

Landwirtschaftliche Nutzpflanzenkunde

LT3 - Wintersemester 2025/26

Prof. Dr. Carl-Philipp Federolf

27.10.2025

Getreide II

Eingangsfragen:

1. Wieviel Getreide braucht ein Mensch pro Tag zum Überleben?
2. Wieviel Weizen wird global pro Jahr geerntet?
3. Wie ist das Preisverhältnis iPhone zu Weizen?

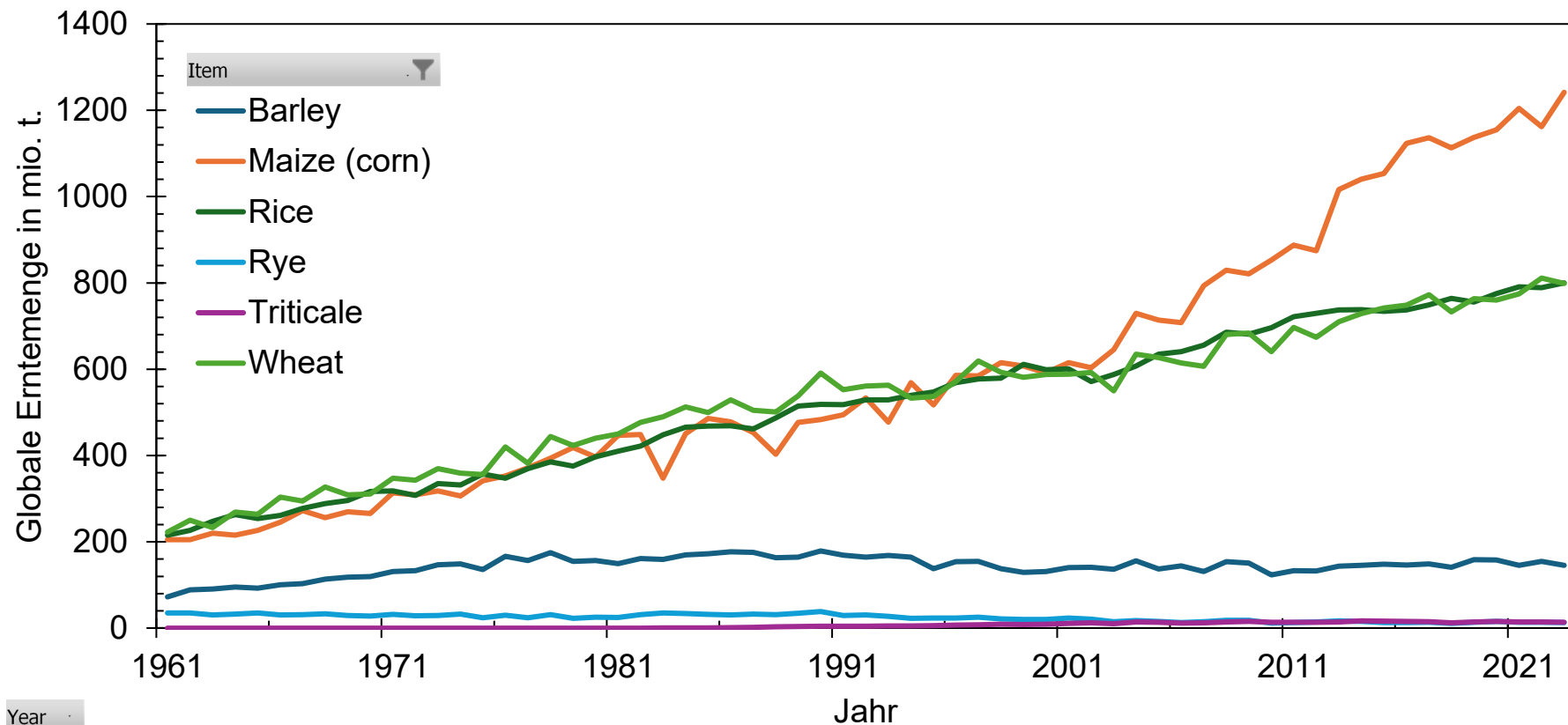
Pro-Kopf-Konsum von Getreide in Deutschland
82 kg

Erntemenge von Getreide weltweit
2,9 Mrd. t

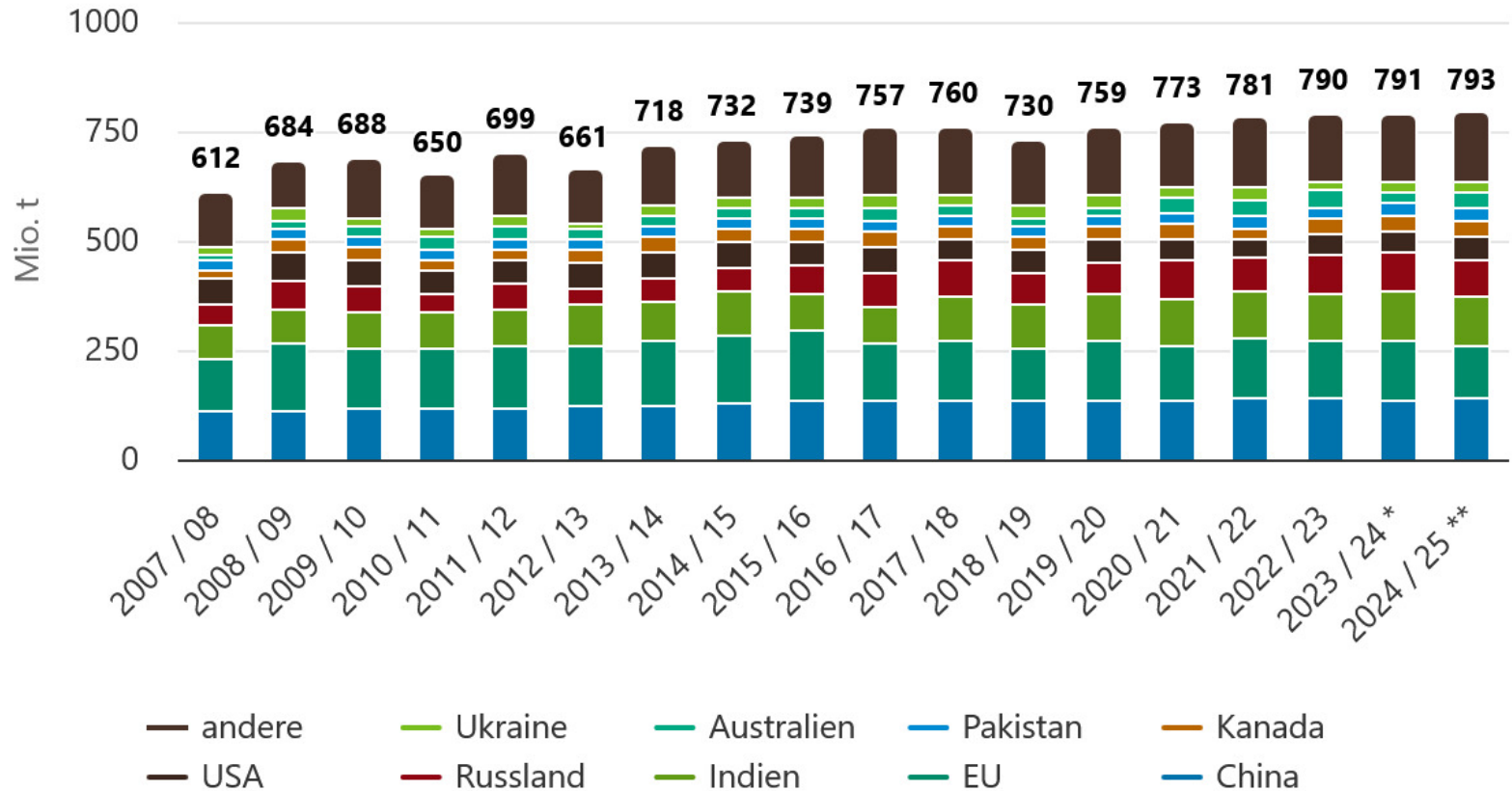
Anbaufläche von Getreide weltweit
738,76 Mio. ha

Globale Erntemenge verschiedener Getreide

Mittelwert von Mio. t



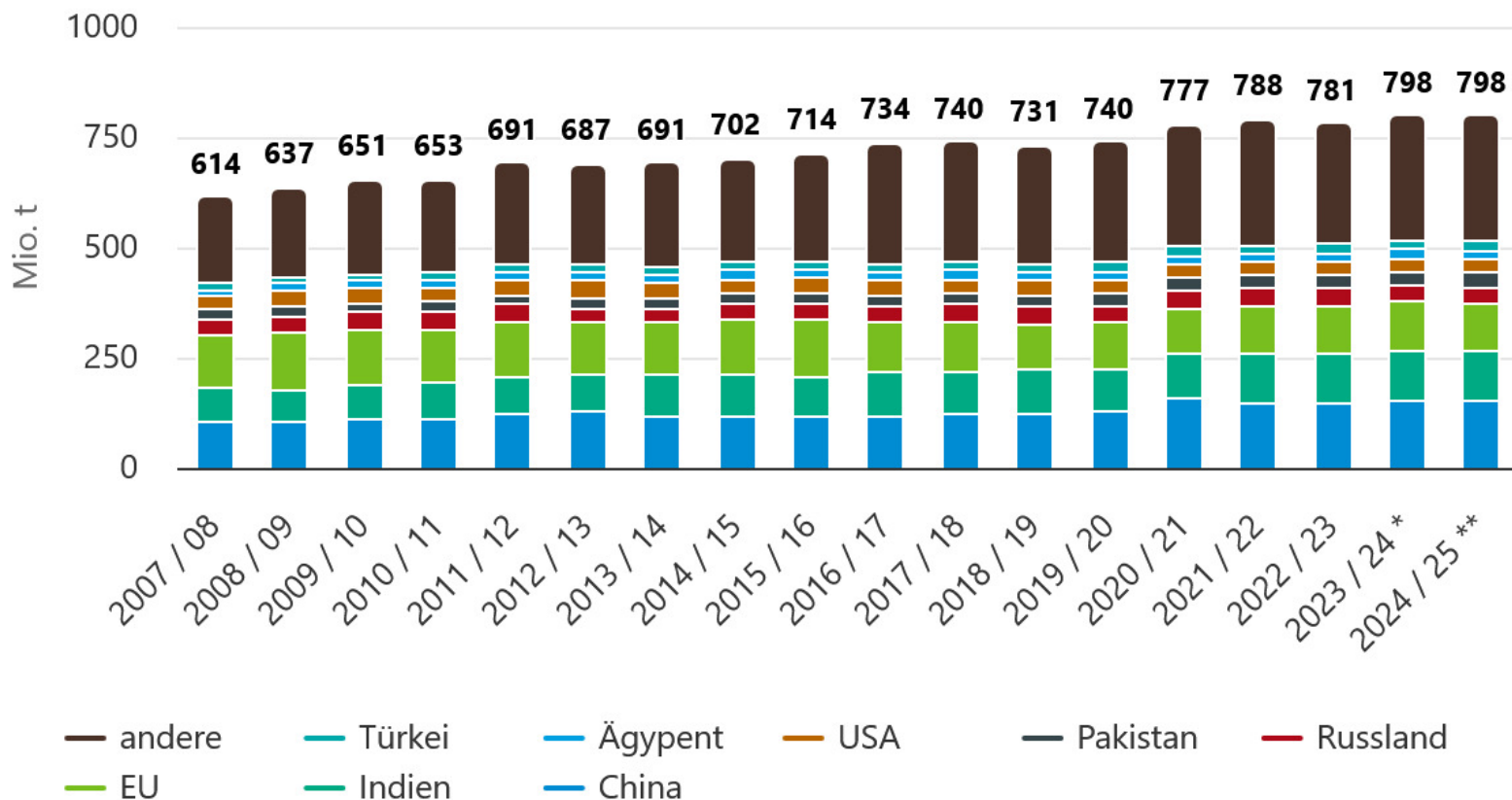
Weltweite Weizenproduktion



Hinweis: * vorläufige Zahlen, ** geschätzte Zahlen. Einzeln dargestellte Länder haben einen Anteil von ca. 80 % an der Produktion in 2023/24. Bis 2016/17 Großbritannien in EU enthalten.

© Thünen-Institut. Datenquelle: PS&D vom USDA (Stand: Dezember 2024).

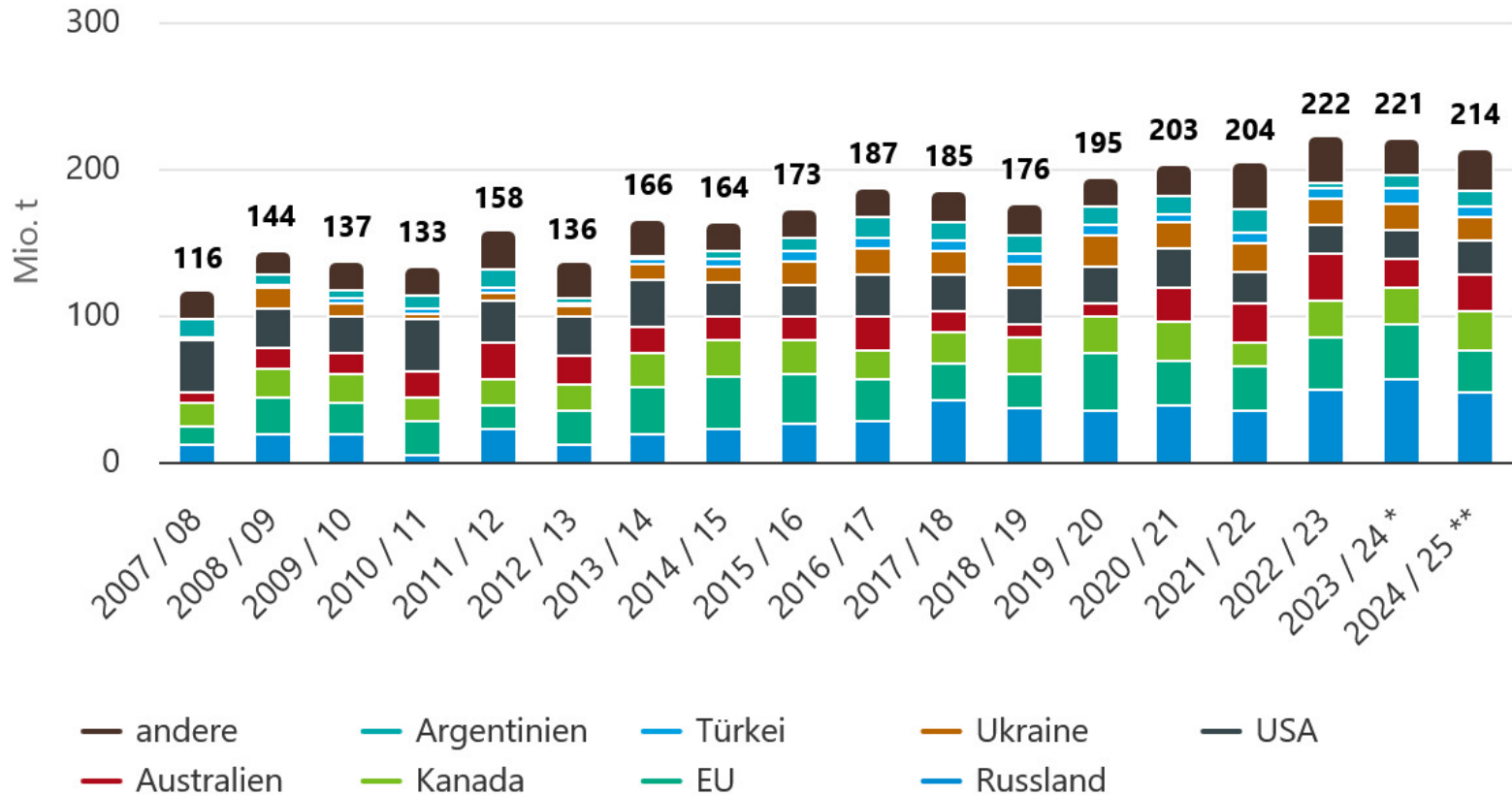
Weltweiter Weizenverbrauch



Hinweis: * vorläufige Zahlen, ** geschätzte Zahlen. Einzelne dargestellte Länder haben einen Anteil von ca. 65 % am Verbrauch in 2023/24. Bis 2016/17 Großbritannien in EU enthalten.

