

Tafel 2. Ergebnisse der Stoppelhöhenermittlung für das Doppelmesserschneidwerk E023 sowie für das Busatis-Doppelmesserschneidwerk bei der Fahrgeschwindigkeit $v_f = 8,0 \text{ km/h}$

E023 – Doppelmesser				Busatis-Doppelmesser			
Eingabedaten				Eingabedaten:			
		Messer 1	Messer 2			Messer 1	Messer 2
Länge	mm	43,00	43,00	Länge	mm	55,00	55,00
u. Breite	mm	52,00	52,00	u. Breite	mm	58,00	58,00
o. Breite	mm	17,00	17,00	o. Breite	mm	16,00	16,00
Teilung	mm	76,00	76,00	Teilung	mm	76,20	76,20
Messerdrehzahl		687,00 Hübe/min		Messerdrehzahl		1 000,00 Hübe/min	
Fahrgeschwindigkeit		8,00 km/h		Fahrgeschwindigkeit		8,00 km/h	
Schnittverhältnis		0,82		Schnittverhältnis		0,60	
Hub		80,00 mm		Hub		40,00 mm	
Klingenverschiebung		3,80 mm		Klingenverschiebung		1,90 mm	
Berechnungsraster		X = 14 Y = 22		Berechnungsraster:		X = 14 Y = 22	
Ergebnisse:	Einstellhöhe	45,00 mm		Ergebnisse:	Einstellhöhe	45,00 mm	
	max. Stoppelhöhe	82,27 mm			max. Stoppelhöhe	95,84 mm	
	Mittelwert	52,51 mm			Mittelwert	54,46 mm	
Geschwindigkeitsauswertung:				Geschwindigkeitsauswertung:			
Geschwindigkeitsbereich				Geschwindigkeitsbereich			
	von	bis	m/s	von	bis	m/s	
1	0,00	0,29	m/s	1	0,00	0,21	m/s
2	0,29	0,58	m/s	2	0,21	0,42	m/s
3	0,58	0,86	m/s	3	0,42	0,63	m/s
4	0,86	1,15	m/s	4	0,63	0,84	m/s
5	1,15	1,44	m/s	5	0,84	1,05	m/s
6	1,44	1,73	m/s	6	1,05	1,26	m/s
7	1,73	2,01	m/s	7	1,26	1,47	m/s
8	2,01	2,30	m/s	8	1,47	1,68	m/s
9	2,30	2,59	m/s	9	1,68	1,88	m/s
10	2,59	2,88	m/s	10	1,88	2,09	m/s
Schnittbereich 1:	Beginn bei	2,19 m/s		Schnittbereich 1:	Beginn bei	1,79 m/s	
	Ende bei	2,80 m/s			Ende bei	1,69 m/s	
Schnittbereich 2:	Beginn bei	2,66 m/s		max. Messergeschwindigkeit:	2,09 m/s		
	Ende bei	1,87 m/s					
Schnittbereich 3:	Beginn bei	2,66 m/s					
	Ende bei	1,87 m/s					
max. Messergeschwindigkeit: 2,88 m/s							

Beispiel 1
Fingerschneidwerk E023 bei unterschiedlichen Fahrgeschwindigkeiten $v_f = 8,0 \text{ km/h}$ und $v_f = 12,0 \text{ km/h}$ (Bilder 1 und 2)

In Tafel 1 erfolgt eine Zusammenstellung der vom Rechner ermittelten und ausgedruckten Zahlenwerte.

Der Mittelwert der auf 45 mm eingestellten Stoppelhöhe steigt von 58,3 mm auf 71,2 mm bei Erhöhung der Fahrgeschwindigkeit von 8 km/h auf 12 km/h. Diese theoretischen Werte mit Spitzen bis 179 mm stimmen mit den praktischen Ergebnissen überein.

Beispiel 2
Vergleich der Stoppeldiagramme des Doppelmesserschneidwerks E023 und des „Busatisprinzips“ bei gleicher Fahrgeschwindigkeit (Bilder 3 und 4)

In Tafel 2 sind die rechnerisch ermittelten und ausgedruckten Zahlenwerte dieses Vergleichs zusammengestellt.

