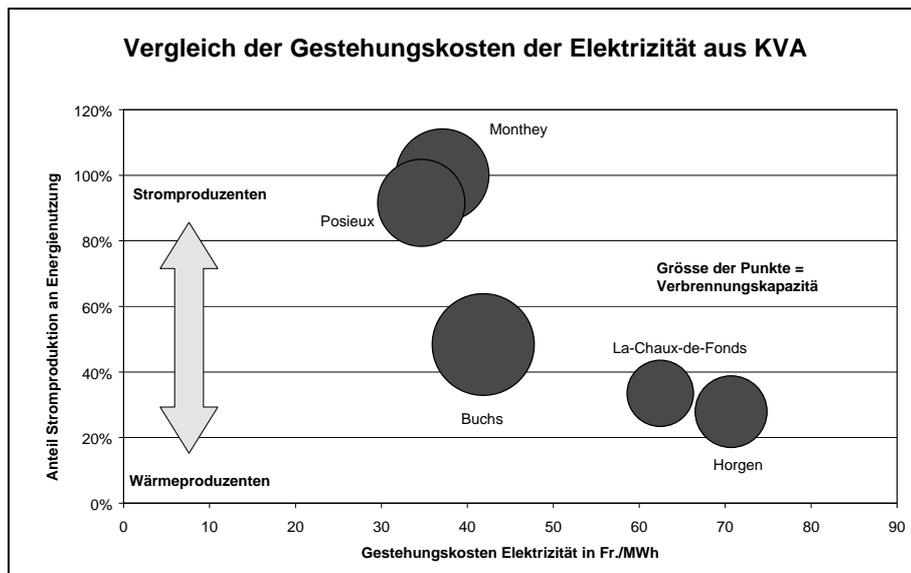
Aus der Auswertung der Fallbeispiele sind folgende Punkte besonders erwähnenswert:

Erwähnenswerte Punkte

- Die Fallbeispiele zeigen, dass die Stromerlöse nicht in jedem Fall die Gestehungskosten decken. Je höher der Anteil Wärmeabgabe an der Energienutzung ist, desto höher sind die Gestehungskosten der Elektrizität. Es ist aber zu beachten, dass auch beim aktuell eher tiefen Elektrizitätspreisniveau die Energienutzung Deckungsbeiträge generiert, die zur Senkung der Abfallentsorgungskosten beitragen.



Figur 13: Vergleich von Kosten und Erträgen der untersuchten KVA



Figur 14: Vergleich der Gestehungskosten der Elektrizität aus KVA für Anlagen, die vornehmlich Wärme oder Strom produzieren (die Grösse der Punkte ist proportional zur Verbrennungskapazität)

- Die variablen Kosten sind deutlich tiefer als die Vollkosten. Die Energienutzung in den KVA wird auch bei weiter sinkenden

Strompreisen Deckungsbeiträge generieren. Die Stromproduktion mit den heutigen Anlagen ist somit nicht akut gefährdet.

- Die Erträge aus der Energieproduktion sind nur in geringem Masse zinssensitiv, grossen Einfluss haben jedoch die Elektrizitätspreise.
- Eine Steigerung bei der Elektrizitätsproduktion fällt bei sämtlichen KVA mit Wärmenutzung im Sommer bei tiefen Elektrizitätspreisen an. Bei KVA ohne Wärmenetz sind die Rahmenbedingungen günstiger, da zusätzliche Erträge aus Arbeits- und Leistungspreisen wirksam werden.
- Es bestehen keine Anreize, eine alte Elektrizitätsproduktionsanlage durch eine leistungsfähigere neue zu ersetzen. Nach Ablauf der Amortisationszeit generieren die Anlagen erhebliche Nettoerträge, die bei einer Sanierung oder Ersatz wegfallen. Angesichts möglicher Überkapazitäten bei der Abfallverbrennung besteht kaum finanzieller Handlungsspielraum, auf diese Nettoerträge zu verzichten. Es ist auf Seiten der KVA vorgesehen, etliche Anlagen zur Energienutzung rund 40 Jahre in Betrieb zu halten!

8.1.3 Heterogenität der KVA

Jede KVA verfügt über eine andere Ausgangslage bezüglich Energienutzung. Insbesondere die Abwärmenutzung mit einer Wärmeversorgung, die dafür nötigen Energiemengen und Temperaturniveaus beeinflussen die Elektrizitätsproduktion erheblich. Es bestehen keine allgemein gültigen und generell umsetzbare Massnahmen zur Steigerung der Energienutzung. Schlussendlich ist jede der knapp 30 KVA in der Schweiz ein Einzelfall, der auch entsprechend zu beurteilen ist.

Zusätzlich sind auch die finanziellen Rahmenbedingungen für die Energienutzung aus KVA unterschiedlich. Die im EnG festgehaltene Vergütung der Elektrizität gemäss marktorientierten Bezugspreisen ist regional unterschiedlich und hängt von den Bezugskonditionen des lokalen EVU ab. Vereinfacht ausgedrückt hängt die Wirtschaftlichkeit der Elektrizitätsproduktion in einer KVA auch von den Kosten der Elektrizitätsbeschaffung bzw. den Kosten der Eigenproduktion des lokalen EVU ab!

8.1.4 Zur Situation in den umliegenden Ländern und deren Erfahrungen

Rahmenbedingungen in Europa werden angepasst

Basierend auf der Richtlinie 2001/77/EG zur Förderung der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energiequellen vom September 2001 passen die europäischen Länder die gesetzlichen Grundlagen an. Es zeichnet sich in der Hälfte der untersuchten Länder eine Anerkennung von einem Teil der Energie aus Abfallanlagen als Erneuerbare Energien ab. Damit sollen Zielbeiträge für das Kyoto-Protokoll und die nationalen Ziele für Erneuerbare Energien erreicht werden.

8.2 Handlungsbedarf

Der Handlungsbedarf bezogen auf die im Kapitel 1 aufgeführten Fragen ist wie folgt:

1. Ist in bestehenden Anlagen das heutige Niveau der Energienutzung gesichert?

Auch wenn die (Voll-)Kosten der Energienutzung und der Elektrizitätsproduktion nicht gedeckt sind, besteht kein akuter Handlungsbedarf. Es werden immer noch Deckungsbeiträge generiert, die Nutzungsdauer der Anlagen übersteigt die Amortisationszeit teilweise bei Weitem. Die Anlagen zur Energienutzung in der KVA können weiterbetrieben und amortisiert werden.

Es besteht kein akuter Handlungsbedarf um die aktuelle Energienutzung zu sichern.

2. Wird in bestehenden Anlagen die Energieeffizienz erhöht?

Es bestehen heute, mit Ausnahme von betrieblichen Optimierungen, keine Anreize alte Anlagen vor Ablauf ihrer Lebensdauer durch energieeffizientere Anlagen zu ersetzen. Die variablen Kosten der Elektrizitätsproduktion sind sehr gering.

Bei den untersuchten Fallbeispiele (Sanierungen) fehlen rund 20 Fr./MWh für einen kostendeckenden Betrieb der (nicht realisierten) Ausbauten.

Um in bestehenden Anlagen die Energieeffizienz zu erhöhen sind zusätzliche Anreize nötig.

3. Ist bei Sanierung oder Ersatz von Anlagen das heutige Niveau der Energienutzung gesichert?

Die bei der Verbrennung anfallende Wärme in KVA ist gemäss Art. 38 TVA zu nutzen, wobei offen bleibt, wie effizient diese Nutzung zu erfolgen hat. Beim Ersatz von Anlagen ist aus wirtschaftlichen Gründen absehbar, dass bei einem Teil der Anlagen nur das gesetzliche Minimum gemacht wird. Vor allem bei Anlagen, die sowohl Wärme als auch Strom produzieren sind die energieeffizientesten Technologien nicht wirtschaftlich, weil die Anlagen zur Stromproduktion weniger ausgelastet sind und die Elektrizität vor allem im Sommer bei tiefen spezifischen Stromerlösen anfällt.

