



## 5 Niveauregelung der Fahrerkabine („Galileo-Cab-System“)

Seit Anbeginn der Entwicklung von selbstfahrenden Arbeitsmaschinen wird kontinuierlich an der Verbesserung des Fahrkomforts gearbeitet, um die enormen physischen Belastungen durch Schwingungen und Stöße zu verringern. Durch verschiedenste schwingungstechnische Einrichtungen wie z.B. Sitzfederung, Vorderachsfederung und Kabinenfederung versuchte man bisher den Fahrkomfort zu verbessern. Der Erfolg, der damit erzielt werden konnte ist beträchtlich. Von der Arbeitsmedizin ist aber bekannt, dass sich nicht nur Schwingungen negativ auf den Menschen auswirken, sondern auch eine schlechte Sitzhaltung bzw. Sitzposition. Eine ständig schlechte Sitzhaltung wie z.B. in der Schule oder im Büro, kann bereits zu irreversiblen Schäden führen. Werden auf den Körper einwirkende Schwingungen und Stöße mit einer ungünstigen Sitzhaltung des Fahrers kombiniert, so wird dieses Problem zusätzlich verschärft. Der Mensch versucht instinktiv eine schiefe Sitzhaltung auszugleichen und den Schwingungen entgegenzuwirken. Die Folgen daraus sind schmerzhafte Verspannungen und Verkrampfungen der Rückenmuskulatur. Verschärft wird dieser Umstand noch durch die eingeschränkte Bewegungsfreiheit des menschlichen Körpers quer zur Fahrtrichtung. Nicht nur beim Fahren in Hanglagen, sondern auch beim Pflügen im ebenen Gelände kämpft der Fahrer mit der schiefen Sitzhaltung. Das Prinzip des Hangausgleiches bzw. Niveauegleiches ist keine neue Erfindung, sondern wird bereits bisher bei verschiedenen Maschinen und Geräten angewendet (Mähdrescher, Maschinen und Geräte für die Berglandwirtschaft, Fahrersitze usw.). Daher war es naheliegend, dass ein Traktorhersteller dieses Prinzip aufgreift und eine Kabine mit Niveauegleich entwickelt.

### 5.1 Funktionsbeschreibung

Eine normale Fahrerkabine wird an ihren Eckpunkten auf Gummielementen über vier doppelwirkende Hydraulikzylinder mit integrierten Positionssensoren getragen (siehe Abb. 5.1). Ein „Gyroskop“ (Sensor für den künstlichen Horizont bei Flugzeugen), das in der Lage ist Neigungsänderungen blitzschnell zu erfassen, meldet die geänderte Lage der Kabine an den Bordcomputer, der wiederum die Befehle zur hydraulischen Regeleinheit weiterleitet, um die Zylinder zu aktivieren. Die Zylinder werden einzeln elektronisch angesteuert und halten dadurch die Kabine bei jeder Schräglage (in allen Richtungen) des Fahrzeuges immer waagrecht.

