

Mechanisch-technische Mittheilungen.

Untersuchungen zur Ermittlung der Gefährlichkeit des Dynamit beim Transport.

Nachdem den Unterzeichneten unterm 26. April d. J. vom Präsidenten des schweizerischen Schulrathes die Aufforderung zugegangen, auf Ansuchen des Herrn Nationalrath von Arx in Ötten eine Untersuchung des Nobel'schen Dynamits bezüglich dessen Gefährlichkeit beim Eisenbahntransport zu unternehmen, und sich dieselben zur Uebernahme dieser Expertise bereit erklärt hatten, wurden theils in einem Steinbruch in Dänikon, theils in der Eisenbahnwerkstätte in Ötten, theils in Zürich zu dem gedachten Zweck eine Anzahl von Versuchen ausgeführt, über die im folgenden Bericht erstattet wird.

Es wurde zunächst von den Unterzeichneten, mit Bezug auf bereits anderweitig vorliegende Versuche (Dingler's Polyt. Journ. Bd. CXCH pag. 174. Mechanic's Journ. 1868 Juli) ein Programm vereinbart, für die anzustellenden Versuche, indem alle die Umstände berücksichtigt waren, die möglicherweise eine Explosion des Dynamit ohne Anwendung von Zündkapseln zur Folge haben können. Die Unterzeichneten glaubten aber ausser der Feststellung der unbeabsichtigten Explosionsgefahr die Frage nach der Kraft und Wirkungsweise der Explosion mittelst Zünder in den Bereich der Versuche ziehen zu dürfen, um gleichzeitig aus eigener Anschauung ein Urtheil über die Vorzüge, die das Dynamit vor andern Sprengmitteln hat, zu gewinnen. Es wurden daher vor ihren Augen unter der Leitung des Herrn Nationalrath von Arx eine Anzahl von Sprengungen ausgeführt, die die ausserordentliche Kraft und Wirksamkeit des Dynamit auf das Evidenteste darlegten. Wenn gleich die Resultate von Sprengungen mit Dynamit mehrfach veröffentlicht sind, so glauben wir im Interesse aller der Unternehmungen, bei denen Sprengungen nöthig sind, insbesondere der Tunnelbauten für Eisenbahnzwecke zu handeln, wenn wir an dieser Stelle zunächst eine kurze Zusammenstellung der Versuche geben, die zur Prüfung der Wirksamkeit des Dynamit angestellt wurden, bevor wir die Versuche über die Explosionsgefahr des Dynamit beim Transport anführen.

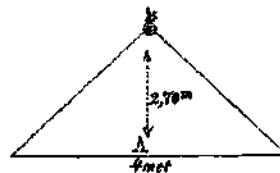
I. Versuche über die Wirkung des Dynamit bei Explosion durch Zündkapseln.

Bei den folgenden Versuchen erfolgte die Zündung stets durch Nobel'sche Zündkapseln; die Explosion erfolgte
Polyt. Zeitschrift Bd. XIV.

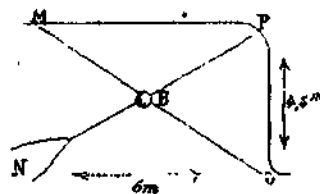
2—4 Minuten nachdem die Zündschnur am freien Ende angebrannt war.

A. Sprengen von Felsen.

1. Im Steinbruch bei Dänikon (fester Jurakalk) war auf einer vertikal abfallenden Felswand ein vertikales Bohrloch geschlagen, 1,11 Meter tief und 3 Centimeter im Durchmesser. Die Entfernung des Bohrloches von der vertikalen Felswand betrug 2,70 Meter, die Ladung im Bohrloch 2½ Patronen; als Besatz wurde wie gewöhnlich Wasser angewendet. Der Felsriss durch die Explosion, etwa in der, in der beistehenden Figur gezeichneten Weise. Die gelöste Masse betrug bei etwas zu starkem senkrechtem Auswurf circa 6,5 Cub.-Met. Die Wirkung wäre voraussichtlich bedeutender gewesen, wäre nicht die Entfernung AB zu gross gegen die Tiefe des Bohrloches gewesen.



2. Bei einem zweiten Versuch war die Tiefe des Bohrloches 1,32 Met.; Durchmesser 3 Cent.-Met. Ladung 3½ Patronen (gleich 42 Cent.-Met. Höhe); Wasserbesatz. Die Sprengung geschah etwa in der in der Figur gezeichneten Form $MNOP$. Das Material wurde 3 Met. tief gelöst und die gelöste Masse enthielt circa 71 Cub.-Met.



S. Sprengen von freiliegenden Felsblöcken.

3. In einem Granitblock vom Gotthardt, von nicht ganz einem Cub.-Meter Inhalt, war ein Bohrloch von etwa 20 Cent.-Met. gebohrt; es wurde zur Hälfte mit Dynamit gefüllt. Bei der Explosion zersprang der Block in viele kleine Stücke, die weit herumgeworfen wurden.

