

Modul Verfahrenstechnik In der Außenwirtschaft

4. Semester Agribusiness



Prof. Dr. Jonas Groß

22.06.2026

Sätechnik

Entwicklungen und Bedeutungen der Sätechnik
Darstellung der Techniken und Systeme

Sätechnik

Kapitel	Folien
1. Entwicklung der Sätechnik	3 – 5
2. Pflanzenbauliche Grundlagen	6 – 14
3. Systematik in der Sätechnik	15
4. Wesentliche Baugruppen moderner Drillmaschinen	16 – 19
5. Tankformen	20 – 26
6. Mechanisch gravimetrisches Prinzip	27 – 32
• Dosierorgane	
7. Särohre	33 – 36
8. Prinzip der pneumatische Drilltechnik	37 – 45
• Physikalische Grundlagen	
• Steigrohr	
• Dosierorgane	
• Saatgutzuteilung bei pneumatischen Drillmaschinen	
8. Vergleich pneumatische und mechanische Drillmaschine	45 – 46

Sätechnik

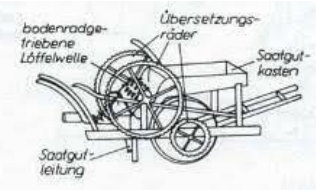
Kapitel	Folien
10. Saatgutverteilung	47 – 64
11. Von der Bodenbearbeitung bis zur Aussaat	65 – 73
12. Aufgaben eines Säscharers	74 – 75
13. Säscharer	76 – 94
14. Sonderformen von Scharen	95 – 98
15. Weitere Direktsaatmaschinen	99 – 106
16. Scharführung	107
17. Nachläufer, Druckrolle, Striegel	108 – 109
18. Steuerungstechnik in der Sätechnik	110 – 117
19. Einstellung und Abdrehprobe	118 – 125
20. Einstellung der Spuranreißer und Anlegen von Fahrgassen	126 – 132
21. Ausblick auf Innovationen im Bereich Sätechnik	133 – 141
22. Quellen	142 – 147

Historische Entwicklung der Sätechnik

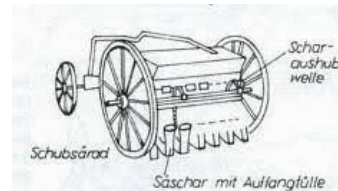
- Altertum – ca. 1800:
Handaussaat
- 1785: Löffelwellensämaschine
nach COOKE
- 1853: Schubrad-drillmaschine
- 1877: Nockenrad-drillmaschine



Quelle: <https://bild.isgv.de/bilder/bsnr/100815>



Quelle: Soucek 1990



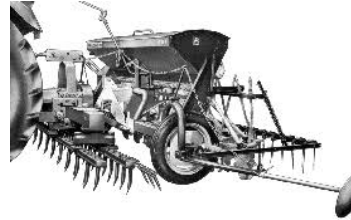
Quelle: Soucek 1990

Historische Entwicklung der Sätechnik

- 1947: Erste Sämaschine Amazone D1
- 1966: Erste Säkombination bestehend aus Rüttelegge RE und Drillmaschine D4
- 2022: Moderne mechanische Drillkombination Amazone Cataya



Quelle: Werkbild Amazone



Quelle: Werkbild Amazone



Quelle: Werkbild Amazone

Historische Entwicklung der Sätechnik



Quelle: [Amazona Säkombination - ein Meilenstein der Landtechnik](#) - YouTube

Historische Entwicklung der Sätechnik

- 1966: Accord Drillmaschine
- 1971: Erster Air Seeder der Firma Connor Shea
- 2022: Hochleistungsdrillmaschine Lemken Solitär



Quelle: <http://www.digibib.tu-bs.de/?docid=00055084>



Quelle: <http://www.digibib.tu-bs.de/?docid=00055084>



Quelle: Werkbild Lemken

Historische Entwicklung der Sätechnik



Quelle: [Kverneland/Accord pneumatische Sätechnik - ein Meilenstein der Landtechnik - YouTube](#)

Pflanzenbauliche Grundlagen

Erfolgsfaktoren für ein erfolgreich Aussaat:

- Ideales Saatbeet
- Optimale Saatmenge
- Optimaler Saatzeitpunkt
- Optimale Ablagetiefe
- Gleichmäßige Kornverteilung
- Qualitativ hochwertiges Saatgut

Pflanzenbauliche Grundlagen

Ideales Saatbeet:

- Ist der Grundstein für hohen Ertrag
- Keimendes Saatgut muss hier die richtigen Bedingungen für schnellen und gleichmäßigen Aufgang vorfinden
- Bietet ausreichend Stabilität zur Verhinderung von Verschlämmung und Erosion
- Bietet Schutz vor Verdunstung
- Stellt Kapillarwasser für Keimung zur Verfügung
- Dient als Nährstoff-, Wasser- und Sauerstoffreserve

Pflanzenbauliche Grundlagen

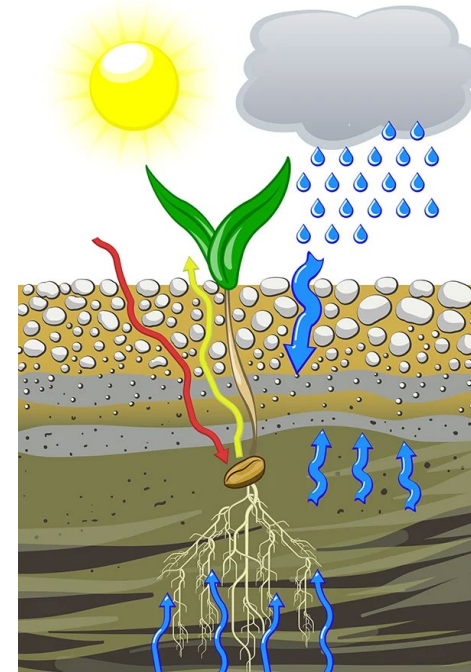
- Ideales Saatbeet – Aufbau:
 - Oberschicht aus gröberen Aggregaten und organischer Masse
 - Darunter Schicht kleinerer Aggregate



Schutz vor Verkrustung



Sorgt für guten Bodenschluss +
Erhalt der Bodenfeuchte



Quelle: Werkbild Väderstad

	W-Weizen	W-Gerste	W-Roggen	Triticale
Pflanzen / m ²	200-500	150-450	100-330	150-300
Ähren / Pflanze	1-3	2-4	2-5	2-4
Ähren / m ²	350-700	400-700 ¹⁾ 600-1200 ²⁾	350-600	450-600
fert. Ährchen / Ähre	16-24	42-78 ¹⁾ 16-28 ²⁾	28-48	18-30
Körner / Ährchen	2-5	1	2(-3)	2-4
Kornzahl / Ähre	34-60	42-78	48-80	36-60
Korndichte / m ² [Tsd]	12-25	15-28	16-30	15-25
TKG [g]	36-60	32-60	30-48	38-50
Einzelährenertrag [g]	1,2-3,5	1,2-2,5	1,4-2,8	1,0-3,0

Quelle: Die Landwirtschaft Band 1 Teil B , 8 Auflage, 1968

Pflanzenbauliche Grundlagen - Weizen

- Berechnung der optimalen Saatmenge:

Tausendkorngewicht in g x Körner je m ²	= Aussaatmenge in kg/ha
Keimfähigkeit in %	

Berechnen Sie anhand der angegebenen Formel und den Datenblatt die Aussaatmenge in kg/ha.

Anerkanntes Saatgut -FS-
Klebeetikett der
Anerkennungsstelle 123456
(Wasserdruck verbotlich)

EG-Norm
Bundesrepublik Deutschland

Kennzeichen der Anerkennungsstelle: **DE09**
Art: **Triticum aestivum L.**
Winterweizen

Sortenbezeichnung: **Muster**

Anerkennungs-Nr: **DE092-992212301**

Kategorie: **Zertifiziertes Saatgut**

Probenahme: **08.2012**
(Monat/Jahr)

Erzeugerland: **Bundesrepublik Deutschland**

Angegebenes Gewicht der Packung
oder angegebene Zahl der Körner: **50 kg**

Zusätzliche Angaben: gebleicht mit **Landox CT**
Flutolone, Olfenconazole, Tebuconazole weitere Hinweise
siehe Beizeetikett

TKG: 40,2 g **KF: 98 %**

Quelle: LfL Bayern

Pflanzenbauliche Grundlagen - Weizen

- *Triticum aestivum* (Weizen)
- Ertrag: durchschnittlich in Deutschland 7,62 Tonnen je ha (2022)
- Aussaat: variiert zwischen Ende September bis in den Dezember
- Tausendkorngewicht (TKG): 40 -50g
- Saattiefe: konventionell: 2 – 3 cm
ökologisch: 3 – 4 cm (wegen der mech. Unkrautbekämpfung)
- Saatstärke: ca. 200 – 500 Körner je m²
- Ernte: Juli/August

Quelle: Statistisches Bundesamt

Pflanzenbauliche Grundlagen

- Ablagetiefe:
 - Weizen / Gerste : 2 – 3 cm
 - Roggen : 1 – 2 cm
 - Raps: 1 – 2 cm
 - Erbsen: 4 – 6 cm
- Körner sollen auf rückverfestigten Boden abgelegt werden
(Ablegen des Samens auf die Kapillarschicht)
- Körner sollen mit ausreichend feinem Boden bedeckt werden

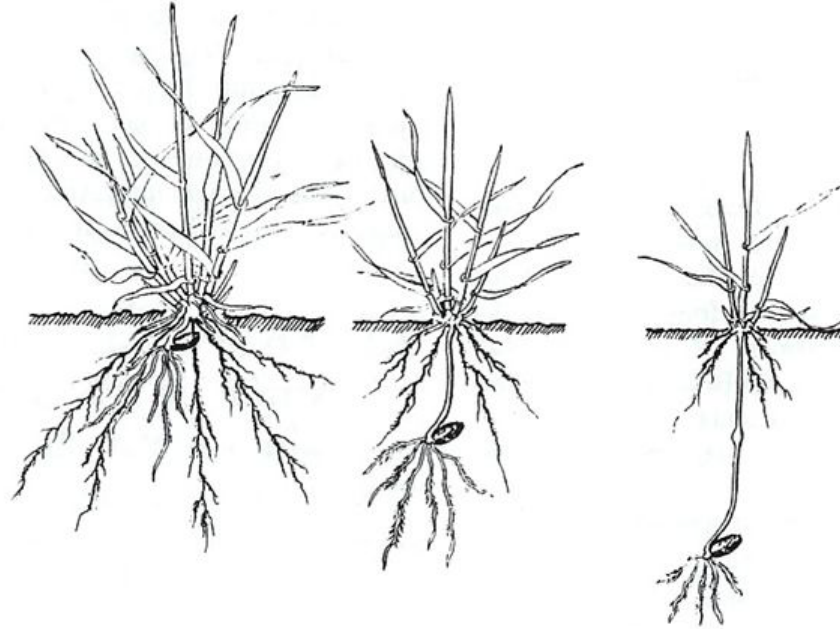
Reihenab- stand [cm]	Körner m ⁻²			
	200	300	400	500
10	5,0	3,3	2,5	2,0
12	4,2	2,8	2,1	1,7
15	3,3	2,2	1,7	1,3
24	2,1	1,4	1,0	0,8

- Kritischer Bereich

Abstand der Körner in der Reihe bei unterschiedlichen Reihenabständen und Aussaatmengen

Pflanzenbauliche Grundlagen

Einfluss der Ablagetiefe auf das Pflanzenwachstum



Eine zu tiefe Ablage hemmt die Bestockung der Pflanze

Quelle: Aufhammer, G.; Fischbeck G.; Getreide. Produktionstechnik und Verwertung; 1973

Pflanzenbauliche Grundlagen

Auswirkungen einer zu tiefen Ablage:

- Es muss eine lange Keimblattscheide gebildet werden
- Der Keimling wächst nicht (Zellteilung) er streckt sich nur (Zellstreckung)
- Es wird viel Auxin für die Zellstreckung aktiviert
- Auxin hemmt die Bestockung
- Bestockungsknoten liegt zu tief unter der Erde, Lichtmangel hemmt die Bestockung zusätzlich
- Es werden vermehrt Gibbereline gebildet um den Bestockungsknoten „hochzuschieben“
- ✓ Bestandesdichte- oder Korndichte-Typen reagieren empfindlich
- ✓ Einzelährenertrags- und Kompensationstypen sind toleranter
gegenüber einer unregelmäßigen oder zu tiefen Ablage

Quelle: Vorlesungsunterlagen Prof. Bernhard Bauer

Pflanzbaulichen Grundlagen

Aufbau eines idealen Saatbeets



Optimales Saatbett



Bodenaggregate sind zu groß

Quelle: Werkbild Väderstad

Pflanzenbauliche Grundlagen - Weizen

- Zeitliche Abfolge der Verfahren Weizen:

Winterweizen												
	September	Oktober	November	Dezember	Januar	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August
Bodenbearbeitung	Bodenbearbeitung											
Aussaat		Aussaat										
Pflanzenschutz		Pflanzenschutz						Pflanzenschutz				
Düngung						Düngung				Düngung		
Ernte												Mährdrusch

Sämaschinen

Normalsaat



Mechanische
Drillmaschine

Pneumatische
Drillmaschine

Nockenra-
Dosierun

Schubrad-
Dosierung

Einzelkornsaat



Mechanische
Einzelkornsämaschine

Pneumatische
Einzelkornsämaschine

Zellenrad

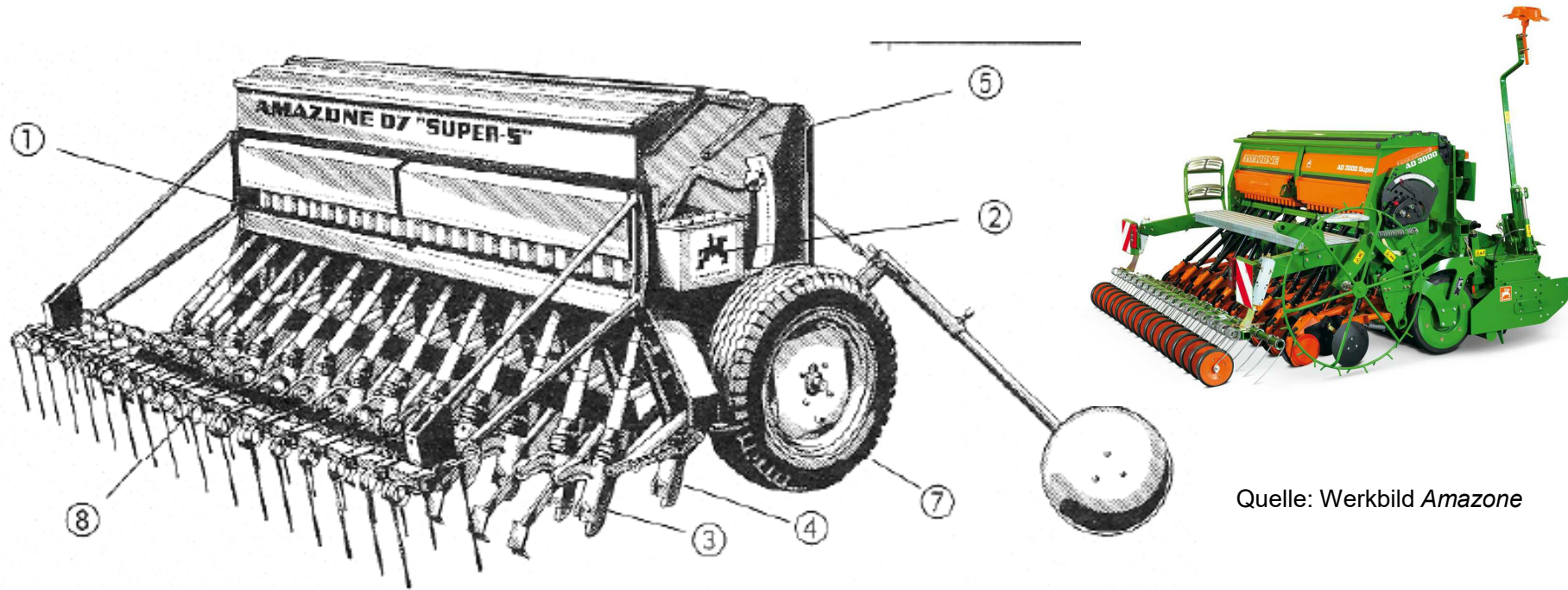
Loch-
scheibe

Schöpfrad

Saugluft

Druckluft

Wesentliche Baugruppen moderner Drillmaschinen

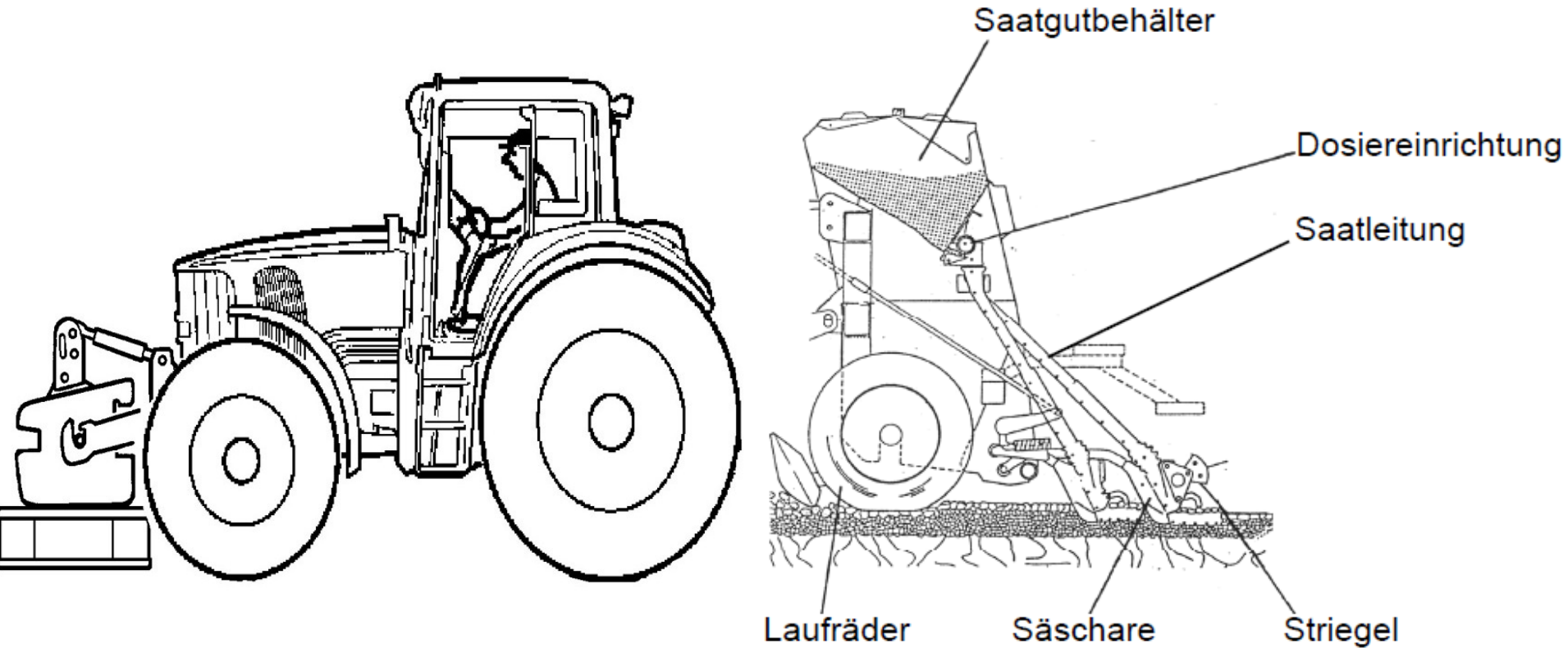


Quelle: Werkbild Amazone

1. Säwelle mit Spurschacht-Vorrichtung
2. Antrieb (Stufenweise oder Stufenlos)
3. Säscharre mit Abstellstütze
4. Schardruckfedern

5. Saatgutbehälter
6. Spuranreißer
7. Lauf- und Antriebsrad
8. Saatstriegel

Wesentliche Baugruppen moderner Drillmaschinen



Quelle: Sätechnik Drillsaat, Prof. Dr. K. Köller, Hohenheim

Anbaumöglichkeiten

- Positionierung des Tanks/Sämaschine:



Quelle: Werkbild Amazone

Drillmaschine in angebauter Bauweise

- Schwerpunkt weit hinten



Quelle: Werkbild Kuhn

Drillmaschine in aufgebauter Bauweise

- Günstige Schwerpunktlage



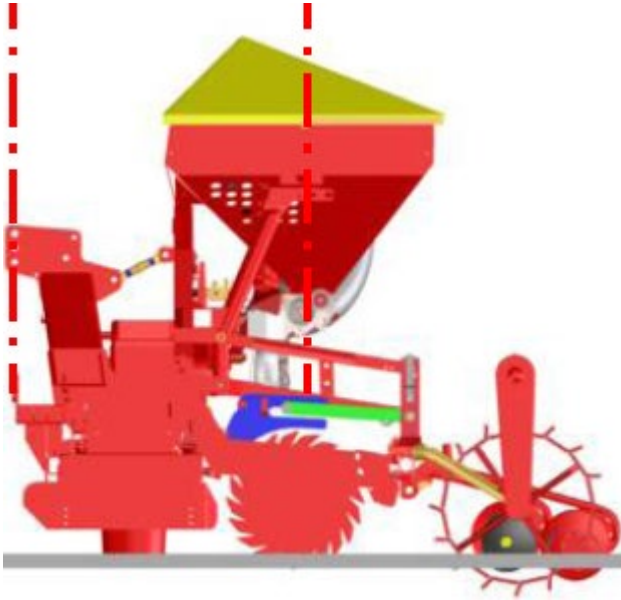
Quelle: Werkbild SKY Agriculture

Anhängedrillmaschine

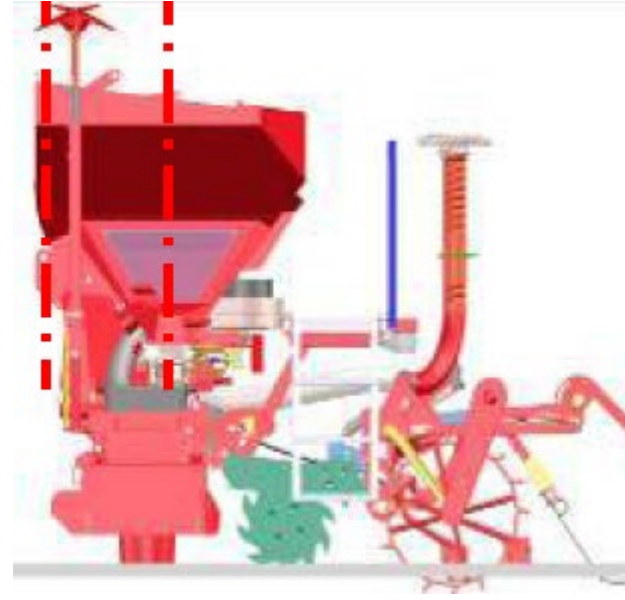
- Günstige Schwerpunktlage

Tankformen

Positionierung des Tanks



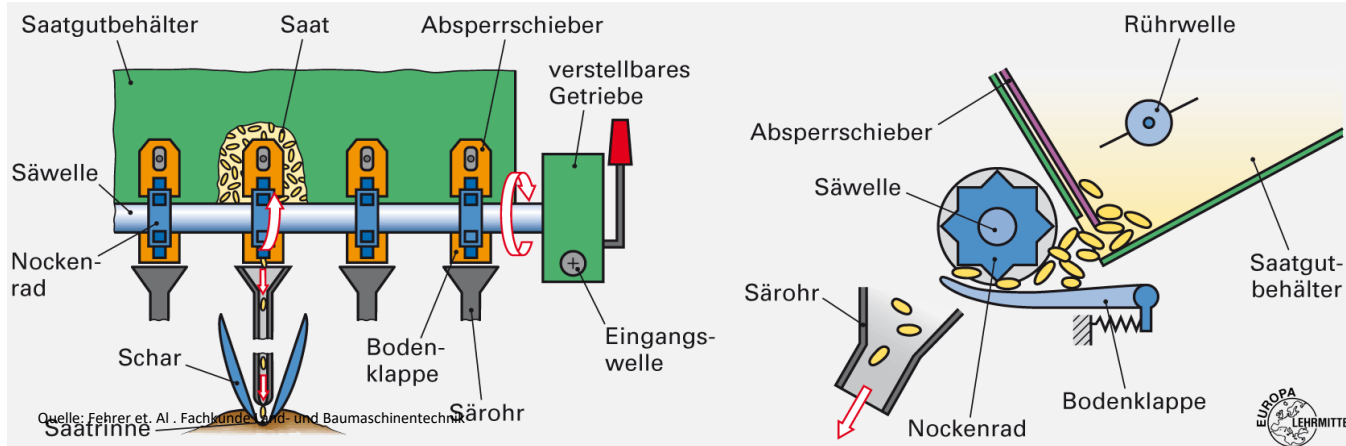
Tank über der Packerwalze



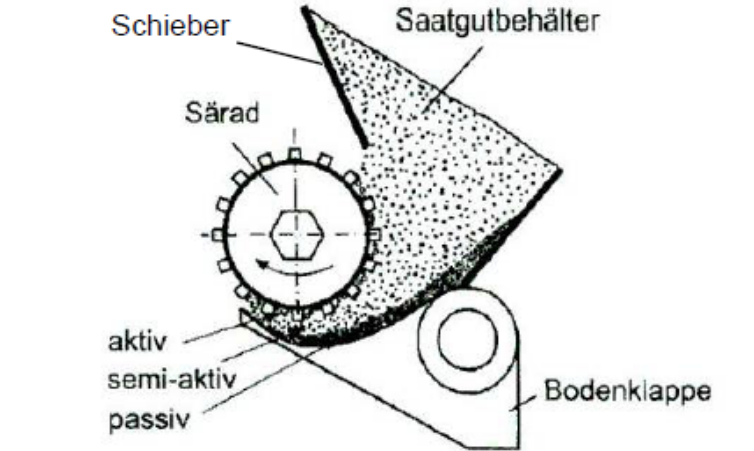
Tank über dem Bodenbearbeitungsgerät

Quelle: Meinel, T.: Grundlagen zum Aufbau, zur Funktion und Konstruktion von Maschinen für die Aussaat

Dosierung – mechanisch gravimetrisches Prinzip



Dosierung - mechanisch gravimetrisches Prinzip

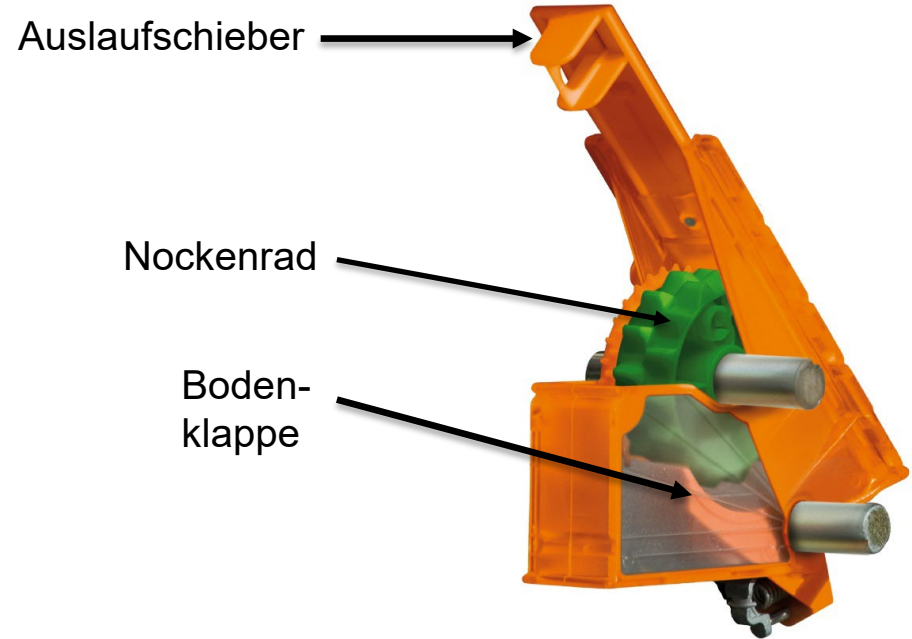


$$\dot{m} = \dot{m}_V + \dot{m}_R$$

$\dot{m}$...gesamter geförderter Massenstrom

$\dot{m}_V$...Massenstrom aus Volumendosierung

$\dot{m}_R$...Massenstrom aus Säspalt (Reibungseffekte im Saatgut)



