

Das Verhalten kalkbehandelter Böden im Graben

Aus Mangel an Forschungsergebnissen ist es nur möglich, durch empirisches Vorgehen Werte zu ermitteln, die eine gewisse Allgemeingültigkeit in der Praxis haben. Abgesehen von der stark schwankenden Feuchte, ist die chemische Vielfalt der Böden in den oberen Schichten und der räumlich schnelle Wechsel von Böden verschiedener Konsistenz ein großes Problem, um Art und Menge der Zuschlagstoffe auf der Basis einer Beprobung festzulegen.

Eine grobe Unterscheidung der Böden drückt sich im Gehalt von Tonmineralien (Al_2O_3) und Silikaten (SiO_2) aus. Bezüglich der Kategorie „bindige Böden“, die sich zum Wiedereinbau in natürlicher Form nicht eignen, hat sich gezeigt, dass bei einem Anteil an Tonmineralien ab 5-7% eine Verbesserung mit reinem Weißfeinkalk schon mit Zugabemengen ab 0,25% erreicht werden kann. Nur bei extrem feuchten Böden ist eine Zudosierung von mehr als 1% Weißfeinkalk erforderlich.

In jedem Fall werden mit Zuschlagmengen dieser Größenordnung mindestens die Werte erreicht, die nach den technischen Regelwerken ZTVA-StB97 und ZTVE gefordert werden.

Doch ist das nicht sofort nach dem Einbau und der Verdichtung möglich!!

Das Wissen über dieses Verhalten ist die Voraussetzung für das Einstellen einer korrekten Dosierung des Zuschlagstoffes und die Wahl des Zuschlagstoffes (reiner Weißfeinkalk oder Zement-Kalk-Mischbinder). Wichtig ist ebenso die Reaktivität des Weißfeinkalks, um in kürzester Zeit signifikante Werte für die zügige Durchführung der Baustelle zu erhalten.

Die in Anlage 1 und 2 aufgeführten Kontrollen und Ergebnisse der Bodenverfestigung sollen Aufschluss über das Verhalten der Böden und die daraus zu ziehenden Konsequenzen geben.

Dieses empirische Vorgehen erlaubt eine gesicherte Vorgehensweise, die zudem protokollierbar ist und als Dokument zur Beurteilung eventueller Probleme bei der Schlussabnahme des Gewerkes dient.

Die chemischen Reaktionen zur Bodenverbesserung nach dem Konzept Kronenberger® lassen sich nach den bisherigen Erkenntnissen qualitativ wie folgt darstellen:

1. Phase:	Sofortreaktion <i>Branntkalk + Wasser → Kalkhydrat + Wärmeenergie</i> $\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca(OH)}_2 + \text{E}$ Dem Boden wird Wasser entzogen, er wird krümelig.
2. Phase:	Gelstadium (Hydration) 1) <i>Kalkhydrat → Kalzium + Hydroxid</i> $\text{Ca(OH)}_2 \rightarrow \text{Ca}^{++} + 2 \text{OH}^-$ Dissoziierung mit Anstieg des pH-Werts und der Folge, dass sich Silikate und Aluminate aus den Tonpartikeln lösen. 2) <i>Kalzium + Hydroxid + Silikat → Kalzium-Silikat-Hydrat</i> $\text{Ca}^{++} + 2 (\text{OH})^- + \text{SiO}_2 \rightarrow \text{CSH}$ 3) <i>Kalzium + Hydroxid + Aluminat → Kalzium-Aluminat-Hydrat</i> $\text{Ca}^{++} + 2 (\text{OH})^- + \text{Al}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{CAH}$ Kalzium-Silikat- und Kalzium-Aluminat-Hydrate füllen gelartig die Porenräume der Bodenpartikel aus. Schluff- und Tonpartikel aggregieren zu größeren Körnern und der Boden bekommt bei geringerer Plastizität eine höhere Konsistenz. Die Proctorkurve verschiebt sich.
3. Phase:	Neolithstadium (Puzzolanische Reaktion) Kalzium-Silikat- und Kalzium-Aluminat-Hydrate zementieren in einer Langzeitreaktion und verkitten die Bodenpartikel miteinander, was zur Verhärtung des Bodens führt.
4. Phase: (Wenn genügend Bodenluft vorhanden ist)	Karbonatisierung Kann gezielt mit dem Schaufelseparator herbeigeführt werden. <i>Kalkhydrat + Wasser + Kohlendioxid → Kalziumkarbonat + Wasser</i> $\text{CA(OH)}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \rightarrow \text{CaCO}_3 + 2 \text{H}_2\text{O}$ Gegenläufige Wirkung zur puzzolanischen Reaktion mit der Verhinderung einer Aushärtung in Abhängigkeit mit der vorhandenen Bodenluft. Absinken des pH-Werts

Abschließend kann festgestellt werden, dass die Vorgehensweise nach dem Konzept Kronenberger® die kontrollierte Herstellung eines Bodenbaustoffes ermöglicht.

- **Damit wird bei baustellengerechter Kontrolle des pH-Wertes eine Langzeitaushärtung zur Bodenklasse 6-7 im Graben verhindert und der Boden bleibt grabfähig,**
- **wobei der garantiert den technischen Regelwerken nach der ZTVA-StB97 und der ZTVE-StB94 entspricht.**

Die Verwendung der dynamischen Lastplatte ermöglicht eine einfache und kostengünstige Überprüfung der Festigkeitswerte, die nach Beendigung der Nachreaktion durch einen statischen Lastplattentest bestätigt werden können.

Die so gewonnenen Böden sind sehr verdichtungswillig und können so eingebaut werden, wie ein normaler Boden.