

Über den Entwurf von Streichblechformen unter besonderer Berücksichtigung von Streichblechen für höhere Geschwindigkeit

Von W. Söhne und R. Möller, Braunschweig-Völkenrode

Die allmählich steigenden Motorleistungen bei gleichbleibendem Schleppergewicht werden allmählich steigende Pfluggeschwindigkeiten mit sich bringen. Damit ergibt sich für die Pflugerhersteller die Notwendigkeit, entweder vorhandene bewährte Pflugkörper den allmählich steigenden Geschwindigkeiten anzupassen oder neue Pflugkörper zu entwerfen. Aus diesem Grunde erschien es uns wünschenswert zu sein, im Anschluß an frühere Mitteilungen [1; 2] nicht nur über unsere Pflugversuche mit höherer Geschwindigkeit zu berichten, sondern auch ganz allgemein den Entwurf von Streichblechformen unter besonderer Berücksichtigung von Streichblechen für höhere Geschwindigkeit zu behandeln¹⁾.

Weiterentwicklung der Schlepperleistungen und der Pfluggeschwindigkeiten

Für die Entwicklung neuer Streichblechformen muß zunächst die Frage untersucht werden, welche Pfluggeschwindigkeiten mit den in naher Zukunft zu erwartenden Schleppertypen und Leistungen erreicht werden können. Dabei werde von drei Schlepperleistungsklassen ausgegangen, die schon jetzt in Europa in großer Zahl gebaut werden, und zwar den Klassen mit einem Grund-

Tafel I. Voraussichtliche Entwicklung der Schlepperklassen I bis III.

Schlepperklasse		I	II	III
Leistung*)	PS	50 → 70	37 → 52	25 → 35
Grundgewicht	kp	2200	1700	1300
Leistungsgewicht*)	kp/PS	44 → 31	46 → 33	52 → 37
Fahrer, Brennstoff und Zusatzgewichte	kp	550	430	310
Gesamtgewicht	kp	2750	2130	1610
statische Hinterachslast	kp	1720	1330	1005
Hinterachslast bei der Arbeit (mit Anbaupflug und Raddruckverstärker)	kp	2750	2130	1610
Vorderachslast bei der Arbeit	kp	580	450	340
Angenommener Triebkraftbeiwert		0,45	0,45	0,45
Triebkraft abzüglich Rollwiderstand der Vorderräder	kp	1150	890	675

*) Die erste Zahl in den Spalten entspricht etwa der Leistung und dem Leistungsgewicht im Jahre 1961, die zweite Zahl den angenommenen Werten in 10 bis 15 Jahren.

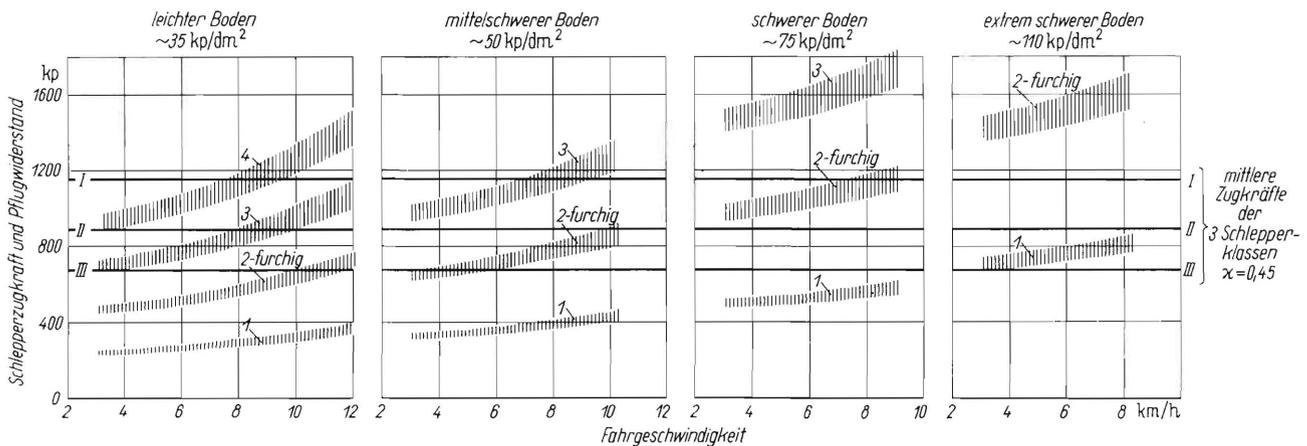


Bild 1. Pflugwiderstand von ein- und mehrfurchigen Pflügen auf verschiedenen Böden in Abhängigkeit von der Fahrgeschwindigkeit im Vergleich zu den aus den Schleppergewichten errechneten mittleren Zugkräften für die drei Schlepperklassen nach Tafel I.

Arbeitsquerschnitt je Pflugkörper $3,0 \times 2,2 \text{ dm}^2$.

Angenommener Pflugwiderstand mit herkömmlichen Pflugkörpern bei herkömmlicher Geschwindigkeit: leichter Boden 35 kp/dm^2 , mittelschwerer Boden 50 kp/dm^2 , schwerer Boden 75 kp/dm^2 und extrem schwerer Boden 110 kp/dm^2 .

gewicht von etwa 2200 kp, 1700 kp und 1300 kp, Tafel I. Die derzeitigen Motorleistungen dieser Klassen sind 50 PS, 37 PS und 25 PS. Es werde angenommen, daß diese Motorleistungen bei annähernd gleichbleibendem Schleppergewicht in 10 bis 15 Jahren um 40% auf 70, 52 und 35 PS gesteigert werden. Unter Berücksichtigung des Gewichts für Fahrer, Brennstoff und Zusatzgewichte, wie sie im allgemeinen beim Pflügen verwendet werden, wird man Gesamtgewichte von 2750 kp, 2130 kp und 1610 kp erreichen.

Die statische Hinterachslast werde mit 62,5% des Schlepper-Gesamtgewichtes angenommen. Durch das Gewicht der Anbaupflüge und die Raddruckverstärkung infolge der Vertikalkräfte des Bodens auf den Pflug vergrößert sich die Hinterachslast nach Skalweit [3] bei den angegebenen Klassen auf das etwa 1,6fache der statischen Hinterachslast. Dabei ist das Pfluggewicht rund 30% der statischen Hinterachslast. Unter der Annahme eines mittleren Triebkraftbeiwertes von 45% der Hinterachslast und eines Vorderradwiderstandes von 15% der Vorderachslast errechnen sich Zugkräfte von 1150, 890 und 675 kp. In Bild 1 sind schraffiert die Pflugwiderstände von ein- bis vierfurchigen Pflügen mit einer Arbeitsbreite von 30 cm je Körper und einer Furchentiefe von 22 cm auf leichtem, mittelschwerem, schwerem und einem extrem schweren Boden²⁾ in Abhängigkeit von der Pfluggeschwindigkeit dargestellt. Die angenommenen spezifischen

¹⁾ Die vorliegende Arbeit ist die 3. Mitteilung über laufende Untersuchungen, die mit dankenswerter Unterstützung des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten und des Kuratoriums für Technik in der Landwirtschaft durchgeführt werden.

Privatdozent Dr.-Ing. Walter Söhne VDI ist Abteilungsleiter und Rudolf Möller Versuchsingenieur im Institut für landtechnische Grundlagenforschung (Direktor Prof. Dr.-Ing. Wilhelm Batel) der Forschungsanstalt für Landwirtschaft, Braunschweig-Völkenrode.

²⁾ Der Anteil der extrem schweren Böden an der Gesamttackerfläche dürfte ziemlich gering sein; größer wird der Anteil, wenn die Grünlandflächen mit einbezogen werden.

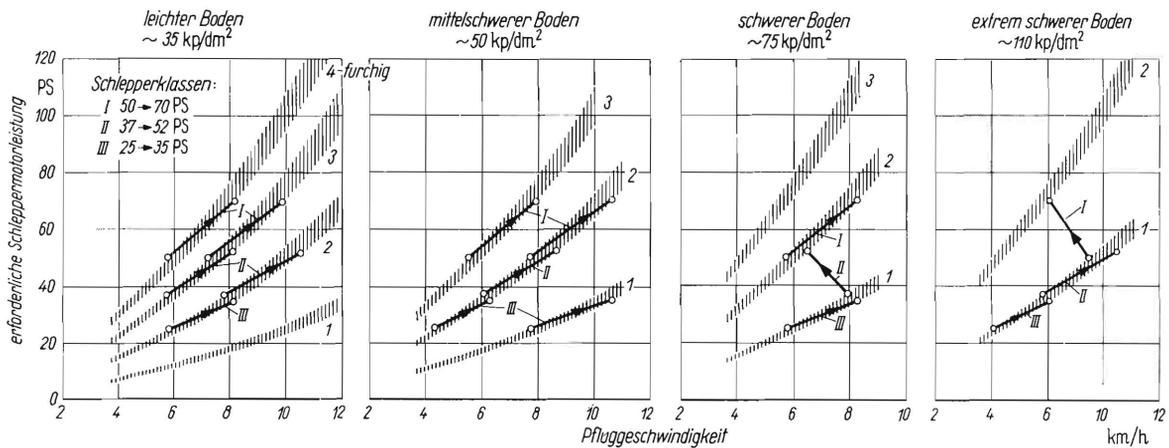


Bild 2. Leistungsbedarf von ein- und mehrfurchigen Pflügen auf verschiedenen Böden in Abhängigkeit von der Fahrgeschwindigkeit (schraffiert) sowie mögliche Geschwindigkeitssteigerungen von drei Schlepperklassen bei einer Steigerung der Motorleistung um 40% (ausgezogene Linie).

Schlepperklasse I: Steigerung der Leistung von 50 auf 70 PS
 Schlepperklasse II: Steigerung der Leistung von 37 auf 52 PS
 Schlepperklasse III: Steigerung der Leistung von 25 auf 35 PS

Annahmen der Leistungsberechnung: Motorbelastung 90%,
 Schleppergetriebewirkungsgrad 85% und Wirkungsgrad der
 Kraftübertragung zwischen Reifen und Boden 60%.

Pflugwiderstände gehen aus Bild 1 hervor. Ferner sind die auf Grund des Schleppergewichts (nicht auf Grund der Motorleistung) errechneten Zugkräfte der drei Schlepperklassen eingezeichnet. Danach vermag ein Schlepper der Klasse I einen vierfurchigen Pflug auf leichtem Boden, einen dreifurchigen auf mittelschwerem und einen zweifurchigen auf schwerem Boden zu ziehen. Für extrem schwere Böden ist diese Schlepperklasse I nicht sonderlich geeignet, hierfür empfiehlt sich ein erheblich schwererer Typ, möglichst mit Vierradantrieb. Ein Schlepper der Klasse II ist in der Lage, einen dreifurchigen Pflug auf leichtem Boden und einen zweifurchigen auf mittelschwerem Boden zu ziehen. Für schweren Boden müßte das Gewicht so erhöht werden, daß der Schlepper einen zweifurchigen Pflug ziehen kann. Ein Schlepper der Klasse III zieht auf leichtem Boden einen zweifurchigen Pflug, auf mittelschwerem gerade noch einen zweifurchigen Pflug mit etwas geringerer Furchenbreite und -tiefe, auf schwerem Boden nur einen einfurchigen Pflug.

In Bild 2 ist der Energiebedarf der eben gezeigten ein- bis vierfurchigen Pflüge auf den vier Bodenarten in Abhängigkeit von der Pfluggeschwindigkeit gezeigt. Dabei ist eingezeichnet, welche Pfluggeschwindigkeiten mit den derzeitigen Leistungen von 50, 37 und 25 PS und bei einer 40%igen Steigerung der Leistung erreicht werden können, wenn es gleichzeitig gelingt, den Widerstand auf die untere Begrenzung des Streugebietes der Leistung zu reduzieren. Eine weitere Voraussetzung ist, daß die Schlepper stufenlose Getriebe haben, um gerade die volle Motorleistung bei diesen angegebenen Geschwindigkeiten auszunutzen. In Wirklichkeit werden also mit Rücksicht auf Stufengetriebe und außerdem mit Rücksicht auf ungenügenden Fahrkomfort der heutigen Schlepper bei höherer Geschwindigkeit diese maximalen Geschwindigkeiten noch nicht erreicht. Bei dieser Berechnung hat in allen Fällen der Pflug so viele Körper, wie der Schlepper gewichtsmäßig zu ziehen in der Lage ist. Lediglich auf leichtem Boden wird man gegebenenfalls anstelle des vierfurchigen Beetpfluges einen dreifurchigen Kehrpfug für Schlepperklasse I verwenden und entsprechend einen zweifurchigen Kehrpfug für Schlepperklasse II. In keinem Falle wurde bei den Annahmen die Zahl der Pflugkörper reduziert und etwa versucht, eine höhere Flächenleistung durch sehr erheblich gesteigerte Geschwindigkeiten bei verringerter Körperzahl zu erreichen. Unter den genannten Voraussetzungen werden auf leichtem und mittelschwerem Boden maximale Geschwindigkeiten bis 10 km/h und auf schwerem und extrem schwerem Boden bis 8,3 km/h erreicht.

