Zeitschrift: Schweizer Ingenieur und Architekt
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 105 (1987)
Heft: 38

Artikel: Investitionskosten von kleineren Kläranlagen
Autor: Krejci, Vladimir / Bachmann, Heinrich
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-76709

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: 27.11.2025

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

Investitionskosten von kleineren Kläranlagen

Vladimir Krejci, Dübendorf, und Heinrich Bachmann, Luzern

Für die Abwassersanierung im ländlichen Gebiet müssen häufig mehrere Möglichkeiten untersucht werden. Bei der Frage, ob Einzelanlagen oder gemeinsame Kläranlagen mit mehr oder weniger langen Verbindungskanälen sinnvoll sind, fällt der Entscheid meist schon aufgrund einer abwassertechnischen Zusammenschluss-Studie. In den folgenden Phasen der Projektierung wird dann kaum mehr auf die grundsätzliche Frage der zentralen oder dezentralen Lösung eingegangen. Ähnlich verhält es sich bei der Wahl der Reinigungsverfahren, wobei hier sogar mangels Zeit und genügender Unterlagen für die Untersuchung der verschiedenen Verfahren und für die Kostenabschätzung häufig ein Verfahren bevorzugt und nicht mehr gegen andere abgewogen wird.

Diesen abwassertechnischen Studien kommt daher grosse Bedeutung zu, denn mit ihnen werden Lösungen vorbereitet, die hohe Kosten auslösen.

Der Gewässerschutz in ländlichen Gebieten soll durch angepasste, differenzierte Massnahmen gewährleistet werden. Deswegen werden detailliertere Untersuchungen als bisher üblich notwendig. Der Arbeitsaufwand soll dank Verbessern der Entscheidungsgrundlagen möglichst klein bleiben. Die vorliegende Arbeit soll bei den Kostenermittlungen dazu beitragen. Die Angaben sollen vor allem für den Kostenvergleich von möglichen Massnahmen-Varianten und nicht primär für die Ermittlung von absoluten Kosten verwendet werden.

Heutige Unterlagen für Kostenabschätzungen

Für die Varianten-Beurteilung in einer abwassertechnischen Studie spielen die Kosten eine wesentliche Rolle. Für kleine Anlagen sind die Streuungen der Baukosten besonders gross. Dies zeigt das Bild 1.

Regressionslinien aus solchen statistischen Zusammenstellungen verleiten dazu, Kostenabschätzungen als relativ gut anzusehen und damit die Ergebnisse von Kostenvergleichen zu überschätzen. Der Streubereich ist oft derart gross, dass ein zuverlässiger Kostenvergleich nicht möglich ist. Die wesentlichsten Einflussfaktoren werden im folgenden dargelegt.

Spezielle örtliche Verhältnisse

Wie in anderen Veröffentlichungen [2,3] gezeigt wird, kann eine Kläranlage für eine Ortschaft mit ganz verschiedenen Verfahrenskombinationen ausgerüstet sein. Das hängt im besonderen vom Abwasser (Zusammensetzung, Anfall) und vom Vorfluter ab. Die Vorfluter sind von Ort zu Ort sehr verschieden. Wasserfracht, Vorbelastung, Nutzungen und Einzugsgebiet eines Sees sind Faktoren, die ganz verschiedene Reinigungsleistungen der Kläranlagen notwendig machen und damit stark variierende Baukosten für eine Kläranlage verursachen.

Die Variation des Abwasseranfalls in ländlichen Gebieten ist im Vergleich zu städtischen Verhältnissen wesentlich grösser. Angeschlossene Gewerbebetriebe mit stark schwankendem Abwasseranfall oder gar Pumpwerke tragen noch zu einer Verstärkung der Zuflussschwankungen auf Kläranlagen bei. Bei der Dimensionierung der kontinuierlich durchflosssenen Anlagen müssen diese grossen Schwankungen berücksichtigt werden. Bei Verwendung von Verfahren, die im Chargenbetrieb arbeiten oder bei Schaffung von Speichervolumen, fallen die Tagesschwankungen nicht ins Gewicht und es sind damit möglicherweise grosse Baukosteneinsparungen möglich (Bild 2).

In der Schweiz sind nur wenige Kläranlagen mit diskontinuierlichem Durchfluss gebaut worden, deswegen bestehen im Hinblick auf die Kostenbeurteilung keine statistisch gesicherten Angaben aus hiesigen Verhältnissen.

Folgende Angaben sind deswegen unter Berücksichtigung dieser Umstände zu interpretieren:

Bild 1. Streuung der Baukosten bei kleineren kommunalen Kläranlagen in der Schweiz (Kostenniveau 1980, nach BUS [1])

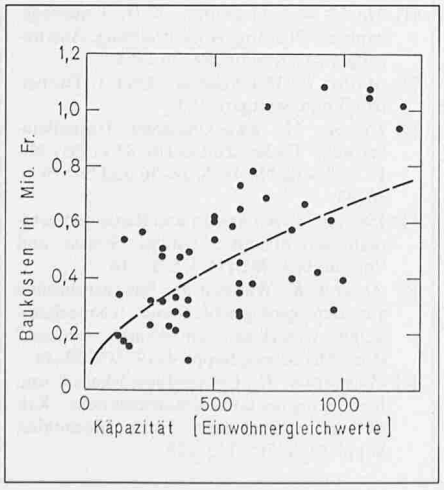


Bild 2. Relative Baukosten von kontinuierlich und diskontinuierlich durchflossenen Belebtschlammanlagen in Australien [4]; die Baukosten der kontinuierlich durchflossenen Anlagen = 100%

