

## Wachstum unserer Wirtschaft:

### Welche Aufgaben stellen sich den kantonalen Behörden in bezug auf die Abfallbeseitigung?

Von K. Wuhrmann, Kilchberg

*Die Ablagerung unbrauchbarer und nicht mehr verarbeitbarer Stoffe ist ein Problem, das weder durch die Intensivierung des Umweltbewusstseins noch durch die Verbesserung der Technologie aus der Welt geschafft wird.*

Die Schwierigkeit und Undankbarkeit der Aufgabe, teilweise wohl auch überlieferte Denkschablonen vergangener Zeiten hindern vielfach Gesetzgeber und Behörden daran, rasch und zielbewusst an das dornenreiche Problem der Abfall-Ablagerung heranzugehen. Nicht zu übersehen ist auch, dass hier – im Gegensatz zu anderen Gebieten des Umweltschutzes – geringe Geschäftsmöglichkeiten bestehen, die ja in unserem kommerzialisierten Zeitalter meist die wirksamsten Impulse geben.

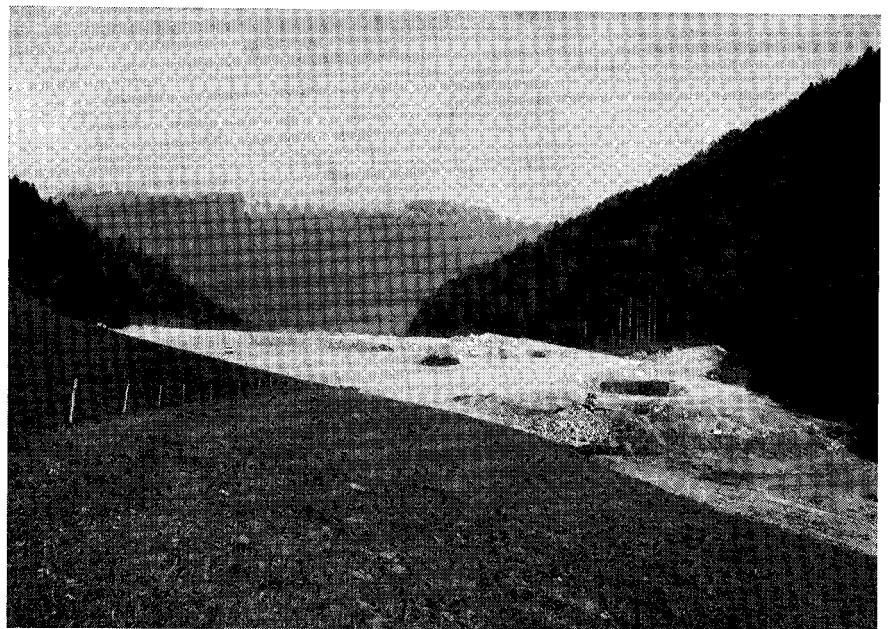
Alles, was nicht wiederverwendet, weiterverarbeitet oder restlos vergast werden kann, ferner alles, was nur mit Bedenken einer diffusen Verbreitung durch Ausstreuen oder Verspritzen zugeführt werden kann, muss letztlich abgelagert werden. Dies kann im In- oder Ausland geschehen. Die letztere Möglichkeit ist jedoch in dem Masse im Schwinden begriffen, wie sich unsere Nachbarn der Nachteile solcher Verlagerung der Sozialkosten bewusst werden. Praktisch muss daher über kurz oder lang der Kanton oder ein ganzer Landesteil das heisse Eisen anfassen, da die Gemeinden dazu ohnehin meistens nicht mehr in der Lage sind. Dem Umweltschutz ist andererseits wenig gedient, wenn der Kanton wohl die Ablagerung verbietet, jedoch nicht auszusagen gewillt ist, wo sie denn gemacht werden solle.

Über die Technik der Ablagerung [1], [2], insbesondere die geordnete Deponie, bestehen Unterlagen und Richtlinien zur Genüge, ebenso über die Grundsätze gewässerkundlicher Art. Daneben spielen landschaftsschützerische und leider auch unfundierte gefühlsmässige Momente eine Rolle.