Diese Betrachtung zeigt, welche Grenzen der Pfluggeschwindigkeit in absehbarer Zukunft noch gesetzt sind. Weiterhin läßt sich auch überblicken, daß eine Steigerung der Motorleistung um 40% bei gleichbleibendem Schleppergewicht wohl eines Zeitraumes von 10 bis 15 Jahren bedarf.

In Amerika geht die Entwicklung zum Teil allerdings in Richtung zu sehr großen und gleichzeitig sehr schweren Schleppern mit 5- bis 10furchigen Pflügen bei nur wenig gesteigerter Pfluggeschwindigkeit. Eine solche Entwicklung dürfte aber für die kleineren Betriebe in Europa zu kostspielig sein. Denn es sind vor allen Dingen das Gewicht und die maximalen Zugkräfte beim Schlepper, die Geld kosten, nicht so sehr die Motorleistung.

Nach dieser Betrachtung über die zu erwartenden Pfluggeschwindigkeiten soll ein Rückblick auf die seitherige Entwicklung der Grundformen der Streichbleche und auf die Theorie des Pflügens gegeben werden.

Grundformen der Pflugstreichbleche

Die heutigen Streichblechformen wurden in den letzten 200 Jahren im wesentlichen empirisch entwickelt. Dabei ergab sich auf Grund verschiedener klimatischer Verhältnisse und Bodenarten in England und Mitteleuropa eine unterschiedliche Reihenfolge der Wichtigkeit der einzelnen Teilaufgaben des Streichbleches.

Die wichtigsten Aufgaben des Pflügens sind in England: Wenden und Unkraut vernichten, grobe Zwischenräume zum Abflauen und Unterbringen der großen Niederschläge zu schaffen. Die Feinkrümelung besorgt dort mehr als in Mitteleuropa der Wechsel von Frost und Wiederauftauen, Regenfeuchte und Trocknen. In Mittel- und Osteuropa dagegen mit mehr leichten Böden ist die Hauptaufgabe des Streichbleches das Lockern des Bodens.

Auf Grund dieser unterschiedlichen Anforderungen an das Streichblech wurden folgende Grundtypen entwickelt: in England die nach einigen Vorläufern seit 1760 ziemlich unverändert beibehaltene Schraubenform. Sie ermöglicht in Gebieten, in denen die Graswirtschaft mit in die Fruchtfolge einbezogen wird, ein einwandfreies Wenden und Unterpflügen der Grasnarbe, krümelt aber den Boden nur wenig. Auch bei uns führten sich diese gewundenen Formen Anfang des 19. Jahrhunderts unter anderem durch das Wirken von *Thaer* ein, konnten sich aber auf die Dauer besonders auf den leichten Böden in Ostdeutschland nicht durchsetzen. Dort entwickelte sich die steile zylindrische Form, deren Vorläufer, die Ruchadloform, aus Böhmen stammte. Der Boden erfährt auf der Arbeitsfläche dieser Streichblechform eine starke Deformation, wird überstürzt, gebrochen und fein gekrümelt. Das gilt für leichte Sandböden bzw. Böden mit geringen inneren Bindungskräften; schwere tonige Böden krümeln jedoch nicht, sondern brechen in groben Schollen auf, die besonders bei hoher Fahrgeschwindigkeit nicht sauber gewendet, sondern kreuz und quer gestellt werden.

Beide Grundformen, die Schrauben- und die Zylinderform, lassen sich durch einfache mathematische Beziehungen darstellen. Bild 3 zeigt die Wendung des Querschnittes eines steif an-

genommenen Erdbalkens durch eine Schraubenform nach der Darstellung in der älteren Pflugliteratur [4; 5; 6]. **Bild 4** zeigt die Vorderansicht einer Schraubenform, welche diese Arbeit ausführt. Die Fläche der Schraubenform erhält man folgendermaßen: Die erzeugende Gerade wird parallel zur Aufrißebene bewegt und erst um den Punkt D und dann um den Punkt C' gedreht. Das Streichblech besteht also aus zwei zusammengesetzten Flächen und gilt theoretisch nur für eine bestimmte Furchentiefe.

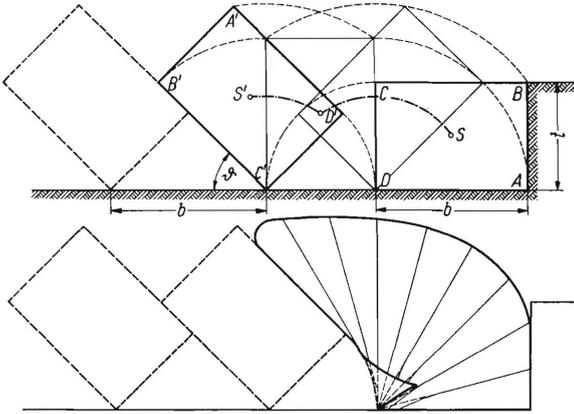


Bild 3 und 4. Schema der älteren Pflugtheorie. Wenden eines als steif angenommenen Erdbalkens durch eine Schraubenform. Vorderansicht einer Schraubenform, welche das Wenden nach Bild 3 (oben) ausführt.

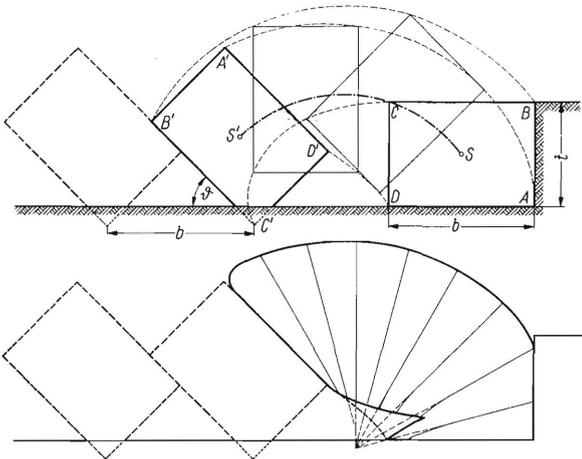


Bild 5 und 6. Schema des Wendens eines Erdbalkens durch eine Schraubenform bei höherer Geschwindigkeit. Vorderansicht einer Schraubenform, welche das Wenden nach Bild 5 (oben) ausführt.

In der Praxis wurde die erzeugende Gerade häufig durch eine gewölbte Linie ersetzt. Man begnügte sich auch damit, daß das Streichblech nur eine Drehung des Erdbalkens über 90° um den Punkt D ermöglichte. Da der Erdbalken ja nicht starr ist, wirkte sich dies nicht sonderlich nachteilig aus. Aus Bild 3 läßt sich auch der Neigungswinkel ϑ des abgelegten Erdbalkens ersehen. Es ist $\sin \vartheta = t/b$. Der Erdbalken wird um so besser gewendet, je geringer die Furchentiefe im Verhältnis zur Arbeitsbreite ist. Bei tiefer Furche kann es vorkommen, daß der Balken nicht ganz gewendet wird und in die Furche zurückkippt. Der theoretische Grenzwert hierfür errechnet sich zu $b/t = 1,27$. Um einen steifen Erdbalken mit einer solchen Schraubenform einwandfrei wenden zu können, muß also die Breite mindestens 1,27mal so groß sein wie die Furchentiefe.

Bild 5 und 6 zeigt den Vorgang des Wendens bei etwas größerer Geschwindigkeit und die daraus entwickelte Schraubenform. Dabei wird der Erdbalken nicht mehr streng um die Punkte D und C' gedreht, sondern er wird in seiner gesamten Breite etwas angehoben, gewendet und fällt dann auf die abgeplattete Kante C'.

Die zweite Grundform ist die zylindrische Streichblechfläche, **Bild 7**. Sie stellt einen Ausschnitt aus einer geraden Zylinderfläche dar und ist eindeutig durch folgende wenige Werte gekennzeichnet³⁾:

1. durch den Scharschneidenwinkel φ_1 , der als Seitenrichtungswinkel der horizontalen Formlinien a — a über das ganze Streichblech hinweg konstant ist;
2. durch den Schnittwinkel δ der stehenden Formlinie b — b und
3. durch den Radius der stehenden Formlinie.

Der Körper entsteht also dadurch, daß man die erzeugende Gerade a — a über die stehende Formlinie parallel verschiebt. Als stehende Formlinie kann man anstelle eines Kreises auch Ellipsen oder vor allem Parabeln verwenden.

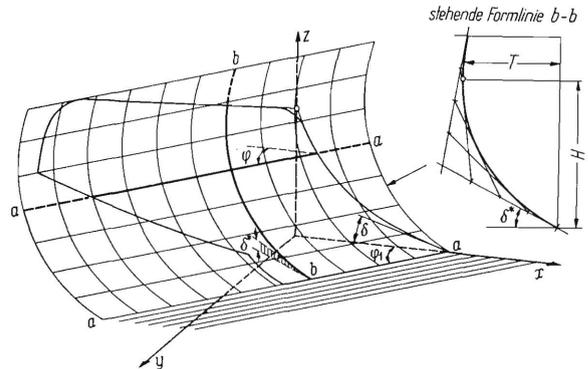


Bild 7. Entwurf eines Zylinderstreichbleches.

Charakteristische Größen:

1. Funktion der stehenden Formlinie b — b: Kreis, Ellipse oder Parabel (im Bild ist die Formlinie eine Parabel),
2. Ersatzradien R für die stehende Formlinie:
 $R = (1,35 \text{ bis } 1,8 \text{ bzw. } R = b/\text{arc}(90^\circ - \delta^*) \cos \varphi$,
worin b die Arbeitsbreite ist,
3. Horizontale Formlinie a — a: Gerade mit Scharschneidenwinkel $\varphi_1 =$ Seitenrichtungswinkel $\varphi = \text{const}$,
4. Schnittwinkel δ^* ; $\tan \delta^* = \tan \delta/\sin \varphi$.

In **Bild 8 und 9** ist versucht, die theoretische Bodenverformung auf einer Zylinderfläche und auf einer Schraubenfläche darzustellen. Durch die vom Streichblech aufgezwungene Bahnkrümmung wird der Erdbalkenquerschnitt verzerrt. Diese Verzerrung ist beim Zylinderstreichblech, Bild 8, so groß, daß sie weit über der plastischen Verformbarkeit eines Erdbalkens liegt. Demgegenüber verdreht die Schraubenfläche, Bild 9, den Erdbalken, verformt ihn aber dabei nicht so stark wie beim zylindrischen Blech. Entsprechend wird er weniger gekrümmt. Verformung und Krümmung sind bei der Schraubenform um so ausgeprägter, je größer die Steigung, also je kürzer das Blech ist. Beim zylindrischen Blech tritt aber nicht nur eine Bahnkrümmung in der xz-Ebene auf, sondern gleichzeitig eine solche in der xy-Ebene, so daß der Querschnitt um 90° verwunden und um 45° um die z-Achse gedreht wird.

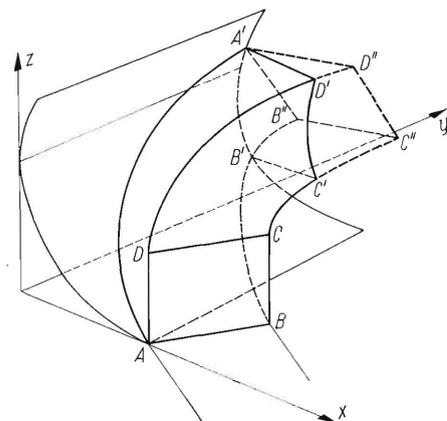


Bild 8. Theoretische Verformung des Erdbalkens auf einem zylinderförmigen Streichblech. (In Wirklichkeit bricht der Erdbalken in Scherebenen auf.)

³⁾ Begriffe und Bezeichnungen der Winkel sind in Anlehnung an das Normblatt DIN 11118 gewählt.

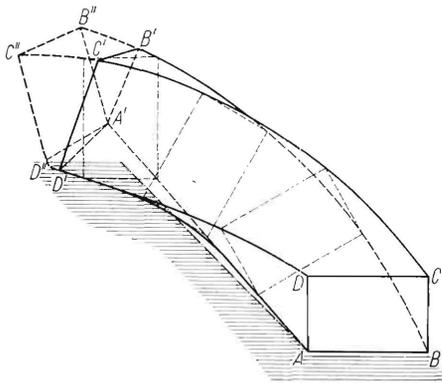


Bild 9. Theoretische Verformung des Erdbalkens auf einem schraubenförmigen Streichblech.

