

Eine weitere Möglichkeit sich zu qualifizieren und vor allem ständig die neuesten Erkenntnisse vor Augen zu haben, ist das Studium der Fachzeitschriften.

Auf dem Gebiet der Landtechnik ist die „Deutsche Agrartechnik“ in unserer Republik die einzige Fachzeitschrift. Sie ist sowohl für die Wissenschaft als auch für die Praxis bestimmt. In ihr findet der Wissenschaftler wertvolles Informationsmaterial für seine Forschertätigkeit, die Entwicklungsstellen werden durch sie regelmäßig über die Fortschritte unterrichtet, die in der Landtechnik des In- und Auslandes zu verzeichnen sind; unseren Konstrukteuren ergeben sich daraus oftmals ganz neue Perspektiven für die weitere Arbeit.

Man müßte also annehmen, daß kein Ingenieur und Konstrukteur ohne dieses fachliche Hilfsmittel auskommen könnte. Leider ist es aber eine Tatsache, daß die Zeitschrift durchaus noch nicht überall zum Handwerkszeug unserer Landtechniker geworden ist. Früher war es eine Selbstverständlichkeit für jeden Wissenschaftler, Ingenieur, Konstrukteur und Techniker, daß er sich seine Fachzeitschrift selbst hielt. Sie war ihm unentbehrlich, weil er aus ihr neue Anregungen und Erkenntnisse für seine tägliche Arbeit schöpft. Das muß auch heute wieder so sein; jeder Berufskollege muß seine Fachzeitschrift regelmäßig lesen. Ebenso sollten die leitenden Funktionäre in Industrie und Verwaltung der Fachzeitung künftig mehr Aufmerksamkeit zuwenden, weil sie auch ihnen vielfältige Unterstützung bei der Arbeit gibt. Die Zurücksetzung, ja sogar Nichtachtung der Fachzeitschriften durch manche Verwaltungsstelle entspricht nicht der Bedeutung, die von unserer Regierung den Fachzeitschriften beigemessen und durch ihre Förderung noch unterstrichen wird. Ganz besonders wichtig erscheint mir das regelmäßige Studium unserer Fachzeitschrift jedoch für alle die Kollegen Techniker und Ingenieure, die in diesen Monaten aus der Industrie in unsere MTS gekommen sind, um sich der praktisch angewendeten Landtechnik zur Verfügung zu stellen und der Landwirtschaft zu helfen. Für sie ist die Tätigkeit auf dem Lande etwas Neues, hier genügen technische Kenntnisse und Fertigkeiten allein nicht, hier muß man auch etwas vom Ackerboden verstehen oder sogar auf Fragen aus

der Viehwirtschaft antworten können. Die „Deutsche Agrartechnik“ vermittelt auf diesen Wissensgebieten immer wieder Informationen und erleichtert dadurch das Einleben und Einfinden in das neue Arbeitsgebiet.

Wenn ich an dieser Stelle bestätige, daß unsere Fachzeitschrift in den letzten Monaten erfreuliche Fortschritte nicht nur in der Inhaltsgestaltung, sondern auch in der wegweisenden Behandlung aktueller landtechnischer Probleme erzielt hat, dann gebe ich damit gleichzeitig die Meinung vieler Wissenschaftler, Techniker und Praktiker wieder, mit denen ich in diesen Wochen sprach. Damit nun diese Entwicklung weiter anhält, müssen wir Leser selbst an unserer Zeitschrift mitarbeiten; vor allem unsere Praktiker aus den MTS, VEG und LPG beteiligen sich viel zuwenig mit Berichten über ihre Arbeitserfahrungen. Je mehr wir den Inhalt unserer Zeitschrift mitprägen, desto umfangreicher werden unsere Probleme behandelt und um so interessanter wird die Diskussion.

Es wird ein weiteres Ergebnis dieser Mitarbeit sein, daß sich der Leserkreis immer weiter vergrößert. Dazu können wir alle aber auch noch durch unsere Werbung für die „Deutsche Agrartechnik“ beitragen. Weil wir von ihrem Wert überzeugt sind, werden wir dabei auch Erfolge erzielen.