Quelle: Werkbild *Amazona*
Svensson 1992, Griepentrog 1994

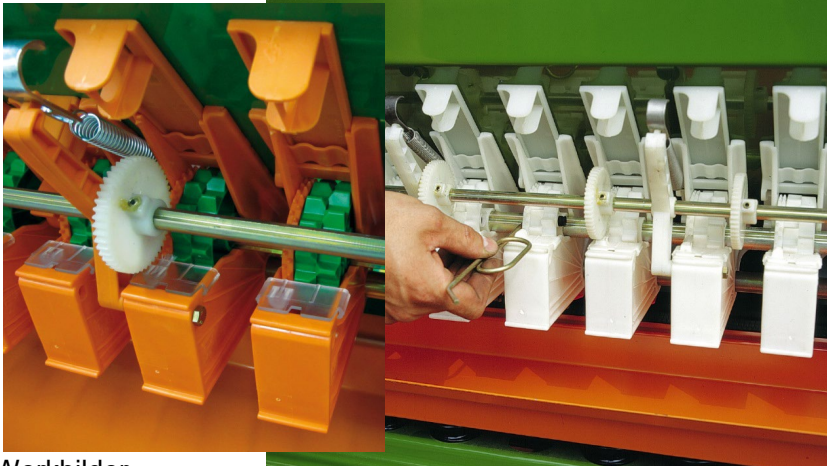
Dosierorgane



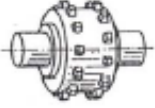
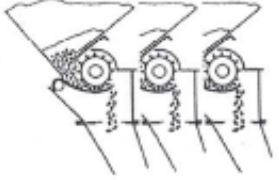
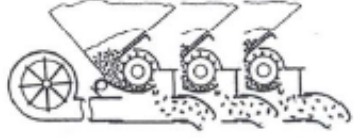
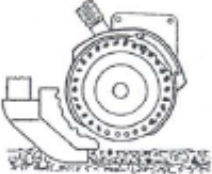
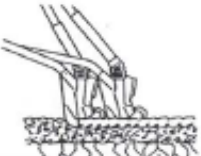
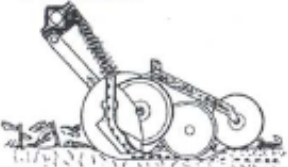
Nockenräder



Zellenräder



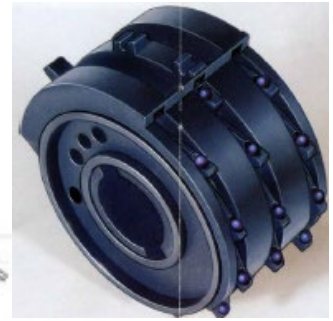
Dosierorgane - Überblick über die Sätechnik

Dosierung	Nockenrad 	Schubrad 	Zellenrad 	Einzelkorndosierung 
Zuführung	mechanisch/dezentral 	pneumatisch/dezentral 	pneumatisch/zentral 	
Ablage	Drillsaat 	Bandsaat 	Breitsaat 	Einzelkornsaat 
Verfahren	konventionelle Saat 	Mulchsaat 	Direktsaat 	

Quelle: Sätechnik Drillsaat, Prof.
Dr. K. Köller

Schubrad

„Abdeckungen“ bei einem Schubrad verringern die wirksame Breite und müssen je nach Saatgut und Ausbringungsmenge angepasst werden



Normal



Verringert
< 60 kg/ha



Reduziert
Bis 15 kg/ha

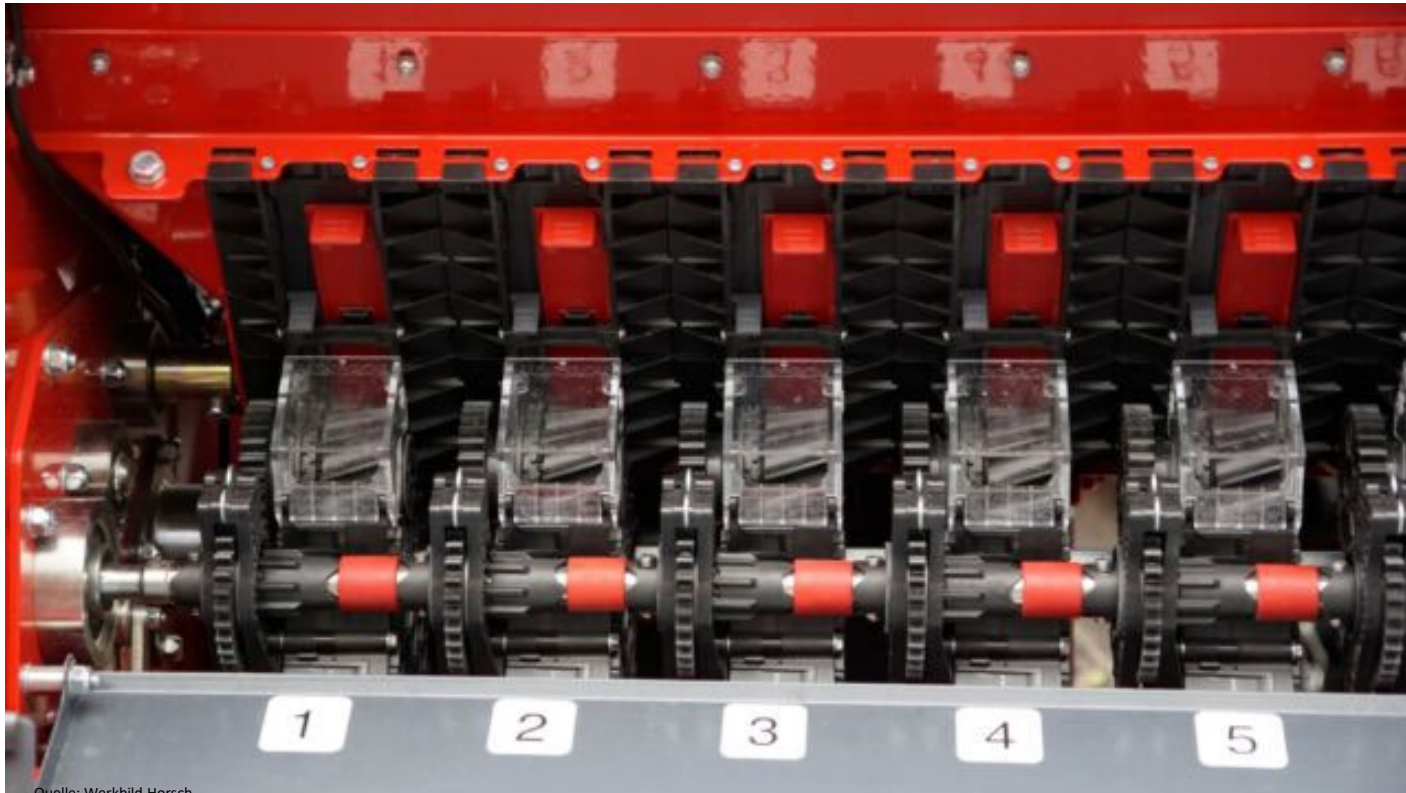


Einzelkorn



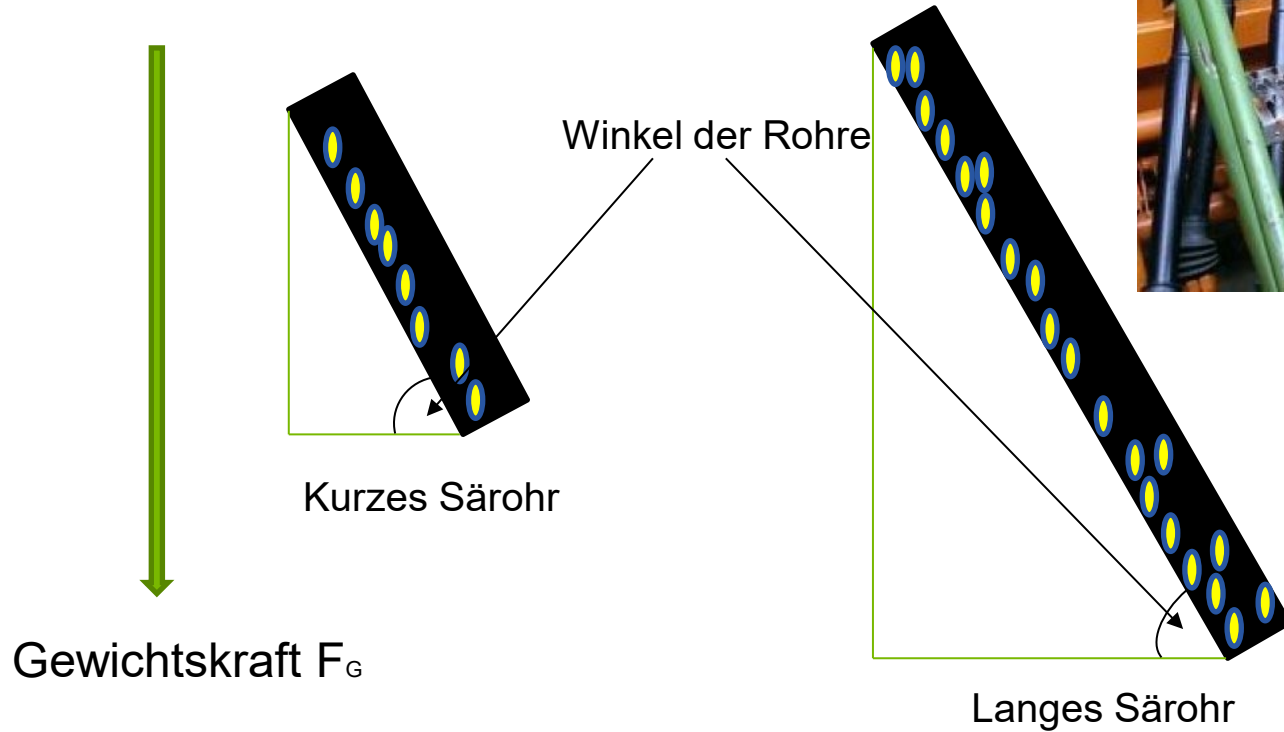
Quelle: Werkbilder *Pöttinger*

Dosierung - Dosierorgane



Quelle: Werkbild Horsch

Särohr der mechanischen Drilltechnik



Särohr einer mechanische Drillmaschine

Einfluss von Länge und Winkel des Särohrs auf die Verteilung des Saatgutes

Zusammenfassung Särohre gravimetrisches Prinzip

- Neigungsbereich der Rohre 70-90°
- Optimal sind konische Formen
- Je kürzer das Rohr desto gleichmäßiger die Verteilung
- Umgedrehter Effekt: Schlechte Dosierung wird durch Särohre ausgeglichen
- Zusammenfassend: Särohre sollten möglichst **kurz, weit** oder sogar **konisch, innen glatt** angeordnet sein

Prinzip der mechanischen Sätechnik



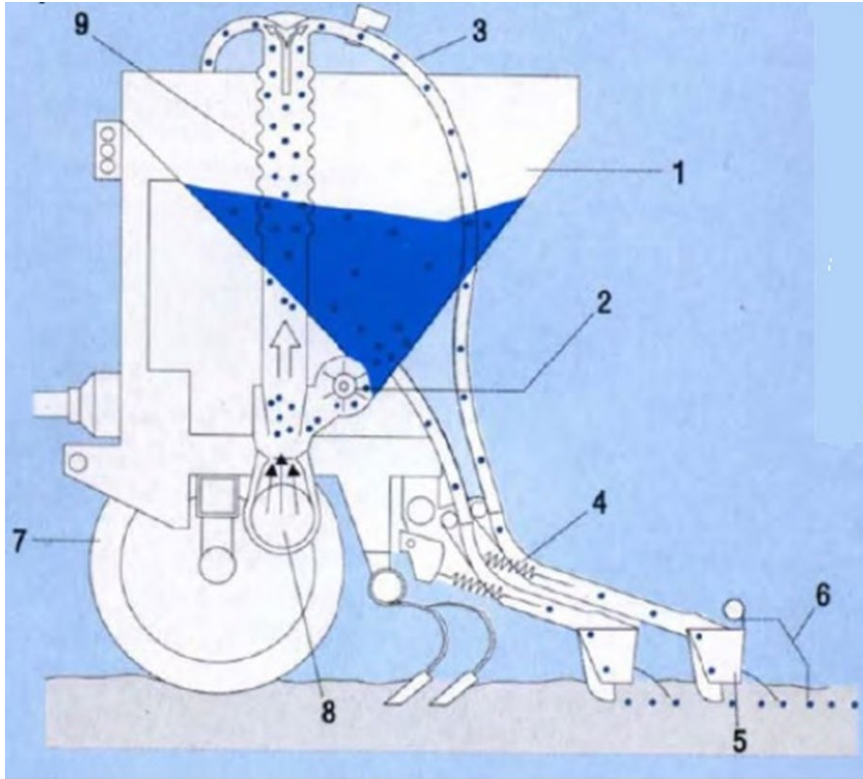
Quelle: [Amazone D9 3000 Super](#) | [landwirt.com](#) - YouTube

Vorteile mechanischer Drilltechnik

- Günstige Bauweise
- Sehr gute Dosiergenauigkeit
- Unabhängig von der Schlepperdrehzahl
- Gute Übersicht nach hinten
- Schonende Saatgutbehandlung, wichtig z.B. bei Dinkel
- Geeignet für Saatgutmischungen mit unterschiedlichen Korngrößen und Korngewichten
- Geringe Verstopfungsneigung der Särohre / Säschräuche

Wesentliche Baugruppen moderner Drillmaschinen (Urprinzip)

Aufbau einer pneumatischen Drillmaschine



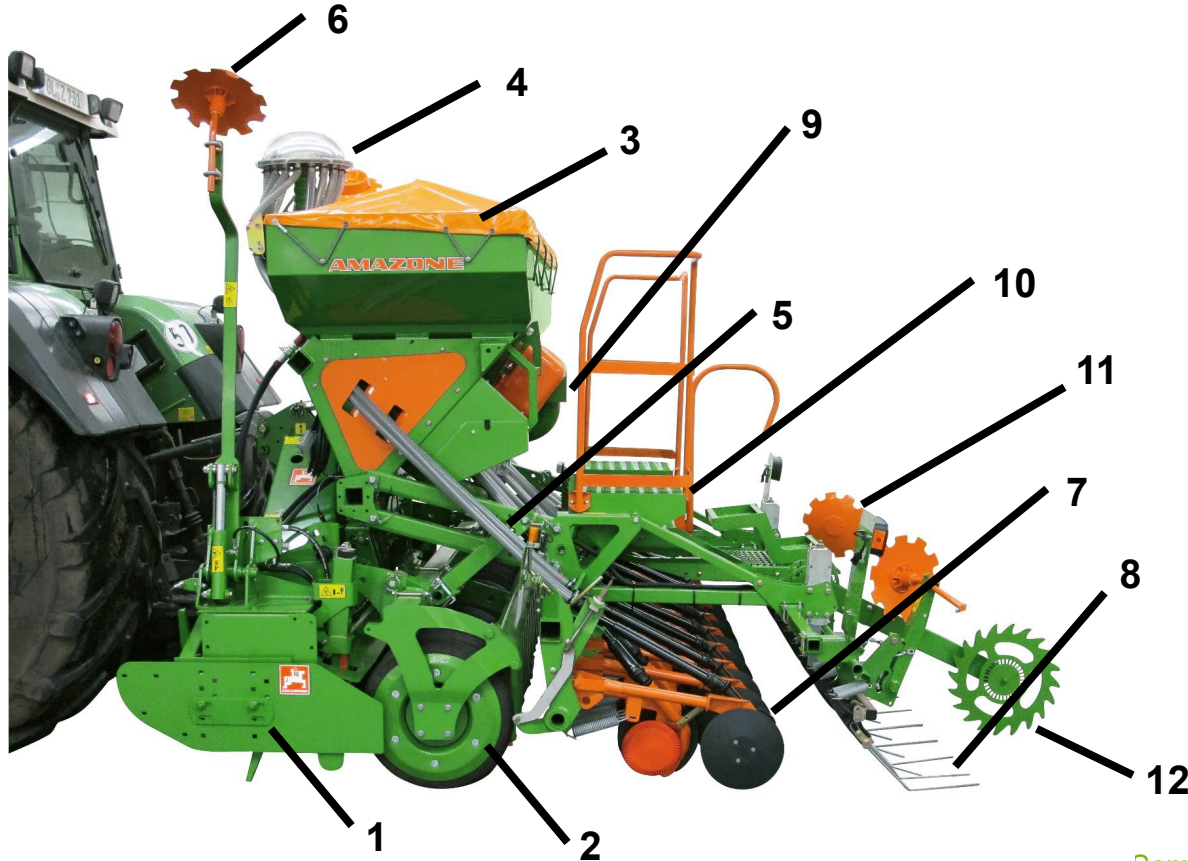
- . Saatgutvorratsbehälter
- . Dosierorgan
- . Saatileitungen
- . Schardruckverstellung
- . Säschare
- . Saatstriegel
- . Lauf- und Antriebsrad
- . Gebläse
- . Wellrohr/Steigrohr/Mischrohr

Quelle: Hartung, E. Christian- Albrechts-Universität zu Kiel

Schematischer Aufbau einer pneumatischen Drillmaschine

Wesentliche Baugruppen moderner Drillmaschinen

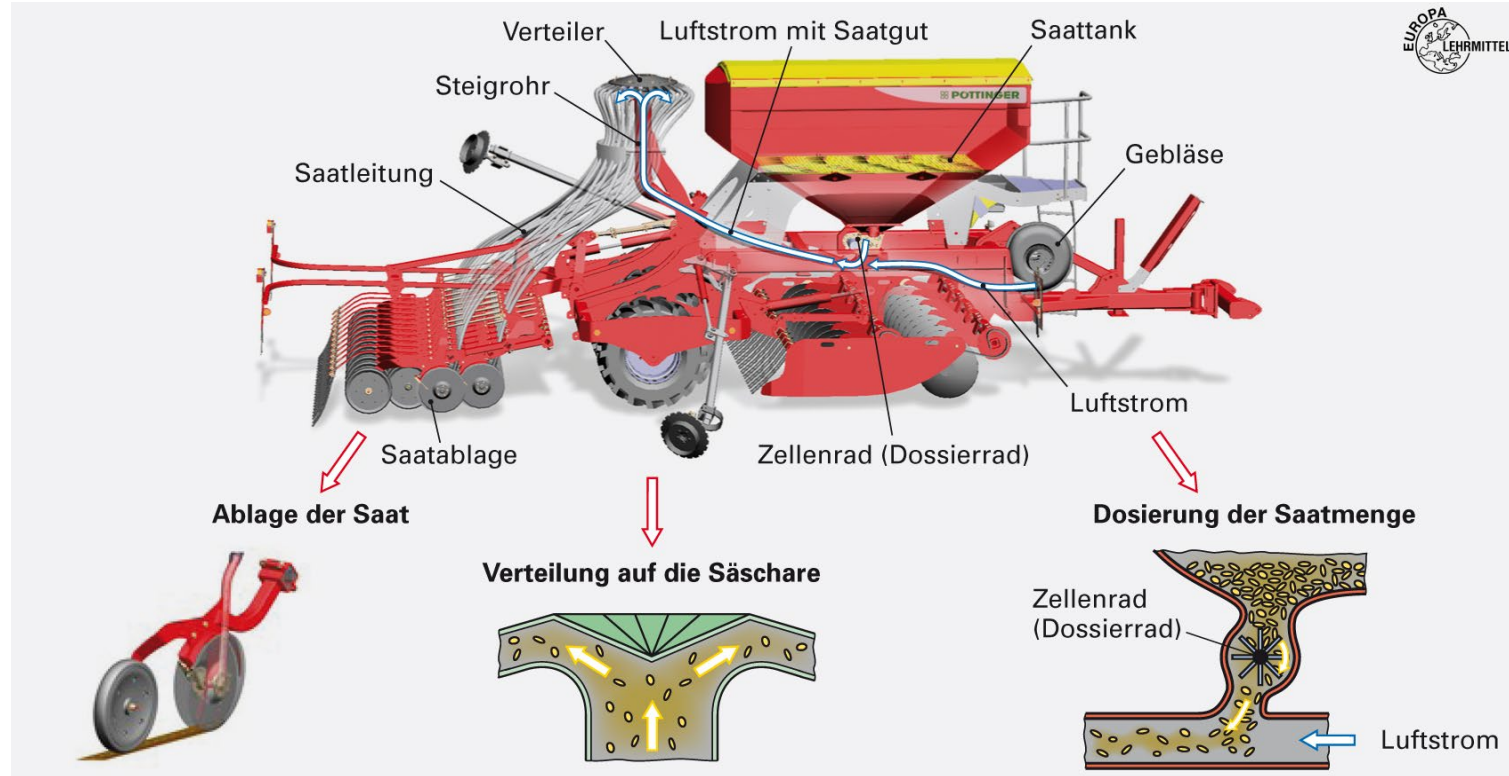
Aufbau einer pneumatischen Drillmaschine



1. Vorwerkzeuge (Kreiselegge)
2. Packerwalze
3. Saatgutbehälter
4. Verteilerkopf
5. Saatileitungsschläuche
6. Spuranreißer
7. Scheiben-Säschar
8. Exaktstriegel
9. Gebläse
10. Ladesteg mit Treppenstufen
11. Vorauflaufmarkierer
12. Spornrad

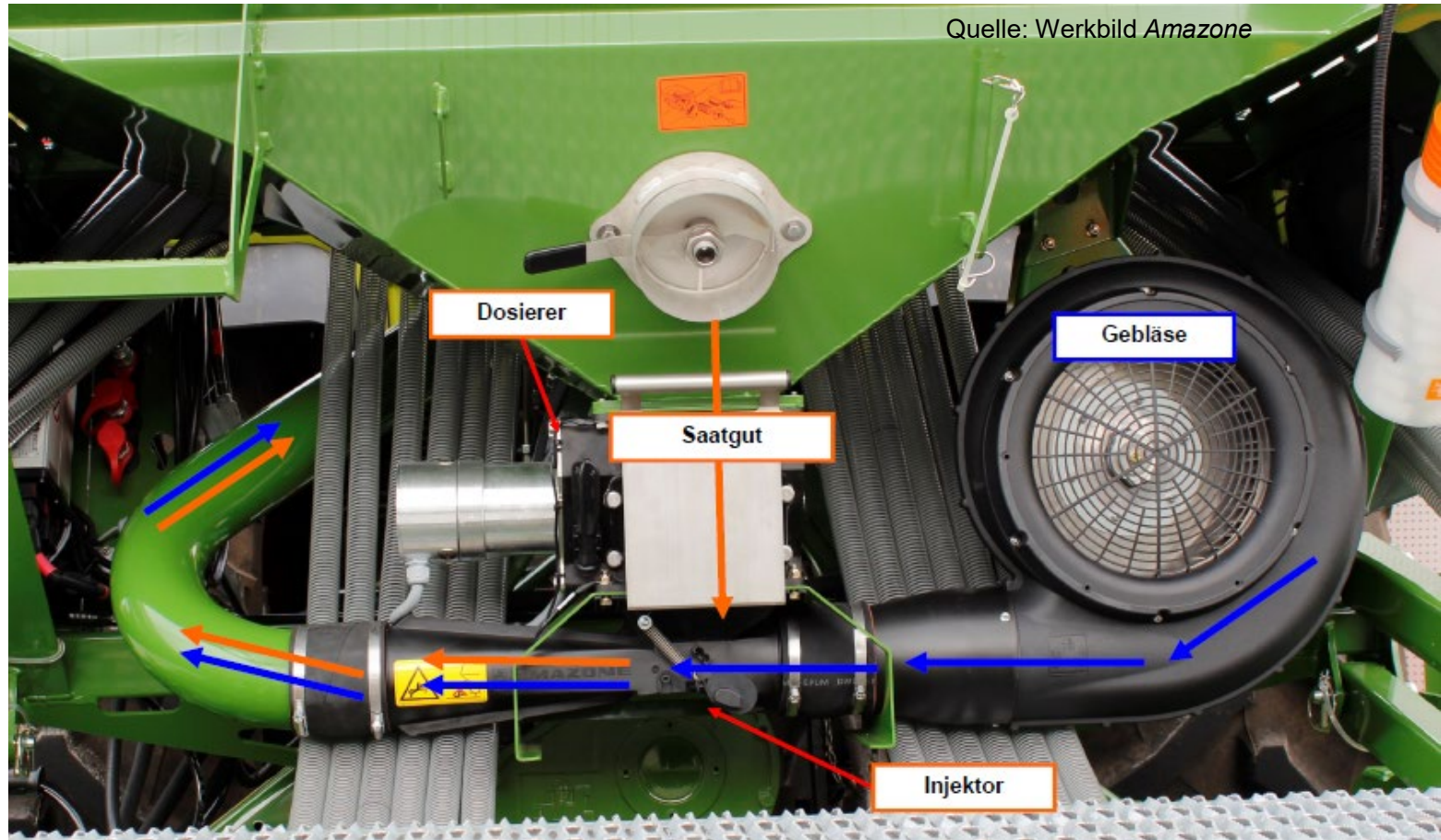
Quelle: Werkbild Amazone

Prinzip der pneumatischen Sätechnik



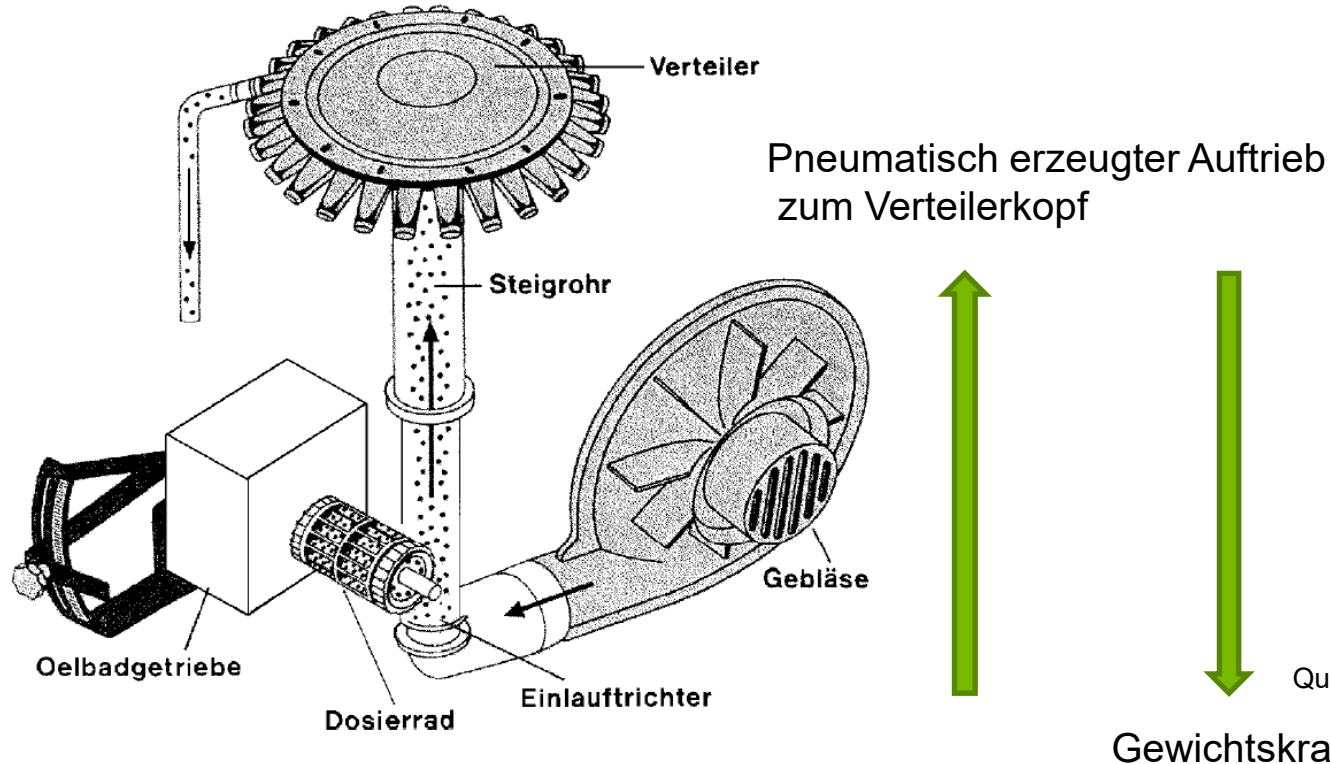
Quelle: Fehrer et. Al . Fachkunde Land- und Baumaschinentechnik

