

Zuckerrübe

LT3 - Wintersemester 2025/26

Prof. Dr. Carl-Philipp Federolf

06.10.2025

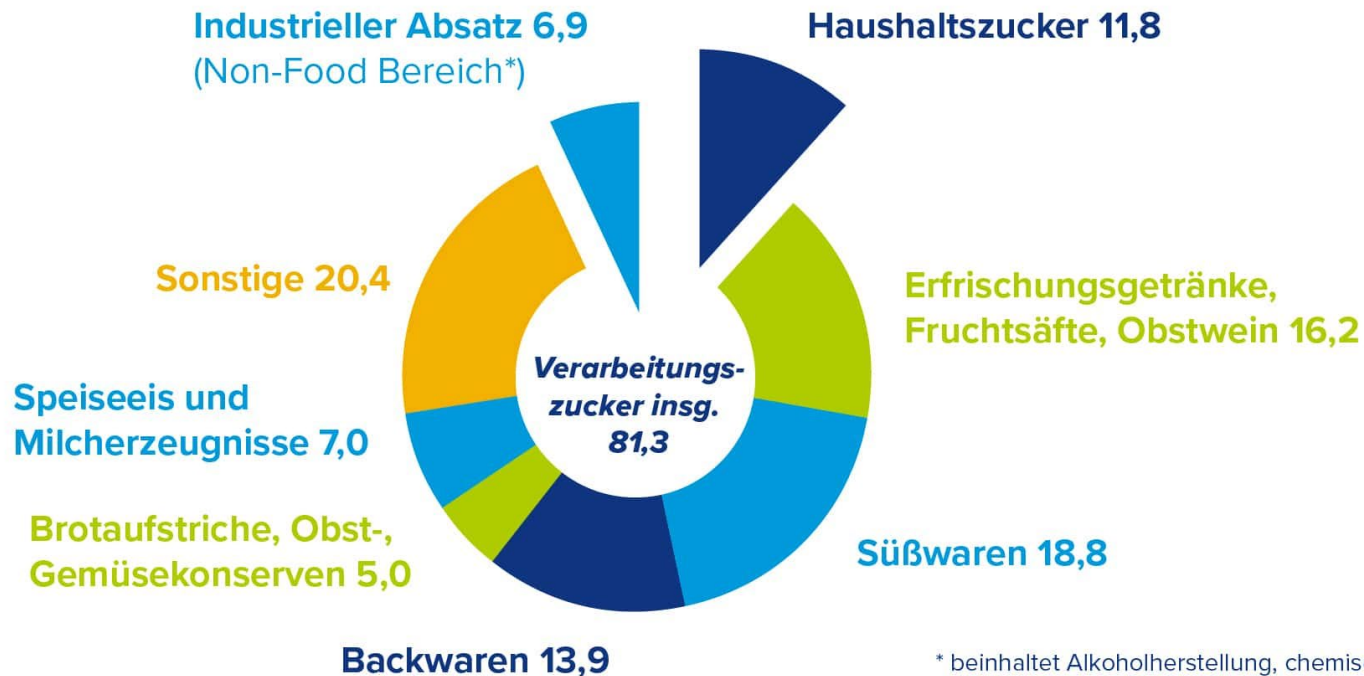
Herkunft der Beta-Rübe

- Ursprungs-Region:
 - zwischen Kaspischem Meer und dem Kaukasus
 - Küstenregionen des Schwarzen Meers
- Genetische Herkunft
 - primitive Blattrüben und Formen mit verdickter Wurzel
 - diese werden ab dem 16. & 17. Jahrhundert „züchterisch“ bearbeitet und es entsteht der Nordwest-Europäische sekundäre Genpool dieser beinhaltet
 - Blattrüben wie Mangold
 - Wurzelrüben
 - Zuckerrübe (ab dem 18. Jhd.) – Andreas Sigismund Marggraf Massenauslese □ weißen schlesischen Futterrübe (Franz Carl Achard)
 - Runkelrüben (ab dem 18. Jhd.) z.B. Futterrüben
 - Speiserüben (ab dem 19. Jhd.) z.B. Rote Beete

