

Les boîtes de vitesses à double embrayage arrivent en série sur les tracteurs

Plus de confort, plus d'efficacité

Les boîtes à double embrayage ne sont pas une nouveauté, loin s'en faut, mais ce fut long avant de les voir apparaître de série sur des tracteurs. Elles n'ont que des avantages : amélioration de l'efficacité, baisse de la consommation et donc des frais de fonctionnement et, dans le même temps, accroissement du confort de conduite.

Dans le domaine de la transmission de l'effort sur les tracteurs, et notamment de la boîte de vitesses, les ingénieurs recherchent continuellement des possibilités d'accroître l'efficacité, afin de réduire la consommation et, partant, les frais de fonctionnement, mais sans compromettre le confort. La technologie des boîtes à double embrayage, présente depuis quelque temps dans le monde de l'automobile, fait son apparition sur les tracteurs.

Les boîtes à double embrayage, une solution déjà éprouvée

La boîte DSG de VW est utilisée de série depuis 2003, mais la première transmission dotée d'un double embrayage a été brevetée dès 1939 par Adolphe Kégresse. En 1940, Rudolf Franke, technicien agricole a déposé un brevet pour son idée, qui devait permettre un passage des vitesses sans rupture de couple sur les véhicules utilitaires lourds. Toutefois, ces boîtes n'ont jamais été montées sur des véhicules de série. Dans les années 1980, Audi et Porsche ont repris le système pour des véhicules de compétition. Le principe a commencé à se populariser dans l'agriculture en 1991, lorsque les constructeurs ont installé des doubles embrayages pour les tripleurs de gamme de vitesses ainsi que pour le passage de la marche arrière. Le principe du double embrayage a été utilisé à partir de 2009 par CNH, pour le changement de démultiplication dans les transmissions de tracteur à variation continue. En 2012, John Deere a commercialisé une boîte de vitesses à train épicycloïdal reprenant ce principe.

La percée du système grâce à l'électronique moderne

A l'instar des transmissions à variation continue, c'est grâce à l'électronique moderne que les systèmes à double embrayage ont pu percer. En effet, avec les commandes électroniques, les possibilités d'utilisation de ces boîtes de vitesses sont presque illimitées. L'interface avec d'autres éléments, notamment le moteur ou l'hydraulique, ouvre la voie à une automatisation graduelle de l'ensemble du véhicule.

Passer les vitesses comme en Formule 1

Avec la boîte de vitesses à train épicycloïdal DirectDrive de John Deere, les rapports sont passés mécaniquement sous charge par l'intermédiaire de syn-

Die Doppelkupplungsgetriebe wurden zwar schon lange erfunden, es dauerte aber eine Weile, bis sie nun auch in Traktoren serienmässig zum Einsatz kommen. Das Resultat ist nur positiv: verbesserter Wirkungsgrad, tieferer Kraftstoffverbrauch und dadurch Reduktion der Betriebskosten mit gleichzeitig erhöhtem Fahrkomfort.

Die Gang-Geschwindigkeiten | Vitesses sur chaque rapport

Endgeschwindigkeiten bei Nenndrehzahl | Vitesses finales au régime nominal

Fahrbereich Gamme de vitesses	A	B	C (40/50 km/h-Version) (version à 40 et à 50 km/h)
1. Stufe / 1 ^{er} rapport	2.7	5.4	13.8/16.5 km/h
2. Stufe / 2 ^e rapport	3.3	6.6	16.7/20.0 km/h
3. Stufe / 3 ^e rapport	4.1	8.1	20.5/24.5 km/h
4. Stufe / 4 ^e rapport	4.9	9.8	24.9/29.7 km/h
5. Stufe / 5 ^e rapport	6.0	12.0	30.4/36.4 km/h
6. Stufe / 6 ^e rapport	7.3	14.5	36.9/44.1 km/h
7. Stufe / 7 ^e rapport	8.9	17.7	45.1/53.9 km/h
8. Stufe / 8 ^e rapport	10.8	21.5	54.6/65.3 km/h ¹⁾

Zusammen mit dem ebenfalls synchronisierten Gruppengetriebe (A, B und C) ergeben sich insgesamt 24 Gänge vorwärts und mit dem vorgeschalteten Wendegetriebe auch rückwärts.

