Zeitschrift: Cementbulletin
Herausgeber: Technische Forschung und Beratung für Zement und Beton (TFB AG)
Band: 62 (1994)
Heft: 2

Artikel: Zementstabilisierung
Autor: Hermann, Kurt / Egmond, Bram von
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-153789

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: 24.08.2025

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

Zementstabilisierung

Durch die Stabilisierungen mit Zement lässt sich die Widerstandsfähigkeit von Böden gegenüber Beanspruchungen durch Verkehr, klimatische und hydrologische Einflüsse dauerhaft erhöhen.

Böden sind instabil, wenn ihr Feinanteil (bis Korngrösse 0,02 mm) 3 Massenprozente übersteigt. Konkret bedeutet dies, dass sich ihr Volumen und ihre Tragfähigkeit unter dem Einfluss von Wasser, Frost oder mechanischen Beanspruchungen verändern. Es erstaunt deshalb nicht, dass in den USA bereits vor mehr als 60 Jahren Versuche unternommen wurden, Böden zu stabilisieren, indem ihnen Zement beigefügt wurde.
In der Schweiz wurde damit in den 50er Jahren begonnen: Im Güterwegebau wurden leicht siltige Kiese stabilisiert.
Heute ist die Zementstabilisierung ein anerkanntes Verfahren, das an vielen Orten den Ersatz von vorhandenem Boden durch kostbaren Kiessand überflüssig macht. Dies nicht zuletzt deshalb, weil prinzipiell jeder Boden mit Zement stabilisiert werden kann. Ausgenommen davon sind reine Silte oder siltige Sande, die besser mit einer Kombination aus Zement und Weisskalk («Stabilit») stabilisiert werden. Wenn der Tonanteil eines Bodens 10 % übersteigt, ist eine Stabilisierung mit Weisskalk einer Zementstabilisierung vorzuziehen.
Stabilisierungen mit Zement werden sowohl im Ober- als auch im Unter- und übrigen Erdbau angewendet, besonders wenn starke Beanspruchungen der aufgebauten Schichten zu erwarten sind. Beispiele sind

- Fundations- und Tragschichten im National- und allgemeinen Strassenbau
- frostbeständige Übergangsschichten, die das Aufsteigen von Untergrundmaterial in die Fundationsschicht verhindern und eine bessere Verdichtung dieser Schichten ermöglichen
- lastverteilende Schichten auf setzungsempfindlichen Böden
- Schutz witterungsempfindlicher Oberflächen
- Untergrundverbesserung für Grosslager (Hochregallager)
- Pistenbau
- Güter- und Forststrassen
- Werkhöfe (Containerumschlagplätze)
- Verbesserung der Stabilität von Dämmen
- Kaltrecycling (wird im folgenden «Cementbulletin» behandelt)

Diese unvollständige Liste illustriert das grosse Potential, das in der Zementstabilisierung liegt.

Kleines Betonlexikon (2)