Zuckerrübe: Verwertung

INLANDSABSATZ NACH EMPFANGERGRUPPEN 2021/22

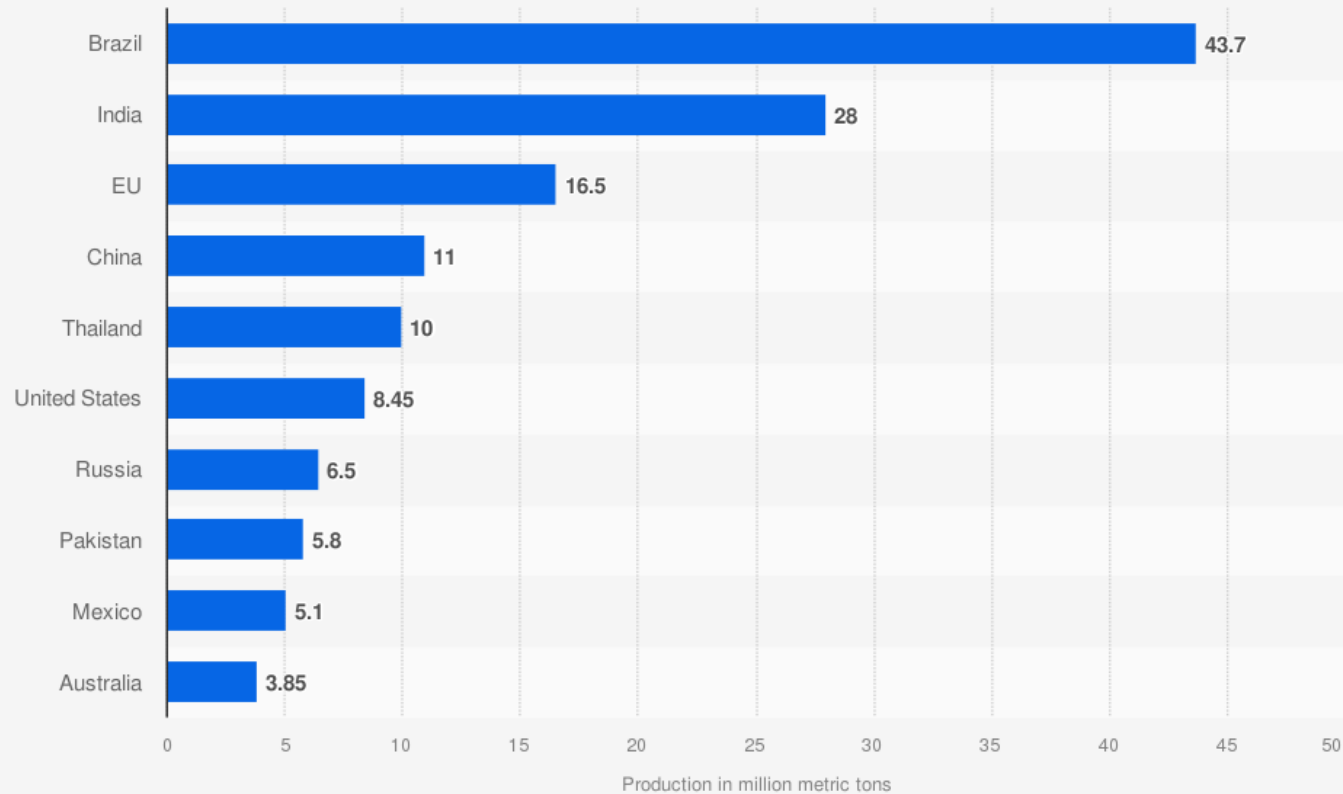
– in % –



* beinhaltet Alkoholherstellung, chemische und pharmazeutische Produkte

Quelle: www.zuckerverbaende.de/

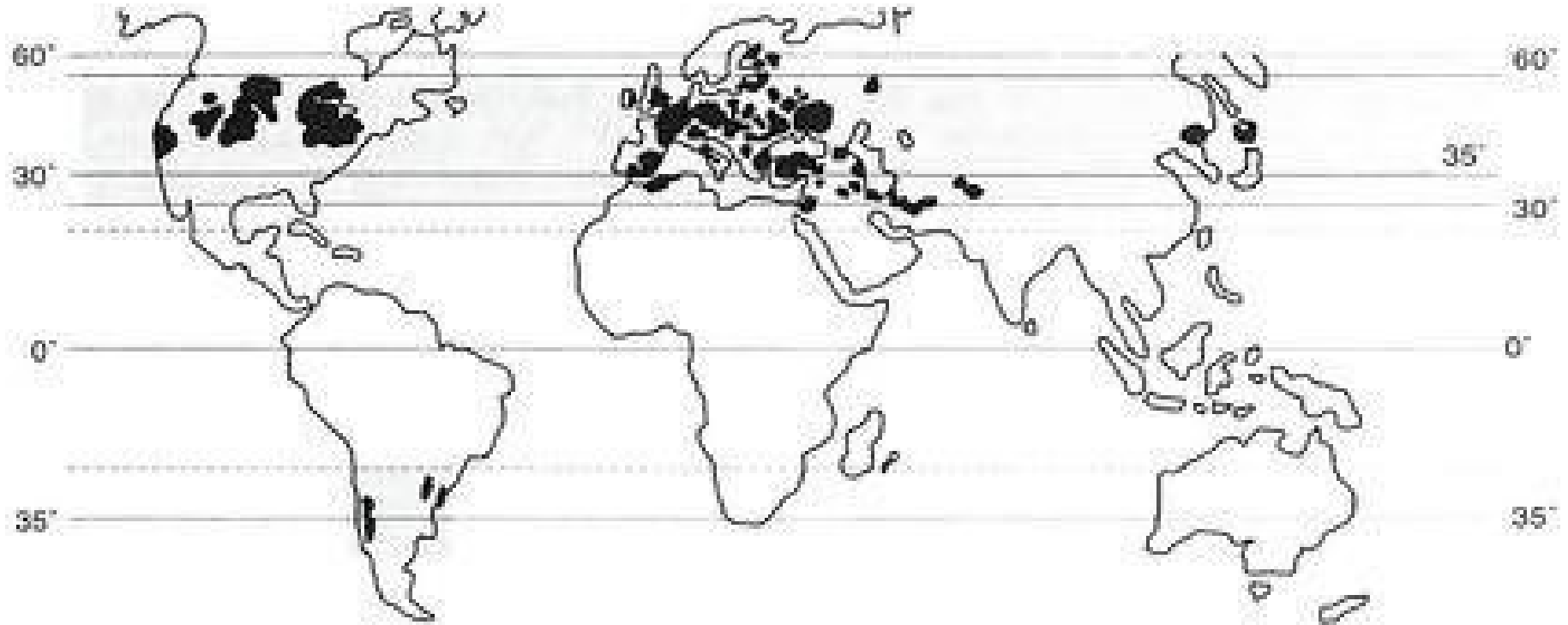
Sugar production worldwide in 2024/25, by leading country (in million metric tons)*



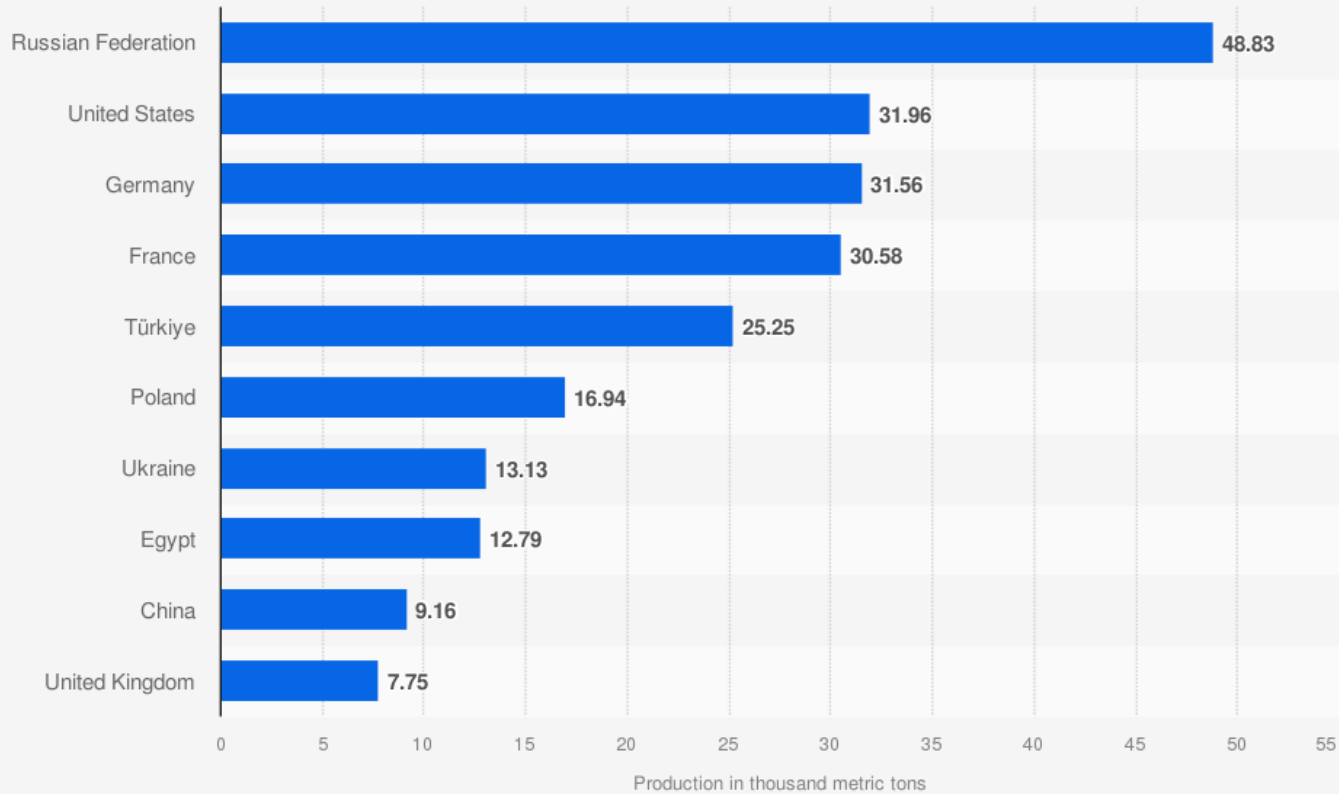
Source
US Department of Agriculture
© Statista 2025

Additional Information:
Worldwide; US Department of Agriculture; Marketing year 2024/2025

Anbauregionen - weltweit



Leading sugar beet producers worldwide in 2023, based on production volume (in million metric tons)



