

Siegfried Anisch

Rückblick: Untersuchungen zur Entwicklung von Pflügen mit geringer Baulänge – Kurzpflüge

An der Technischen Universität Dresden wurde in den 1960er bis 1980er Jahren Grundlagen- und angewandte Forschung zur mechanischen Bodenbearbeitung betrieben. Dies geschah in Abstimmung mit der Akademie der Landwirtschaftswissenschaften der DDR und der Landmaschinenindustrie. Der folgende Beitrag beschreibt die am Wissenschaftsbereich Landmaschinenkonstruktion (heute: Professur für Agrarsystemtechnik) bis 1978 ausgeführten Untersuchungen zur Verringerung des Staffelungsabstands von Pflugkörpern. Ausgehend von theoretischen Untersuchungen wurden Experimente in der Bodenrinne und auf dem Feld durchgeführt. Die Arbeiten endeten mit dem Einsatz eines 12-furchigen Kurzpfluges, der bei einer Arbeitsbreite von 6,0 m eine Baulänge von nur ca. 3,5 m aufwies.

Schlüsselwörter

Kurzpflug, Pflugkörper, Bodenrinne, Feldversuche

field test of a 12-furrow-short-plough with a working width of 6.0 meters by a length of only about 3.5 meters.

Keywords

Short-plough, mouldboard, soil-bin, field test

Abstract

Anisch, Siegfried

Retrospect: studies on the development of ploughs with a low overall length – short-ploughs

Landtechnik 65 (2010), no. 4, pp. 293-297, 7 figures, 11 references

Basic and applied research for mechanical tillage were operated at the Dresden University of Technology from the 1960s to the 1980s. This happened in coordination with the Academy of Agricultural Sciences of the GDR and the agricultural machinery industry. This paper describes the investigations on the Department Construction of Agricultural Machinery (now: Chair of Agricultural Systems and Technology) to 1978, carried out to reduce the staggering distance of plough bodies. Based on theoretical studies, experiments in the soil bin and in field were conducted. The work was finished with the

■ Kennzeichnend für die Bodenbearbeitung in den 1960er bis 1980er Jahren waren Scharpflüge, um die vor allem phytopathologisch begründete Forderung nach einem Saatbett zu erfüllen, dessen obere Bodenschicht keine Pflanzenrückstände aufweist („reiner Tisch“). Durch den zunehmenden Getreideanbau waren die anfallenden Mengen an Stroh, Unkräutern und auch Stallung nur mit der wendenden Bodenbearbeitung unterzubringen [1; 2].

Pflüge herkömmlicher Art sind konstruktionsbedingt aufgrund der gestaffelten Anordnung der Pflugkörper, die für ein verstopfungsfreies Arbeiten notwendig sind, sehr lang (2,5- bis 3-fache Arbeitsbreite), wenn sie zur Auslastung leistungsstarker Traktoren eine große Arbeitsbreite besitzen. Dadurch kann das Einhalten einer gleichmäßigen Arbeitstiefe beim Einsatz auf unebenen Feldern zum Problem werden. Um dem entgegenzuwirken, weisen konventionelle Pflüge meist gelenkig abgestützte Rahmen und aufwändig gestaltete Fahrwerke auf. Deshalb eignen sie sich nicht für eine Kombination mit nachfolgenden Arbeitsgängen der Saatbettbereitung und Aussaat, was ihre Arbeitsproduktivität begrenzt. Für den angestrebten Einsatz von Pflügen oder Pflugkörpern in Kombination mit Saatbettbereitungsgeräten und Drillmaschinen mussten neue Pflugkörper entwickelt werden, die sich ohne Staffelung („Querflug“) oder mit sehr geringem Längsabstand („Kurzflug“) anordnen lassen [3].

Theoretische Untersuchungen zu Pflugkörpern für Kurzpflüge

Die üblichen Scharpflüge arbeiten nach dem Prinzip „kontinuierliches Ausschneiden von Bodenbalken mit rechteckiger Querschnittsform und Wenden in die zuvor vom Nachbar-Pflugkörper erzeugte offene Furche“.

