

**Zeitschrift:** Wasser Energie Luft = Eau énergie air = Acqua energia aria  
**Herausgeber:** Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband  
**Band:** 82 (1990)  
**Heft:** 3-4

**Artikel:** Abfallverminderung an der Quelle : Möglichkeiten und Grenzen - Auswirkungen auf die zukünftige Entsorgungskapazität  
**Autor:** Fahrni, Hans Peter  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-939778>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 28.01.2026

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

# Abfallverminderung an der Quelle

## Möglichkeiten und Grenzen – Auswirkungen auf die zukünftige Entsorgungskapazität

Hans Peter Fahrni

### 1. Einleitung

In der langen Geschichte der menschlichen Gesellschaft dominierte bis vor einigen Jahren das Problem der Versorgung mit Gütern des täglichen Bedarfs Politik und Haltung der Bevölkerung. Noch vor einigen Jahrzehnten konnten auch in westlichen Industriestaaten breite Bevölkerungskreise nur den Grundbedarf an Lebensmitteln, Kleidung und Wohnfläche decken. Der in den letzten Jahrzehnten stark angestiegene Wohlstand und die Fortschritte bei Produktionsverfahren haben es mit sich gebracht, dass heute breite Bevölkerungskreise von einem fast unbegrenzten Angebot an Nahrungsmitteln, darunter auch abgepackte Fertigmahlzeiten und exotische Produkte, profitieren können. Gleichzeitig erlauben es die heute vorhandenen Einkommen, in Bekleidung und Transportmitteln weit mehr als den Grundbedarf zu decken. Im Bereich der Unterhaltungselektronik und der Sportartikel deckt das Warenangebot heute Bedürfnisse ab, die vor einigen Jahrzehnten noch völlig unbekannt waren. Der gestiegene Wohlstand hat aber seine Kehrseite: Jedes Produkt wird nach kürzerer oder längerer Lebensdauer zu Abfall!

Der aufgrund des gestiegenen Wohlstandes grössere Güterfluss in unserer Konsumgesellschaft führt somit notwendigerweise auch zu einem grösseren Stofffluss in die Abfallwirtschaft. Während aber ein höheres Einkommen oder vermehrter Konsum durchaus als erstrebenswerte Zielsetzungen unserer Gesellschaft gelten, verschliessen Bürger und Politiker nur allzugern die Augen vor der Notwendigkeit, die Abfallentsorgung entsprechend dem veränderten und gestiegenen Konsum zu organisieren und anzupassen. Aus sachlichen wie auch aus politischen Gründen genügt allerdings eine Erhöhung der Kapazität von Behandlungsanlagen allein nicht. Es gilt gleichzeitig, die durch die Abfallentsorgung verursachte Umweltbelastung durch qualitative Verbesserung der Entsorgungsanlagen zu verringern. Das Ziel einer umweltgerechten Abfallwirtschaft lässt sich nur erreichen, wenn gleichzeitig grosse Anstrengungen unternommen werden, um die Abfälle getrennt zu erfassen und gezielt zu verwerten. Gleichzeitig sind Schadstoffe überall dort zu vermeiden, wo diese die Verwertung oder die Behandlung erschweren.

### 2. Die heutigen Abfallmengen

Wer versucht, die als Grundlage für jede sachliche Diskussion benötigten Zahlen über die Mengen und die Zusammensetzung von Abfällen zu erheben, stösst auf ein erstes Problem:

Weder sind die einzelnen Abfallkategorien klar definiert, noch besteht eine Verpflichtung, die Menge der produzierten, angenommenen oder verarbeiteten Abfälle zu erfassen und an eine zentrale Stelle weiterzuleiten. Die diesbezüglichen im Bereich der Sonderabfälle bestehenden Vorschriften sind nur die Ausnahme, welche diesen generellen Missstand bestätigt. Aufgrund eigener Erhebungen und Schätzungen hat das Buwal die Abfallmengen 1988 in der Tabelle 1 zusammengestellt.

Zu den einzelnen Abfallgruppen ergeben sich in bezug auf den Definitionsbereich, die Genauigkeit der Zahlenangaben sowie die zeitliche Entwicklung der Abfallmengen verschiedene Bemerkungen.

Bei den *Siedlungsabfällen* handelt es sich nicht um eine scharf abgegrenzte Abfallgruppe, sondern um sämtliche Abfälle, welche entweder von der öffentlichen Kehrichtabfuhr eingesammelt oder aber dann in Kehrichtverbrennungsanlagen und Kehrichtdeponien direkt angeliefert werden. Wie Untersuchungen der KEZO zeigen, stammt nur rund die Hälfte dieser Abfallgruppe aus Haushalten, wobei dieser Bereich gleichzeitig nur eine geringe Wachstumsrate aufweist. Grosse Zuwachsraten finden sich hingegen im Bereich der Industrie- und Gewerbeabfälle. Mit dem knapper werdenden Deponieraum gelangt auch ein zunehmender Anteil von brennbaren Baustellenabfällen in die Verbrennungsanlagen für Siedlungsabfälle.

