

ÄNDERUNG DER KRÄFTE BEI DREHUNG DER PFLUGKÖRPER AUS DER NORMALLAGE

Von G. Getzlaff

Zur Beurteilung der Stabilität der Pfluglage bei der Arbeit, sowie bei der Regelung der Furchentiefe ist es von besonderem Interesse, die Kräfte und Momente am Pflugkörper bei Drehung desselben um die Längsachse (in Fahrtrichtung), die Querachse oder die Hochachse zu kennen. Die entsprechenden Versuche, über die nachstehend berichtet wird, wurden unter denselben Bedingungen, auf denselben Böden und mit denselben Pflugkörpern wie in der vorstehenden Arbeit durchgeführt.

Drehung um die Querachse

Das Verhalten des spezifischen Zugwiderstandes sowie der Längs-, Seiten- und Vertikalkraft bei Drehung des Pflugkörpers um die Querachse (Bild 1) ist für die drei untersuchten Körperformen in Bild 2 dargestellt. Die Kräfte wurden auf die für die Normalstellung N ermittelten Werte bezogen und über dem Schnittwinkel δ_1 aufgetragen. Die Kurven gelten für einen bestimmten Furchenquerschnitt; sie sind aber charakteristisch für den übrigen Arbeitsbereich und den Streubereich.

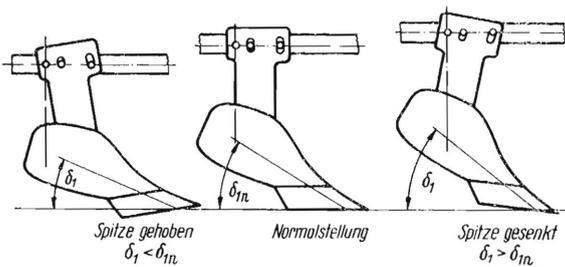


Bild 1. Drehung des Pflugkörpers aus der Normalstellung um die Querachse.

Die Längskraft L ändert sich bei allen drei Körperformen der Tendenz nach gleichartig; sie wächst mit grösser werdendem Schnittwinkel δ_1 , insbesondere bei der S-Form, die auf zwei verschiedenen Böden untersucht worden ist. Das Anwachsen der Längskraft mit kleiner werdendem Schnittwinkel (beim Heben der Scharspitze aus der Normallage) bei der W- und L-Form erklärt sich dadurch, dass Teile des Pflugkörperrumpfes (dünner Blechstege, an dem die Anlage befestigt war) bereits zur Auflage auf der Furchensole kamen. Diese verhältnismässig kleinen Auflageflächen haben bereits die Wirkung einer Sohle und verursachen hohe Längs- und Vertikalkräfte. Dies ist auch sehr deutlich im Anwachsen des spezifischen Zugwiderstandes in Bild 2 zu erkennen. Da dieser Teil der Kurven nicht im Sinne der Untersuchung liegt, ist er in den Darstellungen dünner gezeichnet.

Die Darstellungen in Bild 2 gelten für eine Furchenbreite $b = 20$ cm und eine Furchentiefe $t = 14$ cm. Für die liegende Form ist am Beispiel des spezifi-

schen Zugwiderstandes gezeigt, dass der Einfluss des Schnittwinkels auf z_m bei anderen Betriebsverhältnissen (Änderung der Furchentiefe) ganz ähnlich ist.