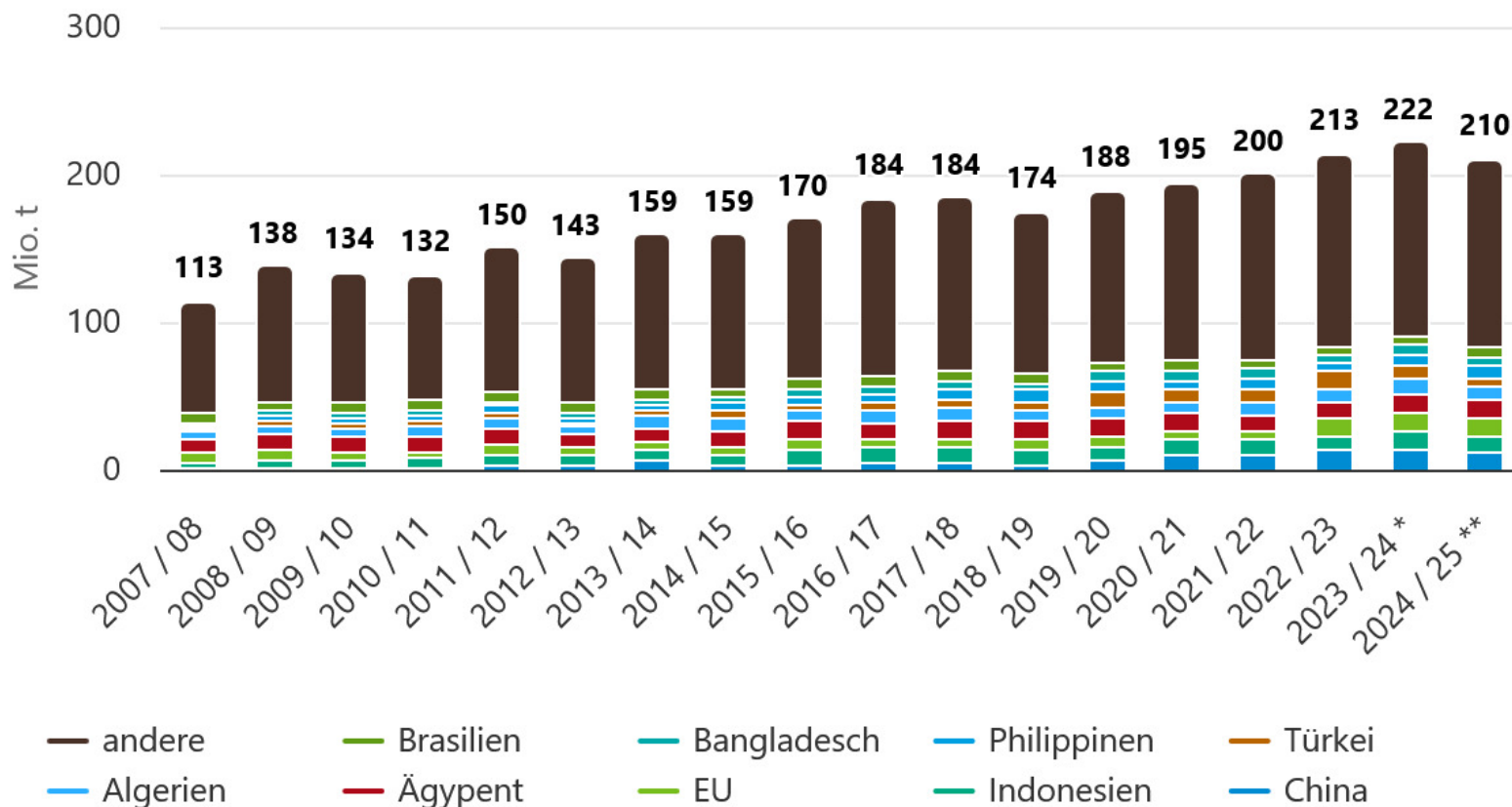
© Thünen-Institut. Datenquelle: PS&D vom USDA (Stand: Dezember 2024).

Weltweite Weizenexporte



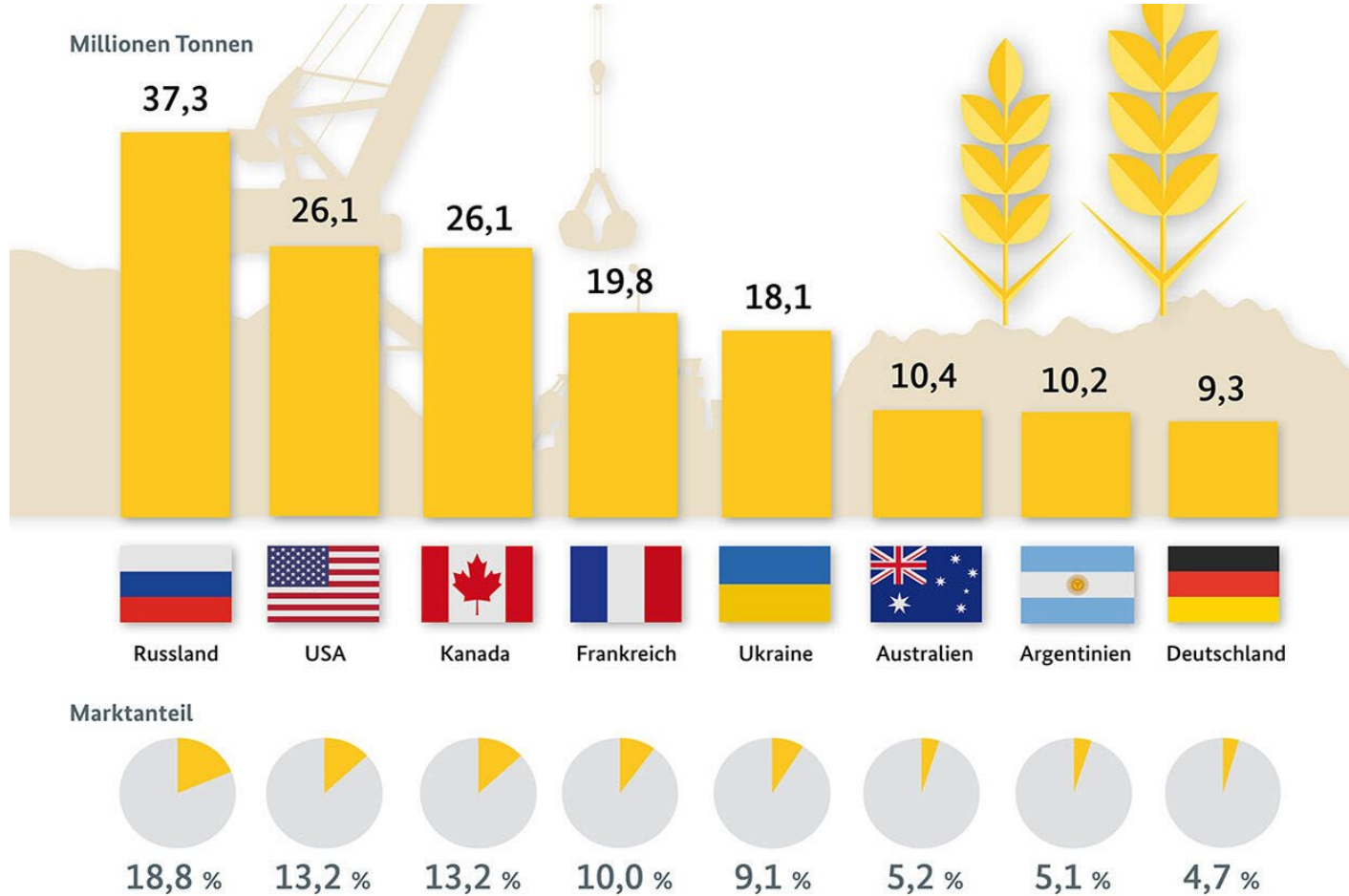
Hinweis: * vorläufige Zahlen, ** geschätzte Zahlen. Einzeln dargestellte Länder haben einen Anteil von ca. 90 % an den Exporten in 2023/24. Bis 2016/17 Großbritannien in EU enthalten.
 © Thünen-Institut. Datenquelle: PS&D vom USDA (Stand: Dezember 2024).

Weltweite Weizenimporte

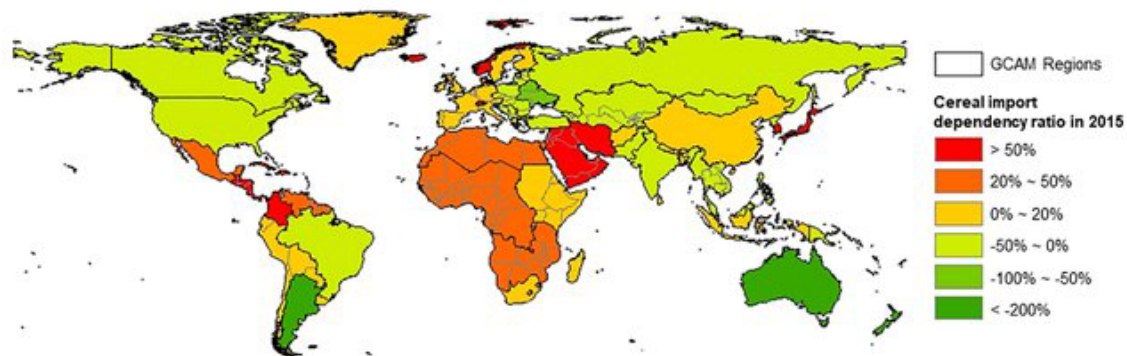


Hinweis: * vorläufige Zahlen, ** geschätzte Zahlen. Einzeln dargestellte Länder haben einen Anteil von ca. 40 % an den Importen in 2023/24. Bis 2016/17 Großbritannien in EU enthalten.
 © Thünen-Institut. Datenquelle: PS&D vom USDA (Stand: Dezember 2024).

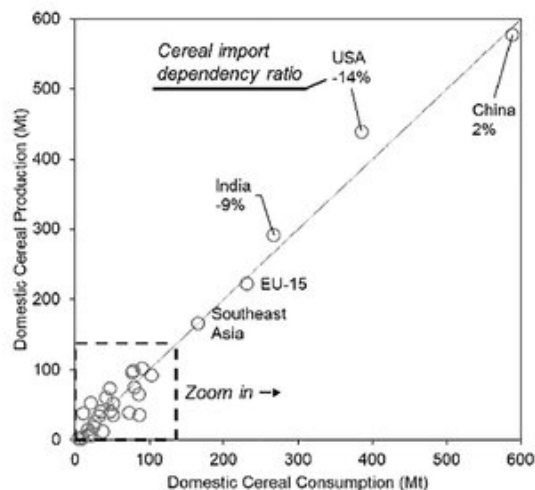
Wichtige Getreideexporteure



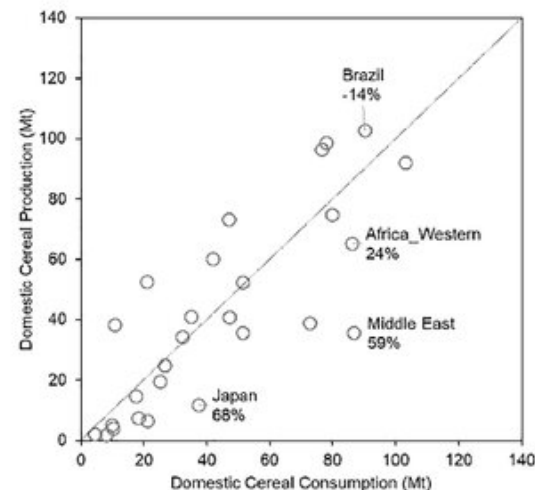
(a)



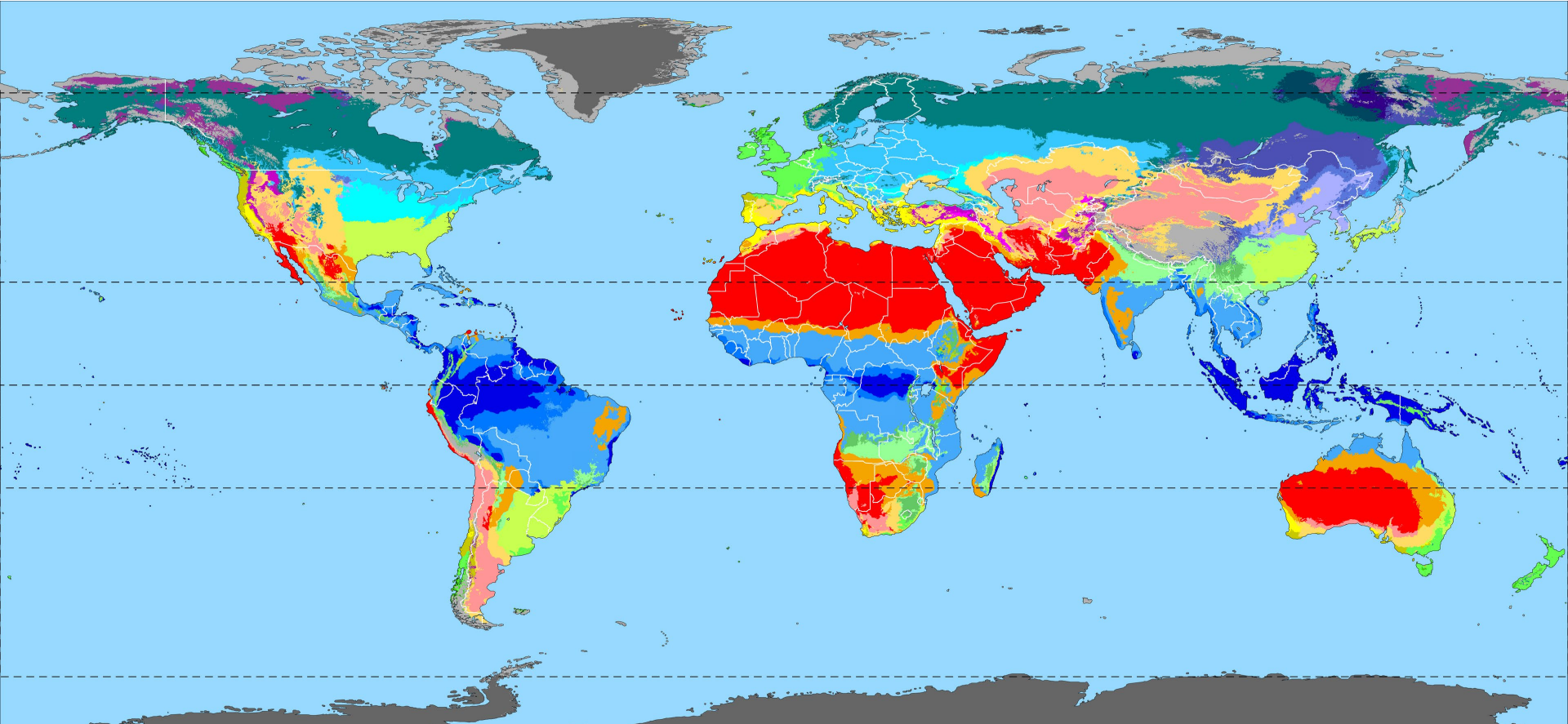
(b)



