



Praxisversuche mit drei  
Wiegeeinrichtungen in der  
Schlepperdreipunkthydraulik

Dr. H. Auernhammer  
Dr. H. Stanzel  
Dipl.-Ing.agr. M. Demmel

Institut für Landtechnik  
Weihenstephan

Bericht  
1988





# Praxisversuche mit drei Wiegeeinrichtungen in der Schlepperdreipunkthydraulik

Dr. H. Auernhammer  
Dr. H. Stanzel  
Dipl.-Ing.agr. M. Demmel

Institut für Landtechnik  
Weihenstephan

Bericht  
1988

### Einleitung

Aufbauend auf die 1986 und 1987 angestellten Laboruntersuchungen an vier unterschiedlichen Sensoren auf ihre Eignung zum Einsatz für die Gewichtsermittlung in der Schlepperdreipunkthydraulik wurden im April und Mai dieses Jahres weitere Messungen im praktischen Feldeinsatz durchgeführt. Ziel der mit nur mehr zwei Sensortypen durchgeführten Tests war es festzustellen, ob im Praxiseinsatz eine ähnlich hohe Genauigkeit erreicht werden kann wie bei den ersten Standversuchen. Außerdem sollte geklärt werden, in wie weit die Laborversuchsergebnisse auch unter praktischen Bedingungen reproduzierbar sind. Hinzu kam mit dem Wiegerahmen eine nicht uninteressante Einrichtung, die bei fehlendem Schwerpunkteinfluß äußerst günstige Einsatzmöglichkeiten eröffnet.

Als Testeinsatz diente das Ausbringen von losem Mineraldünger mittels Schleuderstreuer.

### Versuchsgegenstand

Eingesetzt wurde derselbe 63 kW-Allradschlepper wie in den vorangegangenen Versuchen. Zur Gewichtsermittlung wurden folgende Sensoren eingesetzt:

- Der Drucksensor, Typ BHL 4201 01 03, der Firma TRANSAMERICA, der direkt in die Hydraulikleitung des Heckkrafthebers eingebaut ist. Nach dem Prinzip der Dehnungsmeßstreifentechnik wandelt dieser Sensor hydraulischen Druck in ein elektrisches Signal um.
- Die Kraftsensoren in beiden Hubarmen vom Typ GZ 10 "Gozinta" der Firma REVERE, die ebenfalls mit der Dehnungsmeßstreifentechnik arbeiten. Für sie wurden vom Schlepperhersteller mittels Finite-Elemente-Methode die geeigneten Einbaupunkte in den Hubarmen ermittelt und die Sensoren dort plaziert.

Die analogen Meßsignale, Kleinstspannungen im mV-Bereich, wurden von zwei separaten Meßverstärkern aufbereitet und durch A/D-Wandler in digitale Signale in Rechteckform umgewandelt. Die verwendeten Meßverstärkerbausteine HOTTINGER

MGE 8201 und LOETSCHER CFA 1 zeichnen sich durch einen sehr geringen Meßgerä-  
tefehler aus. Zur Signalweiterverarbeitung sind beiden Verstärkerbausteinen  
Tiefpassfilter nachgeschaltet, die eine langsames Einschwingen des Signals auf  
den neuen Meßwert bewirken. Je ein Spannungsregler und ein Spannungswandler  
bilden die Stromversorgung. Zusätzlich wurden beide Meßverstärker mit Digita-  
lanzeigen versehen die das direkte Ablesen der Signale ermöglichen. Ein  
Schaltschema eines der beiden Meßverstärker zeigt Abbildung 1.

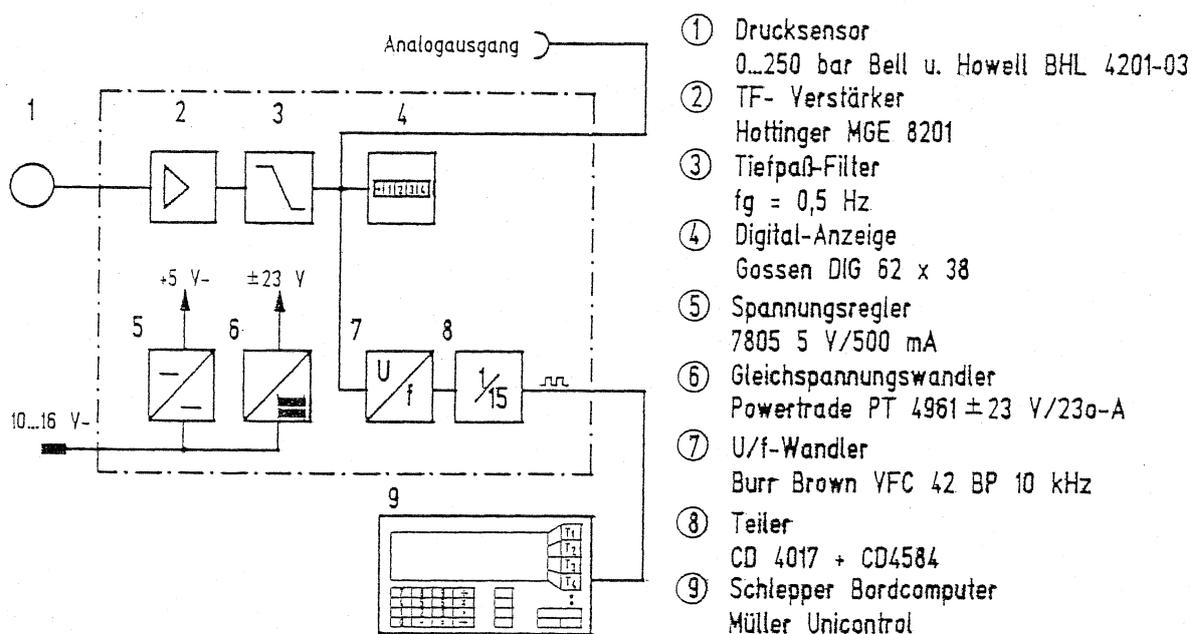


Abbildung 1: Blockschaltbild des Meßverstärkers mit dem Verstärkerbaustein  
HOTTINGER MGE 8201

