

# Automatische transmissie staat op doorbreken

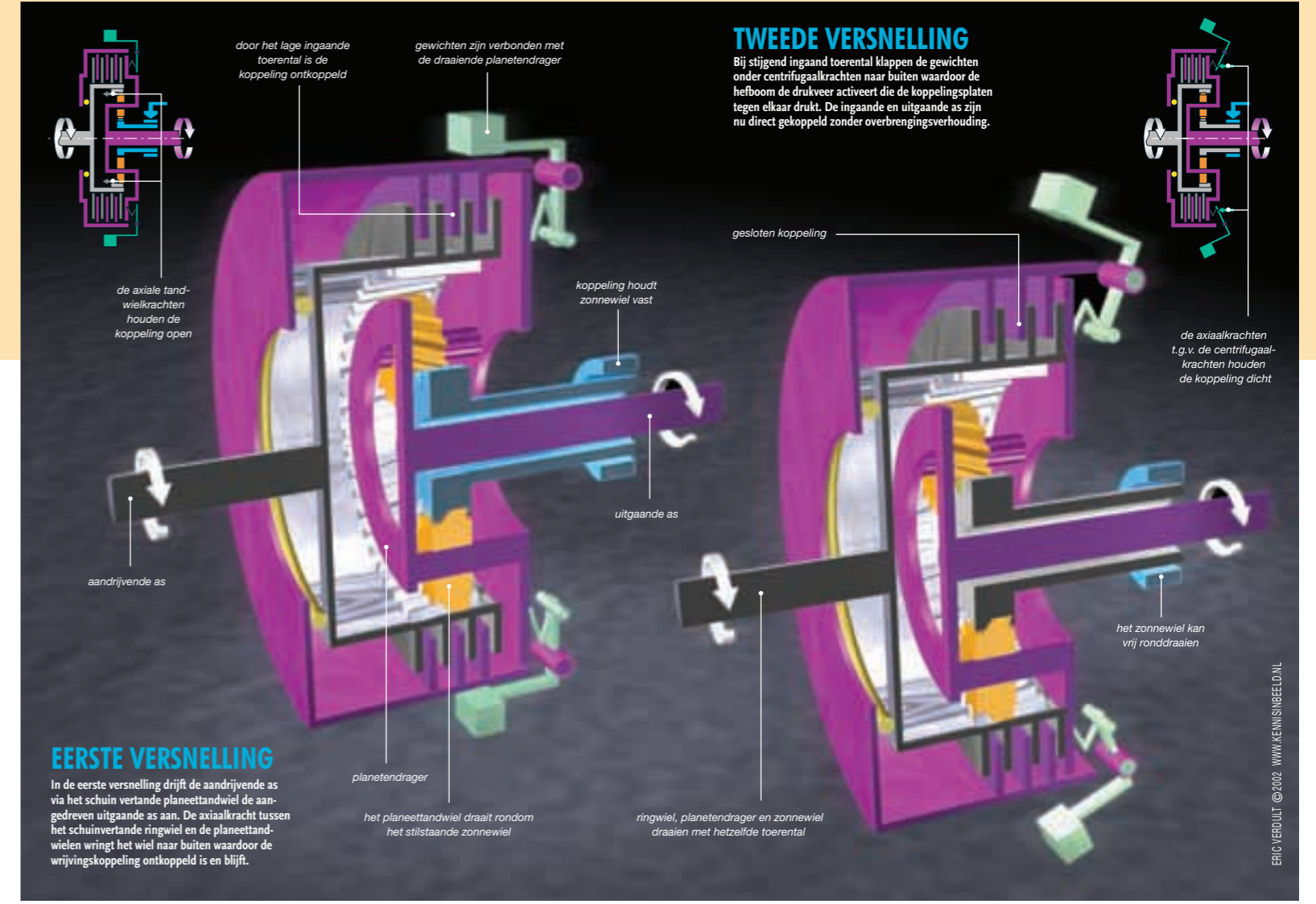
# Leer schakelen af

De transmissiewereld beweegt als nooit tevoren. Eindelijk kan Jan met de pet schakelen als een heuse autocoureur: met tiptoetsen. Deze ogenschijnlijk stompzinnige ontwikkeling leidt wel tot de acceptatie van de continu variabele transmissie en simpele halfautomaten. Zelfs Europa verruilt de pook voor de automaat. Nieuwe continu variabele systemen wachten op hun doorbraak. En hoe staat het eigenlijk met de 'revolutionaire automaat' van die Bulgaar?

*'De automaat heeft geen imago probleem in het zakensegment'*

'ER ZIJN MOMENTEEL DRIE BELANGRIJKE ONTWIKKELINGEN gaande', verklaart ir. Marcel Rondel van TNO Wegtransportmiddelen in Delft. 'Ten eerste krijgt de CVT (Continu Variabele Transmissie) van VDT (Van Doorne's Transmissie) meer aandacht door de mogelijkheid deze transmissie met tiptoetsen als getrapte versnellingsbak te schakelen.' In plaats van continu variabel te werken draait de CVT dan op bepaalde voorgeprogrammeerde overbrengingsverhoudingen. 'Eveeens met tiptoetsen werken de elektrische of hydraulische MTA (Manual Transmission Automated)-systemen die verschillende autofabrikanten introduceren.' Voorbeelden daarvan zijn SoftTouch in de Smart en EasyTronic van Opel. MTA's zijn gestandaardiseerde handgeschakelde versnellingsbakken die met de toevoeging van wat elektrische actuatoren zowel met de hand als automatisch zijn te schakelen. 'De derde belangrijke ontwikkeling is de conventionele automaat die steeds meer trappen krijgt. Transmissiefabrikant ZF heeft bijvoorbeeld al een zestrapsautomaat die qua afmetingen niet groter is dan een vijftraps.' Conventionele automaten hebben in Europa traditioneel een zeer specifieke afzetmarkt in met name grote, dure zakenauto's als BMW, Mercedes en Audi waar een zeer comfortabel gelijkmatig rijgedrag belangrijk is. 'De automaat heeft geen imago probleem in het zakensegment, maar verder wil 98 %

