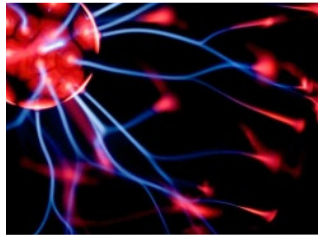


Auswirkungen von Spülmittelzusätzen und Ausbaumaterialien auf das Grundwasser **Rückbau**

Verfüllmaterialien und Sprengladungen für den Brunnenrückbau

24.06.2014 Idstein

Dipl. Ing. agr. Rolf Menden



BCE

BJÖRNSEN BERATENDE INGENIEURE

BRUF

Inhaltsverzeichnis

Rückbau von Brunnen

Rückbaumethoden

Verfüllmaterialien

Perforationen und Verpressungen

Sprengstoffe (gelatinöse Sprengstoffe)

Zusammenfassung

BCE

BJÖRNSEN BERATENDE INGENIEURE

Brunnenrückbau: Verfüllmaterialien und Sprengladungen

Rückbau von Brunnen

➤ Gründe:

- Unwirtschaftlichkeit des Brunnen
- Fehlende Nachfrage an Wasser
- Mangelnde Genehmigungsfähigkeit
- Unerwünschte Wasserbeschaffenheit

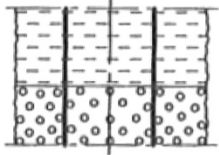
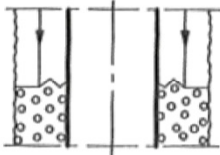
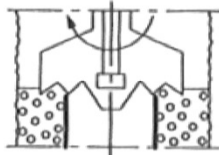
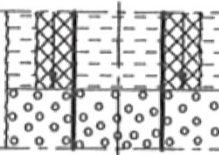
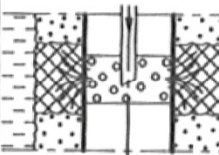
➤ Ziel:

- Herstellung der ursprünglichen hydrogeologischen Verhältnisse
- Vermeidung von Wasserwegsamkeiten
- Vermeidung der Verunreinigung des Grundwassers

➤ Problem:

- Brunnen durchteufen oft mehrere Grundwasserstockwerke
- Folge:
 - Beim Rückbau muss die Funktion von Trennschichten dauerhaft wiederhergestellt werden
 - dies gilt sowohl für die Bereiche innerhalb des Brunnenrohres als auch für den Ringraum

Rückbaumethoden

	x möglich o bedingt möglich — nicht möglich	Verfüllung entspr. geolog. Bohrprofil	Rückbau der Einbauten		Einbau und Reparatur von Ringraumbarrieren	
			überbohren schneiden ausbauen	zerbohren	über Lanzen Verpressungen	Perforationen Verpressungen
Ausbau- material						
Stahl	roh	X	X	—	X	X
	be- schichtet	X	X	—	X	X
Edelstahl		X	X	—	X	X
Kunststoff		X	O	X	O	O
Steinzeug		X	—	X	O	O
Pressholz		X	O	X	O	O

Quelle: Rübsamen & Nolte 1999 (DVGW Schriftenreihe Wasser 93)

BCE

Brunnenrückbau: Verfüllmaterialien und Sprengladungen

BJÖRNSSEN BERATENDE INGENIEURE

Verfüllung oder Verpressung

➤ Verfüllung oder Verpressung

- Einfache Verfüllung nur bei fachgerecht gebauten im allgemeinen flachen Brunnen, ohne Beschädigungen: bei Filterstrecken Kies und bei Vollrohren Ton bzw. zementiert
- Verfüllung Ringraum, nur dann möglich wenn dieser nicht verockert ist. Ist dies der Fall muss Filterkies aufgelockert werden.
- Komplette Verpressung des Brunnens, wenn Beschädigungen bzw. Undichtigkeiten bzw. mehr als ein GW-Leiter erfasst werden
- Alternativ gesamten Brunnen mit Zementsuspension versehen

Verfüllmaterialien

Verwendete Materialien müssen auf die geologischen und technischen Gegebenheiten abgestimmt werden und müssen **schichtengerecht** und **setzungsfrei** eingebracht werden

- **Bereich Filterstrecken/Grundwasserleiter:**
 - verdichtungsfähige und saubere (gewaschene) Füllkiese