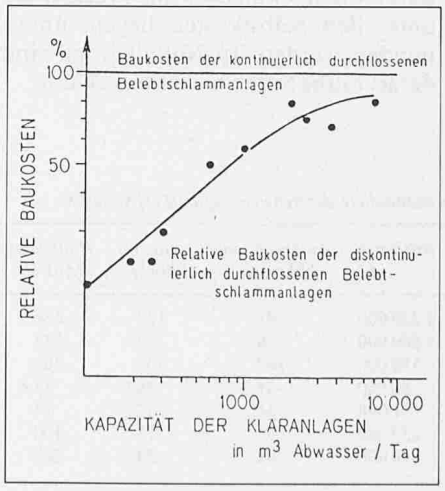
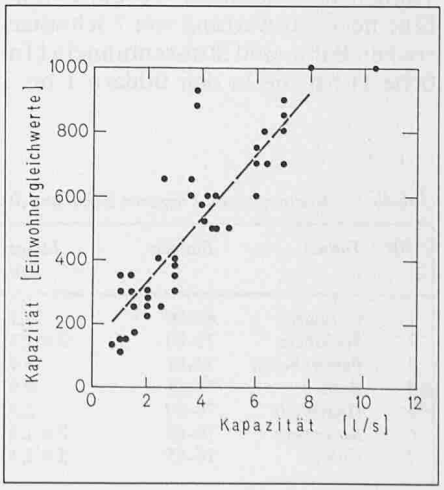


Bild 3. Verhältnis vom QTW (l/s) zu EGW_{hydr} in kleineren Kläranlagen (nach BUS [1])



- bei sieben Einbeckenanlagen in vier verschiedenen Kantonen und im Bereich der Kapazität von 250 bis 650 EGW_{hydr} beträgt der Mittelwert der spezifischen Baukosten rund 600.- Fr./EGW_{hydr} und die Standardabweichung rund 140.- Fr/EGW_{hydr} (indexiert auf 1980);
- bei 21 Tauchtropfkörperanlagen (Bild 4) beträgt der Mittelwert der spezifischen Baukosten (auf 1980 indexiert) etwa 900.- Fr./EGW_{hydr}, die Standardabweichung etwa 150.- Fr./EGW_{hydr}.

Ob diese Differenzen mindestens zum Teil von der Wahl des Verfahrens abhängen, oder ob für diesen Unterschied die lokalen Verhältnisse massgebend sind, konnte aufgrund der ungenügend detaillierten Unterlagen nicht ermittelt werden.

Hydraulischer Einwohnergleichwert

Bei der Schätzung der Kläranlage-Baukosten wird meist als Grundlage der «hydraulische Einwohnergleichwert» EGW_{hydr} verwendet. Durch unterschiedliche Annahmen über den Abwasseranfall und seine Schwankung und durch den relativ grossen Einfluss kleinerer Gewerbebetriebe (z.B. Käsereien) besteht kein konstantes Verhältnis zwischen dem Abwasseranfall (z.B. als momentaner Zufluss in l/s) und den sogenannten hydraulischen Einwohnergleichwerten (Bild 3). Durch die Übertragung und Verwendung der statistischen Angaben ohne die Kenntnisse der konkreten Verhältnisse können bei der Kostenschätzung bedeutende Diffferenzen entstehen.

Stark unterschiedliche lokale Verhältnisse

Auch bei Kläranlagen mit gleichem oder ähnlichem Verfahren schwanken die Baukosten stark (Bild 4).

Aus dieser Untersuchung geht hervor, dass die grossen Schwankungen der Baukosten bei kleineren Kläranlagen vor allem durch unterschiedliche örtliche Verhältnisse (z.B. Baugrund, Erschliessung usw.) verursacht werden. Dazu kommen die unterschiedliche Ausstattung der einzelnen Kläranlagen (z.B. Betriebsgebäude, Labor, usw.) sowie weitere Massnahmen, infolge unterschiedlicher klimatischer und topographischer Verhältnisse in der Schweiz, ebenso Unterschiede in Dimensionierung, Verfahren, Technik, usw. Angaben über Baukosten sind deshalb nur beschränkt übertragbar; vor allem die einfachen Kostenfunktionen (z.B. totale Baukosten vs. Kapazität der Kläranlage) können zu grossen Abweichungen von der Wirklichkeit führen.

Unterlagen und Vorgehen

In dieser Arbeit wurde versucht, Daten bereitzustellen, die mit möglichst geringem Aufwand eine genügend genaue Kostenschätzung ermöglichen.

Geeignete Unterlagen konnten im Rahmen einer EAWAG-Fallstudie zur Abwassersanierung eines kleineren Dorfes bearbeitet werden [3]. Im Vordergrund dieser Fallstudie stand der abwassertechnische Zusammenschluss und in diesem Rahmen wurden für drei verschieden grosse Kläranlagen (bis etwa 1000 Einwohner) Vorprojekte mit insgesamt 15 Varianten der Abwasserreinigung erstellt. Die Anlagen wurden aufgrund von gleichen, zu diesem Zweck zusammengestellten Dimensionierungsgrundlagen entworfen (Bild 5).

Die Baukosten wurden mittels Massenauszügen und Einheitspreisen für drei Baugrundvarianten ermittelt und wo nötig (z.B. für die maschinelle Ausrüstung) Offerten von Lieferanten eingeholt. Weiter galten folgende Randbedingungen:

- Die Kostenermittlung umfasste nur die Anlageteile innerhalb des erforderlichen Areals. Die Zufahrt, die Kanalisation für Zu- und Ableitung sowie die Werkleitungen für Strom und Trinkwasser ausserhalb des Areals wurden nicht eingerechnet;
- Es wurde mit minimalem Platzbedarf gerechnet. Zum Teil wurde keine separate Zufahrt zu den einzelnen Bauwerken mit Lastwagen vorgesehen. Der Einbau der Anlageteile mit Pneukran von aussen ist günstiger;
- Es wurde darauf geachtet, dass der Hauptstrom im freien Gefälle durch die Anlage geführt wird;
- Die Tropfkörper wurden mit Pumpen beschickt. Das Gefälle im Areal war zu klein, um es für die Beschikkung der Tropfkörper ohne Pumpen ausnützen zu können;
- Die Schlammeindicker und Schlammstapler liegen so tief, dass der Schlamm im freien Gefälle zufliesst (mit Ausnahme der grössten Anlage).

