

## Ontwerp en constructie van landbouwwerktuigen

**Citation for published version (APA):**

Poelma, C. F. (1980). Ontwerp en constructie van landbouwwerktuigen. *De Ingenieur*, 92(28/29), 17-19.

**Document status and date:**

Gepubliceerd: 01/01/1980

**Document Version:**

Uitgevers PDF, ook bekend als Version of Record

**Please check the document version of this publication:**

- A submitted manuscript is the version of the article upon submission and before peer-review. There can be important differences between the submitted version and the official published version of record. People interested in the research are advised to contact the author for the final version of the publication, or visit the DOI to the publisher's website.
- The final author version and the galley proof are versions of the publication after peer review.
- The final published version features the final layout of the paper including the volume, issue and page numbers.

[Link to publication](#)

**General rights**

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal.

If the publication is distributed under the terms of Article 25fa of the Dutch Copyright Act, indicated by the "Taverne" license above, please follow below link for the End User Agreement:

[www.tue.nl/taverne](http://www.tue.nl/taverne)

**Take down policy**

If you believe that this document breaches copyright please contact us at:

[openaccess@tue.nl](mailto:openaccess@tue.nl)

providing details and we will investigate your claim.

# Ontwerp en constructie van landbouwwerktuigen

Ir. C. F. Poelma

Werkenheid Landbouw- en Transportwerktuigen der Afdeling Werktuigbouwkunde Technische Hogeschool Eindhoven

*Bij het ontwerp en de ontwikkeling van een werktuig of machine voor agrarische doeleinden is de gevolgde procedure analoog aan die, welke wordt toegepast binnen de andere vakgebieden der werktuigbouwkunde. Karakteristieke verschillen, welke in het ontwerp en in de constructie naar voren komen, zijn het gevolg van een specifiek programma van eisen. De belangrijkste aspecten, welke aanleiding geven tot afwijkende constructies zijn de interactie tussen enerzijds het werktuig en anderzijds het te behandelen produkt en het te bewerken materiaal, het belastingspatroon waaraan de machine wordt blootgesteld, en de gewenste levensduur. Hoewel de consequenties van deze punten voor elk werktuig anders zijn, zullen ze in voorkomende gevallen worden toegelicht aan de hand van een aardappelrooimachine. Bij het rooien wordt de laag grond, waarin de aardappelen zich bevinden losgesneden en op een kettingzeef geschoven. (1 kg aardappelen op 30 kg. grond). De grond wordt uitgezeefd, waarna de aardappelen naar de zich op de machine bevindende voorraadbunker worden getransporteerd.*



## Interactie tussen werktuig en produkt

Het rooien van aardappelen is een van de werkzaamheden, welke plaatsvinden tijdens een jaarcyclus bij de aardappelteelt (fig. 1). Bij de ontwikkeling van een rooimachine moet rekening worden gehouden met de resultaten van de voorgaande bewerkingen en de eisen t.a.v. de nog te ver-

richten werkzaamheden binnen de cyclus. Zonodig moet de werkmethode aangepast worden aan de te ontwikkelen machine. Om de aardappelen met een optimale capaciteit te rooien, moet de opgenomen grond t.o.v. de aardappelen fijnkorrelig zijn, terwijl tevens een minimale dikte voor de opgenomen grondlaag vereist is. Het fijnkorrelig maken van de grond begint reeds in de herfst en in het voorjaar. Om bij het oogsten de op te nemen grondlaag minder dik te maken zonder de aardappelen door te snijden, moeten de aardappelen op een

juiste en constante diepte gepoot, aangeaard en verpleegd worden. Een goede diepteregeling is niet alleen van belang voor de rooimachine, maar tevens voor alle voorgaande bewerkingen. Handhaving van kwaliteitsprodukten is in verband met de grote export van land- en tuinbouwprodukten en de hierbij ondervonden concurrentie een noodzaak. Hieruit vloeien een aantal landbouwkundige consequenties voort, waarop niet verder zal worden ingegaan. De werktuigbouwkundige moet zorgen voor aflevering van een gaaf en schoon

