

Energiebedarf und Werkzeugeinsatz bei der Bodenbearbeitung



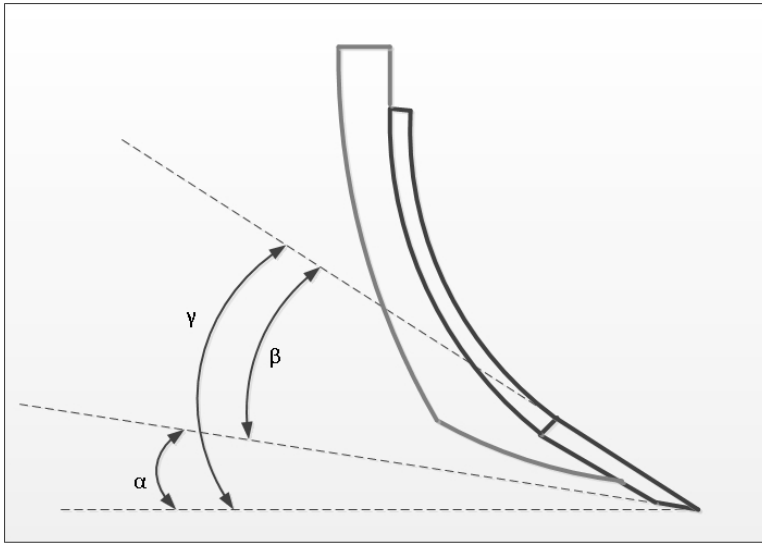
A. Groša
grosa@ast.mw.tu-dresden

Groitzsch, 22.02.2013
Pflanzenbautag der LfULG

- 1 Grubberwerkzeuge für die Bodenbearbeitung
 - Werkzeuggeometrie und Funktion
 - Werkzeuganordnung im Gerät
- 2 Wirkung der Werkzeuge im Boden
 - Arbeitsweise der verschiedenen Scharformen
 - Arbeitsbild und Bearbeitungssohle
 - Zielkonflikt: Flache Arbeit sichere Tiefenführung
- 3 Zugkraftbedarf bei der Bodenbearbeitung
 - theoretische Grundlagen und Praxis heute
 - Geräteentwicklung in der Praxis
 - Möglichkeiten zur Zugkraftsenkung
- 4 Werkzeugverschleiß/ aktuelle Entwicklungen
 - Zusammenfassung/ Ausblick

- Einsetzbar auf nahezu allen Bodenarten
- Verschiedene Arbeitsweisen durch breite Werkzeugauswahl
- Hohe Flächenleistungen im Vergleich zur wendenden Bearbeitung
- Weiter Arbeitstiefenbereich, vielseitige Verfahrenskombination
- Kostengünstig
- Wenig verschleißanfällig

Sind Einsatzgrenzen in nassen Böden (>23 M%) oder beim Durchfahren von Strohhaufen wirklich ein Nachteil?