Die Kantone als Vollzugsbehörden von Art. 38 TVA prüfen unseres Wissens nicht in gleichem Masse, ob bei einem Ersatz von Anlagen tatsächlich die energieeffizientesten Anlagen zum Einsatz gelangen.

In der Regel ist das heutige, teilweise jedoch tiefe, Niveau der Energienutzung in KVA bei einem Ersatz von Anlagen so lange gesichert, als TVA Art. 38 durch die Kantone tatsächlich vollzogen wird.

4. Werden bei Sanierung oder Ersatz von Anlagen die energieeffizientesten Technologien eingesetzt?

Auf Grund wirtschaftlicher Überlegungen ist davon auszugehen, dass zukünftig bei einem Ersatz nicht die energieeffizientesten Anlagen zum Einsatz kommen. Bei den untersuchten Fallbeispielen von vornehmlich wärmeproduzierenden Anlagen fehlten rund 20 Fr./MWh für einen kostendeckenden Betrieb einer Kondensationsturbine an Stelle einer Gegendruckturbine.

9 Vorschläge zur Sicherung und Steigerung der Stromproduktion in KVA

9.1 Strategien und Übersicht der Massnahmenvorschläge

Im Folgenden werden Strategien dargestellt, durch eine optimale Gestaltung der Rahmenbedingungen einen Anreiz für Investitionen in energieeffiziente Anlagen zu schaffen. Technische und betriebliche Massnahmen, mit denen die Kosten- und Ertragsstrukturen der Energienutzung der KVA ebenfalls bedeutend verbessert werden können, werden in dieser Arbeit nur am Rande betrachtet (vgl. Kapitel 3.6). Basierend auf dem in Kapitel 8 beschriebenen Handlungsbedarf werden Massnahmen vorgeschlagen.

Präsentation von Strategien zur Gestaltung der Rahmenbedingungen

Die vorgeschlagenen Strategien und Massnahmen sind grundsätzlich kompatibel mit den Arbeiten zur Förderstrategie der Erneuerbaren Energien und der Energieeffizienz.²¹ Es wird unterschieden zwischen Preis- und Mengenregulierungen sowie staatlichen Eingriffen und marktwirtschaftlichen Massnahmen. Auch bei marktwirtschaftlichen Massnahmen hat der Staat eine wichtige Funktion, da er die notwendigen Rahmenbedingungen schaffen und sichern muss. Regulierungen, die in erster Linie die Menge betreffen, haben immer auch Auswirkungen auf den Preis und umgekehrt. Die gesetzliche Anerkennung des biogenen Anteils im Abfall als Erneuerbare Energie sowie die Einführung gesetzlicher Mindestvorschriften werden als flankierende Massnahmen resp. Voraussetzung für die Durchführung und Wirksamkeit weiterer Massnahmen betrachtet und daher ausserhalb der Massnahmenpalette dargestellt.

Strategien beinhalten Preis- oder Mengenregelungen mit staatlichen oder marktwirtschaftlichen Massnahmen.

In der Schweiz wird die Stromproduktion der KVA im Rahmen der Klimapolitik nicht berücksichtigt, da gemäss CO₂-Gesetz der Strom als CO₂-neutral gilt und somit von der CO₂-Abgabe ausgenommen ist. Daher kann eine Erhöhung der Stromproduktion in KVA keine CO₂-Zertifikate generieren und Stromerzeugungsanlagen in KVA kön-

Keine CO₂ - Zertifikate durch Stromproduktion

21 [INFRAS, 2003]

nen nicht Gegenstand internationaler Klimaschutzprojekte, wie z.B. Joint Implementation, sein. Daher wird die CO₂-Politik bei der Ausgestaltung der Massnahmen nicht weiter betrachtet.

Folgende Matrix zeigt eine Übersicht der möglichen Massnahmen zur Sicherung und Erhöhung der Stromproduktion in KVA:

	Staatlicher Eingriff	Marktwirtschaftlicher Eingriff
Eingriff Preis	M1 kostendeckende Stromerlöse M2 Mindestvergütung M3 Investitionsanreize (Beihilfen, zinslose Darlehen) M4 Betriebssubventionen (Defizitgarantien, Beitrag pro prod. kWh)	M7 Vermarktung als Ökostrom
Eingriff Menge	M5 Gesetzliche Quoten (mit oder ohne handelbare Zertifikate) M6 Gesetzliche Mindestvorschriften	M8 Freiwillige Branchenvereinbarungen

*Tabelle 55: Übersicht der vorgeschlagenen Massnahmen zur Sicherung und Erhöhung der Stromproduktion in KVA
(M = Massnahme)*

Die möglichen Finanzierungsarten dieser Massnahmen werden in Abschnitt 9.3 dargestellt.

9.2 Flankierende Massnahmen

9.2.1 Gesetzliche Anerkennung des biogenen Anteils im Abfall

Gesetzliche Anerkennung des biogenen Anteils als wichtige Voraussetzung für verschiedene Massnahmen

Die gesetzliche Anerkennung des biogenen Anteils im Abfall, der über 50% beträgt, ist für die Durchsetzung verschiedener Massnahmen eine wichtige Voraussetzung. Ohne gesetzliche Anerkennung ist die Einführung von Strategien, die Abfall teilweise als erneuerbar behandeln (z.B. Ökostromvermarktung, höhere Einspeisetarife etc.)

schwierig und steht rechtlich auf wackligen Füßen. Wie die Auswertung der Erfahrungen in der EU gezeigt hat, planen zahlreiche Länder eine gesetzliche Anerkennung des biogenen Anteils im Abfall als erneuerbar, oder haben ihn bereits anerkannt.

Für die Erreichung der Ziele von EnergieSchweiz bei der Nutzung Erneuerbarer Energien ist die Energienutzung in KVA zentral. Über 80% der Zielerreichung bei der Steigerung der Elektrizitätsproduktion aus Erneuerbaren Energien von Energie 2000 und EnergieSchweiz stammt aus der Verbrennung von Abfällen. Rechtlich gilt Energie aus Abfall nicht als Erneuerbare Energie, das BFE rechnet jedoch 50% der Energienutzung aus KVA den Zielsetzungen von EnergieSchweiz bei den Erneuerbaren Energien an. Dieser Widerspruch sollte beseitigt werden. Eine gesetzliche Anerkennung des biogenen Anteils im Abfall wird dem Stellenwert des KVA-Stroms in der schweizerischen Energiepolitik gerecht und führt zu einer mit der EU kompatiblen Rechtslage.

Widersprüche bei der Behandlung von Energie aus KVA

Die Anerkennung des energetisch genutzten biogenen Anteils im Abfall als Erneuerbare Energie führt nicht zwingend zu einer Vergütung der Elektrizität gemäss neuen inländischen Kraftwerken (Art. 7 EnG, heute 15 Rp./kWh). Die Vergütung der Elektrizität aus Abfall könnte gleich gehandhabt werden wie Elektrizität aus Wasserkraft. Die höhere Vergütung bei Wasserkraftanlagen ist auf Anlagen < 1 MW Bruttoleistung beschränkt. Zusätzlich kann bei kleineren Anlagen die Vergütung angemessen reduziert werden, falls ein offensichtliches Missverhältnis zwischen Übernahmepreis und Produktionskosten besteht. Ein derartiges Missverhältnis wäre bei den Produktionskosten von Elektrizität aus KVA gegeben.

