

**Zeitschrift:** Schweizerische Bauzeitung  
**Herausgeber:** Verlags-AG der akademischen technischen Vereine  
**Band:** 87 (1969)  
**Heft:** 22: Pro Aqua 69: internat. Fachmesse Wasser - Luft - Müll, Basel, 29.5. bis 4.6.1969

**Artikel:** Die Materialaufgabe, ein Teilproblem der Müllverbrennung  
**Autor:** Wuhrmann, K.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-70700>

### **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:** 17.04.2026

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

Von K. Wuhmann, dipl. Ing., EAWAG, Zürich

Während langer Jahre bestand allgemein die Vorstellung, Kehrichtverbrennungsanlagen müssten allein mit dem Hauskehricht, d. h. dem Inhalt der Kehrichteimer, die in unseren Küchen stehen, fertig werden. Die älteren Anlagen, wie Zürich-Josefstrasse u. a., sind so konzipiert. Damals gab es den Begriff «Verbrauchergesellschaft» noch nicht, und niemand hätte sich einfallen lassen, dass eines Tages der Durchschnittshaushalt mehr nicht essbare Konsumgüter umsetzt, als Nahrungsmittel. Was nicht den Weg des Verdauungskanals wandert, gelangt aber mit wenigen Ausnahmen als Abfall früher oder später in die Hände der Abfuhr, seien es nun Verpackungsmaterialien, Haushalt-, Spielzeug- oder Sportgegenstände. Die «Gestaltung der Freizeit» allein, wozu wir gut und gerne zwei Drittel aller Autos rechnen können, liefert in einer mittleren Stadt einige Tausend Tonnen Abfall im Jahr. Dazu kommen die stets wachsenden Gewerbe- und Industrieabfälle.

Alle diese zum Teil sperrigen Stoffe brachten in den letzten Jahren viel Ärger für alle Arten von Kehrichtbehandlung, sei es nun die Verbrennung oder die Kompostierung. Die Technik der Kehrichtabfuhr bewältigte in kurzer Zeit das neue Problem mit Hilfe kräftig verdichtender und unter Druck wieder ausstossender Sammelwagen. Der schwarze Peter blieb an der Verarbeitungsanlage hängen.

Daraufhin entwickelten sich zwei Denkarten für die Überwindung der vielen mechanischen Aufgabestörungen, die ungebührlich viel Arbeitszeit und Verfügbarkeit verschlingen. Entweder werden die Durchgänge so erweitert, dass grobe Stücke durchlaufen können (wer will schon alte Matratzen von Hand auseinanderklauben?), oder es sind Zerkleinerungsgeräte einzusetzen, die eine gut verarbeitbare Stückgrösse erzeugen. Im ersten Fall gelangen Grossverbrennungsanlagen verhältnismässig leicht zum Ziel, ergeben doch die dabei eingeplanten Durchsätze von 10 bis 20 t/h ganz automatisch die

grossen Einwurfföffnungen, die nicht mehr zu Verstopfungen neigen.

Im zweiten Fall aber steht man vor einer wesentlichen Verteuerung der Abfallbehandlung, die um so unangenehmer ist, als kleine Anlagen ohnehin zu höheren Tonnenpreisen führen als grosse. Eine Reihe von Lösungen dieser Art liegen bereits in Ausführung vor, wie nachfolgend dargestellt.

1. Prallmühle für Grobzerstückung. Wird oft nur für einen Teil der Abfälle benützt. Beispiele: Amsterdam, Hamburg, Bülach, St. Moritz usw. (Bild 1).

2. Hammermühle für begrenztes «Sperrgut». Hier ist wegen der Aufgabegrösse der Hammermühle wieder eine Einschränkung nötig, die meist mehrfach klassierte Abfuhr von Sperrgut («Grubengut» usw.) mit entsprechenden zusätzlichen Kosten erfordern. Beispiele: Horgen, Pfannenstiel, Dübendorf (Bild 2).