4. In einen festen Kalksteinblock von 96 Cent.-Met. Länge, 66 C.-M. Höhe und 90 C.-M. Breite war eine muldenartige Vertiefung von 15 C.-M. Länge, 12 C.-M. Tiefe und 2 C.-M. Breite angebracht. In diese Vertiefung wurde eine Dynamit-Patrone der Länge nach eingelegt und mit Lehm bedeckt. Bei der Explosion zersprang der Stein in drei grössere und viele kleinere Stücke.

4. Derselbe Versuch nochmals wiederholt gab gleichfalls Explosion.

5. Eine dickwandige Patrone mit Messingstöpsel verschraubt, traf zweimal den Fels nicht, sondern einen darunter befindlichen Schutthaufen. Beim dritten Schuss mit der gleichen Patrone wurde der Fels getroffen, ohne dass Explosion erfolgte.

Die Schusskraft der Windbüchse, die während der Versuche nicht ausgeladen war, war bei den letzten Versuchen wesentlich geringer als bei den ersten.

Der Versuch Nr. 2 liess mit Bestimmtheit eine Explosion erwarten und war für die Untersuchung eigentlich unnöthig; es sollte durch denselben auch nur constatirt werden, dass der Stoss gegen den Felsen stark genug, um beim Knallquecksilber, welches sich in den Zündkapseln befindet, Explosion hervorzurufen.

Aus den übrigen Versuchen aber, bei denen sich nur Dynamit in den Patronen befand, muss der Schluss gezogen werden:

Dass völlig fest eingeschlossenes Dynamit durch einen hinreichend starken Stoss explodiren kann. Die Intensität des Stosses muss aber eine ziemlich bedeutende sein, wie daraus folgt, dass die dickwandigen Patronen, die in Folge ihres Gewichtes eine geringere Fluggeschwindigkeit hatten, nicht explodirten, trotzdem, dass dieselben durch den Stoss stark beschädigt wurden.

II. Wirkung des Stosses, wenn das Dynamit nicht fest eingeschlossen,

8 Gramm Dynamit wurden in Ötten auf dem Hofe einer Maschinenbauanstalt auf eine Platte von Gusseisen gelegt; auf dasselbe liess man einen Eisencylinder von 550 Kilogr. Gewicht aus 1 Meter Höhe fallen. Es erfolgte Explosion mit starkem Knall. Aehnliche Versuche in kleinerem Massstabe wurden in Zürich in folgender Weise angestellt. Ein cylindrischer Klotz von Schmiedeeisen 11,5 Kilogr. schwer, hing vertikal an einer über eine Bolle laufenden Schnur. Durch Aufziehen zu bestimmter Höhe und Loslassen der Schnur konnten durch den Klotz auf verschiedene Unterlagen Stösse von verschiedener Intensität ausgeübt werden.

Als Unterlagen wurden eine Gusseisenplatte, eine Sandsteinplatte und ein starkes Brett von Buchenholz benutzt.

Die Resultate waren die folgenden:

a. Gusseisenplatte als Unterlage.

1. 1 Gr. Dynamit wurde auf die Platte gelegt. Fallhöhe des Eisencylinders 1 Meter. Es fand Explosion statt.
2. 2 Gr. Dynamit. Fallhöhe 50 Cent.-Met. Explosion mit starkem Knall.
3. 2 Gr. Dynamit. Fallhöhe 50 Cent.-Met. Keine Explosion.
4. Dasselbe Material, welches durch den Stoss stark zusammengedrückt war, wurde mit einem Messer wieder aufgelockert. Fallhöhe 20 Cent.-Met. Explosion.
5. 2 Gr. Dynamit. Fallhöhe 12 $\frac{1}{2}$ Cent.-Met. Explosion.
6. » » » 6 C.-M. Keine Explosion.
7. » » » 7 » » »

8. Dasselbe Material aufgelockert. Fallhöhe 7 Cent.-M. Keine Explosion.

9. Dasselbe Material aufgelockert. Fallhöhe 8 Cent.-M. Explosion.

5. Sandsteinplatte als Unterlage.

In jedem der folgenden Versuche wurden etwa 2 Gr. Dynamit benutzt.

10. Fallhöhe 1,20 Meter. Explosion.

11. » 50 Cent.-M. Keine Explosion.

12. Dasselbe Material. Fallhöhe 50 Cent.-M. Keine Explosion.

13. Dasselbe Material. Fallhöhe 1 Met. Keine Explosion.

14. Dasselbe Material aufgelockert. Fallhöhe 1 Met. Keine Explosion.

C. Brett von Buchenholz (40 MM. dick) als Unterlage.

15. 1 Gr. Dynamit. Fallhöhe 1 Met. Keine Explosion.

