

SPRENGSCHLÄMME DER DYNAMIT NOBEL WIEN GESELLSCHAFT M.B.H.

von

Erwin Sommer

**Bundesministerium für Handel, Gewerbe und Industrie;
Grundlagen der Rohstoffversorgung, Heft 5, Geotechnik und Sicherheit im Erzbergbau – Seminar in Eisenerz
am 5. und 6. Dezember 1978, Wien 1979.**

Sprengschlämme der Dynamit Nobel Wien Gesellschaft m.b.H.

Von Erwin Sommer*)

Sprengschlämme, auch Slurry-Sprengstoffe, Slurries, Wassergele oder Watergels genannt, sind wasserhaltige Ammonsalpetersprengstoffe, die je nach Zusammensetzung durch Sprengschnur, Sprengkapseln bzw. elektrische Zünder oder über eine Initiierungsladung aus einem konventionellen Sprengstoff (Primer) zur Detonation gebracht werden. Als Sensibilisatoren dienen explosionsgefährliche oder explosionsfähige Stoffe, Metallpulver bestimmter Feinheitsgrade oder auch Kombinationen dieser Stoffgruppen. Durch Quellsubstanzen und Quervernetzungsmittel erhalten die Sprengschlämme eine Gel-Konsistenz, welche sie gegen Wassereinwirkung unempfindlich macht. Sie sind daher auch unter nassen Bedingungen verwendbar.

Anfang der 50er Jahre war in den USA mit Ende des Korea-Krieges sehr viel aus Munition delaboriertes Trinitrotoluol (TNT) verfügbar. Dieser Überschuss an Trinitrotoluol begünstigte die Slurry-Entwicklung in den USA. Slurry-Sprengstoffe sind auf Redoxreaktionen in wässrig-kolloidalen Systemen aufgebaut. Ein kolloidales System ist definitionsgemäß ein heterogenes System, das aus der dispergierten Phase und dem Dispersionsmittel besteht. Dabei ist die disperse Phase im allgemeinen einheitlich in dem Dispersionsmittel verteilt. Das fundamentale Konzept, das zur Entdeckung und Entwicklung der Slurry-Sprengstoffe führte, war die Tatsache, daß eine wässrige Lösung anorganischer Nitrate als kontinuierliche Phase (Dispersionsmittel) eines kolloidalen Systems dienen kann, um sowohl überschüssige anorganische Oxidationsmittel als auch den notwendigen Brennstoff zu dispergieren. Man vermutete, daß ein solches System durch genügend starke Primen bei großen Ladungsdurchmessern detonierbar sei. Eine besonders bezeichnende Eigenschaft dieser kolloidalen Systeme ist, daß sie das Mittel darstellen, den Sprengstoff wasserresistent zu machen. Wie allgemein bekannt ist, finden konventionelle ANC-Sprengstoffe bei der kommerziellen Anwendung aufgrund ihrer Empfindlichkeit gegen Wasser große Beschränkungen. Die Versuche, ANC-Sprengstoffe wasserresistent zu machen, brachten trotz großen Forschungsaufwandes nur begrenzte Erfolge. Auf der anderen Seite werden Slurries durch die Wirkung eines geeigneten hydrophilen Kolloides, wobei das kreuzvernetzende Guar-Gum am wirkungsvollsten ist, leicht widerstandsfähig gegen Wassereinfluß. Dieses hydrophile Kolloid hält im Slurry die Teilchen aneinander und verhindert die Wasserdiffusion in das oder aus dem Produkt.

Der wichtigste Sensibilisator der ersten Slurry-Sprengstoffe war Roh-Trinitrotoluol, wobei TNT-Slurries auch heute noch ein wichtiges Produkt darstellen. Auch rauchloses Pulver hatte aufgrund von Überschussverkäufen der US-Regierung anfänglich Bedeutung als Sensibilisator für Slurries, wobei ein größerer Anteil von rauchlosem Pulver als von TNT zur Sensibilisierung notwendig war. Auch organische Nitrate (z.B. Methylaminnitrat) fanden und finden als Sensibilisatoren von Slurry-Sprengstoffen Verwendung. All diese mit vorgenannten Stoffen sensibilisierten Slurries bedürfen zur Sprengarbeit eines Primens und können unter dem Sammelbegriff Slurry-Explosives zusammengefaßt werden.