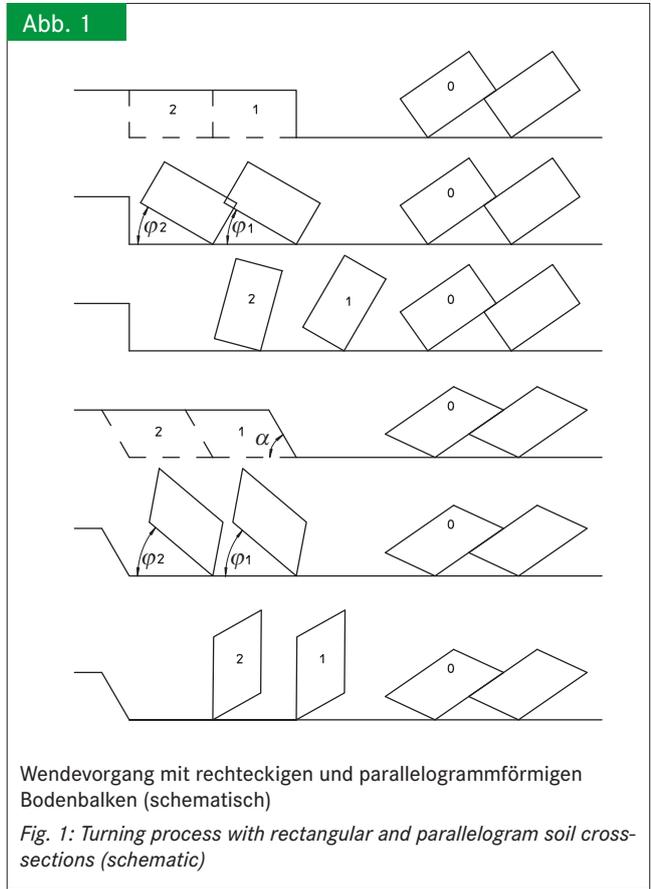
Um ein ungehindertes Wenden benachbarter Bodenbalken zu ermöglichen, müssen in einer Ebene befindliche rechteckige Querschnitte nacheinander gedreht werden, was man durch die gestaffelte Anordnung der Pflugkörper erreicht.

Wird die Querschnittsform verändert, lässt sich der Abstand zwischen den kritischen Berührungsstellen benachbarter Bodenbalken vergrößern. Als günstigster Querschnitt ergibt sich das Parallelogramm, wodurch entsprechend gestaltete Pflugkörper theoretisch nebeneinander angeordnet werden können (Abbildung 1) [4].

Die in der Patentliteratur vorgeschlagenen Lösungen für Kurzpflüge konnten als nicht praxistauglich eingeschätzt werden [5].

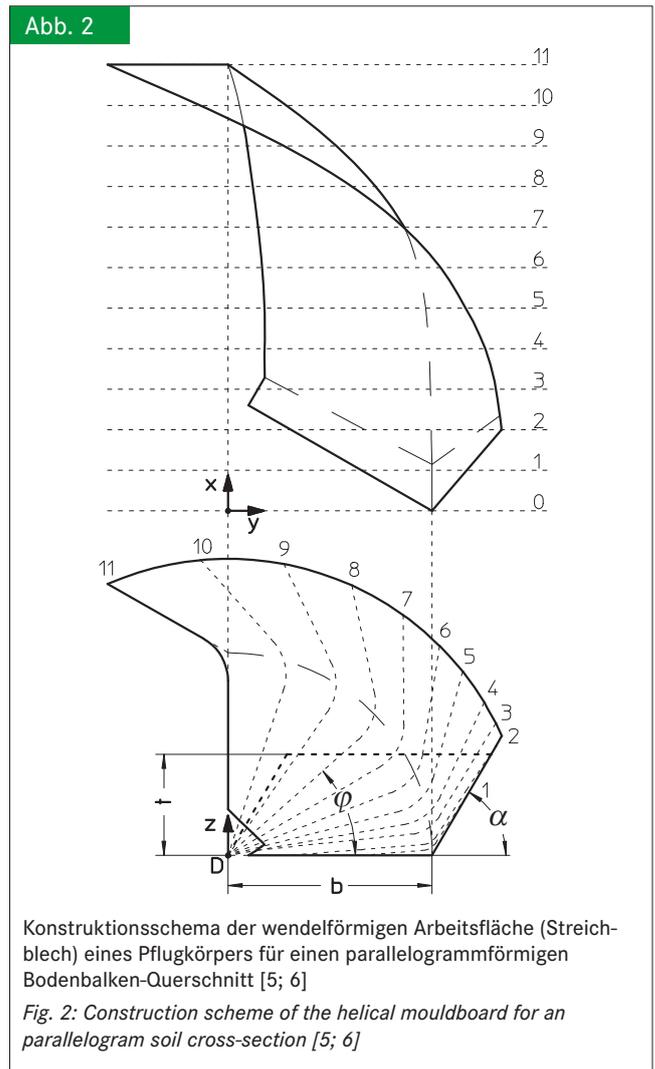
Für das Arbeitsprinzip „Ausschneiden von Bodenbalken mit parallelogrammförmigem Querschnitt und Wenden in die Nachbarfurche“ wurden mit einem Berechnungsmodell die Konstruktionsparameter der Pflugkörper-Arbeitsfläche sowie deren Verknüpfungen ermittelt. Wesentliche Konstruktionsparameter waren dabei (Abbildung 2):