Die digitalen Signale wurden vom einem, speziell für den Versuchseinsatz modi-  
fizierten Bordcomputer "UNICONTROLL" übernommen und zur späteren Auswertung  
auf Chipkarte abgespeichert. Eine zusätzliche Kontrolle lieferten handschrift-  
liche Aufzeichnungen der Meßsignale während aller Versuchsserien.

Zur Ausbringung des Mineraldüngers wurde ein Zweiseiben Zentrifugalstreuer  
ZAF 603 der Firma AMAZONE mit etwa 600 Liter Fassungsvermögen und 180 kg Ei-  
gengewicht eingesetzt.

Zwischen Schlepperdreipunktgestände und Düngerstreuer wurde ein Wiegerahmen der Firma PFLUGFABRIK LANDSBERG gekoppelt. Das Gerät ist aus zwei, mittels Federstahlbändern gekoppelten Halbrahmen aufgebaut. Der geräteseitige Halbrahmen stützt sich über eine Wägezelle auf dem schlepperseitigen Rahmen ab. Die Wiegeeinrichtung verfügt über eine eigene Meßverstärker- und Anzeigeneinheit und kann Lasten bis 2.000 kg erfassen. Die Anordnung der Sensoren, des Wiegerahmens und des Düngerstreuers in der Dreipunkthydraulik zeigt Abbildung 2.

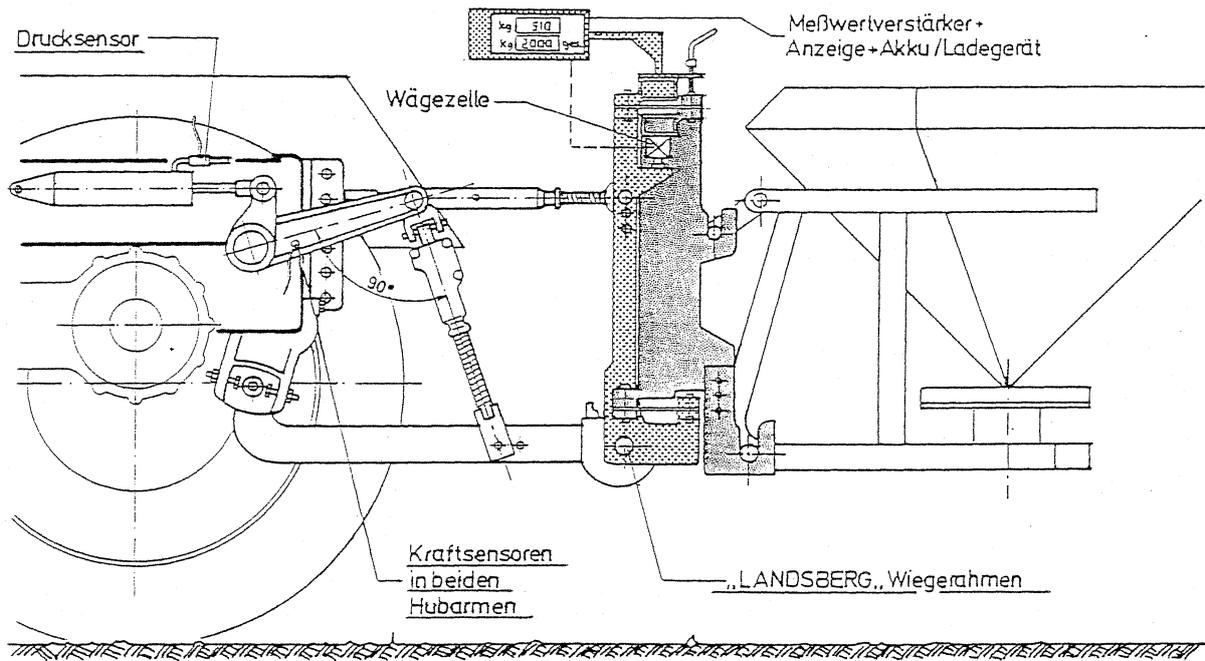


Abbildung 2: Anordnung der drei Wiegesysteme in der Schlepperdreipunkthydraulik

Zur Ermittlung des korrekten Gewichtes des eingefüllten bzw. ausgebrachten Mineraldüngers wurde zu Beginn der Versuche der gesamte Düngerstreuer mittels Schlepperfrontlader an eine Präzisionswägezelle gehängt. Da sich dabei herausstellte, daß die Ergebnisse dieser Verwiegung mit den vom Wiegerahmen angezeigten Gewichten ziemlich genau übereinstimmen wurde für den weiteren Versuchsablauf die Gewichtsanzeige des Wiegerahmens als Referenz gewählt. Dies hatte außerdem einen sehr viel schnelleren Versuchsablauf und dadurch die Möglichkeit für eine sehr große Anzahl von Wiegungen zur Folge.