Dit artikel is geschreven naar aanleiding van een symposium, dat was georganiseerd door de Afdeling Werktuig- en Scheepsbouw op 6 november 1979 te Wageningen

produkt, waarbij er rekening mee gehouden moet worden, dat bij het rooien niet alleen aardappelen en fijne grond worden opgenomen, maar ook kluiten, stenen, onkruid en aardappelloof. Het scheidingsproces wordt extra bemoeilijkt doordat een bepaalde machine ingezet moet kunnen worden in verschillende grondsoorten zoals klei, zand, veen en löss en bij een variabel vochtgehalte van de grond, waardoor bij een te laag vochtgehalte de droge harde kluiten de aardappelen beschadigen en bij een te hoog vochtgehalte de natte grond gaat kleven aan de aardappelen en aan de machine waardoor de zeefketting verstopt raakt. Een landbouwmachine moet zodanig ontworpen worden, dat het produkt niet beschadigd wordt, zodat bij een rooimachine de aardappelen niet stuk worden gedrukt, geen grote valhoogte van de aardappelen optreedt, geen grote relatieve botsingsnelheden voorkomen tussen produkt en machineonderdelen en dat er geen scherpe kanten voorkomen in de transportweg van de aardappelen waarbij zonodig elastische elementen ingebouwd moeten worden zoals rubber bekledingen.

#### Interactie tussen werktuig en materiaal

Bij het ontwerp van een werktuig moet terdege rekening worden gehouden met de interactie tussen het werktuig en de grond. Men moet er zeker van zijn, dat ook in de toekomst de groeiomstandigheden gehandhaafd blijven of worden verbeterd. Getwijfeld moet worden of dit steeds het geval is bij de huidige schaalvergroting van de landbouwmachines. Problematisch lijkt de verdichting van de grond welke vooral optreedt onder de wielen van de steeds groter wordende tractoren.

In figuur 2 zijn lijnen van gelijke druk in de grond weergegeven bij twee wielbreedten belast met een gelijke druk. Te zien is, dat bij een grotere breedte de druklijnen op grotere diepte liggen. Het gevolg is, dat ontoelaatbare verdichtingen kunnen optreden beneden de normale grondbewerkingszone (bouwvoor). Periodiek verbreken van de verdichte lagen met woelers e.d. is noodzakelijk geworden. Hiervoor zijn weer zwaardere tractoren nodig (100-200 kw), waardoor een vicieuze cirkel ontstaat. Bepalend voor de grootte van de tractor is de grondbewerking, waarbij de vermogens/krachtoverdracht geschiedt via de wielen. Bij getrokken werktuigen is het rendement van de krachtoverdracht via de wielen t.g.v. slip en rolweerstand bij vol vermogen ongeveer 50%. Gezien de energieschaarste lijkt het zinvol om in de toekomst het motorvermogen nog meer direct via een cardan-as naar het landbouwwerktuig te leiden, waarbij de behoefte ontstaat aan lichtgewichttractoren met een hoog vermogen en aangedreven grondbewerkingswerktuigen. Deze moeten de vergelijking met een ploeg kunnen doorstaan be-

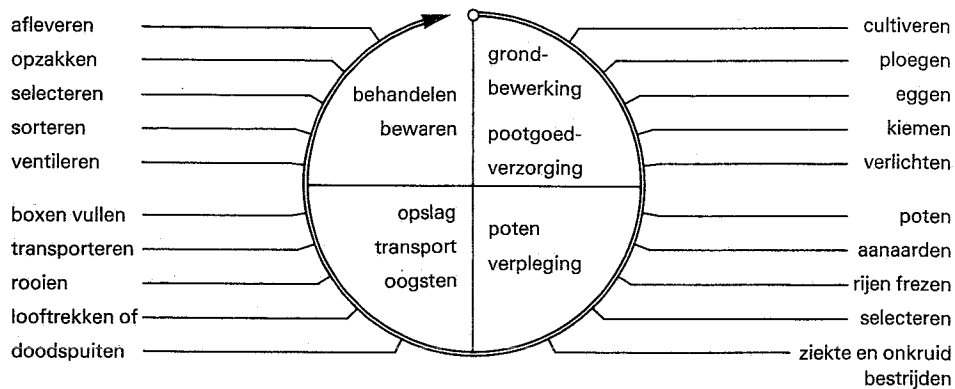


Fig. 1: te verrichten werkzaamheden gedurende een jaarcyclus bij de aardappelteelt

