

# ONTPLOFBARE STOFFEN.

DOOR

Dr. J. E. ENKLAAR.

(Vervolg van bladz. 58).

## IV

Het salpeterzuur, welks kaliumzout zulk een belangrijk aandeel neemt aan de samenstelling van het zwarte buskruit, staat in nauw verband met een andere reeks van ontplofbare stoffen, die onder de namen nitro-glycerine, dynamiet, lithofracteur, schietkatoen en soortgelijke in den laatsten tijd veel van zich deden spreken. Al deze stoffen zijn, hoezeer ook verschillend in naam en uitwendig voorkomen, uit een scheikundig oogpunt beschouwd in hoofdzaak aan elkander gelijk. Het voornamelijk werksame bestanddeel van alle is nitro-glyceriné of schietkatoen of beide te zamen. De verschillen zijn daarin gelegen, dat hier deze daar gene al of niet werkelooze stoffen er mede gemengd zijn. Zoo bestaat *dynamiet*, waarin de toegevoegde stof niet medewerkt, uit infusoriënaarde met nitro-glycerine gedrenkt, terwijl in *lithofracteur* de nitro-glycerine door een mengsel van infusoriënaarde, steenkoolpoeder, baryt- of natronsalpeter en zwavel opgezogen is. Dynamiet N<sup>o</sup>. 1 gelijkt in uitwendig voorkomen op geel-roode stijve klei, terwijl lithofracteur, zooals hij door KREBS te Deutz wordt geleverd, zich als een zwarte kneedbare massa vertoont.<sup>1</sup> ABEL probeerde met

---

<sup>1</sup> Onder de dynamiet-soorten, waarin de nitro-glycerine door een stof opgezogen is, die zelve door gasvorming medewerkt bij de ontploffing, behooren behalve lithofracteur, *cellulose-dynamiet* en *dualine*. De opzuigende stoffen zijn bij de laatsten houtstof of papiervezels, in den regel vooraf genitreerd; d. i. door salpeterzuur in nitro-lichamen veranderd. Houtstof komt ook voor in de dynamietsoorten N<sup>o</sup>. 2, 3 en 4, waarin zij met salpeter gemengd is. De talrijke andere nitro-glycerine-prepareaten hebben nog weinig beteekenis voor de praktijk.

goed gevolg nitro-glycerine met schietkatoen te vereenigen. Nitro-glycerine is een vloeistof, die als oplosmiddel kan dienen voor het gewone schietkatoen (trinitro-cellulose) en voor het collodion-katoen (dinitro-cellulose), dat de photographen gebruiken. Van deze eigenschap maakte ABEL gebruik. Hij verkreeg langs dien weg de zogenoemde *ontplobbare gelatine*, als uitsluitend collodion-katoen met nitro-glycerine gedrenkt werd, terwijl hij van *glyoxiline* sprak, als in de plaats van het collodion-katoen geheel of ten deele het schietkatoen kwam. Collodion-katoen is in nitro-glycerine meer oplosbaar dan schietkatoen, doch de glyoxiline is vaster dan de geleiachtige ontplofbare gelatine en dit vooral is van het hoogste belang. De samenstelling dezer stoffen is echter nog niet volledig bekend. Het streven om slechts werkzame bestanddeelen in de ontplofbare mengsels op te nemen, dat tot de samenstelling van de ontplofbare gelatine en de glyoxiline leidde, leverde voor de praktijk nog niet de uitkomsten op, die men verwacht had. De ontplofbare gelatine, hoewel wegens haar physischen toestand minder gemakkelijk en volledig ontploffend, heeft waarschijnlijk een toekomst. Zij is de krachtigste der thans bekende ontplofbare stoffen en overtreft te dezen opzichte zelfs het dynamiet No. 1 van NOBEL aanmerkelijk.

In de ontplofbare mengsels, boven genoemd, en in alle andere van dezelfde soort zijn dus nitro-glycerine en schietkatoen de stoffen, waar het op aankomt; wij willen dus op de eigenschappen der laatsten onze aandacht vestigen, om daarna in het licht te stellen waarom eene vermenig met andere stoffen in den regel noodzakelijk is.

Nitro-glycerine is een licht geel gekleurde olieachtige vloeistof, die ontstaat door de werking van salpeterzuur op glycerine of oliezoet, dat aan menigeen bekend is door het gebruik, dat er ter genezing van winterhanden van gemaakt wordt en als bijproduct van de fabricatie van stearinekaarsen uit vetten in het groot verkregen wordt. De naam nitro-glycerine is onjuist. De stof behoort niet tot die lichamen, welke in de organische scheikunde met den naam van nitro-verbindingen bestempeld worden; zij is een samengestelde ether.

De bereidingswijze van nitro-glycerine is, met die van buskruit vergeleken, uitermate eenvoudig. De stof kan door de onmiddellijke inwerking van een mengsel van salpeterzuur en zwavelzuur op glycerine verkregen en door wasschen met water, waarin zij onoplosbaar is, van het overtollige zuur bevrijd worden. Na een droging in het luchtledige is zij dan voor het gebruik gereed.

