



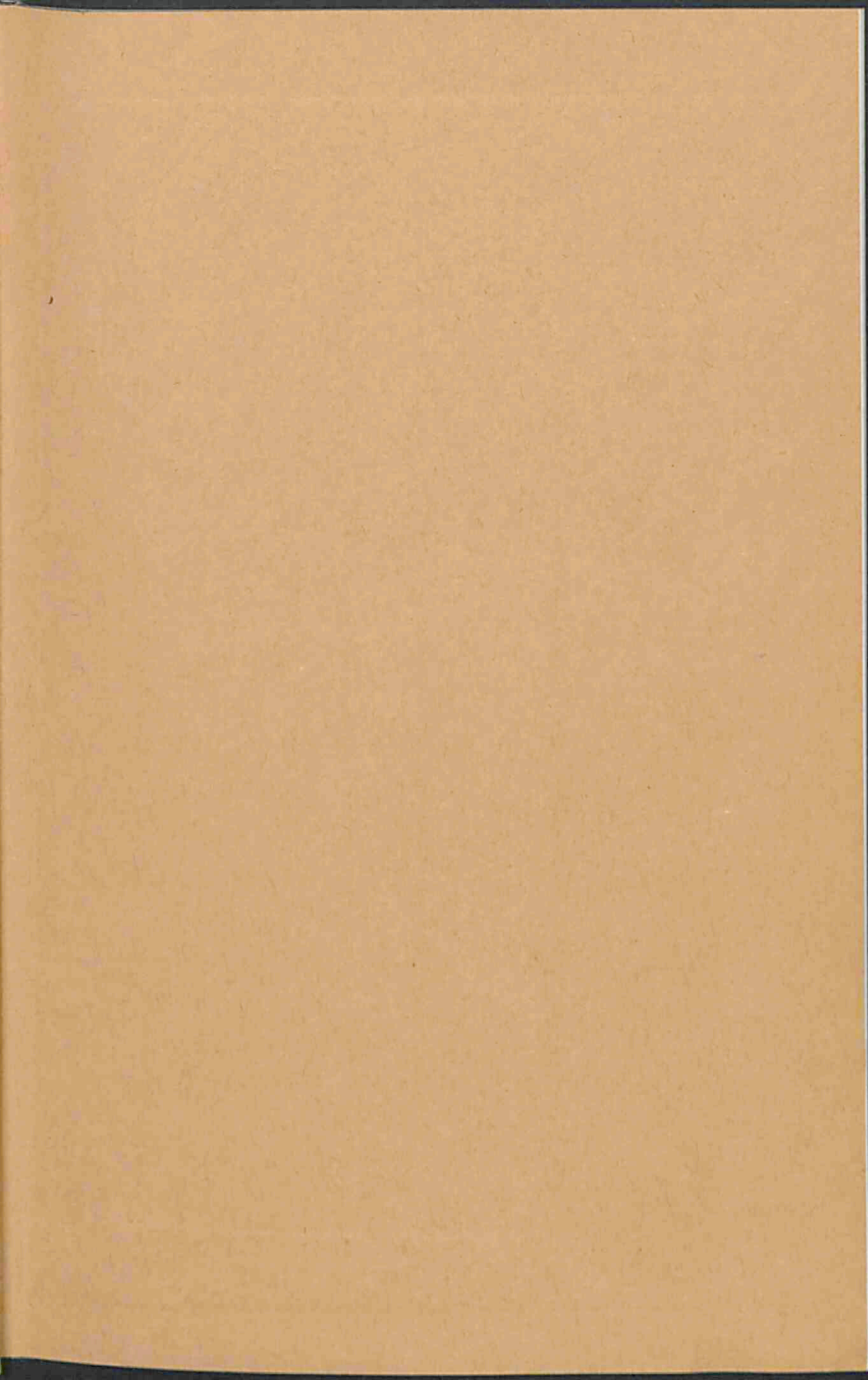
De hedendaagsche puntkogels, vooral die van het Beaumontgeweer, en hunne werking

<https://hdl.handle.net/1874/250591>

cht



VERSCHOOR & ZOON B.V.
VOORSBURG
BOEKBINDERS SINDE 1854



Diso: Utrecht, 1876.

DE HEDENDAAGSCHE PUNKKOGELS,

VOORAL DIE VAN HET

BEAUMONTGEWEER,

EN HUNNE WERKING.

ACADEMISCH PROEFSCHRIFT,

TER VERKRIJGING VAN DEN GRAAD

VAN

DOCTOR IN DE GENEESKUNDE,

AAN DE HOOGESCHOOL TE UTRECHT,

NA MACHTIGING VAN DEN RECTOR MAGNIFICUS

DR. H. VAN HERWERDEN,

Gewoon Hoogleraar in de Faculteit der Bespiegelende Wijsbegeerte en Letteren,

MET TOESTEMMING VAN DEN ACADEMISCHEN SENAAAT EN VOLGENS BESLUIT

DER GENEESKUNDIGE FACULTEIT,

TE VERDEDIGEN

op Woensdag 26 April 1876, des namiddags ten 6 ure,

DOOR

HENDRIK ARNOLDUS ZEGERS,

Arts, Officier van Gezondheid bij de Landmacht,

geboren te Harderwijk.



AMSTERDAM, -- SCHELTEMA & HOLKEMA. -- 1876.

RIJKSUNIVERSITEIT UTRECHT



1125 9771

VOORWOORD.

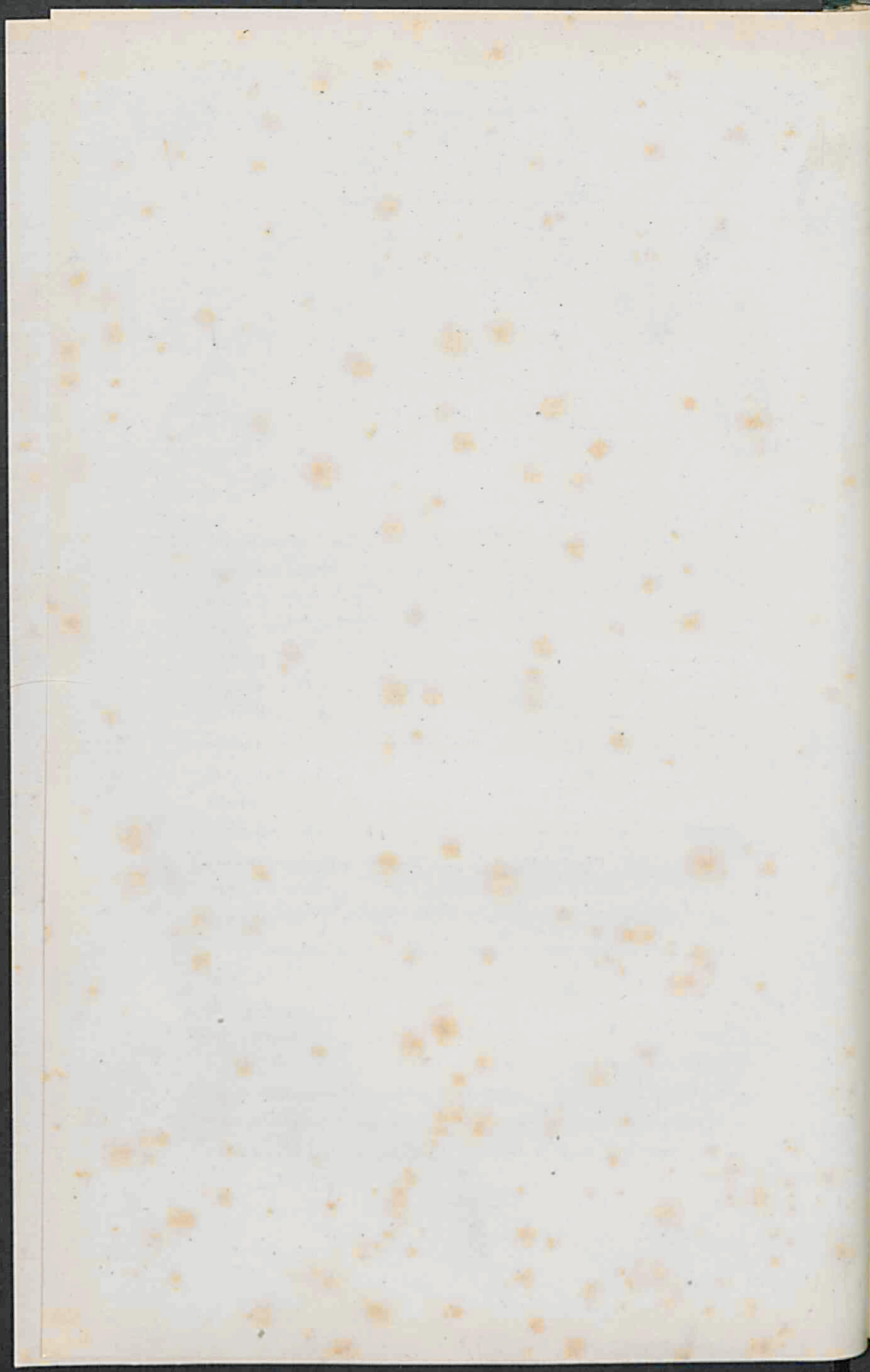
Bij het in het licht geven dezer regelen voel ik mij verplicht mijnen dank te betuigen voor de ondervonden hulp en medewerking:

1°. aan den HoogEdel Gestrengen Heer Kolonel-Kommandant van het 7^e Regiment Infanterie, die mij in de gelegenheid stelde mijne proeven te doen.

2°. aan den Hooggeboren Heer J. C. E. Graaf VAN LYNDEN, Ritmeester der Hussaren, die zijne manége ter mijner beschikking stelde; en

3°. aan den WelEdelGestrengen Heer E. T. HISSINK, Officier der Infanterie, voor zijne genomen moeite, daar hij mij in het nemen mijner proeven steeds behulpzaam was.

DE SCHRIJVER.



INLEIDING.

Het is voorzeker niet vreemd, maar geheel in overeenstemming met den aard zijner betrekking, dat de militaire chirurg, de man, die elk oogenblik kan geroepen worden om op het slagveld hulp te verleen en aan die zonen des vaderlands, bij wie, door het gruwzaam effect der heden-daagsche kogels, schrikbarende verwoestingen zijn aangericht, — niet vreemd zeker is het voor hem, zeg ik, dat hij in tijd van vollen vrede zich volkomen op de hoogte trachte te stellen van het effect dat door die kogels kan veroorzaakt worden. Hierdoor volbrengt hij slechts den plicht die op hem, evenals op ieder wetenschappelijk gevormd arts rust, dat hij de oorzaken tracht te doorgronden waarvan alle beleedigingen afhankelijk zijn, benevens den aard leert kennen van het beleedigende voorwerp en de physische wetten die hierbij in werking komen. Wanneer ik dus in de volgende regelen mijne opmerkzaamheid wijd aan de geschiedenis van geweren en kogels, dan volg ik hierin slechts het voorbeeld van die geneeskundigen, die in den ouden tijd hunne aandacht schonken niet alleen aan de beleedigingen door vuurwapenen veroorzaakt, maar ook aan die wapenen zelf. Hoeveel te meer moet dit dan niet geschieden in den laatsten tijd, nu met den vooruit-

gang der wetenschap de verbetering der vuurwapens gelijken tred hield, en bijna zou men meenen, thans zijn hoogsten trap van ontwikkeling heeft bereikt.

De eerste, die ons eenige nauwkeurige opgaven doet over de mechanische werking van sferische kogels uit gladloopsgeweren, was de Engelschman J. Hunter, die een werk schreef over geschoten wonden, en hierin vooral opmerkzaam maakte op het onderscheid, dat het verschil in snelheid van den kogel op zijne uitwerking heeft, en over den weerstand dien hij op zijn weg ontmoet. Later hebben Dupuytren, Larrey en Baudens hunne aandacht aan dit onderwerp gewijd, benevens B. Langenbeck, in zijne „Bemerkungen zu Hunter's Buch von den Schusswunden“, Simon, in zijne „Schusswunden“, Stromeijer, in zijne „Maximen der Kriegsheilkunde“, enz.

De invoering der cilindrische kogels werd het eerst door Longmore besproken, terwijl Legonest in zijn „Traité de Chirurgie d'Armée“ de in gebruik zijnde wapenen en kogels uitvoerig behandelt, en in eene tabel de resultaten vermeldt van de proeven die genomen zijn, om het verschil aan te toonen van de doordringingskracht op hout, tusschen sferische en cilindrische kogels. In de meeste werken over oorlogs-chirurgie werden deze zaken ter loops besproken, totdat Demme, in zijne „Militair-Chirurgische Studiën“, weder het eerst de physische zijde behandelt, door op het belang der kaliber-quaestie te wijzen. Hij vangt zijne beschouwing aan met te zeggen, dat, behalve de factoren die van den verwonde zelf afhankelijk zijn, het vooral de grootte, vorm en consistentie van den kogel zijn, benevens zijne snelheid en voortstuwende kracht, die op de verwonding van den meesten invloed zijn, en dat het daarom noodzakelijk is deze zaken uitvoerig te behandelen. Nendörfer zegt in het 1^{ste} deel zijner „Oorlogs-

chirurgie", dat de kennis der wapenen onmisbaar is, en geeft in zijne inleiding een beknopt overzicht van de leer der wapenen. H. Fischer, in zijne *Kriegs Chirurgie in Pitha en Billroth's Handboek*", begint met te zeggen, dat het voor hem, die geschoten wonden naar waarde wil schatten en voor den oorlog voorbereid wil zijn, noodzakelijk is om de vuurwapenen, en vooral de geweren en kogels in hunne constructie en werking te kennen. Hierna behandelt hij dit onderwerp dan ook zeer uitvoerig. Nog in sterkere mate werd door iedereen de aandacht aan dit onderwerp geschonken, toen, na het uitbreken van den Fransch-Duitschen oorlog, het effect der achterladers bekend werd, en het eerst door Socin de proeven van Hagenbach werden gepubliceerd. De beschuldiging door Franschen en Pruisen elkander toegeworpen, dat in dezen oorlog, in weerwil van het Petersburger internationale tractaat, ontplofbare kogels waren gebruikt, werd glansrijk hierdoor weerlegd, en van verschillende zijden werden proeven in het werk gesteld om het physisch effect van den kogel te leeren kennen, alsmede de oorzaak van het gruwzame effect dat deze cilindrische kogels teweegbrachten. De eerste die na Socin zijne proeven bekend maakte, was Prof. Busch, uit Bonn, op het chirurgencongres, in het voorjaar van 1873 te Berlijn gehouden. Daarna werden de proeven, door Dr. Wahl, Küster, Heppner en Garfinkel genomen, en waarvan de resultaten niet altijd dezelfde waren, bekend; terwijl zelfs in den laatsten tijd de proefnemingen over dit onderwerp nog werden voortgezet en betrekking hadden op de bij de Franschen, Pruisen, Russen, Oostenrijkers en Engelschen in gebruik zijnde geweren. Dit spoorde mij aan om, ten einde het effect te leeren kennen van den kogel, die uit het bij het Nederlandsche leger ingevoerde Beau-

montgeweer wordt geschoten, te leeren kennen, met dit geweer de proeven te herhalen; en uit de hierachter volgende regelen zal de lezer kunnen zien met welken uitslag dit geschiedde, en tot welk resultaat dit leidde.

Vooraf heb ik mij tot taak gesteld om een overzicht te geven:

- 1°. Van datgene wat ons de geschiedenis leert over de physische veranderingen, die de kogel in het geweer, en na het verlaten er van ondergaat;
 - 2°. Van datgene wat tot ons is gekomen over de resultaten, der met hetzelfde doel genomen proeven in het buitenland, met de aldaar in gebruik zijnde achterlaad geweren; om
 - 3°. De door mij in het werk gestelde proeven, en de hierbij verkregen resultaten mede te deelen.
-

HOOFDSTUK 1.

Het is eene algemeen bekende zaak, dat men in de eerste jaren na het uitvinden der vuurwapenen de wonden die hierdoor veroorzaakt werden, beschouwde als zijnde verbrand of verbrand en vergiftigd; de kneuzingskorst werd als een brandkorst beschouwd. Als oorzaak voor de verhitting van den kogel nam men aan de wrijving door de lucht en het aanslaan tegen een getroffen lichaam. Dat door wrijving door de lucht warmte ontwikkeld werd, was sinds lang bekend, daar Aristoteles reeds spreekt over het verwarmen van pijlen door de lucht. De eerste die spreekt van verwarming der kogels is F. Würtz, Wundartzney. Cap. XXII 1563 die waarschuwt voor 't gebruik van zoogenoemde brandzalven vooral „wann der Stein (kogel) noch heiss ist.“ Zijne tijdgenoten in Italië en Frankrijk Maggi ¹⁾ en Ambroise Paré ²⁾ waren echter van een ander gevoelen. De laatste schreef in zijn Discours touchant le fait des harquebusades in

¹⁾ B. Maggius. De vulnerum sclopetorum et bombardarum curatione tractatus. Bononiae 1552.

²⁾ A. Paré. Oeuvres complètes. Edit. Malgaigne Paris 1840 Tome II. pag. 134.

1563) letterlijk de volgende zinsnede; „De dire aussi que ce soit la combustion du boulet qui face le danger, ie ne le puis entendre, veu que les balles faites ordinairement de plomb, ne pourroient endurer si extrême chaleur sans se fondre et dissoudre du tout: les quelles nonobstant nous voyons passer au travers d'un harnois et pénétrer le corps d'outre en outre et demeurer encore entières. D'avantage nous observons lorsqu'on les tire contre une pierre ou quelque autre matière solide, pouvoir au mesme instant estre maniées de nous, et tenues en la main, sans, qu'elles rendent notable ou ardente chaleur: combien que l'attouchement et collision d'icelles avec la pierre deust accroistre leur chaleur, si aucune y en avoit. Qui plus est, si on tire quelque balle dans un sac plein de poudre à canon, le feu n'y prend aucunement. Par ce j'ose hardiment dire et assurer que quand le feu se met en une poudre reservée en quelque tour ou en autre lieu, ce la se faire non par le feu que la balle porte quant et soy, mais par l'attrition d'icelle, frappant contre la pierre de la dite tour et en faissant sortir quelques estincelles de feu qui tombe en la poudre.“

Maggi voert dergelijke bewijzen aan, en zegt: gaat een kanonskogel door wol, dan bemerkt men daaraan evenmin een spoor van verbranding, als aan de huid of kleedingstukken van een door een looden kogel getroffen mensch. Hij heeft ook beproefd zijn oordeel door bewijzen te staven. Hij had hooren beweren, dat pijlen die met zwavel waren bestreken, ontvlamden tengevolge van de wrijving, der zwavel door de lucht; daarom schoot hij pijlen, die met was en zwavel waren bestreken, af tegen eene schijf, doch de verwachte smelting vond hij niet. Daarna schoot hij op kleinere en grootere afstanden met geweerkogels, die uit zwavel waren vervaardigd, tegen

eenen met kalk bestreken muur, doch ook nu verkreeg hij noch van het kruit eene ontploffing, noch door de wrijving door de lucht of door het aanslaan op een vast lichaam, eene verhooging van temperatuur die tot smelten aanleiding gaf, terwijl de kogel wel eene uitholling in de kalk veroorzaakte. In den omtrek van den wand vond hij vastklevende zwaveldeeltjes, zonder dat deze eenigzins veranderd of verkleurd waren. Dr. E. Richter ¹⁾ voert dit echter juist aan als een bewijs dat een gedeelte der zwavel door het aanslaan vloeibaar is geworden, en dat kleine droppels in de rondte verspreid werden die aan den wand smolten. Verder voert Maggi als bewijs aan dat kogels, van was gemaakt, op het doel waarop ze werden afgevuurd niet vastkleefden, maar als looden kogels afstieten, terwijl, indien zij door de hitte gesmolten waren, daaraan hadden moeten blijven kleven. Dit bewijs is echter evenmin geldig als dat van het doorboren van een harnas door een looden kogel, of dat van een plank door een kogel uit was. Want ofschoon de kogel op het oogenblik van het aanslaan nog niet gesmolten, maar alleen tot op een zekeren graad week geworden is, zoo kan de graad van snelheid en van beweging, het gebrek aan cohaesie voor het doorslaan geheel vergoeden. De weeke maar zeer snelle kogel veroorzaakt hetzelfde effect, als een harde, maar langzaam voortgaande. Verder maakt hij reeds daarop opmerkzaam, dat, al werd ook het warmer worden van den kogel bewezen, daardoor nog niet is uitgemaakt, dat een warme kogel bij zijne belangrijke snelheid in staat is, de wanden van het wondkanaal te verbranden.

¹⁾ E. Richter. Chirurgie der Schussverletzungen im Kriege. Breslau 1875.

Het eerst en het gemakkelijkst waar te nemen gevolg van deze verandering der physische gesteldheid van den looden kogel, moest bestaan in het zachter worden en het veranderen van vorm, bij het ontmoeten van een hinderpaal op zijn weg. Hiervan lezen wij bij de oude schrijvers weinig. Quercetanus ¹⁾ vermeldt dat de looden kogels na het afschieten, geen spoor van smelten vertoonden, terwijl wij bij andere chirurgen vermeld vinden dat looden kogels soms platgedrukt werden bij het aanslaan tegen een vast lichaam, of in de beenderen van het menschelijk lichaam indrongen, doch van misvorming was geen sprake. Nu was in dien tijd de aanvankelijke snelheid van den kogel minder, en zijne hardheid grooter, afhankelijk van het metaal dat men voor dien kogel gebruikte, en zal de verhooging van temperatuur wel veel minder zijn geweest, dan thans het geval is, terwijl Ravaton (1750) zegt dat kleine stukjes van den kogel op de randen van gebroken beenderen kunnen afspringen.

In 1737 beschreef Le Dran ²⁾ het eerst dat de kogel door het been in twee deelen kon worden gesplitst, platgedrukt en hoekig vervormd. Op hem volgt Bilguer ³⁾, de chirurg van Frederik de Groote, die van kogels en van stukjes lood spreekt, doch ook van gekapt lood, hetgeen destijds bij de legers veel in gebruik was, en dat tot de meening aanleiding geeft, dat wanneer toen ter tijde reeds zeer opvallende vormveran-

¹⁾ J. Quercetanus. *Sclopetarius sive de curandis vulneribus, quae sclopetorum et similium formentorū ictibus acciderunt liber*. Lugd. 1576.

²⁾ H. F. le Dran. *Traité ou réflexions tirées de la pratique sur les playes d'armes à feu*. Paris, 1737 pag. 19..