Mit diesem Beispiel ist nachgewiesen, daß analoge Ergebnisse des Mittelwerts der Stoppelhöhe bei absolut unterschiedlichen Schneidengeometrien, unterschiedlichem Hub und unterschiedlichen Messerfrequenzen erreicht werden können.

Der Konstrukteur ist mit dem „Programm zur Stoppelhöhenermittlung“ in der Lage, den Einfluß der vielen Variablen auf Schnittqualität und Verluste unmittelbar ohne Experimente zu bestimmen und Schlüsse für die optimale konstruktive Gestaltung zu ziehen.

Diese Möglichkeit wird erstmals bei der Entwicklung der neuen Feldfutterschneidwerksbaureihen genutzt, wobei bereits erkennbar ist, daß Veränderungen der Geometrie an den Schneidelementen zu Verbesserungen gegenüber den Serienlösungen führen.

A 4928

Zur Projektierung, Konstruktion und Erprobung der Druckluftversorgungsanlagen für Einzelkornsämaschinen

Dipl.-Ing. E. Zschoche, KDT/Prof. Dr. sc. techn. P. Jakob, KDT¹⁾
Humboldt-Universität Berlin, Sektion Nahrungsgüterwirtschaft und Lebensmitteltechnologie

Verwendete Formelzeichen

A	m ²	Fläche
c	m/s	Strömungsgeschwindigkeit
p	Pa	Druck
p _v	Pa	Druckverlust
V	m ³ /h	Volumenstrom
α		Kontraktionszahl
ε		Druckverhältnis
ζ		Widerstandsbeiwert
κ		Adiabatexponent

μ	Ausflußzahl
ρ	Dichte
φ	Geschwindigkeitsbeiwert
ψ	Ausflußfunktion

1. Problemstellung

Die Notwendigkeit der handarbeitsarmen und handarbeitslosen Pflege von Pflanzenbeständen macht bei der Einzelkornsäat eine hohe Betriebs- und Funktionssicherheit der Sämaschine unumgänglich. Dadurch kommt einer hohen Normalbelegung der Vereinzelungszellen und der verrollungsfreien Ablage eine große Bedeutung zu. Für eine nach dem

mechanischen Trennprinzip arbeitende Einzelkornsämaschine steht die Forderung nach einer genauen Zuordnung von Zelle und Saatkorn. Die geometrischen Parameter von Saatkorn und Zelle müssen im vorgeschriebenen Toleranzbereich übereinstimmen, um ein mechanisches Trennprinzip zu realisieren.

Durch die jeweilige Anpassung der Vereinzelungsorgane an alle Saatkornkaliber ist eine aufwendige Umrüstung der Einzelkornsämaschinen bei deren universeller Anwendung notwendig. Das Bedürfnis der Praxis, die Vorteile der Einzelkornsäat für die Aussaat

¹⁾ Die Arbeit entstand während der Tätigkeit des Autors an der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg

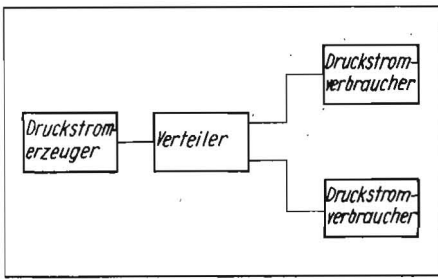


Bild 1. Anordnung von Druckstromerzeuger und -verbraucher

Tafel 1. Orientierende Parameter für die Saugscheibe für die Saatgutarten Gemüse, Rüben und Mais

Variante	Bohrungsdurchmesser mm	Anzahl der Bohrungen	Überdruck an der Bohrung kPa
Gemüse	1,0...1,5	rd. 36	-8 ... -10
Rüben	2,5...3,0	rd. 24	-6 ... -10
Mais	4,5...5,0	rd. 12	... -12

weiterer Kulturpflanzenarten zu nutzen, macht die Weiterentwicklung zu universell einsetzbaren Einzelkornsämaschinen notwendig [1].