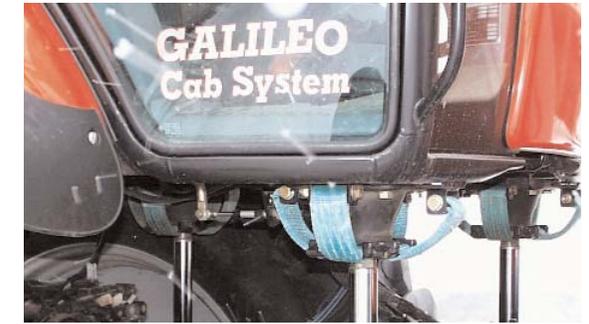


Abb. 5.1: Niveauregelungszyylinder mit Kabinenbefestigung

### Schema Steuerboxen und Sensoren

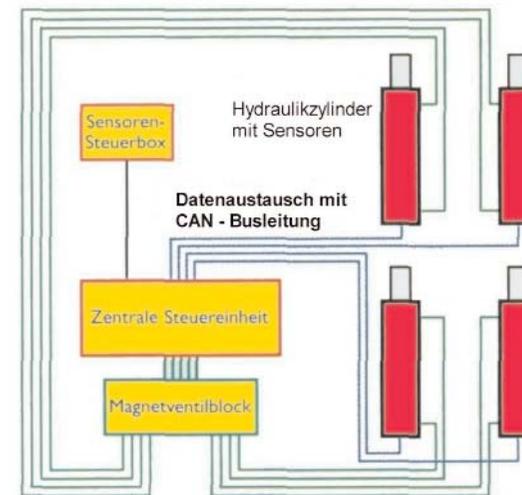


Abb. 5.2: Regelung des Niveauegleiches

Die interne Kommunikation erfolgt über einen CAN-BUS. Fährt der Traktor in eine Schräglage, werden die Hubzylinder aktiviert und die horizontale Lage der Kabine wird eingestellt. Zwei weitere Sensoren messen die Beschleunigung in Längs- und in Querrichtung, um die Wippbewegung der Kabine beim Bremsen, beim Beschleunigen oder bei der Kurvenfahrt zu unterbinden.

### 5.2 Ergebnisse der Untersuchung der Niveauregelung „Galileo-Cab-Systems“:

Im Sommer 2001 wurden im Auftrag der Fa. Same Untersuchungen mit einem „Rubin 200“ mit der Kabinen-Niveauregelung („Galileo Cab System“) an der BLT durchgeführt. Der Einsatzbereich erstreckte sich auf die Test-(Holper)bahnen der BLT und auf verschiedene typischen Praxisarbeiten.

Schwerpunkte der Untersuchung:

- ◆ Regelgenauigkeit des Niveauegleiches
- ◆ Beurteilung von Funktion und Fahrkomfort (mit verschiedenen Testfahrern) im Praxiseinsatz

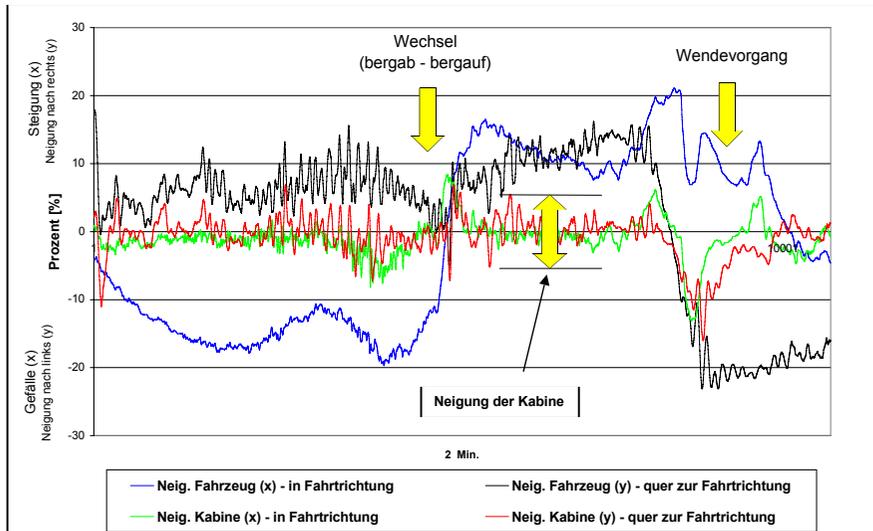


Abb. 5.3: Neigungsverlauf von Traktor und Kabine bei der Fahrt bergauf und bergab beim „Mulchen“ mit 3 km/h

- ◆ Neigungsverlauf und Anpassungsgeschwindigkeit von Fahrzeug und Kabine
- ◆ Einsatzgrenzen (Hangneigung und Fahrgeschwindigkeit)
- ◆ Schwingungstechnische Untersuchung des gesamten Fahrzeuges

Die Bewegungsfreiheit der Wirbelsäule ist in seitlicher Richtung eingeschränkt. Belastungen in dieser Richtung sind für den Fahrer sehr schmerzhaft und führen bei langer Einwirkdauer zu Folgeschäden.

### 5.2.1 EINSATZGRENZEN DER NIVEAU-REGELUNG

Die Niveauregelung arbeitet bis zu einer Fahrgeschwindigkeit von 14 km/h, danach steuert die Kabine in die Ausgangsposition zurück. Die praktische Einsatzgrenze liegt bei ca. 10 km/h Fahrgeschwindigkeit. Fährt man schneller, ist die Niveaueinstellung (Anpassungsgeschwindigkeit) zu träge.

