

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 66 (1948)
Heft: 33

Artikel: Ueber die Sedimentation von körnigem Schlamm
Autor: Derron, E.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-56777>

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: 14.01.2026

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

Ueber die Sedimentation von körnigem Schlamm

Von Dipl. Ing. E. DERRON, Stadtingenieur, Zug

DK 628.331

In der Abwasserreinigungstechnik, im Wasserbau und in der Industrie ist die Sedimentation eines der wichtigsten Verfahren, um ungelöste Stoffe wie Abwasserschlamm, Sand, Kohlenschlamm usw. aus dem Wasser zu entfernen. Die quantitative Erfassung der dabei abgesetzten Stoffmengen auf empirischem Wege ist möglich und auch schon versucht worden. Es besteht aber — und das trifft besonders auf die Abwasserreinigungstechnik zu — ein Bedürfnis nach einer theoretischen Untermauerung der auf dem Versuchswege gewonnenen Formeln.

Die vorliegende Arbeit will zeigen, dass es für körnigen Schlamm, z.B. Sand, körnige Abwasserstoffe, Kohlenschlamm usw. gelingt, aus der Kornverteilungskurve der im Abwasser schwelbenden, ungelösten Stoffe, der Wassertiefe im Absetzbecken und der wirklichen Absetzdauer eine Beziehung zu finden zwischen dem Gewicht der aus einem Kubikmeter Wasser sedimentierten Substanz und dem Gewicht der in einem Kubikmeter Wasser ursprünglich enthaltenen, ungelösten Stoffe.

Für die nachstehenden Untersuchungen werden folgende Beziehungen verwendet:

t = wirkliche Absetzdauer, in Stunden

F_r = Gewicht der in einem m^3 Rohwasser enthaltenen ungelösten Stoffe, in Gramm

F_a = Gewicht der aus einem m^3 Rohwasser in der Zeit t abgesetzten, ungelösten Stoffe, in Gramm

$F_s = F_r - F_a$ = Gewicht der in einem m^3 geklärten Wassers noch enthaltenen ungelösten Stoffe, in Gramm

H = Wassertiefe im Absetzbecken, in Meter

v_n = Sinkgeschwindigkeit eines Kornteilchens vom Durchmesser d_n mm, in Meter pro Stunde.

Zum besseren Verständnis der Ableitungen sei vorausgesetzt, das in Bild 1 dargestellte Gefäß, welches bis zur Höhe H mit schlammhaltigem Wasser gefüllt sei, enthalte an ungelösten Stoffen drei Komponenten mit den Korngrößen d_1 , d_2 und d_3 , wobei $d_3 > d_2 > d_1$. Die entsprechenden Sinkgeschwindigkeiten seien $v_3 > v_2 > v_1$.

Ueber den Anteil der drei Kornkomponenten an der gesamten ungelösten Substanz seien folgende Annahmen getroffen:

$p_3\%$ von F_r bestehe aus Körnern vom Durchmesser d_3

$p_2\%$ von F_r bestehe aus Körnern vom Durchmesser d_3 u. d_2

$p_1\%$ von F_r bestehe aus Körnern vom Durchmesser d_3 , d_2 u. d_1

Im vorliegenden Falle ist $p_1 = 100\%$. Das Rohwasser enthält demzufolge $p_3\%$ ungelöste Substanz mit einem Korn durchmesser d_3 mm, $(p_2 - p_3)\%$ mit einem solchen von d_2 mm und $(p_1 - p_2)\%$ mit einem solchen von d_1 mm. In der Terminologie der Bodenmechanik kann man auch sagen, bei $p_3\%$ der ungelösten Substanz sei der Durchmesser grösser als d_2 mm, bei $p_2\%$ grösser als d_1 mm und bei $p_1 = 100\%$ grösser als Null mm. Bild 2 zeigt die einer solchen Annahme zu Grunde liegende, unstetige Kornverteilungskurve.