Die Menge der Siedlungsabfälle hat sich in den letzten Jahren mehr oder weniger parallel zum Bruttoinlandprodukt verändert (Bild 1). Dies bedeutet eine jährliche Zunahme von etwa 3,2%. Auch wenn aufgrund des hohen Hypothekenzinses mit einer gewissen Dämpfung des Wirtschaftswachstums gerechnet werden muss, wäre es wohl unrealistisch, in Zukunft mit sinkendem Konsum und sinkenden Abfallmengen zu rechnen.

Nicht zu vergessen sind 850 000 t Papier-, Glas- und Metallabfälle, die heute schon separat gesammelt werden und ohne diese Sammlung ebenfalls in den Siedlungsabfällen enden würden.

Bei den *Bau- und anderen Gewerbe- und Industrieabfällen*, die direkt deponiert wurden, handelt es sich um eine grobe Schätzung aufgrund von Betriebsdaten von Deponien. Hier besteht zweifellos ein Bedarf an genaueren Statistiken, um in Zukunft einen rationellen Umgang mit Deponien nachzuweisen oder um zuverlässige Abschätzungen des zukünftigen Bedarfs an Deponievolumen zu ermöglichen.

Tabelle 1. Abfallmengen im Jahr 1988.

Siedlungsabfälle	2 850 000 t
Klärschlamm (davon 260 000 t Trockensubstanz)	4 300 000 t
Bauabfälle und direkt deponierte Gewerbe- und Industrieabfälle	3 000 000 t
Sonderabfälle	350 000 t

Erhebungen und Schätzungen des Bundesamtes für Umwelt, Wald und Landschaft, Buwal, Bern.

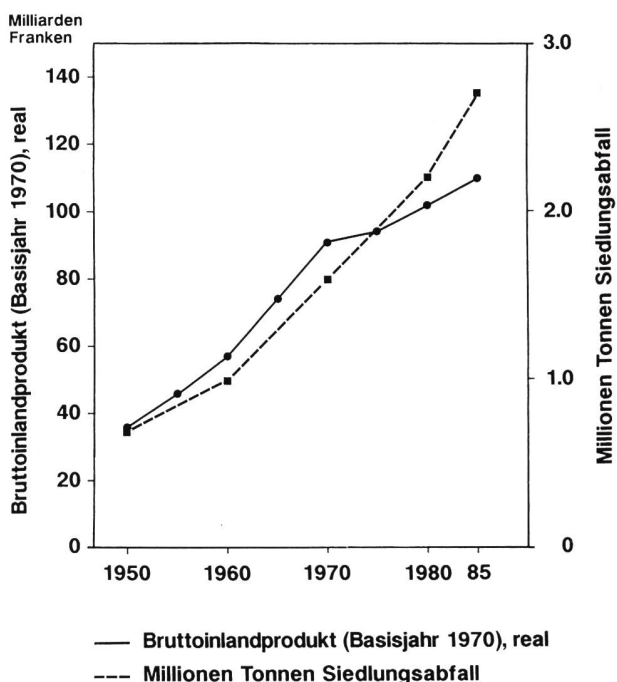


Bild 1. Die Entwicklung der Kehrichtmenge, verglichen mit dem Bruttoinlandprodukt 1950 bis 1985.

Die zukünftige Entwicklung dieser Abfallgruppe wird im wesentlichen vom Erfolg der Massnahmen zum Sortieren und Verwerten von Baustellenabfällen abhängig sein. Gleichzeitig gilt es auch, die Verwertung einheitlicher Gewerbe- und Industrieabfälle vermehrt zu fördern.

Die *Klärschlammmenge* entwickelte sich in den letzten Jahren etwa proportional zur Anzahl der an Kläranlagen angeschlossenen Einwohnergleichwerte. Eine gewisse Erhöhung der Klärschlammmenge ist auch auf das erhöhte Rückhaltevermögen verbesserter Kläranlagen zurückzuführen. Zwar handelt es sich beim Klärschlamm um einen mengenmässig wichtigen Abfall, doch besteht er zu rund 94 % aus Wasser. Nach einer Entwässerung bleiben etwa 260 000 t Trockensubstanz. Werden diese einer Verbrennung zugeführt, so bleiben als Verbrennungsrückstand noch 130 000 t, eine – im Vergleich zu anderen Abfällen – bescheidene Menge. Allerdings fehlt es auch im Bereich des Klärschlammes an der für eine umweltgerechte Entsorgung notwendigen Verbrennungskapazität. Dies ist deshalb problematisch, weil in den letzten Jahren der Anteil des in der Landwirtschaft verwerteten Klärschlammes rückläufig war und sich gleichzeitig Probleme mit der Deponierung grösserer Mengen nicht entwässerten Klärschlammes ergaben.