- **Bereich Vollrohrstrecken/Grundwasserstauer:**

bindige Verfüllmaterialien zur Herstellung der hydraulischen Trennung

 - Tonsperren: quellfähige und gut absinkende Abdichtungstone (granulierter Naturbentonit)
 - Verpressstrecken: verpressbare, plastische Zementationen (Tonmehl-Zement-Suspension)

- **Bereich Oberflächiger Abschluss**
 - Beton- oder Tonplombe

Verfüllmaterialien

Bindige Verfüllmaterialien

➤ Geschüttete Tonprodukte

- bentonithaltige Abdichtungsmittel:
 - hohes Quellvermögen,
 - kf-Wert 10^{-11} m/s
 - Nachteil: kann bei Vorhandensein von Salzen, Säuren oder Laugen abdichtende Wirkung verlieren

- bentonitarmer Abdichtungsmittel:
 - geringeres Quellvermögen
 - kf-Wert: 10^{-8} m/s
 - Vorteil: bleibt undurchlässig auch bei hohem Anteil gelöster Stoffe im Bohrlochwasser

- Nachteil aller Tonprodukte: Bei tiefen Abdichtungen nur unzureichende Sicherheit

Verfüllmaterialien

Bindige Verfüllmaterialien

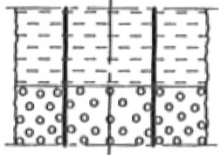
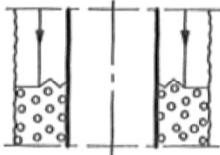
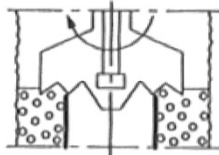
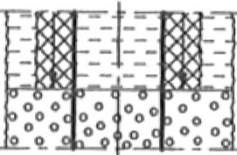
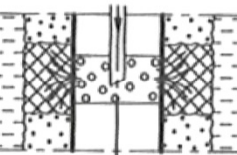
➤ verpressbare Suspensionen

- Zement-Tonmehl-Gemische:
 - volumenbeständig, nur geringe Abbindewärme
 - Tonmehl-Suspensionen:
 - verfestigen nicht ausreichend
 - Zement:
 - Vorteile: bei aggressiven Wässern
 - Nachteile: - sind starr nach dem Erhärten
 - bekommen Schwindrisse
 - erzeugen große Abbindewärme
 - können ungeeignete Bestandteile haben (z.B. Schwermetalle)
- Probleme bei betonaggressiven Kontaminationen

➤ Sonstige Chemische Mittel (Wasserglas, Gele):

- Nicht ratsam, da Anteile nicht verfestigter Chemikalien im Boden verbleiben und Grundwasser verunreinigen können.

Rückbaumethoden

	x möglich o bedingt möglich — nicht möglich	Verfüllung entspr. geolog. Bohrprofil	Rückbau der Einbauten		Einbau und Reparatur von Ringraumbarrrieren	
			überbohren schneiden ausbauen	zerbohren	über Lanzen Verpressungen	Perforationen Verpressungen
Ausbau- material						
Stahl	roh	x	x	—	x	x
	be- schichtet	x	x	—	x	x
Edelstahl		x	x	—	x	x
Kunststoff		x	o	x	o	o
Steinzeug		x	—	x	o	o
Pressholz		x	o	x	o	o

Quelle: Rübsamen & Nolte 1999 (DVGW Schriftenreihe Wasser 93)



