

Drachtvergroting van geschut

ir. J. T. Kramer

Majoor van de Technische Staf

„Dracht maakt macht”

Zonder in te gaan op de tactische redenen die het noodzakelijk maken de effectiviteit van de artillerie-wapensystemen te verhogen, kan worden vastgesteld dat er duidelijk aanwijsbare tendensen zijn om:

- de vuursnelheid te verhogen;
- de nauwkeurigheid van het vuur te vergroten;
- de mobiliteit te verbeteren;
- de maximumdracht sterk op te voeren.

Het is mogelijk over de zin van deze ontwikkelingen langdurig te discussiëren. De meningen over gewenste vuursnelheid en mobiliteit lopen internationaal nogal uiteen. Het stellen van zwaardere eisen impliceert veelal een toenemende complexiteit van het materiaal, hetgeen gepaard gaat met lagere systeembetrouwbaarheid, groter gewicht en hogere aanschaf- en exploitatiekosten.

Over de noodzaak de maximumdracht op te voeren is men unaniem. Het wordt aan de lezer overgelaten de maximumdracht van de vuurmonden in gebruik bij de toonaangevende mogendheden te vergelijken.

Geén overeenstemming bestaat er over de wijze waarop de dracht moet worden vergroot. Uit drie oplossingsmethodieken kan een keuze worden gemaakt:

— verschiet het projectiel met een hogere aanvangssnelheid (afb. 1);

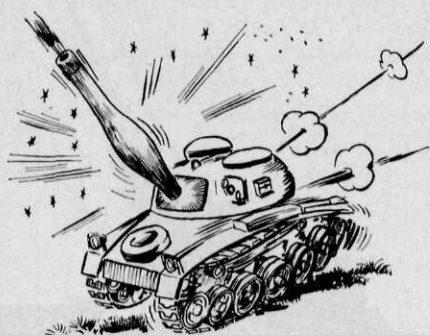
— geef het projectiel een energiebron mee, zodat de snelheid tijdens de vlucht kan worden opgevoerd (afb. 2);

— optimaliseer de projectieelvorm zodanig dat het snelheidsverlies tijdens de vlucht zo klein mogelijk is (afb. 3).

Hogere aanvangssnelheid

Bij het zoeken naar een mogelijkheid tot drachtvergroting van een reeds ingevoerd wapensysteem ligt de eerstgenoemde methodiek niet erg voor de hand. De begrenzingen van het wapensysteem, gesteld ten aanzien van de optredende gasdrukken en de maximaal toelaatbare mondingsimpuls (bepaald door de maximumcapaciteit van het rem- en vooruitbrengsysteem) mogen immers niet worden overschreden. Bovendien moet zo mogelijk gebruik worden gemaakt van de standaard voortdrijvende ladingen.

Binnen deze beperkingen is de enige manier om de aanvangssnelheid op te voeren het verminderen van het projectielgewicht. Het effect hiervan is tweeledig:



Afb. 1 ...hogere aanvangssnelheid...



Afb. 2 ...een energiebron mee...



Afb. 3 ...optimale projectieelvorm...

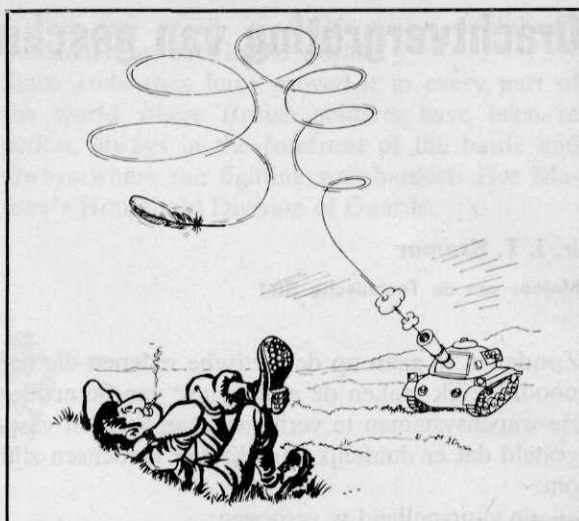
- de uitwerking van het projectiel op het doel wordt verminderd (afb. 4);
- de waarde van de ballistische coëfficiënt q neemt af:

$$q = \frac{\text{projectielgewicht}}{\text{luchtweerstandcoëfficiënt} \times \text{opp. grootste dwarsdoorsnede projectiel}}$$

