
Erfahrungen mit alkalifreiem Erstarrungsbeschleuniger in Österreich

EXPERIENCE GAINED IN AUSTRIA WHEN USING ALKALI-FREE ACCELERATOR

JOHANN GANTNER, GUSTAV BRACHER, ERICH GALEHR

Alkalifreie Spritzbetonbeschleuniger gehören heute zum Stand der Technik. Vor genau 6 Jahren wurde bei der 4. Tagung Spritzbeton-Technologie 1993 das erste Mal diese Technologie präsentiert.

Die technischen Vorteile, sowie Umwelt- und Arbeitsschutzaspekte, welche der alkalifreie Spritzbetonbeschleuniger bietet, haben die Fachwelt sofort überzeugt.

Der Begriff "alkalifreier Spritzbetonbeschleuniger" wurde von Bautechnikern geprägt. Der neue Spritzbetonbeschleuniger hat die Belastung im Arbeitsbereich deutlich reduziert. Mit der neuen Technologie konnte die Problematik des Druckfestigkeitsabfalls beim Spritzbeton behoben werden. Die Dichtigkeit des Spritzbetons ist besser, wodurch sich die Eluationswerte gegenüber den herkömmlichen Spritzbeton deutlich reduzierten. In Folge wurden mehrere Objekte in Österreich und im Ausland erfolgreich im Trocken- und Naßspritzverfahren ausgeführt.

Alkali-free accelerators for shotcrete are nowadays state-of-the-art technology. Incidentally, the technology was introduced at this very conference exactly six years ago.

The technological advantages inherent in alkali-free accelerator, coupled with environmental and protection of health considerations, managed to convince experts right from the beginning.

The term "alkali-free accelerator for shotcrete" was coined by technicians. The new type of accelerator noticeably improved working conditions. Thanks to the new technology the problem of the shotcrete's loss of compressive strength was overcome. The sprayed concrete shows greater watertightness and as a result leaching is markedly lower compared to conventional shotcrete. Using alkali-free accelerator with both the dry-mix and wet-mix methods, various structures in Austria and abroad were completed successfully.

Heute spricht die Fachwelt von alkalifreien Spritzbetonbeschleunigern, als wäre diese Technologie schon sehr lange in der Praxis eingeführt. Jedoch wurde das erste Mal diese Technologie vor genau

6 Jahren bei der Tagung "Spritzbeton Technologie 93" präsentiert.

Damals war ausschlaggebend für diese Entwicklung die immer schlechter werdende Qualität des Spritz-

betons vor allem in Österreich und Deutschland, einhergehend mit einer Verschlechterung der Arbeitsbedingungen im Untertagebau durch die eingesetzten Spritzbetonbeschleuniger. Verwendet wurden Abfallprodukte der Aluminiumindustrie als Beschleuniger, welche zusätzlich mit Alkalien versetzt wurden, um die erforderliche Stabilität der Produkte und die Beschleunigung des Spritzgutes zu erreichen.

Wir kennen die Ergebnisse dieser Beschleuniger, vor allem den Festigkeitsabfall des Spritzbetons gegenüber dem Ausgangsbeton, hohe Eluationswerte und miserable Arbeitsbedingungen durch die beim Spritzvorgang nicht zu verhindernden ätzenden Aerosole. Die Handhabung der flüssigen Produkte, die Lagerung und der Transport waren auch nicht ungefährlich.

So haben sich die Bedeutung und die Häufigkeit der Anwendung der einzelnen Spritzbetonverfahren, sowohl im Trocken- wie im Nassspritzverfahren, und die Beschleunigertypen in den letzten Jahren in Österreich stark verändert, wie schematisch aus den Bildern 1 und 2 zu ersehen ist.