Einen großen Einfluß auf die Krümelung und Lockerung hat beim Zylinderstreichblech auch das Ablegen. Der vom Streichblech in seinem Gefüge aufgebrochene Erdbalken hat je nach der Länge des Weges seiner Einzelteile auf dem Streichblech nach verschiedener Zeit wieder Bodenberührung. Die Teile, die den Boden zuerst berühren, werden auf ihm festgehalten, während die Teile, die ihn noch nicht berühren, ihre Bahn beizubehalten suchen. Hierdurch erfolgt das Ablegen wie ein Abwälzen, und ein bestimmter Querschnitt wird noch weiter auseinander gezerrt. Dabei spielt auch die Höhe des Herabstürzens eine Rolle.

Aus der Zylinderform entwickelte sich in der Folgezeit die Kulturform und daraus für Schlepperpflüge die Universalform. Als Übergangsform zwischen den Grundformen entwickelte sich die Wendel- oder Halbschraubenform. In [1] und [2] sind zahlreiche Beispiele dieser verschiedenen Gruppen dargestellt.

Bevor nun zum Entwurf der Streichblechformen übergegangen wird, soll ein kurzer Rückblick auf die Theorie des Pflügens nach *Gorjatschkin* [4] gegeben werden.

Zur Theorie des Pflügens

In der Vergangenheit haben sich in Deutschland die Mathematiker und Mechaniker nur sehr spärlich mit der Entwicklung einer Theorie des Pflügens beschäftigt. Die Hersteller paßten die Streichblechformen den jeweiligen speziellen Bodenverhältnissen durch Probieren und handwerksmäßiges Ändern der Pflugkörper an. In Rußland versuchte vor allem *Gorjatschkin* um 1900 [4; 6], eine Theorie über den Vorgang des Pflügens zu begründen⁴⁾.

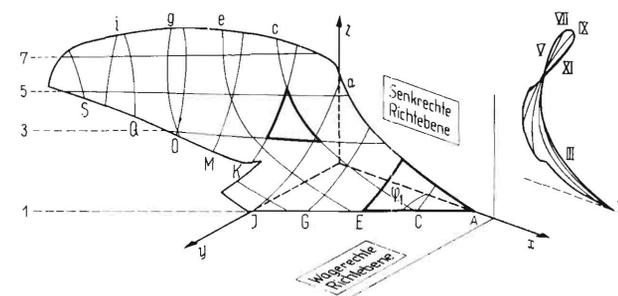


Bild 10. System von Formlinien der Arbeitsfläche eines Streichbleches.

- a — i stehende Formlinien parallel zur senkrechten Richtebeine,
- 1 — 7 horizontale Formlinien parallel zur waagerechten Richtebeine,
- A — S stehende Formlinien, parallel zu einer senkrecht auf der Fahrtrichtung stehenden Richtebeine und
- I — IX stehende Formlinien in Ebenen senkrecht zur Scharsehneide.

Unter Einführung eines Systems von Formlinien, **Bild 10**, versuchte er die Größen und Winkel am Streichblech zu ermitteln, welche für den speziellen Zweck, nämlich Wenden oder Krümeln und Lockern, oder für einen minimalen Kraftbedarf am günstigsten sind. Auf Grund dieser Größen versuchte er, die Arbeitsweise

⁴⁾ Mit der Untersuchung des gewundenen Streichbleches hatten sich vorher *Bailey*, *Lambruschini*, *Ridolphi* und *Jefferson* beschäftigt. *Grandvoininet* versuchte, eine Theorie für die Steigung eines Schraubenpfluges mit geringstem Zugkraftbedarf aufzustellen.

und Güte eines beliebigen Pfluges schon vorher bestimmen zu können oder umgekehrt einen Pflug für einen bestimmten theoretischen Zweck konstruieren zu können. Dabei ging er von einem dreieckigen Keil aus, **Bild 11**, der sowohl ein kleiner Teilausschnitt des Streichbleches wie der Anfangskeil an der Scharspitze sein mag. Dieser Keil wird durch drei Winkel, nämlich den Schnittwinkel δ , den Scharshneidenwinkel φ_1 bzw. den Seitenrichtungswinkel φ und den Winkel δ' , bestimmt. *Gorjatschkin* zerlegte die Wirkung des Dreieckskeiles in die Wirkung der drei Einzelkeile. Danach hebt der Keil mit dem Schnittwinkel δ den Erdbalken hoch und zerkrümelt ihn, der Keil mit dem Seitenrichtungswinkel φ trennt den Bodenbalken von der Furchenwand, stürzt ihn zur Seite, und der Keil mit dem Winkel δ' wendet den Erdbalken und legt ihn ab. Allerdings ist diese Unterteilung der Arbeit des Streichbleches in die Aufgaben der drei Einzelkeile eine Vereinfachung und Idealisierung eines in Wirklichkeit sehr verwickelten Vorganges. Das Krümeln und Lockern kann ja nicht allein dem ersten Keil zugeschrieben werden; auch die beiden anderen Keile und insbesondere eine ständige Änderung aller drei Winkel tragen zur Formänderung des Erdbalkens und damit zur Zertrümmerung seines Gefüges bei. Von diesen Grundkeilen und ihrer Veränderung kam *Gorjatschkin* zur Aufstellung seiner Systematik der Streichblechformen, nämlich dem Zylinderstreichblech, der Kulturform, der halbgewundenen und gewundenen Form.

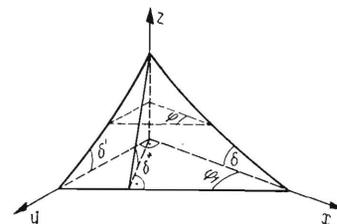


Bild 11. Dreieckskeil als Teilausschnitt des Streichbleches. Scharshneidenwinkel φ_1 bzw. Seitenrichtungswinkel φ der horizontalen Formlinien zur senkrechten Richtebeine, Schnittwinkel δ , δ^* bzw. δ' der stehenden Formlinien in Ebenen parallel zur senkrechten Richtebeine, senkrecht zur Scharsehneide bzw. senkrecht zur x-Achse.

Der Amerikaner *Nichols* [7; 8] ging dagegen von der Ausbildung der Scher- und Gleitform im Erdbalken auf die Ausbildung der Streichblechform aus, während *Söhne* [9] den Schneidvorgang einfacher Werkzeuge behandelte. Diese Arbeiten, sowie die Arbeiten anderer Autoren können nur als Ausgang einer bis jetzt unvollständigen Theorie des Pflügens betrachtet werden.

Entwurf von Streichblechen allgemeiner Art

Es sollen nun einige Verfahren behandelt werden, wie man die Arbeitsflächen von Streichblechen zeichnerisch darstellen und auf Grund mathematischer Beziehungen eindeutig festlegen kann. Die Versuche hierzu sind allerdings in der Vergangenheit, worauf schon *A. Föppl* [10] und besonders *Königer* [11] hinweisen, immer einer gewissen Abneigung seitens der Hersteller begegnet. Man erkannte ihnen nur wenig praktischen Wert zu, da man nur in beschränktem Maße aus der Flächengestaltung Schlüsse auf die Arbeitswirkung ziehen könne. Diese Methoden sind also nur mathematische Hilfsmittel zur Festlegung der Streichblechform und begründen keine funktionellen Gesetzmäßigkeiten. Andererseits kann durch eine mathematische Fixierung der Form der Streichbleche eine Normung erleichtert und auch besser ein stetiger Krümmungsverlauf auf dem Streichblech gewährleistet werden, der von zusätzlicher Wölbung und Vertiefung frei ist.

Dabei kann man zwischen zwei Methoden unterscheiden:

1. Festlegung der gesamten Streichblechfläche durch eine mathematische Beziehung. Dies kann eine erhebliche Beschränkung für den Konstrukteur bedeuten, eine gewünschte Form zu erreichen.
2. Festlegung einzelner charakteristischer Formlinien durch eine mathematische Beziehung und im übrigen zeichnerische Anpassung der Form an die gewünschten Grenzwerte. Letztere Methode wurde von uns gewählt.

Der Entwurf eines Streichbleches beginnt mit der Festlegung der Umrißform in Frontansicht auf Grund der geforderten Schnittbreite und Furchentiefe. **Bild 12 und 13** zeigt hierzu einige Beispiele. Die Breite der Scharschneidenprojektion ist im allgemeinen, von Schraubenformen abgesehen, geringfügig größer als die Nennschnittbreite. Lediglich bei dem sehr breit schneidenden 16"-Körper der Firma IHC ist sie etwas kleiner. Als erste Näherung für die Höhe H des Landrandes am Streichblech wählt man die Furchenbreite bzw. eine Funktion der Furchentiefe. Für die Gesamthöhe gilt als Faustregel $H_{max} = \sqrt{b_n^2 + t_n^2}$. Jedoch können auch hiervon beträchtliche Abweichungen auftreten. Bei großen Arbeitstiefen und großen Arbeitsbreiten wird H_{max} kleiner als dieser Wert.

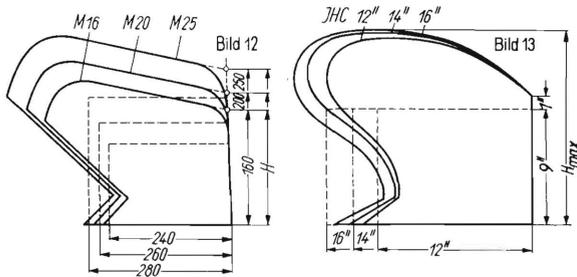


Bild 12. Umriss der Normkörper M 16, M 20 und M 25 (mittelsteile Form).

Für die Höhe H des Streichbleches auf der Landseite gilt

$$H = 0,84 t_n + 90 \text{ mm} \quad t_n \text{ Arbeitstiefe}$$

$$H_{max} = \sqrt{b_n^2 + t_n^2} - 23 \text{ mm} \quad b_n \text{ Arbeitsbreite}$$

Bild 13. Umriss der Pflugkörper AHP C 2 R, 12" bis 16", der Firma IHC.

$$H = t_n + 25 \text{ mm}$$

$$H_{max} (12'') = \sqrt{b_n^2 + t_n^2} - 15 \text{ mm}$$

$$H_{max} (14'') = \sqrt{b_n^2 + t_n^2} - 45 \text{ mm}$$

$$H_{max} (16'') = \sqrt{b_n^2 + t_n^2} - 80 \text{ mm}$$

In **Bild 14** ist für eine Reihe von deutschen und ausländischen Pflugkörpern die Höhe H des Streichbleches auf der Landseite und der Gesamthöhe H_{max} in Abhängigkeit von der Arbeitsbreite b_n und der Furchentiefe t_n auf Grund von Katalogangaben für diese Körper aufgetragen.

Für den Verlauf des unteren Teiles des Streichblechflügels gilt die Forderung, daß jeder Erdbalken an den vorher abgesetzten richtig angelegt und dabei nicht angerissen wird. Hierfür gibt es Erfahrungswerte und geometrische Gesetzmäßigkeiten, die zwar für die Schraubenform abgeleitet wurden, sich aber wohl auch generell bewährt haben [6].

Zur zeichnerischen Festlegung der Streichblechformen ging man bei den genormten deutschen Streichblechen, der steilen, mittelsteilen und liegenden Form von zwei Parabeln aus, die senkrecht zur Scharschneide liegen. Diese Methode sowie einige weitere ältere Verfahren sind in einem Anhang zu dieser Arbeit dargestellt (Anhang: Bild 35). Durch die Verwendung von zwei Parabeln läßt sich eine Vergrößerung des Seitenrichtungswinkels der liegenden Formlinien von unten nach oben und damit eine gewisse Verwindung erzielen. Aus der Zylinderform wird eine Kulturform. Bei einem ähnlichen Verfahren entsteht eine Kulturform durch Verschiebung einer Mantellinie entlang einer in der senkrechten Richtebene liegenden Parabel und einer Parabel senkrecht zur Scharschneide (Anhang: Bild 36). Auch hier ändert sich der Winkel φ zwischen den Mantellinien und der Furchenwand nach einem bestimmten Gesetz. Man kann sich aber auch mit einer einzigen Parabel senkrecht zur Scharschneide begnügen und außerdem die Änderung von φ nach einer bestimmten Funktion vornehmen, um Kulturformen zu erhalten [6]. Dabei sind aber immer noch die horizontalen Formlinien gerade, und die Streichblechformen sind Zylindroide und abwickelbar. Neben diesen Streichblechtypen mit horizontalen Mantellinien werden von *Krutikow* [6] noch die Streichbleche mit schräg zur Furchensole laufenden Mantellinien beschrieben. Nach dieser Methode können sowohl Universalformen wie Wendelformen dargestellt werden (Anhang: Bild 37).

