

Entwässerung von Faulschlamm

Dipl.-Ing. Dr. techn. Konrad BUCHAUER; Dipl.-Ing. Frank PELZER; Dipl.-Ing. Martin FELBER, BELLER CONSULT GMBH, Freiburg

Pilotversuche mit mobilen Aggregaten zeichnen ein realistisches Bild davon, wie die Anlagen für eine **spezielle Aufgabe** wirtschaftlich betrieben werden können.

Der Abwasserverband (AV) Sulzbach reinigt das Abwasser mehrerer Gemeinden des Markgräflerlandes (Baden-Württemberg) in der Kläranlage (KA) Grissheim, die für eine Belastung von 40000 EW ausgelegt ist. Das Abwasser ist überwiegend häuslichen Ursprungs und durchläuft auf der Kläranlage folgende Behandlungsstufen:

- Feinrechen mit 3 mm Spaltweite
- belüfteter Sand- und Fettfang
- Vorklärung
- Belebungsbecken mit vorgeschalteter Denitrifikation
- Phosphorfällung mit Eisen(III)-Chlorid
- Nachklärbecken.

Der Überschuss-Schlamm aus der Biologie wird derzeit maschinell eingedickt, gemeinsam mit dem Schlamm aus der Vorklärung etwa 30 Tage ausgefault und anschließend auf einer Deponie entsorgt. Der Glühverlust des ausgefaulten Schlammes liegt bei etwa 50 %. In Zukunft soll der ausgefaulte Schlamm mit einer Hochleistungszentrifuge entwässert werden, um sich neue Entsorgungs-/Verwertungsmöglichkeiten für den Schlamm zu eröffnen.

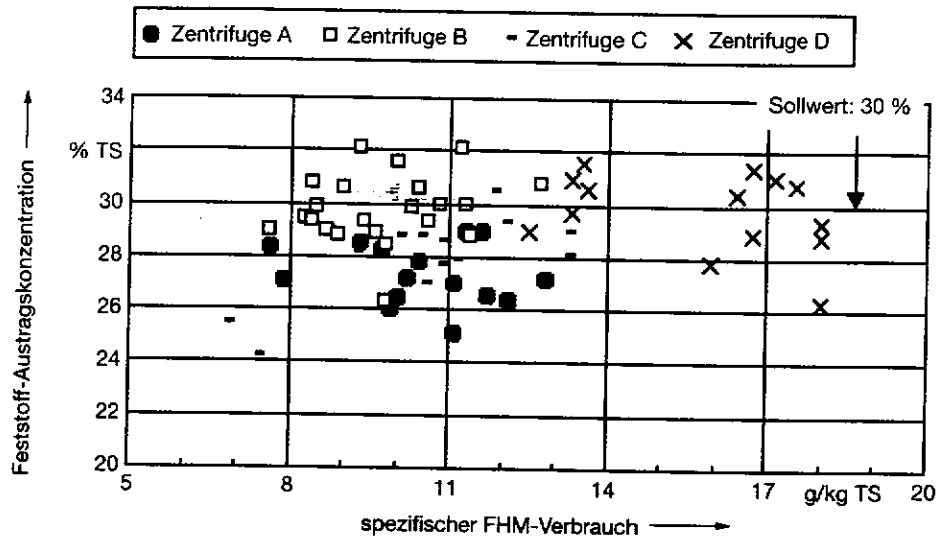
Unter anderem wird eine Klärschlamm-Mitverbrennung im Kohlekraftwerk Heilbronn und die Trocknung von Klärschlamm erwogen.

Auswahl der Aggregate für die Pilotversuche

Am Markt sind verschiedene Anbieter von Hochleistungszentrifugen vertreten. Für den Einsatz auf der KA Grissheim wurden der Auswahl folgende Kriterien zugrunde gelegt:

- Wirtschaftlichkeit in Bezug auf Investition und Betrieb
- gesichertes Erreichen von TS = 30 % im entwässerten Schlamm (Voraussetzung für die Klärschlamm-Mitverbrennung im Kohlekraftwerk Heilbronn)
- Mindestdurchsatzleistung 10 m³ Dünnschlamm/h.

Um diese Forderungen sicherstellen zu können, beschloss der AV Sulzbach, vor Ort Pilotversuche mit mobilen Aggregaten von vier namhaften Zentrifugen-Herstellern durchzuführen.



Versuchsdurchführung

Alle Versuche wurden im Juni 1998 mit mobilen Aggregaten durchgeführt, die neben der Hochleistungszentrifuge auch mit der notwendigen Peripherie versehen waren, wie Dünnschlamm-pumpen und Flockungshilfsmittelstation.