Bei allen 15 Varianten wurden die Kosten auf die einzelnen KA-Elemente aufgeteilt (in Klammern die Anzahl der unterschiedlichen Ausbaugrössen):

Chemische Fällung (1),
Rechenanlage (2),
Sandfang,
Emscherbrunnen (4),
Tauchtropfkörper mit Nachklärfilter (34),
Tropfkörper (4),
Ein- und Zwei-Becken-Anlage (2),
Belüftungsbecken (2),
Nachklärbecken (3),
Nachklärfilter (2),
Schlammeindicker (2),
Schlammstapler (2),
Trockenbeete (1),
Betriebsgebäude (2) und
Werkleitungen und Umgebungsarbeiten (13).

Landerwerb, Erschliessung und Ableitung ausserhalb dem Areal der Kläranlage wurden nicht berücksichtigt, da diese Kosten sehr stark von den lokalen Verhältnissen abhängen und deshalb für jede Anlage direkt ermittelt werden müssen.

Wichtige Kostenkomponenten der einzelnen Kläranlagen-Elemente

Für die meisten Elemente wurden die Baukosten in folgende Komponenten aufgegliedert:

- Kosten für Erdarbeiten für drei Varianten der Baugrundverhältnisse;
- Kosten der Baumeisterarbeiten;
- Ausrüstungskosten.

Dieser Gliederung liegt die Überlegung zugrunde, dass bei jeder abwassertechnischen Anlage (Kanalisation, Kläranlage, Pumpwerk) einige Kosten gut übertragbar sind (Materialpreise, maschinelle Ausrüstung, Mehrheit der Baumeisterarbeiten bei bekannten Einheitspreisen usw.), andere Kosten aber stark von den lokalen Verhältnissen abhängen (Baugrund, Geländeneigung, Erschliessung, Distanz zum Vorfluter usw.). Für die gut übertragbaren Kosten können relativ gesicherte Funktionen aufgestellt werden, die eine Kostenschätzung bezüglich der Ausbaugrösse (z.B. m^3 Volumen oder m^2 Fläche) erlauben. Bei den beschränkt übertragbaren Kosten muss ihr Einfluss auf die Gesamtkosten abgeschätzt werden. Ist dieser Einfluss zu gross, dann müssen diese Kosten direkt ermittelt werden.

Bild 4. Spezifische Baukosten der Tauchtropfkörperanlagen mit Emscherbrunnen: 21 Kläranlagen aus 10 verschiedenen Kantonen, meist in den letzten 10 Jahren gebaut, Baukosten indexiert (Stand 1980), nach BUS [5]

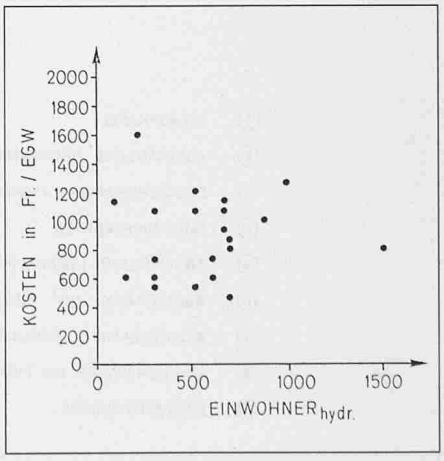
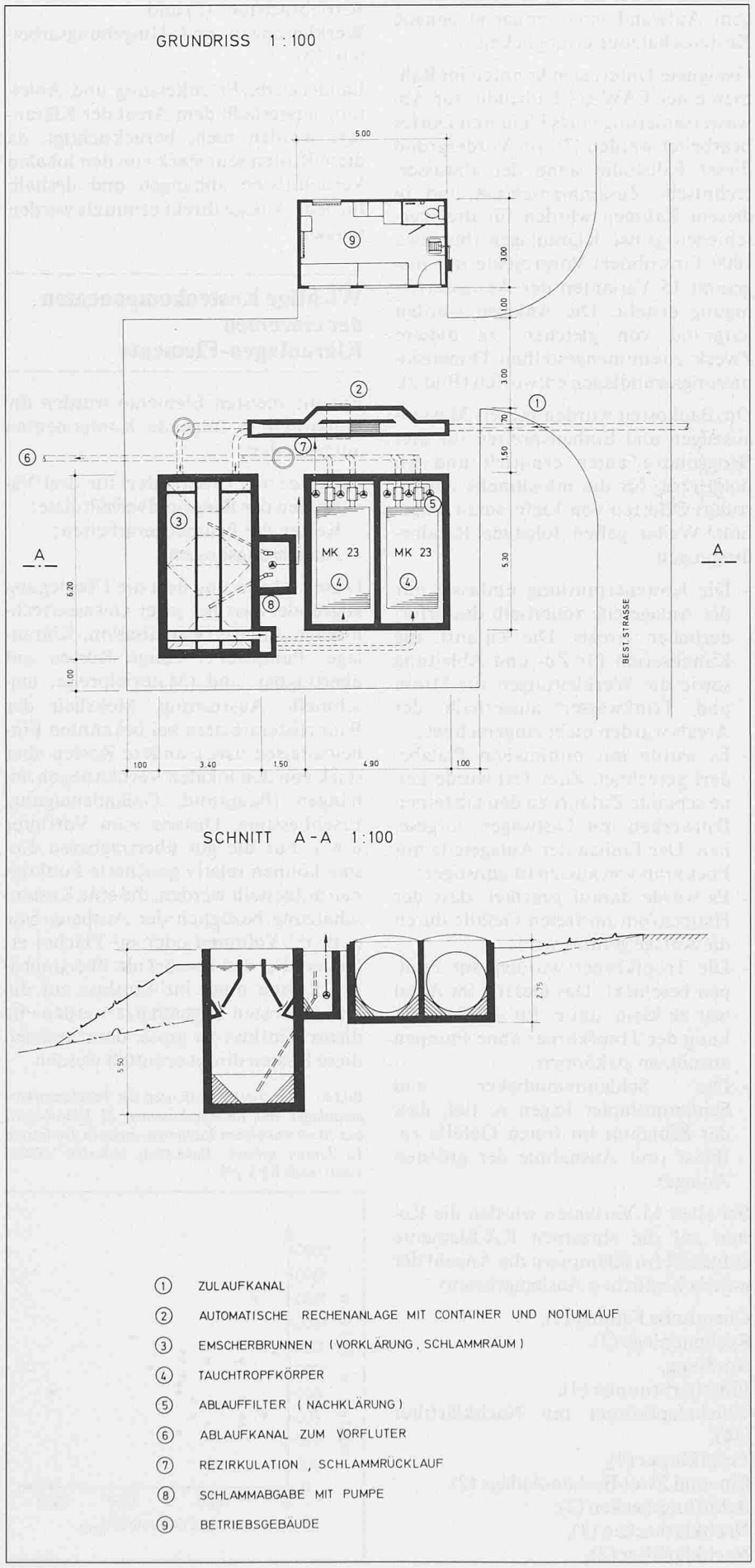