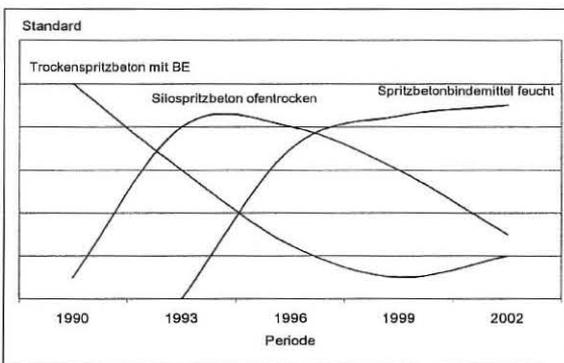


Bild 1: Trockenspritzbeton

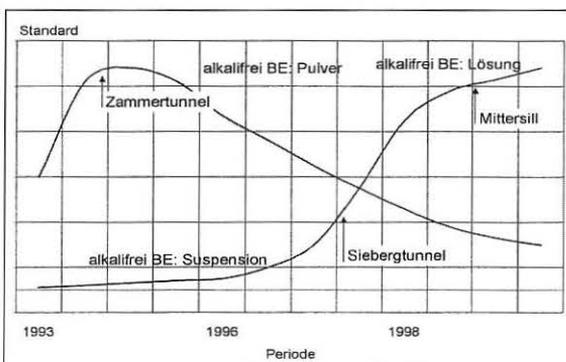


Bild 2: Naßspritzbeton

Als verantwortungsbewußter Konzern hat unsere Firma der F+E den Auftrag erteilt, ein neues Produkt zu entwickeln, welches als umweltneutral einzustufen ist. Im Pflichtenheft wurden neben den verbesser-

ten technischen Anforderungen auch die Ökologie und der Arbeitnehmerschutz definiert.

Nachdem die ersten Ergebnisse der Vorversuche, die ersten Baustellenerfahrungen und die technischen Daten der neu entwickelten Produkte den Betontechnologen und Tunnelbauern präsentiert wurden, haben die "Alkalifreien Abbindebeschleuniger" (AF) sich im modernen Tunnelbau etabliert.

Diese Bezeichnung hat auch in der neuen Ausgabe der "Richtlinie für Spritzbeton" Eingang gefunden.

In dieser Richtlinie werden neben den alkalifreien Erstarrungsbeschleunigern auch die Spritz-Bindemittel ohne erhöhten Alkaligehalt gegenüber Normalzementen für die alkalifreie Beschleunigung beschrieben.

Wir werden in diesem Vortrag nur über die separat zu dosierenden pulverförmigen und flüssigen alkalifreien Spritzbetonbeschleuniger berichten.

Folgende vier Punkte sind in der neuen Ausgabe der Richtlinie für die alkalifreien Spritzbetonbeschleuniger hervorgehoben:

1. Die verminderte Belastung der Luft:
keine ätzenden Aerosole in der Abluft, deutlich reduzierte Staubentwicklung beim Trockenspritzverfahren (Dünstromverfahren).
2. Die verminderte Belastung des Bodens:
kein Problemabfall des Rückpralls - Wiederverwertung ist möglich (Recycling), höhere mechanische Eigenschaften des Spritzbetons und höhere Dichtigkeit - Ausnutzung der möglichen Reduktion des Ausbruchprofils.
3. Die geringere Belastung des Wassers:
niedrige Eluatkonzentrationen des Wassers, welches mit dem Spritzbeton in Kontakt kommt und über Vorfluter abgeführt wird, geringere Versinterung der Drainagen und dadurch niedrigere Wartungskosten der Tiefbauobjekte.

