

Energierückgewinnung durch Müllverbrennung

Autor(en): **Tanner, Richard / Schnyder, Jürg / Ziegler, B.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizer Ingenieur und Architekt**

Band (Jahr): **100 (1982)**

Heft 16

PDF erstellt am: **26.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-74794>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Energierückgewinnung durch Müllverbrennung

Von Richard Tanner, Jürg Schnyder und Josef B. Ziegler, Zürich

Die Umweltprobleme haben im Bewusstsein des Einzelnen und der Öffentlichkeit eine zunehmende Bedeutung erlangt, wobei besonders die Müllbeseitigung einen beachtlichen Stellenwert hat. Aus den zahlreichen, teils vielfältig erprobten, teils noch in der Versuchsphase stehenden Müllbeseitigungs- und -verwertungsverfahren sei in der Folge die Verbrennung näher betrachtet. Im ersten Teil wird die Müllverbrennung allgemein beleuchtet, im zweiten Teil soll anhand eines Beispiels, «Schweiz 2000» genannt, ein Modell für die zukünftige Lösung des Müllproblems für mitteleuropäische Verhältnisse entwickelt werden.

Im europäischen Durchschnitt, bezogen auf industrialisierte Gebiete, muss heute mit einem Müllanfall von über 300 kg/Einwohner und Jahr (kg/E·a) gerechnet werden. Bild 1 zeigt die voraussichtliche Entwicklung von Müllanfall und -zusammensetzung bis zum Jahr 1990. Für die einzelnen Komponenten – mit Ausnahme der Papieranteile – ist daraus eine deutliche *Verflachung* ersichtlich, herrührend von den vermehrten *Recyclingmassnahmen*. Grundsätzliche Änderungen in der Müllzusammensetzung sind mittelfristig nicht zu erwarten.

Die Müllverbrennung

Charakteristiken

Der durch die kommunalen Dienste eingesammelte Müll weist einen hohen Anteil an brennbaren Stoffen auf, so dass er von selbst brennt. Der untere Heizwert H_u liegt heute bei etwa 8000–10 000 kJ/kg (2000–2500 kcal/kg) Müll. Das bedeutet, dass 4–5 Tonnen Müll denselben Heizwert haben wie eine Tonne Öl. In Tabelle 1 sind eine Reihe von

gebräuchlichen Brennstoffen zum Vergleich zusammengestellt.

Eine grobe Bewertung der Müllverbrennung zeigt als Vorteil, dass mit diesem Verfahren das Müllgewicht auf ca. 30 Prozent, das Volumen auf etwa 6–10 Prozent reduziert werden kann. Durch die Verbrennungstemperatur von etwa 850 °C werden alle im Müll enthaltenen Krankheitserreger und Fäulnisbakterien vernichtet. Verwertet man die beim Verbrennungsvorgang erzeugte Wärme, so kommt dies einem Recycling der im Müll enthaltenen Energie gleich.

Auf der andern Seite erfordert eine Müllverbrennungsanlage, die den heutigen Umweltschutzbestimmungen genügt, hohe Investitionen, weil Müll ein sehr inhomogener Brennstoff mit viel Asche und Schadstoffen ist. Müllverbrennungsanlagen mit Wärmeverwertung sind daher teurer als Industriekraftwerke gleicher Leistung. In besonderem Masse gilt dies für kleine und mittlere Anlagen.

Die Umweltbelastungen, die von einer Müllverbrennungsanlage ausgehen können, bestehen in

Tabelle 1. Heizwerte verschiedener Brennstoffe

Brennstoff	Unterer Heizwert H_u	
	[kJ/kg]	[kcal/kg]
Methan	49 900	11 900
Erdgas	35 100	8 400 ¹
Alkohol	26 800	6 400
Heizöl,		
extra-leicht	38 100–42 700	9 100–10 200
Heizöl, schwer	36 900–41 500	8 800– 9 900
Anthrazit	32 700	7 800
Steinkohle	31 400	7 500
Holzkohle	31 800	7 600
Braunkohle	9 600–20 100	2 300– 4 800
Brennholz	15 900	3 800
Sägereiabfälle	10 500–15 900	2 500– 3 800
Torf	15 900–21 800	3 800– 5 200
Müll	9 200–12 600	2 200– 3 300
Klärschlamm ²	10 500	2 500

¹ Dim. kcal/m³

² Trockensubstanz TS, nach Entwässerung

- *Emissionen*, d. h. Auswurf von Staub und Schadgasen aus dem Kamin;
- *verschmutztem Abwasser*, herrührend vom Schlackenausstrag und von der Rauchgaswäsche;
- *Lärm*, innerhalb und ausserhalb der Anlage.