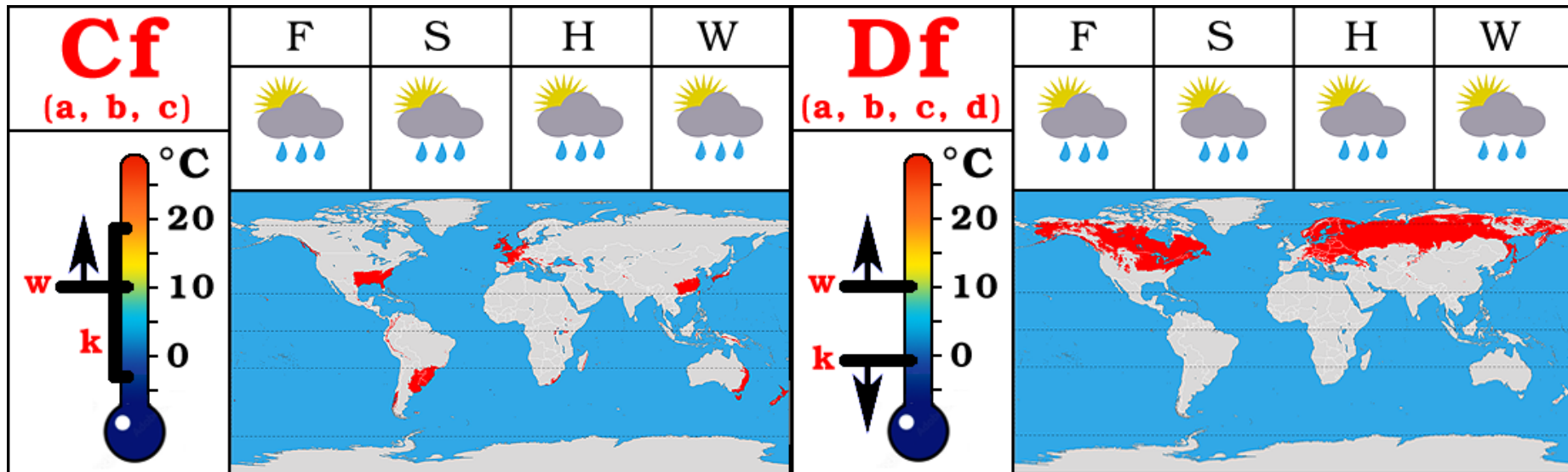
(c)



Köppen-Geiger Klimaklassifikation

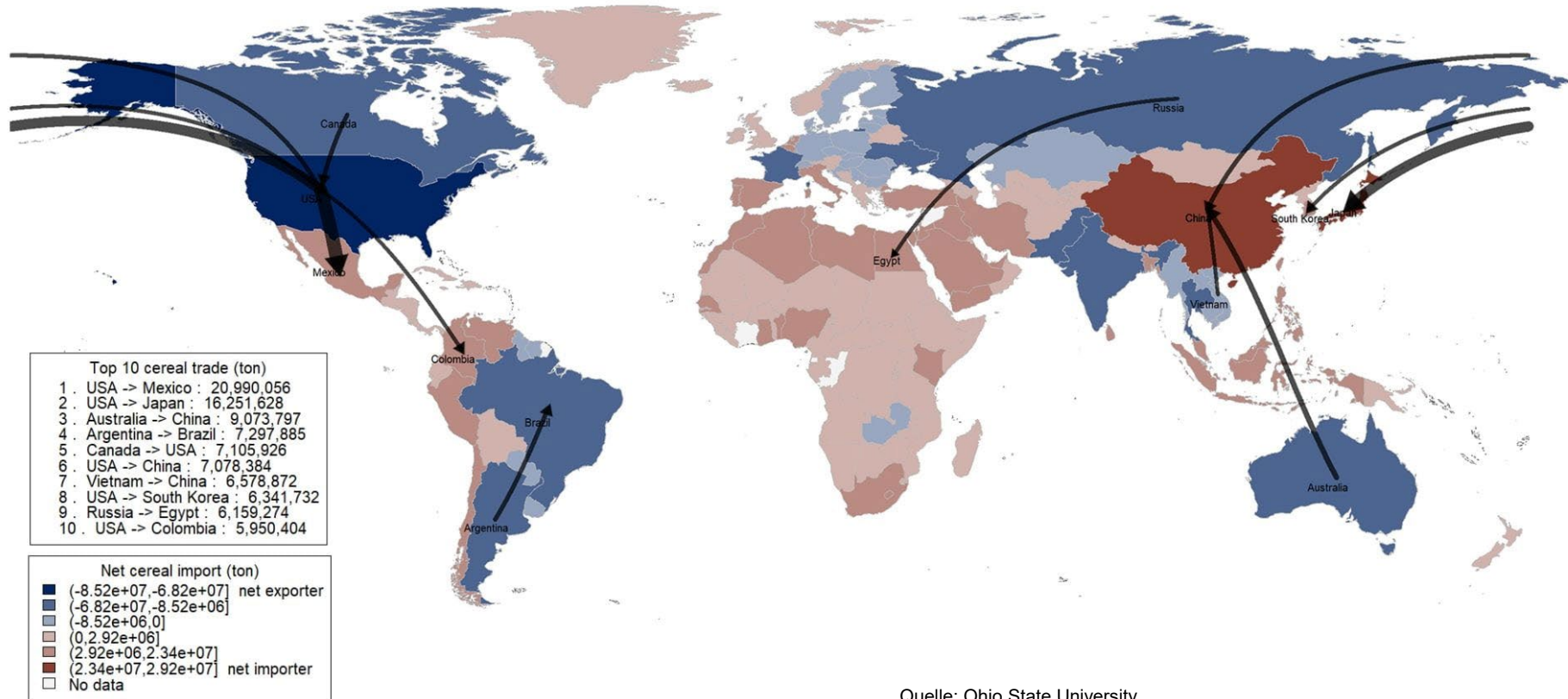


Köppen-Geiger Klimaklassifikation



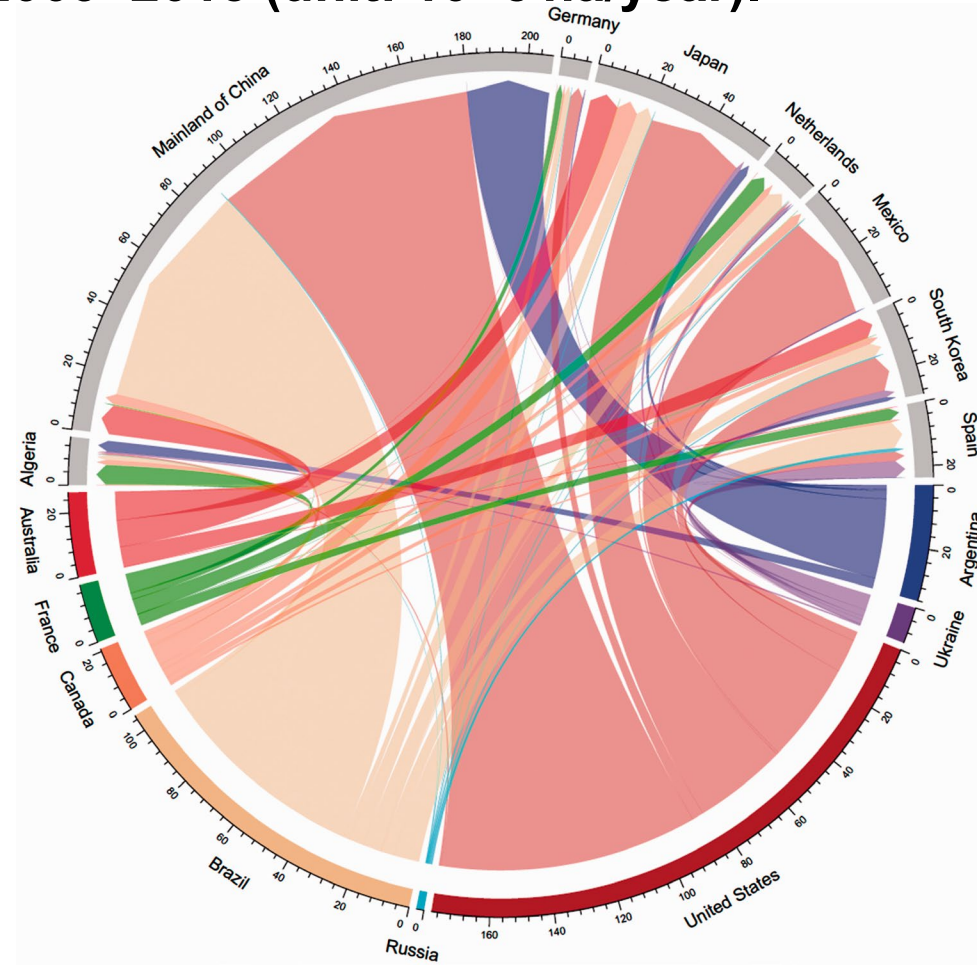
Cf-Hauptklimate der Köppen-Geiger-Klimaklassifikation

Df-Hauptklimate der Köppen-Geiger-Klimaklassifikation

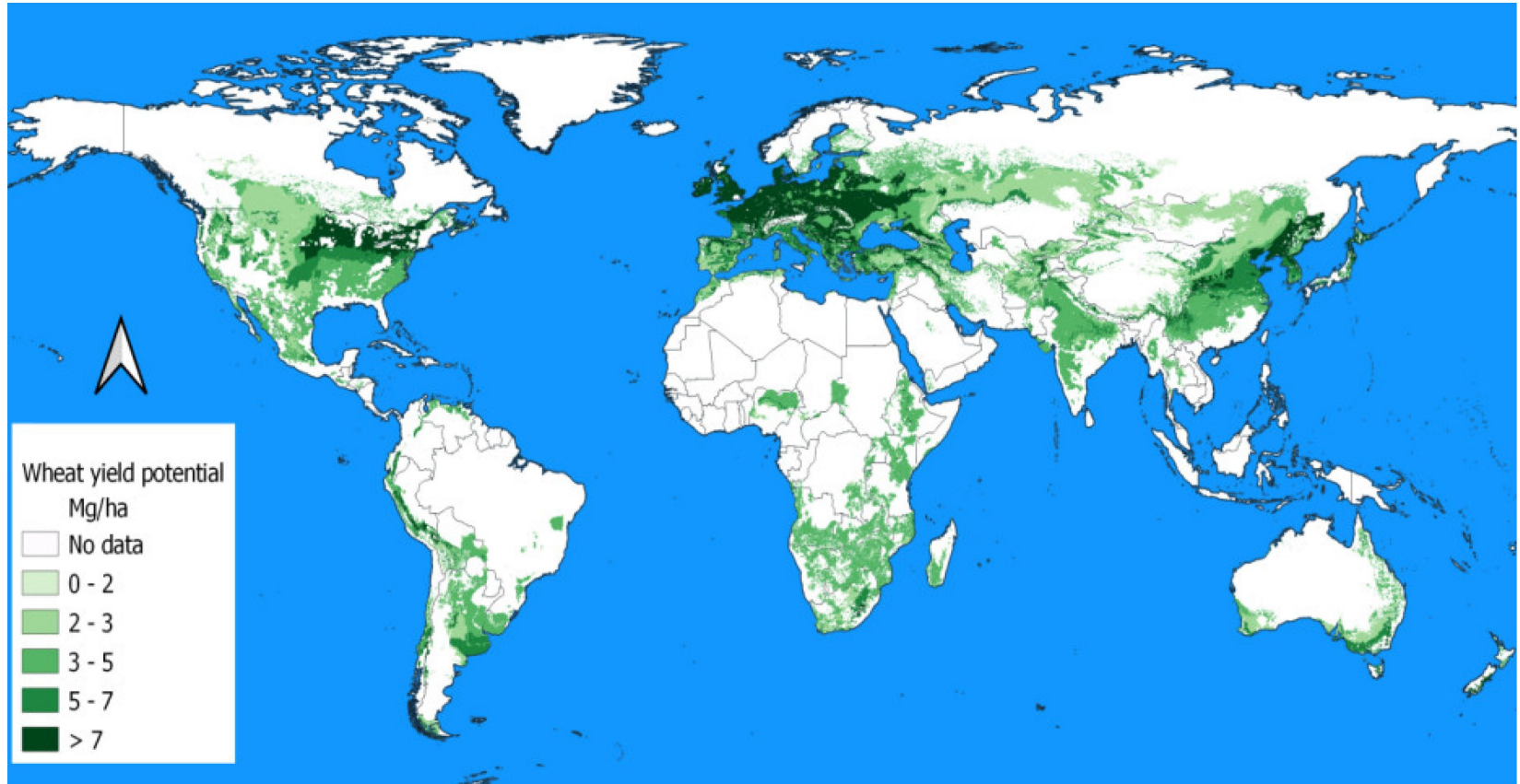


Quelle: [Ohio State University](#)

Virtual-land flows through international cereal trade over the period of 2009–2013 (unit: 10^5 ha/year).



World wheat potential production.



Wie erzeugt man so eine Karte?

Wie erzeugt man so eine Karte?

$$\Delta GPP = RUE * f_{APAR} * PAR * f_T * f_{VPD} (* f_{stress})$$

GPP = Gross Primary Production =

(Summe der täglichen) Bruttoprimärproduktion

RUE = Radiation Use Efficiency = Strahlungsnutzungseffizienz

f_{APAR} = Anteil der absorbierten photosynthetisch aktiven Strahlung

PAR = Photosynthetisch aktive Strahlung

f_T = Funktion der Temperatur

f_{VPD} = Funktion des Dampfdruckdefizites

Monteith, J.L. Climate and the efficiency of crop production in Britain. (1977). *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. B, Biological Sciences*, 281(980), 277–294.