### Versuchsdurchführung

Die Praxisversuche wurden auf dem Gut Delling bei Wessling durchgeführt. Es konnte die gesamte Frühjahrsdüngung auf den 200 ha LN ausgebracht werden.

Das Gewicht des ausgebrachten Mineraldüngers wurde durch Wiegung vor und nach dem Befüllen des Streuers aus einem Kipper ermittelt. Zur regelmäßigen Kontrolle der ausgebrachten Düngermenge wurden Zwischenwiegun-gen an ebenen Stellen der Schläge vorgenommen. Zusammen mit der Flächenmessung mittels Bord-computer und Radarsensor wurde die aktuelle ausgebrachte Menge pro Fläche bestimmt.

Die Wiegun-gen erfolgten im Stand auf augenscheinlich ebenem Gelände mit laufendem Motor. Die Dreipunkthydraulik wurde vollkommen ausgehoben und bis auf die Wiegeposition abgelassen. In dieser Position befand sich der Wiegerahmen in beinahe senkrechter Stellung, Unterlenker und Oberlenker verliefen beinahe horizontal. Dann wurden die Signale des Drucksensors und der Kraftsensoren festgehalten und das Referenzgewicht des Mineraldüngers am Wiegerahmen abgelesen.

Zwischen den Meßreihen beim Düngerstreuen wurden Kontrollwiegun-gen mit exakt verwogenen Eisenplattengewichten durchgeführt um die Funktionssicherheit aller drei Systeme zu kontrollieren und sie eventuell nachzukalibrieren. Diese Kontrollwiegun-gen erfolgten am Hof bei gleicher Vorgehensweise wie beim Düngerstreuen. Die Gewichtsplatten wurden dabei lotrecht über dem vermuteten Schwerpunkt des Düngerstreuers auf den Behälter des Streuers gelegt.

### Ergebnisse

In den Monaten April und Mai 1988 wurden auf dem Gut Delling mit dem für die Wiegeversuche ausgerüsteten Schlepper rund 410 dt mineralischer Dünger ausgebracht. Es wurden insgesamt 195 Wiegungen aufgezeichnet und ausgewertet.

### Vorversuche

Die Vorversuche, für die noch kein Wiegerahmen zur Ermittlung des Referenzgewichtes zur Verfügung stand, sollten zeigen, inwieweit das Signal des Drucksensors und das der Kraftsensoren linear in Beziehung stehen.

Es stellte sich nach 70 Wiegungen im Vorversuch heraus, daß beide Werte mit 99,9 % Bestimmtheitsmaß miteinander korrelieren.

Aufschluß über die Qualität der einzelnen Wiegesysteme mußten Versuche unter Einbeziehung des Düngerreferenzgewichtes und damit verbunden eine Betrachtung der Wiegefehler bringen.

### Hauptversuch

Im Hauptversuch wurden die Signale vom Drucksensor und von den Kraftsensoren mit dem mittels Wiegerahmen ermittelten Referenzgewicht des Mineraldüngers verglichen. Der leere Mineraldüngerstreuer stellte dabei das Tara dar.

Aus den Lasten und den Nettosignalen des jeweiligen Sensors wurde eine lineare Regression berechnet und das Datenmaterial auf Normalverteilung hin überprüft. Für jede Wiegung wurde über die Regressionsgleichung aus dem Nettosignal dann das ermittelte Gewicht berechnet, mit dem Referenzgewicht verglichen und der Fehler festgehalten. Für die zeitlich verschiedenen Versuchsreihen, die sich auch durch verschiedene Maschineneinstellungen unterschieden, wurden die Vertrauensbereiche der mittleren Fehler und die Stichprobe der Fehler getrennt berechnet.

Die Auswertung von drei Wiegeversuchsserien und drei Kalibrierungsserien führte zu folgenden Ergebnissen:

Tabelle 1: Absolute Fehler bei den Praxisversuchen zur Gewichtsermittlung in der Schlepperdreipunkthydraulik (Vertrauensbereich (p = 95 %) des mittleren Fehlers und der gesamten Stichprobe der Fehler)