Avec le groupe-relais (A, B et C) lui aussi synchronisé, on obtient un total de 24 rapports avant, et 24 rapports en marche arrière avec l'inverseur en amont.

¹⁾ 40 km/h bei 1538 U/min, 50 km/h bei 1608 U/min

¹⁾ 40 km/h à 1538 tr/min, 50 km/h à 1608 tr/min

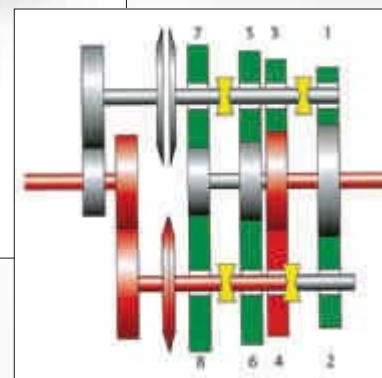
Doppelkupplungsgetriebe nun auch in Traktoren serienmässig eingebaut

Hoher Fahrkomfort, guter Wirkungsgrad



Zwei Schaltwellen mit 8 synchronisierten Gängen und je einer Mehrscheiben Schaltkupplung.

Deux arbres de commande, avec 8 rapports synchronisés et un embrayage multi-disques par arbre.

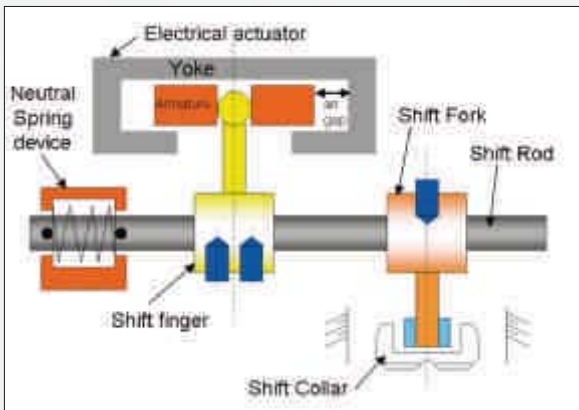


In der Kraftübertragung von Traktoren in Bezug auf das Getriebe wird laufend nach Möglichkeiten gesucht, bei hohem Komfort die Effizienz, sprich den Wirkungsgrad zu verbessern, um damit gleichzeitig auch den Kraftstoffverbrauch und somit die Betriebskosten zu senken. Die Doppelkupplungstechnologie, welche schon längere Zeit im Automobilbau zu finden ist, kommt nun auch im modernen Traktorengetriebe zur Anwendung.

Doppelkupplungsgetriebe hat eine lange Geschichte

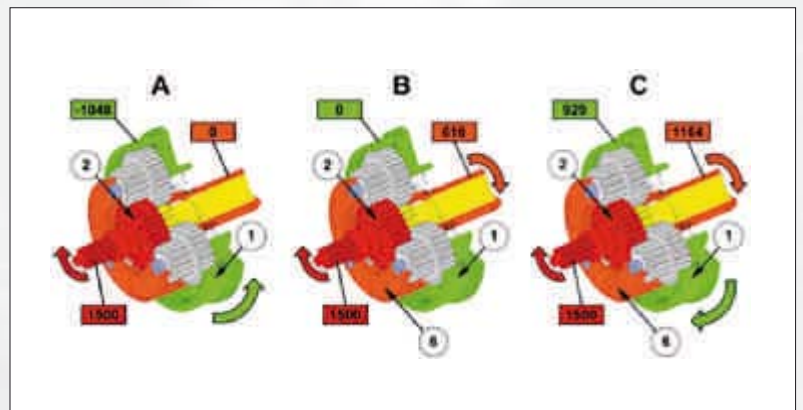
Das Doppelkupplungsgetriebe DSG von VW wird seit 2003 serienmässig in Personenwagen verbaut. Das erste Getriebe mit Doppelkupplung wurde allerdings bereits 1939 von Adolphe Kégresse zum Patent angemeldet. Der Landtechniker Prof. Rudolf Franke hat 1940 seine Idee patentieren lassen. Das Schalten ohne Zugkraftunterbrechung bei schweren Nutzfahrzeugen sollte damit ermöglicht

werden. Solche Getriebe wurden aber nie in Serienfahrzeugen verbaut. In den 1980er-Jahren haben Audi und Porsche das System für den Rennsport wieder aufgegriffen. Breitere Anwendung fand das Prinzip in der Landwirtschaft erst, als Hersteller 1991 die Dreifach-Lastschaltung und die Reversierung über Doppelkupplungen realisierten. Ab 2009 wurde das Doppelkupplungsprinzip dann im stufenlosen leistungsverzweigten Traktorgetriebe bei CNH für den



Die Schaltgabeln werden mit elektromagnetischen Aktuatoren betätigt.