De glycerine heeft een gedeelte van de waterstof, die zij bevat, tegen stikstof en zuurstof, bestanddeelen van het salpeterzuur verwisseld en dien ten gevolge zulk een uiterst gevaarlijk karakter verkregen. Als nitro-glycerine bevat zij meer zuurstof dan vereischt wordt om alle koolstof en waterstof, waaruit zij bestaat, volkomen te verbranden, terwijl de zuurstof in glycerine voor dit doel op verre na niet toereikend zou zijn. De stikstof, die zij heeft opgenomen, is geneigd zich vrij te maken en als gas te ontwijken. In het molecule van nitro-glycerine zijn dus koolstof-, waterstof- en zuurstofatomen, die ten opzichte van elkander zulk een groot scheikundig arbeidsvermogen bezitten, in elkanders onmiddellijke nabijheid. Toen de stof zich vormde uit glycerine en salpeterzuur werd slechts weinig warmte vrij. Dit verschijnsel is algemeen bij de vorming van samengestelde ethers van veelzurige alcoholen, zooals glycerine, manniet, cellulose en zetmeel. De atomen hebben dus in de verbinding het grootste gedeelte van hun scheikundig arbeidsvermogen behouden. Een schok, trillingen, alles, wat een geringen doch eigenaardigen arbeid verrichten kan, is voldoende, om de los gebonden atomen vrij te maken, waarop dan onmiddellijk een nieuwe vereeniging volgt, waarbij aan de sterkste aantrekkingen gevolg wordt gegeven. Dan wordt het samengestelde wankelbare molecule van het nitro-glycerine plotseling in moleculen van koolstofdioxyde, waterdamp, stikstof en zuurstof opgelost, waarbij een ontzaggelijke hoeveelheid scheikundig arbeidsvermogen in warmte wordt omgezet, die aan de gasvormige ontledingsproducten een hoogen warmtegraad en een buitengewoon groote spankracht verschaft. Terwijl Fransch buskruit voor vuurwapenen bij de ontploffing per kilogram 608 warmte-eenheden ontwikkelt en 225 liters gas (op 0° en 760 m.M. spanning berekend) geeft, ontstaan bij de ontploffing van 1 kilogram nitro-glycerine 1330 warmte-eenheden en 710 liters gas (op 0° en 760 m.M. spanning berekend). De arbeid, welke de ontploffende stof verrichten kan, hangt wat de grootte betreft uitsluitend van de ontwikkelde warmte af. Elke warmte-eenheid vertegenwoordigt, zooals bekend is, 425 kilogrammeters arbeidsvermogen. De soort van arbeid, dien zij verrichten zal, wordt echter tevens door tal van andere omstandigheden bepaald en wel voornamelijk door de hoeveelheid gas, die door de reactie ontstaat, en den duur van het tijdsverloop, waarin het ontwikkeld wordt. Te dezen opzichte verschilt buskruit aanmerkelijk van nitro-glycerine en schietkatoen. De laatsten geven in gelijken tijd een veel grooter volume gasvormige ontledingsproducten en veel meer

warmte dan buskruit. Van daar een groot verschil in de uitwerking van beide soorten van ontploffende stoffen zelfs daar waar de hoeveelheden zoo genomen zijn, dat het totale arbeidsvermogen van beiden gelijk is. Onderstellen wij, dat nitro-glycerine gebruikt wordt, om een rots te laten uiteenspringen. Het gesteente zou in de omgeving van het boorgat vergruisd worden, doch een verplaatsing van massa's zou slechts in geringe mate plaats vinden. De verklaring is gegeven in bovengenoemde feiten. In een schier ondeelbaar klein tijdsverloop ontwikkelt ontploffend nitro-glycerine een groote hoeveelheid zeer heet gas, d. i. gas van zeer groote spanning. De moleculen van dit gas stooten in zoo grooten getale en met zulk een levende kracht tegen de wanden van het boorgat, waarin de ontploffende stof zich bevindt, dat verschillen in kracht van samenhang op verschillende plaatsen van het gesteente niet in aanmerking komen. Op alle punten wordt schier gelijktijdig de samenhang der steendeeltjes verbroken, in kleine stukken of gruis vliegt alles uit elkander. Daarmede is dan ook het arbeidsvermogen der ontploffende stof verbruikt. Zulk een ontploffing heeft de uitwerking van een geweldigen slag met een zwaren hamer op een enkel punt aangebracht. Ontploffende stoffen van dien aard worden *brisant* genoemd.

Ware er buskruit in het boorgat van de rots ontploft, de gassen zouden niet schier oogenblikkelijk de maximaal-spanning bereikt hebben maar meer geleidelijk in hoeveelheid en spanning toegenomen zijn. De rots zou scheuren en spleten verkregen hebben in die richtingen, waarin de weerstand het geringst was; stukken van kleiner omvang zouden geheel losgemaakt en verschoven zijn. Het arbeidsvermogen zou dus slechts ten deele aan de verbrokkeling van het gesteente besteed zijn. Een gedeelte zou snelheid aan de brokstukken medegedeeld en ze over eenigen afstand verplaatst hebben. Een uitwerking als de laatstgenoemde wordt in steenkolenmijnen juist gewenscht; daar wordt dan ook schier uitsluitend buskruit aangewend. Uit het gezegde volgt, dat er bij buskruit eerder dan bij nitro-glycerine en schietkatoen een gedeelte van de kracht der ontploffing ongebruikt kan verloren gaan.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Men onderscheidt bij het laten springen van gesteenten een *vernietigingsfeer*, een *verschuivingsfeer* en een *splijtingsfeer*, die het boorgat, waarin zich de ontploffende stoffen bevinden, tot middelpunt hebben. Hoe brisanter een ontploffende stof is des te grooter zijn de eersten, des te kleiner is de laatste sfeer. Met buskruit ontstaat een zeer kleine vernietigingsfeer, een matig groote verschuivingsfeer en een zeer groote splijtingsfeer. Met het oog op bijzonderheden te dezen opzichte vergelijke men het belangrijke opstel van den ingenieur DE BOOY in het *Tijdschrift van het Koninkl. Instit. van Ingenieurs*, 1883—1884 *Afdeling Ned. Indië* over het gebruik van dynamiet bij de havenwerken van Batavia.

De buitengewoon groote plaatselijke uitwerking van nitro-glycerine wordt niet alleen veroorzaakt door de groote hoeveelheid gas en warmte, die het ontwikkelt. De wijze, waarop het tot ontploffing gebracht wordt — de zoogenaamde detonatie — brengt er zeer veel toe bij. Wij moeten te dezen opzichte in eenige nadere bijzonderheden treden.