- die Querschnittsform der Bodenbalken, gekennzeichnet durch Breite (b), Tiefe (t) und Furchenwinkel (α)



- die Gestalt der Schneiden für die Furchensohle und die Furchenwand
 - der Verlauf des Wendewinkels (φ) mit einem progressiven Anstieg entgegen der Fahrtrichtung (x)
- Konstruktionsparameter für eine Optimierung konnten dabei nicht ausgewählt werden. Es ließ sich mathematisch auch keine Zielfunktion formulieren, die folgenden Aspekten Rechnung getragen hätte:
- möglichst großer Abstand der Bodenbalken als Voraussetzung für verstopfungsfreies Arbeiten
 - Abweichungen zwischen angenommenem und bei der praktischen Anwendung auftretendem Verhalten des Bodenbalkens
 - Einfluss von organischer Substanz
 - Arbeitsergebnis
 - Energiebedarf

Die Arbeitsfläche (Streichblech) wurde durch Drehen einer Richtkurve in der stirnseitigen und Verschieben in der horizontalen Projektionsebene entworfen. In der Nähe des Wendewinkels ($\varphi = 90^\circ - (\alpha)$) bietet sich ein Freiraum zum Anbringen von Befestigungselementen (Rumpf, Grindel) für die Arbeitsfläche an [6].



Die theoretischen Untersuchungen erbrachten die wesentlichen Merkmale einer Arbeitsfläche für Pflugkörper, die mit einem geringen Staffelungsabstand angeordnet werden können:

- Wendelform mit einem über die Länge progressiv ansteigenden Wendewinkel (φ)
- Vertikalschnitte, die annähernd die Form des parallelogrammförmig ausgeschnittenen Bodenbalkens aufweisen
- Querschnittsabmessungen des Bodenbalkens: Breiten-Tiefen-Verhältnis $k = b/t > 1,8$; Winkel der Furchenwand (α) = 50-70°

Beim konstruktiven Gestalten des Pflugkörpers und der Konzeption eines Kurzpfluges waren weitere wesentliche Besonderheiten zu beachten:

- Bei einem geringen Staffelungsabstand fehlten für das Abstützen von Seitenkräften sowohl eine stabile Furchenwand (der nachfolgende Bodenbalken beginnt bereits mit dem Wendevorgang) als auch der Freiraum, der für eine herkömmliche Anlage erforderlich ist. Die Seitenkräfte mussten deshalb über das Grindel in den Pflugrahmen eingeleitet und am oder nach dem letzten Pflugkörper an der schrägen Furchenwand abgestützt werden.
- Alle an der Streichblechrückseite befindlichen Teile des Rumpfes und des Grindels waren so zu gestalten, dass sich der Abstand zum benachbarten Bodenbalken beim Wenden nicht verringert. Damit sollte das Ankleben und Ansammeln von aufgelockerten Bodenteilen und organischer Substanz verhindert werden.
- Vor jedem Pflugkörper waren geeignete Trennwerkzeuge (vorzugsweise Scheibenseche) anzubringen, um die an der Bodenoberfläche befindlichen Pflanzenteile wegen der hieraus entstehenden Verstopfungsgefahr zu schneiden.
- Werden die Scheibenseche in seitlicher Richtung starr befestigt, sind sie in der Lage, Seitenkräfte abzustützen. Im Vergleich zu den starren Anlagen verringert sich die Reib(verlust)arbeit auf etwa 30 %, wodurch Zugkraft eingespart werden kann [7].