Während der Absetzdauer t sinken die Teilchen vom Durchmesser d_3 um die Strecke $v_3 t$, diejenigen vom Durchmesser d_2 um $v_2 t$, und schliesslich die kleinsten, mit dem Durchmesser d_1 um $v_1 t$. Trägt man diese Strecken vom Boden des Absetzbeckens senkrecht nach oben auf (siehe Bild 1), so leuchtet ein, dass in der Zeit t nur bis zur Höhe $v_1 t$ Teilchen vom Korn durchmesser d_1 abgesetzt werden. Aehnliches trifft zu für Teilchen vom Durchmesser d_2 bzw. d_3 . Alle Teilchen, die grösser sind als d_H , und deren Sinkgeschwindigkeit

grösser ist als v_H , wobei $v_H t = H$, werden in der Zeit t vollständig aus dem Rohwasser abgesetzt.

Während der Zeit t werden demzufolge auf $1 m^2$ Bodenfläche des Absetzbeckens an ungelösten Stoffen mit einem Korn durchmesser $\leq d_H$ folgende Mengen sedimentiert:

a) Teilchen von d_3 mm Durchmesser: $\frac{p_3}{100} F_r v_3 t \text{ g}$

b) Teilchen von d_2 mm Durchmesser: $\frac{p_2 - p_3}{100} F_r v_2 t \text{ g}$

c) Teilchen von d_1 mm Durchmesser: $\frac{p_1 - p_2}{100} F_r v_1 t \text{ g}$

oder im Ganzen:

$$S_1 = \frac{F_r t}{100} \sum (p_n - p_{n+1}) v_n \text{ g/m}^2 \text{ Bodenfläche}$$

Mit $p_{n+1} - p_n = \Delta p$ wird

$$(1) \quad S_1 = - \frac{F_r t}{100} \sum \Delta p v_n$$

Geht man über zu unendlich vielen Kornkomponenten, d.h. zu einer stetigen Kornverteilungskurve gemäss Bild 3, so nimmt der Ausdruck (1) die Form an:

$$(2) \quad S_1 = - \frac{F_r t}{100} \int_0^{d_H} v dp$$

In (2) bedeutet p den prozentualen Anteil an Körnern mit einem Durchmesser grösser als d mm.

In der Zeit t werden aber noch alle ungelösten Stoffe abgesetzt, deren Korn durchmesser grösser ist als d_H . Pro m^2 Bodenfläche sind dies:

$$S_2 = \frac{p_H}{100} F_r H$$

p_H ist der prozentuale Anteil der Körner mit einem Durchmesser $\geq d_H$. Die gesamte abgesetzte ungelöste Substanz beträgt demzufolge, in g/m^2 :

$$(3) \quad S = S_1 + S_2 = - \frac{F_r t}{100} \int_0^{d_H} v dp + \frac{p_H}{100} F_r H$$

Zur Auswertung von (3) müssen v und p als Funktionen von d bekannt sein.

Für körnige Stoffe ist nach Stockes [1]¹⁾ die Sinkgeschwindigkeit konstant, und durch den folgenden Ausdruck gegeben:

$$(4) \quad v = \frac{1}{18} d^2 \frac{(\gamma_F - \gamma_w)}{\gamma_w} \frac{g}{\nu} \text{ cm s}^{-1}$$

Hierin bedeuten:

γ_F das spezifische Gewicht des Korn teilchens in g/cm^3

γ_w das spezifische Gewicht des Wassers = 1 g/cm^3

g die Erdbeschleunigung (981 cm s^{-2})

ν die kinematische Zähligkeit des Wassers, in $\text{cm}^2 \text{s}^{-1}$

d der Durchmesser einer Kugel in cm, die mit der selben Geschwindigkeit zu Boden sinkt wie das schuppenförmige Korn vom Durchmesser d .