Een ontploffing kan ingeleid worden door een vlam of een vonk, die de stof aanraakt, of door de ontploffing van een andere stof. Het eerste geval zullen wij een *explosie*, het tweede een *detonatie* noemen. Bij een explosie deelt de warmte, door de ontleding der eerst aangetaste laag voortgebracht, zich aan de volgende mede en zoo voort. Achtereenvolgens worden zoo alle lagen der stof op de omzettingstemperatuur gebracht en geleidelijk schrijdt het proces door de geheele massa voort. De voortplanting der werking is hier dus betrekkelijk langzaam; een gedeelte der warmte heeft den tijd om zich door uitstraling en geleiding naar buiten te verspreiden; de reactie heeft dien ten gevolge bij betrekkelijk lagen warmtegraad plaats. Is de stof in een dunne laag in de open lucht uitgespreid, dan blijft onder deze omstandigheden in den regel de ontploffing geheel achterwege. Buskruit, nitro-glycerine noch schietkatoen ontploffen in dat geval. Zij branden eenvoudig af en het scheikundig proces wordt zelfs van anderen aard. Er ontstaat minder warmte door. In nog sterkere mate vertoont zich dit verschijnsel, als de stof in verdunde lucht of in het luchtledige zich bevindt. Proeven van BIANCHI, HEERES en ABEL hebben geleerd, dat schietkatoen en nitro-glycerine in het luchtledige zelfs bij sterke plaatselijke verhitting langzaam ontleed worden, doch niet ontploffen. Om een explosie tot stand te brengen is het in het algemeen noodzakelijk, dat de stoffen opgesloten worden en zij verkeeren daarbij in den gunstigsten toestand, als zij de ruimte geheel opvullen. Dit is b. v. het geval bij het buskruit in de kruitkamer der vuurwapenen. De heete verbrandingsgassen kunnen dan niet onmiddellijk ontwijken; haar spankracht stijgt tot een aanzienlijk bedrag. De warmte, door de reactie voortgebracht, hoopt zich snel op. Alleen door de aanraking der vaste wanden gaat een gedeelte verloren. De temperatuur der ruimte wordt zeer hoog. Door dit alles wordt en de snelheid van voorplanting en die van de scheikundige reactie zoozeer vergroot, dat het proces stormachtig wordt en het karakter van een ontploffing verkrijgt.

Veel korter van duur en heviger van uitwerking is het proces, dat detonatie heet. Bij dynamiet wordt het gewoonlijk door de ontploffing

van een percussie-dop met knalkwik te weeg gebracht. De laatste stof noemt men dan den *detonator*. Met een snelheid van duizenden meters per seconde plant de scheikundige werking zich bij een detonatie door de stof voort. De ontleding begint nagenoeg op hetzelfde oogenblik in alle deelen der massa. Van een verlies aan warmte, bij een explosie wegens de geringere voortplantingssnelheid onvermijdelijk, kan hier nauwelijks sprake zijn. Dientengevolge stijgt de temperatuur tot de grootst mogelijke hoogte en dit werkt weder uitermate versnellend op het scheikundig proces. De duur van het laatste is derhalve uitermate kort. In een enkel oogenblik wordt nagenoeg al het scheikundig arbeidsvermogen der ontplofende stof als levende kracht in de gasvormige ontledingsproducten opgehoopt.

Het verschijnsel der detonatie wordt door ABEL en BERTHELOT op verschillende wijze verklaard. Het feit, dat de detonatie van bepaalde stoffen het gemakkelijkst door bepaalde detonators wordt teweeg gebracht, gaf NOBEL aanleiding tot het opstellen van de theorie der synchrone trillingen. Wij weten, dat een vioolsnaar in trilling komt, als de toon, dien zij geven kan, met voldoende kracht in haar nabijheid weerklinkt. Het is bekend, dat de ontleding van het geluid door middel van klankbollen op dat verschijnsel berust. Zoo zouden ook de trillingen, door de hulp-ontploffing teweeg gebracht, in de ontplofbare stof dringen en deze doen detoneeren. Het laatste zou alleen dan plaats vinden, als de ontplofbare stof in den toestand kan komen, dat zij trillingen voortbrengt van gelijken duur als die der hulp-ontploffing; waar het synchronisme der trillingen minder volledig was, moest een grootere hoeveelheid van den detonator gebruikt worden. Inderdaad ontploft joodstikstof, aan de snaren eener contre-bas bevestigd, slechts onder den invloed van tonen van minstens 60 trillingen per seconde.

BERTHELOT bestreed de opvatting van ABEL met de bewering, dat trillingen als de bedoelde een te geringe hoeveelheid arbeidsvermogen vertegenwoordigen, om den arbeid te kunnen verrichten, welke vereischt wordt, om de moleculen der ontplofbare stof in den toestand van omzetting te brengen. Hij toonde ook proefondervindelijk aan, dat stoffen, die gemakkelijk ontploften, onveranderd bleven als krachtige tonen in haar nabijheid voortgebracht werden. Volgens hem moet bij de detonatie aan een geheel ander soort van golven gedacht worden, die hij ontploffingsgolven noemt. De gasvormige moleculen van den detonator worden tegen de voorste laag van de ontplofbare stof ge-

worpen. Hierdoor ontstaat een schok, die met een hamerslag op een aanbeeld vergeleken kan worden. Heeft nu de stof een voldoende mate van vastheid, dan werkt het arbeidsvermogen van den schok alleen op die enkele laag. Het is dan voldoende om, waarschijnlijk in warmte veranderd, de omzetting van alle moleculen dier laag te bewerkstelligen. De ontploffende eerste laag is dan de detonator voor de tweede en zoo schrijden de gedeeltelijke ontploffingen met buitengewoon groote snelheid door de geheele massa voort. Telkens wordt dan het scheikundig arbeidsvermogen van een laag als levende kracht nagenoeg onverzwakt op de volgende overgebracht. De voortplantingssnelheid der ontploffingsgolf is dan nagenoeg gelijk aan de snelheid der gasmoleculen zelve bij de maximaal-temperatuur. NOBEL vond proefondervindelijk voor de voortplantingssnelheid van een detonatie in een rij van aaneengesloten onthulde dynamietpatronen niet minder dan 5000 tot 7000 meter per seconde.