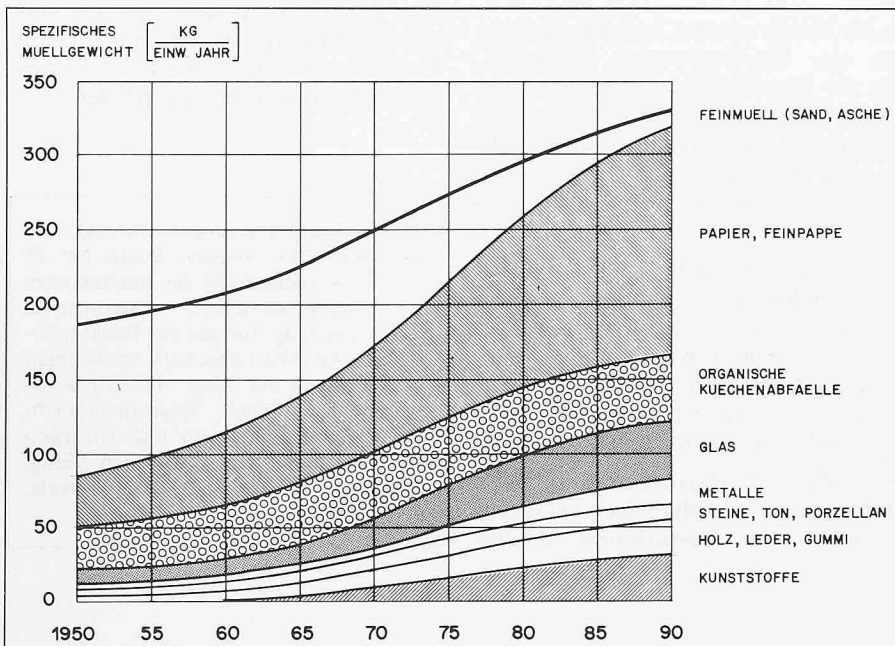
Alle diese Umweltbelastungen lassen sich heute mit Hilfe der modernen Technik bei vertretbarem Aufwand beherrschen. Das gilt vor allem für Anlagen grosser Leistung.

Energieverwertung

Aus einem Kilogramm Müll heutiger Zusammensetzung lassen sich etwa 2 kg Dampf erzeugen. Die *Dampfverwertung* kann dabei auf verschiedene Weise erfolgen:

- *Stromerzeugung in einer Kondensationsturbogruppe*, wobei der Turbinenabdampf in einem wasser- oder luftgekühlten Kondensator niedergeschlagen wird. Auf diese Weise liefert die Verbrennung von einer Tonne Müll etwa 350–400 kWh elektrische Energie. Zieht man davon den Eigenverbrauch der Verbrennungsanlage mit 50–70 kWh/t ab, so verbleiben für den Verkauf an das Elektrizitätsnetz etwa 300 kWh/t.
- *Wärmeverkauf als Dampf oder Heisswasser* an ein Fernheizwerk oder eine Industrie. Je Tonne Müll stehen unter heutigen Bedingungen 5,2–6,0 GJ (1,3–1,5 Gcal) zur Verfügung. Die für den Betrieb der Müllverbrennungsanlage notwendige Energie von 50–70 kWh/t muss allerdings zugekauft werden.
- Die vorteilhafteste Lösung ergibt sich dann, wenn die Wärme in Form von Dampf oder Heisswasser verkauft wird, nachdem der vom Kessel gelieferte Dampf zuerst in einer *Gegendruckturbine* entspannt wurde. Diese Turbine liefert die notwendige Energie für den Eigenbedarf zu gün-