16. Dasselbe Material, aufgelockert. Fallhöhe 1 Met. Keine Explosion.

17. 1 $\frac{1}{2}$ Gr. schon gequetschtes Material. Fallhöhe 1 Met. Keine Explosion.

18. Dasselbe Material mit 25 Cent.-M. Fallhöhe; wiederholt geklopft. Keine Explosion.

19. Desgleichen mit 50 Cent.-Met. Fallhöhe; wiederholt geklopft. Keine Explosion.

Aus den sämtlichen Stossversuchen folgt:

Offenes Dynamit kann durch Stoss explodiren, wenn es sich beim Stoss zwischen zwei sehr harten Körpern, wie Eisen, befindet; für die Explosion ist aber nothwendig, dass die Intensität des Stosses nicht unter eine gewisse Grenze sinkt. Erfolgt der Stoss zwischen Stein und Eisen, so gelingt es nur in den seltensten Fällen eine Explosion hervorzurufen, und erfolgt der Stoss zwischen Holz und Eisen, so tritt überhaupt, wenigstens in den Grenzen der Versuche, keine Explosion ein.

Zu ganz dem gleichen Resultate führten Versuche mit kleinen Quantitäten Dynamit, auf die kräftige Hammerschläge geführt wurden. Kleine Mengen Dynamit, deren Volumen zwischen der Grosse eines Stecknadelknopfes und einer Erbse varirte, konnten auf einem eisernen Amboss mit einem Hammerschlage sicher zur Explosion gebracht werden. Auf einem Sandstein, Cement- oder Holzboden gelang es nie mit einem Hammerschlage Explosion hervorzurufen. Es konnte auf einem Stein- und Holzboden sogar eine Quantität Dynamit anhaltend mit einem Hammer geschlagen, oder unter energischem Drucke mit demselben oder einem andern eisernen Instrumente gerieben werden, ohne dass Explosion erfolgte.

D. Wirkung der Electricität auf Dynamit.

Um festzustellen ob Dynamit bei einem Gewitter, und wenn dasselbe vom Blitz getroffen wird, besondere Gefahr bedingt, liess man durch Dynamit elektrische Funken schlagen.

Ein Glasrohr, etwa 60 Mil.-M. lang und 18 Mil.-M. im Durchmesser, wurde an einem Ende mit einem Kork fest verschlossen, durch den zwei einander nahe stehende Kupferdrähte isolirt geführt wurden. Nachdem die Bohre dann etwa 25 Mil.-Met. hoch mit Dynamit gefüllt war, wurde das andere Ende ebenfalls mit einem Kork fest verschlossen. Eine grosse Leidenerflasche wurde dann durch die Patrone hindurch entladen, so dass der Funke zwischen den beiden Drähten durch das Dynamit gehen musste. Es erfolgte keine Explosion und es war überhaupt keine Aenderung an der Patrone nach der Entladung sichtbar. Derselbe Versuch wurde noch zweimal mit dem gleichen Erfolg wiederholt.



Durch eine gleiche Patrone liess man sodann die Entladungsfunken eines Induktionsapparates gehen. Nachdem mehrere Funken durch das Dynamit gegangen waren, wurde ein schwaches Puffen vernommen. Es zeigte sich, dass der vordere Kork aus der Glasröhre, die selbst unbeschädigt geblieben, herausgeschleudert war; ein Theil des Dynamit war ausserdem abgebrannt, der grössere Theil befand sich noch unverändert in der Glasröhre.

Dasselbe Resultat ergab sich bei einem zweiten Versuch. Starke elektrische Funken rufen also keine explosive Zersetzung des Dynamit hervor; nur wenn durch mehrere Funken eine starke Erwärmung eintritt, geht eine langsame theilweise Verbrennung vor sich. Dass der starke Entladungsfunke einer Leidenerflasche durchaus keine Wirkung hatte, dürfte seinen Grund darin haben, dass das Dynamit Electricität von grosser Spannung hinreichend leitet, so dass ein continuirlicher Uebergang der Electricität ohne Funken stattfindet.

Es wurde schliesslich auch noch versucht, ob eine Explosion einträte, wenn durch das Dynamit ein dünner Draht gezogen ist, der durch einen electrischen Strom zum Glühen gebracht wird. In eine der oben angewandten ähnlichen Glaspatronen wurden zwischen die beiden Kupferdrähte ein dünner Eisendraht gezogen, der sich also innerhalb des Dynamits befand. Beim Glühen desselben durch einen hinreichend starken Strom, wurde dasselbe beobachtet, wie bei Benutzung der Induktionsfunken. Der eine Kork wurde mit schwachem Puffen aus der Glasröhre herausgeworfen, ein Theil des Dynamits war verbrannt, der grössere Theil unversehrt. Der Strom war hinreichend stark gewesen im den Eisendrath durchzubrennen.