Wählt man als Einheit für die Sinkgeschwindigkeit $v \text{ m/h}$ und für den Korn durchmesser d den mm und setzt für schlammhaltiges Wasser oder Abwasser $\nu = 0,014 \text{ cm}^2 \text{s}^{-1}$, so geht (4) über in

$$v = 1400 \frac{\gamma_F - \gamma_w}{\gamma_w} d^2 \text{ (in m/h)}$$

¹⁾ Die Zahlen in eckigen Klammern beziehen sich auf das Literaturverzeichnis am Schluss des Aufsatzes.

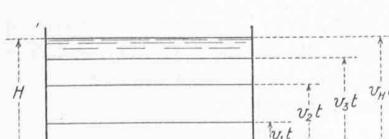


Bild 1

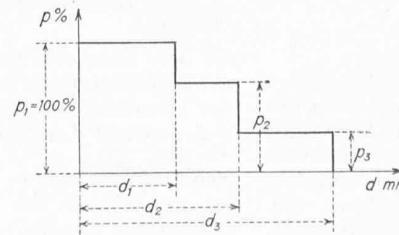


Bild 2

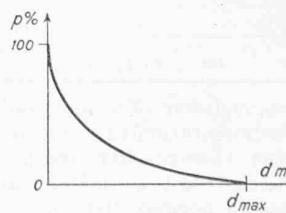


Bild 3

oder mit

$$(5) \quad C = 1400 \frac{\gamma_F - \gamma_w}{\gamma_w}$$

$$(6) \quad v = C d^2$$

Ueber die Kornverteilungskurve sind verschiedene Annahmen möglich. In Bild 4 zeigt z. B. die Kurve a den Fall der idealen Mischung, Kurve b eine Mischung mit viel feinem und wenig grobem, Kurve c eine solche mit wenig feinem aber viel grobem Korn.

In der Natur wird Kurve b am häufigsten auftreten. Man kann nun alle drei Kurventypen durch eine Potenzfunktion von der Form

$$(7) \quad p = 100 \left\{ 1 - \left(\frac{d}{d_{\max}} \right)^n \right\}$$

darstellen. $n < 1$ gibt die Kurve b, $n > 1$ die Kurve c und $n = 1$ die Gerade a.

Durch Differenzieren von (7) nach d folgt:

$$(8) \quad dp = - \frac{100}{n} d^{(n-1)} d (d)$$

Durch Einsetzen von (6) und (8) in (3) erhält man für das Gewicht der in der Zeit t pro m^2 Bodenfläche des Gefäßes abgesetzten ungelösten Stoffe den Ausdruck:

$$(9) \quad S = \frac{F_r C n t}{d_{\max}^n} \int_0^{d_H^{(n+1)}} d^{(n+1)} d (d) + \frac{p_H}{100} F_r H$$

Mit $\frac{p_H}{100} = 1 - \left(\frac{d_H}{d_{\max}} \right)^n$ und nach Durchführung der Integration folgt:

$$(10) \quad S = \frac{F_r C n t}{(n+2) d_{\max}^n} d_H^{(n+2)} + F_r H \left\{ 1 - \left(\frac{d_H}{d_{\max}} \right)^n \right\}$$

Nun ist aber nach (6) $C d_H^2 = v_H$, und v_H ist nach Voraussetzung gleich $\frac{H}{t}$. Es gilt daher

$$C d_H^2 = v_H = \frac{H}{t}$$

woraus

$$(11) \quad d_H = \left(\frac{H}{C t} \right)^{1/2}$$

Setzt man den Wert für d_H aus (11) in (10) ein, so erhält man nach einigen Umformungen

$$(12) \quad S = F_r H \left[1 - \frac{2}{n+2} \frac{1}{d_{\max}^n} \left(\frac{H}{t C} \right)^{n/2} \right]$$

Nach der eingangs festgesetzten Definition ist aber $F_a = \frac{S}{H}$ und es kommt:

$$(13) \quad F_a = F_r - \frac{2}{(n+2) d_{\max}^n C^{n/2}} \left(\frac{H}{t} \right)^{n/2} F_r$$