Obwohl Aluminiumpulver (Al-Pulver) auch bei den ersten Entwicklungen der Slurries als interessanter Slurry-Brennstoff erkannt wurde, wurde es wegen der Schwierigkeiten, die sich für den Bezug

*) Anschrift des Verfassers: Dipl.-Ing. Dr. mont. Erwin Sommer, Dynamit Nobel Wien Gesellschaft m.b.H., Werk St. Lambrecht, A-8813 St. Lambrecht.

der benötigten Sorten ergaben, anfänglich nur als energieliefernder Zusatz und nicht als Sensibilisator verwendet. Eine sofort festgestellte Schwierigkeit bei Al-Slurries war die gefährliche Reaktion von Aluminium mit Wasser. Die hohe Bildungswärme der bei der Detonation entstehenden Aluminiumoxide macht die Al-Slurries extrem kräftig. Die Entwicklung einer Methode zur Verhinderung der Reaktion zwischen Aluminium und Wasser war daher eine primäre Notwendigkeit. Nach geeigneter Abhilfe konnte Al-Pulver erfolgreich für die Slurry-Produktion eingesetzt werden. Durch die Erkenntnis, daß Aluminium nicht nur sehr effektiv zur Erhöhung der Sprengkraft, sondern auch ein guter Sensibilisator für Slurries ist, wurde der Weg für weitere Forschung durch IRECO-Wissenschaftler gezeigt, welche in der Entwicklung praktische Al-sensibilisierter Slurries gipfelte, die keine explosiven Sensibilisatoren mehr benötigen (SBA-Slurries, SBA = Slurry-Blasting-Agents).

Besonders in den USA hatte der Einsatz des ANC-Sprengstoffes einen großen Aufschwung genommen. Da jedoch Dichte und Detonationsgeschwindigkeit niedrig sind, Wasserresistenz vollkommen fehlt, blieben für die universelle Anwendungsmöglichkeit viele Wünsche offen, der Sprengstoff wird aber trotzdem von einer Vielzahl von Betrieben aufgrund seiner geringen Kosten, seiner relativ einfachen Handhabung und seiner Sicherheitseigenschaften verwendet. Über Anregung der canadischen Bergbauindustrie führte Dr. Melvin C O O K Ende 1956 in der Iron Ore Company of Canada's Nob Lake Mine in Labrador die erste Sprengung mit einem in einem Schubkarren hergestellten Gemisch von Ammoniumnitrat, Wasser und Aluminium durch. Bei der Sprengung gab es durch Sekundärexplosion von Wasserstoffgas (zu viel Aluminium) einen pyrotechnischen Effekt in Form eines Feuerpilzes und Rauchpilzes, die Sprengung lag in ihrem Ergebnis über den Erwartungen des Erfinders. Trotz Erfolges seines ersten nur durch Aluminium sensibilisierten Slurry kam Dr. C o o k bald zur Erkenntnis, daß ein durch Roh-Trinitrotoluol sensibilisierter Slurry zuverlässiger als seine ersten Aluminiumslurries wirkte, bei deren Erprobung ihm noch die Erfahrung der richtig dosierten Verwendung von Aluminium als Slurry-Sensibilisator gefehlt hatte.

So war dann der erste kommerzielle Slurry nicht mit Aluminium, sondern mit Trinitrotoluol sensibilisiert. Die Canadian Industries Ltd. erwarben die Weltrechte mit Ausnahme der USA, ihr TNT-Produkt „Hydromax“ stellte den ersten kommerziellen Slurry dieser Type dar.

