

**Auto & Motor**  
**TECHNIEK**

© **WWW.AMT.NL** - Dé internetsite voor de Automotive Professional



## ATC Drenthe bezoekt MTH Machine Techniek

# Zo werkt de traploze trekkertransmissie

De variabele transmissie. DAF deed het met twee verstelbare poelies en een riem, en VDT verving de riem door een high tech duwschakelband. In moderne tractoren vinden we geen poelies. Daar bestaat de CVT uit een hydrostaat en een reeks planetaire tandwielstelsels. Hoe dat werkt én wat er bij het onderhoud komt kijken? Bij MTH kreeg ATC Drenthe het haarfijn uitgelegd.

Tjerk Miedema heeft jarenlange ervaring als technisch trainer bij PTC+ in Ede. Bij MTH Machine Techniek in Hogeveen traint hij

ditmaal geen monteurs van Case- en Steyr-tractoren, maar staat hij voor een bomvol zaaltje met ATC-leden en MTH-klanten. Interessant



Landbouwtechnici bij de ATC. Links technisch trainer Tjerk Miedema, rechts Case IH Steyr servicemanager Arco Sterk.

gezelschap, een ontmoeting tussen autotechnici en landbouwtechnici. Ze leren van Miedema én van elkaar.

### Wat was er mis met het oude?

De technisch trainer toont een principetekening van een aloude, traditionele trekkertransmissie en wijst de onderdelen aan: "Vooraan twee koppelingen, één voor de aandrijving van de wielen, één voor de aftakas. Daarachter tandwielen zonder synchromeshringen voor drie versnellingen en een hoge en lage gearing. De topsnelheid van het trekkertje was 16 km/u en ooit voldeed dit".

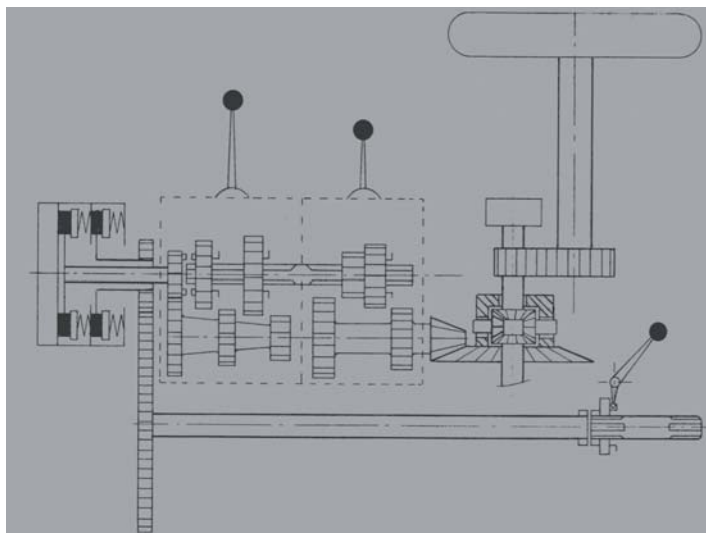
Miedema legt uit waarom nu niet meer: "Beide koppelingen eisten een enorme spierkracht en het ongesynchroniseerd schakelen vroeg dubbel koppelen en kon niet onder belasting". Er zijn meer redenen: "We willen graag de maximale capaciteit benutten van het aan-

gekoppelde werktuig. Daar hoort afhankelijk van de bewerking een rijsnelheid bij. Tijd is immers geld! Stel die rijsnelheid is 12 km/u. Dan moet je precies 12 kunnen rijden bij het juiste motortoerental. Dat wil zeggen, het toerental moet hoog genoeg zijn om het gevraagde vermogen te kunnen leveren en laag genoeg om niet teveel brandstof te verbruiken". Met aangedreven machines voor en of achter de trekker wordt het nog lastiger: "Die gaan met een vast toerental over het veld. Met deze transmissie is de rijsnelheid dan niet meer vrij te kiezen".