Da $F_s = F_r - F_a$, so erhält man für das Gewicht der in einem m^2 geklärten Wasser noch enthaltenen ungelösten Stoffe:

$$(14) \quad F_s = \frac{2}{(n+2) d_{\max}^n C^{n/2}} \left(\frac{H}{t} \right)^{n/2} F_r$$

Die abgeleiteten Formeln gelten streng genommen nur für eine Sedimentation in ruhigem Wasser. Die in der Praxis verwendeten Absetzbecken und Sandfänge werden aber vom Wasser durchströmt. Es treten darin kleine Geschwindigkeiten, sowohl in horizontaler als in vertikaler Richtung, auf. Wählt man im bewegten Wasser die Absetzdauer so gross, dass Kornteilchen vom Durchmesser d_H mm sicher noch auf

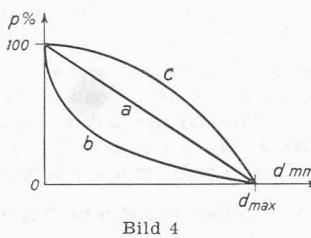


Bild 4

den Boden sinken, so sind die Beziehungen (13) und (14) auch für den ständig durchflossenen Absetzraum gültig.

Die Wirksamkeit des Absetzvorgangs beurteilt man nach dem Verhältnis $\frac{F_s}{F_r}$. Je kleiner $\frac{F_s}{F_r}$, desto mehr ungelöste Stoffe werden abgesetzt. Lange Absetzdauer t , günstige Kornverteilungskurve, d. h. grosses d_{\max} und grosses n , sowie eine kleine Beckentiefe H befördern die Sedimentation.

In der Abwasserreinigungstechnik darf aber H nicht zu klein gemacht werden, weil man es dort mehr mit flockigem als körnigem Schlamm zu tun hat. Beim Flockenschlamm nimmt die Sinkgeschwindigkeit mit der Tiefe des Beckens zu, und diese Erfahrung verbietet die Erstellung von Absetzanlagen mit zu kleiner Wassertiefe. Die Formeln (13) und (14) sind unter der Voraussetzung konstanter Sinkgeschwindigkeit abgeleitet worden, ihre Anwendung auf reinen Flockenschlamm ist daher nicht zulässig. Bei den in der Abwasser-technik zumeist vorkommenden Gemischen aus körnigem und flockigem Schlamm sind sie aber mit gewissen Einschränkungen brauchbar.

Vergleich der Theorie mit Versuchen

Versuche zur Bestimmung von F_s sind von Steuernagel [2] und besonders von Fair [3] für Abwasser durchgeführt und von Pöpl [4] ausgewertet worden. Der letzgenannte Forscher hat aus den Versuchsreihen von Steuernagel und Fair, sowie aus eigenen Experimenten, folgende empirische Formel aufgestellt:

$$(15) \quad F_s = A t^{-\alpha} F_r^{\beta}$$

Der Faktor A schwankt bei ihm zwischen 0,25 für flockigen und 0,50 für körnigen Schlamm. Den Exponenten α bestimmt er zu 0,20 für die Steuernagelschen und zu 0,25 für die Fairschen Versuche. β soll zwischen 0,80 und 0,85 liegen.

Ein Vergleich dieser empirischen Formel mit der theoretisch abgeleiteten Beziehung (14) zeigt, dass der Exponent n in (14) für Abwasser zwischen 0,40 und 0,50 liegt. Diese Werte gelten nur für normales Abwasser.