Anerkennung des erneuerbaren Anteils führt nicht zwingend zu einer Vergütung von 15 Rp./kWh.

9.2.2 Gesetzliche Mindestanforderungen zur Energienutzung

Die Festlegung von gesetzlichen Mindestanforderungen zur Energienutzung kann als flankierende Massnahme die Wirksamkeit der in Abschnitt 9.4 vorgestellten Massnahmen unterstützen. In der technischen Verordnung für Abfälle (TVA Art. 38) ist zwar bereits heute die Verpflichtung zur Wärmenutzung festgelegt, jedoch ohne quantitative

Gesetzliche Mindestvorschriften als flankierende Massnahme

Angaben zur Effizienz der Anlage oder zur Art der Wärmenutzung (als Wärme oder Elektrizität).

Positive Auswirkungen auf Strom- und Wärmeproduktion, aber höhere Kosten für KVA

Eine Quantifizierung der Mindestanforderungen würde garantieren, dass alle KVA einen Mindestwirkungsgrad der Energienutzung erreichen. Je nach Strenge der Vorschriften müssten etliche KVA Massnahmen zur Steigerung des Wirkungsgrads ergreifen. Dies würde sich positiv auf die Strom- und Wärmeproduktion auswirken. Für die KVA bedeuten strengere Mindestanforderungen mehr Aufwand und höhere Kosten, die voraussichtlich durch den Mehrertrag an Strom- und Wärmeerlösen nicht voll gedeckt würden.

Die Minimalanforderungen an die Effizienz (Wirkungsgrad) der Energienutzung in KVA können durch den Bund auf gesetzlichem Weg in einer Verordnung oder in einer verbindlichen Richtlinie festgeschrieben werden.

9.3 Finanzierung

Grundsätzlich können die vorgeschlagenen Massnahmen mit allen hier vorgestellten Finanzierungsmechanismen kombiniert werden. Die Chancen zur Einführung von Massnahmen mit Kostenfolgen sind jedoch oft abhängig vom damit verbundenen Finanzierungsmechanismus. Es sind deshalb die erfolgversprechendsten Kombinationen zu finden. Wir unterscheiden drei Hauptquellen der Finanzierung:

- Zweckgebundene Abgaben
- Allgemeine Steuermittel
- Zusätzliche Erträge für Wärme und Strom am freien Markt

Die Abgaben können auf verschiedenen Ebenen erhoben werden: bei den KonsumentInnen (höhere Sackgebühren und Abgabe pro Tonne Marktkehricht), bei den KVA pro verbrannte Tonne Abfall oder bei der Elektrizität auf der Ebene Höchstspannungsnetz (gemäss EnG Art. 7 Abs. 7). Die Erträge aus Abgaben unterliegen konjunkturellen Schwankungen, sind aber weniger stark den Einflüssen aus der Politik ausgesetzt als Finanzmittel aus allgemeinen Steuern. Eine Änderung der Abgabenhöhe muss durch eine Gesetzes- oder Verord-

nungsänderung erfolgen, während allgemeine Steuermittel dem Budgetprozess unterliegen.

Die Finanzierung aus allgemeinen Steuermitteln ist je nach wirtschaftlicher und politischer Lage unsicher. Die langfristige Verfügbarkeit von Mitteln zur Finanzierung von Programmen und wiederkehrenden Aufgaben kann durch öffentliche Sparprogramme gefährdet werden. Zudem ist der direkte Bezug zur Aufgabe weniger gegeben als bei einer Finanzierung durch Abgaben. In der aktuellen finanziellen Situation ist der Einsatz zusätzlicher öffentlicher Mittel sehr schwierig zu realisieren.

Sowohl Abgaben als auch allgemeine Steuermittel können direkt für die Finanzierung der Massnahmen verwendet werden oder es können Fonds geäufnet werden, mit denen die jährlich schwankenden Aufwendungen für Massnahmen finanziert werden.

Zusätzliche Erträge am freien Markt werden durch die Vermarktung als Ökostrom generiert. Zu beachten sind jedoch auch die höheren Aufwendungen für die Vermarktung.

Auf den folgenden Seiten werden verschiedene Ausgestaltungen von Finanzierungsmechanismen vorgestellt.

Abgabe auf Ebene Höchstspannungsnetz

Ausgestaltung	Es wird eine Abgabe auf der Ebene des Höchstspannungsnetzes auf der durchgeleiteten Elektrizität erhoben. Diese Abgabe wird ausschliesslich zur Finanzierung von effizienz- und produktionssteigernden Massnahmen verwendet.
Rechtliche Voraussetzungen	Die Erhebung der Abgabe ist durch EnG Art. 7. Abs. 7 rechtlich möglich. Gesetzesänderung: Anerkennung des biogenen Anteils im Abfall als erneuerbar (Änderung EnV Art.1 Bst. f.) Änderung der KAP-Empfehlungen (analog Kleinwasserkraftwerke, aber ohne Grössenbeschränkung)
Flexibilität zu notwendigen Anpassungen	Die Richtlinien der KAP können im Vergleich zu einer Gesetzes- oder Verordnungsänderung relativ einfach angepasst werden.
Hemmnisse / Akzeptanz	Zusätzliche Abgaben auf dem Hochspannungsnetz sind politisch schwierig einzuführen.

Finanzierungsart Abgabe auf Abfall

Ausgestaltung	Diese Abgabe kann durch eine Erhöhung oder Einführung der Sackgebühren und/oder eine Abgabe auf dem Marktkehricht realisiert werden. Wenn die Abgabe schweizweit eingeführt wird, funktioniert dies auch beim Marktkehricht trotz freier Wettbewerbspreise. Die Höhe der Abgabe wird pro Kilo resp. Tonne festgelegt. Eine Ausgestaltung mit einem einheitlichen Abgabesatz und möglichst ohne Ausnahmeregelungen erleichtert den Vollzug wesentlich.
Rechtliche Voraussetzungen	Es muss vertieft geprüft werden auf welcher gesetzlichen Grundlage eine solche Abgabe eingeführt werden kann (vergleichbar mit vorgezogener Entsorgungsgebühr VREG bei Elektrogeräten) Der Grundsatzentscheid müsste voraussichtlich im USG verankert werden, Ausgestaltung, Abgabenhöhe und Vollzug in einer Verordnung geregelt werden. (vergleichbar mit VOC-Lenkungsabgabe)
Flexibilität zu notwendigen Anpassungen	Der Finanzbedarf und die Abfallmenge lassen sich im voraus relativ genau bestimmen. Die Abgabenhöhe muss bei Bedarf angepasst werden, was eine Verordnungsänderung. Notwendig macht.
Hemmnisse / Akzeptanz	Es ist politisch schwierig, neue Abgaben einzuführen.

Allgemeine Steuermittel

Ausgestaltung	Die Finanzierung effizienz- und produktionssteigernder Massnahmen wird im ordentlichen Budget des Bundes oder der Kantone geregelt. Die jährlichen Beiträge werden in der mehrjährigen Finanzplanung berücksichtigt und jährlich im Budget festgelegt.
Rechtliche Voraussetzungen	Gegeben (EnG Art. 14)
Flexibilität zu notwendigen Anpassungen	Innerhalb der mehrjährigen Finanzplanung besteht im jährlichen Budget Spielraum, die Beträge den Bedürfnissen anzupassen.
Hemmnisse / Akzeptanz	Die Finanzierung aus allgemeinen Steuermitteln ist je nach wirtschaftlicher und politischer Lage eher unsicher. Die Diskussion um das Sparprogramm 03 und die Kürzungen im Programm EnergieSchweiz zeigen die Grenzen klar auf. Die langfristige Verfügbarkeit von Mitteln zur Finanzierung von Programmen und wiederkehrenden Aufgaben kann durch Sparprogramme der öffentlichen Hand gefährdet werden. Zudem ist der direkte Bezug zur Aufgabe weniger gegeben als bei einer Finanzierung durch Abgaben.