Bij een afneming van de ballistische coëfficiënt q neemt het snelheidsverlies van het projectiel in de vlucht toe. De winst in dracht ten gevolge van de hogere aanvangssnelheid zal in de regel dan ook weer verloren gaan door het toegenomen snelheidsverlies. Alleen indien zowel projectielgewicht als oppervlak grootste dwarsdoorsnede worden verminderd (dus subkaliberprojectiel) kan een drachtvergroting van enige betekenis worden verkregen. Toch wordt voor twee bij de Koninklijke Landmacht ingevoerde vuurmonden van Amerikaanse makelij, te weten de 155 mm hw M109 en de 8" hw M110 in de VS drachtvergroting, volgens het principe „vergroot de aanvangssnelheid van het projectiel”, gerealiseerd; echter niet door invoering van subkalibers, maar door verruiming van de wapenbegrenzing, d.w.z. modificatie van het geschut.

Deze modificatie leidt tot een onmiskenbare verandering in het uiterlijk van de vuurmonden zoals uit de afbeeldingen 5 t/m 8 blijkt.

Het gaat in het kader van dit artikel te ver een gedetailleerde beschrijving van de uit te voeren modificaties te geven. De aandacht zal alleen worden gericht op de twee hoofdaspecten, nl. de op-



Afb. 4 ... bij gewichtsvermindering wordt de uitwerking van het projectiel op het doel verminderd ...

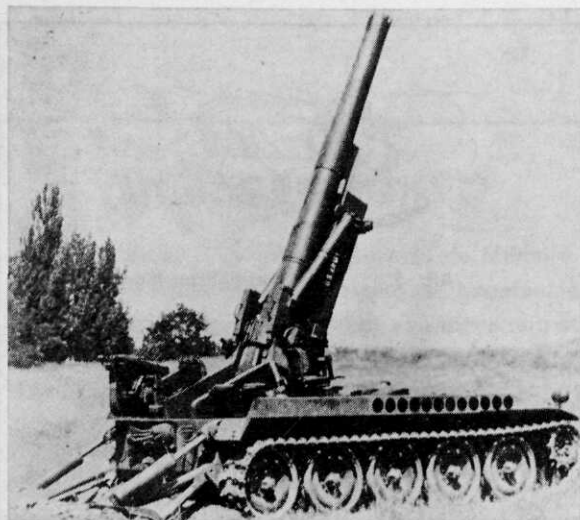
trekende gasdrukken en de capaciteit van de rem- en vooruitbrenginrichting.

Bij vervanging van de korte schietbuis door een ca. 3 m langere wordt een gasdrukverloop verkregen waarbij de optredende drukken worden verlaagd. Afb. 9 geeft hiervan een voorbeeld. Hierbij dient te worden opgemerkt dat de korte loop constructief van voldoende sterkte is om de optredende gasdrukken bij het gebruik van lading 8 te kunnen weerstaan. Het effect op de bediening en de schade aan het voertuig ten gevolge van de hoge overdrukken op en rond het voertuig maken het gebruik van deze lading echter onmogelijk.

De overcapaciteit van de rem- en vooruitbreng-

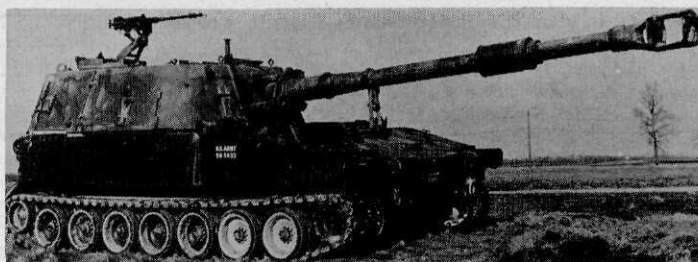
Afb. 6 155 mm hw M109, gemodificeerd (M109A1)

Afb. 5 155 mm hw M109





Afb. 7 8" hw M110



Afb. 8 8" hw M110, gemodificeerd (M110E2)

inrichting is bij beide vuurmonden zodanig dat, ondanks de zwaardere belasting op de tappen, het kanon veilig kan worden afgeremd. Zelfs bij reactiekrachten op de tappen die ca. viermaal groter zijn dan die welke optreden bij lading 7 bleek geen enkele beschadiging op te treden.

Projectielen met hulpraket

Een tweede mogelijkheid de maximumdracht van een vuurmond te vergroten biedt het projectiel met hulpraket. Hierover is in dit tijdschrift reeds eerder een artikel verschenen [1].