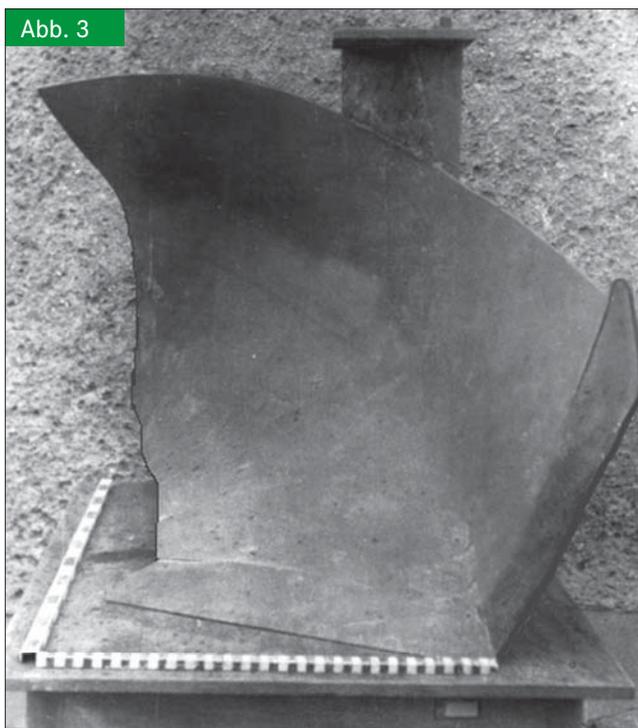
Experimentelle Untersuchungen in der Bodenrinne und auf dem Feld

Mit den experimentellen Untersuchungen sollten Erkenntnisse gewonnen werden über:

- Den Einfluss des Staffelungsabstands und des Verlaufs des Wendewinkels auf die an den Pflugkörpern wirkenden Kräfte
- Die Abweichungen zwischen der theoretisch angenommenen und praktisch auftretenden Querschnittsform sowie des Abstands benachbarter Bodenbalken
- Die Funktionssicherheit der Pflugkörper
- Die Erfüllung der agrotechnischen Forderungen durch die Pflugkörper

Dazu wurden mit großem Aufwand drei unterschiedliche Bauweisen von Experimentier-Pflugkörpern handwerklich hergestellt (**Abbildung 3**).