### 3. Möglichkeiten zur Schadstoffverminderung

Die Massnahmen zur Abfallverminderung lassen sich zwei verschiedenen Gruppen zuordnen. Einerseits können durch staatliche Vorschriften Schadstoffe in Produkten und damit später auch in Abfällen begrenzt werden. Andererseits werden immer wieder Möglichkeiten gesucht, um die Abfallmengen durch eine Reduktion des Konsums zu vermindern.

Die Stoffverordnung vom 9. Juni 1986 enthält eine ganze Reihe von Massnahmen zur *Verminderung der Schadstofffracht*. So reduziert sich der Quecksilbergehalt von Alkalimanganbatterien nach dieser Verordnung vorerst um 90 %, längerfristig um 99 %. Cadmiumhaltige Pigmente werden in den meisten Kunststoffen verboten. Eine ganze Reihe chlorierter oder halogener organischer Stoffe wie DDT, HCH oder PCB sind bereits verboten. Diese Massnahmen wirken sich aber nur mit einer mehr oder weniger bedeutenden Verzögerung als Entlastung der Abfallwirtschaft aus. So sind trotz Verbot des PCB immer noch PCB-gefüllte Transformatoren zu entsorgen.

Die Massnahmen zur Schadstoffentfrachtung gilt es in Zukunft konsequent weiterzuführen und überall dort einzugreifen, wo aufgrund technischer Entwicklungen der Ersatz problematischer Stoffe möglich ist oder wo wissenschaftliche Kenntnisse einen neuen Handlungsbedarf erkennen lassen.

### 4. Massnahmen zur Verminderung der Abfallmenge

Grundsätzlich lässt sich die Abfallmenge im strengen Sinn nur dadurch vermindern, dass gewisse Güter gar nicht produziert und konsumiert werden. Nur in Einzelfällen ist allerdings die sich aus einer sachgerechten Entsorgung noch ergebende Umweltbelastung so gross, dass dies ein Verbot von Produkten klar rechtfertigen würde. Hingegen ist in einer Vielzahl von Fällen eine bessere Verwertung durch gezieltes Erfassen und Behandeln von Abfällen möglich. In Einzelfällen lassen sich auch Alternativprodukte finden, die ohne Konsumverzicht ein wesentlich kleineres Abfallvolumen zur Folge haben.

Dies ist etwa der Fall bei Mehrwegverpackungen für koh-

lensäurehaltige Getränke, die in der Regel günstigere Ökobilanzwerte aufweisen als entsprechende Einwegverpackungen.

Da aber nur in Einzelfällen entsprechende Alternativen vorliegen, die ein geringeres Abfallvolumen ohne Konsumverzicht erreichen lassen, ist der Wirkungsbereich von solchen Abfallverminderungsmassnahmen an der Quelle gering. Zwar liesse sich durch Massnahmen wie Rationierung, Kontingentierung oder Bewilligungspflicht des Kaufs von Konsumgütern und Nahrungsmitteln ein starker Einfluss auf den Konsum und damit die Abfallmenge erzielen; wie erwähnt rechtfertigt aber die geringe Umweltbelastung aus einer sachgerechten Abfallentsorgung solch drastische Massnahmen nicht.

Zudem stehen Massnahmen zur Einschränkung des Konsums in starkem Widerspruch zu unserem heutigen Gesellschafts- und Wirtschaftssystem, welche es dem einzelnen durchaus freistellen, welche Gegenstände er, in welcher Zahl, zu welchem Zeitpunkt kaufen will. Damit ist die Ursache der grossen Stoffflüsse in Richtung Abfallwirtschaft letztlich ohne drastische Eingriffe in unser politisches System und unsere gesellschaftlichen Wertvorstellungen kaum möglich.

Hingegen, und dies kann nicht genug betont werden, müssen diese grossen, durch die Wirtschaft verursachten Stoffflüsse nun nicht notwendigerweise in Entsorgungsanlagen und letztlich in Deponien und Umwelt enden, sondern sie können in viel stärkerem Masse als heute wieder zurück in die Verwertung und damit in die Produktion gelenkt werden. Im Bereich homogener Abfälle aus Industrie und Gewerbe bestehen hier noch grosse, nicht ausgenützte Potentiale. Etwas schwieriger stellt sich die Situation im Bereich der Siedlungsabfälle dar; die Schweizer sind bereits Weltmeister im Glas- und Papiersammeln. Damit muss die Verbesserung hier von einem hohen Niveau ausgehend erfolgen. Unter Ausnützung sämtlicher Möglichkeiten der Information und der Motivation lassen sich realistischere die folgenden Mengen und Prozentsätze der verschiedenen Abfallkomponenten der Siedlungsabfälle zusätzlich verwerten:

#### Altpapier und Karton

Altpapier und Karton zählen bereits heute zu den mengenmässig wichtigsten separat gesammelten Abfällen. Rund 613 000 t oder 45 % der Produktion wurden innerhalb der Schweiz wiederverwertet. Trotzdem enthält der Siedlungsabfall noch rund 30 % oder 860 000 t Papier und Karton. In Zukunft lässt sich wohl realistischere etwa noch ein Drittel des heute im Siedlungsabfall endenden Papiers und Kartons zusätzlich verwerten. Voraussetzung dazu ist eine aktive Mitarbeit der Gemeinden, der Industrie und des Gewerbes. Nachdem das Verwerten von Abfällen gegenüber der Behandlung als Siedlungsabfall eine finanzielle Entlastung für die Gemeinden bedeutet, sollten diese versuchen, die separate Sammlung von Papier und Karton zu unterstützen, soweit die Altstoffverwertung die Kosten der Sammlung nicht deckt. Längerfristig ist unter Umständen eine Finanzierung durch eine sogenannte vorgezogene Entsorgungsgebühr auf Drucksachen und Werbematerialien denkbar.

Das vermehrte Sammeln von Papier und Karton sowie die Information über diese Verwertungsmöglichkeit reicht allein aber nicht. Gleichzeitig gilt es, den Markt für Recyclingpapier und Papiere mit einem hohen Altpapieranteil zu vergrössern. Insbesondere Drucksachen, Couverts und Hygienepapiere sollten nach Möglichkeit aus diesem Altstoff hergestellt werden. Da möglicherweise eine zusätzliche

Entlastung des Marktes von den billigsten Altpapiersorten notwendig ist, prüft das Buwal gegenwärtig zusammen mit der Zementindustrie die Möglichkeit, Altpapier in Zementwerken als Ersatz für fossile Brennstoffe einzusetzen. 250 000 t Papier können zusätzlich separat gesammelt und verwertet werden.

### *Zusätzliche Verwertung von Altglas*

Heute werden auf Gemeindeebene rund 155 000 t Rohglas pro Jahr gesammelt. Durch eine Intensivierung der Information, durch Förderungsmassnahmen und durch ein Optimieren des Sammel-systems (kürzere Wege, Erhöhung der Behälterzahl usw.) lässt sich die separat gesammelte Altglasmenge maximal um etwa 45 000 t pro Jahr erhöhen. Dabei wäre diese verbesserte Sammelleistung primär in Gebieten mit heute noch wenig oder schlecht funktionierender Sammlung zu erbringen, wobei gezielt weisses und braunes Hohlglas vermehrt gesammelt werden müsste.

### *Vermehrte Kompostierung*

Rund 30% der Siedlungsabfälle bestehen aus kompostierbaren Garten- und Küchenabfällen. Obwohl die Kompostierung in einigen Gebieten bereits gut eingespielt ist, besteht gesamtschweizerisch durchaus noch ein Potential zur vermehrten Kompostierung. Soweit als möglich sollten die hier zu treffenden Massnahmen die Kompostierung im eigenen Garten oder im Quartier fördern. Denkbar wäre etwa ein Obligatorium für Kompostplätze in Überbauungen durch die Aufnahme eines Obligatoriums für Kompostplätze in kommunale Bauvorschriften.

Dort, wo die Kompostierung kleinräumig nicht möglich ist, sollte flächendeckend ein System für die separate Sammlung zur Verfügung gestellt werden. Falls Kompostierungsanlagen nur in Industriezonen errichtet werden, dürfen die sich daraus – gegenüber der Beseitigung zusammen mit dem Siedlungsabfall – ergebenden Mehrkosten Bürgern und Politikern nicht verschwiegen werden.

Sammlung und Kompostierwerk allein genügen aber nicht. Falls ein grösserer Teil der etwa 860 000 t noch im Siedlungsabfall landenden kompostierbaren Abfälle in Zukunft verwertet werden soll, gilt es bereits heute, die nötige Organisation für den Absatz des Produktes zu schaffen. Dies bedeutet u. a. den Einbezug der Landwirtschaft in die Kompostverwertung. Gleichzeitig sind neue Verfahren der Kompostierung zu prüfen (z. B. anaerobe Kompostierung). Denkbar wäre auch die Herstellung von «künstlichem Boden», ausgehend von Schlamm aus der Kieswäsche und Kompost.

Realistischerweise lassen sich rund 300 000 t kompostierbares Material aus den Siedlungsabfällen fernhalten.