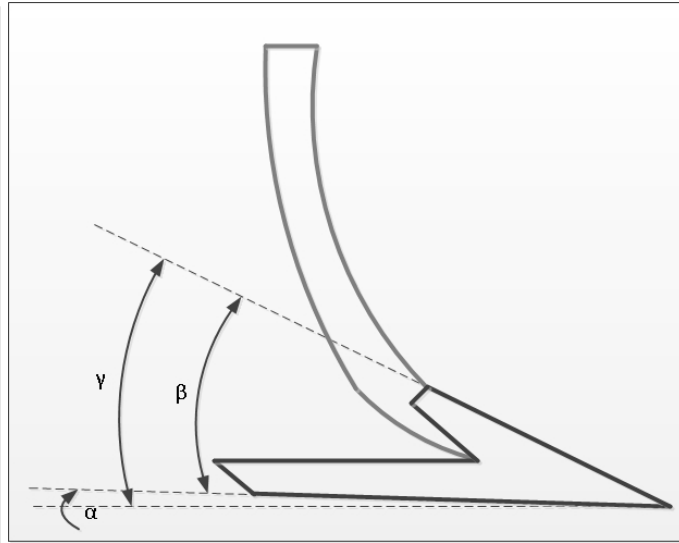


Schmal-, Herzschar

Schnittwinkel (γ): 20-45°

Keilwinkel (β): 15-40°

Freiwinkel (α): 5-10°



Gänsefußschar

Schnittwinkel (γ): 15-25° →

Keilwinkel (β): 12-15° →

Freiwinkel (α): 0-5° →

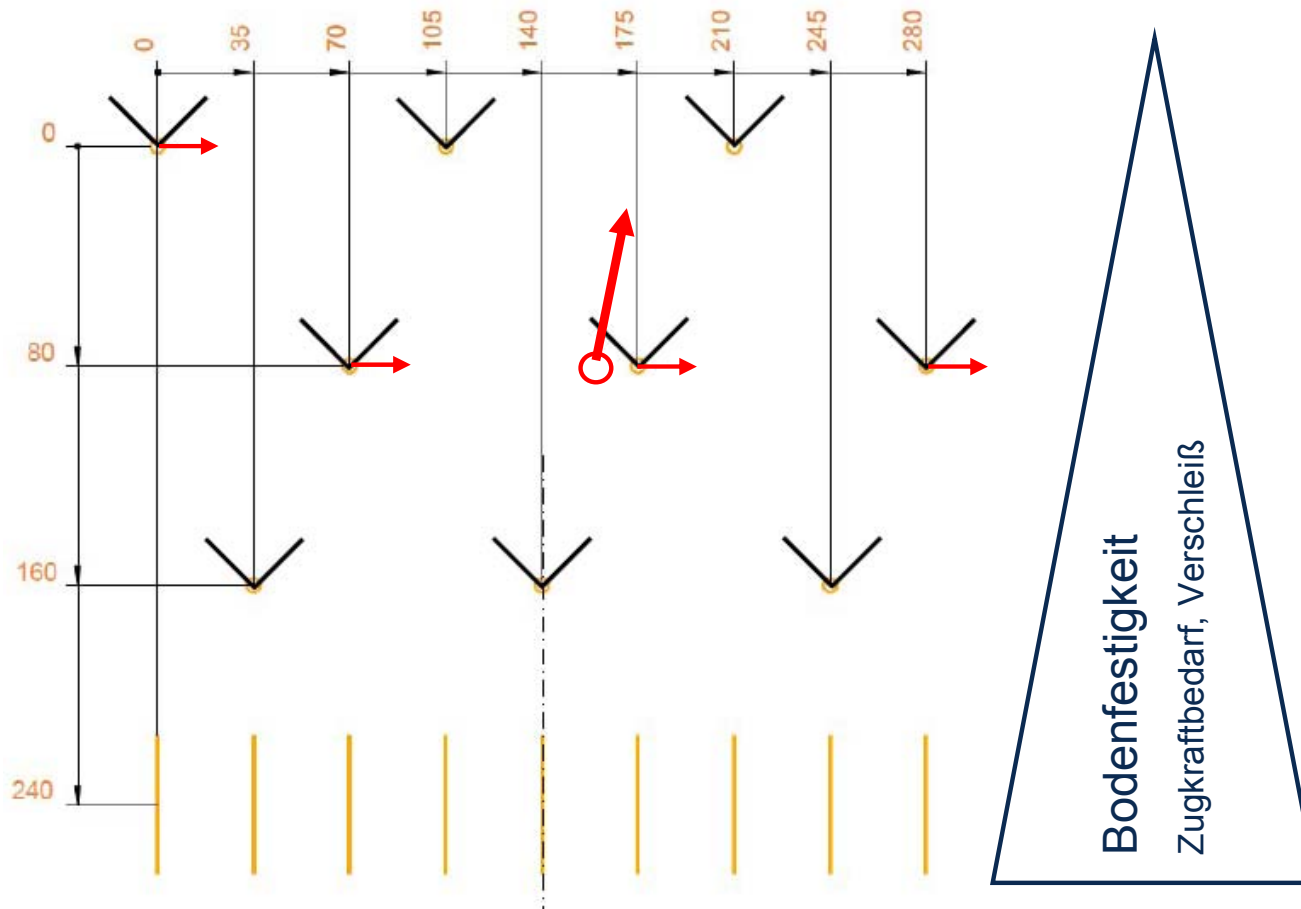
Spreizwinkel →

**hat vorrangig
Wirkung auf:**

Mischwirkung,
Arbeitsintensität und
Leistungsbedarf

Einzugsverhalten

Schnittverhalten



Parameter:
Strichabstand 18 ... 44 cm
Rahmenhöhen 65 .. 80 cm
Balkenabstand 60 ... 80 cm

Fehlanordnung von Werkzeugen führt zu Schrägzug am Traktor!

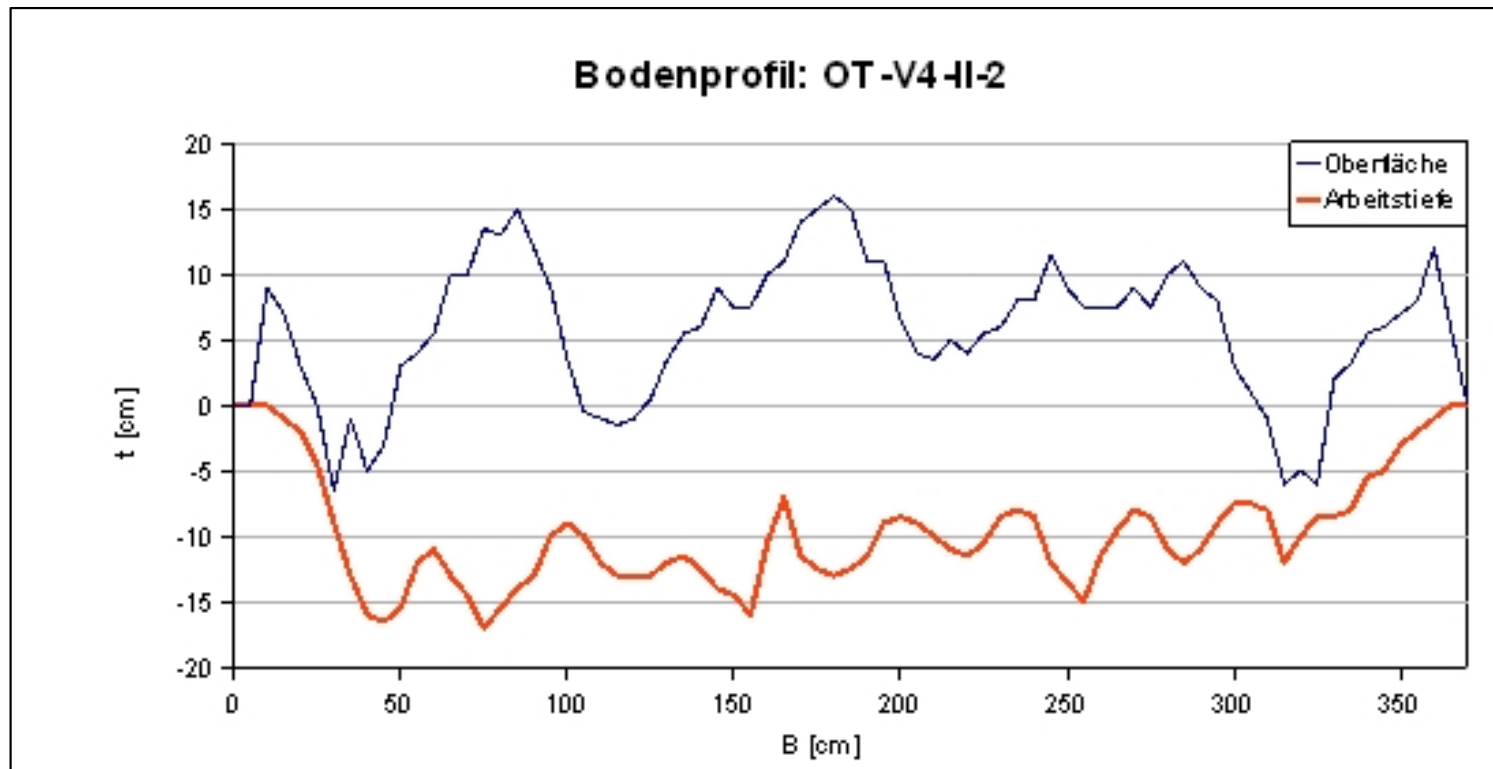
Beispiel: fast fluchtende Scheiben in Kurzscheibenegge (AB: 6m) → Spurfehler Traktor-Gerät ≈ 0,6 m