Onder dezelfde omstandigheden is de explosieve kracht van dezelfde stoffen ongeveer tweemaal zoo groot bij een detonatie dan bij een explosie. Men heeft dit afgeleid uit de hoeveelheid der ontploffende stof, die noodig is om een granaat te doen springen, wanneer de ontploffing der lading door een vonk en door een detonator veroorzaakt wordt.

Keeren wij thans tot de beschouwing der nitro-glycerine terug.

Deze stof was reeds sedert 1847 bekend, toen SOMBRERO haar voor het eerst bereidde. Als giftige en licht ontplofbare stof werd zij echter langen tijd alleen als een scheikundige merkwaardigheid nu en dan vermeld, doch niet aan nader onderzoek onderworpen. De bekende Zweedsche ingenieur NOBEL maakte haar in 1862 voor het eerst in het groot in twee fabrieken, die zich te Stokholm en te Hamburg bevonden. Het bleek echter spoedig aan welk een ontzettend gevaar allen zich blootstelden, die deze stof behandelden. Een schok was voldoende om nitro-glycerine te doen ontploffen. Ongelukken van meer of minder omvang volgden elkander snel op. Vooral de ramp door die stof in Juni 1868 bij de steengroeven van Quenart, een dorpje in de nabijheid van Brussel, teweeggebracht, is lang in de herinnering gebleven. Daar kwam een kar bij de steengroeven aan beladen met 1800 kilogram nitro-glycerine, van Zweden aangevoerd. De stof was in blikken dozen onder water opgesloten. Tien dozen waren uitgepakt, toen de elfde aan een der werklieden ontgleed en op den grond viel. Alle dozen ontploften op hetzelfde oogenblik met een ontzettenden slag. Menschen, paarden, een pakhuis, alles wat zich in

de onmiddellijke omgeving bevond, werd in een oogpunt weggevaagd en in kleine fragmenten in alle richtingen verspreid. Het geheele dorp Quenart was verwoest. Tot op een mijl afstand schudde de grond, sprongen de ruiten en werden de menschen op den grond geworpen. Het was een kortstondige doch zeer hevige aardbeving.

Het nitro-glycerine dreigde even snel van het tooneel te verdwijnen als het gekomen was, toen NOBEL op de gedachte kwam om het met een werkelooze stof te vermengen. Hij koos voor de laatste infusoriënaarde, die niet minder dan driemaal haar gewicht aan nitro-glycerine kan opnemen. Dit mengsel — dynamiet N<sup>o</sup>. 1 — werd door hem in den vorm van kleine geperste cylinders, met hulzen van perkamentpapier afgeleverd. Dit zijn de dynamiet-patronen.

NOBEL had de voldoening zijn doel volkomen te bereiken. Dynamiet stond, wat explosieve kracht betref, bij zuiver glycerine weinig achter, doch ontplofte veel minder gemakkelijk. Voor vrij hevige schokken was het ongevoelig. Evenmin als nitro-glycerine ontploft het door de aanraking met een vlam, omdat de ontploffingstemperatuur (180°) veel hooger ligt dan de ontbrandingstemperatuur. Het brandt dan eenvoudig af met een orange-gele vlam. Een percussie-dop met knalkwik werd vereischt om het met zekerheid te doen detoneeren.<sup>1</sup> Op looden tafels kon de infusoriënaarde met nitro-glycerine gedrenkt en met houten spatels tot een gelijkslachtige massa verwerkt worden.

De invloed, door de vermenging met werkelooze stoffen als infusoriënaarde te weeg gebracht, is geheel in overeenstemming met de theorie van BERTHELOT. Hij is een gevolg van de verandering van den natuurkundigen toestand der stof. De invloed van een schok, die het weeke dynamiet treft, bepaalt zich niet tot de getroffen laag. Het arbeidsvermogen van zulk een stoot verspreidt zich door een groot gedeelte der massa, het werkt niet plaatselijk en is daarom onvoldoende om op een bepaald punt een scheikundige omzetting te veroorzaken tenzij de stoot bijzonder sterk is en er met een zeer hard voorwerp op geslagen wordt, en ook dan ontploft slechts het

<sup>1</sup> Bij het laten springen van rotsen bezigt men als detonator gewoonlijk een zoogenaamde ontstekingspatroon, die in het boorgat boven op de gewone patronen geplaatst wordt. In het dynamiet van de ontstekingspatroon wordt een holte gemaakt, waarin een koperen buisje geschoven wordt, dat van onderen knalkwik bevat en een lont opneemt. Deze lont, die boven het boorgat uitsteekt, wordt aangestoken. In de soort en de lengte van de lont heeft men het in zijn macht, om de detonatie op een bepaald oogenblik te doen plaats vinden.



getroffen gedeelte. Alleen met een zeer krachtigen detonator kan dit doel met dynamiet zeker bereikt worden. Door toevoeging van een weinig kamfer kan de gevoeligheid van dynamiet voor schokken nog meer verzwakt worden. Men verkrijgt dan een veerkrachtige massa, waarin de eerste schok ver doordringt. Dat dynamiet toch nog de eigenschap behouden heeft om door geschikte middelen te ontploffen, heeft daarin zijn oorzaak, dat de vloeibare nitro-glycerine de vaste deeltjes der kiezelaarde omhult en dus een samenhangend geheel uitmaakt. In het voorafgaande ligt ook de verklaring van de geringe gevoeligheid der ontplofbare gelatine, die een detonator van droog schietkatoen vereischt, welke op zijn beurt door knalkwik tot detonatie gebracht wordt.

