



Ein Beitrag der:

Orica Germany GmbH,
Technische Information des Sprengtechnischen Dienstes

Explosivstoffe und ihr Einfluss auf Grund- und Oberflächenwasser ^[1,2]

Allgemeines

Zum Schutz des Grundwassers vor schädlichen Einflüssen stellt sich die Frage, inwieweit gewerbliche Explosivstoffe selber bzw. die bei ihrer Detonation entstehenden Umsetzungsprodukte (Sprengschwaden) das Grundwasser belasten können.

Bei dieser Betrachtung wird die Phase vor und nach der Umsetzung der Explosivstoffe unterschieden.

Unterschiedliche Arten von Zünd- und Sprengstoffsyste-men, der verschiedenartige Aufbau der Ladesäule und auch die betrieblichen Rahmenbedingungen nehmen einen erheblichen Einfluss auf diese Fragestellung.

Die langjährige Erfahrung der Anwendung dieser Explosivstoffe auch unter extremen Rahmenbedingungen - wie beispielsweise dem monatelangen Verbleiben des gesamten Sprengstoffsystems im Bohrloch - erlauben eine gesicherte und belastbare Aussage zu dieser Problematik.

In jedem Fall ist jedoch die richtige Wahl der Zünd- und Sprengstoffsyste-me und die sorgfältige, sachgerechte Anwendung ein wesentliches Kriterium für die Minimierung jeglicher Emission von Schadstoffen.

Sprengstofftyp und Aufbau der Ladesäule

Die Wahl des Sprengstofftyps (gelatinös, ANFO, Emulsion) und das Sprengstoffladeverfahren (patroniert oder lose) nehmen durchaus Einfluss auf das Emissionsverhalten des Explosivstoffes.

Die aus dem militärischen Bereich bekannten Sprengstoffsyste-me auf Basis der Sprengstoffe TNT und PETN (Nitropenta) werden bei gewerblichen Sprengarbeiten - wenn überhaupt - nur in geringen Mengen zur Initiierung der Hauptladesäule in Form von Zündverstärkern und Sprengschnüren einge-

setzt. Selbst zeitgemäße gelatinöse Sprengstoffe (z.B. Eurodyn 2000) enthalten heute keine aromatischen Nitro-körper (TNT und DNT) mehr.

Die übrigen modernen, gewerblichen Sprengstoffe basieren im wesentlichen auf Ammonsalpeter (NH_4NO_3). Emulsionssprengstoffe haben einen Ammonsalpetergehalt von bis zu 80% (Rest: Wasser und Mineralöl), ANFO-Sprengstoffe von bis zu 94% (Rest: Mineralöl).

Patronierte Sprengstoffe

In patronierter Form werden von ORICA Germany vor allem gelatinöse Sprengstoffe (z.B. Eurodyn 2000) und verschiedene Emulsionssprengstoffe (Nobelite) angeboten. Alle diese Sprengstoffe besitzen von sich aus bereits eine gute Wasserbeständigkeit und sind darüber hinaus durch eine sehr widerstandsfähige Patronenhülle geschützt.

Zudem werden sie (z.B. in wassergefüllten Bohrlöchern) dem Wasser ohnehin nur wenige Stunden ausgesetzt, da die Sprenganlagen üblicherweise noch am selben Tag abgetan, also gezündet werden.

Eine Beeinträchtigung des Grundwassers durch diese patronierten Sprengstoffe kann somit ausgeschlossen werden.

Lose Sprengstoffe

In loser Form werden Sprengstoffe entweder als Emulsion (Nobelit 2000 oder Nobelit 2030) eingepumpt oder - wie der ANFO-Sprengstoff Index - eingerieselt bzw. pneumatisch geladen.

Nobelit-Emulsions-Sprengstoffe besitzen eine sehr gute Wasserfestigkeit, auch über längere Zeiträume (z.B. mehrere Tage). Selbst Wasser, das aus dem Gebirge nachfließt, beeinflusst den Sprengstoff nicht. Er besitzt eine den betrieblichen Rahmenbedingungen angepasste sehr hohe Viskosität, welche einem ungewollten Verlaufen in Klüfte entgegenwirkt.