Grundlagen der pneumatischen Drilltechnik



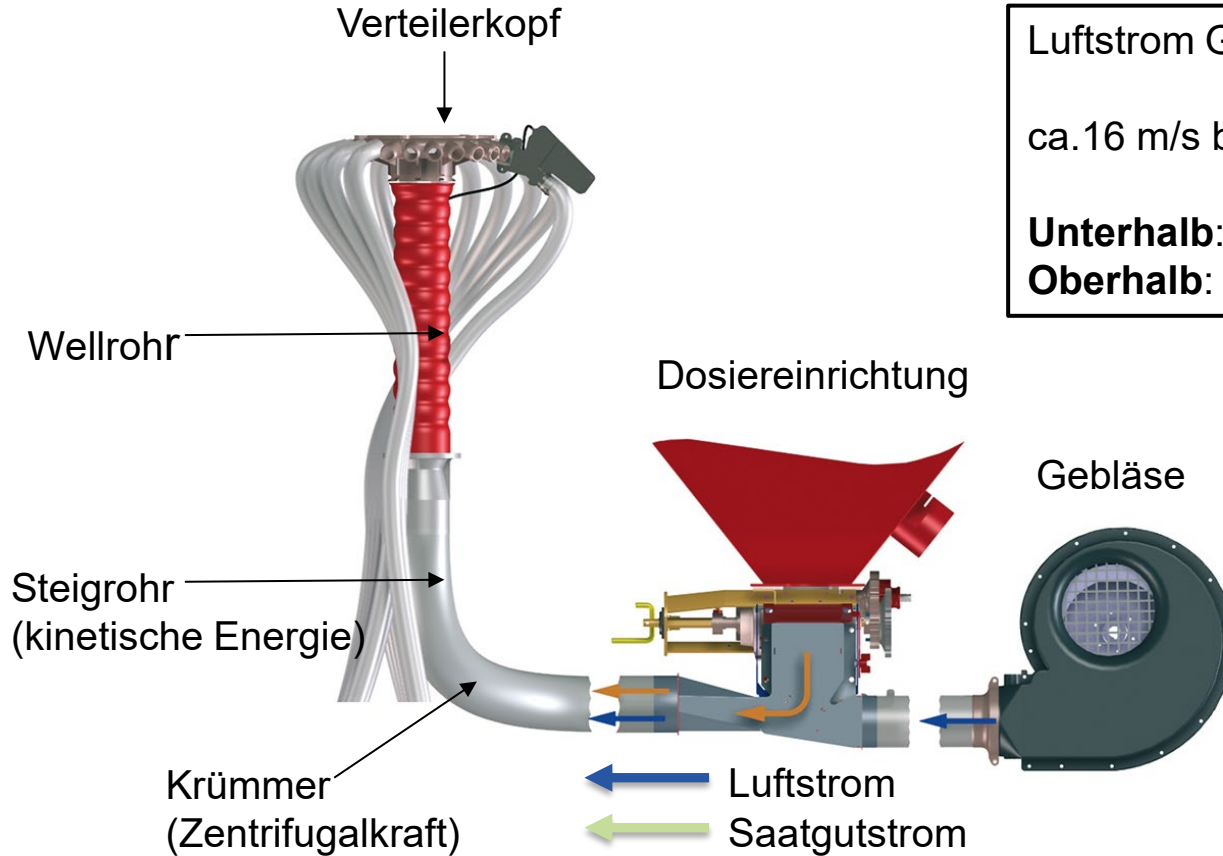
Physikalische Grundlagen der pneumatischen Drilltechnik

Aufstieg des Saatguts im Steigrohr



Quelle: Werkbild Kverneland

Physikalische Grundlagen der pneumatischen Drilltechnik



Luftstrom Geschwindigkeit:

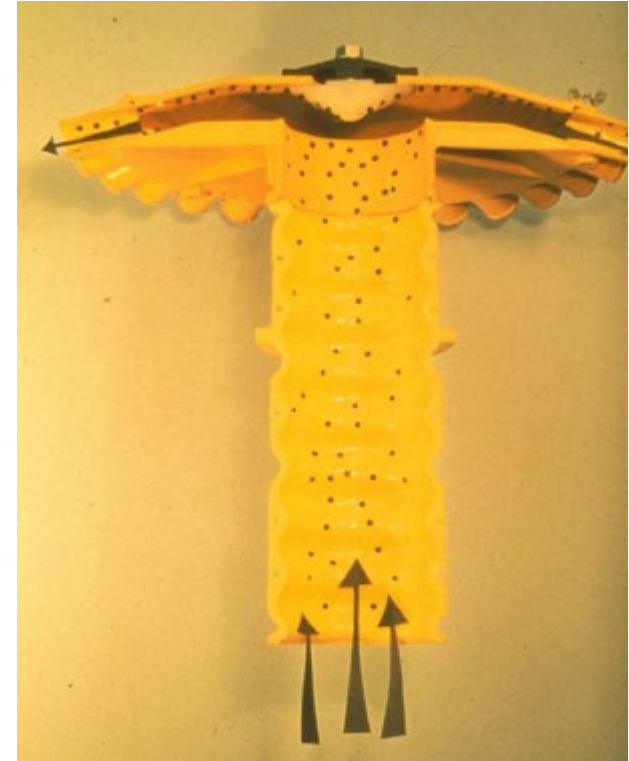
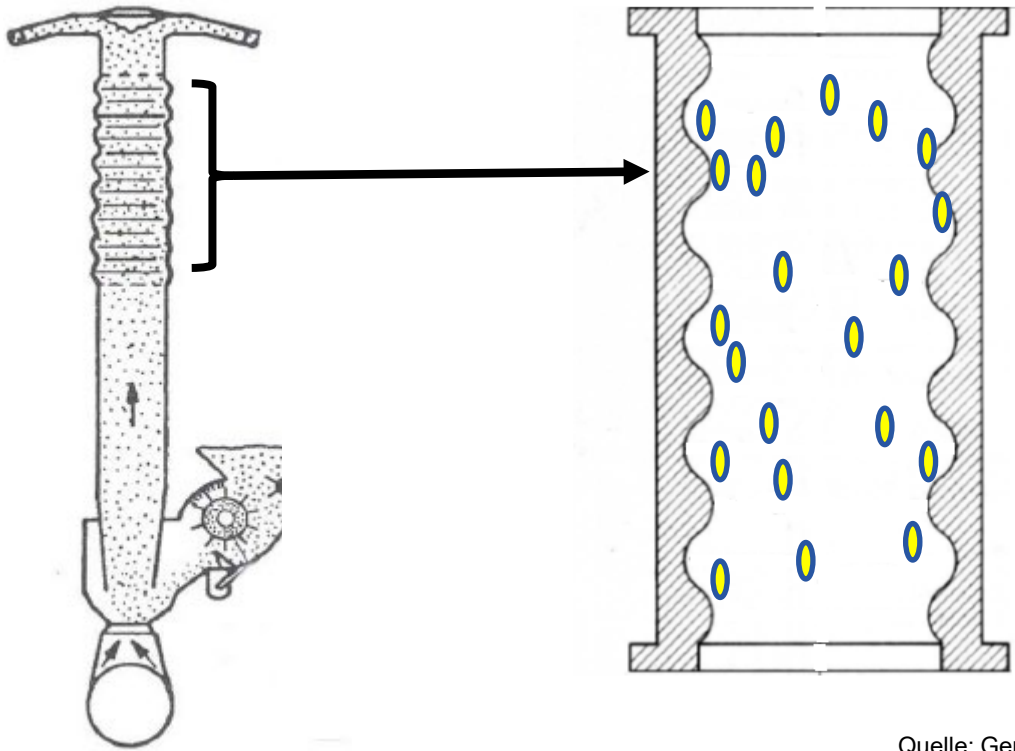
ca. 16 m/s bei 100g Weizen/s

Unterhalb: Ablagerung im Krümmer

Oberhalb: Gefahr von Kornbeschädigungen

Quelle: Kverneland

Steigrohr

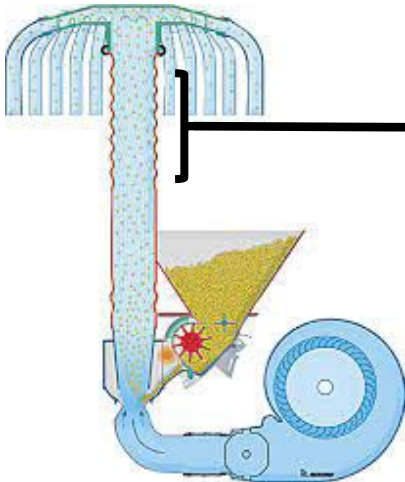


Quelle: Gernder nach Sätechnik Drillsaat, Prof. Dr. K. Köller, Hohenheim

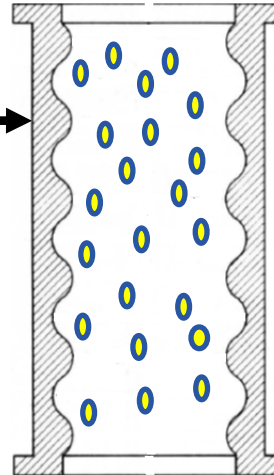
Saatgutverteilung im Wellrohr einer pneumatischen Sämaschine

Prinzip der pneumatischen Sätechnik

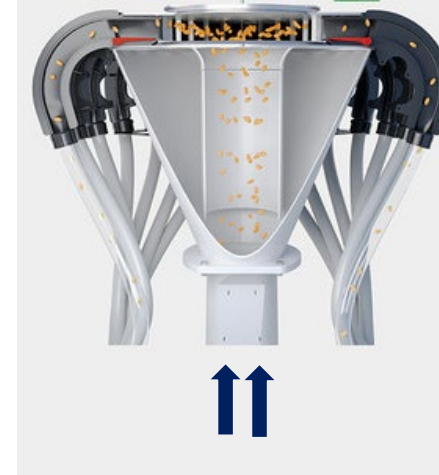
- Steigrohr:



Quelle: <https://doi.org/10.24355/dbbs.084-201210110913-97>



Quelle: Sätechnik Drillsaat,
Prof. Dr. K. Köller, Hohenheim



Quelle: Werkbild Pöttinger

Saatgutverteilung im Wellrohr einer pneumatischen Sämaschine

Anbaumöglichkeiten

» Positionierung des Tanks/Sämaschine:



Quelle: Werkbild Amazone

Anbausäkombination mit Fronttank

- ✓ Gute Übersicht nach hinten
- ✓ Große Arbeitsbreite realisierbar
- ✓ Optimale Achslastverteilung
- Gesamtlänge



Quelle: Werkbild Pöttinger

Aufbausäkombination

- ✓ Gute Übersicht nach hinten
- ✓ Gesamtlänge
- Keine große Arbeitsbreite realisierbar



Quelle: Werkbild Kuhn

Anhängesäkombination

- ✓ Große Arbeitsbreite realisierbar
- ✓ Hohe Schlagkraft
- Schlechte Übersicht nach hinten

Dosierung



Quelle: [Kverneland Electric Driven Metering Device ELDOS - YouTube](#)

Dosierung

- Saatgut wird von der Dosiereinheit unter dem Saatgutbehält dosiert und in den vom Gebläse erzeugten Luftstrom gegeben
- Dosierung erfolgt über die eingestellte Drehzahl + dem Zellvolumen der Dosiereinheit
- Pro Umdrehung fördert das Zellenrad eine bestimmte Menge Saatgut in den Injektor
- Der Luftstrom erfasst das dossierte Saatgut und transportiert es zum Verteiler
- Im Verteiler prallen Saatkörner kreisförmig (gleichmäßig) zur Seite in die Saatileitungen ab
- Aus der Saatileitung fallen die Körner in die vom Schar vorbereitet Saatrille

Dosierung - Dosierorgane



1. z. B. Dünger und große Aussaatmengen
2. z. B. Graß
3. z. B. Raps
4. z. B. Getreide
5. z. B. Mais, Sonnenblumen und Greeningsaat

Quelle: Werkbilder Kverneland

Dosierung - Dosierorgane



1. 7,5 ccm: z. B. Lein, Mohn
2. 20 ccm: z. B. Raps, Luzerne
3. 100 ccm: z. B. Zwischenfruchtmischung
4. 120 ccm: z. B. Mais, Sonnenblumen
5. 210 ccm: z. B. Gerste, Roggen, Weizen
6. 600 ccm: z. B. Dinkel, Hafer, Weizen

Quelle: <https://amazone.de/de-de/produkte-digitale-loesungen/landtechnik/saetechnik/pneumatische-saemaschinen/80222-80222/80334>

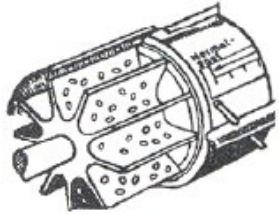
Quelle: Werkbild Amazone

Dosierung - Dosierorgane



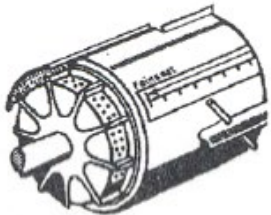
Quelle: Werkbild Horsch

Dosierorgane der pneumatischen Drilltechnik

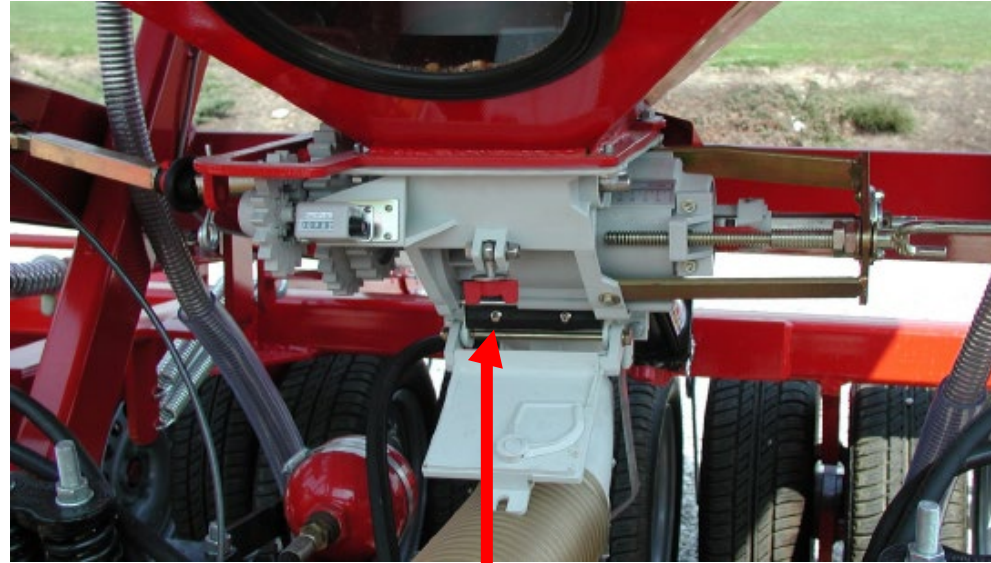


Normalsaat

Zellentiefe und -breite
variabel

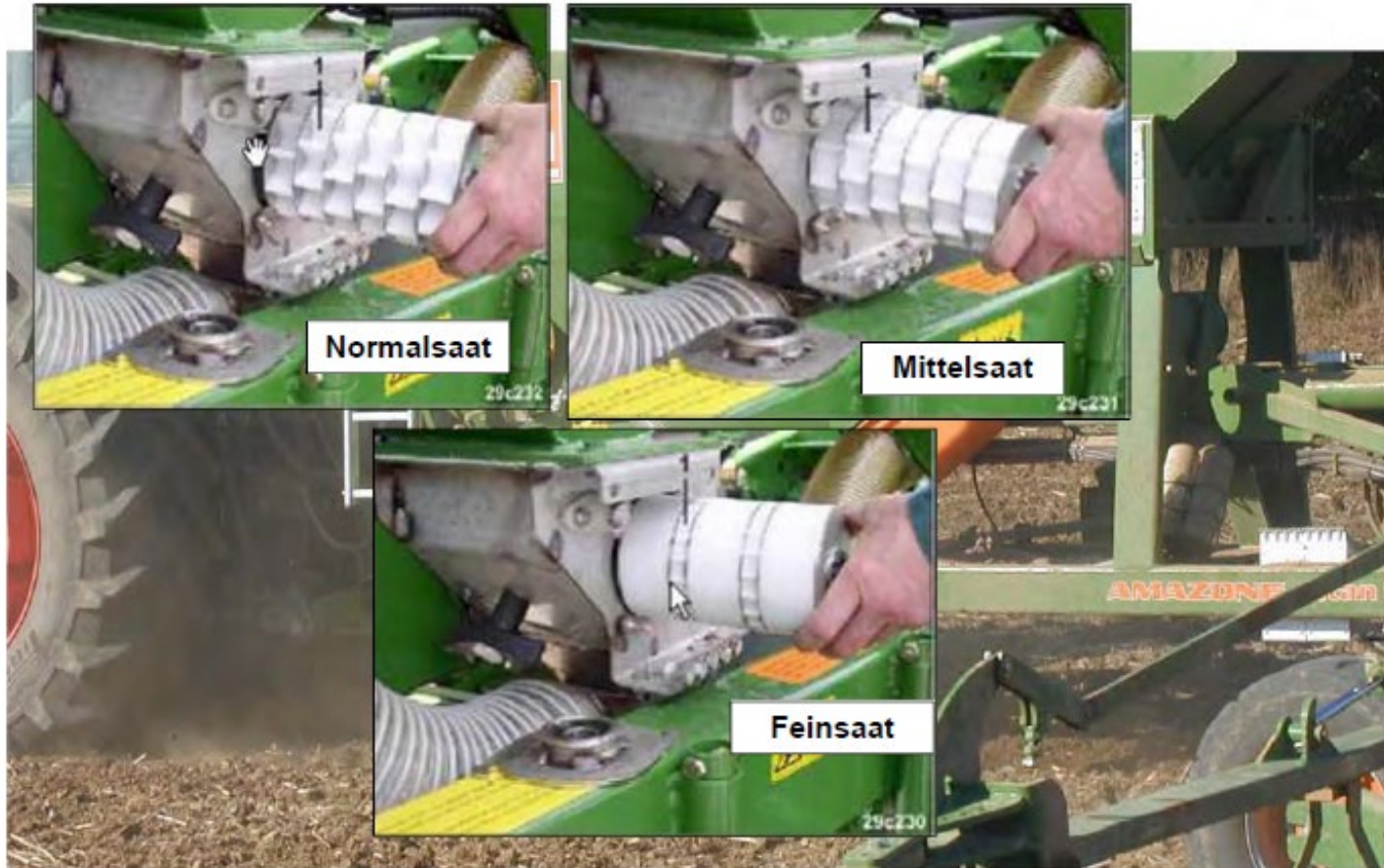


Feinsaat



Quelle: Prof. Dr. K. Köller, Hohenheim, Werkbild *Kverneland*

Dosierorgane der pneumatischen Drilltechnik



Quelle: Werkbild Amazone

Dosierung – Lemken Solitair 25



Quelle: Werkbild Lemken



Quelle: Werkbild Lemken

- Vier vertikal angeordnete Dosiereinheiten dosieren + verteilen das Saatgut auf Verteiler
- Dosiereinheiten werden je von einem Elektromotor betrieben
- Elektromotor regelt die Drehzahl der Dosiereinheit
- Kombination aus Zellvolumen + Drehzahl sorgt für gleichmäßigen Saatgutstrom
- Im Vergleich zu den anderen Herstellern wird nur ein universelles Zellenrad benötigt

Dosierung – Lemken Solitair 25



Quelle: [LEMKEN Solitair 25 - YouTube](#)

Vergleich pneumatische und mechanische Drillmaschine

Vorteile der mechanischen Sätechnik

- Günstige Bauweise
- Sehr gute Dosiergenauigkeit
- Unabhängig von der Schlepperdrehzahl
- Bessere Übersicht nach hinten
- schonendere Saatgutbehandlung, wichtig z.B. bei Dinkel
- geeignet auch für Saatgutmischungen mit unterschiedlichen Korngrößen/-gewichten
- geringere Verstopfungsneigung der Särohre/-schläuche

Vergleich pneumatische und mechanische Drillmaschine

Vorteile der pneumatischen Drilltechnik

- Größeres Behältervolumen -> Tank sitzt mittig auf der Maschine
- Große Arbeitsbreiten realisierbar-> STVO
- Restmengenentleerung ist einfacher
- „Drillen bis aufs letzte Korn“
- Einfaches Abdrehen der Maschine
- Aufgelöste Bauweise möglich
- Einsatz eines pneumatischen Fronttanks möglich

Anforderungen an Drillmaschinen:

1. Einsetzbar für alle feinen und groben Saatgüter (Raps bis Bohne)
2. Keine Beeinflussung der Keimfähigkeit
3. Aussaatmenge einstellbar von 2-400 kg
4. Querverteilung lt. DLG- Prüfvorschrift

Beurteilung der Querverteilung	VK bei Getreide, Erbsen, Gras	VK bei Raps
sehr gut	< 2,0	< 2,9
gut	2,0-3,2	2,9-4,7
zufrieden stellend	3,3-4,5	4,8-6,6
ausreichend	4,6-6,3	6,7-9,4
nicht ausreichend	> 6,3	> 9,4

Der Variationskoeffizient VK ist eine Maßzahl dafür, wie stark die von den einzelnen Scharen Ausgebrachte Körnermenge vom Mittelwert abweicht. Je kleiner der VK ist umso gleichmäßiger ist die Verteilung.

Die Querverteilung wird von der DLG untersucht. Die Ergebnisse aktueller Maschinen unter:

www.dlg.org

Quelle: www.dlg.org

5. Gleichmäßige Verteilung in der Reihe
6. Keine Veränderung der erforderlichen Aussaatmengen durch unterschiedliche Tankfüllung, Hangneigung und Arbeitsgeschwindigkeit
8. Sätiefe: einstellbar von 1 bis 8 cm
9. Reihenabstand ab ca. 10 cm
10. Volumen des Saatguttanks muss den Einsatzverhältnissen und den Schleppergrößen angepasst sein
11. Schnelle und vollständige Restmengenentleerung
12. Kontrolleinrichtung für Füllmenge und Dosierantrieb
13. Möglichkeiten der Anlage von Fahrgassen

Saatgutverteilung

Optimierung der Standraumverteilung:

- Ertragssteigerung durch gleichmäßige Pflanzenverteilung
- Saatguteinsparung durch intensive Bestockung
- Gleichmäßiger Bedeckungsgrad durch Pflanzen schützt den Boden vor Austrocknung
- Bessere Unkrautunterdrückung
- Bessere Nährstoffausnutzung

Dabei besteht die Anforderung an die Drillmaschinen der exakten

- Querverteilung (Saatgutmenge über die gesamte Arbeitsbreite)
- Längsverteilung (Pflanzenabstände in der Reihe)

Saatgutverteilung

Bisherige Kriterien der Standardraumverteilung:

➤ Abstand der Körner in der Reihe ➡ **Längsverteilung**

➤ Anzahl der Körner in der Reihe ➡ **Querverteilung** (bezogen auf eine definierte Strecke, Vergleich der einzelnen Schare über die Arbeitsbreite
Menge [g]/Strecke[min])

➤ Bisherige Messmethode : Lichtschrankenmessung oder Papierstreifenverfahren

➤ Neue Methode: Messrahmen

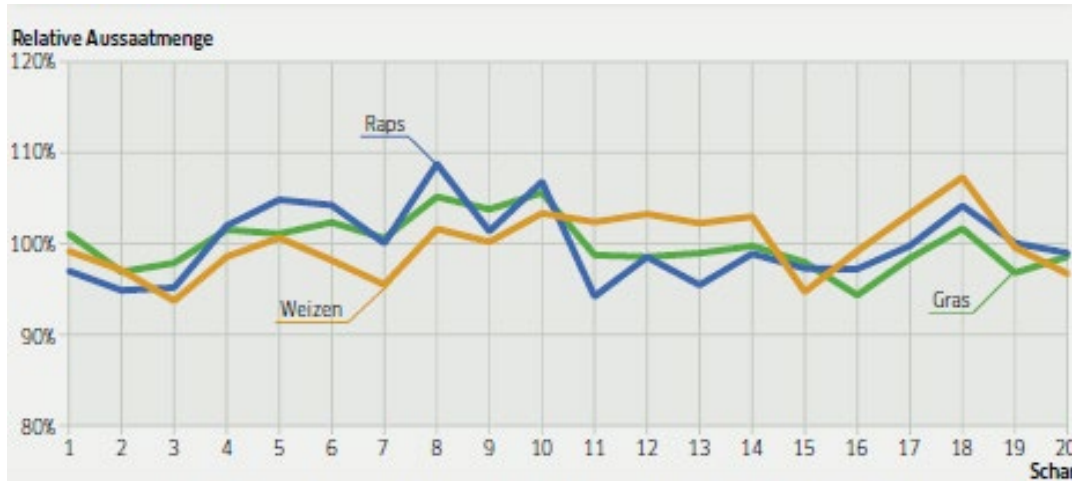
➤ Qualitätsmaßstab: **Querverteilung**

- Die Beurteilung der Querverteilung von Drillmaschinen wird durch den Variationskoeffizienten ausgedrückt

Der VK ist definiert als die relative Standardabweichung, d.h. die Standardabweichung dividiert durch den Mittelwert. Der VK wird in der Regel in Prozent angegeben.