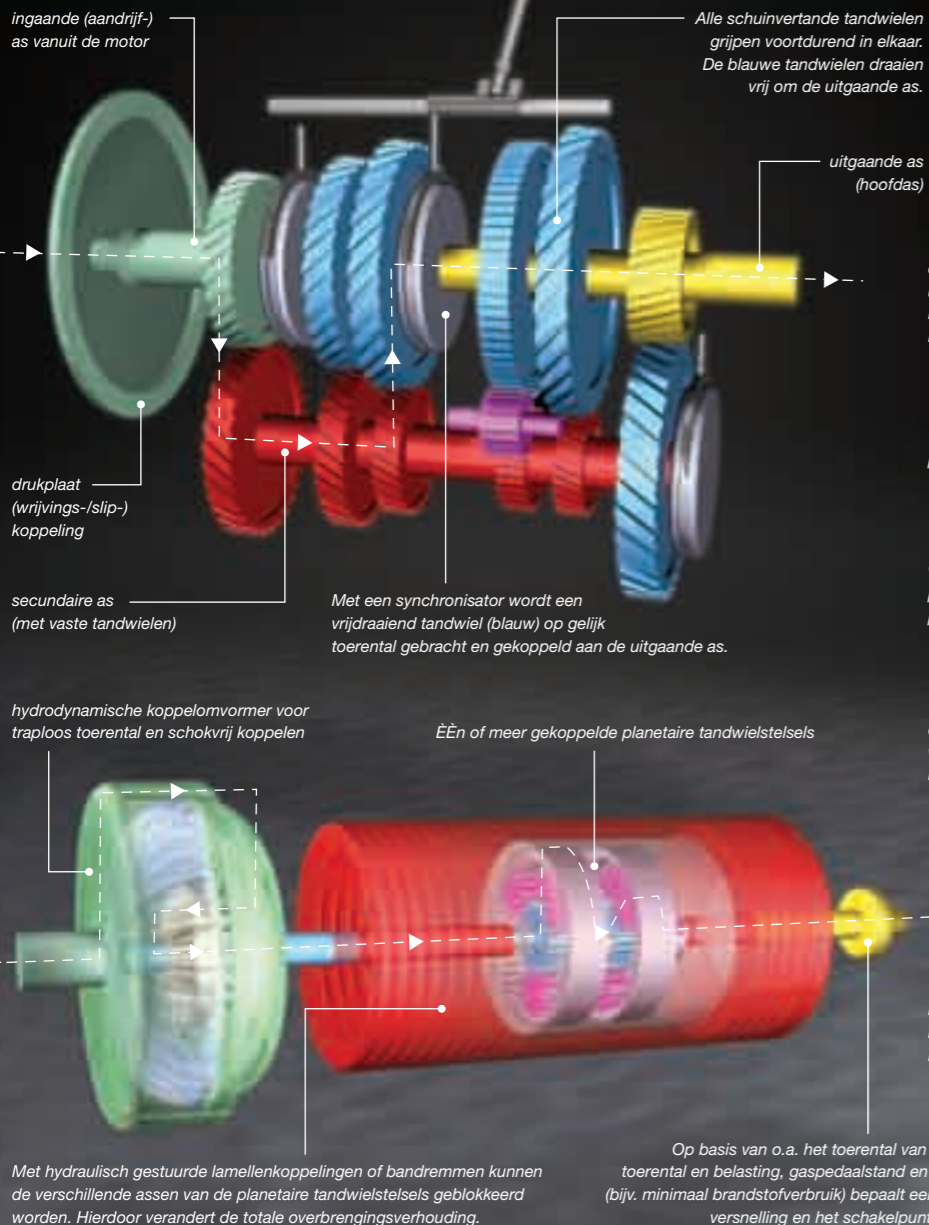
van de mensen schakelen', zegt ing. Emery Hendriks van VDT in Tilburg, fabrikant van de CVT met duwband. 'De groei van automatische transmissies is in Japan een erg zekere zaak. Daar kickt iedereen op al die nieuwe technologie. In Europa is dat een heel andere situatie.' Naast de automaat en het kleine marktaandeel van de CVT schakelt iedereen gewoon lekker stoer met de hand. Eerst nog lange tijd met vier en later met vijf versnellingen. Het nadeel van een handgeschakelde versnellingsbak is met name in wisselend verkeer naast het vele schakelen een niet optimale overbrenging van het motorkoppel. De handgeschakelde versnellingsbak werkt alleen optimaal bij de kruissnelheden waarvoor de ontwerper de bak dimensioneert. Bij een conventionele automaat hoef je in elk geval niet te schakelen. De auto doet dat voor jou op het meest optimale punt. De manier om altijd met een optimale overbrengingsverhouding te rijden is echter om de versnellingsbak traploos te maken ofwel continu variabel. Het oeroude Hollandse voorbeeld hiervan is de DAF Variomatic, een continu variabele transmissie met rubberen trekbanden tussen van diameter veranderende pullies. **DUWBAND** 'Toen Hub van Doorne met pensioen ging, wilde hij een stalen aandrijfband vanwege de vervorming die optrad in de rubberen trekriem', vertelt Emery Hendriks van VDT. Hendriks



stond aan de wieg van de moderne CVT (Continu Variabele Transmissie) met stalen duwband. Hij werkte mee met de ontwikkeling van de moderne stalen duwband, die is opgebouwd uit een aaneenschakeling van stalen plaatjes bijeengehouden door een pakket stalen snaren. 'Een trekriem of ketting rekt bij gebruik millimeters uit. Bij een duwband is de vlaktedruk erg laag door een goede verdeling van de duwkracht over het oppervlak van de plaatjes waardoor er nauwelijks slijtage optreedt. Als we een duwband uit een gebruikte CVT halen is de slijtage zo gering dat het haast nog binnen de productietolerantie valt.' Verschillende ontwerpen gingen eraan vooraf om het ontwerp van de plaatjes goed te krijgen. Op het bureau van Hendriks liggen enkele plaatjes volgens verschillend ontwerp. Elk afzonderlijk plaatje lijkt in het huidige ontwerp haast een soort kleeftang met een penntje erop. Dat penntje is de richtcomponent die de metalen plaatjes stuurt. In belaste toestand fixeert de trekriem zich als een star geheel. Na het passeren van de aandrijfpoelie vallen de plaatjes losser om soepel om de ronding van de poelie heen te kunnen lopen. Doordat de trekbelasting van de riem hier is vervangen door een duwbelasting kan de CVT met duwband grotere belastingen en daarmee grotere vermogens omzetten. 'Twee beweegbare conische schijven met de duwband ertussen vormen het hart van de CVT. Twee sets van deze schijven