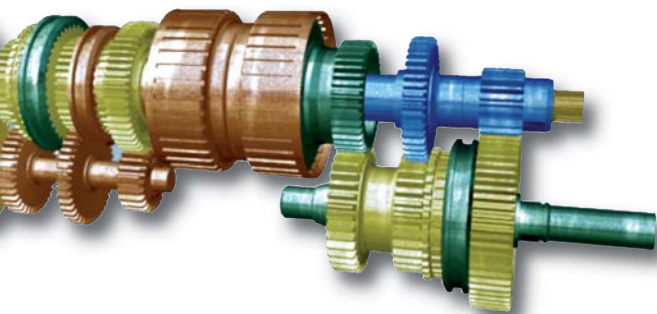
En dan nog iets: "De tijd dat we 16 km/h mochten rijden is voorbij. We mogen nu 25. En als we de vingers wat ver van elkaar doen, mogen we gewoon 50 rijden".

### Semi powershift

Geen wonder dat de trekkertransmissie zich doorontwikkelde. Er kwamen synchromeshringen, er

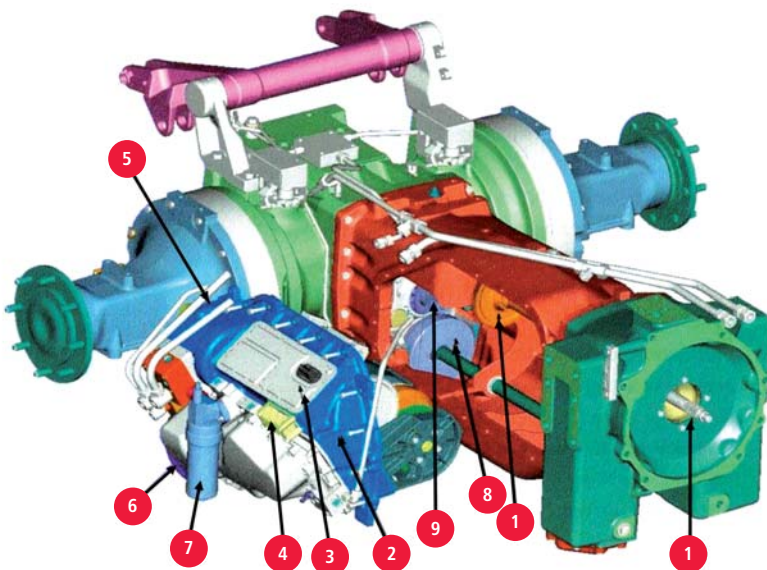
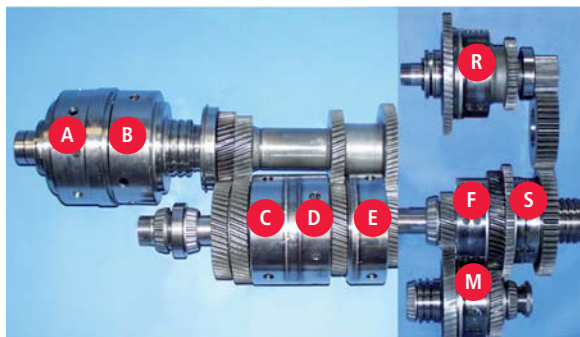


Traditionele trekkertransmissie met twee loodzware voetbediende koppelingen, drie ongesynchroniseerde versnellingen en een hoge en lage gearing. Ooit voldeed dit.



Inhoud van een semi powershift-bak. De vliegwielkoppelingen zijn verdwenen. Wel rest nog (niet zichtbaar) een torsietrillingsdemper. Vier natteplatenkoppelingen zijn goed voor vier onderbelasting schakelbare versnellingen. De schakelring vooraan verdubbelt ze in een A- en een B-groep. De schakelring achteraan biedt keuze uit acht veld- en acht transportversnellingen. Alle schakelingen zijn hydraulisch bediend en elektronisch gecontroleerd. Schade door fout schakelen is er dus niet meer bij.

Full powershift-versnellingsbak met negen natteplatenpakketten. Voordeel: alle schakelingen gaan met een druk op de knop en kunnen onder belasting. Nadeel: in ieder van de 18 versnellingen vooruit en de zes achteruit zijn zes lamellenpakketten ontkoppeld. Dat drukt het aandrijfrendement. Ter verduidelijking, altijd zijn twee van de pakketten A tot en met D actief (A+C, A+D, A+E, B+C, B+D, B+E). Dat geeft zes versnellingen. Gecombineerd met de groepen S (Slow), M (Medium) en F (Fast) zijn dat er 18. Pakket R geeft toegang tot de zes achteruitversnellingen.