Liebe Berufskollegen! Beteiligt euch deshalb am Wettbewerb zur Werbung neuer Leser für unsere Zeitschrift, überzeugt alle Ingenieure, Konstrukteure und Techniker von der Notwendigkeit, die Fachzeitschrift selbst zu halten. Setzt euch dafür ein, daß in euren Betrieben und Verwaltungsstellen genügend Exemplare der „Deutschen Agrartechnik“ gehalten werden, damit unser Nachwuchs aus ihnen lernen kann. Fordert, daß in euren Dienststellen die geschlossenen Jahrgänge unserer Zeitschrift vorhanden sind.

Betriebsleiter und Schulleiter! Überreicht Jahresbezugsrechte oder gebundene Jahrgänge der „Deutschen Agrartechnik“ als Prämienbeigabe bei der Auszeichnung verdienter Kollegen.

Die Verbreitung landtechnischer Erkenntnis ist eine der wichtigsten Aufgaben unseres Fachgebietes zur schnellen Höherentwicklung unserer Landwirtschaft. Helft alle daran mit!

A 2079

Ausnutzung der Elektroosmose des Bodens beim Pflügen

Von B. I. SCHIROKOW, Moskau

Die nachfolgend wiedergegebene Untersuchung verdient unsere Aufmerksamkeit. Die Verminderung der aufzuwendenden Zugleistung um 10 bis 15% ist immerhin so beträchtlich, daß eine weitere Verfolgung des Gedankens, den elektrischen Strom zur Abschwächung des Zugwiderstands auszunutzen, lohnend erscheint. Die technischen Schwierigkeiten dürften weniger in der Bereitstellung einer entsprechenden Spannungsquelle zu erwarten sein als im ausreichenden Berührungsschutz. Untersucht werden sollten auch die mikrobiologischen Folgen eines wiederholten Pflügens mit Elektroosmose.

Die Redaktion

Unter der Einwirkung des elektrischen Stroms gehen im Boden die sogenannten elektrokinetischen Erscheinungen vor sich. Eine der interessantesten elektrokinetischen Erscheinungen besteht in der Wanderung der Feuchtigkeit zur negativen Elektrode.

Der Verfasser hat im Laboratorium und auf dem Felde den Einfluß der Bodenelektroosmose auf das Pflügen lehmhaltiger Schwarzerdeböden des Woroschilowgrader Gebiets untersucht.

Beim Pflügen entstehen bekanntlich durch die Bewegung des Bodens auf der Pflugoberfläche Reibungskräfte. Man unterscheidet hierbei eine äußere Reibung, bei der die Gleitfläche die metallische Oberfläche des Schar, Streichblechs oder der Anlage ist und eine innere Reibung, wenn die Gleitfläche vom Boden selbst gebildet wird. Die letztgenannte Reibung tritt meist bei mit Erde verklebten Scharen auf. Die äußere Reibung wird nach dem Coulombschen Gesetz durch den Reibungskoeffizienten μ gekennzeichnet, der das Verhältnis der Reibungskraft R zur Normalkraft N ist:

$$\mu = \frac{R}{N}$$

Der Koeffizient der äußeren Bodenreibung hat einen Wert von 0,3 bis 0,8 und ist demnach gegenüber dem Reibungskoeffizienten für Metall auf Metall, der 0,15 bis 0,4 beträgt, recht groß. Die äußere Reibung hat einen großen Einfluß auf den Pflugwiderstand. Bei einem Dreifurchenpflug kommen z. B. vom gesamten Zugwiderstand, der 750 bis 1000 kg beträgt, auf die Reibung in der Furche etwa 150 bis 200 kg.

Die Versuche zur Ermittlung des Einflusses der Bodenelektroosmose auf den Reibungskoeffizienten μ wurden in folgender Weise durchgeführt: Eine geschliffene Stahlplatte wurde auf der Oberfläche der Bodenprobe entlang gezogen und danach der Reibungskoeffizient nach der Gleichung

$$\mu = \frac{R}{N} = \frac{P}{Q}$$

ermittelt. In dieser Gleichung sind:

- μ Reibungskoeffizient für Erde auf Stahl;
- P die für das Überwinden der Reibung zwischen Boden und Stahlplatte erforderliche Kraft;
- Q Gewicht der Stahlplatte.

Die Versuchsanordnung zeigt Bild 1. Zunächst wurde die Platte unter gewöhnlichen Bedingungen, d. h. ohne Elektrosmose gezogen. Nachdem sechs Messungen vorgenommen waren, wurde der elektrische Strom eingeschaltet, wobei die negative Spannung an die Platte und die positive an die Erde gelegt wurde.