#### Aussonderung und Vorbehandlung

Die Rohabfälle werden heute schon und werden in vermehrtem Masse in Zukunft vor der Wiederverwendung oder der Ablagerung aufbereitet. Es ist hier nicht der Raum, auf alle Möglichkeiten der Aufbereitung zur Wiederverwendung oder der Volumenverminderung einzugehen. Es lassen sich jedoch die allgemeinen Tendenzen in ihren Auswirkungen auf die grossen Zahlen abschätzen.

Der Rohanfall vermindert sich um denjenigen Anteil, der z. B. als Papier und Karton, Buntmetall und Eisen wiederverwendet wird. Die Hausmüll- und Arbeitsplatzabfallmenge vermindert sich dabei möglicherweise um gegen 12%. Als Industrieabfall sind im folgenden nur solche Materialien gerechnet, für deren Wiederverwendung vorläufig keine praktische Möglichkeit besteht oder deren entsprechende Aufbereitung eine stärkere Umweltbeeinträchtigung verursacht als ihre Ablagerung. Dies gilt insbesondere für beträchtliche Mengen von PVC-Abfällen und von Bauschutt, der zwar heute noch meistens unkontrolliert abgelagert wird, obwohl darunter – insbesondere bei Umbauten – häufig mehr verrottbare und beschränkt giftige Stoffe als inerte Mineralien enthalten sind.



Beispiel einer geordneten Deponie. Die auszufüllende Talsenke kann nur von wenigen Orten aus eingesehen werden

Besonders stark ins Gewicht fällt der Klärschlamm, dessen direkte Wiederverwendung durch Nassaustrag nicht in jeder Hinsicht unbedenklich und angesichts der schrumpfenden landwirtschaftlich genutzten Fläche in Konkurrenz mit den Abgängen aus der Landwirtschaft stets schwieriger wird. Nach der heutigen Tendenz des Ausbaues von Schlammbehandlungsanlagen ist damit zu rechnen, dass bereits etwa die Hälfte des Anfalls entwässert wird. Wird das Volumen des Schlammes durch Entwässern im Mittel auf den sechsten Teil gebracht, verbleiben Schlammkuchen, die landwirtschaftlich genutzt, abgelagert, getrocknet und genutzt oder verbrannt werden können. Die Wiederverwendung solcher Kuchen ist je nach Art der Aufbereitung mehr oder weniger zweckmässig (Härte, Stückgrösse, Kalkgehalt). Es ist deshalb zu erwarten, dass von dieser bereits verminderten Menge etwa  $\frac{1}{3}$  genutzt,  $\frac{1}{3}$  abgelagert und  $\frac{1}{3}$  verbrannt werden wird. Bei den Industrieschlammern wird über kurz oder lang die Entwässerung unerlässlich werden, wohingegen Strassenschlämme und Sandfanggut eine solche Verarbeitung nicht benötigen. Hier kommt, wie beim ebenfalls ölhaltigen Bahnschotter, nur die Deponie in Frage.

Es verbleiben noch die Metzgereiabfälle, die Konfiskate und Kadaver. Hier ist bereits mehrfach nachgewiesen worden, dass die Wiederverwendung der darin enthaltenen Stoffe nicht nur die wirtschaftlichste, sondern auch die umweltverträglichste Massnahme darstellt. Die letztlich verbleibenden Reste sind gering.

Als weitere Zwischenstufe zur Berechnung der Deponiemengen sind die Verbrennung und die Kompostierung einzusetzen. Da sich die Kompostierung aus Gründen der schwierigen und ungenügenden Ausscheidung von unerwünschten Stoffen aus dem Hausmüll voraussichtlich weitgehend auf die Abfälle der Lebensmittelindustrie verlagern dürfte (oben nicht als Industrieabfall gerechnet), spielt bei der Volumenverminderung praktisch nur die Müllverbrennung eine Rolle. In wenigen Jahren wird denn auch über 80% des Anfalls in der Schweiz durch die Müllverbrennung gehen. Als Rest bleibt die Müllschlacke, deren Gewichtsanteil bei etwa 38% des Rohabfalls liegt. Volumenmässig ist allerdings, je nach Deponieart, mit grösserer Verminderung bei Hausmüll zu rechnen.