Source

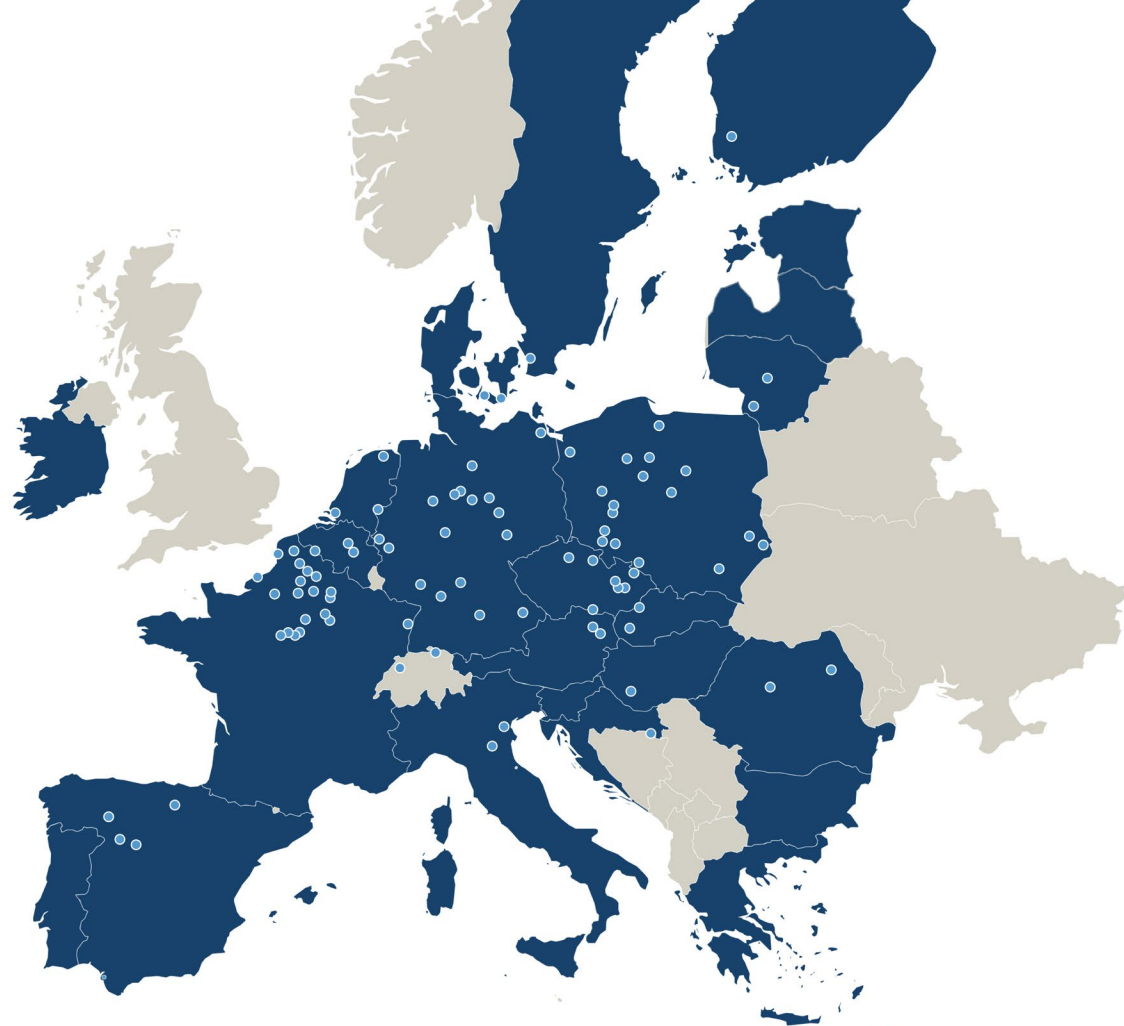
FAO

© Statista 2025

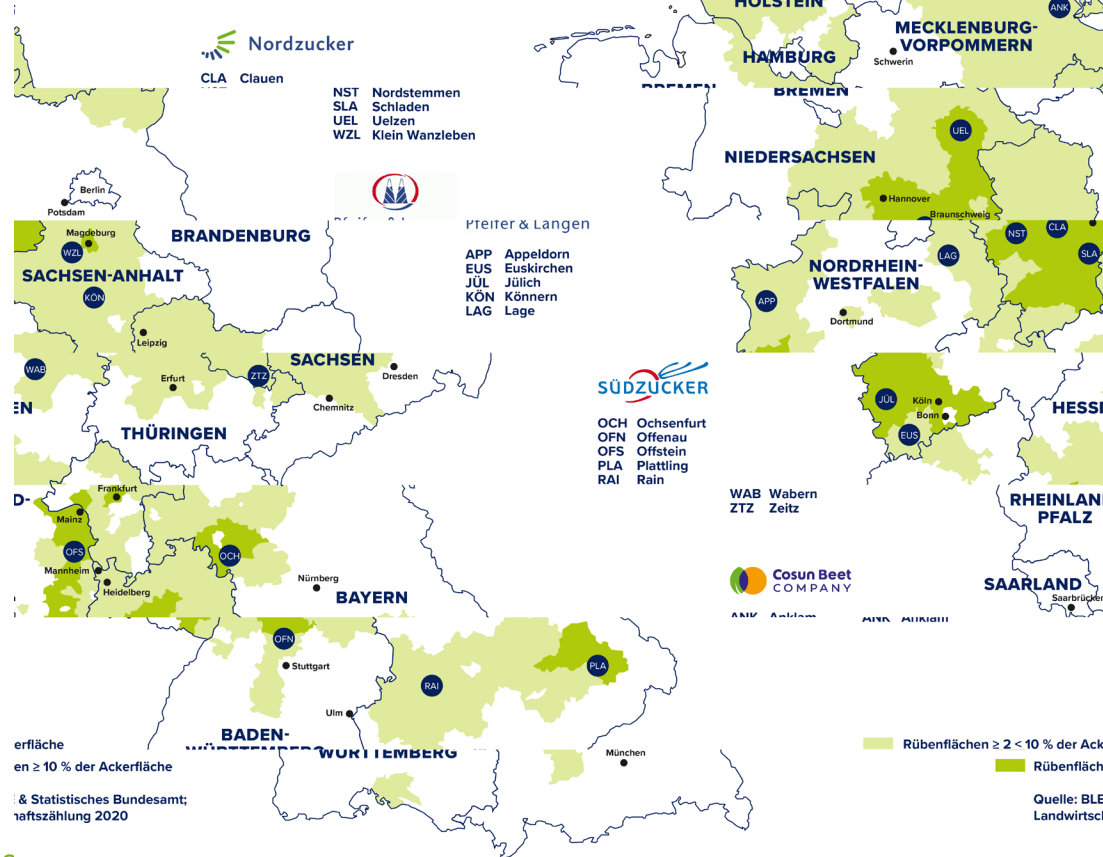
Additional Information:

Worldwide; FAO; 2023; Data accessed on February 6, 2025



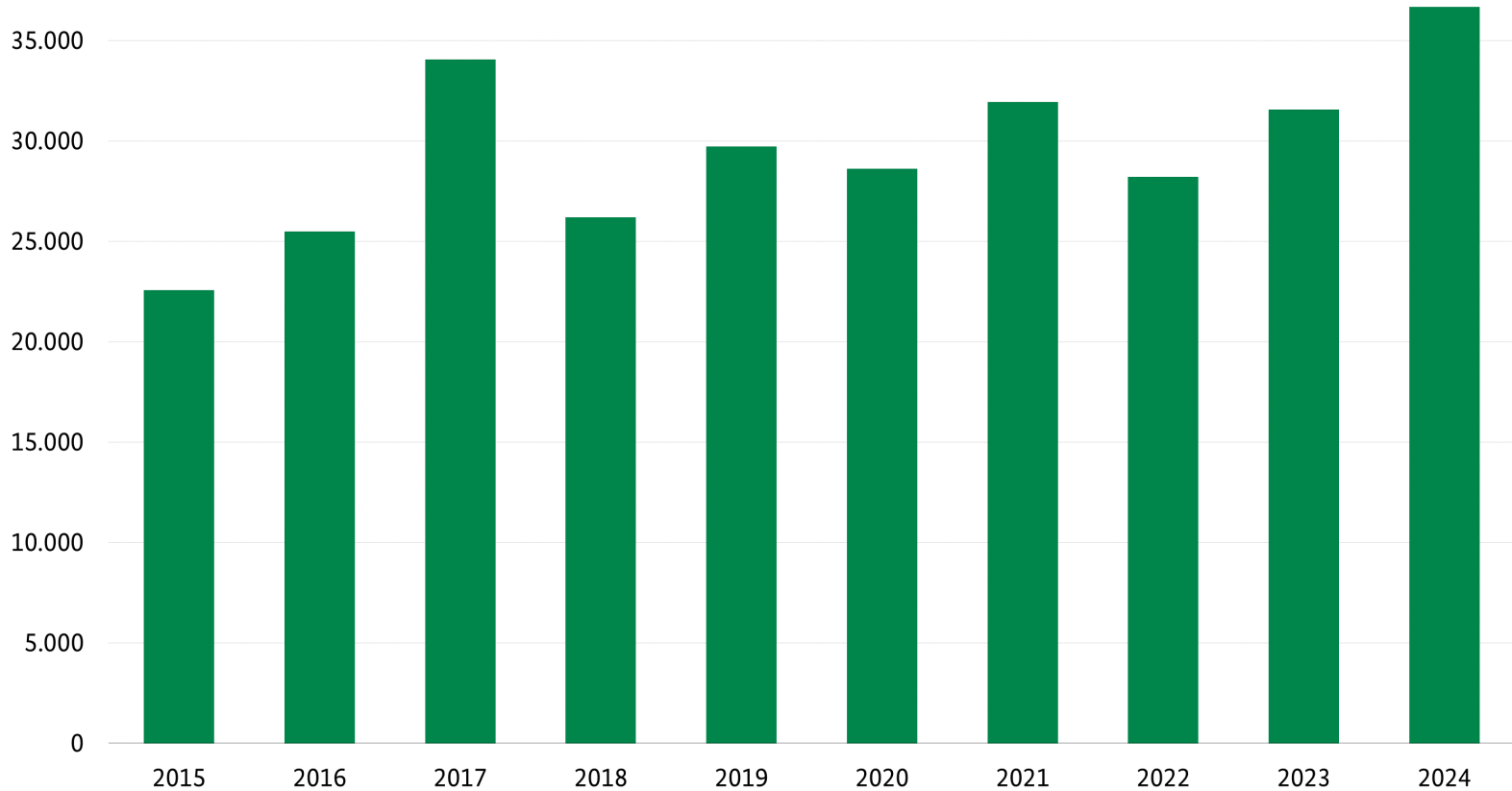


Standorte des Zuckerrübenanbaus und der Zuckerfabriken in Deutschland



Erntemenge von Zuckerrüben in Deutschland

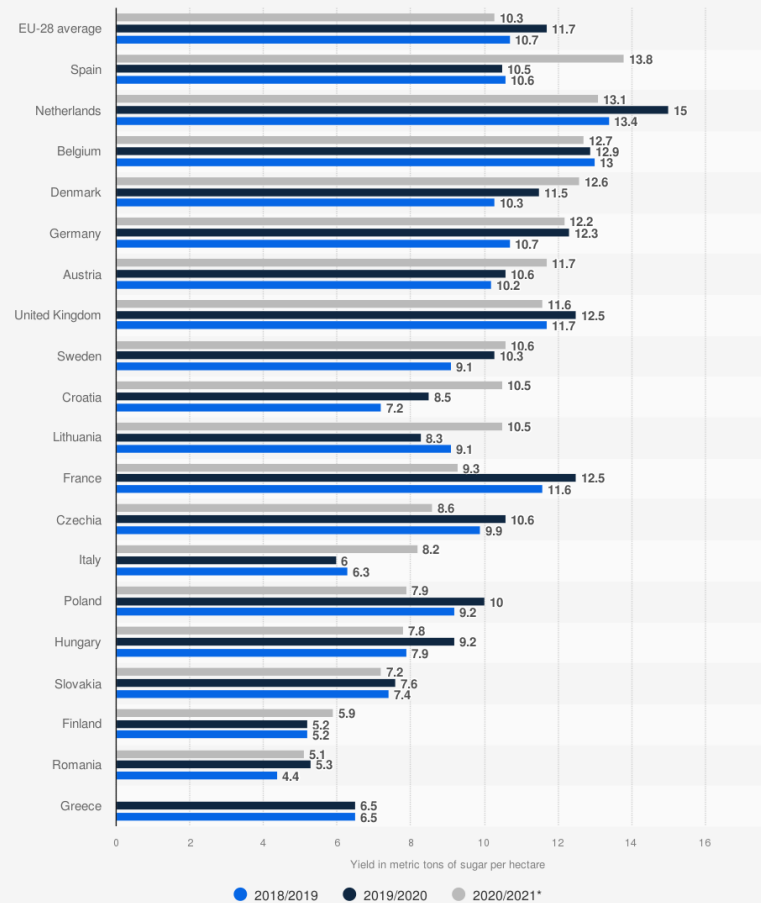
In 1.000 Tonnen



Quelle: BMEL-Statistik

Quelle: Statistisches Bundesamt: Genesis-Online 41241-0005 (Stand: 20.01.2025).

Average yield of sugar from beets in selected European countries in 2018/2019 and 2020/2021 (in metric tons of sugar per hectare)*



Source
European Commission
© Statista 2025

Additional Information:
Europe, European Commission; 2018/2019 to 2020/2021*

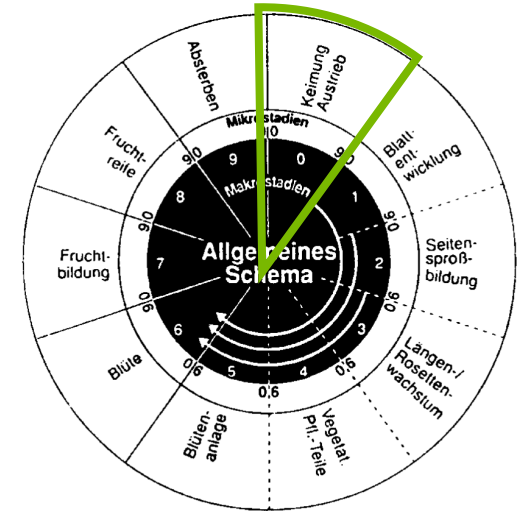
Biologie/Morphologie - Beta vulgaris

- Gattung Beta - Gänsefußgewächse (Chenopodiaceae)
- zweijährige, fremdbefruchtende Pflanze
 - Erstes Jahr Blattrosette + Rübenkörper → technologische Reife
EC 49
 - Zweites Jahr Samenträger

BBCH-Codierung der phänologischen Entwicklungsstadien der Beta-Rüben

Makrostadium 0: Keimung

- 00 Trockener Samen
- 01 Quellung: Beginn der Wasseraufnahme des Samens
- 03 Ende der Samenquellung: Samenschale geöffnet;
ggf. Pille geplatzt
- 05 Keimwurzel aus dem Samen bzw. der Pille ausgetreten
- 07 Keimspross aus dem Samen bzw. der Pille ausgetreten
- 09 Auflaufen: Keimspross durchbricht Bodenoberfläche

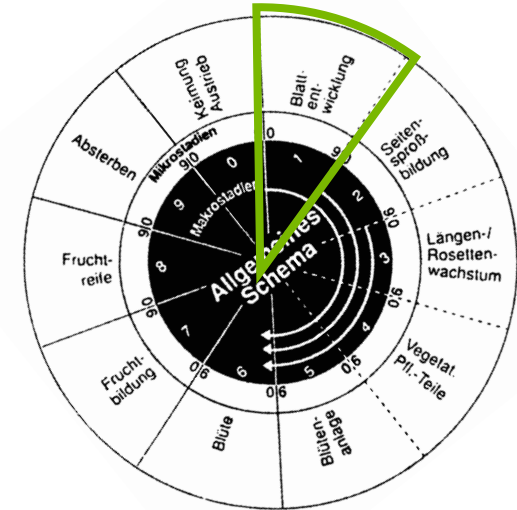


BBCH-Codierung der phänologischen Entwicklungsstadien der Beta-Rüben

Makrostadium 1: Blattentwicklung (Jugendentwicklung)