Die Versuchsergebnisse sind in Tafel I enthalten. Sie beweisen, daß eine Abhängigkeit des Reibungskoeffizienten μ von der Bodenfeuchtigkeit, der Spannung und der Stromdichte besteht. Die grafische Darstellung in Bild 2 zeigt in der oberen Kurve die Abhängigkeit des Reibungskoeffizienten μ von der Bodenfeuchtigkeit unter normalen Verhältnissen, d. h. ohne Elektrosmose und in den darunter liegenden Kurven mit Elektrosmose. Man sieht, daß sich der Reibungskoeffizient für Erde auf Stahl bei Stromdurchgang bedeutend verringert.

Bei allen Versuchen mit Elektrosmose schied sich die Feuchtigkeit sehr schnell an der Gleitfläche der Stahlplatte ab. Nach der Theorie scheidet sich durch den elektrischen Strom in der Zeiteinheit folgende Flüssigkeitsmenge ab:

$$V_e = \frac{\zeta D i}{4\pi \eta \kappa}$$

- V_e Menge des elektrosmotisch ausgeschiedenen Wassers in cm^3 ;
- ζ elektrokinetisches Potential an der Grenze zwischen fester und flüssiger Phase in V;
- D Dielektrizitätskonstante des Wassers;
- i Stromstärke in A;
- η Zähigkeit (innerer Reibungskoeffizient) des Wassers;
- κ spezifische elektrische Leitfähigkeit des Mediums.

Die Versuche ergeben, daß die durch die Elektrosmose auf die Oberfläche der verformenden Organe gebrachte Feuchtigkeit den Widerstand gegen die Bodenverformung herabsetzt. Bild 3 zeigt nach im Laboratorium gemessenen Werten die Abhängigkeit des Bodenwiderstands gegen Verformung vom Feuchtigkeitsgehalt und der Spannung.

Wenn die Bodenfeuchtigkeit von 35 auf 17% herabgesetzt wird, steigt der Verformungswiderstand, wie die zwei oberen Kurven zeigen, bei den Messungen ohne Elektrosmose stark an.

Mit einsetzender Elektrosmose fällt der Verformungswiderstand des Bodens, wie aus den vier unteren Kurven zu ersehen ist. Die für das Spalten und Schneiden von Bodenproben bei Elektrosmose erforderliche Kraft betrug in einigen Fällen nur noch 5 bis 10% der für die gleiche Verformung ohne Elektrosmose aufgewendeten Kraft. Dieses starke Abfallen der Kraft kann einerseits dadurch erklärt werden, daß sich der Reibungsvorgang zwischen Erde und Stahl infolge der elektrosmotischen Abscheidung von Wasser auf der Oberfläche der verformenden Organe ändert, andererseits verringert sich die Bindigkeit des Bodens in der Nähe der Pflugkörperoberfläche infolge des dauernden Zufließens von Wasser.

Nach den Laboratoriumsversuchen stellten wir Versuche auf dem Felde an und benutzten dazu den Schlepper DT-54 und

Tafel 1

Nr. des Bodenmusters	Bodenart	Anzahl der Teilchen unter 0,01 mm [%]	Humusanteil [%]	Spannung [V]	Stromdichte [A/cm ²]	Absolute Bodenfeuchtigkeit [%]				
						11,43	14,62	24,22	29,25	39,85
1, 2, 3, 4, 5, 6	lehmhaltige Schwarzerde	64,40	4,72	ohne Elektrosmose	—	0,46+	0,49+	0,58+	0,75+	0,81+
				0,004	0,009	0,006	0,008	0,011		
1, 2, 3, 4, 5, 6				500	0,0010	0,46+	0,43+	0,12+	0,09+	0,07+
						0,004	0,008	0,006	0,005	0,006
7, 8, 9, 10, 11, 12				120	0,0004	0,47+	0,46+	0,24+	0,16+	0,19+
						0,006	0,006	0,006	0,005	0,008
13, 14, 15, 16, 17, 18				75	—	0,47+	0,46+	0,33+	0,25+	0,27+
						0,007	0,007	0,006	0,006	0,008

den Pflug PS-30. Auf dem Schlepper befand sich ein Dynamo, der während des Pflügens den Strom für die Elektrosmose lieferte und mit den Arbeitsorganen des Pfluges verbunden war.

Die Arbeitsorgane des Pfluges (Pflugkörper und Vorschäler) waren gegen Rumpf und Rahmen isoliert. Die negative Spannung wurde an die Pflugkörper geleitet und die positive an die Vorschäler.