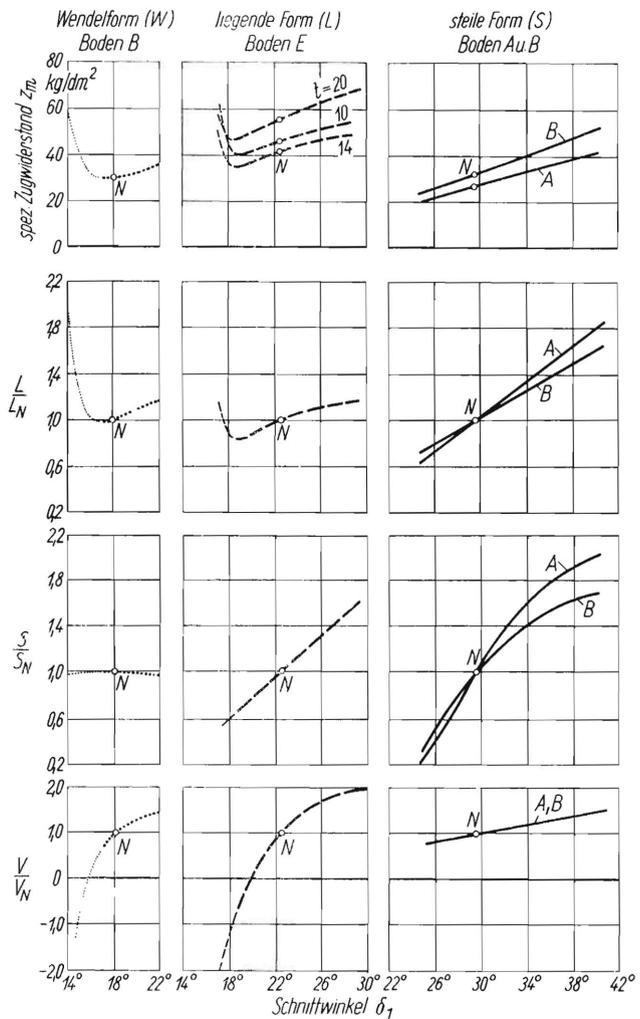


Bild 2. Einfluss der Körperdrehung um die Querachse auf den spezifischen Zugwiderstand und die Kräfte bei drei verschiedenen Pflugkörperformen.

Die negativen Werte des Verhältnisses V/V_N bringen nur eine Richtungsänderung von V gegenüber V_N zum Ausdruck.
 N Normalstellung des Pflugkörpers
Furchenbreite $b = 20$ cm
Furchentiefe $t = 14$ cm

Die Änderung der Vertikalkraft bei Drehung des Körpers um die Querachse ist bei der steilen Körperform S gering im Vergleich zu den beiden anderen Formen; die Tendenz ist jedoch bei allen drei Formen gleichsinnig: mit grösser werdendem Schnittwinkel δ_1 wachsen auch die Vertikalkräfte.

Die Streuung der Vertikalkraft erfordert ohnehin eine Vorlast zur Sicherung der Stabilität, die meistens in Form des Eigengewichts des Pfluges ausreichend zur Verfügung steht.

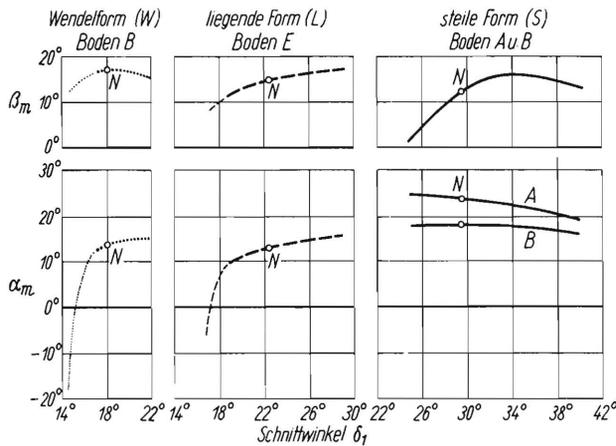


Bild 3. Einfluss der Körperdrehung um die Querachse auf die Richtung der resultierenden Kraft (s. auch Bild 16 des vorhergehenden Aufsatzes).

N Normalstellung des Pflugkörpers
Furchenbreite $b = 20$ cm
Furchentiefe $t = 14$ cm

Die Seitenkräfte ändern sich etwa ähnlich wie die Vertikalkräfte; als Ausnahme zeigt die Wendelform keine Änderung der Seitenkraft bei Veränderung des Schnittwinkels zwischen 14° und 22° .

Die Richtungsänderung des resultierenden Bodenwiderstandes ist in den beiden Ebenen sehr gering. In Bild 3 ist dies an Hand der Winkeländerungen α und β der Teilresultierenden R_h und R_v gezeigt. Auf die Bedeutung der dünn ausgezogenen Kurventeile wurde bereits hingewiesen.