10 Keimblattstadium: Keimblätter waagrecht entfaltet;

- 1. Laubblatt stecknadelkopfgross
- 11 1. Laubblatt deutlich sichtbar, erbsengross
- 12 2 Laubblätter (1. Blattpaar) entfaltet
- 14 4 Laubblätter (2. Blattpaar) entfaltet
- 15 5 Laubblätter entfaltet
-
- 19 9 und mehr Laubblätter entfaltet



BBCH-Codierung der phänologischen Entwicklungsstadien der Beta-Rüben

Makrostadium 3: Rosettenwachstum (Schliessen des Bestandes)

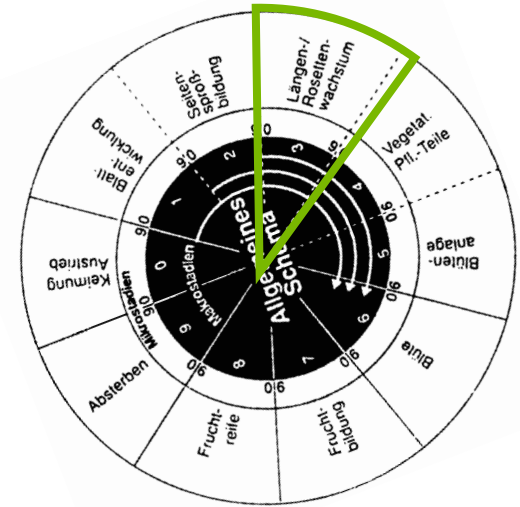
31 Beginn Bestandesschluss: 10% der Pflanzen benachbarter Reihen berühren sich

32 20% der Pflanzen benachbarter Reihen berühren sich

33 30% der Pflanzen benachbarter Reihen berühren sich

■ ■ ■ ■ ■ ■

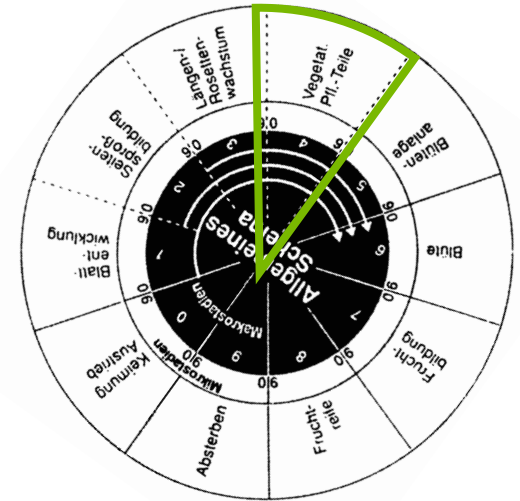
39 Bestandesschluss: über 90% der Pflanzen benachbarter Reihen berühren sich



BBCH-Codierung der phänologischen Entwicklungsstadien der Beta-Rüben

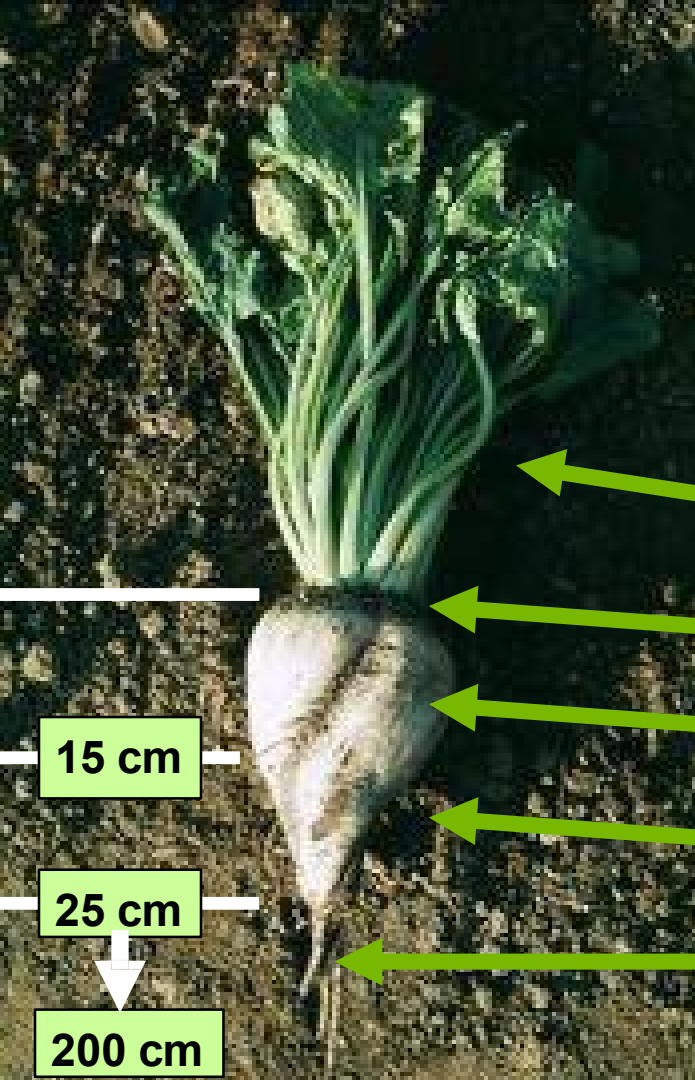
Makrostadium 4: Entwicklung vegetativer Pflanzenteile – Rübenkörper

49 Rübenkörper hat erntefähige Grösse erreicht



Morphologie des Rübenkörpers

Wasserbedarf:
50 l je Rübe



Blattapparat

Rübenkopf = Epikotyl

Rübenkörper = Hypokotyl

Faserwurzel = Nährstoffaufnahme

Pfahlwurzel = Wasseraufnahme



Morphologie des Rübenkörpers

Blatt:

Optimal: 0,5 m² Blattfläche/Rübe

= 300 g Frischmasse

= 40 g Trockenmasse

= 20-30 Blätter/Rübe

Rübenkörper

800 - 1200 g Frischmasse

200 - 300 g Trockenmasse

160 - 240 g Zucker

650 - 1000 cm³ Volumen

Einflussfaktoren auf den Rübenenertrag

- Zeitraum Feldaufgang bis Reihenschluss entscheidend
- schneller Feldaufgang
- Strahlung + Temperatur ab Feldaufgang
- Temperatursumme Feldaufgang - Ernte
- ausreichende Wasserversorgung im Spätsommer/Herbst

Einflussfaktoren auf den Zuckergehalt

- Strahlung August - Oktober
- Blattlebensdauer der produktivsten Blätter
- geringe Blattneubildung im September/Oktober
- starker Einfluss der Blattgesundheit
- hohe Borversorgung

Zuckerrüben in der Fruchtfolge

Zuckerertrag

5-jähriger Anbau	13,8 t/ha = 100 %
4-jähriger Anbau	13,1 t/ha = 94 %
3-jähriger Anbau	12,2 t/ha = 88 %
2-jähriger Anbau	8,8 t/ha = 63 %

Erträge fallen in Trockenjahren stärker ab!