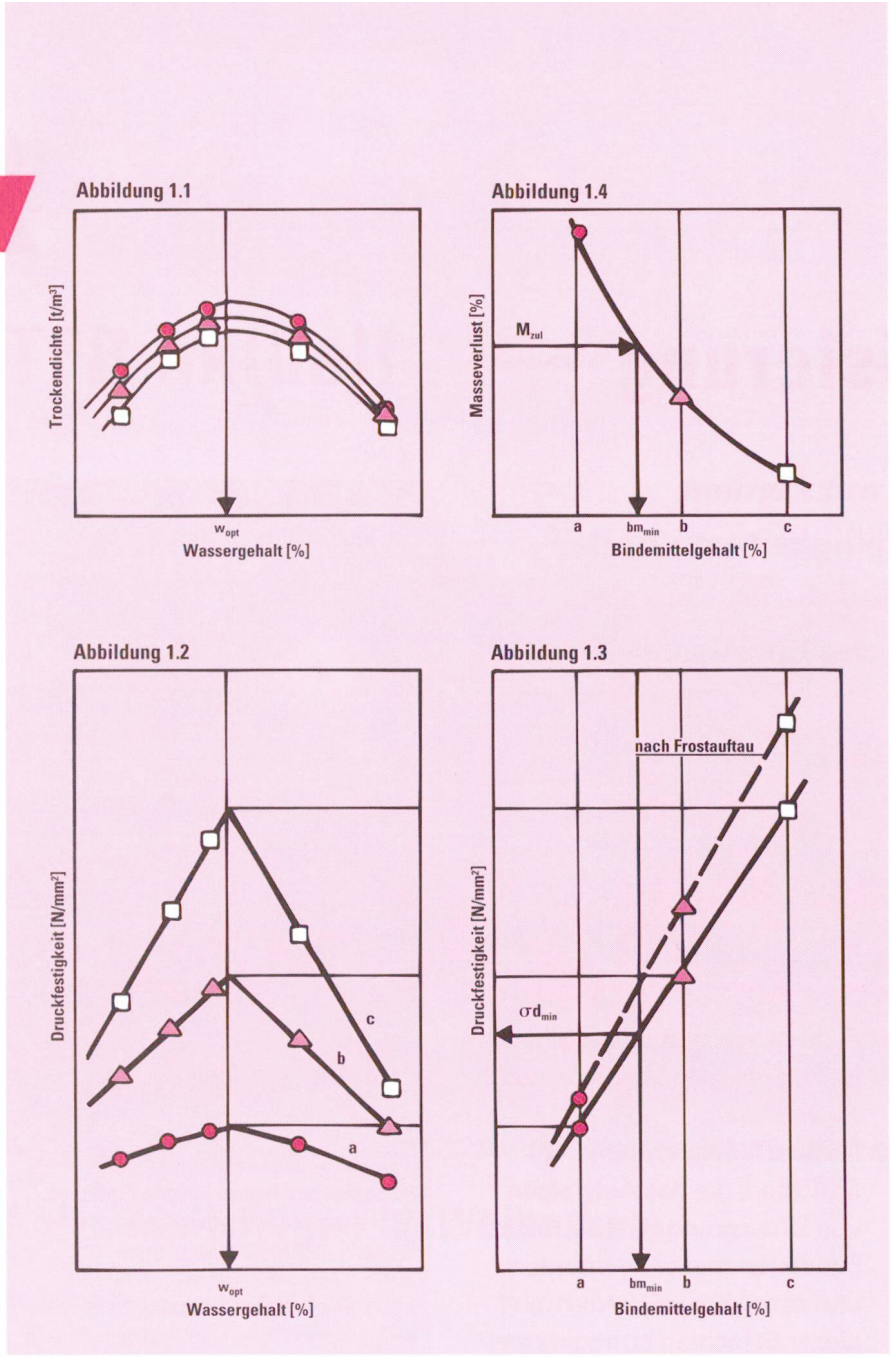
Zementstabilisierung bedeutet, Böden, mineralische Baustoffe und weitere geeignete Materialien derart mit Zement zu behandeln, dass vorgegebene Festigkeiten und Volumenbeständigkeiten erreicht werden und erhalten bleiben. Zudem werden weitere bodenmechanische Eigenschaften verbessert, damit die Böden den voraussichtlichen Beanspruchungen durch Verkehr, klimatische und hydrologische Einflüsse dauerhaft standhalten können.
Neben Zementstabilisierungen sind auch Stabilisierungen mit anderen hydraulischen Bindemitteln, mit Weisskalk sowie mit bituminösen Bindemitteln bekannt.

Stabilisierungsnormen

Die Norm SN 640 509 a [1] gilt für alle Stabilisierungsarbeiten mit hydraulischen Bindemitteln (Portlandzemente, hydraulische Kalke und weitere hydraulische Bindemittel) im Strassenbau. Ihr übergeordnet ist die allgemeine Norm SN 640 500 a [2]. Stabilisierungen mit Weisskalk werden in der Norm SN 640 503 a [3] abgehandelt.

Voruntersuchungen

Zementstabilisierungen erfordern sorgfältige Voruntersuchungen, Einbau- und Nachkontrollen. Dafür sind in der relevanten Norm [1] ausführliche Vorschriften vorhanden. Ohne die Mitwirkung eines



Grafik: TFB/ZSD S. Einfalt

Zusammenhänge zwischen Trockendichte und Wassergehalt (*Abbildung 1.1*), Druckfestigkeit und Wassergehalt (*Abbildung 1.2*), Druckfestigkeit und Zementgehalt (*Abbildung 1.3*) sowie Masseverlust nach zwölf Frostauftauzyklen und Bindemittelgehalt (*Abbildung 1.4*) nach [1].

erfahrenen Fachmannes sind diese Vorschriften allerdings nur bedingt eine Garantie für den Erfolg. Im Gegensatz zu Beton steht bei Zementstabilisierungen nicht die Festigkeit im Vordergrund, sondern die Wasser- und Froststabilität. Die Erfahrung zeigt, dass diese Anforderungen bereits mit Druckfestigkeiten um 2 N/mm² (nach 7 Tagen) erreicht werden können. Aufgrund von Untersuchungen des Amerikaners *R. R. Proctor* hängen die Trockendichte und die Druckfestigkeit eines gegebenen Gemisches aus Boden und Bindemittel bei gleichbleibender Verdichtungsarbeit vom Wassergehalt ab (siehe *Abbildungen 1.1* und *1.2*), wobei ein Maximum durchlaufen wird. Von diesen Eigenschaften wird bei der Festlegung der «Rezeptur» einer Zementstabilisierung Gebrauch gemacht.