³⁾ J. U. Bilguer. *Anweisung zur ausübenden Wundarzneykunst in Feldlazarethen*. 1763.

deringen van kogels werden waargenomen Bilguer het nog niet voor mogelijk hield, dat dit veroorzaakt werd door de zich in het lichaam bevindende weerstanden. Van af dien tijd werd de opmerkzaamheid van alle schrijvers aan dit onderwerp gewijd. Hoogstwaarschijnlijk is het dat het voorkomen van misvormde kogels toenam, met het verbeteren der geweren en het vermeerderen der snelheid van den kogel. Percy vermeldde in 1788 in eene prijsvraag over het uittrekken van vreemde lichamen uit geschoten wonden, dat wanneer een kogel de voorste vlakke van een been gebroken had, zich op de achterste vlakke er van soms zóó platdrukte, dat hij door de eerste opening niet weder kon worden teruggebracht. Zoo ook beweerde Percy ¹⁾, evenals Thomson ²⁾, waargenomen te hebben dat een kogel platgedrukt zat tusschen de beide platen van de schedelbeenderen, en de laatste ook nog dat de kogel op den beenrand zich in deelen splitste zonder het been te breken. Hennen ³⁾ meende dat kogels zich zonder verdere mechanische oorzaken in twee helften konden verdeelen wegens eene bij het gieten ontstane scheur. De eerste die zeer nauwkeurige onderzoekingen over de physische werking en veranderingen van den kogel in het werk stelde en publiceerde, was Dupuytren ⁴⁾. In 1839 maakte hij het eerst opmerkzaam op het feit dat looden kogels afgeschoten tegen harde voorwerpen, steen of ijzer, bij een rechthoekig aanslaan in een

¹⁾ Percy. Manuel de chirurgien d'armée, etc. 1792.

²⁾ T. Thomson. Beobachtungen aus den brittischen Militärhospitälern in Belgien nach der Schlacht von Waterloo, aus dem Englischen übersetzt von Buck. 1820.

³⁾ Grundsätze der Militär-Chirurgie. Aus dem Englischen übersetzt. Weimar 1822.

⁴⁾ Dupuytren. Leçons orales. Paris 1839, p. 317.

groot aantal fragmenten verdeeld werden, die als zeer fijne deeltjes uiteen vlogen, en nog veel verwoesting konden aanrichten.

Bij de gevechten in de straten van Parijs in 1830 had men dit meermalen opgemerkt, vooral op holle steenvlakten, zooals van de nissen van den Louvre; alwaar men duidelijk kon zien dat de kogel zich verdeeld had, en het verloop van enkele fragmenten een aantal loodstreepen op de oppervlakte van den steen had afgebeeld. Dupuytren had dit ook meermalen opgemerkt bij dergelijke splitsingen van kogels op beenderen, zonder dat deze op scherpe beenranden waren aangeslagen, of dat het been was gebroken, en hij vond dit later door zijne proeven op levende dieren of lijken van menschen bevestigd. Hij voegde hierbij nog de belangrijke waarneming, dat wanneer men een kogel op eene dikke looden schijf afschoot, deze tot op eene zekere diepte daar in drong en daarna op het eind van zijnen loopbaan zoo geheel in de zelfstandigheid van de schijf overging, dat men buiten staat was de grenzen daartusschen ergens te onderscheiden.

De waarneming van het splijten van den kogel op beenderen werd door Baudens ¹⁾, Beck ²⁾ en Langenbeck bevestigd, en de laatste, die zijne waarnemingen reeds maakte bij het gebruik der puntkogels, voegde bij Hunter's boek ³⁾ de opmerkingen, dat zoodra de dichtheid en hardheid van het getroffen been grooter is dan de kracht en de cohaesie van den kogel, deze kogel, als hij onder

¹⁾ L. Baudens. Clinique des plaies d'armes à feu. Paris 1836. p. 22.

²⁾ B. Beck. Die Schusswunden 1849, p. 31.

³⁾ J. Hunter. Ueber Blutzündung und Schusswunden, übersetzt und mit Anmerkungen versehen von Palmer und B. Langenbeck. Berlin 1850. p. 942.

een rechten hoek aanslaat, plat wordt gedrukt, als het getroffen lichaam vlak is; gespleten wordt, als het een scherpen rand heeft, en in kleine fragmenten springt, als het onder een stompen hoek aanslaat. Stromeijer spreekt er in 1855 niet van; alleen zegt hij dat het lood van den kogel dikwijls zoo vast in de spongieuse beenzelfstandigheid van het getroffen been zit, alsof het ingesmolten was.

Na het invoeren der getrokken geweren nam de misvorming der kogels zeer toe. Vooral beschrijft Pirogoff in zijne „Kriegschirurgie“ dat het aantal der misvormde kogels ongeveer gelijk stond met dat der niet veranderde, en dat voor deze vormverandering van den kogel niet het aanslaan op een been noodig maar de weerstand der zachte deelen reeds toereikend is. Hij heeft waargenomen dat puntkogels zich hoefijzervormig om eene pees, spier, slagader of zenuw plooiden.

Na Pirogoff was het Demme ¹⁾, die na den Italiaanschen oorlog van het jaar 1859 als bijzondere eigenschappen der cilindro-conische holle kogels opgaf, de spoedige misvorming en splijting in stukken. Hij constateerde evenals Pirogoff ²⁾ de veelvuldige vormveranderingen die de holle kogel, bij de Franschen in gebruik, door den weerstand der zachte deelen onderging; en stelde als regel daarbij vast, dat deze verandering door iedere aanraking met het been vermeerderd werd, en dat hierbij de misvormde kogel van talrijke scherpe punten en kanten werd voorzien. Daarbij spreekt hij van opvallend veel voorgekomen afgebroken of gespleten stukken van den

¹⁾ Dr. Hermann Demme. Militair Chirurgische Studiën. Allgemeine Chirurgie der Kriegswunden. p. 68 en 8.

²⁾ Pirogoff. N. Grundzüge der allgemeinen Kriegschirurgie. Leipzig 1864.

kogel, die er vormloos evenals gehakt lood uitzagen, en waardoor ééne ingangs-opening, doch meerdere uitgangs-openingen ontstonden; doch hij ontkent eenvoudige splijting er van, zooals bij de ronde kogels niet zelden was waargenomen.

Andere schrijvers zooals Zechmeister ¹⁾ hechtten veel waarde aan de loslating van stukken van kogels, die door zachte deelen gemakkelijk veroorzaakt wordt, vooral aan de door gasontploffing en de kruitontbranding veroorzaakte omgestulpte of geheel ingescheurde randen. Neudörfer ²⁾ maakt het eerst op die interessante vormverandering van den kogel opmerkzaam, waarbij hij door het aanslaan den vorm van eene tulp met omgeslagen bloembladen aanneemt, welke vorm volgens nieuwere proeven door het omslaan van den hollen mantel van den cilinder naar voren, over den kern van den kogel ontstaat.

Ook na den Deenschen oorlog vermeldde Neudörfer ³⁾ dat hij zeer dikwijls meerdere splijtingen bij den Minié-kogel had gevonden, ofschoon Heine ⁴⁾ en Lücke ⁵⁾ geen onderscheid hierin tusschen de Deensche en Pruissische kogels opmerkten; echter stemden allen wel hierin overeen dat in het verbrijzelen van beenderen de Pruissische kogel alle overige overtrof. In den oorlog van 1866 toen het Podewils-geweer streed naast het Zündnadel- en het

¹⁾ Zechmeister. Die Schusswunden und die gegenwärtige Bewaffnung der Heere. München 1864.

²⁾ J. Neudörfer. Handbuch der Kriegschirurgie. Leipzig 1864.

³⁾ J. Neudörfer. Aus dem feldärztlichen Berichte über die Verwunden in Schleswig. Von Langenbeck's Archiv. 87 Band. 1864.

⁴⁾ C. Heine. Die Schussverletzungen der unteren Extremitäten. Langenbeck's Archiv. 7. Band 1865.

⁵⁾ A. Lücke. Kriegschirurgische Aphorismen aus dem zweiten Schleswig-Holsteinschen Kriege im Jahre 1864. Langenbeck's Archiv. 7 Band.

Lorenz-geweer, waren het vooral Biefel ¹⁾ en Beck ²⁾ die opmerkzaam maakten op de veelvuldige vormveranderingen die de kogels van deze geweren ondergingen, en waarbij zich het achterste einde kelkvormig over het voorste heenstulpte.

Letten wij thans op de ondervinding in den Fransch-Duitschen oorlog van 1870 en 1871 opgedaan, vooral wat betreft den Chassepot-kogel. Alle schrijvers maken eenstemmig melding van de opvallend vele vormveranderingen en verbrokkeling die deze kogel onderging, en waarvoor de verklaring van het schieten met gehakt lood niet meer voldoende was, maar waarvoor men eene verklaring zocht in het schieten met explodeerende kogels; hetgeen zooals uit alle onderzoekingen duidelijk blijkt, inderdaad toch door geen der partijen is geschied. Chassepot-kogels die het been getroffen hadden werden bijna nooit onveranderd, maar meestal in fijne stukjes teruggevonden met scherpe kanten, soms gedraaid als schillen of houtkrullen. Beck vermeldt zelf dat hij zag dat de Chassepot-kogel als een hemdsknoopje in de schedelbeenderen zat of zakvormig was omgestulpt, terwijl Vogl ³⁾ er opmerkzaam op maakt dat reeds uitgebreide vormveranderingen door de zachte deelen werden veroorzaakt. Beck en Kirchner ⁴⁾ voegden hierbij nog de belangrijke mededeeling, dat zulke misvormde kogels, onmiddellijk geëxtraheerd eene iriseerende verkleuring op de aanslagsvlakte vertoonden. Cöhn ⁵⁾ vermeldt bij Fischer dat hij in een kogel

¹⁾ R. Biefel. Im Reserve-lazareth, Langenbeck's Archiv. 11 Band 1869.

²⁾ B. Beck. Kriegschirurgische Erfahrungen während des Feldzuges 1866. Freiburg 1867.

³⁾ A. Vogl. Vom Gefechts-zum Verbandplatz. München 1873.

⁴⁾ C. Kirchner. Aerztlicher Bericht über das Kgl. Preuss. Feldlazareth im Palast zu Versailles, 1872.

⁵⁾ H. Fischer. Kriegschirurgische Erfahrungen. Erlangen 1842. bladz. 84.

uit een Remington-geweer, die bij de verwonding den gouden bril van den verwonde verbrijzelde, niet alleen een stuk van het geraamte des brils, maar zelfs een stuk glas had gevonden dat als een paarl gesmolten was, terwijl Coze in de *"Gazette Hebdomadaire de Médecine et de Chirurgie,"* No. 5, pag. 13: eenige gevallen beschrijft van misvorming van kogels. Opvallend was echter hierbij het verschil tusschen de kogels van het Chassepot en het Zündnadelgeweer. De vormveranderingen van deze laatsten waren veel geringer.

Uit het bovenstaande leeren wij dus dat de kennis van de vormveranderingen van den kogel gedurende alle eeuwen trapsgewijze is toegenomen, en hand aan hand ging met het verbeteren der geweren en de draagkracht er van. De snelheid van den kogel moet dus van groot belang zijn voor het effect, want behalve dat de kogel in het lichaam van den getroffen vijand dringt, daarin zich een weg baant en de deelen verscheurt, komt hierbij nog een tweede moment in werking, en wel de verbrijzeling, veroorzaakt door dat de mechanische beweging van den kogel bij het ondervinden van den weerstand omgezet werd in eene moleculaire, dat is in warmte, door verhitting van den kogel. Door deze verhitting wordt de kogel week, zelfs gesmolten, en daaruit worden de vele vormen en stukken verklaard, waarin de kogel zich splitst, en die men eveneens verkrijgt wanneer gesmolten lood, door uitwendig aangebrachte middelen plotseling bekoelt.

De oorzaken die de verwarming van den kogel veroorzaken zijn vier in getal. Drie dezer factoren waren reeds bij de oude chirurgen bekend in de 16^e eeuw, en wel: 1^e het in aanraking komen van den kogel met het ontbrandende kruit; 2^e de wrijving van den kogel langs den geweerloop; 3^e de wrijving in de lucht, terwijl zij van de

4^e oorzaak, de omzetting van beweging in warmte, slechts eenig begrip hadden, en meenden dat die warmte eenvoudig een gevolg was van bijzonder sterke wrijving.

Volgens E. Richter wordt de temperatuur van het explodeerende kruit op 3000° geschat, en mocht nu al de kogel slechts zeer kort hiermede in aanraking zijn, zoo is vooral bij de holle cilindrische kogels een vrij groot gedeelte van den kogel gedurende een oogenblik met deze temperatuur in aanraking, hetgeen natuurlijk niet zonder invloed op den kogel kan blijven. Dit is bij het Zündnadelgeweer niet het geval, omdat hier een houten klosje het lood van het kruit afscheidt.

Van meer belang is de wrijving die de kogel ondervindt in den getrokken loop van sommige achterlaadstelsels, daar de kogel met kracht door den loop wordt geperst, omdat zijn diameter grooter is dan het kaliber van het geweer, en deze factor nog verhoogd kan worden in het geval, dat bij langdurig snelvuur de loop zelf eene aanmerkelijke verhitting ondergaat.

Tot hoever deze factoren de temperatuur van den kogel doen stijgen, hieromtrent bestaat een nog al uiteenlopend verschil van meening onder de physici. Hagenbach ¹⁾ neemt aan dat de Chassepotkogel op het oogenblik dat hij in de lucht treedt eene temperatuur van circa 100° bezit. Bodynski ²⁾ schat ze op 300°.

De derde factor, het wrijven door de lucht, wordt door de meeste schrijvers buiten rekening gelaten, en wel omdat het verschil dat hierin tusschen de verschillende kogels

¹⁾ E. Hagenbach. Ueber die Schmelzung bleierner Geschosse durch Aufschlagen auf eine Eisenplatte. Poggendorf's Annalen. Band 140.

²⁾ J. Bodynski. Ueber die Temperaturerhöhung abgefeuerter bleierner Geschosse und Schmelzung derselben durch Aufschlagen auf Eisen- und Steinplatten. Poggendorf's Annalen. Band 145.

bestaat van geen belang is, en de verhooging van temperatuur die hierdoor kan verkregen worden gering.

De vierde factor het aanslaan tegen een vast lichaam is van meer belang, en dateert uit den jongsten tijd.

In het jaar 1834 werden bij Metz kanonskogels afgeschoten op muren van kalksteen en drongen daarin $\frac{1}{2}$ à $\frac{2}{3}$ meter; waarbij zich zulk eene hooge temperatuur ontwikkelde, dat de omgevende kalksteen er als gebrand uitzag, en de kogel na een uur nog zoo verhit was dat men er zich aan brandde. Het volgende jaar deed men deze proeven op ijzeren platen, waarbij de kogel zelf verbrijzeld werd en in de schijf diepe met scheuren voorziene indrukken maakte. Hierbij werd deze plaat zelf zoo verhit, dat zij eene blauwe kleur aannam ¹⁾. Hierna vestigde Pirogoff weder de aandacht op dit feit en zeide op bladz. 341 en 359 van zijne oorlogs-chirurgie: dat door de wrijving in de lucht en den weerstand dien de kogel bij het aanslaan tegen een voorwerp ondervindt, zijne temperatuur soms zoo vermeerderd wordt, dat men de werking van zulk een met groote kracht gedreven kogel op organische weefsels vergelijken kan met die van een gloeiend ijzer of een gloeienden troiskwart. Uit de physica is ons bekend, dat beweging omgezet wordt in warmte, en dat de warmte, die door het aanslaan van een vallend of voortgaand lichaam ontstaat, vermeerderd in rechte reden van het quadraat der snelheid zoodat volgens deze wet een looden geweerkogel, die met eene snelheid van 425 meter in de seconde eene onbewegelijke schijf treft, namelijk eene schijf die het mogelijk maakt, dat de geheele zich ontwikke-

¹⁾ Neumann. Abhandlung über das Schiessen und Werfen aus Geschützen. Berlin 1855.

lende warmte, in den kogel vereenigd blijft, eene temperatuur zou doen ontstaan, die meer dan voldoende was om de geheele loodmassa van den kogel te doen smelten. Een ijzeren kogel zou in dit geval daarentegen slechts $\frac{1}{3}$ van deze temperatuur verkrijgen, omdat de warmte capaciteit van het ijzer ongeveer driemaal meer is, dan die van het lood.

Volgens E. Richter's opgaven hebben zich bij de groote schietproeven door de Pruisische Artillerie in den laatsten tijd op pantserplaten genomen, de volgende merkwaardige verschijnselen voorgedaan. Dringt een goed bewerkte granaat door de pantserplaten heen, zonder daarbij de minste stoornis of mechanische scheiding in hare deelen te ondervinden, dan wordt zij niet verwarmd; ondervindt zij echter hierbij hindernis, waarmede steeds vermindering der levende kracht dus ook vertraagde beweging verbonden is, dan ondergaat zij bij het doorboren der schijf eene temperatuursvermeerdering, die des te hooger zal zijn, naarmate de weerstand van het ijzer grooter was. Strijkt er lood van den omtrek van de granaat af, en blijft dit aan den wand van de geschoten opening kleven, dan vindt men het hier gesmolten. De wanden van dit geschoten kanaal zijn in ieder geval heet; de hoogste temperatuur ontstaat echter als de kogel in de pantserplaat blijft steken. Hieruit blijkt dus dat plotseling gedeeltelijk ophouden van mechanische beweging eveneens warmte doet ontstaan, en dat dit bij het lood, dat bij deze proeven wordt afgestreken, en in zijn snelle beweging plotseling wordt tegengegaan en tot stilstand gebracht, tot smelthitte kan stijgen.

In het etablissement van Krupp te Essen vond men bij de genomen proeven, dat wanneer looden kogels bij eene snelheid van 400 meter in de seconde aansloegen

op ijzer of gietstaal, de misvorming onder smeltingsverschijnselen plaatsgreep, en de kogel aan gewicht verloor.

Volgens Busch ¹⁾ zouden bij de schietproeven tegen ondoordringbare pantserplaten, door de Belgische Artillerie genomen, de gebruikte ijzeren kogels, onder het afgeven van vonken zijn gesprongen, en zouden de breukvlakten der gesprongen stukken zich terstond met ijzer-oxyde bedekt hebben.

De eerste experimenten om het smelten van geweerkogels bij het aanslaan op weerstanden te onderzoeken, werden genomen door Hagenbach in Basel en later ook door Socin. (Poggendorf's Annalen Bd. CXL S. 486 en Bd. CXLIII S. 153^a).

De eerste schoot met looden kogels, die eene snelheid van 350 meter hadden, op platen van ijzerblik. Zij veroorzaakten hierin slechts eene kleine, nauwelijks merkbare inbuiging en vielen daarop mat voor de schijf neer. Op iederen indruk der schijf zag men de sporen van het rondgespatte, gesmolten lood in den vorm van een witte ster uitstralen; ook vond men in de nabijheid der schijf fijne droppels gesmolten metaal. Hierbij bleek dat een kogel, die 40 gram woog, gedeformeerd teruggebracht was tot 12.1 of 13.2 gram, en dus gemiddeld 27.3 gram aan gewicht had verloren. De sporen van dit afgespatte lood waren in den vorm van de reeds genoemde witte ster op de ijzeren plaat zichtbaar, of werden opgeraapt als zeer warme looddroppels in de nabijheid, terwijl de uitstralende kristallijnen voegen van het overblijfsel geen twijfel overlieten, of werkelijk het gewichtsverlies had door

¹⁾ Verhandlungen der Deutsche Gesellschaft für Chirurgie. 2 Congres. Berlin 1873.

afsmelten plaatsgevonden. Hetzelfde was het geval met kogels kleinkaliber van 20.4 gram, die gemiddeld 17.5 gram verloren. De snelheid dezer kogels was van het kleinkaliber 435 meter in de seconde, van het grootkaliber 350 meter.

Nu berekende Hagenbach het eerst dat, volgens de formule $w = \frac{mv^2}{2}$ waarbij $m = \frac{p}{g}$ is, en $w =$ de weerstand die de kogel ontmoet, $p =$ het gewicht van den kogel, $v =$ de aanvankelijke snelheid, en $g =$ de vermeerdering door de zwaartekracht, het kleinkaliber eene levende kracht ontwikkelde van 197 kilogram-meter en het grootkaliber 270 kilogram-meter. Brengt men dit over in warmte eenheden dan was $197 \text{ kgrm} = 0.465$ warmte-eenheid en $250 \text{ kgrm} = 0.49$ warmte-eenheid. Nu kan 0.465 warmte-eenheid 37 gram lood doen smelten en 0.59 warmte-eenheid 47 gram; aannemende dat het lood eene temperatuur in het begin had van 100° , en dus van 100° tot het smeltpunt moest worden verhit. Daar nu in de werkelijkheid bij de proeven bleek, dat van het klein kaliber slechts 17,5 gram, van het groot kaliber 27,3 gram lood gesmolten was, zoo bleef er in het eene geval 53 pct. en in het andere 42 pct. der levende kracht over, die niet voor het smelten gebruikt was. Daarvan moet echter nog eene aanmerkelijke, in warmte omgezette kracht tot verhitting van het niet gesmolten deel van den kogel dienen, en tot dekking van het warmteverlies door uitstraling en geleiding. Het overige komt als levende kracht in werking bij het terugstooten van het overblijfsel en het uiteenspringen van het gesmoltene. De mechanische warmtetheorie verklaart dus op bevredigende wijze de door de proef buiten kijf gestelde afsmelting.