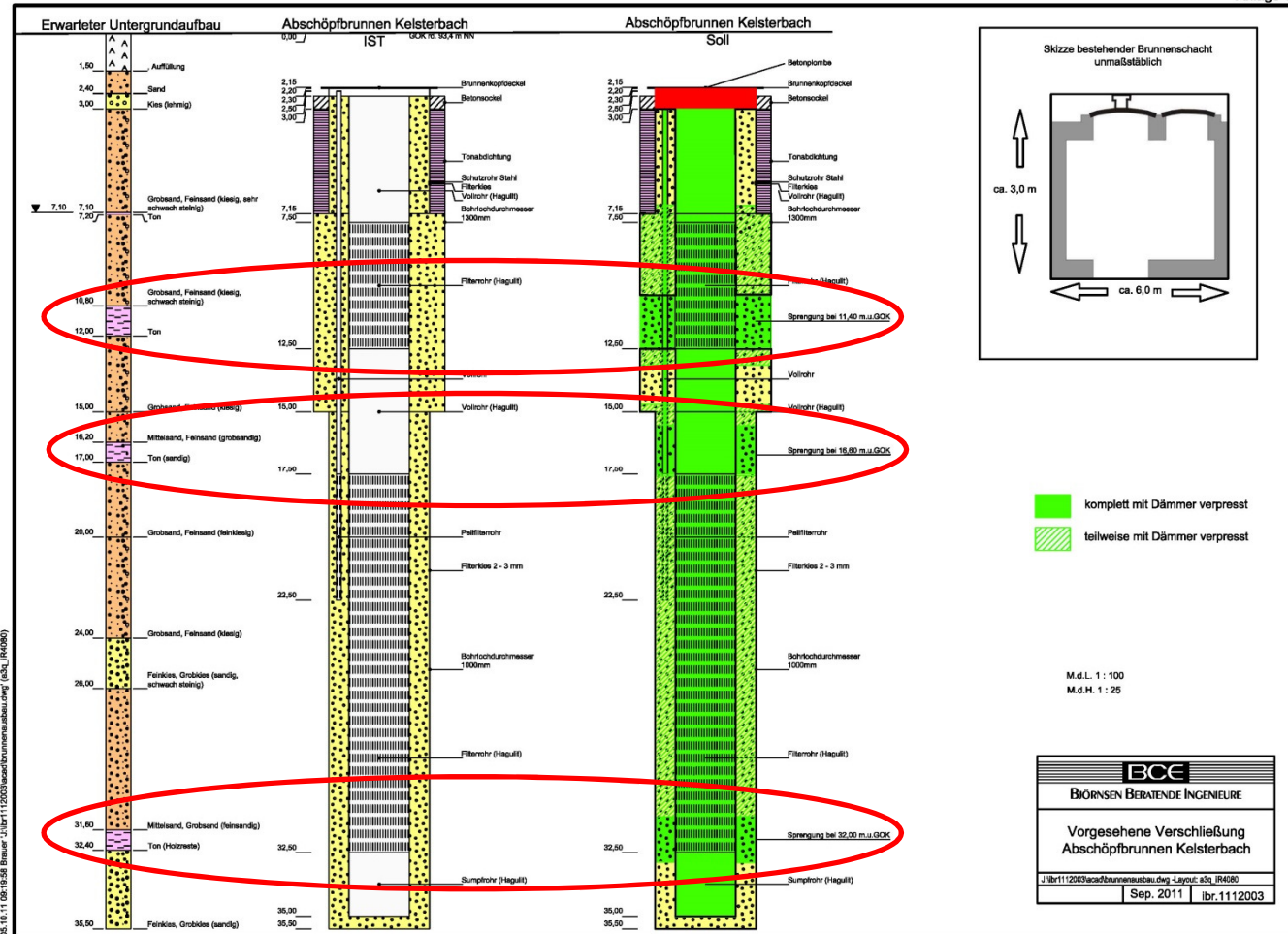
Perforationen und Verpressungen

- **Anwendung:** wenn aus Platzgründen Überbohren nicht möglich bzw. Bohrgut und Spülung wegen eventueller Kontaminationen unerwünscht sind oder bei Brunnen mit Stahlausbau, der nicht gezogen werden soll/kann.
- **Vorteil:** auch bei besonders großer Tiefe möglich
- **Methoden:** Schlitz- oder Lochperforation herstellen über:
 - Mechanische Perforation
 - Hydraulische Perforation
 - Schussperforationanschließende Dämmerverpressung
- **Lage der Perforation:** abhängig vom Grundwasserstauer bzw. auch nach der Aufgabenstellung
- **Anwendungsgrenzen:** Perforationstechniken in erster Linie für metallische Ausbauperforationen geeignet. Bei anderen Materialien Gefahr der vollständigen Zerstörung der Rohre. (DVGW W 135)

Perforation und Verpressung

Beispiel 1: Brunnenrückbau (Verschließung) (Auftraggeber: InfraserV GmbH & Co. Höchst KG)

Anlage C-2



Brunnenrückbau: Verfüllmaterialien und Sprengladungen

BCE BJÖRNSEN BERATENDE INGENIEURE

Beispiel 1: Brunnenrückbau (Verschließung)

