

ANDETONIERENDE (DIE DETONATION ÜBERTRAGENDE) KRAFTLEISTUNG DER ERSTEN PATRONE BEI SYMPATHETISCHER DETONATION

(Eingegangen am 12. Aug. 1958)

HIDEJI SUDO

1. Vorwort.

1—1. Detoniert eine Knallquecksilbermasse (zweite Patrone) durch verschiedenartigen Sprengstoff (erste Patrone), so vergrößert sich die Entfernung der sympathetischen Detonation im Verhältnis zu dem Gehalt der festen Rückstände,¹⁾ die in der ersten Patrone enthaltenen sind.

1—2. Doch zeigen diese Rückstände gegen die weniger empfindliche zweite Patrone, wie Ammondynamit (Wettersprengstoff) keinen solchen Effekt, wie sie auf den Initialspreng-

stoff ausüben.

Diese Resultate sind in Tabelle 1. und Tabelle 2. angegeben, d. h. das wettersichere Kochsalz haltige Ammon-Dynamit hat schwächer andetonierende Kraft als Ammon-Dynamit ohne Kochsalz. Deshalb ist anzunehmen, daß die andetonierende Kraftleistung für gewöhnliche Sprengstoffe, ausserordentlich empfindliche Sprengstoffe wie Initialsprengstoff ausgenommen, nicht durch solide Rückstände in der ersten Patrone, sondern durch deren Stosswelle entsteht.

Tabelle. 1. Der Gehalt der festen Rückstände und die Entfernung der sympathetischen Detonation. Zweite Patrone.....Knallquecksilber

Sprengstoff (Erste Patrone)	Feste Rückstände (%)	50 prozentige Entfernung der sympathetischen Detonation (cm)
Ammon-Gelatinedynamit (N/G-gel 30%) (Japanisch Shinkiri-Dainamaito)	0	68
Wettersicheres Ammondynamit (Japanisch Shoan-Dainamaito)	15	62
Wettersicheres Ammonsalpetersprengstoff (Japanisch Shoan-Bakuyaku)	17	103
Kalisalpeter Gelatinedynamit (N/G-gel 50%) (Japanisch Sakura-Dainamaito)	26	105
Wettersicheres Ammon-Gelatinedynamit (N/G-gel 35%) (Japanisch Shiraume-Dainamaito)	30	108

Tabelle. 2. Der Prozentsatz der sympathetischen Detonation. Entfernung der sympathetischen Detonation 15cm. Zweite Patrone.....wettersicheres Ammondynamit

Sprengstoff (Erste Patrone)	Prozentsatz der sympathetischen Detonation
Ammon-Gelatinedynamit (Shinkiri-Dainamaito)	61
Wettersicheres Ammon-Gelatine-Dynamit (Shiraume-Dainamaito)	56
Ammonsalpeter-Sprengstoff (TNT 10%) (Ammon-Bakuyaku)	89
Wettersicheres Ammonsalpeter-Sprengstoff (Shoan-Bakuyaku)	76

1) H. Sudo: Z. Technische Explosivstoffgesellschaft 34 S. 172 (1951)

Darüber wird in Einzelheiten wie folgt berichtet.

2. Stoßdruck (Detonationsdruck) auf den sympathetischen Detonationspunkt.

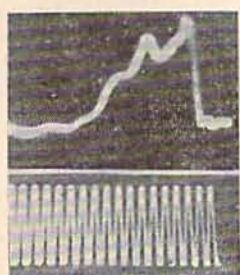
2—1. Der in verschiedenen Sprengstoffen

(wobei die Menge von Sprengstoff immer 50g und der Durchmesser 32mm ist) entstehende Stoßdruck auf piezo-elektrischem Apparat wurde in verschiedenen Entfernungen gemessen laut Photographie 1, Tabelle 3. und Abb. 1.

Tabelle 3. Verhältnis zwischen Entfernung und Stoßdruck.