Die ersten Rechte auf dem Gebiet der TNT-Slurries in den USA wurden Du Pont verliehen. Der Dezember 1959 ist der wirkliche Beginn des Slurry-Einsatzes in den USA durch Dr. Melvin C o o k in der Polotac Mine der Olivier Mining Company in Mesabi Range. Dr. C o o k mischte den Slurry in einem Zementmischer, indem er das gesamte Ammoniumnitrat in eine erwärmte Lösung eintrug und TNT sowie Guar-Gum als Eindickmittel in entsprechender Menge zur Vervollständigung der Mischung zugab. Der noch warme Slurry wurde in Anwesenheit interessierter Zuschauer in 14 nasse Bohrlöcher verladen. Die Sprengung war so erfolgreich, daß ab diesem Zeitpunkt im Mesabi Iron Range Slurries zum Einsatz kamen. Im Mai 1960 wurde die Mesabi Blasting Agents Inc (MBA) als Tochtergesellschaft der IRECO gegründet. Bald darauf schlossen sich in den USA andere Sprengstoffhersteller mit der Herstellung von TNT-Slurries an. Sehr bald ersetzte MBA TNT durch rauchloses Pulver. Beide Sorten wurden bis heute durch die kräftigeren Aluminium- und Brennstoff-sensibilisierten Slurries überflügelt und verdrängt, die keines Primens mehr bedürfen.

Primär wurden die Al-sensibilisierten Slurries für Großbohrlöcher entwickelt. Wenn dies auch das Haupteinsatzgebiet dieser Slurry-Type darstellt, so gibt es heute daneben auch patronierte Slurries, die bis zu einem kritischen Durchmesser von 25 mm kapselsensitiv sind und keines Primers bedürfen. 1962 fiel bei IRECO (Intermountain Research and Engineering Company in Salt Lake City., Utah) die Entscheidung für das System des Mischens und Ladens über den Pump Truck (Misch-Pump-Fahrzeug, MPF). Schwierige Studien über den Mechanismus des Gesteinsverhaltens während der Sprengung zeigten klar, daß satt ausgeladen in das Bohrloch eingebrachte Sprengstoffe bemerkenswerte Vorteile gegenüber gleichartigen Produkten erbrachten, welche patroniert in die Bohrlöcher eingebracht oder einfallen gelassen wurden. Das Laden als Masse verbesserte die Ladedichte und bewirkte den vollkommenen Kontakt mit dem Gestein, was im Erreichen des vollen Wirkungsgrades des Sprengstoffes und des maximalen Bohrlochdruckes seinen Ausdruck fand. Diese wichtige und grundlegende Erkenntnis zeigte die Notwendigkeit des Einsatzes von Slurry als unpatronierte Masse, daneben sprechen für diese Art der Handhabung auch zahllose ökonomische

Vorteile. Da sich Slurries geradezu anbieten, unter geeigneten Bedingungen gepumpt zu werden, wurde der Pumptruck zu einem wertvollen Mitarbeiter im Zuge der SBA-Entwicklung.

Die Dynamit Nobel Wien Gesellschaft m.b.H. = DNW setzte auf dem Gebiet der Slurries folgende Forschungs- und Entwicklungsarbeiten:

Am 6.8.1963 fand im Kalksteinbruch des Wietersdorfer Zementwerkes eine Großsprengung mit einem von DNW entwickelten TNT-Slurry statt. Dieser Slurry enthielt AN als Oxidationsmittel, TNT als Sensibilisator, Guarmehl und Wasser und hatte etwa folgende sprengtechnischen Kennwerte:

Dichte, g/cm ³	1,4
Bleibblockausbauchung, ml	240
Stauchung n. Kast i. E., mm (Initiierung Adhaesit)	8,3
DG i.E., m/s	4350
Sauerstoffbilanz, %	3,2
Explosionsvolumen, l/kg	932
Explosionswärme, kcal/kg	777

Bohrlöcher: 16 – 25 m Tiefe
95 mm Durchmesser
Zwischenbesatz

Lademenge: ca. 10 kg Slurry/Bohrloch
Schlagprimers: im Bohrloch tiefsten 1 Patr. Gelatine Donarit 1 (= GD 1),
Laden: aus 12,5 kg fassenden PÄ-Säcken
Vorgabe und Bohrlochabstand: 8 – 9 m
Ergebnis: Haufwerk wie bei GD 1

Dieser Sprengstoff durfte nach damaligen behördlichen Vorschriften nur in patroniertem Zustand verwendet werden. Durch die gegenüber GD 1 geringere Leistung und das satte Ausladen der Bohr-
löcher war der Sprengstoffverbrauch höher als bei GD 1.