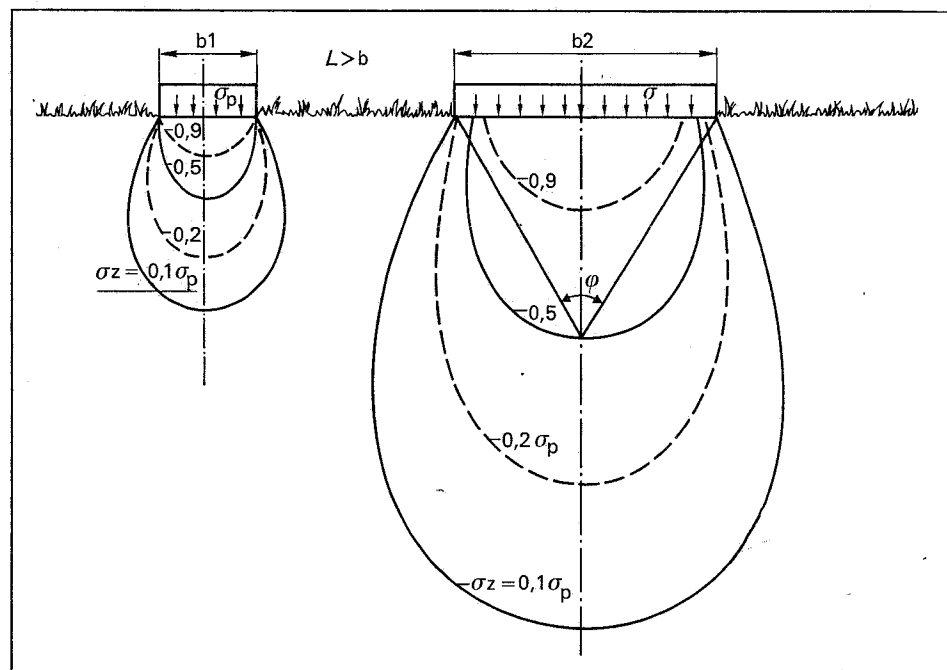


Fig. 2: Verdeling grondruk bij toenemende wielbreedte

treffende de kwaliteit van de grondbewerking, de capaciteit, het energieverbruik (capaciteit/kwh) en de prijs van werktuig + tractor.

Lichtgewichttractoren worden nog niet gemaakt, omdat onvoldoende aangedreven grondbewerkingswerktuigen gemaakt worden. Mede om deze reden worden vooral veel oogstmachines, waaronder aardappelrooimachines, als zelfrijdende werktuigen uitgevoerd. Het gewicht van landbouwwerktuigen wordt in het algemeen laag gehouden om de materiaal- en vervoer- en onderhoudskosten te verlagen, de wieldruk bij zelfrijdende werktuigen te verlagen en bij aan de tractor gehangen werktuigen i.v.m. de bestuurbaarheid voldoende druk op de voorwielen te houden.

#### Het belastingspatroon

In het belastingspatroon van landbouwwerktuigen zijn veel onzekere factoren aanwezig. Dit patroon is in het algemeen sterk wisselend met vaak zeer hoge piekbelastingen en zeer bepalend voor de levens-

duur. Bij het rijden van een tractor over oneffen terrein treden vaak grote versnellingskrachten op. Deze versnellingskrachten veroorzaken in een aan deze tractor gehangen werktuig een geheel ander belastingspatroon dan die welke bijv. tijdens het rooien van aardappelen optreedt. Het blijkt vaak voor te komen, dat bepaalde onderdelen worden overbelast en bezwijken. Bij het inschakelen van de aandrijving naar de wielen of naar de aftak-cardan-as kunnen de massastraagheidskrachten grote piekspanningen veroorzaken. Bij het inschakelen van een aardappelrooier moet niet alleen het mechanisme op snelheid worden gebracht, maar o.a. ook de laag grond, welke op de zeefketting kan liggen. In figuur 3 zijn de grafieken van metingen aan een tractorkoppeling weergegeven als bij vol- last van de motor resp. snel (1), normaal (2), of langzaam (3) wordt opgetrokken vanuit stilstand, in de 5e, 3e en 1e versnelling. Te zien is, dat het piekkoppel vaak 4 à 5 maal het nominale koppel is. Uiteraard spelen de op snelheid te brengen massa's, snelheden en eigen frequenties een bepa-