Continu variabele trekkertransmissie met drie verschillende oliën. Vooraan in het groen, de hydrauliektank. Via de snelkoppelingen komt altijd vuil mee. Daarom heeft de CVT met zijn hydrostaat eigen olie. Het derde type olie zit in de eindvertragingen op de achterbrug.

- 1= Primaire as (loopt door naar de PTO-koppeling achterin)
- 2= Cartridge met hydrostaat en planetaire tandwielstelsels
- 3= Transmissie-ECU
- 4= Tolk voor communicatie tussen hydrostaat en CAN-bus
- 5= Smeeroliepomp en 30 bar systeempomp voor het sluiten van de klauwkoppelingen
- 6= 125 µ oliefilter
- 7= 10 µ fijnfilter voor kringloop door hydrostaat
- 8= Koppeling vierwielaandrijving
- 9= Uitgaande as van de cartridge

kwamen meer versnellingen, een omkeerinrichting voor op de bak, die evenveel versnellingen achteruit als vooruit gaf, en een elektrisch hydraulisch bediende natte lamellenkoppeling voor de aftakas. Het duurde tot de 'semi powershift'-versnellingsbak voor de trekker automatisch ging schakelen. Miedema toont een volgende tekening: "De vliegwielkoppeling is verdwenen en we zien vier natteplatenkoppelingen of powershift-pakketten in de bak. Ze worden bediend met een druk op de knop via de microprocessor en steeds zijn er twee gekoppeld en twee ontkoppeld". Miedema legt uit dat

dit goed is voor vier versnellingen: "Maar we willen graag naar 16. Vandaar de schakelring waarmee groep A of groep B kan worden ingeschakeld. Ook die groepen worden elektrohydraulisch geschakeld. En ook daarvoor is geen vliegwielkoppeling nodig, maar wel trekkrachtonderbreking. Die wordt verzorgd door één van de lamellenkoppelingen te ontkoppelen. Net zo'n schakelring is er ook voor de hoge en lage groep, zodat de bak op 16 versnellingen uitkomt. Dankzij een elektrohydraulisch bediende omkeerinrichting zijn die er ook voor achteruit". Hoever staan we met die semi po-

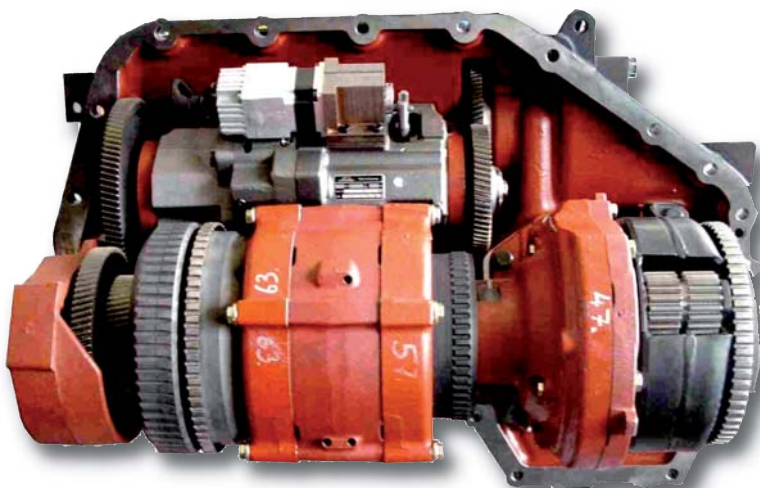
wershift-bak? "De bediening vraagt geen kracht meer, de microprocessor staat geen schakelfouten meer toe en een deel van de versnellingen is onder belasting inschakelbaar."

### Meer mogelijkheden en meer problemen

De full powershift-versnellingsbak neemt helemaal afscheid van schakel- en synchromeshringen, en doet alles met nattelamellenkoppelingen. Met die bak begint ook het volautomatisch schakelen: "Stel je bent aan het ploegen en je komt in zwaardere grond. Koppelsensoren meten meer torsie op de



De cartridge is weg. Boven, de ingaande as. Het tandwiel links drijft de hydropomp aan. Het tandwiel rechts, rechtstreeks het mechanische deel. Onder, de as voor de vierwielaandrijving.



as en de bak schakelt automatisch terug. Op het moment dat het weer lichter wordt, schakelt hij weer op. En het moment van schakelen is instelbaar. Dus je kunt kiezen voor snelheid of voor verbruik”.