Parameter:
Scharbreite 8 26 cm
opt. Strichabstand 20 ... 26 cm
opt. Arbeitstiefe > 10 cm

Quelle: LfULG 2011, Untersuchungen zur
Stoppelbearbeitung, Fotos: TU Dresden, Bioland





Oberfläche:

Grobe Struktur, starke Mischwirkung, Rillenformung der letzten Schare

Sohle:

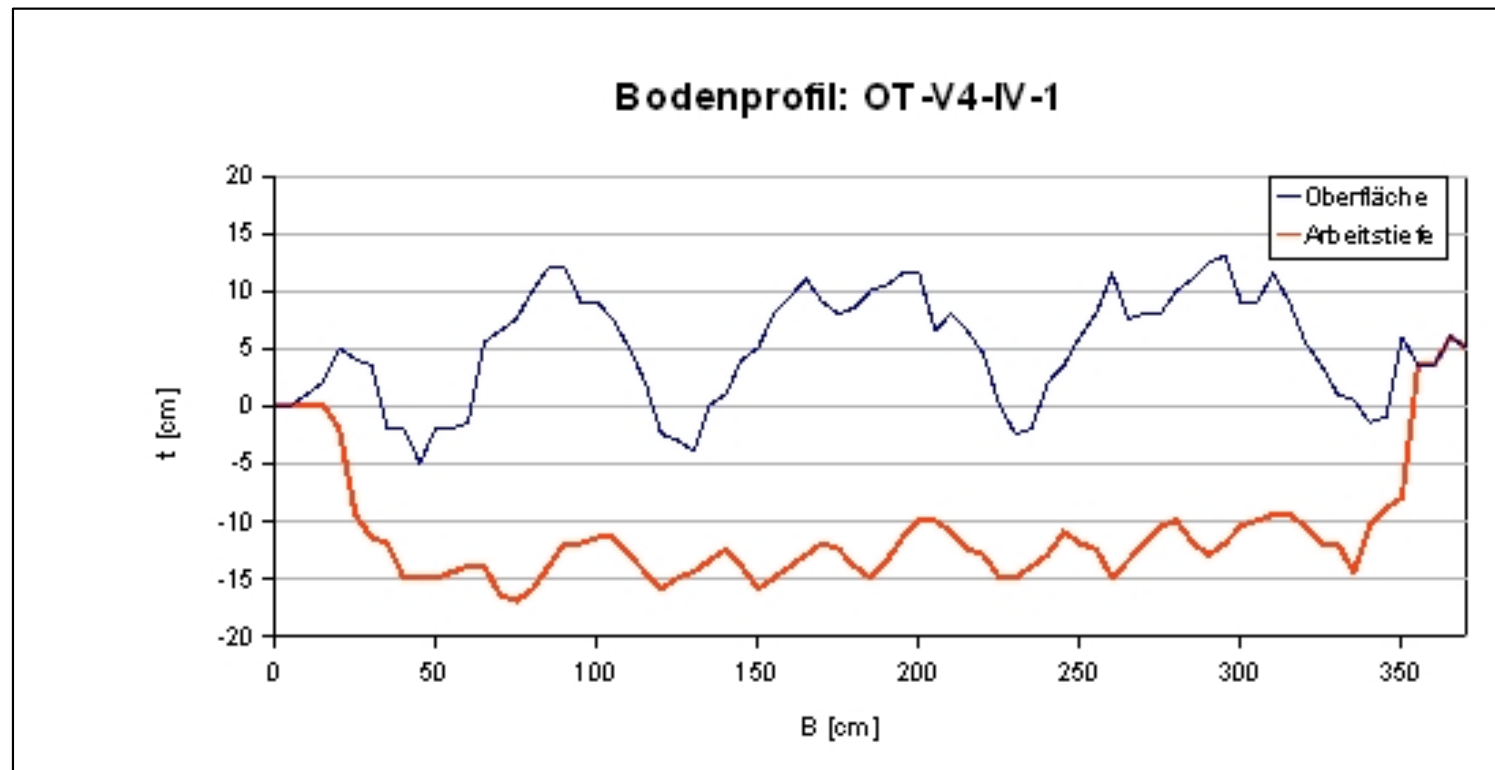
Charakteristische Ausbildung von Längsrillen mit seitlichen, schrägen Bruchlinien