Abb. 3



Experimentier-Pflugkörper für $b = 50$ cm, $t = 30$ cm (max.) [5].
Fotos: Anisch

Fig. 3: *Experimental plough bottom with $b = 50$ cm, $t = 30$ cm (max.) [5]*

Abb. 4

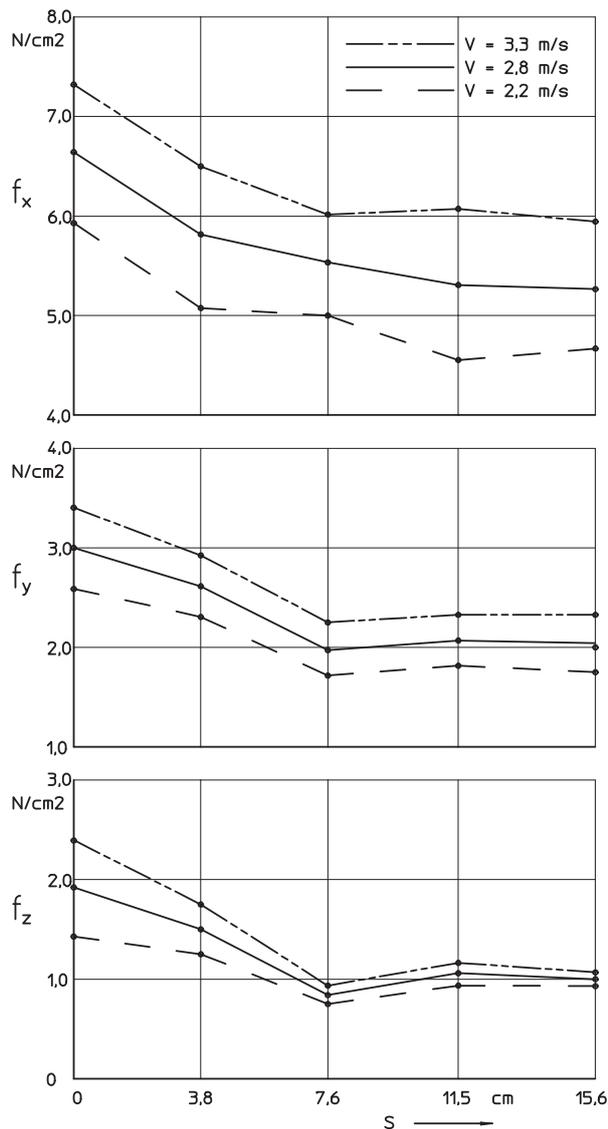


Kräftemessung in der Bodenrinne [5]

Fig. 4: *Strength measurement in the soil bin [5]*

Die Kräfte und Abstände der Bodenbalken in Abhängigkeit vom Staffelungsabstand wurden auf dem Feld mit einer speziellen Versuchseinrichtung am mittleren von drei gestaffelt angeordneten Pflugkörpern untersucht. In der Bodenrinne geschah dies mit zwei Pflugkörpern an einem Messrahmen (**Abbildung 4**). Für einen mehrfurchigen Pflug zeigte sich, dass die Längs- (f_x), Seiten- (f_y) und Vertikalkräfte (f_z) bei Unterschreiten eines bestimmten Grenzbereichs des Staffelungsabstands ansteigen (**Abbildung 5**).

Abb. 5



Spezifische Kräfte f_x , f_y , f_z am mittleren von 3 Pflugkörpern in Abhängigkeit vom Staffelungsabstand S bei unterschiedlichen Fahrgeschwindigkeiten v auf dem Feld [5]

Fig. 5: Specific forces f_x , f_y , f_z at the middle of 3 plow bottoms depending on the staggering distance S at different speeds v in the field [5]

Die Zeitlupenkinematografie und anschließende Einzelbild-Vermessung ergaben für die Bewegung der Bodenbalken folgende Erkenntnisse:

- Der Wendevorgang erfolgt in der Bodenrinne und auf dem Feld (Stoppel, lehmiger Sand bis lehmiger Schluff, Grünbewuchs, Bodendichte ca. $1,4 \text{ g/cm}^3$, Wassergehalt ca. 16 %) entsprechend dem Wendemodell. Bei seiner Bewegung über die Arbeitsfläche des Pflugkörpers bleibt der parallelogrammförmige Querschnitt des Bodenbalkens im Wesentlichen erhalten.
- Die geringen Abweichungen zwischen den experimentell und theoretisch ermittelten Bewegungsbahnen des

Abb. 6



Kurzflug (Arbeitsbreite $B = 2,0 \text{ m}$; Staffelungsabstand $S = 18 \text{ cm}$)

Fig. 6: Short-plough (working width $B = 2,0 \text{ m}$; staggering distance $S = 18 \text{ cm}$)

Abb. 7



Anbau-Schälplug mit Rahmengelenk (Arbeitsbreite $B = 6 \text{ m}$; Staffelungsabstand $S = 13,5 \text{ cm}$) [5]

Fig. 7: Experimental-plough with frame joints (working width $B = 6 \text{ m}$; staggering distance $S = 13,5 \text{ cm}$) [5]

Bodens ermöglichen die Anordnung der Pflugkörper nebeneinander ($S = 0$), wobei der noch vorhandene Freiraum zwischen der Furchenkante und der Arbeitsfläche des Nachbarkörpers das Abstützen von Schar und Streichblech über schmal gestaltete Rumpf und Grindel am Pflugrahmen zulässt.