3. Müllschere für Grobzerstückung. Nur für Sperrgut wegen beschränktem Durchsatz. Beispiele: Genf, Zürich-Hagenholz (Bild 3).

4. Reissbunker für Grobzerstückung. Nur für Sperrgut wegen beschränktem Durchsatz. Beispiel: Braunschweig (Bild 4).

Die vorstehenden Beispiele zeigen, dass die Zerstückung für Korngrössen bis rd. 0,5 m mit Schlag (Prallmühlen), Schnitt (Müllschere), oder Reissen (Reissbunker) vor sich geht. Die feinere Zerkleinerung für Korngrössen bis rd. 0,1 m erfolgt fast ausschliesslich mit Hammermühlen, die schlagen und reissen. Die Zerstückung dient der störungsfreien Aufgabe und der gleichmässigen Rostbedeckung bei Rostöfen, die Feinerzkleinerung hingegen ist Voraussetzung für die Verbrennung in Etagenöfen, bei denen gleichzeitig gewisse Mengen an Klärschlamm beigegeben werden können (Bild 5).

Da, wie bereits erwähnt, die Müllzerkleinerung kostspielig ist, insbesondere wegen Kraftverbrauch, Verschleiss und Störungsbehebung, versucht man gleichzeitig auch

durch Verbesserung der Aufgabeeinrichtungen unbehandeltes Sperrgut direkt zu verbrennen. Bei kleineren Ofeneinheiten zeigen sich dabei folgende Schwierigkeiten:

1. Verstopfung im Trichter, da die lichte Weite des Fallschachtes bei Anlagen unter 5 t/h die grössten Dimensionen der von den Sammelwagen bewältigten Sperrgüter unterschreitet.

2. Rückbrände im Fallschacht. Die in Grossanlagen üblichen Schachthöhen von 10 m und mehr führen für kleinere Anlagen auf untragbare Gebäudekosten. Bei kleinem Verhältnis Höhe zu Weite ist eine genügende Abdichtung durch Sperrgut nicht mehr gesichert: Der Unterdruck im Feuerraum bricht zusammen, und die Rückzündung durch leicht entflammables Material wie Filmbänder usw. ist möglich.

3. Der Trichter darf nicht mehr gefüllt werden wegen der Verstopfungsgefahr. Damit sind eine häufigere Kranbedienung und eine genauere Überwachung der Füllhöhe erforderlich.

4. Die aus diesem Grunde beschränkte Greiferkapazität verteuert die Materialaufgabe im Verhältnis des Chargengewichtes.

Die nächstliegende Abhilfe bei eingetretener Verstopfung geschieht mit einer Stange zum Lockern der Füllmasse. Dies ist aber eine mühsame, sehr staubige Arbeit, die nicht immer zum Ziel führt. Der nächste Schritt ist das Abbreitenlassen des gestauten Gutes, bis die Stangenmethode zum Ziel führt. Dabei kommt es aber zu einem stellenweisen, unerwünschten Abbreiten des Feuerbettes und zu erheblichen Einbussen in der Durchsatzleistung. Ferner steigt die Gefahr des Rückbrandes. Letzterer kann, sofern der Kranführer nicht sofort feuchtes, dichtendes Material zur Hand hat, zu beträchtlichen Schäden an Gebäude und Krananlage führen.

Darum ist man bei Anlagen mit kurzen Zufuhrschächten im allgemeinen auf eingebaute Abschlussorgane übergegangen, die

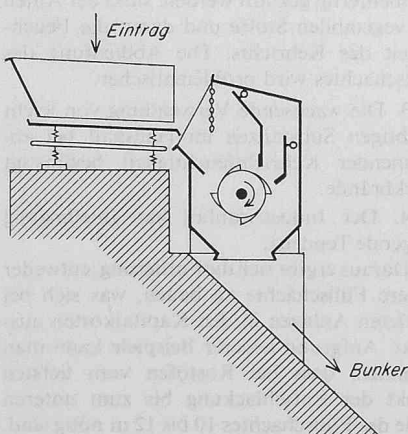


Bild 1. Prallmühle für Grobzerstückung, mittels Schüttelrinne gespeist. Grosse Einwurfföffnung. Beträchtliche Lärmentwicklung, daher nicht überall verwendbar