Bild 5. Beispiel einer Kläranlage-Variante aus der EAWAG-Fallstudie [3]. Aufgrund solcher Unterlagen wurden die Kosten für die Variantenbewertung ermittelt



Die Kosten für Projekt, Bauleitung und Unvorhergesehenes werden in Prozenten der bis dahin berechneten Baukosten errechnet und ergeben dann etwa 25 bis 30% höhere Gesamtkosten. In den Kosten für die Erd- und Baumeisterarbeiten sind jedoch die Massenauszüge mit etwa 15% Reserve eingerechnet. Deswegen ist es fraglich, ob zusätzlich die generelle Reserve von 15 bis 20% für Diverses und Unvorhergesehenes eingesetzt werden soll.

Kosten der Erdarbeiten

Die Erdarbeiten wurden für verschiedene Baugrundverhältnisse durchgerechnet:

Typ 1: Für normalen Baugrund ohne Grundwasser,

Typ 2: Für tragfähigen, sehr durchlässigen Baugrund, wobei Wasserhaltung und Spundung erforderlich sind, und

Typ 3: Für wenig tragfähigen Baugrund mit Wasserhaltung, Spundung und Pfählung.

Nicht berücksichtigt wurden Verhältnisse mit anstehendem Fels. Durch diese stark verschiedenen Bodenverhältnisse entstehen je nach Anlageteil mehr oder weniger grosse Kosten für die Erdarbeiten.

Einen Einfluss haben auch die Geländeneigungsverhältnisse. In den Boden eingelassene Becken verursachen geringere Kosten, wenn das Gelände geneigt ist und weitgehend ein Massenausgleich angestrebt werden kann. Anders für Anlagen, die auf dem Boden stehen (z.B. Schlammstapler, Tropfkörper), hier wirkt sich flaches Terrain günstiger auf die Kosten für Erdarbeiten aus. Für grossflächige Anlageteile kann dieser Einfluss von Bedeutung sein. In den zur Verfügung stehenden Unterlagen beträgt das Arealgefälle in den zwei kleineren Anlagen rund 20%, in der grössten Anlage ist das Terrain flach. Die Kosten wurden aufgrund dieser Gegebenheiten berechnet.

Die untere Kostengrenze für die einzelnen Anlageelemente gilt für guten Baugrund ohne Grundwasser und für flaches Terrain mit Anlageteilen (z.B. Tropfkörper) auf dem Terrain, oder für geneigtes Terrain mit im Boden liegenden Anlageteilen.

Die obere Grenze gilt für schlechten Baugrund (Spundung, Wasserhaltung und Pfählung) und für flaches Terrain mit Anlageteilen im Boden, oder für geneigtes Terrain mit Anlageteilen auf dem Terrain.

Die Kosten für Erdarbeiten konnten nicht immer separat für die einzelnen Elemente der Kläranlage ermittelt wer-

Erdarbeiten	pro m²	Fr. 3.50
Aushub	pro m³	Fr. 15.–
Abtransport	pro m³	Fr. 15.–
Hinterfüllung	pro m³	Fr. 10.–
Baugruben-Böschung in gutem Baugrund 1:2		

Tabelle 1. Annahmen und Einheitspreise (Preisbasis Herbst 1980, Luzern)

den, weil in der Regel für mehrere Anlageteile nur eine Baugrube erstellt wird. In diesen Fällen wurden die Kosten entsprechend den Grössenverhältnissen aufgeteilt, was etwas zu tiefe Kostenangaben ergibt, wenn separate Baugruben erstellt werden müssen. Umgekehrt kann die Anordnung von gemeinsamen Baugruben zu günstigeren Kosten führen, wenn die Kostenfunktion für die Erdarbeiten auf Angaben der Kläranlagen-Elemente mit separaten Baugruben beruht.

Für die Kostenfunktionen der Erdarbeiten wurden die Annahmen und Einheitspreise gemäss Tabelle 1 verwendet.

Für geneigte Terrainverhältnisse wird mit einem Massenausgleich gerechnet, d.h. das Aushubmaterial wird direkt für die Bauwerkshinterfüllung und Dammschüttung verwendet (günstigster Fall), um die Kosten für die Erdarbeiten zu senken.

Kostenannahmen für zusätzliche Arbeiten bei schlechtem Baugrund:

- Wasserhaltung (Typen 2 und 3), Kote GW auf -1,0 bis -1,5 m OK Terrain. Separat: Pumpkosten 1000.- Fr./Woche für mittlere Baugrube und für Kontrollerhebungen; bei schmalen Graben: 250.- Fr./m² Absenkprofil.
- Spundwände (Typen 2 und 3): 65.- Fr./m² (Basis 1300 m²) plus Installationsanteil für kleinere Ausmasse;
- Pfählung (Typ 3): 70.- Fr./m² plus Installationsanteil.

Für schlechtere Baugrundverhältnisse (Typ 2 und 3) wird die mögliche Verringerung der Baugrubenausmasse infolge Spundung nicht berücksichtigt.

Die Resultate zeigen, dass die Kosten für Erdarbeiten stark von den lokalen Verhältnissen abhängen. Steile Hanglagen und schlechte Baugrundverhältnisse ergeben 10 bis 15 mal höhere Kosten.

Je grösser der Kostenanteil der Erdarbeiten an den gesamten Baukosten ist, desto schwieriger ist die Übertragbarkeit der Kostenfunktionen.