Parameter:
Scharbreite 32 > 50 cm
opt. Strichabstand 30 ... 45 cm
opt. Arbeitstiefe 8 ... 20 cm

Quelle: LfULG 2011, Untersuchungen zur
Stoppelbearbeitung, Fotos: TU Dresden, Bioland





Oberfläche:

feinere Kluten, signifikante Längsstruktur, starke Mischwirkung

Sohle:

Charakteristische Ausbildung dachförmigen Längsrillen mit seitlichen, schräg ansteigenden Schnittlinien



Parameter:

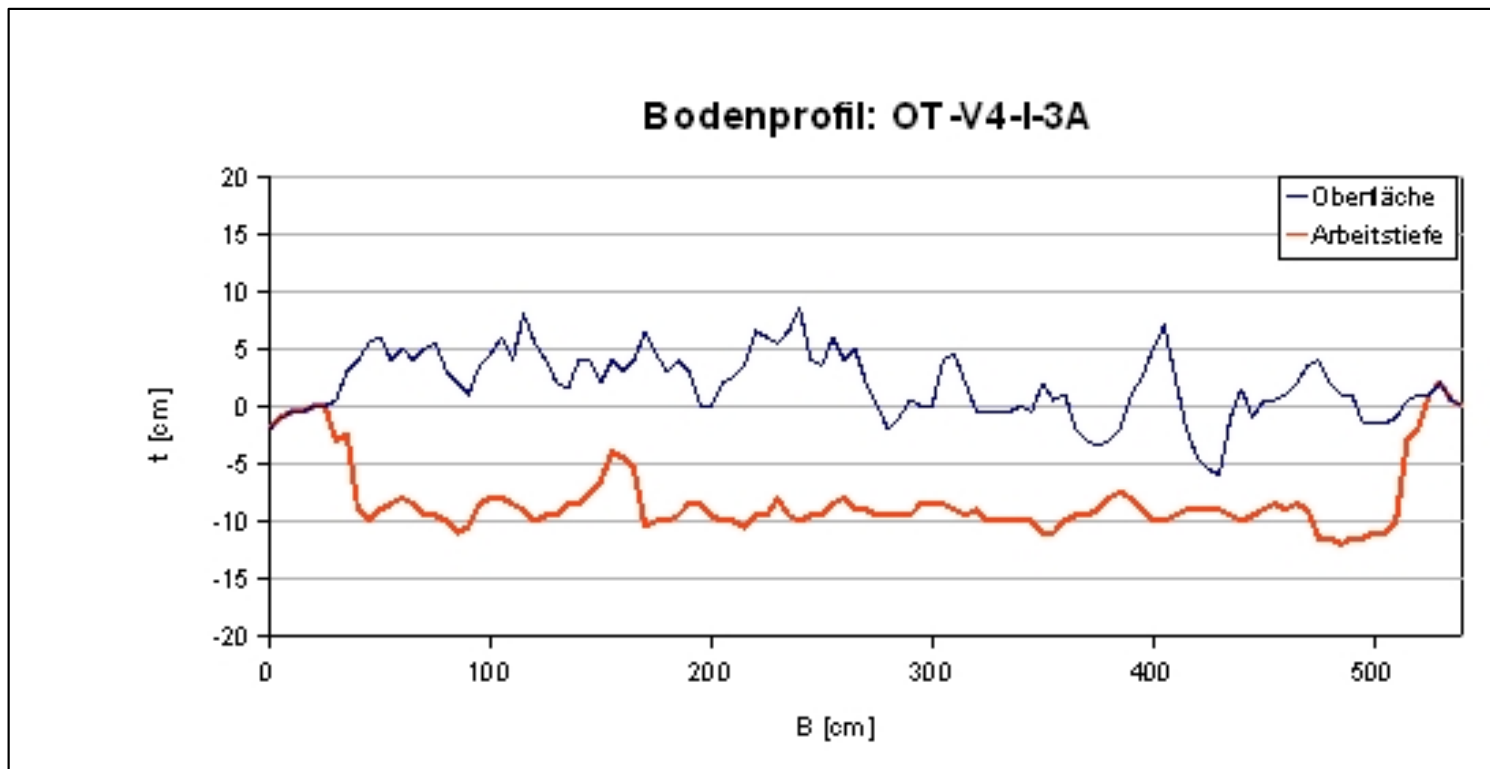
Scharbreite 32 > 50 cm

opt. Strichabstand 30 ... 45 (.. >100) cm

opt. Arbeitstiefe 5 ... 10 (15) cm

Quelle: LfULG 2011, Untersuchungen zur
Stoppelbearbeitung, Fotos: TU Dresden, Bioland





Oberfläche:

Wenig Bodenbewegung, flächiges Anheben, gleichmäßiges Arbeitsbild, geringe Mischwirkung