9.3.1 Kombinationen von Massnahmen und Finanzierungsmechanismen

Grundsätzlich kann jede Massnahme mit jeder Finanzierungsart kombiniert werden, es werden jedoch folgende Kombinationen mit erhöhter Anreizstruktur beschrieben:

- Kostendeckende Stromerlöse mit Finanzierung durch eine Abgabe auf Hochspannungsnetz
- Investitionsbeiträge mit Finanzierung durch Abgabe auf Hochspannungsnetz
- Investitionsbeiträge mit Finanzierung durch Abgabe auf Abfall

Die Finanzierung aus allgemeinen Steuermitteln sowie die Ausrichtung von allgemeinen Betriebssubventionen verlieren als Instrumente von Finanz- und Förderpolitiken zunehmend an Akzeptanz und Bedeutung und werden daher nicht näher erläutert. Gesetzliche Quoten und Vermarktung als Ökostrom finanzieren sich durch höhere Marktpreise und nicht durch einen staatlichen Finanzierungsmechanismus. Gesetzliche Mindestvorschriften und Vereinbarungen stellen wirksame flankierende Massnahmen dar, die in Kombination mit anderen Massnahmen angewendet werden.

a) Kostendeckende Stromerlöse mit Finanzierung durch eine Abgabe auf Hochspannungsnetz

Gegen Nachweis wird bei höheren Gestehungskosten als die marktorientierten Bezugspreise ein kostendeckender Stromerlös sichergestellt. Die Finanzierung der Mehrkosten erfolgt analog den übrigen Erneuerbaren Energien durch eine Abgabe auf den Höchstspannungsnetz (EnG Art. 7 Abs. 7).

Diese Variante kann relativ einfach realisiert werden indem der erneuerbare Anteil des Abfalls anderen Erneuerbaren Energien gleichgestellt wird. Die Finanzierung via Abgabe auf dem Hochspannungsnetz ist im Einklang mit den Zielen von EnergieSchweiz zur Förderung der Erneuerbaren Energien.

Es besteht jedoch die Gefahr, dass durch die Kostendeckung ineffiziente Betriebe gestützt werden. Flankierende Massnahmen, wie die Festlegung von Mindestvorschriften bzgl. Energieeffizienz oder der Abschluss einer Vereinbarung zur Steigerung der Energieeffizienz, erhöhen den Anreiz dieser Massnahme zur Produktionserhöhung.

Folgende Randbedingungen verbessern die Wirksamkeit der Massnahme:

- Spezifizierung von Mindestvorschriften oder Abschluss einer Zielvereinbarung mit der Branche
- Bei Vereinbarungen: Begrenzen der zeitlichen Dauer der speziellen Vergütung (z.B. bis Anlagen amortisiert sind)
- Einführung einer standardisierten Rechnungslegung mit Kostenträgerrechnung
- Begrenzung der Vergütung auf max. 12 Rp. pro kWh gegen Nachweis der Kosten

b) Investitionsbeiträge mit Finanzierung durch Abgabe auf Abfall

Diese Variante entspricht dem gesetzlichen Auftrag zur Energienutzung gemäss TVA. Der Anreiz für energieeffiziente Investitionen ist hoch und kann direkt gesteuert werden, indem Einzelprojekte bewilligt werden.

Hauptnachteil dieser Variante ist die aufwendige und politisch schwierige Einführung einer neuen Abgabe. Voraussichtlich ist eine Gesetzesänderung und eine eigene Verordnung mit Ausführungsbestimmungen und Vollzugsregelungen notwendig.

Auch hier wird die Wirksamkeit verbessert durch Spezifikation von Mindestvorschriften und Einführung eines Controllings, das allerdings einfacher ausgestaltet werden kann als bei Variante a).

c) Investitionsbeiträge mit Finanzierung durch Abgabe auf Hochspannungsnetz

Diese Kombination weist grundsätzlich die gleichen Merkmale auf wie die Kombination b). Es steht jedoch die Förderung der Erneuerbaren Energien mit den Zielen von EnergieSchweiz im Vordergrund.

9.4 Massnahmenvorschläge

Auf den folgenden Seiten werden die Ausgestaltung und die voraussichtliche Wirkung der Massnahmen auf die Elektrizitätsproduktion, die Wärmenutzung und die Abfallwirtschaft beschrieben. Die notwendigen rechtlichen Anpassungen werden kurz dargestellt. Die Vollzugskosten der Massnahme sowie allfällige Hemmnisse und die Akzeptanz der Einführung vervollständigen den Beschrieb. Die Mechanismen zur Finanzierung der Massnahmen wurden in Abschnitt 9.3 separat dargestellt.

Massnahme	M1 Kostendeckende Stromerlöse durch spezielle Vergütung des erneuerbaren Anteils der Stromproduktion
Ausgestaltung	<p>Die neue Regelung der Elektrizitätsvergütung berücksichtigt, dass über 50% des Abfalls aus Biomasse besteht. Für den erneuerbaren Anteil der Stromproduktion wird eine Vergütung in der Höhe von heute 15 Rp. (gemäss neuen inländischen Kraftwerken) ausgerichtet, sofern die Gestehungskosten höher sind als die Vergütung gemäss marktorientierten Bezugspreisen. Die Nachweispflicht der höheren Kosten liegt bei der Betreiberin KVA.</p> <p>Der erneuerbare Anteil wird für alle KVA identisch festgelegt. Eine Verbindung dieser Massnahme mit Mindestvorschriften erhöht die Wirksamkeit deutlich.</p>
Rechtliche Voraussetzungen	Gesetzesänderung: Regelung der höheren Vergütung in EnG Art. 7, Anerkennung des biogenen Anteils im Abfall als erneuerbar (Änderung EnV Art.1 Bst. f.), Anpassung der KAP-Empfehlungen
Wirkung auf Elektrizitätsproduktion	Positiv: Anreize zu Produktionserhöhung sind gegeben. Mit Mindestvorschriften erheblicher Anreiz, energieeffiziente Sanierungen durchzuführen und die Produktion zu erhöhen.
Wirkung auf Wärmenutzung	Negativ: höhere Stromerlöse konkurrenzieren Wärmenutzung. Für Fernwärmeversorgungen, deren Wärmepreis ab KVA an den Stromerlös gekoppelt ist, resultieren höhere Wärmekosten.
Wirkung auf Abfallwirtschaft	Allfällige bestehende Defizite aus aktueller Stromproduktion sind gedeckt. Ohne Auflagen zur Energieeffizienz ist die Wirkung dieser Massnahme jedoch relativ gering und der Anreiz, bei Ersatz die energieeffizienteste Lösungen zu wählen eher schwach.
Kosten Vollzug	Der Vollzug dieser Massnahme würde voraussichtlich nur geringe Kosten verursachen, die kantonal zuständige Stelle müsste die Produktionskosten der Elektrizität aus KVA beurteilen.
Beurteilung der Massnahme	
Hemmnisse	Die Finanzierung der Massnahme ist nicht geklärt.
Akzeptanz	<p>Politisch: eher klein, da Finanzierung nicht geklärt ist.</p> <p>Abfallwirtschaft: gut</p> <p>Energiewirtschaft: eher klein, wegen Mehrkosten auf Hochspannungsnetz</p>
Praktikabilität	Das System ist bekannt von Wasserkraftwerken bis 1MW. Die Plausibilisierung der Gestehungskosten der Elektrizität aus KVA ist anspruchsvoll.
Eignung der Massnahme für die Bereiche mit Handlungsbedarf	<p>Weiterbetrieb mit Steigerung EE: geeignet, falls Kombination mit Mindestvorschriften, sonst wirkungslos</p> <p>Ersatz mit Erhaltung Status Quo: geeignet</p> <p>Ersatz mit Steigerung EE: geeignet</p> <p>Bei Ersatz der Anlagen ist von einer Erhöhung der Energienutzung auszugehen. Bei laufenden Anlagen wird die Massnahme zu höheren Einnahmen der KVA führen. Ohne Einführung eines Mindestwirkungsgrads keine Erhöhung der Energienutzung in bestehenden Anlagen.</p>