lende rol. Botsingen tegen obstakels in of boven de grond zijn niet te vermijden. Bij het rooien zullen de opploegmesses af en toe tegen een grote steen stoten. Ook binnen de machine kan hierdoor ernstige schade ontstaan, bijv. aan de zeeffketting. Geacht wordt de schade te beperken door toepassing van slijp- en uitsnappkoppelingen in de aandrijfjas. Om te voorkomen dat reeds veel schade ontstaat voordat de aandrijving is ontkoppeld, wordt bij landbouwmachines de botsingsenergie vaak elastisch opgenomen door toepassing van massief stafmateriaal met een hoge vloeigrens. Bij het functioneel werken van landbouwwerktuigen treden vaak grote dynamische krachten op. Door vervuiling kunnen plaatselijk zeer grote krachten ontstaan zoals bijv. tussen de zeeffketting en haar 'omkeertrommel' welke onderin de machine in de grond moet draaien.

#### Levensduur

De meeste landbouwwerktuigen worden per jaar slechts enkele weken gebruikt. Bij een vervangingscyclus van 10 jaar ligt de levensduur van veel werktuigen tussen 500 en 1500 bedrijfsuren. Het totaal aantal spanningswisselingen in een constructieonderdeel is laag, waardoor het werkgebied in het Wöhlerdiagram (fig. 4) in het deel van de beperkte levensduur met hoge toegelaten spanningen ligt. Het werken in genoemd werkgebied van het Wöhlerdiagram maakt de zwaarbelaste constructieonderdelen gevoelig voor afwijkingen in het belastingsspectrum en de Wöhlerkromme. De ontwerper beschikt vaak niet of onvoldoende over het te verwachten spectrum van belastingswisselingen, mede door aanpassing van het programma van eisen (schaalvergroting). Een hulpmiddel bij nieuwe ontwerpen is het doorrekenen van soortgelijke produkten, waaruit de gemiddelde belasting volgt. De Wöhlerkromme houdt in, dat de eigenschappen van het geleverde materiaal gegarandeerd moeten zijn. Een juiste 'vertaling' van de Wöhlerkromme naar de gekozen vormgeving van elk kritisch onderdeel is noodzakelijk (kerfwerking, lasspanningen, oppervlaktegesteldheid, nabehandeling). Door de geringe levensduur zijn lichte en daardoor hoogbelaste constructies niet alleen mogelijk, maar uit concurrentie-overwegingen ook noodzakelijk. De krachten bij landbouwwerktuigen worden vaak opgenomen door een geringe (plaat) materiaaldooersnede. Zoals ook bij de aardappelrooier het geval is, wordt de zwaarte van de constructie vooral bepaald door de krachtdoorleiding en minder door de vormgevende of kinematische functie. Onderdelen, zoals V-riemen en kettingen welke gedimensioneerd worden door slijtage- en niet door breukcriteria, zijn vaak sterk overbelast en worden na één of twee jaar vervangen. Door het elastisch maken