- ◆ 25 % Neigungsausgleich in Fahrtrichtung und in Schichtenlinie möglich
- ◆ 28 % Alarm (akustischer Hupton) in Schichtenlinie
- ◆ 38 % Alarm (akustischer Hupton) in Falllinie
- ◆ 32 % Einziehen der Kabine in Schichtenlinie
- ◆ 45 % Einziehen der Kabine in Falllinie

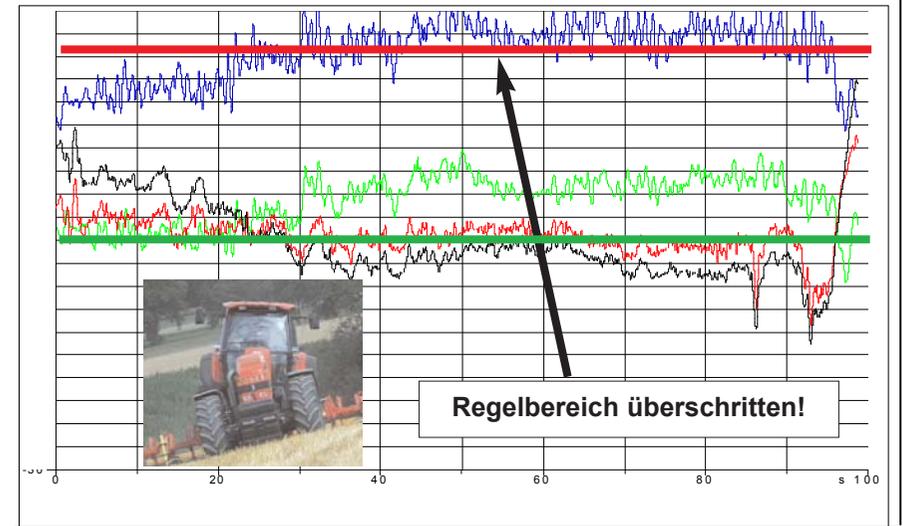


Abb. 5.4: Neigungsverlauf von Traktor und Kabine beim Grubbern (Fahrt in der Schichtenlinie)