Ein weiteres Verfahren zur Konstruktion von Kultur- und Universalstreichblechen wurde von *Lutschinski* entwickelt [6]. Er beobachtete, daß die Form der Vertikalschnitte senkrecht zur Furchenwand bei vielen Pflugkörpern über dem ganzen Streichblechbereich nahezu konstant ist. Es genügt also, einmal einen solchen Krümmungsverlauf, beispielsweise wieder in Form einer Parabel, festzulegen und dann zu bestimmen, wie dieser Vertikalschnitt sich von der Scharspitze bis zum Streichblechende drehen soll (Anhang: Bild 38).

Von *Königer* [11] wurde versucht, die empirisch gefundenen Streichblechformen in ein System von mathematisch eindeutig definierten Flächen, vorzugsweise Regelflächen, einzuordnen. Regelflächen entstehen durch Bewegung einer Geraden. Er behandelte:

1. Zylinderflächen aus Kreis-, Ellipsen- und Parabelzylindern,
2. Schraubenformen aus Schraubenregelflächen mit konstanter und veränderlicher Steigung (Anhang: Bild 39 und 40) sowie offene Schraubenflächen, bei denen die erzeugende Gerade nicht eine Schraubenachse schneiden, sondern einen sogenannten Kehlzylinder tangieren,
3. halbgewundene Formen, deren unterer Teil aus einem Ellipsen- oder Parabel-Zylinder besteht, an den sich der Streichblechflügel aus einer Schraubenregelfläche anschließt (Anhang: Bild 41) und
4. halbgewundene Flächen aus Rotationshyperboloiden, Ellipsenhyperboloiden (Anhang: Bild 42) oder parabolischen Hyperboloiden.

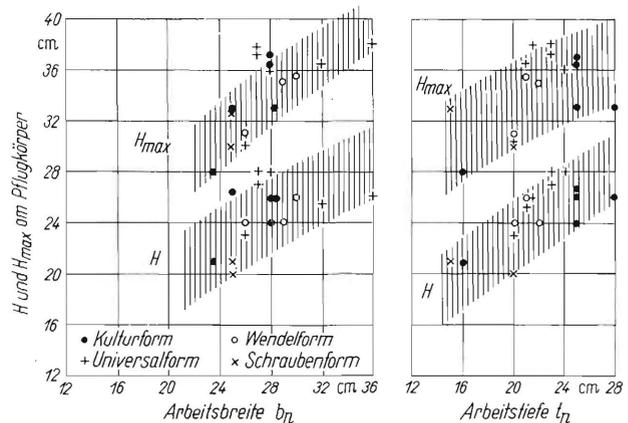


Bild 14. Höhe H des Streichbleches auf der Landseite und Gesamthöhe H_{max} verschiedener Pflugkörper in Abhängigkeit von der Arbeitsbreite b_n und Arbeitstiefe t_n .

Sowohl die russischen Autoren wie z. B. *Gorjatschkin* als auch *Königer* legten besonderen Wert darauf, abwickelbare Streichblechformen darzustellen. Bei abwickelbaren Flächen kann die Streichblechkontur auf ebenem Blech genau angerissen werden. Für Streichbleche, deren Flächen sich nicht in einer Ebene abwickeln lassen, können keine ganz genauen, sondern nur angenäherte Zuschnitte gemacht werden. Weiterhin wird bei einer abwickelbaren Fläche das Material im ganzen nicht gestreckt noch gestaucht, sondern nur gebogen, was bei Dreilagengestahl von Bedeutung ist. Trotz dieser Vorteile verwendet man aber bei fast allen modernen Schlepperpflugkörpern nicht abwickelbare Formen. Die besonderen Anforderungen an Schneltpflugkörper lassen sich zudem schwerlich durch abwickelbare Formen erfüllen.

Entwurf von Streichblechen für höhere Geschwindigkeit

In den früheren Mitteilungen [1; 2] wurden die wesentlichen Forderungen an Pflugkörper für höhere Geschwindigkeit aufgestellt. Sie sollen den Boden nicht zu stark zur Seite und nach oben beschleunigen, damit die Furche nicht zu weit geräumt und der Boden nicht zu weit zur Seite und über das bereits Gepflügte bewegt wird. Der Pflugwiderstand soll mit steigender Geschwindigkeit nicht zu stark anwachsen. Die Körper sollen nicht

schlechter krümeln als die bisherigen und auch beim Anfahren, also bei geringer Geschwindigkeit, noch gut wenden. Damit ergeben sich für den Entwurf von Schneltpflugkörpern bestimmte Bedingungen, die nur durch relativ langgestreckte Formen erfüllt werden können.

Gegenüber den seitherigen Formen muß die Streichblechoberkante höher heraufgezogen werden, damit der Boden bei großer Geschwindigkeit nicht darüber hinwegsprüht. Die erforderliche Erhöhung der Streichblechoberkante wurde aus dem Verlauf der Ritzkurven nach Pflugversuchen ermittelt. Als erste Information hierfür kann **Bild 15** dienen. Für eine Geschwindigkeit von 10 km/h muß die Streichblechoberkante etwa 70 mm höher sein als bei 5 km/h.

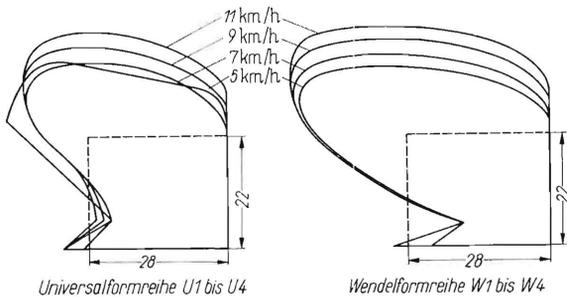


Bild 15. Pflugkörperumrisse in der Vorderansicht bei Steigerung der Fahrgeschwindigkeit von 5 auf 11 km/h.

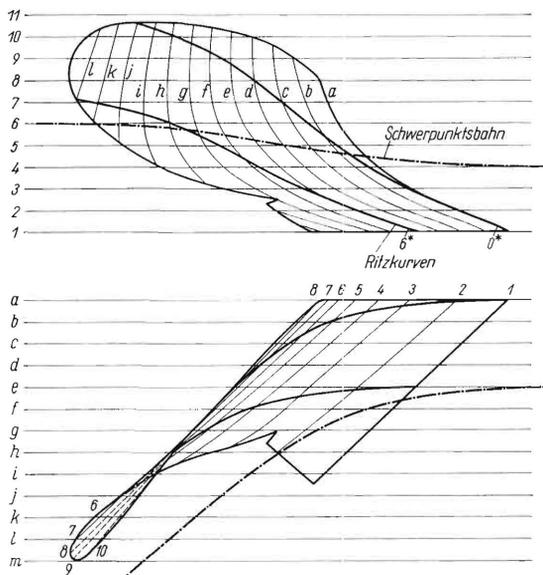


Bild 16. Bewegungsbahnkurven des Bodens auf dem Streichblech (Ritzkurven) der Ausgangs-Universalform sowie Schwerpunktsbahn des Bodenbalkens bei 5,3 km/h für $b = 32$ cm und $t = 24$ cm.

Bei der Entwicklung von Pflugkörpern für höhere Geschwindigkeit wird man in der Regel von bewährten Streichblechformen ausgehen. Es sei z. B. eine bewährte Universalform vorhanden, mit der man mit 5,3 km/h gut pflügen kann. Es soll ein Körper für 8 km/h entwickelt werden, der annähernd das gleiche Furchenbild erzielen, aber auch befriedigend krümeln soll.

Auf diesem Körper werden bei einer Geschwindigkeit von 5,3 km/h die Bewegungsbahnkurven oder Ritzkurven⁵⁾ auf dem Streichblech mit den in [1] beschriebenen Methoden und Einrichtungen aufgenommen und die Bahnkurve des Schwerpunktes konstruiert, **Bild 16**. Bei einiger Erfahrung können sie später auch unmittelbar eingezeichnet werden. Aus den Bahnkurven lassen sich die Geschwindigkeitskomponenten v_x , v_y und v_z bestimmen

⁵⁾ Dazu werden die Streichbleche mit einem Lacküberzug versehen, in dem sich bei der Arbeit sehr schnell die Ritzspuren ausbilden, nach denen die Bewegungsbahnkurven gezeichnet werden können.

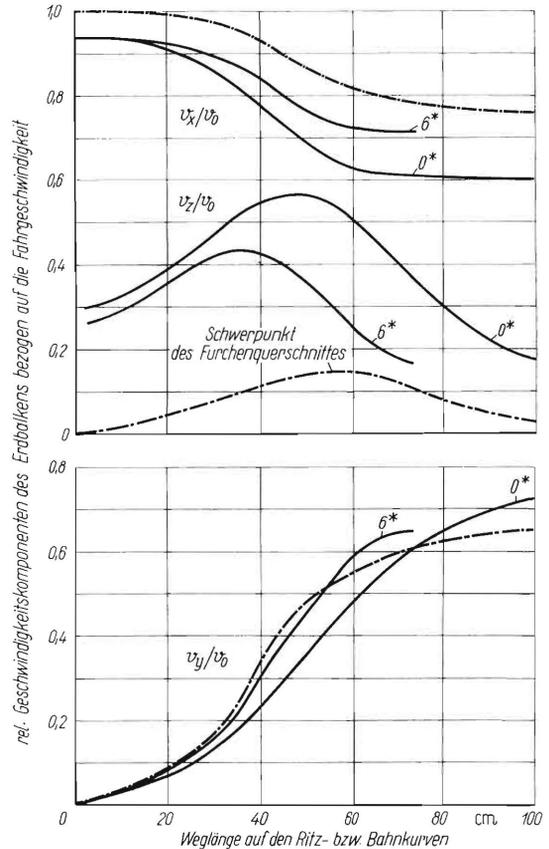


Bild 17. Relative Geschwindigkeitskomponenten des Bodens auf den Bahnkurven auf dem Streichblech und der Schwerpunktsbahn des Bodenbalkens in Abhängigkeit von der Weglänge der Bahnkurven nach Bild 16.

und in Abhängigkeit von der Weglänge der Bahnkurven aufgetragen. Dabei werden sie auf die Fahrgeschwindigkeit v_0 bezogen, **Bild 17**.

Bei dem angegebenen Beispiel nehmen die Längsgeschwindigkeitskomponenten des Schwerpunktes auf 75% und die der Bahnkurve 6* auf 72% von v_0 ab. Die Vertikalkomponente v_z der Bahnkurve 6* erreicht ziemlich weit vorn auf dem Streichblech eine Geschwindigkeit von 43%, während die Komponente v_z der Schwerpunktsbahn nur 15% von v_0 erreicht. Die Seitenkomponenten v_y der Schwerpunktsbahn und Bahnkurve 6* erreichen am Streichblechende eine Geschwindigkeit von 65%.

Nun werde für den neuen zu entwerfenden Schneltpflugkörper die Forderung gestellt, daß bei der 1 1/2fachen Fahrgeschwindigkeit von 8 km/h die Seitengeschwindigkeit v_y des Bodens beim Verlassen des Streichbleches nicht größer werde als bei $v_0 = 5,3$ km/h. Wenn also v_y des Ausgangskörpers $0,65 \cdot 5,3$ km/h = 3,45 km/h ist, darf sie auf dem neuen Körper nur $0,43 \cdot 8$ km/h =

Tafel 2. Charakteristische Größen bei der Entwicklung eines Schneltpflugkörpers.

		Ausgangskörper für 5,3 km/h	Schneltpflugkörper für 8 km/h
Arbeitsbreite b_n	cm	30	30
Arbeitstiefe t_n	cm	22	22
Maximale Höhe H_{max}	mm	350	400
Scharschneidenwinkel φ_1		43°	37°
Schnittwinkel δ an der Scharspitze		22°	17°
Schnittwinkel δ am Scharende		18°	13°
Schnittwinkel δ^* senkrecht zur Scharschneide		27,4°	24°
Parabel, vertikale Formlinie H	mm	260 = 1,18 t	290 = 1,3 t
	T	200	270
Seitenrichtungswinkel der Formlinie 6			
am Streichblechanfang		43°	37°
am Streichblechende		40°	26°
Neigung des Schnittes VIII bzw. IX		110°	110°

3,45 km/h erreichen. Damit steht der Seitenrichtungswinkel φ am Streichblechende eindeutig fest; er muß von rund 40° beim Ausgangskörper auf 25° reduziert werden.