Reihenfolge der durchgeführten Arbeiten

1. Kamerabefahrung zur Kontrolle des Zustands der Einschubverrohrung
2. Ausbau der Einschubverrohrung DN 400
3. Kamerabefahrung zur Kontrolle des Zustands der Ausbauverrohrung
4. Dämmerverpressung des Peilrohres DN 50
5. Einbau eines hydraulischen Perforators und Herstellung der 8 Öffnungen 70 mm bei 32,0 m
6. Kamerabefahrung zur Kontrolle
7. Dämmerverpressung der Ausbauverrohrung DN 600 und Ringraum im Bereich der 8 Öffnungen bis 20,0 m u. GOK
8. Einbau eines hydraulischen Perforators und Herstellung der 8 Öffnungen 70 mm bei 16,4 m
9. Kamerabefahrung zur Kontrolle
10. Dämmerverpressung der Ausbauverrohrung DN 600 und Ringraum im Bereich der 8 Öffnungen bis 12,0 m u. GOK
11. Einbau eines hydraulischen Perforators und Herstellung der 8 Öffnungen 70 mm bei 11,4 m
12. Kamerabefahrung zur Kontrolle
13. Dämmerverpressung der Ausbauverrohrung DN 600 und Ringraum im Bereich der 8 Öffnungen bis 3,0 m u. GOK
14. Einbau einer Betonplombe, DN 800 mm, Dicke 1,0 m
15. Rückbau des Brunnenschachtes
16. Einbau von angeliefertem Bodenmaterial

Mechanische Perforation

Beispiel 1: Perforation im Bereich eines DN 600 Stahlfilterrohres
(Auftraggeber: Infraseriv GmbH & Co. Höchst KG)

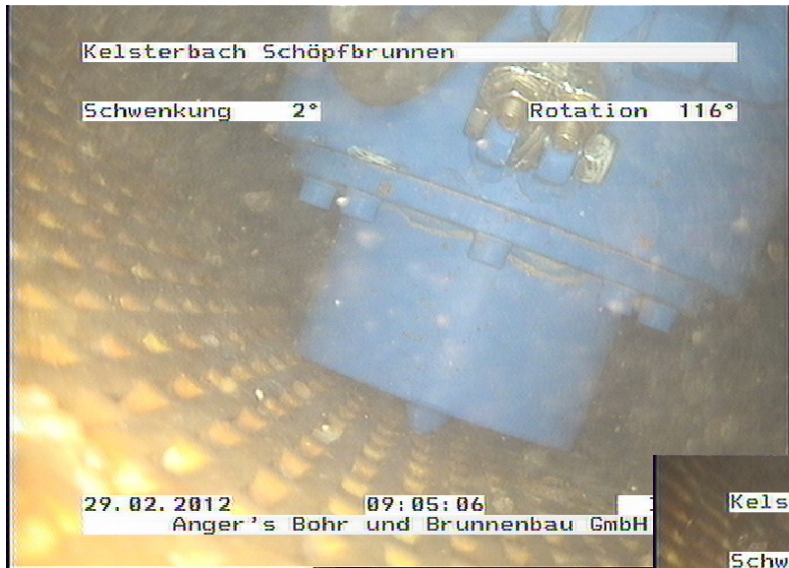


Brunnenrückbau: Verfüllmaterialien und Sprengladungen

BCE

BJÖRNSEN BERATENDE INGENIEURE

Überwachung der Funktion des Perforators



BCE

Brunnenrückbau: Verfüllmaterialien und Sprengladungen

BJÖRNSEN BERATENDE INGENIEURE

Einbau Verpressanker



Brunnenrückbau: Verfüllmaterialien und Sprengladungen

BCE

BJÖRNSEN BERATENDE INGENIEURE

Zwangsmischer für Dämmer



BCE

Brunnenrückbau: Verfüllmaterialien und Sprengladungen

BJÖRNSEN BERATENDE INGENIEURE

Schussperforation

- Einsatz
 - vor allem, wenn Zugänge durch mehrere Ausbauperforationen geschaffen werden müssen

- Beachte:
 - Perforationsträger sind so zu gestalten, dass optimale gleichmäßige Schussverteilung an Rohrwänden entsteht