Bild 1. Entwicklung von Müllanfall und -zusammensetzung



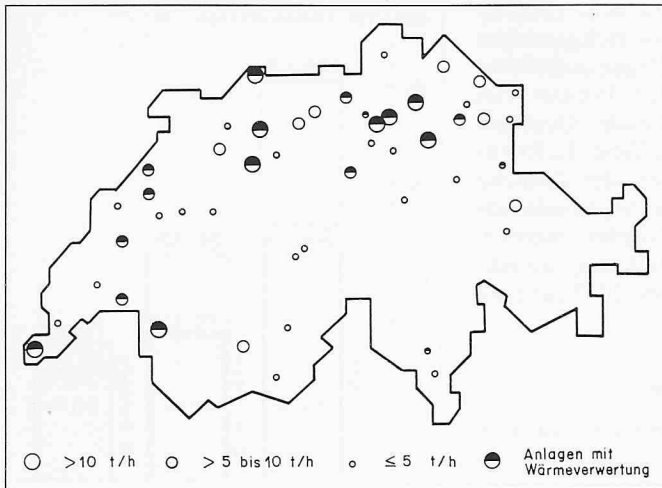


Bild 2. Verteilung der Verbrennungsanlagen in der Schweiz

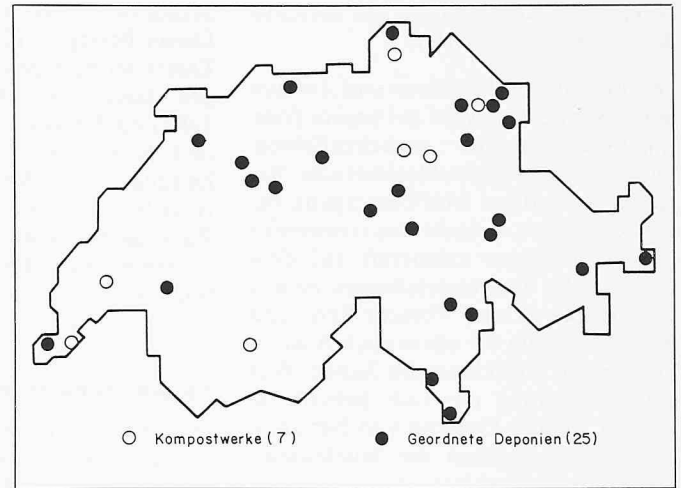


Bild 3. Übrige Entsorgungsanlagen in der Schweiz

stigen Bedingungen, indem die verkäufliche Wärmemenge dadurch nur unbedeutend sinkt, nämlich auf etwa 4,8–5,6 GJ/t (1,2–1,4 Gcal/t) Müll.

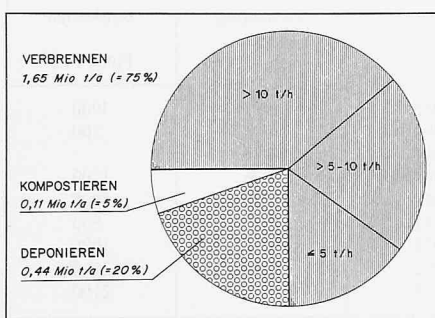
Die direkte Wärmeabgabe ist an einen recht breiten Interessentenkreis möglich:

- Private und öffentliche Fernheizung;
- industrieller Prozessdampf bzw. -wasser;
- Kälteerzeugung;
- Kulturland- oder Gewächshausheizung in der Landwirtschaft.

Ein kurzes Rechenbeispiel soll zeigen, wie Müllverbrennung mit Wärmeverwertung die Schadgasbelastung einer Region vermindern kann.

Eine Müllverbrennungsanlage mit der vom Umweltschutz geforderten Rauchgasreinigung und Wärmeabgabe an ein Fernheizwerk kann bei einem Jahresdurchsatz von 50 000 Tonnen Müll stündlich etwa 28 GJ Energie abgeben. Dies entspricht dem Wärmebedarf von 200 Einfamilienhäusern bei einer Aussen-temperatur von -15 °C. Durch den Kamin emittiert die Müllverbrennungsanlage dabei 7 Nm³ Rauchgas je Kilogramm Müll mit 0,2 g SO₂/Nm³, was einer SO₂-Emission von etwa 8 kg/h entspricht. Die Einzelheizungen würden bei Einsatz von Heizöl extra-leicht mit 0,5 Prozent Schwefel eine SO₂-Emission von 9,4 kg/h, d. h. 17,5 Prozent mehr, verursachen.

Bild 4. Mengenmäßige Anteile der verschiedenen Verfahren (2,2 Mio. t/a = 100%)



Der Unterschied der Umweltbelastungen verschiebt sich noch zugunsten der Müllverbrennung, wenn das häufige An- und Abfahren der Einzelheizungen und die verschiedenen Kaminhöhen in Betracht gezogen werden, oder wenn der Vergleich mit einer Industriefeuerung angestellt wird, die schweres Heizöl verbrennt.

Auf die Verwertung der Verbrennungsrückstände wie Schlacken, Eisenschrott usw. wird an dieser Stelle nicht näher eingegangen.

«Schweiz 2000»: Modell einer künftigen Müllverbrennung

Ausgangslage

Gesamthaft gesehen ist die Schweiz bezüglich Müllbeseitigungsanlagen sehr gut ausgerüstet. Im Jahre 1980 standen 81 Abfallbeseitigungsanlagen, nämlich 49 Verbrennungsanlagen, 7 Kompostierungsanlagen und 25 geordnete Deponien in Betrieb (Bilder 2 und 3). Diese Anlagen verwerten mit 2,2 Mio. Tonnen rund 95 Prozent des gesamten Abfallaufkommens. Die gewichtsmässigen Anteile der verschiedenen Verfahren bezogen auf die gesamte verarbeitete Menge sind in Bild 4 dargestellt. Die Verbrennung verarbeitet dabei mit rund 75 Prozent den grössten Anteil. Es ist zu erwarten, dass dieser Prozentsatz in Zukunft ansteigen wird, da das verfügbare Deponievolumen immer rarer wird und je länger desto mehr für Sonderabfälle und Müllschlacke reserviert werden muss.

Die ersten Müllverbrennungsanlagen in der Schweiz entstanden zu Beginn dieses Jahrhunderts (Zürich 1904, Davos 1914). Die Inbetriebnahme der ersten modernen, vollmechanisierten Verbrennungsanlage (Basel) erfolgte im Jahre 1943. Es folgten darauf die Anlagen in Bern (1954) und in Lausanne (1958). Diese Anlagen wiesen die für

die damalige Zeit bedeutenden Gesamtleistungen von 8,3–16,6 t/h auf. In den 60er und 70er Jahren folgte dann eine ganze Reihe von kleineren und einigen mittleren Anlagen. Grossanlagen wurden im gleichen Zeitraum nur fünf erstellt, nämlich

- 1969 Zürich «Hagenholz I» mit 21,7 t/h,
- 1973 Zürich «Hagenholz» II mit 11,0 t/h,
- 1976 Bern II mit 16,6 t/h,
- Zuchwil mit 20,0 t/h,
- 1978 Zürich «Josefstrasse» mit 10,8 t/h Gesamtdurchsatz.