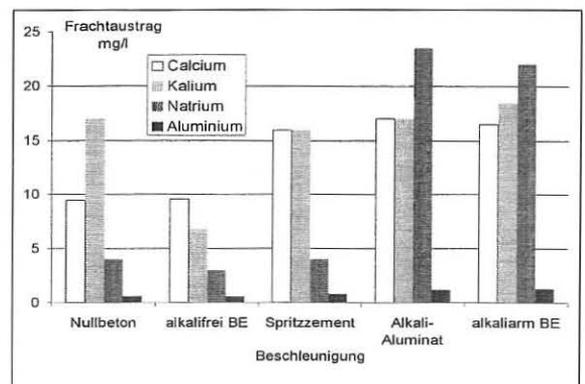


Bild 3: Eluatkonzentrationen von Spritzbetonen

| Eigenschaften | Anforderungen: |
|---|---|
| Dosierung (pulverförmig oder flüssig) | In der Regel 4,0 bis 8,0 m-% (bei flüssigen EB Feststoffgehalt $\leq 5,0$ % vom Bindemittel) |
| Na ₂ O-Äquivalent: | $\leq 1,0$ M-% |
| Sulfatgehalt als SO ₃ | $\leq 4,5$ M-% in Summe mit dem verwendeten Zement bzw. SBM |
| Sulfatgehalt als SO ₃ für sulfatbeständigen Spritzbeton (Wasser mit Gehalt an SO ₄ ²⁻ über 600 mg/l): | $\leq 3,5$ M-% in Summe mit dem verwendeten Zement bzw. SBM |
| Al ₂ O ₃ gem. Pkt. 12.1.9 (wasserlöslich) für sulfatbeständigen Spritzbeton (Wasser mit Gehalt an SO ₄ ²⁻ über 600 mg/l): | Al ₂ O ₃ in M-% mal EB –Dosierung in M-% vom Bindemittel ≤ 80 oder Nachweis der sulfatbeständigkeit am Referenzspritzbeton oder Bauwerksspritzbeton gem. Pkt. 12.4.2 |
| Festigkeitsabfall gem. Pkt. 12.1.5: | $\leq 15,0$ % |

Bild 4: Anforderungen an alkalifreie Erstarrungsbeschleuniger

4. Verbesserten Arbeitnehmerschutz bei der Handhabung und Verarbeitung des Spritzbetons: keine Gefahr von Verätzungen bei direktem Kontakt mit dem Beschleuniger, keine belasteten Aerosole in der Luft und daher keine Belastung der Atemwege und Augen, starke Reduktion der Staubeentwicklung.

Die Anforderungen an alkalifreie Erstarrungsbeschleuniger sind in der Tabelle 4/4 der Richtlinie wie folgt festgelegt worden (Bild 4).

Der erste große und für die Praxis bedeutende Einsatz eines alkalifreien Erstarrungsbeschleunigers in Österreich erfolgte am Zammer Tunnel. Der Eisenbahntunnel mit einer Länge von 2,3 km wurde in den Jahren 1994 und 1995 gebaut. Die ÖBB hat damals den mutigen Entschluß gefaßt, den Spritzbeton zwingend mit alkalifreiem Beschleuniger auszusprechen. So wurden beim Ostportal mit dem Sigunit 49 AF, einem pulverförmigen Beschleuniger, im Nassspritzverfahren gearbeitet, während beim Westportal mit Spritz-Bindemittel der Spritzbeton aufgetragen wurde. Die damals zur Verfügung stehenden flüssigen Abbindebeschleuniger in Form von

wässrigen Suspensionen wurden wegen ungenügender Beschleunigungswirkung auch bei erhöhten Dosierungen als baustellenuntauglich verworfen (Bilder 5 und 6).

Das Bild 7 zeigt die Druckfestigkeitsentwicklung der beiden Verfahren gegenübergestellt. Man sieht, in beiden Fällen war der Nassspritzbeton dem Trockenspritzbeton deutlich überlegen.

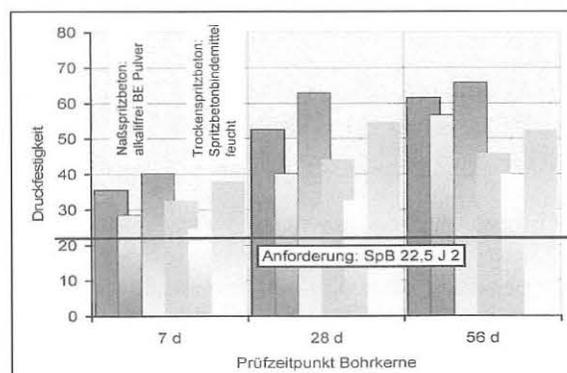


Bild 7: Qualitätskontrolle Zammertunnel 1995: Druckfestigkeitsentwicklung im Trocken- und Naßspritzverfahren (siehe auf Bild 8)