Sohle:

Nahezu ebene Sohle, ebene Schnittlinien

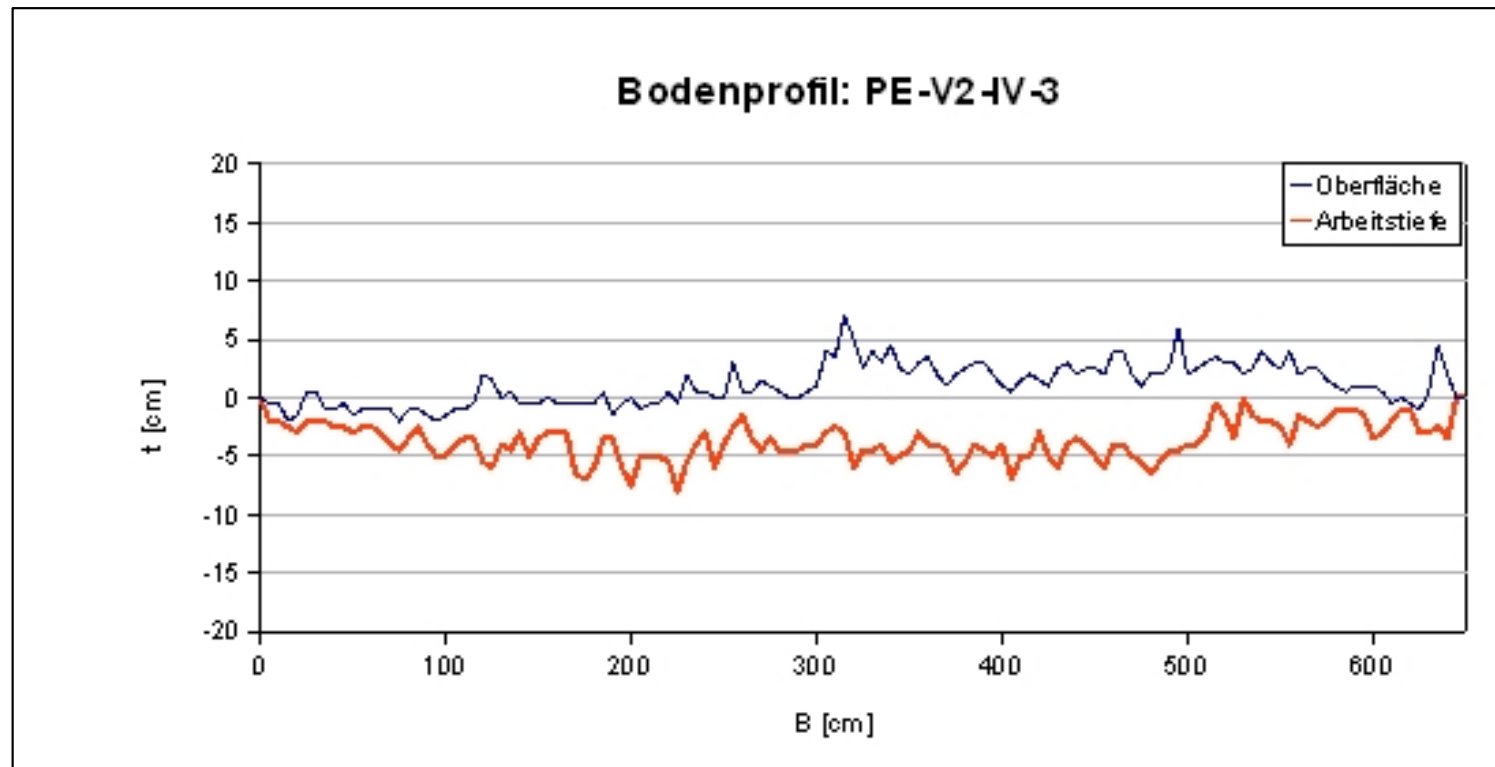
Unter ungünstigen Bedingungen/ großen Spreizwinkeln: Neigung zu Schmiersohlen und zum Schieben von Material, Einzugsverhalten!



Parameter:
Scharbreite 32 > 50 cm
Strichabstand 12 ..15 cm
opt. Arbeitstiefe ... 8 cm

Quelle: LfULG 2011, Untersuchungen zur
Stoppelbearbeitung, Fotos: TU Dresden, Bioland





Oberfläche:

Intensive Bodenbewegung, gleichmäßiges Arbeitsbild, starke Mischwirkung

Sohle:

Starke Rillenbildung, keine Bruchlinienausbildung zur konvexen Scheibenseite, Nahezu ebene Sohle, ebene Schnittlinien

Einzugsverhalten und sicheres Erreichen der Arbeitstiefe bei trockenem Boden; gleichmäßige Arbeitstiefe bei Klappvarianten; ‚Einschmieren‘ bei Nässe, Arbeitstiefe der 1. / 2. Scheibenreihe

Flache (5..8cm), ganzflächige Arbeit zwingt zur exakten Einhaltung der Arbeitstiefe



Quelle: FiBL, K.-
P. Wilbois



Problembereiche:

- Fahrspuren 5 .. 15 cm,
- ‚zäher‘ Bewuchs
- Bodenschadverdichtungen

nahezu unmöglich:

- mit starr am Rahmen geführten Werkzeugen bei langer Bauweise (Schälplflug)
- bei schlechtem Einzugsverhalten (Freiwinkel, Schnittwinkel)
- bei schlechten Schnittbedingungen am Scharflügel (Spreizwinkel), insbesondere bei feuchten, lockeren Böden
- mit großem Gelenkspiel in Klappkinematiken (Aufsattel – Klappgeräte)

- Separate Stützräder der Werkzeugsektionen
- Kurze Bauweisen
- Separat, tiefengeführte Werkzeuge
- Hohe Standzeiten der Werkzeuggeometrie
- Selbstschärfende Schneiden



Quelle: Treffler Präzisions Grubber TG 580 (Werkbild)



Quelle: ROTAPULL - Konzept, TU Dresden, Mohn Manufaktur GmbH



Quelle: Werkzeugführung Kuhn Striger zur Streifenbearbeitung)

Zusammenhang von Zugkraftbedarf; Zuggleistung; Arbeitsgeschwindigkeit

(die Zusammenhänge gelten für das Einzelwerkzeug und das Gesamtgerät)

Bearbeitungsquerschnitt
 b Arbeitsbreite
 t ... Arbeitstiefe

Boden-, Werkzeug-, Geschwindigkeitsabhängige Parameter
 k spez. Bodenwiderstand
 e ... Konst. des dyn. Zuges
 v_f ... Arbeitsgeschwindigkeit

statischer Anteil

dynamischer Anteil

Zugkraftbedarf: $F_z = b \cdot t \cdot (k + e \cdot v_f^2)$ [kN]

Zuggleistung: $P_z = F_z \cdot v$ [kW]