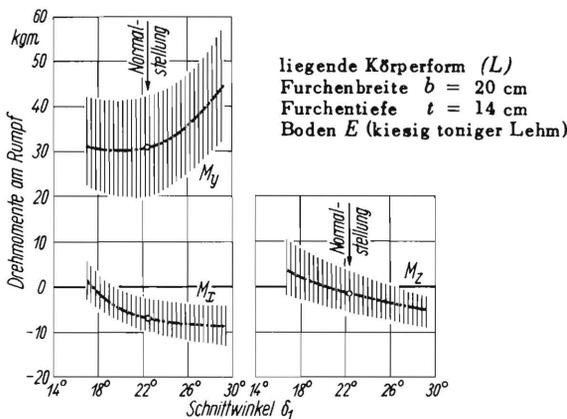


Bild 4. Einfluss der Körperdrehung um die Querachse auf die Momente um den Bezugspunkt O am Rumpf (s. auch Bild 37 des vorhergehenden Aufsatzes).

In Bild 4 ist für die liegende Körperform L und einen Furchenquerschnitt der Einfluss des Schnittwinkels auf die drei Komponenten des resultierenden Momentes um den Bezugspunkt O dargestellt. Das Moment M_y um die Querachse steigt mit zunehmendem Schnittwinkel δ_1 stark an. Der Verlauf der Momente ist für die anderen beiden Körperformen ähnlich.

Drehung um die Hochachse

Bei der Drehung des Pflugkörpers um seine Hochachse ändern sich der Scharschneidenwinkel φ_1 und die Keilwinkel der horizontalen Formlinien (Winkel

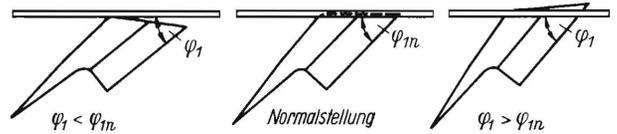


Bild 5. Drehung des Pflugkörpers aus der Normalstellung um die Hochachse.

zwischen der Fahrtrichtung und der horizontalen Tangente an die Arbeitsfläche des Streichbleches [1]). Die Versuche wurden mit der steilen und liegenden Form auf drei verschiedenen Böden durchgeführt. Die gemessenen Kräfte sind wieder auf die bei der Normalstellung der Körper (Bild 5) festgestellten Werte bezogen und über dem Scharschneidenwinkel φ_1 in Bild 6 aufgetragen. Bei der S-Form hat eine Veränderung des Scharschneidenwinkels keinen Einfluss auf die Grösse der drei Kraftkomponenten. Dagegen zeigt die Längskraft bei der L-Form eine starke, geradlinig verlaufende Abhängigkeit von φ_1 . Je grösser der Winkel φ_1 wird, umso grösser wird die Längskraft L. Diese Tendenz ist bekannt, die Grösse der Änderung ist jedoch überraschend: so bringt eine Verringerung von φ_1 um 4° einen um 30% kleineren Zugkraftbedarf mit sich. Dies gilt im ganzen Tiefenbereich, wie in Bild 6 die Abhängigkeit des spezifischen Zugwiderstandes von φ_1 und t zeigt. Ähnlich verhält sich die Seitenkraft, während die Vertikalskraft nur bei Scharschneidenwinkeln φ_1 , die grösser als φ_{1n} (Normalstellung) sind, zunimmt. Zur Erhärtung der Ergebnisse ist in Bild 7 ein Ausschnitt aus den Messungen mit eingetragenen Messpunkten wiedergegeben. Es zeigt, wie die Streubereiche für die beiden Körperstellungen sich deutlich unterscheiden.

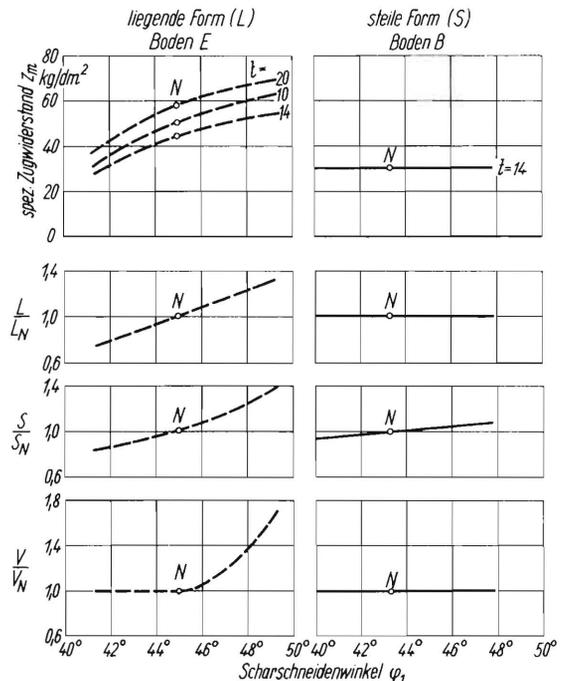


Bild 6. Einfluss der Körperdrehung um die Hochachse auf den spezifischen Zugwiderstand und die Kräfte bei der liegenden und steilen Körperform.