Kosten für Baumeisterarbeiten

Die Kosten für Baumeisterarbeiten wurden separat für die einzelnen Anlageteile berechnet. Beim Aneinanderbau (z.B. Schlammeindicker direkt an Belüftungsbecken) wurden die Kosten des gemeinsamen Bauteiles auf die einzelnen Kläranlagen-Elemente aufgeteilt. Der Zusammenbau bringt auch kleine Einsparungen bei Installationen, die für mehrere Anlageteile verwendet werden können. In dieser Arbeit wurden die Installlationskosten proportional zum Bedarf der einzelnen Elemente aufgeteilt. Bei anderer Zusammensetzung von Kläranlagen-Elementen werden auch die gemeinsamen Installationskosten anders aufgeteilt. Dieser Einfluss wirkt sich aber erst bei sehr kleinen Anlagen aus, wo diese Kosten einen wesentlichen Anteil ausmachen.

Die Baumeisterarbeiten sind für eine bestehende Ausbaugrösse nicht überall gleich gross. Unterschiedlicher Baugrund (Grundwasser, Erddruck), klimatische Bedingungen oder zusätzlicher «Luxus» tragen zu verschiedenen Kosten für gleiche Anlageteile bei. Allerdings sind diese Unterschiede bei den Kosten für Baumeisterarbeiten ziemlich klein, so dass sie relativ gut übertragbar sind. Für die Kostenfunktionen wurden die Einheitspreise gemäss Tabelle 2 verwendet.

Tabelle 2. Einheitspreise (Kostenbasis Herbst 1980, Luzern)

Kostenposition		Einheit	Fr./Einheit
Spritzmörtel		m³	300.–
Schalung	Wand	m²	30.–
	Vouten, Trichter, Rinnen	m²	50.–
	Stirn, rund	m²	70.–
	Trichter	m²	100.–
Armierung		kg	2.80
Unterlags-, Füllbeton		m³	150.–
Beton	Boden	m³	160.–
	Wände	m³	170.–
Fugenbänder		m¹	40.–
Zementüberzüge		m²	30.–
Stahltragkonstruktion für Schlammstapler		m²	200.–
Wandabdeckung und Dach, Welleternit		m²	25.–
Übergänge Wand/Dach		m¹	40.–
Tropfkörper-Füllung		m³	150.–
Rosteinbau für Tropfkörper		m²	250.–
Lüftungsöffnungen für Tropfkörper		Stück	30.–

Kosten für Ausrüstung

Die Kosten für maschinelle und sonstige Ausrüstung einschliesslich Lieferungs- und Montagekosten wurden durch Einholen von Offerten oder durch Preisangaben aus Prospekten ermittelt (Preisniveau 1980–81) und für diese Arbeit direkt übernommen.

Spezielle Anforderungen an Ausführungen und Material wegen unterschiedlicher Wartung, Betrieb und Dauerhaftigkeit, aber auch ein beschränktes Angebot auf dem Markt, ergeben hier für gleiche Anlagen gewisse Kostenunterschiede. Die Übertragbarkeit dieser Kostenfunktionen ist aber relativ gut, sie wird durch sorgfältige Auswahl der Produkte unterstützt.

Kostenfunktionen für verschiedene Kläranlage-Elemente

In den Bildern 6 bis 13 sind die Kostenfunktionen für verschiedene Teile von kleineren Kläranlagen dargestellt. Diese Darstellungen ermöglichen die Information über die einzelnen Kostenkomponenten (Erdarbeiten, Baumeisterarbeiten und Ausrüstung) und über die Summe dieser drei Kostenkomponenten (unter Berücksichtigung der Streuung der Kosten für Erdarbeiten). Aus den Bildern ist die Bedeutung der einzelnen Kostenkomponenten für die Gesamtkosten der einzelnen Anlagen-Teile ersichtlich.

Diese Kostenfunktionen gelten unter Berücksichtigung von Preisangaben und weiteren Annahmen aus dem vorhergehenden Abschnitt für folgende Kapazitätsbereiche:

- Emscherbrunnen mit Gesamtvolumen von 20 bis 200 m³
- Tauchtropfkörper mit Nachklärfilter mit Scheibenfläche von 1000 bis 7000 m²
- Tropfkörper (oberirdische Bauweise) mit Gesamtvolumen von 50 bis 500 m³
- Ein- oder Zweibecken-Belebtschlamm-Anlagen mit Gesamtvolumen von 30 bis 100 m³
- Belüftungsbecken mit Volumen von 100 bis 500 m³
- Nachklärbecken mit Volumen von 20 bis 100 m³
- Eindicker mit Volumen von 15 bis 60 m³
- Schlammstapler mit Volumen von 100 bis 500 m³.

