

Steer-by-Wire:

# Lenken mit mehr Freiheit und Komfort

Das Lenken per Elektronik hat einige Vorteile. Eine Lenksäule wird überflüssig, und das Drehen von Kabine oder Fahrersitz ist deutlich einfacher zu lösen. profi-Redakteurin Anja Böhrnsen erklärt Ihnen, was es mit Steer-by-Wire auf sich hat.

**E**lektronisches Lenken (in der Fachwelt Steer-by-Wire genannt, zu deutsch „Lenken-per-Draht“) ist in der Landwirtschaft nicht neu. Traktoren mit Rüfa lenken in der Rückfahrposition elektronisch, z.B. über ein kleines Drehrad in der Armlehne. Bei Selbstfahrern mit Hundeganglenkung oder bei Anhängern mit gelenkten Achsen werden schon heute die Lenkeinschläge der nachlaufenden Achsen elektronisch gesteuert. Bekannt ist die elektronische Lenkung auch von GPS-gestützten Automatiklenkungen. Hierbei wird das Lenkorbitrol in der Lenksäule außer Kraft gesetzt und die Lenkeinschläge durch ein elektro-hydraulisches Proportionalventil ausgelöst. Die Befehle erhält das Ventil über einen Steuercomputer.

Aus Sicherheitsgründen haben all diese Systeme allerdings bislang keine Straßenzulassung. Denn es wäre auf der Straße fatal, wenn die elektronische Lenkung ausfällt. Ein schwerer Unfall wäre vorprogrammiert. Deshalb muss die elektronische Lenkung bei Straßenfahrt abgeschaltet werden. Große Maschinen mit zusätzlich gelenkten Achsen wie beispielsweise Rübenroder sind dadurch weniger manövrierfähig. Da kann es auf kurvigen schmalen Straßen schon mal eng werden. Oftmals wird dann doch die elektronische Lenkung zuschaltet – obwohl es nicht erlaubt ist. Bei Flugzeugen ist das Steer-by-Wire hingegen Stand der Technik. Und auch in einigen anderen Off-Road-Bereichen (z.B. Baumaschinen, Schneepisten-Raupen) hat sich das elektronische Lenken längst durchgesetzt. Damit die Lenkung immer zuverlässig lenkt, muss das System redundant aufgebaut sein. Das heißt, Sensoren, Kabel, Energieversorgung, Steuerventile müssen mehr als einmal

vorhanden sein. So bleibt das Fahrzeug noch lenkfähig, wenn ein Regelkreis ausfällt, weil beispielsweise ein Sensor falsche Signale liefert, ein Kabel bricht, ein Ventil klemmt oder die Spannungsversorgung zusammenbricht. Dabei überprüft sich die Elektronik ständig selbst. Wird ein sicherheitsrelevanter Fehler erkannt, schaltet sie auf „Notbetrieb“ um. Das Fahrzeug bleibt lenkbar. Trotzdem sollte möglichst bald eine Werkstatt angefahren werden. Denn auch die unabhängig arbeitende Rückfallebene könnte ausfallen. Von der neuen Technologie wird erwartet, dass sie mindestens genauso sicher ist, wie eine herkömmliche Lenkung mit mechanischen Übertragungswegen.

Der TÜV überprüft die Einhaltung der Sicherheitsbestimmungen (Norm IEC/EN/SN 61508), indem er unter anderem während der Fahrt auf einer Teststrecke schwerwiegende Fehler wie z.B. einen Kurzschluss am Lenkventil simuliert. Die Elektronik muss hier sehr schnell reagieren und innerhalb von Sekundenbruchteilen auf den zweiten (Not-)Regelkreis umschalten. Denn das Fahrzeug darf nicht ausbrechen, sondern muss den eingeschlagenen Kurs halten.

Auch im Automobilbereich gibt es bisher noch kein straßenzugelassenes Fahrzeug, das ganz ohne eine mechanische Verbindung zwischen Lenkrad und gelenkten Rädern also rein Steer-by-Wire lenkt. In der Entwicklung sind solche Systeme schon seit einiger Zeit. So hat beispielsweise die Elektronikfirma TTTech ein Versuchsfahrzeug mit Steer-by-wire ausgestattet, um die Elektronik zu testen. In der Schweiz arbeitet die Berner Fachhochschule daran, eine Joystick-Lenkung für stark Körperbehinderte zu entwickeln. Noch in diesem Jahr soll ein Prototyp des Fahrzeugs mit dem „Joysteer“ vorgestellt werden. Das Projekt wird vom TÜV Rheinland begleitet.



Die Elektronikfirma TTTech testet das Lenken und Fahren per Draht (Steer-/Drive-by-Wire).

Genauso aktiv sind die Entwickler in der Landmaschinen- und Baumaschinenbranche. Hier gibt es bereits erste Testschlepper, die mit einer elektronischen Lenkung ausgestattet sind. Beispielsweise haben die italienischen Firmen Ognibene (Hersteller für Lenkhydrauliksysteme) und TTControl-TTech Off-Highway (Elektronikhersteller für Bau- und Landmaschinen) gemeinsam einen Traktor mit einer redundant aufgebauten Steer-by-Wire-Technik ausgestattet.