Entfernung zwischen Sprengstoff und Piezoapparat (cm)	Stoßdruck durch verschiedenartigen Sprengstoff Kg/cm^2						Carlit
	Kalisalpeter-Gelatine-Dynamit (Sakura)	Ammon-Gelatine-Dynamit (Shinkiri)	Wettersicheres Ammon-Gelatine-Dynamit (Shiraume)	Wettersicheres Ammon-Salpeter sprengstoff (Shoan-Bakuyaku)	PETN	Pikrin-säure	
40	55.7	39.5	23.5	16.3	23.2	23.2	15.7
30	65.0	69.6	33.5	51.1	81.3	43.6	33.5
20	102.0	181.0	60.5	114.0	286.0	71.6	51.1
15	—	—	—	—	321.0	—	—
10	251.0	181.0	176.0	265.0	567.0	182.0	206.0
5	276.0	350.0	176.0	354.0	—	302.0	311.0

Photo. 1. Stoßdruck und Drucksteigung

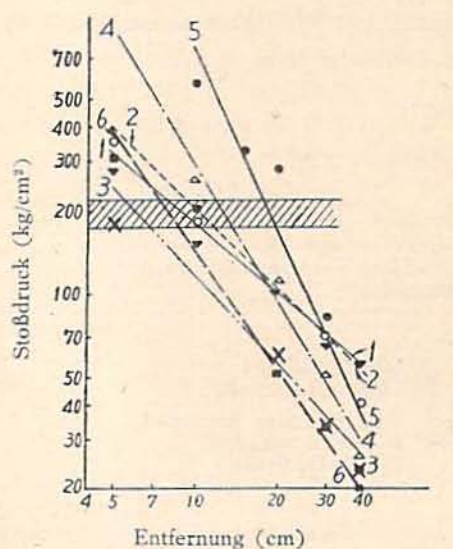


2—2. Der Stoßdruck auf den 100%ig sicheren Andetonationspunkt ist in der Tabelle 4. angegeben.

Der für eine Andetonation notwendige Stoßdruck muss sich nicht nur auf seine Quantität sondern viel mehr auf sein Qualität beziehen. Die Drucksteigung auf den sympathetischen Detonationspunkt—(Druckneigung von Zeit, kg/cm^2 , 10^{-4}sek^1 , dp/at) wurde deshalb gewonnen und in der Tabelle 3 angegeben.

Wird die zweite Kalisalpeter-Gelatine-Dynamit-Patrone durch Kalisalpeter-Gelatine-Dynamit ("Sakura") und Ammonsalpeter-Gelatine-Dynamite ("Shinkiri-Dainamaito", "Shiraume Dainamaito") andetoniert so

Abb. 1. Verhältnis von Entfernung und Stoßdruck



1. Kalisalpeter-Gelatine-Dynamit
2. Ammon-Gelatine-Dynamit
3. Wettersicheres Ammon-Gelatine-Dynamit
4. Wettersicheres Ammonsalpeter-Sprengstoff
5. P.E.T.N.
6. Carlit

befindet sich der andetonierende Stoßdruck auf dem 100%ig sicheren Detonationspunkt in der Schrägellinienzone der Abb. 1. und beträgt 175—220 kg/cm^2 . Die Drucksteigung

Tabelle 4. Detonationsdruck (Stoßdruck) auf dem 100% ig sicheren Detonationspunkt:

Erste Patrone Zweite Patrone	Kalisalpete- Gelatine- Dynamit. (Sakura)			Ammon-Gelatine- Dynamit(Shinkiri)			Wettersicheres Ammon-Gelatine- Dynamit (Shiraume)			Wettersicheres Ammonsalpeter- Sprengstoff (Shoan-Bakuyaku)		
	D	P	dp/dt	D	P	dp/dt	D	P	dp/dt	D	P	dp/dt
Kalisalpete-Gelatine- Dynamit (Sakura)	9	175	45	8	220	40	9	185	25	19	85	12
Ammon-Gelatine-Dynamit (Shinkiri)	7	210	55	6	290	50	7	265	35	23	60	10
Wettersicheres Ammon- Gelatin-Dynamit(Shiraume)	8	190	50	8	220	40	12	140	20	24	58	9
Wettersicheres Ammon- Dynamit (Shoan-Dainam- aito)	8	190	50	8	220	40	7	265	35	23	60	10