In der Folge wurde ein TNT-Slurry mit der Bezeichnung „Slurry“ mit Bescheid der Sicherheitsdi-
rektion f.d. Bundesland Steiermark v. 1.6.1970 zugelassen. Zu dieser Zeit waren aber in Österreich
durch die damaligen Typen von Sprengschlämmen gegenüber der Verwendung konventioneller
Sprengstoffe weder sprengtechnische Vorteile noch größere Wirtschaftlichkeit für den Verbraucher
gegeben.

Bereits im Jahre 1968 war in den USA die Technologie der Slurry-Explosives, also von Slurries mit
Hochleistungssprengstoffen, die eines Primers bedürfen, durch die Technologie der kapselsensiti-
ven mit Aluminium sensibilisierten SBA-Slurries überholt. Nach C o o k beruht dabei der charakte-
ristische Unterschied zwischen Slurry-Explosives und SBA-Slurries auf grundlegenden unterschiedli-
chen Reaktionen bei der detonativen Umsetzung:

Während Slurry-Explosives sich durch Oberflächenverbrennung der Explosivstoffkörper umsetzen,
wobei im Gegensatz zur Normalreaktion im Oberflächenbereich eine von der Reaktionsgeschwindig-
keit abhängige Kühlung durch die wässrige Lösung stattfindet, detoniert ein SBA-Slurry durch dif-
fusionsgelenkte Reaktionen, die durch Porenraum und Vorerwärmung unterstützt werden. Noch
nicht ganz einig sind sich die Wissenschaftler darin, ob die Steigerung der Sensibilität durch das
Porenvolumen dadurch bewirkt wird, daß beim Durchgang der Stoßwelle die Gasblasen in der
Sprengstoffmasse durch adiabatische Verdichtung so stark erhitzt werden, daß sie die chemische
Reaktion auslösen, oder daß durch die Stoßwelle feine Partikelchen mit hoher Geschwindigkeit
durch das Porenvolumen gleichsam hindurchgeschossen werden, die beim Aufprall auf das feste Me-
dium lokal eine starke Erhitzung und damit die Auslösung der Reaktion bewirken.

IRECO hatte mittlerweile durch die Haniel Blasting/Basel in der Schweiz Fuß gefaßt und Slurries
des SBA-Typs als Gotthardite auf den Markt gebracht, die mit Hilfe eines Misch-Pump Fahrzeuges
erzeugt wurden.

Neben den Eigenentwicklungen wurden von DNW auch Kontakte zu anderen Slurry-Herstellern aufgenommen. Durch genaue Prüfung aller Vor- und Nachteile der verschiedenen Produkte kam DNW im Laufe der Jahre zur Überzeugung, daß die Slurries der amerikanischen Firma IRECO, deren Lizenznehmer in der BRD die Fa. Haniel Sprengtechnik ist, für die österreichischen Verhältnisse und speziell für den Steirischen Erzberg am besten geeignet sind.

Durch die Lizenznahme bei Haniel Sprengtechnik/BRD stehen für DNW auch deren Erfahrungen auf dem Sektor der Anpassung der amerikanischen Slurries an die europäischen Verhältnisse zur Verfügung. Dort erfolgte die Weiterentwicklung der Slurries zu Sorten, die keinen für sich allein explosionsgefährlichen Rohstoff enthalten, und deren Sensibilität durch verschiedene Aluminiumpulver und andere Zusätze erreicht wird. Erst durch diese Entwicklung entstand die Möglichkeit, solche Mischungen in einem Misch-Pump-Fahrzeug (MPF) herzustellen und aus diesem direkt in die Bohrlöcher pumpen zu können. Die dadurch erzielte satte Ladung bringt unter bestimmten Umständen Vorteile.