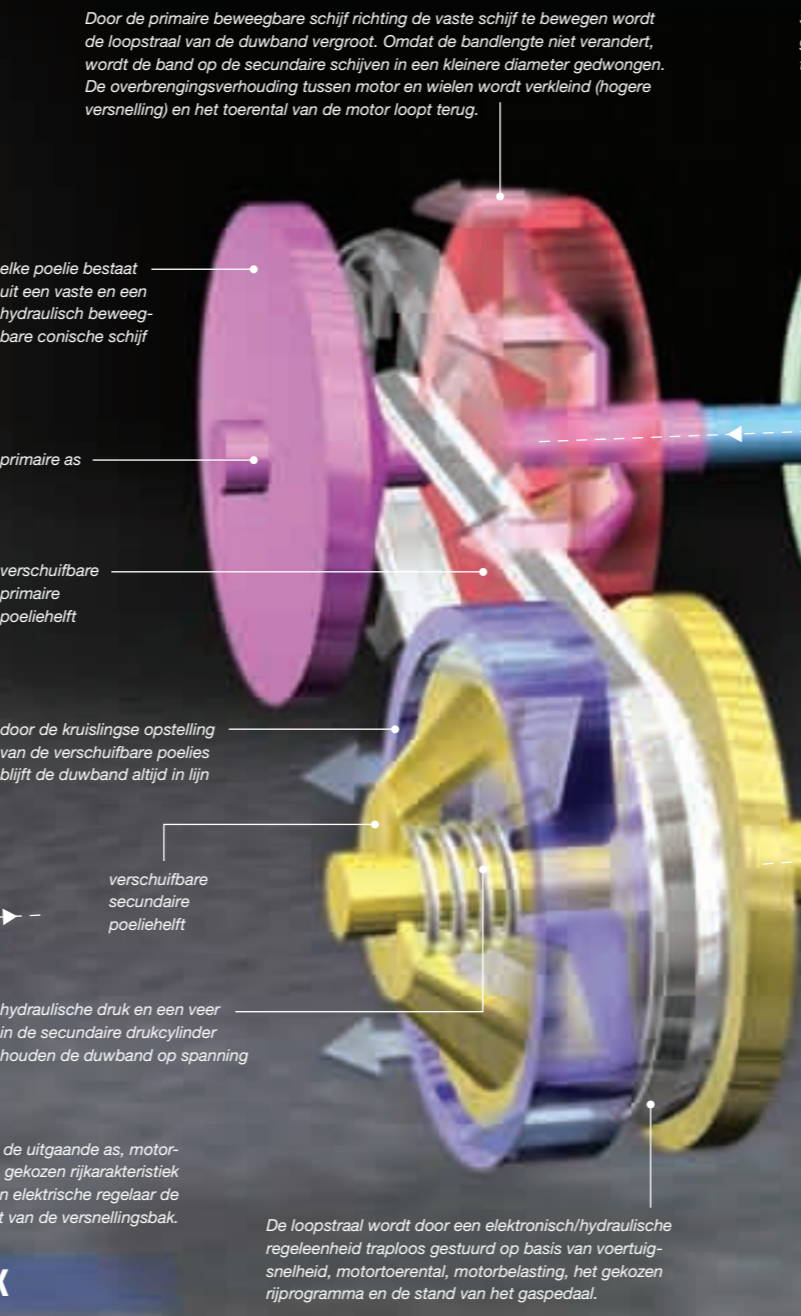
zijn gemonteerd op twee assen die zijdelings niet kunnen verschuiven. De CVT-unit bestaat verder uit een hydraulische control unit, een oliepomp en een koppeling met een planetaire tandwielset. Het principe is simpel, maar het is een moeilijk stukje techniek om goed te doen', zegt Hendriks. 'Het energieverlies van de CVT valt erg mee, het rendement ligt tussen de 92 en 95 %. Het hele ding draait in de olie voor smering en koeling. Het koelsysteem zelf is geïntegreerd met de motorkoeler.' De CVT van VDT wordt hoofdzakelijk ingebouwd in auto's met voorwielaandrijving. Een van de laatste auto's die is uitgerust met een CVT is de nieuwe Mini van BMW. Hoewel transmissiefabrikant ZF de CVT's bouwt in het Belgische Sint-Truiden komt de duwband nog altijd uit Tilburg. Met een regelknopje kun je kiezen tussen de CVT, een getrapte automaat en schakelen via tiptoetsen. De Mini waarmee ik naar VDT ben gereden was ook voorzien van een CVT en reed bijzonder aangenaam. Als je eenmaal in een auto met CVT hebt gereden – en helemaal als je ermee in een file hebt gestaan – wordt pas goed duidelijk hoe ouderwets met de hand schakelen is. Maar ja, in de particuliere autowereld draait niet alles om logica. 'Een paar jaar geleden steeg de verkoop van de CVT opeens flink door de mogelijkheid met tiptoetsen te schakelen', vertelt

## HANDGESCHAKELDE GESYNCHRONISEERDE VERSNELLINGSBAK



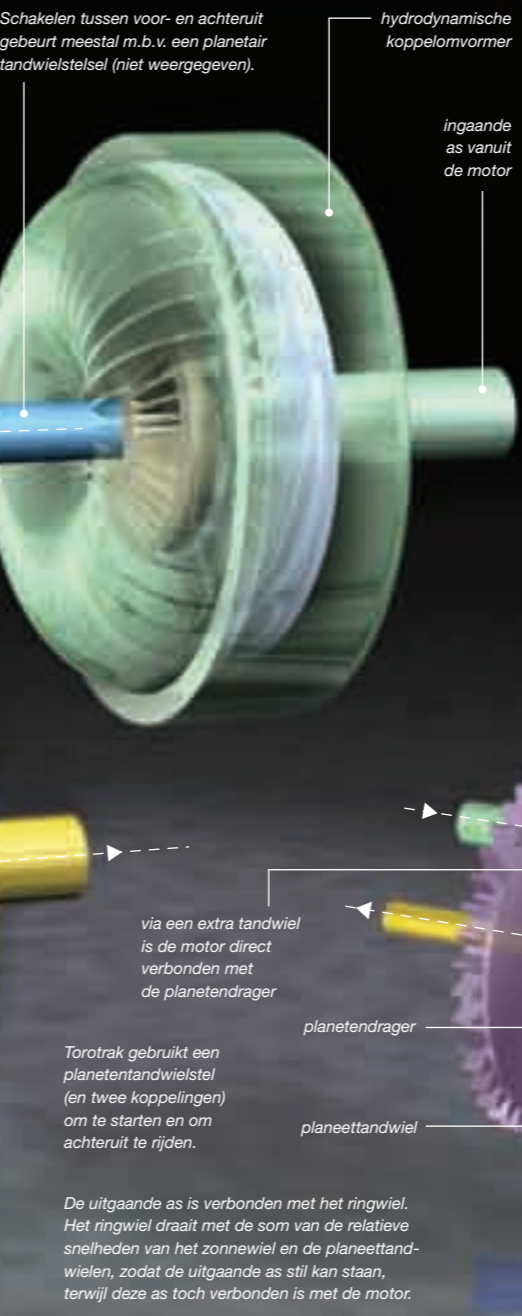
illustratie & tekst: Eric Verdult  
www.kennisbeeld.nl © 2002