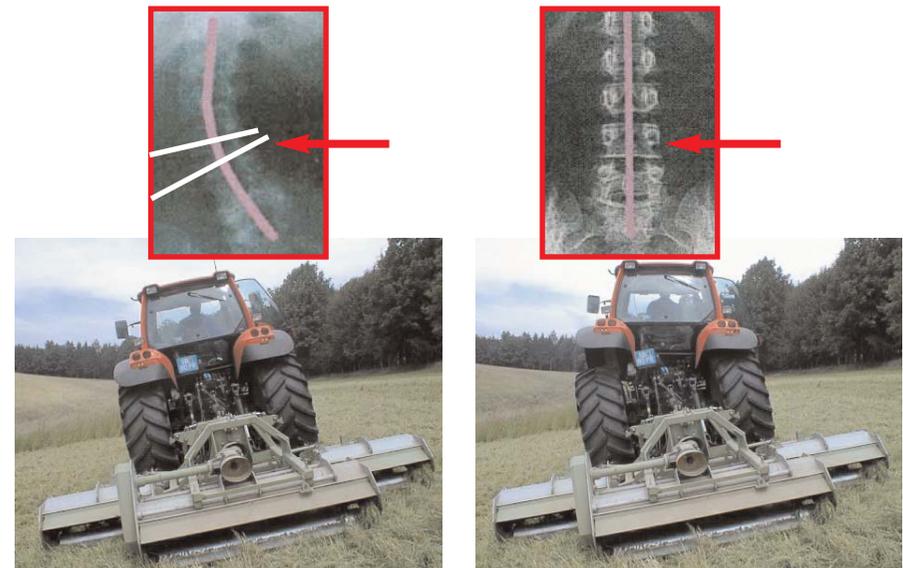


Abb. 5.5: Krümmung der Wirbelsäule durch die Schräglage des Traktors

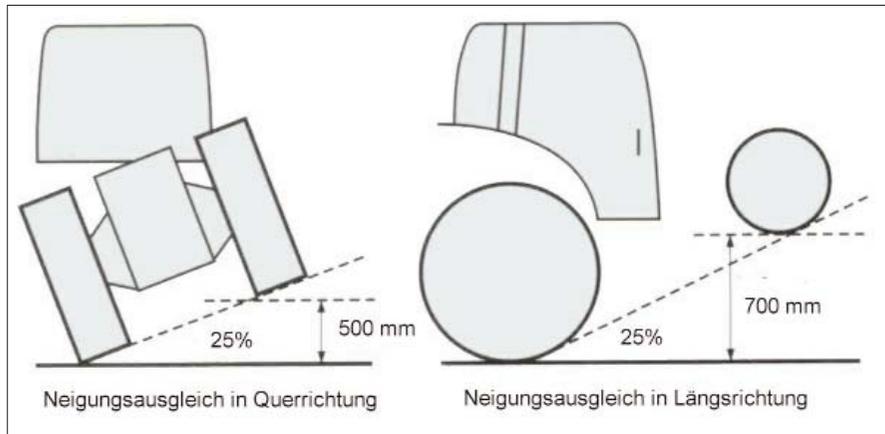


Abb. 5.6: Maximal möglicher Niveaiausgleich in Schichten- und Falllinie

### 5.2.2 MESSUNG DER KÖRPERLICHEN BELASTUNG DES FAHRERS

In Zusammenarbeit mit der AUVA (Allgemeine Unfallversicherungsanstalt), wurde mittels der Messung der Muskelspannung des breiten Rückenmuskels „Latissimus torsi“ versucht, die Belastung des Fahrers mit und ohne Kabinen-Niveauregelung zu bestimmen. Diese Messmethode wird auch „2Pimex EMG-Messung“ oder „Elektromyogramm“ genannt. Bei dieser Methode wird simultan die Muskelspannung des Breiten Rückenmuskels gemessen und mittels Digitalkamera die Bewegungen des Körpers bzw. des Rückens bei der Arbeit aufgezeichnet und online übertragen. Üblicherweise wird diese Methode zur Ermittlung der körperlichen Belastungen am Arbeitsplatz eingesetzt. Dieser Versuch sollte den Zusammenhang der Muskelverspannung durch „schiefes Sitzen“ und der Muskelverspannung aufzeigen. Bei der Auswertung wurde nicht nur ein deutlicher Zusammenhang zwischen Schräglage der Fahrerkabine und der Muskelverspannung, sondern auch ein eindeutiger Zusammenhang zwischen den Schlägen und Stößen, die horizontal quer zur Fahrtrichtung (Wankbewegungen) wirken und der Muskelverspannung festgestellt. So wie der Fahrer versucht, sich bei der Schräglage der Fahrerkabine wieder in die senkrechte Sitzposition zu richten, so versucht er instinktiv, die auftretenden Schwingungsbelastungen quer zur Fahrtrichtung mit der Anspannung der Muskulatur abzufangen. Zum Ausgleich der schrägen Sitzposition wurde eine Lösung mit dem Niveaiausgleich gefunden. Der Niveaiausgleich bewirkt eine erhebliche Verringerung der Sitzbelastung für den Fahrer. Querhorizontalbeschleunigungen in waagrechter Sitzposition sind wesentlich weniger schmerzhaft und belastend für den Fahrer, als in der Schräglage.

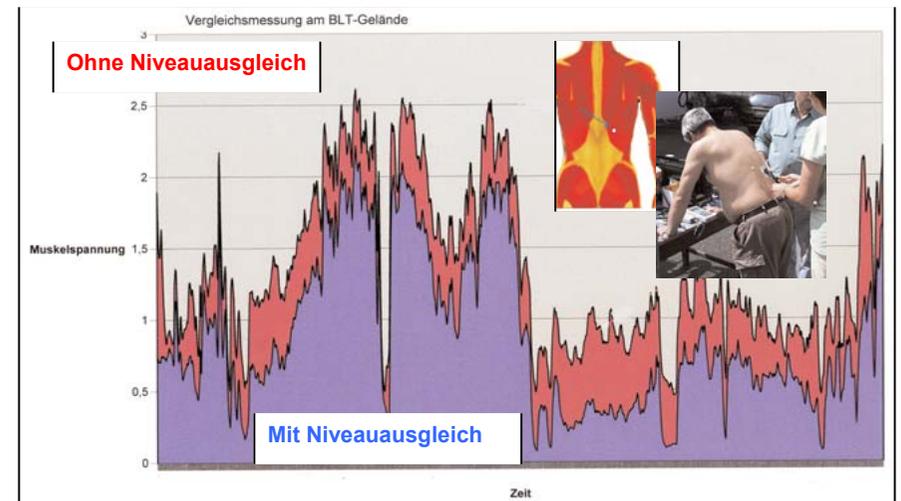


Abb. 5.7: Muskelspannung des breiten Rückenmuskels („Latissimus torsi“) mit und ohne Kabinenniveaiausgleich