De ontdekking van NOBEL was voor de praktijk bijna even belangrijk als die van SOMBRERO. Aan een stof, die onverwachts kon ontploffen, had men niets. De Engelsche regeering en weldra ook de Fransche benoemden commissies met de opdracht het dynamiet aan een nauwkeurig onderzoek te onderwerpen. De rapporten, door die commissies uitgebracht, waren eensluidend. »Het dynamiet'', zoo heette het, »kan zonder eenig gevaar vervoerd en behandeld worden. Enkele maatregelen van voorzorg zijn voldoende, om een ongewenschte ontploffing met zekerheid te voorkomen.'' Het toeval bevestigde dit oordeel. Niet lang daarna stortte een kist met dynamiet uit de derde verdieping van een pakhuis naar beneden zonder te ontploffen. Ook de ervaring leerde weldra, dat het vervoer van dynamiet minder gevaarlijk was dan dat van buskruit. De bereiding van dynamiet nam dan ook spoedig ongemeen groote afmetingen aan. Terwijl NOBEL in 1867 slechts 11 tonnen afleverde, verlieten in 1878 niet minder dan 6140 tonnen zijn fabrieken. In Engeland vindt men er thans geen bezwaar in om zelfs voor het publiek dynamiet verkrijgbaar te stellen. Daar kan ieder, die zijn naam en zijn adres opgeeft en het doel, dat hij heeft, 5 pond dynamiet koopen. Wenscht hij een grootere hoeveelheid, dan moet vergunning gevraagd worden.

De omzetting van nitro-glycerine in dynamiet is zoo goed uit te voeren, dat deze handelwijze zelfs als aangewezen beschouwd wordt, waar het de vraag is nitro-glycerine onschadelijk te maken. Zoo werden in 1883 in een werkplaats der Fenians te Birmingham door de Engelsche politie groote hoeveelheden nitro-glycerine ontdekt. Er was daar een ketel, die er niet minder dan 200 pond van bevatte. Niemand durfde er een hand naar uitsteken. Men ontbood dr. HILL, een scheikundige

van de fabriek van NOBEL te Glasgow, die den inhoud van den ketel met warm water verwarmde en bij kleine hoeveelheden in houten emmers liet vloeien, welke infusoriënnaarde bevatten. De inhoud van elk der emmers werd vervolgens tot dynamiet gekneed, buiten de stad op den grond uitgespreid en aangestoken; spoedig was alles verbrand.

Niettegenstaande de onmiskenbare voordeelen van dynamiet is er in Amerika nog een fabrikant, MOWBRAY genaamd, die voortgaat met het afleveren van nitro-glycerine. Hij beweert, dat deze stof niet gevaarlijker is dan dynamiet, als de bereiding slechts met de vereischte zorgvuldigheid heeft plaats gehad.<sup>1</sup> Voorshands is hieromtrent niets te beslissen. Dat, vooral bij organische verbindingen, de bereidingswijze, de aanwezigheid van sporen vreemde bijmengselen en zooveel meer grooten invloed kan hebben op de standvastigheid der verbinding is aan elken scheikundige bij ervaring bekend. Ook het dynamiet is niet onveranderlijk. Na verloop van een jaar is het altijd min of meer zuur, dan is de ontleding begonnen en het dynamiet gevaarlijk geworden. Hetzelfde is het geval, als de patronen nitro-glycerine laten doorzweeten, wat in de Tropen dikwijls plaats vindt.<sup>2</sup> In het Fransche leger geldt daarom het voorschrift het dynamiet telken jare aan nieuwe wasschingen te onderwerpen.

Heeft het dynamiet aan de nijverheid, aan de burgerlijke en militaire genie reeds onschatbare diensten bewezen, uit een militair oogpunt heeft het overigens de verwachting teleurgesteld. Wij merkten reeds op, dat geen enkele van het groote aantal der nieuwe ontplofbare stoffen in staat was, waar het de vuurwapenen gold, het zwarte buskruit te vervangen. Voor het vullen van holle projectielen was het oog terstond op het dynamiet gevestigd. Het buskruit is voor dit doel te zwak. Wel doet het de granaten in een voldoende aantal stukken uiteenspringen, doch de laatste worden niet met voldoende kracht weggeslingerd. Het gewone dynamiet bleek niet bestand te zijn tegen de geweldige schokken en trillingen, die het afschieten van den vuurmond begeleiden. Het ontplofte te vroeg. Men is er in geslaagd dit verschijnsel weg te nemen door de hoeveelheid nitro-glycerine in het dynamiet te verminderen. Doch het projectiel ontplofte dan nog bij den

<sup>1</sup> Een beschrijving van de eigenaardige bereidingswijze van nitro-glycerine door MOWBRAY en van zijn fabriek in Massachusetts vindt men in DINGLER'S *Polytechn. Journal* Band 192, S. 172 en Band 206 S. 184.

<sup>2</sup> T. a. p. in het *Tijdschrift van het Koninkl. Institt. van Ingenieurs. Afdeling Ned. Indië.*

eersten schok tegen den vasten wand, dien het trof, zoodat de uitwerking betrekkelijk gering was. Men zou verwachten, dat dynamiet een granaat in te kleine splinters zou doen uiteenspatten en reeds daarom voor dit doel minder bruikbaar zou wezen. Dit bezwaar kwam men te boven door op de oppervlakte van het projectiel door diepe groeven de stukken reeds vooraf af te bakenen en hun onderlingen samenhang te verzwakken.

Nitro-glycerine bevriest bij  $+ 8^{\circ}$ . Dit verschijnsel had tallooze ongelukken ten gevolge, daar men de patronen door verwarming laat ontdooien. In bevroren staat is het gevaar voor onverwacht ontploffen van dynamiet al zeer gering. Het vereischt dan een veel sterkeren detonator. MOWBRAY vervoert al zijn nitro-glycerine in bevroren toestand en nog nooit kwamen ongelukken voor.