Les fourchettes sont actionnées par des actionneurs électromagnétiques.



Summierungsplanetengetriebe mit Hohlrad (grün), Planetenträger (orange), Eingangssonnenrad (rot) und Ausgangssonnenrad (gelb).

Train planétaire composite avec couronne (en vert), porte-satellites (en orange), pignon planétaire d'entrée (en rouge) et pignon planétaire de sortie (en jaune).

chros. Des actionneurs électromagnétiques permettent en effet de présélectionner les rapports hors charge (ce qui autorise un passage rapide, comme en Formule 1). Le passage effectif des rapports est ensuite assuré par deux embrayages sur les arbres de commande. Ainsi, à chaque passage de rapport, le système passe d'un arbre à l'autre, sur lequel se trouve le pignon pair ou impair. Un inverseur permet de sélectionner la marche arrière. Ce système, qui est en réalité une transmission mécanique, associe le confort de conduite et les propriétés d'une boîte moderne à train épicycloïdal et l'excellente efficacité d'une boîte manuelle.

Dans la boîte CNH à variation continue, le passage entre les différentes démultiplications (pignons F1 – F4 et R1 – R2) est assuré par un double embrayage. Le couple d'entrée du moteur à explosion est amené au pignon planétaire d'entrée (2) ainsi qu'à la pompe à cylindrée variable de la transmission hydrostatique. Le moteur à cylindrée constante de celle-ci est relié à la couronne (1) et commande le stator. L'entraînement du train planétaire composite avec deux pignons planétaires se fait par le porte-satellites (6) pour les rapports impairs et par le pignon planétaire de sortie pour les rapports pairs. Les deux embrayages sur l'entraînement permettent de synchroniser le changement

Wechsel der Übersetzungen angewendet. Ein Lastschaltgetriebe nach dem Doppelkupplungsprinzip hat 2012 John Deere auf den Markt gebracht.

Durchbruch durch moderne Steuerelektronik

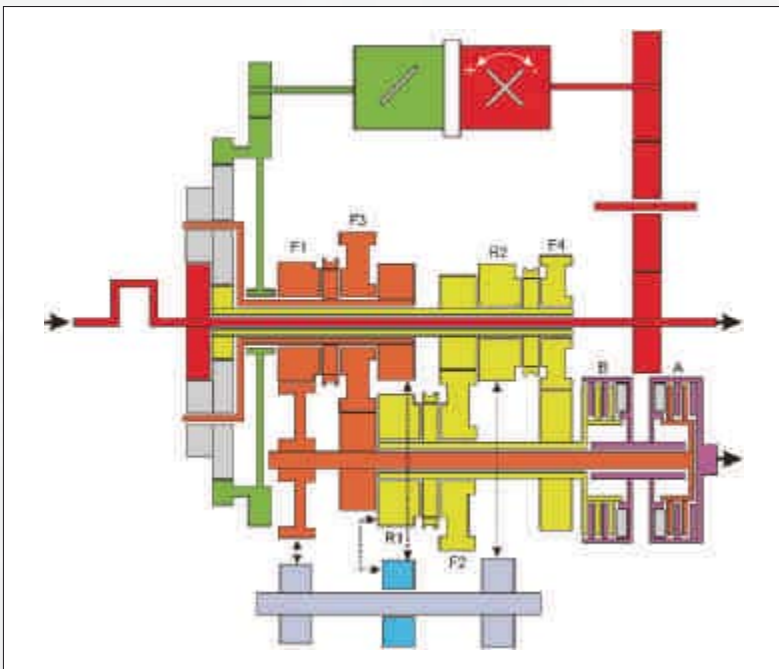
Wie bei stufenlosen Antrieben wurde auch bei der Doppelkupplungstechnik der Durchbruch erst durch die moderne Steuerelektronik ermöglicht. Mit der elektronischen Steuerung sind die Anwendungsmöglichkeiten von solchen Getriebeeinheiten beinahe grenzenlos. Das Zusammenarbeiten mit anderen Komponenten, wie Motor oder Hydraulik, eröffnet eine schrittweise Automatisierung des ganzen Fahrzeuges.