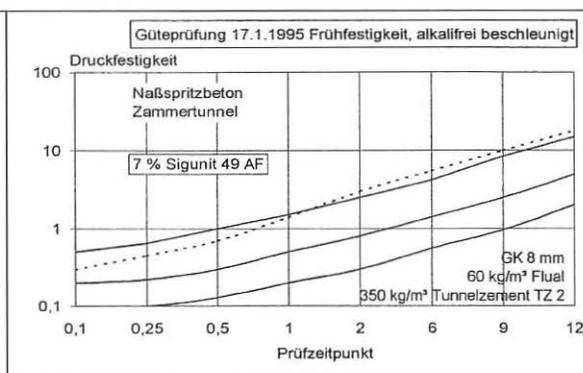
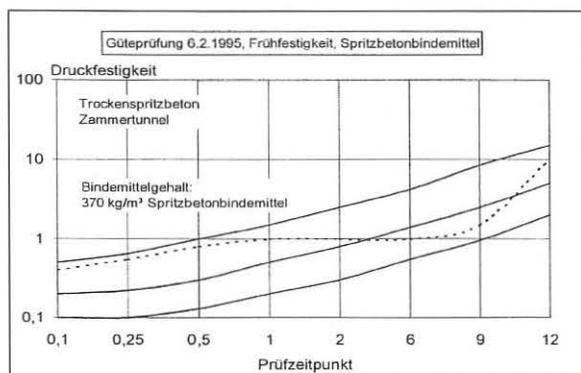


Bild 5 und 6: Festigkeitsentwicklung der beiden Systeme, Trocken- und Naßspritzbeton im Vergleich für den jungen Spritzbeton am Zammertunnel

| | Eigenschaften des verwendeten Naßspritzbetons | | | Eigenschaften des verwendeten Trockenspritzbetons | | |
|---|---|------|------|---|------|------|
| | Druckfestigkeiten [N/mm ²] | | | | | |
| | 7 d | 28 d | 56 d | 7 d | 28 d | 56 d |
| Mittelwert | 34,5 | 52,8 | 61,4 | 32,5 | 44,2 | 45,8 |
| Standardabweichung | 3,1 | 4,5 | 3,0 | 2,85 | 5,25 | 3,27 |
| 10 % Fraktile | 30,5 | 46,8 | 65,7 | 28,8 | 37,5 | 41,6 |
| Mindestwert | 28,5 | 40,2 | 56,5 | 24,5 | 32,5 | 39,8 |
| Höchstwert | 40,1 | 62,9 | 65,7 | 38 | 54,6 | 52,3 |
| Probenanzahl | 50 | 48 | 9 | 39 | 24 | 9 |
| Wasserundurchlässigkeit gemäß ÖN B 3303 / B 4200-10 | max. Wassereindringtiefe: Mittelwert aus 9 Proben: 16 mm | | | max. Wassereindringtiefe: Mittelwert aus 6 Proben: 36 mm | | |

Bild 8: Tabellarische Darstellung zu Bild 7

Nicht meßbar und nur visualisierbar sind verbesserte Sichtverhältnisse im Tunnel während der Spritzarbeiten beim Naßspritzbeton. Die deutliche Reduktion des Staubes und der ätzenden Aerosole ist gut erkennbar. Die Reduktion des Rückpralls wurde gemessen und bei früheren Gelegenheiten schon dargestellt.

Ebenfalls wurde über die Maschinenkonfiguration, die Dosiertechnik des pulverförmigen Sigunit 49 AF mit der Aliva 405 schon mehrmals berichtet.

Schon von Anfang an war der Wunsch nach einem flüssigen, alkalifreien Beschleuniger von den Baustellen gegeben aber die erste Generation der zum Einsatz kommenden flüssigen Beschleuniger erfüllten die Frühfestigkeitsanforderungen nicht. Die Entwicklung der zweiten Generation hat jedoch mehrere Jahre intensiver Forschungsarbeit in Anspruch

genommen. So wurde vor ca. 1 Jahr der erste praxistaugliche flüssige Beschleuniger vorgestellt und erprobt (Bild 9).

In Österreich laufen die ersten Objekte mit diesem Erstarrungsbeschleuniger der zweiten Generation an. Aufgrund fehlender Großbaustellen wird der flüssige Beschleuniger seit geraumer Zeit bei kleineren Tiefbau- und Stollenprojekten eingesetzt und erprobt. Die Erfahrung zeigt, daß die Bindemittelwahl und Betonzusammensetzung besser abgestimmt werden muß als bei dem pulverförmigen Beschleuniger. Als weiteres Großprojekt wurde ebenfalls von der ÖBB der Tunnel Blisadona mit einem alkalifreien Beschleuniger ausgeschrieben.

Wir haben in diesem Zusammenhang mit dem neuen Produkt Sigunit-L52 AF, einem flüssigen Beschleuniger, die Eignungsversuche im Nass- und Trockenspritzverfahren durchgeführt (Bild 10, 11).