Salpeterzuur werkt op cellulose op overeenkomstige wijze als op glycerine; het vormt er samengestelde ethers mede, die ook nitro-verbindingen genoemd worden. Werkt het zuur slechts korten tijd in of is het verdund dan ontstaat het zoogenaamde *dinitro-cellulose*, dat onder den naam van *collodion-katoen* reeds ter sprake kwam. Dit is oplosbaar in een mengsel van alcohol en ether — deze oplossing is de collodion der fotografen — en in nitro-glycerine, waardoor de ontplofbare gelatine gevormd wordt. Langere inwerking of meerdere sterkte van het zuur geeft het aanzijn aan *trinitro-cellulose*, dat onder den naam van *pyroxyline* of *schietskatoen* bekend is. Het laatste, dat meer van de bestanddeelen van het salpeterzuur opgenomen heeft dan het eerste, is de bekende ontplofbare stof. Het werd in 1845 door SCHÖNBEIN en nagenoeg gelijktijdig door BÖTTGER ontdekt. Fabriekmatig wordt het bereid door afval van katoen, dat evenals papier bijna geheel uit cellulose bestaat, door loog van vet te bevrijden, gedurende eenige minuten in een mengsel van salpeterzuur en zwavelzuur te dompelen, daarna met water en slappe loog te wasschen en te drogen. Het heeft het voorkomen van gewone boomwol, doch is wat ruwer op het gevoel.

Droog vlokkig schietkatoen is direkt ontplofbaar; d. i. het ontploft door de aanraking met een vlam en kan reeds alleen met een lont tot ontploffing gebracht worden. Geperst schietkatoen vereischt evenals dynamiet een detonator. De ontledingsproducten, die daarbij ontstaan, zijn in hoofdzaak koolmonoxyde, kooldioxyde, stikstof en waterdamp; zij vormen dus een giftig en brandbaar gasmengsel. De thermo-chemie stelt ons in staat, om de ontplofbaarheid als een noodwendige eigenschap

van het schietkatoen te erkennen. De beschouwingen, die wij te dezen opzichte voor de nitro-glycerine gaven, zijn nagenoeg geheel op het schietkatoen toepasselijk. Een kilogram schietkatoen ontwikkelt bij de ontploffing 631 warmte-eenheden en 800 liters gas (bij 0° en 760 mM. spanning berekend).

Het schietkatoen trok spoedig in hooge mate de aandacht. In Frankrijk en vooral in Oostenrijk werden er voor militaire doeleinden op groote schaal proeven mede genomen. De Oostenrijksche kolonel VON LENK beproefde het op last zijner regeering voor de artillerie. Verschrikkelijke ontijdige ontploffingen waren er het gevolg van. Het schietkatoen bleek aan verandering in die mate onderhevig te zijn, dat het dikwijls zonder bekende aanleiding ontplofte. Een magazijn, met schietkatoen gevuld, dat zich bij Parijs in het Bois de Vincelle bevond, ontplofte, toen de zon er op scheen. De waarde van het schietkatoen was gebleken en toch was het voorloepig onbruikbaar. Er ontbrak nog iets, dat onmisbaar was voor de toepassing in de praktijk. De Engelsche scheikundige ABEL, op dit gebied deskundige bij uitnemendheid,<sup>1</sup> wist later aan het schietkatoen de plaats te geven, die het onder de ontplofbare stoffen toekwam. Hij bracht het in den vorm van een papierpap. In dien toestand kan het volkomen door wasschen van overtollig zuur bevrijd worden. Voordat het droog was, werd het dan onder een drukking van 600 atmosferen samengeperst, zoodat het ongeveer de dichtheid van water verkreeg. De patronen werden ten slotte in een warmen luchtstroom gedroogd.

Geperst schietkatoen detoneert ten gevolge der mindere dichtheid, welke de structuur medebrenge, minder gemakkelijk dan nitro-glycerine. Onder den invloed van nitro-glycerine detoneert het niet. Het laatste omgekeerd wel onder den invloed van het eerste. Geperst schietkatoen vereischt een percussie-dop met zuiver knalkwik, om te detoneeren. Is het vochtig, dan blijft zelfs met knalkwik de detonatie in den regel uit. Deze heeft echter zelfs bij vochtig geperst schietkatoen geregeld plaats onder den invloed van droog, vlokkig, ontploffend schietkatoen. Dit verschijnsel is belangrijk voor de praktijk, te meer, daar het nog plaats vindt, als de stof 30—35 proc. water bevat.

Geperst schietkatoen, dat 15 proc. water bevat, kan men met een vlam niet meer aansteken, men kan het in stukken zagen en in het

<sup>1</sup> Men vergelijke ABEL's uitvoerig opstel in de *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*. Vol. 164. Part. II: *Contributions to the History of Explosive Agents*.

vuur werpen zonder gevaar te loopen voor eene ontploffing. Kisten, met nat schietkatoen gevuld, zijn zonder te ontploffen in pakhuizen verbrand. En toch heeft het in dien toestand de volle gevoeligheid voor detoneerend droog schietkatoen behouden. Men heeft met Martini-kogels op 100 meter afstand op schijven van geperst schietkatoen geschoten. De dunste schijven werden eenvoudig doorboord, de dikkere ontvlamden, de dikste ontploften; doch geen enkele detoneerde. Voegt men bij dit alles de ervaring, dat geperst schietkatoen langen tijd onveranderd kan bewaard worden, dan is het duidelijk, dat ABEL de bezwaren, waarmede men aanvankelijk te kampen had, geheel overwonnen heeft.

Het schietkatoen heeft dan ook zijn plaats ingenomen onder de ontplofbare stoffen, die een belangrijke toepassing vinden. Voor het laden van mijnen onder water en voor het vullen van torpedo's wordt het door nagenoeg alle Europeesche volken gebruikt. De Engelsche regeering zendt het naar alle zeestations en naar de koloniën. Voor militaire doeleinden werden in de jaren 1872 tot 1879 in Engeland niet minder dan 550 tonnen er van voortgebracht. De fabriek van PRENTICE & c<sup>o</sup> te Stowmarket in Suffolk leverde wekelijks 8000 tot 10000 kilogram geperst schietkatoen voor den arbeid in de mijnen.

De hooge prijs belet echter, dat de nijverheid op groote schaal van schietkatoen gebruik maakt. Minder duur is het *potentiet*, dat te Glasgow en het *toniet*, dat te Faversham bereid wordt, en die beide mengsels van schietkatoen en salpeterzure zouten zijn. Schietkatoen bevat te weinig zuurstof om volkomen te verbranden. De toegevoegde nitraten vullen dit tekort aan zuurstof aan.

