

Landwirtschaftliche Nutzpflanzenkunde

LT3 - Wintersemester 2025/26

Prof. Dr. Carl-Philipp Federolf

27.10.2025

Sojabohnen Dormanz

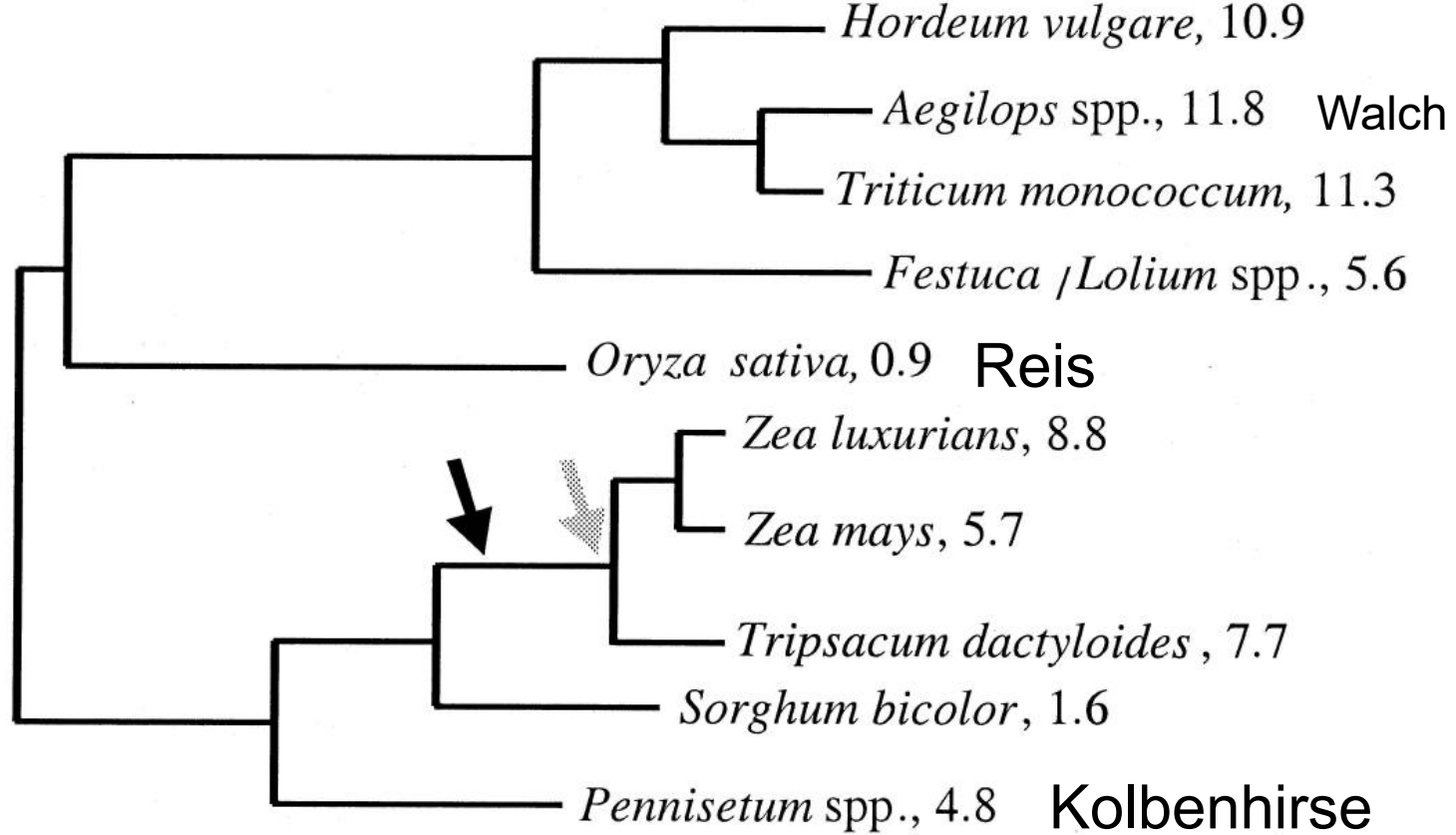
Dormanz in Sojabohnen

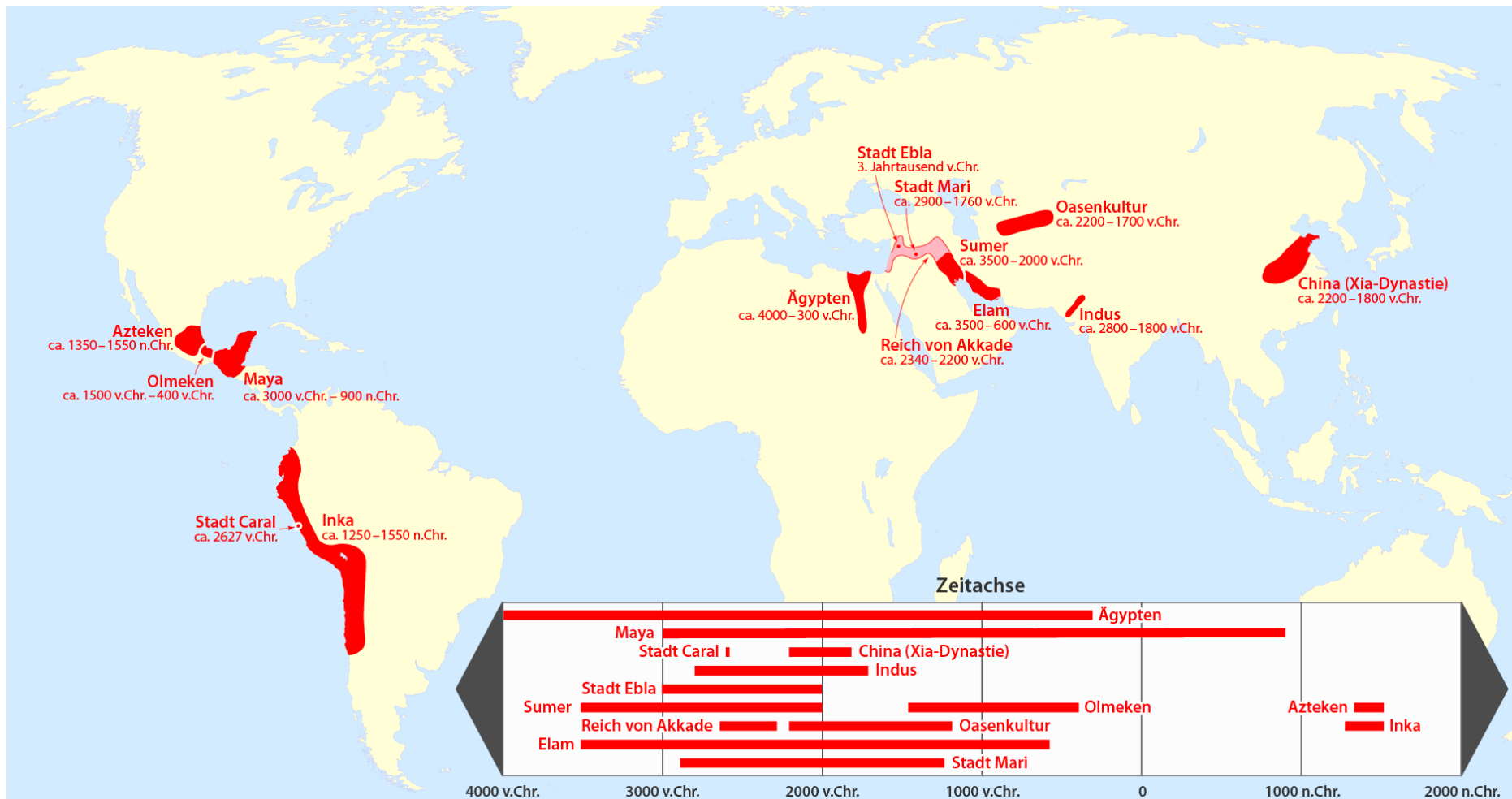
- Wild-Typen haben eine starke Dormanz und können 5 – 7 Jahre im Boden überleben¹
- Kulturtypen – insbesondere gelbe und grüne Sorten haben
 - annähernd keine Dormanz¹
 - Die Überlebensrate im Boden ist sehr gering¹
 - In tropischen Klimaten ist die Lagerung von Sojasaatgut über einen Zeitraum von 8 Monaten hinaus problematisch²