Schaltvorgang wie in der Formel 1

Beim Einsatz als Lastschaltgetriebe DirectDrive von John Deere werden die Gänge mechanisch über

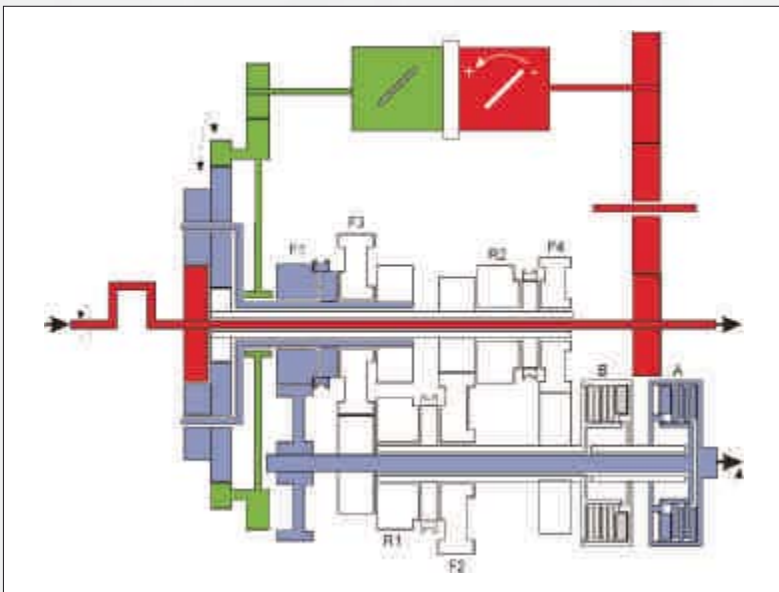
eine Synchronisation unter Last gewechselt. Das ist möglich, weil die Synchronisation unbelastet über elektromagnetische Aktuatoren (für einen schnellen Schaltvorgang wie bei den Formel-1-Fahrzeugen) vorgewählt wird. Der eigentliche Gangwechsel erfolgt dann über die zwei Kupplungen auf den Schaltwellen. So wird bei jedem Gangwechsel von der einen auf die andere Schaltwelle gewechselt, wo sich entweder die geraden oder ungeraden Gänge befinden. Über ein Wendegerieße werden die Rückwärtsgänge sichergestellt. Obwohl es sich eigentlich um ein mechanisches Schaltgetriebe handelt, hat es den Fahrkomfort und die Eigenschaften von einem modernen Lastschaltgetriebe mit dem guten Wirkungsgrad vom mechanischen Schaltgetriebe.

Im leistungsverzweigten Getriebe von CNH werden die verschiedenen Übersetzungen (Gang F1 – F4 und



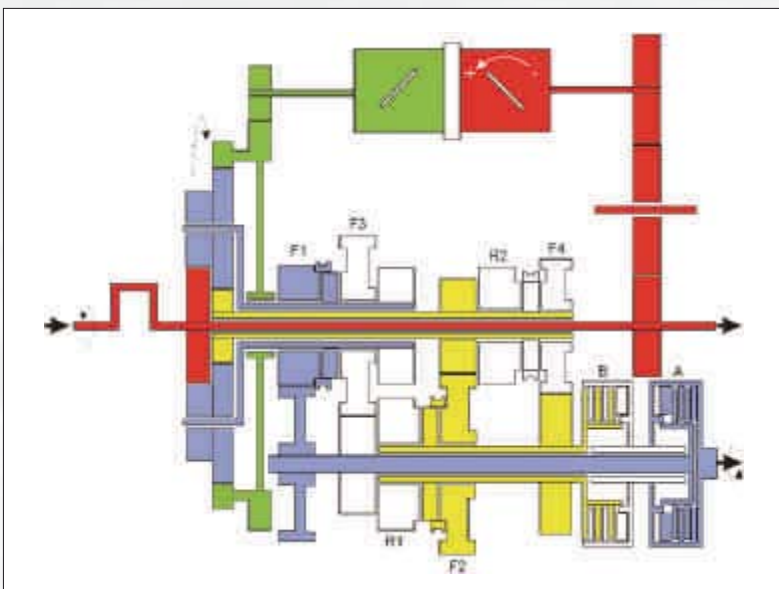
Leistungsverzweigtes (Stufenlos-) Getriebe mit 4 Vorwärts- und 2 Rückwärtsübersetzungen.