## VAN DOORNE'S CVT MET DUWBAND

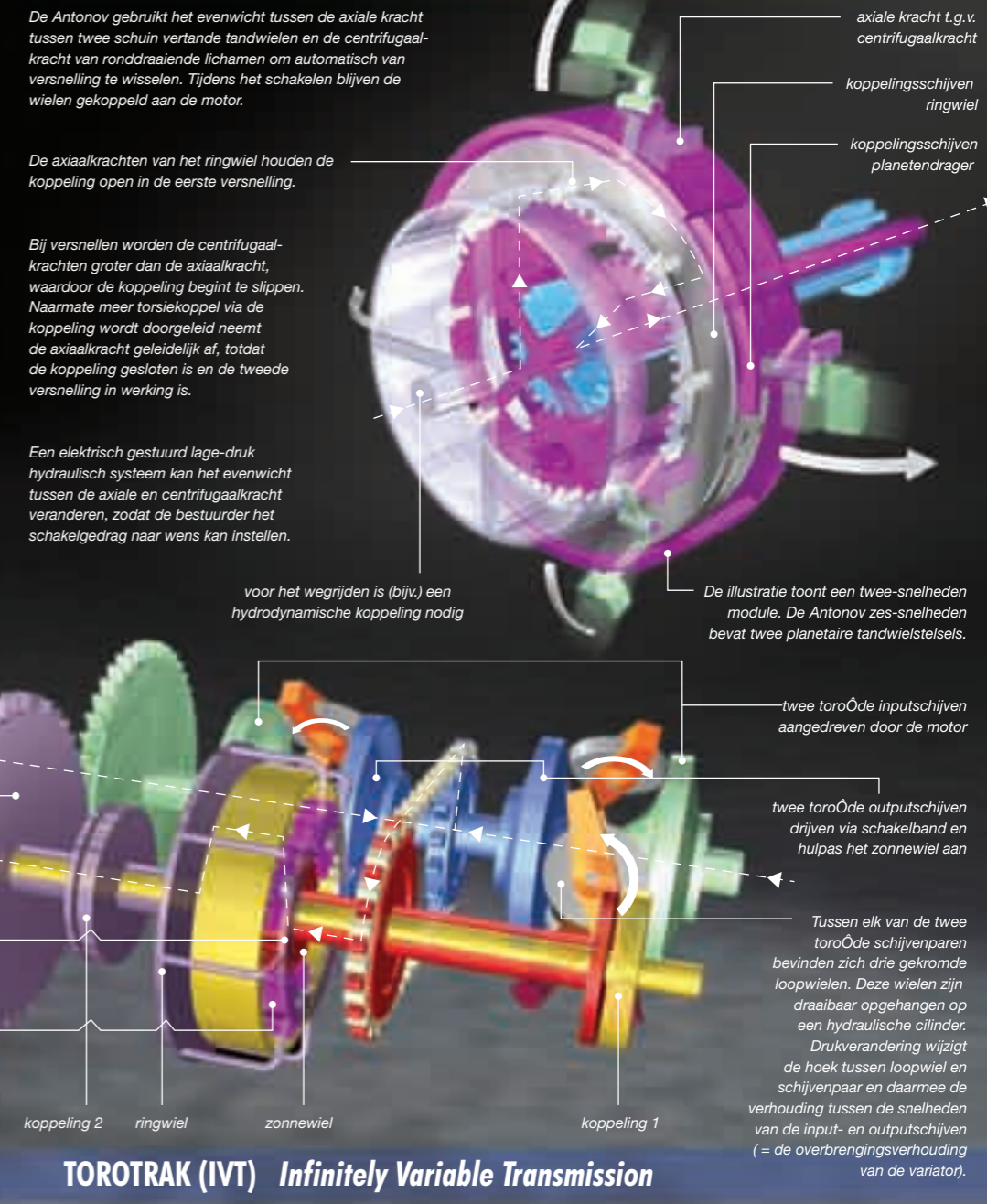


## AUTOMATISCHE VERSNELLINGSBAK

## Continu Variabele Transmissie



## ANTONOV (AAD) Antonov Automotive Drive



## TOROTRAK (IVT) Infinitely Variable Transmission

Rondel van TNO. 'Technici lachten zich rot dat je een efficiënter systeem stommer maakt om acceptatie te krijgen. Op de rollenbank wordt de transmissie echter als CVT getest waardoor het in een standaard ECE (European Commission for Europe)-rijcyclus voor wisselend verkeer toch een stuk zuiniger uit de bus komt.'

**'Alleen bij wisselend verkeer rijdt een hybride auto zuiniger'**

Hoe zuinig de CVT in de praktijk is, hangt dus sterk af van de bestuurder. Zit die als een Michael Schumacher alleen maar met zijn tiptoetsen te schakelen, dan had hij evengoed een goedkopere MTA kunnen nemen. 'Veel mensen zullen in druk stadsverkeer de auto toch als CVT gaan berijden. En al doen ze dat niet, dan hebben ze altijd nog zes versnellingen tot hun beschikking', verklaart Rondel.

**ZERO INERTIA**

De stijgende verkoop van VDT is goed merkbaar uit de cijfers. 'Vorig jaar bouwde VDT 600 000 CVT-units. Dit jaar verwachten we dat aantal te verdubbelen tot 1,2 of misschien zelfs

1,3 miljoen', zegt Hendriks van VDT. Het nieuwe ontwerp Zero Inertia (ZI) kan die cijfers in de toekomst wellicht nog verder verhogen. ZI kan de CVT namelijk nog zuiniger maken. Dr.ir. Roëll van Druten, dr.ir. Alex Serrarens en dr.ir. Bas Vroemen promoveerden vorig jaar aan de TU Eindhoven op het ontwerp ZI dat zuiniger rijden combineert met vlot accelereren.

Het ZI-systeem bestaat uit de CVT-unit, een stalen vliegwielen en een planetaire tandwielset. Via deze tandwielset wordt tijdens het 'terugschakelen' van de CVT, oftewel het optoeren van de motor, het vliegwielen vertraagd en accelereert de auto mede op de energie uit het vliegwielen. Bij het aftoeren van de motor wordt het vliegwielen weer opgeladen. Dit systeem resulteert in lagere motortoerentallen en levert 15 tot 25 % minder brandstofverbruik op.