N Normalstellung des Pflugkörpers
Furchenbreite $b = 20$ cm
Furchentiefe $t = 14$ cm

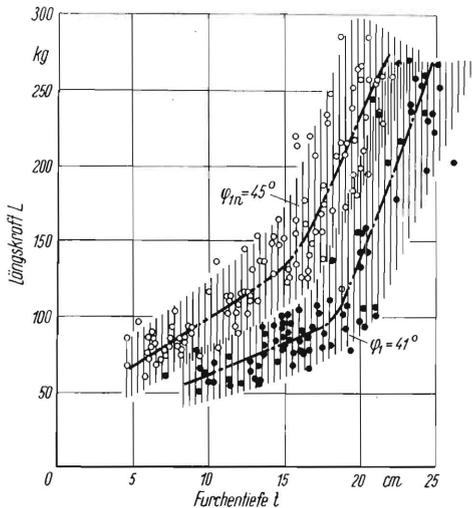


Bild 7. Einfluss der Körperdrehung um die Hochachse auf die Längskraft L bei verschiedener Furchentiefe.
liegende Körperform (L)
Furchenbreite $b = 20$ cm
Boden E (kiesig toniger Lehm)

Für die liegende Körperform gibt Bild 8 einen Einblick in den Verlauf der Drehmomente in Abhängigkeit von φ_1 . Bemerkenswert ist die Verringerung des Streubereiches von M_y mit abnehmendem Winkel φ_1 . Man wird daraus schliessen können, dass die Pfluglage bei kleinen Scharschneidewinkeln stabiler ist.

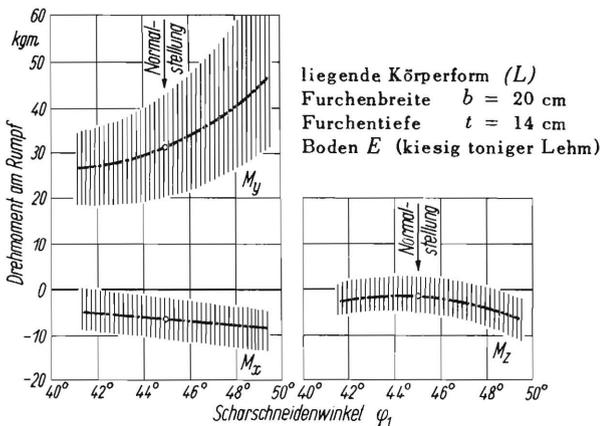


Bild 8. Einfluss der Körperdrehung um die Hochachse auf die Momente um den Bezugspunkt O des Rumpfes.

Drehung um die Längsachse

Bei der Drehung des Pflugkörpers um die Längsachse (Bild 9) wurde der Winkel ϵ' , den die senkrechte Richtebene des Rumpfes mit der Senkrechten des Pflugrahmens bildet, als Kennzeichen der Pflugkörpereinstellung gewählt. In der Normalstellung des Pflugkörpers ist $\epsilon' = 0$, bei Drehung zur Furchenseite ergeben sich positive Werte von ϵ' ; bei Drehung zur Landseite sind die Winkelwerte für ϵ' negativ bezeichnet.

Die Grösse der Kräfte L , V und S ist wie bei der Drehung um die Hochachse überraschend stark von ϵ' abhängig (Bild 10). Längs- und Seitenkraft werden mit positivem ϵ' kleiner, mit negativem ϵ' grösser. Die Unterschiede sind beträchtlich: Bringt doch die

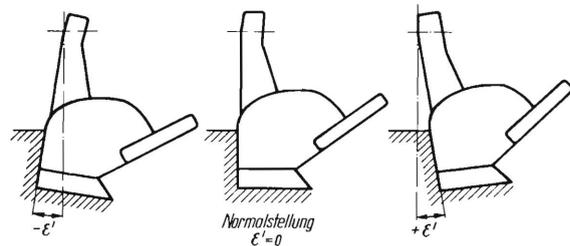


Bild 9. Drehung des Pflugkörpers aus der Normalstellung um die Längsachse.