In den laatsten tijd zijn in Duitschland proeven genomen met schietkatoen voor het vullen van holle projectielen, waarvoor dynamiet ongeschikt was. Voor dit doel was door ABEL schietkatoen aanbevolen, dat met paraffine gedrenkt en daardoor veel minder gevoelig voor schokken geworden was. Voor stukken van klein kaliber voldeed het inderdaad, doch als lading voor groote projectielen, die door zware mortieren worden uitgeworpen, bleek het niet te deugen. Herhaaldelijk grepen ohtijdige ontploffingen plaats.<sup>1</sup> Kunnen buskruit, dynamiet noch schietkatoen aan alle eischen voldoen, die de krijgskunde stelt, voor de behoeften der nijverheid zijn zij in alle opzichten vol-

<sup>1</sup> Volgens latere berichten schijnt de Duitsche artillerie er in geslaagd te zijn, om schietkatoengranaten te vervaardigen, die volkomen voor het doel berekend zijn.

doende. Dynamiet en schietkatoen zijn dan ook met buskruit de eenige ontplofbare stoffen, die voor openbare werken, voor mijnen en soortgelijke doeleinden op groote schaal worden aangewend. Men schat de hoeveelheid gesteente, die jaarlijks door dynamiet van de oppervlakte der aarde wordt afgerukt, op niet minder dan 15 millioen kubiek meter.

Nitro-glycerine en schietkatoen maken echter slechts een paar leden uit van een geheele groep van overeenkomstige verbindingen, waarvan wij nog het *nitromanniet* noemen, dat nog gemakkelijker in ontleding overgaat dan het nitro-glycerine, doch dit in uitwerking belangrijk overtreft. Een kilogram nitromanniet geeft, ontploffend, 690 liters gas (bij 0° en 760 mM. spanning berekend) en 1814 warmte-eenheden. Van de eigenlijke nitro-verbindingen noemden wij reeds de zouten van het pikrinzuur (trinitrophenol), die met buskruit vermengd eenige beteekenis hebben verkregen voor de vuurwapenen. Kon men er in slagen om in het molecule van het phenol nog meer bestanddeelen van het salpeterzuur te brengen, men zou een ontploffende stof van veel grooter kracht hebben verkregen. In een pentanitrophenol zou evenwel nog geen zuurstof genoeg zijn, om alle koolstof en waterstof volkomen te verbranden. Het laatste wordt klaarblijkelijk vereischt, om de grootst mogelijke hoeveelheid warmte bij de ontploffing te verkrijgen. Is de ontplofbare stof een enkele verbinding, dan moet men trachten ze zoo samen te stellen, dat de zuurstof met de atomen koolstof en waterstof koolstofdioxyde en water kan vormen. Bij mengsels, zooals buskruit, schijnt dit niet altijd de meest voordeelige toestand te zijn. Ook dan blijft echter nog de vraag, of men door in ééne richting het hoogste te bereiken, in een andere — b. v. die der stabiliteit van de verbinding — niet evenveel verloren heeft.

Tot de nitro-verbindingen behooren ook de meeste der zoogenaamde zure en neutrale ontplofbare stoffen van dr. SPRENGEL, die onder de namen *hellofiet*, *panclastiet* enz. bekend zijn.

Zij zijn brandbare organische stoffen, zooals zwavelkoolstof en nitrobenzol, die in gemakkelijk ontleedbare zuurstofrijke verbindingen, zooals salpeterzuur en kaliumchloraat opgelost of er mede vermengd zijn. Zoo is *rackarock* uit nitrobenzol en kaliumchloraat samengesteld. Dit mengsel, dat in kracht nagenoeg met dynamiet gelijk staat, is bekend geworden door het gebruik, dat generaal NEWTON er van maakte, om de reusachtige rots te vernielen, die den ingang tot de haven van New-York onveilig maakte. Pen- en teekenschrift hebben samen gewerkt om ons die omvangrijke, zoo goed geslaagde onderneming tot in bij-

zonderheden te leeren kennen. De zure ontplofbare mengsels van SPRENGER vereischen een zeer krachtigen detonator van knalkwik. De neutrale, waarin kaliumchloraat de zuurstof levert, moeten zelfs een zekere hoeveelheid van een zwavel- of nitro-verbinding bevatten, om voor detonators gevoelig te zijn.

## V

Met de ontplofbare stoffen van SPRENGER zijn wij tot het type buskruit en dus in zekeren zin tot ons punt van uitgang teruggekeerd. Wij hebben weder mengsels van stoffen, die elk op zich zelve in geringe mate of in het geheel niet ontplofbaar zijn. Dit is ook in de werkelijkheid de gang van zaken geweest. Schietkatoen, nitro-glycerine en soortgelijke verbindingen vertegenwoordigen een belangrijk tijdperk in de geschiedenis van de uitvinding en toepassing der ontplofbare stoffen, doch zij hebben in onze dagen ernstige mededingers gekregen in mengsels van bovengenoemden aard. De praktijk en de wetenschap wijzen er op, dat deze gang, schijnbaar een kringloop, inderdaad een vooruitgang is. De bereiding en bewaring van de nitro-verbindingen is zoo gevaarlijk, dat zij niet zonder opoffering van menschenlevens schijnt te kunnen geschieden. Voortdurend hoort men van fabrieken, en werkplaatsen, die in de lucht gevlogen zijn. Zelfs de fabriek van geperst schietkatoen van PRENTICE & c<sup>o</sup> te Stowmarket, waarin met bijzondere voorzichtigheid en kennis van zaken gewerkt werd, is aan dit lot niet ontkomen. De vernieling der fabriek door een ontploffing kostte aan het meerendeel der arbeiders en aan een der eigenaars het leven. Dit gevaar wordt bij de nieuwe soort van ontplofbare stoffen zoo al niet geheel weggenomen dan toch aanmerkelijk verminderd. Men streeft er meer en meer naar om de bestanddeelen afzonderlijk te behandelen en te bewaren en ze eerst dan te vermengen, als zij gebruikt moeten worden. Ook uit een wetenschappelijk oogpunt is het beginsel goed te noemen, volgens hetwelk de stoffen in den vorm van mengsels bij elkander gevoegd en niet scheikundig tot een enkele verbinding vereenigd worden. Bij de vorming van salpeterzure ethers en nitro-verbindingen, om ons hierbij te bepalen, uit koolwaterstoffen, koolhydraten en salpeterzuur gaat de vormingswarmte dier verbindingen verloren. Bij de ontploffing moet een gedeelte van het beschikbaar arbeidsvermogen gebruikt worden, om die verbinding weder op te heffen. Dit gedeelte is wel is waar klein, doch het kan evengoed dienen, om de zuurstofatomen uit