**AUTOSHIFT**

'Door de kleinere productie aantallen, vergeleken met een automaat, is onze CVT iets duurder', zegt Hendriks. 'De CVT bespaart daarentegen wel 10 tot 15 % brandstof en geeft een 10%

betere acceleratie. Schakelen via tiptoetsbediening, wat nu met de MTA opkomt, heeft twee enorm grote voordelen, namelijk eenvoudig en daardoor goedkoop. Je gaat uit van een bestaande versnellingsbak en voegt alleen wat elektromotoren toe.'

'In autotests is het eeuwige kritiekpunt op een MTA traag schakelen, terwijl het systeem veel sneller schakelt dan een mens zou kunnen. Het is alleen maar het feit dat je niet zelf schakelt waardoor je wacht op het schakelen', aldus Rondel. Een conventionele automaat schakelt onder belasting waardoor je niks merkt van het schakelen. Bij een MTA gaat dit nog niet als bij een handgeschakelde versnellingsbak met gas terugnemen, ontkoppelen, schakelen en weer gas bijgeven en koppelen.

'De MTA zal in de toekomst ook onder belasting gaan schakelen. De ontwikkeling in MTA is een systeem met twee assen en twee koppelingen met op de eerste as de eerste, derde en vijfde versnelling en op de tweede as de versnellingen twee, vier en zes. Van die twee assen is er altijd een in aangrijping en wordt op de andere as de volgende versnelling alvast geselecteerd voor het schakelen.'

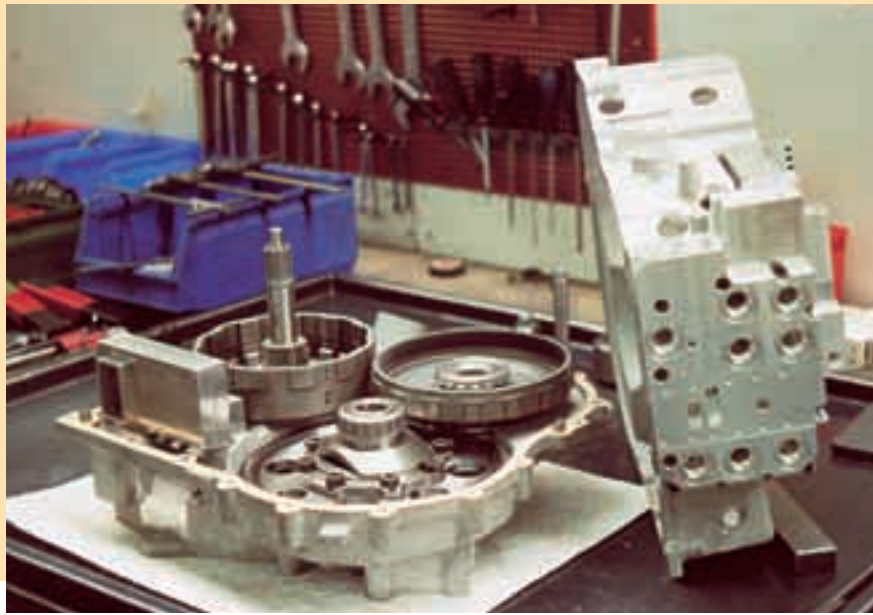
**TOROIDE**

VDT ondervindt behalve van de conventionele automaat en de MTA ook concurrentie van andere systemen volgens het CVT-principe. Verschillende transmissiefabrikanten als het Duitse Luk leveren CVT-units met een trekking of riem. Daarnaast bestaat nog een afwijkend systeem van de transmissiefabrikanten NSK, Jatco en Torotrak dat werkt met een draaibaar opgehangen loopwiel tussen twee gekromde schijven. Dit systeem wordt ook wel aangeduid als een halve of dubbele toroïde.

Het hart van de unit bestaat uit een variator met vier gekromde schijven en vier loopwielen. De twee buitenste schijven zijn de input en de twee binnenste de output. Onder computeraansturing wordt de hydraulische druk verhoogd of verlaagd die de kanteling van de loopwielen aanstuurt. De loopwielen kantelen op



De duwband van de CVT van Van Doorne's Transmissie loopt over twee beweegbare conische schijven continue schakelen door van diameter te veranderen.



Prototype van de Antonov automatische zesversnellingsbak tijdens montage.

verschillende punten op de kromming van de schijven waardoor een overbrengingsverhouding wordt gerealiseerd. De aanduiding van een halve of een dubbele toroïde slaat op de kromming van het loopvlak op de loopwielen.

Torotrak ontwikkelt een systeem met een dubbele toroïde en noemt dit een IVT (Infinitely Variable Transmission) vanwege het grote bereik aan overbrengingsverhoudingen, inclusief een nulstand. 'De IVT-unit heeft zelf een nulstand waarbij de motor draait en de wielen stilstaan', verklaart Katie Stuart van Torotrak. 'Vanuit de nulstand kan de IVT direct weggrijden zonder dat

daar een koppeling of koppelvormer aan te pas komt. Dit in tegenstelling tot de CVT met enkele toroïde die transmissiefabrikant NSK in Japan levert aan Nissan.'

'In Japan is de CVT van NSK leverbaar op de modellen Cedric, Gloria en Skyline van autofabrikant Nissan', vertelt Takashi Imanishi van het New Technology Development Center van transmissiefabrikant NSK. 'Vanwege de

kleine productieaantallen is de prijs van de CVT momenteel nog hoger dan die van conventionele transmissiesystemen.'