De aanvankelijke warmte, toen de kogel den geweerloop

verliet, werd op 100° geschat, hetgeen vooral niet te hoog is. Bodynski, die beweert dat het 300° is, meent, ten gevolge der door hem genomen proeven, dat de invloed der warmteontwikkeling op den kogel niet voorbij mag worden gezien. Schoot hij met hetzelfde geweer en dezelfde kruitlading op gelijken afstand op steen en op ijzer, dan ontstond op steen volkomen smelting, daar alle overblijfselen den vorm van gesmolten looddroppels hadden; terwijl de loodsplinters op het ijzer er uitzagen als gedraaide houten krullen en alsof zij niet gesmolten waren geweest. Wil men nu deze mindere temperatuursontwikkeling aan de grootere warmtegeleiding van het ijzer toeschrijven, dan moet dit afhankelijk zijn van het even aanraken, dat nauwelijks is aan te nemen, doch eerder afhankelijk moet worden gesteld van het verbruikte arbeidsvermogen bij het treffen van het ijzer en het maken van diepe indrukken er in, daar op den steen geene veranderingen waren te bemerken. Hieruit blijkt dus dat de mechanische en moleculaire processen, die in de massa van het getroffen voorwerp ontstaan, op de warmteontwikkeling van veel invloed zijn, en dat de levende kracht alleen in die massa in warmte wordt omgezet, waarbij geen mechanische arbeid wordt verricht. Hoe grooter derhalve deze laatste factor is, hoe geringer de eerste. Hoe grooter de hinderpaal is, des te meer kracht moet voor het overwinnen er van worden verbruikt, en des te meer warmte wordt er ontwikkeld. Maakt daarentegen de weerstand plaats, of neemt hij een deel of het geheel der beweging over, dan is de warmteontwikkeling betrekkelijk gering, daar nu de werking der kracht in den vorm van voelbare beweging voortduurt. Daarom is dan ook de temperatuursverhooging in een elastisch lichaam onder analoge verhoudingen geringer, omdat het de medege-

deelde beweging door zijne eigene terugwerking als beweging der massa voortzet ¹⁾).

Melsens ²⁾, die met deze wet onbekend was, maakte valsche gevolgtrekkingen. Hij nam in het donker proeven met kogels uit zink, bismuth, tin of lood vervaardigd tegen een vaststaand aanbeeld, en zag op het oogenblik van het aanslaan een meer of minder levendig licht op de plaats van den aanslag ontstaan; hij besloot daaruit, dat door het aanslaan deelen van den kogel niet alleen tot smelthitte, maar zelfs tot gloeihitte gebracht konden worden. Volgens zijn subjectief gevoelen zou het smelten van het lood, dat hierbij plaats had, van zeer weinig belang zijn; ofschoon hij later beschreef dat het weeke metaal bij het aanslaan in zeer fijn poeder werd omgezet, dat uit loodoxyde bestond en in verdund azijnzuur oploste, terwijl het voor de proef gebruikte lood niet geoxydeerd was. Dit oxydeeren moet dus bij het uiteenspatten van het gesmolten lood door de lucht zijn geschied. Vooral verwonderde het Melsens dat looden kogels, geschoten met 400 meter snelheid in Oolithenkalk, het brok uiteen deden vliegen, doch bijna geen spoor van smelten vertoonden, en zeer weinig aan gewicht hadden verloren.

Een dergelijk brok verbrijzelde hij met een kogel, samengesteld uit een metaallegering die op 95° smolt, een snelheid had van 380 tot 400 meter in de seconde, en hierbij in 23 stukken vloog, doch slechts geringe sporen van smelten droeg. Hetzelfde resultaat verkreeg hij op

¹⁾ S. W. R. Grove. Die verwandschaft der Naturkräfte. Braunschweig 1872.

²⁾ L. Melsens. Sur quelques effets de la pénétration des projectiles dans divers milieux et sur l'impossibilité de la fusion des balles de plomb dans les plaies produites par les armes à feu. Comptes rendos hebdomadaires des séances de l'académie des sciences. 1867 en 1869.

dierlijke beenderen; zij werden verbrijzeld en doorboord, maar de kogel zelf smolt niet. Hierbij was dus de beweging omgezet in minder warmte, omdat een deel van den arbeid voor het verbrijzelen van het geraakte voorwerp was verbruikt. Socin¹⁾ en Hagenbach namen in 1870 proeven op zachte deelen, teneinde te onderzoeken of dezelfde physische wet op de zachte deelen evenals op de harde kon worden toegepast. Zij bedekten daarvoor de schijf met runderhuiden, en vonden hierbij regelmatig afsmelting van den kogel, doch in mindere mate dan op de bloote schijf plaats vond. Op beenderen schietende konden zij den kogel niet opvangen dan tegen eene daarachter geplaatste schijf, doch meenden dat de splijting en vormverandering van den kogel hierbij ontstaan was door het aanslaan op de beenderen zelf. Bij hunne proeven, genomen op dierlijke magen, die met vloeistof gevuld en met runderhuiden omwikkeld waren, bleven de kogels hierin steken, en werden in de breedte ten koste van de lengte vervormd, terwijl alle punten duidelijk waren afgesmolten. Vogl (l. c.) verhaalt, dat hij op de verbandplaats dikwijls kogels zeer misvormd extraheerde, die op korten afstand afgevuurd, alleen door zachte deelen waren opgehouden. Hieruit bleek dus dat, wanneer een kogel in zijn loop alleen door zachte deelen werd tegengehouden, hierbij de verrichte mechanische arbeid zoo klein kan zijn, dat het grootste gedeelte der levende kracht van den kogel zich in warmte omzet, en dat dit, als het plotseling geschiedt, eene verhooging van temperatuur kan doen ontstaan die met het smeltpunt van lood overeenkomt.

Billroth schrijft in zijne „Chirurgische Briefe“ dat, wanneer men de loodsplinters beschouwt, die men bij

¹⁾ Socin. Kriegchirurgische Erfahrungen, pag. 12, Leipzig 1872.

geschoten wonden en fracturen extraheert, deze zelden den oorspronkelijken vorm van den kogel doen vermoeden, en dat het op het been aangeslagen lood week, half gesmolten moet zijn geweest. Dikwijls is het nauwelijks te gelooven dat een been zooveel weerstand aan den kogel biedt dat het niet breekt, terwijl het lood geheel plat wordt; echter lieten zich aan eenige geëxtraheerde looden projectielen die Billroth gezien heeft punten vinden, die er uitzagen alsof het metaal gesmolten was. Ook H. Fischer pleit in zijne „Kriegschirurgische Erfahrungen“ voor Socin en Hagenbach en vermeldt, dat, wanneer men door een boek schiet, duidelijk de sporen der verbranding op de plaats van doortreden van den kogel, aan alle bladen te herkennen zijn, en is de band van hout, dan kleven hieraan looddeeltjes. Ook verhaalt hij dat een zijner collega's zag, dat een kogel, die van een planken beschot op een stroozak ricocheteerde, het stroo deed ontbranden, en dat menig verwonde soldaat, die den kogel uit de kleeren trok of van den grond opraapte verklaarde dat deze zeer warm was. Hij voert dit aan als bewijs voor hen, die aan de smelting van den kogel niet willen gelooven, omdat er geen sporen van verbranding zijn te bespeuren, en omdat de verwonde soldaten nooit klagen, dat de pijn die bij de verwonding ontstaat met die van verbranding overeenkomt. Richter antwoordt aan diezelfde tegenstanders dat de tijd te kort is om sporen van verbranding te veroorzaken, evenmin als men zijn vinger brandt wanneer men deze snel door de vlam van een kaars beweegt. Busch voert tegen deze bewering het bewijs aan, dat jagers bij het schieten van wild juist aan het verbranden van het haar de ingangsoopening herkennen. Anderen meenen dat de weerstand in het lichaam te klein is, en dat de vermelde gevallen

van het aantreffen van gesmolten looddeeltjes door Socin, Cohn en Coze vermeld op andere toestanden berusten; bijv. het vooraf aanslaan van den kogel op een hard lichaam bijv. op een kanon. Simon en Volkman meenen dat de in het lichaam gevonden gesmolten looddeeltjes van den hagel afhankelijk zijn, die zich van de karakteristieke afsmeltingsvormen van de gesmolten looddeeltjes onderscheiden.

Nieuwe bewijzen werden dus nog gevorderd, en spoedig bleek dan ook dat het aan het nemen van proeven niet ontbrak. Mannen der wetenschap, begaafd met helder doorzicht, kracht en energie deden spoedig blijken dat ook zij aan dit onderwerp groot belang toekenden, en tijd noch moeite ontzagen om tot een gewenscht doel te geraken. De eerste die als zoodanig optrad, was Prof. Busch uit Bonn, die op het chirurgen-congres te Berlijn in het jaar 1873 zijne denkbeelden openbaarde, met vermelding van de door hem genomen proeven en de daarbij verkregen belangrijke resultaten. Deze proeven stelden ons voor het eerst in staat om de zuivere uitwerking van den puntkogel te leeren kennen, waarvan ons tot op dien tijd nog zoo weinig was bekend geworden.

HOOFDSTUK II.

Prof. Busch ¹⁾ uit Bonn had in de oorlogen van 1866, 1870 en 1871 opgemerkt, dat bij geschoten kogelwonden in het caput tibiae enkele malen verbrijzeling werd gezien, enkele malen eenvoudige gaten, soms met, soms zonder mede-aandoening van het kniegewricht, waarop nu eens eenvoudige genezing met veel callusvorming volgde, zonder zwelling van het kniegewricht, dan weder sereuse afscheiding in het gewricht ontstond, die spoedig verdween en geen nadeel veroorzaakte. Hierdoor meende hij, in tegenstelling met de door Stromeijer aangegeven indicatie, dat geschoten wonden door het caput tibiae altijd amputatie eischten, wijl zij steeds met splintering of fissuren gecompliceerd waren, zich gerechtigd om aan te nemen, dat vele dezer wonden zonder nadeel verliepen en het gewricht buiten spel lieten, anderen slechts een fijne spleet in het kraakbeen veroorzaakten, die eene sereuse uitstorting van het gewicht kon te voorschijn roepen of zich per primam intentionem sluiten,

¹⁾ Ueber die Schussfracturen, welche das Chassepotgewehr bei Schüssen aus grosser Nähe hervorbringt, von Prof Dr. W. Busch. Archiv für klinische Chirurgie von Dr. B. von Langenbeck. Band XVI. (1874).

waardoor de opvolgende suppuratie zonder invloed op het gewicht bleef. Echter was het ook mogelijk dat de sereuse uitstorting zonder fijne fissuren, maar door schudding van het gewricht was veroorzaakt. Want was het onderende van het dijbeen getroffen, dan was dit het geval, en ontstond er sereuse uitstorting die door schudding op het gewricht werd veroorzaakt.

Om dit te bewijzen nam hij de volgende proeven.

1°. met pistolen. Hierbij bleek dat kogelwonden 2 centimeter onder den kraakbeenrand der tibiae het gewricht meest vrij lieten, op een afstand van minder dan 2 centimeter daarentegen niet: dan waren er fissuren aanwezig, soms zelfs volkomen fracturen van het bovenste stuk met eene uitgangsopening circa 3 centimeter groot.

2°. met den Chassepotkogel op 18 à 20 pas afstand, daar het niet mogelijk was op grooter afstand het been te treffen. Nu meende men vroeger dat hierdoor een zuiver rond kanaal zou ontstaan; echter bleek het tegendeel, daar hij, bij een ingangsopening van 2,5 centimeter en eene uitgangsopening van 10 of zelfs meer centimeter, eene uitgebreide verwoesting in het midden van het been aantrof, die òf op eene granaatverwonding geleeke, òf op eene wond door explodeerende kogels veroorzaakt. Werden zachte deelen alleen geraakt, dan verkreeg hij een klein zuiver wondkanaal. Eerst meende Busch de oorzaak hiervoor te moeten zoeken, in de omstandigheid dat bij Chassepotkogels de verbranding van het kruit van achteren naar voren geschiedde, en wellicht eenig in de wond gekomen kruit daar explodeerde. Prof. Clausius was daarentegen van meening, dat in overeenstemming met de proeven van Hagenbach en Socin eerder de verwarming van den kogel door het plotseling ophouden van beweging van invloed kon zijn, waardoor deze plat werd, en groote

verwoestingen aanrichtte. Daarom nam Busch proeven op een houten schijf met ijzerblik bekleed, waarbij bleek dat de ingangsoening naar binnen was omgeslagen, en met gesmolten looddeeltjes bedekt, de uitgangsoening grooter was, meer breed dan hoog, en 2 à 3 centimeter groot. De ingangsoening was 1.6 à 1.8 centimeter, alzoo ongeveer de helft grooter dan de middellijn van den kogel, en gaf bijna geen verschil op 20 of op 100 pas; wel was de uitgangsoening op 100 pas grooter dan op 20, doch dit verschijnsel was niet constant. Hierna plaatste hij achter de schijf een wand van klei, circa 25 centimeter dik en zeer taai, waarbij bleek dat ieder schot eene groote opening en holle kegel in de klei maakte waarvan de binnenwand met kleine houtsplinters en fijne looddeeltjes bezet was. Drong de kogel door dan trok hij de klei als een spiraal uit. Deze groote opening schreef Busch toe aan de afgesprongen houtsplinters, doch toen hij op 20 en op 100 pas alleen in de klei schoot, bleek het dat de klei terugsprong tot op de plaats waar het schot viel, en dat er in de klei eene opening van circa 15 centim. middellijn ontstond, benevens eene kratervormige ingangsoening met naar buiten omgebogen randen. Bestond er voor de klei een weerstand, eene schijf of een been, dan had de kogel hierdoor aan levende kracht verloren, en vormde een kleinere uitgangs- dan ingangsoening, of hij bleef in de klei steken, waardoor een kegel ontstond die met een punt in de diepte eindigde. Verder bleek hierbij: 1^o dat de kogels aan gewicht verloren hadden, doch niet zooveel als bij de proeven van Socin, daar hier veel smelten moest omdat alle beweging volkomen ophield, hetgeen bij de klei slechts zooveel was, als overeenkwam met de langzame vermindering van beweging; 2^o. dat de kogels oock sterk afgeplat waren; en 3^o. dat de kogels in groo-

tere stukken waren gesprongen en verdeeld. Hierna legde Busch een onderbeen in de klei en op 20 pas afstand gaf een kogel eene wond met eene ingangsopening van een halven □ Pruis. duim, even onder de spina tibiae, en eene uitgangsopening die de geheele kuit verscheurde. In de klei was weer een groote opening, en aan de achterste punt des kegels lag de kogel, warm, glad en kleiner, terwijl de wond vol beensplinters en gesmolten looddeeltjes was. Deze looddeeltjes waren op het oogenblik van het ontmoeten van den weerstand zoo verwarmd, dat zij gesmolten waren en afgeslagen, en hadden zich daarna met de verkregene voorwaarts dringende kracht als schroot verdeeld. Door hare snelheid konden deze in weeken, gesmolten toestand zich bevindende deeltjes een veel harder lichaam verbrijzelen. Hierna hing hij het been op en kreeg dezelfde resultaten, eene kleine ingangs- met groote uitgangsopening, ofschoon alle uitgangsopeningen niet even groot waren en nog al eens groot verschil opleverden. De meeste verwoestingen leverden de schedelwonden, die aan de uitgangsopening eene verwoesting als van een granaatsplinter vertoonden. Waren de hersenen niet uit den schedel genomen dan sprong het geheele schedeldak in talrijke grootere of kleinere fragmenten, van welke eenige soms 20 voet in zijdelingsche richting geslingerd werden. Slechts driemaal observeerde hij kleinere uitgangsopeningen, terwijl er uitgebreide verwoesting van het been bestond, en de been- en looddeeltjes in de klei daarachter werden aangetroffen. Het gewicht, dat de kogels aan lood verloren hadden, verschilde van 3, 4 tot 11 gram.

Het overblijfsel der kogels of der fragmenten verschilde nog al. Soms bleef de hoofdmassa bijeen, en meestal waren alle looddeeltjes niet van de klei te ontdoen. Het smeltingsproces was aan de meesten duidelijk te zien,

even als bij Hagenbach en Socin. Daarbij zag Busch een paar maal vloeibaar geworden vet uit de wondkanalen droppelen, en haalde groote warme looddeeltjes uit de klei. De zuiverste wondkanalen ontstaan niet, zooals de ouden meenden, wanneer de kogel de grootste voortstuwende kracht bezit, in het begin, maar wel op het midden van zijn baan. Busch meent dat de beenverbrijzeling een gevolg is van de voortstuwende kracht, waardoor bij het aanslaan van een kogel op een vast lichaam zooveel warmte geboren wordt, dat van den kogel grootere of kleinere stukken smelten, en als een kegel uiteenspringende, alles vernietigen.

Hierop nam Busch proeven met het Zündnadelgeweer, en vond dat de kogel hiervan op 20 pas eene kleine ingangs- en eene grootere uitgangsopening had veroorzaakt, en dat het daartusschen liggende been gebroken was. Enkele malen zag hij een gat door de tibia ontstaan, met splijting tot in het kraakbeen. Verbrijzeling als door den Chassepotkogel had niet plaats; wel gaven de randen een klein verschil en krulden om, de uitgangsopening naar binnen, de ingangsopening naar buiten; doch het bleek dat er van de „Langblei“ veel minder lood in de klei was gesmolten, en dat de kogels zelf veel minder aan gewicht hadden verloren dan die van het Chassepotgeweer. Beide kogels zijn van dezelfde loodconstructie, de Chassepotkogel is licht en bezit meer kruit. Op beenderen van versch geslachte runderen, had de Pruisische „Langblei“ meer effect, meer kleine stukjes lood splinterden af of smolten, waarschijnlijk ten gevolge van den meerderen weerstand, doch niet in die mate als de Chassepot. Alleen bij een schot op den arm van een krachtig man kwamen de looddeeltjes overeen met die van den Chassepot.

Eenigzins kwam de Zündnadel met den Chassepotkogel in werking overeen bij de armbeenderen en schedel. De Chassepotkogel doet den schedel in alle richtingen springen. Wel is de ingangsoening te herkennen, doch uitgangsoening bestaat er niet, de stukken zijn uiteengesprongen en de hersenmassa tot op 20 voet in zijdelingsche richting verwijderd. De Pruissische „Langblei“ doet ook den schedel wel uiteenspringen, doch niet zoo hevig; hierbij is de ingangsoening klein, de uitgangsoening een □ Pruischen duim groot. Ook vliegen hersenen en beenstukken niet zoover uiteen, en daar nu hierbij zeer weinig looddeeltjes in schedel en klei gevonden werden, kon dit niet van de splijting van den kogel afhankelijk zijn, maar moest eene andere werking in het spel zijn die deze explosie veroorzaakte, te meer daar in de zomerezittingen van de Société de Chirurgie, te Parijs, waar men de ontplofbare kogels behandelde, een dergelijk geval werd medegedeeld, waarbij in een duel dit uiteenspringen van den schedel door een kogel was waargenomen.

Busch nam hierop proeven met jachtgeweeren, pistolen, enz. doch vond dat hierbij de ingangsoening zoo groot als de kogel, de uitgangsoening in het algemeen grooter was, maar het daartusschen liggende been niet gebroken. Hierna trachtte hij na te gaan, in hoeverre de centrifugaal- en roteerende kracht, waarmede de kogel de klei en hersenmassa voor zich uitdreef, in aanmerking kon komen, en nam hiervoor proeven op gesloten blikken bussen, met water, klei of hersenmassa gevuld, en waarbij bleek dat de uitwerking volkomen dezelfde was, dat er wel eene ingangs- doch geene uitgangsoening ontstond, terwijl het blik naar alle kanten uitrolde en in stukken vloog. Om te onderzoeken in hoeverre de centrifugaalkracht werkte, elimineerde Busch den hydraulischen druk, en nam

daarvoor van boven opene inmaakbussen van 16 centimeter hoogte, vulde die voor de helft met water om de drukhoogte in de onderste laag zoo min mogelijk te doen zijn, en hing ze hierna aan twee zijden op. De kogel drong $2\frac{1}{2}$ centimeter boven den bodem in met eene ronde opening; recht tegen over deze opening was de soldeerlijn der bus. Dit soldeersel was over de geheele lengte losgegaan, en toonde twee zijdelingsche inscheuringen. De cilinder was vlak geworden, en de bodem, die nog aan een punt vlak onder den ingang er mede samenhing, was loodrecht naar beneden gedrukt, zoodat alle deelen bijna in een vlak lagen. Bij alle proeven was de bodem naar beneden gedrukt en de cilinder ontrold. Hierdoor kwam Busch tot het besluit dat de voorwaartsdringende en roteerende kracht van den kogel zich aan het vocht mededeelde in de gesloten holten, en dit vocht centrifugaal en met hydraulischen druk werkte, om de deelen in alle richtingen uiteen te persen. Bij leege bussen vond hij eene ingangsoopening met naar binnen, en eene uitgangsoopening met naar buiten omgebogen randen. De twee richtingen en de kracht, waarmede de kogel de hersenen in beweging brengt tegen het harde schedeldak, is gelijk aan de kracht, waarmede de kogel den schedel treft, en hoe grooter dus de voortstuwende kracht is, des te grooter moet de verwoesting zijn.

Dr. Allen had in het Amerikaansch Journaal medege-deeld dat de President Lincoln door een pistoolkogel op korten afstand werd getroffen in het achterhoofdsbeen, links van de mediaanlijn; het uitgeslagen beenstuk drong recht naar voren door de hersenen, en bleef daar liggen in de hemisphaeren. Hierbij vond men toen communatieve fractuur der beide orbitaalplaten. Allen schreef het ontstaan dezer fractuur toe aan contre-coup, doch Prof.

Longmore kwam hier tegen op, en schreef de oorzaak er van toe aan den plotselingen stoot, die aan de hersen-massa door den indringenden kogel was gegeven, en op het been werd overgeplant. Longmore verhaalt nog een dergelijk geval (*The Lancet* 1864. I p. 649).

Kan de kogel nu in het beenmerg van pijpbeenderen dringende niet dezelfde werking uitoefenen, en hierdoor verbrijzelend werken? De proeven door Busch hiermede genomen leverden een positief resultaat, echter beletten spieren, huid, enz., het geheel uiteenspringen. Hij nam deze proeven op pijpbeenderen van menschen, paarden en ossen, en vond in een geval het been door den kogel doorboord, met uitlopende fissuren door de corticaalzelfstandigheid. Nadat hij deze openingen met gips gesloten, het dwars doorgezaagde been met taai vet gevuld, en de opening op de zaagvlakte van een prop voorzien had, liet hij andermaal hierop schieten ten gevolge waarvan het been onder sterke splintering naar alle kanten uiteen vloog, ook naar de zijde van waar het schot viel. Hieruit verklaart Busch het ontstaan van grootere ingangsoopeningen, en van naar buiten omgestulpte randen. Op grond dezer proeven kende hij den Chassepot-kogel de volgende physische eigenschappen toe bij het treffen van beenderen:

1°. Dat hij een gedeelte zijner beweging in warmte omzet bij het aanslaan, en dat dit de oorzaak is van het smelten van het lood, en het uiteenvliegen der afgescheurde looddeeltjes.

2°. Dat zacht weefsel, bijv. hersenen en beenmerg, hetgeen in beenige holten besloten is, even als water door hydraulische persing, den stoot van den kogel voortplant op de omgevende wanden, en deze uiteen doe vliegen; en

3°. Dat de centrifugaalkracht, waarmede hij werkt, afhankelijk is van de draaiende beweging van den kogel.

