Zeitschrift: Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen = Swiss foresty journal = Journal forestier suisse

Herausgeber: Schweizerischer Forstverein

Band: 117 (1966)

Heft: 10

Artikel: Forschungsergebnisse über die Wirkungsweise des Kalkes in der Bodenstabilisierung

Autor: Kuonen, V. / Hirt, R.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-766359

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: 09.07.2025

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

Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen
Journal forestier suisse

117. Jahrgang Oktober 1966 Nummer 10

Forschungsergebnisse über die Wirkungsweise des Kalkes in der Bodenstabilisierung

Von *V. Kuonen* und *R. Hirt*, Zürich
(Professur für forstliches Ingenieurwesen der ETH)

Oxf. 383

1. Einleitung

Aus dem Impuls heraus, bessere Straßen auf wirtschaftlichere Weise zu bauen, wurden die Verfahren der Bodenstabilisierung entwickelt, welche die Verwendung des Bodens als Baustoff ermöglichen. Eine Stabilisierungsart — die Bodenstabilisierung mit Kalk — hat im schweizerischen Waldstraßenbau sehr rasch Eingang gefunden. Später und anfänglich noch zögernd, folgte sie auch im «großen Straßenbau» nach.

Nach Erarbeitung der erforderlichen Grundlagen und der Ausführungstechnik für die schweizerischen Bodenverhältnisse (Kuonen 1962: SZF Heft 8/9) wurden in der Praxis eine Vielzahl von Stabilisierungen ausgeführt. Diese haben nach mehrjähriger Beanspruchung durch Verkehr, Wasser und Frost ihre Stabilität und Dauerhaftigkeit unter Beweis gestellt. Trotz den ausgezeichneten Ergebnissen im Felde fehlte weitgehend die wissenschaftliche Erklärung der chemischen und physikalischen Erscheinungen, welche sich im Boden-Kalk-Gemisch abspielen. Um von diesem Zustand der Empirie zur wissenschaftlich begründeten Aussage zu gelangen, wurde eine intensive Grundlagenforschung an die Hand genommen, welche den Reaktionsmechanismus des Kalkes und seine Auswirkungen auf die mechanischen Eigenschaften des Bodens untersuchen soll. Das Ziel dieser Forschung besteht in der Festlegung der Möglichkeiten und Grenzen der Bodenstabilisierung mit Kalk, namentlich in bezug auf Bodenart, zulässige Beanspruchung durch Verkehr, Wasser und Frost sowie in der Vervollkommnung der Ausführungsmethode und der Verbesserung der Untersuchungstechnik.

Es werden im folgenden, nach kurzer Einführung in die theoretischen Aspekte, wichtige bodenmechanische Ergebnisse präsentiert, welche für die Praxis von Bedeutung sind und bei der Projektierung, Ausführung und Eignungsprüfung zu berücksichtigen sind.

2. Theoretische Aspekte

Grundsätzlich können die Erscheinungen, welche der Kalk im Boden bewirkt, in zwei verschiedene Reaktionsmechanismen unterteilt werden, welche sich auch im zeitlichen Ablauf (Reaktionsgeschwindigkeit) unterscheiden:

2.1. Sofortreaktion

Die Reaktionen, welche sich unmittelbar nach der Kalkzugabe in einem bindigen Boden abspielen, äußern sich in den sehr spektakulären Veränderungen der Bodeneigenschaften. Diese spielen für den Bauvorgang (Bearbeitbarkeit, Verdichtbarkeit, Anfangsfestigkeit) eine entscheidende Rolle.

Die Tonminerale, als Teilchen von kolloidalen Dimensionen, stellen mit ihrer negativen Ladung polyvalente Makroanionen dar. Diese Kolloide, mit ihrer großen spezifischen Oberfläche, haben die Fähigkeit, mit dem Wasser und den darin dissoziierten Ionen Austausch- und Grenzflächenreaktionen einzugehen, wobei im natürlichen Boden ein dynamischer Gleichgewichtszustand herrscht.

Durch die Kalkzugabe (CaO oder $Ca[OH]_2$) wird dieses Gleichgewicht durch die nun in großer Anzahl vorhandenen Kalziumionen verändert. Diese Reaktionen sind für den bautechnisch günstigen Soforteffekt (Veränderung der Bodenstruktur, der Plastizität und der Wasseraffinität) verantwortlich. Auf die Einzelheiten dieser physikalischen und chemischen Wechselwirkungen im Boden-Kalk-Gemisch wird an dieser Stelle nicht eingegangen.

2.2. Langzeitreaktion

Wahrscheinlich gleichzeitig – jedoch verglichen mit der Reaktionsgeschwindigkeit des Soforteffektes sehr verlangsamt – beginnt sich im verdichteten Boden-Kalk-Gemisch eine weitere Reaktion, die langfristige Festigkeitsentwicklung abzuspielen.

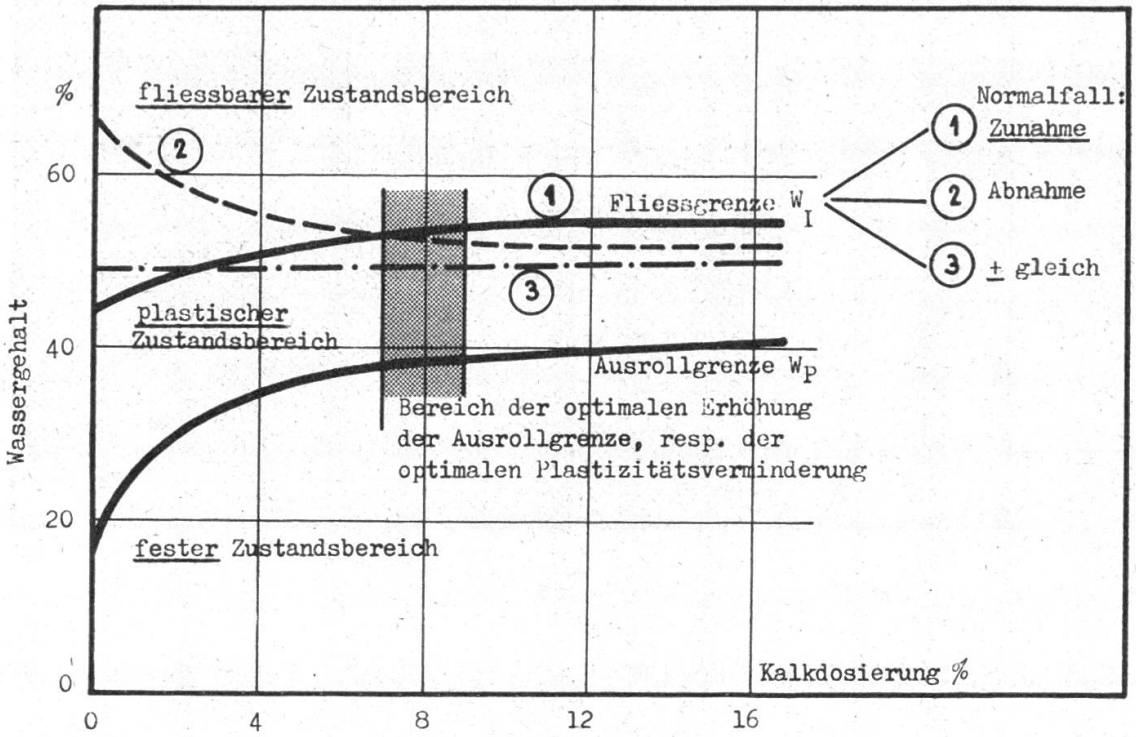
Für diese Festigkeitsentwicklung ist die Reaktion des Kalkes mit dem freien Silizium und den Silikaten, insbesondere den Alumo-Silikaten (Tonminerale), des Bodens verantwortlich. Diese aktiven, mit dem Kalk reagierenden Materialien werden in der Technologie auch als pozzolanische Materialien oder Pozzolane bezeichnet. Diese pozzolanische Reaktion des Kalkes besteht im Abbau der Silikate und der nachfolgenden Bildung von neuen amorphen und kristallinen Phasen (Kalzium- und Aluminiumhydrate), welche eine Art Zement bilden und die Bodenkörner irreversibel verkitten. Im Gegensatz zum Zement und hydraulischen Kalk ist der Weißfeinkalk also kein selbständiges Bindemittel. Das Bindemittel wird erst aus den Reaktionsprodukten Kalk + Tonmineral erzeugt.