Het is wellicht interessant op de verschillen tussen de twee voorkomende uitvoeringsvormen wat nader in te gaan (zie afb. 10). De principiële verschillen zijn:

- het al dan niet scheiden van gevechtsskop en raketmotor;
- het al dan niet nauwkeurig afstellen van het ontstekingstijdstip van de raketmotor.

Het heeft ongetwijfeld voordelen de raketmotor te scheiden van de gevechtsskop. Niet alleen is de conceptie veiliger en de productie eenvoudiger (overigens niet goedkoper), maar vooral het feit dat de vulling van de gevechtsskop kan worden gevarieerd kan van belang zijn. Een zelfde uitwendige vorm van alle tot één munitiepakket behorende projectielen zou kunnen leiden tot één familie van ballistisch gelijke projectielen. Hiernaar

wordt bij de nieuw in te voeren hw-systemen door enkele landen gestreefd.

Het projectiel, waarbij de raketmotor centraal in de springstof ligt ingebed, blijft daarentegen een bijzonder projectiel waarvoor een aparte schoots-tafel (Fadac-programma) is vereist. De zwaartepuntsligging en de rotatiemomenten wijzigen bij gebruik van een centraal gelegen raketmotor echter minder sterk dan wanneer de raketmotor achter de gevechtsskop ligt. Hierdoor zal het projectiel een meer stabiele baan beschrijven hetgeen de spreiding ten goede komt.

Opmerkelijk is dat door het aanbrengen van een axiale holte in de springstof van de gevechtsskop de uitwerking van het projectiel slechts in geringe mate vermindert. Als maat voor de uitwerking van het projectiel tegen een bepaald doel (bv. staande man) wordt het letaal oppervlak gehanteerd [2].

Het letaal oppervlak kan mathematisch als volgt worden omschreven.

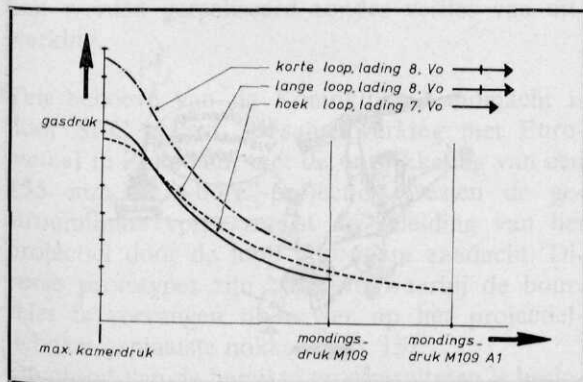
Noem de dichtheid van de doelen in een oppervlakte-eenheid rond het punt (x,y) $\sigma(x,y)$.

De kans dat een doel in dat oppervlak wordt uitgeschakeld wordt $P_K(x,y)$ genoemd.

Het totaal aantal doelen dat naar verwachting zal worden uitgeschakeld, E_c , kan dan worden berekend uit de formule

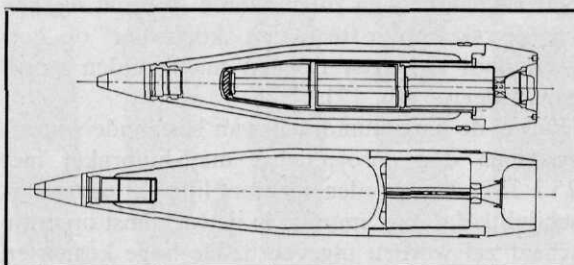
$$E_c = \iint \sigma(x,y) P_K(x,y) dx dy.$$

Wordt aangenomen dat de doelen homogeen over het doeloppervlak zijn verdeeld, dus dat $\sigma(x,y)$ een con-



Afb. 9 Gasdrukverloop lading 7/8 in M109 en M109 A1

Afb. 10 Twee typen projectiel met hulpraket



stante σ is, dan kan bovenstaande formule worden geschreven als

$$A = \frac{E_C}{\sigma} \iint P_K(x,y) dx dy.$$

A wordt nu het letaal oppervlak genoemd en heeft de dimensies van oppervlakte.

Vergelijking van het letaal oppervlak van een standaard 155 mm projectiel en dat van een 155 mm projectiel met een in de springstof gelegen raketmotor (verhouding springstofgewichten 7:4) geeft het in afb. 11 weergegeven beeld.