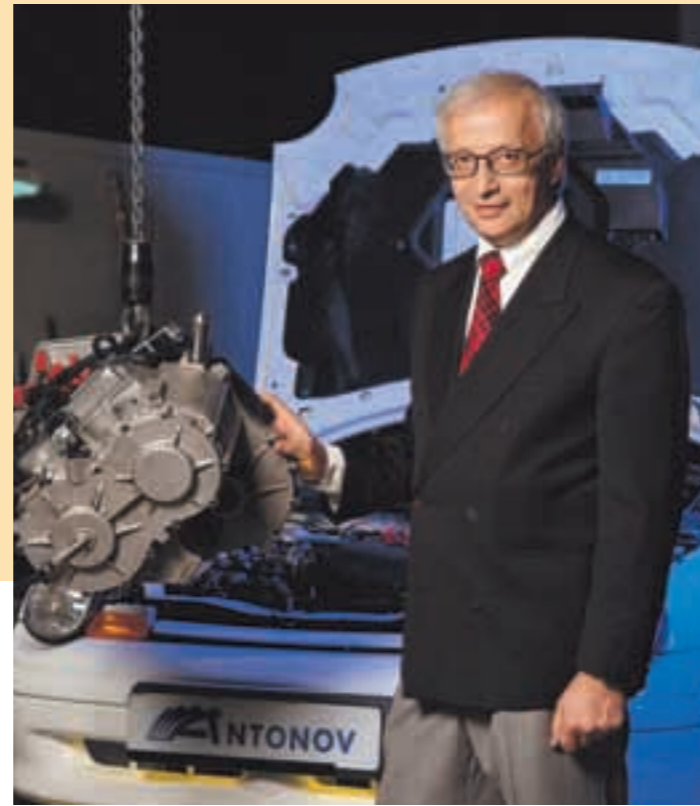
Hendriks van VDT is niet zo bang voor de concurrentie van Torotrak en NSK. 'Een probleem van transmissiesystemen met een enkele of dubbele toroïde is wrijving. Er is sprake van een elastohydrodynamische tractie en geen contact van metaal op metaal tussen loopwiel en de schijven. De tractievloeistof die het koppel overgeeft tussen schijf en loopwiel, heeft een

gigantisch hoge oppervlakenauwkeurigheid.

De vloeistof kost daardoor een slordige zeventig euro per liter. Een transmissie bevat dus al snel voor honderden euro's aan tractievloeistof', aldus Hendriks. 'Het is moeilijk uitspraken te doen over de kosten van de tractie-

vloeistof voor massaproductie', vindt Stuart van Torotrak.

'De verwachting is wel dat het duurder zal zijn dan standaardversnellingsbakolie voor een conventionele automaat. De meerprijs zal echter zeker niet opwegen tegen de besparingen op de simpele fabricage van de IVT, een kleiner aantal onderdelen



Roumen Antonov naast een prototype van de Antonov automatische vierversnellingsbak.

dan een conventionele automaat en het ontbreken van een koppelvormer. Bovendien hoeft de tractievloeistof nooit vervangen te worden. Verschillende leidende oliemerken waaronder Shell ontwikkelen tractievloeistoffen. Uit de investeringen die ze doen, blijkt wel hoe serieus ze deze ontwikkeling nemen.'

'De IVT van Torotrak is toepasbaar voor alle voertuigen van kleine personenauto's tot grote trucks. Nieuwe technologie wordt vaak in het bovenste marktsegment geïntroduceerd, dus wij verwachten een eerste toepassing in een luxe personenauto of SUV over ongeveer vier jaar. Torotrak heeft momenteel acht licenties lopen, waarvan twee bij grote transmissiefabrikanten en twee bij grote autofabrikanten', aldus Stuart.

'Het model S3 IVT is het laatste prototype van Torotrak. Momenteel werken we aan een productieve versie die naar verwachting niet groter zal zijn dan de conventionele automaat. Door de grote hoeveelheid lucht binnen het volume van met name de variator zal het gewicht wel lager liggen.'

#### AXIALE KRACHT

Een apart figuur in de transmissiewereld is Roumen Antonov, een Bulgaar die in 1988 aansloopt aan het communisme in zijn land door met een Franse vrouw te trouwen. Eenmaal aangekomen in Parijs had hij slechts genoeg geld voor tien koppen koffie,

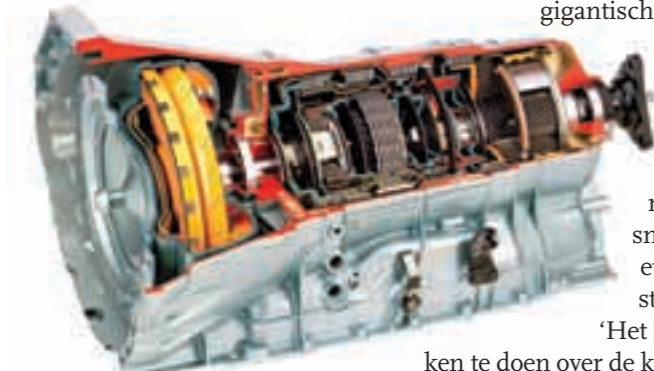
De duwband van de CVT van Van Doorne's Transmissie is opgebouwd uit een aaneenschakeling van stalen plaatjes bijeengehouden door een pakket stalen snaren.



Fabrikant	ZF + VDT	Antonov Automotive Technologies	Torotrak	NSK	ZF	ZF
Model	VT1F	AAD 6 speed	S3	T132D	S6-37	6 HP 19
Type	CVT met duwband	Automaat	IVT met dubbele toroïde	CVT met halve toroïde	Handgeschakeld	Automaat
Status	Productie	Prototype	Prototype	Productie	Productie	Productie
Versnellingen	Continu variabel – optioneel 6-traps schakelen	6 + 2R	Continu variabel	Continu variabel	6 + 1R	6 + 1R
Max. input koppel	165 Nm	200 Nm	500 Nm	387 Nm	340 Nm	350 Nm
<b>Overbrengings-verhouding</b>						
<i>Bij CVT / IVT</i>						
Totaal	-	-	9	4-4	-	-
Voorwaarts	-	-	-	-	-	-
Min.	0,443	-	-	-	-	-
Max.	2,416	-	-	-	-	-
Achterwaarts	2,684	-	-	-	-	-
<i>Bij getrapte versnellingsbak (of CVT in getrapte configuratie)</i>						
<b>Versnelling</b>						
1	2,416	3,55	-	-	5,14	4,17
2	1,622	2,141	-	-	2,83	2,34
3	1,117	1,392	-	-	1,79	1,52
4	0,847	1	-	-	1,26	1,14
5	0,675	0,84	-	-	1	0,87
6	0,562	0,603	-	-	0,83	0,69
R1	-	-5,396	-	-	4,64	3,4
R2	-	-2,116	-	-	-	-
Inbouwlengte	333 mm	250 mm	750 mm	-	-	-
Gewicht	52 kg	45 kg	-	-	41 kg	68 kg
Hydraulische druk	42 bar	5,5 bar	-	-	-	-
Aantal hydraulische zuigers	4	3	-	-	-	-
Aantal hydraulische kleppen	12	3	-	-	-	-
Aantal koppelingen	2	3	2	-	-	3
Olie inhoud	5,4 l	-	-	-	1,6 l	8,0 l

\* Alle gegevens (waar beschikbaar) in deze tabel zijn volgens opgave van de fabrikant.