Die oft verbreitete Annahme, daß die Festigkeitsentwicklung (Abbinden des Kalkes) in der Bodenstabilisierung der Rekarbonatisierung des Kalkes mit dem CO_2 der Luft zugeschrieben werden muß (wie zum Beispiel im Kalkmörtel), ist falsch. Im Gegenteil, es wird in der Bodenstabilisierung durch Aufbringen einer Bitumenhaut oder der nachfolgenden Schicht versucht, diese Reaktion möglichst zu unterbinden, weil das Karbonat nur sehr schwache, wasserlösliche Bindekräfte entwickelt.

3. Einfluß des Kalkes auf die bodenmechanischen Eigenschaften

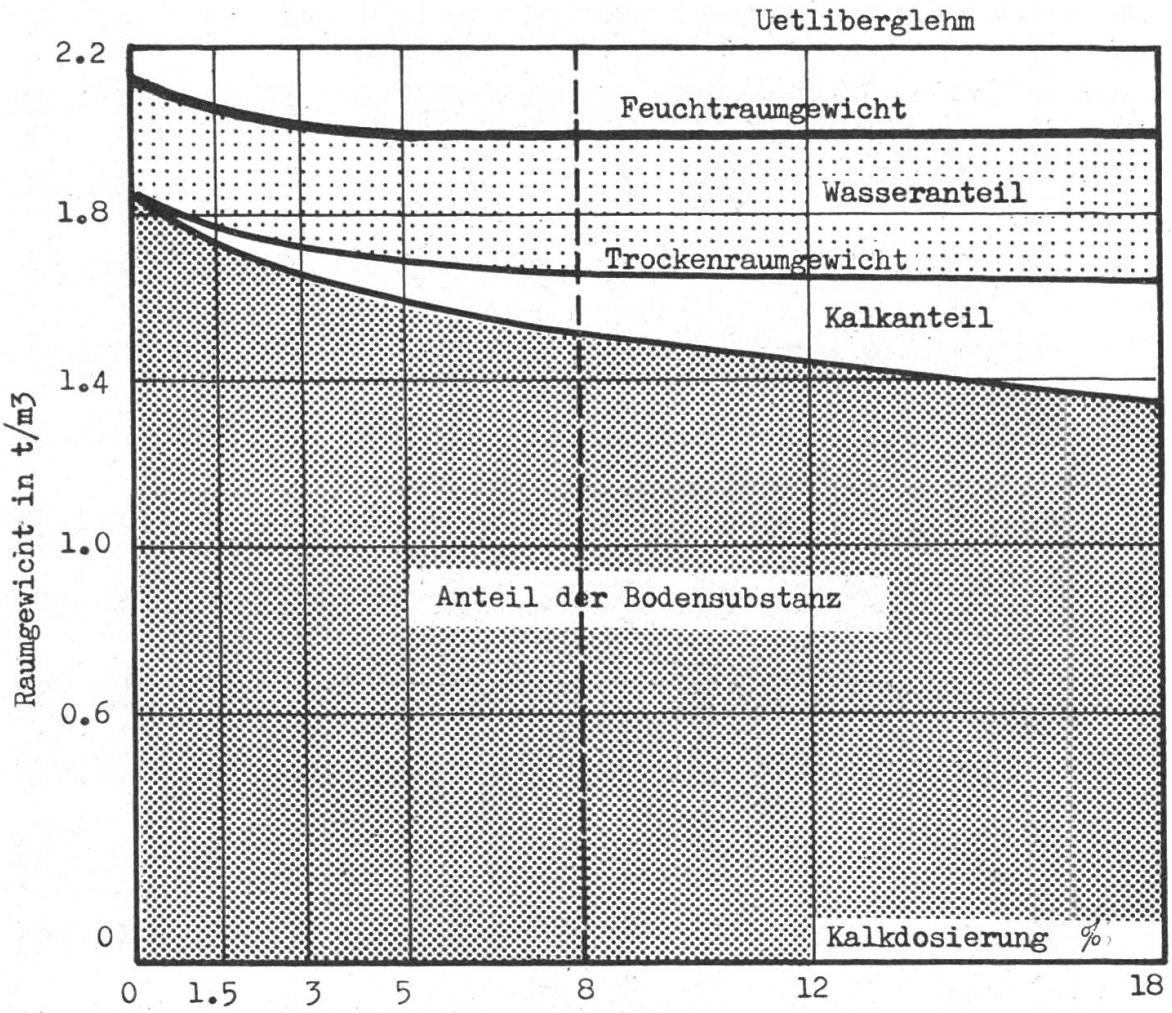
3.1. Soforteffekt

Fig. 1: Veränderung der Plastizitätseigenschaften



3.1.1. Veränderung der Plastizitätseigenschaften. In allen plastischen Böden vergrößert sich die Ausrollgrenze mit zunehmender Kalkdosierung. Die Fließgrenze steigt zumeist ebenfalls an; in wenigen Fällen nimmt sie ab oder bleibt mehr oder weniger gleich. Von der Vielzahl der untersuchten Böden bewirkt der erwähnte Verlauf der Plastizitätsgrenzen mit sehr wenigen Ausnahmen eine Verkleinerung der Plastizität. Diese Abnahme ist meist sehr massiv und kann bis zu 50 Prozent, bezogen auf den Plastizitätsindex des Bodens ohne Kalk, betragen. Eine Korrelation zwischen Bodeneigenschaften (Aktivität, Tonanteil usw.) und der Größe der Veränderung der Plastizitätsgrenzen und des Plastizitätsindizes konnte nicht nachgewiesen werden.