Sensoren und Versuch (Wiegungen) (mittl. Last)		Standardabweichung	Vertrauensbereich (p = 95 %) der Fehler			
n	kg	kg	für den Mittelwert	für halbe Spannweite	für die ges. Stichprobe	für halbe Spannweite
kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg
<b>DRUCKSENSOR</b>						
1. Kalibrierung	7,7	7,7	-3,5 - +4,1	+/- 3,8	-14,7 - +15,4	+/- 15,0
n=22 , L=350						
2. Kalibrierung	5,6	5,6	-2,0 - +2,2	+/- 2,1	-10,9 - +11,1	+/- 11,0
n=29 , L=353						
3. Kalibrierung	4,4	4,4	-2,9 - +1,3	+/- 2,1	-9,4 - +7,8	+/- 8,6
n=20 , L=345						
1. Wiegereihe	8,9	8,9	-3,8 - +3,5	+/- 3,7	-17,8 - +17,0	+/- 17,4
n=31 , L=438						
2. Wiegereihe	9,7	9,7	-4,4 - +4,2	+/- 4,3	-19,1 - +18,9	+/- 19,0
n=22 , L=408						
3. Wiegereihe	8,4	8,4	-5,4 - +5,4	+/- 5,4	-16,6 - +16,6	+/- 16,6
n=34 , L=418						
<b>KRAFTSENSOREN</b>						
1. Kalibrierung	3,8	3,8	-2,1 - +1,7	+/- 1,9	-7,6 - +7,2	+/- 7,4
2. Kalibrierung	3,7	3,7	-1,6 - +1,1	+/- 1,4	-7,4 - +7,0	+/- 7,2
3. Kalibrierung	1,7	1,7	-0,8 - +0,8	+/- 0,8	-3,3 - +3,3	+/- 3,3
1. Wiegereihe	5,2	5,2	-2,4 - +1,6	+/- 2,0	-10,6 - +9,7	+/- 10,1
2. Wiegereihe	3,9	3,9	-2,3 - +1,2	+/- 1,8	-8,2 - +7,0	+/- 7,6
3. Wiegereihe	3,8	3,8	-2,6 - +2,2	+/- 2,4	-7,6 - +7,3	+/- 7,5
<b>WIEGERAHMEN</b>						
2. Kalibrierung	2,4	2,4	-4,2 - -2,4	+/- 0,9	-7,9 - +1,3	+/- 4,6
3. Kalibrierung	1,3	1,3	-2,2 - +1,0	+/- 1,6	-4,3 - +1,0	+/- 2,7

Tabelle 2: Relative Fehler bei den Praxisversuchen zur Gewichtsermittlung in der Schlepperdreipunkthydraulik (Vertrauensbereich (p = 95 %) des mittleren Fehlers und der gesamten Stichprobe der Fehler)

! Sensoren		! Standard-! Vertrauensbereich (p = 95 %) der Fehler !					
! und Versuch		!abweichung!		!für den !für halbe ! für die ges. !für halbe !			
! (Wiegungen)		!		!Mittelwert !Spannweite!		! Stichprobe !Spannweite!	
! (mittl. Last)		!		!Mittelwert!		!Stichprobe!	
! n	! kg	! %	! %	! %	!	! %	! %
!-----!-----!-----!-----!-----!-----!-----!							
! DRUCKSENSOR !							
! 1.Kalibrierung	! 2,2	! -1,0 - +1,2!	! +/- 1,1 !	! -4,2 - +4,4 !	! +/- 4,3 !	!	!
! n=22 , L=350	!	!	!	!	!	!	!
! 2.Kalibrierung	! 1,6	! -0,6 - +0,6!	! +/- 0,6 !	! -3,1 - +3,1 !	! +/- 3,1 !	!	!
! n=29 , L=353	!	!	!	!	!	!	!
! 3.Kalibrierung	! 1,3	! -0,8 - +0,4!	! +/- 0,6 !	! -2,7 - +2,3 !	! +/- 2,5 !	!	!
! n=20 , L=345	!	!	!	!	!	!	!
! 1.Wiegereihe	! 2,0	! -0,9 - +0,8!	! +/- 0,9 !	! -4,1 - +3,9 !	! +/- 4,0 !	!	!
! n=31 , L=438	!	!	!	!	!	!	!
! 2.Wiegereihe	! 2,4	! -1,1 - +1,0!	! +/- 1,1 !	! -4,7 - +4,6 !	! +/- 4,6 !	!	!
! n=22 , L=408	!	!	!	!	!	!	!
! 3.Wiegereihe	! 2,0	! -1,3 - +1,3!	! +/- 1,3 !	! -4,0 - +4,0 !	! +/- 4,0 !	!	!
! n=34 , L=418	!	!	!	!	!	!	!
!-----!-----!-----!-----!-----!-----!-----!							
! KRAFTSENSOREN !							
! 1.Kalibrierung	! 1,1	! -0,6 - +0,5!	! +/- 0,6 !	! -2,2 - +2,1 !	! +/- 2,1 !	!	!
! 2.Kalibrierung	! 1,0	! -0,5 - +0,3!	! +/- 0,4 !	! -2,1 - +2,0 !	! +/- 2,1 !	!	!
! 3.Kalibrierung	! 0,5	! -0,2 - +0,2!	! +/- 0,2 !	! -1,0 - +3,3 !	! +/- 2,1 !	!	!
! 1.Wiegereihe	! 1,2	! -0,5 - +0,4!	! +/- 0,4 !	! -2,4 - +2,2 !	! +/- 2,3 !	!	!
! 2.Wiegereihe	! 1,0	! -0,6 - +0,3!	! +/- 0,5 !	! -2,0 - +1,7 !	! +/- 1,9 !	!	!
! 3.Wiegereihe	! 0,9	! -0,6 - +0,5!	! +/- 0,6 !	! -1,8 - +1,7 !	! +/- 1,8 !	!	!
!-----!-----!-----!-----!-----!-----!-----!							
! WIEGERAHMEN !							
! 2.Kalibrierung	! 0,7	! -1,2 - -0,7!	! +/- 0,3 !	! -2,2 - +0,4 !	! +/- 1,3 !	!	!
! 3.Kalibrierung	! 0,4	! -0,6 - +0,3!	! +/- 0,5 !	! -1,2 - +0,3 !	! +/- 0,8 !	!	!
!-----!-----!-----!-----!-----!-----!-----!							

Der Vergleich der jeweils drei Kalibrierungs- und Wiegereihen zeigt für jedes der drei Systeme die charakteristischen Fehlerbereiche. Dabei müssen sowohl die Kalibrierungs- als auch die Wiegereihen als voneinander unabhängige Meßreihen angesehen werden. Abschließend sollen in den Tabellen 3 und 4 die Kalibrierungs- und Wiegereihen der unterschiedlichen Systeme zusammengefasst und nochmals einander gegenübergestellt werden.