De te bereiken maximumdracht en de spreidingsresultaten worden beïnvloed door de keuze van het ontstekingstijdstip — bv. 10 sec — en de toegelaten tolerantie op dit tijdstip — bv. $\pm 0,1$ sec. De keuze van het ontstekingstijdstip is een mathematisch vraagstuk. Voor elke lading en elke elevatie is nl. één bepaald tijdstip als het meest gunstige te berekenen. Op grond van o.a. de eisen t.a.v. maximumdracht, het aantal ladingen (V_0) waarmee het projectiel (met raketmotor aan) moet kunnen worden verschoten en de ladingoverlap kan een optimaal ontstekingstijdstip worden vastgesteld.

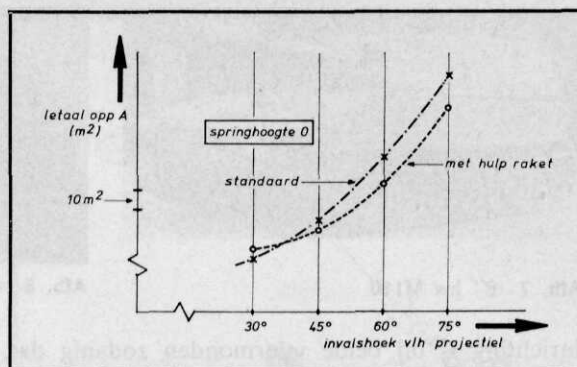
Rest de vraag naar de mate van reproduceerbaarheid van dit ontstekingstijdstip. Hierover bestaat duidelijk een verschil van opvatting tussen de ontwerpers. De groep die een kleine spreiding in het eenmaal vastgestelde ontstekingstijdstip bepleit, kiest voor een uurwerk mechanisme; in het tweede ontwerp wordt daarentegen genoeg genomen met een pyrotechnische vertraging.

Uit de ter beschikking staande spreidingspatronen blijkt dat bij gebruik van een uurwerkmechanisme een waarschijnlijke fout-lengte kan worden gerealiseerd vergelijkbaar met die welke geldt voor de normaal gangbare brisantgranaat (0,25 - 0,3% van de dracht).

Bij pyrotechnische vertraging is de spreiding onmiskenbaar groter, doch niet zoveel groter dat deze munitie daardoor onbruikbaar wordt (0,3% van de dracht).

De keuze van het type vertragsmechanisme berust op een compromis tussen kosten, spreiding en betrouwbaarheid in functioneren (bij niet werken van de raketmotor treedt een „kortvaller” op, hetgeen door de eigen troepen maar zelden wordt gewaardeerd; afb. 12).

Hoewel de maximumdracht van bestaande wapensystemen door projectielen met hulpraket met 25 à 35% kan worden vergroot lijkt het niet waarschijnlijk dat deze munitie in de toekomst op grote schaal zal worden ingevoerd. De hoge kosten en



Afb. 11 Invalshoek van het projectiel

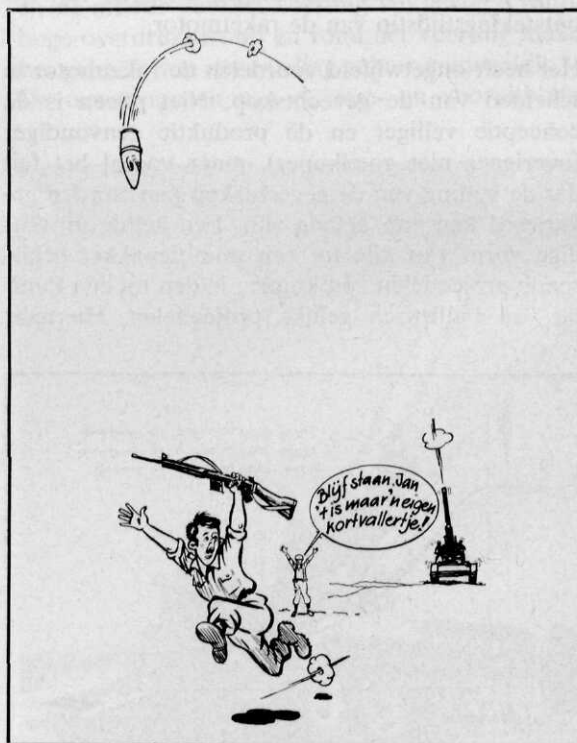
het beschikbaar komen van een goedkoper alternatief verminderen de aantrekkelijkheid van deze interessante oplossingsmethode.