Die Schlammverbrennung liefert ebenfalls Feuerungsrückstände, deren Menge sich abschätzen lässt. Nimmt man an, dass die der Verbrennung zugeführten Schlämme im

Mittel einen Wassergehalt von 60% und einen Glühverlust von 50% aufweisen (je zur Hälfte Frisch- und Faulschlämme), so führt die vollständige Verbrennung mit anschliessender Wiederbefeuchtung der Asche auf 50% Wassergehalt zu einem Endgewicht des abzulagernden Materials von 30% der verbrannten Schlammkuchen.

### Spezifische Werte

Die spezifischen Werte für Schweizer Verhältnisse sind aus Untersuchungen in verschiedenen Landesgegenden einigermassen bekannt. Die Hausmüllmengen einschliesslich der Abfälle des siedlungsbedingten Dienstleistungsgewerbes lassen sich auf die Bevölkerungsstruktur und mithin auf die Siedlungsdichte beziehen. Für die im Mittelland vorherrschende Mischung von städtischer, halbstädtischer und ländlicher Besiedlung muss mit einem Jahresanfall 1972 von rund 190 kg/Einwohner und Jahr gerechnet werden, während die alpinen Gegenden mit nur etwa 20% der Bevölkerung darunterliegen. Auf die ganze Schweiz bezogen dürfen 180 kg/Einwohner und Jahr gerechnet werden<sup>1)</sup>.

Die Arbeitsplätze (ohne Landwirtschaft) liefern branchenmässig sehr unterschiedliche Mengen, die jedoch im Landesdurchschnitt etwa 100 kg/Jahr oder 40 kg/Einwohner und Jahr erreichen. Darin sind die Industrieabfälle, die nicht mit den übrigen gemeinsam verarbeitet werden können, nicht inbegriffen.

Von der Abwasserklärung her fallen zusätzlich rund 20 kg/Einwohner und Jahr Rechen- und Sandfanggut sowie Gewässerunrat an.

Der Industrieabfall kann heute auf 10% der verbrennbaren Abfälle geschätzt werden, wobei allerdings die Grenzen zum Bauschutt nichtmineralischer Art verwischt sind. Für den letzteren, der nur zu einem verschwindend kleinen Teil der Hausmüllbeseitigung zugeführt wird, sind weitere 6% einzusetzen.

An Klärschlamm-Feststoffen fallen ohne Faulung rund 36 kg/Einwohner und Jahr, mit Faulung rund 26 kg/Einwohner und Jahr an. Heute sind rund 7,6 Mio Einwohner und Einwohnergleichwerte Lieferanten von Klärschlamm, von welchem der überwiegende Teil ausgefault ist, so dass mit 28 kg/Einwohner und Jahr zu rechnen ist.

Der Rohanfall kann mit einem Wassergehalt von 95% angesetzt werden oder 560 kg/Einwohner und Jahr. Der Rest geht vorläufig noch als Hausklärgrubenschlamm auf die Felder oder mit dem Vorfluter weg.

Schliesslich sind die ölhaltigen Strassenschlämme und Bahnschotter zu berücksichtigen, die der kontrollierten Ablagerung bedürfen, für die jedoch spezifische Werte fehlen.

Für die Ermittlung des erforderlichen Deponievolumens ist ferner zu bestimmen, mit welchem Raumgewicht die verschiedenen Abfälle bei sachgemässer Ablagerung, d.h. je gemäss Anlieferungszustand nach mechanischer oder durch das Eigengewicht verursachter Verdichtung, einzusetzen sind. Während für Hausmüll, Arbeitsplatzabfall und Bauschutt etwa 1 t/m<sup>3</sup> angemessen ist, kommen für Müllschlacke, Klärschlammkuchen und -asche sowie Strassenschlamm und Bahnschotter rund etwa 1,5 t/m<sup>3</sup> in Frage.

Das Deponievolumen 1972 wird so:

$$\left. \begin{array}{l} \text{Hausmüll} \\ \text{Arbeitsplatzabfall} \\ \text{Bauschutt} \\ \text{Rechengut usw.} \end{array} \right\} \frac{350000}{1} \text{ t/Jahr} = 350000 \text{ m}^3/\text{Jahr}$$

Tabelle 1. Zusammenstellung pro 1972 in 1000 t/Jahr:

	Rohanfall	nach Verwertung	abzulagern
Hausmüll	1200	1040	200 <sup>1)</sup>
Arbeitsplatzanfall	260	250	50 <sup>1)</sup>
Rechengut, Gewässerunrat	130	130	30 <sup>1)</sup>
abzüglich direkt abgelagert		-280	
In KVA verbrannt		1140	430 <sup>2)</sup>
Industrieabfall	120		120
Bedenklicher Bauschutt	70		70
Klärschlamm	4300	2150 <sup>3)</sup>	
nach Entwässerung		360	
und Kuchenverwertung		300 <sup>4)</sup>	100 <sup>5)</sup>
nach Verbrennung			30
Strassenschlamm und Bahnschotter	400	400	400
Kadaver und Knochen	80	10	10
Insgesamt	6560		1440

<sup>1)</sup> Aus verschiedenen Gründen direkt abgelagert

<sup>2)</sup> Müllschlacke

<sup>3)</sup> nach Nassaustrag, davon  $\frac{1}{3}$  genutzt,  $\frac{1}{3}$  verbrannt,  $\frac{1}{3}$  abgelagert

<sup>4)</sup> nicht landwirtschaftlich verwertete Kuchen

<sup>5)</sup> abgelagerte Kuchen

<sup>1)</sup> In den nachfolgenden Überlegungen wird mit dem Gewicht der Abfälle usw. gearbeitet, weil das Rechnen mit den Masseinheiten ungewohnt ist und gegenüber den bisher verwendeten Zahlen Abweichungen ergeben würde. Bei den Transporten von Abfällen ist das Gewicht als Dimension sinnvoll.

$$\left. \begin{array}{l} \text{Müllschlacke} \\ \text{Industrieabfall} \\ \text{Klärschlamm} \\ \text{Strassenschlamm usw.} \\ \text{Kadaverreste} \end{array} \right\} \frac{1090000}{1,5} \text{ t/Jahr} = \frac{730000 \text{ m}^3/\text{Jahr}}{\text{Schweiz, insgesamt } 1100000 \text{ m}^3/\text{Jahr} \text{ (aufgerundet)}}$$

### Zur Mengenentwicklung

Der enge Zusammenhang zwischen Konjunktur und Abfallmenge macht jegliche Prognose von einer Beurteilung der wirtschaftlichen Aussichten abhängig. Während es vielerorts noch üblich ist, ohne Rücksicht auf die Überlastung der Umwelt, für die nächste Zukunft mit einem weiteren Anhalten des progressiven Wirtschaftswachstums zu rechnen, melden sich allmählich Zweifel an der Wünschbarkeit einer solchen Entwicklung. Zwangsläufig muss daher auch die Prognose der Abfallmengen im heutigen Zeitpunkt mit Alternativen rechnen, deren signifikanteste durch die Funktionen für

$$\text{konstantes Wachstum } Q_K = Q_0 \left( n + \frac{n(n-1)}{2} \cdot \frac{p-1}{Q_0} \right)$$

$$\text{progressives Wachstum } Q_p = Q_0 \frac{p^n - 1}{p - 1}$$

mit  $Q_0$  = heutiger Jahresanfall

$p$  = Zuwachsrate

$n$  = Planungsdauer

ausgedrückt werden. Dabei kann  $p$  anhand des Zuwachses der letzten Jahre bestimmt werden. Beim Hausmüll zeigte sich ein jährliches Wachstum von rund 2,2%, während für die Arbeitsplatz- und Industrieabfälle keine repräsentativen Werte zu ermitteln waren, teils wegen vermehrten Übergangs von der Produktion zum Dienstleistungsbetrieb und endlich wegen des zunehmenden Kostenanteils der Abfallbeseitigung an der industriellen Produktion. Aus der landesweiten Verknüpfung von Wirtschaft und Siedungsverhältnissen darf über alles gesehen vermutlich sowohl für die festen Arbeitsplatz- und Industrieabgänge als auch für die abwasserseitigen Abfälle näherungsweise mit derselben Zuwachsrate gerechnet werden. Als Planungsdauern legen wir im Sinne einer Kurzzeitplanung 10 Jahre, als langfristige Planung 50 Jahre zugrunde. Ausgehend vom für 1972 berechneten Deponievolumen ergeben sich die folgenden Werte:

konstantes Wachstum,  $n = 10$  Jahre,  $p = 1,022$  (2,2% jährliche Zunahme)