Tabelle 3: Absolute Fehler bei den Praxisversuchen zur Gewichtsermittlung in der Schlepperdreipunkthydraulik (Vertrauensbereich (p = 95 %) des mittleren Fehlers und der gesamten Stichprobe der Fehler)

! Sensoren		! Standard-! Vertrauensbereich (p = 95 %) der Fehler !					
! und Versuch		!abweichung!		! für den		! für halbe ! für die ges. ! für halbe !	
! (Wiegungen)		!		!Mittelwert !Spannweite!		! Stichprobe !Spannweite!	
! (mittl. Last)		!		!Mittelwert!		!Stichprobe!	
! n	! kg	! kg	! kg	! kg	! kg	! kg	! kg
!-----!		!-----!		!-----!		!-----!	
! DRUCKSENSOR		!	!	!	!	!	!
! Kalibrierungen		! 5,0	! -2,7 - +2,5!	! +/- 2,6	! -11,6 - +11,5	! +/- 11,6	!
! n=71 , L=350		!	!	!	!	!	!
! Wiegereihen		! 8,9	! -4,6 - +4,4!	! +/- 4,5	! -17,7 - +17,3	! +/- 17,5	!
! n=87 , L=422		!	!	!	!	!	!
!-----!		!-----!		!-----!		!-----!	
! KRAFTSENSOREN		!	!	!	!	!	!
! Kalibrierungen		! 3,2	! -1,5 - +1,2!	! +/- 1,4	! -6,3 - +6,0	! +/- 6,2	!
!		!	!	!	!	!	!
! Wiegereihen		! 4,3	! -2,5 - +1,7!	! +/- 2,1	! -8,8 - +8,1	! +/- 8,5	!
!		!	!	!	!	!	!
!-----!		!-----!		!-----!		!-----!	
! WIEGERAHMEN		!	!	!	!	!	!
! Kalibrierungen		! 2,0	! -3,4 - -1,0!	! +/- 1,2	! -6,4 - +1,2	! +/- 3,8	!
!-----!		!-----!		!-----!		!-----!	

Tabelle 4: Relative Fehler bei den Praxisversuchen zur Gewichtsermittlung in der Schlepperdreipunkthydraulik (Vertrauensbereich (P = 95 %) des mittleren Fehlers und der gesamten Stichprobe der Fehler)

! Sensoren		! Standard-! Vertrauensbereich (p = 95 %) der Fehler !							
! und Versuch		!abweichung!		! für den		! für halbe		! für die ges.	
! (Wiegungen)		!		!Mittelwert		!Spannweite!		!Stichprobe	
! (mittl. Last)		!		!		!Mittelwert!		!Stichprobe!	
! n	! kg	! %	! %	! %	! %	! %	! %	! %	! %
!-----!-----!-----!-----!-----!-----!-----!									
! DRUCKSENSOR		!		!		!		!	
! Kalibrierung		! 1,5	! -0,8 - +0,7	! +/- 0,8	! -3,3 - +3,3	! +/- 3,3	!		
! n=71 , L=350		!		!		!		!	
! Wiegereihe		! 2,1	! -1,1 - +1,0	! +/- 1,1	! -4,2 - +4,1	! +/- 4,2	!		
! n=87 , L=422		!		!		!		!	
!-----!-----!-----!-----!-----!-----!-----!									
! KRAFTSENSOREN		!		!		!		!	
! Kalibrierung		! 0,9	! -0,4 - +0,4	! +/- 0,4	! -1,8 - +1,7	! +/- 1,7	!		
!		!		!		!		!	
! Wiegereihe		! 1,0	! -0,6 - +0,4	! +/- 0,5	! -2,1 - +1,9	! +/- 2,0	!		
!		!		!		!		!	
!-----!-----!-----!-----!-----!-----!-----!									
! WIEGERAHMEN		!		!		!		!	
! Kalibrierung		! 0,6	! -1,0 - -0,3	! +/- 0,4	! -1,8 - +0,3	! +/- 1,0	!		
!-----!-----!-----!-----!-----!-----!-----!									

Beurteilung der Ergebnisse:

Der Wiegerahmen, der in nur zwei Kalibrierungsreihen untersucht werden konnte, erwies sich erwartungsgemäß als das genaueste System. Sein mittlerer Meßfehler schwankt von - 3,4 kg bis - 1,0 kg um nur 2,4 kg. Dies entspricht 0,7 % des Mittels der Prüflasten. Der Vertrauensbereich ( $p=95\%$ ) der gesamten Stichprobe der Fehler reicht von -1,8 % bis + 0,3 % der Prüflast. Der deutlich erkennbare systematische negative Fehler entsteht dadurch, daß bei zunehmender Last der Versuchsschlepper an der Vorderachse ausfedert und durch die Schrägstellung des Schleppers der Wiegerahmen nicht mehr lotrecht steht. Bei ausreichender Frontballastierung und einem Schlepper ohne gefederte Vorderachse dürfte dieser Effekt jedoch nicht auftreten, womit eine noch höhere Genauigkeit erreichbar wäre.