Dr. Ernst Küster, ¹⁾, dirigerend Arts aan het Augustahospitaal te Berlijn, was de eerste die Busch beantwoorde, en wel datgene bevestigde, wat door Huy en Sarrazin in de *Gazette médicale de Strasbourg* in 1867 reeds was medegedeeld. Deze hadden vermeld dat Chassepotkogels op korten afstand op lijken afgeschoten, ongeloofelijke verwoestingen hadden aangericht, en dat zij bij eenvoudige ingangsoeningen zeer gescheurde en vuistgrootte uitgangsoeningen, met uitgebreide beensplintering, en verbrijzeling van de getroffen beenderen hadden aangetroffen. Echter gaven zij hiervoor geen verklaring.

Küster nam proeven op 5, 20, 100 en 800 pas met jachtbuksen, het Zündnadel, Chassepot, Mauser en Henry Martinigeweer, op lijken, levende paarden en schapen, waarachter een groote schijf werd geplaatst. Het resultaat zijner proeven was het volgende:

1°. Dat er geen wezenlijk onderscheid bestond in de werking van kogels op levende en doode lichamen, iets wat hij vroeger meende; dat de huid van een dier veel vaster was en meer weerstand bood dan die van een mensch; en dat bij dieren de uitgangsoening nooit zoo schrikbarend groot was als bij een lijk. Soms bleef de kogel in de huid met de punt er door aan de tegenovergestelde zijde steken, doch veroorzaakte van binnen even groote verwoesting. Alleen daar waar de huid vlak op het been lag en fijner was, even als bij den schedel van een paard, was zij even ver verscheurd.

2°. Dat de grootte der verwoesting in omgekeerde ver-

¹⁾ Dr. Ernst Küster. Ueber die Wirkungen der neueren Geschosse auf den thierischen Körper. *Berliner Klinische Wochenschrift*. 1874. N°. 15.

houding stond tot den afstand van den schutter, en in rechte verhouding tot de aanvankelijke snelheid van den kogel. De verwoestingen namen op grooten afstand in kracht af, zoodat, wanneer zij op 800 pas nog te constateeren waren, toch aanmerkelijk aan intensiteit hadden verloren.

Met betrekking tot de aanvankelijke snelheid was er een opklimmende trap te bepalen. De geringste verwondingen maakte de puntkogel; daarop volgde het Zündnadel, Chassepot en eindelijk het Mausergeweer, dat de meest uitgebreide verwoestingen aanrichtte. De verwoesting en verwonding ontstaat door dat het lood bij het aanslaan op een vast lichaam sterk verwarmd wordt en daardoor de cohaesie zijner deeltjes verliest, zonder te smelten. Hierdoor wordt de kogel mechanisch verdeeld, laat aan alle kanten en hoeken van het wondkanaal fijne looddeeltjes terug, en verlaat eindelijk in meerdere grootere en kleinere stukken, en in vereeniging met afgescheurde beenfragmenten het lichaam.

Op dit punt dus verschilt K ü s t e r in gevoelen met Busch; gene neemt geen smelten aan, zelfs dan niet als de kogel op een ijzeren schijf aanslaat, zooals bij de Socin-Hagenbachsche proef, en grondt vooral zijn gevoelen: 1° op de proef van Schädcl in Heidelberg, die voor een ijzeren schijf een zakje met kruit hing en hierop vuurde, waarbij wel het zakje menigmaal door het terugspringende lood verscheurde, doch waarbij het kruit niet ontvlamde, iets dat noodzakelijk had moeten geschieden, wanneer het lood werkelijk gesmolten was geweest; en 2° op het niet volkomen ophouden van den loop van den kogel, zoodat niet de geheele kracht er van in warmte zich kon omzetten, maar slechts een gedeelte er van. Wel erkent hij dat een kogel, die in zijn loop gestuit wordt, warmer wordt, en gelooft daarom ook, dat een

kogel, die op een been aanslaat, zoo warm wordt, dat hij bij het verbreken er van aan alle hoeken en kanten zeer vervormd, en in meerdere deelen gespleten wordt. Dit zou dan ook de reden zijn van de vele stukjes van den kogel, die als het ware zijn afgesneden, of in het midden eene opening bezitten; iets wat Busch juist als bewijs voor het smelten aanhaalt. Van de Chassepot of Mauserkogel ging bij hem meestal de helft of meer verloren; zij verlieten het lichaam zeer veranderd, en gaven op de schijf eene onregelmatige opening, omgeven door een krans van fijne looddeeltjes.

Hierna werden er proeven door Küster met het Henry-Martinigeweer genomen. Dit geweer heeft een harden kogel, bestaande uit een mengsel van 12 deelen lood en 1 deel tin, en eene gelijke aanvankelijke snelheid als het Mausergeweer, doch geeft geringer verwonding. De harde kogel gaf eene cirkelronde ingangsoopening in het been, en trof hij den rand, bijv. van een rib, dan ontstond er een scherp beendefect, dat met den omvang van den kogel overeenkwam. De uitgangsoopening was meestal ook rond, maar grooter, en de beensplijting ontbrak geheel of bepaalde zich tot de naaste omgeving van de wondopening. De opening in de schijf was eenvoudig, en misvorming van den kogel bestond niet of was zeer gering.

Het afstrijken van lood in het kanaal kon men niet constateeren. Opmerkelijk was hierbij het feit, dat de harde kogel, op 100 pas afstand afgeschoten, altijd het lichaam van het paard doorboorde, terwijl de Chassepot kogel dikwijls bleef steken. Dit was waarschijnlijk afhankelijk van de ondergane misvorming en grooteren weerstand. In zooverre is dus een harde kogel minder gevaarlijk dan eene zachte, die blijft steken.

Küster trok hieruit de volgende resultaten: 1^o dat in medisch-forensische gevallen het niet te constateeren is of eene kogelwond bij het leven dan wel na den dood is veroorzaakt, 2^o evenmin of de kogel hard of zacht was, of dat hij uit de nabijheid of uit de verte was afgevuurd, en 3^o dat de kogel uit de nabijheid geschoten en beenderen der ledematen treffend, eene verbrijzeling veroorzaakt, die dringend amputatie eischt.

Na den strijd bij de bestorming van Le Bourget werden de Franschen verdacht van springkogels gebruik te hebben gemaakt, het bleek nu dat de verbrijzeling een gevolg was van het effect der Chassepotkogels die op korten afstand waren afgeschoten, en de beschuldiging ongegrond.

Voor een deel in strijd met deze proeven en meer overeenkomende met die van Busch, zijn de proeven van Heppner en Garfinkel, ¹⁾ genomen met het Russische, Berdanske- en Engelsche Henry-Martinigeweer. Het Berdanske heeft eene aanvankelijke snelheid van 440 Meter, het Henry-Martinigeweer van 415 Meter. Zij schoten eerst kogels af op klei in kisten gepakt, en lieten daarna het kanaal met gips volloopen. Zij vonden hierbij 1^o dat bij alle kogels de ingangsoopening de basis was van een kegel waarvan de top gelegen was in de punt waar de kogel bleef steken; 2^o dat de vorm en grootte van den kogel van geen invloed is op den vorm en de uitgebreidheid van dezen kegel, maar wel dat hoe grooter de voortstuwende kracht van den kogel is, des te langer en uitgebreider de kegel is. Hij is in vaste klei kleiner dan in weke. Hierna werden beenderen en sche-

¹⁾ Prof. Heppner und Dr. Garfinkel. Experimentelle Untersuchungen über die Wirkung der Modernen Kleingewehrprojectile auf Lehm-massen und auf den menschlichen Körper. Centralblatt für Chirurgie 1874, n^o. 14.

dels in de leem geplaatst, waardoor misvorming en afnemning in het gewicht van den kogel veroorzaakt werd, en deze soms in twee of meer stukken werd gespleten. Ronde kogels, afgevuurd op met leem gevulde schedels, gaven ingangsoopeningen, overeenkomende met de afmetingen van den kogel, doch namen uit de lamina vitrea een grooter stuk weg dan uit de lamina externa; ook gaven zij een grootere uitgangsoening. Verder vonden zij, dat de grootste verwonding veroorzaakt werd door kogels die met de grootste aanvankelijke snelheid waren afgevuurd; dat het kaliber van het geweer van geen invloed is, evenmin als de hardheid van den kogel, en dat de Henry Martinikogel, in tegenstelling met hetgeen Küster vond, het meest vernietigend op weefsel en verbrijzelend op beenderen inwerkte. Tevens zagen Heppner en Garfinkel dat de ingangsoening bij gelijktijdige beenverwonding grooter was dan zonder deze verwonding, en dat de randen daarbij naar binnen waren omgekruld, met substantieverlies ter grootte van den kogel. De uitgangsoening bij verwonding der zachte deelen gaf eene spleetvormige, gescheurde wond, en meestal geen defect. Gaat de kogel door beenweefsel, dan is de uitgangsoening meestal grooter, gescheurd, en kratervormig. Deze uitgescheurde wond zou volgens hen, in tegenstelling met het gevoelen van Busch, door uitgescheurde beensplinters en niet door kogelsplinters worden veroorzaakt, omdat bij grooteren afstand deze beensplinters met geringer kracht worden weggeslingerd, en daardoor de verscheuring der zachte deelen ook geringer is, ofschoon ook die beenderen zeer uitgebreid gesplinterd zijn. In spiermassa was het wondkanaal grooter dan de diameter van den kogel; in peesachtig weefsel spleetvormig en in parenchymateuse organen trechtervormig verwijdt. De bloedvaten waren meestal verbrijzeld en open-

gespleten, terwijl de zenuwen voor den kogel schenen te wijken. In sterk gespannen aponeurosen was de opening spleetvormig, bij slap gespannen overlangschoot. Uit pijpbeenderen was meestal een geheel stuk weggeslagen en als beenzand fijngewreven; fijne fissuren waren in groote massa aanwezig, doch geen beensplijting over de geheele lengte. Bij schoten door het caput tibiae splinterde soms het gewrichtseinde van het dijbeen; trof de kogel op $\frac{1}{3}$ gedeelte der tibia, dan bleef het gewricht onverlet en van den schedel sprong het dak en de hersenen uiteen, terwijl de basis zeer fractureerde. De tabula vitrea was aan de ingangsoening meer gespleten en had grooter defect dan de uitgangsoening, terwijl deze verhouding bij de uitwendige tafel omgekeerd was.

Dr. M. Wahl ¹⁾ is ook niet van hetzelfde gevoelen als Busch. Hij meent dat bij het menschelijk lichaam daarom het smelten van het lood niet denkbaar is, omdat dit doorboord wordt, en omdat de snelheid niet plotseeling, maar langzaam bij het verder dringen ophoudt. De kogel wordt alleen deform en de daarbij door frictie en moleculaire omzetting van levende kracht veroorzaakte warmte is te gering om smelten van het lood te veroorzaken. Hij bewijst dit door de bekende physische wet, namentlijk: dat de levende kracht van den kogel gelijk is aan het halve product van de massa en het quadraat der snelheid, op deze wijze:

$$L = \frac{M V^2}{2} = \frac{P V^2}{2 G} \text{ waarvan } L = \text{de levende kracht}$$

is waarmede de kogel aanslaat, $P = \text{het gewicht}$
 van den kogel, $M = \text{massa} = \frac{P}{G}$, $V = \text{de aan-}$

¹⁾ Dr. M. Wahl. Zur Mechanik der Schussverletzungen. Von Langenbeck's Archiv. Band XVI en XVII, bladz. 56 en 531

vankelijke snelheid, waarmede de kogel het geweer verlaat, en G = de versnelling der zwaartekracht, dat is 9.808 Meter constant. Nu is het gewicht van den Chassepotkogel 0.025 en dat van den kogel van het Pruissische geweer 0.031 kilogram; de aanvankelijke snelheid bij het eerste geweer bedraagt 420 en die bij het tweede 296 Meter in de secunde; dit overgebracht in de formule geeft voor den Chassepotkogel

$$L = \frac{0.025 \times 420^2}{2 \times 9.808} = 225 \text{ kilogrammeter en voor den}$$

$$\text{langblei } L = \frac{0.031 \times 296^2}{2 \times 9.808} = 139 \text{ kilogrammeter; 424}$$

kilogrammeter komen overeen met 1 warmte-eenheid, dat is, zij verwarmen 1 kilogram water 1°C. , derhalve 225 kilogrammeter is gelijk aan circa $\frac{1}{2}$ of 0.53 warmte-eenheid, en 139 kilogrammeter aan circa $\frac{1}{3}$ of 0.328 warmte-eenheid, dat is 0.53 en 0.328 warmte-eenheid zijn in staat 0.53 en 0.228 kilogram water 1° te verwarmen.

Moet echter 0.025 kilogram water hierdoor verwarmd worden, dan zal dit 21 maal hoger zijn, omdat 0.025, 21 maal in 0.53 opgaat. Laat men nu in plaats van 0.025 kilogram water een gelijk gewicht lood verwarmen, dan wordt, daar de specifieke warmte van het lood $\frac{1}{31}$ is, de temperatuur $21 \times 31^\circ$ hoger en gelijk 651° voor den Chassepotkogel; aannemende dat alle warmte ten goede van den kogel komt, wat niet altijd het geval is, daar een deel der warmte aan de schijf verloren gaat; de Pruissische kogel geeft slechts 310°C. en het smeltpunt van lood is 330°C.

De proeven door Dr. Wahl genomen met het Chassepot- en Werdergeweer op 16 pas op ijzeren schijven gaven stervormige figuren van een witgrauw en mat aanzien, voorzien van eene ruwe, regelmatige, doch geen ge-

tande of gescheurde oppervlakte. Het lood zat vast aan het ijzer, de kop van den kogel was gedeformeerd. Voor de schijf lagen kleine looddeeltjes van een onregelmatig bijna korrelig aanzien, met ongelijke oppervlakten, getand, gescheurd, met opgerolde randen, duidelijk drukgleuven aanbiedend; doch zij bezaten niet de karakteristieke geaardheid der zich op de aanslagplaats bevindende stervormige afsmelting. Hierna nam hij eene plaat uit dun zinkblik bestaande, die op eene $2\frac{1}{2}$ m.m. dikke ijzeren plaat bevestigd was, en schoot hier door met een kogel. Aan de ingebogen randen van het 18 m.m. in middellijn zich bevindend gat in de ijzerenplaat, vond men een dunne zoom van lood, met duidelijke drukgleuven, even als of die er op waren geslagen. Dit liet gemakkelijk los, en brak in kleine stukjes, Bij het schieten door harde paardenbeenderen vond men hier en daar aan de doorschoten beenstukken kleine looddeeltjes met onregelmatig getande vormen, duidelijk drukgleuven aanbiedend.

Bracht men de snelheid door vermindering der kruitleading op 200 à 300 meter, dan vertoonden zich, met uitzondering der smeltingsvormen aan de 13 m.m. sterke ijzeren plaat, die getande, kleine onregelmatige looddeeltjes voor de schijf, en licht te verwijderen dunne drukvormen, ofschoon minder duidelijk geprononceerd. Aan de doorboorde $2\frac{1}{2}$ m.m. dikke zinkijzerplaat zaten ook eenige kleine looddeeltjes vast, doch in mindere mate dan aan de beenstukken. Met het Zündnadel-geweer kreeg hij geen smelten op de ijzeren plaat, ook geen ingebogen randen met ingevoegde dunne loodafdrukken, wel eenige kleine afgescheurde loodplaatjes, die ook in geringere hoeveelheid voor de ijzeren plaat en op de afgeschoten beenstukken vastzaten. Hij neemt aan dat de physieke verschijnselen van smelten minder duidelijk aan

den kogel, dan wel aan de schijf zijn waar te nemen, en hieraan vastzitten, maar dat de kleine looddeeltjes geen physische verschijnselen van smelten vertoonen, en dat de wegens haar karakteristiek uiterlijk zichtbare drukgleuven er op, op rekening van de misvorming moeten worden gesteld, omdat zij ook voorkwamen bij het schieten door beenderen, waarbij smelten niet mogelijk is, en bij het schieten met kogels met minder snelheid op de schijf.

Volgens Wahl zijn het meer de mechanische momenten, die bij de kogelwonden in aanmerking moeten komen, dan het smelten van een deel van den kogel. Hiertoe behoort vooral de weerstand dien het getroffen wordend lichaam aanbiedt, en de houding er van op het oogenblik van treffen. Het eerste, de weerstand namelijk, is afhankelijk van den moleculairen samenhang van het weefsel, zoowel kwalitatief als quantitatief. Veel spieren bieden meer tegenstand dan weinig spieren, en parenchymateus weefsel, lever, milt, longen en hersenen, minder dan elastisch weefsel, pezen en huid. De beenderen bieden den meesten weerstand, en hij meent ook dat de turgor vitalis en de gespannen huid van invloed zijn, in tegenstelling met Küster. Dit is de actieve weerstand voor de levende kracht, wyl de kogel op het punt van aanraken of de deelen voor zich uitdringt, of wigvormig uiteen doet wijken door zijdelingsche drukking. Deze weerstand wordt veroorzaakt door de levende kracht van den kogel, waarvan gene een zeker gedeelte overneemt, en die weerstand moet zich dus anders verhouden, wanneer de kogel met groote snelheid en kracht indringt, dan wanneer hij die al gedeeltelijk verloren heeft. Hij vermeerdert met de snelheid en levende kracht van den kogel en wordt op het laatst niet meer overwonnen. Als bewijs dient het slaan met een stok op water, dat weerstand biedt, als men het snel doet, doch waarvan de weer-

stand onmerkbaar is als het langzaam gedaan wordt. De in rechte richting op den kogel werkende weerstand doet de voortgaande beweging er van ophouden wegens quantitatieve en qualitatieve vermeerdering van snelheid. De roteerende werking wordt door den zijdelings werkenden weerstand opgeheven. Wel ontstaan door den invloed van dezen zijdelingschen weerstand in het begin grootere wentelingen, waardoor de rotatiekring grooter wordt, en de kogel slingerende bewegingen maakt, doch de kracht er van gaat langzaam te niet. Deze zijdelings werkende weerstand is van invloed op de deviatie van den kogel in of buiten het lichaam, en verandert tevens de gedaante er van zooals been. Het is dus de weerstand die de kracht van den kogel moet doen ophouden of verminderen, die hem doet devieeren en van gestalte veranderen.

Dringt nu een kogel in het lichaam, dan kan hij de deeltjes voor zich uitdringen, wanneer zij hard of vast zijn zoo als been, welke deeltjes dan als indirecte kogels werken, nieuwe wonden geven en groote verwoestingen aanrichten.

Zijn daarentegen de weefsels zacht, en is de weerstand gering, dan worden zij met het maximum van snelheid uiteengedrongen, en ontstaat er volgens Pirogoff en Neudörfer aan de randen vermeerderde dichtheid zonder mede aandoening der naburige weefsels. Vooral heeft dit plaats bij het dringen in zachte weefsels, of platte spongieuse beenderen, terwijl het eerste geschiedt bij pijpbeenderen. Bij den grootsten weerstand van harde beenmassa's behouden bij het treffen met groote snelheid de uitgeschooten beensplinters een zoo levende kracht, dat zij terzijde geslingerd worden en grootere uitgangsoopeningen veroorzaken. Neemt de weerstand toe, dan wordt bij vermeerderde snelheid de verbrijzelingskring uitgebreider, het naburige weefsel is dan minder onaangetast gebleven, dan

bij verwonding in minder weerstandbiedend weefsel, wijl de vaste beenmassa, wegens haar eigen grooteren weerstand de trillingen gemakkelijker voortplant. Op deze wijze ontstaat grootere scheiding in den samenhang, met uitgebreider verbrijzeling en indirecte uitgebreide verwondingen.

Door zachte deelen en spongieuse beenderen wordt de schudding niet zoo gemakkelijk voortgeplant. Hierbij is dus de verbrijzelingskring kleiner, en geeft de grootste snelheid meestal het zuiverste wondkanaal; en het verlies van zelfstandigheid is bij zeer groote snelheid dikwijls gelijk aan den diameter van het projectiel, en oorzaak dat de uit- en ingangsopening bij zachte deelen gelijk is. Hierop werd door Dupuytren en Baudens reeds gewezen, toen zij proeven namen door met kogels door de onderkaken van paarden te schieten, hetgeen in eene kaak zonder tanden eene ronde opening gaf, doch eene onderkaak met tanden verbrijzelde.

Een kogel met veel kracht op eene glasplaat geschoten, zal eveneens eene daarmede overeenkomende opening geven. Echter afhankelijk van de broosheid van het glas ontstaat er eene meer of minder groote, duidelijk gemarkeerde schuddingskring om het gat, met te voorschijn geroepen fissuren, die radiaal verloopende. Tevens is de bijzonder harde bouw der pijpbeenderen oorzaak, dat de in de lengterichting verloopende vezelen uiteen worden gedrongen, en tot fissuren en splinters aanleiding geven. Volgens Langenbeck is het omliggende weefsel te minder gescheiden, hoe grooter de snelheid is, en Simon noemt dit zuiver geschoten wonden.

Bij gemiddelde snelheid komt de voorgaande beweging in aanmerking. De kogel blijft langer in het wondkanaal, werkt langer op het weefsel in, en heeft behalve de

voortgaande, nog de roteerende werking. Deze rotatiekring is nu grooter wegens de mindere snelheid, en zal daarom het weefsel in meerdere mate beleedigen, en meer verlies van zelfstandigheid geven. De kring van beleediging wordt grooter, hierdoor ontstaat meer kneuzing en schudding, met uitgebreider verscheuring en verwoesting.

Bij groote snelheid scheidt de kogel de deelen; hier kwetst en scheurt hij, evenals bij de proef op een glasplaat, waaruit een matte kogel een groot stuk slaat, of ze geheel verbrijzelt. Langenbeck maakt het eerst opmerkzaam op het feit dat de schudding toeneemt, naarmate de snelheid afneemt. Dergelijke kogels schudden meer, omdat zij wegens minder snelheid, met grooter slingerende bewegingen langer op het getroffen lichaam inwerken. De hock, dien de as van den kogel met de kogelbaan maakt, wordt grooter; deze grootte is van invloed op de ingangsopening. In het lichaam wordt de rotatieas ten gevolge van zijdelingschen weerstand veranderd. Dit is weer van invloed op den vorm van het kanaal en de uitgangsopening, zoo niet eene bijzondere elasticiteit van het weefsel in den weg staat. Bij elastisch weefsel is de uit- en ingangsopening dikwijls kleiner dan de kogel, wijl de matte kogel het weefsel voor zich uitdringt tot op den hoogsten graad van spanning, en dan er door heen gaat. Schuin invallende kogels geven uitgebreide oppervlakkige verscheuring van zachte deelen en devieeren gemakkelijker op beenderen. Bij verlies van kracht werkt alleen nog de roteerende kracht, zooals Pirogoff ook meent. Op eene glasplaat geeft dit geen opening, maar alleen radiaal verloopende stralen.