## **5. Massnahmen im Bereich der Baustellenabfälle**

Wenn auch die genaue Menge der in der Schweiz aus dem Bereich der Bauwirtschaft zu entsorgenden Abfälle nicht bekannt ist, handelt es sich doch um einen mengenmässig bedeutenden Abfallstrom. Wie Studien der Eawag zeigen, entspricht zudem die in der Bauwirtschaft verbrauchte Materialmenge noch in keiner Weise den entsorgten Abfallmengen. Im Bereich der Bauten entsteht somit ein grosses, in Zukunft abzubauenendes «Zwischenlager».

Im Bereich der Bauabfälle sind primär ebenfalls Massnahmen zum Vermeiden von Schadstoffen sowie zur besseren Verwertung und zur sauberen Entsorgung gefragt. Hingegen stehen Einschränkungen der Bautätigkeit mit dem Ziel der Verminderung der Abfallmengen wohl kaum zur Dis-

kussion. Da bis vor kurzem in praktisch allen Regionen der Schweiz Baustellenabfälle recht unkritisch auf sogenannte Deponien der Klassen I und II, das heisst Deponien ohne Sickerwasser- und Gasbehandlung, abgelagert wurden, besteht ein grosser Nachholbedarf in Verfahrensentwicklung, Erlass von Regelungen und Vermarktung von Produkten.

Die Baubranche diskutiert zurzeit intensiv Fragen des selektiven, entsorgungsgerechten Abbruchs von Gebäuden, Fragen der Sortierung und Verwertung von Produkten und schliesslich Finanzierungsmodelle. Auslöser für die Aktivität zum Sortieren und Vermindern von Bauabfällen sind primär die gestiegenen Deponiepreise in der Nähe der Ballungszentren.

Wie erste, von der Eawag ausgeführte Untersuchungen zeigen, besteht volumenmässig rund die Hälfte und – bezogen auf das Gewicht – rund 20% der gemischten Baustellenabfälle aus brennbarem Material. Der Ersatz fossiler Brennstoffe in Zementwerken durch Altholz aus der Baubranche ist wünschbar, lassen sich dadurch doch gleichzeitig Deponieraum oder KVA-Kapazität und fossile Brennstoffe einsparen. Um das Erstellen der notwendigen Infrastruktur zu fördern, scheint auch in diesem Bereich das Zuordnen von Abfällen auf die einzelnen Entsorgungswege nötig zu sein.

Gemische von Kunststoffen, Karton und Papier aus der Sortierung von Baustellenabfällen werden in Zukunft in Kehrichtverbrennungsanlagen verbrannt werden müssen. Durch diese neue Weichenstellung im Bereich der Bauabfälle ergibt sich ein wesentlicher zusätzlicher Bedarf an Verbrennungskapazität.

Falls 20% der 3 000 000 t Bauabfälle der Kehrichtverbrennung zugeführt werden, bedeutet dies eine Erhöhung der Verbrennungskapazität um 600 000 t.

## **6. Abschätzung der zukünftigen Verbrennungskapazität**

Während im Bereich der Siedlungsabfälle dank dem Umlenken in die Verwertung eine Entlastung um 500 000 t möglich ist, steigt aber die benötigte Verbrennungskapazität wegen der aussortierten, brennbaren Fraktion aus Bauabfällen um 600 000 t. Berücksichtigen wir auch noch die in Zukunft vermehrt angestrebte Verbrennung der heute noch direkt deponierten Siedlungsabfälle und die Notwendigkeit, zunehmende Mengen an Klärschlamm zu verbrennen, so ergibt sich ein Bedarf von rund 3 Mio t KVA-Kapazität, basierend auf dem heutigen Konsum. Dies entspricht einer Erhöhung der Verbrennungskapazität um 30%. Eine Erhöhung oder allenfalls Verminderung dieser Zahl könnte sich als Folge der wirtschaftlichen Entwicklung einstellen.

Realistischerweise müsste aber auch in den nächsten zehn Jahren mit einem Wachstum des Bruttoinlandproduktes, des Konsums und damit der Abfallmenge von jährlich etwa 2% gerechnet werden. Einen weiteren Einfluss auf die Verbrennungskapazität hat der in den letzten Jahren gestiegene Heizwert der Siedlungsabfälle. Dieser Anstieg wird sich fortsetzen, wenn in Zukunft vermehrt vegetabile Abfälle kompostiert statt verbrannt werden, da diese Abfälle in der Regel einen hohen Wassergehalt und geringen Heizwert aufweisen. Zusammen mit dem steigenden Gehalt an Kunststoffen und der energiereichen Fraktion aus der Sortierung von Bauabfällen dürfte der Kapazitätsbedarf, in Wärmeenergie ausgedrückt, noch stärker steigen.