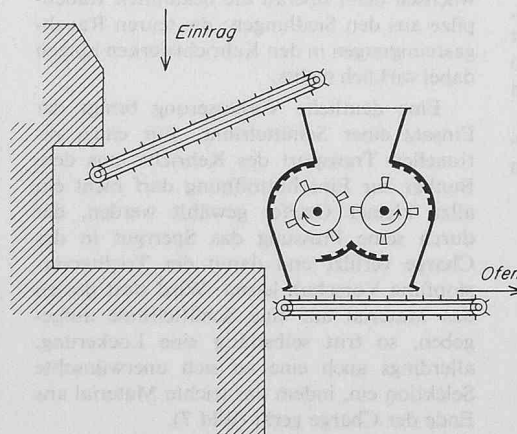


Bild 2. Doppelrotor-Hammermühle, gespeist mittels Aufgabeband. Abzug des gemahlten Gutes durch gepanzertes Förderband. Die Zerkleinerung ist in der Regel feiner als für die Verbrennung auf dem Rost nötig. Nebst der Lärmentwicklung ist die Explosionsgefahr zu erwähnen, die bei der verhältnismässig kleinen Kubatur der Maschine zu Unfällen führen kann

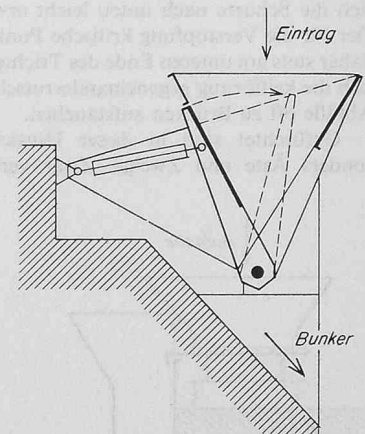


Bild 3. Müllschere für Grobzerstückung. Die Schenkel der Schere sind mit gehärteten Schneidekanten versehen, die auch Metall zerschneiden können. Der langsamen Bewegung entsprechend arbeitet die Schere fast geräuschlos, jedoch mit weit geringerem Durchsatz als eine Prallmühle

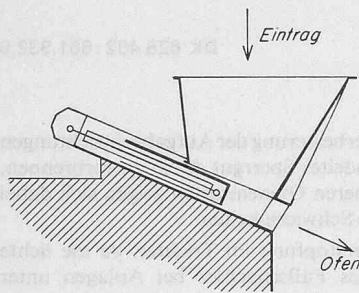


Bild 4. Reissbunker für Grobzerstückung. Im Prinzip wird das Material zerrissen statt geschnitten, indem der meist hydraulisch angetriebene Schlitten gleichzeitig das Gut ausstösst. Ruhiger Betrieb, der jedoch grosse Kräfte erfordert

entweder als Schleuse ausgebaut, eine ständige Abdichtung sichern, als periodisch öffnende Klappen oder Schieber wenigstens nur während des Arbeitshubes offenstehen, oder als Sicherheit nur im Falle des Rückbrandes und des Ausfahrens des Ofens geschlossen werden. Die Undichtheiten bei allen diesen Organen sind so gering, dass bei arbeitendem Saugzugebläse der maximale Feuerraumunterdruck gehalten werden kann (Bild 6).

Auch der in vielen Öfen benützte Zuteilungsapparat zum Rost kann die Funktion des Abschlussorgans übernehmen. Dies ergibt eine Lösung ähnlich Bild 6b, wobei aber der ausreichenden Kühlung Beachtung zu schenken ist. Ferner kann bei dieser Auslegung das normalerweise auf dem Schieber aufliegende Material in Brand geraten, was dann einem zweiten Abschlussorgan ruft. Ferner wird bei diesem Schieberabschluss das Aufgabegut um 90° umgelenkt, womit sich für die Verarbeitung von Sperrgut recht ansehnliche Abmessungen und Kräfte ergeben.