Die Krümelwirkung eines Streichbleches wird zum großen Teil schon vom Schnittwinkel δ des Schares bestimmt. Da die Forderung nach guter Krümelung bestehen bleibt, darf der Schnittwinkel an der Scharschneide nur wenig verkleinert werden. Damit wird auch die Vertikalkomponente v_z der Bahnkurve 6^* dann nur wenig von 43% auf 36% von v_0 verkleinert. Der Schar-schneidenwinkel φ_1 darf mit Rücksicht auf die Gesamtlänge des Streichbleches und auf Grund von Erfahrungswerten ebenfalls nicht zuviel verkleinert werden.

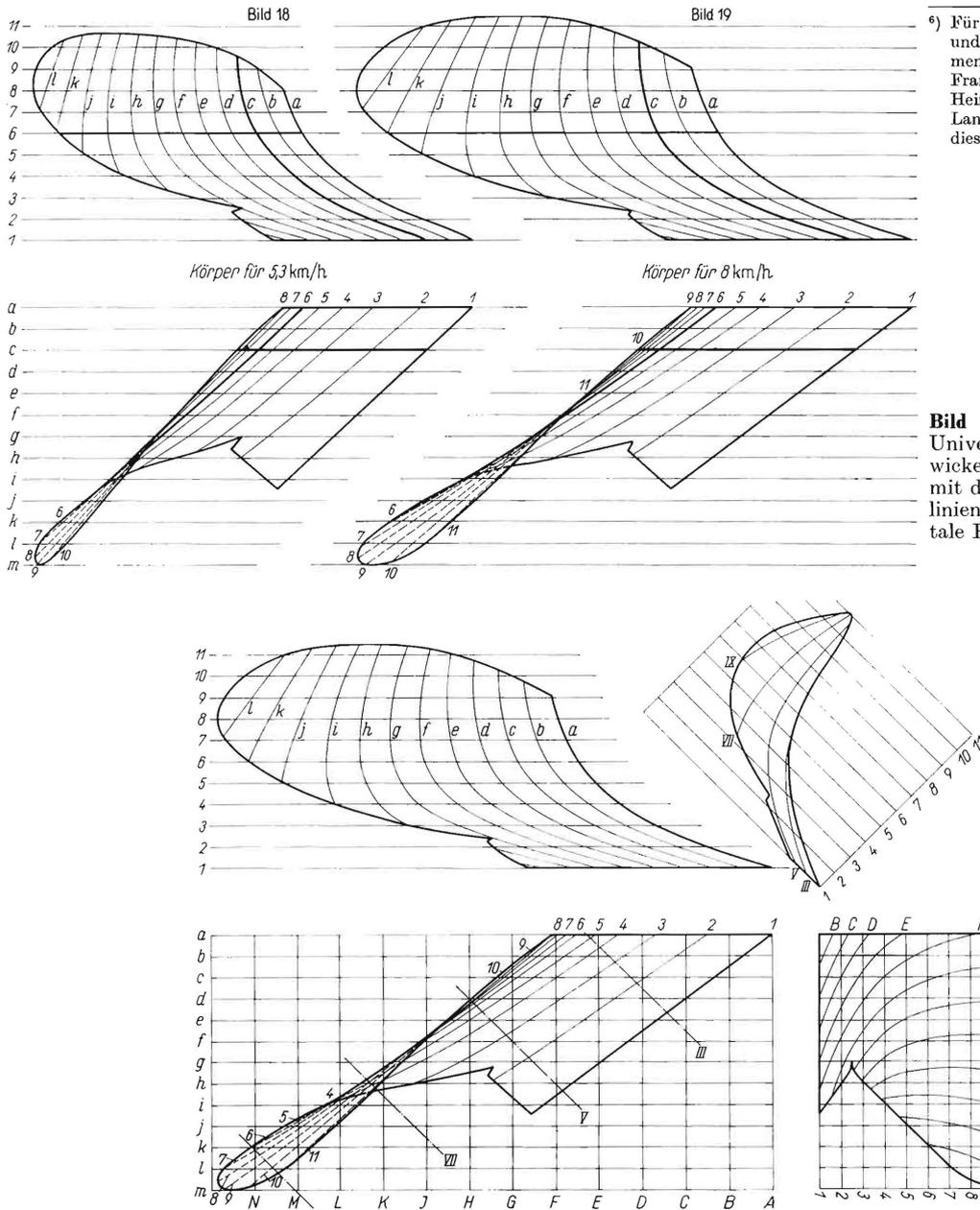
Zur Festlegung der Streichblechform werden nun eine vertikale und eine horizontale Formlinie durch einfache mathematische Beziehungen festgelegt. Dabei kommt für die Profillinie oder die vertikale Formlinie c eine Parabel und für die horizontale Formlinie 6 eine Hyperbel in Frage. In **Tafel 2** sind die charakteristischen Größen für den Ausgangskörper und den Schnelldpflugkörper einander gegenübergestellt.

Die Parabel der vertikalen Formlinie liegt also flacher und die Hyperbel der horizontalen Formlinie ist erheblich stärker gewölbt, **Bild 18 und 19**. Mit Rücksicht auf eine befriedigende Wen-

dung ist der Schnitt IX (s. Bild 20) am Streichblechende wie beim Ausgangskörper um 110° geneigt. Mit den in Tafel 2 angegebenen Werten liegt die Streichblechform im wesentlichen fest. Daran anschließend läßt sich durch Aufzeichnen in vier Ansichten und mehrmaliges Korrigieren der vier Ansichten gegeneinander das vollständige Streichblech mit einem stetigen Krümmungsverlauf festlegen, **Bild 20**. Diese Arbeit erfordert Mühe, große Sorgfalt und Erfahrung. Zur weiteren Kontrolle eines stetigen Verlaufes werden in den Entwurf des neuen Körpers die zu erwartenden Bahnkurven eingezeichnet und die Geschwindigkeitskomponenten bestimmt.

Ergebnisse mit neuentwickelten Versuchskörpern

Um die in den früheren Mitteilungen zu diesem Forschungsprogramm aufgestellten Forderungen für Pflugkörper höherer Geschwindigkeit zu überprüfen, wurden die in einer früheren Veröffentlichung dargestellten zwei Serien von Pflugkörpern aus der Wendel- und Universalform (Bild 35 bis 37 in [2]) für Geschwindigkeiten von 4 bis 11 km/h gebaut⁶⁾. In **Tafel 3** sind einige Werte von charakteristischen Winkeln dieser Körper wiedergegeben.



⁶⁾ Für die Herstellung der Versuchskörper und Übernahme der Kosten sei den Firmen Pflugfabrik Gebr. Eberhardt, Frank'sche Eisenwerke, Rabewerk Heinrich Clausing und Pflug- und Landmaschinenfabrik Ventzki auch an dieser Stelle verbindlichst gedankt.

Bild 18 und 19. Ausgangs- und Universalform und daraus entwickelte Universalform für 8 km/h mit den Parabeln (vertikale Formlinien c) und Hyperbeln (horizontale Formlinien 6).

Bild 20. Universalform für 8 km/h in vier Ansichten.

Tafel 3. Charakteristische Winkel von neuentwickelten Pflugkörpern.

Körper	Scharschneidenwinkel φ_1 (Landseite)	Schnittwinkel δ_{a1} (Landsite)	Schnittwinkel δ (Furchenseite)	Seitenrichtungswinkel am Streichblechende φ_7
U 3	37°	23°	21°	28°
U 4	36,5°	23°	20°	20°
W 2	36°	18,5°	9,5°	34°
W 3	38°	15°	6,5°	35°
W 4	37,5°	19°	12°	29°

Mit diesen Versuchskörpern wurden unter schwierigen Bodenverhältnissen im Herbst 1960 Versuche durchgeführt. **Bild 21** zeigt den Anstieg des spezifischen Pflugwiderstandes in Abhängigkeit von der Fahrgeschwindigkeit auf einem sandigen Lehm und auf einem extrem schweren lehmigen Tonboden, beides Stoppfeld mit dichter Kleegrasnarbe. Auf dem leichten Boden war der Anstieg des Widerstandes nicht übermäßig groß, allerdings etwas höher als erwartet. Auf dem extrem schweren Boden ergab sich ein steilerer Anstieg als auf dem leichten Boden. Der relativ niedrige Anstieg beim Körper W 4 entsprach den Erwartungen. Über den Einfluß der Durchwurzelung auf den Widerstand und Widerstandsanstieg kann nichts ausgesagt werden. Als Vergleich wurden beim schweren Boden noch die langgestreckte Schraubenform der Firma Ransomes und der General-Purpose-Körper der Firma Massey Ferguson mitgemessen, die ebenfalls relativ hohe Widerstände haben.

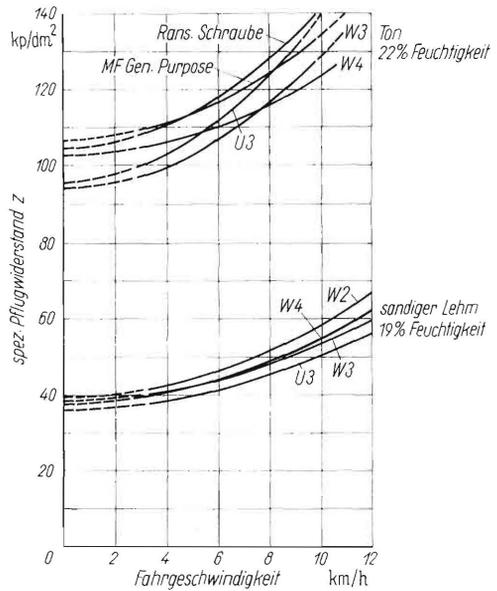


Bild 21. Spezifischer Pflugwiderstand verschiedener Versuchspflugkörper nach [2] in Abhängigkeit von der Fahrgeschwindigkeit auf sandigem Lehm, Stoppfeld mit dichter Kleegrasnarbe, Feuchtigkeit 19% und auf Ton, Stoppfeld mit dichter Kleegrasnarbe, Feuchtigkeit 22%.

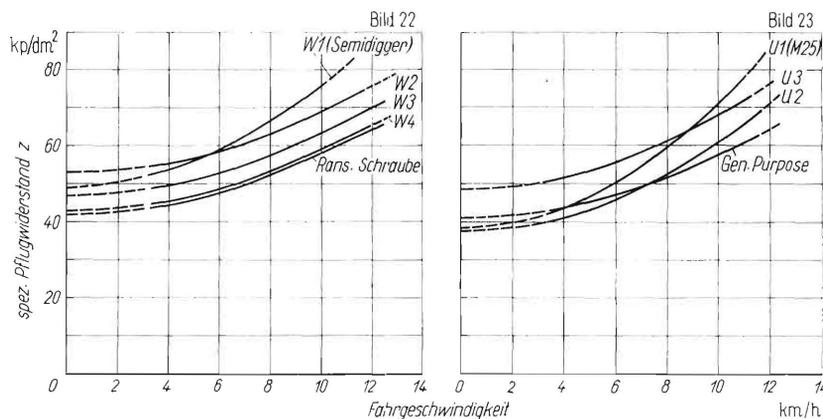


Bild 22 und 23. Spezifischer Pflugwiderstand verschiedener Versuchspflugkörper nach [2] in Abhängigkeit von der Fahrgeschwindigkeit auf humosem Lehm, Stoppfeld mit dichter Kleegrasnarbe. Feuchtigkeit 20%.

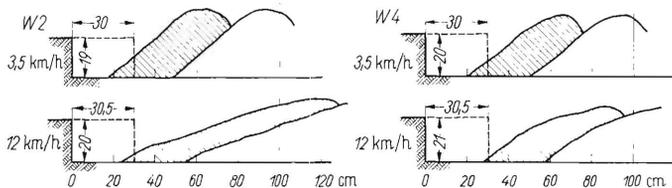


Bild 24. Vergleich der Furchenquerschnitte der Versuchskörper W 2 und W 4 bei 3,5 und 12 km/h Geschwindigkeit auf sandigem Lehm.

Bild 22 und 23 zeigt den Anstieg des spezifischen Pflugwiderstandes auf einem humosen Lehm (Stoppfeld mit dichter Kleegrasnarbe) bei hoher Feuchtigkeit. Die Ausgangskörper W 1 (Semidigger) und U 1 (der mittelsteile Normkörper M 25) haben erwartungsgemäß den steilsten Anstieg. Die Versuchskörper W 2 bis W 4 sowie U 2 und U 3 verhalten sich günstiger, haben jedoch nur relativ kleine Unterschiede.