$$Q_{K10} = Q_0 \cdot 11$$

$$V_{K10} = 12,1 \cdot 10^6 \text{ m}^3$$

progressives Wachstum,  $n = 10$  Jahre,  $p = 1,022$

$$Q_{p10} = Q_0 \cdot 11,3$$

$$V_{p10} = 12,4 \cdot 10^6 \text{ m}^3$$

konstantes Wachstum,  $n = 50$  Jahre,  $p = 1,022$

$$Q_{K50} = Q_0 \cdot 76,5$$

$$V_{K50} = 83 \cdot 10^6 \text{ m}^3$$

progressives Wachstum,  $n = 50$  Jahre,  $p = 1,022$

$$Q_{p50} = Q_0 \cdot 90,2$$

$$V_{p50} = 99 \cdot 10^6 \text{ m}^3$$

Zur Veranschaulichung diene, dass der Grimselstausee bei 50 Jahren progressiven Wachstums mit dem Abfall aus der Schweiz aufgefüllt werden könnte.

### Landesplanerische Konsequenzen

Über die für solche Ablagerungen in Frage kommenden Gebiete sind in etlichen Kantonen mehr oder weniger detaillierte Unterlagen mit Rücksicht auf Gewässer- und Natur-

schutz vorhanden. Ablagerungen sind in der Nähe von Siedlungen nicht erwünscht. Nimmt man als Minimalabstand von einer Siedlung 1 km an, so vermindert sich die Auswahl der Standorte in vielen Kantonen ganz erheblich, da auch Waldbestände für Deponiezwecke nur ausnahmsweise in Frage kommen.

Es besteht unter diesen Umständen die Verlockung, wieder auf das System der kleinen, weitverbreiteten Deponien zurückzugreifen. Solche Kleindeponien können jedoch nur mit wenigen Metern belegt werden; sie würden somit einen gegenüber Grossdeponien erhöhten Landbedarf und eine schnelle Landumlegung erfordern. Ausserdem ist ihre sachgemässe Betreuung als geordnete Deponie kostspielig und ihre Kontrolle schwer durchführbar.

Auch bei der Grossdeponie stellt sich die Frage nach der optimalen Auslegung. Sicher ist eine hohe Flächennutzung angesichts unserer Raumknappheit unerlässlich. Daneben muss aber auch die pro Deponie zur Verfügung stehende Fläche  $F_0$  (von der in der Regel nur ein Teil aufs Mal für Auffüllung benutzt wird) in einem möglichst günstigen Verhältnis zur vorgesehenen Kapazität stehen, da bei zu geringer Benützungsdauer die unvermeidlichen, festen Installationen spezifisch zu teuer werden.

Bezüglich der Flächennutzung ist zu beachten, dass im Prinzip der nicht für Ablagerung verwendbare Boden, d.h. die für Böschungen, Sichtdeckungen, Zufahrtsstrassen, Radwasch-, Reparatur- und Abwasseranlagen sowie Betriebs- und Garagegebäude erforderliche Fläche, nur mit dem Exponent 0,6 der Deponiefläche wächst. Dieser zusätzliche Landverbrauch ist stark vom Gelände abhängig. Es lässt sich im groben Schnitt die Nettodeponiefläche ( $F_N$ ) mit

$$F_N = F_0 - 15 F_0^{0,6} \text{ in m}^2 \text{ errechnen.}$$

Die Wahrscheinlichkeit höherer Schüttung (Schütthöhe  $h$ ) steigt angenähert logarithmisch mit der Bruttofläche, sofern natürliche Bodenformen als Basis dienen. Für das Enddeponievolumen ( $V_e$ ) ergibt sich:

$$V_e = h \cdot F_N = 10 \log F_0/1000 (F_0 - 15 F_0^{0,6}) \text{ in m}^3.$$

$F_0$ (Deponiefläche)	$V_e$ Enddeponievolumen je Deponie
1 ha = $10^4 \text{ m}^2$	62 200 m <sup>3</sup>
10 ha = $10^5 \text{ m}^2$	1 700 000 m <sup>3</sup>
1 km <sup>2</sup> = $10^6 \text{ m}^2$	28 200 000 m <sup>3</sup>