Ursachen für Ertragsrückgang

- Nematoden
- Rhizoctonia (in Mais-, Kartoffelfruchtfolgen)
- Bakterien im Boden
- Bodenverdichtungen durch Rübenernte
- abfallende Nährstoffversorgung (Kalium)

Rhizoctonia-Augenfleck



Rhizoctonia solani – Boniturschema Buddemeyer



Rhizoctonia solani – Zuckerrübenversuch



Rhizoctonia - Rübenfäule

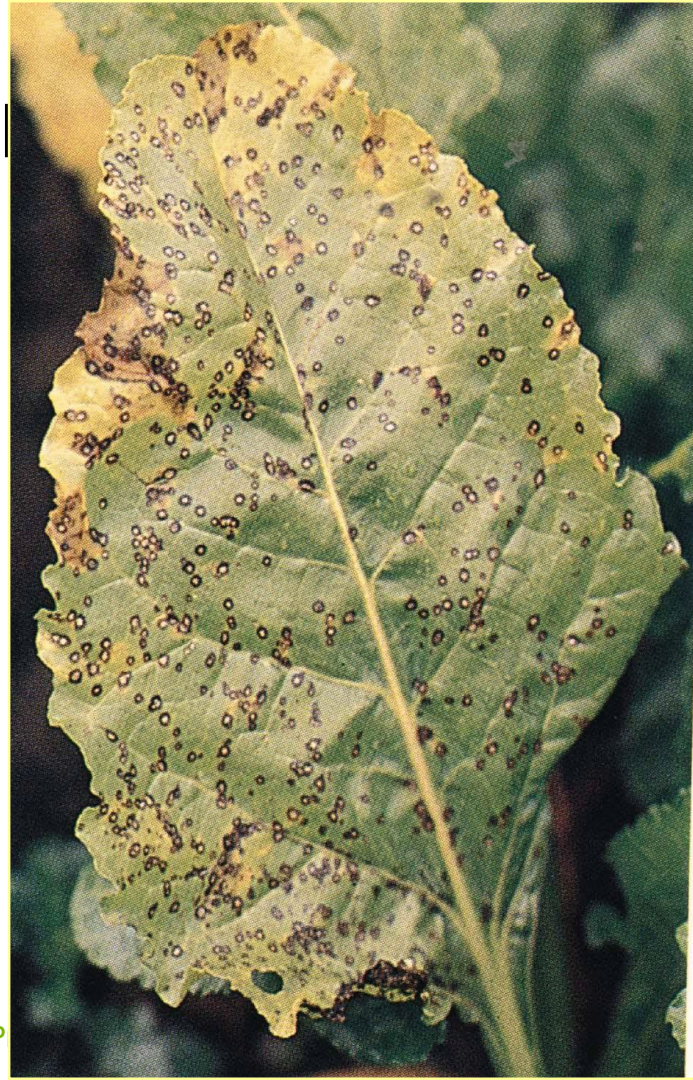


Bild: F.Kornis N.U. Agrar GmbH



Blattfleckenkrankheit an Zuckerrübe

- Auf älteren Blättern kleine, runde nekrotische Flecken, die scharf abgegrenzt sind



Blattfleckenkrankheit an Zuckerrüben

Bekämpfung

- Resistente Sorten wählen
- Pflanzenrückstände einarbeiten
- Fungizidbehandlung ABER Achtung: Resistenzentwicklung des Erregers gegenüber bestimmten Fungiziden.

Mehltau



Dr. Carl-Philipp Federolf

Rübenmotte





Bild: FKornis N.U. Agrar GmbH

Bodenbürtige Wurzelkrankheiten

Maßnahme	Rizomania	Rhizoctonia	Gürtelschorf	Macrophomina
Übertragung	Polymyxa betae	Rh. solani	Aphanomyces c.	M. phaseolina
Fruchtfolge	(+)	+++	++	+
Sorte	+++++	+++	+	?
Boden- bearbeitung	-	+	++	?
Sanierung	-	-	Kalk	Kalzium, Kali
Kalkstickstoff	-	+	+	++
Fungizidbeizung	?	? [Sedaxane?]	-	? [Sedaxane]
Fungizid- spritzung	-	-	?	-

Vermeidung von Fruchtfolgeschäden in Zuckerrübenfruchtfolgen

- längere Anbaupausen (4-jährig)
- keine nichtresistenten Kreuzblütler in der Fruchtfolge
- Verunkrautung mit Chenopodiaceae vermeiden
- Anbau nematodenresistenter Zwischenfrüchte
- Rhizoctonia durch Mais und Kartoffel in der Fruchtfolge
- Sortenwahl:
 - nematodenresistente Sorten
 - rhizoctoniaresistente Sorten

Aussaat

Vorbereitung:

- Vorfrucht – i.d.R. Wintergetreide
- Zwischenfrucht:
 - Nematodenresistent?
- Grundbodenbearbeitung i.d.R. im Winter / zur Zwischenfrucht
- Im Frühjahr **nur** flache Saatbettbereitung:
 - Schnelle Erwärmung und gleichmäßiger Feldaufgang
 - Schonung Bodenwasser
 - Reduzierte Mineralisierung
 - Mulch

Grundvoraussetzungen für die Aussaat

- Boden nicht durch zu viel Bearbeitung austrocknen lassen: Rüben müssen auch **ohne Regen** nach der Saat auflaufen können
 - Verschlämmungsrisiko begrenzen
 - Kalium schon im Sommer düngen
 - Oberfläche nicht zu fein bearbeiten
 - organische Rückstände an der Oberfläche belassen
 - Saatbeet rückverfestigen
- ausgefrorene Böden vor der Saat Struktur geben (rückverfestigen)
- Saatgut in den feuchten Boden legen -> Anschluss an Kapillarität sicherstellen
- scharfe Schare und Druckrollen
- langsam drillen

Porenvolumen im Oberboden ausreichend?



Porenvolumen nicht ausreichend!