In **Bild 24** sind die Furchenquerschnitte der Körper W 2 und W 4 bei Geschwindigkeiten von 3,5 und 12 km/h auf sandigem Lehm dargestellt. Auch bei 12 km/h ist der Furchenquerschnitt des Körpers W 4 noch nicht weit auseinandergezogen. In **Bild 25**

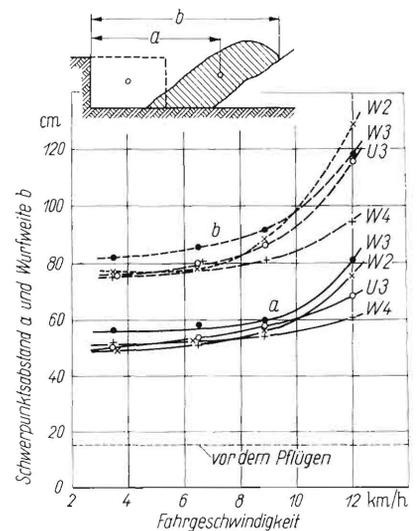


Bild 25. Schwerpunktsverlagerung und maximale Wurfweite der Versuchskörper auf sandigem Lehm in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit.

ist die Lagenänderung des Querschnittes des Erdbalkens, also der Bodenseitentransport und der maximale Weg dargestellt. Bis 9 km/h ergeben sich nur geringe Unterschiede. Bei 12 km/h zeigt aber der Körper W 4 ein deutlich günstigeres Verhalten und beweist die Richtigkeit des Entwurfsverfahrens.

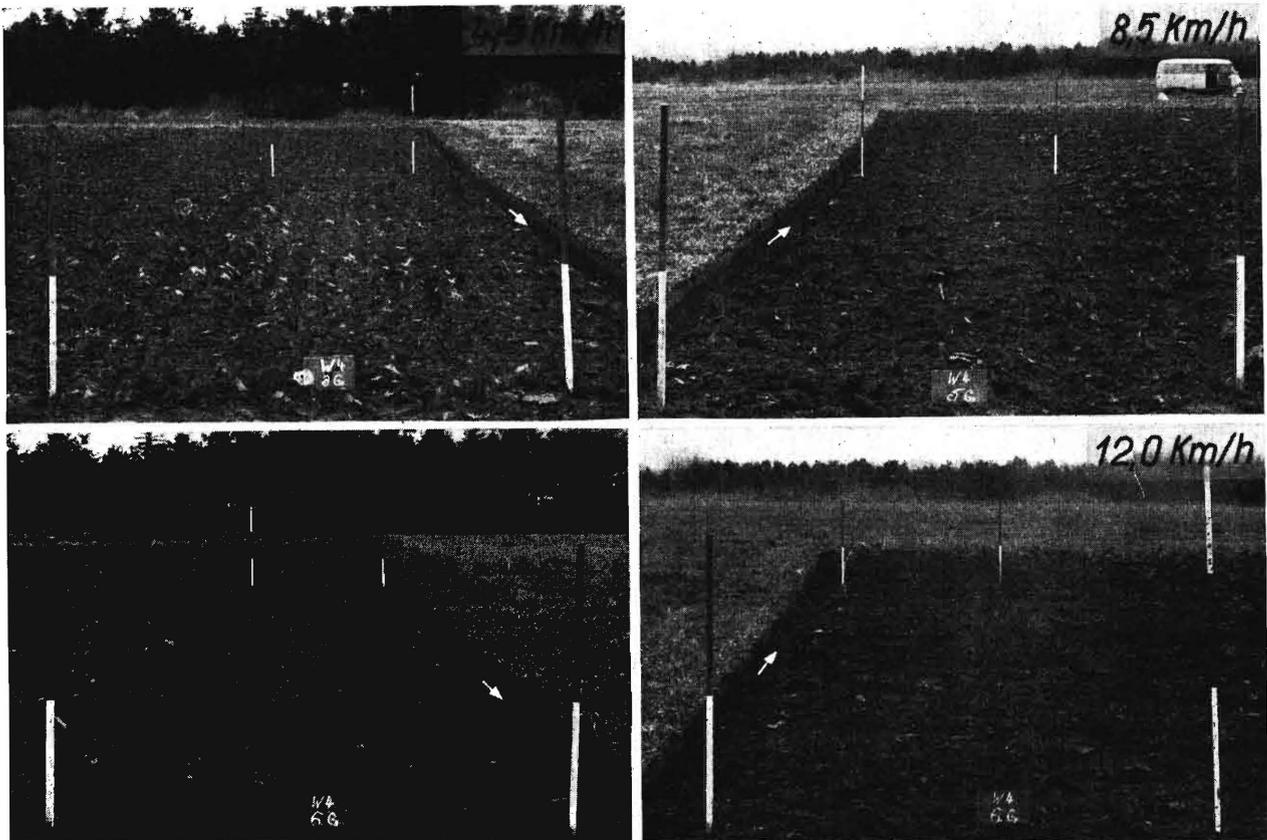


Bild 26. Arbeit der Versuchspflugkörper W 4 bei verschiedenen Geschwindigkeiten auf sandigem Lehm, Stoppelfeld mit dichter Kleegrasnarbe.

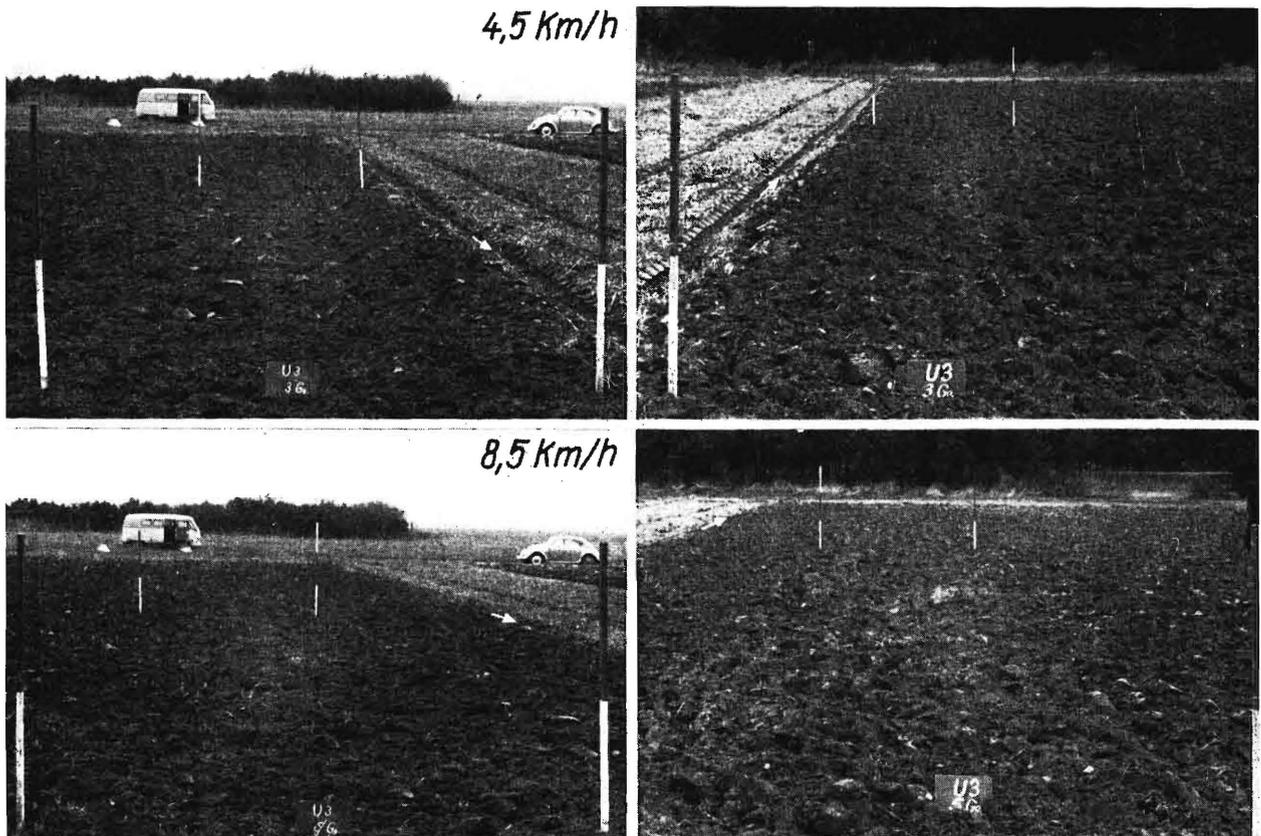


Bild 27. Arbeit des Versuchspflugkörpers U 3 bei verschiedenen Geschwindigkeiten auf sandigem Lehm, Stoppelfeld mit dichter Kleegrasnarbe.

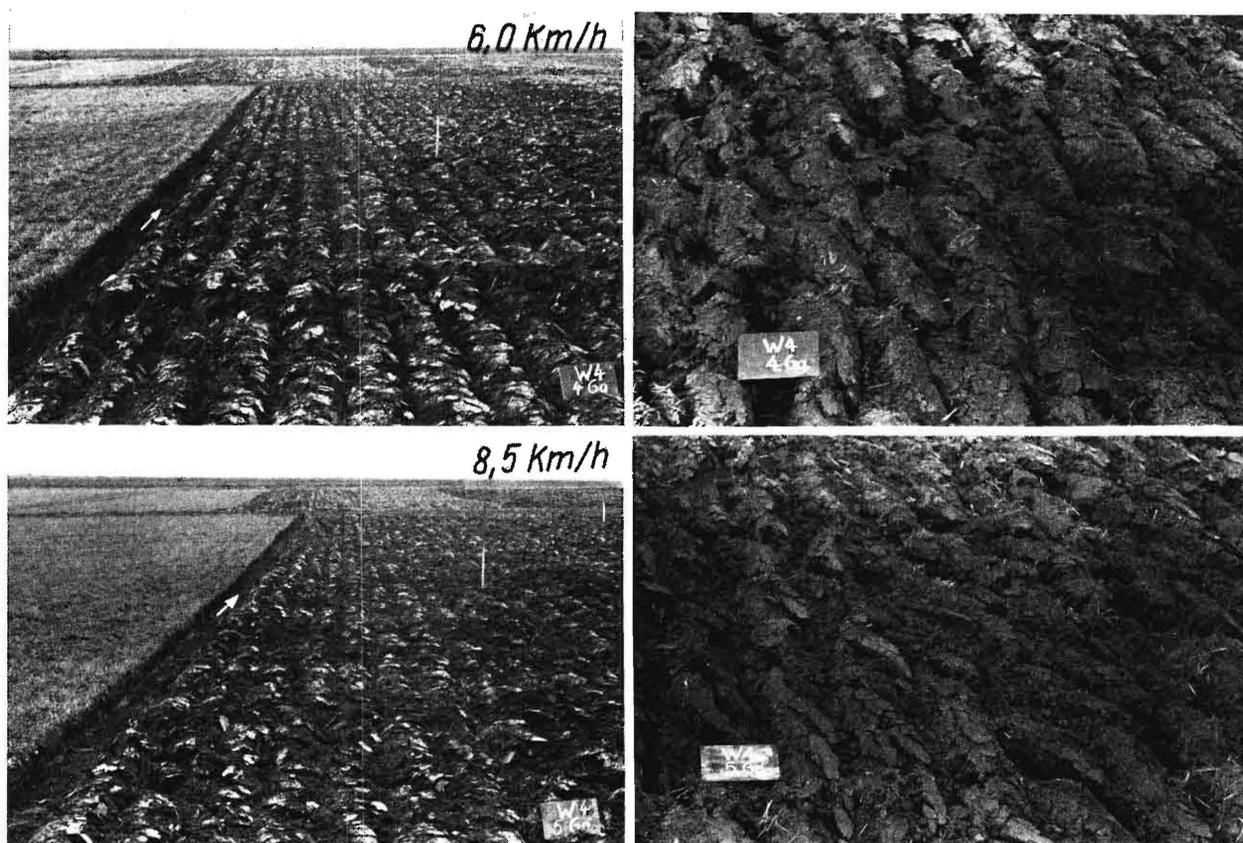


Bild 28. Arbeit des Versuchspflugkörpers W 4 bei zwei verschiedenen Geschwindigkeiten auf humosem Lehm, Stoppelfeld mit dichter Klee grasnarbe.