Fig. 2a: Einfluss des Kalkes auf das optimale Raumgewicht bei der Verdichtung

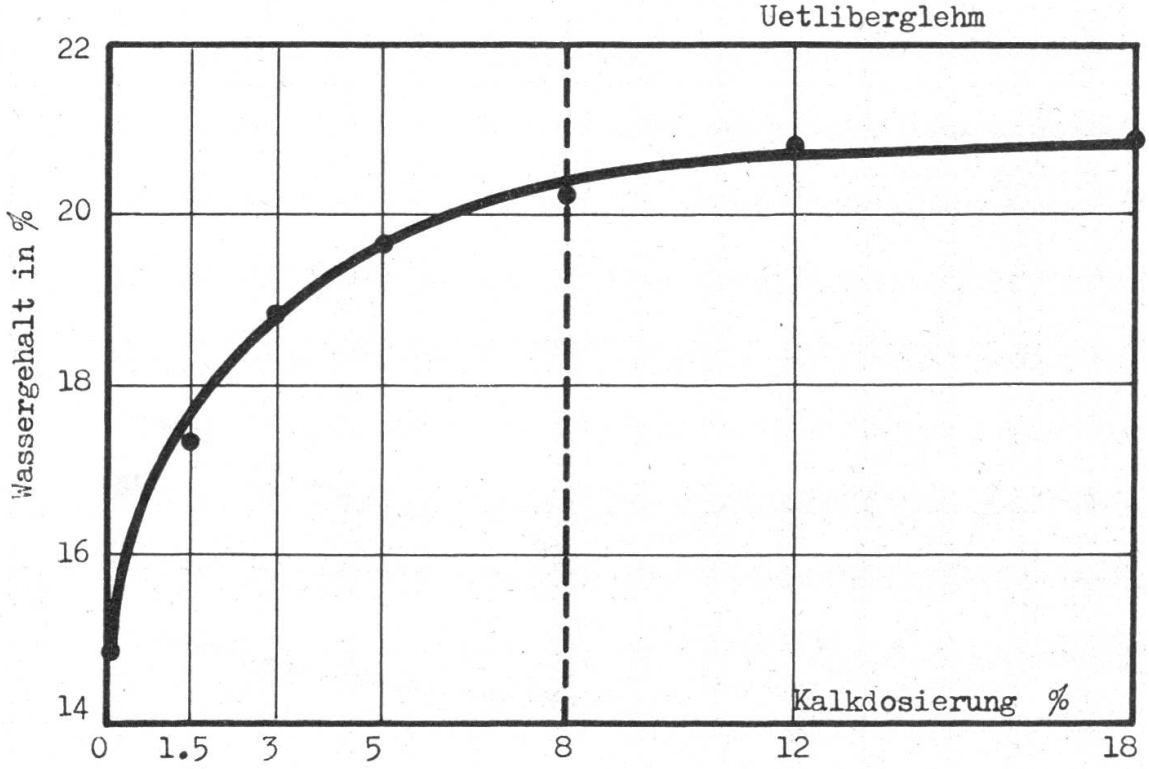


An allen Böden konnte beobachtet werden, daß von einer bestimmten Kalkdosierung an die Ausrollgrenze nur noch schwach ansteigt, bzw. die Plastizitätseigenschaften nur noch geringfügig verändert werden.

3.1.2. Veränderung der Bodenstruktur. Durch die Kalkzugabe wird der Boden ausgeflockt (koaguliert), das heißt, die Primärteilchen (Kolloide) agglomerieren sich zu größeren, stabileren Einheiten. Die wichtigste bodenmechanische Konsequenz aus dieser Sekundärstruktur ist die geringere Verdichtbarkeit. Bei gleichbleibender Verdichtungsenergie nimmt das optimale Trockenraumgewicht mit zunehmender Kalkdosierung ab, während optimaler Wassergehalt und Porosität ansteigen. Diese Veränderungen der Verdichtungscharakteristiken sind für einen Boden in der Abbildung 2a und 2b dargestellt.

Aus den beiden Abbildungen (2a und 2b) ergibt sich die Tatsache, daß die Verdichtungscharakteristiken (opt. Raumgewicht und opt. Wassergehalt) mit zunehmender Kalkdosierung verändert werden. Über einer bestimmten

Fig. 2b: Einfluss des Kalkes auf den optimalen Wassergehalt für die Verdichtung



Kalkdosierung — im vorliegenden Beispiel: ab 8 Prozent $Ca(OH)_2$ — sind die Veränderungen nur noch sehr geringfügig.