Bild: G.Hogrefe N.U. Agrar GmbH

Gleichmäßige Ablage



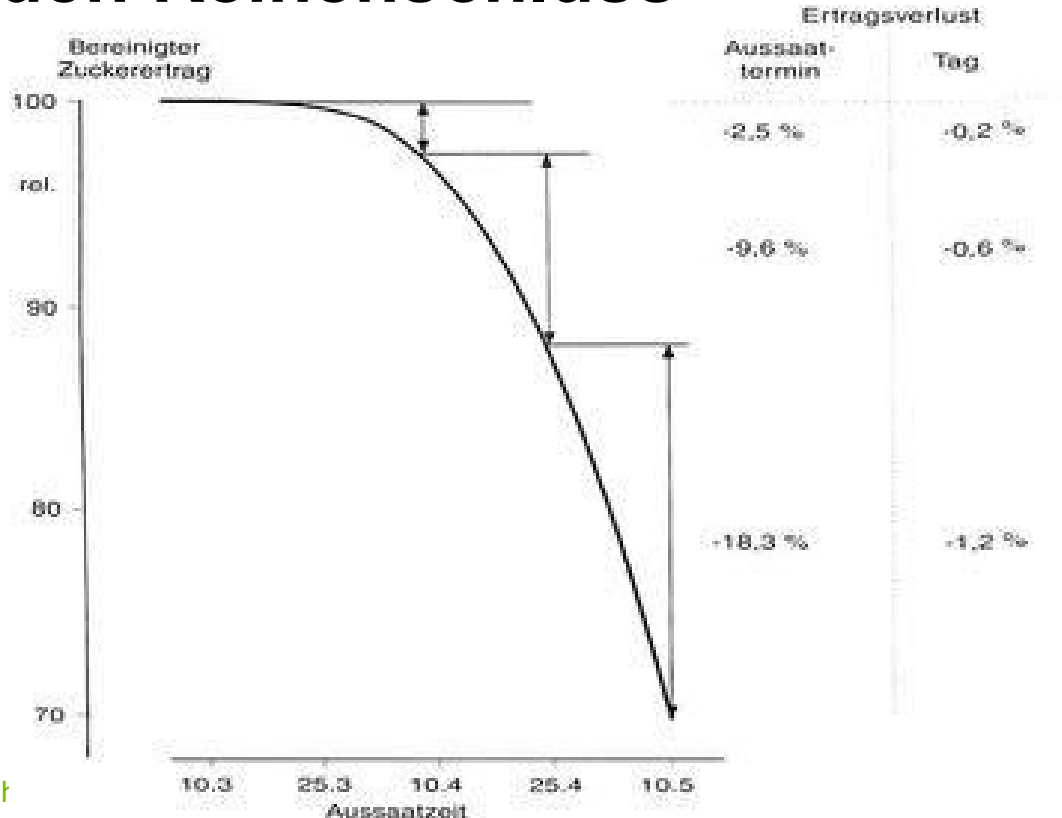
Bild: FKornis N.U. Agrar GmbH

Gleichmäßige Ablage



Bild: Ekomis N.U. Agrar GmbH

Einfluss des Aussaattermins auf den Ertrag und den Reihenschluss



Ahnsen 1980-1985, Mährländer 1991

Einfluss des Aussaattermins auf den Ertrag und den Reihenschluss

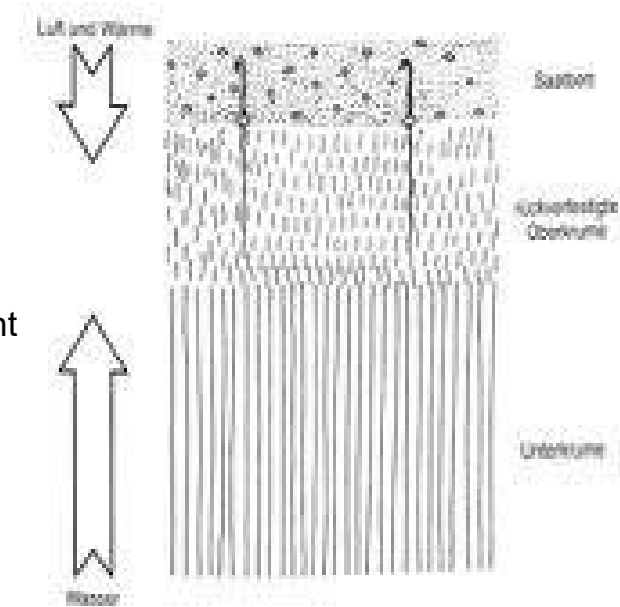
Jahr	Saatzeit	Reihenschluss	Tage bis Reihenschluss	Zuckerertrag t ha ⁻¹
2009	12.04.	08.06.	57	14,4
2008	29.04.	19.06.	51	13,1
2008	10.04.	21.06.	72	11,3
2006	04.05.	02.07.	50	10,8

Monat	Anteil der Globalstrahlung eines Monats am Gesamtjahr
Mai	15 %
Juni	15 %
Juli	15 %
August	13 %
September	9 %
Oktober	5 %

W. U. Agrar 1 Tag früherer Reihenschluss wirkt genau so wie eine 5 Tage spätere Ernte

Keimung

- Keimung je nach Genetik zwischen (2 und) 8°C
 - optimale Keimtemperatur: 20 – 25 °C
 - Keimverzögerung ab: 30 °C
- Temperatursumme bis Feldaufgang 140° Tage - diese werden erreicht wenn
 - Keimwasserbedarf 1,2 – 1,5 fache Menge des Pillengewichts
 - Sauerstoffversorgung
 - keine Verschlämmungen vorhanden sind
- Rübensamen darf nicht im Wasser liegen
 - zu Beginn des Quellens des Samens wird der Samen durch die Basalpore mit Luft und Wasser versorgt
 - ist diese mit Wasser gefüllt, droht das Ersticken des Keimlings



Blattbildungsphase

- mit Beginn des Austriebs des ersten Laubblattpaars setzt das Dickenwachstum der Wurzel ein
- die Lichtintensität bestimmt die Geschwindigkeit der Blattbildung
 - höhere Wachstumsrate
 - schnellere Blattbildung
 - zeitiger Reihenschluss
- Temperaturen unter 17 °C begünstigen das Blattwachstum
- das intensive Dickenwachstum der Rübe setzt nach der Ausbildung der ersten 5-6 Blattpaare ein
- bis dahin hat die ca. 1 cm dicke Rübe aber schon 6 Kambium-Ringe angelegt

Kambium-Ringe



Einfluss der Temperatur auf das Wachstum der Zuckerrübe

- hohe Temperaturen während des Feldaufgangs und der Jugendentwicklung
 - höhere Blattbildungsrate 1 Phylochron = 2 Blätter benötigen 140 – 160 °C Tage
 - schneller Reihenschluss 8 – 10 –Blattstadium 700 – 800 °C Tage
 - Anlage von mehr Kambium-Ringen
 - höhere Speicherkapazität für Zucker besseres Rüben : Blatt – Verhältnis

Einfluss der Temperatur auf das Wachstum der Zuckerrübe

- hohe Temperaturen während der Hauptwachstums-Phase
 - Anstieg des Ethylen-Pegels
 - schnellere Blattalterung
 - gesteigertes Risiko gegenüber Trockenstress
 - Transpiration zur Kühlung der Blätter
- niedrige Temperaturen ($< 16\text{ °C}$) in der Hauptwachstums-Phase
 - höherer Blattanteil
 - höhere Zuckerkonzentrationen in den Blättern
 - geringe Sink-Kapazität der Rübe

Einfluss der Temperatur auf das Wachstum der Zuckerrübe

- große Differenz der Tag- und Nachttemperaturen in der Hauptwachstums-Phase
 - höhere Netto-Assimilation
 - in kühlen Nächten ist die Respiration geringer
 - geringerer Energieverbrauch
 - höhere Zuckerkonzentration in der Rübe

Düngung

Stickstoffdüngung

- Stickstoff muss früh zur Verfügung stehen;
 - Nitrat-Mindestkonzentration 75 ppm
- hohe Stickstoffgaben verschlechtern Blatt/Rübe-Verhältnis
- späte Mineralisation verschlechtert die Qualität
- hohe Stickstoffgaben negativ für die Qualität der Rübe
- Stickstoff-Aufnahme aus unterem Krumbereich

Stickstoffdüngung

- Stickstoffdünger früh einsetzen
- bevorzugt Ammonium- bzw. Amid-Dünger verwenden
- N-Düngung an der unteren Grenze halten, um nicht zu viel Blatt zu produzieren
- Düngung vor der Saat einarbeiten
- Kopfdüngung nur auf sandigen Böden + Wasser
- eventuell 15 bis 20 kg/ha N über das Blatt applizieren

N-Aufnahme (kg/ha N)	(Pflanzen je m² x 8) + (Ertrag (t/ha) x 1,5)
+ Rest-N (Wurzelraum)	abhängig von Bodenart und Bodenfeuchte (40 bis 80 kg/ha N)
N-Bedarf	Abhängig von Blattmasse und Ertragserwartung
- N _{min} (0 – 60/90 cm)	zu Vegetationsbeginn gemessener Bodenvorrat im Wurzelraum
- N _{mob}	N-Nachlieferung Boden + Vorfrucht in Abhängigkeit von Bodenstruktur
- N _{mob} org. Düngung	abhängig von Termin der Ausbringung, im Frühjahr nur NH ₄
N - Düngungsbedarf	<i>Für Blattbildung und Ausbildung des Rübenkörpers</i>
<i>minus NH₄ aus org. Düngung</i>	Ausbringung im Frühjahr vor der Saat
<i>Mineralische N Düngung</i>	<i>N- Düngung vor der Saat einarbeiten Amid-Dünger</i>