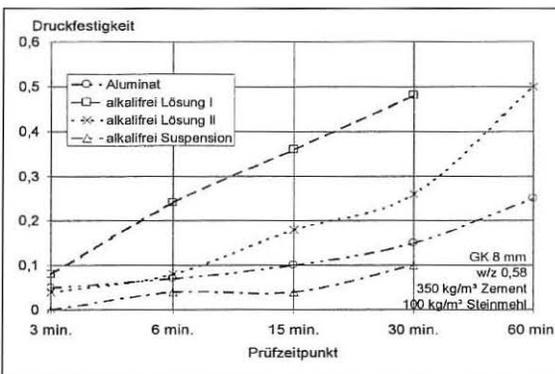


Bild 9: Frühfestigkeits-Entwicklung von verschiedenen alkalifreien Erstarrungsbeschleunigern im Vergleich zu einem handelsüblichen Aluminat-Beschleuniger

In Österreich liegen noch keine weiterreichenden Erfahrungen mit dem flüssigen alkalifreien Beschleuniger vor. Österreich präsentiert sich heute noch als klassisches Land, in dem das Trockenspritzverfahren die größte Bedeutung hat. Es ist jedoch zu erkennen, daß das Interesse am Nassspritzverfahren zunimmt und es ist damit zu rechnen, daß dieses in der Zukunft bei großen Tunnel- und Tiefbauobjekten das Trockenspritzen und die abgewandelten Verfahren mit Spritz-Bindemittel ablösen wird.

Das sehr gute Preis/Leistungs-Verhältnis des Nassspritzverfahrens, trotz höherer Kosten der Zusatz-

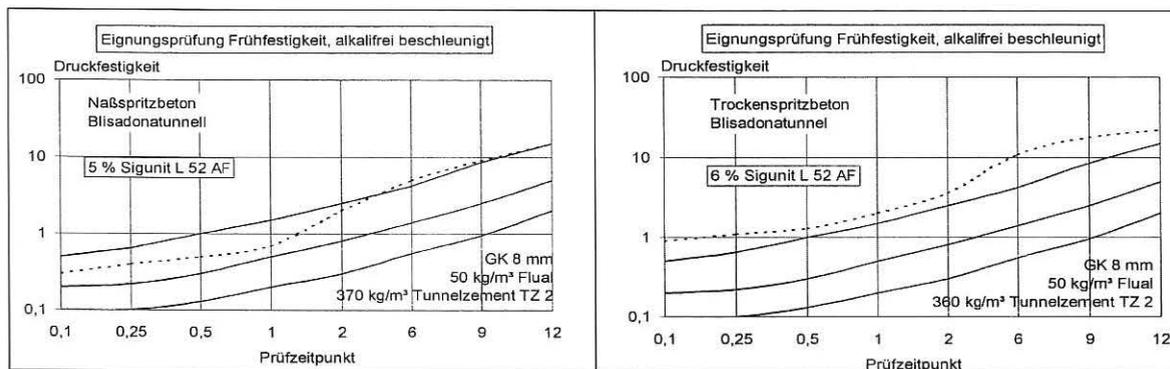


Bild 10 und 11: Frühfestigkeiten im Nass- und Trockenspritzverfahren mit Sigunit-L52 AF

mittel, insbesondere des alkalifreien Erstarrungsbeschleunigers, die Anwenderfreundlichkeit und die hohe Qualität des Endproduktes - Spritzbeton - sollten dazu führen, daß die Planer die Vorteile dieser Technologie in ihre Arbeit verstärkt einfließen lassen. Die Bauherren und die ausführenden Unternehmungen müssen dem Ziel einem Bauwerk mit einer langen, wartungsfreien Lebensdauer Rechnung tragen. Weiters lassen sich Rohstoffressourcen schützen, der Umweltschutz und die Arbeitshygiene

werden zunehmend einen höheren Stellenwert erhalten. Gelingt es uns auch noch, diese Tatsachen und Fakten der Bevölkerung darzustellen, so verschwinden mit Zuversicht die Einwände und Widerstände gegen geplante Tunnel- und Tiefbauprojekt. Der durchschnittliche Steuerzahler ist heute in der Lage, die Bemühungen um langfristige Sicherheiten beurteilen zu können und seine zustimmende bzw. ablehnende Stimme gezielt einzusetzen.