Messphase

Jedem Hersteller (Tabelle 1) stand für die Versuche ein Zeitraum von maximal einer Woche zur Verfügung (Hinweis). Die eigentliche Messphase erstreckte sich jeweils über 2 Tage innerhalb dieser Woche. Die übrige Zeit diente den Auf- und Abbauarbeiten bzw. der Faulschlamm-Stationierung für den nächsten Versuch. Innerhalb der 2 Messtage wurden je Hersteller zwischen 14 und 22 verschiedene Betriebseinstellungen für meist etwa 30 bis 60 min konstant gehalten und analysiert. Variiert wurden Trommeldrehzahl, Differenzdrehzahl, Dünnschlamm-Men-

im folgenden wurden die einzelnen Hersteller nur noch mit A, B, C, D bezeichnet. Eine Wertung, wie sie sich auf Grund der spezifischen Gegebenheiten auf der KA Grissheim ergibt, muss nicht der Wertung bei einem anderen Einsatzfall entsprechen.

BILD 1 FESTSTOFF-AUSTRAGSKONZENTRATION als Funktion des Flockungshilfsmittelverbrauchs

Hersteller	Zentrifugentyp
Alfa Laval GmbH	DSNX 4555
Bird Humboldt 3034	Centripress
Flottweg GmbH	Z4D-4/454
Gennaretti	500-2MEI2FVV

ge, Flockungshilfsmittel (Art, Menge und Lösungskonzentration) sowie Wehrhöhe (Teichtiefe). Als Flockungshilfsmittel (FHM) kamen Flüssigprodukte der Firmen Allied Colloids, Reifloc und Stockhausen mit einem Wirkstoffgehalt von etwa 50 % zum Einsatz. Die dosierte Gebrauchslösung wurde mit einer Konzentration zwischen 0,1 und 0,4 % aufbereitet.

Die Kosten für das komplette Versuchsprogramm lagen je Hersteller zwischen 4800 und 6000 DM. Die angebotene Kostenrückerstattung bei einer positiven Kaufentscheidung variierte zwischen 50 und 100 % dieser Kosten.

Technische Bewertung

Da im Schlammstapelbehälter kein Rührwerk eingebaut war, schwankte die Schlammqualität innerhalb der Versuche geringfügig. Allerdings waren diese Schwankungen sowie die mittlere Schlammqualität bei allen vier Versuchen vergleichbar.

Die mittleren Betriebsparameter sind in Tabelle 2 dargestellt. Bei Betrachtung dieser Werte ist zu berücksichtigen, dass die genannten Betriebsergebnisse Mittelwerte verschiedenster Testeinstellungen sind und nicht wirklich „mittlere Betriebsergebnisse“ widerspiegeln. Trotzdem geben diese Werte ein recht gutes Vergleichsbild:

Die Zentrifugen A und C haben offensichtlich Probleme, die 30%-TS-Marke zu erreichen. Der PE-Verbrauch ist insbesondere bei Zentrifuge D sehr hoch, während die elektrische Leistungsaufnahme vor allem bei Zentrifuge C hoch ist. Der Abscheidegrad ist generell zufriedenstellend. Insgesamt erkennt man ein recht heterogenes Ergebnis, das ad hoc nicht schlüssig bewertbar ist.

Etwas deutlicher werden die Resultate, wenn man die Einzelergebnisse grafisch darstellt. Die Bilder 1 und 2 zeigen die erzielte Feststoff-Austragskonzentration als Funktion von FHM-Verbrauch und Leistungsaufnahme. Schon auf den ersten Blick wird deutlich, dass es bei einem Großteil der Versuche nicht gelungen ist, den geforderten Ausgangs-TS $\geq 30\%$ zu erzielen.