Gruppiert man die Verbrennungsanlagen nach ihrer installierten Leistung, so ergibt sich, dass eine grosse Anzahl kleine (bis 5,0 t/h), höchstens jedoch mittel-grosse Leistungen (5–10,0 t/h) aufweist. Grossanlagen mit einer Leistung von über 10 t/h stehen zurzeit in der Schweiz neun in Betrieb gegenüber 40 übrigen (Bild 5).

Wird von einer der Kapazität entsprechenden Auslastung ausgegangen (Tabelle 2), so ergibt sich für den gesamtschweizerischen Durchschnitt immerhin ein Wert von 65 Prozent. In diesem Wert sind die unterschiedlichen Stillstandszeiten (Betriebsprogramm, Reparaturen und Unterhalt, Revisionen) je nach Anlagengrösse aufgrund langjähriger Erfahrungswerte angenommen.

Legt man der Berechnung jedoch die Gesamtkapazität von 3,41 Mio. t/Jahr bei 8760 Betriebsstunden zugrunde, so sinkt der Wert der Auslastung auf 48 Prozent.

Von den 49 in Betrieb stehenden Verbrennungsanlagen verwerten deren 19 die entstehende Abwärme. Auf die installierte Leistung umgelegt ergibt sich damit ein Anteil von 69 Prozent.

Die Wärmeverwertung erfolgt in drei Anlagen als Prozessdampf, in zwei Anlagen zu Heizzwecken, in sechs Anlagen zur Stromerzeugung und in acht

Anlagen in Kombination der verschiedenen Verwertungsarten.

Die Vielfalt von Verfahren und Anlagen in der Schweiz ist wohl auf unsere föderalistische Struktur zurückzuführen. Die einzige gesamtschweizerische Regelung betreffend Müllbeseitigung besagt, dass diese Aufgabe den Gemeinden obliegt. Dagegen existieren auf dem Gebiete des Gewässerschutzes bereits seit Jahren klare Vorschriften und Richtlinien, die vor allem auch Auswirkungen auf Mülldeponien haben. Was die Reinhaltung der Luft betrifft, so werden für die Planung von Neuanlagen im allgemeinen die bundesdeutschen Vorschriften beigezogen.

Bezüglich Müllbeseitigung wurden die Gemeinden bis vor kurzem durch eine grosszügige Subventionspolitik von Bund und Kantonen bei ihren oft ehrgeizigen Kleinprojekten unterstützt. Unter diesen Voraussetzungen entstand die sozusagen zufällige Verteilung der Müllverbrennungsanlagen nach Bild 2, die jede grossräumige Systematik vermissen lässt. Das ist der Grund der mangelnden Auslastung moderner Klein- und Mittelanlagen, die oft abseits von Agglomerationen gebaut wurden und über keine Wärmeverwertung verfügen. Sie hat mancherorts zu einem eigentlichen «Müllkrieg» geführt, indem benachbarte Anlagen einander unterbieten, um durch erhöhte Müllzufuhr ihre Verarbeitungskosten je Tonne zu senken.

Dank der gut ausgelasteten und wirtschaftlich arbeitenden Anlagen liegt der gesamtschweizerische Durchschnitt für die Verarbeitungskosten je Tonne Müll immerhin bei etwa 65 Franken (inkl. Subventionen, jedoch ohne die Transportkosten für das Einsammeln des Mülls). Trotzdem werden heute noch Anlagen betrieben, deren Verarbeitungskosten bei etwa 100-120 Franken je Tonne liegen.

Es ist somit nicht verwunderlich, dass in den letzten Jahren einige dieser Klein- und Mittelanlagen vorzeitig, d. h. vor der kalkulierten Amortisationsdauer, stillgelegt wurden (Tabelle 3). Die Gründe sind neben zu hohen Betriebs- und Unterhaltskosten in gleichem Masse nicht tolerierbare Emissionswerte. Vorsichtige Schätzungen haben ergeben, dass durch die erfolgten Stilllegungen im Verlaufe der letzten zehn Jahre Gesamtinvestitionen in der Grössenordnung von 50-100 Mio. Franken verloren gingen.

Wird angenommen, dass der Müll zukünftig im gleichen Stil wie bisher beseitigt wird, so werden die dafür erforderlichen Gesamtinvestitionen in den kommenden 20 Jahren auf rund eine

Milliarde Franken geschätzt (Bild 6). Dieser Betrag ist für den fachgemässen Ersatz der heutigen Anlagen aufzubringen, basierend auf den Preisen von 1980 und den heute geltenden Gesetzen und Richtlinien betreffend Luftreinhaltung. Wenn Wäscher oder ähnliche Installationen für die weitergehende Rauchgasreinigung gefordert werden, so erhöht sich die geschätzte Investitionssumme bis zum Jahr 2000 auf etwa 1,2 Mrd. Franken.