Verbruik, Miedema heeft het woord genoemd. Naast al zijn voordelen heeft de full powershift-versnellingsbak daar een probleem: “Zijn rendement is veel lager dan dat van het eenvoudige versnellingsbakje dat ik in het begin liet zien”. Om uit te leggen hoe dat kan, beschrijft Miedema een praktijksituatie die de ervaren trekkegebruikers in het zaaltje herkennen: “Een ontkoppelde aftakas heeft een rem. Is die defect dan draait de as. En ook al is de as ontkoppeld, je houdt hem met de hand niet tegen. Dat komt omdat zo’n lamellenkoppeling een groot aantal platen telt. De helft op de as, de helft op de trommel. Ze draaien in de olie met een snelheidsverschil. De ene helft drijft via de olie de andere helft aan. En de andere helft van de platen remt op die zelfde manier de eerste helft af. In zo’n ontkoppelde lamellenkoppeling gaat dus energie verloren. De full powershift-bak met 18 versnellingen vooruit en zes achteruit heeft negen van die koppelingen waarvan er steeds zes ontkoppeld zijn”. Kortom, behalve dat hij wielen en machines aandrijft, is de full powershift-bak ook heel druk bezig de transmissie-olie op te warmen. En nu we het toch over zijn tekortkomingen hebben, 18 versnellingen is al een heel stuk meer dan de zes uit het begin, maar ook bij 18 zitten er nog steeds gaten tussen de versnellingen.

## Hydrostaat en planetaire stelsels

De continu variabele transmissie moet aan beide nadelen een einde maken. Op de ingaande as van de transmissie zitten twee tandwielen. Het een drijft de hydrostaat aan, het ander het mechanische deel van de versnellingsbak. Die hydrostaat bestaat uit een hydropomp en een hydromotor. Miedema: “Die pomp is een axiale plunjerpomp met een zwenkplaat. Staat die zwenkplaat rechtop, dan krijgt de hydromotor geen olie. Kantelt de zwenkplaat, dan gaat de pomp de hydromotor aandrijven. Kantelt de plaat de andere kant op, dan verandert de draairichting van de motor. Hoe meer de zwenkplaat kantelt, hoe krachtiger de pomp de hydromotor aandrijft”. Op zijn beurt drijft die hydromotor het mechanische deel van de transmissie aan: “Om precies te zijn, het zonniewiel van een dub-

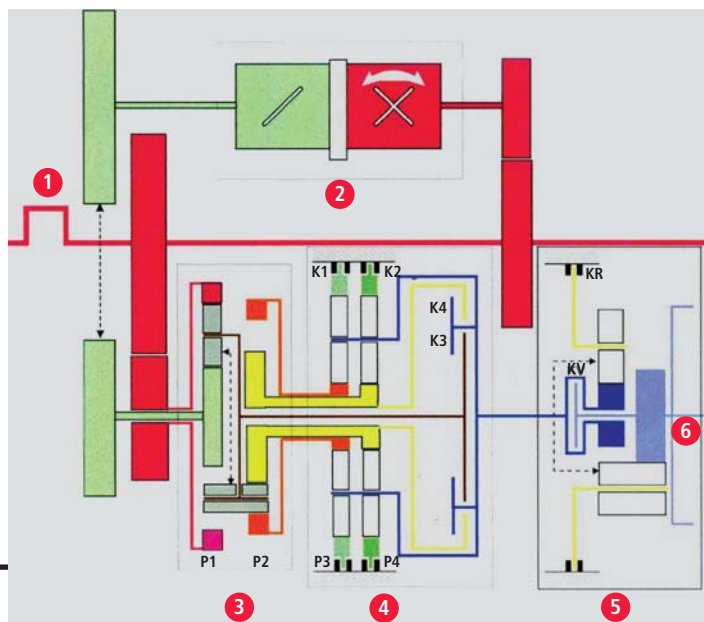
Inhoud van de cartridge. Helemaal bovenin de stappenmotor voor de bediening van de slagplaat van de hydropomp. Daaronder de hydrostaat met links de hydromotor en rechts de twee planetaire stelsels, in het midden de planetaire stelsels 3 en 4 en de vier klauwkoppelingen en rechts het planetairstelsel en de klauwkoppeling voor vooruit-achteruit.

belaaangedreven planetair tandwielstelsel. Dubbelaangedreven, want het ringwiel van dat stelsel wordt aangedreven door het tweede tandwiel op de ingaande as van de versnellingsbak. De drager van dat stelsel is via nog drie planetaire tandwielstelsels daarachter verbonden met het pignontandwiel in de achterbrug”.