Afhankelijk dus van de snelheid waarmede de kogel treft, moeten wij drie kringen onderscheiden:

1^o. dien der aanvankelijke snelheid met scheiding in den

samenhang en overwegend inwerken der voortgaande beweging,

2°. dien der middelste snelheid met scheiding, schudding, kwetsing en overwegend inwerken der voortgaande en roteerende beweging, en

3°. die der eindsnelheid met schudding, kneuzing en overwegend inwerken der roteerende beweging.

De middelste kring is de grootste.

Het was te verwachten dat Busch deze tegenwerping niet onbeantwoord zou laten, en in het vorige jaar vonden wij die beantwoording weder in Langenbeck's Archiv vermeld.

Om het smelten van het lood van den kogel te bewijzen nam hij de volgende proeven. Hij plaatste een kogel in een ijzeren mortier en liet hierop een zwaar ijzeren gewicht vallen. Hierdoor werd de kogel plat. Was de kogel eerst in een zandbad tot 310°-315° verwarmd, dan sprong hij in ontelbare fragmenten, en onderin lag een dun loodplaatje. De fragmenten waren geen afgeronde gesmolten kogeltjes, zooals Busch in de klei en beenwand had aangetroffen, maar zij waren ruw en oneffen en zagen er kristallijn uit, hetgeen bij vergrooting het gevolg bleek te zijn van eene korrelige oppervlakte. Deze fragmenten waren zeer broos en brokkelig, zoodat men ze tusschen de armen van een pincet kon breken. Deze zelfde toestand ontstaat als men gesmolten lood in zijn afkoeling stoort. Werpt men lood in een vorm en laat het rustig afkoelen dan verkrijgt men een vaste, samenhangende loodklomp. Stulpt men echter den vorm om, op het oogenblik dat het lood begint hard te worden, dan breekt de koek met korrelige oppervlakte, en toont dezelfde broosheid en geschiktheid om fijngewreven te worden. In de werkplaats van Eschbaum werden ook proeven met een hamer genomen, die

een gewonen kogel plat sloeg, doch een vooraf verwarmden onder den slag zoo geheel deed uiteen vliegen, dat slechts een dun plaatje onder den hamer bleef liggen, even als bij de valproeven. Legde men een ronde, glad gepolijste, engelsche stalen staaf op den kogel, en bracht men hierop den slag aan, dan werd de kogel verwarmd, hare onderste vlakke een weinig convex, en naar onderen in de verkregen holle sleuf was eene lichte streep te bemerken. Is de slag heviger, zoodat de koude kogel in twee helften wordt gespleten, dan is de verwarming grooter, en zijn de streepjes in het lood veel duidelijker. Is de kogel vooraf verwarmd, dan zijn de evenwijdige streepjes zoo duidelijk, dat hoogten en laagten worden gevormd, en op de scheidingsvlakten van den kogel gesmolten vlakten merkbaar zijn. De gladde stalen staaf is ruw geworden door aanklevend lood. Zoo ook zag Eschbaum, dat looddraad door een opening in glad gepolijst Engelsch staal getrokken, en niet goed geolied, door de wrijving zooveel warmte ontwikkelde, dat looddeeltjes aan het staal aansmolten. Busch nam proeven met een licht smeltbaar metaal en kreeg geen smeltingsbewijzen, tenzij de kogel een hard lichaam trof, bijv. een os femoris van een paard. Het smelten is dus afhankelijk van den weerstand bij zwakke propulsie kracht, en alleen bij sterke lading is een kleine weerstand voldoende. Hiertoe behooren de proeven van Socin op een ijzeren plaat. Busch gelooft dat niemand meer in twijfel trekt, dat volkomen ophouden van beweging van een zich in volle vlucht bevindenden kogel smelthitte veroorzaakt; doch om te bewijzen dat ook gedeeltelijk ophouden er van door een weerstand, die den kogel nog doorlaat, smelting kan veroorzaken, en dat hierbij de gesmolten looddeeltjes nog met levende kracht verder vliegen, is het noodig om een gesmede ijzeren plaat te ne-

men van 8 mm. dikte, en daarachter guttapercha te hangen, dan zal er, als de kogel de plaat doorboord heeft, een sproeiregen van gesmolten looddroppels op het elastieke weefsel blijven hangen. Op een daarvoor uitgespreiden wollen doek bleven de fijne droppels als gesmolten aan de wolharen hangen, doch groote stukken boden echter altijd een ruw aanzien. Zoo zag Busch ook bij proeven op schedels, dat tegenover de ingangsoening, en vooral in de schedelholte, fijn gesmolten looddeeltjes mikroskopisch zichtbaar waren, iets wat hij eerst voor kruitslijm hield. Het meest geschiedde dit met den Chassepotkogel, en om deze reden komt deze het meest met de explodeerende kogels overeen, daar de kogeldeelen werkelijk uiteen vliegen. Het Mausergeweer had dezelfde werking. Hierdoor wordt het Petersburger verdrag van 16 November 1868, waarbij verboden wordt het gebruik van kogels met explodeerende werking, die minder dan 400 gram wegen, illusoir.

Küster meende even als Busch dat Chassepotkogels zich door verwarming bij het aanslaan in de nabijheid in meerdere stukken verdeelden, die dan eene groote verwoesting voortbrachten, en dat het Mausergeweer dezelfde werking had. Echter maakte Richter opmerkzaam op het feit dat bij Chassepotkogels de deeling van den kogel bevorderd wordt door, en gedeeltelijk afhangt van de warmte, ontwikkeld door de wrijving, wanneer de kogel met kracht door de trekken van het geweer wordt geperst, en het geweer dus veel warmer verlaat dan de „Langblei“, die niet in de trekken wordt geperst.

In tegenstelling met Busch neemt Küster aan, dat sterke verwarming van het lood wel plaats heeft, doch niet zoo dat zij tot het smeltpunt stijgt; terwijl Busch

meent, dat juist de kogel daarom zoo verwoestend inwerkt, omdat deze bij het doorslaan van een been eene hitte ontwikkelt, die haar in meerdere grootere of kleinere stukken doet springen, en dat het dus weinig beteekenis heeft of op enkele punten de warmtegraad van den kogel tot het smeltpunt stijgt, of er een paar graden onder blijft. Bij hooge verwarming is de cohaesie der deelen zoo los, dat ook zonder werkelijk smelten uiteenvliegen van de stukken bij het doorslaan van een been mogelijk is. Busch meent echter te moeten opmerken, dat het smelten werkelijk aan eenige punten van den kogel plaats heeft, maar dat slechts de wijze van opvangen van het projectiel Küster belette de fijne gesmolten deeltjes te zien.

Aan Dr. Wahl antwoordt Busch, dat zijne meening als zou de kogel door wrijving in het geweer, voor zij op eene absolute hindernis aanslaat, slechts tot op 70° verwarmd worden, door anderen op 100° en meer wordt gesteld, waardoor bij het ophouden der beweging, eene temperatuur van 721° ontwikkeld wordt, en het lood meer dan de dubbele temperatuur verkrijgt, dan voor smelten noodig is.

Hierbij is te recht het vernietigen van de rotatiesnelheid buiten rekening gelaten, die zoo als wij later zullen zien, voor ieder punt van den cilindrischen mantel 24 meter in de seconde is, want bijaldien de overige deelen van den kogel allen dezelfde rotatiesnelheid hadden, zoo werd door vernietiging daarvan, toch slechts eene hoogst onbeduidende verwarming bereikt.

Op grond hiervan meent Busch, dat zijn besluit juist is, dat ook onder minder gunstige omstandigheden, en zelfs als het ophouden der beweging niet absoluut is, toch nog gedeeltelijke smelting kan plaats hebben op die plaatsen van den kogel, die de hoofdinwerking van den

stoot en der wrijving ondervonden, hetgeen Dr. Wahl gelooft dat niet mogelijk is, omdat de snelheid niet plotseling wordt opgeheven.

Busch beweert dat ook bij het schieten door een voorwerp warmte wordt veroorzaakt, en wel zooveel als aan levende kracht verloren gaat. Is van een kogel waarvan de massa m is, de aanvankelijke snelheid v_1 en na het overwinnen van den hinderpaal v_2 zoo is de verloren levende kracht gelijk $\frac{1}{2}m(v_1^2 - v_2^2)$ en de veroorzaakte, met deze hoeveelheid overeenkomende warmte gelijk $\frac{\frac{1}{2}m(v_1^2 - v_2^2)}{424}$ ¹⁾

Afhankelijk van de grootte van dit cijfer, dat met het vermeerderen van den hinderpaal toeneemt, zal ook de verhitting van den doorborenden kogel verschillen en toenemen. Voor het geval dus dat de snelheid niet geheel maar slechts gedeeltelijk opgeheven is, zal de levende kracht geëvenredigd zijn aan het quadraat der snelheid. Nemen wij bijv. aan dat een Chassepotkogel bij het gaan door een weerstand zooveel snelheid verliest, dat hij nog slechts de halve snelheid overhoudt, dan blijft nog maar $\frac{1}{4}$ der levende kracht over, en $\frac{3}{4}$ zijn verbruikt voor het overwinnen van den weerstand en tot warmte-ontwikkeling. Het verschil tusschen de levende kracht, die de kogel voor het aanslaan, en die welke hij na het passeeren van den hinderpaal bezit, zal aldus volgens de berekening van Dr. Wahl met $\frac{3}{8}$ warmte-eenheden overeenkomen. Het verlies aan levende kracht zal voldoende zijn om 0.375 kilogram water één graad warmer te maken. Eene hoeveelheid water, wegende als de Chassepotkogel 0,025 gram zal dus 15 graden warmer worden, en eene gelijke hoeveel-

¹⁾ Archiv von Langenbeck. Bd. XVIII. d. 2. bl. 203.

heid lood tot op 465° worden verhit. Zelfs wanneer wij nu de verwarming van den kogel in den loop buiten rekening laten, dan wordt er volgens deze berekening eene warmte ontwikkeld, die meer dan voldoende is om den kogel te doen smelten, zelfs wanneer de geheele hitte op den kogel inwerkte, dat hier niet, maar slechts op een paar gram geschiedt.

Hieruit leeren wij deze belangrijke zaak, dat de door verlies der levende kracht veroorzaakte warmte niet op alle deelen van een kogel inwerkt, maar op verschillende deelen er van zeer ongelijkmatig wordt verdeeld.

Zoo ook zegt Busch dat een kogel die een been heeft getroffen, en in klei is opgevangen aan de achterste ringvormige vlakte en het daarbij liggende gedeelte van den mantel in de meeste gevallen onveranderd is. Deze deelen zijn daardoor voor wrijving bewaard gebleven, omdat het voorste gedeelte van den kogel gedeeltelijk door den stoot op de beenderen, gedeeltelijk door de daarbij te voorschijn geroepene warmte zich paddestoelvormig heeft afgeplat, en een grooteren weg in den weerstand heeft gescheurd, dan voor het passeeren van het achterste gedeelte van den kogel noodzakelijk was. Soms is door wrijving ook wel het achterste gedeelte van den mantel vervormd; en dan is de ringvormige vlakte samengedrukt en misvormd, echter nooit in dien graad, dat men den karakteristieken vorm van den kogel niet weder herkennen kon. Van het voorste gedeelte springen stukjes af, en een klein gedeelte, hoogstens een paar gram, wordt in fijne gesmolten droppels verspreid.

Hoogstwaarschijnlijk heeft hierbij het volgende plaats. De looddeeltjes aan de punt ondervinden den grootsten weerstand, wegens de vis a tergo der daar achter liggende deelen. Ieder deeltje van den mantelomtrek wordt daardoor zoo

verhit dat het smelt, en de samenhang met de hoofddeelen van den kogel wordt verbroken. De hieraan grenzende deelen van den kogel worden minstens zooveel verwarmd, dat zij door den mechanischen weerstand, ondersteund door de centrifugaalkracht van den kogel, bij de losse cohaesie der moleculaire kracht, uit hunnen samenhang worden geslingerd. Deze stukken vertoonen op hunne vlakten nog smeltingsprocessen; soms hebben zij die vreemde vormen, die het weeke lood bij het verder vliegen aanneemt, zooals de schroefvorm of zoo als die van houtkrullen, hetgeen afhankelijk is van de rotatie, alsmede van de temperatuur die het lood bezit, en die dicht bij het smeltpunt komt. Het daarop volgende gedeelte van den kogel is minder verwarmd, doch nog voldoende om zich bij het dringen door den mechanischen hinderpaal, paddestoelvormig plat te drukken, tengevolge van het nadringen van het laatste gedeelte.

Volgens Busch is het dus het voorste gedeelte van den kogel, dat bij het aanslaan den grootsten weerstand ondervindt en het meest verwarmd wordt, terwijl dit aan het achterste gedeelte het minste is.

Verder voert hij als bewijs aan, dat hangt men bij een schot voor een gemacereerden schedel een los blad papier, dan vindt men op dat gedeelte van het papier dat naar den schedel toehangt, in den omtrek van de kogelopening eene grauwwachtige plaats, die onder het mikroskoop uit fijne metaaldroppeltjes blijkt te bestaan, en die van den schedel terugspringend op het papier werden opgevangen. Deze deeltjes nu zijn in hunne snelheid van 420 meter plotseling opgehouden, en moeten dus volgens Dr. Wahl van 0° tot het dubbele van hun smeltpunt verhit worden, wanneer de geheele verkregene warmte ten voordeele van het projectiel komt, en de warmte ge-

leiding van het lood dusdanig is, dat de warmte van de oppervlakte van den mantelomtrek oogenblikkelijk tot de terugvliegende kern voortdrong. Hetzelfde geldt ook voor de deeltjes binnen in den schedel. Echter is het moeielijk uit te maken of dit gesmolten looddeeltjes zijn of niet, daar men hetzelfde verkrijgt als men een looden kogel op been wrijft, of als het fijne lood in den schedel naar alle deelen heen wordt geslingerd zoo dat het morphologisch geen bewijs is voor het al of niet gesmolten zijn van lood. Daarvoor pleit echter het ophouden bij eene beweging van 420 meter, en het vinden van enkele grootere stukjes, die in eenen scherpen hoek tegen den binnensten schedelwand zijn aangeslingerd.

Tegenover Heppner en Garfinkel die beweren dat de verwoesting en kratervorm afhankelijk zijn van de uitslingerde beensplinters, omdat zij de proeven deden met het Henry-Martinigeweer, dat een kogel heeft uit hard lood bestaande, voert Busch aan dat het effect van hun kogel op schedels en diaphysen van pijpbeenderen op gelijke wijze moet werken als de Chassepotkogel, doch dat het bij den Chassepotkogel moeielijk te zeggen is hoeveel van de verwoesting op rekening komt van de uitspattende looddeeltjes, en hoeveel afhankelijk is van den hydraulischen druk en van de rotatie van den kogel; doch dat loodsplinters geheel alleen vreeselijke verwoesting kunnen veroorzaken, heeft hij bewezen met zijne proeven op een harnas toen de afgesprongen loodfragmenten de zachte deelen van den hals aan de eene zijde, van de middellijn tot aan de wervelkolom, verscheurden. Deze looddeeltjes gaan in een verstrooiingscirkel door het lid, en om de kracht te kennen waarmede zij uiteengaan, moet men de rotatie van den kogel om zijne lengte-as kennen.

De Chassepotkogel maakt eene draaiing om zijne lengteas, terwijl hij eene lengte van 0.55 meter in den loop maakt. In een halven meter maakt zij dus ééne draaiing en in eene seconde of op 400 meter afstand 800 draaiingen om zijne lengteas. De omvang van den mantel is 3 centimeter, dus elk punt van den mantel gaat in $\frac{1}{800}$ seconde rond of legt in eene seconde $800 \times 3 = 2400$ centimeter afstand af, dat gelijk is aan 24 meter.

De invloed van de rotatie openbaart zich op twee wijzen: 1° op den kogel zelf, en 2° op de zachte deelen.

Op den onveranderden kogel werkt de centrifugaalkracht weinig. Veel daarentegen op den omtrek van den kogel die zeer verwarmd of gesmolten is. Om nu den druk te meten, dien een losliggend deeltje van wege de centrifugaal

kracht ondergaat, hebben wij de formule $\frac{v^2}{r}$ waarbij $\frac{v^2}{g}$

de tangentielle snelheid van de oppervlakte van den kogel, r de straal en g de zwaartekracht is. Voor het cilindrische gedeelte van den Chassepotkogel is $v = 24$ meter, de zwaartekracht $g = 9.808$ of bijna tien meter, en $r = 0.005$ meter, derhalve is de druk

$$= \frac{24^2}{0.005} = \frac{576003}{5} = 11520.$$

Nu is de druk van het losvliegend deeltje in radiale richting 11520 maal sterker dan de druk, dien een dergelijk deeltje door zijn eigen gewicht op eene horizontale onderlaag zou uitoefenen. Dit is een bewijs voor de kracht die de losgelaten looddeeltjes op de naburige deelen uitoefenen, en zal wel van invloed zijn op de gedaante der wond.

Evenzoo komt Busch op tegen Richter, die niet gelooft

dat de wanden van een in weeke deelen geschoten wondkanaal van de rotatie van den kogel veel te lijden hadden, daar de Chassepotkogel op 55 centimeter eenmaal draait, en in een geschoten wondkanaal van 14 centimeter lengte slechts $\frac{1}{4}$ draaiing volbrengt.

Busch meent dat het hier meer de snelheid van rotatie is die werkt dan de lengte, en omdat het bekend is dat bij een snel ronddraaiend lichaam de omgevende deelen in de richting van den tangens worden voortgedreven, zoo moet dit van invloed zijn op de omgevende zachte deelen.

Heeft de kogel eerst een been doorboord en is hij gedéformeed, dan werken de hoeken roteerend en nog meer verscheurend op de zachte deelen.

HOOFDSTUK III.

De proeven door mij genomen om de physische veranderingen van den kogel te leeren kennen, hadden plaats met het Beaumont-geweer en de daarbij behoorende patroon, het model dat voor het Nederlandsche Leger is aangenomen. Het geweer is een achterlader, de loop heeft eene lengte van 0,85 meter, de ziel is verdeeld in 8 gelijke deelen, waarvan 4 trekken en 4 velden; de trekken maken eene rechtsche omwenteling op 0,75 meter, hebben eene gelijkmatige diepte van 0,3 millimeter, zijn recht-hoekig afgerond en even breed als de velden, zij geven aan den kogel eene schroefvormig draaiende beweging en bepalen het kaliber van het geweer. Het kaliber is 11 millimeter. De kogel maakt meer dan eene rotatie in den loop en behoeft hiervoor eene lengte van 0,75 meter. De kogel wordt geperst en het soortelijk gewicht van het gebruikte lood is 11,3. Hij is cylindrisch ovaal, aan de voorzijde afgeplat tot een middellijn van 4 millimeter. Het cylindervormig achtereinde heeft op zijne buitenoppervlakte eene rondgaande groef gevuld met was. Zijn grootste middellijn is 11,7 millimeter; zijn gewicht 21,80 gram. Hij is besloten in eene huls getrokken van messingplaat,

waarin in het midden van den bodem het roodkoperen slaghoedje en plat aanbeeldje zijn geplaatst. De kruitlading is van een gescheiden door een vilten schijfje en vetprop, waarop de looden puntkogel vastzit, het gewicht der scherpe patronen is 40 gram en de kruitlading bedraagt 4,25 gram. De patroon van den Remington-karabijn, waarmede door mij ook enkele proeven zijn genomen, is van hetzelfde maaksel, doch verschilt alleen in buskruitlading. Deze lading bedraagt hier slechts 3 gram. De aanvankelijke snelheid van den Beaumontkogel was gemiddeld 391,5 meter per secunde, volgens de proeven genomen door den Kapitein der Artillerie van Pesch, in den afgeloopen zomer, op de Koninklijke Militaire Academie en welke proeven door mij werden bijgewoond.

De eerste proeven bestonden in het schieten met den Beaumont-kogel op eene dikke ijzeren schijf op circa 100 passen afstand. Hierbij bleek dat de kogel op de schijf aansloeg en hierop eene als zilver glinsterende ster achterliet, een indruk in de schijf had gemaakt, en zelf uiteenspattend als een dun plaatje, op eenigen afstand van de schijf werd teruggevonden, met dien verstande echter, dat ontelbare stukjes van alle vorm en grootte, als gesmolten lood, voor, of op den rand der schijf terugspatten; de grootste stukjes hadden eene zwaarte van 225 en 135 milligram. Het kristallijn uitstralen dat wij op de schijf vonden was ook volkomen aanwezig op den teruggevonden kogel. Zoowel schijf als kogel droegen de duidelijkste physische kenmerken, dat het lood bij het aanslaan gesmolten was, en op de schijf was blijven kleven; de teruggevonden kogels hadden eene zwaarte van: *a* 2,665 gram, *b* 3,025 gram en *c* 2,425 gram, en hadden dus aan gewicht verloren, *a* 19,135 gram, *b* 18,775 gram en *c* 19,375 gram. Het gedeelte lood dat verloren is gegaan, moet be-

schouwd worden als te zijn gesmolten door de warmte die ontwikkeld werd door het aanslaan van den kogel op de schijf, waarbij de voortstuwende kracht van den kogel bij het ondervinden van weerstand, omgezet werd in warmte; want volgens de physische wet is de kracht waarmede de kogel aankomt gelijk aan den weerstand en wordt berekend uit de formule:

$$W = \frac{m v^2}{2} \text{ waarvan: } m = \frac{p}{q}.$$

Stellen wij nu hierbij: W gelijk de weerstand; p gelijk het gewicht des kogels = 21,8 gram; v gelijk de snelheid van den kogel = 390 meter; q gelijk de versnelling der zwaartekracht = 9,808, dan verkrijgt men:

$$W = \frac{0,0218 \times 390^2}{2 \times 9,808} = \frac{0,0218 \times 152100}{19,616} = \frac{3315,7800}{19,616} = 169,08 \text{ Kilogrammeter.}$$

Deelen wij dit getal nu door het arbeidsaequivalent van eene warmte-eenheid [calorie] dat is 425, hetwelk noodig is om een kilogram water van 0° tot 1° Celsius te verhitten, dan krijgen wij: $\frac{169,08}{425} = 0,3978$ warmte-eenheden.