Projectielen met stroomlijnvorm

De derde oplossingsmethode beoogt de remmende aërodynamische krachten, die tijdens de vlucht op het projectiel werken, te verminderen. Door de Duitsers is in de Tweede Wereldoorlog veel research verricht met betrekking tot dit soort drachtvergroten munitie (Peenemünde).

Momenteel houdt de Space Research Corporation te Montreal (Canada) zich intensief bezig met de ontwikkeling van spin-gestabiliseerde, drachtver-

Afb. 12 ...zelden gewaardeerd...



155 mm gun

	Dracht	Proj.gewicht
Standaardprojectiel	22.100 m	36,8 kg
SRC „full-bore“	29.200 m	59,- kg
SRC „sub-bore“	41.200 m	36,8 kg

grotende munitie voor een grote verscheidenheid van artilleriewapens. De hierbij afgedrukte tabel geeft een indruk tot welke resultaten deze ontwikkelingen kunnen leiden.

Spectaculair is ook het SRC-Metprobe-systeem waarbij projectielen, voorzien van meteo-instrumentatie, een hoogte van 60 à 90 km kunnen bereiken (zie afb. 13).

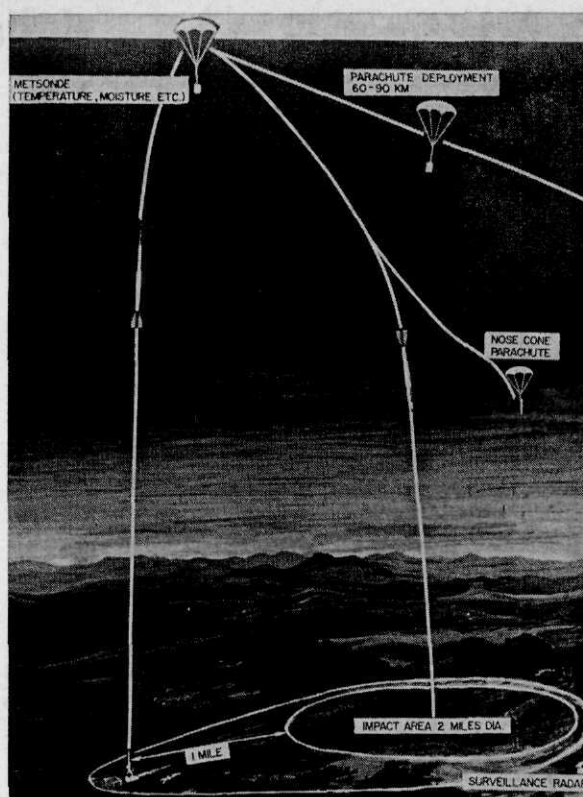
Welk type projectiel moet worden gekozen hangt af van de gewenste drachtvergroting, zoals blijkt uit afb. 14. Op het traject „full-bore“ tot „sub-bore“ wordt een bepaalde drachtvergroting gerealiseerd, gelijktijdig met een vergroot projectielgewicht (groot letaal oppervlak) door stroomlijning van het projectiel. De projectieldiameter blijft constant en gelijk aan het kaliber van de vuurmond (bv. gewicht „full-bore“ 155 mm kaliber 59 kg tegen 43,5 kg standaard).

Deze projectielen zijn spin-gestabiliseerd en behoeven geen sabot ter ondersteuning van het projectiel bij zijn weg door de loop.

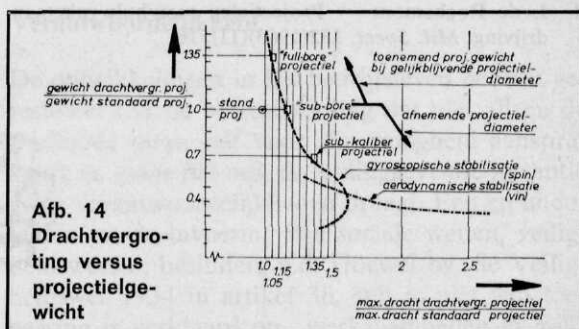
Naarmate het gewicht van de spin-gestabiliseerde projectielen wordt verminderd, moet de projectieldiameter worden verkleind. Hier is duidelijk sprake van subkalibermunitie. Op een gegeven moment wordt het projectielgewicht zo gering dat geen drachtvergroting meer wordt verkregen. De ballistische coëfficiënt c neemt te veel af, het snelheidsverlies van het projectiel wordt groter. Dit is het punt waar moet worden overgegaan op vingestabiliseerde subkalibermunitie. Naarmate het gewicht wordt gereduceerd, worden de vinnen vergroot. De dracht neemt toe, echter ten koste van de uitwerking op het doel. Het meest belovend lijkt dan ook het gebruik van „full-bore“- en „sub-bore“-projectielen, waarbij drachtvergroting kan worden gerealiseerd zonder verlies van uitwerking.