Bedeutendes Kopfzerbrechen verursacht auch die Gestaltung von Trichtern und Fallschächten. Abgesehen von seltenen Ausführungen mit rundem Querschnitt stellt sich eine angenähert quadratische Form als schluckfähig heraus. Blechwandungen sind allen anderen Materialien eindeutig überlegen, wobei selbstverständlich nur nach unten überlappende Stösse zulässig sind. Im allgemeinen achtet man auch darauf, dass sich die Schurre nach unten leicht erweitert. Der für die Verstopfung kritische Punkt liegt daher stets am unteren Ende des Trichters, wo sich die keilförmig gegeneinanderrutschenden Abfälle oft zu Brücken aufstauen.

Gefürchtet sind in dieser Hinsicht besonders Äste und Zweige. Zwar verlangen

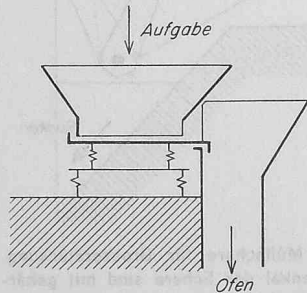


Bild 7. Schüttelrinne beschickt den Fallschacht. Die Staubentwicklung erfordert einen geeigneten Einbau in der Anlage

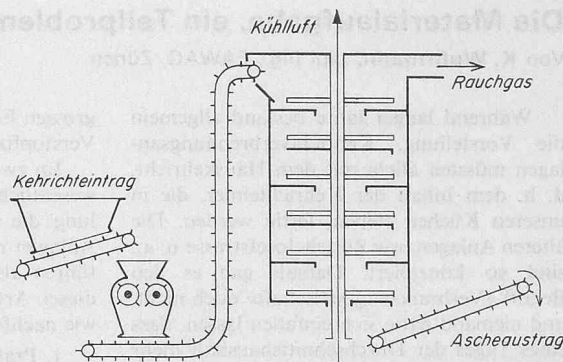


Bild 5. Etagenofen mit vorgeschalteter Hammermühle. Förderung des Materials aus dem Einwurfbunker in die Mühle, von der Mühle in den Ofen und vom Ofen in den Aschesilo mittels Förderbändern oder Kettenförderern. Die heissen Rauchgase streichen im Gegenstrom zum Brennstoff; die Welle mit den Rührarmen ist luftgekühlt

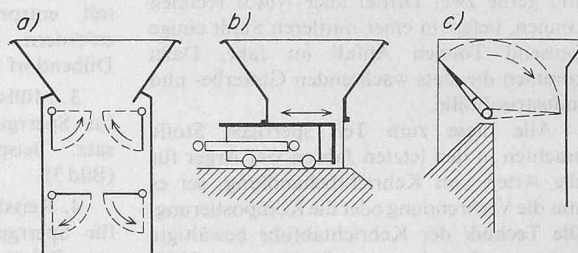


Bild 6. Drei Methoden der Aufgabe ohne dichtenden Füllschacht:

- kurzer Schacht mit Schleuse aus gegenläufig angetriebenen Klappen. Wasserkühlung für Mechanik und Schacht
- Aufgabeschieber, der in geschlossener Stellung dichtet. Gleichzeitig ist eine gewisse Brech- und Reisswirkung, möglicherweise aber auch eine unerwünschte Verdichtung festzustellen.
- Schacht mit Abschlussklappe, die gleichzeitig eine Wand des Aufgabetrichters bildet und nur zeitweise geschlossen wird. Wassergekühlte Welle

einzelne Kehrlichtwerke eine Höchstlänge von 1 m oder weniger. Wenn man jedoch der Sache nachgeht, entdeckt man meistens, dass gerade die Stadt- oder Gemeindeverwaltung als hauptsächlichster Lieferant von Baumstamm eine derart weitgehende Zerkleinerung von Hand als zu kostspielig ablehnt. Als Folge wachsen denn überall die bekannten Rauchpilze aus den Siedlungen; die teuren Rauchgasreinigungen in den Kehrlichtwerken nützen dabei wirklich nichts.