Einstellung $\epsilon' = + 8^\circ$ gegenüber der Normalstellung eine Zugkraftverringerung von 40 %. Die Wirkung auf die Vertikalkraft ist umgekehrt: Ein positiver Winkel ϵ' ergibt grössere Vertikalkräfte. Diese Auswirkungen, die sich bei der liegenden Körperform stärker als bei der steilen zeigen, lassen sich vielleicht damit erklären, dass beim Drehen zur Furchenseite der Boden ungemhmter abfliessen kann, darauf deuten auch die stark abfallenden Seitenkräfte hin. Im entgegengesetzten Fall (Drehung zur Landseite) schneidet der Pflug ein schwalbenschwanzähnliches Furchenprofil (Unterschnitt) aus dem Boden, bei dem offenbar der Bodenabfluss nicht ohne zusätzliche Keil- und Reibungsarbeit vor sich geht. Hier müssen überlegungsmässig die Auswirkungen bei der liegenden Form mit ihrer weiter nach vorn reichenden Spitze grösser sein als bei der steilen Form, was sich auch mit dem Kurvenverlauf in Bild 10 deckt.

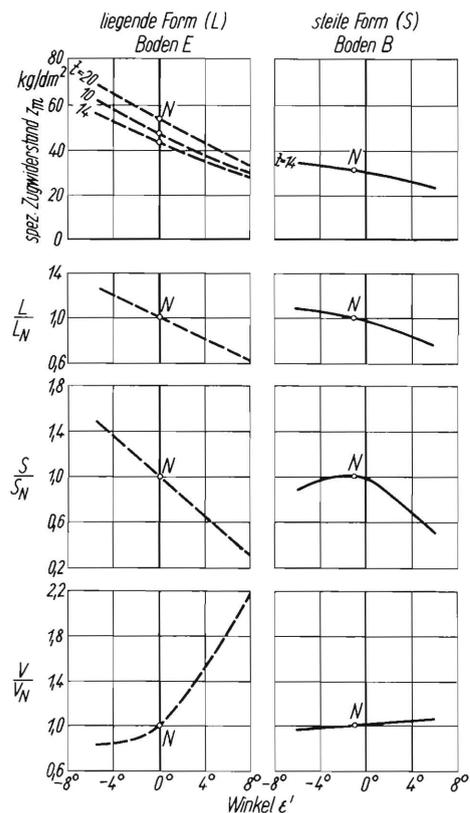


Bild 10. Einfluss der Körperdrehung um die Längsachse auf den spezifischen Zugwiderstand und die Kräfte bei der liegenden und steilen Körperform.
 N Normalstellung des Pflugkörpers
Furchenbreite $b = 20$ cm
Furchentiefe $t = 14$ cm

Winkeländerungen ϵ' von $6-8^\circ$ sind im praktischen Betrieb schnell erreicht. Besonders negative Werte von ϵ' kommen als Folge ungenauer Einstellung bei Anhäng- und Anbaupflügen auf dem Acker (Übergang vom Schälens zum Tiefpflügen) nicht selten vor. Vielleicht erklärt der starke Einfluss des Winkels ϵ' die grosse Streuung mancher Gesamtzugkraftmessungen, die in früheren Zeiten vorgenommen wurden, wenn auf diesen Punkt nicht sorgfältig genug geachtet wurde.

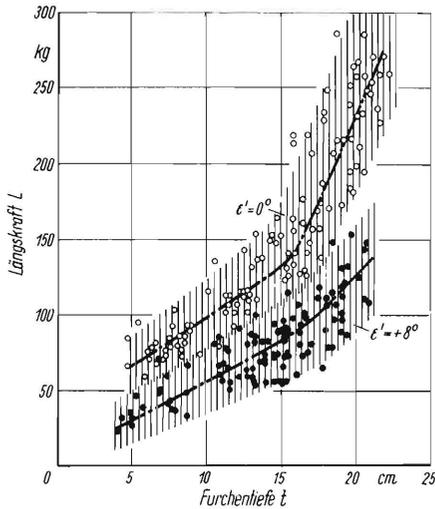


Bild 11. Einfluss der Körperdrehung um die Längsachse auf die Längskraft L bei verschiedener Furchentiefe.
liegende Körperform (L)
Furchenbreite $b = 20$ cm
Boden E (kiesig toniger Lehm)