- Verwendung von Hohlladungen aufgrund des Optimums an Durchschlagskraft

- Erfolg der Perforation abhängig von Wandstärke des Ausbaumaterials:
 - Laut DVGW-Arbeitsblatt W 135
 - Lochgröße 8-10 mm
 - Anordnung von ca. 10-25 Löchern auf den Umfang pro Meter
 - Je nach Mächtigkeit des GW-Stauers werden 2 m bis 5 m Rohrabschnitte perforiert

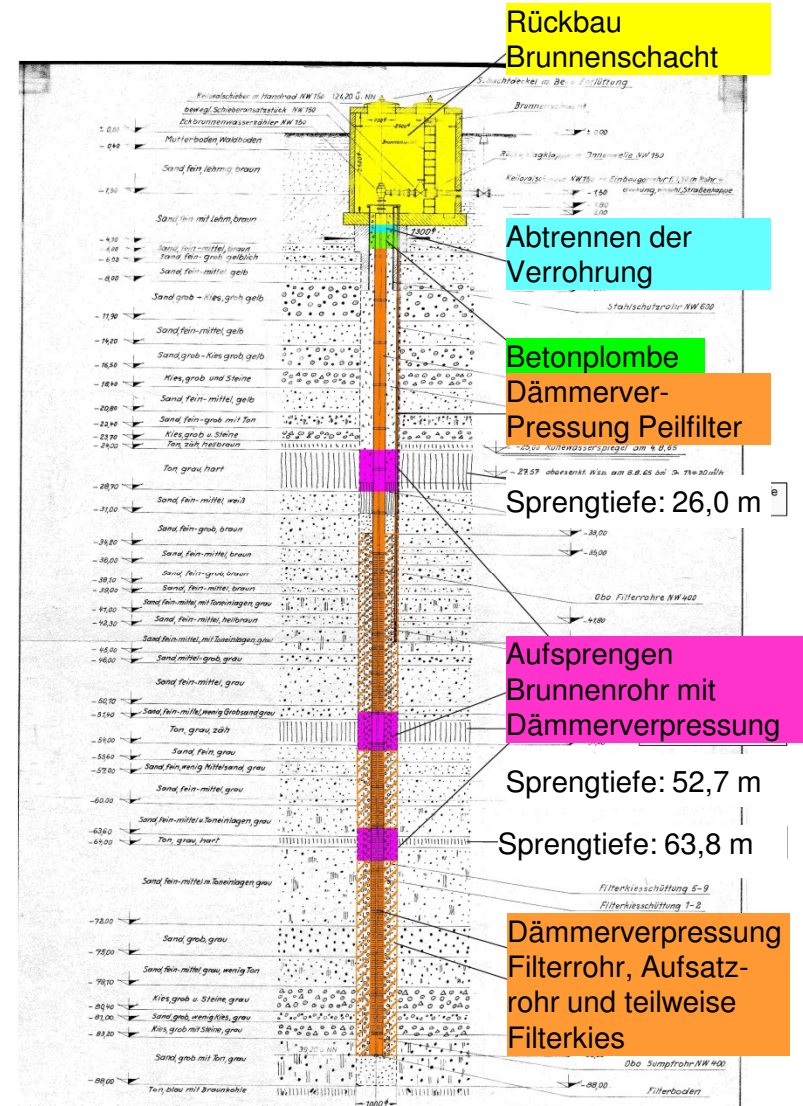
Sprengverpressung

Beispiel 1: Rückbau des Brunnen 12

(Auftraggeber: Stadtwerke Dreieich)

Brunnendaten:

- Baujahr: 1965
- Endteufe: 85 m u. GOK
- Ausbaumaterial: Obo DN 400 Voll- und Filterrohre
- Rückbau: 2012



Brunnerrückbau: Verfüllmaterialien und Sprengladungen

BJÖRNSSEN BERATENDE INGENIEURE

Sprengverpressung

Beispiel 1: Rückbau des Brunnen 12

(Auftraggeber: Stadtwerke Dreieich GmbH)



Sprengvorrichtung mit 5 horizontal und vertikal versetzten Sprengstoffhaltungen zum Aufsprengen der Vollrohre



Sprengvorrichtung mit 3 horizontal versetzten Sprengstoffhaltungen zum Aufsprengen der Filterrohre