Eine deutliche Verbesserung bringt der Einsatz einer Schüttelrinne. Für einen rationalen Transport des Kehrlichts aus dem Bunker zur Einschüttöffnung darf nicht ein allzu kleiner Greifer gewählt werden, der durch seine Pressung das Sperrgut in der Charge verfilzt und damit der Trichterstopfung Vorschub leistet. Wird statt dessen das Material auf eine Schüttelrinne aufgegeben, so tritt selbstständig eine Lockerung, allerdings auch eine an sich unerwünschte Selektion ein, indem das leichte Material ans Ende der Charge gerät (Bild 7).

Die Möglichkeit, dass Löcher aus dem Feuerbett herausgebrannt werden, wird durch die Schüttelrinne nicht verkleinert, sondern eher vergrössert. Die Entwicklung muss daher weiter gehen unter Berücksichtigung der ständig schwieriger werdenden Arbeitsbedingungen der Kehrlichtwerke:

1. Einerseits durch die Ausbreitung der grossen Wohnblöcke und andererseits zur Rationalisierung der kostenmässig stark ins Gewicht fallenden Einsammlung werden Hauskehrlicht und Sperrgut stets mehr vermengt.

2. Da zunehmend mehr Lebensmittel pfannenfertig gekauft werden, sinkt der Anteil der vegetabilen Stoffe und damit die Feuchtigkeit des Kehrlichts. Die Abdichtung des Füllschachtes wird problematischer.

3. Die wachsende Verwendung von leicht flüchtigen Substanzen im Haushalt bei abnehmender Kehrlichtfeuchtigkeit begünstigt Rückbrände.

4. Der Industrieanfall hat anteilmässig steigende Tendenz.

Daraus ergibt sich die Forderung, entweder höhere Füllschächte zu bauen, was sich bei mittleren Anlagen in den Kapitalkosten auswirkt. Aufgrund neuerer Beispiele kann man erkennen, dass bei Rostöfen vom tiefsten Punkt der Entschlackung bis zum unteren Ende des Füllschachtes 10 bis 12 m nötig sind. Weisen Schacht und Trichter eine Mindesthöhe von 4 bis 5 m auf, und die lichte Höhe für Kran und Greifer 6 m, so liegt die Unterkante der Bunkerdach-Unterzüge bereits mehr als 20 m über dem Kellerboden. Jede Verlängerung des Füllschachtes um 1 m lässt bei der vernünftigerweise anzustrebenden

Bunkerkapazität die Gebäudekosten um weitere 20000 Fr. anwachsen.

Es erscheint daher sinnvoller, die Verbesserungen der Aufgabe zur Vermeidung von Stockungen und die Verdämmung gegen Rückbrand weiterzutreiben. Die Zerkleinerung darf dabei keine zu grossen Kosten verursachen, weshalb schneidende und schnelllaufende Geräte kaum in Frage kommen, da sie auch einer Abnutzung durch Stoffe unterworfen sind, die gar keiner Zerkleinerung für die Rostfeuerung bedürfen. In der Regel genügt das Brechen oder Biegen auf eine Stückgrösse von etwa 40 cm vollauf. Rücksicht ist zu nehmen auf elastische Gegenstände, wie Autoreifen, Weich-PVC-Utensilien und Äste, die nach Durchgang der engsten Stelle sich wieder ausdehnen können. Bild 8 zeigt ein derartiges Beispiel, bei dem der oben gelagerte Zuteiler bricht und durch den engsten Querschnitt fördert, während die unten liegende Klappe mit wassergekühlter Welle bei Rückbrand oder beim Ausfahren geschlossen wird.