ANFO-Sprengstoffe (Ammonium Nitrat Fuel Oil) bestehen hingegen aus trockenen, porösen Ammonsalpeter-Prills und einer geringen Menge Mineralöl (ca. 6%), welches durch die Poren der Prills aufgenommen wird. ANFO Sprengstoffe sind nicht wasserbeständig; vielmehr haben sie stark hygroskopische Eigenschaften und sind somit gemäß Zulassungsbestimmungen auch nicht in Laderäumen mit Wasser einzusetzen.

Die „Anleitung zur Verwendung“ des jeweiligen Technischen Datenblattes ist in jedem Fall zu beachten!

Bei vorschriftsmäßiger und sachgerechter Verwendung erfolgt die vollständige Umsetzung. Eine Gefährdung des Grundwassers durch den Explosivstoff kann somit ausgeschlossen werden.

Sprengschwaden

Sprengschwaden sind die bei der Umsetzung des Explosivstoffes entstehenden Gase.

Je Kilogramm Sprengstoff entstehen bei der Umsetzung - in Abhängigkeit vom Sprengstofftyp - zwischen 800 und 1.000 Liter Schwaden. Gewerbliche Sprengstoffe setzen sich detonativ zum überwiegenden Teil zu den stabilen Verbrennungsprodukten Stickstoff (N_2), Kohlendioxid (CO_2) und Wasserdampf (H_2O) um. Daneben entstehen noch in geringen Mengen Kohlenmonoxid (CO), nitrose Gase (NO & NO_2) und Ammoniak (NH_3). Das Entweichen der Schwaden in die Luft erfolgt im wesentlichen während und unmittelbar nach dem bestimmungsgemäßen Auflockern und Werfen des durch die Sprengung gelösten Gesteins. Nach kürzester Zeit hat sich die Hauptmenge an Schwaden vom Haufwerk getrennt und in der Umgebungsluft aufgelöst.

Der Anteil an nitrosen Gasen in den Schwaden ist sehr stark abhängig von der Art des eingesetzten Sprengstoffes. Bei modernen Emulsionsspreng-



stoffen ist er aufgrund des Mengenverhältnisses der beiden Reaktionspartner (Mineralöl als Brennstoff und Ammoniumnitrat als Sauerstofflieferant) sowie ihrer innigen Vermengung äußerst gering, und die Umsetzung verläuft nahezu ideal. Jedoch selbst bei gelatinösen Sprengstoffen, in deren Sprengöl-Anteil Nitrose- bzw. Nitrogruppen gewissermaßen schon vorgebildet vorliegen, beträgt bei den von ORICA Germany hergestellten gewerblichen Sprengstoffen der Anteil an freigesetzten nitrosen Gasen stets weniger als 0,4 % des Schwadenvolumens pro Kilogramm Sprengstoff.

Inwieweit dieser geringe Anteil an Schwadenbestandteilen in der Lage ist, sich auf dem Haufwerk niederzuschlagen, ist schwer zu beurteilen. Soweit dies der Fall sein sollte, wäre - in Abhängigkeit von den gegebenen betrieblichen Rahmenbedingungen wie z.B. Feuchtigkeitsregime, pH-Wert, Reaktionsverhalten des Gesteins, dessen eingelagerten Elementen und Mineralien, Gebirgstemperatur und verwendeten Baustoffen - eine weitere Umwandlung dieser Stoffe zu erwarten. Neben einem möglichen Zerfall in die gasförmigen Ausgangsprodukte Stickstoff und Sauerstoff, erscheint in erster Linie die Entstehung salzartiger Verbindungen (Nitrate) gegeben.

Optische Analysen nach Salzurückständen, die sich aus den Gas- und Ge-

steinsbestandteilen bilden würden, ergaben keinen Hinweis auf derartige Vorgänge, so dass es sich, wenn überhaupt, nur um geringe Spuren handeln dürfte. Diese können in solch geringen Mengen keine Gefahr für das Grundwasser darstellen, da Nitrate (Salze der Salpetersäure) in jedem Ackerboden vorhanden sind bzw. in weitaus größeren Mengen bewusst als Dünger dort ausgebracht werden.