Mit Zentrifuge A wurde dieser Soll-Wert gar nicht erreicht, mit Zentrifuge C gelang

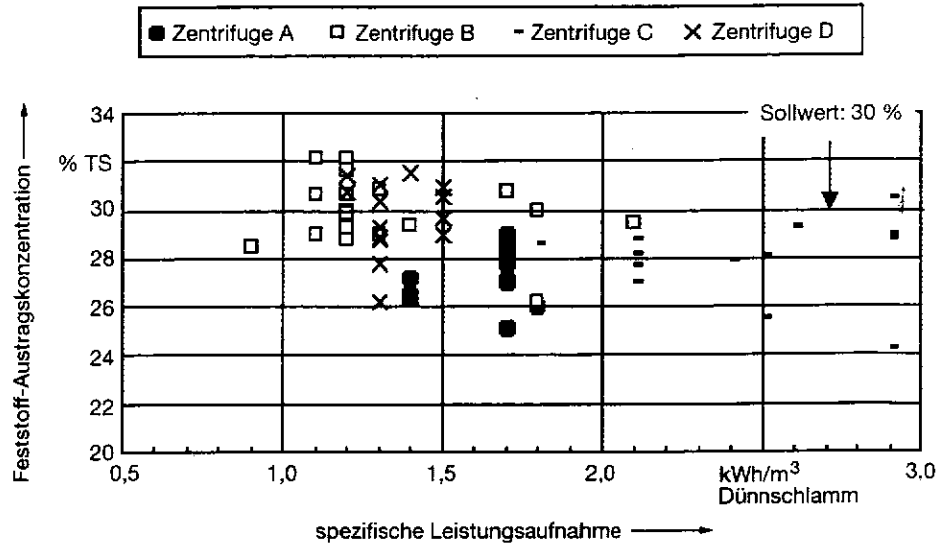


BILD 2 FESTSTOFF-AUSTRAGSKONZENTRATION als Funktion der Leistungsaufnahme

es nur ein einziges Mal. Lediglich die Zentrifugen B und D können mehrere erfolgreiche Versuche vorweisen, die jedoch bei Zentrifuge D mit hohem PE-Verbrauch erkauft wurden. Überraschenderweise sind es jedoch gerade die Zentrifugen B und D, die den niedrigsten Stromverbrauch haben.

Gemäß /1, 2/ soll eine FHM-Zugabe von 8 bis 10 g/kg TS ausreichen, um $TS \geq 30\%$ zu erreichen. Diesem Kriterium entspricht bei den Pilotversuchen auf der KA Grissheim nur Zentrifuge B. Als Ursache für das insgesamt eher schlechte Entwässerungsverhalten des Faulschlammes der KA Grissheim kommt angesichts der Vielzahl der getesteten Betriebseinstellungen wohl hauptsächlich die Schlammcharakteristik in Frage: Mit etwa 50 % Glühverlust liegt einerseits eine nur mäßige Ausfäulung vor /3/, und andererseits ist der Feinrechen im KA-Zulauf mit 3 mm Spaltweite einem guten Entwässerungsergebnis sicher auch nicht förderlich.

Für den künftigen Betrieb ist besonders jenes Messergebnis ausschlaggebend, mit dem die gestellten Anforderungen am kostengünstigsten erfüllt werden konnten.

In Tabelle 3 sind die Versuchsergebnisse der vier Zentrifugen gegenübergestellt.

Finanzielle Bewertung

Die finanzielle Bewertung erfolgt auf der Basis der spezifischen Kosten (bezogen auf m^3 Schlamm), die sich aus den Investitionen und den zu erwartenden Betriebskosten errechnen.

Investitionskosten

Die Festlegung der erforderlichen Investitionskosten beruht auf verbindlichen Preisangaben der beteiligten Firmen. Die Umrechnung der Investitionskosten auf Jahreskosten wurde gemäß /4/ mit einer Bestandsdauer von 12 Jahren und einem realen Zinssatz von 3 % vorgenommen. Wichtig für die Beurteilung der spezifischen Investitionskosten ist es zu wissen, dass aus der derzeitigen Schlamm-Menge der KA Grissheim und einer vorgesehenen Zentrifugendurchsatzleistung von $Q = 10 m^3/h$ nur eine rechnerische Betriebszeit von etwa 4 h/d resultiert.

Würde die Zentrifuge dagegen täglich 20 h genutzt, sanken die spezifischen Investitionskosten natürlich stark und verlören für die Gesamtkostenbetrachtung an Bedeutung.