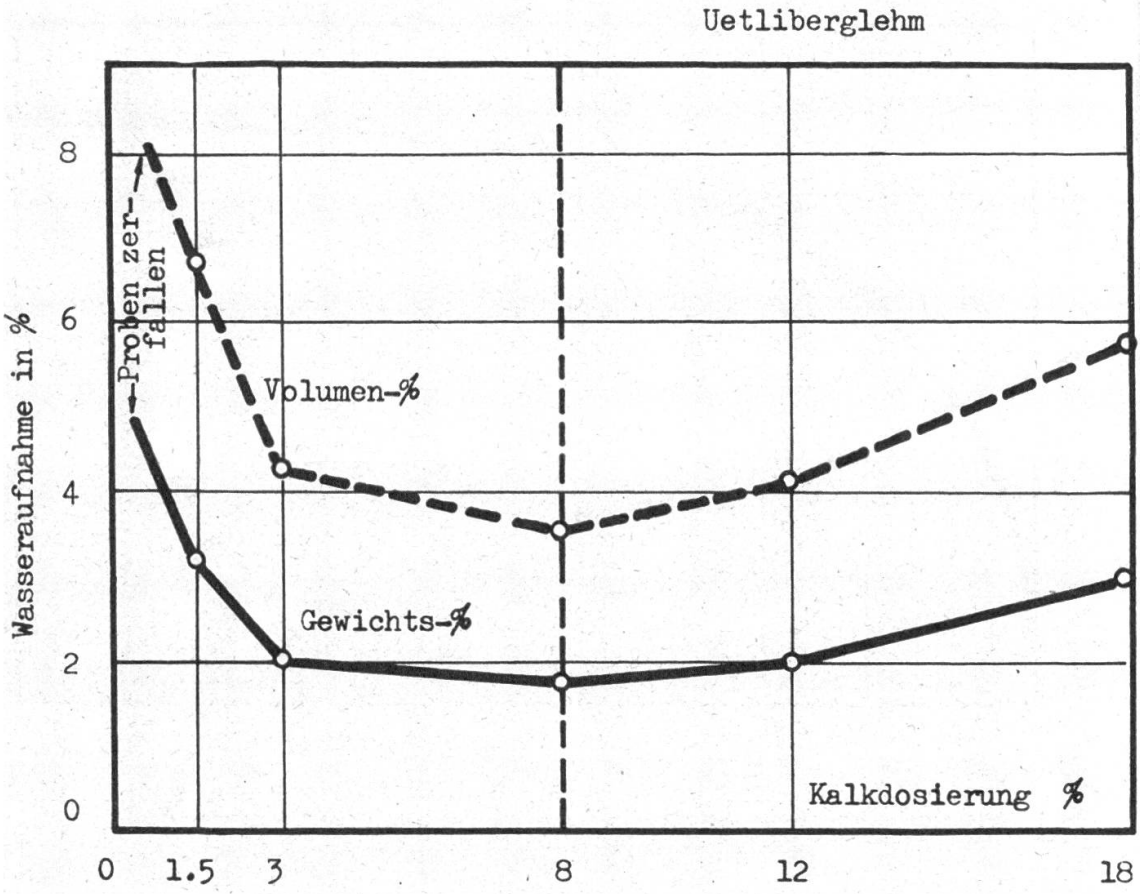
Für den Üetliberglehm konnte nachgewiesen werden, daß die relativ starke Abnahme des optimalen Raumgewichtes bis zur Kalkdosierung von 8 Prozent vorwiegend durch die Koagulation verursacht wird. Oberhalb dieser Dosierung wird die sehr kleine Raumgewichtsabnahme von 0,14 Prozent pro Gewichtsprozent Kalk nur noch verursacht durch den zunehmenden Kalkanteil mit dem gegenüber dem Boden kleineren spezifischen Gewicht (spez. Gewicht des Kalkes 2,34 t/m³; spez. Gewicht des Bodens 2,75 t/m³).

3.1.3. Verminderung der Wasseraffinität. Bindige Böden haben in hohem Maße die Tendenz, Wasser aufzunehmen. Eine Erhöhung des Wassergehaltes bedeutet aber einen Verlust an Festigkeit und Tragfähigkeit. Tonige Bodenproben nehmen trotz optimaler Verdichtung eine sehr große Menge Wasser auf, so daß sie im Wasserbad in kurzer Zeit zerfallen.

Durch die Stabilisierung mit Kalk wird die Wasseraffinität eines Bodens einschneidend verändert. Die Wasseraufnahmefähigkeit ist im Boden-Kalk-Gemisch so stark reduziert, daß auch bei längerer Wasserlagerung eine weitgehende Konstanz des vor der Verdichtung eingestellten optimalen Wassergehalts gewährleistet bleibt.

Wie aus Abbildung 3 hervorgeht, genügen zur Reduktion der Wasseraufnahme schon kleine Kalkdosierungen (etwa 1,5 Prozent), wobei mit zu-

Fig. 3: Wasseraufnahme optimal verdichteter Proben mit verschiedener Kalkdosierung

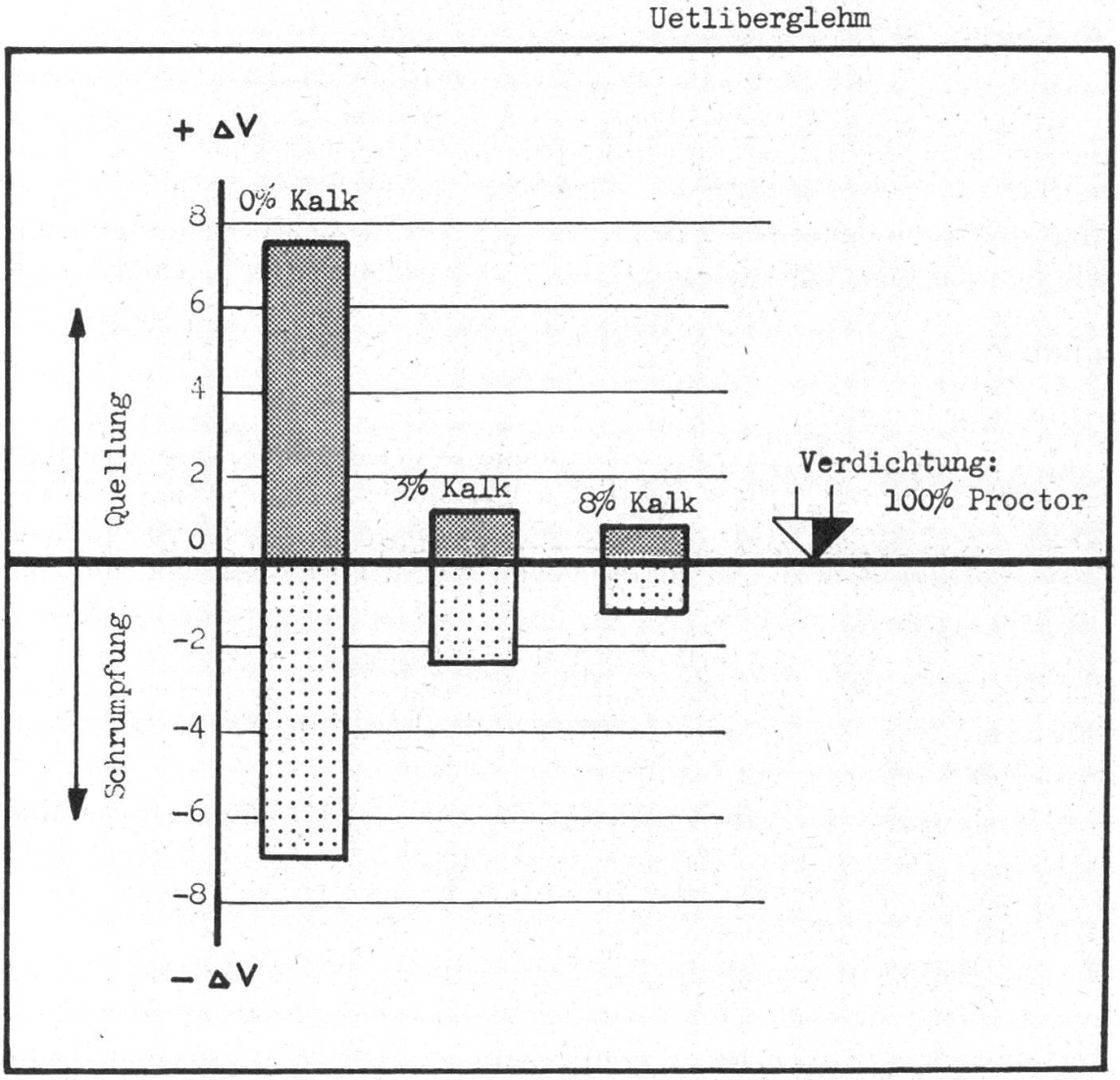


nehmender Dosierung die Wasseraufnahme auf ein Minimum absinkt (beim vorliegenden Boden wiederum bei 8 Prozent Kalk) und dann aber wieder ansteigt.