Eine Lösung dieses Problems stellt die Entwicklung und Anwendung von Vereinzlungsorganen dar, die mit pneumatischer Hilfsenergie arbeiten. Sie haben den Vorzug der relativen Kalibrierungsunabhängigkeit [2]. Gegenstand der nachfolgend beschriebenen Untersuchung war deshalb die Projektierung, Konstruktion und Erprobung der Druckluftversorgungsanlage (Unterdruck) für pneumatische Säeinheiten für die Einzelkornsämaschine.

2. Projektierung und Konstruktion

Der Aufbau der Druckluftversorgung einer Einzelkornsämaschine besteht im wesentlichen aus dem Druckstromerzeuger, dem Verteiler und den Druckstromverbrauchern (Bild 1).

Die Druckstromverbraucher in der Einzelkornsämaschine sind die Säeinheiten, für die die Parameter nach Tafel 1 gültig sind. Zur Druckstromerzeugung wird ein Seitenkanalgebläse GR2HVX40/290-P verwendet.

Bei der Projektierung und Konstruktion der Druckluftanlage wird von einer Analyse der Wirkkette der Strömungswiderstände ausgegangen. Die Berechnung beginnt am Ende der Wirkkette, dem Druckstromverbraucher, der die erforderliche Leistung am pneumatischen Vereinzlungsorgan bestimmt. Der erforderliche Druck von -6 bis -12 kPa führt zu unterschiedlichen Dichten der Luft. Bei den Berechnungen wird eine mittlere Dichte für Luft von 1,09 kg/m³ zugrunde gelegt. Der Volumenstrom für eine Saugbohrung wird nach Gl. (1) wie folgt berechnet:

$$\dot{V} = \mu A \psi \sqrt{\frac{2}{\rho} p} \quad (1)$$

Die Ausflußzahl μ ist das Produkt aus der Kontraktionszahl α und dem Geschwindigkeitsbeiwert β . Für reale Gase und Dämpfe wird zur exakten Beschreibung die Ausflußfunktion verwendet [3]:

$$\psi = \sqrt{\frac{\kappa}{\kappa - 1} \left(\frac{2}{\epsilon^{\frac{2}{\kappa}}} - \epsilon^{\frac{\kappa - 1}{\kappa}} \right)} \quad (2)$$

Durch Multiplikation mit der Anzahl der Bohrungen auf einem Vereinzlungsorgan und der Anzahl der Säeinheiten erhält man den erforderlichen Gesamt volumenstrom.

Beim Betrieb des Vereinzlungsorgans werden die Bohrungen teilweise durch Saatkörner verschlossen, und der erforderliche Volumenstrom verringert sich um den Anteil der verschlossenen Bohrungen. Der Anteil verschlossener Bohrungen ist von der Konstruktion der Säeinheit abhängig und kann nur experimentell ermittelt werden. Die Dimensionierung der Übertragungselemente für die Druckluft wird so vorgenommen, daß der erforderliche Volumenstrom und der Verluststrom stets vom Druckstromerzeuger zur Verfügung gestellt werden können.

Die Berechnung der Druckverluste an den einzelnen Strömungswiderständen erfolgt nach der Gl. (3):

$$p_v = \zeta \frac{\rho}{2} c^2 \quad (3)$$

Die Summe der Druckverluste ergibt unter Beachtung der Regeln für Reihen- und Parallelschaltung von Widerständen die Anlagenkennlinie (Bild 2). Die berechneten Werte für die Druckverluste und den Volumenstrom wurden in praktischen Versuchen nachgeprüft.

3. Experimentelle Untersuchungen

Für die Untersuchungen wurden zwei Meßanordnungen verwendet. Mit der ersten Meßanordnung wurde der vorhandene Volumenstrom bestimmt. Dazu wurde zwischen Säeinheit und Verteiler ein Volumenzähler geschaltet, den eine Einrichtung zum Abscheiden von Fremdkörpern schützt. Zur Bestimmung der Druckverluste zwischen Säeinheit und Windkessel wird der Volumenzähler entfernt und die Druckluftanlage entsprechend den in den Konstruktionsunterlagen angegebenen Betriebsparametern betrieben, und es wird lediglich zwischen Vereinzlungsorgan und Druckstromerzeuger ein Differenzdruckmeßgerät angeschlossen.