<https://doi.org/10.1098/rstb.1977.0140>

Hilker, T., Coops, N. C., Wulder, M. A., Black, T. A., & Guy, R. D. (2008). The use of remote sensing in light use efficiency based models of gross primary production: A review of current status and future requirements. *Science of The Total Environment*, 404(2–3), 411–423. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2007.11.007>

Biomasse $\sim \Delta GPP$

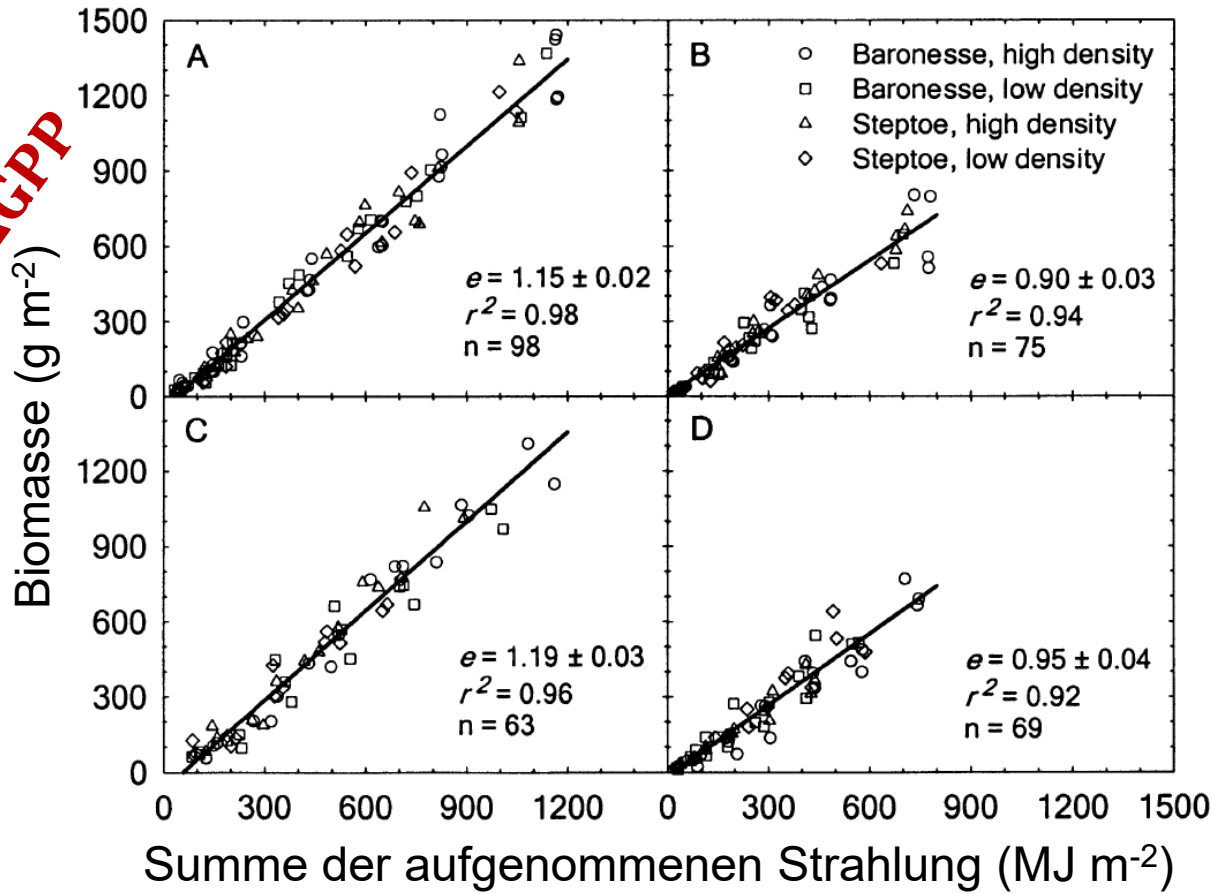


Fig. 3. Cumulative biomass as a function of the intercepted solar radiation of two cultivars of spring barley (Baronesse and Steptoe) at two densities in two years (2000 panels A and B, 2001 panels C and D) and seeding dates (first seeding date panels A and C, second seeding date panels B and D). The slope of the relationship between the two variables is the radiation-use efficiency (e). Flowering occurred when crops reached biomass levels between 400 and 550 g m⁻².

Photosyntheseeffizienz C3 Pflanzen

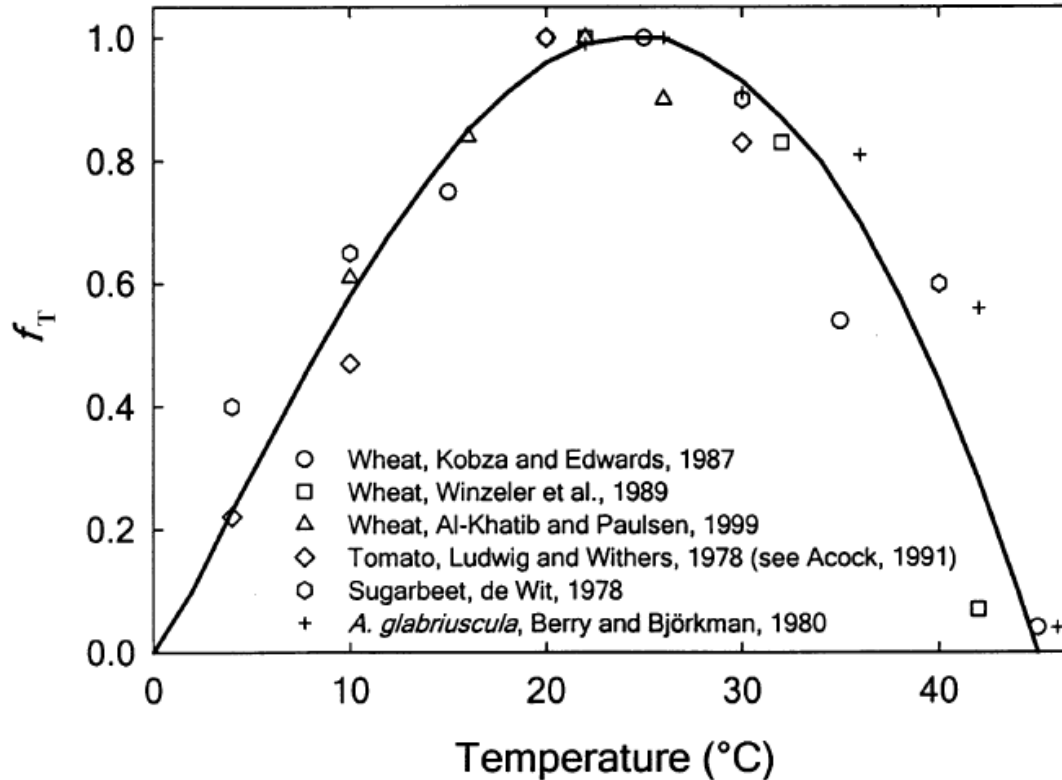


Fig. 4. Temperature dependence of photosynthesis for the C₃ species wheat, tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.), sugarbeet (*Beta vulgaris* L.) and *Atriplex glabruscula* Edmonston. The line represents the temperature factor (f_T) as presented in Eq. [3].

Photosyntheseeffizienz und Dampfdruckdefizit

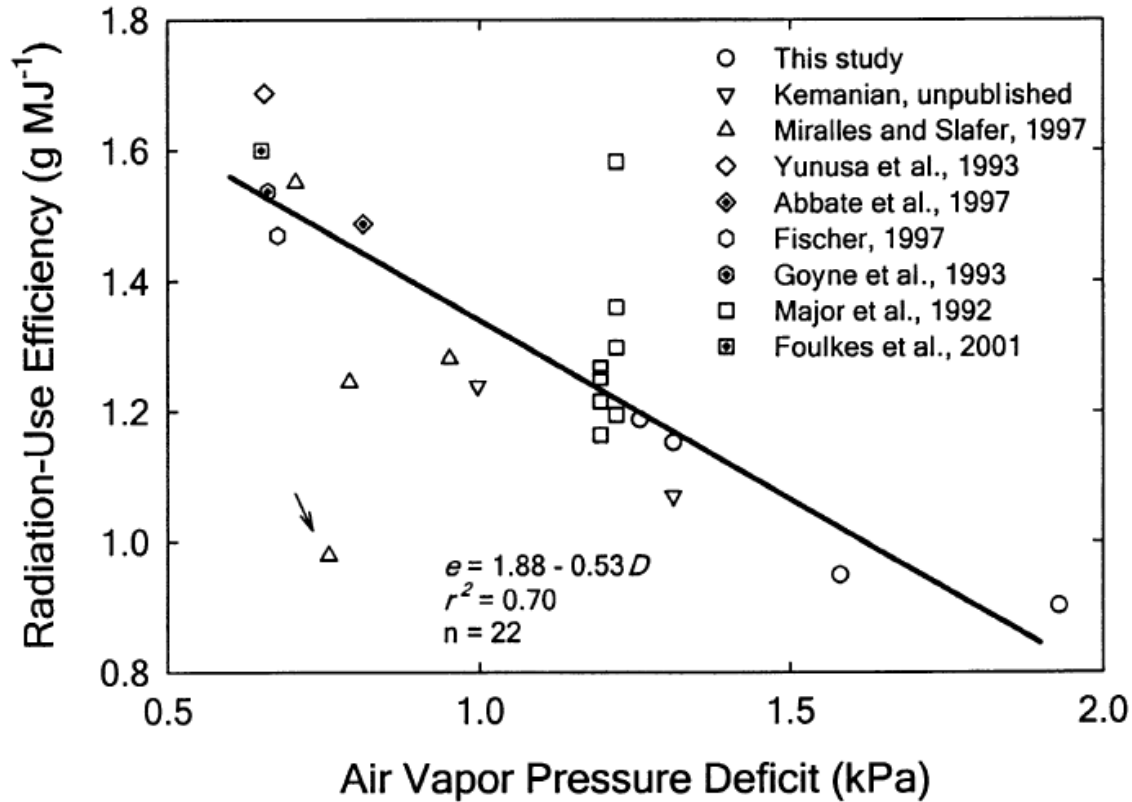
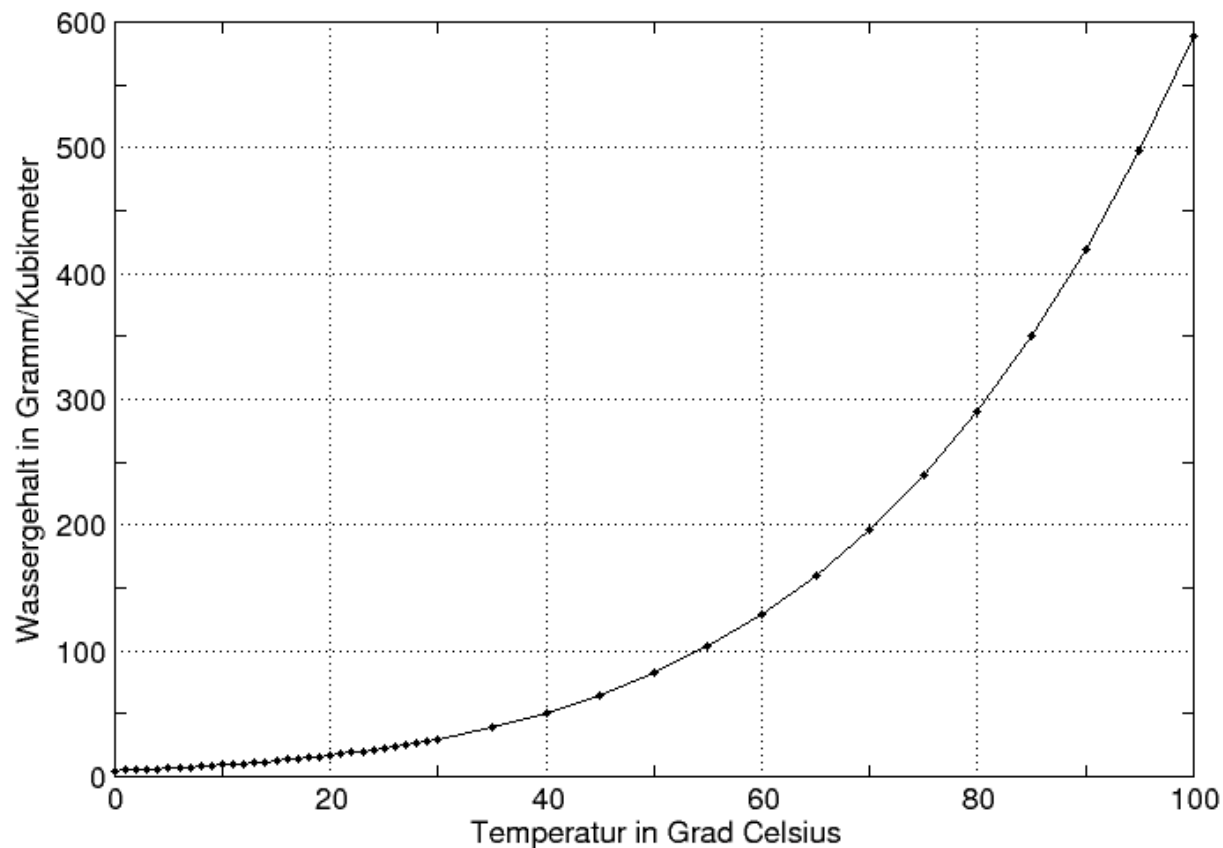


Fig. 5. Radiation-efficiency (e) as a function of the daytime vapor pressured deficit of the air (D). Information includes data from this study and data gathered from the literature. Data of this study and Goyne et al. (1993) are for barley and the remaining information is for wheat. The unpublished data are for spring wheat cv. Hank and winter wheat cv. Falcon. The arrow indicates an outlier excluded from the regression (see text for explanation); if included the regression is $e = 1.79 - 0.47D$ ($r^2 = 0.50$, $n = 23$).

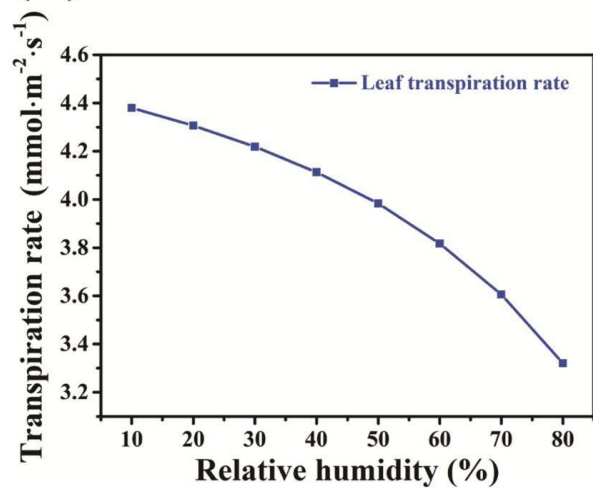
Saettigungsmenge von Wasserdampf in der Luft



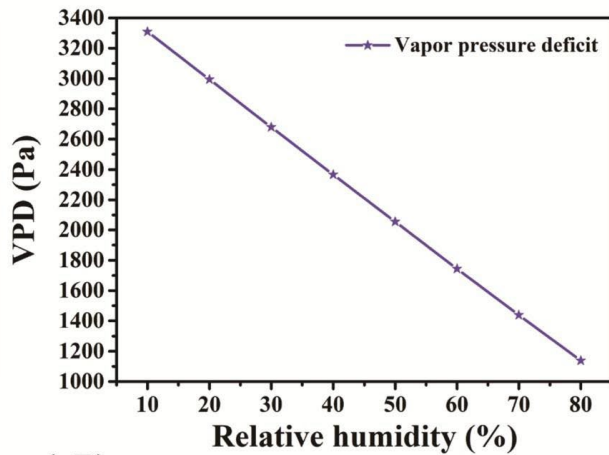
Was bedeutet das denn?