Transmission à variation continue avec 4 rapports avant et 2 rapports arrière.



Der Gang F1 ist eingelegt. Der Antriebsstrang vom Summierplanetengetriebe / Planetenträger über den Gang F1 zur Kupplung A ist kraftschlüssig. Der Schwenkwinkel der Schwenkscheibe im Hydrostaten wird zum Erhöhen der Fahrgeschwindigkeit in Richtung positiven Schwenkwinkel (+) verstellt.

Le rapport F1 est engagé. Le groupe motopropulseur du satellite sommateur / porte-satellites est engagé via le rapport F1 vers l'embrayage A. L'angle d'articulation du plateau cyclique de la transmission hydrostatique est réglé dans le sens de l'angle d'articulation positif (+) pour augmenter la vitesse d'avance.



Der Gang F2 wird während des Beschleunigens bei einem definierten Schwenkwinkel, kurz bevor der Schaltpunkt F1 - F2 erreicht ist, eingelegt. Somit sind die Voraussetzungen gegeben, dass durch Öffnen der Kupplung A und Schliessen der Kupplung B der Antriebsstrang über den Gang F2 kraftschlüssig wird.

Le rapport F2 est engagé pendant l'accélération à un angle d'articulation défini, peu avant que le point de changement de rapport F1 - F2 ne soit atteint. Ce qui crée les conditions préalables nécessaires, à savoir qu'en ouvrant l'embrayage A et en fermant l'embrayage B, le groupe motopropulseur est engagé via le rapport F2.

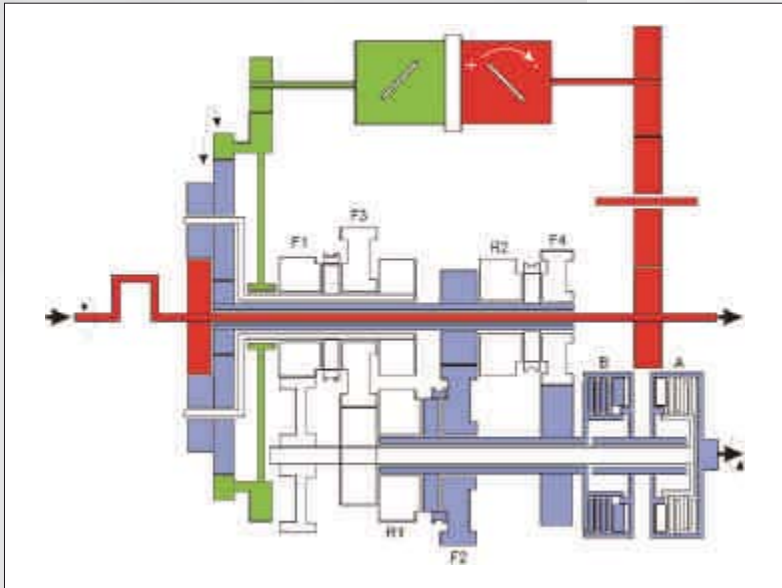
de démultiplication en évitant toute rupture de couple. Deux rapports sont alors brièvement engagés en même temps et les embrayages transmettent l'effort. Cela permet d'éviter les freinages et les manœuvres d'embrayage, qui réduisent l'efficacité, ainsi que les ensembles d'engrenages planétaires compliqués. Contrairement aux transmissions à train épicycloïdal, les boîtes de vitesses à variation continue ne nécessitent pas non plus d'inverseurs ni de groupes-relais.