Daar men om te weten hoeveel warmte noodig is om een kogel te doen smelten, het gewicht van den kogel (a) met de soortelijke warmte (b) en het aantal graden dat het smeltpunt van lood (c) aangeeft moet vermenigvuldigen; zoo verkrijgt men $0,0218 \times 0,03 \times 320 = 0,209280$ warmte-eenheid. Er wordt dus 0,1885 warmte-eenheid meer ontwikkeld dan noodig is om den kogel geheel te doen smelten, zoodat er altijd nog een gedeelte ongesmolten overblijft, welke hoeveelheid warmte beschouwd kan worden als zijnde verbruikt door verlies aan warmte-geleiding langs de schijf, aannemende dat de kogel 0° temperatuur bezat

bij het verlaten van het geweer, iets waarop wij later terugkomen.

Dezelfde proeven werden herhaald met den kogel van de Remington karabijn, die dezelfde is als de Beaumont, doch waarvan het verschil zoo als gezegd is bestaat in verminderde kruitlading; dit verschil is 1,25 gram. Bij de door mij eveneens bijgewoonde proeven werd eene gemiddelde snelheid van 314 meter per secunde verkregen. Toen deze kogel op circa 60 pas op de ijzeren schijf werd afgeschoten, verschilde het resultaat nog al met het vorige, wel ontstond er een indruk op de plaat, welke indruk zelfs dieper was dan die van den Beaumontkogel, doch de zilverwitte ster ontbrak volkomen. De kogel zelf werd eveneens deform teruggevonden, doch hieraan was den oorspronkelijken vorm duidelijker te herkennen, eveneens splinterden er fijne plaatjes en stukjes lood af, en het gewicht van den teruggevonden kogel bedroeg bij *a* 2,075 *b* 2,165 *c* 2,592 *d* 1,635 gram. Het verlies aan lood varieerde hierbij dus van 20,165 tot 19,208 gram, er was minstens evenveel verlies als bij de proef met het Beaumont-geweer. Bij deze proeven ontbraken echter de physische verschijnselen van smelten, en passen wij op deze snelheid nu de vorige formule toe, dan krijgen wij weder:

$$W = \frac{mv^2}{2} = \frac{pv^2}{2g} = \frac{0,0218 \times 314^2}{2 \times 9,808} = \frac{0,0218 \times 98596}{19,616}$$

$$= \frac{2149,3928}{19,616} = 109,57 \text{ Kilogrammeter,}$$

dat gedeeld in 425, zijnde het arbeids-aequivalent van ééne warmte-eenheid, geeft: 0,2578 warmte-eenheid. Nu hebben wij echter hiervoren gezien dat er slechts 0,209280 warmte-eenheid benoodigd was om den kogel te doen smelten, zoodat hier feitelijk nog 0.04851 warmte-eenheid over was, hetgeen echter niet het geval kan zijn, daar een

gedeelte der warmte aan de schijf verloren gaat door geleiding en een deel der kracht gebruikt wordt voor het terugspringen der afgescheurde deeltjes.

Resumeeren wij nu datgene wat hiervoren is omschreven, dan blijkt ons ten duidelijkste;

1°. dat wanneer de in gebruik zijnde kogel uit het Beaumont-geweer afgevuurd wordt op ijzeren platen, zoodanig dat de levende kracht waarmede hij aanslaat volkomen wordt opgeheven, die levende kracht omgezet wordt in eene hoeveelheid warmte die voldoende wordt bevonden om den geheelen looden kogel te doen smelten, hetgeen dan ook voor het grootste gedeelte geschiedt, en dat duidelijk merkbaar is uit de physische teekenen die zoowel schijf als kogel aanbieden. Daarenboven stemmen deze verschijnselen volkomen overeen met hetgeen door andere schrijvers, Mühlhausen, Socin, Busch, en meer anderen werd bevonden en beschreven, en leveren deze proeven het resultaat, dat wanneer een kogel met eene snelheid van 390 meter per seconde het geweer verlaat, er nog smelten mogelijk is. Deze proeven zijn dus in tegenspraak met die aan de ijzerfabriek van Krupp te Essen genomen, volgens welke geen smelten meer mogelijk is wanneer de snelheid van den kogel minder is dan 400 meter per seconde;

2°. dat de kogel afgeschoten uit den Remington-karabijn, hebbende eene aanvankelijke snelheid van 314 meter per seconde, bij het aanslaan op eene ijzeren schijf niet smelt. Hiervoor pleiten 1°, het ontbreken der physische verschijnselen zooals deze hiervoren omschreven zijn bij het aanslaan van den Beaumont-kogel met 390 meter snelheid; 2°, het onvoldoende aantal warmte-eenheden dat volgens berekening onmogelijk in staat kan worden geacht den kogel te doen smelten, te meer daar wegens de geleiding van het ijzer veel warmte verloren gaat, en tegelijk eene zekere

hoeveelheid dezer warmte verbruikt wordt bij het maken van den indruk op het ijzer. Ditzelfde is reeds hiervoren vermeld bij de proeven van Bodijnski, die op steen en ijzer schoot, en waarbij deze aangaf dat het lood dat op ijzer aangeslagen was en geen smeltingsverschijnselen had vertoond, er had uitgezien als houtkrullen.

Eene vraag rijst er echter op, en wel: of bij deze beschouwing de drie andere factoren die den kogel kunnen verwarmen, namelijk: 1°. het in aanraking zijn van den kogel met het gas der ontploffende kruitlading, 2°. de wrijving van den kogel in den geweerloop, en 3°. de wrijving van den kogel in de lucht, buiten spel mogen gelaten worden, en die eene temperatuur aan den kogel geven, die door Bodijnski bij het Chassepot op 300°, door Busch op 100° en door Wahl op 70° wordt geschat. Volgens mijne meening kan van die factoren bij het Beaumont-geweer alleen in rekening komen, de warmte ontwikkeld door de wrijving en persing in den loop van het geweer, aangezien de kogel niet zooals bij het Chassepot-geweer met de temperatuur van het ontploffende kruit in aanraking is, maar door een stukje vilt daarvan is gescheiden, even als bij de Pruissische „Langbley“ zich een houten klosje tusschen den kogel en het kruit bevindt. De wrijving door de lucht wordt eveneens door bijna alle schrijvers buiten rekening gelaten, en wel om reden deze factor voor alle kogels gelijk, en van weinig invloed is. Hoeveel nu het aantal graden bedraagt, door de wrijving van den kogel in den loop teruggebracht, is mij onbekend, maar aannemende dat al de factoren te zamen bij den Chassepot slechts 70 ° of 100 ° bedragen, zoo moet dit bij den Beaumont kogel nog veel minder zijn, en in elk geval is deze hoeveelheid warmte geenszins in staat de temperatuur van den kogel uit de Remington-karabijn eene dusdanige

warmte te geven dat er smeltingsverschijnselen bij het aanslaan op ijzer ontstaan, zooals hierboven reeds is medegedeeld.

Hierna trachtte ik den invloed van denzelfden Beaumont kogel na te gaan bij het treffen van deelen van het menschelijk lichaam. Dit geschiedde op de schietbaan alhier waartoe ik door de welwillendheid der kommanderende officieren in de gelegenheid werd gesteld. De voorwerpen die hiervoor gebruikt werden, waren dij-, onder-, opperen voorarm-beenderen, alsmede schedels, allen nog voorzien van de bekleedende zachte deelen. De beenderen werden opgehangen tegen planken, en de schedels werden los in het zand van den kogelvanger gezet. De verkregen resultaten waren als volgt:

Op 25 pas afstand.

1^o. Op pijpbeenderen.

De kogel trof aan de voorzijde de zachte deelen en veroorzaakte fractuur der fibula ongeveer op de helft van het been. Dit gaf eene ronde ingangsoopening met lange uitgangsoopening van circa 3 à 4 centimeter.

Bij alle beenderen waarvan de tibia verbrijzeld werd, vonden wij slechts eenmaal eene lange ingangsoopening; in alle andere gevallen eene ongelijke ingangsoopening vol beensplinters en verwoeste spiermassa; eene uitgangsoopening werd niet aangetroffen, wel vond men aan de achterzijde uitgebreide verscheuring der huid en zachte deelen die als bezaaid waren met been- en houtsplinters. In de spiermassa zelf waren de houtsplinters ingedrongen en afgesprongen van de achter het been geplaatste plank; opmerkelijk waren de los, of alleen nog met het beenvlies vastzittende beensplinters, die als het ware van het been waren afgelicht. In de meeste gevallen hadden deze

splinters eene grootte van 1 à 2 □ centimeter, en werden zoo veel mogelijk verzameld. Slechts enkele splinters hadden grootere afmetingen en wel diegene, die ontstaan waren van dat been, hetwelk op ongeveer de helft getroffen was en aldaar eene schuinsche fractuur veroorzaakt had. Hierbij ontbraken echter de verschijnselen van zeer kleine beenstukken, zooals bij de andere proeven a. b. en c. wordt vermeld; het been was hier zeer hard en bij het præpareeren er van bleek, dat het beenmerg week en vloeibaar was en pus en vet bevatte. Het verlies van beenzelfstandigheid was hier ook veel meer dan bij de andere beenderen. Dit been was afkomstig van een zeer bejaard man; de overige beenderen, die voor de proef gebruikt zijn, waren afkomstig van individuen op middelbaren leeftijd, en gaven bij de eene proef a. waar de kogel circa 5 centimeter onder de crista tibiae trof, totale vernietiging van het been, over eene uitgebreidheid van 6 centimeter aan de voorzijde; met zeer fijne beensplinters, en van 8 centimeter aan de achterzijde; in de zachte deelen zaten alle fijne beensplinters ter grootte van een speldenknop in oneindig groot aantal vast en waren soms zelfs diep ingedrongen, terwijl deze zelf uiteengescheurd waren. (Plaat I). Bij eene andere proef b. trof de kogel het been op de helft en gaf verlies van zelfstandigheid op dezelfde wijze als sub a. en eveneens indringen van fijne beensplinters, echter waren hier ook eenige grootere beensplinters, en het verlies in de continuïteit bedroeg hier 8 à 9 centimeter. Bij de nog volgende proef c. werd het been op dezelfde plaats getroffen en gaf hetzelfde effect als hier het laatst werd vermeld. (Plaat I).

Dijbeenderen in de diaphyse getroffen gaven eveneens fijne beensplinters en enkele grootere stukken, (Plaat II); op voor-

arm- en opperarmbeenderen (Plaat V) verkreeg ik hetzelfde effect met een groot verlies aan zelfstandigheid. De samenhang werd geheel verstoord, en het been soms over eene uitgestrektheid van 7 centimeter vernietigd.

Waren de zachte deelen alleen geraakt dan was de in- en uitgangsopening gelijk, en bespeurde men aan de uitgangsopening alleen stervormige spleten. Bij al deze proeven is het mij nooit gelukt den kogel in het zand van den kogelvanger terug te vinden, redenen die mij drongen hiervoor andere maatregelen te nemen, en waarvoor ik toen het geschikste vond de methode door Busch aangewend te volgen, die den kogel in klei opving. Ik herhaalde de proef en plaatste het onderbeen voor eene kist gevuld met vochtige klei. Hierbij vonden wij eene ronde ingangsopening ter grootte van den kogel, met uitgebreide verbrijzeling van het scheenbeen in kleine deeltjes en met verscheuring der zachte deelen, waaraan kleine beenstukken vastzaten en die daarin zelfs diep waren ingedrongen. Aan de achterzijde vonden wij verscheuring der zachte deelen met een langwerpige huidwond van 8 centimeter; terwijl de kogel nog eenige decimeters diep in de klei was gedrongen en hier eene kratervormige ronde opening van 8 centimeter middellijn had gemaakt. De wanden van den krater waren bestrooid met fijne beensplinters, ook enkele glinsterende puntjes waren met het bloote oog zichtbaar, echter duidelijker met eene loupe; deze werden nauwkeurig er uit genomen en op papier gelegd om mikroskopisch te worden onderzocht. Trof de kogel alleen de zachte deelen, dan was de in- en ingangsopening gelijk en ontstond er in de klei eene kratervormige opening, die eene doorsnede had van 12 centimeter in het begin, en 4 à 5 decimeter diep in de klei spits eindigde. Trof hij alleen de fibula, dan was

de vernietiging veel geringer en de ingangsopening even klein als bij het treffen van zachte deelen, doch met grooter uitgangsopening, terwijl de kegel in de klei kleiner was dan hierboven is beschreven.

Op denzelfden afstand werd een dijbeen in het midden aan de voorzijde getroffen (Plaat II). Het fractureerde met 3 losse beenstukken en gaf geen fijne beensplinters. Voegde men deze stukken weder bijeen, dan zagen wij aan de voorzijde eene ronde ingangsopening, met een defect in het been ter grootte van den kogel, welke opening in het beenmerg voerde, doch verder niet te volgen was. Het been moet dus uiteen zijn gesprongen op het oogenblik dat de kogel in de beenige mergholte aankwam, aangezien het defect der uitgangsopening hier ontbrak en de kogel niet in het been was blijven steken, maar gedeformeerd in de klei werd teruggevonden. Deze beide kogels, uit de klei gezocht, wogen respectivelijk 10,868 gram en 6,870 gram, zoodat de eene 10,932 gram en de andere 14,930 gram aan lood had verloren.

2° Op Schedels.

De schedel voor de proef gebruikt was bekleed met zachte deelen; de kogel trof het voorhoofd en de schedelkap vloog uiteen en sloeg open even als de bladen van een boek, de stukken van den beenigen schedel zoowel als van de bekleedende zachte deelen en hersenzelfstandigheid vlogen over den kogelvanger heen, terzijde en terug; enkele stukken werden ruim 6 Meter zijwaarts van de schijf aangetroffen. De ingangsopening was duidelijk te herkennen boven den sinus frontalis aan het voorhoofd, van hieruit ging de fractuur gelijkelijk naar beide zijden, de bovenoogkuilsche plaat

was gefractureerd het aantal beenstukken menigvuldig en verschillend van grootte. Zij varieerden van 7 à 8 centimeter, tot 1 à 2 □ decimeter. De basis cranii was gefractureerd, het achterhoofsbeen langs de naden losgesprongen, het beenvlies losgescheurd van de beenderen, en stukken van het behaarde gedeelte van den schedel werden ter grootte van 8 à 10 □ centimeter gevonden achter den kogelvanger, die eene hoogte had van meer dan 4 meter; wel een bewijs voor de kracht waarmede een betrekkelijk licht voorwerp in alle richtingen wordt weggeslingerd.

Op 15 pas.

Een schedel ontdaan van zachte deelen en waaruit de hersenmassa langs het groot achterhoofdsgat en de oogen was verwijderd, werd met klei gevuld. Voor den schedel werd in navolging van Busch, een vel wit papier gehangen, terwijl de achterzijde tegen de klei rustte. De kogel trof het achterhoofsbeen ter zijde van de spina occipitalis externa waar de ingangsopening duidelijk is waar te nemen; de uitgangsopening is niet te bespeuren. De schedel sprong in zeer veel stukken, eenigen er van werden gevonden 5 meter ter rechterzijde van de schijf op denzelfden lijn, een ander stuk 3 meter zij- en 4 meter achterwaarts, terwijl nog andere stukken op den grond verspreid lagen en de overigen door het periosteum bijeen werden gehouden (Plaat III). De stukken waren zeer diep in de klei gedrongen. De kogel werd gedeformeerd, doch niet op die wijze als bij eene verbrijzeling van pijpbeenderen het geval was, daar de vorm gemakkelijk was te herkennen, en in de klei teruggevonden werd, waarin hij een kleinen krater van circa 4 centimeter ingangsopening had gemaakt. Zijn gewicht bedroeg 20,963 gram; hij had dus slechts 0,937 gram lood aan

gewicht verloren. De opening in het papier was van de grootte van den kogel, doch opmerkelijk is het dat de randen der opening straalsgewijze gespleten waren en hoedvormig omgebogen stonden naar de zijde van de ingangsopening.

Eene tweede proef op een gewonen schedel trof ter hoogte der spina occipitalis externa, drong van hier uit in den schedel, gaf hier eerst eene kleine opening in den huid, en onder de oogholte eene weinig grootere uitgangsopening, doch verbrijzelde de bovenkaak tot fijne beensplinters. De schedel fractureerde door het schedeldak in verschillende richtingen, de kogel werd in de klei gedeformeerd teruggevonden, woog 16,360 gram en had dus 5,44 gram lood aan gewicht verloren.

Ten einde alle looddeeltjes die van den kogel afgesprongen waren weder terug te vinden, werd de gebruikte klei waarin de kogels waren doorgedrongen en op verschillende afstanden blijven steken, met water uitgespoeld. Enkele stukjes lood werden op die wijze teruggevonden; het gewicht daarvan verschilde van 0,325 gram tot 0,060 gram, terwijl anderen slechts met eene loupe of door chemische reactiën waren te onderkennen. Deze zoowel als de min of meer gedeformeerde kogels werden aan een nauwkeurig onderzoek, met betrekking tot de vraag of er smelting van lood had bestaan, onderworpen. Op dezelfde wijze werden de fijne glinsterende puntjes, die met eene loupe in de klei zichtbaar waren allernauwkeurigst op lood onderzocht, waarbij mikroskopisch bleek dat het ongelijk glinsterende stukjes waren met ruwe oppervlakten, ongelijke hoeken en randen, even als de grootere stukken, die met het bloote oog duidelijker waren te onderkennen. Na behandeling met gedistilleerd water, en na opgelost te zijn in zuiver salpeterzuur, werden zij aan de reactie met

Jodetum Kalicum en Zwavelwaterstof onderworpen, waarna een duidelijk præcipitaat van Joodlood en Zwavel lood werd afgezet. Dat lood microscopisch fijn verdeeld, in de wanden van den krater, die door den kogel in de klei wordt gevormd, was gevonden, werd hierdoor bewezen.

De grootere stukjes lood werden aan een vergelijkend onderzoek met andere stukjes onderworpen, en wel vergeleken met die, welke bij het aanslaan van den Beaumont-kogel op de ijzeren schijf waren ontstaan, en die duidelijk alle physische verschijnselen van smelten droegen. Het verschil daartusschen was: dat de looddeeltjes, die ontstaan waren door het aanslaan op de ijzeren schijf glinsterend waren, soms voorzien van uitstralende voegen, dik in het midden en dun aan de uitlopende randen en op het aanvoelen glad. Die van de Remmington-karabijn op de ijzeren schijf waren teruggesprongen, waren doffer, ongelijker, hoekiger, vertoonden geene glinsterende voegen, en stelden meer plaatjes van gelijke dikte voor van oneffenheden voorzien; de lood-fragmenten die in de klei gevonden werden waren meer platte plaatjes, hoekig, ongelijk, dof, op het aanvoelen ruw, en kwamen oogenschijnlijk het meest met die van de het laatst beschrevene overeen. Afgeronde hoeken of punten die op smeltingsvormen berustten waren er niet aan te bespeuren. Te gelijk werd nauwkeurig nagegaan in hoeverre het gevoelen van Busch juist was, dat bij het schieten door een schedel het fijn gesmolten lood als kruitslijm tegen den binnenwand van den schedel was gesprongen, of als zeer fijne partikeltjes op het papier zat, dat voor den schedel was gehangen. Eerst werd getracht met lenzen, die sterk vergrootten, of door middel van het mikroskoop looddeeltjes te onderkennen, hetgeen ons niet gelukte; daarna werden alle fijne zwarte puntjes die aan den binnenwand van den

schedel zichtbaar waren met een fijn beiteltje uitgebeiteld en chemisch onderzocht op lood; doch bij dit alles ontstond geen zweem van lood-reactie. Op dezelfde wijze werd het papier chemisch en microscopisch onderzocht en hierop was evenmin eenig spoor van lood te onderkennen.

Op 100 pas.

De kogel, afgevuurd op den met zachte deelen bekleeden schedel, gaf bij de eerste proef een schampschot op den kruin, waarbij een stuk been verloren ging ter lengte van 8 en ter breedte van 5 centimeter; van hier uit liep naar beide zijden eene gelijke fractuur door de schedelbeenderen; de dura mater was ongeschonden, terwijl de zachte deelen over dezelfde ruimte als het been waren vernietigd.

Bij de tweede proef trof de kogel het bovenkaakbeen onder de oogkuilsrand in den sinus maxillaris, gaf hier eene ongelijke vol beensplinters zittende ingangsopening ter grootte van 2 centimeter, verbrijzelde de bovenkaak, den opstijgenden tak der onderkaak, fractureerde de jukboog en het wandbeen in alle richtingen zonder het te doorboren, en liet aan de achterzijde alleen eene uitgangsopening in de zachte deelen zien, zoodat de kogel tusschen huid en been moet zijn verlopen. (Plaat IV. 2.)

Bij de derde proef trof de kogel alleen zachte deelen en was de ingangsopening bij de beide proeven klein, de uitgangsopening was alleen klein in dat geval waar enkel zachte deelen getroffen waren, doch in dat geval waar een splinter van een been was afgesprongen was de uitgangsopening groot.

Bij de vierde proef trof de kogel de tibia ongeveer op 2 à 3 centimeter onder de epiphysenlijn en bracht hier een uitgebreid uiteenvliegen van het caput tibia teweeg,

(Plaat VI.) terwijl in de kniekuil alle zachte deelen geheel uiteengerukt waren. Kraakbeenoppervlakten ter grootte van een gulden waren afgescheurd, de poreuse beenmassa was geheel verbrijzeld en naar alle kanten uiteengesprongen over eene uitgestrektheid van 7 centimeter.

Bij de vijfde proef trof de kogel het been op ongeveer 8 centimeter onder de crista tibiae (plaat VI) en doorboorde het been in eene richting van voren naar achteren, schuins door het been heen, iets meer naar de binnenzijde. De ingangsoopening was hier duidelijk waar te nemen, van hier uit fractureerden de beenstukken, terwijl aan de achterzijde geen opening bestond, maar het been vernietigd was. De afgebroken stukjes waren van verschillende grootte, enkele van 3 à 4 centimeter.

Op circa 400 pas.

Deze proeven hadden plaats langs de rivier de Vecht onder Muiden, waartoe ik door de welwillendheid der Officieren van de Genie aldaar in de gelegenheid was gesteld. De groote zwaarigheid op dezen afstand was dat het voorwerp te klein was om door den schutter gezien te worden, zoodat wij de verschillende voorwerpen bijeen plaatsten en met eene witten doek bedekten, ten einde hem een zichtbaar punt te kunnen aanbieden.