- Bekannt als: relative Luftfeuchte
 - Differenz zwischen Sättigungsdampfdruck und Dampfdruck
- Je größer die Differenz desto größer die „Sogwirkung“ auf das Transpirationswasser!
- Verdampfung von Wasser kostet Energie und kühlt die Blätter → Schwitzen
- Um übermäßigen Wasserverbrauch zu vermeiden schließen die Pflanzen ihre Stomata → reduzierte CO_2 -Aufnahme

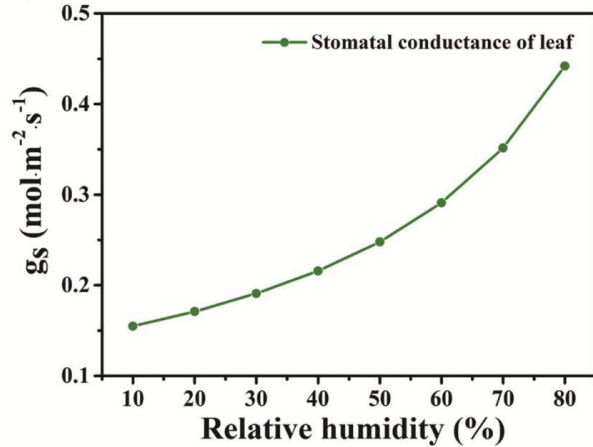
(a)



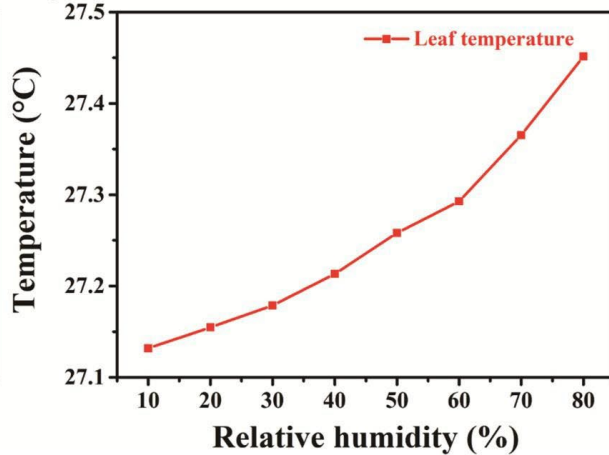
(b)



(c)

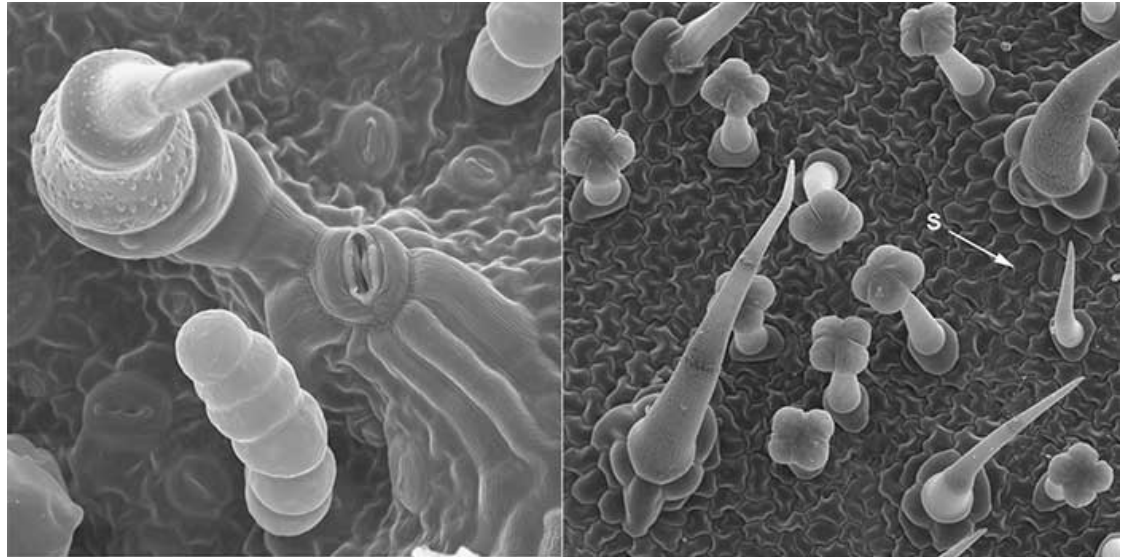


(d)



Parameter die die Transpiration beeinflussen

- Atmosphärische Feuchte - Dampfdruckdefizit
- Windgeschwindigkeit
 - Höhere Windgeschwindigkeit → schnellerer Abtransport des Wasserdampfes → Dampfdruckdefizit hoch
 - stehende Luft → wassergesättigte Atmosphäre um die Stomata → Dampfdruckdefizit niedrig
 - Anpassungsmechanismen mit dem Ziel ein wassergesättigtes Mikroklima um die Stomata zu schaffen:
 - versenkte Stomataöffnungen
 - feine Härchen (Trichome).



Trichomes and stomata on the surface of a sunflower leaf (left) and tomato leaf (right) (Louisa Howard, Dartmouth College; Public Domain)

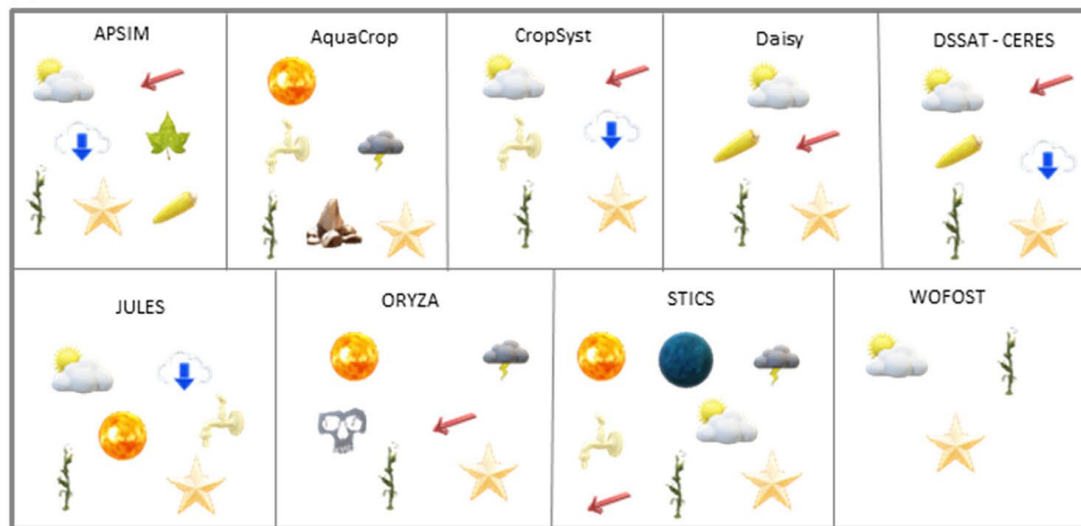


Stoma (S), (plural stomata) on the upper surface of a mesophyte leaf, in the middle of two guard cells (G). An epidermal hair or trichome can also be seen (E). (Berkshire Community College Bioscience Image Library, public domain).

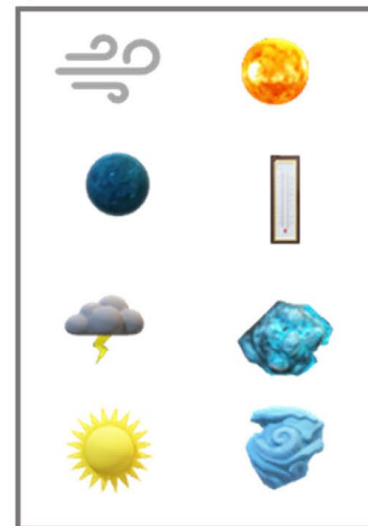
Parameter die die Transpiration beeinflussen

- Atmosphärische Feuchte - Dampfdruckdefizit
- Windgeschwindigkeit
 - Höhere Windgeschwindigkeit → schnellerer Abtransport des Wasserdampfes → Dampfdruckdefizit hoch
 - stehende Luft → wassergesättigte Atmosphäre um die Stomata → Dampfdruckdefizit niedrig
 - Anpassungsmechanismen mit dem Ziel ein wassergesättigtes Mikroklima um die Stomata zu schaffen:
 - versenkte Stomataöffnungen
 - feine Härchen (Trichome).
- Lichtintensität
 - Höhere Lichtintensität → mehr Photosynthese → höherer CO_2 -Bedarf → Öffnen der Stomata
- Temperatur
 - Pflanzen „schwitzen“ durch erhöhte Transpiration. Je höher die Temperatur, desto mehr Wasser ist dazu nötig.
- Wasserverfügbarkeit
 - Kann die Pflanze nicht mehr genügend Wasser aus dem Boden aufnehmen, wird der Transpirationssog unterbrochen und die Pflanze vertrocknet.

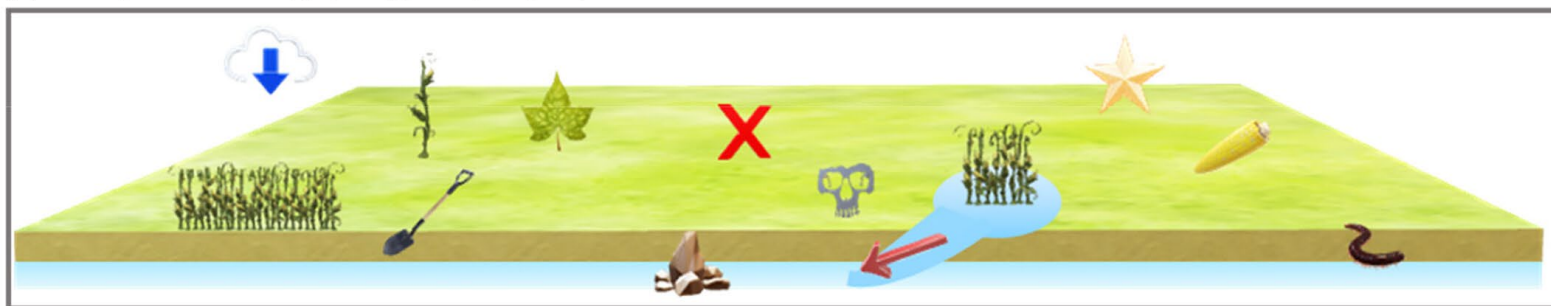
(a) Crop model applicability based on most simulated scenarios



(b) high-intensity and extreme climate events



(c) Weather/climate alters crop physiology, development, and production

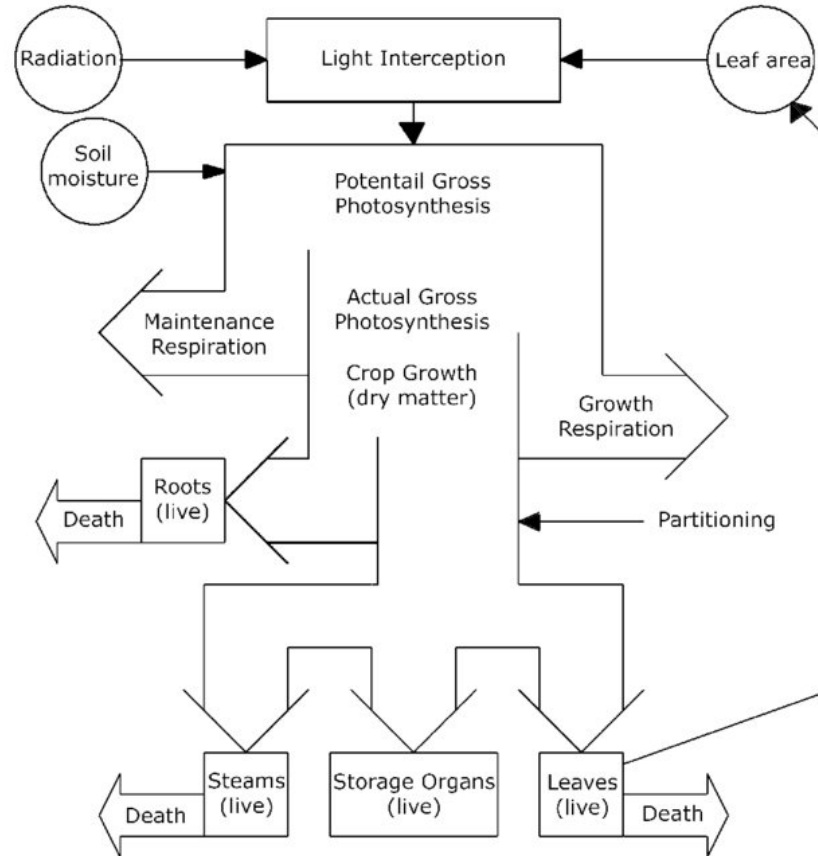


Where: Flood Drought Temperature Wind gust Heavy rainfall Frost Hail Heat Climate change Irrigation

Physiological development Grain filling Gas exchange Yield Microorganisms Photosynthesis Groundwater quality

Waterlogging Lodging Erosion Nutrient leaching and runoff Infertility Salinity and nutrient toxicity

Aufbau eines Wachstumsmodells



Modellierung der Blattfläche – aber:

- **Stress**
- **Herbizidschäden**
- **Fraß**
- ...

Anstatt Blattfläche zu modellieren....

- ...können wir Reflexions-
informationen nutzen!