Von den in die Schlepperdreipunktaufhängung integrierten beiden Systemen erwies sich die Anordnung der Kraftsensoren in beiden Hubarmen als das genauere. Bei den Kalibrierungsreihen lag der mittlere Fehler zwischen - 1,5 kg und + 1,2 kg, er schwankte also um 2,7 kg, was 0,8 % der mittleren Prüflast entsprach. Bei den Wiegereihen traten geringfügig höhere Fehler auf. Der mittlere Fehler schwankt hierbei zwischen - 2,5 kg und + 1,7 kg, seine Spannweite beträgt demnach 4,2 kg oder 1,0 % der mittleren Prüflast, die bei den Wiegeversuchen 422 kg beträgt gegenüber 350 kg bei den Kalibrierungsreihen. Der Vertrauensbereich ( $p=95\%$ ) der gesamten Stichprobe betrug bei den Kalibrierungen -1,8 % bis + 1,7 % und bei den Wiegereihen - 2,1 % bis + 1,9 % .

Die bei dem Wiegesystem mit Kraftsensoren auftretenden Fehler sind rein zufällig und unabhängig von der verwogenen Last. Ursache für sie dürften Reibungen und Verspannungen im Dreipunktsystem, ungünstige Stellung des Schleppers oder Schwerpunktverschiebungen im Düngerstreuer durch ungleiche Befüllung sein.

Die Gewichtsermittlung mit Hilfe des Druckes in der Schlepperdreipunkthydraulik erwies sich als das ungenaueste der drei untersuchten Systeme. Dennoch kann die Spannweite der ermittelten mittleren Fehler als günstig eingeordnet werden. Bei den Kalibrierungsreihen beträgt der Vertrauensbereich ( $p=95\%$ ) des mittleren Fehlers - 2,7 kg bis + 2,5 kg, was 5,2 kg oder 1,5 % der mittleren Prüflast entspricht. Ein mittlerer Fehler von - 4,6 kg bis + 4,4 kg mit einer Spannweite von 9,0 kg, entsprechend 2,1 % der mittleren Prüflast, stellte sich bei den Wiegereihen ein. Der Vertrauensbereich der gesamten Stichprobe der Fehler hielt sich bei den Kalibrierungen zwischen - 3,3 % und + 3,3 % und bei den Wiegereihen zwischen - 4,2 % und + 4,1 %.

Auch bei diesem System waren die auftretenden Fehler zufälliger Art. Fehlerursachen dürften außer den schon angesprochenen Reibungen und Verspannungen im Dreipunktgestänge, die durch zwei zusätzliche Hebel höher ausfallen dürften als bei der Gewichtsermittlung mit Kraftsensoren in den Hubarmen, die Eigenarten des Verhaltens der Dichtungen in den Hydraulikzylindern sein. Ein Temperatureinfluß des Hydrauliköles scheint jedoch ausgeschlossen zu sein, da

1. der verwendete Sensortyp eine aufwendige Temperaturkompensation besitzt;
2. der Schlepper vor Versuchsbeginn bereits warmgefahren wurde;
3. der Schlepper ein separates Hydrauliksystem mit großem Ölvolumen besitzt, also nicht auf das oft hohe Temperaturen erreichende Getriebeöl zurückgreift.

Die Abbildungen 2 und 3 stellen nochmals die Vertrauensbereiche der absoluten und relativen mittleren Fehler wie auch der gesamten Stichprobe der Fehler für die Kalibrierungen und die Wiegeserien gegenüber.

Abbildung 2: Vertrauensbereich (p=95%) der Spannweiten der absoluten mittleren Fehler und der gesamten absoluten Fehler von drei Systemen zur Gewichtsermittlung der Schlepperdreipunkthydraulik