## Rijden met de CVT

Dat klinkt ingewikkeld, maar het wordt eenvoudiger: “Oké, de mo-

tor draait volgas met 2300 t/min. Een verbrandingsmotor heeft maar één draairichting, dus het ringwiel van het eerste stelsel draait altijd rechtsoom. De zwenkplaat staat maximaal naar links gekanteld, dus de hydromotor, en daarmee het zonniewiel van het eerste stelsel, draait net zo hard linksom. Het gevolg: de trekker staat stil. Maar dat gaat veranderen. De klauwkoppeling van de eerste groep, of beter: van het eerste ‘bereik’, is gesloten en de chauffeur geeft met het rijpedaal aan dat hij wil rijden. De zwenkplaat gaat richting middenpositie, de hydromotor krijgt minder olie, het zonniewiel gaat langzamer draaien en door het snelheidsverschil tussen zonne- en ringwiel komt de drager in beweging. Als de zwenkplaat helemaal rechtop staat, staat de hydromotor stil en daarmee het zonniewiel. De trekker rijdt nu 4 km/u. Nog altijd bij



CVT in schema. Het eerste planetaire stelsel is dubbel aangedreven. De verbrandingsmotor drijft rechtstreeks het ringwiel aan. De hydromotor met zijn variabele snelheid en draairichting drijft het zonniewiel aan. Dat laatste maakt de transmissie continu variabel.

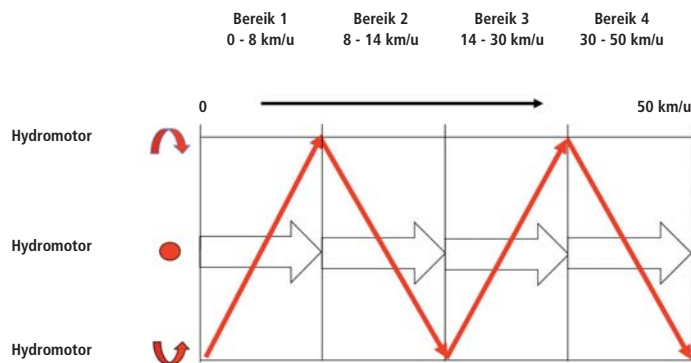
- 1= Ingaande as met de twee tandwielen. Loopt door naar de PTO
- 2= Hydrostaat met verstelbare plunjerpomp en hydromotor
- 3= Planetaire tandwielstelsels 1 en 2
- 4= Planetaire tandwielstelsels 3 en 4 en de klauwkoppelingen 1 t/m 4
- 5= Planetair tandwielstelsel plus klauwkoppeling vooruit-achteruit
- 6= Uitgaande as naar achterbrug

hetzelfde motortoerental. Het rijpedaal geeft nog steeds aan dat de chauffeur sneller wil, dus kantelt de zwenkplaat nu de andere kant op. Bij maximale uitslag van de zwenkplaat draait het zonniewiel met dezelfde snelheid als het ringwiel en rijdt de trekker 8 km/u. Nog altijd wil de chauffeur sneller, dus lost klauwkoppeling 1 en sluit klauwkoppeling 2. De versnellingsbak staat nu in bereik 2 en het motorkoppel volgt een andere weg door de planetaire tandwielstelsels achter het eerste. Daardoor versnelt de trekker nu als de zwenkplaat weer terugkantelt. Bij 11 km/u staat de zwenkplaat weer recht op en bij 14 staat hij terug in de uitgangspositie. En zo gaat het verder tot 30 km/u in bereik 3 en tot 50 in bereik 4, steeds bij hetzelfde toerental. Kiest de chauffeur een lager toerental, dan zit er minder snelheidsverschil tussen de uiterste standen van de zwenkplaat en schakelt de bak al bij lagere snelheid naar een hoger bereik. Maar het resultaat is dat de chauffeur de rijnsnelheid onafhankelijk van het toerental kan kiezen. En dus kan hij ook het aftakstoerental constant houden terwijl de snelheid varieert”.