### 'Een probleem van transmissiesystemen met een enkele of dubbele toroïde is wrijving'



De conventionele automaat type 6HP32 van ZF.

maar wist met wat hulp toch het bedrijf Antonov Automotive Technologies op te zetten om zijn rond 1990 al ruim twintig jaar oude idee voor een automatische versnellingsbak uit te werken.

Het idee van Antonov was om de axiale kracht die ontstaat wanneer twee tandwielen met scheve vertanding in elkaar grijpen te gebruiken als kracht om automatisch mee te schakelen. 'Het werkt in feite als een soort schroef', vertelt Roumen Antonov in zijn kantoor in Le Mesnil-Amelot, een Frans dorpje nabij Parijs. 'Deze kracht werd door ingenieurs en ontwerpers van transmissiesystemen altijd als ongewenst beschouwd. Citroën introduceerde daarom al in 1918 de *double chevron*, dubbele schuine vertanding om die axiale kracht tegen te gaan.'

'Als jonge student dacht ik al dat de axiale kracht tussen twee schuin vertandde tandwielen een nuttige kracht is om mee te schakelen. Het werd tijdens mijn studie echter ook

altijd als negatief bestempeld. Was er dan iets dat ik niet wist? Was ik te jong en optimistisch?', vertelt Antonov glimlachend. Eenmaal aangekomen in Parijs in 1988 bouwde Antonov eerst een radiografisch bestuurbare modelauto met zijn versnellingsbak. Het eerste volwaardige prototype bouwde hij – hoe kan het ook anders – uit bestaande componenten in zijn badkamer nabij de Arc de Triomphe. Startkapitaal vond Antonov uiteindelijk in Nederland en stortte zich op de ontwikkeling van zijn versnellingsbak.

In september dit jaar introduceert Antonov op de autosalon van Parijs zijn nieuwste zesversnellingsbak. Tijdens mijn bezoek ligt het prototype daarvan nog deels gemonteerd op de werkbank. 'Met twee planetaire tandwielsets creëren we zes voorwaartse en twee achterwaartse versnellingen', vertelt Antonov. 'De tweede achterwaartse versnelling is speciaal voor achteruitrijden in de sneeuw. Het systeem heeft twee koppelingen en drie hydraulische kleppen voor de aansturing. De hele versnellingsbak is slechts 25 cm lang bij een gewicht van 45 kg.'

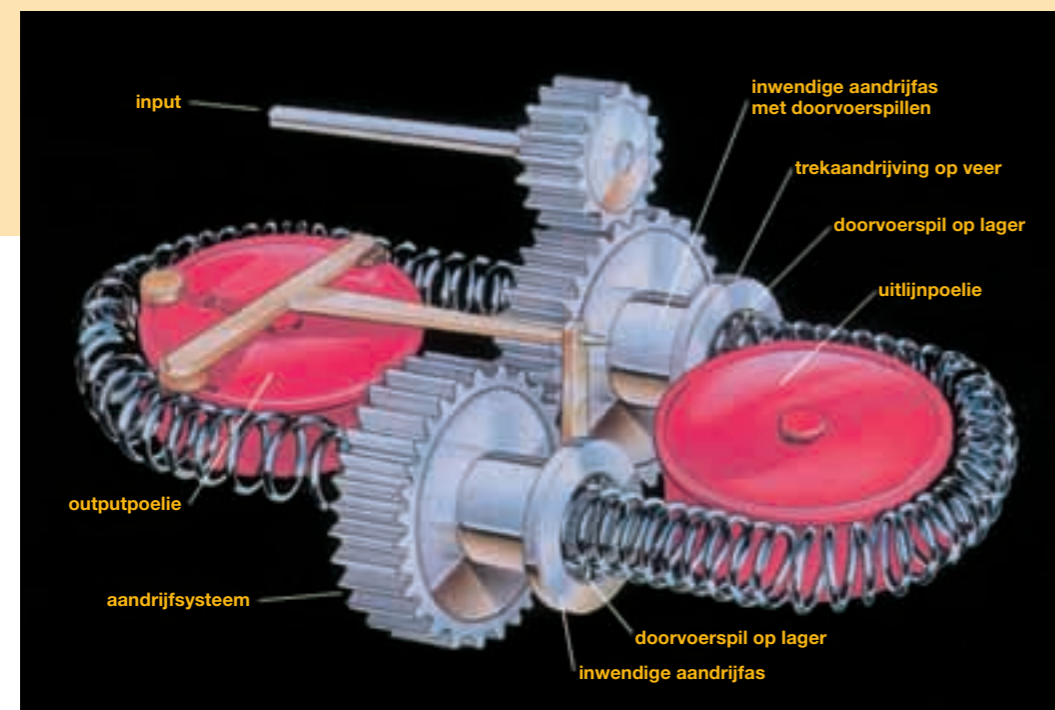
'In deze versnellingsbak komt ongeveer 60 % van de schakelkracht van het hydraulische systeem en 40 % van de axiale kracht van de tandwielen. De hydraulische kracht is dus bijna gehalveerd. De hydraulische druk in onze versnellingsbak is 5,5 bar tegenover gemiddeld 10 bar in een conventionele automaat. Dit vraagt minder vermogen van de motor en maakt de auto 8 % efficiënter', aldus Antonov. 'Een belangrijke kwaliteit van de versnellingsbak is dat je van elke versnelling naar elke versnelling kunt schakelen.'

Momenteel is Antonov bezig met de kalibratie van de nieuwe zesversnellingsbak die zit ingebouwd in een Opel Corsa met 1,2 liter benzine motor. 'Uit de kalibratie en de eerste rijervaringen blijkt dat de schakelkwaliteit bijzonder hoog is. Het is niet te vergelijken met bijvoorbeeld een MTA', vertelt Antonov.

'Wij verwachten over vier jaar een eerste doorbraak in een luxe personenauto'

## VERSNELLEN PER VEER

Een transmissiesysteem dat nog in de kinderschoenen staat, is Scram (Simple Continuous Ratio Adjusting Machine) van de Engelse uitvinder John Hammerbeck. Scram werd voor het eerst gepresenteerd op de uitvindingsbeurs van het BBC-televisieprogramma *Tomorrow's World* in juni 2000. Hammerbeck is sindsdien bezig Scram door te ontwikkelen en is nu bezig met de verkoop van de eerste licentie aan een Chinees bedrijf. Het unieke van Scram is dat het systeem - in tegenstelling tot alle ande-



re transmissiesystemen - niet werkt met van diameter wisselende tand- of loopwielen. Scram bestaat uit een inputtandwiel dat via een mechanisme een gewonden veer of flexibele riem aandrijft die over twee beweegbare pullies loopt. Eén voor de output en één voor de uitlijning. Voor een vaste input heeft de riem of veer altijd een vaste omloopsnelheid.