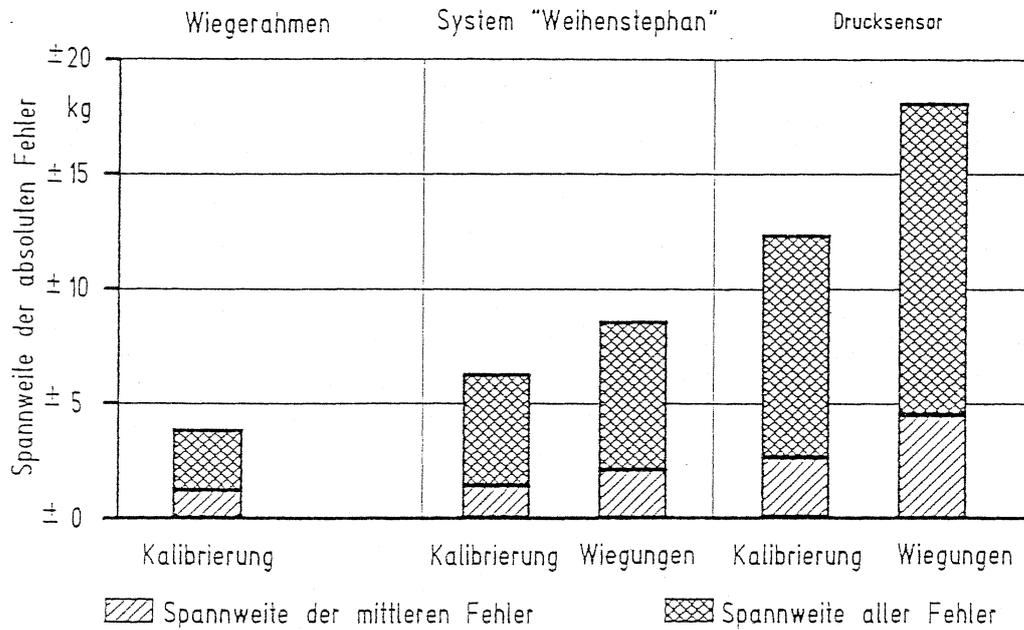
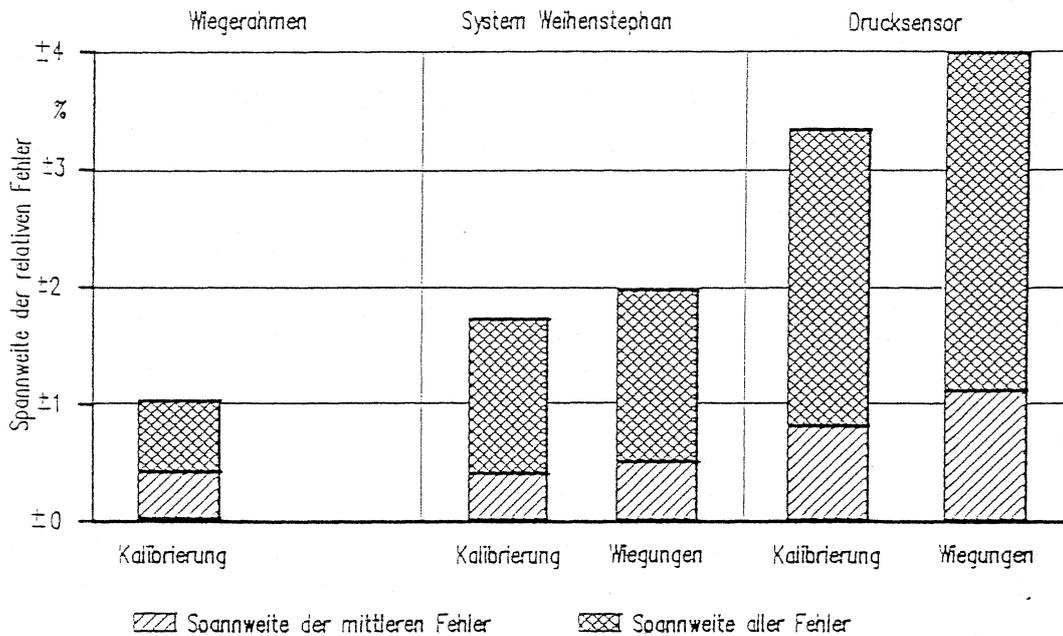


Abbildung 3: Vertrauensbereich (p=95%) der Spannweiten der relativen mittleren Fehler und der gesamten relativen Fehler von drei Systemen zur Gewichtsermittlung der Schlepperdreipunkthydraulik



### Erfahrungen und Eindrücke aus den Praxisversuchen

Die Praxisversuche zur Gewichtsermittlung in der Dreipunkthydraulik bei der Ausbringung von mineralischem Dünger wurden gemeinsam mit einem Auszubildenden des Versuchsbetriebes durchgeführt. Bereits nach einer kurzen Einweisung war der Lehrling im Stande sowohl die Wiegungen als auch die Datenaufzeichnung und die Kontrolle der ausgebrachten Düngermenge eigenverantwortlich durchzuführen.

Als einen sehr entscheidenden Vorteil einer Wiegeeinrichtung im Schlepperheckkraftheber bezeichnete der Betriebsleiter die Möglichkeit zu jeder Zeit über die gemessene Fläche aus der gewogenen Düngermenge den pro Flächeneinheit ausgebrachten Mineraldünger zu berechnen und damit die in der Abdreprobe ermittelte Schieberstellung zu kontrollieren oder zu korrigieren. Dies wurde mehrmals notwendig. So veränderte sich die ausgebrachte Düngermenge in einem Fall bei gleicher Schieberstellung, gleicher Düngersorte aus ein und derselben Lieferung und gleicher Fahrgeschwindigkeit von den geforderten 200 kg / ha am einen Tag auf 270 kg / ha am nächsten. Diese durch das Kontrollwiegen entdeckte Abweichung um +35 % war durch unterschiedliche Feuchtegehalte des Mineraldüngers bedingt; ein Anhänger mit Dünger war in der Maschinenhalle, der andere unter dem Vordach abgestellt worden. Ohne Wiegeeinrichtung und Flächenmessung wäre diese starke Abweichung von der Sollausbringmenge wenn überhaupt dann sicher nicht so schnell zu erkennen gewesen.

Die Radargeschwindigkeitsmessung und die Schlupfanzeige am Bordcomputer erlaubte die Beobachtung des Radschlupfes beim Düngerstreuen. Bereits im ebenen Gelände stellte sich ein zwischen 3 % und 5 % schwankender Schlupf ein. Auf den hängigen Flächen erreichte der Schlupf Werte von 7 % bis 15 % . Da bei den Abdreproben am Hof der Schlupf nicht berücksichtigt wurde führten die Kontrollwiegungen am Feld immer zu einer Veränderung der Schieberstellung und ermöglichten damit eine den Vorgaben entsprechende Mineraldüngerenausbringung.

## Zusammenfassung

Im Frühjahr 1988 wurden von der Landtechnik Weißenstephan auf einem landwirtschaftlichen Betrieb Praxisversuche mit drei Wiegesystemen im Schlepperdreipunktgestänge unternommen. Es wurden 410 dt Mineraldünger bei 195 Wiegungen verwogen.