Stellt man einen Kostenvergleich zwischen den Rohstoffen für konventionelle Sprengstoffe, wie z.B. Gelatine Donarit 1 und Lambrit, und für Pump-Slurries auf, so muß man allerdings die Erwartungen enttäuschen, daß die Slurries von der Rohstoffseite her billige Sprengstoffe seien. Die Wirtschaftlichkeit liegt nur in der Art des Einsatzes, wie z.B. in der damit erzielten satten Ausladung des Bohrloches. Die Mehrkosten der Slurries werden also nur dort, wo die entsprechenden Voraussetzungen gegeben sind, durch Einsparungen auf anderen Gebieten ausgeglichen. Die Rentabilität für den Einsatz eines solchen Fahrzeuges ist wegen der erforderlichen sehr hohen Investitionen und der notwendigen Auslastung erst bei Betriebsgrößen sichergestellt, die in Europa nur in wenigen Fällen erreicht werden. Aber auch die Bereitstellung eines gemeinsamen Misch-Pump-Fahrzeuges für mehrere Betriebe ist in Österreich kaum realisierbar, weil sich die jeweiligen Terminabstimmungen und die räumlichen Entfernungen erschwerend auswirken und daher die Wirtschaftlichkeit verloren ginge.

Um den Steir. Erzberg mit Pumpslurries versorgen zu können, waren folgende Schritte notwendig:

Errichtung einer Vorerzeugungsanlage für die Versorgung des MPF mit den Hauptkomponenten des Sprengschlammes

Anschaffung eines Misch-Pump-Fahrzeuges

Nach Abklärung der Vorstellungen der für das Zulassungsverfahren zuständigen Behörden ist die Vorerzeugungsanlage eine Anlage mit ungefährlichem Betrieb, das MPF eine solche mit gefährlichem Betrieb. Für beide Anlagen war die Sicherheitsdirektion (Sidion) für das Bundesland Steiermark die Genehmigungsbehörde, während für das Misch-Pump-Fahrzeug als Ladegerät die Oberste Bergbehörde (OB) zuständig wurde. Beim MPF wurde der Original-IRECO-Aufbau mit der Bezeichnung K 21 auf ein Mercedes-LKW Chassis aufgebaut und in der BRD bei der Fa. Haniel mit der für die Erzeugung und Registrierung notwendigen Elektronik ausgestattet.

Die Situierung der Vorerzeugungsanlage am Steir. Erzberg erfolgte in Hinblick auf vorratsgünstige Versorgung sämtlicher Gewinnetagen unter Berücksichtigung der Möglichkeit eines Rohstoffbezuges per Bahn. Nach eingehender Absprachen mit der VOEST-Alpine (VA) wurde eine Parzelle der KG Trofeng auf der Etage Drei-König unmittelbar nach der Ausfahrt der Erzbahn aus dem Plattentunnel gewählt und von der VA gepachtet. Die Vorerzeugungsanlage wurde nach den neuesten technischen Gesichtspunkten errichtet, wobei DNW sich Studienaufenthalte bei anderen ausländischen Slurry-Herstellern, unter anderem in USA, Schweden, Schweiz und BRD zunutze machte, und stellt derzeit die modernste Anlage ihrer Art dar. In der Vorerzeugungsanlage sind installiert:

Garage für das MPF

Wärmeträgerölanlage

Rohstofflager für 80 t Nitrate

2 Salzlösekessele á 37 t

Ladestation für den Hubstapler

Einrichtungen zur Beschickung des MPF mit Premix.

Spurenchemikalien, Salzlösung und AN-Prills
 Laborraum
 Sanitär- und Aufenthaltsräume für das Personal.