$$\Delta GPP = RUE * f_{APAR} * PAR * f_T * f_{VPD}$$
$$= GF$$

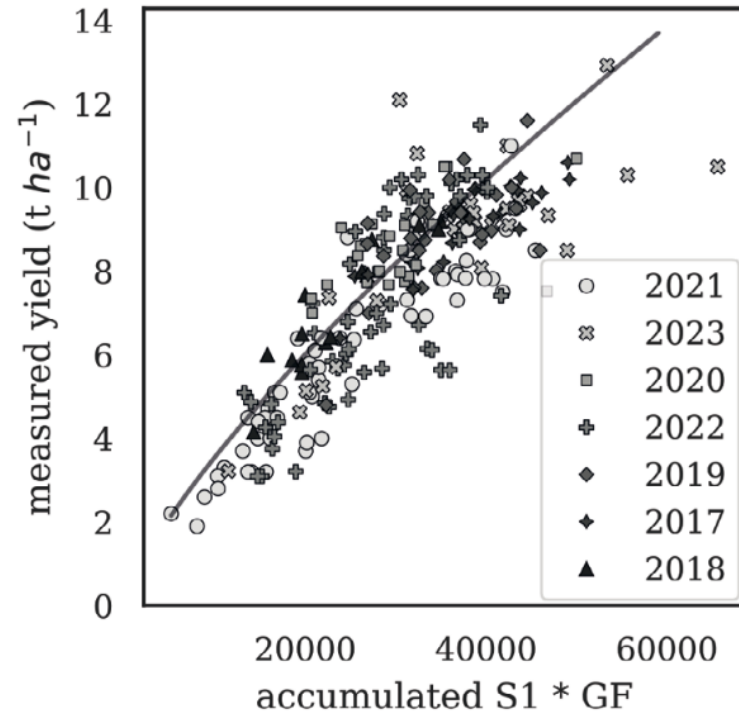
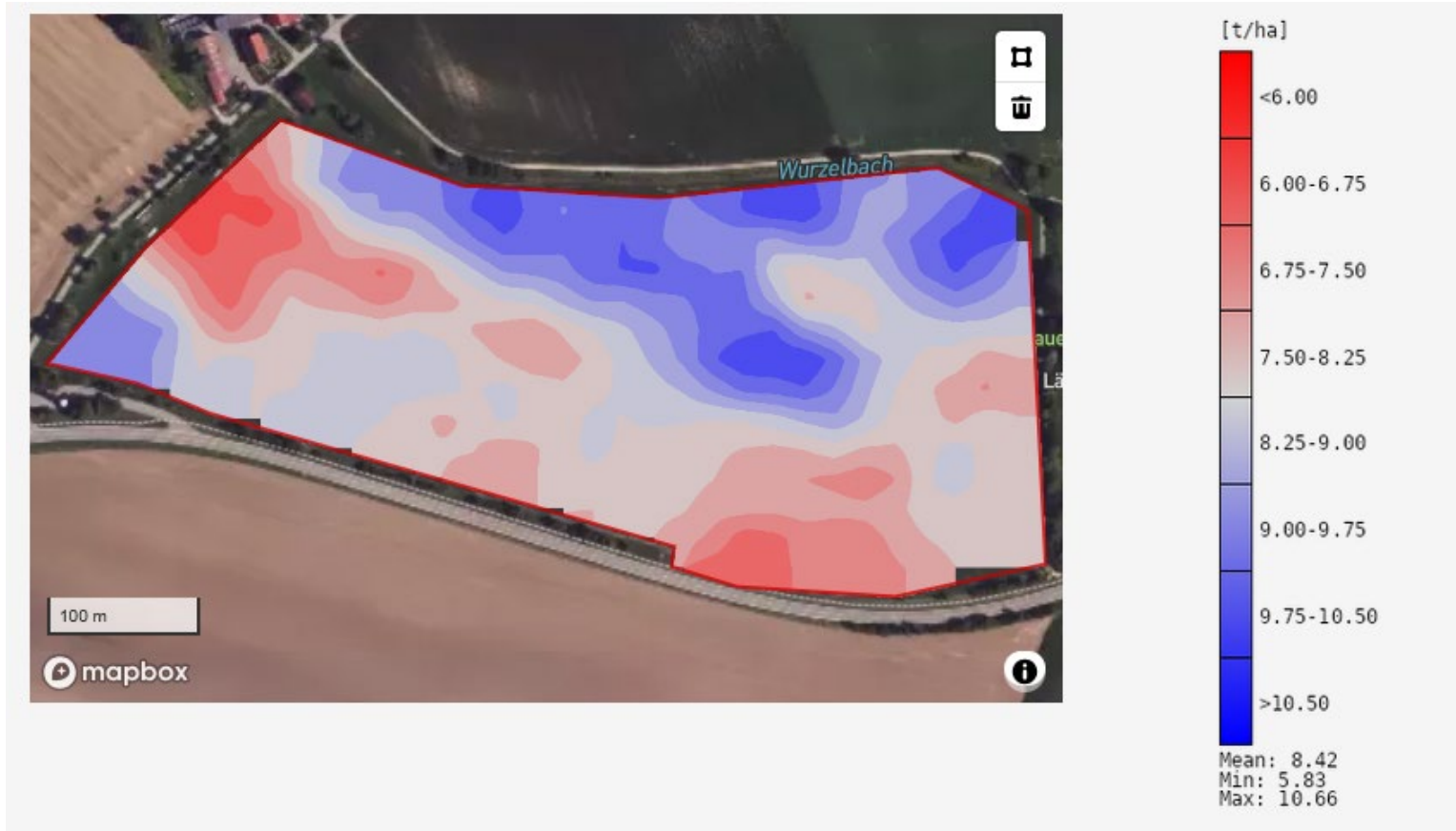
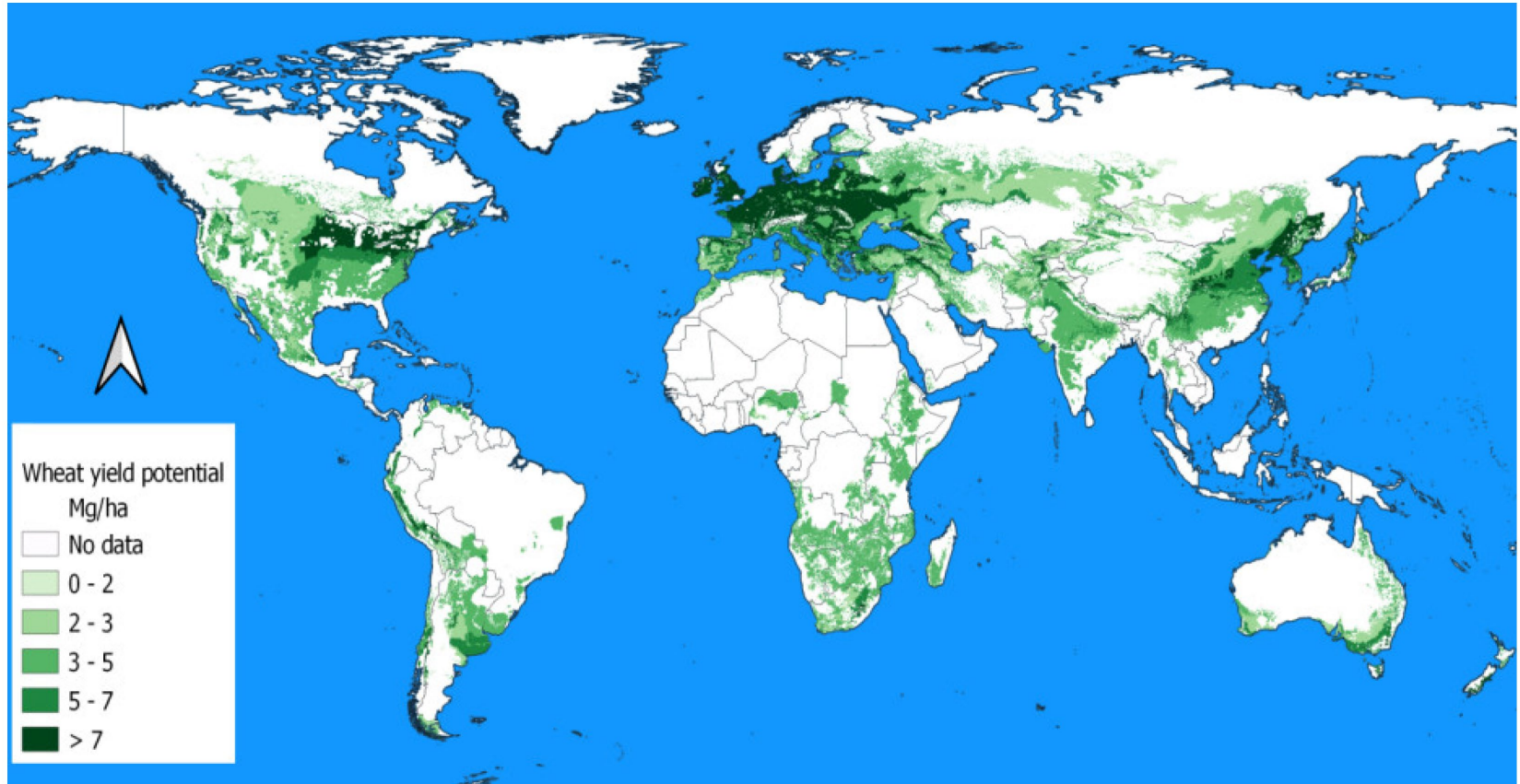


Figure 3. Accumulated S1 * GF for winter wheat across the seasons 2017 to 2023 and the respective measured crop yields. The grey line indicates the model.

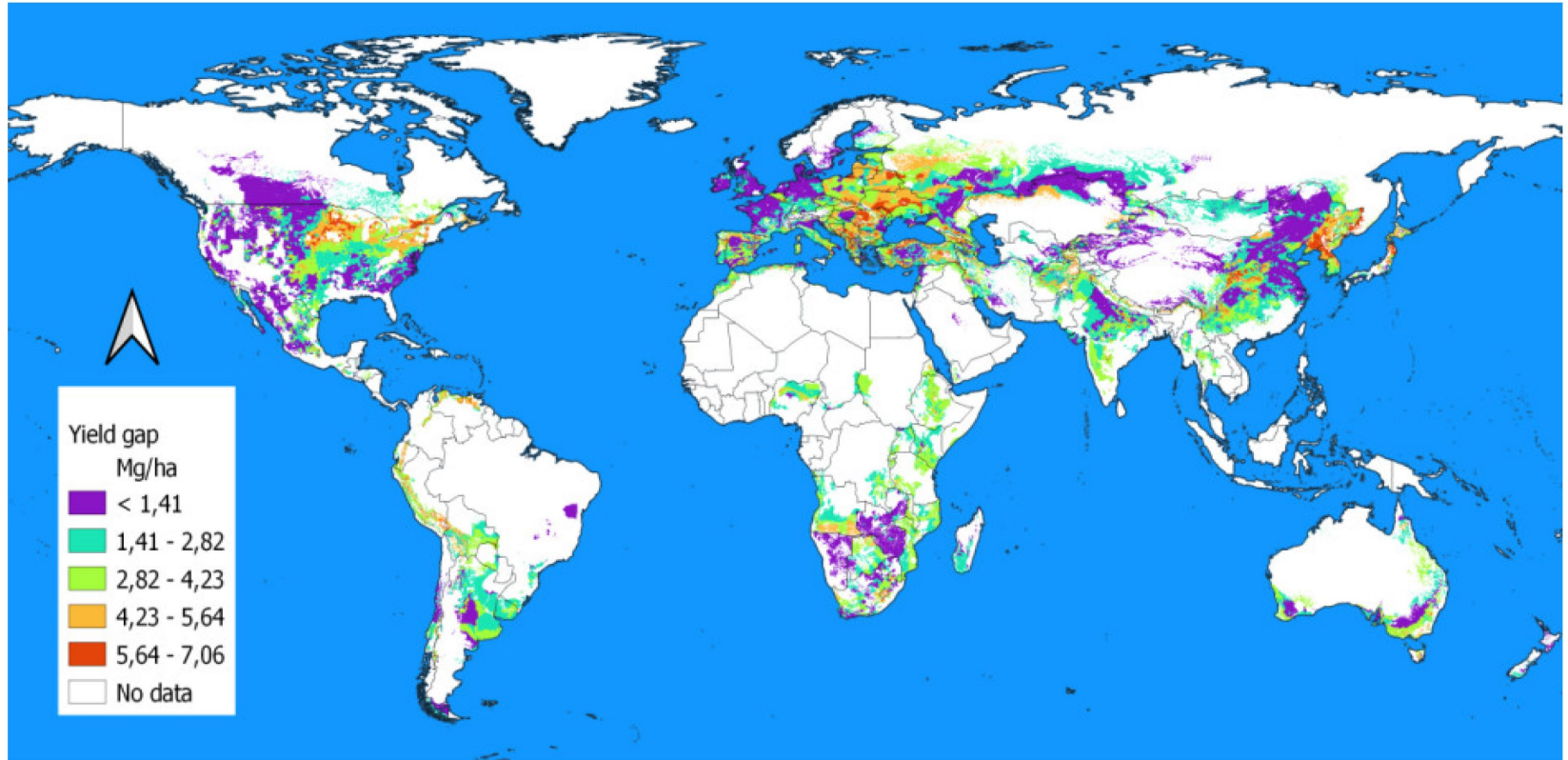
...um Ertragskarten zu erstellen – auf Feldebene...



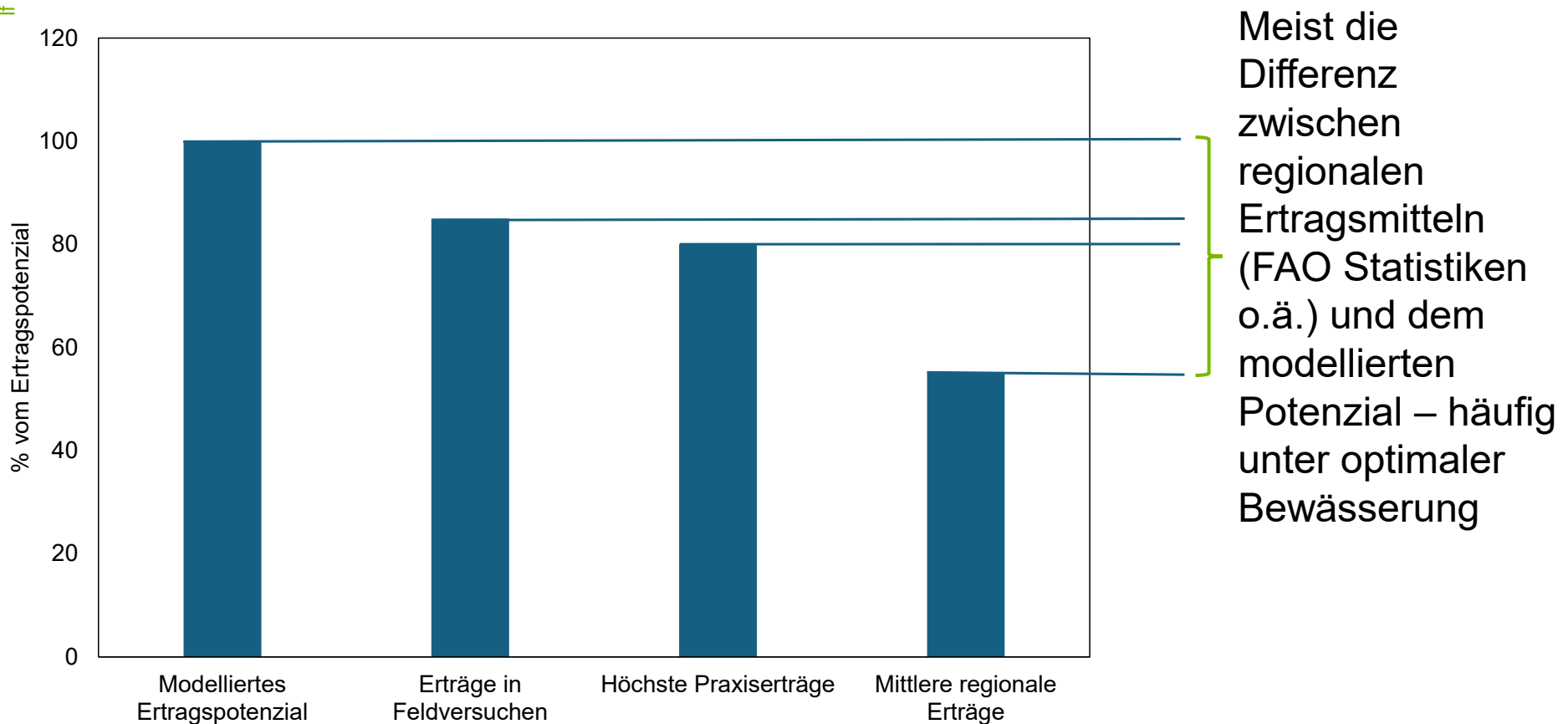
Oder auf globaler Ebene



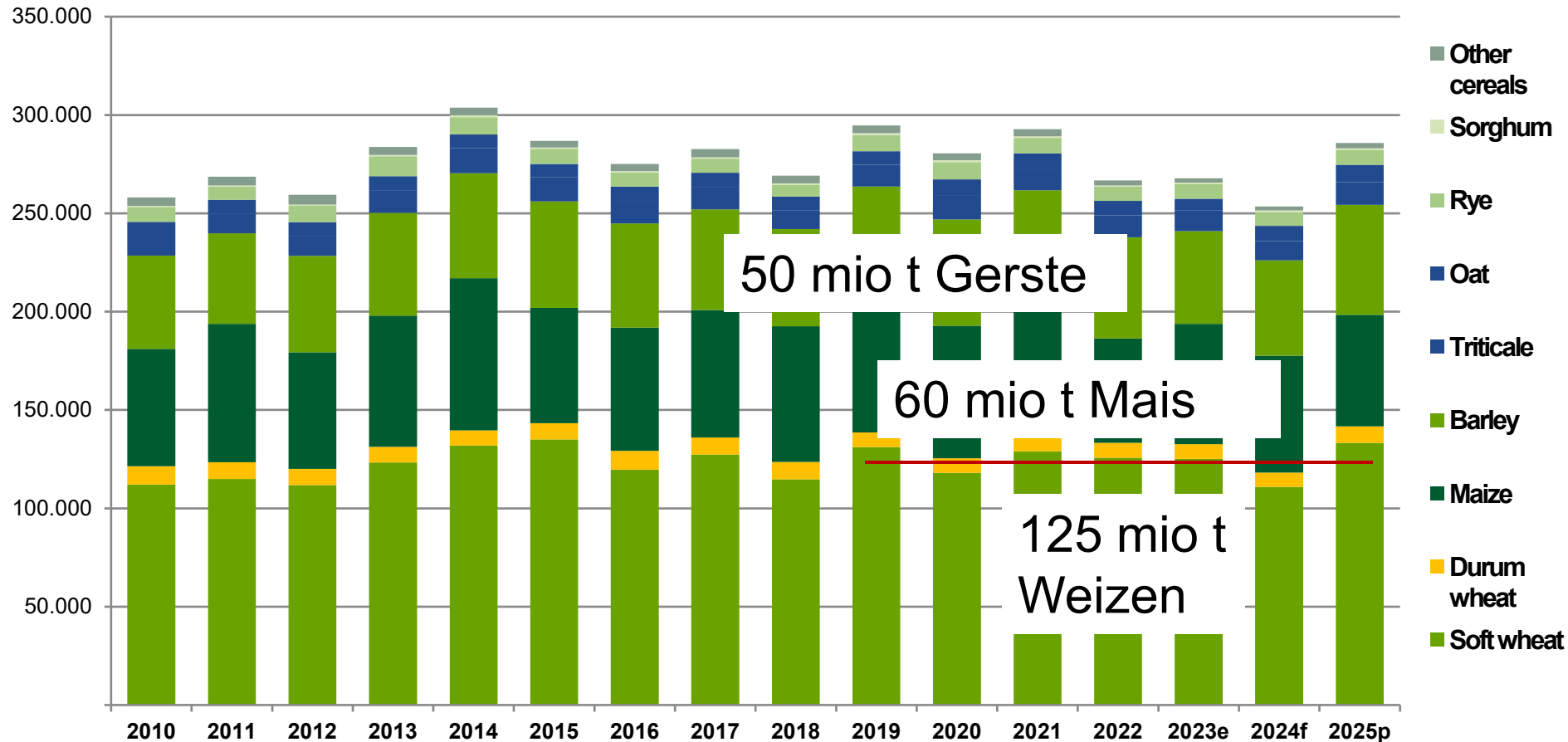
Gap yield for wheat in the World



Was ist das „Yield Gap“?