Modell «Schweiz 2000»

Es handelt sich im folgenden um eine rein gedankliche Studie, die weder auf die bestehenden Müllbeseitigungsanlagen noch auf Gemeinde- und Kantons-grenzen Rücksicht nimmt. Das Ziel ist die optimale Müllentsorgung der Schweiz mittels Verbrennung, d. h. Rückgewinnung der im Müll enthaltenen Energie.

Für das Zieljahr 2000 werden die folgenden Annahmen getroffen:

- Wohnbevölkerung EW = 7 544 000;
- Bevölkerungsverteilung gemäss Leitbild «Arbeitsmarktregionen» des Institutes für Orts-, Regional- und Landesplanung (ORL) der ETH Zürich;
- Müllanfall je Einwohner und Jahr: 300 kg.

Im weiteren wird davon ausgegangen, dass die kommunalen Sammelfahrzeuge bis zu einer Transportdistanz von 25 km den Müll direkt zur Verbrennungsanlage führen. Liegen die Distanzen zwischen 25 und 50 km, so fahren die Sammelfahrzeuge zu einer Umladestation, ab welcher der Müll mit Spezialfahrzeugen per Bahn- oder Strassen-

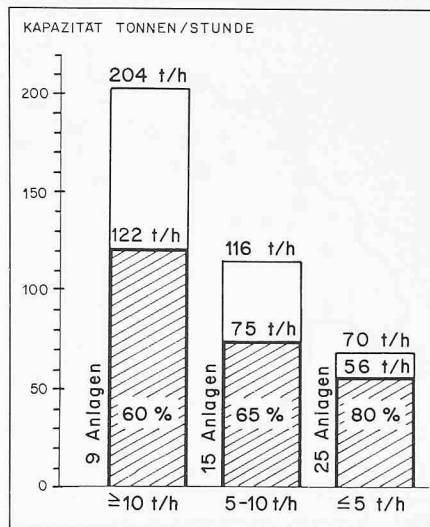


Bild 5. Die Schweizerischen Verbrennungsanlagen, ihre installierte Leistung und Auslastung

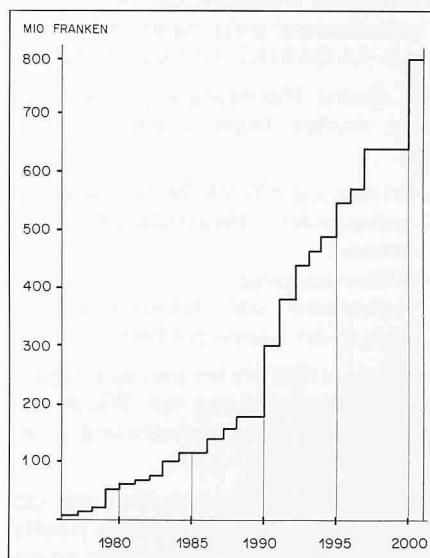


Bild 6. Finanzbedarf für den Ersatz der bestehenden Müllverbrennungsanlagen (Summenkurve)

Tabelle 2. Auslastung der Verbrennungsanlagen

Kapazität		Betriebsstunden [h/a]*	Leistung in [t/a]		Auslastung %
[t/h]	[t/a]		100%	eff.	
≥10	1787	7000	1428	860	60
5-10	1014	6200	717	465	65
≤ 5	613	5500	385	308	80
Total	3414	8760	2530	1633	65

* Annahme aufgrund von Erfahrungswerten

Tabelle 3. Stillgelegte Verbrennungsanlagen

Anlage	installierte Kapazität [t/h]	Inbetriebsetzung [Jahr]	Stilllegung [Jahr]	Baukosten [1000 Fr.]
Dübendorf (ZH)	1×4,2	1966	1978	4900
Frutigen (BE)	1×0,5	1967	1976	500
Männedorf (ZH)	1×2,9	1967	1976	
Saas-Fee (VS)	1×1,5	1967	1976	1700
Bülach (ZH)	2×2,25	1969	1975	8900
Couvet (NE)	1×1,5	1971	1979	860
Puidoux (VD)	1×1,75	1971	1976	1000
Saanen (BE)	1×1,25	1972	1975	2100
Langnau (BE)	1×1,2	1975	1976	2100

Tabelle 4. Mögliche Standorte für Grossanlagen und entsprechende Ausbaugrößen

Anlagen	EW [r ≤ 25 km]	EW [r = 25-50 km]	EW total	Müllanfall [t/a]	Ausbaugröße [t/h]
Nyon-Rolle	896 000	167 000	1 063 000	319 000	4×12,5
Bern	613 000	848 000	1 461 000	438 000	5×12,5
Basel	585 000	289 000	874 000	262 000	3×12,5
Zürich	1 312 000	912 000	2 224 000	667 000	7×12,5
St. Gallen	496 000	430 000	926 000	278 000	3×12,5
Ceneri	304 000	31 000	335 000	100 000	2×12,5
Ausserhalb 50 km			(560 000)	(168 000)	-
Total	4 206 000	2 677 000	6 883 000	2 064 000	24×12,5