### En het rendement?

Goed bedacht deze CVT, maar verbeter je met een hydrostaat werkelijk het rendement? “De hydrostaat

De trekker op bokken, Miedema achter de laptop en alle ogen gericht op het grote scherm.



Met constant toerental van 0 tot 50. De hydromotor begint met op maximale snelheid linksom te draaien. Halverwege het eerste bereik staat hij stil. Aan het einde van het eerste bereik draait hij met maximale snelheid rechtsom. Dan schakelt de bak naar het tweede bereik en gaat de hydromotor weer langzamer draaien. De eindsnelheid van ieder bereik is hoger naarmate het toerental hoger is. In het midden van ieder bereik, staat de hydromotor stil en is het transmissierendement maximaal (90%).

maakt de transmissie variabel, maar mechanische kracht omzetten in oliedruk en die weer in mechanische kracht gaat ten koste van het rendement. Het slimme van dit systeem is dat slechts een deel van het motorkoppel door de hydrostaat gaat. Dat deel is 50% als de zwenkplaat maximaal gekanteld staat en 0% als de zwenkplaat recht op staat. Het rendement van de transmissie is dus variabel. En de microprocessor kan motortoerental en transmissieverhouding automatisch afstemmen op maximaal rendement”.

### Diagnose stellen

Nu we begrijpen waar we het over hebben, wordt het tijd om de werkplaats in te gaan. Als de trekker op

bokken staat en het rechterachterwiel gedemonteerd, is de transmissie bereikbaar. De hydrostaat en de planetaire tandwielstelsels zijn ondergebracht in een cartridge. “Die is in een uur te demonteren”, zegt Miedema. “Schoonmaken is meestal meer werk.”

We laten de cartridge op zijn plaats en sluiten de laptop met diagnosesoftware op de trekker aan. Nu komen de ATC-ers op bekend terrein. Miedema scrollt door de menu’s en vindt een niet actieve foutcode: 107, ‘druksensor smeersysteem’. Op verzoek geeft het diagnosesysteem alle mogelijke informatie over die sensor. Zijn locatie op de trekker, het elektrisch schema waar hij in opgenomen is en tal van eigenschappen. “De sensor

geeft een laagste spanning van 0,5 V en een hoogste van 4,5 V. Waarschijnlijk is het stekkertje een keer los geweest, zodat hij op nul kwam en is toen de foutcode opgeslagen.” Als Miedema dat zeker wil weten kan hij een compleet stappenplan in het diagnosesysteem doorlopen. Het programma biedt nog veel meer mogelijkheden. Miedema selecteert een aantal parameters die we op een groot scherm gaan volgen. Case IH Steyr-servicemanager Arco Sterk start de trekker. En nu zien we op het scherm gebeuren wat Miedema boven in het zaaltje vertelde. In de cabine kiest Sterk de rijrichting en de klauwkoppeling voor vooruit gaat naar actief, net als de klauwkoppeling van planetair stelsel 1. Sterk bedient het rijpedaal en de zwenkplaat gaat van min 17° naar min 16°, min 15°, min 14° en de rijnsnelheid gaat van 0 naar 1, naar 2. Sneller gaat het, de zwenkplaat staat inmiddels op plus 17°, klauwkoppeling 2 wordt actief en 1 lost. En zo laat Sterk de transmissie met het toenemen van de snelheid ook door bereik 3 en 4 lopen, bij steeds wisselende snelheid en draairichting van de hydromotor. Normaal gesproken is dat allemaal onmerkbaar voor de chauffeur, nu is het goed zichtbaar op het scherm. Het is leuk spelen met dit gereedschap. Miedema sluit af met een motoraanlooptest. Die meet hoe snel de motor in toeren klimt. Vervolgens wordt steeds een cilinder buitenspel gezet. Een cilinder die onvoldoende meedoet valt zo door de mand.

“Kun je deze trekker slepen”, vraagt een ATC-lid. Dat kan. “Maar let op!”, waarschuwt Miedema: “Vergeet niet handmatig de transmissierem te lossen en loopt de motor, laat ‘m dan lopen, anders heeft de bak geen smering. Loopt de motor niet, beperk dan de snelheid en de afstand. Waarschijnlijk doe je dat vanzelf al, want zonder motor heb je geen stuurbeheersing. En met spierkracht alleen kom je niet ver meer in de moderne landbouw”.

Erwin den Hoed