Möglichkeiten für Sprengstoffreste im Haufwerk

Nicht umgesetzte Sprengstoffreste können aus unterschiedlichen Gründen nach Abtun der Sprengung im Haufwerk verbleiben:

Verschütten von losem Sprengstoff beim Ladevorgang

In diesem Fall handelt es sich entweder um ANFO-Sprengstoff oder um pumpfähigen Emulsionssprengstoff. Durch Wasser wird ANFO-Sprengstoff sehr bald gelöst; Emulsionssprengstoffe sind nahezu unlöslich.

Allein aus wirtschaftlichen Gründen dürfte es sich beim Verschütten um Ausnahmefälle handeln. Bei genügender Sorgfalt des Ladepersonals kann Verschütten vermieden werden.

Abgescherte Ladesäulen oder Ladesäulenteile

Unterschiedliche Ursachen können dazu führen, dass ganze Ladesäulen oder nur Teilladungen nicht gezündet werden.

Vor allem, wenn ganze Ladungen oder größere Ladungsteile nicht zünden, kann dies am Sprengergebnis erkannt werden und beim Laden des Haufwerks werden erkennbare Sprengstoffreste aussortiert. Das Nichtzünden, vor allem von Teilladungen, ist fast immer auf Einflüsse früher detonierender Nachbarladungen zurückzuführen, wodurch Ladesäulen über Klüfte oder Gebirgsverschiebungen unterbrochen werden können. Diese in erster Linie durch die Geologie des Gesteins bedingten Effekte lassen sich durch zündtechnische Maßnahmen, ein angepasstes Leitsprengbild und präzise Bohrarbeit weitestgehend verhindern.

Totpressen („Deadpressing“)

Bekanntermaßen reagieren Emulsionssprengstoffe im Vergleich zu traditionellen, gelatinösen Sprengstoffen empfindlicher auf die Belastung durch zuvor initiierte benachbarte Ladungen. Die zur Ausbildung der für die Detonationsfähigkeit erforderlichen „Hot Spots“ eingemengten Lufteinschlüsse können zerstört werden. War die Beanspruchung zu groß, verliert der Stoff seine