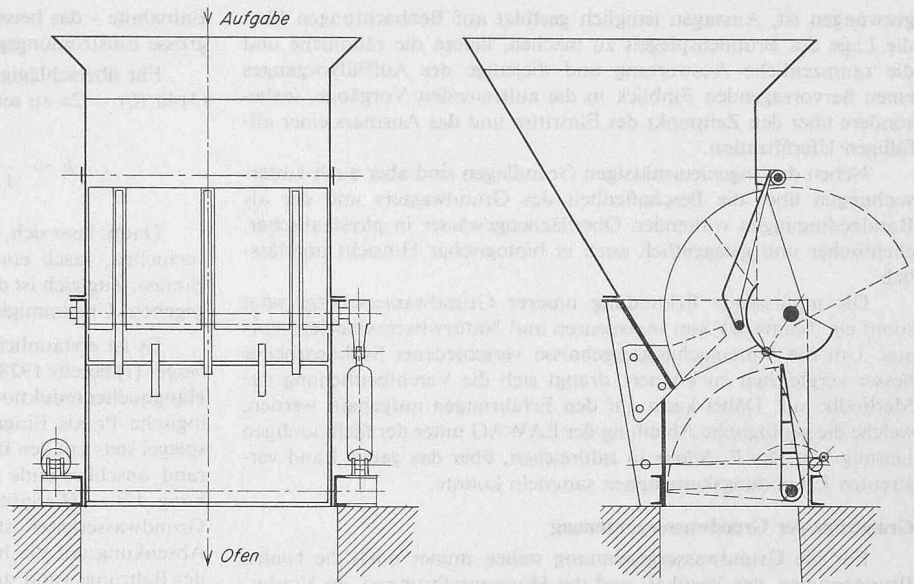


Bild 8. Aufgabetrichter mit Brechvorrichtung an der engsten Stelle. Darunter Abschlussklappe gegen Rückbrand, mit gekühlter Welle

Adresse des Verfassers: K. Wuhrmann, dipl. Masch.-Ing. ETH, EAWAG, 8044 Zürich, Physikstrasse 5.

## Aus der Praxis von Grundwassererschliessung und Brunnenbau

DK 628.112:626.811

Von E. Trüeb, dipl. Ing., Winterthur

### Problemstellung

Zur Deckung des steigenden Wasserbedarfes unseres Landes kommt dem Grundwasser grosse Bedeutung zu. Nach der Statistik des Schweiz. Vereins von Gas- und Wasserfachmännern wurden 43,5% des Wasserbedarfes im Jahr 1967 mit Grundwasser gedeckt, während der Anteil des aufbereiteten Seewassers bei 26,0% lag. Diese Angabe ist aber insofern irreführend, als mit der Statistik nur etwa 57% des an die Bevölkerung und nur ein kleiner Teil des an die Industrie abgegebenen Wassers erfasst wird. Der Grundwasseranteil liegt tatsächlich beträchtlich höher und kann auf 60 bis 70% geschätzt werden.

Wenn man bedenkt, welche Bedeutung dem Grundwasser zur Deckung des künftigen Bedarfes zukommt, überrascht es zuerst, wie lückenhaft die Erkundung der Grundwasserschätze unseres Landes noch ist. Der Grund dafür liegt hauptsächlich darin, dass beim heterogenen Aufbau der grundwasserführenden Schotter die Durchführung eingehender geohydrologischer Untersuchungen recht zeitraubend und kostspielig ist. Solche Untersuchungen lassen sich auch kaum mit dem Computer durchführen. Sie erfordern vielmehr intensive Kleinarbeit der Fachspezialisten.

Wohl liegen für verschiedene Kantone mehr oder weniger ausführliche Grundwasserkarten vor. Diese geben aber meist nur Auskunft über die flächenmässige Ausdehnung des Grundwassers. Oft sind daraus auch Fliessrichtung, Höhenlage und möglicherweise seine Mächtigkeit ersichtlich. Für die Ausbauplanung der Wasserversorgung sind jedoch zuverlässige Angaben über die Ergiebigkeit eines Grundwasservorkommens unerlässlich. Erschwerend kommt hinzu, dass die nutzbare Ergiebigkeit sich nicht einfach definieren lässt, weil die in einem Grundwasserleiter vorhandene Durchflussmenge nicht für sich allein betrachtet werden darf, sondern im Zusammenhang mit den im Betriebszustand auftretenden Verhältnissen – das heisst mit ihren Wechselbeziehungen zu den Oberflächengewässern, allfälligen Anreicherungsanlagen und anderen Möglichkeiten der Speisung des Grundwassers – gesehen werden muss. Das klare Erfassen dieser Randbedingungen ist nur Fachleuten möglich, welche darin geübt sind, strömungstechnische Probleme zu behandeln.