Die Feldversuche bestanden in der Hauptsache darin, daß der Zugwiderstand ohne Elektrosmose und mit Elektrosmose

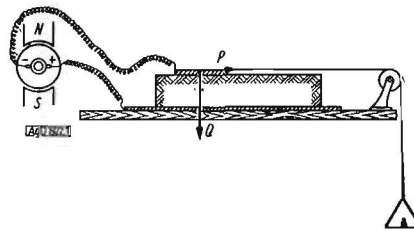


Bild 1. Versuchsanordnung zur Messung der Änderung des Reibungskoeffizienten durch Elektrosmose

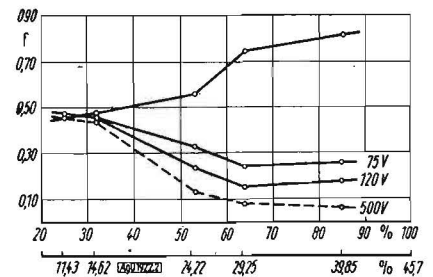


Bild 2. Änderung des Reibungskoeffizienten für Erde auf Stahl durch Elektrosmose

bei 24 und 120 V Elektroden spannung mit einem Zugkraftmesser System *Gorjatschkin* gemessen wurde. Bei den Messungen wurden Arbeitstiefe, Stromdichte und Pfluggeschwindigkeit geändert. Besondere Beachtung wurden dabei den Widerstandskomponenten geschenkt, die in der bekannten Formel *Gorjatschkins*

$$P = fG + ktb + \epsilon t b v^2$$

ausgedrückt sind.

Diese Formel enthält drei Arten von Widerständen, die während des Pflügens auftreten: fG ist der sogenannte tote Widerstand (Reibung des Pflugkörpers an Furchensohle und Furchenwand, Reibungswiderstand in den Radlagern, Rollenwiderstand der Räder u. a.), ktb ist der Verformungswiderstand und $\epsilon t b v^2$ ist die Kraft, die für das Zurseitewerfen des Bodenbalkens aufgewendet wird. Nach Angaben von *Gorjatschkin*, die von anderen Forschern bestätigt worden sind, ist die Komponente ktb am größten und danach folgt die Komponente fG . Beide machen 85 bis 90% des gesamten Zugwiderstands aus. Einen wesentlichen Teil dieser Widerstände bildet die Reibung zwischen Pflugkörper und Boden. Daher wurden bei den Feldversuchen mit Elektrosmose die Veränderungen dieser beiden Zugwiderstandskomponenten genau beachtet.

Für die Überwindung der dritten Komponente $\epsilon t b v^2$ wird nur ein geringer Teil der Schlepperzugkraft aufgewendet. Sie

Tafel 2

Nr. des Versuchs	Versuch	Absolute Bodenfeuchtigkeit [%]	Arbeits-tiefe [cm]	Querschnitt des Bodenbalkens [cm ²]	Geschwindigkeit des Aggregats [m/s]	Zugwiderstand des Pfluges		Spezifischer Bodenwiderstand		Schlepperleistung		Leistung für die Elektrosmose		Leistungsersparnis	
						[kg]	[%]	[kg/cm ²]	[%]	[PS]	[%]	[PS]	[PS]	[%]	
1	Ohne Elektrosmose	26,6	24,9	2243	1,25	1732,9	100,0	0,63	100,0	28,8	100,0	—	—	—	—
7	Mit Elektrosmose, 120 V	26,6	24,9	2242	1,26	1473,9	85,1	0,53	84,4	21,5	85,4	0,73	4,3	14,9	
2	Ohne Elektrosmose	24,5	19,8	1774	1,26	1395,2	100,0	0,60	100,0	23,4	100,0	—	—	—	—
8	Mit Elektrosmose, 120 V	24,5	20,0	1785	1,28	1164,8	83,5	0,50	83,3	19,6	83,8	0,52	3,8	16,2	
3	Ohne Elektrosmose	17,9	14,7	1318	1,26	1084,7	100,0	0,57	100,0	18,2	100,0	—	—	—	—
9	Mit Elektrosmose, 120 V	17,9	15,0	1347	1,27	970,8	89,5	0,54	89,5	16,3	89,6	0,30	2,1	10,4	

Tafel 3

Pflugversuche	Dicke der anhaftenden Schicht [cm]		Zugwiderstand des Pfluges [kg]
	am Streichblech	am Schar	
Ohne Elektroosmose	3,9	3,2	1732,9
Mit Elektroosmose (120 V)	1,6	0,04	1473,9

wurde daher von uns bei den Zugkraftmessungen nicht ausgewertet.