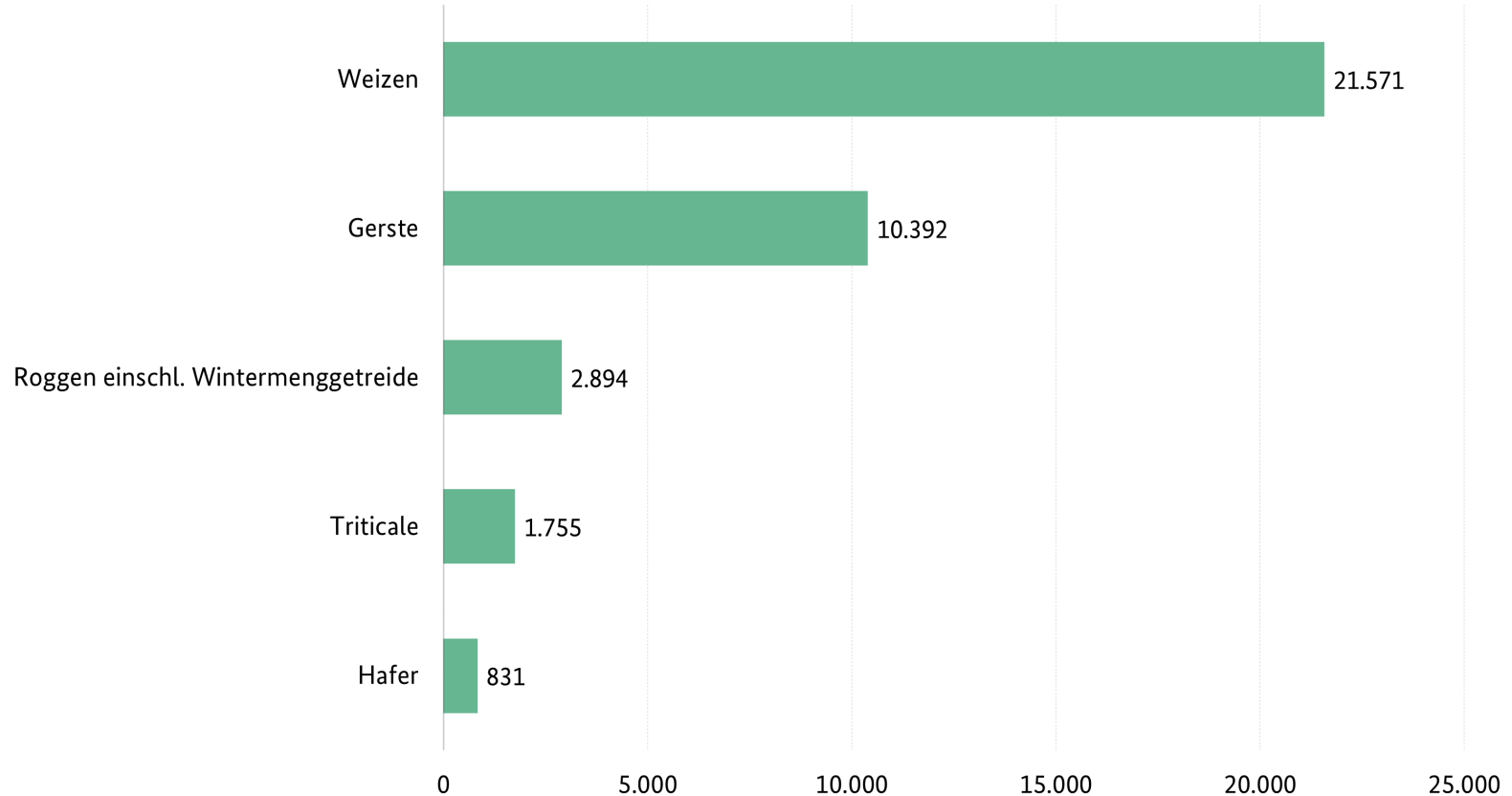


EU-27: usable production by selected crops (thousand tonnes)



Erntemenge verschiedener Getreide in Deutschland 2025

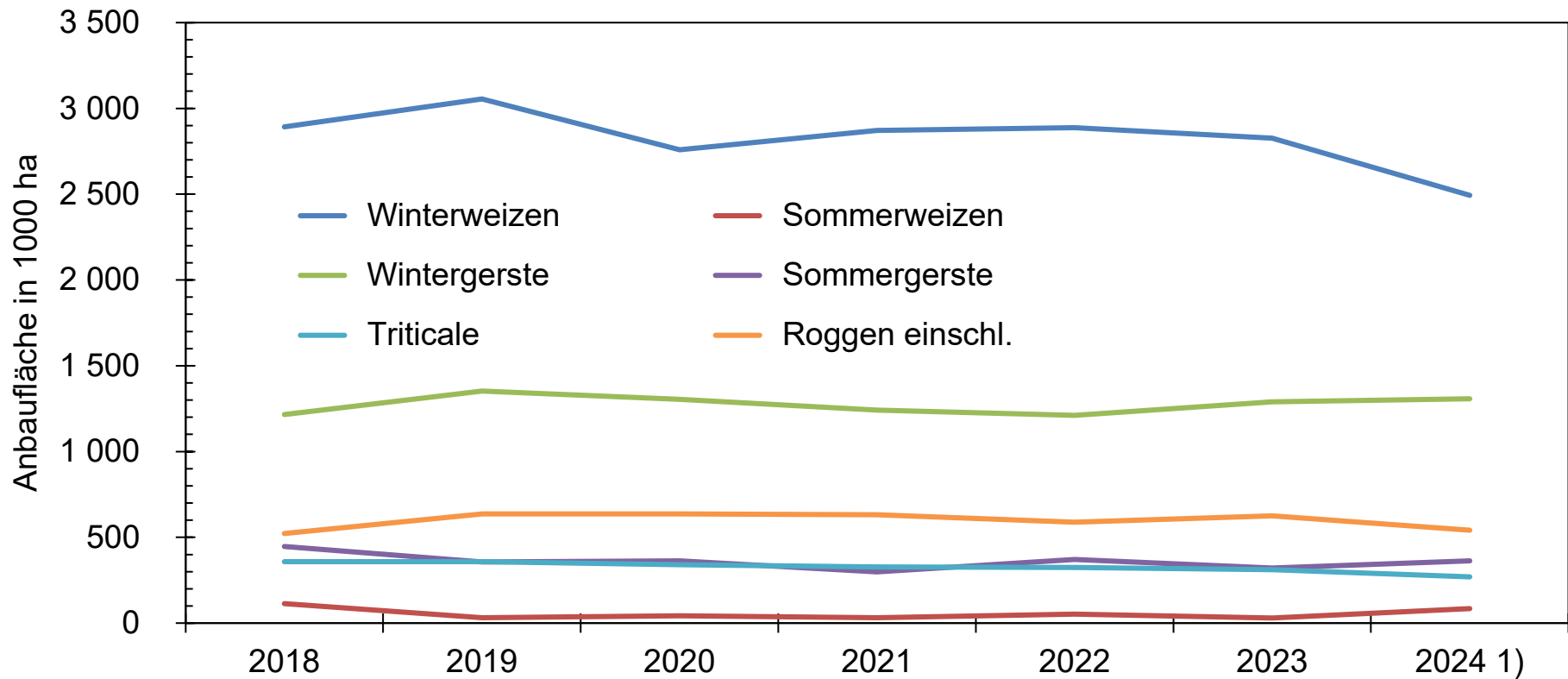
In 1.000 Tonnen



Anmerkung: Datenstand vorläufig

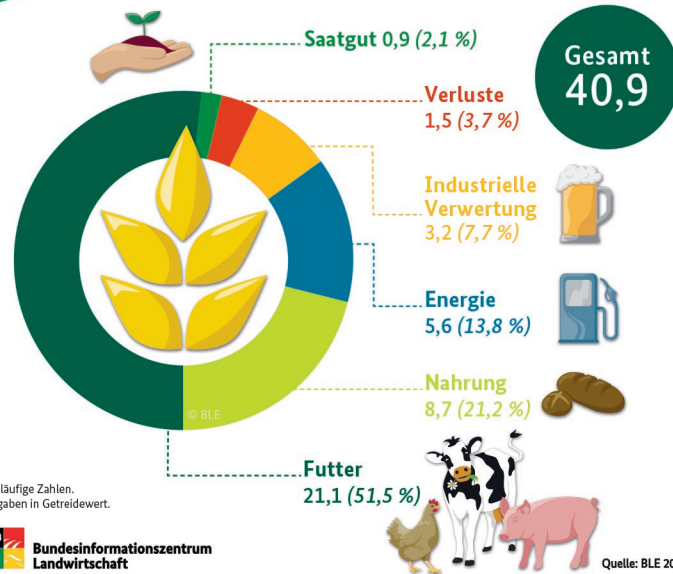
Quelle: Statistisches Bundesamt: Genesis-Online 41241-0005 (Stand: 22.08.2025).

Anbauflächen in D



Getreideverwendung 2023/24 in Deutschland

in Mio. Tonnen



Tab.167. Spezielle Anforderungen an das Korngut von Weizen als Rohstoff zur Herstellung von Lebensmitteln und technischen Produkten (Schäfer und Flechsig 1985; Kempf 1987; Kühler 1994)

Weizen zur Brot- und Brötchenherstellung (Weichweizen)	Weizen zur Teigwarenherstellung (Hartweizen)	Weizen zur Malzherstellung (Weichweizen)	Weizen zur Bioethanolherstellung (Weichweizen)	Weizen zur Stärkegewinnung (Weichweizen)
Mahlfähigkeit - vollständige Trennbarkeit der Kornbestandteile → hohe Mehlausbeute, helle Mehlfarbe, definierter Aschegehalt - hohe Kornhärte → gutes Auflösungsvermögen des Mehlkörpers, Griffigkeit des Mehl - verfärbungs- und pilzbesatzfreie Kornoberfläche → helle Mehlfarbe	Mahlfähigkeit - vollständige Trennbarkeit der Bestandteile → hohe Grießausbeute (>64 %), geringer Aschegehalt (<2 %) - Glasige Kornstruktur → hohe Grießausbeute und Grießqualität - glänzende, verfärbungsfreie Kornoberfläche → stippenfreie Grieße und Teigwaren	Äußere Korneigenschaften - hoher Vollkornanteil (>90 %) → hohe Extraktausbeute - gesunder, artspezifischer Geruch → einwandfreier Biergeschmack - einheitlich-sortentypische Kornfarbe → gleichmäßige Ausreife, hohe Keimfähigkeit	Äußere Korneigenschaften - volle Kornausbildung → hoher Stärkegehalt - hohes Hektolitergewicht (>72 kg) → hohe Bioethanol ausbeute - gesundes besatzfreies Korngut → optimaler Konversionsverlauf	Äußere Korneigenschaften - große, sortenreine Partien → ökonomische Verarbeitung - sehr geringer Besatz (<5 %) → gute Verarbeitbarkeit, hohe Ausbeute - sehr geringer Auswuchsanteil (<1 %) → geringe Stärkeverluste
Backfähigkeit - hoher Kleber- bzw. Protein- (>14 %) Gehalt → hohe Wasseraufnahme - hohe Kleberqualität (Sediwert >30 Einheiten)¹⁾ → gutes Gashaltvermögen des Teiges - hohe Stärkequalität (Fallzahl 240-270 sec) → geeignete Teigviskosität, stabile Produktformen	Innere Korneigenschaften - hoher Rohproteingehalt (>14,5 %) mit hohem Glutenanteil im Eiweiß → geringe Verklebung der Teigwaren - hohe Stärkequalität (Fallzahl >250 sec) → geeignete Teigviskosität - hoher Gelbpigmentgehalt → verarbeitungstabile Gelbfärbung von Grieß und Teigwaren	Innere Korneigenschaften - hohe Keimfähigkeit (>90 %) → hohe Malzausbeute - hohe Enzymaktivität → hoher Stärke- und Eiweißlösungsgrad - hoher Kohlenhydrat- und begrenzter Rohproteingehalt (<12,5 %) → hohe Extraktausbeute (>83 %)	Innere Korneigenschaften - hoher Stärkegehalt (>66 %) → hohe Bioethanol ausbeute - hohe Keimfähigkeit (>90 %) → ungeschädigtes Korngut - hohe Enzymaktivität (niedrige Fallzahl) → autoamylolytische Konversion	Innere Korneigenschaften - hoher Rohproteingehalt (>13 %) → Klebergewinnung - hohe Kleberqualität (Sediwert >30 Einheiten)¹⁾ → vollständige Stärkeauswaschung, zusätzliche Klebergewinnung - hohe Stärkequalität (Fallzahl >200 sec) → gute Vermarktbarkeit

¹⁾ Sedimentationswert

Qualität bei Backweizen

- Optimale technologische Verarbeitung in der Mühle und im Backprozess zur Erzielung hoher Gebäckqualitäten
- Bei der Bewertung des Rohstoffes Weizen bedient man sich bestimmter analytischer Parameter:
 - Indirekte Qualitätsparameter
 - Direkte technologische Qualitätsgrößen

Qualitätsparameter beim Ankauf:

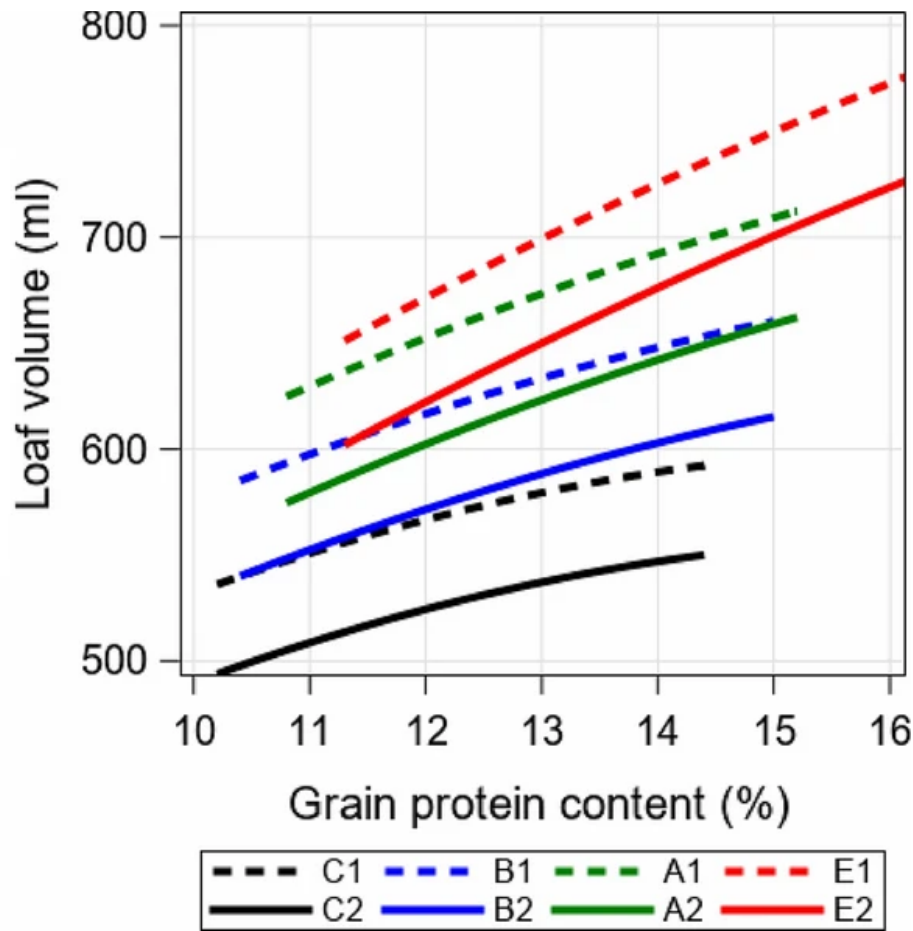
- Indirekte Qualitätsparameter:
 - Rohproteingehalt
 - Fallzahl – nach Hagberg und Perten ([ICC-Methode 107/1](#))
 - Sedimentationswert
 - (Hektolitergewicht)
 - (Trockensubstanz)

Auszug aus: Einkaufs-, Qualitäts- und Aufkaufbedingungen der GETREIDE AG

1) Qualitätsanforderungen

	Feuchte	Naturalgewicht	Protein	Fallzahl
E-Weizen	max. 14,5%	min. 78 kg/hl	min. 14,0%	min. 275 sec.
A-Weizen	max. 14,5%	min. 78 kg/hl	min. 13,0%	min. 270 sec.
B-Weizen	max. 14,5%	min. 77 kg/hl	min. 12,0%	min. 250 sec.
B-Weizen 11%	max. 14,5%	min. 77 kg/hl	min. 11,0%	min. 250 sec.
F-Weizen	max. 14,5%	min. 72 kg/hl		
Gerste	max. 14,5%	min. 62 kg/hl		
Brotroggen	max. 14,5%	min. 72 kg/hl		min. 120 sec.
Futterroggen	max. 14,5%	min. 70 kg/hl		
Triticale	max. 14,5%	min. 72 kg/hl		
Hafer	max. 14,5%	min. 54 kg/hl		

Rohprotein und Backvolumen



C, B, A, E Qualität
 1 = 1990er Sorten
 2 = 2015er Sorten

Rohprotein - Eiweiß

- Eiweißgehalt im Korn ist das Ergebnis:
 - aus Höhe der N- Düngung
 - Möglichkeit der Nährstoffaufnahme aus dem Boden
 - N-Aneignungsvermögen der Pflanze
 - Proteinbildungsvermögen der Sorte
- Eiweißqualität ist sortentypisch (genetisch) bestimmt, aber durch die Witterung zur Abreife beeinflusst

Analytische Methoden zur Ermittlung des Eiweißgehaltes im Korn

- KJELDAHL-Methode nach EN ISO 20483:2006
- DUMAS-Methode nach CEN ISO/TS 16634-2:2009
- NIRS / NIT–Verfahren nach ICC-Empfehlung 202 oder VDLUFA 2003-12

Fallzahl Bedeutung

- Die **Fallzahlmethode** bestimmt die α -Amylase-Aktivität unter Verwendung der Stärke der Probe als Substrat. Die Methode beruht auf der raschen Verkleisterung einer wässrigen Suspension aus Mehl oder Schrot im kochenden Wasserbad und der nachfolgenden Messung der Verflüssigung des Stärkegels durch die α -Amylase in der Probe.
- α -Amylase ist ein Enzym, das im Getreide vorkommt. Während schlechter Wachstumsbedingungen (zu kalt oder zu feucht während der Wachstumsphase) wird verstärkt α -Amylase gebildet. Weizenmehle mit mittleren Fallzahlen (230–280) ergeben eine normale, elastische, gutgeportete Krume und haben eine ausreichende Triebkraft. Mehle mit niedrigen Fallzahlen (<220 s) sind unelastisch und die Gebäckkrume ist feucht (feuchtbackend). Weiterhin haben diese eine erhöhte Triebkraft. Weizenmehle mit hohen Fallzahlen (>300 s) dagegen ergeben eine trockene Gebäckkrume (trockenbackend) und ein geringes Gebäckvolumen. Außerdem haben sie eine geringe Triebkraft, dies erfordert eine Zugabe von vergärbaren Zuckern (z. B. Malzmehl) und/oder enzymhaltigen Backmitteln.

Fallzahlbestimmung

- ICC-Nr. 107: 1960 von Hagberg und Perten
- Bestimmung der Stärkebeschaffenheit von Weizenschroten
- Die Fallzahl ist die Zeit in Sekunden, die ein standardisierter Stab benötigt, um durch einen Stärkekleister aus Mehl und Wasser hindurchzufallen (einschließlich 60 s Rührzeit).
- Innerhalb der EU seit 1967 für Brotweizen einen Mindestwert für die Schrotfallzahl von 220 s



Fallzahl - Hintergrund

- Die Enzymaktivität im Korn steigt ab der frühen Milchreife (Weizen) bzw. Wasserreife (Roggen) an, erreicht etwa zur Gelbreife ihr Maximum, um anschließend eine kurze sortenabhängige Enzymruhe (Dormanz) zu durchlaufen.
- Zu hohe Enzymaktivität im Weizen- oder Roggenkorn ab der physiologischen Gelbreife verdirbt die Backqualität des Mehls, erkennbar an geringen Fallzahlen.
- Die Enzymaktivität ist stark vom Wassergehalt des Korns abhängig. Bei feuchtem Wetter und bei starkem Temperaturrückgang kann die Fallzahl steil abfallen.

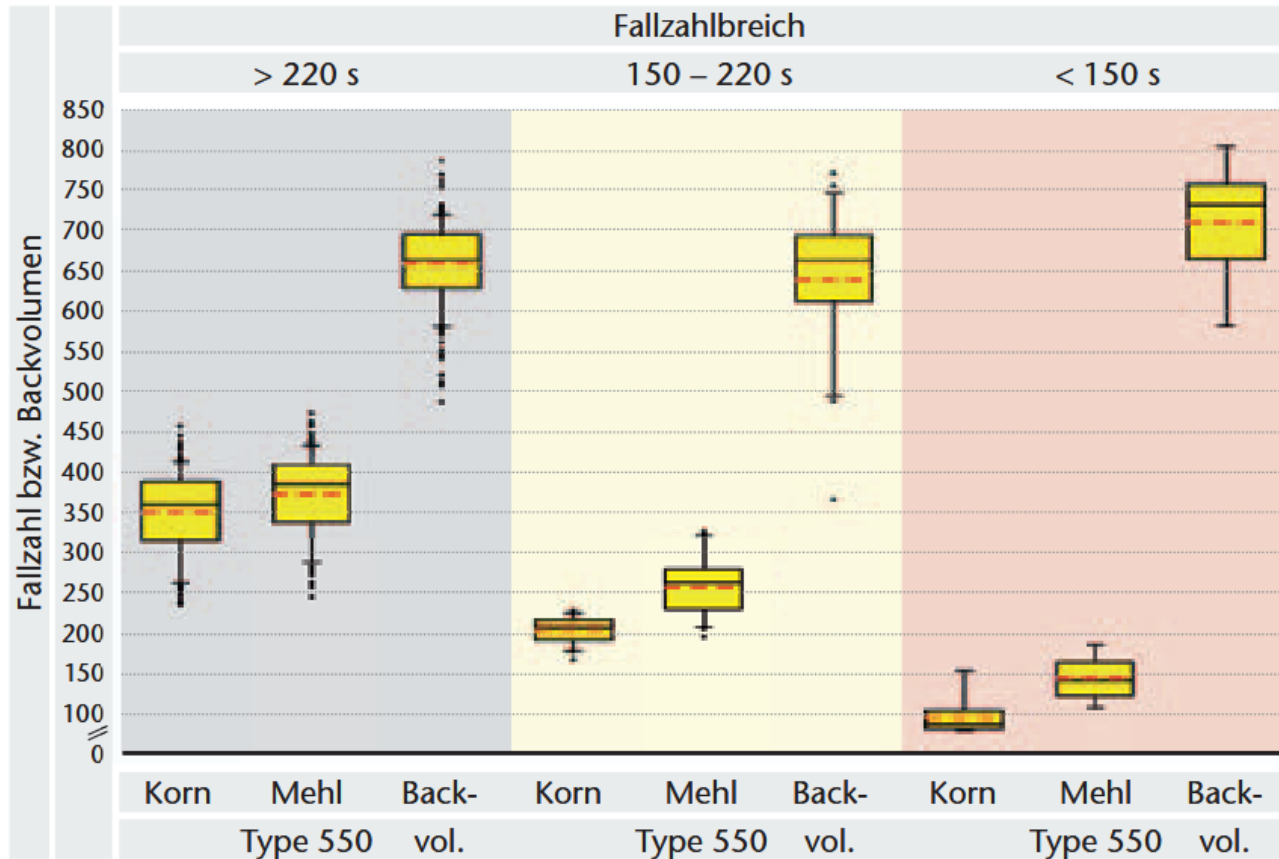
Rapid Mix Test

- Standardisierter Brötchen-Backversuch für die backtechnische Beurteilung von Weizenmehlen der Type 550
- Dauer unter 3 Stunden
- Ergebnis: Volumenausbeute

Weizen- und Weizenhandelsmehle Backverhalten
unter 600 ml/100 g Weizenmehl - nicht befriedigend
601 – 630 ml/100 g Weizenmehl - befriedigend
631 – 660 ml/100 g Weizenmehl - gut
über 660 ml/100 g Weizenmehl - sehr gut

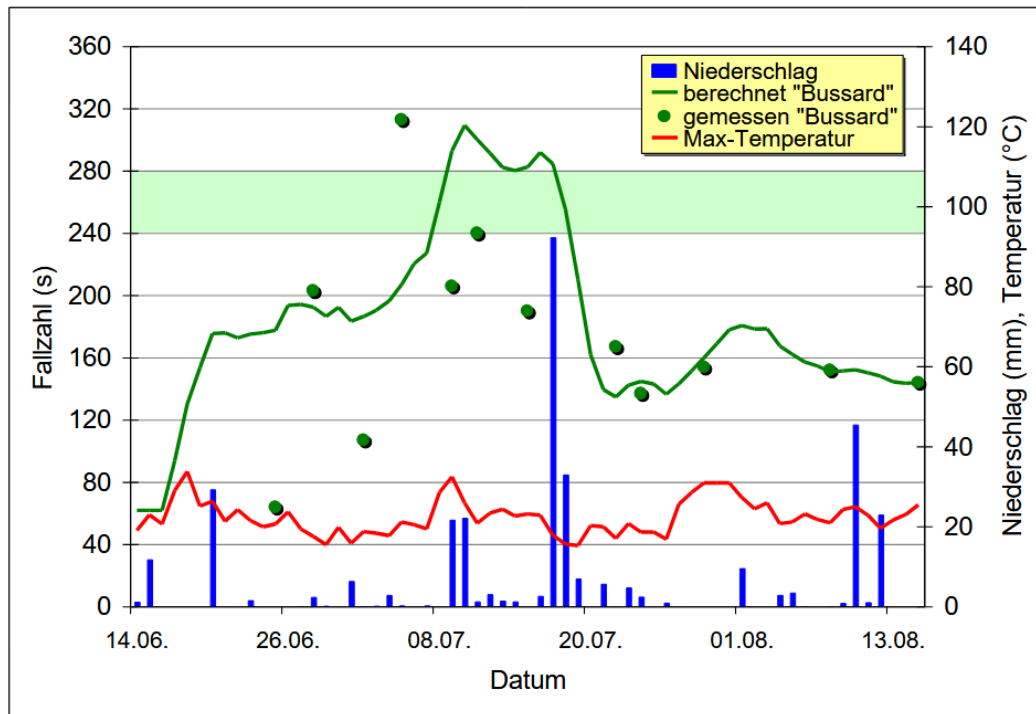
Abb. 1: Höchste Backvolumina im Erntejahr 2010 mit den niedrigsten Schrotfallzahlen

Mittlere Korn- / Mehl-Fallzahlen und RMT-Backvolumen sortiert nach Bereichen



Quelle: MRI, Detmold 2011

Modellierung der Fallzahlen



Die häufigen und ergiebigen Niederschläge im Juli 2002 haben die Backqualität von Winterweizen (Sorte: Bussard) stark gemindert. Grün eingefärbt ist der optimale Qualitätsbereich.

Sedimentationswert nach Zeleny

- ganze Weizenkörner werden auf einer genormten Mühle zu Mehl von einer vorgegebenen Korngröße
 - Sedimentationswerte sind nur vergleichbar, wenn die Korngrößenverteilung der Mehle übereinstimmt.
 - Nicht für Vollkorn durchführbar.
- Eiweißstoffe der Weizenmehle werden Indikatorlösung (Bromphenolblau) sichtbar gemacht.
- Hinzufügen von verdünnter Milchsäure und Alkohol → Kleberprotein quillt und sedimentiert → deutlich sichtbarer Bodensatz → Volumen messen = Sedimentationswert in Millilitern
- Praktische Aussage:
 - Die Sedimentationswerte von Weizenmehlen schwanken zwischen 20 und 75 ml.
 - Sie hängen ab von der Klebermenge und der Kleberqualität.
 - Je mehr Kleber und je besser die Güte des in einem Mehl vorhandenen Klebers, umso langsamer ist die Sedimentation mit einem größeren Sedimentationsvolumen.
 - Bei der Brotherstellung führt ein hoher Sedimentationswert zu einem besseren Gashaltevermögen, einem hohen Teigstand und folglich zu einer größeren Volumenausbeute.

Faustregeln für die Verarbeitung: Je höher der Sedimentationswert, desto besser das Backverhalten der Weizenmehle

> 45 ml (sehr gute Qualität)

- stabile bis „bockige“ Teige
- intensive Teigknetung
- hohe Gärtoleranz
- hohe Gefrier-Tau-Resistenz

20 – 30 ml (mittlere Qualität)

- Teige mit wenig Stand
- kurze Teigführung
- mäßiges Gashaltevermögen
- mäßige Gärtoleranz
- befriedigendes Gebäckvolumen

30 – 45 ml (gute Qualität)

- „wollige“ Teige mit guten Verarbeitungseigenschaften
- gute Gärtoleranz
- gutes Gebäckvolumen

< 20 ml (geringe Qualität)

- feuchte, nachlassende
- Teige
- schlechte Gärtoleranz
- mangelhafter Ausbund

Vielen Dank für die Aufmerksamkeit