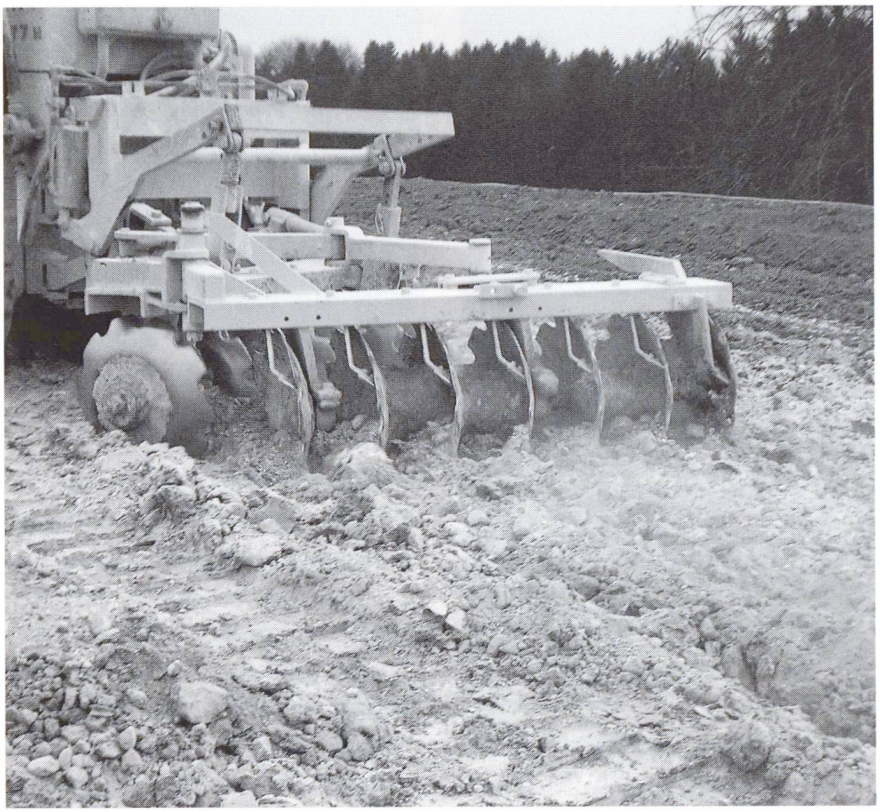
Die Voruntersuchungen des anstehenden Bodens beginnen damit, dass an mehreren Stellen um die 20 kg Material entnommen werden. Diese Proben werden bei maximal 60 °C getrocknet und anschliessend ausgesiebt. Für die nachfolgend erwähnten Prüfungen wird nur der Anteil mit Korngrössen <16 mm eingesetzt. Nachdem die Sieblinien ermittelt wurden, können sämtliche Proben homogen miteinander vermischt werden. Aufgrund der Zusammensetzung dieses Materials (Kies-, Sand-, Silt- und Tonanteile) werden nach Tabelle 2 in [1] sowie aufgrund von Erfahrungen mindestens drei verschiedene Zementdosierungen für die folgenden Untersuchungen festgelegt.

Verdichtungsprüfung. Pro Zementdosierung (a, b, c) werden unter genau definierten Bedingungen mindestens vier Prüfkörper mit unterschiedlichen Wassergehalten hergestellt. Aus den damit bestimmten Trockendichten lässt sich gemäss *Abbildung 1.1* grafisch der optimale Wassergehalt w_{opt} ermitteln.

Druckfestigkeitsprüfung. An den für die Verdichtungsprüfung eingesetzten Prüfkörpern wird – nach siebentägiger Lagerung bei Raumtemperatur, gefolgt von vierstündiger Lagerung in Wasser – die Druckfestigkeit ermittelt (siehe *Abbildungen 1.2* und *1.3*).