P (kg/cm²) Detonationsdruckdp/dt (kg/cm², 10⁻⁴ sec) Detonationsdrucksteigung

D(cm) Entfernung der sympathetischen Detonation

des Gelatine-Dynamits hat ungefähr gleiche Werte, wie in Tabelle. 4, angegeben, während der diejenige des schlagwettersicheren Ammonsalpeter-Sprengstoffes und Ammonsalpete-Dynamits geringer ist.

2—3. Unterschied zwischen Gelatine-Dynamit und Ammonsalpeter-Sprengstoff bei andetonierender Krafftleistung.

Die Stoßwellengeschwindigkeit²⁾, Stoßdruck durch in Bleiplattebeobachtung³⁾, piezo-

Tabelle 5. Prozentsatz der sympathetischen Detonation

Zweite Patrone		Sprenggelatine	Kalisalpeter- Gelatine-Dynamit (Sakura)	Ammon- Gelatine- Dynamit (Kiri) N/G gel 40%	Ammon- Gelatine- Dynamit (Shinkiri)
Entfernung der sympathetischen Detonation		6	15	15	15
Erste Patrone	Prozentsatz der sympathetischen Detonation (%)				
	Sprenggelatine (Matsu-Dainamaito)	22	7	12	6
	Wettersicheres Ammon- salpeter-Sprengstoff (Shoan-Bakuyaku)	78	63	79	71
Zweite Patrone		Wettersicheres Ammon-Gelatine- dynamit (Shiraume)	Wettersicheres Ammon-Dynamit (Shoan-Dainamaito)	Wettersicheres Ammon salpeter Sprengstoff (Shoan- Bakuyaku)	
Entfernung der sympathetischen Detonation		15	15	6	
Erste Patrone	Prozentsatz der sympathetischen Detonation				
	Sprenggelatine (Matsu-Dainamaito)	7	61	51	
	Wettersicherer Ammon- salpeter-Sprengstoff (Shoan-Bakuyaku)	76	76	68	

2) H. Sudo: Z. Technische Explosivstoffgesellschaft, Japan: 14, s. 108 (1953)

3) H. Sudo: Z. Technische Explosivstoffgesellschaft, Japan: 13, s. 263 (1952)

elektrische Effekte und Drucksteigung, auf den 100% ig sicheren Detonationspunkt sind weniger in wettersicherem Ammonsalpeter-Sprengstoff als in Gelatine-Dynamit. Trotzdem ist die andetonierende Kraftleistung der ersten wie in Tabelle 5. angegeben bei weitem grösser als die des letzteren.

2—4. Tabelle 6. zeigt die Daten der Detonationsgeschwindigkeit der zweiten Patrone mit Ammon-Gelatine-Dynamit (Shinkiri-Dainamaito), wobei entweder Ammon-Gelatine-Dynamit oder wettersicherer Ammonsalpeter-Sprengstoff (Shoan-Bakuyaku) für die erste Patrone verwendet wurde.

Aus dieser Tabelle ist zu ersehen, daß die Detonationsgeschwindigkeit der zweiten Patrone auf dem kritischen sympathetischen Detonationspunkt immer 1,800 m/sek beträgt, sei es, dass diese durch jedem der beiden Sprengstoffen andetoniert. Es handelt

sich dabei um den Wert, der durch die minimale Andetonationskraftleistung bei der minimalen kritischer Detonationsgeschwindigkeit von Ammon-Gelatine-Dynamit (Shinkiri-Dainamaito) entstanden ist. Diese Kraftleistung wird in der Tabelle 7. angegeben.

2—5. Ammonsalpeter-Sprengstoff kann wie oben gesagt mit einer verhältnismässig kleineren Kraft anderen Sprengstoff zur Detonation bringen. Als Grund dafür wird gesagt, daß z. B. im Vergleich zu Ammon-Gelatine-Dynamit (Kiri-Dainamaito) die eigene Volldetonationsfähigkeit des wettersichereren Ammonsalpeter-Sprengstoffes grösser ist als die des Ammon-Gelatine-Dynamit (Kiri-Dainamaito)¹⁾.