Faktor	Zu- und Abschläge
Basisertrag (650 dt/ha)	170 kg N/ha
Ertragsdifferenz (850 dt/ha) +100 dt/ha → +10 kg N/ha -100 dt/ha → -15 kg N/ha	+20 kg N/ha
N _{min} -Vorrat im Frühjahr (Bodenprobe/Durchschnittswerte)	-40 kg N/ha
N-Nachlieferung aus org. Düngung im Vorjahr (10 % von Gesamt-N) (60 kg N/ha aus Gärrest)	-6 kg N/ha
Humusgehalt (<4,0 %) (2,9 % Humus)	0 kg N/ha
Vorfruchtwert (Getreide)	0 kg N/ha
Zwischenfrucht (Leguminose, abgefroren)	-10 kg N/ha
N-Düngebedarf	134 kg N/ha

Quelle: [Nordzucker](#)

Nährstoffbedarf der Zuckerrübe P und K

Rübe – Rübenkörper

P_2O_5 1,0 kg/t Ertrag
 K_2O 2,5 kg/t Ertrag

Blatt – Blattmasse

P_2O_5 0,8 kg/t Ertrag
 K_2O 5,0 kg/t Ertrag

Rübe–Blatt – Verhältnis: 0,7

Beispiel

85 t/ha Ertrag → 60 t/ha Blattmasse

Rübe – 85 t/ha

P_2O_5 85 kg
 K_2O 210 kg

Blatt – 60 t/ha

P_2O_5 48 kg
 K_2O 300 kg

Herz- und Trockenfäule durch Bormangel



Borversorgung

- auf den meisten Rübenstandorten wird die Borverfügbarkeit stark eingeschränkt durch:
 - temporäre Trockenheit
 - hoher pH-Wert
- über den Boden appliziertes Bor wird festgelegt
 - Polyboratbildung
- Bor ist in der Pflanze nicht mobil

Bestandesdichte und Ertragspotential

<i>Ernte</i>	<i>bis 20.08.</i>	<i>bis 15.09.</i>	<i>bis 05.10.</i>	<i>später</i>
500 dt/ha	90.000	70.000	60.000	40.000
600 dt/ha	100.000	90.000	80.000	60.000
800 dt/ha	(130.000)	(120.000)	100.000	80.000
1.000 dt/ha			(120.000)	100.000

Bestandesdichte und Ertragspotential

- höhere Pflanzenzahl bei später Aussaat und/oder Frührodung
- Einzelrübe benötigt ausreichend Standraum:
 - 1 kg Rübe mit 17 cm Durchmesser benötigt 21 cm Abstand
 - 700 g Rübe mit 14 cm Durchmesser benötigt 18 cm Abstand

Blattfläche und Ertrag

BFI	3,5	5,0	7,0
Assimilation pro Tag bei 20 ° C (Ø-Temperatur)			
g/m ² Blattfläche	13	10,4	7,8
g/m ² Boden	39	52	55
kg/ha Trockensubstanz je Tag	390	520	550
Respirationsrate 16° C (nachts)	16 %	21 %	31 %
Nettoassimilation pro Tag kg/ha TS	328	411	380
Respirationsrate 13° C (nachts)	6 %	11 %	17 %
Nettoassimilation pro Tag kg/ha TS	367	463	456
Respirationsrate 16° C (nachts) und Trockenheit (unter 30% nFK)	86 %	95 %	105 %
Nettoassimilation pro Tag kg/ha TS	+ 35	+ 26	- 27

Verlängerung der Blattlebensdauer

- 9. bis 20. Blatt tragen die Hauptlast der Assimilation
- Blattdüngung mit: P, B, Mn
- Verhinderung von Krankheiten
- Blattneuaustrieb vermeiden

Vermeidung des Blattwechsels

- Neue Blätter werden aus den Reservestoffen (= Zucker) in der Rübe gebildet:
 - 4 neue Blätter kosten 12 g Zucker pro Rübe
 - Zuckergehalt sinkt von 18 % auf 16,8 %
 - α -Amino-Gehalt steigt um 4 mmol
- keine N-Düngung nach der Saat über den Boden (Trockenstandorte)
- N-Düngungsniveau so gering wie möglich halten
- K-Versorgung in der Wurzelzone (10-30 cm) sichern
- Nährstoffgehalte vor Trockenstress anheben: K, B, Mn

Technologische Qualität

- Zuckerfabrik - Rübenproben Inhaltsstoffe
 - Zuckergehalt ZG (% auf Rübe)
 - Kaliumgehalt K (mmol/100 g Rübe)
 - Natriumgehalt Na (mmol/100 g Rübe)
 - Alpha-Amino-N AmN (mmol/100 g Rübe)
-
- K, Na und AmN → Melassebildner

Was sagt die Qualitätsanalyse aus?

K mmol / 1000 g Rübe		
über 45		Luxuskonsum
über 40		K ausreichend für Qualität und Ertrag
über 37		Na über 3,5 = keine Ertragsminderung, aber weniger Zucker Na unter 3,5 = Ertragseinbußen → α -Amino steigt
unter 35		Ertrag und Zuckergehalt nehmen ab → α -Amino steigt

Was sagt die Qualitätsanalyse aus?

Na mmol / 1000 g Rübe	
Unter 3,5	erhöhte K-Gehalte, falls K verfügbar
4,5 – 5,5	geringe K-Verfügbarkeit, Na besser verfügbar
Über 6,5	Verdacht auf Nematoden (α -Amino niedrig, °S niedrig)
Über 8	Verdacht auf Rhizomania (α -Amino niedrig, °S niedrig) K normal

$$K : Na = 8-12 : 1 \quad (optimal)$$

Was sagt die Qualitätsanalyse aus?

α-Amino - Gehalte	
Unter 10	sehr geringer SMV, gute Ausreife + K ausreichend → hoher Zuckergehalt + Na extrem hoch → Nematoden, Rizomania
10 – 15	Zuckerertrag und -ausbeute optimal
Über 20	geringe Einstrahlung, niedrige Temperaturen K niedrig (unter 35 mmol) Wiederbefeuchtung des Boden Hitzestress Blattkrankheiten Blattneuaustrieb

Warum wird das Ertragspotential nicht genutzt?

- Unzureichende Unkrautbekämpfung
- Unkräuter konkurrieren mit den Kulturpflanzen um:
 - Stand- und Wurzelraum
 - Licht
 - Wasser
 - Nährstoffe
 - und verstärken die Belastung mit Krankheiten und Schädlingen.
- dazu kommen:
 - Ernteerschwernis und
 - negative Auswirkungen auf die Fruchtfolge

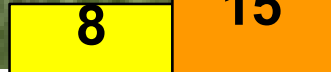
■ Getreide, Raps

■ Zuckerrüben, Mais, Sonnenblumen

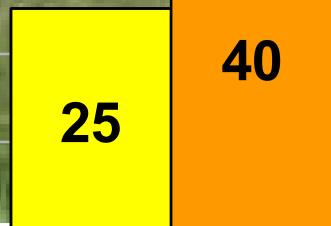
Ertragsausfälle (%)



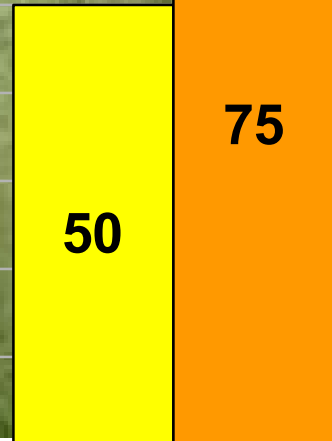
10% UDG



20% UDG



50% UDG



80% UDG

Unkrautkonkurrenz

Herbizidstress

Verlust an aktiver Blattmasse

= verminderte Assimilation

erhöhte Respiration

= Atmungsverluste

Stoffwechselstörung

= Hemmung der Kohlenhydrat-
und Proteinsynthese

Auswirkung auf den Phytohormonhaushalt

= weniger Kambiumringe
durch Wachstumsstoffe

Vielen Dank für die Aufmerksamkeit