Massnahme	M2 Festlegen einer Mindestvergütung
Ausgestaltung	Es wird eine auf nationaler Ebene einheitliche Mindestvergütung für Strom und Wärme festgelegt, die z.B. einem mittleren marktorientierten Bezugspreis entspricht. Die Mindestvergütung ermöglicht KVA, die in Konkurrenz zu preisgünstigen lokalen Stromproduzenten stehen, ihr aus wirtschaftlichen Gründen ungenutztes Effizienzpotenzial besser auszunutzen und ihre Energienutzung zu erhöhen.
Rechtliche Voraussetzungen	Anpassung der KAP-Empfehlungen notwendig
Wirkung auf Elektrizitätsproduktion	Positiv: Anreize zu Produktionserhöhung sind gegeben. In Kombination mit Mindestvorschriften erheblicher Anreiz, energieeffiziente Sanierungen durchzuführen und die Produktion zu erhöhen
Wirkung auf Wärmenutzung	Positiv: Anreize zu Produktionserhöhung sind gegeben. In Kombination mit Mindestvorschriften erheblicher Anreiz, energieeffiziente Sanierungen durchzuführen und die Produktion zu erhöhen
Wirkung auf Abfallwirtschaft	Allfällige Unterschiede bei der Energienutzung werden eliminiert. Ohne Auflagen zur Energieeffizienz ist die Wirkung dieser Massnahme jedoch relativ gering und der Anreiz, bei Ersatz die energieeffizienteste Lösungen zu wählen eher schwach.
Kosten Vollzug	Der Vollzug dieser Massnahme würde nur geringe Kosten verursachen. Das Controlling von einzuhaltenden Mindestvorschriften verursacht einen gewissen Aufwand, der bei der begrenzten Zahl der KVA aber überschaubar ist.
Beurteilung der Massnahme	
Hemmnisse	keine
Akzeptanz	Politisch: gut Abfallwirtschaft: gut Energiewirtschaft: klein, da die Mindestabnahmepreise die Kosten für die Energiewirtschaft erhöhen.
Praktikabilität	Einfach umzusetzendes System, falls kombiniert mit Mindestvorschriften resultiert Controllingaufwand.
Eignung der Massnahme für die Bereiche mit Handlungsbedarf	Weiterbetrieb mit Steigerung EE: geeignet, falls Kombination mit Mindestvorschriften, sonst wirkungslos Ersatz mit Erhaltung Status Quo: geeignet Ersatz mit Steigerung EE: geeignet Die Kombination der Massnahme mit einem vorgeschriebenen Mindestwirkungsgrad erhöht die Wirksamkeit deutlich.

Massnahme	M3 Investitionsanreize
Ausgestaltung	Zu dieser Massnahme gehören Investitionsbeihilfen und zinslose Darlehen, die durch den Bund gewährt werden, um Anlagen nach Ablauf der Lebensdauer zu ersetzen oder um energieeffizienzsteigernde Massnahmen durchzuführen. Um die Wirksamkeit der Beiträge zu gewährleisten, müssen die Anforderungen an Investitionen und die Kriterien zur Energienutzung vorgegeben werden. (vgl. M6 Mindestanforderungen)
Rechtliche Voraussetzungen	Sind gegeben (EnG, Art. 13 und Art. 14)
Wirkung auf Elektrizitätsproduktion	Positiv: Direkter Anreiz bei Ersatz von Anlagen die energieeffizientere Lösung zu wählen.
Wirkung auf Wärmenutzung	Positiv: Diese Massnahme ist auch für die Wärmenutzung anwendbar und kann die Erweiterung von Fernwärmenetzen oder Massnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz fördern.
Wirkung auf Abfallwirtschaft	Investitionsbeiträge führen dazu, dass die Energienutzung wirtschaftlich betrieben werden kann und die Rechnung der KVA nicht belastet wird.
Kosten Vollzug	Der Vollzug dieser Massnahme beinhaltet die Prüfung von Investitionsprojekten sowie das Controlling der realisierten Investitionen analog P+D Projekte. Der Vollzugsaufwand ist gering.
Beurteilung der Massnahme	
Hemmnisse	Die Finanzierung der Massnahme ist nicht geklärt.
Akzeptanz	Politisch: einerseits gute Akzeptanz, da die Gelder einmalig in klar definierte Projekte fliessen und nicht über Jahre hinweg Beiträge gezahlt werden müssen. Ist ein gängiges Instrument für Förderungspolitikern. Andererseits wirkt die ungeklärte Finanzierung hemmend. Abfallwirtschaft: gut Energiewirtschaft: gut
Praktikabilität	Einfache Handhabung. Beiträge aufgrund eingereicherter Projekte mit klar umrissenem Nutzen.
Eignung der Massnahme für die Bereiche mit Handlungsbedarf	Weiterbetrieb mit Steigerung EE: wenig geeignet, da wenig Wirkung Ersatz mit Erhaltung Status Quo: geeignet Ersatz mit Steigerung EE: geeignet

Massnahme	M4 Betriebssubventionen
Ausgestaltung	<p>Eine Möglichkeit, den Weiterbetrieb von Anlagen zu sichern und Neuinvestitionen zu fördern, ist die Ausrichtung von allgemeinen Betriebsbeiträgen oder Gewährung von Defizitgarantien. Damit verbunden werden sollten Auflagen an die Betriebe, da sonst die Gefahr besteht, nach dem Giesskannenprinzip Gelder zu verteilen. So verpflichten sich die KVA zur Erhöhung der Energienutzung (z.B. Mindestanforderung an Wirkungsgrad Strom 20%) und erhalten im Gegenzug staatliche Unterstützung.</p> <p>In den Niederlanden wird dies bereits so praktiziert. Zusätzlich zu einer strengen Anforderung an den Mindestwirkungsgrad wird die Bedingung gestellt, dass die KVA über ein grünes Zertifikat (Ökostrom) verfügen.</p>
Rechtliche Voraussetzungen	Eine Änderung des EnG wäre vermutlich notwendig, da heute gemäss EnG Art. 14 Betriebsbeiträge nur ausnahmsweise gewährt werden.
Wirkung auf Elektrizitätsproduktion	Mit der klaren Definition der Mindestanforderungen kann eine gute Wirkung erzielt werden. Die Gefahr besteht, dass die Betriebssubventionen ineffiziente Betriebsstrukturen stützen.
Wirkung auf Wärmenutzung	Siehe Elektrizitätsproduktion
Wirkung auf Abfallwirtschaft	Das Defizit der Energienutzung ist gedeckt und Investitionen sind möglich.
Kosten Vollzug	Die Kosten sind als eher hoch einzuschätzen. Fördert die Effizienz der Betriebe nicht. Bei Neuinvestitionen werden unter Umständen nicht die kosteneffizientesten Lösungen gewählt.
Beurteilung der Massnahme	
Hemmnisse	<p>Die Wirksamkeitsüberprüfung ist schwierig und das Kosten / Nutzen-Verhältnis ungünstig.</p> <p>Die Finanzierung ist nicht geklärt.</p>
Akzeptanz	<p>Politisch: geringe Akzeptanz</p> <p>Abfallwirtschaft: gut</p> <p>Energiewirtschaft: nicht bekannt</p>
Praktikabilität	Schwierige resp. aufwendige Wirksamkeitsüberprüfung
Eignung der Massnahme für die Bereiche mit Handlungsbedarf	<p>Weiterbetrieb mit Steigerung EE: wenig geeignet</p> <p>Ersatz mit Erhaltung Status Quo: wenig geeignet</p> <p>Ersatz mit Steigerung EE: wenig geeignet</p>