In der Tat zeigt der Ammonsalpeter-Sprengstoff in gleicher Entfernung vom Detonationspunkt grösseren Stossdruck als andere Sprengstoffe, daher ist anzunehmbar, daß die

Tabelle 6. Detonationsgeschwindigkeit der zweiten Patrone (Ammon-Gelatine-Dynamit —Shinkiri-dainamaito) und Entfernung der sympathetischen Detonation

Entfernung der sympathetischen Detonation (D) cm	Detonationsgeschwindigkeit der zweiten Patrone (Ammon-Gelatine-Dynamit) m/sec.	
	andetoniert durch Ammon-Gelatine-Dynamit als ersten Patrone	andetoniert durch wettersichereren Ammonsalpetersprengstoff als ersten Patrone
0	2,750	4,800
4	2,200	2,600
6 ¹⁾	1,860	2,500
10	nicht andetoniert	2,100
15	—	1,900
20 ²⁾	—	1,800

1) 2) 6cm und 20cm ist respektive eine kritische Andetoniersicherentfernung des Ammon-Gelatine-Dynamits (Geschwindigkeit der Stopwelle ist 1,900m/sek) und wettersichereren Ammonsalpeter-Sprengstoffes (Geschwindigkeit der Stoßwelle ist 1,400 m/sek) für Ammon-Gelatine-Dynamit.

Tabelle 7. Minimale Kraftleistung, welche die zweite Patrone detoniert.

Erste Patrone	Sorten der Kruftleistung	
	Stosswellen-geschwindigkeit (m/sek)	Detonationsdruck (kg/cm ²)
Ammon-Gelatine-Dynamit (Shinkiri-Dainamaito)	1,900	290
Wettersicherer Ammonsalpeter-Sprengstoff	1,400	60

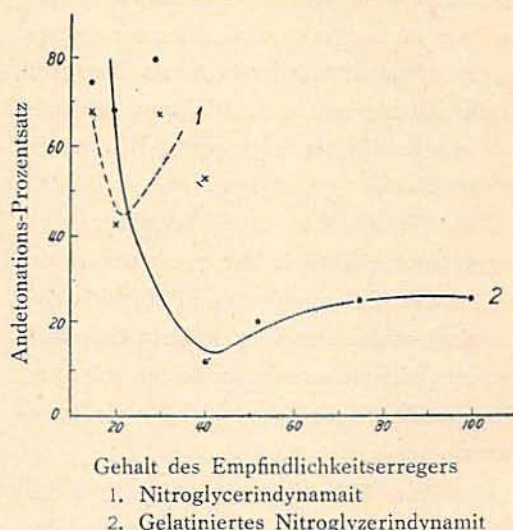
Volldetonationsfähigkeit grösser sein kann. Aber die kritische Kraftleistung, womit eine bestimmte zweite Patrone zur kritischen Detonation gebracht wird, muß immer die gleiche sein.

Ungeachtet der Sorten hat die Fähigkeit der kritischen Detonation im Gelatine-Dynamit immer den gleichen Wert, d. h. die andetonierende Fähigkeit des wettersicheren Ammonsalpeter-Sprengstoffes ist verschieden gegenüber anderen Gelatine-Dynamiten. Zwar ist die Detonationsgeschwindigkeit des wettersicheren Ammonsalpeter-Sprengstoffes klein, aber seine kleinen Partikel fliegen in unvollzogener Explosion und explodieren entweder noch während des Flugs oder erst bei Stoß gegen die zweite Patrone dringen in diese hineindringen und dann explodieren und zwar kann ein Partikel eine hohe Geschwindigkeit für längere Zeit behalten, womit die grosse Entfernung der Andetonation gezeigt werden.