Zudem müsste in Zukunft, wenn auch nicht auf jeder einzelnen Anlage, so doch im regionalen Verbund eine gewisse Reservekapazität für das Überbrücken von Revisionen oder Betriebsstörungen bereitgehalten werden.



Tabelle 2. Vergleich der Emissionen einer alten Kehrichtverbrennungsanlage und einer Neuanlage.

Schadstoff	alte KVA		neue KVA	
	mg/Nm <sup>3</sup>	g/t	mg/Nm <sup>3</sup>	g/t
Staub	250	1500	3	18
Salzsäure (HCl)	800	4800	1,5	9
Flusssäure (HF)	6	36	0,025	0,15
Stickoxide (NO <sub>x</sub> )	350	2100	80	480
Blei Pb	3	18	0,2	1,2
Zink Zn	8	48	0,2	1,2
Cadmium	0,08	0,5	0,015	0,1
Quecksilber	0,3	1,4	0,04	0,2

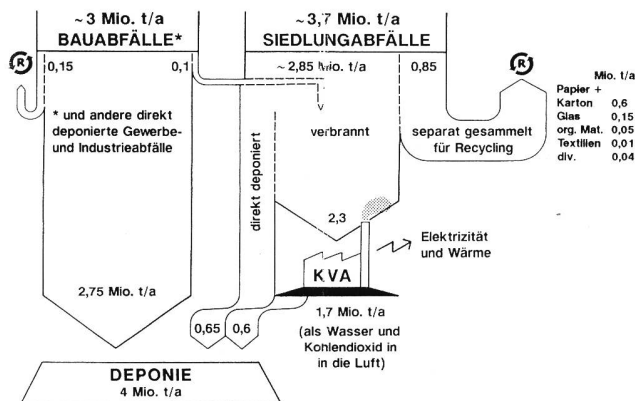


Bild 2. Abfallwirtschaft 1988.

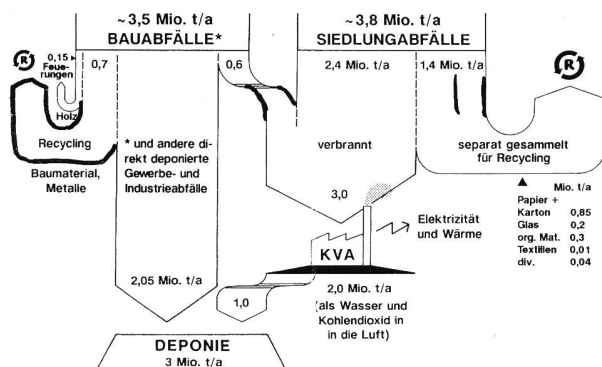


Bild 3. Zukünftige Abfallwirtschaft (Abfallgesamtmenge gegenüber 1988 um 10% gestiegen).

Während aufgrund der Umsetzung der Ideen des Leitbildes und der Notwendigkeit einer Anpassung an den gestiegenen Güterkonsum eine deutliche Erhöhung der KVA-Kapazität notwendig ist, ergibt sich gleichzeitig eine Entlastung der Deponien. Sowohl das Trennen von Baustellenabfällen als auch die verbesserte Verwertung von Papier, Glas und kompostierbarem Material tragen zur Entlastung des Deponieraums bei. Hier ist jährlich mit Einsparungen im Bereich von bis zu 1000000 t zu rechnen. Grössere Einsparungen sind dann möglich, wenn in Zukunft vermehrt Betonbruch aus Bauabfällen sortiert und anschliessend der Wiederverwertung zugeführt wird.

## 7. Entwicklung der Umweltbelastung aus der Abfallentsorgung

Die Abfallentsorgung und speziell die Kehrichtverbrennungsanlagen sind in der Vergangenheit nicht ganz zu Unrecht in den Ruf der Umweltverschmutzer par excellence gelangt.

Glücklicherweise ermöglicht der heutige Stand der Technik sowohl eine drastische Reduktion der Schadstoffemissio-

nen in den Rauchgasen als auch das Herstellen problemlos deponierbarer Reststoffe aus Filterasche und Rückständen der Rauchgasreinigung.

Obwohl die Luftreinhalteverordnung erst seit drei Jahren in Kraft ist, werden die darin festgelegten Grenzwerte in Neuanlagen zum Teil stark unterschritten. Insbesondere zeigt sich, dass eine Entfernung des Schwefeldioxids auf Werte im Bereich von 20 bis 30 Mikrogramm pro m<sup>3</sup> ohne weiteres möglich ist. Bei verschiedenen Neuanlagen wird zurzeit auch die Entstickung der Rauchgase eingeplant. Damit lassen sich die Emissionen gemäss dem Stand der Technik im Routinebetrieb von 400 auf Werte von etwa 80 Mikrogramm NO<sub>x</sub>/m<sup>3</sup> senken.