Von diesen Erkenntnissen ausgehend wurden Versuchs-Kurzplüge (Abbildung 6 und 7) mit 4 und 6 Pflugkörpern auf mehreren Standorten erprobt. Es kamen auch Zusatzwerkzeuge zum Unterbringen von organischer Substanz zum Einsatz. Die dabei gewonnenen Ergebnisse lassen sich folgendermaßen zusammenfassen:

- Die Funktion der Kurzflug-Körper ist unter solchen Bodenbedingungen gewährleistet, bei denen der von den Schneiden aus dem Bodenverband herausgetrennte Bodenbalken im vorderen Bereich der Arbeitsfläche nicht auseinander fließt. Lockere Böden mit geringer Kohäsion und großer äußerer Reibung gegenüber der Arbeitsfläche sowie dickere Mulchschichten von zuvor geschälten, gegrubberten oder gefrästen Feldern füllen den zum Nachbarpflugkörper vorhandenen Freiraum aus und führen zum Verstopfen des Pfluges.

- Durch das Anordnen eines Scheibensechs vor der Furchenwandschneide jedes Pflugkörpers werden Verstopfungen vermieden, auch bei starkem Bewuchs und hohen Ernterückständen. Auf der Feldoberfläche vorhandene organische Substanzen werden streifenförmig untergebracht. Das vollständige Unterbringen ist durch den Einsatz von Leitblechen möglich.
- Da Schäl-Kurzpflüge in der Regel keine Mulchschichten auf der Feldoberfläche vorfinden, können sie ihre Funktion auf fast allen Standorten erfüllen. Durch ihre kurze Baulänge und den damit verbundenen geringeren Schwerpunktabstand von der Traktorhinterachse lassen sie sich auch bei großen Arbeitsbreiten als Anbaupflug gestalten (**Abbildung 7**) [8].
- Die Untersuchungen zum Kurzpflug sind nicht fortgesetzt worden wegen der noch zu großen Baulänge, des unvermindert hohen spezifischen Zugkraftbedarfs, der eingeschränkten Funktionssicherheit auf lockeren Böden und veränderter Verfahrensgestaltung für die Bestellung in der Getreideproduktion.

Zum heutigen Stand der Pflug-Technik

Der Pflug wird weiterhin als Arbeitsmittel zur Bodenbearbeitung erhalten bleiben, auch wenn die pfluglose Bodenbearbeitung oder die Aussaat ohne Bodenbearbeitung zu niedrigeren Verfahrenskosten in der Pflanzenproduktion führen. Jedoch haben sich die Abstände der Pflugkörper nicht zum Kurzpflug verringert. Sie betragen in der Richtung des Pflugrahmens noch immer 85-120 cm (das entspricht einem Stafflungsabstand $S = 73-97$ cm) [9; 10]. Vor allem bei Anbau-Drehpflügen mit bis zu 7 Pflugkörpern wird die Hinterachse des Traktors in der Vorgewendefahrt überlastet, wodurch erhebliche, schädliche Bodenverdichtungen entstehen.

Auch jene Pflüge, die eine schräge Furchenwand erzeugen („Rautenpflug“, Fa. Gassner, Huard), damit die breiten Antriebsräder der großen Traktoren in einer verbreiterten Furche fahren konnten, findet man heute nicht mehr am Markt.

Aktuelle Entwicklungsschwerpunkte zur Steigerung der Effektivität des Pflügens sind:

- die Automatisierung der Pflug-Ankopplung an den Traktor sowie die Einstellung und Veränderung von Arbeitsbreite, Arbeitstiefe, Zugpunkt, Auslösekraft der Überlastsicherung, Ausheben und Wiedereinsetzen am Vorgewende
- die Verringerung des Verschleißes (Erhöhung der Nutzungsdauer) der Pflugkörper-Einzelteile [11].