Het effect was als volgt:

a. Een schedel werd getroffen juist ter hoogte der spina occipitalis externa (Plaat IV, 1) waar zich eene kleine ronde ingangsoopening vertoonde, terwijl de uitgangsoopening in de zachte deelen, ter hoogte der linker glabella frontalis, eene grootte had van 1.5 centimeter met gescheurde randen. Terstond trof mij hierbij de bijzonderheid, dat de kogel den schedel niet meer uit elkander deed spatten zoo-

als de vorige malen plaats vond, maar dat deze een geheel bleef met groote uit- en kleine ingangsopening.

Hierna nam ik de zachte deelen weg en vond eene ronde ingangsopening door het achterhoofdsbeen, corresponderende met die der zachte deelen, ter grootte van 1.3 centimeter, zoodat deze opening in het been eene kleinere middellijn had dan de kogel. Van hieruit ging eene communitieve fractuur naar alle richtingen die den schedel in 8 stukken fractureerde. De uitgangsopening en het verlies van beenzelfstandigheid was ter grootte van 3,5 à 5 centimeter boven de buiten-ooghoek. De boven-oogkuilsche plaat was niet gefractureerd. De galea aponeurotica was verder niet beleedigd.

Plaat IV, 3. *b.* Een schedel werd getroffen ter hoogte van en rechts boven de spina occipitalis externa. De kogel veroorzaakte hier eene overlangsche ingangsopening die bij de uitwendige beenplaat lang was 7 centimeter en bij de inwendige 5 centimeter, breed van boven 2 centimeter en van onderen 1,4 centimeter, en die op 6 centimeter afstand hooger eene uitgangsopening vormde op den kruin van het hoofd met eene hoekige ronde opening van 6 centimeter lengte en 3,5 centimeter breedte. Hierbij viel op te merken, dat de buitenste plaat der schedelkap in ruimere mate was vernietigd dan de binnenste plaat, en dat dit bij de ingangsopening 2 centimeter aan den bovenrand en bij de uitgangsopening 1 à 2 centimeter aan dezelfde zijde verschilde.

c. Twee dijbeenderen werden in het midden getroffen en gaven eene dusdanige verbrijzeling, dat bij het eene 12 losse beensplinters werden gevonden met totale opheffing van de continuïteit, en bij het andere een bijna gelijk getal losse stukken, waarvan enkelen eene lengte hadden van 14 centimeter, (Plaat V).

De moeielijkheid om op dien afstand juist datgene te

treffen wat men wenschte, belette mij bij deze proeven nog andere resultaten te verkrijgen, en moest ik mij met het verkregene tevreden stellen, terwijl dezelfde zwaarigheid mij belette mijne proeven op grootere afstanden te herhalen.

Bij deze proeven was ik gelukkiger dan de vorige keeren althans wat het terugvinden van de kogels betrof. Deze kogels werden grootendeels teruggevonden en wel in de volgende toestanden: zij die alleen zachte deelen hadden getroffen, werden in het zand teruggevonden hoed- of liever paddestoelachtig vervormd wat de punt betrof, terwijl het achterste gedeelte voor zoo ver het den vorm aanging, onveranderd bleef. De kogels die beenderen getroffen hadden, hadden allerlei vormen aangenomen, en een dezer, waarvan men zeker was dat hij het been had geraakt, omdat een stukje been van 2 □ millimeter in den kogel als het ware vast zat ingeslagen, had 3.460 gram aan lood verloren.

Hieruit bleek derhalve duidelijk dat de weerstand, die de kogel bij het treffen had ondervonden, eene warmte er van had ontwikkeld, voldoende om aan het lood eene dusdanige weekheid te geven, dat het de fijne beensplinters in zich kon opnemen, als waren zij er ingesmolten.

Gaan wij thans nog met een enkel woord over tot eene beschouwing van de verkregene resultaten, dan blijkt ons hieruit naar mijne bescheiden meening het volgende:

1. Dat, wanneer de Beaumontkogel op korten afstand op eene ijzeren schijf wordt afgeschoten, de weerstand bij het aanslaan eene dusdanige warmte ontwikkelt, dat verre weg het grootste gedeelte van den kogel smelt en als gesmolten looddeeltjes voor de schijf wordt teruggevonden.

2. Dat, wanneer hetzelfde plaats heeft met denzelfden kogel, afgevuurd met den Remingtonkarabijn, met eene

snelheid van 320 Meter in de secunde, er geen smelten van het lood ontstaat, maar dit alleen zoo week wordt, dat het zijne cohaesie verliest en in grootere en kleinere stukken wordt gescheiden, die van de schijf terugspringen.

3. Dat, wanneer de Beaumontkogel op korten afstand menschenbeenderen treft, deze hier eene uitgebreide verwoesting veroorzaakt, overeenkomende met die welke wij voor het Chassepot, Werder, Berdanske en Henry-Martini-geweer bij andere Schrijvers vermeld vinden, en dat aan de werking van explodeerende kogels doet denken.

4. Dat het effect der werking dezer Beaumontkogels moet worden toegeschreven aan de groote aanvankelijke snelheid en de middelpuntvliedende kracht door de rotatie van den kogel veroorzaakt, en waarbij de uiteenvliegende beensplinters eene niet onbelangrijke rol vervullen. Busch meende dat bij den Chassepotkogel dit effect afhankelijk was van den zich uitspreidenden kegel van fijn gesmolten looddeeltjes, die bij het aanslaan van den kogel op het been zouden ontstaan en in alle richtingen uiteenvliegen; ik ben deze meening niet toegedaan.

5. Dat de kogel bij het doorboren van een been een gedeelte van zijn lood verliest, door dat dit door het aanslaan mechanisch wordt afgescheurd bij verminderde cohaesie zijner looddeeltjes.

6. Dat het effect van den kogel op het been niet altijd hetzelfde is, en behalve van de snelheid waarmede hij treft nog afhankelijk is van den hoek van inval waaronder hij het been raakt. Treft hij het been onder een rechten hoek, dan dringt hij door met zeer gering verlies van zelfstandigheid, doch treft hij het onder een stompen hoek, dan is dit verlies veel grooter doch het effect van den kogel geringer.

7. Dat het effect van den kogel op lange pijpbeenderen volkomen overeenkomt met dat op schedels, hetzij deze met hersen-massa of vochtige klei zijn gevuld. Het effect er van ontstaat door dat de kogel in de holte gekomen zijne snelheid aan de massa mededeelt, en dat de hierdoor veroorzaakte verhoogde hydraulische druk in vereeniging met de rotatorische werking het uiteenvliegen van het been in grootere stukken veroorzaakt.

8. Dat het effect van den kogel op hard been verbrijzelend is en dat hoe grooter de kracht is waarmee hij aanslaat hoe fijner de beenstukken zijn, en hoe meer omschreven de verbrijzeling.

9. Dat het effect van den kogel op het caput tibiae volkomen hetzelfde is als op het lichaam er van.

10. Dat er in het effect van den kogel, wanneer deze op 25 of op 100 pas wordt afgevuurd weinig verschil bestaat, doch dat dit verschil op een afstand van 400 pas duidelijker in het oog springt, en dat het effect vermindert in rechte reden tot den afstand.

11. Dat uit een therapeutisch oogpunt beschouwd deze kogel, wanneer hij een der beenderen treft op een afstand binnen de 400 pas, eene verbrijzeling veroorzaakt die de primaire amputatie van het lid onvermijdelijk maakt.

12. Dat deze kogel, wanneer hij alleen zachte deelen treft, eene zeer kleine in- en uitgangsopening veroorzaakt met geringe verwoesting der zachte deelen.

13. Dat wanneer men bij een der ledematen eene kleine ingangsopening van den kogel met groote uitgangsopening aantreft, men als zeker kan aannemen dat het daar tusschen liggende been is getroffen, en dat zich beensplinters in het wondkanaal bevinden.

14. Dat deze kogel, wanneer hij op gemiddelden afstand het lichaam treft, zelfs niet na de doorboring

van een been, daarin zal blijven steken tenzij op zeer grooten afstand.

15. Dat de sonde van Nélaton bij het zoeken naar den kogel in het wondkanaal dikwijls tot vergissing aanleiding zal geven, wegens de wrijving er van langs de afgescheurde fijne looddeeltjes, die daarin bleven kleven.

Al deze meeningen hiervoren vermeld, worden meen ik voldoende verklaard uit de beschreven proeven en de hierachter volgende afbeeldingen. Alleen wenschte ik hier nog bij te voegen als bewijs, dat de vernietiging van het been afhankelijk is van de aanvankelijke snelheid, van de rotatie van den kogel, en van de uiteenvliegende beensplinters, dat reeds door de Minié-geweren zeer groote beenverbrijzeling plaats had. Ook Neudörfer is deze meening toegedaan, daar hij in zijne oorlogs-chirurgie, bladz. 79 vermeldt, dat de uit de corticaal zelfstandigheid gevormde splinters zelf als projectielen werken en de wanden van het wondkanaal, zoowel als het been zelf, verder breken. Deze beensplinters zijn, zoo als bij de proeven op 25 pas vermeld wordt en hierachter te zien is, soms ter grootte van een speldenknop. Zij ontstaan tengevolge van de hevige schudding waaraan de getroffen deelen de omgevende beendeeltjes bij het aanslaan van den kogel blootstellen, en die ze weder onmiddelijk voortplanten. Nu kunnen wegens volkomen gemis aan elasticiteit deze deeltjes niet uitwijken en worden daardoor verbrijzeld, zoo als reeds zoo juist door Dr. Wahl is beschreven, terwijl zij hierna in alle richtingen met kracht uiteenvliegen en de verwoesting veroorzaken. Zij ontvangen deze kracht van de snelheid waarmede de kogel aanslaat, terwijl de rotatie hierbij eene belangrijke rol moet spelen, daar wij weten, dat wanneer een li-

chaam ruim 500 maal in eene seconde om zijne as draait even als een kogel, de middenpuntvliedende kracht van den omtrek van den cilinder zeer groot moet zijn.

Deze kracht geloof ik als verklaring te moeten aannemen voor het feit dat in de klei zoo veel kleine en groote loodpartikeltjes zijn gevonden. Deze moeten of van den kogel mechanisch zijn afgeschaafd toen hij de kratervormige holte boorde, of door de middenpuntvliedende kracht van den warmen kogel zijn afgevloegen, toen hij bij het ontmoeten van den weerstand in de klei de cohaesie zijner looddeeltjes verloor. Deze looddeeltjes zijn echter in een te gering aantal in de verbrijzelde beenderen aanwezig, dan dat hiervan de verwoestende werking afhankelijk kan zijn. Zij zijn in de verbrijzelde deelen nauwelijks met eene loupe of het bloote oog te bespeuren. Als bewijs voor het niet gesmolten zijn van die looddeeltjes, *meen* ik te kunnen aanvoeren het verschil, dat er bestaat tusschen die, welke op de ijzeren schijf waren teruggeslagen en deze, hetgeen hiervoren reeds uitvoeriger is beschreven. Uit physische wetten te berekenen hoeveel warmte de kogel ontwikkelt bij het doorboren van een been, welke warmte tot smelten van lood kan worden gebruikt, geloof ik dat niet mogelijk is, daar het niet bekend is hoeveel warmte er door geleiding verloren gaat bij het doorboren der levende weefsels.

Het bewijs voor het sub N^o. 7 vermelde is te vinden, in de zoo duidelijk sprekende gelijke werking van den kogel op den schedel, bij de op 400 pas vermelde proeven, waarbij men eene zeer duidelijke ingangs-, doch geen uitgangsopening bespeurde en waarbij de schedel in verschillende richtingen fractureerde, even als dit plaats had bij een schot in het lichaam van het dijbeen, en bij een in het caput

tibiæ, reeds hiervoren beschreven en hierachter op de teekeningen te zien.

Voor de rotatorische werking in verband met den zijdelingschen druk pleit het feit dat de uiteenspringende beenfragmenten van den schedel, zoowel achter- als zij- en bovenwaarts uiteenvlogen, en dat de opening in het papier dat voor den schedel hing straalsgewijze ingescheurde randen had, die kelkvormig waren omgebogen naar de zijde van intreden van den kogel.

STELLINGEN.

I.

In tegenstelling met Busch, meen ik dat de beenverbrijzeling door de hedendaagsche puntkogels veroorzaakt, niet van het smelten van lood afhankelijk is.

II.

Het uitdrukken van de galblaas bij icterus catarrhalis volgens de methode van Gerhardt is af te keuren.

III.

Voor het verwijderen van purulente exsudaten uit de pleuraholte, verdient eene ruime incisie, boven de aspiratie met den toestel van Dieulafoy de voorkeur.

IV.

De meening van Buhl, dat miliairtuberculose eene specifieke infectieziekte is, steunt op goede gronden.

V.

De infecteerende osteomyelitis en periostitis van Lücke, kan als de primaire oorzaak van de hiermede gepaard gaande typhouse koorts worden beschouwd.

VI.

Te recht noemt Cooper, de „hernia testis” van Curling „granular swelling.”

VII.

Ten onrechte wordt door Pavy de vitale glycogenie geloochend.

VIII.

De meening van Bärensprung is de meest aanneemelijke, namelijk: dat een kind, waarvan de ouders op het oogenblik der bevruchting niet geïnfecteerd waren, niet geïnfecteerd wordt, wanneer de moeder gedurende de zwangerschap door algemeene syphilis wordt aangetast. De infectie gaat niet door de wanden van het moederlijke vaatstelsel op het foetale over.

IX.

De transfusio sanguinis bij verbloeding, na geschoten wonden te velde, is volgens mijne meening practisch onuitvoerbaar.

X.

Resectio coxae kan bij coxarthrocace alleen een gunstig

gevolg hebben, wanneer het in het begin van het suppuratie tijdperk geschiedt.

XI.

De extensiemethode met kleefpleisterstrooken aan de onderste ledematen volgens Taylor, verdient de voorkeur boven die van Crosby of Volkmann.

XII.

De breukbanden vervaardigd volgens het stelsel van Chir. Schoevers zijn af te keuren.

XIII.

De bewering van Heyfelder, dat tenten geschikt zijn zoowel des zomers, als des winters mits verwarmd, voor de behandeling van zieken deel ik niet.

XIV.

Het pneumatisch stelsel voor den afvoer van faecaliën is het stelsel der toekomst.

XV.

Het leggen van draineerbuisen door de vagina na ovariectomie, door Marion Sims aanbevolen, heeft geen nut.

XVI.

De na de baring meest altijd voorkomende rilling wordt

veroorzaakt door het plotseling verliezen van een warmte voortbrengend lichaam bij de uitdrijving van het kind.

XVII.

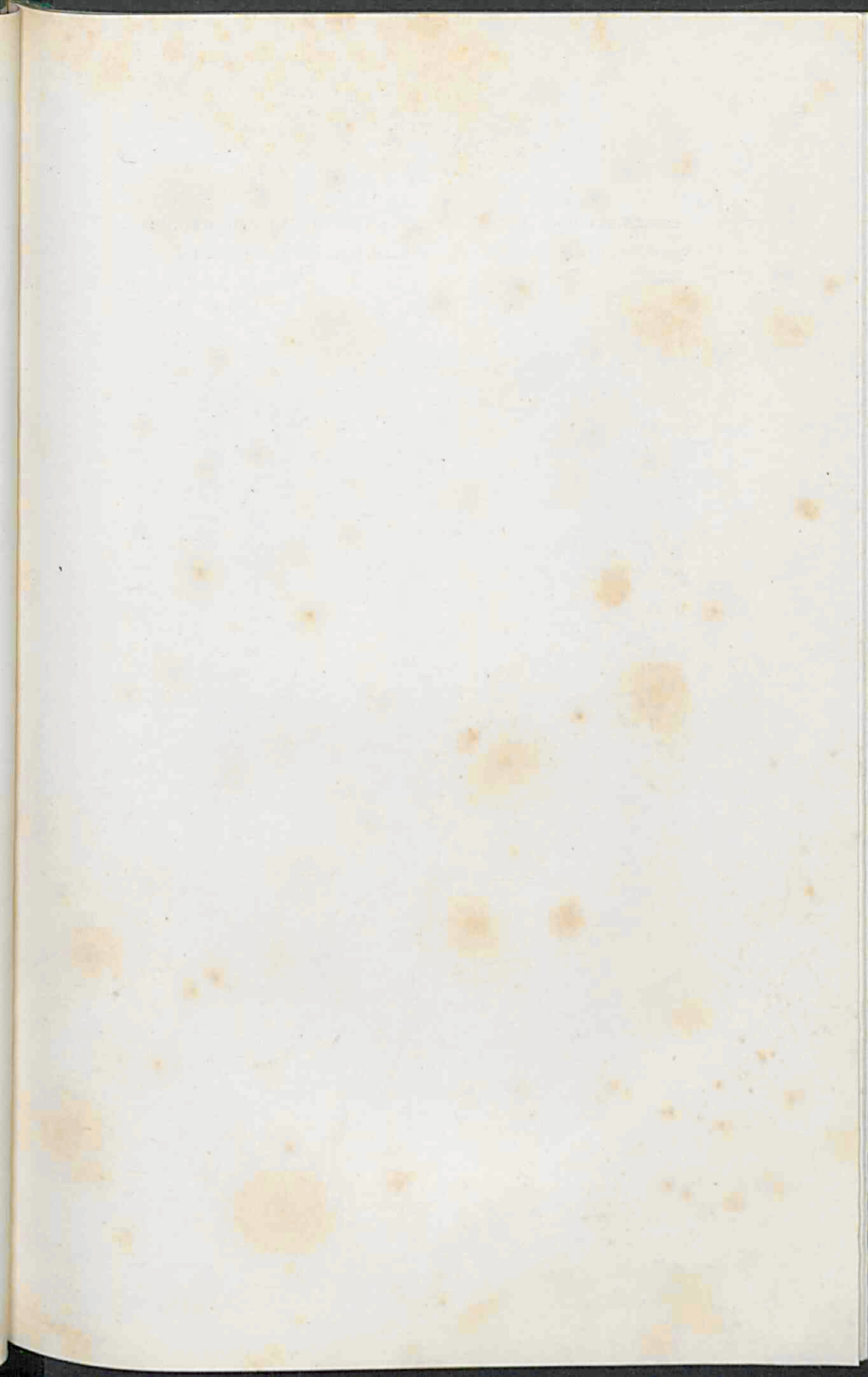
De door Hüter aangeraden injectiën met Sol. acid. phenylic. 2% bij fungeuse gewrichtsziekten, leiden tot geen resultaat.

XVIII.

De lithotritie périneale von Dolbeau verdient geen navolging.

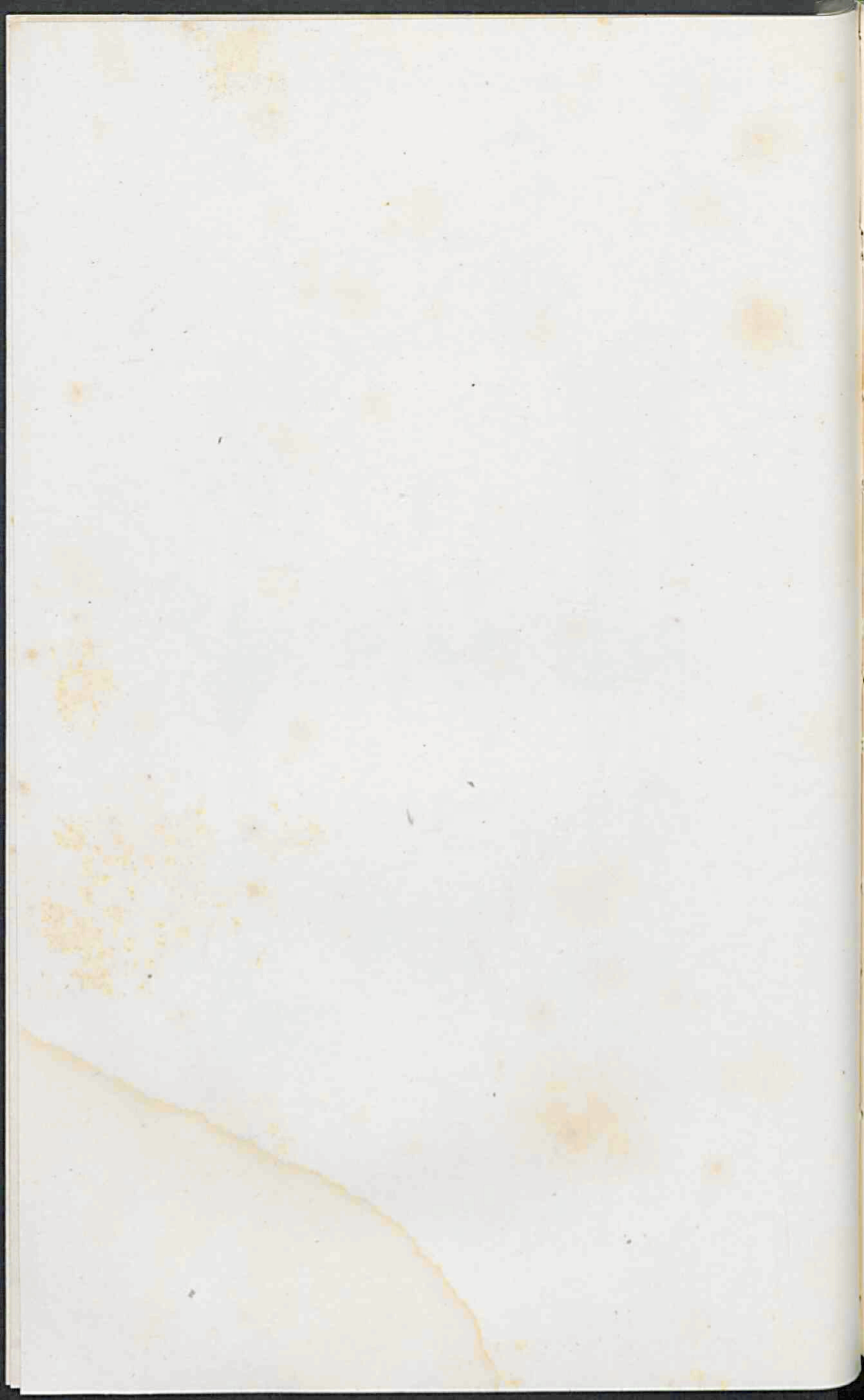
XIX.