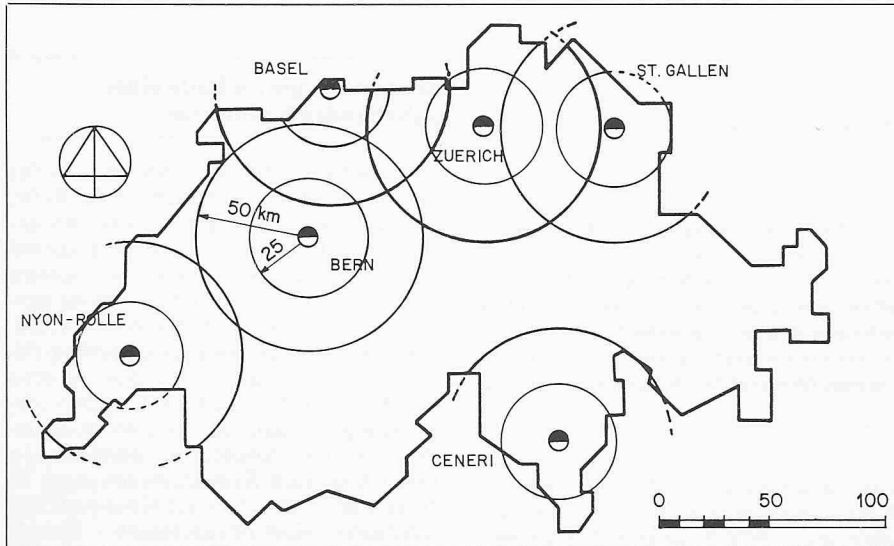


Bild 7. Mögliche Standorte und Einzugsgebiete der sechs Grossverbrennungsanlagen

transport zur Verbrennungsanlage geführt wird. Je 40 000–50 000 Einwohner wird eine Umladestation benötigt.

Wie in Bild 7 dargestellt ist, liessen sich das schweizerische Mittelland und das Tessin mit sechs Grossanlagen für ein Einzugsgebiet von je 50 km Radius entsorgen. Damit würden, bei Übertragung des Leitbildes «Arbeitsmarktregionen», rund 6 883 000 Einwohner erfasst, was 93 Prozent der Gesamtbevölkerung im Jahre 2000 entspricht. Die restlichen 560 000 Einwohner, bzw. 7 Prozent, die sich zur Hauptsache in der

Alpenregion befinden, werden von dieser Studie vorläufig ausgeklammert.

Wird von der in Bild 7 gezeigten geometrischen Aufteilung der Einzugsgebiete ausgegangen, so resultieren daraus die in Tabelle 4 aufgeführten möglichen Anlagen-Standorte mit den entsprechenden Ausbaugrößen.

Auf der *Kostenseite* werden (ohne Subventionen) die folgenden *Mittelwerte* angenommen (Preisbasis 1980):

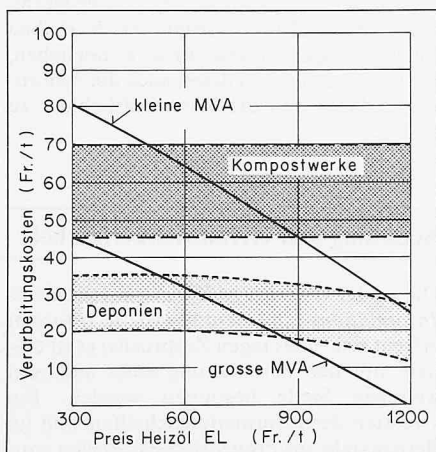
- Investitionen*
- Je installierte Tonne/h Verbrennungskapazität Fr. 2 200 000.-
- Für Umladestation inkl. Fahrzeugpark für Ferntransport Fr. 1 800 000.-

- Betrieb und Unterhalt*
- Verbrennungskosten, inkl. Verzinsung, Amortisation, Energieverkauf und Entsorgung Fr. 40.-/Tonne
- Umlad und Transporte (über 25 km) Fr. 41.-/Tonne

Diese Zahlen stützen sich auf die Ölpreise, Stand Oktober 1979. Aus Bild 8 ist ersichtlich, dass die Müllverarbeitungs-kosten bei Verwertung der anfallenden Wärme bei steigenden Ölpreisen klar sinkende Tendenz aufweisen.

Die *Optimierung* der erforderlichen Gesamtkapazität führt auf eine Einheits-Ausbaugröße von n mal 12,5 t/h Müll. Die Ermittlung der erforderlichen Ge-

Bild 8. Vergleich der Verfahren nach ihren Verarbeitungskosten bei steigenden Heizölpreisen (ohne Sammel- und Transportkosten)



samtinvestitionen zur Realisierung des Konzeptes «Schweiz 2000» ergibt folgende Kosten:

<i>Investition</i>	
Verbrennungsanlagen (24×12,5×2 200 000.-)	Fr. 660 Mio.
Umladestationen (61×1 800 000.-)	Fr. 110 Mio.
Investitionen total	Fr. 770 Mio.