Beurteilung der Querverteilung	VK bei Getreide, Erbsen, Gras	VK bei Raps
sehr gut	< 2,0	< 2,9
gut	2,0-3,2	2,9-4,7
zufrieden stellend	3,3-4,5	4,8-6,6
ausreichend	4,6-6,3	6,7-9,4
nicht ausreichend	> 6,3	> 9,4

Quelle: DLG



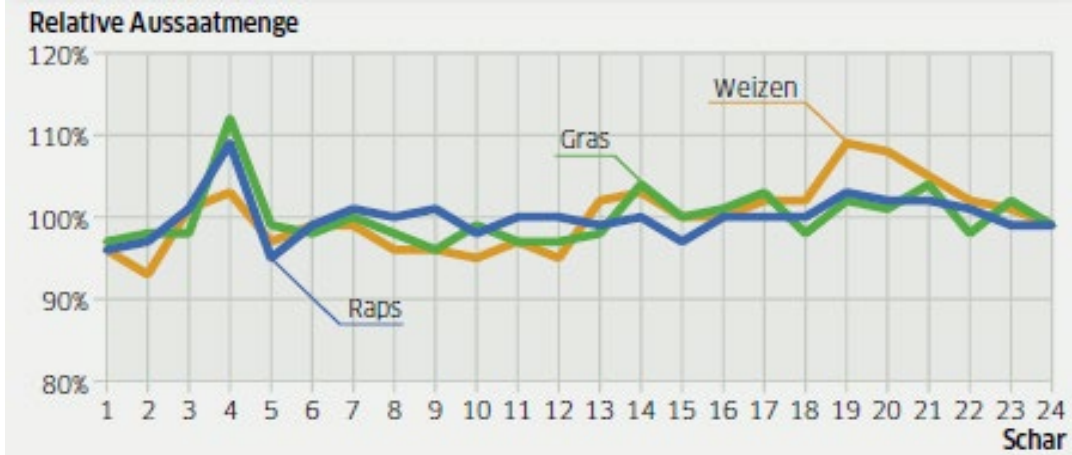
Gaspardo Alitalia 300, Pneumatische Drillmaschine

VK :

Raps/Gras: 2,9 bis 4,7 (gut)

Quelle: Profi 7/2013

Weizen: 3,5 (gut/befriedigend)



Pöttinger Vitasem 302 ADD, Mechanische Drillmaschine

VK:

Raps/Gras: 2,7 (sehr gut)

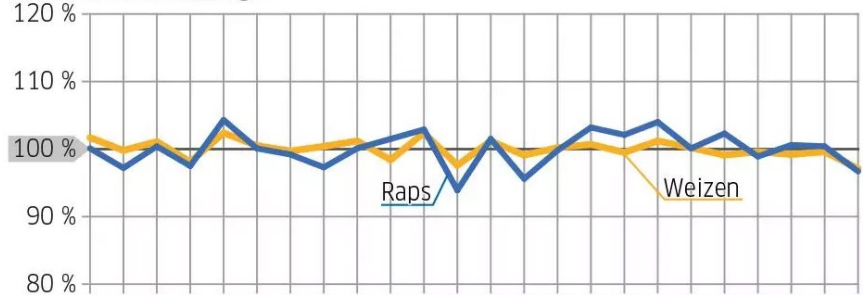
Quelle: Profi 6/2012

Weizen: 4,1 (befriedigend)

Saatgutverteilung

- Vergleich mechanische und pneumatische Drillmaschine (2022):

Relative Aussaatmenge



Lemken Saphir 10,

Mechanische Drillmaschine

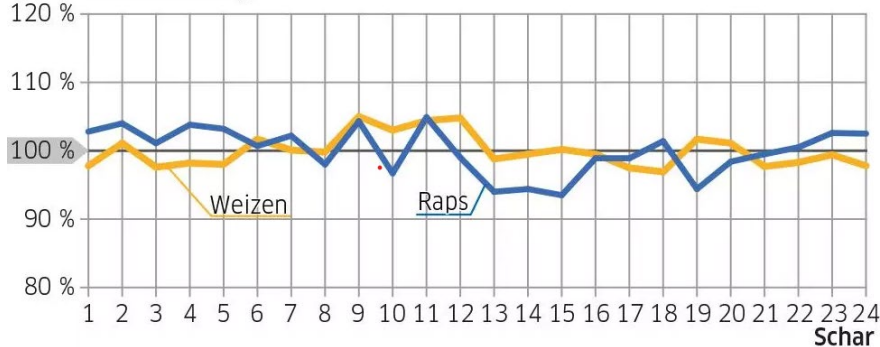
Querverteilung VK:

Raps: 2,7 (sehr gut)

Weizen: 1,5 (sehr gut)

Quelle: Profi 4/2022

Relative Aussaatmenge



Lemken Solitair 9+,

Pneumatische Drillmaschine

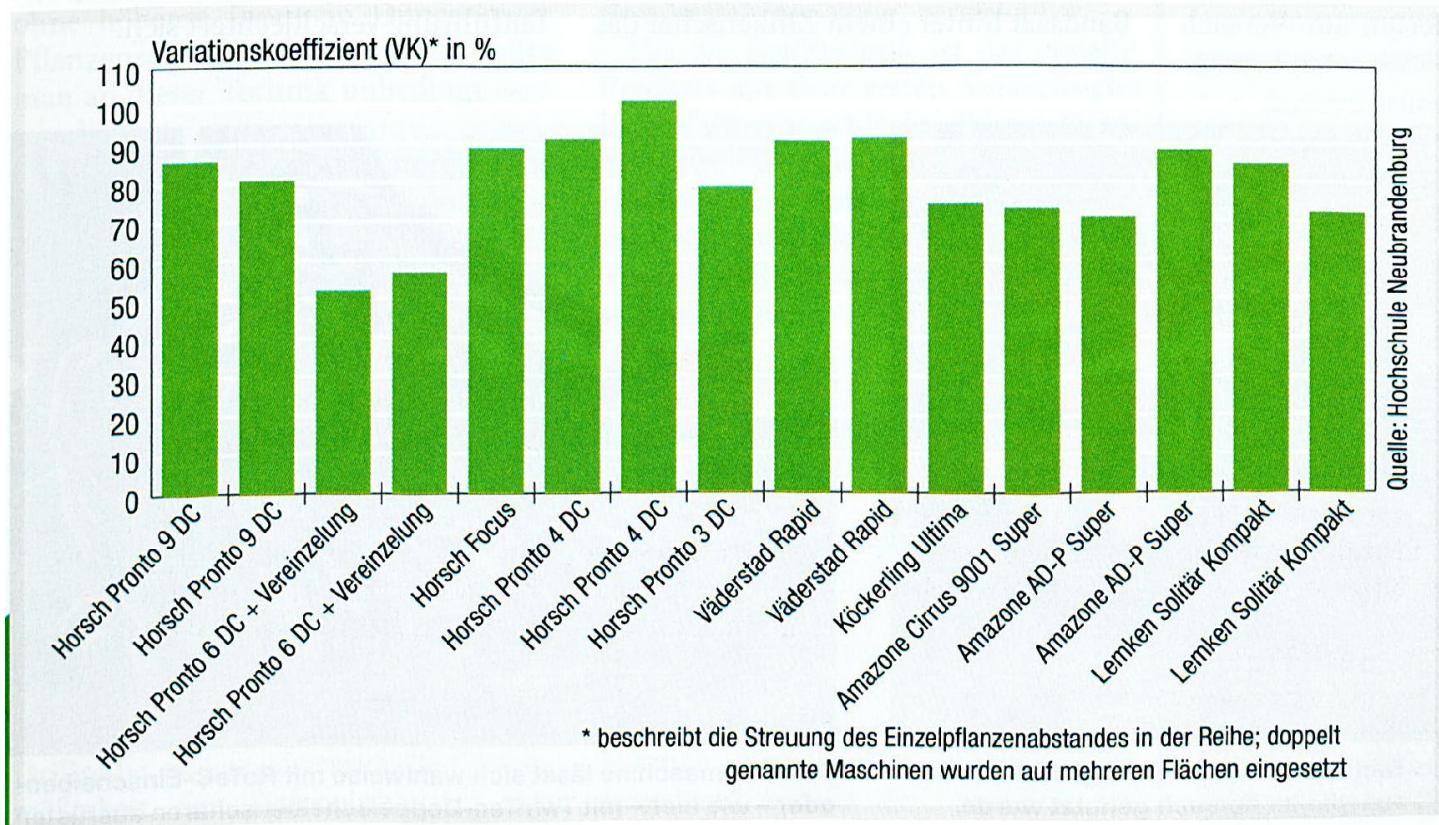
Querverteilung VK:

Raps: 3,6 (gut)

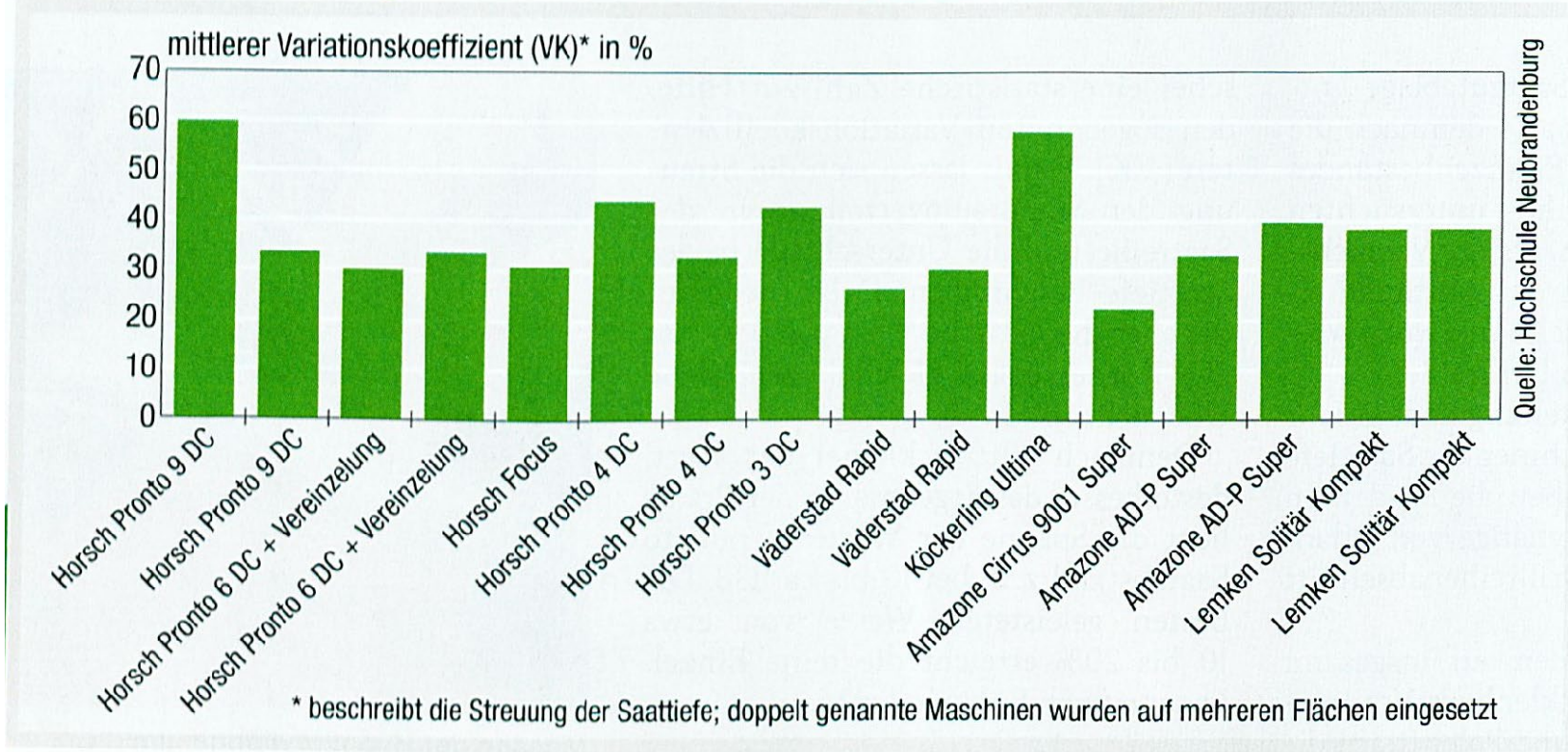
Weizen: 2,5 (gut)

Quelle: Profi 4/2022

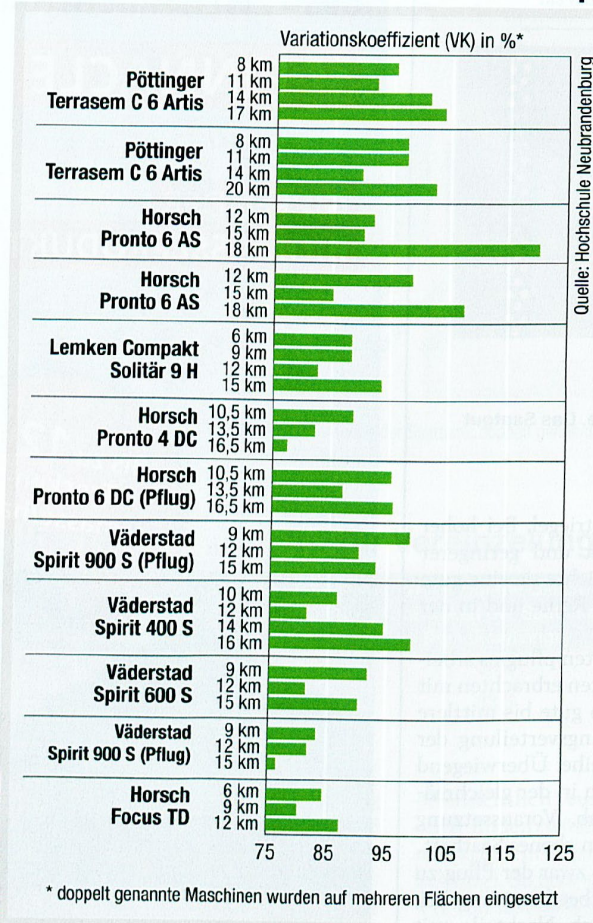
Übersicht 2: So genau legen gängige Bestellsysteme das Saatkorn in die Rille



Übersicht 3: Ergebnisse der Saattiefen-Messung

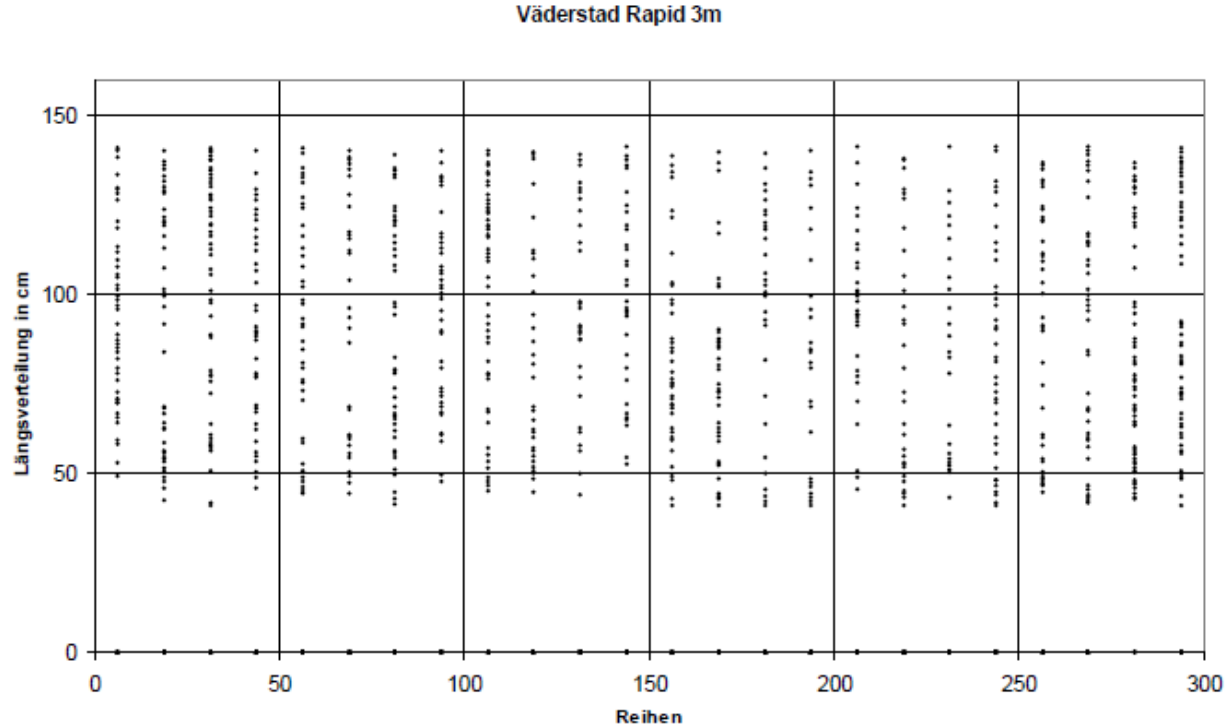


Übersicht 6: Pflanzenabstände in der Drillreihe bei unterschiedlichem Tempo



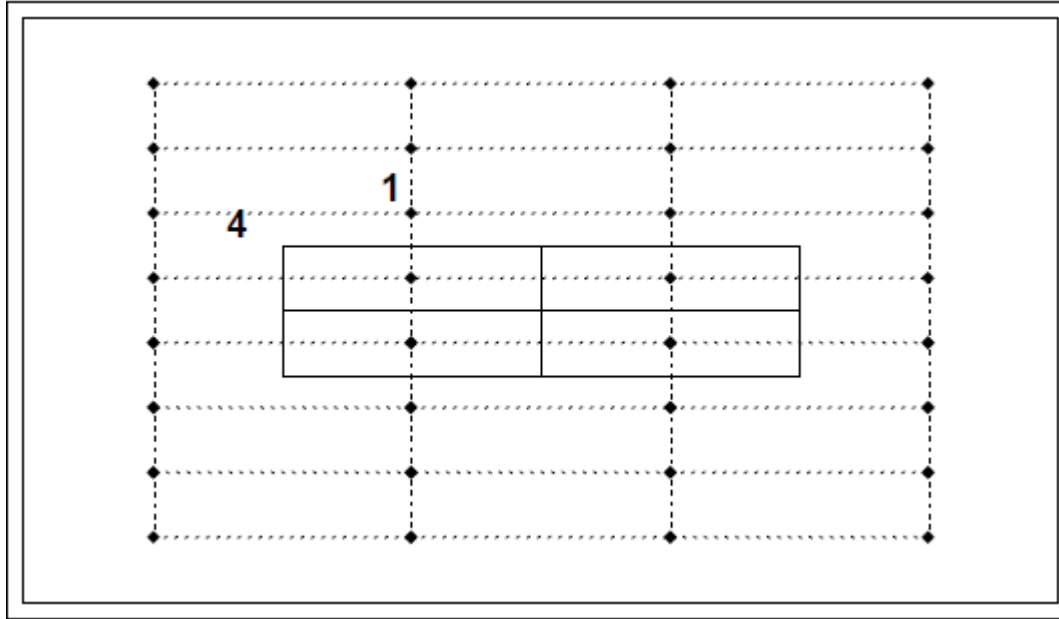
Saatgutverteilung

Beispiel einer graphischen Darstellung des Messrahmens:



Saatgutverteilung

Ideales Verhältnis bei Weizen: **4:1 Reihenabstand/ Kornabstand in der Reihe**



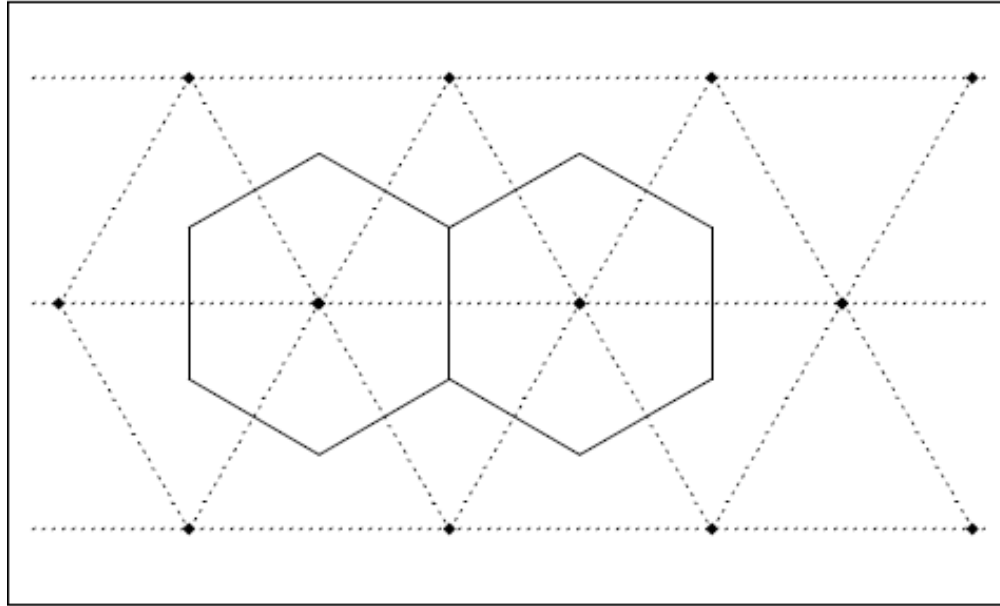
Beispiel: 3 cm in der Reihe bei 12 cm Reihenabstand = 277,5 Pflanzen/m²

Kornabstand in der Reihe bei 15 cm Reihenabstand?

Quelle: Vorlesungsunterlage

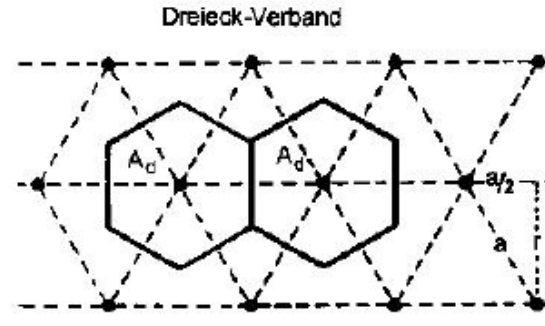
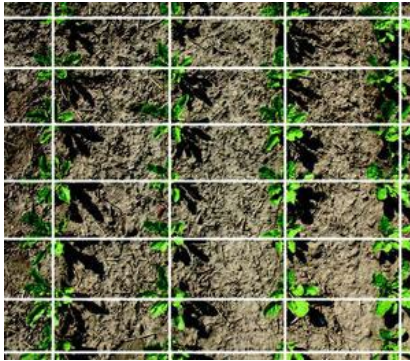
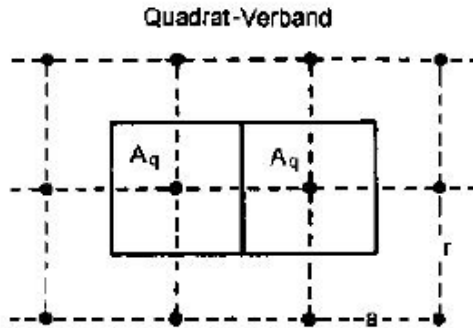
Saatgutverteilung

Ideales Polygon: Dreiecksverband – realisierbar bei Einzelkornsaat



Saatgutverteilung

Standfläche von Einzelpflanzen bei Gleichstandsamt im Quadrat und Dreieckverband



Quellen : Agrartechnische Forschung I (1995) H. 2, S. 129-136,
Kvernelandgroup.de

Saatgutverteilung

Variationskoeffizient:

Die Formel für den Variationskoeffizienten lautet:

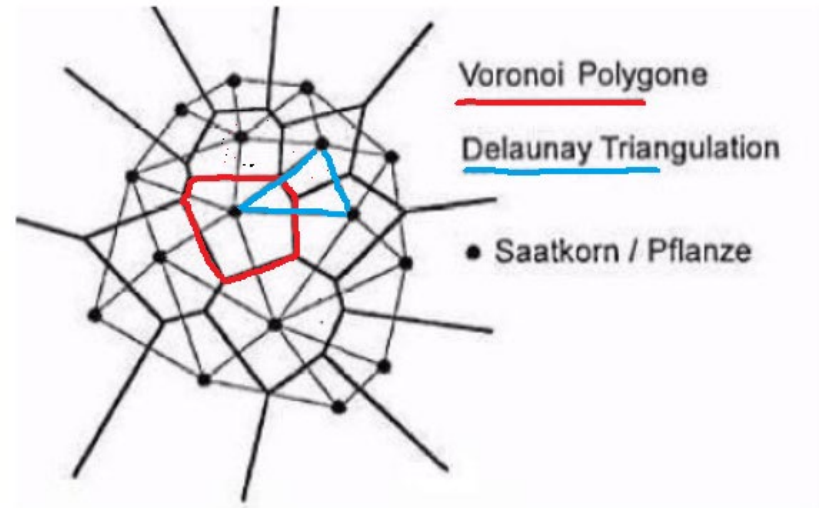
$$\text{Variationskoeffizient (VK)} = (\text{Standardabweichung} / \text{Mittelwert}) * 100$$

Anwendung in der Landtechnik:

- Strohverteilung Mähdrusch
 - Mineraldüngerstreuer
 - Miststreuer
- etc.. Allgemein zur Bestimmung der Verteilungsgenauigkeit über die Arbeitsbreite

Saatgutverteilung

Aufteilung in Polygone (Vielecke):



- Der Standraum der einzelnen Pflanzen lässt sich durch die einzelnen Punkt darstellen
- Danach gibt es zwei Unterscheidungen zwischen den Polygone:
 - **Voronoi** bildet das Polygon aus den mittleren Abständen zwei benachbarter Pflanzen
 - **Delaunay** bildet die Polygone aus den Verbindungslinien zwischen den benachbarten Pflanzen
- Danach wird der Formfaktor an das eines Hexagon angeglichen.
- Ein Formfaktor von 1 wäre ein Hexagon
- Je mehr sich der Wert Richtung 0 bewegt, desto Ungleichmäßiger ist die Fläche
- Werte >1 nähern sich einem Kreis

Quelle: Agrartechnische Forschung I (1995) H. 2, S. 129-136

Saatgutverteilung

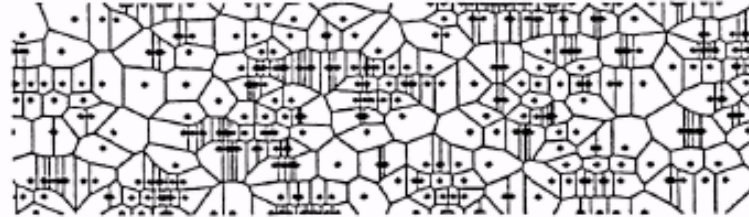
Standflächen einer Polygonzerlegung nach **Voronoi** für Drillsaaten mit unterschiedlicher Längsverteilungsgüte