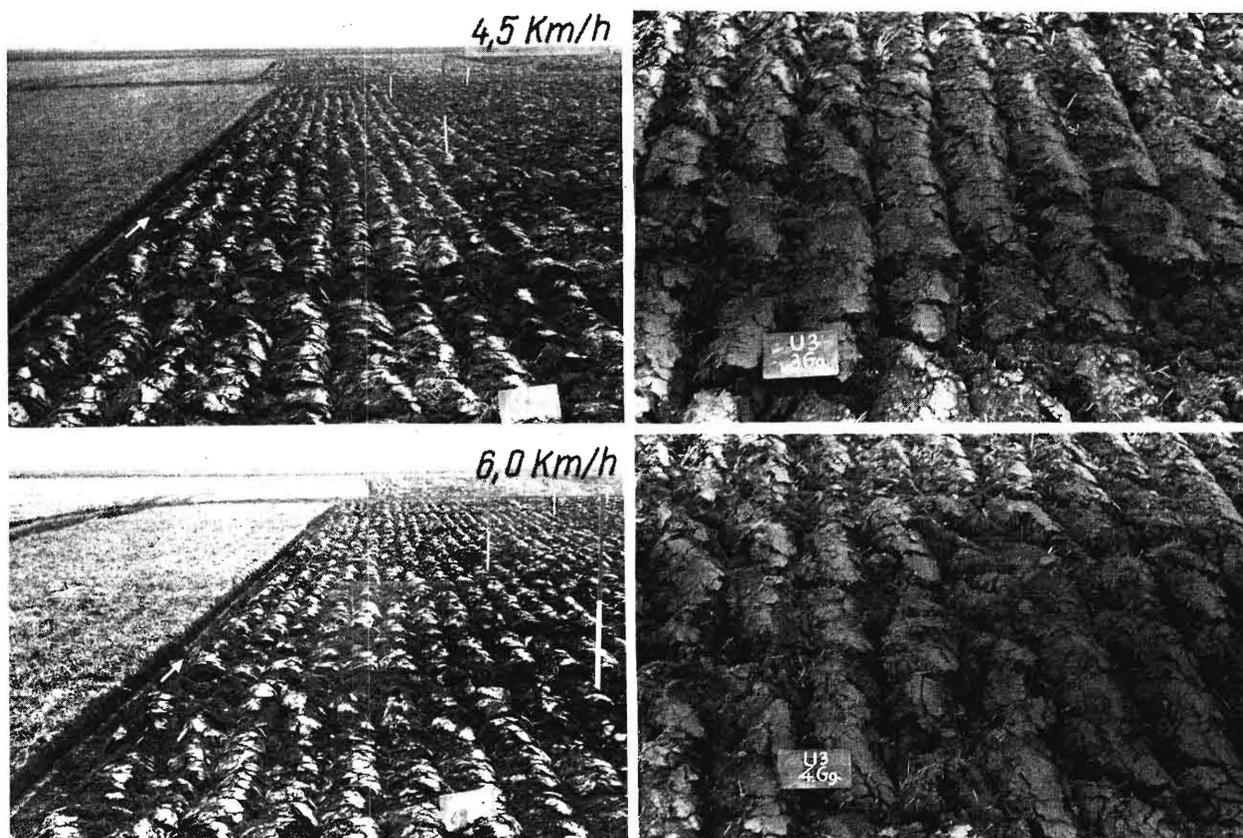


Bild 29. Arbeit des Versuchspflugkörpers U 3 bei zwei verschiedenen Geschwindigkeiten auf humosem Lehm, Stoppelfeld mit dichter Klee grasnarbe.

Die folgenden Aufnahmen, **Bild 26 und 27**, zeigen die Arbeit der Versuchskörper W 4 und U 3 bei verschiedenen Geschwindigkeiten auf sandigem Lehm. Der Körper W 4 in Bild 26 leistet auch bei der niedrigen Geschwindigkeit von 4,5 km/h eine befriedigende Arbeit mit gut profilierter Furche. Bei 8,5 km/h sind kaum noch Einzelfurchen zu erkennen. Durch einen Vorschäler wurden die erheblichen Kleemassen gut untergebracht. Auch bei 12 km/h werden die Furchen nicht zu breit geräumt, und die Pflugarbeit befriedigt durchaus noch. Der Körper U 3 in Bild 27 schafft im ganzen eine rauhere Oberfläche, wie es nur für die Winterfurche erwünscht ist.

In **Bild 28** ist die Arbeit des Schnellpflugkörpers W 4 auf humosem Lehm bei relativ großer Feuchtigkeit wiedergegeben. Bei 6,0 und 8,5 km/h sind noch deutlich die Furchenprofile zu erkennen. Die Krümelung ist bei diesem Boden relativ gut. Eine befriedigende Wendung war jedoch nur bis zu einer Furchentiefe von etwa 20 bis 22 cm möglich. Das Verhältnis von Furchenbreite zur Furchentiefe muß etwa 1,4 sein. Ein ähnliches Bild ergab sich beim U 3, **Bild 29**, jedoch bei geringerer Geschwindigkeit. Der schnellere U 4 stand uns bei dieser Versuchsreihe noch nicht zur Verfügung.

Besonders auf extrem schwerem Boden war die Wendung bei den Versuchskörpern ohne Vorschäler und Streichschiene unbefriedigend. Stellenweise kippte der Erdbalken in die Furche zurück. Etwas besser scheint hier die Schraubenform von Ransomes zu arbeiten, aber nur bei flacher Furche. Durch kurze Schare, die nicht die ganze Furchenbreite abschneiden, und durch Streichschienen und Vorschäler sowie durch geringere Furchentiefe läßt sich aber auch auf extrem schwerem Boden eine bessere Wendung erzielen.

Welche Streichblechformen werden sich für Schnellpflugkörper durchsetzen?

Zur Zeit verteilt sich in der Bundesrepublik der Gesamtumsatz auf die einzelnen Streichblechgruppen nach Industrieangaben etwa folgendermaßen:

Kulturformen (mittelsteile Formen)	20%
Universalformen	60%
Wendelformen	20%
Schraubenformen	< 1%

Danach dominieren bei uns ganz eindeutig die Universalformen. Durch die Einfuhr englischer Pflugkörper haben aber die Landwirte auch Schraubenformen (wie die englische General-Purpose-Form) kennengelernt.

Als Pflugkörper für höhere Geschwindigkeiten sind die Kulturformen ungeeignet. Aus Universalformen und Wendelformen lassen sich in gleicher Weise Schnellpflugkörper entwickeln. Dabei werden die Unterschiede zwischen beiden Gruppen geringer. Es ist also anzunehmen, daß die Universalformen weiterhin ihre führende Position behaupten, zumal sie auch einen Teil der Kulturformen ersetzen. Auch Schraubenformen kommen als Schnellpflugkörper für schwere Böden in Frage. Wegen ihrer langgestreckten Form erteilen sie dem Boden verhältnismäßig geringe Beschleunigungen.

Eine englische Firma beabsichtigt, eine ungewöhnlich langgestreckte Schraubenform, die sie für sehr schweren und klebenden Boden entwickelt hat, auf leichterem Boden für schnelles Pflügen zu verwenden, **Bild 30**. Tastversuche des Verfassers auf leichtem Boden haben ergeben, daß man mit diesem Körper schnell pflügen kann, ohne daß die Furche zu weit geräumt wird. Der Anstieg der Zugkraft mit zunehmender Geschwindigkeit ist sehr gering.

In den **Bildern 31 bis 33** sind drei Pflugkörper mit verschiedener Steigung der Schraubenform, die als Ausgang für Schnellpflugkörper für schwere Tonböden dienen können, einander gegenübergestellt. **Bild 34** zeigt die Steigung des Winkels δ' dieser drei Körper. Ob die Schraubenformen in Deutschland einen nennenswerten Marktanteil gewinnen werden, läßt sich noch nicht übersehen.

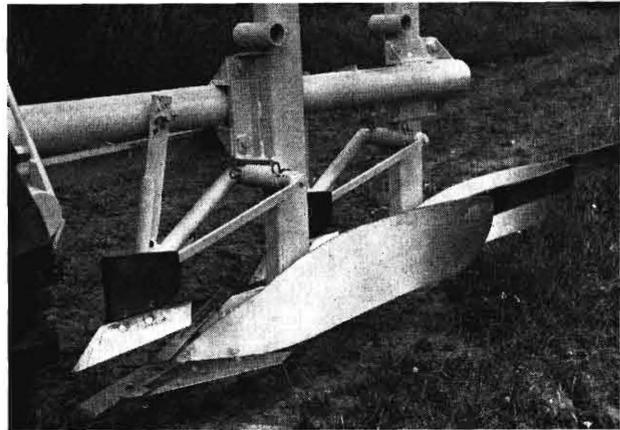


Bild 30. Langgestreckte Schraubenform Helicoidal der Firma Bomford.

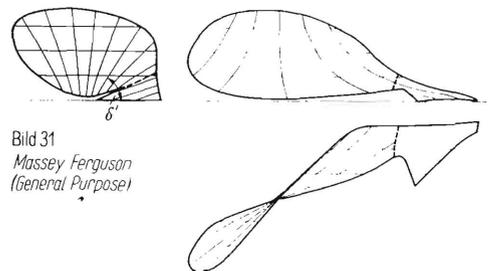


Bild 31
Massey Ferguson
(General Purpose)

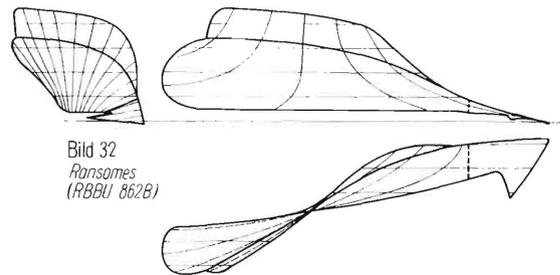


Bild 32
Ransomes
(RBBU 862B)

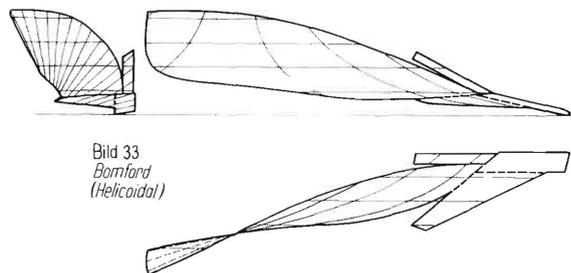


Bild 33
Bomford
(Helicoidal)

Bild 31 bis 33. Schraubenformen verschiedener Steigung.

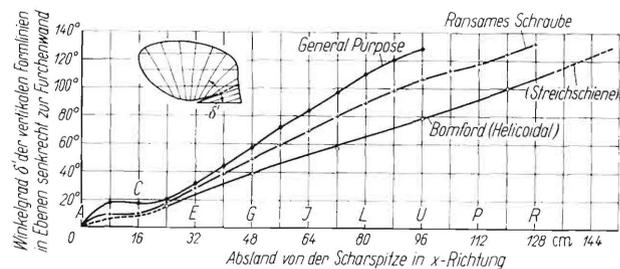


Bild 34. Verlauf des Winkels δ' der drei Schraubenformen nach den Bildern 31 bis 33 in Abhängigkeit vom Weg auf der x-Achse (Längsrichtung).
Scharfspitze = Ordinatenursprung 0

Zusammenfassung

Als Ausgang einer Arbeit über den Entwurf von Pflugkörpern für höhere Geschwindigkeit wurde eine Widerstands- und Leistungsbedarfsanalyse von Pflügen gemacht. Dabei wurde angenommen, daß die Motorleistung von drei Schleppergewichtsklassen von 2200, 1700 und 1300 kp bei gleichbleibendem Gewicht im Laufe von 10 bis 15 Jahren um 40% auf 70, 52 und 35 PS ansteigt. Dann scheinen 10 km/h auf leichtem Boden und 8,3 km/h auf schwerem Boden die in dem genannten Zeitraum erreichbaren Grenzgeschwindigkeiten zu sein.

Die Grundformen der heutigen Streichbleche sind die klimatische und bodenbedingte englische Schraubenform und die kontinentale zylindrische Form. Sie sind durch einfache mathematische Beziehungen darzustellen und waren auch der Ausgang für eine Theorie des Pflügens. Es gibt eine Reihe von Verfahren, die empirisch entstandenen, sehr vielfältigen Pflugkörperformen als ganze Flächen oder nur in einigen Formlinien durch mathematische Beziehungen darzustellen. Jedoch sind diese Methoden nur als mathematische Hilfsmittel und nicht als funktionell begründete Gesetzmäßigkeiten zu werten.

In der in dieser Arbeit vorgeschlagenen neuen Methode wird von den Bahnkurven auf bewährten, vorhandenen Pflugkörpern ausgegangen. Auf Grund bestimmter Forderungen an Furchenform und Krümmung werden funktionell begründete Vorschriften über den Seitenrichtungswinkel am Streichblechende, den Schar-schnittwinkel am Schar und Schar-schneidenwinkel gemacht, die von der geforderten maximalen Geschwindigkeit abhängen. Als Hilfsmittel zur genauen geometrischen Festlegung der Streichblechform werden eine Parabel als vertikale und eine Hyperbel als horizontale Formlinien festgelegt. Von diesen Ausgangsbedingungen wird dann die Arbeitsfläche des Pflugkörpers in vier Ansichten unter fortlaufender Korrektur von Ansicht zu Ansicht konstruiert. Dabei muß ein stetiger Krümmungsverlauf über das Streichblech erzielt und die vorgegebenen Grenz- oder Randbedingungen eingehalten werden.