3.1.4. Reduktion der Schrumpfung und Quellung. Untergrund- und Unterbauschichten von Straßen sind den atmosphärischen Einwirkungen ausgesetzt. Ihr Wassergehalt ändert sich sehr oft in weiten Grenzen. Jede Änderung des Wassergehalts bewirkt aber eine Volumenveränderung des Bodens, die in plastischen Böden je nach Art und Menge der Tonfraktion sehr groß ist. Die Quellung und Schrumpfung tritt wegen der Inhomogenität des Bodens ungleichmäßig auf, was zu schweren Schäden der Straße oder zu deren Zerstörung führen kann. Durch den Kalkzusatz wird die Volumenveränderung jedoch auf ein unschädliches Maß reduziert.

Die für den in Abbildung 4 dargestellten Boden insgesamt mögliche Volumenveränderung (Schrumpfung + Quellung) beträgt 15 Volumen-Prozent. Mit geringen Kalkdosierungen wird eine diesbezügliche Reduktion auf etwa 2 bis 4 Prozent erreicht.

Fig. 4: Schrumpfung und Quellung optimal verdichteter Bodenproben



Während die Abnahme der Quellung die Konsequenz aus der stark reduzierten Wasseraffinität darstellt, ist die massive Veränderung der Schrumpfeigenschaften (kleinere Schrumpfung trotz höherem Wassergehalt) durch die Strukturbildung (Ausflockung) im Boden-Kalk-Gemisch bedingt.

Die Sofortreaktionen im Boden-Kalk-Gemisch sind in kurzer Zeit (zwei bis drei Stunden) abgeschlossen und bewirken unmittelbar eine Veränderung der Bodeneigenschaften in bautechnisch günstigem Sinn.

Für einen bestimmten Boden existiert ein Kalkgehalt (für das Beispiel in den Abbildungen 2, 3, 4 bei 3 Prozent), mit welchem der größte Wirkungsgrad in der Veränderung der Bodeneigenschaften erreicht wird (= minimale Dosierung). Bei weiteren Kalkzugaben nähert sich die Verbesserung der

Bodeneigenschaften einem Optimum (= optimale Dosierung). Über dieser optimalen Dosierung wird keine (oder nur noch eine unbedeutende) Verbesserung oder sogar eine Verschlechterung der mechanischen Eigenschaften des Bodens erreicht.

Im Erdbau sind praktisch nur die Sofortwirkungen des Kalkes von Bedeutung und werden für den Bauvorgang ausgenützt. Der Hauptzweck liegt hier im Aufschluß eines bindigen Bodens, in der Verbesserung der Bearbeitbarkeit, der Schüttbarkeit und der Verdichtbarkeit. Dies wird in hohem Maß durch den Soforteffekt des Kalkes erreicht, namentlich durch die Erhöhung der Ausrollgrenze, durch die Verkleinerung der Plastizität, durch die Krümelbildung (Koagulation) sowie durch die Reduktion der Wasseraffinität.

3.2. Langzeitreaktion

Wie unter Ziffer 3.1. dargelegt, werden die Verdichtungscharakteristiken eines Bodens durch die Kalkbeimischung verändert. Mit ansteigender Kalkdosierung verkleinert sich das optimale Raumgewicht, und der optimale Wassergehalt nimmt zu (Abbildung 2a und 2b). Auf Grund rein bodenmechanischer Überlegungen müßte somit die Festigkeit im verdichteten Boden-Kalk-Gemisch gegenüber dem nicht stabilisierten Boden abnehmen, weil die Festigkeit eines Bodens mit zunehmendem Wassergehalt und sinkendem Raumgewicht abnimmt (was sehr oft fälschlicherweise der Stabilisierung mit Kalk zum Vorwurf gemacht wird).

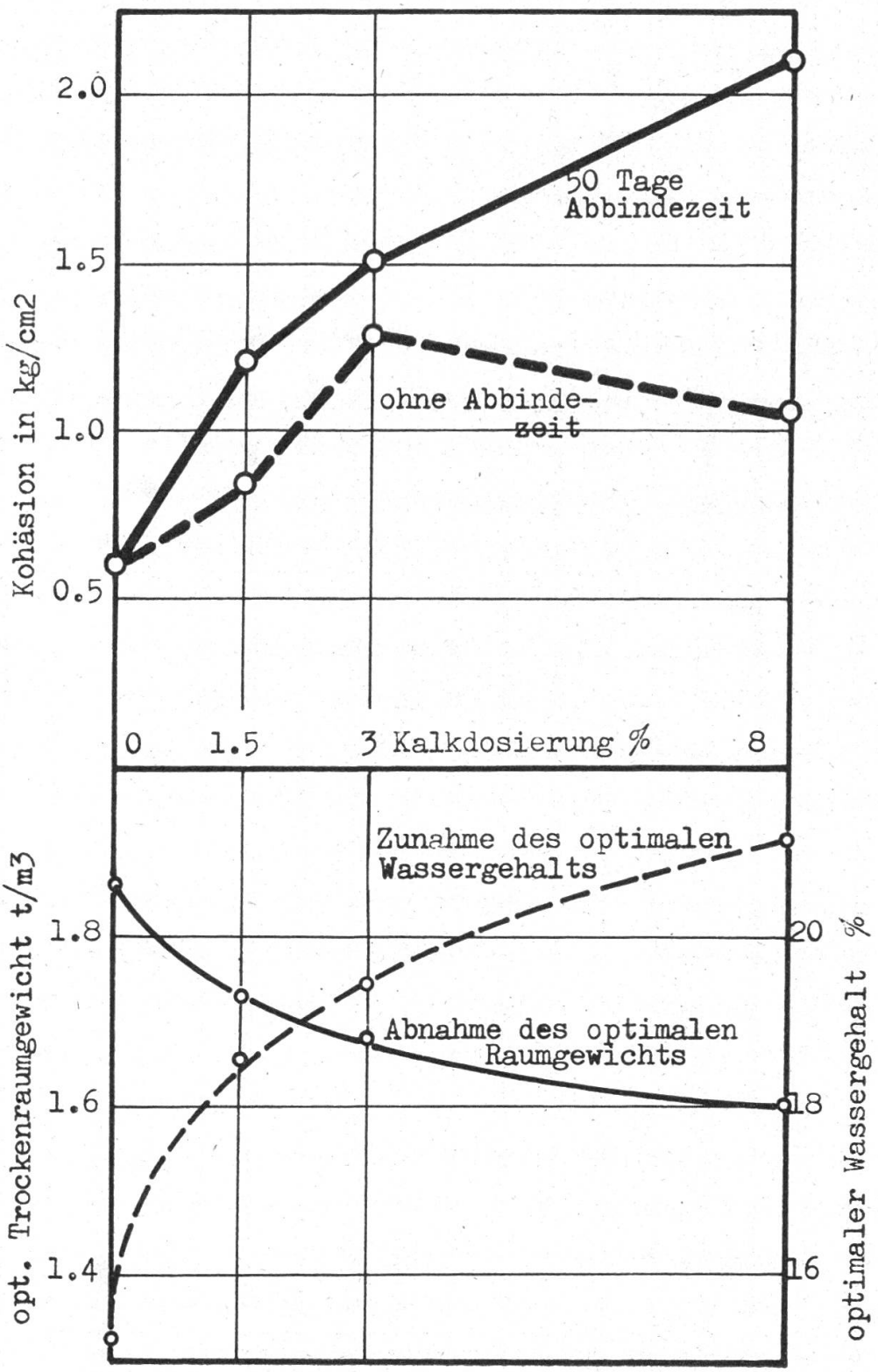
Durch die Kalkzugabe werden jedoch im Boden physikalische und chemische Veränderungen ausgelöst, so daß diese Gesetzmäßigkeit nicht mehr gilt; insbesondere nicht mehr nach einer gewissen Abbindezeit, innerhalb welcher sich die langfristige Festigkeitsentwicklung abspielt.