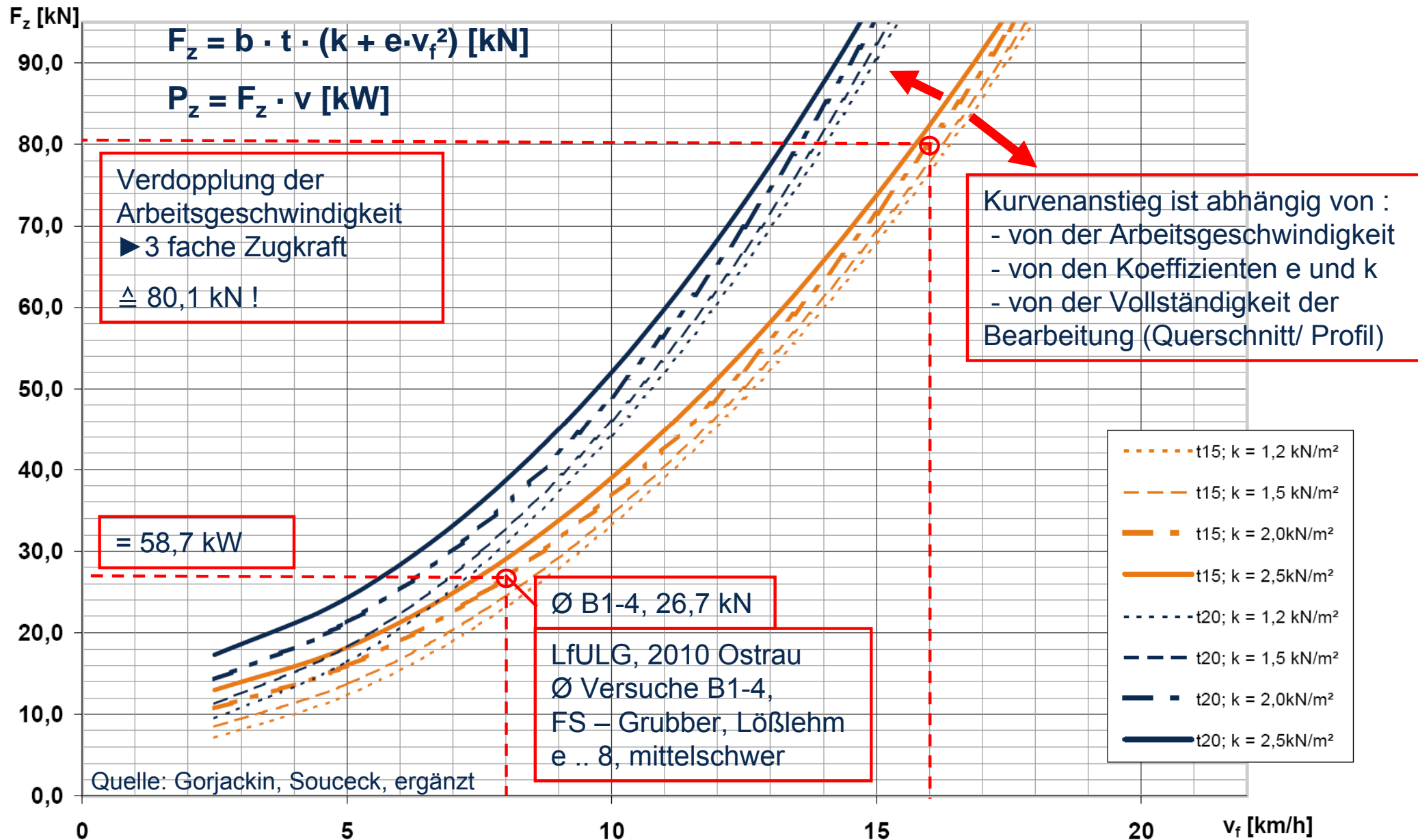
optimale Werkzeugform

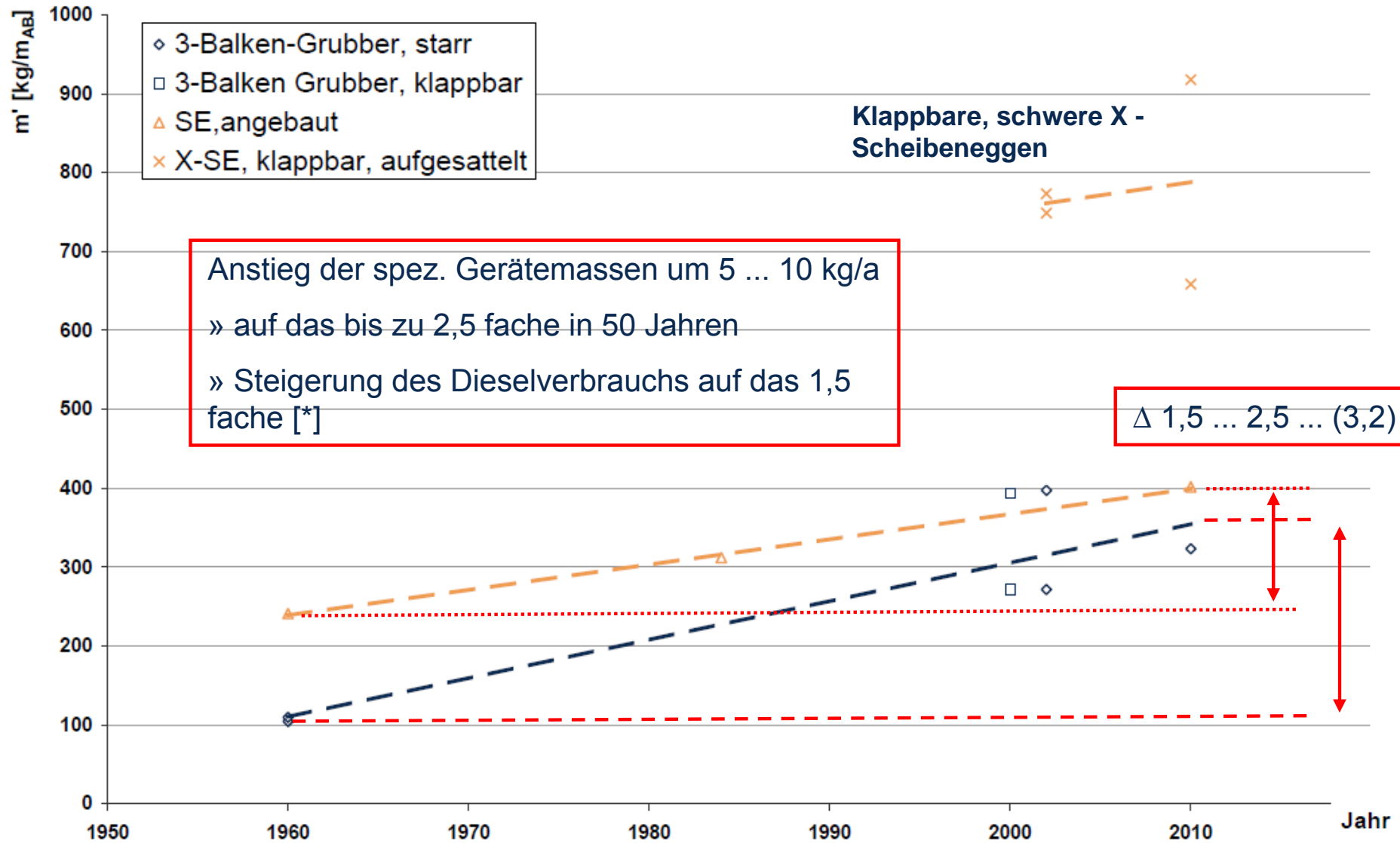
$e = 3 \dots 10 \text{ kNs}^2/\text{m}^4$

Grubber:
 $k = 1,2 \text{ kN/m}^2$
 leichte Böden

$k = 2,5 \text{ kN/m}^2$
 sehr schwere Böden

Bearbeitbarkeit

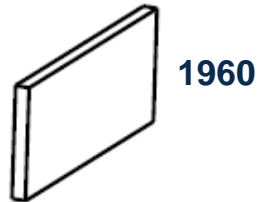




Entwicklung der spezifischen Gerätemassen in den letzten 60 Jahren [eigene Recherchen; * Zugkraftuntersuchungen H. Döll]

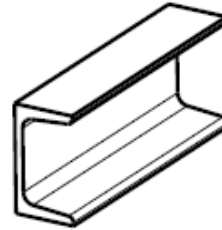
Rahmenprofil

Flachstahl
z. B. Fl 80x10

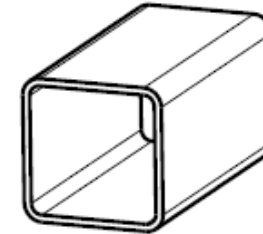


1960

U-Profil warmgew.
z. B. U 80



Hohlprofil
z. B. Vk 100x5



2010

m' [kg/m]

6,28

8,64

14,4

F 2,3

W_b [cm³]

10,6

26,5

54,2

F 5,11

F [%]

100

250

511

Werkstoff

St 37

S 355

R_m [N/mm²]