De uitvoering met riem heeft een elektromagnetisch aandrijfmechanisme dat de op de riem bevestigde magneten voortstuwt. De uitvoering met veer heeft een mechanisch aandrijfsysteem dat aangrijpt op de windingen van de veer en de veer vooruit 'schroeft'. Het simpelste voorbeeld is een Scram met een veer van 25

geluidsniveau, zegt Guy Dernoncourt, Applications Engineering Manager van Antonov Automotive Technologies, die als passagier meegaat.

De auto rijdt inderdaad niet onaardig. Het schakelen gaat alleen nog een beetje grof. Zeker bij flink accelereren waarbij de versnellingsbak een sportstand aanneemt en later schakelt. De motor toert in deze stand verder op

dan bij normaal rijden en je schakelt ineens met een schok. Het gaat nog niet bijzonder soepel en geraffineerd, hoewel dat bij een MTA ook niet echt het geval is.

Antonov is in elk geval niet bescheiden over zijn versnellingsbak. 'Het is de meest compacte, simpelste en meest efficiënte zesversnellingsbak ter wereld', zegt Roumen Antonov trots. Antonov is hoe dan ook een uitstekend verteller met een goed gevoel voor dramatiek. Hij schreef zelfs het boek *Antonov - My Story* over zijn jeugd, de worstelingen met het strenge Bulgaarse communisme en de diverse mislukte ontsnappingspogingen tot hij een jaar voor de val van de muur naar het vrije westen wist te ontkomen.

### HYBRIDE

De lange-termijntoekomst van Antonov en de diverse andere transmissiesystemen kan voor een belangrijk deel afhangen van alternatieve voertuigconcepten als de hybride auto. 'De Toyota Prius is daarvan een goed voorbeeld. Deze auto heeft geen gewone versnellingsbak en rijdt alsof er een CVT in zit', verklaart Rondel van TNO Wegtransportmiddelen.

'De Toyota Prius is momenteel de enige hybride auto op de Nederlandse markt', zegt Roozekrans van Toyota importeur Louwman & Parqui uit Raamsdonkveer. 'Toyota werkt momenteel ook aan diverse andere hybride ontwerpen als mede aan auto's op waterstof. De Prius wordt nu nog flink gesubsidieerd, maar wij verwachten dat hybride en waterstofauto's over een jaar of vijftien zullen doorbreken.'

'Hybride voertuigen kunnen zuiniger zijn omdat je in staat bent de verbrandingsmotor alleen te gebruiken in het meest efficiënte werkgebied en de motor ook helemaal kunt afzetten.

windingen. Als het inputwiel een keer per seconde een omwenteling maakt, gaat de veer elke 25 seconden rond. Verdubbel je de afstand tussen de twee pullies dan verdubbel je tevens de lengte van de veer en daarmee de snelheid waarmee de veer in 25 s rondgaat. Volgens Hammerbeck levert een Scram met veeraandrijving makkelijk overbrengingsverhoudingen van 1:1 tot 1:18 of - afhankelijk van de gebruikte veer - zelfs 1:100. Een unieke eigenschap van Scram is verder dat het droog loopt zonder oliebad.



Toro-trak-variator met gekromde schijven en loopwielen.

brandingsmotor uitschakelen en bij intrappen van het gaspedaal onmerkbaar snel starten en weggrijden. Dit systeem zal naar verwachting de komende tien jaar een groot marktaandeel krijgen', aldus Rondel. 'Voeg je ook nog een accu aan het ISG-systeem toe dan maak je van de auto een *mild hybrid*. Die kan niet echt elektrisch rij-

den, maar wel tijdens het parkeren elektrisch manoeuvreren, regeneratief remmen en tijdens het accelereren een *boost* geven.'

### TOEKOMST

'Het is moeilijk te bepalen welke kant het op gaat voor personenauto's. Het is een niet rationele markt. Personenauto's worden verkocht op emotionele gronden. Mensen zijn bereid een flinke meerprijs te betalen voor bepaalde snufjes of een bepaald cilindertal. Voor bedrijfswagens is het duidelijk, daar moet een technische ontwikkeling simpelweg economisch verantwoord zijn', aldus Rondel.

'CVT en MTA zijn het meest in opkomst, vooral vanwege het toenemend aantal files in Europa. Sportwagens als Ferrari, Lamborghini en Aston Martin die het imago van autorijden kunnen veranderen zijn zelfs ook al verkrijgbaar met MTA. Maar zolang je nog als een watje wordt gezien als je geen koppelpedaal in je auto hebt, kan een grootschalige doorbraak van CVT en MTA op zich laten wachten.'

### INTERNETBRONNEN

[www.zf.com](http://www.zf.com)

Transmissiefabrikant ZF

[www.nsk.com](http://www.nsk.com)

Transmissiefabrikant NSK

[www.jatco.co.jp](http://www.jatco.co.jp)

Transmissiefabrikant Jatco

[www.luk.de](http://www.luk.de)

Transmissiefabrikant LuK

[www.zero-inertia.com](http://www.zero-inertia.com)

Het systeem Zero Inertia (ZI) dat de CVT nog zuiniger maakt

[www.torotrak.com](http://www.torotrak.com)

Transmissiesysteem IVT van Toro-trak

[www.antonov-transmission.com](http://www.antonov-transmission.com)

Antonov Automotive Technologies

[www.scramgears.com](http://www.scramgears.com)

Transmissiesysteem Scram (Simple Continuous Ratio Adjusting Machine) van Scram Technology

[www.toyota.com](http://www.toyota.com)

Autofabrikant Toyota met de Prius

[www.automotive.tno.nl](http://www.automotive.tno.nl)

TNO Wegtransportmiddelen

*'De tweede achterwaartse versnelling is speciaal voor achteruitrijden in de sneeuw'*

Als het lukt proberen we het prototype al eerder aan te bieden voor testen.' Antonov zal in september ook een vergelijking presenteren tussen de Antonov zesversnellingsbak en de MTA vijfversnellingsbak uit de Opel Corsa. 'Beide transmissies worden getest in dezelfde Opel Corsa om verschillen tussen twee auto's uit te sluiten.'

Op de Franse landweggetjes rond Le Mesnil-Amelot kon ik al wel een Opel Corsa uitproberen voorzien van een Antonov prototype vierversnellingsbak. De nieuwste zesversnellingsbak ligt dan immers nog half gemonteerd op de werkbank. 'Voor een prototype zijn we erg tevreden over de rijkwaliteit en het