Überlegt man, dass die Landbeschaffung zu Ablagerungszwecken immer schwieriger werden wird, so kommt man auch aus diesem Grunde um eine realistische Abschätzung des einzuschlagenden Verfahrens nicht herum. Eine Vergleichsrechnung mag dies verdeutlichen. Wenn wir zum Wohle des Schweizervolkes ([3], [4] und [5]) von einem ab heute nur noch konstant wachsenden, d.h. bezüglich der Infrastrukturbeanspruchung gedämpften Wachstum, ausgehen – wobei es vorerst den Wirtschaftskreisen und Politikern überlassen sein möge, zu entscheiden, wer zu schrumpfen hat, damit andere mit der bisherigen Rate weiter wachsen können –, so ergeben sich z.B. für den Kanton Zürich mit 20% der schweizerischen Produktion die Richtwerte gemäss Tabelle 2.

Wenn man sich überlegt, wer in den nächsten 50 Jahren 256 neue Deponien zu je 1 ha mit Aussicht auf Erfolg suchen muss, so erkennt man, dass dies im günstigsten Fall der Kanton sein kann, sofern ihm die rechtlichen Mittel zur Verfügung gestellt werden. Beim heutigen Wachstum der besiedelten Fläche dürfte dies jedoch bereits vor der Jahrtausendwende auch mit den genannten Hilfsmitteln nicht mehr möglich sein, müsste dann doch bereits jeden zweiten Monat eine neue Deponie eröffnet werden.

Tabelle 2. Richtwerte für die Anzahl der nötigen Deponien im Kanton Zürich

Kanton Zürich 1972: 210000 m<sup>3</sup> Deponiebedarf

	Kleindeponie		Mitteldeponie		Grossdeponie			
	Bruttofläche	Betriebsdauer	1 ha	10 Jahre	10 ha	25 Jahre	1 km <sup>2</sup>	50 Jahre
	$V_e$ in 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	Anzahl Depo-nien	$V_e$ in 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	Anzahl Depo-nien	$V_e$ in 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	Anzahl Depo-nien	$V_e$ in 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	Anzahl Depo-nien
1972 bis 1982	2,3	37						
1982 bis 1992	2,8	45						
1992 bis 2002	3,3	53	6,7	3,9				
2002 bis 2012	3,8	61						
2012 bis 2022	4,3	69	9,8	5,7	16,5	0,58		
Verbrauchte Landfläche		256 ha		96 ha		58 ha		

Mehr Chancen hat ein Vorgehen mit mittelgrossen oder Grossdeponien. Für eine solche Lösung ist aber als ausführende Instanz erst recht nur der Kanton denkbar angesichts des Eingriffs in die Landnutzung. Ob ein Ausweichen nach ausserkantonalen Gebieten noch Aussicht auf Erfolg hat, bleibe dahingestellt. Man muss sich vergegenwärtigen, dass

gerade die umliegenden Kantone ebenfalls einen stürmischen Landverschleiss aufweisen und gleich dem Ausland nicht für die Sozialkosten des Kantons Zürich aufzukommen gedenken.

Als Forderung zuhanden der Landesplanung bleibt die Schlussfolgerung, dass auch von der Ablagerungsseite her eine weitere Industrialisierung der Gebiete Zürich und Aargau zu grossen Schwierigkeiten führen wird, da es beim heutigen Lebensstandard undenkbar ist, der hiesigen Bevölkerung eine Umweltbelastung in der Art des Ruhrgebietes oder der belgischen Zechenreviere zuzumuten.

#### Literaturverzeichnis

- [1] Merkblatt H über die geordnete Ablagerung fester und schlammiger Abfälle aus Siedlung und Industrie. Bundesgesundheitsamt, Zentralstelle für Abfallbeseitigung, Berlin 1969
- [2] E. Wuhrmann: Die Bedeutung der geordneten Deponie. «Der Städte-tag», Heft 6, 1967
- [3] A. Tschumi: Bevölkerungswachstum, Wirtschaft und Umweltschutz. NZZ Nr. 400/71
- [4] E. Küng: Der Geist der Konsumgesellschaft. NZZ Nr. 543/71
- [5] T. Ginsburg: Die Tragik der Allmende. NZZ Nr. 549/71

Adresse des Verfassers: K. Wuhrmann, EAWAG, Eidg. Anstalt für Wasserversorgung, Abwasserbeseitigung und Gewässerschutz, 8600 Dübendorf.