<i>Betrieb und Unterhalt</i>	
Verbrennungsanlagen (2 064 000×40.-)	Fr. 83 Mio.
Umlad und Transporte (2 677 000 EW×300 kg/EW.a ×0,041)	Fr. 33 Mio.
Betrieb und Unterhalt total	Fr. 116 Mio.

Dies ergibt einen Durchschnittspreis von 56 Franken je verarbeitete Tonne Müll, was einer Reduktion des heutigen Verarbeitungspreises (Fr. 65.-) um 14 Prozent entspricht. Die gesamte im verbrannten Müll enthaltene Wärme entspricht 413...516 000 t Öl. Daraus lässt sich in Form von Dampf oder Heisswasser der Gegenwert von 350...440 000 t gewinnen.

Zusammenfassung

Das Modell «Schweiz 2000» zeigt am Beispiel der Schweiz, die heute schon den Grossteil des anfallenden Mülls verbrennt, die Überlegenheit von wenigen, *zentral* gelegenen Grossanlagen über eine Vielzahl von zerstreuten Kleinanlagen. Das gilt bezüglich der Wärmeverwertung ebenso wie bezüglich der Auslastung der Anlagen und findet seinen Niederschlag in den günstigeren Verarbeitungskosten. Es lassen sich daraus zwei Schlussfolgerungen ziehen:

Für die Schweiz

Das Modell «Schweiz 2000» ist als Gedankenexperiment zu verstehen, da die bestehenden Strukturen nicht von heute auf morgen geändert werden können. Hingegen kann es als *Orientierungspunkt* wertvolle Dienste leisten, wenn es darum geht, ausgediente Klein- oder Mittelanlagen zu erneuern oder zu Gunsten von Grossanlagen stillzulegen. In diese Richtung weist die in Tabelle 3 zusammengestellte Liste der bisher stillgelegten Anlagen.

Vorteil von Grossanlagen im allgemeinen

Ganz allgemein bietet für dicht besiedelte Gebiete, in denen es an günstigen Deponieplätzen mangelt, die Verbrennung des Mülls in Grossanlagen eine moderne und erprobte Beseitigungs- bzw. Verwertungsmethode an, indem sie eine *Volumenreduktion* auf 6...10

Prozent des Müllvolumens ermöglicht, wobei sterile Schlacke und Asche anfallen; in *ökologischer* Hinsicht ein Minimum an Umweltbelastung verursacht; in *ökonomischer* Hinsicht ein sinnvol-

les Recycling der im Müll enthaltenen Energie verwirklicht, wobei die Wichtigkeit dieses Punktes im Zeichen der steigenden Energiepreise stets mehr hervortreten wird.

Adresse der Verfasser: R. Tanner, dipl. Masch. Ing. ETH/SIA, J. Schnyder, dipl. Bauing. ETH/SIA, J.B. Ziegler, dipl. Ing. ETH/THD, Schnyder & Partner, Ingenieure und Planer, Sonneggstr. 21, 8006 Zürich.

Nutzung der Sonnenenergie

Aus dem Tätigkeitsbericht der Eidg. Kommission

Entsprechend der ihr gestellten Aufgabe nahm die Eidg. Fachkommission für die Nutzung der Sonnenenergie (KNS) in erster Linie Stellung zu Fragen, die ihr vom Eidg. Verkehrs- und Energiewirtschaftsdepartement gestellt wurden: Zuhanden von Forschungsfonds beurteilte sie verschiedene Projekte, wobei sie in manchen Fällen Änderungen anregte, und sie verfolgte die in ihren Kompetenzbereich fallenden schweizerischen Aktionen innerhalb der Programme der Internationalen Energie-Agentur (IEA). Im weiteren wurden Bestrebungen zur Promotion der Solarenergie in der Schweiz durch Beratung, Information, Schulung, Reglementierung und Normung unterstützt.

Stand der Solartechnik

Technisch ist das Berichtsjahr 1981 gekennzeichnet durch die *Inbetriebnahme mehrerer thermischer Pilot-Sonnenkraftwerke* (Spanien, Sizilien, Japan), die auf Anhieb funktionierten und damit den Beweis erbrachten, dass der erforderliche Stand der Technik vorhanden ist, wenn auch zur Verbesserung und Optimierung noch mehrjährige Arbeit zu leisten ist. Viel Weiterentwicklungsarbeit ist auch noch erforderlich für die *Sonnenzellen-Kraftwerke*, obwohl bei dieser Variante weltweit bereits zahlreiche Anlagen kleiner Leistungsgrösse zufriedenstellend funktionieren. Im weiteren haben sich die Erkenntnisse und Unterlagen für die *passive* Nutzung der Sonnenenergie spürbar verbessert.

Wirtschaftlich war das Jahr 1981 für die Solartechnik weniger günstig als das Vorjahr, wofür – je nach Land – verschiedene Ursachen geltend zu machen sind. In einigen Fällen (z. B. USA) ist es die Verminderung der staatlichen Förderung, in andern sind es gesamtwirtschaftliche Schwierigkeiten. Den Hauptgrund bildet aber das *Verharren der Kosten auf einem relativ hohen Niveau*; den längerfristig angestrebten Kostenzielen hat man sich weder im thermischen noch im photovoltaischen Markt spürbar genähert.