Massnahme	M5 Gesetzliche Mengenquoten für Erneuerbare Energien (mit oder ohne handelbare Zertifikate)
Ausgestaltung	Die Quotenregelung basiert auf einer Mengensteuerung mit der die Energieversorgungsunternehmen (EVU) in einer Vereinbarung verpflichtet werden, jährlich einen bestimmten Anteil an Strom aus Erneuerbaren Energien anzubieten. Es wird ein Mengenziel (Anzahl kWh) gesetzlich festgelegt, der Preis bildet sich frei am Markt. Die EVU können den Strom unter anderem auch aus KVA beschaffen. Für die KVA besteht in diesem System jedoch keine Abnahmegarantie. Die Festsetzung der "richtigen" Höhe der Quote muss sorgfältig erfolgen. Ist sie zu hoch, so kann das Ziel nicht erreicht werden, ist sie zu tief, so können die Produzenten ihren Strom aus erneuerbaren Quellen nicht absetzen. Das System kann mit handelbaren Zertifikaten ergänzt werden, wodurch die praktische Handhabung des Instruments flexibilisiert wird.
Rechtliche Voraussetzungen	Gesetzesänderung: Anerkennung des biogenen Anteils im Abfall als erneuerbar (Änderung EnV Art.1 Bst. f.) Gesetzliche Regelung der Quoten notwendig
Wirkung auf Elektrizitätsproduktion	Positiv: Im Verhältnis zu anderem erneuerbaren Strom (z.B. Wind, Sonne) ist der KVA Strom relativ günstig. Dieser Preisvorteil sichert die Nachfrage und bietet Anreize für eine erhöhte Produktion.
Wirkung auf Wärmenutzung	Positiv: Dieser Mechanismus lässt sich prinzipiell auch bei der Wärmenutzung anwenden, Bedingung dafür ist jedoch die Handelbarkeit von Zertifikaten, da sonst das Absatzgebiet zu eingeschränkt ist. Negativ: Ohne handelbare Zertifikate sind die Chancen für die Wärmeproduzenten gering, da die Wärmenetze auf ein fixes Verteilungsgebiet beschränkt sind.
Wirkung auf Abfallwirtschaft	Die KVA stehen in Konkurrenz zu anderen Produzenten, die Strom aus erneuerbaren Quellen anbieten. Die Wirkung ist stark von der Detailausgestaltung des Systems abhängig.
Kosten Vollzug	Relativ aufwendiger Vollzug (Vereinbarungen mit EVU)
Beurteilung der Massnahme	
Hemmnisse	Komplexes System, Gefahr der Intransparenz
Akzeptanz	Politisch: nicht bekannt Abfallwirtschaft: nicht bekannt Energiewirtschaft: nicht bekannt
Praktikabilität	Das System ist aufwändig und nicht für sich allein umsetzbar, sondern nur innerhalb einer neuen Gesamtstrategie zur Förderung Erneuerbarer Energien. Eine gesetzliche Quote für EVU zum Bezug von Strom aus KVA allein ist nicht machbar und auch nicht sinnvoll.
Eignung der Massnahme für die Bereiche mit Handlungsbedarf	Weiterbetrieb mit Steigerung EE: bedingt geeignet Ersatz mit Erhaltung Status Quo: bedingt geeignet Ersatz mit Steigerung EE: bedingt geeignet

Massnahme	M6 Gesetzliche Mindestvorschriften zur Energienutzung
Ausgestaltung	Der Bund formuliert rechtlich verbindliche Minimalanforderungen an die Effizienz (Wirkungsgrad) der Energienutzung in KVA. TVA Art. 38 schreibt bereits heute die Verpflichtung zur Wärmenutzung vor, es werden jedoch keine quantitativen Angaben zur Effizienz der Anlage oder zur Art der Wärmenutzung (als Wärme oder Elektrizität) gemacht. Dies muss per Verordnung oder Richtlinie festgeschrieben werden. Der Vollzug der Vorschriften liegt bei den Kantonen.
Rechtliche Voraussetzungen	Kann mit einer verbindlichen Richtlinie geregelt werden.
Wirkung auf Elektrizitätsproduktion	Positiv: Eine strenge Festlegung der Vorschriften bewirkt, dass etliche KVA ihren Wirkungsgrad steigern müssen. Dadurch steigt die Stromproduktion. Bei Anlagen mit grosser Wärmenutzung resultieren keine zusätzlichen Anreize die Stromnutzung zu verbessern, da sie bereits über einen guten Energienutzungsgrad verfügen.
Wirkung auf Wärmenutzung	Positiv: Eine strenge Festlegung der Vorschriften bewirkt, dass etliche KVA ihren Wirkungsgrad steigern müssen. Dadurch steigt die Wärmenutzung.
Wirkung auf Abfallwirtschaft	Für die KVA bedeuten strengere Mindestanforderungen mehr Aufwand und Kosten. Voraussichtlich würde der Mehrertrag an Strom (und Wärme) diesen Mehraufwand nicht decken.
Kosten Vollzug	Der Vollzug dieser Massnahme beinhaltet die Ausarbeitung der Vorschriften, die Durchsetzung und die Wirkungskontrolle der Massnahme. Bei 28 KVA ist der zusätzliche Kontrollaufwand vertretbar.
Beurteilung der Massnahme	
Hemmnisse	Von Seiten der KVA wird die Akzeptanz ohne gesicherte Finanzierung gering sein.
Akzeptanz	Politisch: gut Abfallwirtschaft: gering (Kosten) Energiewirtschaft: nicht bekannt
Praktikabilität	Das Instrument ist bekannt und kann evt. mit anderen bereits bestehenden Vorschriften, die ebenfalls kontrolliert werden müssen, kombiniert werden.
Eignung der Massnahme für die Bereiche mit Handlungsbedarf	Weiterbetrieb mit Steigerung EE: geeignet Ersatz mit Erhaltung Status Quo: geeignet Ersatz mit Steigerung EE: geeignet