Trägt man, wie üblich, das in Gewichtsprozenten ausgedrückte Verhältnis $\frac{\text{Absetzbare Abwasserstoffe}}{\text{Gesamte, ungelöste Abwassersubstanz}}$ als Ordinate, und die Absetzzeit als Abszisse graphisch auf, so bekommt man die sog. «Absetzkurve», wie sie bei Versuchen regelmässig verwendet wird. Nach (13) wird sie durch folgende Funktion dargestellt:

$$(16) \quad 100 \frac{F_a}{F_r} = 100 \left\{ 1 - \frac{2}{(n+2) d_{\max}^n C^{n/2}} \left(\frac{H}{t} \right)^{n/2} \right\}$$

Die Materialkonstante C gehorcht der Formel (5), und beträgt für Abwasser mit leichten Schlammbestandteilen ($\gamma_F = 1,06 \text{ g/cm}^3$) 84, für normales Abwasser ($\gamma_F = 1,10 \text{ g pro cm}^3$) 140 und für Abwasser mit spezifisch schwerem Schlamm ($\gamma_F = 1,14 \text{ g/cm}^3$) 196.

Der Verfasser hat eine grössere Zahl experimentell bestimmter Absetzkurven aus der einschlägigen Literatur mit Formel (16) verglichen. Das Ergebnis lautet:

- 1) Formel (16) gilt nur im Bereich $t > 0,25$ bis $t \leq 3,00 \text{ h}$, umfasst also die technisch wichtigen Absetzzeiten.
- 2) Der Exponent n hängt von der Konzentration des Rohwassers an ungelösten Stoffen, d. h. von F_r ab. Für hohe Konzentration ($F_r = 300$ bis 500 g/m^3) liegt n bei 0,46, mittlere Konzentration ($F_r = 200$ bis 300 g/m^3) ergibt $n = 0,43$ und schwache Konzentration ($F_r = 100$ bis 200 g pro m^3) $n = 0,40$.
- 3) Auch d_{\max} wird durch die Konzentration des Rohwassers beeinflusst. Es schwankt zwischen 0,25 mm bei sehr niedriger Konzentration und 0,70 mm bei sehr hoher Konzentration.

Die Absetzkurve, die Imhoff [5] in seinem Taschenbuch der Städteentwässerung angibt, entspricht z. B. für $H = 2,50 \text{ m}$ der theoretischen Beziehung (16), wenn man darin $n = 0,50$, $C = 140$ und $d_{\max} = 0,36 \text{ mm}$ einsetzt.

Schlussfolgerungen

Für Wasser, das körnigen Schlamm enthält, besteht eine theoretisch ableitbare Beziehung zwischen dem Gehalt des Rohwassers an ungelösten Stoffen (F_r) und dem Schwebew-

stoffgehalt (F_s) des durch Sedimentation geklärten Wassers, in Form der Gleichung (14). Voraussetzung ist, dass die Kornverteilungskurve der ungelösten Stoffe im Rohwasser einer durch Gleichung (7) dargestellten Potenzfunktion gehorcht. Diese Beziehung zwischen F_s und F_r lautet:

$$(14) \quad F_s = \frac{2}{(n+2) d_{\max} C} \left(\frac{H}{t} \right)^{n/2} F_r$$

Bei Absetzbecken mit konstanter Wassertiefe H , insbesondere bei Flachbecken, entspricht der Quotient $\frac{H}{t}$ der Oberflächenbelastung des Beckens. Bezeichnet man diese mit O , so geht (14) über in

$$(17) \quad F_s = \frac{2}{(n+2) d_{\max} C} O^{n/2} F_r$$

Hierin ist die Oberflächenbelastung O in m/h und d_{\max} in mm einzusetzen.