Schlussfolgerungen aus den gesammten Versuchen.

Die mitgetheilten Versuche gewähren einen ziemlich klaren Einblick, so weit sich ein solcher durch Versuche überall gewinnen lässt, über die Explosionsgefahren, denen das Dynamit im Allgemeinen und speziell beim Transport ausgesetzt ist, und berechtigten zu den folgenden Schlüssen.

Temperaturänderungen, starke Hitze, selbst direktes Feuer bedingen keine Explosionsgefahr des Dynamit, wenn letzteres sich nicht in Bäumen von bedeutender Widerstandsfähigkeit fest eingeschlossen befindet. Auf Bahnen oder in Lagerräumen kann dasselbe daher ohne Gefahr von Funken getroffen werden oder Feuer ausgesetzt sein, wenn nur die Vorschrift inne gehalten wird, dass das Material nicht in metallischen oder sonst sehr festen Behältern hermetisch eingeschlossen ist.

Ebensowenig wie Feuer, rufen intensive concentrirte Sonnenstrahlen bei nicht fest eingeschlossenem Dynamit eine Explosion hervor.

Gefahr der Explosion durch Stoss ist entschieden vorhanden, wenn das Dynamit mit starker Intensität zwischen zwei metallischen Körpern gestossen wird. Ob ein solcher Stoss beim Transport vorkommen kann muss dahingestellt bleiben. Die einmaligen oder wiederholten Stösse, denen in Kisten verpacktes Dynamit beim Ein- und Umladen, bei der Fahrt auf Bahnen oder Bollwagen unter gewöhnlichen Umständen ausgesetzt ist, dürfte kaum je im Stande sein eine Explosion zu erzeugen. Zu bemerken ist dabei nur, dass natürlich die kupfernen Zünder, die durch Stoss explodiren können, aber in Folge der geringen Menge Zündsalth keine grosse Gefahr bedingen, nie mit dem Dynamit in einer Kiste zusammen transportirt werden dürfen; eine Vorsicht, die wohl immer eingehalten wird.

Gewitter und Blitzschläge endlich bringen keine besondere und wesentliche Gefahr für das Dynamit. Soweit man aus den Versuchen im Kleinen auf die grossen electrischen Entladungen bei Gewittern schliessen kann, wird nicht fest eingeschlossenes Dynamit, wenn dasselbe von einem Blitz getroffen wird, ohne Explosion abbrennen. Befindet sich das Dynamit in einem festen, völlig verschlossenen Behälter, und tritt durch den Blitz eine hinreichende Temperaturerhöhung ein, so kann natürlich auch Explosion erfolgen.

Ausser den durch Versuche zu ermittelnden Explosionsgefahren bleibt schliesslich noch diejenige zu berücksichtigen, die oben unter *e* angeführt wurde, nämlich die Selbstzersetzung mit Explosion. Wie bei manchem andern Körper tritt beim Nitroglycerin zuweilen eine plötzliche, spontane Selbstzersetzung ein, d. h. eine Explosion ohne nachweisbare Ursache. Da der Hauptbestandteil des Dynamit Nitroglycerin ist, so liegt die Besorgniss nahe, dass auch das Dynamit der Gefahr der Selbstzersetzung unterliegt. Es ist indessen den Unterzeichneten nicht bekannt, dass seit der Anwendung des Dynamit ein Fall von spontaner Explosion vorgekommen sei. Es scheint demnach, als ob der Umstand, dass im Dynamit das Nitroglycerin mit einer festen Substanz gemischt ist, eine explosive Selbstzersetzung verhindere, und wenn eine spontane Zersetzung überhaupt erfolgt, dieselbe langsam und allmählig vor sich geht. Jedenfalls darf ebensowenig wie eine explosive Selbstzersetzung des Dynamits bestritten werden kann, dieselbe behauptet, und als Explosionsgefahr beim Transport hingestellt werden, so lange keine entschiedenen derartigen Fälle beobachtet sind.

Indem, die Unterzeichneten ihr Gutachten über die Explosionsgefahr des Dynamit beim Transport auf die vorstehenden Schlussfolgerungen beschränken, glauben sie nach denselben doch mit Bestimmtheit aussprechen zu dürfen, dass beim Transport, unter geeigneten, oben angedeuteten Vorsichtsmassregeln, das Dynamit in jeder Hinsicht viel weniger der Gefahr einer Explosion ausgesetzt ist, als das früher an Stelle desselben benutzte und versandte Nitroglycerin.

Zürich, den 27. Juni 1869.

Sign. Dr. **P. Bolley**, Prof.,

Sign. **Karl Pestalozzi**,

Sign. Dr. **A. Kundt**, Prof.