Aussaatmenge 60 Körner/m²

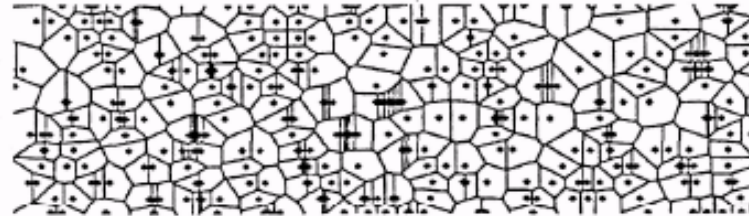
Reihenabstand 10 cm

VK = 150%

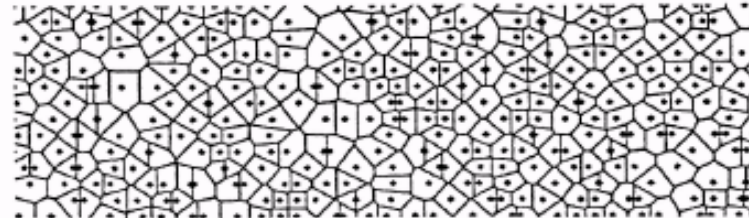
Fahrtrichtung →



VK = 101%

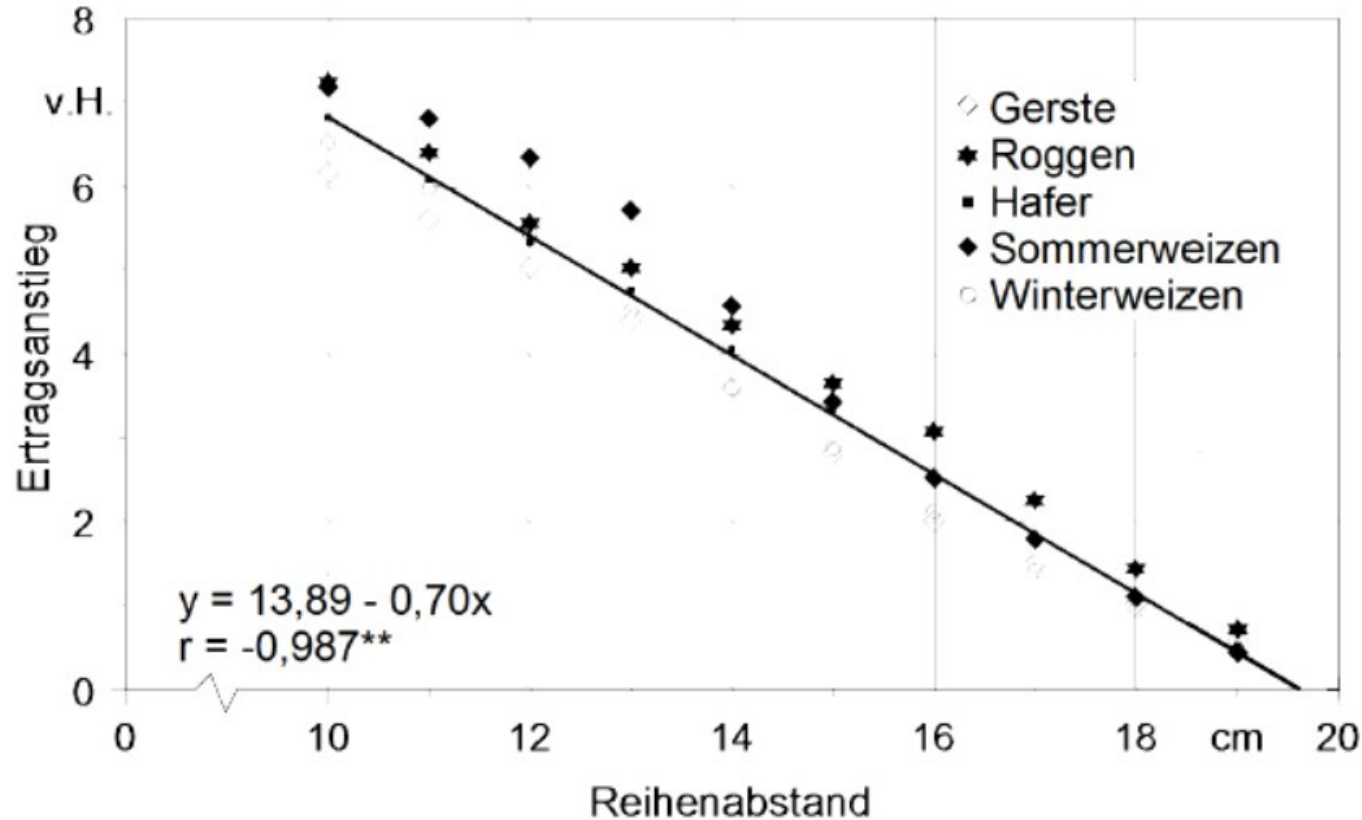


VK = 58%



Quelle: Agrartechnische
Forschung I (1995)
H. 2, S. 129-136

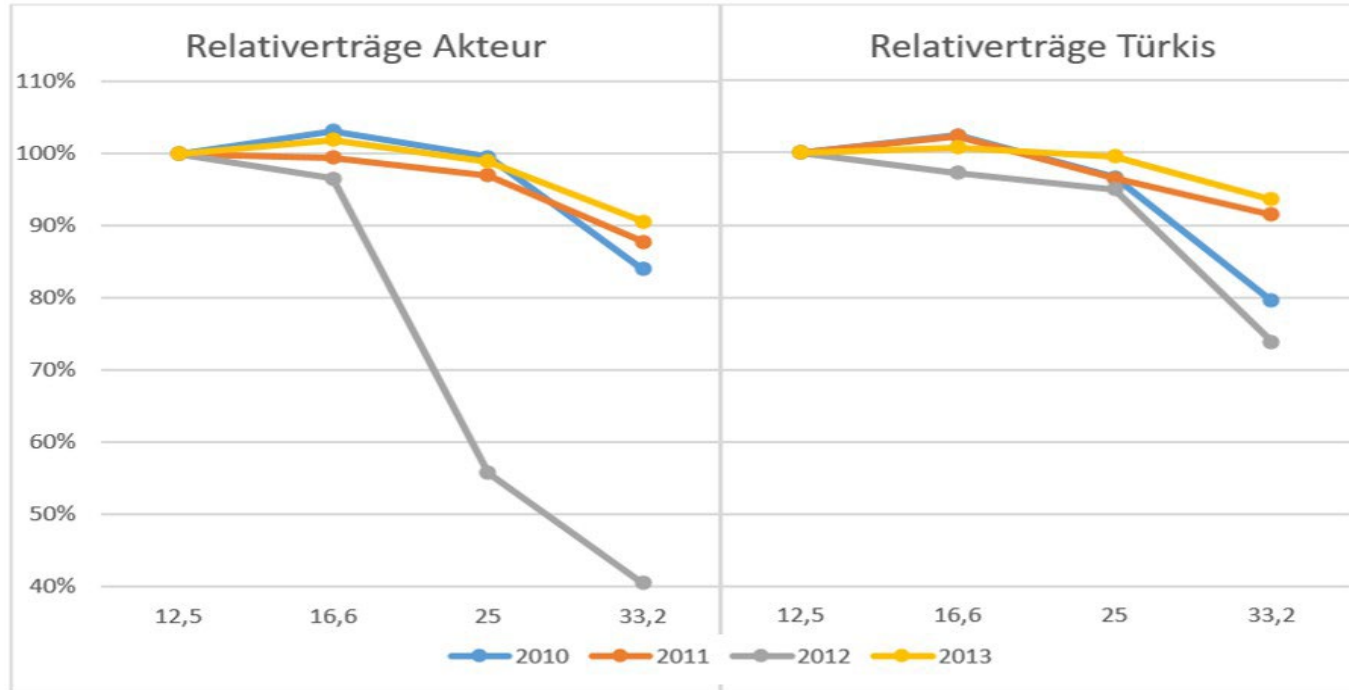
Saatgutverteilung und Ertrag bei optimierten



Quelle: Vorlesungsunterlage

Saatgutverteilung und Ertrag bei optimierten Wachstumsbedingungen

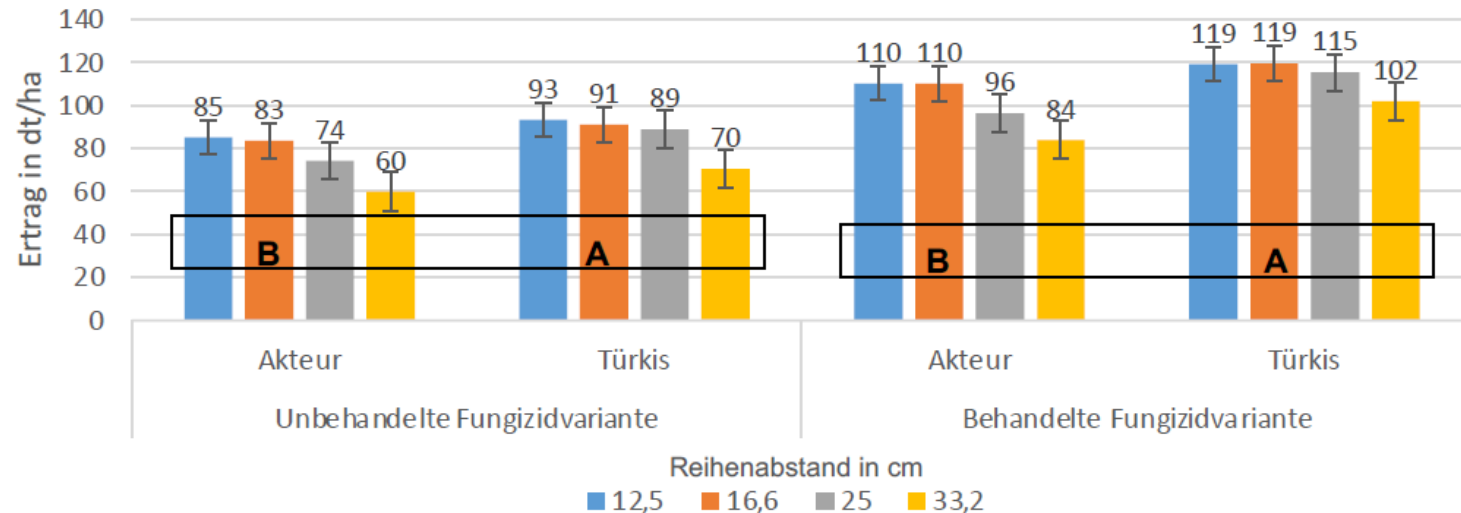
Reihenabstand Winterweizen 2010-2013, Kahlenberger Land (Dölger, Hanse Agro)



Saatgutverteilung und Ertrag bei optimierten Wachstumsbedingungen

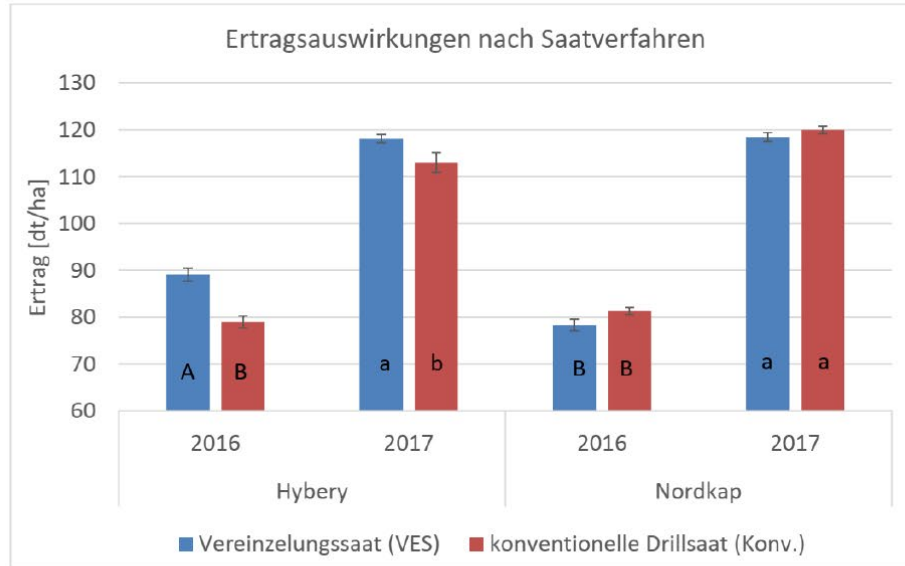
Reihenabstand Winterweizen 2010-2013, Kahlenberger Land (Dölger, Hanse Agro)

Ertrag in dt/ha in Abhängigkeit der Reihenweite



Saatgutverteilung und Ertrag bei optimierten Wachstumsbedingungen

Vergleich Drillsaat zur Vereinzelung Lüneburger Heide

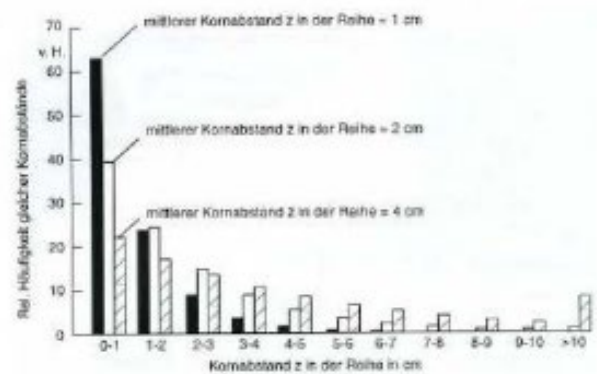


Projekt mit Horsch
und Saaten Union

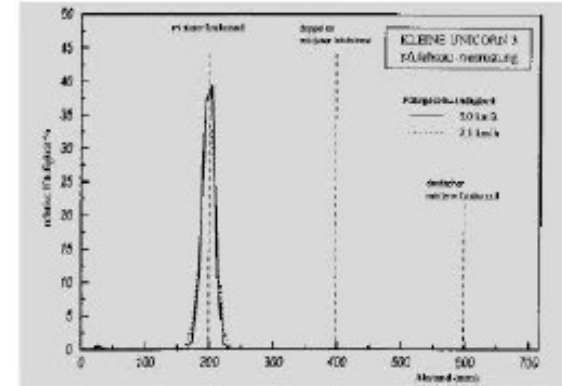


Wulfsode 2016+2017

Drillsaat: Exponentialverteilung

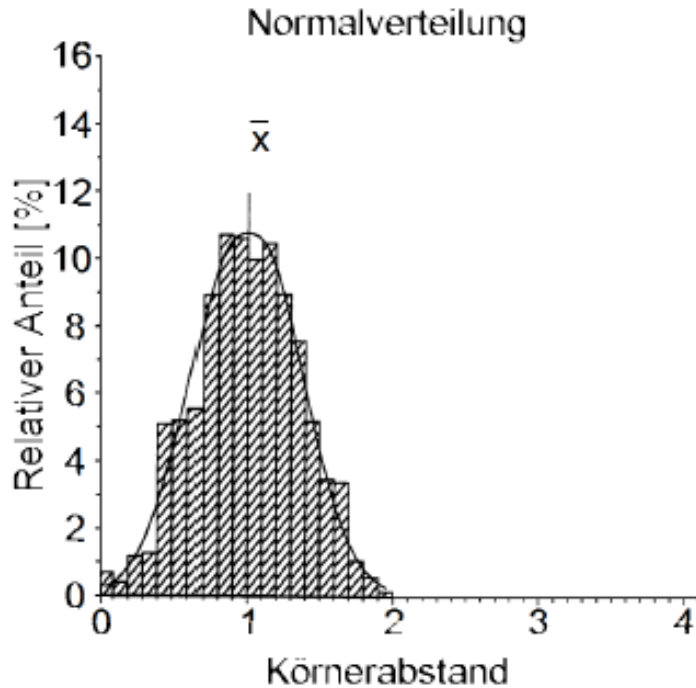


Einzelkornsaat: Normalverteilung

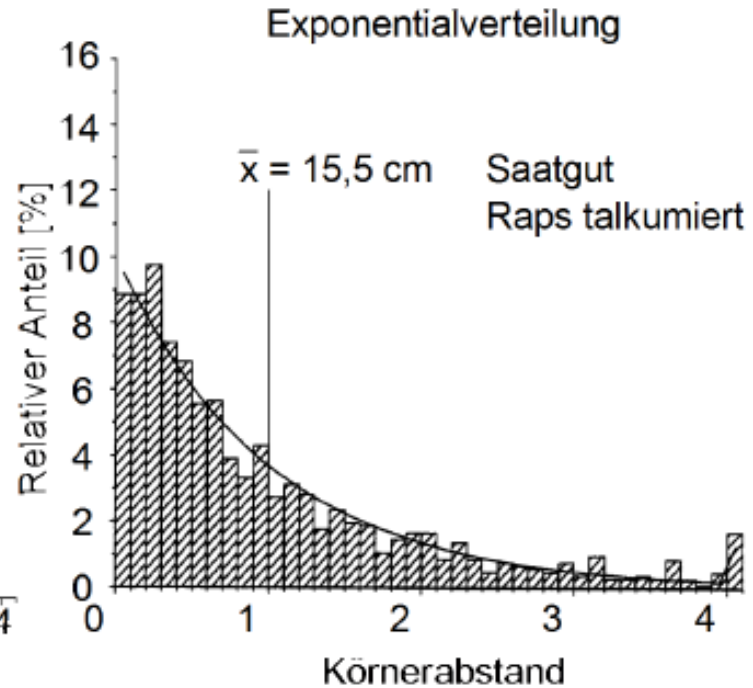


Quelle: Eichhorn 1999, DIG 1996

Einzelkornsaat



Drillsaat



Beispiele für normal- und exponentialverteilte Kornabstände

Quelle: Saatgutzuteilung von Raps, Dissertation Kiel 1994, Hans-Werner Griepentrog

[Link zur Bewertung von Sämaschinen](#)

Saatgutverteilung – Richtung Breitsaat

- Höher Pflanzenzahlen pro m² sind speziell bei Getreidesorten des „Bestandesdichtetyps“ über die **Bestandesdichte** möglich
- Stärkere **Bestockung** führt bei gleicher Aussaatmenge zu höheren Bestandesdichten, siehe **Folien der Ablagetiefe**
- Gleichmäßigere **Durchwurzelung** des Bodens führt zur verbesserten Nährstoff- und Wasserausnutzung besonders in Stresssituationen
- Geringere **Wuchshöhe** mit verstärkter Halmbasis verringert den Einsatz von Wachstumsreglern und die Lagergefahr
- Schnellere und gleichmäßigere **Flächenbedeckung** des Kulturpflanzenbestandes führt zu geringerer Austrocknung des Bodens sowie zu einer besseren Unkrautunterdrückung

Verschiedene Ackerbausysteme erfordern Anpassungen der Sätechnik

konventionell



konservierend



Strip Till



Direktsaat



Quelle: Intelligenter Pflanzenbau *Amazon*e

Von der Bodenbearbeitung zur Aussaat

- Ziele der Bodenbearbeitung:

Ackerbauliche Ziele	Pflanzenbauliche Ziele	Verfahrenstechnische Ziele
• Schaffung opt. Wachstumsvoraussetzungen • Gezielte u. bedarfsgerechte Bearbeitung • Erhaltung einer stabilen Bodenstruktur • Einarbeitung der organischen Reststoffe • Einhaltung umweltrelevanter Forderungen	• Erhaltung / Steigerung der Ertragsfähigkeit • Schaffung optimaler Feldaufgänge • Vorbeugende und direkte Unkrautregulierung • Erfüllen der spezifischen Pflanzenansprüche	• Hohe Schlagkraft und termingerechte Arbeitserledigung • Reduzierung der variablen Kosten • Vielseitige Verwendbarkeit der eingesetzten Technik • Günstige Bedingungen für nachfolgende Arbeitsgänge schaffen

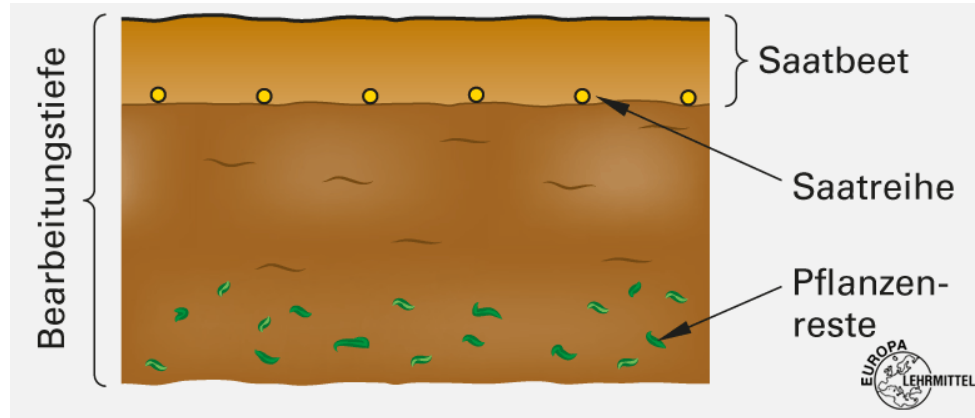
Quelle: Intelligenter Pflanzenbau Amazone

Von der Bodenbearbeitung zur Aussaat

- Säen nach konventioneller Bodenbearbeitung:
 - Boden ist gepflügt (Lockerung + Wendung des Bodens auf Krumentiefe) und das Saatbeet bereit
 - Boden ist frei von Pflanzenresten
 - Reststofffreie und Vegetationslose Ackeroberfläche („reiner Tisch“)



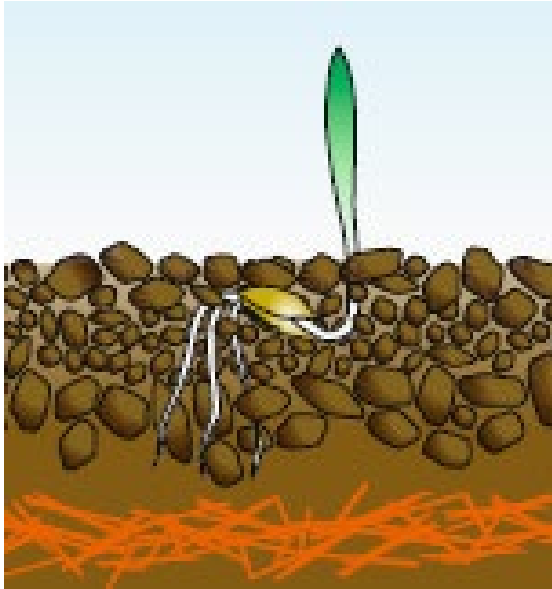
Quelle: Werkbild Lemken



Quelle: Fehrer et. Al. Fachkunde Land- und Baumaschinentechnik

Von der Bodenbearbeitung zur Aussaat

- Säen nach konventioneller Bodenbearbeitung:

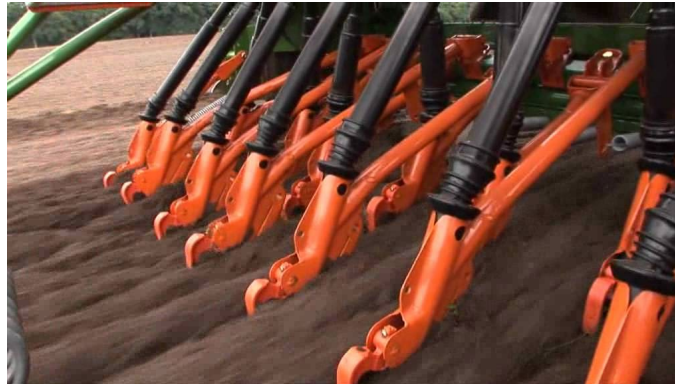


- Keine organisch Substanz im Saathorizont
- ➔ einfache Sätechnik ausreichend
- Hohe Nährstoffmobilisation

Quelle: Intelligenter Pflanzenbau Amazone

Von der Bodenbearbeitung zur Aussaat

- Säen nach konventioneller Bodenbearbeitung:
 - Geringes Verstopfungsrisiko
 - Lockerer Boden
 - Vergleichsweise niedriger Schardruck benötigt



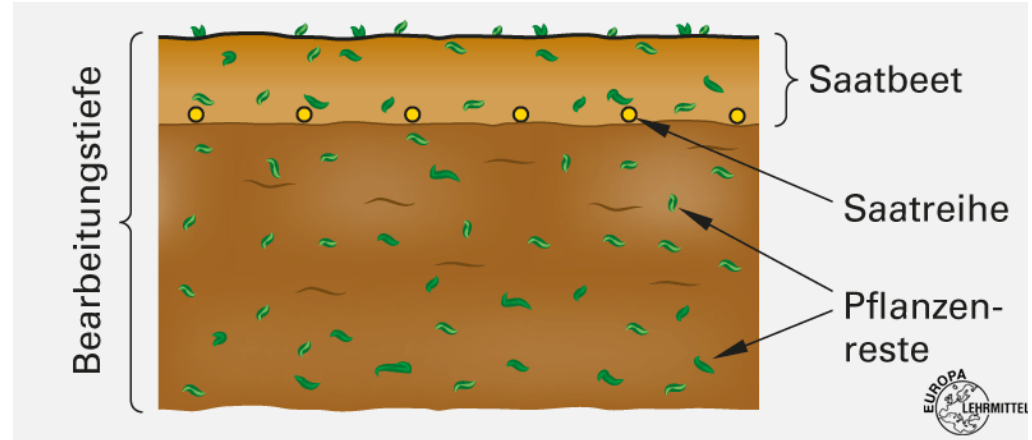
Quelle: Werkbild Amazone

Von der Bodenbearbeitung zur Aussaat

- Säen nach konservierender Bodenbearbeitung:
 - Pfluglose Bodenbearbeitung: Boden wird mit durchmischenden Bodenbearbeitungsverfahren bearbeitet (z. B.: Grubber, Scheibenegge, etc.)
 - Pflanzenreste werden auf gesamter Arbeitstiefe gleichmäßig verteilt, ein Teil verbleibt nahe beziehungsweise an der Oberfläche



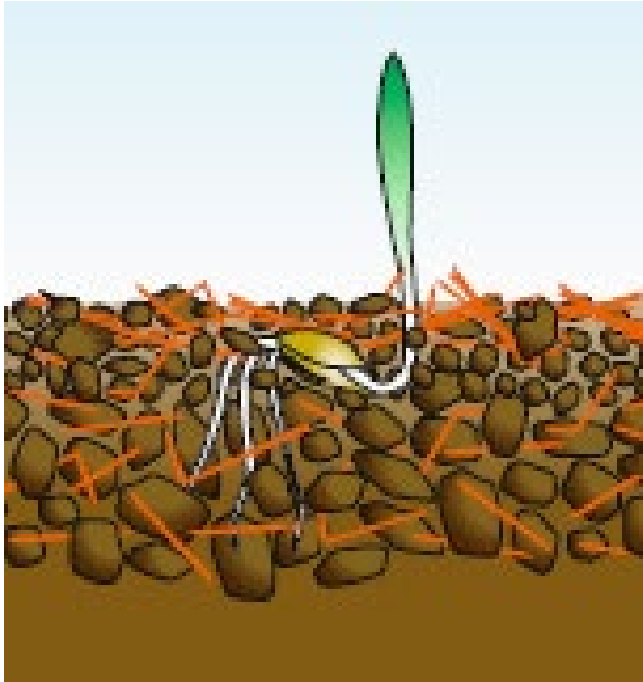
Quelle: Werkbild Horsch



Quelle: Fehrer et. Al. Fachkunde Land- und Baumaschinentechnik

Von der Bodenbearbeitung zur Aussaat

- Säen nach konservierender Bodenbearbeitung:



Quelle: Intelligenter Pflanzenbau Amazone

- Organische Substanz im Saathorizont
→ anspruchsvollere Drilltechnik
notwendig
- Mittlere Nährstoffmobilisation

Von der Bodenbearbeitung zur Aussaat

- Säen nach konservierender Bodenbearbeitung:
 - Mittleres Verstopfungsrisiko
 - Freiräumen des Saatschlitzes
 - Mittlerer Schardruck notwendig (ca. 100 kg)