Das Ziel der Bodenstabilisierung mit Kalk ist jedoch nicht nur die Erreichung einer möglichst hohen Festigkeit, sondern die Erhaltung der Festigkeit unter den verschiedenen atmosphärischen und hydrologischen Bedingungen, das heißt die Erhaltung der Stabilität unter Wasser- und Frosteinwirkungen.

Für die Bestimmung der langfristigen Festigkeitsentwicklung sowie der Wasser- und Froststabilität können der einfache Druckversuch, der Triaxialversuch sowie der CBR-Versuch Anwendung finden, wobei die folgenden Untersuchungen nur mit den beiden ersteren ausgeführt wurden.

3.2.1. Festigkeitsentwicklung. Die Festigkeit von bindigen Böden setzt sich aus zwei Komponenten zusammen, dem Kohäsions- und dem Reibungsanteil. Durch die Kalkzugabe können sich sowohl die Kohäsion als auch der Winkel der inneren Reibung vergrößern. In Böden mit hohem Gehalt an Tonfraktion wird nebst der Kohäsion auch der Reibungswinkel vergrößert, weil die Reibung nicht mehr zwischen den primären Tonteilchen, sondern zwischen den sekundären, größeren Aggregaten (Silt- bis Sandgröße)

Fig. 5: Veränderung der Kohäsion optimal verdichteter Bodenproben in Funktion des Kalkgehaltes und der Abbindezeit, sowie Vergleich mit optimalem Raumgewicht und Wassergehalt

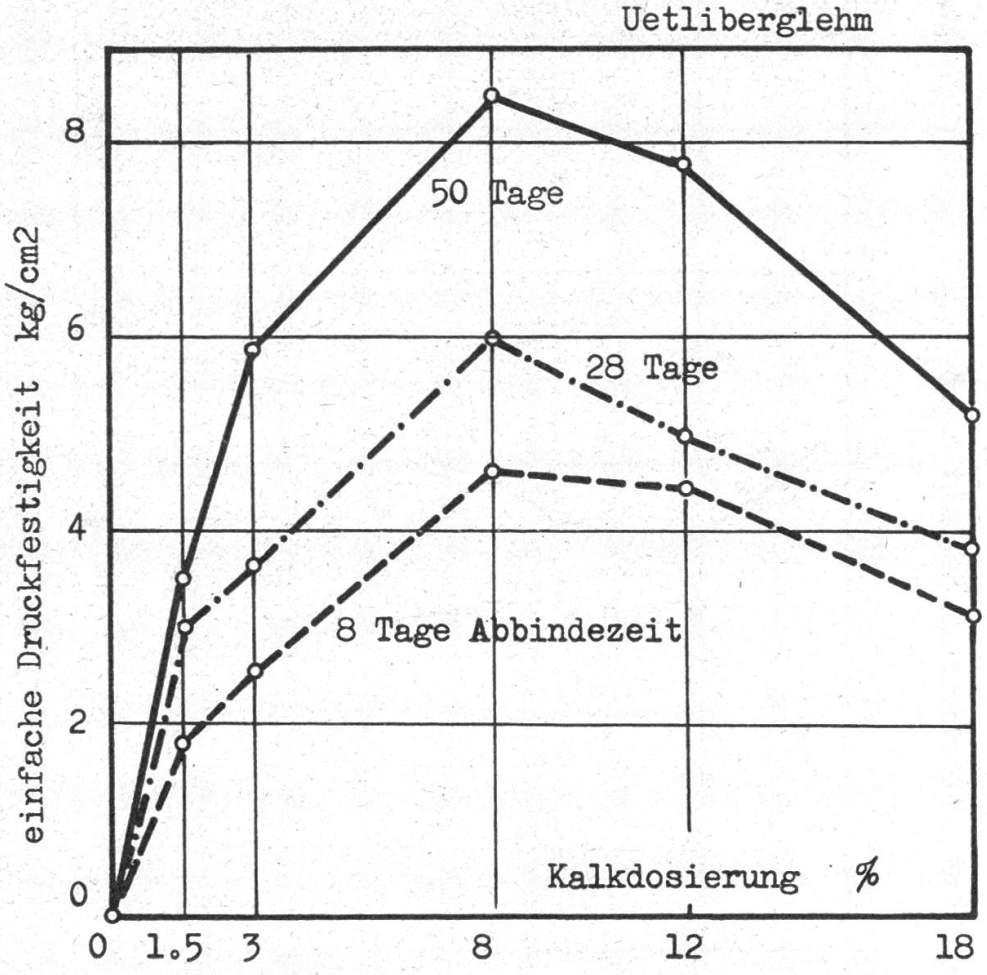


entsteht. In stark siltigen Tonen, so zum Beispiel im Üetliberglehm, konnte durch die Kalkzugabe keine signifikante Veränderung des Reibungswinkels festgestellt werden. In diesem Bodentyp besteht die Vergrößerung der Festigkeit nur in einer Zunahme der Kohäsion, welche aus dem Zementierungsprozeß resultiert.