3. Detonationsübertragungs-Fähigkeit der Nitroglycerin und gelatinierten-Dynamiten.

Als Empfindlichkeitserreger wird entweder Nitroglycerin (N/G) oder gelatiniertes Nitroglycerin (N/G-gel) verwendet. Ein Dynamit wird dann hergestellt, wobei Holzmehl und Ammonsalpeter so zugesetzt werden, daß dabei das Sauerstoff-Equilibrium null, und seine andetonierende Fähigkeit wie folgt

Abb. 2. Einfluß des Gehaltes des N/G auf die Andetonationsfähigkeit



gewonnen wird.

Die Andetonationsfähigkeit der auf obigem Dynamit hergestellten Patrone auf das in einer Entfernung von 15cm von ersten Patrone gelegte Ammon-Gelatine-Dynamit ist Tabelle 8. und Abb. 2. prozentual angegeben.

Dort, wo N/G als Empfindlichkeitserreger verwendet wurde, wurde zwischen jeder Andetonationsfähigkeit bei N/G 20, N/G 30 und N/G 40% keine regelmässige Beziehung gefunden. Je mehr N/G-gel sich zwischen 100 und 40% bei N/G-gel vermindert, desto mehr verringert sich die andetonierende Fähigkeit. N/G-Dynamit dagegen zeigt grösseren Wert im Vergleich zu N/G-gel, d. h.

Tabelle 8 Andetonierende Fähigkeit von Nitroglycerin gelatineirten Nitroglycerin-Dynamiten Entfernung der sympathetischen Detonation 15cm

Erste Patrone	Gehalt des Empfindlichkeitserregers (%) Zweit Patrone	100	75	52	40	30	20	15
		Prozentsatz der Andetonation %						
Nitroglycerin-Dynamit	Ammon-Gelatine-Dynamit (Shinkiri-Dainamaito)	—	—	—	53	67	43	68
Gelatiniertes Nitroglycerin-Dynamit	Ammon-Gelatine-Dynamit (Kiri-Dainamaito)	27	26	21	12	80	68	74

4) K. Sakamoto: Z. Technische Explosivstoffgesellschaft, Japan; 11, S. 41(1953)

zwischen diesen beiden Dynamiten wird ein Unterschied deutlich sichtbar vielleicht daher rührend, daß die Empfindlichkeit gegenüber dem Initialsprengstoff geringer und seine eigene Detonationsfähigkeit herabgesetzt wird, wenn N/G gelatiniert wird.

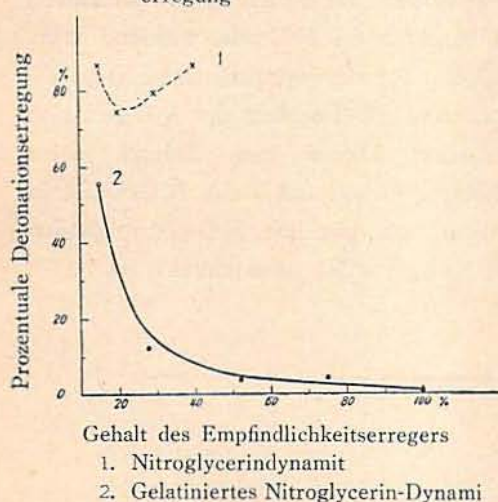
4. Detonationserregung des Nitroglycerin-oder gelatinierten Nitroglycerin-Dynamits.

4—1. Die erste Patrone besteht aus Ammon-Gelatine-Dynamit (Shinkiri-Dainamaito), während die zweite aus Dynamit her-

Tabelle 9. Fähigkeit der Detonationserregung des Nitroglycerin- und gelatinierten Nitroglycerin-Dynamiten

Zweite Patrone	Erste Patrone	Gehalt des Empfindlichkeits- erregers Entfernung der Erregungsdetonation	100	75	52	40	30	20	15
			Prozentsatz der Detonationserregung						
Nitroglycerin-Dynamit	Ammon-Gelatine-Dynamit (ShinK-iri)	50	—	—	—	87	80	75	86
Gelatiniertes Nitroglycerin-Dynamit	Ammon-Gelatine-Dynamit (Kiri)	15	0	4	4	12	—	28	55

Abb. 3. Einfluß des Gehaltes der N/G-gel auf die Fähigkeit der Detonationserregung



gestellt würde, das ein Bestandteil wie unter 3 erwähnt besitzt, um die Detonationserregung des letzteren Dynamits zu gewinnen. Die Resultate ergeben sich laut Tabelle 9. und Abb. 3.