Quelle; Kverneland



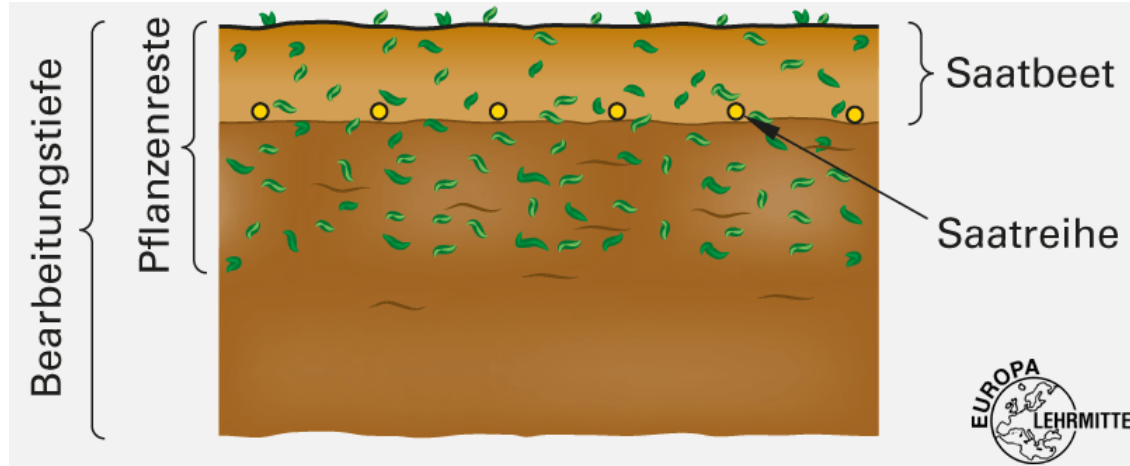
Quelle; Kverneland

Von der Bodenbearbeitung zur Aussaat

- Direktsaatverfahren:
 - Säschar (Scheibenschare, Meißelschare) brechen und bearbeiten den Boden
 - Das Saatgut wird direkt hinter dem Säschar in den Boden gelegt

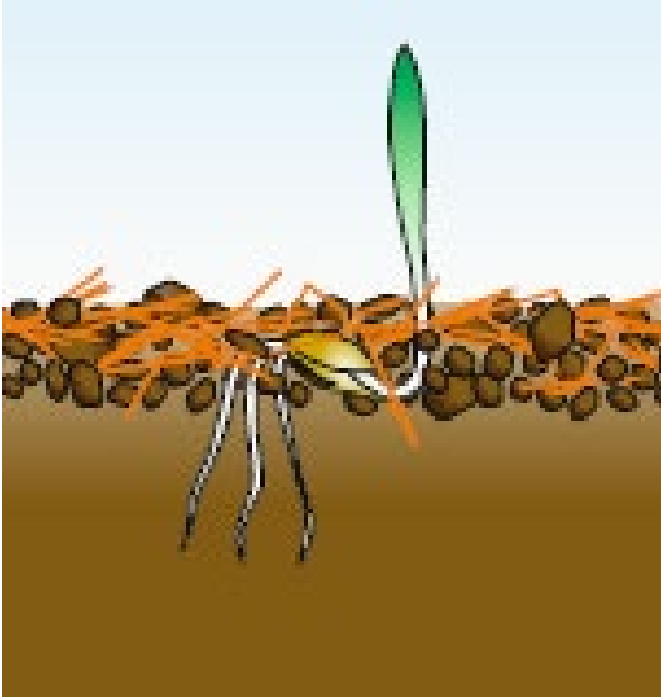


Quelle: Werkbild SKY Agriculture



Quelle: Fehrer et. Al. Fachkunde Land- und Baumaschinentechnik

Von der Bodenbearbeitung zur Aussaat



Quelle: Intelligenter Pflanzenbau Amazone

- Organische Substanz im Saathorizont
- Keine Lockerung des Bodens durch Bodenbearbeitung

➡ sehr anspruchsvolle Drilltechnik notwendig

➡ sehr hoher Schardruck benötig

- Geringe Nährstoffmobilisation

Von der Bodenbearbeitung zur Aussaat

- Direktsaatverfahren:
 - Hohes Verstopfungsrisiko
 - Sehr hoher Schardruck notwendig
 - Düngerausbringung gleichzeitig zur Saat



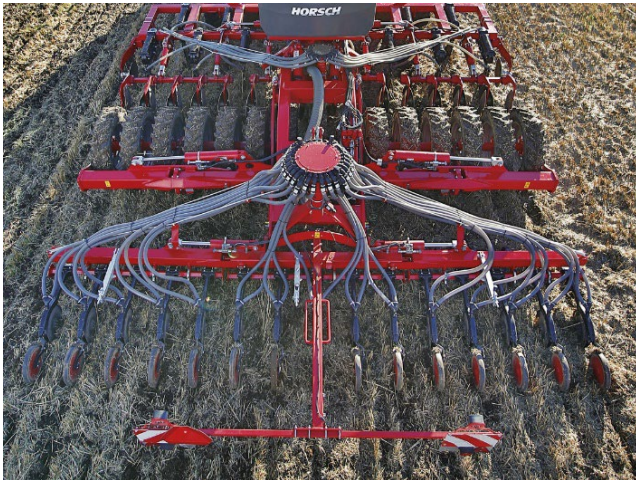
Quelle: Werkbild SKY Agriculture



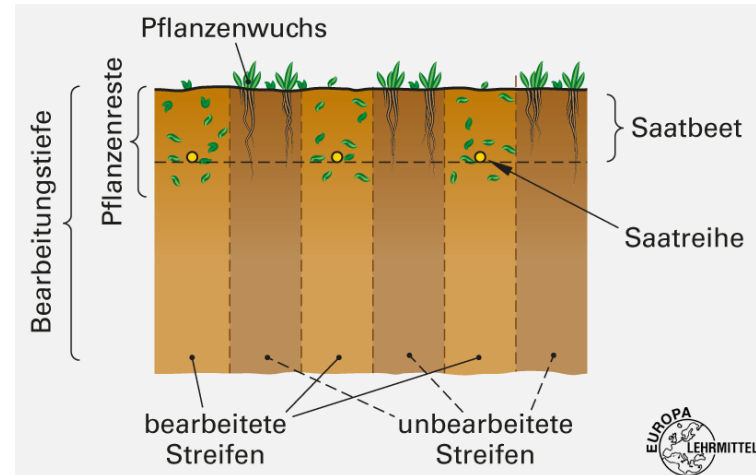
Quelle: Werkbild Cross Slot

Von der Bodenbearbeitung zur Aussaat

- Streifensaatterfahren:
 - Boden wird nur im Bereich der Saatreihe bearbeitet
 - Das Saatgut wird in einem Arbeitsgang hinter der Bearbeitung abgelegt
 - Lockernde oder durchmischende Bearbeitung des Bodens



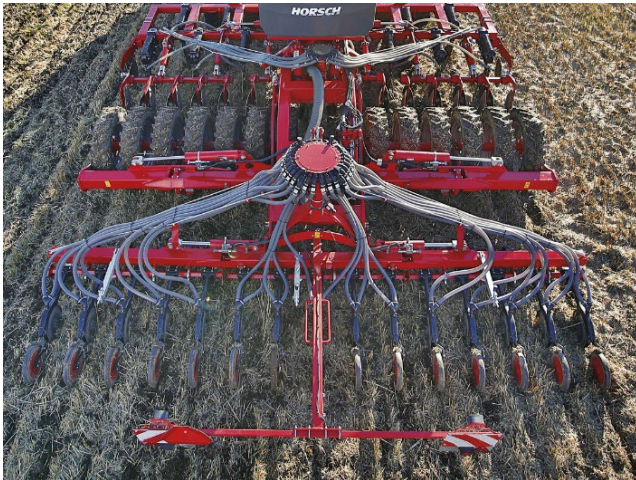
Quelle: Werkbild Horsch



Quelle: Fehrer et. Al. Fachkunde Land- und Baumaschinentechnik

Von der Bodenbearbeitung zur Aussaat

- Streifensaatterfahren:
 - Boden wird nur im Bereich der Saatreihe bearbeitet
 - Das Saatgut wird in einem Arbeitsgang hinter der Bearbeitung abgelegt
 - Lockernde oder durchmischende Bearbeitung des Bodens



Quelle: Werkbild Horsch



Quelle: Fehrer et. Al. Fachkunde Land- und Baumaschinentechnik

Von der Bodenbearbeitung zur Aussaat

Konventionelle BB	Konservierende BB	Direktsaat
Vorteile: ✓ Gute Marktorientierung möglich ✓ Höchsterträge einfach erreichbar ✓ Geringer Anspruch an das Verfahrens-Know-How ✓ Sichere Feldaufgänge durch „reinen Tisch“ ✓ Geringes phytosanitäres Risiko ✓ Verringerte PSM Einsatz	Vorteile: ✓ Höchsterträge möglich ✓ Hohe Schlagkraft ✓ niedrige Arbeitserledigungskosten ✓ Guter Erosionsschutz ✓ Gute Befahrbarkeit und Tragfähigkeit des Bodens	Vorteile: ✓ Geringe Verfahrenskosten ✓ Höchste Schlagkraft ✓ Perfekte Bodenschonung und Erosionsschutz ✓ Sehr gut geeignet für Trockenregionen (natürlicher Verdunstungsschutz) ✓ Sehr gut Befahrbarkeit und Tragfähigkeit des Bodens
Nachteile: – Hohe Verfahrenskosten – Fehlender Erosionsschutz – Geringe Bodentragfähigkeit – Gefahr einer Pflugsohle – Starker Humusabbau – Störung des Bodenlebens als natürlicher Regulator	Nachteile: – Standortabhängig, individuelle Verfahrensgestaltung – Anspruchsvolle Handhabung bei engen Fruchtfolgen – Erhöhtes Schnecken und Mäuse Risiko – Erhöhter PSM Einsatz – Gutes Know-How notwendig – Kapitalintensiv bei variablen Mechanisierungsketten	Nachteile: – Unsichere Ertragssituation insbesondere in maritimen Regionen – Ausgewogene Fruchtfolge notwendig – Probleme mit ausdauernden Unkräutern – Erhöhtes Resistenzrisiko v.a. bei einseitigem PSM Einsatz

Aufgaben eines Säscharers

- Saatsfurche formen
 - Gezielte Ablage des Saatgutes gewährleisten
 - Gleichmäßige Einhaltung der Ablagetiefe
 - Freiräumen der Saatrille (keine Ernterückstände im Bereich der Saatgutablage)
 - Verstopfungsfreies Arbeiten
 - Optimale Einbettung und Bedeckung des Saatgutes
-
- Je geringer die Bodenbearbeitungsintensität – und je höher der Anteil an organischer Masse, desto höher sind die Anforderungen an die Schartechnik

Säschare - Schleppschar

- » 1-2 cm breite Reihensaat
- » Modifizierungsmöglichkeiten durch
 - » Einzugs Spitze (Tiefsaat)
 - » Räumspitze (Bandsaat)
 - » Flügelbandspitze (Breitbandsaat)



Quelle: Werkbild Amazone



Quelle: Werkbild Amazone

- » 1) Scharstütze
- » 2) Scharspitze aus Hartguss

Säschare - Schleppschar



Quelle: [AMAZONE Anbau-Sämaschine D9 2011 - YouTube](#)

Säschare - Schleppschar

» Vorteile:

- » Einfacher, robuster Aufbau
- » Langlebig, geringer Verschleiß
- » Kostengünstig
- » Räumung der Saatzfurche vor der eigentlichen Saatgutablage

» Nachteile:

- » Geringer Schardruck (10 – 15kg)
- » Tiefenablagequalität abhängig von Vorfahrtsgeschwindigkeit und Ernterückständen bzw. Bodenart
- » Hierdurch keine hohen Geschwindigkeiten möglich

» Einsatzgebiete des Schleppschars:

- » gute Eignung bei konventioneller Pflugsaat
- » bei Mulchsaat stark eingeschränkte Eignung, nur bei wenig Pflanzenrückständen (z. B. nach Raps) geeignet, Mehrreihigkeit (3-reihige Anordnung erweitert den Durchgang)
- » zur Direktsaat ungeeignet

Säschare - Einscheibenschar, Rollschar

- » Anstellung in einem Winkel von 5-10°
- » Scharschritt von 30 cm gewährt hohen Durchgang
- » Ohne Druckrolle wird die Ablagetiefe nur über den Scharrdruck geregelt



<https://www.ufarevue.ch/landtechnik/swiss-no-till-tagung>

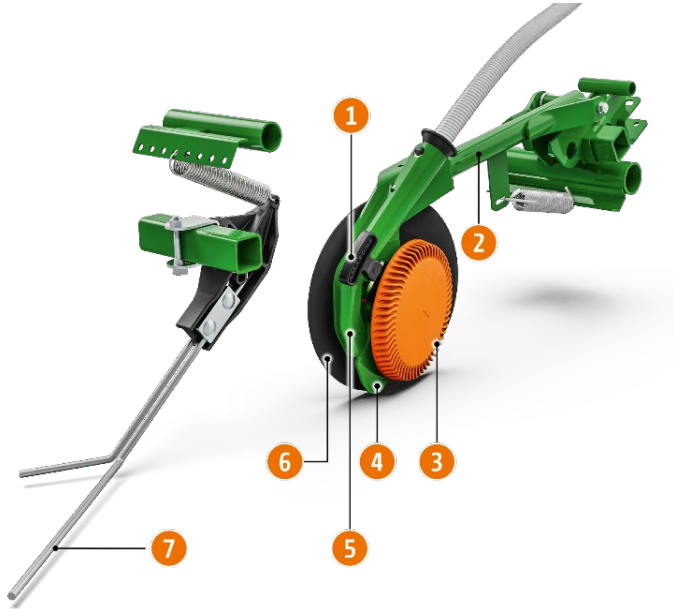
- » Einscheibenschar
angewinkelte Hohl­scheibe

- » Einscheibenschar
angewinkelte flache
Scheibe mit seitlichem
Scharkörper kombiniert



Quelle: Werkbild Pöttinger

Säschar - Einscheibenschar, Rollchar



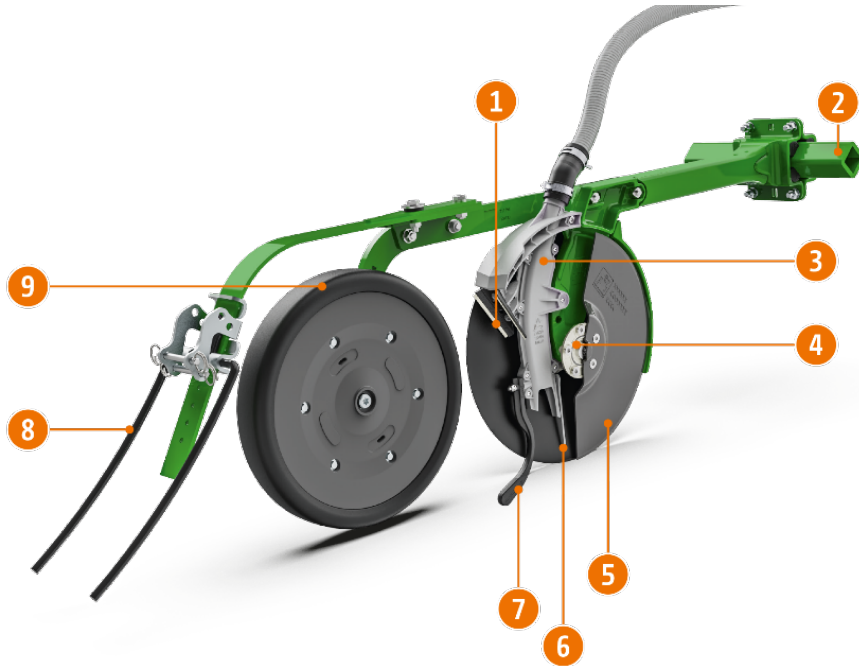
Quelle: Werkbild Amazone

- » 1) Einstellung Sätiefe in 3 Stufen
- » 2) Verstärkter Tragarm
- » 3) Tiefenführungs- und Reinigungsrolle
- » 4) Furchenformer
- » 5) Saatzuführungsrohr
- » 6) Säscheibe
- » 7) Exaktstriegel



Quelle: Werkbild Amazone

Säschar - Doppelscheibenschar

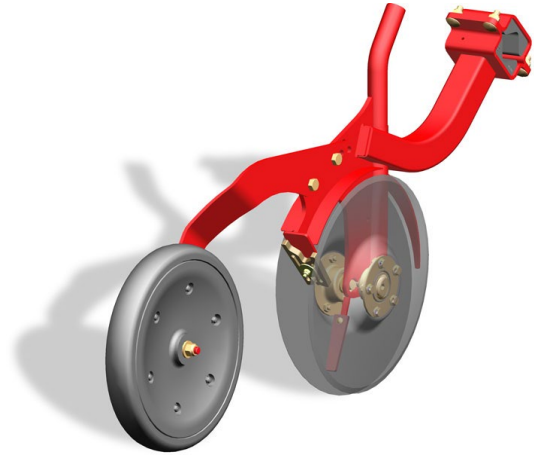


Quelle: Werkbild Amazone

- » 1) Innenabstreifer
- » 2) Hydraulische Schardruckeinstellung
- » 3) Wechselbare Saatgutzuführung
- » 4) Wartungsfreie Lagerung
- » 5) Doppelscheibe mit Winkel von 10%
- » 6) Führungsverlängerung
- » 7) Saatgutfixierer
- » 8) Scharstriegel mit Verstelleinheit
- » 9) Radträger mit Tiefenführungsrolle

Säscharre - Doppelscheibenschar

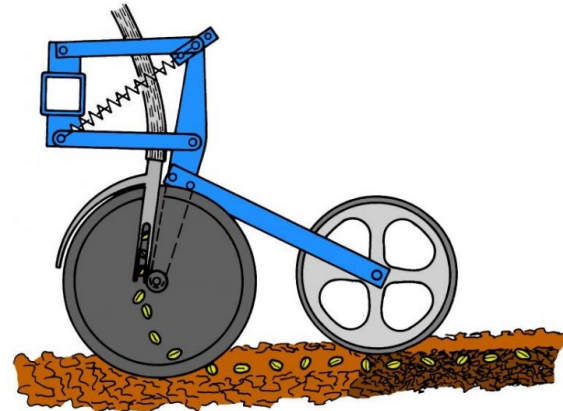
- » Zentrale Aufhängung am Trägerrahmen



Quelle: Werkbild Pöttinger

- » einfache Bauweise
- » ungenau bei Hindernissen im Saathorizont
(Steine)

- » Aufhängung im Parallelogramm



<https://www.rubach.ch/lemken-blm-profi>

- » Aufwändige Bauweise
- » Sehr genaue Saatgutablage

Säschare - Doppelscheibenschar

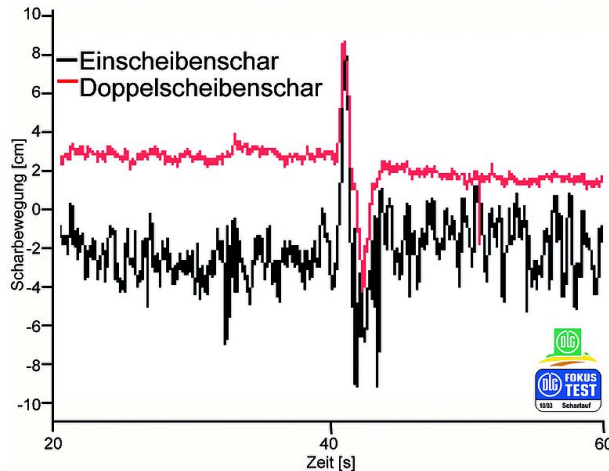


Quelle: [KUHN SEEDFLEX seeding unit - 3D animation - YouTube](#)

Säschar - Doppelscheibenschar

» Vorteile:

- » hoher Schardruck 20 - 100 kg und mehr
- » hohe Arbeitsgeschwindigkeiten
möglich (13-15 km/h)
- » Andrücken der Saat und exakte
Tiefenführung jedes einzelnen Schares
durch nachlaufende Druckrolle



» Nachteile:

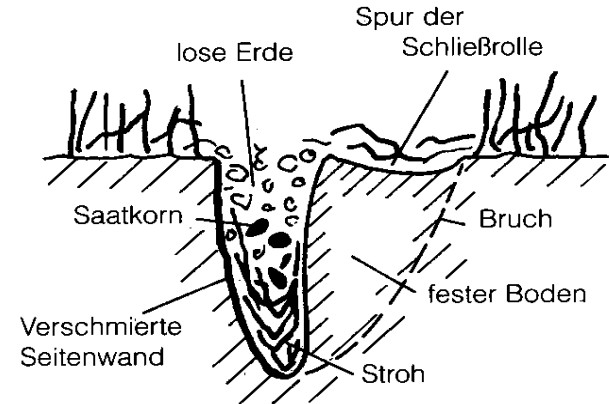
- » bei verhärteten Böden ungenügendes
Eindringen des Schares und schlechte
Bedeckung des Saatgutes
- » Bei großen Strohmenngen „Eindrücken“ des
Strohs in die Saatrille -> Korn hat kein
Bodenkontakt (fehlendes Keimwasser)
- » Im Vergleich zu Schleppscharen
verhältnismäßig aufwendige und teure
Technik

Säschare - Einsatzgebiet des Scheibenschars

- » Universell einsetzbar sowohl bei konventioneller als auch bei konservierender Bodenbearbeitung
- » Bei Schardrücken über 100kg (z. B. John Deere bis 230kg) auch bedingt zur Direktsaat geeignet, allerdings können bei zu hohem Schardruck Verdichtungen in der Saattrille auftreten
- » Schneiden von Ernterückständen nur sehr bedingt möglich
- » Bei großen Strohaufgabe wird Stroh in den Saatschlitz gedrückt (Hairpinning)



Stroh im Saatschlitz



Säschare - Zinkenschar

- » Saatgutzufluss
- » Scharträger(Blattfeder)
- » Tiefenführungsrolle
- » Zinkenschar (ca. 6cm breit) mit Bandsaat
- » Bandsaat: Ablage des Saatgutes in Bändern
(bessere Standraumverteilung)



Quelle: Werkbild Köckerling



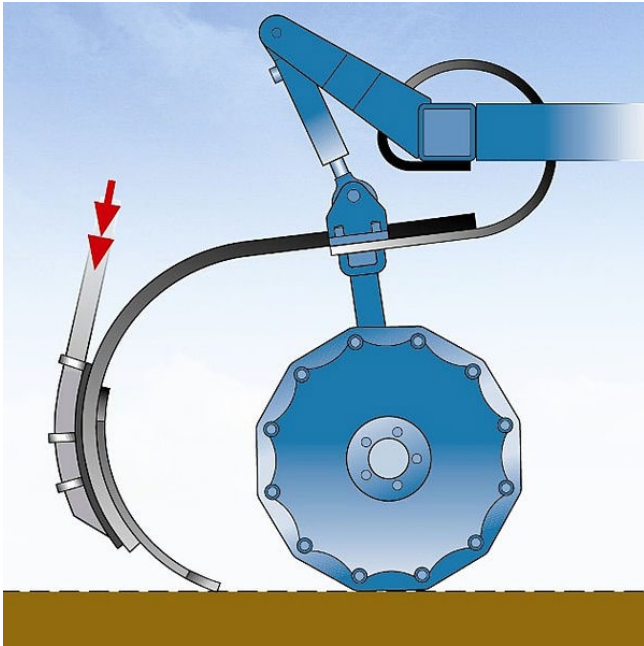
Säschare - Zinkenschar



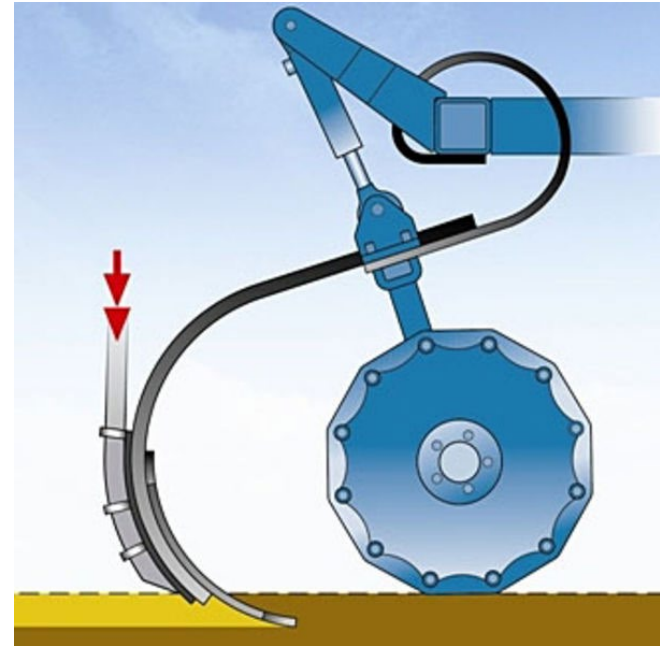
Quelle: [Köckerling Bedienhinweise: Ultima CS Einstellungen \(Set up Ultima CS\) - YouTube](#)

Säschar - Zinkenschar

- » Tiefenführung und Vorverfestigung über Tiefenführungsrolle
- » Saattiefenverstellung über Hydraulikzylinder



Quelle: Werkbild Köckerling



Quelle: Werkbild Köckerling

Säschar - Zinkenschar

- » Ablage des Saatgutes auf unbearbeiteten Boden
- » Optimale Feuchte Versorgung durch kapillaren Aufstieg
- » Horizontale Durchschneidung des Bodens
- » Organische Masse bleibt an der Boden Oberfläche
- » Optimale Standraumverteilung
- » Exakte Tiefenführung



Quelle: Werkbild Köckerling



Quelle: Werkbild Köckerling

Säschar - Zinkenschar

- » Ablage des Saatgutes auf unbearbeiteten Boden
- » Optimale Feuchte Versorgung durch kapillaren Aufstieg
- » Horizontale Durchschneidung des Bodens
- » Organische Masse bleibt an der Boden Oberfläche
- » Optimale Standraumverteilung
- » Exakte Tiefenführung



Quelle: Werkbild Amazone

Säschar - Zinkenschar

- » Ablage des Saatgutes auf unbearbeiteten Boden
- » Optimale Feuchte Versorgung durch kapillaren Aufstieg
- » Horizontale Durchschneidung des Bodens
- » Organische Masse bleibt an der Boden Oberfläche
- » Optimale Standraumverteilung
- » ~~Exakte Tiefenführung~~



Quelle: Werkbild Köckerling, Horsch und Kuhn

Säscharre - Scharführung



Quelle: Werkbild Köckerling

- » exakte Tiefenführung jedes einzelnen Säschares



Quelle: Werkbild Horsch

- » Andrücken des Saatgutes und Verschließen der Saatrille (vor allem bei Doppelscheibenscharen notwendig)

Säschare - Scharführung



Quelle: Werkbild Amazone

- » Kombiniertes Reinigungs- und Tiefenführungsrad



Quelle: Werkbild Lemken

- » Parallelogramm geführtes Doppelscheibenschar mit Tiefenführungsrolle zur Rückverfestigung

Säschar - Scharführung



Quelle: [LEMKEN Doppelscheibenschar - YouTube](#)