Trotz der gegenüber 1960 rund auf das Dreifache gestiegenen Abfallmenge und trotz der Zielsetzung, sämtliche Siedlungsabfälle zu verbrennen, ergibt sich 1995 eine geringere Luftbelastung durch die Abfallverbrennung als 1960, wenn die Anlagen etwa dem heutigen Stand der Technik entsprechen.

Anhand des Vergleichs (Tabelle 2) zwischen einer Altanlage, wie sie leider zum Teil immer noch in Betrieb stehen, und einer neuen, dem Stand der Technik entsprechenden Anlage, lässt sich erkennen, wie gross der technische Fortschritt auf diesem Gebiet ist.

Bei gasförmigen Schadstoffen, wie Salz- und Flusssäure, lässt sich durch die weitergehende Rauchgasreinigung die von den schweizerischen KVA gesamthaft emittierte Fracht auf etwa einen Zwanzigstel der – 1960 bei viel geringerem Umfang der Abfallverbrennung – erreichten Werte reduzieren. Ähnliche Verringerungen gegenüber früheren Emissionen ergeben sich beim Staub und den meisten Schwermetallen.

Damit wird die Abfallentsorgung in Zukunft nur noch geringfügige Anteile zur generellen Luftbelastung liefern. Falls alle Anlagen dem heutigen Stand der Technik genügen, ist der Beitrag der Abfallverbrennung zur schweizerischen Luftbelastung bei Schwefel- und Stickoxiden sowie bei den meisten Schwermetallen unterhalb eines Prozentes.

## 8. Einige Schlussfolgerungen

Aufgrund der vorangehenden Übersicht ergeben sich einige Schlussfolgerungen, die gleichzeitig als Zusammenfassung der Zielsetzungen der Abfallwirtschaft hier zu nennen sind (Bilder 2 und 3):

1. Massnahmen zur Schadstoffverminderung in Produkten sind gezielt weiterzuführen. Sie ermöglichen es aber nicht, auf ein Anpassen der Abfallentsorgungsanlagen zu verzichten.
2. Alle Konsumgüter werden zu Abfall. Einschneidende Massnahmen zur Einschränkung des Konsums lassen sich durch die geringen Restfrachten einer technisch durchaus möglichen umweltgerechten Abfallentsorgung nicht rechtfertigen. Vorschriften des Staates drängen sich dort auf, wo abfallarme Alternativen für Produkte bestehen.
3. Massnahmen zur Abfallverminderung, sei es an der Quelle oder durch vermehrtes Verwerten, bilden eine wichtige Voraussetzung für die politische Akzeptanz der neuen, für eine umweltgerechte Abfallentsorgung notwendigen Anlagen.
4. Im Bereich der Verwertung von Siedlungsabfällen besteht ein noch nicht ausgeschöpftes Potential. Die dadurch resultierende Reduktion der zu verbrennenden Abfälle wird aber durch brennbares Material aus der Sortierung von Bauabfällen mehr als kompensiert.

5. Durch das Sortieren und Verwerten von Bauabfällen lassen sich grössere Mengen an Deponievolumen einsparen.
6. Drastische Reduktionen der Umweltbelastung lassen sich primär durch Verbesserungen der Behandlungsanlagen erzielen.
7. Wenn die sich aus einer umweltgerechten Abfallbehandlung ergebenden Kosten auf die Verursacher überwältigt werden, entsteht ein finanzieller Anreiz zur Verminderung von Abfällen.
8. Aus dem Verzögern der als notwendig erkannten Verbesserung von Verbrennungsanlagen um ein Jahr ergibt sich die grössere, unnötige Umweltbelastung als aus dem Betrieb einer umweltgerechten Anlage während 15 Jahren.

Adresse des Verfassers: Dr. Hans Peter Fahrni, Sektionschef, Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Buwal, Hallwylstrasse 4, CH-3003 Bern.

Vortrag gehalten an der Tagung «Abfallentsorgung – der Weg aus dem Engpass» vom 5. September 1989, organisiert vom Schweizerischen Städteverband.

## Die Ozonanlage im Seewasserwerk Lengg

Im Seewasserwerk Lengg steht seit 17 Jahren eine Ozonanlage in Betrieb. 1987 war die alte Anlage aufgrund der Anfälligkeit für Störungen zu ersetzen, und der Stadtrat bewilligte dafür am 12. August 1987 einen Kredit von 16,8 Mio Franken. Die Wasserversorgung benutzte die Gelegenheit, um die bisherige Voroxidation des Rohwassers von Chlor auf Ozon umzustellen. Mit der neuen Vorbehandlung des Wassers fällt auch die unerwünschte Erzeugung von toxischen und teilweise kanzerogenen Substanzen – den sogenannten chlorierten Kohlenwasserstoffen – weg. Eine Umstellung war ausserdem nötig geworden, weil das Schwei-

zerische Lebensmittelbuch, in dem auch die Qualitätsanforderungen des Trinkwassers festgehalten sind, in naher Zukunft verschärfte Grenzwerte für solche Stoffe vorsehen wird.