Massnahme	M7 Vermarktung als Ökostrom
Ausgestaltung	Durch Vermarktung des biogenen Anteils des KVA-Stroms als Ökostrom können am Markt möglicherweise höhere Preise als bisher erzielt werden. Die KVA können sich an bestehende Labels anschliessen (evt. eigene Kategorie) oder die Vermarktung in eigener Regie durchführen. Es besteht auch die Möglichkeit, statt eines anerkannten, zertifizierten Labels eine Selbstdeklaration zu erarbeiten. Das Marketing nimmt einen hohen Stellenwert ein, von ihm hängt es weitgehend ab, ob ein Ökostromangebot Erfolg hat oder nicht.
Rechtliche Voraussetzungen	Gesetzliche Anerkennung des biogenen Anteils als Erneuerbare Energie ist nicht zwingend aber sinnvoll.
Wirkung auf Elektrizitätsproduktion	Positiv: Wenn die Vermarktung als Ökostrom gelingt, so können die KVA ihre Stromproduktion zu höheren Preisen absetzen. Dies schafft Anreize für Mehrproduktion.
Wirkung auf Wärmenutzung	Geringe negative Wirkung, da vermehrt Anreize bestehen, die Stromproduktion auf Kosten der Wärmenutzung auszubauen. Positiv: Wird auch für Wärme eine Öko-Vermarktung aufgebaut, so kann dies ein Anreiz darstellen, die Wärmenutzung auszubauen.
Wirkung auf Abfallwirtschaft	Positiv: Höhere Energieerlöse bewirken eine Verbesserung des Jahresergebnisses.
Kosten Vollzug	Die Vermarktung des KVA Stroms als Ökostrom verursacht Kosten, die jedoch vergleichbar sein dürften mit denen der Vermarktung anderer Erneuerbarer Energien. Falls der Anschluss an ein bestehendes Label nicht gelingt, ist der Marketingaufwand erheblich und kann in der Grössenordnung des erzielten Mehrerlöses liegen. Die Erfahrung aus anderen Erneuerbaren zeigt, dass ein Markt für Ökostrom existiert und die Konsumentinnen bereit sind, dafür einen höheren Preis zu zahlen. Wenn die Vermarktung effizient erfolgt, so ist diese Massnahme sehr effektiv.
Beurteilung der Massnahme	
Hemmnisse	Gefahr der Intransparenz von zu vielen unterschiedlichen Labels, Gefahr von zu aufwendiger Vermarktung
Akzeptanz	Politisch: gut Abfallwirtschaft: gut Energiewirtschaft: gut
Praktikabilität	Bei Anschluss an bestehende Labels ist diese Massnahme einfach umsetzbar. Für KVA darf Marketingaufwand nicht zu gross werden.
Eignung der Massnahme für die Bereiche mit Handlungsbedarf	Weiterbetrieb mit Steigerung EE: geeignet Ersatz mit Erhaltung Status Quo: geeignet Ersatz mit Steigerung EE: geeignet

Massnahme	M8 Freiwillige Branchenvereinbarung
Ausgestaltung	<p>Durch Verhandlungen schliesst der Bund mit den KVA Vereinbarungen zur Erhöhung der Energieeffizienz ab. Eine solche Vereinbarung kann eine Alternative darstellen zu einer rechtlichen Verpflichtung. Die begrenzte Zahl der KVA ist eine gute Voraussetzung, eine wirksame Kontrolle und die Erfüllung der Vereinbarung durchzusetzen.</p> <p>Den KVA kann durch die Verknüpfung der Vereinbarung mit Subventionen, Investitionsanreizen oder höheren Einspeisetarifen ein Anreiz gegeben werden, eine Vereinbarung abzuschliessen. Ebenso bietet die Befreiung von Steuern oder einer neu einzuführenden Abgabe auf Abfall einen Anreiz, eine Vereinbarung abzuschliessen.</p>
Rechtliche Voraussetzungen	Gegeben durch EnG Art. 2 Abs. 3
Wirkung auf Elektrizitätsproduktion	Positiv: durch die erhöhte Energieeffizienz steigt die Stromproduktion.
Wirkung auf Wärmenutzung	Positiv: die Vereinbarungen können auch für die Wärmenutzung abgeschlossen werden. Dadurch wird auch im Wärmebereich das Potenzial besser genutzt.
Wirkung auf Abfallwirtschaft	Die Kosten für die Effizienzsteigerung fallen bei der Abfallwirtschaft an, es entstehen jedoch auch Mehrerträge. Die Abfallwirtschaft wird - ohne externe Zusatzfinanzierung - nur bereit sein Massnahmen zu finanzieren, die wirtschaftlich rentabel sind.
Kosten Vollzug	Die Verhandlungen und die Wirkungskontrolle sind relativ aufwendig.
Beurteilung der Massnahme	
Hemmnisse	Die KVA haben nur einen Anreiz eine Vereinbarung abzuschliessen, wenn sie dadurch einen Vorteil in einem anderen Bereich erlangen (z.B. von einer Abgabe befreit werden oder Beiträge erhalten).
Akzeptanz	<p>Politisch: gut</p> <p>Abfallwirtschaft: ? Für diejenigen KVA, die als erste eine Sanierung mit höherem Energienutzungsgrad in Angriff nehmen, resultiert durch allenfalls höhere Abfallgebühren ein erheblicher Nachteil beim Marktkehricht und damit verbundene Auslastungsprobleme.</p> <p>Energiewirtschaft: gut</p>
Praktikabilität	Der Verhandlungsaufwand ist gross. Es sollte daher eine Branchenvereinbarung an Stelle von Einzelvereinbarungen angestrebt werden.
Eignung der Massnahme für die Bereiche mit Handlungsbedarf	<p>Weiterbetrieb mit Steigerung EE: geeignet</p> <p>Ersatz mit Erhaltung Status Quo: geeignet</p> <p>Ersatz mit Steigerung EE: geeignet</p>

10 Empfehlungen

Wir empfehlen Ihnen zur Sicherung und Steigerung der Energienutzung aus KVA folgende Massnahmen:

1. Anerkennung des biogenen Anteils im Abfall als erneuerbaren Energieträger

Damit wird eine Gleichstellung der Energienutzung in schweizerischen KVA mit der EU erreicht und der bisherigen Praxis im Rahmen von EnergieSchweiz Rechnung getragen.²²

2. Mindestanforderungen für die Energienutzung in KVA als Präzisierung von Art. 38 TVA oder eine Branchenvereinbarung zur Steigerung der Energieeffizienz in den Schweizerischen KVA

Die TVA schreibt in Art. 38a die Nutzung der bei der Abfallverbrennung entstehenden Wärme vor. Dieser Artikel enthält aber keine Vorgaben über das Ausmass der Nutzung. Es ist daher sinnvoll, im Rahmen einer zukünftigen Änderung der TVA den Art. 38 durch die Festlegung von Mindestanforderungen der Energienutzung zu ergänzen.

Dabei ist zu beachten, dass für diejenigen KVA, die einen Zielbeitrag liefern oder die Mindestanforderungen als Erste erfüllen, durch allfällige höhere Betriebskosten keine Nachteile beim Marktkehrrecht resultieren. Es braucht einen finanziellen Ausgleichsmechanismus.

3. Sicherstellen der Wirtschaftlichkeit der energieeffizientesten Technologien bei Sanierungen und Neubauten der Anlagen zur Energienutzung

Dafür stehen aus unserer Sicht zwei unterschiedliche Varianten im Vordergrund:

²² Diese Massnahme soll nicht automatisch zu einer Vergütung gemäss neuen inländischen Kraftwerken führen (zurzeit 15 Rp./kWh).

- Umsetzung EnG und Förderung der Erneuerbaren Energien:
Die für die Förderung der Erneuerbaren Energien entwickelten Mechanismen und Verfahren werden auf die Elektrizität aus KVA ausgeweitet.

Es werden kostendeckende Stromerlöse sichergestellt, indem die Mehrkosten gegenüber den marktorientierten Bezugspreisen analog den übrigen Erneuerbaren Energien abgegolten werden. Als Höchstpreis gilt, dass 50% der Energie gemäss neuen inländischen Kraftwerken vergütet werden. Die Finanzierung (ca. 2-3 Mio. Fr./a als Höchstwert) erfolgt analog den übrigen Erneuerbaren Energien über eine Abgabe auf dem Höchstspannungsnetz (EnG Art. 7 Abs. 7). Analog den Wasserkraftwerken ist sicherzustellen, dass bei einem offensichtlichen Missverhältnis von Kosten und Entschädigung die Entschädigung angemessen reduziert werden kann. Wir schlagen vor, entgegen der Situation bei den Wasserkraftwerken, die Nachweispflicht derart umzukehren, dass grundsätzlich die marktorientierten Bezugspreise gelten. Es sei denn die KVA kann höhere Gestehungskosten nachweisen.²³

Als Voraussetzung für eine Abgeltung von Mehrkosten ist ein harmonisiertes Rechnungsmodell mit Kostenträgerrechnung einzuführen.