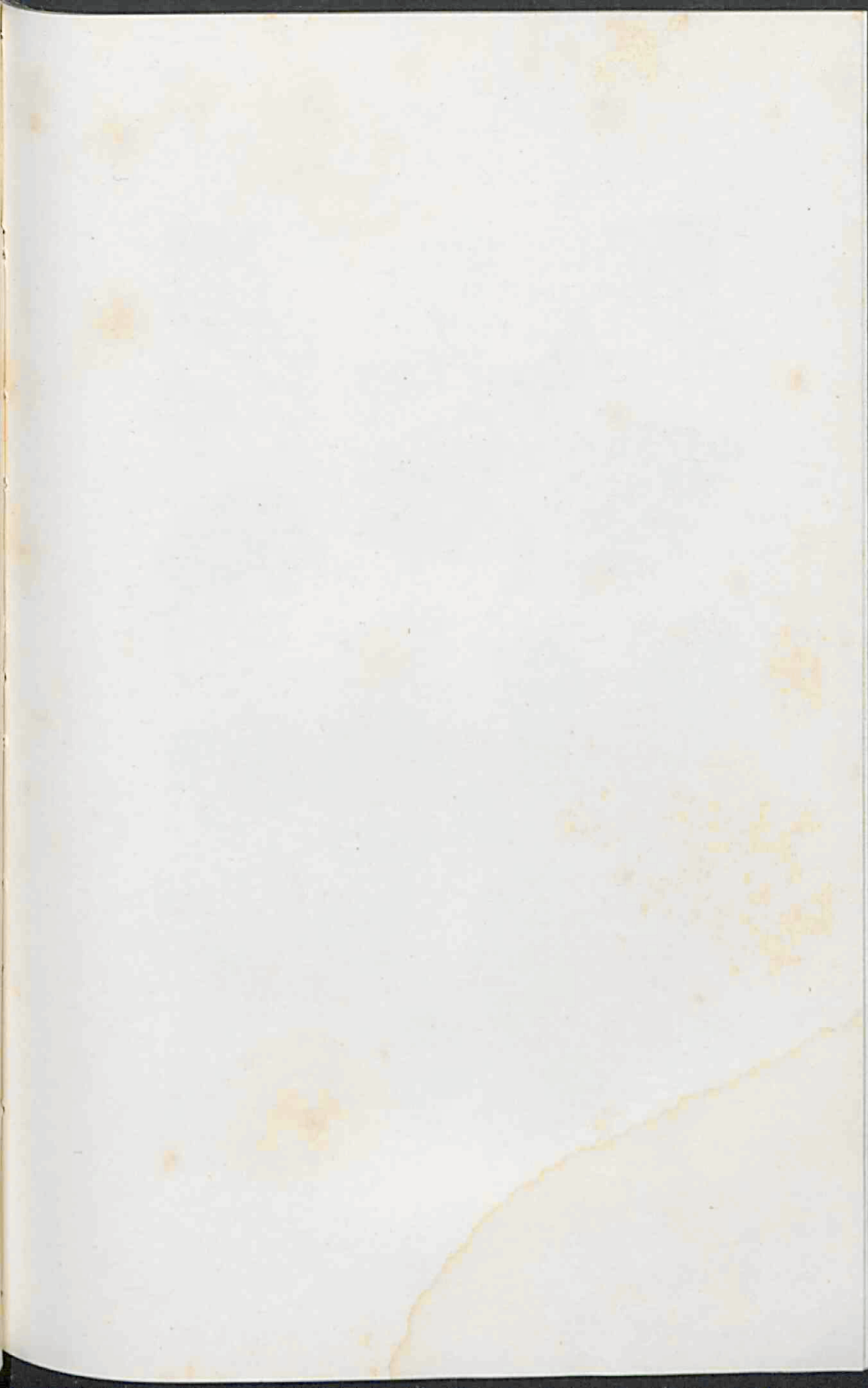
De wetenschappelijke arts wordt door hospitaalkliniek, de practische door polikliniek gevormd.

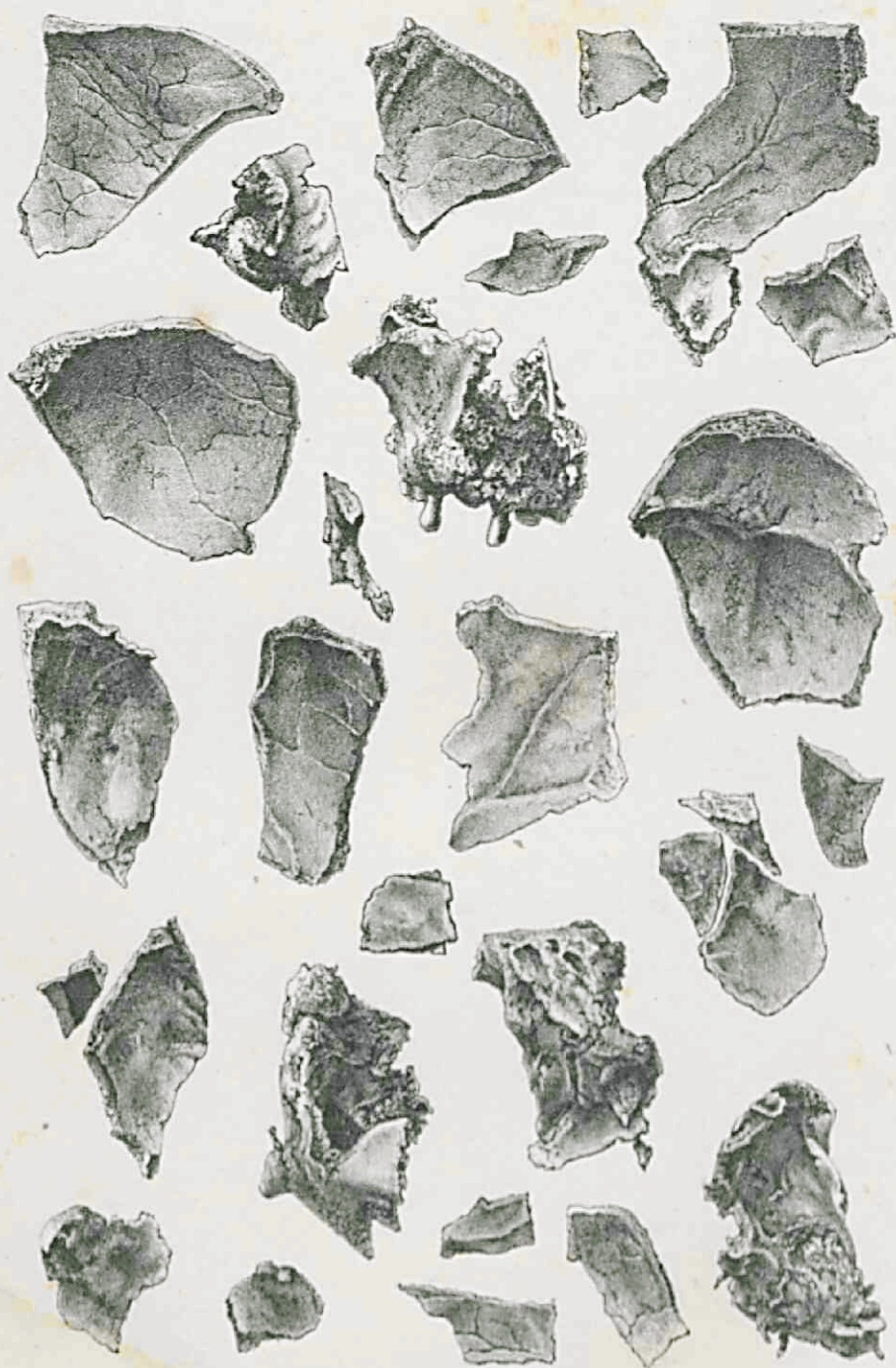














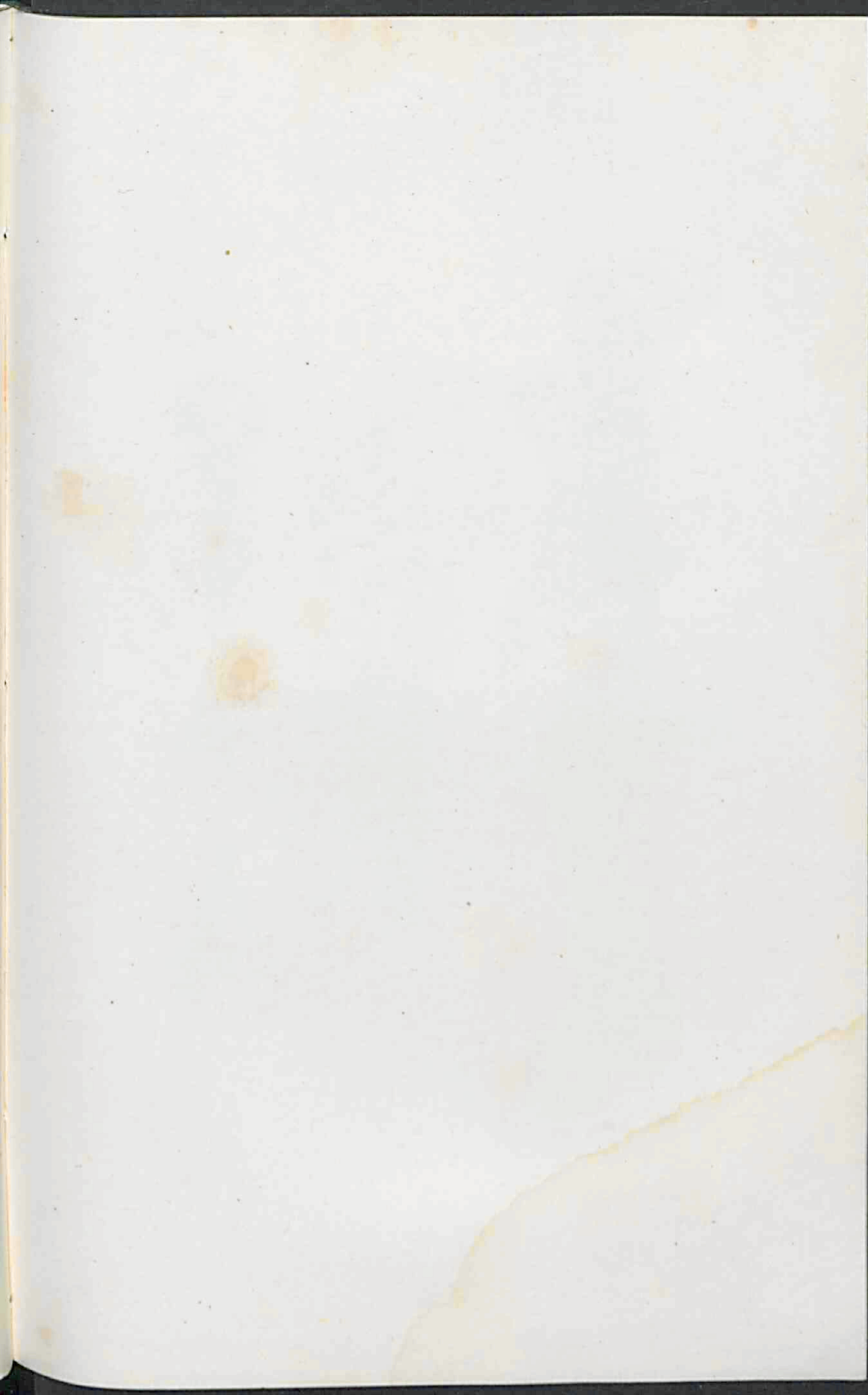
3.

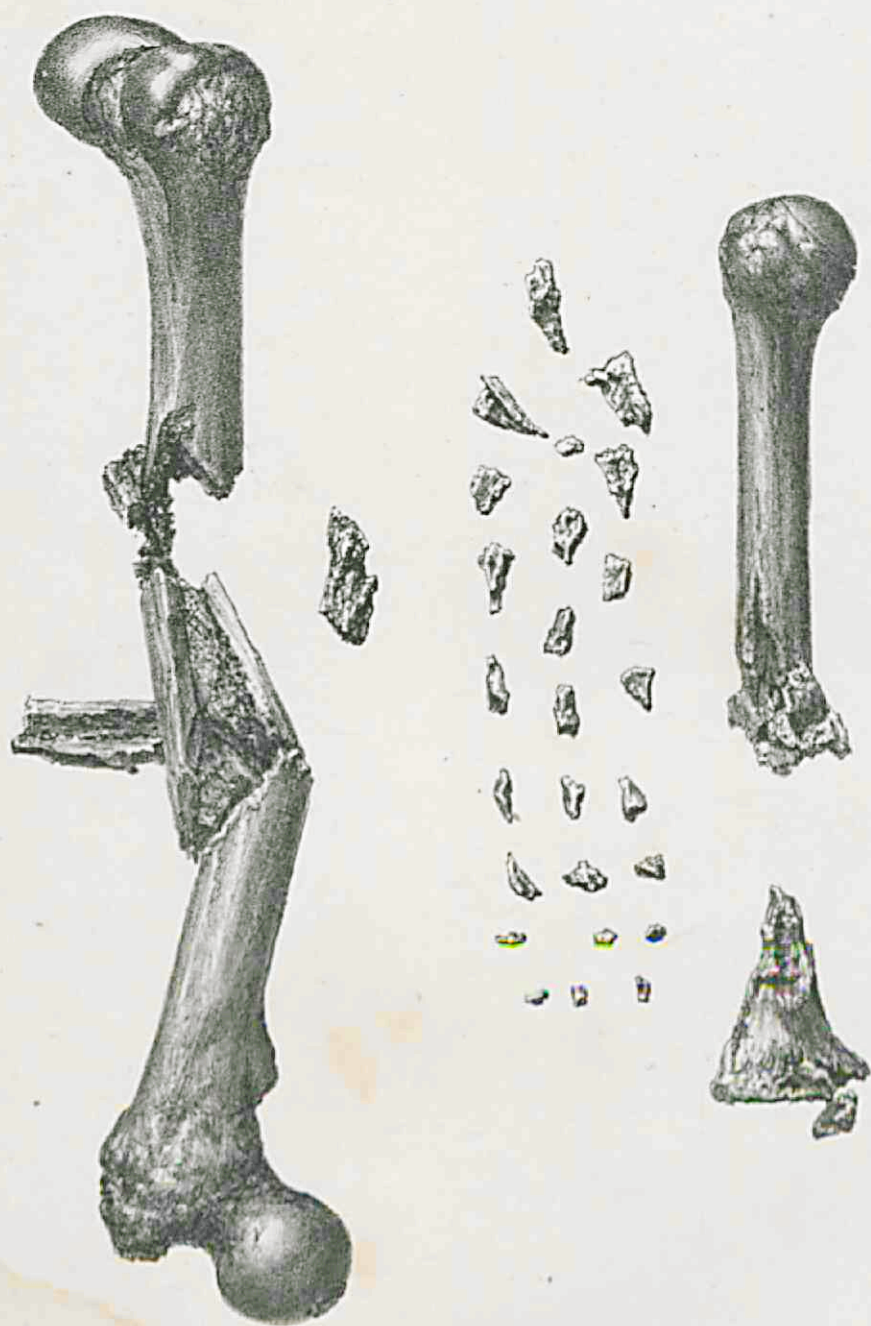


1.

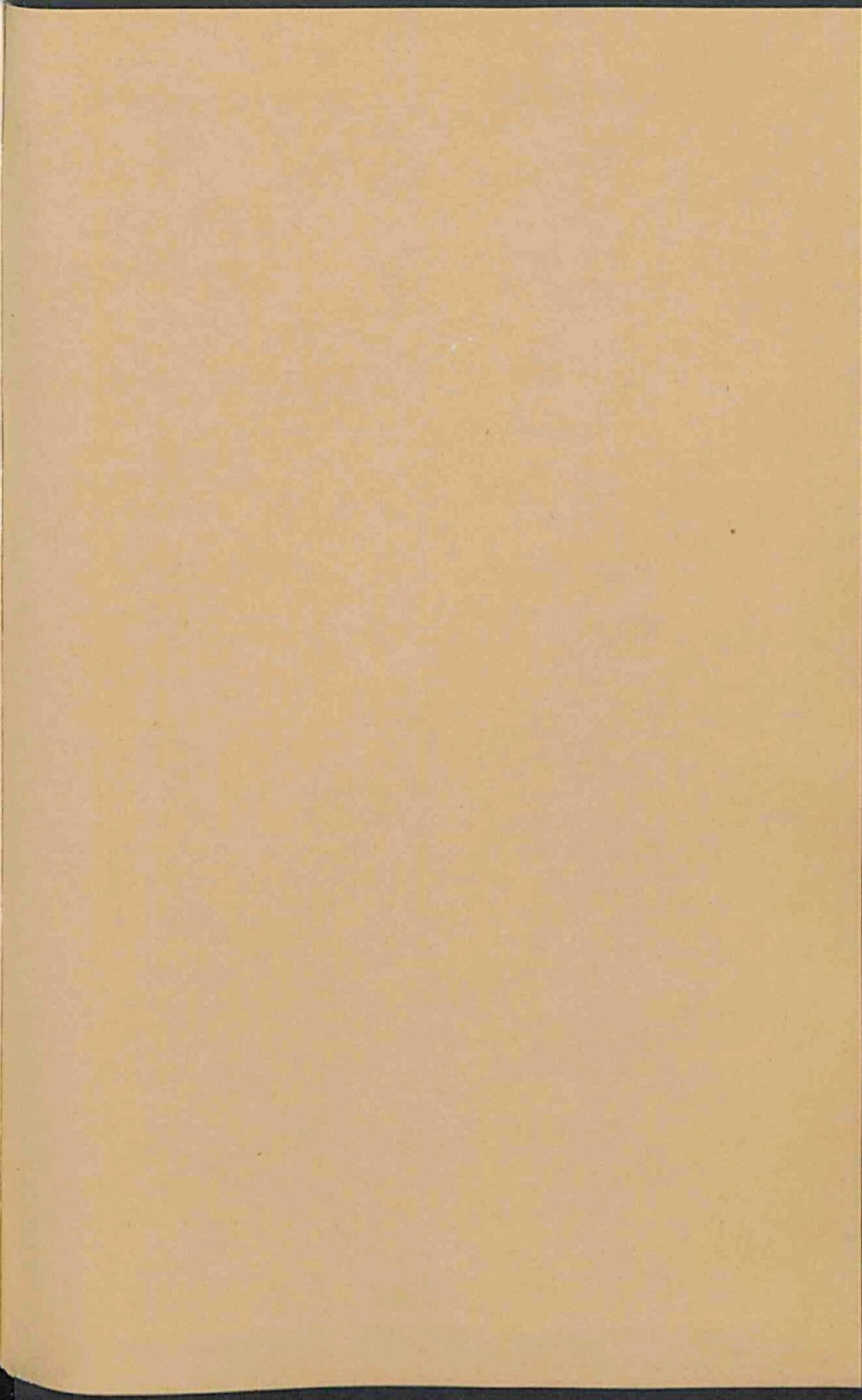


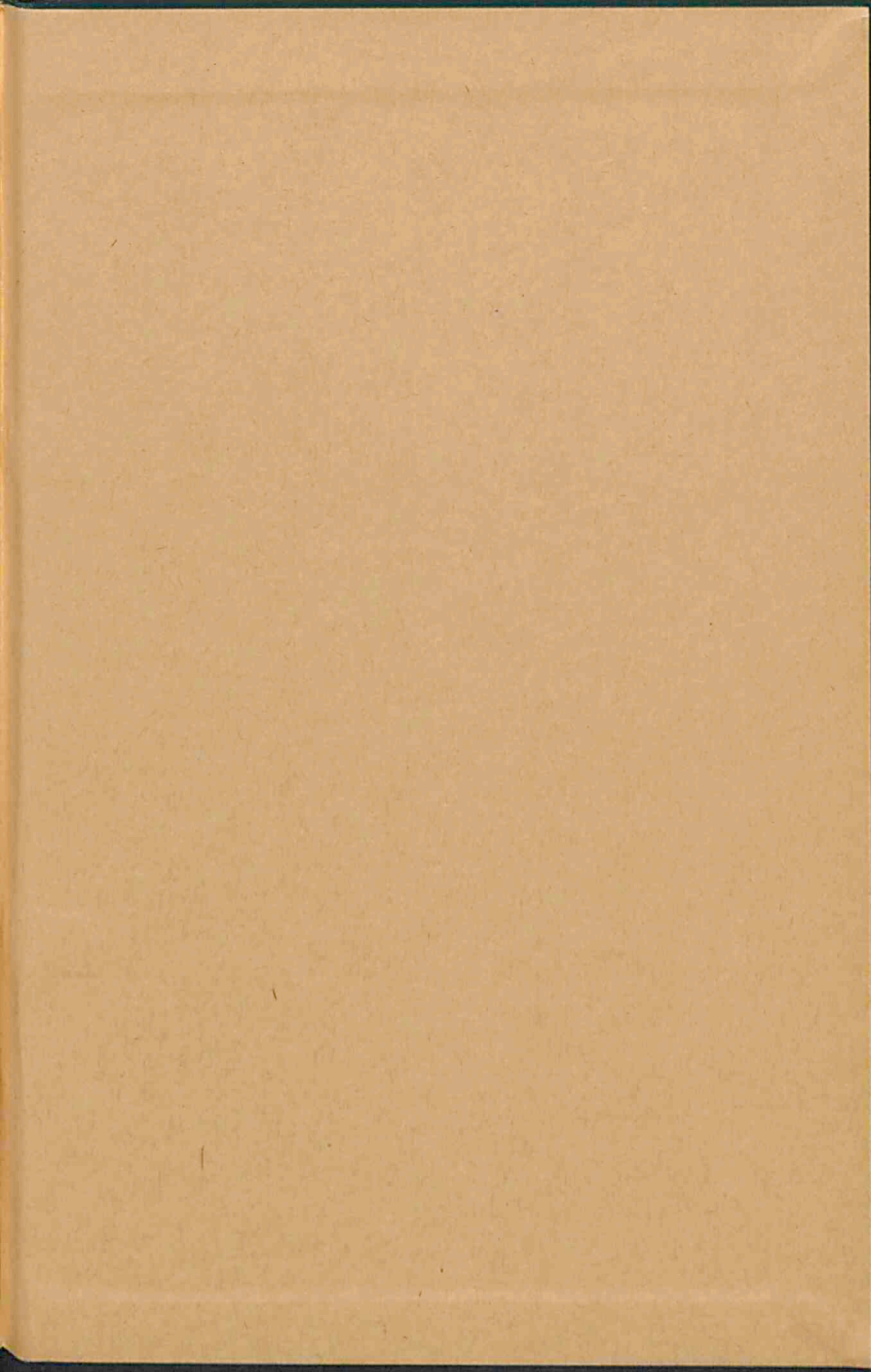
2.











Diss