Die Wasserversorgung sorgt dafür, dass das an sich giftige Ozongas nur dort seine Wirkung entfaltet, wo es dies auch soll, und dass alle technischen Vorkehrungen getroffen wurden, um sein Entweichen in die Umwelt zu verhindern. Ozon wird damit von einem Schadstoff zu einem willkommenen Hilfsmittel für die Aufbereitung unserer belasteten Oberflächenwasser.

Die Bildung unerwünschter Nebenprodukte aus der Gruppe der chlorierten Kohlenwasserstoffe zeigt, dass Chlor bei der heutigen Rohwasserverschmutzung nicht mehr ohne weiteres eingesetzt werden kann. Heute gibt es allerdings einen Weg, diese unerwünschten Stoffe dem Trinkwasser fernzuhalten, und zwar durch den vollständigen Ersatz des Chlors durch Ozon. Seit dem Jahre 1968 wird in Zürich und der Region Oberflächenwasser mit Ozon als Zwischenoxidation zu Trinkwasser aufbereitet. Zürich hat mit der Ozonung gute Erfahrungen gemacht und hat gelernt, das überschüssige Ozon in der Abluft vollständig zu entfernen. Durch die Zwischenozonung, vor der Aktivkohlefiltration, sind die Aktivkohlefilter nicht mehr reine Adsorptionsfilter, sondern werden auch biologische Filter. Die Aktivkohle ist nun zehn Jahre statt nur ein Jahr einsatzfähig.

Die Ozonzugabe für die Vor- und Zwischenoxidation beträgt zusammen 3 g/m<sup>3</sup>. Das Ozon wird aus flüssig angeliefertem Sauerstoff (O<sub>2</sub>) erzeugt. Dieses Verfahren ist weitaus günstiger als das herkömmliche mit getrockneter Luft. Einer der grössten Vorteile des neuen Verfahrens ist nicht nur wirtschaftlicher Natur, sondern es ist auch bezüglich Wasserqualität von Bedeutung, denn die Bildung toxischer nitroorganischer Verbindungen ist durch die Verwendung von reinem Sauerstoff ausgeschlossen. Überschüssiges Ozon in der Abluft wird bei Konzentrationen über 300 ppm mittels des thermischen Verfahrens mit Wärmerückgewinnung eliminiert. Bei Konzentrationen, die kleiner sind als 300 ppm, wird das überschüssige Ozon wie bis anhin über Aktivkohleluftfilter entfernt.

Quellen: Pressekonferenz vom 7. Dezember 1989 und M. Schalekamp: Ozonversorgung bei der Wasserversorgung Zürich «Gas, Wasser, Abwasser», 9/1989.

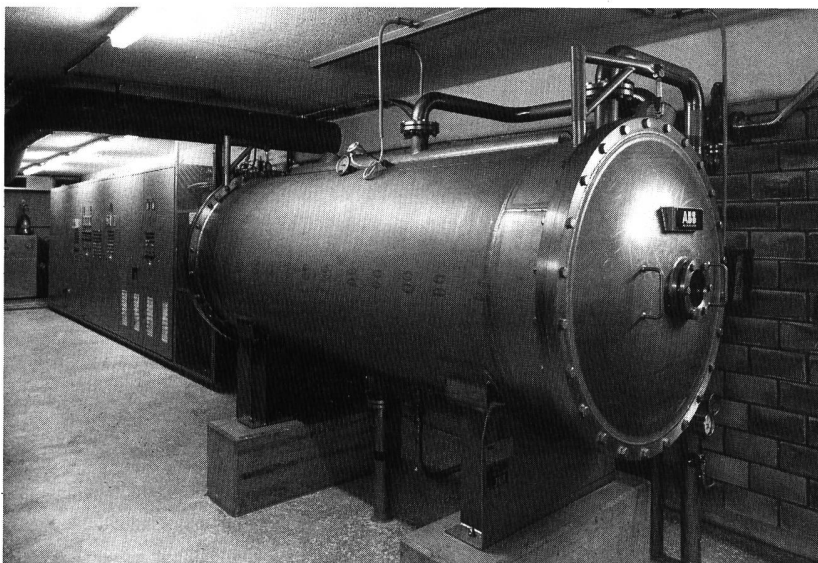


Bild 1. Seewasserwerk Lengg der Stadt Zürich, Erneuerung der Ozonanlage. Ozonerzeuger.



Bild 2. Lagertanks für flüssigen Sauerstoff.