Literatur

- [1] Kunze, A.: Bodenbearbeitung und Bestellung in hoher Qualität – eine wichtige Voraussetzung für die Steigerung und Stabilisierung der Erträge. *Agrartechnik* 24 (1974) H. 1, S. 20–22
- [2] Feuerlein, W.: Pflügen – oder was sonst? *Landtechnik* 28 (1973) H. 15, S. 401–404
- [3] Kunze, A.: Komplexe Aufgabenstellung für Verfahren und Technik der kombinierten Bodenbearbeitung und Bestellung entsprechend den Erfordernissen der industriemäßigen Produktion. Akademie der Landwirtschaftswissenschaften, Forschungszentrum für Bodenfruchtbarkeit, Münchenberg 1974 (unveröffentlicht)

- [4] Anisch, S. und R. Richter: Zum Arbeitsprinzip eines Kurzpfluges auf der Grundlage des Wendens von Bodenbalken mit parallelogrammförmigem Querschnitt. *Agrartechnik* 27 (1977) H. 7, S. 323–325
- [5] Anisch, S. und R. Richter: Untersuchungen zur Gestaltung der Arbeitsfläche und zur möglichen Stafflung von Pflugkörpern – ein Beitrag zur Entwicklung von Pflügen mit geringer Baulänge. Dissertation. Technische Universität Dresden, Fakultät Maschinenwesen, 1979
- [6] Anisch, S. et al.: Pflugkörper. Patentschrift DD 122768 A1
- [7] Anisch, S.: Abstützung der Seitenkräfte durch passiv rollende Scheiben. *Agrartechnik* 30 (1980) H. 9, S. 419–420
- [8] Anisch, S. et al.: Scharpflug für große Arbeitsbreiten. Patentschrift DD 134033 A1
- [9] Pflügen. www.lemken.com. Zugriff am 15.03.2010
- [10] Pflüge. www.poettinger.at. Zugriff am 15.03.2010
- [11] Herlitzius, T. und A. Grosa : Bodenbearbeitungstechnik. In: *Jahrbuch Agrartechnik* 21, DLG-Verlag, Frankfurt/Main, 2009, S. 87–94

Autor

Dr.-Ing. Siegfried Anisch, Jahrgang 1939, hat von 1958 bis 1964 Maschinenbau (Dipl.-Ing.), Fachrichtung Landmaschinentechnik, an der TH/TU Dresden studiert. Er war von 1964 bis 1971 Leiter der Versuchsabteilung im Gelenkwellenwerk Stadtilm (Thüringen). Dr.-Ing. Anisch hat von 1971 bis 1991 als Wissenschaftlicher Oberassistent am Wissenschaftsbereich Landmaschinenkonstruktion der TU Dresden gearbeitet. Er hat 1979 an der Fakultät Maschinenwesen der TU Dresden promoviert. Von 1991 bis 1998 war er Leiter Konstruktion bei der Eberhardt Maschinenfabrik GmbH, von 1999 bis 2002 hat er diese Funktion bei der Eberhardt-Mengele productions GmbH innegehabt und von 2002 bis 2004 bei der Bohnacker AG/Mengele Agrartechnik, Waldstetten (Bayern). E-Mail: siegfried.anisch@tele2.de

Anmerkung

Der Erfahrungsschatz vorangegangener Generationen bietet nicht nur viel Interessantes, sondern kann oftmals auch wertvolle Anregungen für die Gestaltung der Zukunft geben. Unter diesem Motto hat sich der Fachausschuss „Geschichte der Landtechnik“ des VDI-MEG zum Ziel gesetzt, agrarhistorische Sachverhalte „auszugraben“ und zu publizieren. Solche Themen können auch in der Zeitschrift *Landtechnik* einen Platz finden, wie z. B. der hier abgedruckte Beitrag von Dr.-Ing. Anisch. Der Fachausschuss hat sich zum Ziel gesetzt, für diese interessante Aufgabe möglichst viele Autoren in der großen Gemeinschaft kompetenter Landtechniker in West und Ost zu aktivieren. Wir hoffen, dass aus dem Leserkreis der *Landtechnik* weitere geeignete Angebote zur Veröffentlichung kommen.

gez. Dr. Klaus Krombolz,

Vorsitzender des Fachausschusses „Geschichte der Landtechnik“ des VDI-MEG, E-Mail: klaus.krombolz@t-online.de