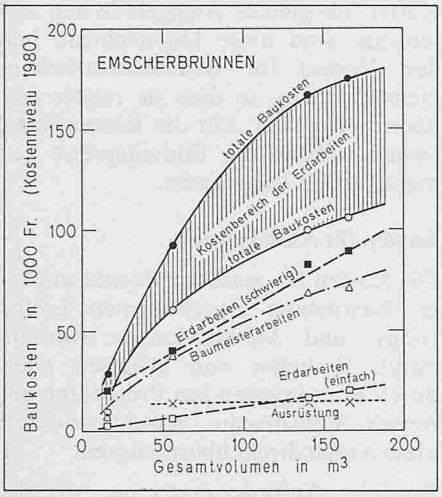


Bild 6. Baukosten für Kläranlagen mit Emscherbrunnen

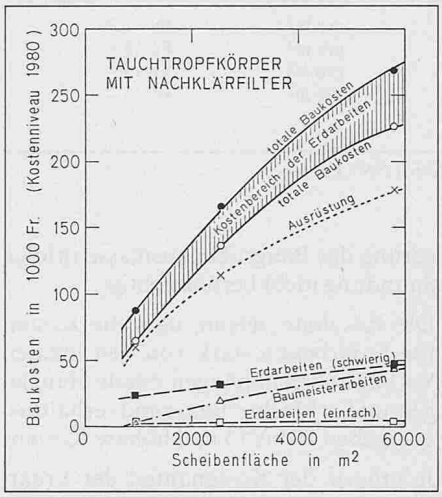


Bild 7. Baukosten für Kläranlagen mit Tauchtropfkörper mit Nachklärfilter

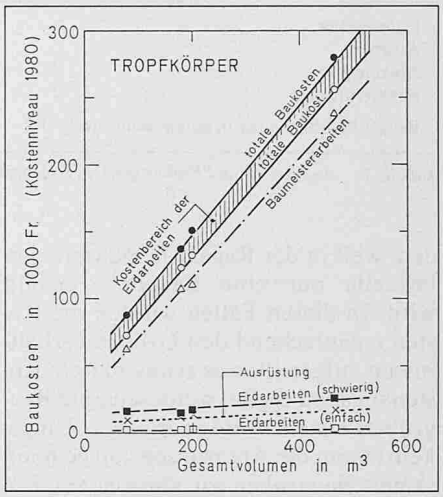


Bild 8. Baukosten für Kläranlagen mit Tropfkörper

Bild 9. Baukosten für Kläranlagen mit Einbecken- oder Zweibecken-Anlage

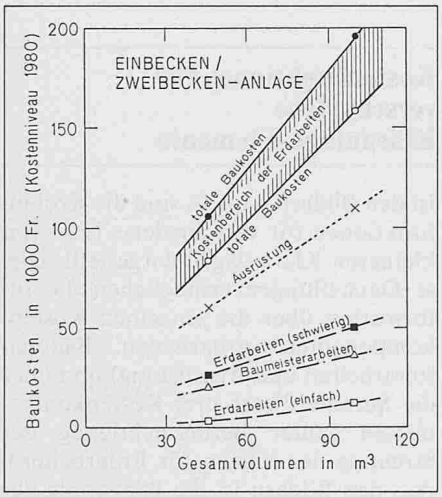


Bild 10. Baukosten für Kläranlagen mit Belüftungsbecken

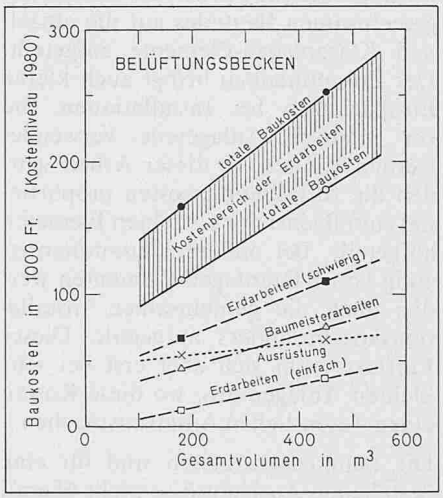


Bild 11. Baukosten für Nachklärbecken

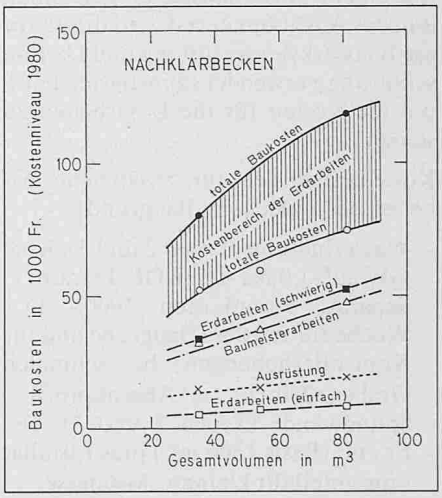


Bild 12. Baukosten für Schlammeindicker

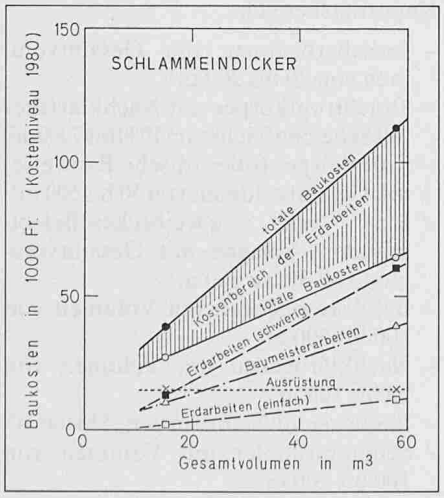


Bild 13. Baukosten für Schlammstapler

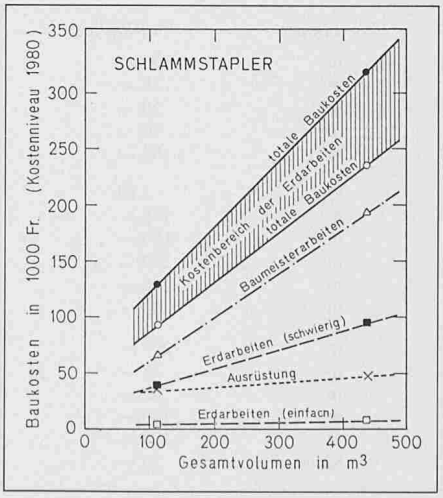
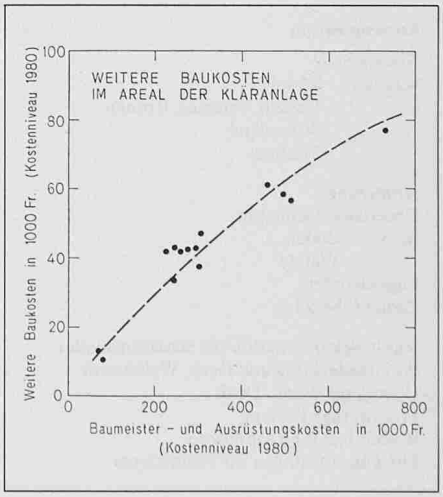


Bild 14. Weitere Baukosten im Areal der Kläranlage



Kläranlage-Teile ohne Kostenfunktionen

Für einige Elemente der Kläranlagen konnten keine sinnvollen Kostenfunktionen aufgestellt werden. Fast bei allen kleineren Kläranlagen sind Rechen, Sandfang, Betriebsgebäude, Installationen für Vorfällung und Simultanfällung ungefähr gleich teuer.