340

490

F 1,44

**Festigkeitssteigerungen der Tragstrukturen auf das 8 fache
Gewichtszunahme auf das 2,3 fache**

Verfahren

- Erhöhen der Arbeitsbreite statt der Arbeitsgeschwindigkeit zur Erhöhung der Flächenleistung
- Bodenbearbeitung nur so tief wie erforderlich
- Optimaler Bearbeitungszeitpunkt

Technik

- Anpassen der Schargeometrie an das Arbeitsziel (Wechselscharsysteme)
- Funktionstrennung durch Werkzeugsektionen oder angetriebene Werkzeuge
- Variable Werkzeugeinstellung in Abhängigkeit der Arbeitsgeschwindigkeit
- Hohe Standzeit der Werkzeuggeometrie

Suche nach Lösungen zu langer Standzeit der Scharkontur



Vorteile:

- geringerer Zugkraftbedarf im Lebenszyklus
- beibehalten der eingestellten Arbeitstiefe
- geringere Neigung zur Sohlenbildung
- weniger Rüstzeit/ Stillstandszeit

Kosten - Nutzen:

- Heute etwa 7fache Standzeit bei
- etwa 4-5fachem Anschaffungspreis

- Auftragsschweißung von Hartstoffschichten zur Reparatur
- Hartmetallwerkzeuge sind nur bei völliger Neukonstruktion der Wirkpaarung Grundkörper, HM – Auflage leistungsfähig
- Veränderte Grundkörper sind in Bezug auf die Arbeitsweise nicht erforscht, Herstellern fehlen die Möglichkeiten
- Masseoptimierung/ Selbstschärfeffekt bleiben als Problem

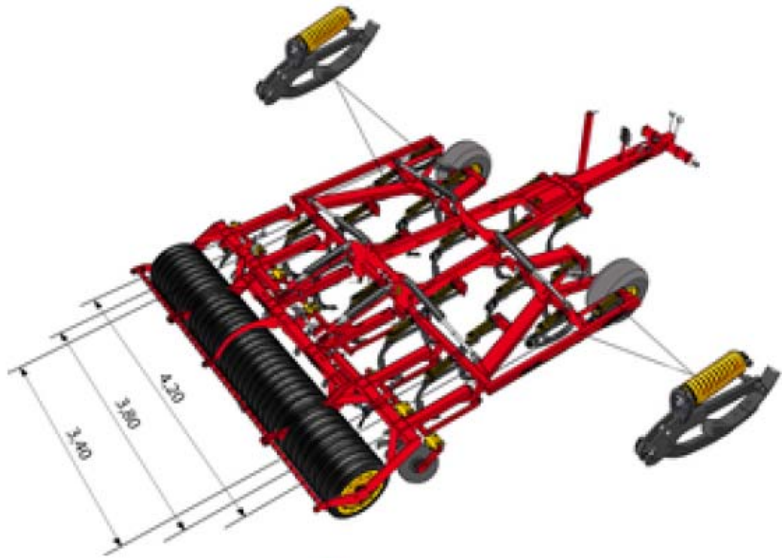


Quelle: Werkbild Betek



Quelle: Entwicklungsmuster Hartmetallapplikation, Werkbild Betek

- Arbeitsziel bestimmt die Werkzeugauswahl (Grubberschar)
- Flache Schnittwinkel am Schar (z. B. Gänsefuß-, TL-Schare) haben geringeren Einfluß auf den DK Mehrverbrauch bei steigender Arbeitsgeschwindigkeit
- Werkzeugfehlstellungen (z.B. seitliches Verschieben der Scheibensegmente bei Kurzscheibeneggen) führen unweigerlich zu Schrägzug
- Verdopplung der Arbeitsbreite statt Verdopplung der Arbeitsgeschwindigkeit = DK Einsparung von $\approx 30\%$
- Anpassung der Gerätearbeitsbreite (-tiefe) an des Zugvermögen des Traktors äußerst sinnvoll
- Werkzeugverschleiß nimmt mit der Arbeitsgeschwindigkeit progressiv zu



- Arbeit mit eingeklappten Grubberseitenteilen in schweren Böden (z.B. Köckerling Quadro)
- Verdoppeln des Strichabstandes bei tiefer Bearbeitung schwerer Böden (Väderstad Cultus)



Foto: TU Dresden

Beispiel Kurzscheibenegge:

Die hintere Scheibenreihe muss exakt in der Mitte der Vorderen (auf Lücke) laufen um auftretende Seitenkräfte zu kompensieren



Quelle: Väderstad

Die Möglichkeiten heutiger BB-Systeme sind begrenzt.

Die Entwicklung moderner, energiesparender Werkzeugkonzepte und Gerätesysteme für die Bodenbearbeitung ist zwingend, da sich Rahmenbedingungen ändern und Anforderungen steigen.

Herausforderungen:

- Interdisziplinäre, vernetzte FuE Arbeiten (Landwirte, Geräte-, Werkzeughersteller, Forschungseinrichtungen)
- Gemeinsame Ressourcennutzung (Labore, Feldtests,..)
- Wiederaufnahme der Grundlagenforschung im Bereich der Bodenbearbeitung unter Nutzung heutiger Möglichkeiten (numerische Simulation, optische High-Speed Analysen, ...)

Hemmnisse:

- Geringe Vernetzung der Herstellern von BB-technik bei unvergleichbar hoher Herstellerzahl (EU über 100)
- Förderpolitische Unmöglichkeit der Kombination von Landwirtschaftsforschung und Technologieentwicklung

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit und Erfolg bei der standortgerechten Bodenbearbeitung!