Stefan Marti

R1 – R2) mit dem Doppelkupplungsprinzip sichergestellt. Die Eingangsdrehzahl vom Verbrennungsmotor wird auf das Eingangssonnenrad (2) und gleichzeitig auf die Verstellpumpe des Hydrostaten geleitet. Der Konstantmotor des Hydrostaten ist mit dem Hohlrad (1) verbunden und steuert den Stator. Der Abtrieb vom Summierungsplanetengertriebe mit zwei Sonnenrädern erfolgt für die ungeraden Gänge über den Planetenträger (6) und bei den geraden Gängen über das Ausgangssonnenrad. Mit den zwei Kupplungen auf dem Ab-

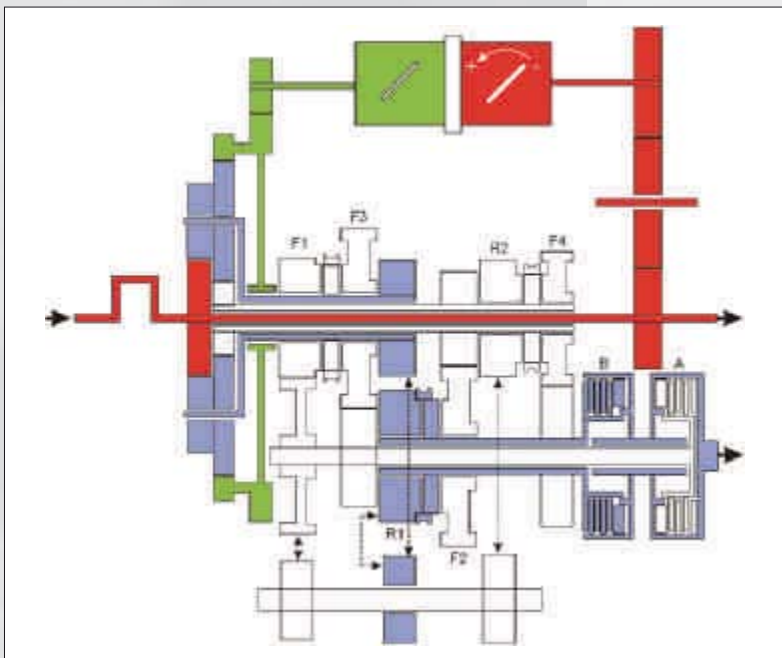
trieb kann nun die Übersetzung bei Gleichlauf gewechselt werden, ohne den Kraftfluss zu unterbrechen. Dabei sind kurzzeitig zwei Übersetzungen gleichzeitig im Eingriff und die Kupplungen übergeben den Kraftverlauf. Auf wirkungsgradmindernde Bremsen und Kupplungen und aufwendig geschaltete Planetensätze kann dabei verzichtet werden. Im Unterschied zum Lastschaltgetriebe wird beim leistungsverzweigten Getriebe auch kein Gruppen- und Wendegetriebe benötigt.

Stefan Marti



Der Gang F2 ist eingelegt. Der Antriebsstrang vom Summierungsplanetengertriebe / Sonnenrad über den Gang F2 zur Kupplung B ist kraftschlüssig. Der Schwenkwinkel der Schwenkscheibe im Hydrostaten wird zum Erhöhen der Fahrgeschwindigkeit in Richtung negativen Schwenkwinkel (-) verstellt.

Le rapport F2 est engagé. Le groupe motopropulseur du satellite sommateur / planétaire est engagé via le rapport F2 vers l'embrayage B. L'angle d'articulation du plateau cyclique de la transmission hydrostatique est réglé dans le sens de l'angle d'articulation négatif (-) pour augmenter la vitesse d'avance.



Der Gang R1 ist eingelegt. Der Antriebsstrang vom Summierungsplanetengertriebe / Planetenträger über den Gang R1 zur Kupplung B ist kraftschlüssig. Der Schwenkwinkel der Schwenkscheibe im Hydrostaten wird zum Erhöhen der Fahrgeschwindigkeit in Richtung positiven Schwenkwinkel (+) verstellt.

Le pignon R1 est engagé. Le groupe motopropulseur du satellite sommateur / porte-satellites est engagé via le rapport R1 vers l'embrayage B. L'angle d'articulation du plateau cyclique de la transmission hydrostatique est réglé dans le sens de l'angle d'articulation positif (+) pour augmenter la vitesse d'avance.