Brunnenrückbau: Verfüllmaterialien und Sprengladungen

BJÖRNSSEN BERATENDE INGENIEURE

Sprengverpressung

Beispiel 2: Sprengverpressung im Bereich eines DN 800 Sperrohres

(Auftraggeber: Technische Werke Ludwigshafen TWL)



Sprengvorrichtung mit
5 Halterungen für die Sprengstoffladung im Abstand von 72°



Halterung für
Sprengstoffladung

Quelle:
Schaal Sprengtechnik
Lessingstraße 16
73037 Göppingen
und Rebelein GmbH
Am Herrschaftsweiher 16
67071 Ludwigshafen

Sprengverpressung

Beispiel 2: Sprengverpressung im Bereich eines DN 800 Sperrohres

(Auftraggeber: Technische Werke Ludwigshafen TWL)



Quelle:
Schaal Sprengtechnik
Lessingstraße 16
73037 Göppingen
und Rebelein GmbH
Am Herrschaftsweiher 16
67071 Ludwigshafen



Sprengverpressung

Beispiel 2: Sprengverpressung im Bereich eines DN 800 Sperrohres

(Auftraggeber: Technische Werke Ludwigshafen TWL)



Brunnenrückbau: Verfüllmaterialien und Sprengladungen

BCE

BJÖRNSEN BERATENDE INGENIEURE

Sprengverpressung

Exkurs: Sprengversuch Brunnenrohr

- D609 Stahl-Rohr: Wandstärke = 8 mm
- Sprengstoff-Masse: 0,33 kg
- Ladung wurde auf Spiralschweißnaht plaziert, Wandstärke > 8 mm
- Weitere Annahmen:
 - Rohr weist fertigungs- oder verbautechnische Anomalitäten (Dellen, Unrundheiten etc. aufweist) auf
 - → deshalb Ladung um 10 mm zurückgesetzt
 - durch Vorflutung mit Suspension vor der Sprengung entsteht ein gewisser Abstand zur Rohrwand
 - → deshalb 10 mm Schwerwasser-Kissen zwischen Rohr-Innenwand und Ladung

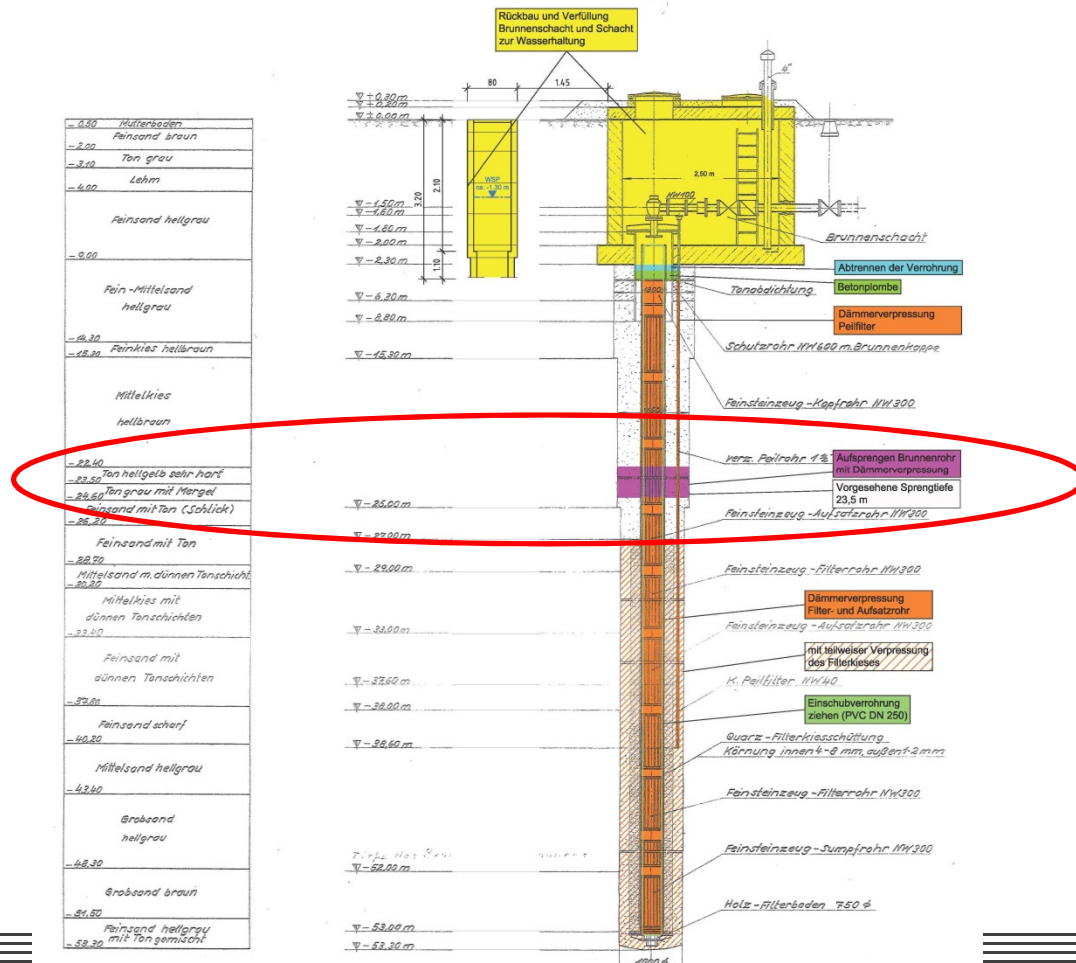
Quelle:
Schaal Sprengtechnik
Lessingstraße 16, 73037 Göppingen