Die Kosten dieser Elemente sind nicht direkt durch verfahrenstechnische Randbedingungen (z.B. Abwasseranfall, Leistung der Anlage usw.) bestimmt; sie sind durch Art der Ausführung, Steuerung, Komfort, Betriebssicherheit usw. beeinflusst. Ein wichtiger Faktor sind die klimatischen Verhältnisse im Winter.

Als Beispiel können die Investitionskosten für Vorreinigung, Vorfällung und Betriebsgebäude für Anlagegrössen für etwa 300 bis 1000 Einwohner aufgeführt werden (vgl. Tabelle 3.)

Die Notwendigkeit und der Ausstattungskomfort eines Betriebsgebäudes hängen stark vom erforderlichen Wartungsaufwand der Anlage ab. Dies ist durch die Grösse der Anlage und durch die Art des Verfahrens bestimmt. In einfachen Verhältnissen und in der Nähe von Gebäuden kann sogar auf ein Betriebsgebäude verzichtet werden; Material- und Gerätekisten oder ein Schuppen (Gartenhäuschen) genügen unter Umständen auch.

Weitere Baukosten im Areal der Kläranlage

Zu diesen Kosten gehören die Baukosten für Werkleitungen (Strom, Wasser, Abwasser), Schächte und die allgemeinen Elektroinstallationen, Platzgestaltung und Umgebungsarbeiten einschliesslich Umzäunung. Im Rahmen einer Kostenuntersuchung auf dem Niveau der abwassertechnischen Studie wäre es zu aufwendig, die einzelnen Werte (Längen und Flächen) zu bestimmen. Es wurde deshalb versucht, diese Kosten in Funktion der Grösse der Kläranlage zu bestimmen. Als kostenbestimmender Parameter wurde die Summe der Baumeisterkosten und die Kosten für maschinelle Ausrüstung einschliesslich Betriebsgebäude gewählt (Bild 14). Diesen Kostenfunktionen liegen die in der Tabelle 4 angegebenen Einheitspreise zugrunde.

Die Kosten für Bauland, Zufahrtsstrassen, Zu- und Ableitungskanäle sind sehr schlecht übertragbar und müssen deshalb separat berücksichtigt werden.

Rechenanlage		
Position		Fr.
Erdarbeiten		500– 1 500
Baumeisterarbeiten		3 500– 4 500
Ausrüstung		
Rechen mit Heizung und Steuerung		16 000
Container, Grobrechen, Roste usw.		3 000– 4 500
Total		22 500–25 000
Anlage für Vorfällung (Simultanfällung)		
Baumeisterarbeiten (Gebäude, Wanne)		25 000
Ausrüstung		15 000
davon – Tank	5000	
– Pumpe	2000	
– Steuerung	5000	
– Dosierleitung	3000	
Total		40 000
Betriebsgebäude		
vorfabrizierte Gebäude vollständig eingerichtet		30 000–35 000
Fundation		4 000– 5 000
Erdarbeiten		2 000– 3 000
Total		36 000–43 000

Tabelle 3. Investitionskosten für Vorreinigung, Vorfällung und Betriebsgebäude für Anlagegrössen für etwa 300 bis 1000 Einwohner

Tabelle 4. Einheitspreise (Kostenbasis: Herbst 1980, Luzern)

Werkleitungen für Strom und Wasser	100.– Fr./m
Abwasser	150.– Fr./m
Schacht	1500.– Fr./Stück
Platzgestaltung inkl. Belag und Randabschluss	100.– Fr./m²
Umzäunung	45.– Fr./m²

Tabelle 5. Verifikation der Kostenfunktionen für kleinere Kläranlagen

Kläranlage	*Investitionskosten in 1000 Fr.*			
	effektiv bei Inbetriebnahme		*indexiert 1980*	*berechnet*
Cumbel/GR	[1] 689	(1981)	643	665
Laret/GR	[1] 219	(1979)	237	230
Calfreisen/GR	[1] 196	(1974)	217	210
Laschas/GR	[1] 512	(1979)	555	530
Dutjen/GR	[1] 67	(1982)	60	58
Nusshof/BL	[2] 87	(1967/68)	159	157
Hemmiken/BL	[2] 106	(1970-	166	157
Horsberg/BL	[2] 79	(1967/68)	141	157
Giebenach/BL	[2] 99	(1969/70)	161	157
Titterten/BL	[2] 107	(1967/68)	191	200
Bennwil/BL	[2] 131	(1969/70)	213	200
Rothenflum/BL	[2] 105	1967/68)	188	220
Diegten/BL	[2] 140	(1970/1971)	209	220

[1] ohne Honorar, Land, Erschliessung
[2] ohne Honorar, Land, Erschliessung und Umgebungsarbeiten im Areal
Für die Indexierung wurde der Luzerner Bauindex verwendet

Tabelle 6. Beispiel der Ermittlung von Investitionskosten der Kläranlage gemäss Bild 5 (Emscherbrunnen und Tauchtropfkörper mit Trommelfilter) in einfachen Baugrundverhältnissen

Emscherbrunnen	69m³	75 000.–	(Bild 6)
Tauchtropfkörper	2520 m²	135 000.–	(Bild 7)
Betriebsgebäude		35 000.–	
Vorreinigung		25 000.–	
Weitere Baukosten im Areal		40 000.–	(Bild 14)
	Total	310 000.–	
15% Unvorhergesehenes		46 000.–	
		356 000	
12% Honorar (Projekt, Bauleitung)		43 000.–	
	Totale Baukosten	399 000.– [1]	

[1] ohne Bauland und Erschliessung

Verifikation der Kostenfunktionen

Die mit den Kostenfunktionen berechneten Investitionskosten für fünf kleinere Anlagen im Kanton Graubünden und acht Anlagen im Kanton Baselland konnten mit den effektiven Kosten dieser Anlagen verglichen werden. Bei diesen Anlagen wurden bei der Bauabrechnung die Kosten für Honorar, Land, Erschliessung und z.T. auch für Installationen und Umgebungsarbeiten einzeln aufgeführt. Somit konnten die Investitionskosten der eigentlichen Kläranlagen verglichen werden (Tabelle 5).