### 1. Wiegerahmen "LANDSBERG"

Der zwischen Dreipunktgestänge und Gerät (Düngerstreuer, Siloblockschneider usw.) gekoppelte Wiegerahmen der Firma LANDSBERG besitzt eine sehr hohe Wiegegenauigkeit - die Spannweite des mittleren Fehlers lag bei +/- 0,4 % der Prüflast.

In einem Zusatzversuch konnte seine Unempfindlichkeit gegenüber unterschiedlichen Schwerpunktabständen zwischen Last und Koppelpunkten bestätigt werden.

Ein systematischer negativer Fehler tritt dann auf, wenn die geforderte senkrechte Stellung des Wiegerahmens nicht eingehalten werden kann.

Ein großer Vorteil des Wiegerahmens ist, daß er ohne Vorarbeit an jedem Schlepper mit Dreipunkthydraulik angekoppelt werden kann.

Von Nachteil bei diesem System sind sein sehr hoher Preis von etwa 8.000,- DM, ein um 20 cm bis 40 cm vergrößerter Abstand zwischen Anbaugerät und Schlepper mit den damit verbundenen Folgen, das Anpassen und Bereitstellen von Anbauteilen für jedes einzelne Gerät und die fehlende Möglichkeit, Gewichtsdaten auf Schlepperbordcomputer zu übertragen.

## 2. Wiegesystem "WEIHENSTEPHAN"

Das in den Schlepperkrafthebern integrierte "Wiegesystem Weihenstephan" mit Kraftsensoren in beiden Hubarmen verfügt ebenfalls über eine sehr geringe Spannweite des mittleren Fehlers von  $\pm 0,4\%$  der Prüflast beim Kalibrieren und  $\pm 0,5\%$  bei den Wiegereihen. Durch die Integration in den Heckkraftheber ist die Wiegeeinrichtung ständig einsatzbereit und es entstehen keine Anpassungsschwierigkeiten. Bereits in der Konzeption berücksichtigt dieses System den zunehmenden Einsatz von Schlepperbordcomputern und setzt diese zur Umrechnung des verstärkten Signals in Gewicht ein. Dadurch konnten die Kosten für das System gesenkt werden. Kraftsensoren, Verstärkerelektronik und Universal-Bordcomputer werden heute bereits für weniger als 5.000,- DM angeboten.

Von Nachteil ist, daß dieses System nur unter ganz bestimmten Bedingungen, Ober- und Unterlenker parallel, Gerätekoppelpunkte lotrecht übereinander, vom Abstand Schlepper zu Lastschwerpunkt unabhängig ist. Ansonsten vergrößert ein zunehmender Abstand das Signal. Desweiteren existieren bis heute nur für eine Schlepperbaureihe exakte Kenntnisse über den richtigen Einbauort der Kraftsensoren in die Hubarme, für eine weitere Verbreitung dieses Systems wäre die Feststellung der optimalen Einbauorte in den Hubarmen der meisten Schlepperreihen notwendig, um zumindest im Austauschverfahren die Hubarme bestücken zu können.

## 3. Gewichtsermittlung über den Hydraulikdruck

Das dritte System, das die Gewichtsermittlung über den Druck in der Schlep- perdreipunkthydraulik vornimmt, basiert auf der gleichen Konzeption wie das System "Weihenstephan". Es wurde nur anstelle der Kraftsensoren ein Drucksenor als Meßwertgeber eingesetzt. Die Spannweite des mittleren Fehlers ( $p = 95\%$ ) beträgt bei der Kalibrierung  $\pm 0,8\%$  und bei den Wiegereihen  $\pm 1,1\%$  der Prüflast. Damit ist dieses System mit einem deutlich höheren Fehler behaftet als die beiden vorher besprochenen. Dennoch wird der Fehlerbereich  $\pm 1\%$  der Prüflast nur geringfügig überschritten.

Einen großen Anteil an dieser erreichten Genauigkeit dürfte der sehr hochwertige Drucksensor BML 4201 haben, dessen hoher Preis (1.500,- DM) eine Anwendung für preisgünstige Wiegeeinrichtungen ausschließt. Für den Einfluß des Abstandes zum Lastschwerpunkt gilt das gleiche wie für das System Weihenstephan. Die eindeutigen Vorteile der Lastmessung über den Hydraulikdruck liegen in der einfachen und schnellen Nachrüstbarkeit des Meßsystemes.

Die durchgeführten Praxisversuche zeigten, daß bei Einhaltung der definierten Wiegebedingungen alle drei Systeme erstaunlich genaue Ergebnisse liefern. Speziell die beiden in den Schlepperheckkraftheber integrierten Wiegesysteme bieten noch Möglichkeiten der Optimierung, um ihre Abhängigkeit vom Schwerpunktabstand der Last zu eliminieren bzw. um die Reibungseinflüsse zu vermindern. Der Wiegerahmen könnte durch die Reduzierung des Preises, einer Vereinfachung des Geräteanbaues und durch eine Schnittstelle zu Bordrechnern an Attraktivität gewinnen.

#### Literaturverzeichnis:

- Spinnler, R.: Untersuchungen über Wiegemöglichkeiten in der Schlepperdreipunkthydraulik, Diplomarbeit, Weihenstephan 1987
- Auernhammer, H., H. Stanzel, M. Demmel, Wiegemöglichkeiten in der Schlepperdreipunkthydraulik, Landtechnik 7/1988 (vorläufig)