Sprengverpressung

Beispiel 3: Rückbau des Brunnen 7

(Auftraggeber: Stadtwerke Dreieich GmbH)



Brunnendaten:

- Endteufe: 53 m u. GOK
- Ausbaumaterial: Feinsteinzeug DN 300
- Rückbau: 2014
- Sprengtiefe: 23,5 m



Sprengvorrichtung mit 3 horizontal versetzten Sprengstoffhaltungen

BCE

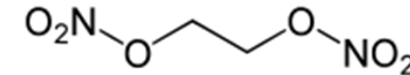
BJÖRNSEN BERATENDE INGENIEURE

Brunnerrückbau: Verfüllmaterialien und Sprengladungen

Sprengstoffe (gelatinöse Sprengstoffe)

➤ Ethylenglykoldinitrat (EGDN, Nitroglykol, Glykoldinitrat)

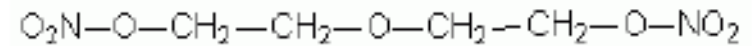
- Summenformel: $C_2H_4N_2O_6$
- klare, farblose Flüssigkeit
- schwer wasserlöslich: (5,6 g/l)
- leicht löslich in den meisten organischen Lösungsmitteln
- schwerer als Wasser
- wenig flüchtig
- nicht hygroskopisch
- wird oft im Gemisch mit Nitroglycerin verwendet, da es für Einsatz im Winter dessen Gefrierpunkt erniedrigt
- keine Einstufung der Gewässergefährdung



Sprengstoffe (gelatinöse Sprengstoffe)

➤ Diethylenglykoldinitrat (DEGN, Dinitrodiglykol)

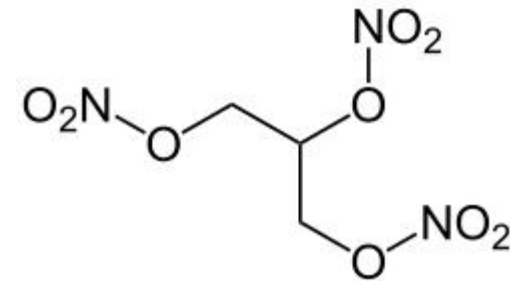
- Summenformel: $C_4H_8N_2O_7$
- farblose bis gelbliche, ölige Flüssigkeit
- Wasserlöslichkeit: 3,9 g/l
- schwerer als Wasser
- Wenig flüchtig
- schwach gewässergefährdend



Sprengstoffe (gelatinöse Sprengstoffe)

➤ Glycerintrinitrat (NGL, Nitrolycerin)

- Summenformel: $C_3H_5N_3O_9$.
- Geschichte:
 - erstmals 1847 vom Turin Arzt und Chemiker Ascanio Sobrero hergestellt
 - Alfred Nobel stellte damit Dynamit her, später dann aus NGL und Zellulosenitrat Sprenggelatine
 - Verwendung z.B. im Gotthardtunnel
- farblose bis schwachgelbe, ölige Flüssigkeit
- wenig wasserlöslich
- schwerer als Wasser
- biologisch nicht abbaubar
- bildet zusammen mit EGDN Grundsatz der gewerblichen, gelatinösen Sprengstoffe
- zerfällt zu CO_2 , H_2O , N_2 und CO
- WGK 3 (stark wassergefährdend)