Die Veränderung der Kohäsion in Funktion des Kalkgehaltes und der Abbindezeit ist für einen solchen Boden (Üetliberglehm) in Abbildung 5 dargestellt. Daraus geht hervor, daß die Kohäsion ohne Abbindezeit (Anfangsfestigkeit) – trotz höherem Wassergehalt und geringerem Raumgewicht – bei den mit Kalk stabilisierten Proben höher liegt als bei unbehandelten Proben. Diese Erscheinung muß dem durch die Strukturveränderung anders gearteten Mechanismus der Kraftübertragung zugeordnet werden. Die Kohäsion vergrößert sich mit zunehmender Abbindezeit und zunehmendem Kalkgehalt. Mit einer Kalkdosierung von 8 Prozent erreichte sie beispielsweise nach 50 Tagen den beträchtlichen Wert von 2,1 kg/cm².

Fig. 6: Festigkeit in Abhängigkeit der Kalkdosierung und der Abbindezeit

Proben 24 h im Wasserbad gelagert

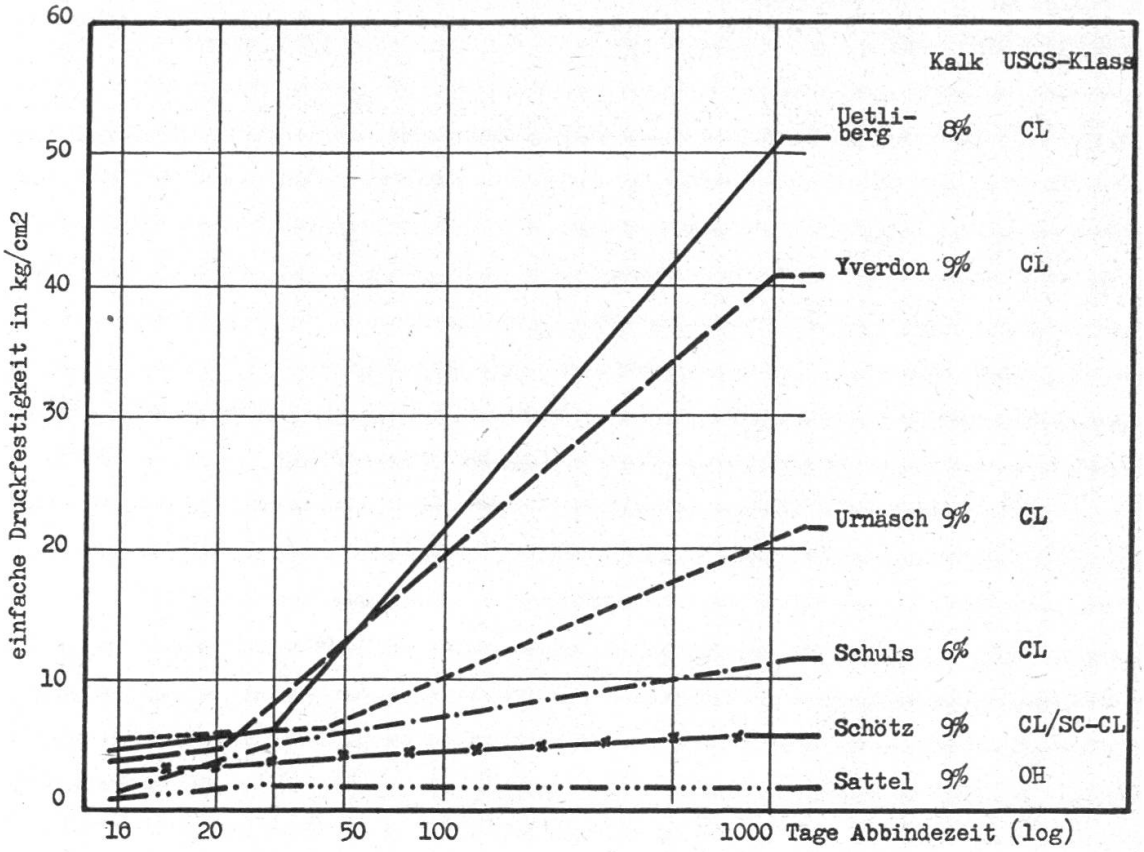


Dieselbe Tendenz der Festigkeitsentwicklung zeigt sich auch beim einfachen Druckversuch (bei unbehinderter Seitenausdehnung) für verschiedene Kalkdosierungen (Abbildung 6). Die Dosierung hat einen entscheidenden Einfluß auf die Größe der Festigkeitsentwicklung. Dabei existiert ein optimaler Kalkgehalt, bei dem die größte Festigkeitsreaktion erfolgt.

Aus der Abbildung 7 ergibt sich die Tatsache, daß die Größe und die Geschwindigkeit der Festigkeitsentwicklung von der Bodenart abhängig ist und in bestimmten Bodentypen sogar vollständig ausbleibt.

In den Böden mit genügendem Anteil an aktivem pozzolanischem Material (reaktionsfähigen Tonmineralien) findet eine mittlere bis große Festigkeitsentwicklung statt (so zum Beispiel Üetliberglehm, Yverdon, Urnäsch, Schuls).

Fig. 7: Festigkeitsentwicklung für verschiedene Bodentypen



In einigen Böden bleibt die Festigkeitsentwicklung praktisch völlig aus (so zum Beispiel Sattel, Schötz). Das Ausbleiben der Festigkeitsreaktion wurde vor allem in stark organischen Böden (OH) und in Böden mit geringem Anteil an Tonfraktion festgestellt. Im ersteren Fall wird der Kalk von der stark sauren organischen Komponente fixiert und steht für die Festigkeitsreaktion nicht mehr zur Verfügung. Das Ausbleiben der Festigkeitsreaktion im letzteren Fall ist auf das Fehlen oder den zu geringen Anteil an pozzolanischem Material (Tonminerale) zurückzuführen.

Die Größe und Geschwindigkeit der Festigkeitsreaktion kann weder durch die Bestimmung der Bodenkennziffern noch durch die Größe des Soforteffektes vorausgesagt werden. Die Erreichung einer Sofortwirkung führt nicht unbedingt auch zur Festigkeitsreaktion. Trotz intensivem Soforteffekt kann sie vollständig ausbleiben. In der Eignungsprüfung bleibt vorläufig nur der empirische langfristige Festigkeitsversuch, um zu einer Aussage zu gelangen. Die Versuchsdauer soll dabei möglichst lang gewählt werden, weil sonst nur der unterste, nicht repräsentative Ast des Festigkeitsanstieges geprüft wird (siehe auch Abbildung 7).