Anhang.

Verfahren zur mathematischen Festlegung der Streichblechform.

Bei den genormten Kulturstreichblechen (steile, mittelsteile und liegende Form) ist die Krümmung der Arbeitsfläche durch zwei stehende Formlinien gekennzeichnet, **Bild 35**, die senkrecht zur Schar-schneide stehen und durch Parabeln dargestellt werden. Die horizontalen Formlinien sind Gerade. Bei der Wendelform sind 4 stehende und 3 liegende Formlinien festgelegt (DIN 11125).

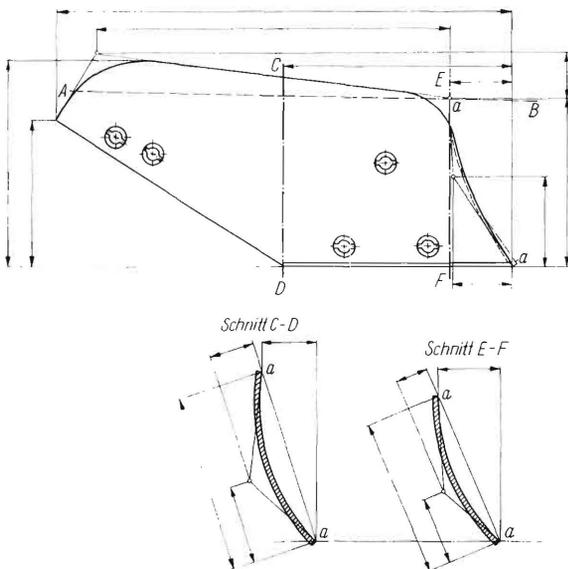


Bild 35. Zeichnerische Darstellung der Normstreichbleche (steile, mittelsteile und liegende Form) nach zwei Parabeln senkrecht zur Schar-schneide nach DIN 11121 bis 11124.

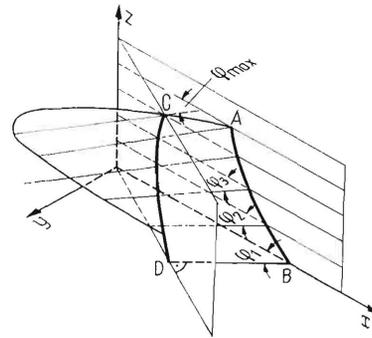


Bild 36. Zeichnerische Darstellung eines Kulturstreichbleches durch eine Parabel in der senkrechten Richtebene und eine Parabel senkrecht zur Schar-schneide nach Gorjatschkin [4; 6].

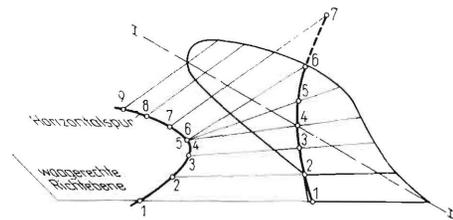


Bild 37. Zeichnerische Darstellung eines Streichbleches mit schrägen Mantellinien nach Gorjatschkin [6].

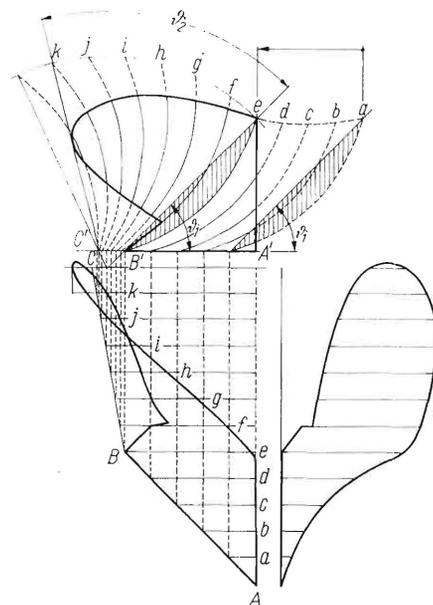


Bild 38. Konstruktion eines Universalstreichbleches nach Vertikalschnitten nach Lutschinski [6].

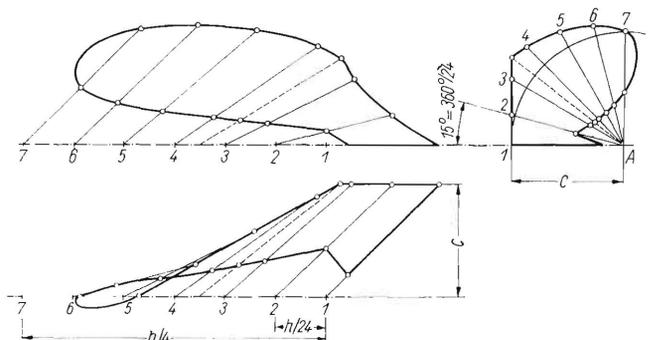


Bild 39. Wendelform aus einer geschlossenen Spiralschraubenfläche bei gleichmäßiger Steigung nach Königer [11].

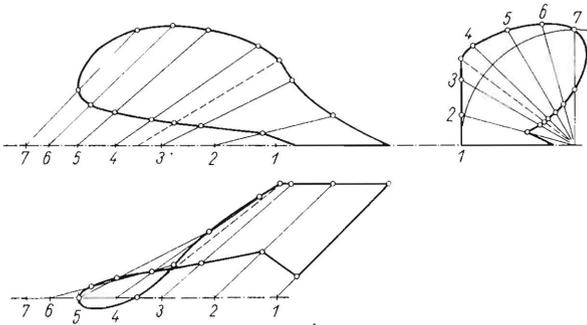


Bild 40. Wendelform aus einer geschlossenen Spiralschraubenfläche bei zunehmender Steigung nach *Königer* [11].

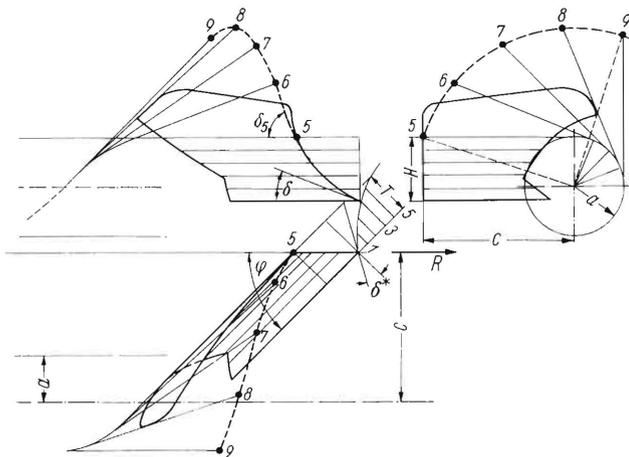


Bild 41. Darstellung einer Streichblechform aus einer Zylinderfläche im unteren Bereich und einer Schraubenfläche im oberen Bereich nach *Königer* [11].

Bei einigen russischen Kulturformen entsteht nach [6] die Arbeitsfläche durch Verschiebung einer Mantellinie entlang einer Parabel in der senkrechten Richtebene und einer Parabel in einer Ebene senkrecht zur Scharschneide, **Bild 36**. Streichbleche mit schrägen Mantellinien werden durch eine Parabel in einer Ebene senkrecht zur Scharschneide und durch die Horizontalspur, in der die Mantellinien die waagerechte Richtebene durchstoßen, festgelegt, **Bild 37**.

Nach der Methode von *Lutschinski* [6] wird die Form der Vertikalschnitte senkrecht zur Furchenwand durch eine Parabel festgelegt, **Bild 38**.

Die Streichblechfläche entsteht durch Verschieben dieser Schnittkurve entlang der Scharschneide AB und anschließend entlang der Linie BC und durch gleichzeitiges Schwenken. Die Linie BC kann auch gekrümmt sein.

Schraubenformen können nach *Königer* [11] als geschlossene Spiralschraubenflächen durch die Drehung einer Geraden um die Schraubenachse A (**Bild 39**) bei gleichzeitiger Bewegung in Richtung der Schraubenachse entstehen. Die Bewegung in Richtung der Schraubenachse kann mit gleichmäßiger oder auch abnehmender Geschwindigkeit erfolgen, so daß man Schrauben- oder Wendelformen mit gleichmäßiger oder zunehmender Steigung erhält, **Bild 39 und 40**.

Halbgewundene Formen können nach *Königer* aus einer im unteren Teil zylindrischen und im oberen Teil schraubenförmigen Fläche entstehen, **Bild 41**. Hierbei beschreibt die erzeugende Gerade von 0 bis 5 eine parabolische Zylinderfläche und im oberen Teil von 5 bis 9 eine abwickelbare Evolventenschraubenfläche.

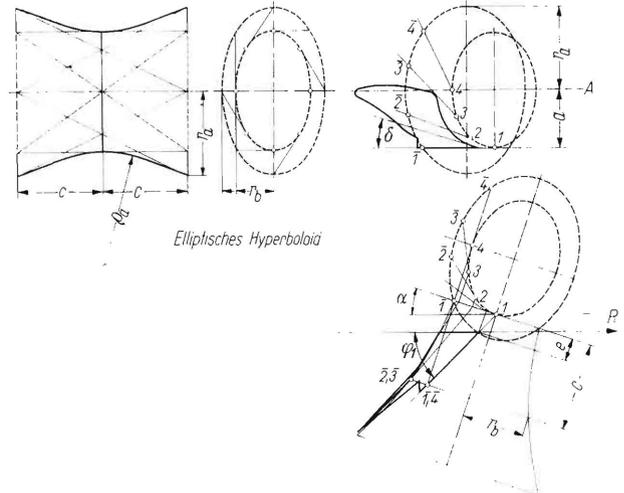


Bild 42. Wendelform als Flächenabschnitt eines Hyperboloides nach *Königer* [11].

Dabei kreuzt die Erzeugende nicht die Schraubenachse, sondern tangiert den Kehlzyylinder. Eine ähnliche, halbgewundene Form erhält man nach *Königer* [11] als Flächenabschnitt eines Hyperboloides, **Bild 42**. Sie gleicht in ihrem unteren Teil mehr einer zylindrischen Form, zum Streichbleche hin mehr einer Schraubenform.

Schrifttum

- [1] *Söhne, W.*: Untersuchungen über die Form von Pflugkörpern bei erhöhter Fahrgeschwindigkeit. In: 16./17. Konstrukteurheft. Düsseldorf: VDI-Verlag 1959. S. 22/39 (Grundlagen d. Landtechn. Heft 11).
- [2] *Söhne, W.*: Anpassung der Pflugkörperform an höhere Fahrgeschwindigkeiten. In: 18. Konstrukteurheft (1. Teil). Düsseldorf: VDI-Verlag 1960. S. 51/62 (Grundlagen d. Landtechn. Heft 12).
- [3] *Skalweit, H.*: Über die gegenseitige Abhängigkeit von Schleppergewicht und Pflugfurchen. Landtechn. Forsch. **10** (1960) S. 10/15.
- [4] *Vormfelde, W.*: Das Streichblech des Pfluges. Aus dem Buch über Pflüge von W. Gorjatschkin, Moskau. Mitt. d. Verbandes landw. Masch.-Prüfungs-Anstalten **3** (1909) S. 90/9 und 97/109. Dort 26 ältere Literaturangaben.
- [5] *Bernstein, R.*: Ein Beitrag zur Theorie des Pflugstreichbleches. Mitt. d. Verbandes landw. Masch.-Prüfungs-Anstalten **6** (1912) S. 139/49 und 205/07.
- [6] *Krutikow, N. P., J.J. Smirnow, K. F. Stscherbakow und J. F. Popow*: Theorie, Konstruktion und Berechnung der Landmaschinen, Bd. 1 (Übersetzung aus dem Russischen). Berlin: VEB-Verlag Technik 1955.
- [7] *Nichols, M. L., und J. F. Reed*: The dynamic properties of soil. VI. Physical reactions of soils to moldboard surfaces. Agric. Engng. **15** (1934) S. 187/90.
- [8] *Nichols, M. L., und T. H. Kummer*: The dynamic properties of soil. IV. A methode of analysis of plow. Moldboard design based upon dynamic properties of soil. Agric. Engng. **13** (1932) S. 279/85.
- [9] *Söhne, W.*: Einige Grundlagen für eine landtechnische Bodenmechanik. In: 13. Konstrukteurheft. Düsseldorf: VDI-Verlag 1956. S. 11/27 (Grundlagen d. Landtechn. Heft 7).
- [10] *Föppl, A.*: Über die Mechanik des Pflügens. Landw. (Jb. **22** (1893) S. 719/39.
- [11] *Königer, R.*: Zur Geometrie des Pflugkörpers. Unveröffentl. Bericht. Gießen 1949.