Die Ergebnisse der Zugkraftmessungen sind in der Tafel 2 enthalten.

Bei 24 V hat die Elektroosmose keine große Wirkung und ist für die Praxis belanglos. Daher sind die Ergebnisse dieser Messungen in der Tafel nicht enthalten. Am stärksten verringerte sich der Zugwiderstand des Pfluges und der spezifische Bodenwiderstand bei einer Spannung von 120 V, einer Arbeitstiefe von 20 bis 25 cm und einer Bodenfeuchtigkeit von 24,5 bis 26,6%. Bei diesen Werten verringert sich der spezifische Bodenwiderstand um 0,06 bis 0,10 kg/cm² und der Zugwiderstand um 114 bis 259 kg. Bild 4 zeigt die Abhängigkeit des Zugwiderstands *P* und des spezifischen Bodenwiderstands *K* von der Elektroosmose. Die Kurven *b* und *c*, die die Widerstände *P* und *K* bei Elektroosmose wiedergeben, liegen wesent-

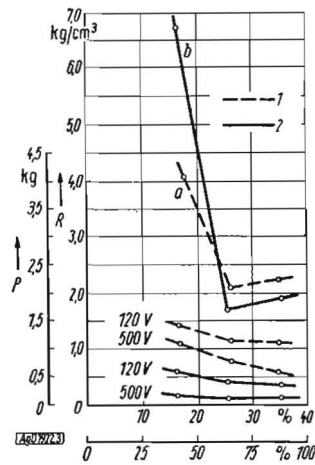


Bild 3. Änderung des Bodenwiderstandes gegen Verformung *I* Schneiden (*P* in kg); \pm Drücken + Spalten (*K* in kg/cm²); Kurven *a* und *b* ohne Elektroosmose

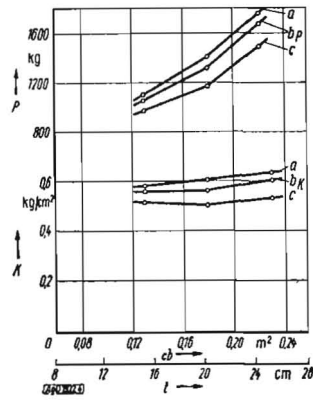


Bild 4. *a* ohne Elektroosmose; *b* mit Elektroosmose bei 24 V; *c* mit Elektroosmose bei 120 V

lich tiefer als die Kurven *a* der Messungen ohne Elektroosmose. Mit steigenden Pfluggeschwindigkeiten sinkt die Wirkung der Elektroosmose etwas. Das ist aus Bild 5 zu ersehen, in dem sich die Kurven *a* und *b* des Zugwiderstands und des spezifischen Bodenwiderstandes mit steigender Geschwindigkeit einander nähern. Das erklärt sich wohl dadurch, daß der Bodenbalken mit steigender Geschwindigkeit eine immer kürzere Zeit auf dem Streichblech verbleibt, der Strom eine immer kürzere Zeit wirken kann und dadurch nicht mehr in der Lage ist, merkbare Änderungen in der Bodenaufladung hervorzurufen und genügend Feuchtigkeit an die Arbeitsflächen des Pfluges heranzubringen. Es ist klar und folgt auch aus den Laboratoriumsversuchen, daß es dann zur Erhaltung der Wirkung der Elektroosmose erforderlich ist, Spannung und Stromdichte zu erhöhen. Wir besaßen leider keine Einrichtung für die Feldversuche, mit der wir Messungen mit verschiedenen Stromstärken hätten durchführen können, um unsere Annahme auch auf dem Felde bestätigt zu erhalten.