Abb. 5.8: Fahrt in der Falllinie mit Niveaiausgleich (25 % Hangneigung)

### 5.2.3 BEURTEILUNG DURCH VERSUCHSFAHRER UND PRAKTIKER

Die subjektive Beurteilung des Fahrgefühls mit der Niveauregelung durch mehrere Versuchsfahrer und Praktiker brachte ein eindeutig positives Ergebnis. Negativ ist zu bemerken, dass der Fahrer durch die ständig waagrechte Sitzposition das Gefühl für die Hangneigung verliert und sich dadurch ungewollt in Grenzbereiche begibt, die zu einem Kippen des Fahrzeuges führen können. Die Beurteilung der Einsatzgrenzen des Traktors am Hang wird nicht mehr durch das natürliche Empfinden des Fahrers festgelegt. In Grenzbereichen muss der Fahrer das akustische Hupsignal in der

Kabine, das die Einsatzgrenzen sowohl in Schichtenlinienfahrt als auch bei Fahrten in der Falllinie anzeigt, unbedingt beachten. Normalerweise führt die jahrelange Routine des Fahrers beim Fahren im Hang zu einem Gewöhnungseffekt, die das subjektive Empfinden der Einsatzgrenze ständig nach oben verschiebt. Bedingt durch die objektive Erfassung der Hangneigung durch die Niveausensoren ist das Verschieben der Einsatzgrenzen des Fahrers nicht mehr möglich.

### **5.2.4 ZUSAMMENFASSUNG - NIVEAUREGELUNG DER KABINE**

Der Niveaueausgleich der Fahrerkabine ermöglicht eine waagrechte Sitzposition bis zu einer Hangneigung von 25%. Durch die entspannte Sitzhaltung werden die Belastungen durch Verspannungen und Verkrampfungen der Muskulatur wesentlich vermindert und die mögliche Arbeitszeit dadurch verlängert. Ein großer Nachteil ist jedoch, dass der Fahrer völlig das Gefühl für die Einsatzgrenzen verliert. Durch die ständig waagrechte Sitzposition kann sich der Fahrer nicht mehr auf sein natürliches Empfinden verlassen. Ein akustischer Hupton signalisiert dem Fahrer das Überschreiten der max. zulässigen Neigung des Fahrzeuges. Dieses Signal muss unbedingt beachtet werden, um nicht in eine gefährliche Fahrsituation zu kommen.

Die Niveauregelung arbeitet bis zu einer Fahrgeschwindigkeit von 14 km/h. Die praktische Einsatzgrenze lag bei den Versuchen bei ca. 10 km/h. Bei höheren Fahrgeschwindigkeiten wird die Niveaunachführung zu träge. Die Ergebnisse der arbeitsmedizinischen Untersuchungen decken sich mit den subjektiven Empfindungen der Testfahrer. Die Beurteilung des Niveaueausgleichs durch verschiedene Landwirte im praktischen Einsatz ist nach anfänglicher Skepsis sehr positiv ausgefallen. Alle Versuchsfahrer waren der Meinung, dass die körperliche Belastung durch die Schräglage des Traktors wesentlich verringert wird. Der Fahrkomfort am Traktor wird nach wie vor hauptsächlich von der Sitzneigung und von den Fahrzeugschwingungen bestimmt. Mit der Kombination von Sitzfederung, Vorderachsfederung und Kabinenfederung wurden bereits eine deutliche Schwingungsreduktion in vertikaler Richtung erreicht. Trotz dieser Federungssysteme ist das Schwingungsaufkommen horizontal quer zur Fahrtrichtung gleichgeblieben. Nachdem sich diese Schwingungen auf den Fahrer sehr belastend auswirken und es außer den Sitzseitenhorizontalfederungen keine wirksamen Einrichtungen dagegen gibt, sind nun die Traktor- und Sitzhersteller gefordert Lösungen zu finden die zu einer wesentlichen Reduktion der Querhorizontalschwingungen beitragen. Für einen optimalen Schwingungskomfort wäre zusätzlich zu den vorhandenen Federungssystemen ein Kabinenniveaueausgleich in Verbindung mit einer effektiven horizontalen Schwingungsdämpfung quer zur Fahrtrichtung notwendig.