### Ermittlung geohydrologischer Grundlagen

Nicht nur für die Abschätzung der im ursprünglichen Zustand vorhandenen Durchflussmenge, sondern auch zur rechnerischen Behandlung der erwähnten Randeinflüsse ist ein hinreichender Einblick in den Aufbau der grundwasserführenden Schotter – das heisst in Lage von Spiegel und Sohlschicht, Durchlässigkeit, Porosität, Korn-

zusammensetzung, Schichtung u. dgl. – erforderlich. Für die Beziehung Mächtigkeit  $\times$  Durchlässigkeit ( $kH$ ), welche von entscheidendem Einfluss auf die Beurteilung der Mengenprobleme ist, wurde der Ausdruck «Transmissibilität» aus der amerikanischen Fachliteratur übernommen.

Freilich muss zugegeben werden, dass es beim heterogenen Aufbau unserer Grundwasserleiter und der oft anzutreffenden Wechsel- und Deltalagerung der einzelnen Schichten nicht immer leicht fällt, die Durchlässigkeit zu bestimmen. Jedenfalls schliesst dieser Umstand meist die Berechnung der Durchlässigkeit aufgrund der Kornzusammensetzung aus. Die Verteilung der Durchlässigkeitsverhältnisse über ein Aufschlussprofil lässt sich einwandfrei nur bei der schrittweisen Durchführung von Durchlässigkeitsuntersuchungen am Bohrohrschuh ermitteln. Zuverlässige Ergebnisse lassen sich in der Regel nur erzielen, wenn aus der Bohrung gepumpt wird. Auch dann bieten sich noch genügend Schwierigkeiten bei der Auswertung. Wichtig ist es, die Eigenheiten des Bohrverfahrens – insbesondere die massgebende Vorbohrlänge – genau zu erfassen. Dies ist nur dann einwandfrei möglich, wenn die bei einem bestimmten Bohrverfahren ermittelten Werte anhand der aus der fertigen Bohrung ermittelten mittleren  $k$ -Werte geeicht werden. Recht zahlreiche Vergleiche zeigen, dass man gut beraten ist, überall dort, wo Wert auf die präzise Erfassung der Durchlässigkeitsverhältnisse gelegt wird, vom Rotationsspülverfahren Gebrauch zu machen.

Auch die zuverlässige Durchführung der Versuche zur Ermittlung der mittleren  $k$ -Werte aus den fertig erstellten Bohrungen setzt eine zuverlässige Erfassung der Beobachtungswerte – insbesondere der Entnahmemenge  $Q$  und der Brunnenabsenkung  $\Delta H$  – voraus. Wenn bei grosser Mächtigkeit und entsprechender Durchlässigkeit die Brunnenabsenkungen  $\Delta H$  in den Millimetern liegen, ist ohne die Verwendung von Stabpegeln nicht mehr auszukommen. Daran ändern auch die Fortschritte der Instrumententechnik wenig, da mit den meisten Messgeräten nur eine Genauigkeit von Zentimetern erreicht werden kann. Vergegenwärtigt man sich den Ausbildungsstand des meist auf den Bohrstellen anzutreffenden Personals, so ist leicht einzusehen, dass für Durchlässigkeitsuntersuchungen mit Vorteil Fachmannschaften beigezogen werden.

Auf die Behandlung der Pumpversuchauswertung nach den Methoden von Theis, Jacob und Wiederhold [2], [3], [4], [5] und [6] muss verzichtet werden, weil dies den Rahmen des vorliegenden Aufsatzes sprengen würde. Sofern man nicht mangels weiterer Peilbohrungen