Für Abwasser mit vorwiegend körnigem Schlamm und einem spez. Gewicht der ungelösten Feststoffe von 1,06 bis 1,14 g/cm³ können für die in (14) und (17) enthaltenen Größen ungefähr folgende Werte angenommen werden:

Gehalt des Rohwassers an ungelösten Stoffen

F_r in g/m ³	n	d_{\max} in mm
300 bis 500	0,46	0,60 bis 0,70
200 bis 300	0,43	0,50 bis 0,60
100 bis 200	0,40	0,35 bis 0,50
50 bis 100	0,38	0,25 bis 0,35

Spezifisches Gewicht der ungelösten Stoffe im Rohwasser	Charakter des abgesetzten Schlammes	Material-Konstante
γ_F in g/cm ³		C
1,14	schwerer Schlamm	196
1,10	normaler Schlamm	140
1,06	leichter Schlamm	84

Bei Abwasser mit flockigem Schlamm gelten (14) und (17) nicht mehr. Wie (17) zeigt, wächst F_s mit der 5. bis 4. Wurzel aus der Oberflächenbelastung an. Bei Abwasser mit flockigem Schlamm nimmt aber F_s mit steigender Oberflächenbelastung viel stärker zu, wie Pöpl [6] gezeigt hat. Der Exponent n kann hier Werte bis 1,5 und noch mehr erreichen.

Für Wasser mit Sand und Kohlenschlamm fehlen bis heute Versuche. Einzig der Wert C kann angegeben werden. Er beträgt für Sand ($\gamma_F = 2$ bis 2,4 g/cm³) 1400 bis 1960, für Kohlenschlamm ($\gamma_F = 1,5$ g/cm³) rd. 700.

Literaturverzeichnis

- [1] Transactions of the Cambridge Philosophical Society 9 (1850: G. G. Stokes. Mathematical and Physical Papers 3).
- [2] Steuernagel: Die Sedimentierung der suspendierten Substanzen des Kanalwassers und ihr Einfluss auf die mechanische Klärung des Abwassers in Flachbecken. «Gesundheit» 1903, Sonderdruck.
- [3] Imhoff, K., und Fair, G. M.: Sewage Treatment. New York. 1940.
- [4] Pöpl, F.: Die Absetz- und Schwebestoffkurven gemeindlicher Abwasser. «Gesundheitsingenieur» 1942, Heft 39/40.
- Pöpl, F.: Die Ausscheidung der Feststoffe städtischer Abwasser im ständig durchflossenen Absetzraum. «Gesundheitsingenieur» 1942, Heft 49/50.
- [5] Imhoff, K.: Taschenbuch der Städteentwässerung. 9. Auflage, 1941. Bild 20, S. 99.
- [6] Pöpl, F.: Die mechanische Ausflockung der Schwebestoffe gemeindlicher und industrieller Abwasser. «Gesundheitsingenieur» 1943, Heft 17, Bild 6, S. 217.

Aus der schweizerischen Zementindustrie

Nach einem Vortrag von Dr. H. GYGI, Wildegg, gehalten am 11. Febr. 1948, im Zürcher Ingenieur- und Architekten-Verein

1. Die hydraulischen Bindemittel im Wandel der Zeiten

Von den drei Bindemitteln, Zement, Kalk und Gips, sind Kalk und Gips seit dem Altertum verwendet worden. Damals wurde als Mörtel der Luftkalk allein benutzt. Er wurde vorwiegend in der Grube gelöscht. Wasserkalk, d. h. wasserbeständiges Material, mag hin und wieder benutzt worden sein, doch ohne dass man sich seiner besonderen Eigenschaften bewusst geworden wäre. Für wasserdichten Verputz verwendete man Luftkalkmörtel mit Zusatz von Ziegelmehl, Puzzolanerde oder Trass.

Mit dem Zerfall des weströmischen Reiches ging auch ein Teil der damaligen Baukunst verloren, doch sind die alten Bauverfahren zum Teil im Mittelalter übernommen worden. Im allgemeinen hat man bis zum Beginn des 18. Jahrhunderts Luftkalk neben Lehm verwendet. Bedurfte man wasserbeständigen Kalkes, so setzte man wie im Altertum Ziegelmehl

oder Trass und in Italien Puzzolanerde zu. In der zweiten Hälfte des 18. Jahrhunderts setzte auf dem Kontinent die Forschung auf dem Gebiete der Mörtelkunde stärker ein. Man versuchte, Ersatzstoffe für Puzzolanerde und Trass zu finden. Man erkannte klar die hydraulischen Eigenschaften des Ziegelmeihs, gewann in gebranntem Alaunschiefer ein neues, in Schweden viel benütztes Zuschlagsmittel und fand infolge des Eindringens in das Wesen des Trasses neue Puzzolanerde in Frankreich und verwendbaren Basalt-Tuff in Deutschland.