Während das MPF bereits seit Frühjahr 1977 betriebsbereit war, konnte nach Klärung der behördlichen Zuständigkeiten und Vorschreibungen mit dem Bau der Vorerzeugungsanlage erst im Herbst begonnen werden, die im April 1978 fertiggestellt wurde. Bereits mit Bescheid der Sidion für das Land Steiermark v. 20. 5 1977 erhielt DNW die Erzeugungsgenehmigung für die beiden Pump-Slurries Lambrex 85 P und Lambrex 40 P. Am 24.4.1978 erfolgte die Kollaudierung der Vorerzeugungsanlage und des MPF gemäß § 40 und § 43 AVG 1958 in Verbindung mit § 18 des Schieß- und Sprengmittelgesetzes durch die Sidion f.d. Bundesland Stmk. Zwischen 6. u. 8.6.1978 erfolgte durch die Oberste Bergbehörde die Zulassung des MPF als Ladegerät sowie die Zulassungs-Sprengung der beiden Pumpslurries auf dem Steir. Erzberg. Mit Bescheid der OB v. 14.6.1978 wurden die beiden Sprengschlämme vorerst befristet bis zum 30.6.1979 zur Schießarbeit im Bergbau übertage zugelassen. Die Zulassung des MPF als Ladegerät erfolgte mit Bescheid der OB v. 13.6.1978. Um einen klaglosen Betriebsablauf zu gewährleisten, wurden zwischen der VOEST-Alpine und DNW ein Arbeits-Übereinkommen getroffen, wobei bereits mit 1.4.1978 3 Mitarbeiter der VA in den Angestellten-Stand der DNW übernommen wurden. Diese Mitarbeiter sind in einem wöchentlichen Arbeitsrhythmus abwechselnd in der Station, als Bedienungsmann, sowie als Schlauchmann eingesetzt und haben sich mittlerweile sehr gut in ihre neuen Arbeitsbedingungen eingearbeitet. Bis Ende November 1968 wurden seit Aufnahme der Produktion am 6.6.1978 etwa 600 t Pump-Slurries verladen und erfolgreich abgetan.

	Lambrex 40 P	Lambrex 85 P
Sauerstoffbilanz, %	0,8	5,0
Dichte, g/cm ³	1,2	1,2
Explosionswärme, kcal/kg	912	1543
Explosionsvolumen 20° C, l/kg	849	749
Explosionstemperatur, ° C	2308	3301
Spez. Druck, l at/kg	7720	9987
rel. weight strength, %	58 -- 59	66 -- 68
Bleiblockausbauchung, ml	240 -- 260	320 -- 350
Brisanz n. Hess, mm	11 -- 13	18 -- 19
Brisanz n. Kast. i.E., mm	8 -- 9	10 -- 11
Detonationsgeschwindigkeit, m/sec.	2800 -- 3000	3500 -- 4000

Die Herstellung der Slurries erfolgt in einem kontinuierlichen Mischvorgang über das MPF, in dem die Hauptkomponenten Premix, Salzlösung, AN-Prills und die gasbildenden sowie quervernetzenden Spurenchemikalien über die hydraulisch betriebenen Dosieraggregate in den Mischer eingetragen werden. Der flüssige Slurry verläßt den Mischer durch einen Mischerspalt, gelangt in ein Vorratsgefäß und aus diesem in den Sumpf einer Peristaltikpumpe, von der der Slurry über einen auf einer Haspel aufgerollten 40 m langen Ladeschlauch beginnend im Bohrlochtiefsten in das Bohrloch eingepumpt wird. Die im Fahrzeug eingebaute Elektronik registriert die Umdrehungszahlen der einzelnen Austragaggregate, gestattet über die Kalibrierwerte die Umrechnung auf die pro Batterie ausgetragenen Hauptkomponenten und ermöglicht über Drucker die Aufzeichnung der pro Batterie verladenen kg-Mengen Lambrex 85 P und Lambrex 40 P, wobei die Druckkarten die Lieferscheine für den Kunden darstellen. Die Ladearbeiten haben selbstverständlich über Anweisung des vor Ort anwesenden Sprengsteigers der VA zu erfolgen, der am Vortag die jeweils ungefähr zu ladenden Gesamtmengen für den nächsten Tag bekannt gibt und anhand des Bohr-Protokolls bestimmt, wieviel kg Fuß- und Aufladung in dem jeweiligen Bohrloch zu verladen sind.