Frostauftauprüfung. Pro Bindemitteldosierung werden mit dem gemäss *Abbildung 1.1* ermittelten optimalen Wassergehalt w_{opt} je zwei Prüfkörper (P_1, P_2) hergestellt, die zwölf Gefrier-/Auftauzyklen (Lagerung bei –23 °C/Erwärmen auf +20 °C) unterworfen werden. An den Prüfkörpern P_1 wird nach jedem Auftauen das aufgelockerte Material mit einer Bürste entfernt. Der dabei auftretende Masseverlust wird gemäss *Abbildung 1.4*

Fotos: Bram van Egmond



Einmischen des Zements mit einer Scheibenegge.

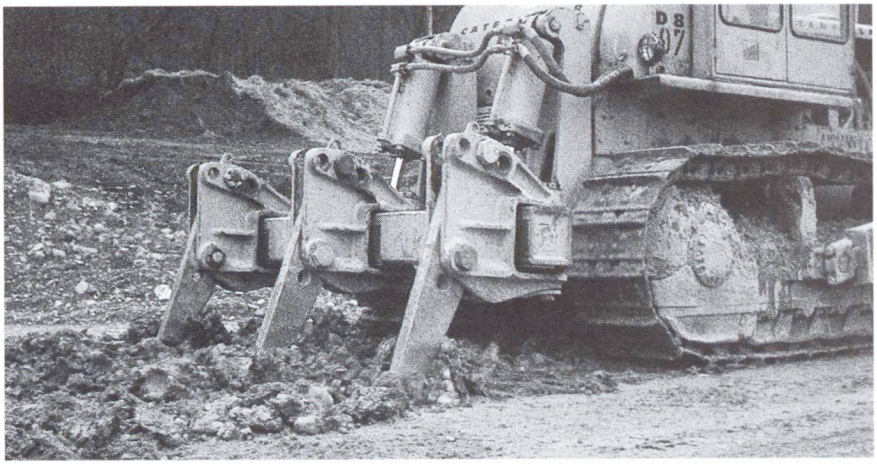
aufgetragen. Die an den Prüfkörpern P_2 ermittelten Druckfestigkeiten werden gemäss *Abbildung 1.3* aufgetragen. Sie dürfen nicht kleiner sein als die Siebentagefestigkeiten.

Bestimmung des Zementgehalts. In Tabelle 3 von [1] sind die bei den Frostauftauprüfungen zulässigen Masseverluste ΔM_{zul} – beispielsweise 10 % bei tonigem Kies – festgelegt. Mit diesem Wert kann aus der Kurve in *Abbildung 1.4* der zum Erreichen der geforderten Beständigkeit notwendige minimale Zementgehalt bm_{min} ermittelt werden. Dieser sollte nach *Abbildung 1.3* eine minimale Druckfestigkeit σd_{min} von 2 N/mm² ergeben.

Bestimmung der Zementdosierung. Die Laboruntersuchungen werden mit Material der Korngrösse <16 mm durchgeführt. Auf der Baustelle jedoch ist das Maximalkorn wesentlich grösser, nämlich meist um 60 mm. Die Zementdosierung für die Ausführung kann aufgrund einer in [1] enthaltenen Formel aus den im Labor ermittelten Werten berechnet werden. Wenn die Sieblinien der ursprünglich entnommenen Proben sich stark unterscheiden, müssen unter Umständen zwei und mehr verschiedene Zementdosierungen vorgesehen werden. Erfahrungsgemäss betragen die Zementmengen pro Kubikmeter Bodenmaterial zwischen 30 und 120 kg. Sie sind stark von der jeweiligen Anwendung abhängig.

Bodenstabilisierung im Ortsmischverfahren

Beim Ortsmischverfahren wird der anstehende Boden – wie der Name sagt – vor Ort stabilisiert. Organisches Material (Gras, Sträucher usw.) muss zuerst entfernt werden, da es die Stabilisierung beeinträchtigen kann. Anschliessend wird der Boden mit einem geeigneten Gerät aufgelockert. Gleichzeitig werden grosse Steine entfernt. Mit einem Streugerät wird die berechnete Zementmenge auf dem Boden verteilt; allenfalls ist mit einem Sprenggerät auch Wasser zuzuführen.



Aufreissen des anstehenden Bodens.

Planieren mit Dozer.

Verdichten mit Vibrationswalze.