Schlussfolgerungen

Die zusammengestellten Informationen bilden eine Datenbasis für die Kostenermittlung für kleinere Kläranlagen dar. Die auf diese Weise ermittelten Kosten bilden die Grundlage für den Kostenvergleich der möglichen Massnahmen-Varianten bei der abwassertechnischen Sanierung in ländlichen Gebieten. Das Vorgehen bei der Untersuchung der Sanierungsmöglichkeiten wird in der Arbeit von *Krejci* und *Gujer* [3] detailliert dargestellt.

Die Kostenangaben in dieser Arbeit sollen nicht unkritisch angewendet werden. Die relativ detaillierten Informationen über die Randbedingungen dieser Kostenfunktionen sollen dem Anwender ermöglichen, diese Angaben an seine aktuellen Verhältnisse anzupassen.

Adresse der Verfasser: *V. Krejci*, dipl. Ing., Eidg. Anstalt für Wasserversorgung, Abwasserreinigung und Gewässerschutz (EAWAG), 8600 Dübendorf, und *H. Bachmann*, dipl. Ing. ETH, Ing.-Büro, 6003 Luzern.

Literatur

[1] Bundesamt für Umweltschutz Bern. Unveröffentlichte Angaben aus Erhebungen der Betriebsdaten von Kläranlagen in der Schweiz, 1980.
[2] *Gujer, W., Krejci, V.* und *Eichenberger, E.* Hinweise für die Wahl von Einleitungsbedingungen für kleine Abwasserquellen. GWA 1982/11.
[3] *Krejci, V.* und *Gujer, W.* Abwassersanierung in ländlichen Gebieten, Fallstudie Romoos. EAWAG-Separatum Nr. 951, Mai 1983.
[4] *Goronszy, M. C., Barnes, D. und Irvine, R. L.* Intermittent Biological Treatment Systems - Process Considerations, Vortrag AICHE, Chicago, 1980.
[5] Bundesamt für Umweltschutz Bern. Stand der kommunalen Abwasserreinigung in der Schweiz 1979.
[6] Amt für Gewässerschutz des Kantons Graubünden. Unveröffentlichte Angaben über Kosten der Kläranlagen, persönliche Mitteilung 1984.
[7] Wasserwirtschaftsamt des Kantons Basel-Land. Unveröffentlichte Angaben über Kosten der Kläranlagen, Persönliche Mitteilung, 1984.

Einfache Bestimmung der Korngrössenverteilung von Geschiebematerial mit Hilfe der Linienzahlanalyse

Von René Fehr, Zürich

Die Lösung von hydraulischen Problemen oder von Fragen im Zusammenhang mit dem Geschiebetransport in Gebirgsflüssen und Wildbächen erfordert die genaue Kenntnis der Korngrössenverteilung des Grundmaterials. Es wird eine Methode vorgestellt, die bei relativ kleinem Aufwand eine rasche und sichere Aussage über die grössenmässige Zusammensetzung des Sohlenmaterials erlaubt. Dabei wird mittels sogenannter «Linienzahlanalysen» die Verteilung der Grobkomponenten im Feld ausgemessen, während die Feinstanteile mit Hilfe einer Fullerverteilung rechnerisch angenähert werden.

Einleitung

Die Bearbeitung von flussmechanischen und flussbaulichen Problemen erfordert die Kenntnis von verschiedenen Parametern. Eine wichtige Grösse ist die Korngrössenverteilung des für die Untersuchung relevanten Materials. Es muss dabei zwischen dem transportierten Geschiebematerial, dem an der Oberfläche der Sohle liegenden Deckschichtmaterial und dem die Sohle bildenden Unterschichtmaterial unterschieden werden. Die verschiedenen Materialien werden in der Rechnung meist durch wenige charakteristische Korndurchmesser erfasst. So wird zum Beispiel die Rauhigkeit mit dem Durchmesser des 90prozentigen Siebdurchgangs d_{90} der Unterschicht bestimmt. Berechnungen zum Geschiebetransport werden mit dem Durchmesser des 50prozentigen Siebdurchgangs d_{50} oder dem mittleren Durchmesser d_m durchgeführt ($d_m = \Sigma \Delta p_i \cdot d_{mi}$, wobei d_{mi} den charakteristischen (mittleren) Durchmesser der Fraktion i bezeichnet). Anhand der Korngrössenverteilung des Unterschichtmaterials kann auch die Deckschichtbildung fraktionsweise berechnet werden. Die verwendeten Formeln basieren dabei meist auf Resultaten von Laborversuchen. Bei diesen wurde jeweils durch Siebanalysen die Korngrössenverteilung des verwendeten Sand- oder Kiesmaterials bestimmt. Für die Anwendung solcher Formeln gilt es darum, auch in Natur eine Korngrössenverteilung zu bestimmen, welche einer Siebanalyse des Untergrundmaterials entspricht. Dasselbe gilt bei der Bestimmung der Korngrössenverteilung für hydraulische Modellversuche mit beweglicher Sohle.

Probeentnahmen und Analysenverfahren

In der Bodenmechanik sind verschiedene Verfahren zur Bestimmung der Kornverteilungskurven eines Materials bekannt. Diese werden üblicherweise für die Bedürfnisse in der Flusshydraulik übernommen. So werden zur Bestimmung der Korngrössenverteilung in der Natur meistens sogenannte «Volumengewichtsanalysen» der Unterschicht durchgeführt. Dabei werden die in der Flusssohle an der Oberfläche liegenden Steine entfernt und vom darunterliegenden Material ein bestimmtes Probevolumen entnommen. Diese Probe wird anschliessend nach Durchmesserklassen (= Fraktionen) ausgesiebt und gewogen. Die Korngrössenverteilung wird dann mittels Gewichtsprozenten in den einzelnen Fraktionen in einer Summenhäufigkeitskurve $p_i = f(d_i)$ (siehe DIN 66141) festgehalten. Dieses Verfahren wird aber bei zu-