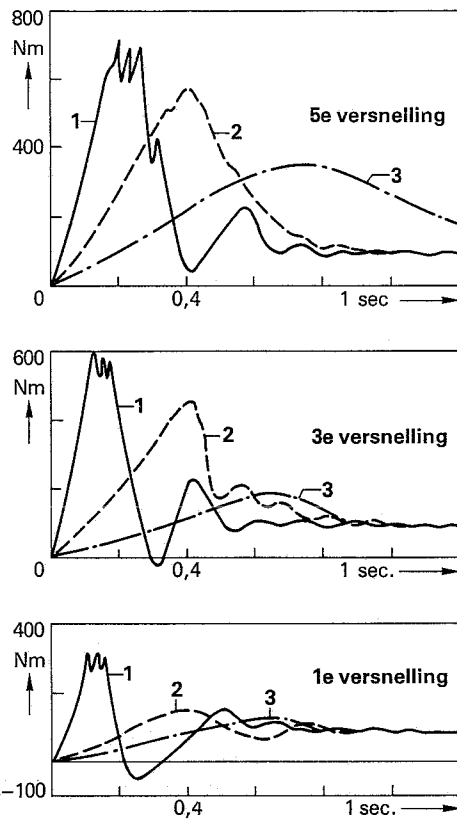


Fig. 3: het optredende koppel in de 1e, 3e en 5e versnelling bij snel, normaal en langzaam optrekken

van veel onderdelen moet veel aandacht worden gegeven aan de stijfheidsaspecten. In het algemeen liggen de eigenfrequenties van de onderdelen, zoals roterende assen boven de betrekkelijk variabele gebruiksfrequentie. De frameconstructies zijn meestal stijf geconstrueerd. Bij slappe constructie kunnen door oneffenheden in het veld ontoelaatbare vervormingen worden opgedrongen.

#### De beproeving van werktuigen

Gezien de onzekerheden in het belastingpatroon in relatie tot de hoge toegelaten spanningen in het materiaal, is beproeving van prototypen in het veld noodzakelijk. Aan de serieproductie van een landbouwwerktuig moet in feite de beproeving van twee soorten prototypen vooraf gaan nl. het eerste prototype, dat dient om de functie van het werktuig te beproeven in een

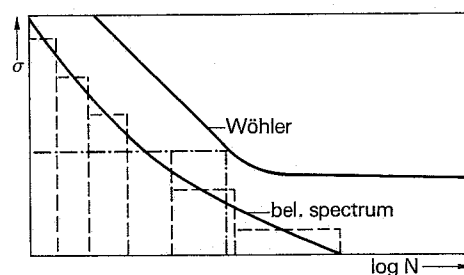
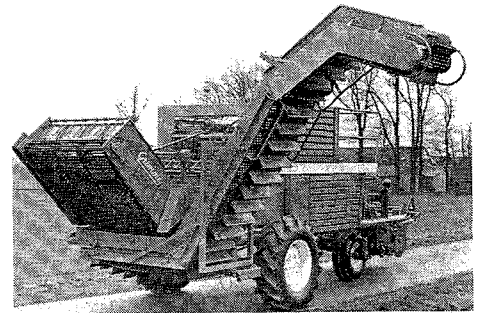


Fig. 4: Wöhlerkromme en belastingsspectrum



overgedimensioneerd model, dat tijdens de beproeving niet stuk gaat. Uit deze beproeving volgen de kwaliteit van de functievervulling, het krachtenspel op en in het werktuig, het vermogen bijv. als functie van de snelheden en de plaats en grootte van de slijtage. Indien nodig wordt dit model aangepast.

Om een optimale, harmonische en lichte constructie te krijgen, wordt nu met behulp van de beproevingsgegevens van het eerste model een ondergedimensioneerd model ontworpen, waarbij de functie van het werktuig behouden blijft. Tijdens de beproeving moet het model op meerdere plaatsen bezwijken. Na verzwaring van deze delen wordt de beproeving voortgezet tot een voldoende levensduur wordt gehaald. Het tweede model voorkomt, dat 'vergeten' wordt om het werktuig lichter en hiermee goedkoper te maken. Een moeilijkheid, welke zich bij de beproeving op levensduur van o.a. oogstmachines voordoet is de beperkte oogsttijd van ongeveer een maand, waarna men een heel jaar moet wachten. Om de beproevingstijd te verlengen, worden regelmatig beproevingen gestart in Zuid-Europa en eindigen veel later in Noord-Europa. Hierbij moet rekening worden gehouden met de verschillen in klimaat, produkt en bodemgesteldheid.

#### Literatuur

- TERZAGHI, K.; PECKER, R.: 'Soil Mechanics'  
BRATUCU, G.: 'Untersuchung des Verhaltens von Schlepperkupplungen bei dyn. Belastung',  
Grundl. Landtechnik 1977 nr.2