Das Mischen hat so lange zu erfolgen, bis der Zement und das Wasser gleichmässig im Boden verteilt sind. Dies geschieht meist mittels Scheibeneggen oder einfachen Bodenfräsen. Gleichzeitig ist durch das Darren von Proben und die sogenannte «Handmethode» sicherzustellen, dass der festgelegte Wassergehalt tatsächlich vorliegt. Mischgut, das nicht am gleichen Ort eingesetzt wird, wird anschliessend zur Einbaustelle transportiert und dort auf dem Boden verteilt. Durch geeignete Geräte wird das Mischgut planiert und dann verdichtet. Die Verdichtung muss so ausgeführt werden, dass die in den Voruntersuchungen ermittelten Verdichtungswerte erreicht werden. Dies kann durch das Bestimmen der Trockendichte – meistens wird dafür ein Isotopengerät eingesetzt – laufend geschehen. Die Verdichtung soll vier Stunden nach dem Mischen abgeschlossen sein.
Die eingebauten Schichten sind vor Austrocknung (Hitze, Wind) und Durchnässung (Gewitter) zu schützen. Wenn sie anschliessend mit einem Schwarzbelag versehen werden, können sie mit einer Bitumenemulsion besprüht werden. Andernfalls haben sich das Berieseln mit Wasser bzw. das Abdekken mit Kunststoffolien bewährt.

Stabilisierung im Zentralmischverfahren

Das Ortsmischverfahren konnte sich in der oben beschriebenen Form nicht richtig durchsetzen, denn häufig war die Mischung zu wenig homogen. Deshalb ging man im Verlauf der Jahre immer mehr zum Zentralmischverfahren über, bei dem der zu stabilisierende Boden zentral aufbereitet wird. Überkorn, das durch Sieben entfernt wird, kann gebrochen und dem Boden wieder zugesetzt werden.
In stationären Anlagen werden Boden, Bindemittel und Wasser über separate Dosieranlagen einem Zwangsmischer (Durchlauf- oder Chargenmischer) zugeführt und gleichmässig durchmischt. Die einzelnen Arbeitsgänge nach dem Transport des Mischgutes zur Einbaustelle und dessen Anlegen unterscheiden sich nicht vom Ortsmischverfahren.

Risse in zementstabilisiertem Material

In früheren Jahren wurden die Zementdosierungen häufig zu hoch gewählt, um eine grosse Frühfestigkeit und damit eine frühe Befahrbarkeit der stabilisierten Schichten zu erreichen. Neuere Untersuchungen [4] zeigen, dass zementstabilisierte Schichten im Verlauf der Zeit an Festigkeit gewinnen. Zu hohe Festigkeiten (>10 N/mm^2) sind jedoch nicht er-

Literatur

[1] Schweizer Norm SN 640 509 a, «Stabilisierung mit hydraulischen Bindemitteln», vom Februar 1985.
[2] Schweizer Norm SN 640 500 a, «Stabilisierung – Allgemeines», vom Februar 1985.
[3] Schweizer Norm SN 640 503 a, «Stabilisierung mit Weisskalk», vom November 1987.
[4] *Fetz, L. B.*, «Bodenstabilisierung mit Zement, Vergleichsuntersuchungen Labor-Feld», Forschungsbericht EDI/ASB Nr. 146 (1988).
[5] *Balduzzi, F.*, «Zementstabilisierter Oberbau – Witterungsbeständigkeit, Rissebildung, Verkehrsbelastung», Forschungsbericht EDI/ASB Nr. 190 (1990).

Anlage für Zentralmischverfahren.

wünscht. Die Zementdosierung ist deshalb so zu wählen, dass die Siebentagefestigkeit weniger als 3 N/mm^2 beträgt.
Die gelegentlich bemängelte Rissanfälligkeit zementstabilisierter Materialien ist weitgehend auf zu hohe Wasser-, aber auch auf zu hohe Zementdosierungen zurückzuführen [4, 5]. Deshalb gilt: So wenig Wasser und so wenig Zement wie möglich verwenden. Konkret bedeutet dies, dass der erfahrene beratende Ingenieur in der Regel einen Wassergehalt anordnen wird, der links vom sogenannten «Proctormaximum» (siehe *Abbildung 1.1*) liegt.
Unabhängig von diesen rissvermindernden Massnahmen ist zu berücksichtigen, dass Risse in zementstabilisierten Schichten an sich nicht gravierend sind, so lange sie nicht auf den Asphalt durchschlagen. Um dies zu verhindern, wird zwischen der stabilisierten Schicht und dem Asphaltbelag häufig eine rund 5 cm dicke Kiessand- oder Asphaltgranulatschicht bzw. eine dünne spannungsabsorbierende Membran (SAMI, Stress Absorbing Membrane Interlayer) eingebaut.

Bram van Egmond/ Kurt Hermann

Einbau mit Strassenfertiger und anschliessende Verdichtung mit Vibrationswalze.