Während man auf dem Kontinent nicht wesentlich weiter kam, nahm die Mörtelkunde in England eine viel raschere Entwicklung, zum Teil weil Puzzolanerde und Trass wegen ihren Transportkosten zu teuer waren. Der Ingenieur Smeaton hatte 1756 den Bau des Leuchtturmes von Eddystone bei Plymouth zu leiten; hierbei lag es ihm im höchsten Grade daran, einen möglichst guten Wassermörtel zu verwenden. Nach einer Reihe von Versuchen erlangte er eine vorzügliche Mörtelmischung, stellte sich aber dann die Frage, warum die verschiedenen Kalke verschiedenen festen Mörtel liefern und kam schliesslich mit Hilfe eines befreundeten Chemikers zum Schluss, der Tongehalt des Kalksteins und nicht seine Härte, wie man bisher geglaubt hatte, müsse eine der Hauptursachen dafür sein, dass der daraus gebrannte Kalk einen unter Wasser erhärtenden Mörtel liefere. Aber der ursächliche Zusammenhang zwischen der Wirkung des im Kalkstein enthaltenen und zugleich mit diesem gebrannten Tones und des als gebrannten Ton zuge-

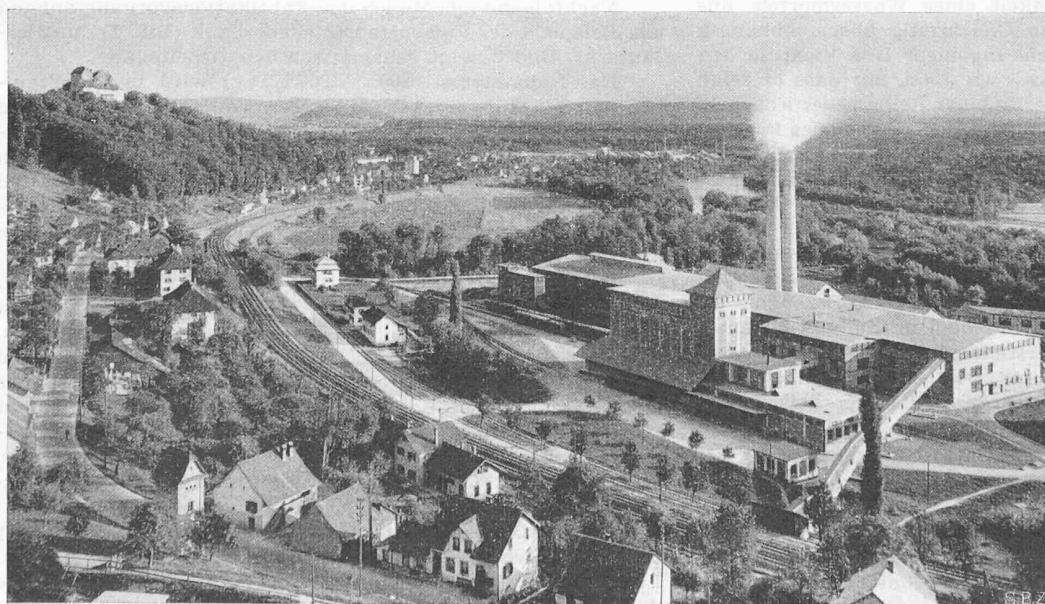


Bild 1. Zementfabrik Holderbank-Wildegg A.-G.