Übersicht

Parameter	Einheit	Zentrifuge A	Zentrifuge B	Zentrifuge C	Zentrifuge D
1 Schlamm					
Durchsatzmenge	m^3/h	12,7	9,7	12,0	16,3
TS Dünnschlamm	% TS	2,18	2,24	2,33	2,16
TS Dickschlamm	% TS	27,32	29,77	27,90	29,75
Abscheidegrad	%	98,9	98,7	98,1	fehlt
2 Flockungshilfsmittel					
Konzentration der Lösung	%	0,3	0,2	0,2	0,3
Spezifischer Verbrauch, bezogen auf TS	g/kg	10,5	9,7	10,5	15,7
3 Wasser					
Spezifischer Verbrauch, bezogen auf Schlamm-Menge	m^3/m^3	0,07	0,11	0,13	0,11
4 Strom					
Spezifische Leistungsaufnahme, bezogen auf Schlamm-Menge	kWh/m^3	1,6	1,3	2,5	1,3

Betriebskosten

Die Betriebskosten resultieren primär aus den Kosten für Flockungshilfsmittel, Wasser, Strom, Instandhaltung und Schlamm-entsorgung/-verwertung. Die drei erstgenannten Faktoren können auf Basis der Daten in Tabelle 3 bestimmt werden; die jährlichen Kosten der Instandhaltung lassen sich näherungsweise mit 1 % der Investition abschätzen.

Die Kosten für die Schlamm-entsorgung/-verwertung können für die prinzipielle Beurteilung des finanziell vorteilhaftesten Aggregates ausser acht gelassen werden. Dies ist möglich, weil die in Tabelle 4 aufgelisteten Betriebskosten für alle Zentrifugen ja so bestimmt wurden, dass mit dem jeweiligen Aufwand dieselbe Schlamm-Menge anfällt (TS = 30 %). Somit sind die Entsorgungs-/Verwertungskosten für alle Zentrifugen gleich.

Hingewiesen werden muss an dieser Stelle allerdings nochmals darauf, dass die Werte für Zentrifuge A nur einem TS = ca. 28,9 % entsprechen (siehe Tabelle 3). In diesem Fall wäre deshalb eigentlich noch ein Zuschlag für die Schlamm-entsorgung/-verwertung zu berücksichtigen. Darauf wurde jedoch verzichtet, weil Zentrifuge A ohnehin nicht die insgesamt vorteilhafteste Zentrifuge ist.

Übersicht

Tab. 3 Finanziell günstigste Betriebskosten je Kubikmeter

Parameter	Einheit	Zentri- fuge A*)	Zentri- fuge B	Zentri- fuge C	Zentri- fuge D
1 Flockungshilfsmittel Spezifischer Ver- brauch, bezogen auf TS	g/kg	11,3	9,0	11,8	13,3
2 Wasser Spezifischer Ver- brauch, bezogen auf Schlamm-Menge	m ³ /m ³	0,07	0,10	0,15	0,09
3 Strom Spezifische Leistungs- aufnahme, bezogen auf Schlamm-Menge	kWh/m ³	1,7	1,2	2,9	1,5
4 Abscheidegrad	%	99	99,2	99,6	fehlt

* für den Fall des besten erzielten TS = 28,9 %

Gesamtkosten

Tabelle 4 gibt einen Überblick über die Investitions-, Betriebs- und Gesamtkosten, die sich auf der KA Grissheim ergeben, wenn der Schlamm auf TS = 30 % entwässert wird und man in den Versuchen den festgestellten, günstigsten Betriebs-

fall den Betriebskosten zugrunde legt. Unter den getroffenen Annahmen erweisen sich Zentrifuge B, gefolgt von Zentrifuge D, als wirtschaftlichste Aggregate. Bezieht man die „Summe BK+IK“ (siehe Tabelle 4) auf den Kubikmeter Dick-
schlamm, so ergeben sich Kosten von et-

Praxishilfe

für Bauherren, Bauträger und Hausverwaltungen

Für wirtschaftliche
Gebäudesanierung
und Optimierung der
Unterhaltskosten

Mit wertvoller
Arbeitshilfe:

Diskette mit Positionstexten zur Kalkulation für die wesentlichen Gewerke

Mehr Infos unter

Fax-Abwurf:

030/428 465 - 01642.

318 S., zahlr. Abb., Tab.,
Hardcover. ISBN: 3-345-00684-7
DM 118,-

Verlag
Bauwesen



BESTELLSCHHEIN

TEL. 030/4 2151-325
FAX 030/4 2151-468

Ich (Wir) bestelle(n) zur
Lieferung gegen Rechnung zzgl.
Versandspesen zu den mir (uns)
bekanntesten Geschäftsbedingungen
bei der HUSS-MEDIEN GmbH,
Verlagsbuchhandlung,
10400 Berlin

Kunden-Nr. oder letzte Warenrechnung)

Expl.	Bestell-Nr./ISBN	Autor/Titel	DM/Stück
	3-345-00684-7	Kohlbecker, Bauherren-Handbuch	118,00

Name, Vorname _____
 Telefon _____
 Straße, Nr. _____ Postfach _____
 PLZ/Ort _____
 Datum _____ Unterschrift _____