Säschare - Nachläufer, Druckrolle, Striegel



Quelle: Werkbild Horsch

- » Tiefenführungsrolle zur Rückverfestigung und Tiefenführung



Quelle: Werkbild Horsch

- » Reifenpacker zur Rückverfestigung und als Fahrgestell mit Striegel

Säscharre - Nachläufer, Druckrolle, Striegel



Gefederte Andruckrolle

Quelle: Werkbild Amazone

Säschare - Nachläufer, Druckrolle, Striegel



Quelle: Werkbild Amazone

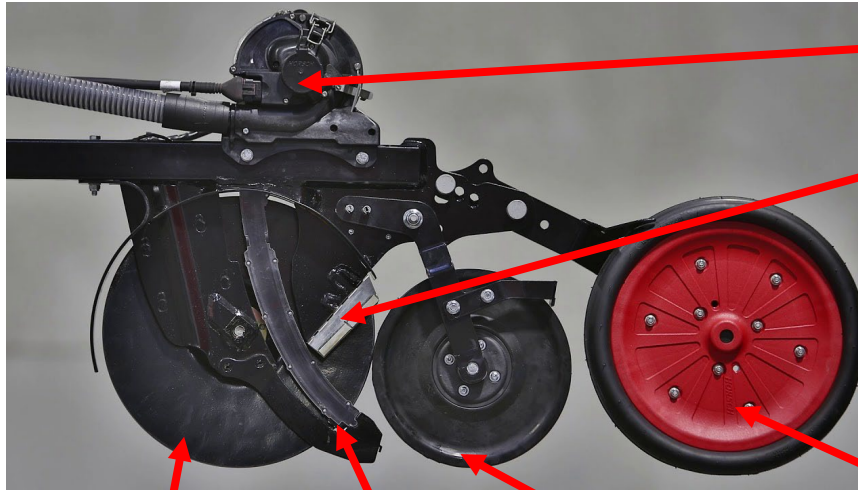
- » Exaktstriegel für Einebnung der Bodenoberfläche und zum Saatsfurchenzuschüttung



Quelle: <https://www.agrowissen.de/de/forum/index.php?topic=11030.0>

- » Striegel um nachfolgend die Anhäufungen der Tiefenführungsrollen zu glätten

Säschare – Drillsaat mit Vereinzlung - >Singularsystem



Vereinzlungsaggregat

Abstreifer

Tiefenführungsrolle

» Doppelscheibenschar

» Fangrolle

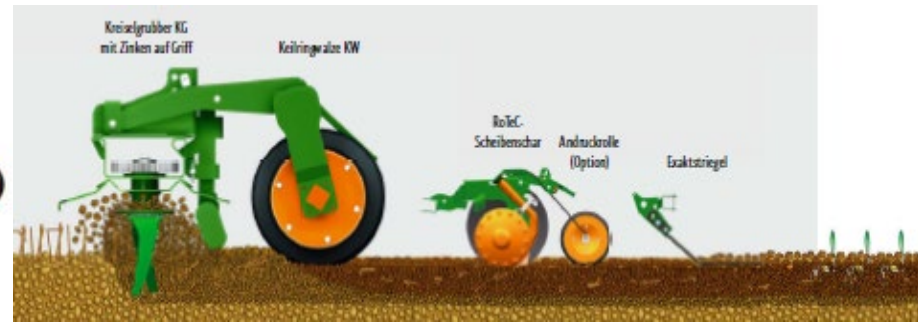
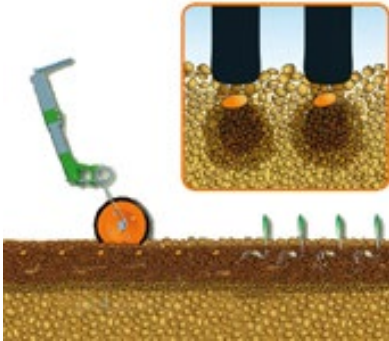
» Saatzgutzuführung

Säschare – Drillsaat mit Vereinzlung - >Singularsystem

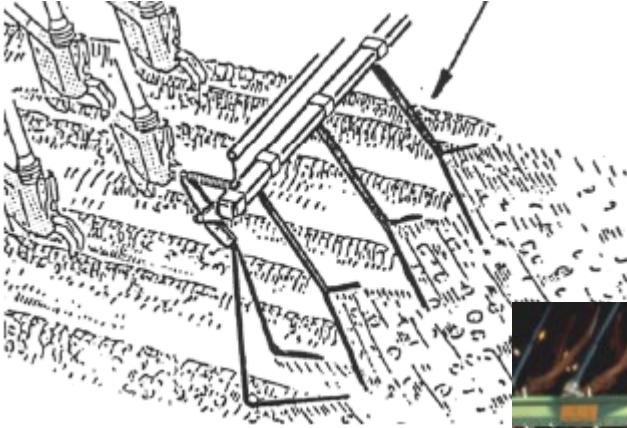


Quelle: [HORSCH SingularSystem - YouTube](#)

Nachläufer, Andruckrolle Striegel



Nachläufer, Andruckrolle Striegel



Quelle: Werkbild *Amazon*e

Cross-Slot-Opener



Seitenansicht Cross Slot Schar (Novag SAS, 2022)



Cross Slot Schar in Fahrtrichtung (Novag SAS, 2022)

Cross-Slot-Opener

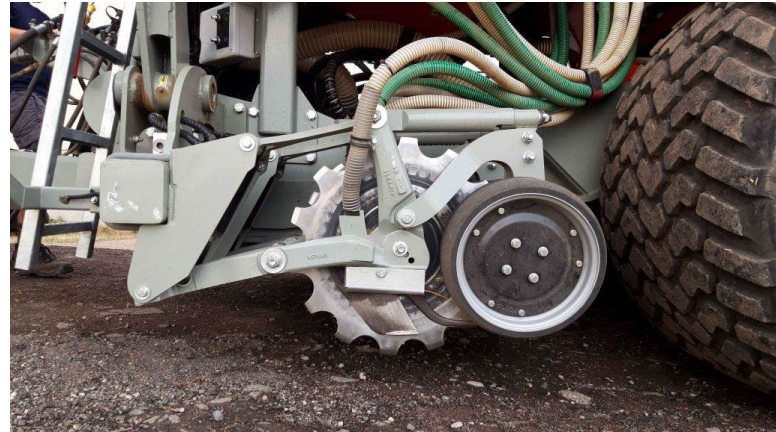
Vorteile:

- Getrennte Dünger und Saatgutablage
- Saatgutablage in ungestörter Bodenschicht
- Sicherer Verschluss der Saatrille
- kein Austrocknen des Saatschlitzes
- kein “Hairpinning”-Effekt
- keine Seitenwandverdichtung
- minimalste Bodenbewegung
- Kein Verstopfen
- Hohe Arbeitsgeschwindigkeiten bis 20 km/h

Nachteile

- Hoher Zugkraftbedarf
- Aufwändige Bauweise

(Hauck, 2020; Steinert & Emminger, 2011)



Direktsaattechnik

Condor Amazone



Primera DMC Amazone



Avatar Horsch



Abbildung 15: Schar Horsch Avatar SD

John Deere 750 A



Abbildung 18: Schar John Deere 750A

Direktsaattechnik

Novag „T-Force Plus“



„Maschio Gaspardo Gigante“



Abbildung 21: Schar Gaspardo Gigante

Sulky „Easy Drill“



Abbildung 26: Schar Sulky Easydrill W

„Claydon Hybrid T“



Abbildung 29: Schar Claydon Hybrid T

Steuerungstechnik in der Sätechnik



Accord Bordcomputer



Entwicklung der Steuerungs-
Technik im Bereich der
Sätechnik

- Bessere Anzeige
- Bedienung über Touch Pad
- Iso-Bus fähig



Quelle: Werkbilder Kverneland

Steuerungstechnik in der Sätechnik

Kontrolle:

- Dosiergeräteüberwachung
- Tankinhalt
- Fahrgassen
- Gebläsedrehzahl

Information:

- ha/Summe ha,
ha/Std.
- Km/h



Amazone Amatron
Bordrechner

Eingabefunktionen:

- Arbeitsbreite
- Fahrgassenrhythmus
- Impulse

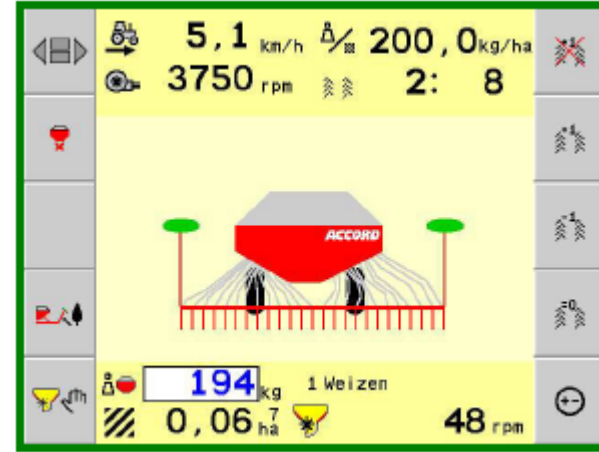
Steuerung:

- Magnetklappen für
Fahrgassenschaltung
- Saatmengenverstellung
- Dosiergeräteabschaltung/
Halbseitenabschaltung
- Vor-Dosieren zum Aussäen
von Ecken

Steuerungstechnik in der Sätechnik

ISO-BUS Steuerung

- Elektronisch gesteuerter Dosiergeräteantrieb
- Steuern von Fahrgassen
- Elektrische Saatmengenverstellung
- Elektrische Stoppschaltung
- Steuerung aller Hydraulikfunktionen
- Auftragsbearbeitung
- Anzeige über Gesamtfläche/Tagesfläche
- Überwachung und Anzeige von Drehzahlen
- Speichern von Abdrehsproben
- GPS-Fähigkeit



Werkbild Kverneland



Werkbild Fendt



Werkbild Lemken

Steuerungstechnik in der Sätechnik

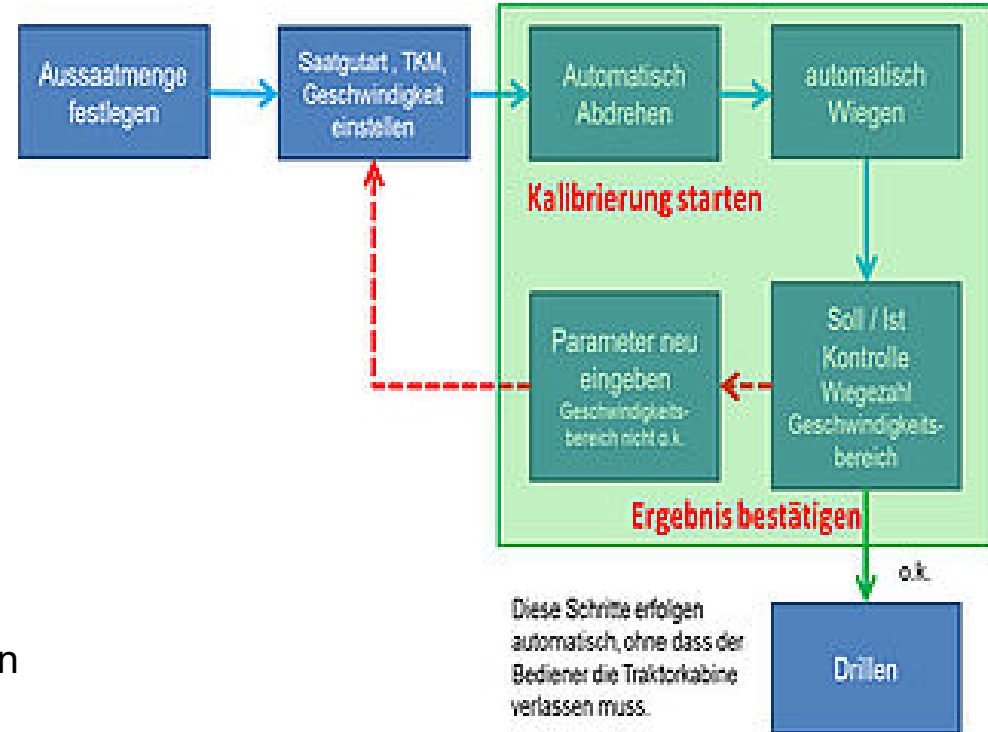
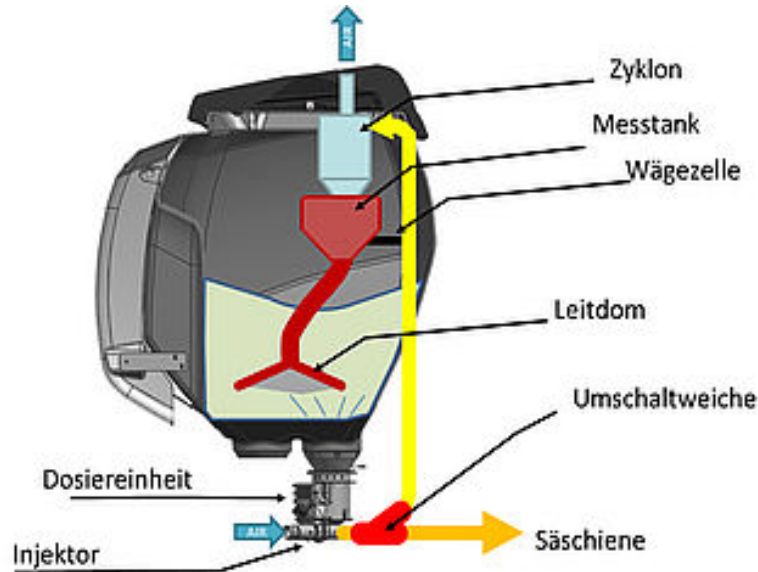
Automatische Abdrehprobe (*Lemken*)



- Das Saatgut wird mit Hilfe des Gebläses und einer Saatgutweiche in ein Wiegesystem im Saatgutbehälter der Maschine befördert
- Das Ergebnis wird an den Jobrechner übermittelt und die gewogene Saatgutmenge anschließend automatisch in den Saatgutbehälter entleert
- Der Bediener muss noch die Wiegezahl und die mögliche Arbeitsgeschwindigkeit bestätigen, um dann mit der Aussaat zu beginnen.
- Die Dosiereinheiten werden jeweils durch einen eigenen Elektromotor angetrieben, so dass die Saatgutmenge über die Drehzahl und über ein stufenloses Kammerrad variabel einstellbar ist

Quelle: *Lemken*

Steuerungstechnik in der Sätechnik



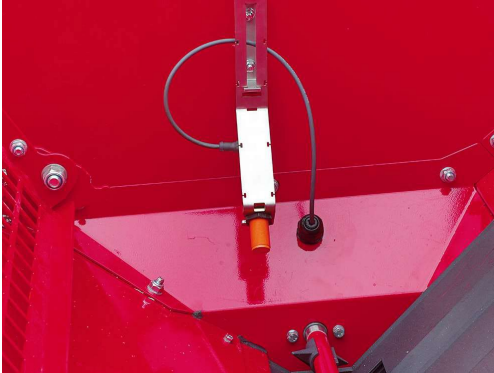
Vorteile:

- einfachere und kürzere Vorbereitung beim Drillen
- fehlerfreies Ergebnis
- Einstellung der Aussaatmenge lässt sich jederzeit durch eine zusätzliche Abdrehprobe kontrollieren

Quelle: www.Lemken.com

Steuerungstechnik in der Sätechnik

- Mechanische Drillmaschinen:



Quelle: Werkbild Horsch

Füllstandsensor:

- Gibt Auskunft darüber wie viel Saatgut sich noch im Tank befindet



Quelle: Werkbild Horsch

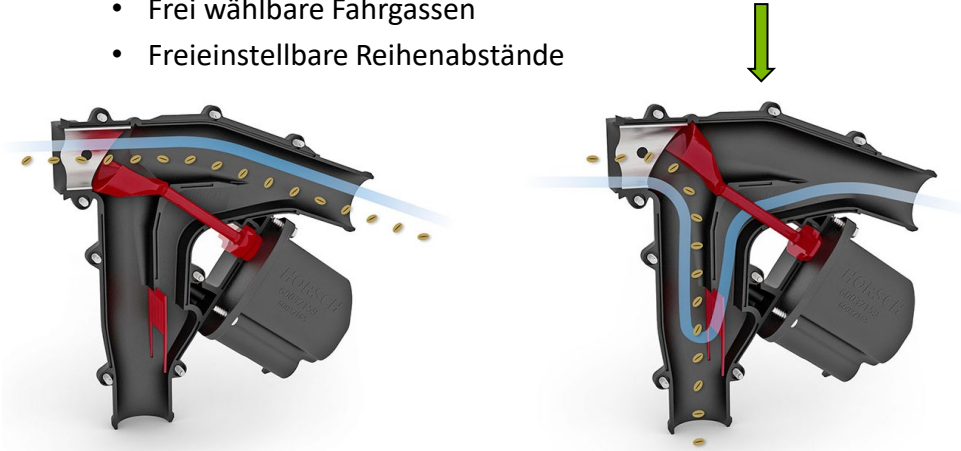
Radarsensor:

- Gibt Auskunft darüber wie hoch die tatsächliche Fahrgeschwindigkeit ist

Steuerungstechnik in der Sätechnik

Horsch RowControl:

- Verteilerturm kann den Luft- und Saatgutstrom bei einer Einzelreihenabschaltung trennen ohne dabei die Querverteilung negativ zu beeinflussen
- Ermöglicht Einzelreihenabschaltung bis zur letzten Reihe
- Frei wählbare Fahrgassen
- Freieinstellbare Reihenabstände



Quelle: Werkbild Horsch

Quelle: www.horsch.com

Quelle: Werkbild Horsch

Quelle: Werkbild Horsch

Steuerungstechnik in der Sätechnik

Horsch Seed Control



Quelle: Horsch



Piezo Element

Link zu Müller Video

- Aussaat ohne Abdrehprobe
- Robuster Sensoraufbau mit Selbstreinigungseffekt
- Selbstreinigungseffekt beugt Verschmutzungen vor
- Software-Update im Feld möglich
- OEM-spezifische Anpassung des Messsystems möglich

Steuerungstechnik in der Sätechnik



Väderstadt Seed Eye

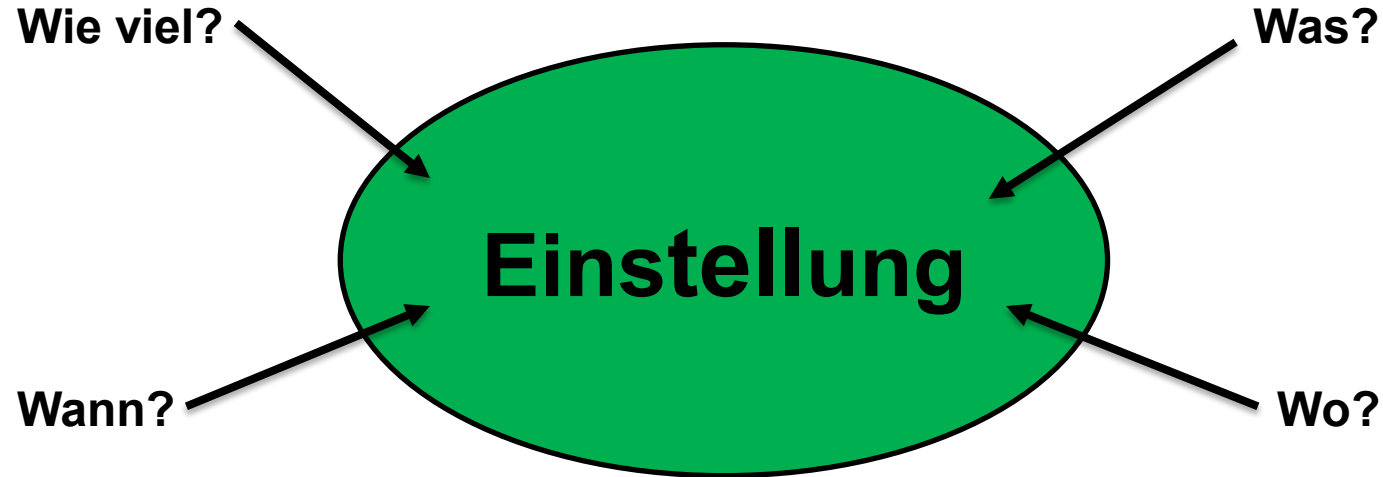


Prinzip:

- Das System fängt von jedem SeedEye die gezählte Anzahl an Körnern ab
- Das SeedEye arbeitet mit einem Infrarot-Sensor um die Anzahl der Körner zu zählen
- Der Ist- Wert wird mit dem Soll-Wert abgeglichen
- In Abhängigkeit von der Fahrgeschwindigkeit wird die am eigenen Radsensor ermittelt wird, regelt das System fortlaufend die Drehgeschwindigkeit des elektrisch angetriebenen Fenix-Dosierers

Einstellung der Abdrehprobe

Zentrale Fragen

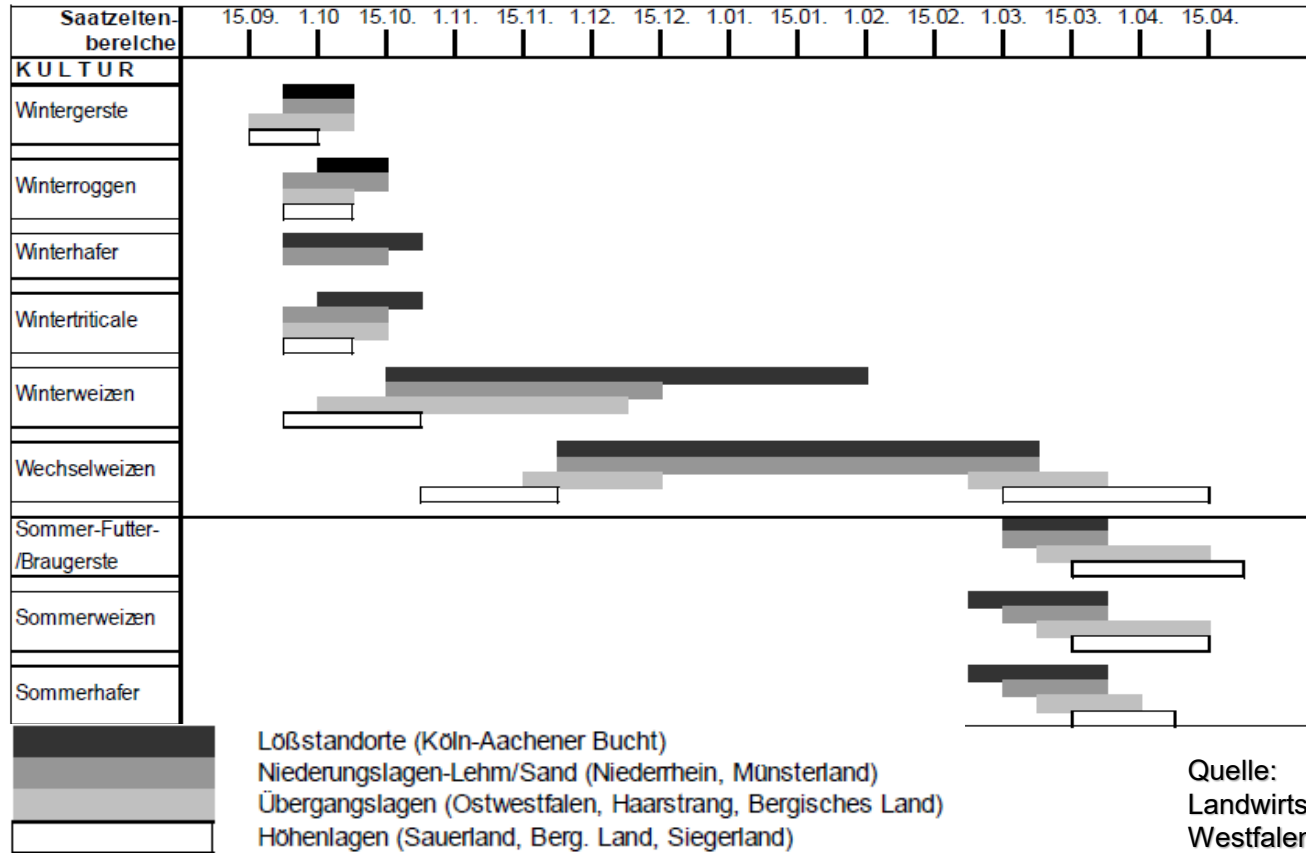


Eine Drilltechnik für alles – Die Eierlegende Wollmilchsau

Einstellung der Abdrehprobe

- Was soll gesät werden?
- Unterschiedliche Saatgüter in
 - Form
 - Größe
 - Gewicht
- Unterschiede innerhalb der Sorten
 - z.B.
 - Bestandesdichte Typ
 - Einzelähren Typ
 - Wintergerste: Einzeilig /Zweizeilig

- Wann soll gesät werden?



Einstellung der Abdrehprobe

- Wo soll das Saatgut ausgebracht werden?

- **Abhängig von:**

- **Standort**

- Leichter Boden
 - Schwerer Boden
 - Vegetationsdauer
 - Mineralisationsvermögen
- Boden
- Klima

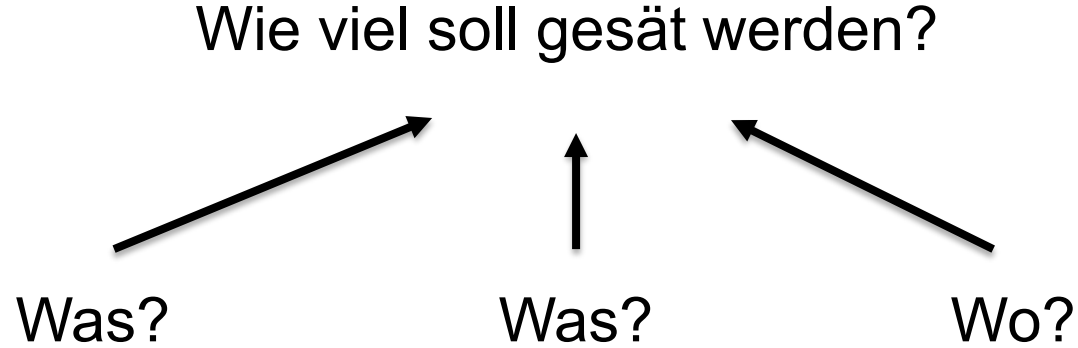
» Aussaatbedingungen

- › Günstig
- › ungünstig

- **Ackerbausystem**

- Pflugsaat
 - Mulchsaat
 - Direktsaat

Einstellung der Abdrehprobe



Einstellung der Abdrehprobe

Formel zur Berechnung der Aussaatmenge:

$$\text{Aussatmenge in kg/ha} = \frac{\text{Keimfähige} \frac{\text{Körner}}{\text{m}^2} * \text{TKG in g}}{\text{Keimfähigkeit\%}}$$



www.landwirt.com

Quelle: landwirt.com

Einstellung der Abdrehprobe

Erweiterte Formel zur Berechnung der Aussatmenge:

Aussaatstärken- Berechnung	<u>(angestrebte Zielbestandesdichte/Beährungskoeffizient) x TKM</u> 100 - (Minderkeimf.+Feldaufgangsverluste+Überwinterungsverluste)
---------------------------------------	---

A	angestrebte Zielbestandesdichte (Ähren/m²):	580
B	Beährungskoeffizient (Ähren/Pflanze):	2,2
	entspricht Keimpflanzen nach Winter:	264
C	TKM (in Gramm)*:	48
D	MinderKeimfähigkeit (in %)*:	6
E	Feldaufgangsverluste (%) **::	5
F	Überwinterungsverluste (%):	3
	entspricht auszusäende Körner/m²:	307

Rechnung: <u>A / B x C</u> 100 – (D + E + F) = Aussaatmenge	Beispiel: <u>580 / 2,2 x 48</u> 100 – (6 + 5 + 3) = 147 kg/ha
--	--

Einstellung der Abdrehprobe

Mechanische Sämaschine

1. Schieberstellung
2. Bodenklappenstellung
3. Feinsärad/Normalsärad
4. Getriebeeinstellung
5. Rührwelle Ein/Aus

Pneumatische Sämaschine

1. Einsetzen des passenden Dosierschiebers
2. Verstellen der Zellenbreite
3. Geschwindigkeit Rotor
4. Angepasster Rotor

Drehen am Spornrad/Laufrad gemäß
Betriebsanleitung

Überprüfen der abgedrehten
Menge durch Auswiegen

Einstellung der Spuranreißer und Anlegen von Fahrgassen

Schlepperrad

$$Sp = \frac{D - S}{2} + R$$

D = Drillbreite

S = Vorderradspur

R = Reihenabstand

Sp = Spurreißermaß



Werkbild *Pöttinger*

Schleppermitte

$$Sp = \frac{A}{2} + \frac{1}{2} R$$

A = Arbeitsbreite

R = Reihenabstand

Sp = Spurreißermaß

» **Notwendigkeit:**

Das Anlegen von Fahrgassen ist eine wichtige Maßnahme um bei den folgenden Arbeitsgängen zum Ausbringen von Dünge- und Pflanzenschutzmitteln exaktes Anschlussfahren zu sichern.