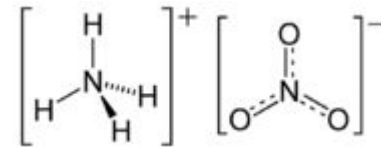
Sprengstoffe (gelatinöse Sprengstoffe)

➤ Ammonsalpetersprengstoffe

- Mischungen aus Ammoniumnitrat (Ammoniumsalpeter) mit Kohlenstoffträgern (wie Kohle, Öle, Holzmehl)
- können teils auch Aluminium-Pulver enthalten
- Zur Erhöhung der Sprengkraft werden teils DNT, TNT oder NGL u.a. zugegeben
- Bei hohen Anteilen von Sprengölen wie NGL etc. sind Ammonsalpetersprengstoffe von gelatinöser Beschaffenheit

Ammoniumnitrat (Ammoniumsalpeter)

- Summenformel: NH_4NO_3
- Leicht wasserlöslich: 1.877 g/l (20°C)
- Hygroskopisch
- Biologisch abbaubar
- Einstufung: WGK 1 (schwach wassergefährdend)



Sprengstoffe (gelatinöse Sprengstoffe)

Beispiele für Ammonsalpetersprengstoffe

➤ **Geosit 3**

- gelatinöser Seismiksprengstoff auf Basis von EGDN und Ammonnitrat mit sensiblen Zusätzen
- detoniert auch unter hohem hydrostatischem Wasserdruck (bis 360bar)
- geeignet für Sprengungen in Bohrlöchern



Sprengstoffe (gelatinöse Sprengstoffe)

Beispiele für Ammonsalpetersprengstoffe

➤ **Rhioseis HE (Rhioseis Plus)**

- gelatinöser Seismiksprengstoff
- Besteht aus
 - Glykoldinitrat, Glycerintrinitrat (stark wassergefährdend)
 - Ammoniumnitrat (schwach wassergefährdend)
 - Natriumnitrat (schwach wassergefährdend)
 - Diisobutylphthalat (wassergefährdend)
 - und ungefährlichen Beimengungen
- enthält keine nitroaromatischen Verbindungen (z.B. DNT, TNT) mehr da diese als krebserregend eingestuft wurden
- wasserbeständig
- bei thermischer Explosion können nitrose Gase (NO, NO₂) und CO entstehen

Sprengstoffe (gelatinöse Sprengstoffe)

Umweltverhalten von Sprengstoffen

- weist große Bandbreite auf (teilweise stark wassergefährdend)
- ist in den Sicherheitsdatenblättern dokumentiert
- wird bedingt durch
 - Wasserlöslichkeit
 - Hydrolyse
 - Photolyse
 - Flüchtigkeit
 - Mikrobielle Umwandlung
- Beim Zerfall (Explosion) der Sprengstoffe entstehen in erster Linie große Gasmengen (N_2 , (NO, NO_2) , CO , H_2O) mit im allgemeinen geringer Wassergefährdung

Zusammenfassung

Einsatz von Sprengstoffen beim Brunnen- oder Messstellenrückbau

- zur Schussperforation mit anschließender Verpressung in erster Linie für metallische Ausbaurohrungen oder
- zur Sprengverpressung bei verschiedenen Rohrmaterialien (Stahl, Obo, Feinsteinzeug) einsetzbar
- Eingesetzt werden v.a. gelatinöse Seismiksprengstoffe
- Das Umweltverhalten der eingesetzten Sprengstoffe weist große Bandbreite auf und kann aus den Sicherheitsdatenblätter entnommen werden.
- Beim Zerfall (Explosion) der Sprengstoffe entstehen in erster Linie große Gasmengen (N_2 , NO , NO_2 , CO , H_2O) mit im allgemeinen geringer Wassergefährdung



Management System
ISO 9001:2008
www.tuv.com
ID 000206040



Vielen Dank für die Aufmerksamkeit



BCE

BJÖRNSEN BERATENDE INGENIEURE