Ten behoeve van de Koninklijke Landmacht is door SRC gestart, in samenwerking met Euro-metaal te Zaandam, met de ontwikkeling van een 155 mm „sub-bore“-projectiel. Gezien de gestroomlijnde vorm vereist de geleiding van het projectiel door de loop bijzondere aandacht. Diverse prototypes zijn beproefd waarbij de bourrelet is vervangen door vier op het projectiellichaam geplaatste nokken (afb. 15).

Op grond van de bereikte proefresultaten is beslo-

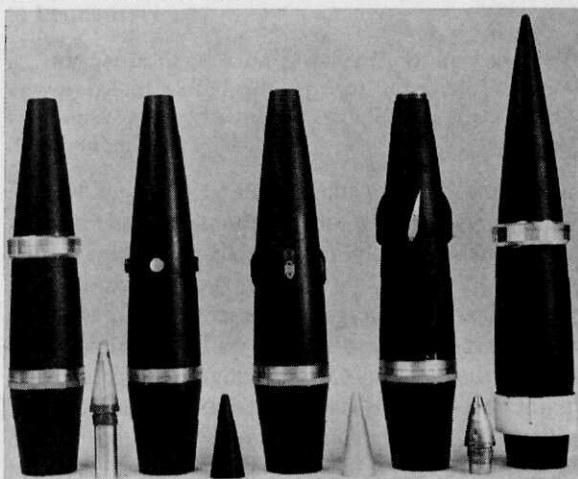


Afb. 13 Metprobe Mission Profile



Afb. 14 Drachtvergroting versus projectielgewicht

Afb. 15 Vijf prototypes



ten door te gaan met het model, getoond in afb. 16. Het heeft een lengte van 5 kalibers; elk cilindrisch gedeelte ontbreekt. De vier nokken staan onder een hoek die ongeveer gelijk is aan de spoed van trekken en velden. Deze nokvorm is aërodynamicus het minst ongunstig. Een bijkomend effect van de nokken (overigens niet opzettelijk gewenst) is het angstaanjagende geluid waarmee het supersonisch vliegend projectiel het inslagpunt nadert. De conventionele geleideband is vervangen door een niet-metallisch type. Deze plastic band vergruist zodra het projectiel de loop verlaat. Het laatste opvallende kenmerk is het lange staartstuk (lengte 1,5 - 1,7 kalibers). Bij hoge projectielsnelheden wordt hierdoor de luchtweerstandscoefficiënt gereduceerd. Bij lage projectielsnelheid daarentegen treedt instabiliteit op, reden waarom het staartstuk afneembaar is gemaakt.

Slotbeschouwing

Het vergroten van de maximumdracht van het thans in gebruik zijnde geschut is een eerste stap die op de weg naar effectiever vuursteun kan wor-



Afb. 16 Het gekozen model

den gezet. Het totale wensenpakket van de gebruiker is echter zeer omvangrijk. Gedacht wordt aan automatisering van de vuurregeling, invoering van nieuwe meteo- en doelopsporingsapparatuur, vuurmonden, raketwerpersystemen en kostbare munitiesoorten.

Hoe gerechtvaardigd de drang tot modernisering ook zijn mag, er zal moeten worden gewaakt tegen het overtrekken van de aan het materieel te stellen eisen. Het antwoord op de problemen waarvoor de artillerie thans wordt gesteld, zal moeten worden gevonden door een optimale combinatie van menselijke inspanning en verbeterde middelen. In het kader van dit artikel zou dit kunnen worden uitgedrukt met een variant op een bekend gezegde: *Dracht is macht, maar méér is de schut-ter!*

Literatuur

1. J. de Rochemont — Projectielen met hulp-raketaandrijving. *Mil. Spect.* 132(1963)(11)516.
2. K. A. Mijers — *Lethal area description*. Weapons Systems Laboratory, Maryland, VS.