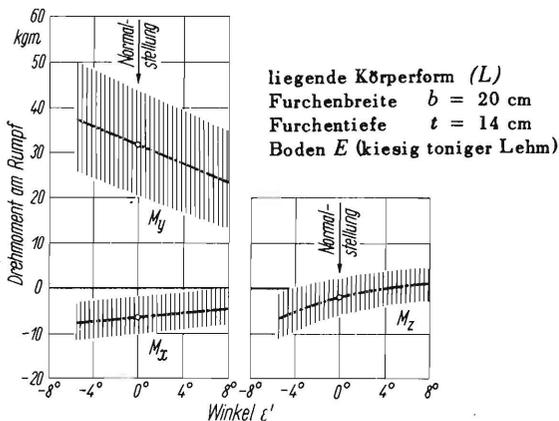


Bild 12. Einfluss der Körperdrehung um die Längsachse auf die Momente um den Bezugspunkt 0 des Rumpfes.

Das Verhalten war über dem ganzen Tiefenbereich ähnlich, was aus dem Verlauf des spezifischen Zugwiderstandes in Bild 10 für verschiedene Furchentiefen ersichtlich ist. Wie eindeutig die Tendenz ist, beleuchtet Bild 11, in dem für die liegende Form die

Punkte der Einzelmessungen bei der Normallage und für $\epsilon' = +8^\circ$ vergleichsweise eingetragen worden sind. Einen Einblick in den Verlauf der Drehmomente um den Bezugspunkt 0 des Rumpfes gibt für die liegende Form als Beispiel Bild 12.

Man wird praktische Folgerungen natürlich nicht ohne Studium des landwirtschaftlichen Arbeitserfolges ziehen können. Auch bedürfen diese ersten Messungen der Erweiterung und Ergänzung. Vielleicht bahnen sich hier Möglichkeiten der Zugkräfteinsparung an, die interessant werden können.

Zusammenfassung

Bei Drehung des Pflugkörpers um seine Querachse (Spitze gehoben oder gesenkt) wird der Schnittwinkel δ_1 geändert. Längskraft und Seitenkraft wachsen mit grösser werdendem Schnittwinkel δ_1 und umgekehrt. Kommen in letzterem Fall Rumpfteile zur Auflage auf den Furchenboden, dann treten sofort starke zusätzliche Zugkräfte und infolge der Abstützung eine Verringerung der Vertikalkraft auf. Die absoluten Grössen der Änderungen von V sind geringer, als allgemein angenommen wird.

Bei Drehung des Pflugkörpers um seine Hochachse ändern sich der Scharschneidenwinkel φ_1 und die Keilwinkel der horizontalen Formlinien. Bei der steilen Form zeigt sich kein Einfluss auf die drei Komponenten. Dagegen nehmen die Längskraft und die Seitenkraft bei der liegenden Form mit kleiner (spitzer) werdendem Winkel φ_1 erheblich ab (bis zu 30% bei 4° Änderung) und umgekehrt, während die Vertikalkraft nur mit Winkeln φ_1 , die grösser als φ_{1n} (Normalstellung) sind, zunimmt.

Bei Drehung des Pflugkörpers um die Längsachse ändert sich der Winkel ϵ' . $+\epsilon'$ bedeutet Drehung zur Furchenseite, $-\epsilon'$ bedeutet Drehung zur Landseite und verursacht eine schwalbenschwanzartige Unterschneidung der Furchenwand. Diese letztere Einstellung ergab stark erhöhte Längs- und Seitenkräfte und eine geringe Verkleinerung der Vertikalkraft. Die Einstellung $+\epsilon'$ ergab stark verminderte Längs- und Seitenkräfte (bis zu 40% bei 8° Änderung) und stark erhöhte Vertikalkräfte. Die Tendenz war bei der steilen Form abgeschwächer vorhanden als bei der liegenden Form.

Schrifttum

- [1] Burchard, K.: Zeichnerische Darstellung von Pflugkörpern. Berichte über Landtechnik, Heft II, S. 55/63, Wolftratshausen 1948.

Institut für Landtechnische Grundlagenforschung
der Forschungsanstalt für Landwirtschaft Braunschweig-Völkenrode
Direktor: Prof. Dr. Ing. W. Kloth

Anschrift des Verfassers: Ing. Günter Getzlaff, (20b) Braunschweig, Forschungsanstalt für Landwirtschaft