Neuerscheinung

Das aktuelle Informationswerk
in dem handlichen Format
für alle Wasserfachleute

Wasser-Kalender 2000

Jahrbuch für das gesamte Wasserfach

Herausgegeben von Prof. Dr.-Ing. habil. RUDOLF WAGNER, Institut
für Siedlungswasserbau der Universität Stuttgart

34. Jahrgang 2000, ca. 350 Seiten, 11,5 x 18,5 cm, Kartoniert,
DM 49,80/€ 25,45/BS 364,-/sfr. 46,-
Staffelpreise: ab 5 Expl. DM 48,30/€ 24,70/BS 353,-/sfr. 44,50,
ab 10 Expl. DM 46,95/€ 24,-/BS 343,-/sfr. 43,50,
ab 25 Expl. DM 45,60/€ 23,31/BS 333,-/sfr. 42,-,
ab 50 Expl. DM 44,20/€ 22,60/BS 323,-/sfr. 41,- je Exemplar.
ISBN 3 503 05057 0

Neben der Behandlung von Einzelfragen aus der Feder
berufener Fachleute bringt das Jahrbuch für das gesamte
Wasserfach wissenswerte Dinge, die sonst - wenn
überhaupt - nur verstreut veröffentlicht wurden und im
Bedarfsfall dann eben nicht zur Hand sind. Besonderen
Wert legen die Autoren auf die Behandlung neuer
Erkenntnisse und Entwicklungen, ohne die die wirtschaft-
lich vertretbare Lösung der Probleme nicht erreicht
werden kann.

ESV
1924 - 1999
75 JAHRE
ERICH SCHMIDT VERLAG
Berita Bleiefeld München

Bitte fordern Sie ausführliche
Informationen an.
Postfach 102451 - 33524 Bleiefeld
Fax (0521) 5830829
www.erich-schmidt-verlag.de
e-mail: esv@esvmedien.de

Kosten

Tab. 1: Investitions-, Betriebs- und Jahreskosten (spezifische Werte bezogen auf m³ Dünnschlamm)
 Ausgangsdaten: Schlammfall: 12-100 m³/a; TS Dünnschlamm: 20 g/m³; Kosten FHM: 12 DM/kg; Kosten Wasser: 2 DM/m³; Stromverbrauchskosten: 0,12 DM/kWh; Strombereitstellung: 20 DM/kWh/Monat

Parameter	Einheit	Zentri- fuge A	Zentri- fuge B	Zentri- fuge C	Zentri- fuge D
1 IK Gesamtanlage	DM	352000	355000	372000	283000
Spezif. IK	DM/m ³	2,92	2,95	3,09	2,35
2 Spezif. BK FHM	DM/m ³	2,71	2,16	2,83	3,19
Spezif. BK Wasser	DM/m ³	0,14	0,20	0,30	0,18
Spezif. BK Strom	DM/m ³	0,85	0,83	1,02	0,82
Spezif. BK Instandhaltung	DM/m ³	0,29	0,29	0,31	0,23
3 Summe Spezif. BK	DM/m ³	3,99	3,48	4,46	4,42
4 Summe BK+IK	DM/m ³	6,91	6,43	7,55	6,77
	%	107	100	117	105

BK Betriebskosten, IK Investitionskosten

wa 100 DM/m³. Der Unterschied zwischen finanziell bestem und ungünstigstem Aggregat liegt bei 20 DM/m³. Je nachdem, wie sich unter diesen Aspekten die Kosten für die Schlammensorgung/-verwertung darstellen, fällt die genannte Kostenstreuung prozentual mehr oder weniger ins Gewicht. Betragen die Entsorgungs-/Verwertungskosten z. B. nur 50 DM/m³, so ergibt sich eine Gesamtkostendifferenz zwischen teuerstem und billigstem Aggregat von etwa 15 %. Betragen sie jedoch 300 DM/m³, so sinkt die Differenz auf ca. 5 %.

Fazit

Für die spezifischen Randbedingungen der KA Grissheim konnte festgestellt werden, dass die getesteten Zentrifugen eine unterschiedliche Gesamtwirtschaftlichkeit ergeben. Die Kostenstreuung liegt je nach Schlammensorgung/-verwertung zwischen etwa 5 und 15 %. In der Investition günstigere Aggregate erwiesen sich tendenziell im Betrieb als teurer; in der In-

vestition im oberen Bereich liegende Aggregate waren betrieblich meist sparsamer. Trotz dieser insgesamt nur mäßigen Kostendifferenz ließ sich jedoch ein klarer finanzieller Trend hin zu zwei der getesteten vier Zentrifugen ableiten (Zentrifugen B und D).