- Durchsetzen der Verursacherprinzips gemäss USG und TVA Art. 38.:
Das Verursacherprinzip gemäss USG beschränkt sich grundsätzlich auf die Finanzierung der umweltgerechten Entsorgung von Abfällen. Bezüglich Energienutzung sind jedoch keine Standards definiert.
Damit die nicht gedeckten Kosten aus der Energienutzung den Verursachern des Abfalls angelastet werden könnten, müssten auf Verordnungsstufe, beispielsweise TVA Art. 38, minimale Standards zur Energienutzung in KVA festgelegt werden.

²³ Bei den Kleinwasserkraftwerken ist grundsätzlich eine Vergütung von 15 Rp./kWh vorgesehen, welche bei Vorliegen eines Missverhältnis angemessen reduziert werden kann.

Damit diejenigen KVA, die energieeffizientere Anlagen realisieren nicht gleichzeitig höhere Kosten der Entsorgung aufweisen und damit auf dem Kehrmarkt benachteiligt sind, ist ein Ausgleichsmechanismus zwischen den einzelnen KVA nötig. Dies kann durch eine schweizweite Abgabe auf dem eingelieferten Abfall erreicht werden.

4. Fortführen des Programms zur Steigerung der Energieeffizienz in den KVA (Energie in Infrastrukturanlagen)

Massnahmen zur Reduktion des Eigenbedarfs an Elektrizität in den KVA verfügen über ein teilweise sehr gutes Kosten/Nutzen-Verhältnis. Die Reduktion des Eigenbedarfes führt schlussendlich zum gleichen Resultat wie eine Steigerung der Energieeffizienz in der Energieerzeugung: Eine höhere Abgabe von Elektrizität ans Netz. Das Programm Energie in Infrastrukturanlagen (siehe auch www.infrastrukturanlagen.ch) unterstützt die KVA bei der Reduktion des Eigenbedarfs und sollte deshalb weitergeführt werden.

Die Anstrengungen für eine Vermarktung von Strom aus Abfall als Ökostrom können zu einer Steigerung des Stromerlöses in bestehenden Anlagen und bei Ausbau-/Sanierungsvorhaben führen. Damit erhöhen sich aber die Anreize für energieeffizientere Produktionsanlagen nicht wesentlich. Die Erfahrungen von Ökostrom aus Wasserkraft zeigen, dass die Marketingaufwendungen sowie mögliche Auflagen bei der Produktion zu Mehrkosten führen, die in der Grössenordnung der Mehrerlöse liegen können.

Eine möglichst effiziente und effektive Förderung der Energienutzung aus KVA bedingt einen Massnahmenmix aus freiwilligen Massnahmen und gesetzlichen Anforderungen bzw. Vereinbarungen.

Die Investitionszyklen der Kehrverbrennungsanlagen sind mit 20-40 Jahre sehr lang. In den nächsten 5-8 Jahren drängen sich in zahlreichen KVA Erneuerungen bei der Energieinfrastruktur auf. Die vorgeschlagenen Empfehlungen sollten deshalb bald umgesetzt werden, damit die Chancen zur Steigerung der Energieeffizienz in KVA im Rahmen der anstehenden Sanierungen genutzt werden können.

Literatur

Abfallstatistik 2000	Abfallstatistik 2000, Mit Daten der KVA Planung 2001, Umwelt-Materialien Nr. 152, Abfall, BUWAL, Bern 2002
BUWAL:	verschiedene Statistiken aus: http://www.umwelt-schweiz.ch/buwal/de/fachgebiete/fg_abfall/zahlen/statistiken/index.html
CEN 2003:	CEN TF 118: Solid Recovered Fuels, Technical Report BT N 6801, Brüssel 2003
CO ₂ -Gesetz	Bundesgesetz über die Reduktion der CO ₂ -Emissionen vom 8. Oktober 1999
e c o n c e p t 1998	Auswirkungen der Strommarktöffnung auf die Schweiz, econ-cept i.A. Bundesamt für Energie, Bern 1998
e c o n c e p t 2001 a	Konkretisierung EMG und EnG, Zwischenbericht, im Auftrag der Kommission für Fragen der Anschlussbedingungen für unabhängige Produzenten, Zürich 2001, interner Bericht
e c o n c e p t 2001 b	Optimierung der Energienutzung aus KVA. Konsequenzen aus EMG und CO ₂ -Gesetz, AWEL Zürich, Zürich 2001
e c o n c e p t 2002:	Sicherung Stromertrag aus Abfallanlagen, Stand August 2002, Bericht im Auftrag des VBSA und BFE, unveröffentlicht, 2002
EMG	Elektrizitätsmarktgesetz vom 15. Dezember 2000
Empfehlungen KAP	Empfehlungen der Kommission für Fragen der Anschlussbedingungen unabhängiger Produzenten, http://www.energieschweiz.ch/internet/00048/index.html?lang=de
EMV	Elektrizitätsmarktverordnung vom 27. März 2002
Energieflussdiagramm 2002	Energieflussdiagramm der KVA Basel, betriebsinterne Darstellung, unveröffentlicht
EnG	Energiegesetz vom 26. Juni 1998
EnV	Energieverordnung vom 7. Dezember 1998

- EU 2001: Directive on the promotion of electricity produced from renewable energy sources in the internal electricity market (RES-E), 2001/77/EC
- EWE 1998 Optimierung der Wärmekraftkopplung in der Fernwärmezentrale Warmbächliweg, Elektrowatt Engineering AG im Auftrag der Gas- Wasser- und Fernwärmeversorgung der Stadt Bern (heute ewb, Energie Wasser Bern). Zürich, 1998
- Gruneko 1994 Ausbau Kehrlichtverbrennungsanlage, Sommerwärmenutzung, Gruneko im Auftrag des Amtes für Energie und technische Anlagen der Stadt Basel. Basel, 1994
- INFRAS 2003 Strategien für die Stärkung von erneuerbarer Stromerzeugung und effizientem Stromeinsatz, Arbeitsbericht 7. August 2003, im Auftrag des BFE, 2003
- Richtlinie CO₂ Richtlinie über freiwillige Massnahmen zur Reduktion von Energieverbrauch und CO₂ - Emissionen (Bereich Industrie, Gewerbe, Dienstleistungen), Bern 2. Juli 2001
- Stat. Jahrbuch CH Statistisches Jahrbuch der Schweiz, NZZ, Zürich 2003
- Umfrage Infrastrukturanlagen 2000: Umfrage bei den KVA der Schweiz im Auftrag des VBSA und der Energieagentur für Infrastrukturanlagen, unveröffentlicht, 2000
- VBSA / **ec**o n c e p t 2002: Umfrage bei den KVA in der Schweiz zum Thema "Sicherung Stromertrag in den KVA", unveröffentlicht, 2002
- VBSA / **ec**o n c e p t 2003: Umfrage bei den KVA in der Schweiz zum Thema "Kosten, Entschädigung und Potenzial der Energienutzung in KVA", unveröffentlicht, 2003
- TVA: Technische Verordnung über Abfälle, SR 814.600 vom 10. Dezember 1990 (Stand 28. März 2000)
- USG Bundesgesetz über den Umweltschutz vom 7. Oktober 1983 (Stand 27. November 2001)

Bundesamt für Energie BFE

Worbentalstrasse 32, CH-3063 Ittigen · Postadresse: CH-3003 Bern

Tel. 031 322 56 11, Fax 031 323 25 00 · office@bfe.admin.ch · www.ewg-bfe.ch