kaliumchloraat of salpeterzuur vrij te maken. Zijn laatstgenoemde verbindingen met brandbare stoffen, zooals koolwaterstoffen en koolhydraten gemengd, dan zullen die zuurstofatomen de verbranding dier stof bewerkstelligen. De uitkomst is dan ook hier, dat de verbrandingswarmte beschikbaar komt. Het is dan ook proefondervindelijk gebleken, dat deze mengsels noch wat het gasvolume, noch wat de warmte, die ontwikkeld wordt, betreft, voor dynamiet of schietkatoen behoeven onder te doen.

Er wordt evenwel een zeer krachtige detonator vereischt, om zulke mengsels te doen detoneeren. Proeven hebben echter geleerd, dat een percussie-dop met knalkwik de detonatie bijna altijd teweeg brengt, als de hoeveelheid knalkwik 4 proc. van de geheele ontplofbare massa bedraagt. Voor schokken zijn zulke mengsels volkomen ongevoelig en met een vlam aangeraakt ontploffen zij zelfs niet. Zij kunnen zonder bijzondere maatregelen van voorzorg vervoerd en behandeld worden. Zoolang zij van de percussie-doppen met het knalkwik gescheiden zijn, is er hoegenaamd geen gevaar.

Stoffen met de genoemde eigenschappen zijn dus aangewezen om voor het vullen van holle projectielen gebruikt te worden. De verwachting schijnt thans niet teleurgesteld te zijn. Alles, wat er bekend is geworden van de uitkomsten der proeven van militaire deskundigen brengt er toe om te gelooven, dat dit vraagstuk als opgelost moet beschouwd worden. De gevulde projectielen weerstonden den schok bij het afschieten van het geschut, ontploften op het gewenschte oogenblik, terwijl de scherven uiteenspatten met een kracht, die buskruit er op verre na niet aan kon mededeelen. Zoo althans luiden de mededeelingen in Fransche tijdschriften.

Bijzonderheden betreffende deze soort van ontplofbare stoffen zijn uit den aard der zaak buiten de militaire kringen onbekend. Eene ontplofbare stof van groote kracht te bezitten is veel waard, doch de waarde er van wordt verdubbeld, als men de eenige bezitter er van is. Dit wordt door alle Europeesche mogendheden begrepen. In elk land van ons werelddeel worden daarom op last van de departementen van oorlog onder leiding van hoofdofficieren met nieuwe ontplofbare mengsels proeven genomen. Scheikundigen, die zich uitsluitend aan zulke studies wijden, worden als wetenschappelijke elementen aan die departementen verbonden. In Frankrijk is de leiding van de bereiding van buskruit, dynamiet, schietkatoen en andere ontplofbare stoffen aan een afzonderlijk corps van zes en dertig ingenieurs toever-



trouwd, die aan de polytechnische school hunne opleiding genieten. Tien buskruitfabrieken, één fabriek voor de bereiding van dynamiet en één voor die van schietkatoen zijn daar te lande voor de behoeften van het leger in werking. Volgens de opgaven van een bevoegd deskundige<sup>1</sup> zou de voorraad buskruit, in Frankrijk voorhanden, op 800 000 centenaars geschat moeten worden en zouden de kruitfabrieken in oorlogstijd per maand te zamen 20 000 centenaars kunnen afleveren. En in Duitschland zijn de ontplofbare stoffen in niet minder verscheidenheid en in niet geringer hoeveelheid opgehoopt.

Met het oog op het bovenstaande moeten woorden als onlangs op het diner van den Lord Mayor door Lord SALISBURY gesproken zijn, een diepen indruk maken. »Een oorlog op het vaste land van Europa,» zoo heette het, »zou een van de grootste onheilen zijn, welke de verbeelding zich kan voorstellen. De vooruitgang der toegepaste wetenschap heeft de vernielingswerktuigen zoo volmaakt, dat men gruwet van het denkbeeld, dat tusschen twee groote mogendheden oorlog zou uitbarsten.»

Toch is dit wellicht de weg, waarlangs de oorlog voor goed van de aarde zal verdwijnen. Krijgsroem als premie op vindingrijkheid op scheikundig en technisch gebied zal de aloude stralenkrans verliezen. Een slachting van menschen op de schaal, die de nieuwste hulpmiddelen der krijgskunst zullen veroorloven, zal men niet langer willen bestempelen met den naam van een strijd. En veel zal daarmede gewonnen zijn.

Ieder echter, wat hij te dezen opzichte ook denke, moet den tol zijner bewondering betalen aan mannen als ABEL, NOBEL en zooveel anderen, die de kennis der ontplofbare stoffen in een kort tijdsverloop tot zulk een graad van volkomenheid gebracht hebben. Onderzoekingen van dien aard vereischen niet slechts talent, maar ook zelfvertrouwen en moed. Er is levensgevaar aan verbonden. Het *asphalène* (kaliumchloraat met zemels) kostte den scheikundige, die het uitvond, het leven.

Laten overigens staat en maatschappij van de uitkomsten der wetenschap het gebruik maken, dat zij willen. Te dezen opzichte geen zorg! Elke nieuwe provincie, die aan het rijk der kennis gehecht wordt, komt ten slotte aan de menschheid ten goede.

<sup>1</sup> *Der nächste deutsch-französische Krieg* von C. Koettschau. Theil I S. 74.