Außerdem durfte profi kurz vor der Agritechnica einen Claas Xerion 3000 fahren, in den die Firma Mobil Elektronik ihr „Fail operational“ Lenksystem eingebaut hatte. Der Begriff „Fail operational“ bedeutet, dass die Anlage, in diesem Fall die Lenkung, im Fehlerfall weiterarbeitet. Unser erster Eindruck: „Wenn wir nicht gewusst hätten, dass der Schlepper elektronisch anstatt hydraulisch lenkt, hätten wir es nicht bemerkt. Lediglich am Lenkansschlag gab es nicht das unangenehm pfeifende Geräusch der Hydraulik.“ Aber wie schon gesagt, bei allen diesen Fahrzeugen handelt es sich noch um Versuchsmaschinen, die keine Straßenzulassung haben. Ob und wann eine erste Straßenzulassung für einen Steer-by-Wire-Traktor oder ein „Joysteer“-Auto erteilt wird, ist noch ungewiss. Experten gehen davon aus, dass im Bereich der Land- und Baumaschinen voraussichtlich nicht vor 2012 Fahrzeug-

Claas hat einen Versuchsschlepper mit einer Steer-by-Wire-Lenkung von Mobil Elektronik ausgestattet. Fotos: Böhrnsen

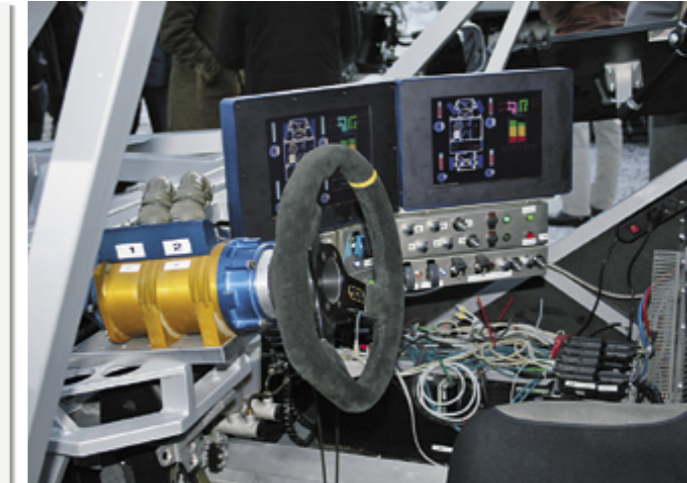


einschlag notwendig, um einen großen Lenkwinkel an den Räder zu erzeugen. Bei schneller Straßenfahrt darf das wiederum nicht sein, sonst landet man bei hektischen Lenkbewegungen am Ende im Graben. Hier muss die elektronische Lenkung träger reagieren.

Damit der Fahrer eines Steer-by-Wire-Fahrzeugs das Gefühl zum Boden nicht verliert, wird in der Regel ein (richtiges) Lenkrad mit elektronischem Lenkkräftsimulator eingebaut. Dieser brems

die Drehbewegungen am Lenkrad. Je schneller das Fahrzeug fährt, desto schwergängiger wird das Lenkrad.

Denn das elektronische „Lenkrad“ ist eigentlich nur ein Drehpotentiometer, das aufgrund seiner Auslenkung aus der Grundposition entsprechende elektronische Signale an einen Steuercomputer weitergibt. Man könnte es rein theoretisch



Das elektronische Lenkrad ist ein Drehpotentiometer, das entsprechend seiner Auslenkung Steuersignale erzeugt.

ge mit elektronischer Lenkung zur Verfügung stehen werden, die für den Straßenverkehr zugelassen sind.

Dennoch liegen die Vorteile einer Steer-by-Wire-Lenkung auf der Hand:

- Es ist keine Lenksäule erforderlich. Dadurch eröffnen sich den Fahrzeugentwicklern mehr Gestaltungsmöglichkeiten. In der Fahrerkabine ist mehr Platz.
- Das Lenkrad kann sehr klein oder auch als Joystick konstruiert sein.
- Ein Lenkorbitrol wird überflüssig. Somit müssen keine Hydraulikleitungen ins Innere der Kabine verlegt werden. Es gibt keine Lenkgeräusche und keine Wärmeabgabe durch die Lenkhydraulik in der Kabine.
- Weil es weder eine mechanische noch eine hydraulische Verbindung zum Lenkrad in der Kabine gibt, lassen sich z.B. in Traktoren oder Baumaschinen Sitz oder Kabine ohne großen Aufwand drehen. Darüber hinaus ist eine vollständige Schwingungsentkopplung zwischen Fahrgestell und Kabine möglich.

Außerdem lässt sich eine elektronische Lenkung programmieren. Dadurch könnte sie bei langsamer Fahrt anders reagieren als bei schneller Fahrt. Beispielsweise beim Rangieren wäre nur ein geringer Lenkrad-

auch mit dem kleinen Finger bedienen. Das wäre jedoch für die meisten Fahrer sehr gewöhnungsbedürftig.

Der Steuercomputer wandelt die Signale vom Drehpotentiometer des Lenkrads in Befehle für die Lenkventile um. Lenkwinkelsensoren an den gelenkten Rädern überwachen die Radeinschläge. Der Rechner vergleicht ständig den Sollwert mit dem Istwert und regelt entsprechend nach. Das verbessert ebenfalls den Fahrkomfort, weil eine einmal vom Fahrer eingestellte Fahrtrichtung erhalten bleibt. In Mittel-/Neutralposition fährt das Fahrzeug schnurgeradeaus. Durch Bodenebenheiten verursachte Lenkeinschläge korrigiert die Elektronik von selbst, ohne dass der Fahrer eingreifen muss.

**Kurz und bündig:** Das elektronische Lenken birgt Potenzial für die Entwicklung von Traktoren und selbstfahrenden Erntemaschinen: mehr Platz in der Kabine, keine störenden Hydraulikleitungen, Programmierbarkeit des Lenkverhaltens, leichtes Integrieren einer Automatiklenkung, mehr Fahrkomfort. Doch noch ist das Zukunftsmusik. Testschlepper fahren zwar schon mit Steer-by-Wire, aber bislang ohne Straßenzulassung.