Alle Messungen erfolgten im stationären Betrieb, da die Meßeinrichtung noch nicht an die fahrende Maschine angebracht werden konnte. Die Auswertung der Meßwerte wurde durch Regressionsanalyse mit Hilfe des Tischrechners „Robotron K 1003“ durchgeführt.

Das verwendete Rechnerprogramm ermöglichte den wahlweisen Ansatz von $f(x)$, $f(x^2)$ und $f(\sqrt{x})$ und ihren Kombinationen.

Bei dem Vergleich der Ergebnisse der Messung mit denen aus der Berechnung beim Volumenstrom wurden Abweichungen von 35%, bezogen auf den experimentellen Wert, ermittelt.

Die Ursachen dieser Abweichungen sind in der Wahl der Ausflußzahl μ und in systematischen und zufälligen Fehlern der Messungen zu sehen. Eine bessere Übereinstimmung zwischen der Berechnung und den Experimenten wurde beim Strömungswiderstand erreicht.

Aus den Meßergebnissen konnte für die Säeinheit im Einsatz ein wirksamer Strömungsquerschnitt von 43% zum Ausgangsquerschnitt der unbelagten Saugscheibe ermittelt

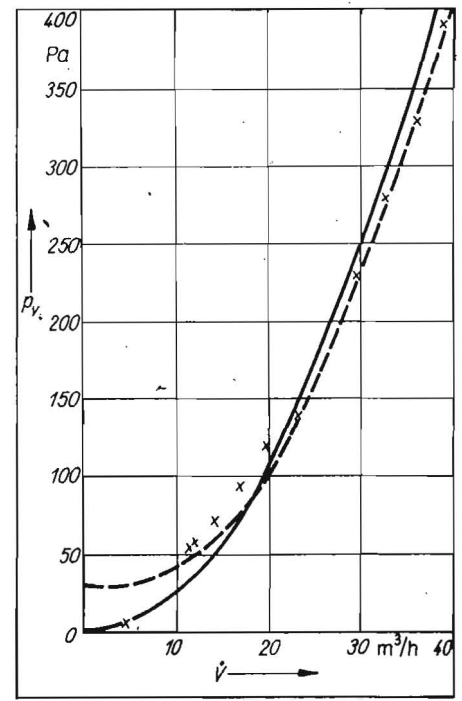


Bild 2. Berechnete und experimentell ermittelte Anlagenkennlinie einer Säeinheit; — berechnete Werte, - - - experimentelle Werte

werden [4]. Die projektierte Anlage kam im Jahr 1985 bei Feldversuchen bereits erfolgreich zum Einsatz.

4. Zusammenfassung

Mit Hilfe der technischen Strömungsmechanik ist es möglich, eine Druckluftanlage für eine Einzelkornsämaschine zu projektieren und zu konstruieren. Die experimentellen Untersuchungen zeigen jedoch, daß die Ausflußzahl μ für ein pneumatisches Vereinzlungsorgan noch durch weitere Untersuchungen zu präzisieren ist. Die Strömungsverluste in der Anlage konnten bereits relativ exakt vorausbestimmt werden.

Literatur

- [1] Fritsch, K.: Einzelkornsämaschinen – Entwicklungslinien und technische Erkenntnisse. agrartechnik, Berlin 33 (1983) 1, S. 7–8.
- [2] Thalmann, G.: Systematik und Gestaltung der Arbeitsphasen einer Einzelkornsämaschine. agrartechnik, Berlin 33 (1983) 1, S. 8–10.
- [3] Bohl, W.: Technische Strömungslehre. Leipzig: VEB Fachbuchverlag 1984.
- [4] Zschoche, E.: Projektierung und Konstruktion der Druckluftversorgung pneumatischer Säeinheiten für Einzelkornsämaschinen (EKSM). Ingenieurhochschule Berlin-Wartenberg, Sektion Mechanisierung der Pflanzenproduktion, Diplomarbeit 1985. A 4843