Für die konkrete Kaufentscheidung ist neben dem finanziellen Trend aber auch die Feststellung maßgebend, dass nicht mit allen Aggregaten die geforderten 30 % TS sicher erreicht werden konnten. Geeignet erscheinen nur die Zentrifugen B und D, mit Abstrichen Zentrifuge C.

Daraus lassen sich folgende, allgemeine Schlussfolgerungen ziehen:

- Die Wirtschaftlichkeit einer Zentrifuge wird sowohl von den Investitionen als auch von den Betriebskosten spürbar beeinflusst. Welcher dieser beiden Faktoren dominiert, hängt von den spezifischen Rahmenbedingungen ab.
- Pilotversuche sind ein relativ einfaches, rasch verfügbares und vergleichsweise billiges Instrument, um Betriebskostenunterschiede zwischen diversen

LITERATUR

- 1/ Zierenberg, F.: Bericht zur Entwässerung verschiedener Faulschlämme mit Dekantern. Korr. Abw. 42 (1995) 1, 79-82
- 2/ Marx, W.; Zierenberg, F.: Betriebserfahrungen bei der Entwässerung eines vorgekalkten Schlammes mit einer Hochleistungszentrifuge. Korr. Abw. 43 (1996) 11, 1980-1984
- 3/ ATV-Handbuch Klärschlamm. 4. Auflage. Verlag Ernst & Sohn, Berlin 1996
- 4/ Leitlinien zur Durchführung von Kostenvergleichsrechnungen. 5. Auflage. LAWA Ländrarbeitsgemeinschaft Wasser, 1994
- 5/ Arbeitsbericht: Maschinelle Schlamm-entwässerung. ATV/BDE/VKS-Fachausschuß 3.2 Stabilisation, Entseuchung, Eindickung, Entwässerung und Konditionierung von Schlammern. Korr. Abw. 42 (1995) 2, 271-285

Entwässerungsaggregaten festzustellen.

- Eine Fabrikatauswahl, die Betriebskosten ohne Pilotversuche nur auf Basis von allgemeinen Verbrauchswerten beurteilt, tendiert in aller Regel wohl dazu, Investitionen überzubewerten. Die potenzielle Streubreite der Betriebskosten erscheint viel zu groß, um bei Kostenvergleichen mit Mittelwerten zuverlässig argumentieren zu können.
- Immer dann, wenn die Anforderungen an das Entwässerungsergebnis sich dem Grenzbereich des mit einem bestimmten Aggregattyp Machbaren (s. /5/) nähern - wie im vorliegenden Fall TS = 30% mittels Hochleistungszentrifuge -, sind Vor-Ort-Versuche als unverzichtbar anzusehen. Nur auf der Basis von derartigen Versuchen kann man gesicherte Aussagen treffen, ob die gestellten Anforderungen mit einem bestimmten Aggregat überhaupt erreicht werden oder nicht.

KONTAKT

Dipl.-Ing. Dr. techn. Konrad BUCHAUER
 BELLER CONSULT GMBH
 Linnéstraße 5
 79110 Freiburg i. Br.
 Tel.: 0761/8850540
 Fax: 0761/8850522

Polysens GmbH:

Bestimmung von Chlorid

Die Firma Polysens GmbH in Mittweida hat ihr Sortiment um ein Handmessgerät für Chlorid erweitert. Die Bestimmung von Chlorid mit einfachen Elektroden, wie sie beispielsweise

schon bei der pH-Messung Verwendung finden, scheidete bisher häufig an zu hohen Kosten oder der schwierigen Handhabung. So war an einen mobilen Einsatz für Vor-Ort-Messungen bisher nicht zu denken. Die Handmessgeräte der Firma Polysens GmbH ü-

len nun diese Lücke in idealer Weise aus.

Wie bei der bekannten und bewährten pH-Glaselektrode, kann mit den neuen Chloridsensoren in wässrigen Proben gemessen werden. Ein Mikrocontroller im Messgerät errechnet aus den ermittelten Spannun-

gen des Sensors die in der Lösung vorliegende Konzentration an Chlorid. Der Messwert wird auf einem übersichtlichen Display angezeigt. Vorteilhaft ist, dass für die Ermittlung des Chloridgehaltes kein weiterer Reagenzienzusatz notwendig ist.