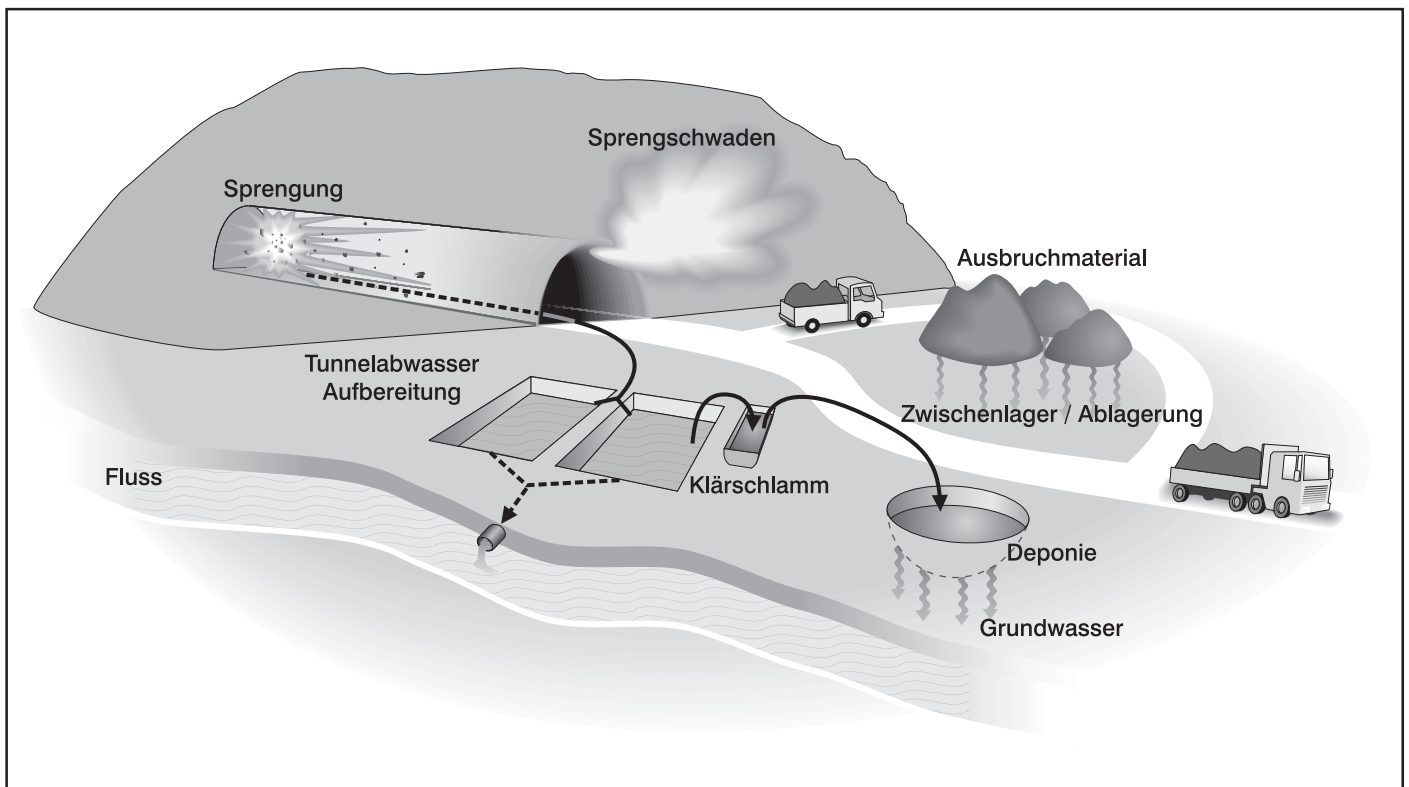


Bild 1: Kontakte des Ausbruchmaterials zu Oberflächen- und Grundwasser

Detonationsfähigkeit. Es kommt zu Versagern und somit auch zu Stoffresten im Haufwerk.

Speziell bei untertägigen Sprengarbeiten kommen wegen der geringen Abstände zwischen den einzelnen Bohrlöchern der Planung und Durchführung eine große Bedeutung zu. Die Art des Einbruchs, der Bohrlochdurchmesser, das Zündsystem, die Wahl und Anordnung der Zündzeitstufen nehmen wesentlichen Einfluss.

Versager

Versager können aus den unterschiedlichsten Gründen auftreten. Neben der bereits erwähnten Zerstörung des Initials durch benachbarte Ladungen, können weitere Anwendungsfehler und Produktmängel zu Versagern führen.

Üblicherweise sind Versager unmittelbar nach der Sprengung durch ein zumindest bereichsweise ungenügendes Sprengergebnis erkennbar. Zunächst steht hierbei die Beseitigung der entstandenen, erheblichen Gefahr für die Belegschaft im Vordergrund, d.h. das Bergen bzw. Beseitigen dieser Versager (Zünder, Zündverstärker und Patronenreste).

Reaktionsvarianten für Stoffreste aus dem Sprengvorgang

Bei unvollständiger Umsetzung oder unsachgemäßer Handhabung sind die drei folgenden physikalisch-chemischen Reaktionsvorgänge denkbar. Diese Reaktionen basieren ausschließlich auf dem Vorhandensein größerer Mengen nicht umgesetzten Sprengstoffs im Haufwerk - das Niederschlagen von Bestandteilen der Sprengschwaden auf dem Haufwerk findet hierbei keine Berücksichtigung.

Basisches Regime (anorganisch)

Kommen Reste von Ammonsalpeter in direkten Kontakt mit stark basischen Reaktionspartnern (Zement, Beton) werden die NH_4^+ Ionen des Ammonsalpeters (NH_4NO_3) zu Ammoniak (NH_3) umgewandelt.