Mit Zunahme des N/G in N/G-Dynamit steigt die Detonationserregung während bei N/G-gel-Dynamit die Detonationserregung mit Gel-Zunahme sinkt.

Das Verhältnis $N/G: c/c^{5)}$ in N/G-gel-Dynamit vermindert sich mit Zunahme des N/G-gel-Gehaltes, d. h. die Empfindlichkeit des Dynamits mit hohem N/G-gel-Gehalt ist deswegen gering, weil es unempfindliches Gel mit wenigem ungelatinierten N/G als

Tabelle 10. Sensibele Entfernung der sympathetischen Detonation von Dynamit aus N/G-Gel und NaCl oder $NaHCO_3$

Gehalt des N/G-Gels %	100	80	60	40	20
Zumi schpulver	Sensibele-Entfernung der sympathetischen Detonation (cm)				
NaCl	8	9	11	12	18
$NaHCO_3$	8	8	11	12	16

5) c/c ist Kollodiumwolle.

Empfindlichkeitserreger besitzt.

4—2. Die zweite aus Dynamit, hergestellte Patrone, das aus N/G-gel und NaCl oder NaHCO_3 besteht, detoniert durch die erste Patrone aus 25g TNT, das unter einem Druck von 500kg/cm^2 gepresst und geformt wurde. Die dadurch gewonnen Detonations-erregung ist in Tabelle 10. angegeben.

Auch in diesem Fall vermindert sich die Entfernung der sympathetischen Detonation durch Zunahme von N/G-gel.

5. Zusammenfassung

5—1. Je mehr solide Rückstände der ersten Patrone im Explosionsprodukt vorhanden sind, desto grösser ist die Andetonationsfähigkeit der ersten Patrone gegenüber dem außerordentlich empfindlichen Sprengstoff.

5—2. Dieses Phänomenon ist jedoch bei gewöhnlichen Sprengstoffen nicht so deutlich.

5—3. Bleibt die zweite Patrone unverändert und die erste Patrone aus verschiedenen Sprengstoffen gemacht wird, so ist die Detonationsübertragungsentfernung je nach Sorte der ersten Patrone verschieden. Andererseits zeigen Stoßwellengeschwindigkeit, Detonationsdruck, Stossdruck und Drucksteigung auf dem sympathetischen Detonations-

punkt ungefähr den gleichen Wert mit Ausnahme des wettersicherem Ammonsalpeter-Sprengstoffes. Die Stosswelle der ersten Patrone bildet einen grossen Faktor für die Entsehung der sympathetischen Detonation.

5—4. Die Andetonationsentfernung des wettersicherem Ammonsalpeter-Sprengstoffes ist grösser als die des Gelatine-Dynamites, d. h. der wettersichere Ammonsalpeter-Sprengstoff kann andere Sprengstoffe mit zur Detonation bringen auch dort, wo die daraus entstehende Stoßwellengeschwindigkeit, Stossdruck und Drucksteigung gering sind. Dieses lässt sich vielleicht daraus erklären, daß fliegende Partikel des wettersicheren Ammonsalpeter-Sprengstoffes im Zustande der unvollzogenen Detonation gegen die zweite Patrone stoßen und damit die Detonation vollziehen.

5—5. Andetonationsfähigkeit des N/G-gel-Dynamits vergrößert sich allmählich mit Zunahme des N/G-gels, während seine Fähigkeit für eine sympathetische sensible Detonation mit Zunahme des N/G-gels sich vermindert. Dieses mag dadurch seine Erklärung finden, daß freies N/G wenig in Dynamit mit reichlich N/G-gel vorhanden, und N/G-gel selbst unempfindlich ist.