Beim Pflügen auf schweren oder überfeuchten Böden verschmieren sich Schare und Streichbleche mit Erde. Dadurch steigt der Pflugwiderstand merklich. Die am Pfluge haftende Erde erhöht die Reibung wesentlich, weil an Stelle der Reibung Erde auf Stahl nunmehr die Reibung Erde auf Erde tritt. Nach Untersuchungen *S. I. Dolgows* und des Verfassers sinkt die Haftfähigkeit des Bodens bei Elektroosmose beträchtlich. Bei einer Bodenfeuchtigkeit von 34,0% erhielten wir ohne Elektroosmose eine Bodenhaftung, die 11,5 g/cm² entsprach,

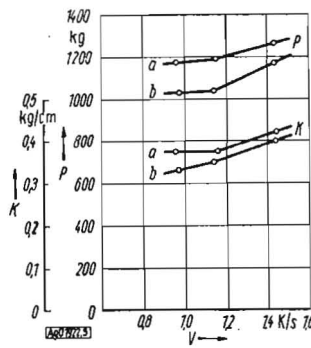


Bild 5. Abhängigkeit des Zugwiderstands des Pfluges und des spezifischen Bodenwiderstands von der Pfluggeschwindigkeit *a* ohne Elektroosmose; *b* mit Elektroosmose

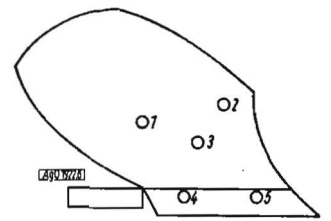


Bild 6. Dickenbestimmung an fünf Stellen der am Pflug haftenden Erdschicht

und bei Elektroosmose mit 120 V eine Bodenhaftung von 0,4 g/cm², d. h. etwa 3% des ersten Wertes. Bei einer Bodenfeuchtigkeit von 17,4% betrug die Bodenhaftung nur 0,13 g/cm², bzw. nur noch 1,5% der Bodenhaftung ohne Elektroosmose. Bei einer Elektroosmose mit 500 V blieb der Boden überhaupt nicht am Pfluge haften.

Während der Zugkraftmessungen bestimmten wir auch die Dicke der am Pflug haftenden Schicht an fünf Stellen (Bild 6).

Die Auswertung der Zugkraft- und Dickenmessungen ergab die in der Tafel 3 angegebenen Mittelwerte. Aus diesen Werten folgt, daß die Bodenhaftung und mit ihr der Zugwiderstand durch die Elektroosmose stark verringert werden.

In Bild 7 sind zwei Diagramme wiedergegeben, die mit dem Pflug PS-30 bei einer Arbeitstiefe von 25 cm und einer Bodenfeuchtigkeit von 26,6% aufgenommen wurden.

Der Stromverbrauch ist bei der Elektroosmose gering. Bei einer Spannung von 120 V und einer mittleren Stromstärke von 4,5 A werden etwa 0,54 kW bzw. 0,73 PS verbraucht (Tafel 2).

Durch die Verringerung der Zugkraft wurden aber 4,3 PS bzw. 14,9% erspart. Diese Ersparnis ist etwa sechsmal so groß wie der Leistungsverbrauch für die Elektroosmose. Wenn man die 15%ige Zugkräfteeinsparung (Tafel 2) für die Erweiterung der Arbeitsbreite des Pfluges von 0,9 auf 1,035 m verwendet, kann die Pflugeistung des Aggregats um 14 bis 15% erhöht werden.

Zusammenfassung

1. Die Versuche des Pflügens mit Elektroosmose zeigen, daß der elektrische Strom ein wirksames Mittel zur direkten Be-



Bild 7. Zugwiderstand des Pfluges PS-30 auf einem Gerste-Stoppelfeld (beim Herbststurz) *a* ohne Elektroosmose; *b* mit Elektroosmose

einflussung der sich beim Pflügen bemerkbar machenden Bodeneigenschaften ist.

2. Die Laboratoriumsversuche ergaben, daß die Elektroosmose den Bodenwiderstand gegen Verformung und den Reibungskoeffizienten für Erde auf Stahl stark senkt.

3. Die Versuche auf dem Felde ergaben, daß sich der spezifische Bodenwiderstand und der Zugwiderstand des Pfluges bei Elektroosmose immer verringern.

4. Am deutlichsten trat der Elektroosmoseeffekt bei einer Spannung von 120 V, einer Stromdichte von 0,008 bis 0,12 A/cm², einer Bodenfeuchtigkeit von 24 bis 26% und einer Arbeitstiefe von 20 bis 25 cm auf. Dann verringert sich der spezifische Bodenwiderstand um 16 bis 17% und der Zugwiderstand des Pfluges um 15 bis 16%.

AO 1922

Aus Журнал технической физики (Zeitschrift für technische Physik), Moskau (1954) Bd. XXIV Nr 8, S. 1474 bis 1482; Übers.: Dipl.-Ing. W. Balkin