3.2.2. Wasser- und Froststabilität. Stabilität bedeutet, daß die Festigkeit auch unter Wasser- und Frosteinwirkung erhalten bleibt. Ein Maß für die Stabilität ist zum Beispiel die Größe der Festigkeitseinbuße, welche unter Wasser- und Frostbedingungen verursacht wird.

Während nichtstabilisierte Proben im Wasser in kurzer Zeit zerfallen, zeigen kalkstabilisierte Proben schon als Soforteffekt Stabilität gegen Wassereinwirkung, das heißt, ihre Festigkeit wird nur zu einem Teil reduziert. Mit zunehmender Festigkeitsentwicklung (also mit fortschreitender Bildung der wasserresistenten Bindungen) wird die wasserbedingte Reduktion der Festigkeit verkleinert, das heißt, die Proben werden stabiler. Mit hoher Dosierung ergibt sich zum Beispiel beim Üetliberglehm nach dreijähriger Abbindezeit eine absolute Wasserstabilität. Die Festigkeit wird durch die Wassereinwirkung nicht mehr beeinflußt.

Die Stabilität gegenüber Frost ist etwas komplexerer Natur und noch nicht genügend untersucht. Jedoch scheint sich, ähnlich der Wasserstabilität, eine mit der Zeit zunehmende Froststabilität einzustellen.

In Böden ohne Festigkeitsreaktion erfolgt auch keine Zunahme der Stabilität; es bleibt praktisch nur die Anfangsstabilität erhalten.

Im Gegensatz zur Sofortreaktion vollzieht sich der langfristige Zementierungsprozeß nur sehr langsam, wobei durch die Erreichung eines Soforteffektes noch keineswegs auf eine mögliche Festigkeitsreaktion geschlossen werden kann. Parallel zum Festigkeitsanstieg erfolgt auch die Zunahme der Wasser- und wahrscheinlich auch der Froststabilität. Zur Erreichung der größtmöglichen Festigkeitsreaktion scheint ein optimaler Kalkgehalt zu existieren, welcher der optimalen Dosierung zur Erreichung des größten Soforteffektes entspricht.

Die Möglichkeit, plastische Böden als Baustoffe für die Herstellung von tragfähigen, wasser- und froststabilen Schichten zu verwenden, wird im Straßenbau zur Herstellung von Übergangs-, Fundations- und Tragschichten ausgenützt. Für diesen Bauzweck ist sowohl der Soforteffekt als auch die Festigkeitsreaktion von Bedeutung. Da weder Bodenkennziffern noch Sofortwirkungen eine Prognose der Festigkeitsentwicklung ermöglichen, ist diese immer im Experiment nachzuweisen.

4. Zusammenfassung

Die Bodenstabilisierung mit Kalk wurde als Verfahren geschaffen, welches ermöglicht, bindige Böden als Baustoff zu verwenden. Dabei bewirkt der Kalk verschiedene sehr starke Veränderungen der bodenmechanischen Eigenschaften in bautechnisch günstigem Sinn.

Die Sofortreaktionen des Kalkes äußern sich in der Veränderung der Plastizität, der Struktur und der Wasseraffinität. Sie werden vor allem für die Arbeiten des Erdbaues ausgenützt; so zum Beispiel für den Aufschluß und die Austrocknung von Böden, zur Verbesserung der Bearbeitbarkeit, der Schüttfähigkeit und Verdichtbarkeit.

Bei der Verwendung der Kalkstabilisierung im Straßenbau, zur Herstellung von tragenden Schichten des Unter- und Oberbaues (Übergangs-, Fundations-Tragschicht) spielt nebst dem Soforteffekt die langfristige Festigkeits- und Stabilitätszunahme eine entscheidende Rolle und muß für die Dimensionierung in Rechnung gestellt werden.

Dank der bereits beträchtlichen Anfangsfestigkeit kalkstabilisierter Schichten können diese bereits eine erste Anzahl von Lastübergängen aufnehmen. Diese Tatsache ermöglicht die unmittelbare Befahrbarkeit der Schichten, zum Beispiel für Baustellentransporte und Notzufahrten. Kalk als Stabilisierungsmittel hat also eine Kombination von sehr vielen günstigen Wirkungen und deshalb einen sehr weit gesteckten Anwendungsbereich, wobei je nach Bauzweck alle oder nur ein Teil dieser Wirkungen ausgenützt werden.

Es gehört für den Straßenbauer zu einem eindrücklichen Erlebnis, wenn innerhalb weniger Stunden, mit Hilfe der Stabilisierung, aus einem vernäßten, nicht befahrbaren Untergrund eine saubere, mit Lastwagen befahrbare, stabile Schicht entsteht.

Résumé

Résultats de recherches sur l'action de la chaux dans le domaine de la stabilisation des sols

L'application toujours plus grande et le succès de la stabilisation du sol à la chaux dans la pratique, justifient des recherches fondamentales approfondies sur l'action de la chaux dans le sol.

On distingue en principe les phénomènes dus à l'action de la chaux dans le sol en deux mécanismes de réaction différents. Il s'agit d'une part de l'effet instantané, très spectaculaire, et de l'autre de la réaction à longue durée.

L'effet instantané est produit par les changements des propriétés de plasticité, de structure du sol, d'affinité à l'égard de l'eau, ainsi que la réduction du gonflement et du retrait.

Ces transformations très appréciables du point de vue de la technique de construction se passent très rapidement (en 2 à 3 heures), et sont utilisées pour les travaux de terrassement. Dans ce cas le but de la stabilisation réside dans l'ameublissement des sols compacts, dans l'amélioration du travail du sol, du remblayage et de la compactibilité du sol.

L'effet à longue durée provient de la réaction de la chaux sur les silicates actifs, en particulier les argiles. Il se forme à la suite de cette réaction de nouvelles phases cristallines qui agissent comme un ciment résistant à l'eau sur les grains du sol. Par rapport à l'effet instantané, cette réaction est beaucoup plus lente et ne s'achève qu'au bout d'environ 2 à 3 ans. Ce cimentage augmente très fortement la solidité, la stabilité à l'eau et au gel des couches stabilisées.

L'effet instantané, ainsi que le développement à longue durée de la solidité et de la stabilité nous permettent d'utiliser des sols mouilleux et défavorables pour la construction de couches portantes et stables de l'infra- et de la superstructure de nos routes.

Traduction: J.-Ph. Schütz

Literaturverzeichnis

Abt, E.: Bodenstabilisierung im Forst- und Güterwegebau; SZF 1962, Nr. 8/9

Brand, W.: Der Einfluß von Kalziumhydroxyd auf die Eigenschaften schluffiger Böden im Straßenbau; Diss. TH Aachen, 1962

Kuonen, V.: Grundlagen und Anwendung der Bodenstabilisierung mit Kalk im schweizerischen Waldstraßenbau; SZF 1962, Nr. 8/9

Highway Research Board: Diverse Bulletins und Records