Im allgemeinen ist eine Verlagerung der Produktion von vielen kleinen auf einige grössere Betriebe zu beobachten; die kleinen Unternehmen werden wohl eher für die Installation zum Zuge kommen.

Bemerkenswert ist eine *Verstärkung der Position Japans* als Frucht des grosszügig durchgehaltenen «Sunshine Projekts»; praktisch in allen Sektoren der Sonnenenergienutzung ist internationales Spitzenniveau erreicht worden.

In bezug auf die *Entwicklungsländer* wurde an der UNO-Konferenz über neue Energieressourcen in *Nairobi* das bedeutende Potential der Sonnenenergie dargelegt. Hier muss aber die gewählte Technik unbedingt *im Lande selbst fabriziert, installiert und gewartet* werden, um den Anteil der Importe, wegen der bekannten Devisenprobleme, möglichst gering zu halten. Aus diesem Grunde ist es unwahrscheinlich, dass die Verbilligung der Sonnenenergiekomponenten für die Industrienationen durch Massenfertigung sich auf eine künftige Marktausweitung in Entwicklungsländern abstützen kann; vielmehr muss das Kostenproblem in den Industrienationen selbst gelöst werden. Eine wesentliche Rolle könnten hier hingegen potente Schwellenländer spielen.

In der Schweiz zeigte sich im Berichtsjahr eine *Abflachung der Nachfrage an Solaranlagen*. Die Gründe dafür sind die Stabilisierung des Erdölpreises und das Einpendeln der technisch-wirtschaftlichen Erwartungen auf das heute angemessene Niveau. Erfreulicherweise ist jedoch in der Heizungs- und Lüftungsindustrie ein wachsendes Interesse und Verständnis an Solartechniken zu erkennen.

Die Aufwendungen der *öffentlichen Hand* und des NEFF für Forschung und Entwicklung im Bereich der Nutzung der Sonnenenergie blieben 1981 etwa auf gleichem Niveau wie im Vorjahr: bei etwa *14 Mio. Franken*. Wie in ihrem Mandat verlangt, hat die KNS auf dem Gebiet der Sonnenenergie-Forschung laufend auch *Koordinationsaufgaben* wahrgenommen. Dazu wurden nach aussen die Kontakte zum Nationalfonds, zum NEFF sowie zum Delegierten für Konjunkturfragen fortgeführt; KNS-intern wurden die Belange der *beiden Technischen Hochschulen* und des Eidg. Instituts für Reaktorforschung geregelt, die je einen Vertreter in der KNS stellen.

Sonnenenergie im Falle einer anhaltenden Erdölkrise

Einen Schwerpunkt der KNS-Arbeiten für 1981/82 bildet die Untersuchung der Rolle, welche die Sonnenenergie im Falle einer andauernden Erdölsperre – wie sie aufgrund politischer Ereignisse denkbar ist – spielen könnte. Eine detaillierte Untersuchung typischer schweizerischer Städteteile (*Genf, Zürich*) hat, von den geeigneten Gebäudeflächen her betrachtet, ein Potential von etwa *6 m² Kollektorfläche je Person* ergeben. Abschätzungen zeigen, dass es unter bestimmten Annahmen möglich ist, innerhalb von zwei Jahren nach Krisenausbruch gegen 10 Prozent des – im Falle einer Krise natürlich reduzierten (Komfortreduktion!) – Bedarfs an Gebäude-Heizenergie solar zu decken.

Einschneidende *Limiten* für die rasche Installation stellen die *Produktionskapazität* sowie der *Materialvorrat* dar. Es wird untersucht, welche Verbesserungsmassnahmen hier möglich sind. Weitere Abklärungen bedürfen auch noch die Probleme der Finanzierung.

Lebensdauer und Betriebssicherheit von Solaranlagen

Basierend auf einem von der KNS ausgearbeiteten Plan sind im Jahre 1981 längerdauernde, betriebsnahe, vergleichende Untersuchungen über die Lebensdauer und Betriebssicherheit von ganzen Kollektoranlagen, einer Auswahl von Kollektoren und den zugehörigen Wärmeträgerflüssigkeiten sowie von besonderen Bestandteilen angelaufen. Sie werden durchgeführt an der *HTL Rapperswil* und – im Rahmen der IEA-Programme – vom NEFF finanziert. Das Vorhaben soll Unterlagen liefern, die es ermöglichen, die Lebensdauer und damit auch die Amortisationsdauer und die Wirtschaftlichkeit zu erhöhen.

Schulung und Öffentlichkeitsarbeit

Die an der *HTL Brugg-Windisch* stationierte *Informations- und Beratungsstelle Infosolar* erfreut sich eines regen Zuspruchs; es ist deshalb mit der Vorbereitung einer analogen welschen Stelle begonnen worden. Ein Grossteil der Informationsschriften sind im Berichtsjahr ins Französische übersetzt wor-