Ammoniak hat einen stechenden Geruch; seine Entstehung wird bereits weit unterhalb der als schädlich geltenden Grenze von 50 ppm durch die menschliche Nase zuverlässig erkannt (ab ca. 2 [!] ppm). Eine Gefahr für die Umwelt entsteht hieraus nicht. Gleich dem Ammoniak, welcher bei zahlreichen mikrobiellen Umsetzungsprozessen in der Natur entsteht (z.B. der Zersetzung von Harnstoff in Dunggruben) wird der gebildete Ammoniak vom Regen gelöst, in den Boden verbracht und dort in den natürlichen Stickstoffkreislauf eingeschleust. Eine Anreicherung von Ammoniak findet nicht statt.

Basisches Regime (organisch)

In einem alkalischen Regime kann durch die bakterielle Umwandlung von Ammonsalpeter (NH_4NO_3) in Stickstoff (N_2) ebenfalls Ammoniak (NH_3) in geringen Mengen freigesetzt werden. Bezüglich des Verbleibs des Ammoniaks gilt das oben Gesagte.

Neutrales Regime

In einem neutralen Regime besteht die Möglichkeit der bakteriellen Umwandlung (Reduktion) von Ammonsalpeter (NH_4NO_3) in Nitrit (NO_2).

Wasser mit einer sehr hohen Nitritkonzentration ($\geq 1\%$ [!]) gilt als fischgiftig für niedere Wasserorganismen. Das Eindringen oder die Einleitung derartiger Wässer in natürliche Gewässer muss dringend vermieden werden; sie ist ohnehin durch die Vorschriften des Wasserhaushaltsgesetzes strengstens untersagt (Gewässerverunreinigung ist Straftatbestand).

Denkbar ist dagegen, bei Zustimmung des Anlagenbetreibers, eine langsame und kontrollierte Einleitung niedriger Konzentrationen in eine biologische Kläranlage. Bei adaptierten Mikroorganismen sind Störungen der Abbauproduktivität von Klärschlamm (Belebtschlamm) nicht zu erwarten. In einer solchen Anlage wird Nitrit, ähnlich wie in der freien Natur, durch Mikroorganismen entweder zu Nitrat oxidiert oder zu Stickstoff reduziert. In beiden Fällen entstehen praktisch ungiftige Produkte.

Nitrit wird durch Mikroorganismen entweder zu Nitrat oxidiert oder zu Stickstoff reduziert. Bei sachgemäßer und kontrollierter Einleitung geringer Konzentrationen in adaptierte biologische Kläranlagen sind Störungen der Abbauproduktivität von Belebtschlamm nicht zu erwarten.

Fazit

Bei sachgerechter Handhabung moderner Zünd- und Sprengstoffsysteme scheint nach heutigem Wissensstand - weder von den Explosivstoffen selber, noch von deren Umsetzungsprodukten - ein schädlicher Einfluss auf das Grundwasser auszugehen.

Es ist von einer kurz- bis mittelfristigen Elimination von Explosivstoffresten aus der Umwelt durch Umwandlung in ungefährliche bzw. naturidentische Komponenten auszugehen. Nichtabbaubare, langlebige bzw. anreicherungsfähige toxische Bestandteile sind in modernen gewerblichen Sprengstoffsystemen weder vorhanden noch werden sie im Zuge von Eliminationsreaktionen gebildet. Zwar können durch Salpetersäureester, Nitrit-Ionen sowie freien Ammoniak kurzfristig gewässertoxische Auswirkungen hervorgerufen werden, bei entsprechender Verdünnung werden jedoch auch diese Stoffe durch physikalisch-chemische bzw. biologische Prozesse rasch in ungefährliche Komponenten überführt. In der Praxis sollten daher Bedingungen, die zur Entstehung von Nitrit bzw. Ammoniak aus Sprengstoffresten führen, möglichst vermieden werden. Entsprechende Wässer sind aufzufangen, zu prüfen und ggf. nach Vorbehandlung fachgerecht zu entsorgen.

Literatur

- [1] Delb, V., Marti, D.: Umweltbelastungen durch Sprengstoffe, Nobel Hefte 67 (2001), S. 61, Hsg. Sprengtechnischer Dienst der Orica Germany GmbH Troisdorf
- [2] Technische Information: Explosivstoffe und ihr Einfluss auf Grund- und Oberflächenwasser, Orica Germany GmbH, Juli 2005