» **Umsetzung:**

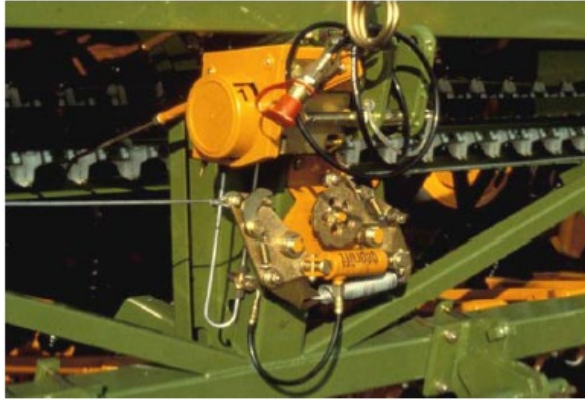
Unterbrechung des Saatgutflusses im Bereich der Radspuren durch Abschalten der Dosiereinrichtung oder Schließen der Saatleitungen.

- » • mechanisch
- » • hydraulisch
- » • elektrisch

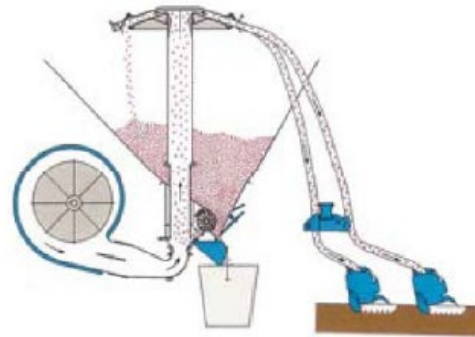


Werkbild *Rauch*

Anlegen von Fahrgassen



Werkbilder *Amazon*e

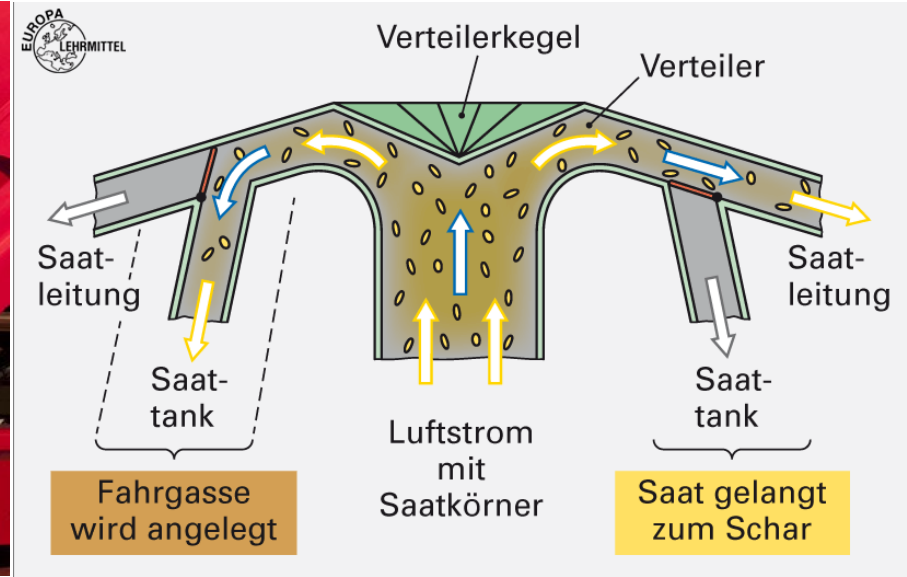


Werkbild *Lemken*

Anlegen von Fahrgassen



Quelle: Werkbild Pöttinger



Quelle: Fehrer et. Al. Fachkunde Land- und Baumaschinentechnik

- Elektromotor sperrt beim anlegen einer Fahrgasse die gewünschten Säräder
- Anhand der Angabe der Spritzenbreite wird der Fahrgassenrhythmus errechnet
- In den abzuschaltenden Säleitungen wird das Saatgut nach der Verteilung umgelenkt und zurück in den Sätank befördert
- Saatgutenge bleibt in den anderen Säleitungen gleichbleibend

Anlegen von Fahrgassen



Quelle: [PÖTTINGER - AROSEM ADD - Section Control Animation - YouTube](#)

Anlegen von Fahrgassen



Werkbild *Rauch*

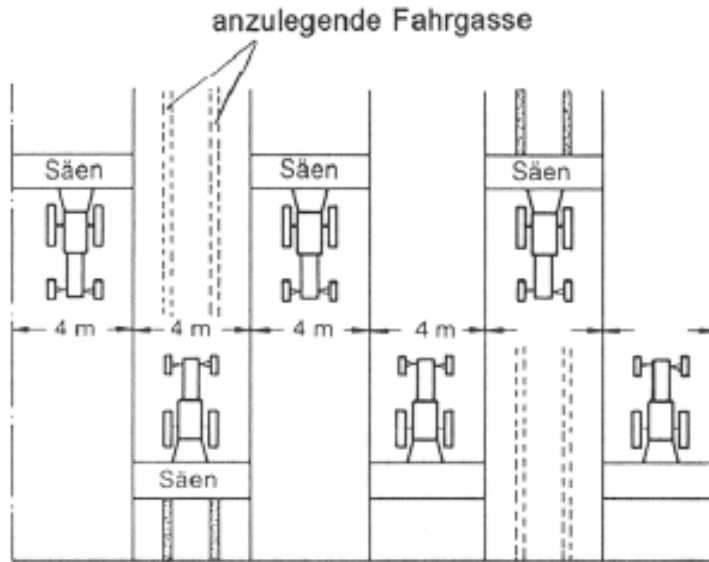


Werkbilder *Amazone*

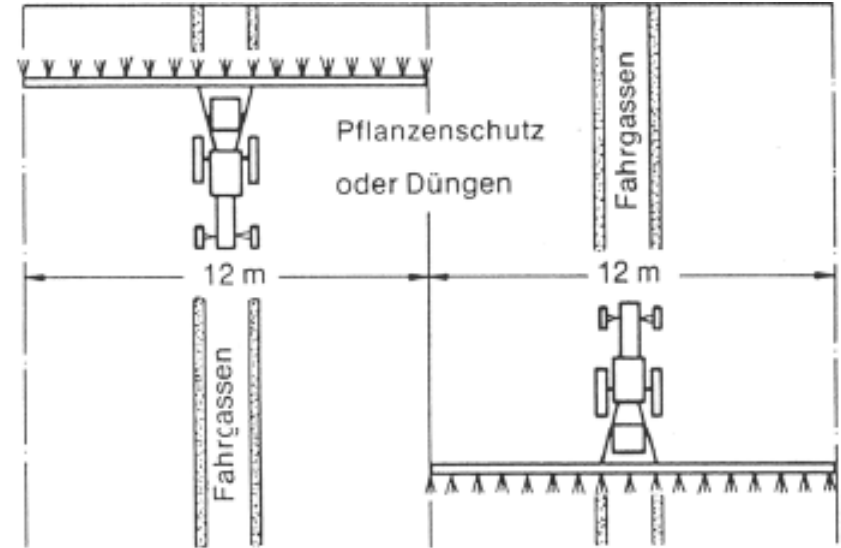
Anlegen von Fahrgassen

Beispiel 1: (Pflegebreite 12m)

- Fahrgassen mittig hinter der Sämaschine. Pflegemaßnahmen erfolgen mit der dreifachen Arbeitsbreite der Sämaschine, Fahrgassenschaltung notwendig



3er Rhythmus



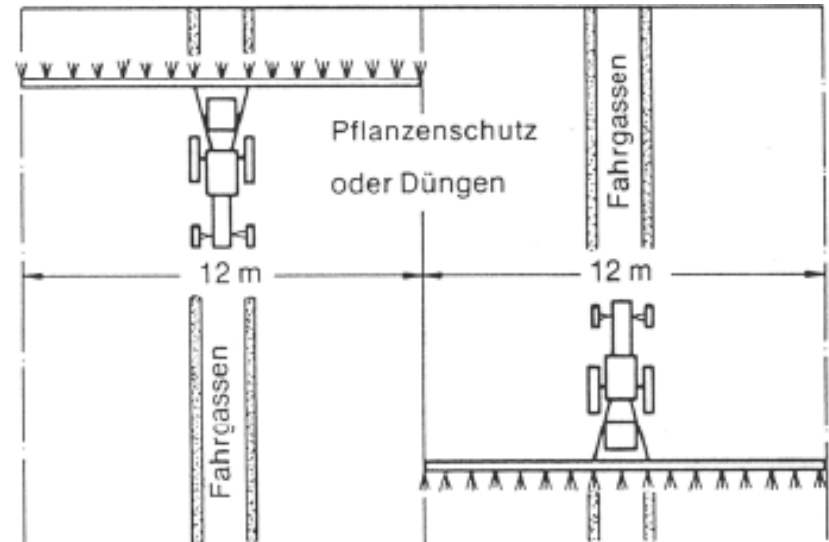
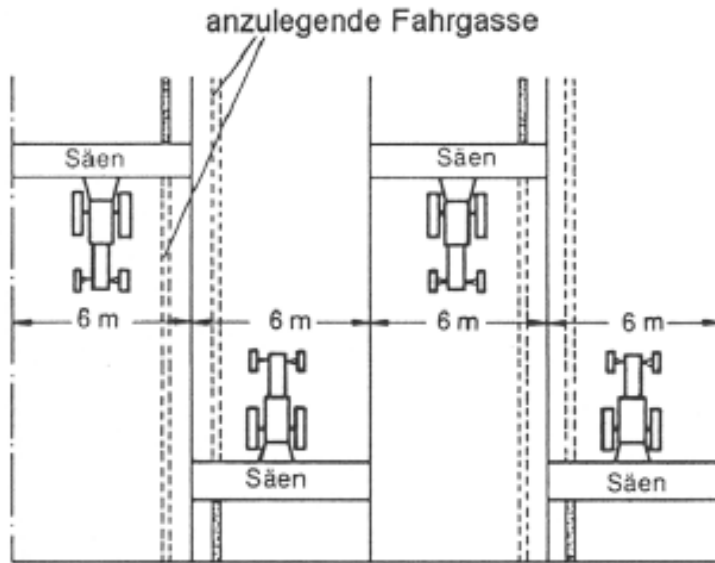
1er Rhythmus

Quelle: Prof. Dr. K. Köller, Hohenheim

Anlegen von Fahrgassen

Beispiel 2: (Pflegebreite 12m)

- Fahrgassen versetzt hinter der Sämaschine. Pflegemaßnahmen erfolgen mit der doppelten Arbeitsbreite der Sämaschine, keine Fahrgassenschaltung notwendig



Quelle: Prof. Dr. K. Köller,
Hohenheim

Ausblick auf Innovationen im Bereich Sätechnik

Automatische Schardruckeinstellung „Maestro Force“ von *Horsch*

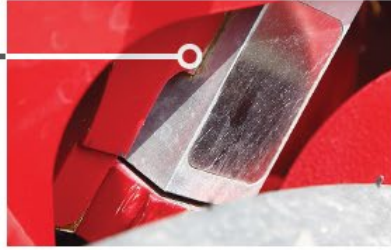
- Auto Force nutzt die Belastung der Tiefenführungsrollen als Indikator
- Aufteilung der Arbeitsbreite der Maestro in verschiedene Sektionen, jeweils 2 Säelemente pro Sektion werden mit der Sensortechnik ausgerüstet
- Platziert an der Tandemverbindung der Tiefenführungsrollen wird durch ein Piezo- Element die Gewichtsbelastung an den Rollen gemessen
- Regelung greift in das serienmäßige hydraulische Schardrucksystem ein
- Der gewünschte Schardruck kann vom Terminal aus eingestellt werden
- Auto Force passt den Schardruck demnach permanent an die Bodenbedingungen an
- Bei Änderung der Bodenbeschaffenheit wird die Belastung der Tiefenführungsrollen angepasst

Ausblick auf Innovationen im Bereich Sätechnik

Automatische Schardruckeinstellung „Maestro Force“ von Horsch



Maissägregat mit Piezo Messtechnik



Hydraulikzylinder zur Schardruckerzeugung



Vorteile:

- Gleichmäßige Ablagetiefe auch bei wechselnden Bodenverhältnissen in Bezug auf Dichte, Bodentyp, Feuchtigkeit
- Bodenschluss wird immer sicher hergestellt
- Bodenverdichtungen durch einen zu hohen Schardruck werden vermieden

Ausblick auf Innovationen im Bereich Sätechnik

Amazona GPS Switch

- Verzögerung zwischen Einschalten des Dosiermotors und dem Förderbeginn des Saatguts am Schar -> Die Folge sind Fehlstellen im Bestand
- "GPS-Switch mit AutoPoint" ist eine Weiterentwicklung zur Reduzierung von Überlappungen am Vorgewende bei pneumatischen Sämaschinen
- Ein Sensor den Förderbeginn des Saatguts direkt am Schar
- Schnelle Reaktion auf den Förderbeginn, da die Förderzeit abhängig von der Geometrie der Förderstrecke, der Gebläsedrehzahl und den Flugeigenschaften des Saatgutes ist
- Die Maschinensteuerung berechnet automatisch die Förderzeit
- Eine optische Darstellung im Display, kombiniert mit einem akustischen Signal zeigt dem Fahrer, dass ab diesem Zeitpunkt die Geschwindigkeit bis zum Erreichen bzw. Verlassen des Vorgewendes (Wendegeschwindigkeit) konstant gehalten werden muss.

Ausblick auf Innovationen im Bereich Sätechnik



Erweiterung des GPS Track von Feldspritze und Düngerstreuer auf die pneumatische Drilltechnik



Quelle: www.amazone.de

Ausblick auf Innovationen im Bereich Sätechnik

Pöttinger Aerosem 3002 ADD



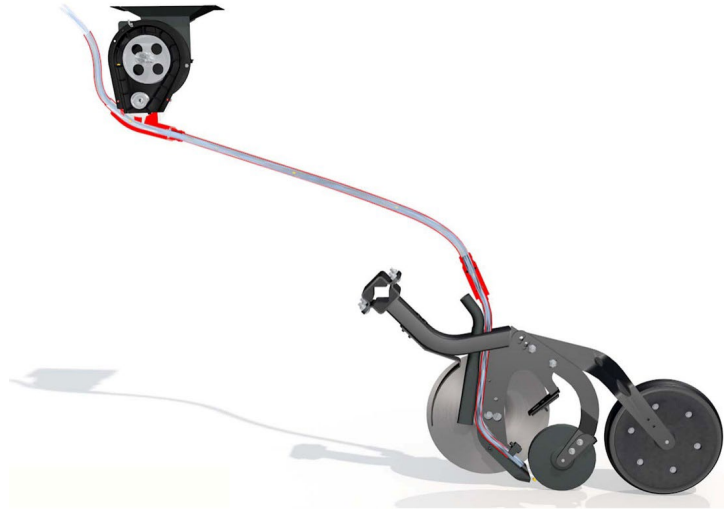
- Pneumatische Sämaschine Aerosem mit Kreiselegge Lion
- Doppelscheibenschar mit Druckrollen
- Saatstriegel
- Fahrgassenmarkierung (Vorauslauf)
- Saatguttank 1250l +(600l optional)
- Aussaatmenge 1,5 kg-340 kg

Quelle: www.Pottinger.at

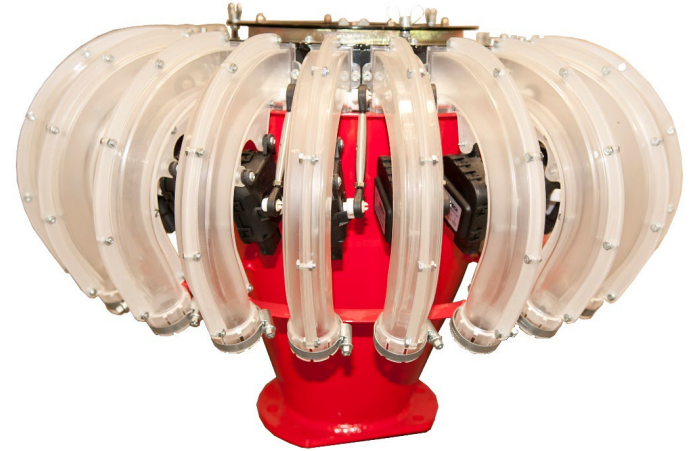
Ausblick auf Innovationen im Bereich Sätechnik

Pöttinger Aerosem 3002 ADD – Die Eine für Alles

PCS System zur Maisdosierung



IDS System zur Steuerung der Saatreihen



Zur Verdeutlichung der Funktionsweise beider Systeme: Pöttinger Aerosem IDS und PCS

Quelle: www.pöttinger.at

Ausblick auf Innovationen im Bereich Sätechnik

Lemken Solitär 25

- 3000l Kunststoff Saatgutbehälter
- elektrisch angetriebene Dosiereinheit, 4 Stück bei 6m Arbeitsbreite
- Senkrecht montierte Schub-Zellenräder kommen ohne Bodenklappe und Austausch Zellenräder aus
- Teilbreiten mit separater Mengenanpassung möglich, durch Stoppen einzelner Dosierer
- einfacher Wechsel zwischen Säschiene und der Einzelkorndrille Azurit
- Automatische Abdrehprobe



*Solitär 25,
Werkbild Lemken*



Ausblick auf Innovationen im Bereich Sätechnik

Lemken Solitär 25

- neuer Verteiler mit hydraulischer Fahrgassenschaltung ohne Saatgutrückführung
- Verschieben der Patrone ermöglicht die Fahrgassenschaltung
- Keine Staubbelastung im Tank, weil kein Saatgut zurück geführt wird
- Individuelle Patronenbestückung und individuelle Verschiebung ermöglichen jegliche Fahrgassenrhythmen sowie Spur- und Radbreiten

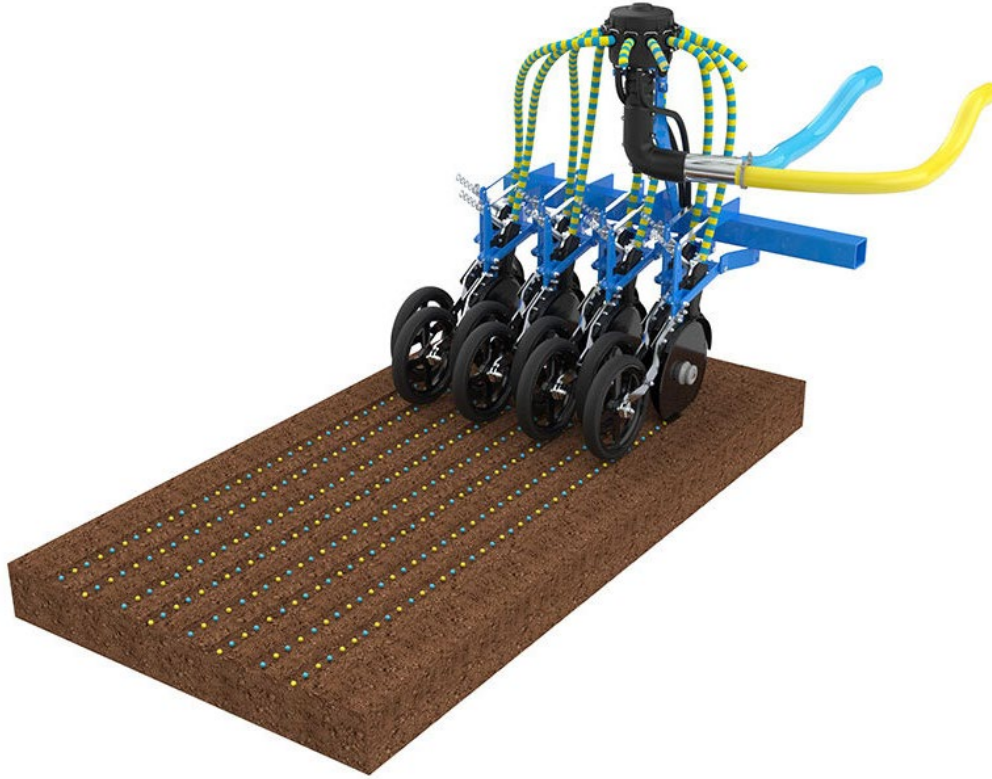


Quelle: profi 8/2016

Ausblick auf Innovationen im Bereich Sätechnik

- Single-Shoot-System:
 - Die zwei Komponenten (z.B. Saatgut und Dünger) werden von zwei separaten elektrischen Dosiereinheiten dosiert
 - Komponenten werden vor der Steigleitung zum Verteiler zusammengeführt
 - Ablage in gemeinsamer Saatzfurche
 - System eignet sich für die Winteraussaat mit Düngererstgabe oder für die Sommeraussaat mit vollständiger Düngung

Ausblick auf Innovationen im Bereich Sätechnik

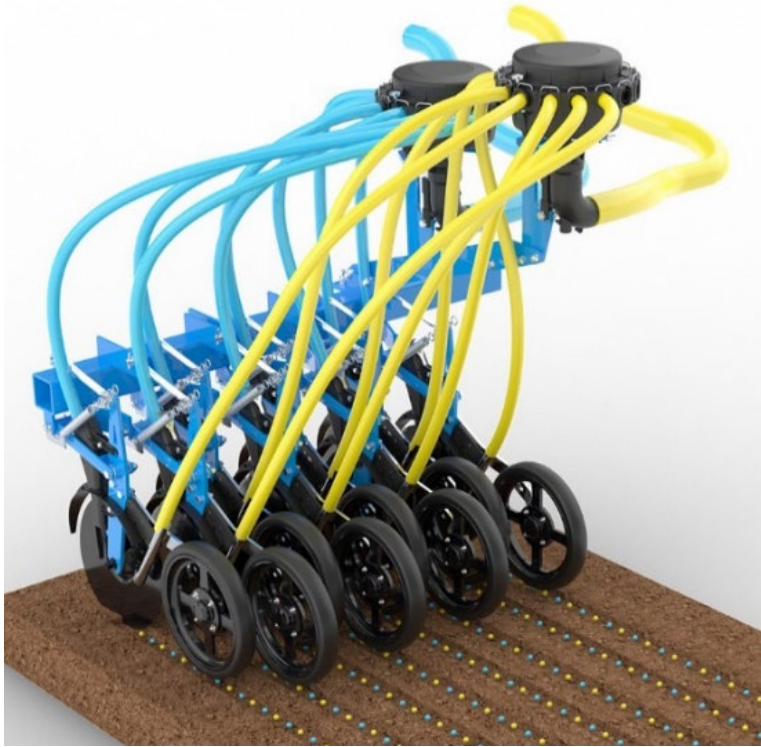


Quelle: Werkbild Lemken:

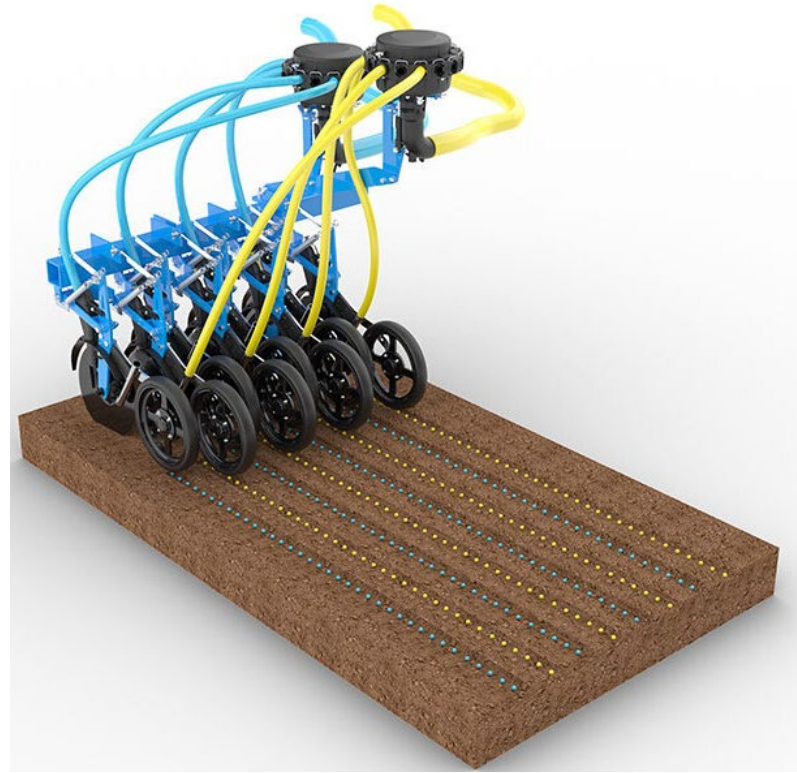
Ausblick auf Innovationen im Bereich Sätechnik

- Double-Shoot-System:
 - Beide Komponenten werden separat dosiert und getrennt über Verteiler zu den Scharen gefördert
 - Ausbringung ähnelt den Single-Shoot-Verfahren in einer Reihe, aber mit getrennten Abgabeort im Sächar möglich
 - Alternativ können Komponenten in jeweils eigenen Saatzeilen ausgebracht werden

Ausblick auf Innovationen im Bereich Sätechnik



Quelle: Lemken Werkbild



Quelle: Lemken Werkbild

Ausblick auf Innovationen im Bereich Sätechnik

Blockage Sensor:

- Sensor zur Erkennung von Verstopfungen von Säleitungen
- Sensor arbeitet nach dem piezoelektrischen Messprinzip
- Erkennt auch Verstopfungen der Säleitungen bei feinen Saatgütern wie z.B. Raps, sowie Verstopfungen bei granulierten Düngersorten wie NPK, Entec 26 oder Microgran
- Test zeigte, dass der Sensor bei der Aussaat von Winterweizen Verstopfungen innerhalb einer Sekunde anzeigt

Quelle: <https://doi.org/10.24355/dbbs.084-202202030931-0>

Ausblick auf Innovationen im Bereich



Quelle: [ME-Blockage – Erkennung von Gutfluss-Blockaden - YouTube](#)





Webseiten:

Quellen I:

- www.agrarheute.com
- www.proplanta.de
- www.Kvernelandgroup.de
- www.Horsch.com
- www.Lemken.com
- www.Pöttinger.at
- www.Dlg.org
- www.KTBL.de
- www.Vaederstad.com
- www.Köckerling.com
- www.Kuhn.de
- www.crossslot.com
- www.no-tillfarmer.com
- www.Fendt.com
- www.landwirtschaftskammer.de
- www.landwirt.com
- www.Rauch.de

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