¹ Li Zhang, Ruizong Jia, Laipan Liu, Wenjing Shen, Zhixiang Fang, Bin Zhou, Biao Liu, Seed coat colour and structure are related to the seed dormancy and overwintering ability of crop-to-wild hybrid soybean, *AoB PLANTS*, Volume 15, Issue 6, December 2023, <https://doi.org/10.1093/aobpla/plad081>

² Rao PJM, Pallavi M, Bharathi Y, Priya PB, Sujatha P and Prabhavathi K (2023) Insights into mechanisms of seed longevity in soybean: a review. *Front. Plant Sci.* 14:1206318. doi: [10.3389/fpls.2023.1206318](https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1206318)

Getreide





Exkurs: Beginn des Ackerbaus

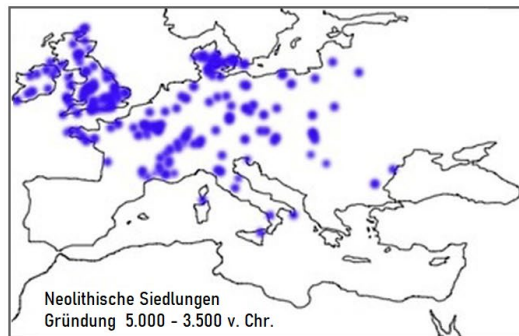
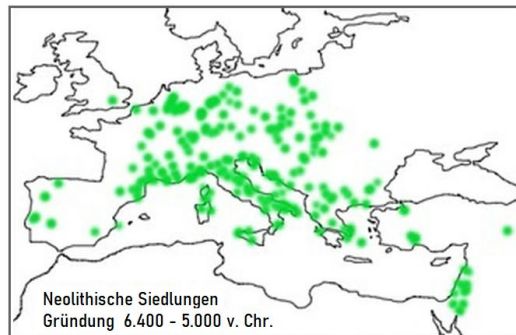
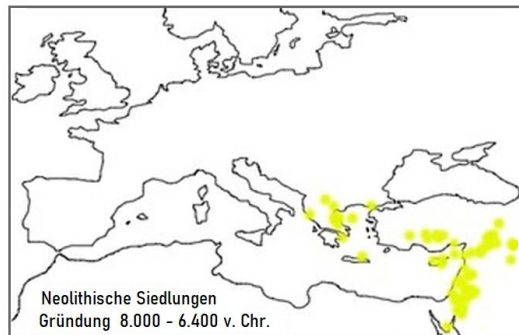
- Letzte Eiszeit → Steppenlandschaft in Mesopotamien
 - Jäger und Sammler profitieren von:
 - Wild
 - Wilden Urformen des Getreides
- Einsetzende Warmzeit → Wachstum von Wäldern
 - Nahrungsgrundlage?
 - Gezielter Anbau von Getreide und Domestizierung von Tieren
 - Schaf, Ziege, später Rind



Frühmesopotamische Darstellung eines Pflugs von einem Zylindersiegel

Original: First impressions : cylinder seals in the ancient Near East, D. Collon, 1987, University of Chicago Press in: Dirt – the erosion of civilisations, D.Montgomery, 2007, University of California Press – mit Copilot überarbeitet





Ausbreitung neolithischer Besiedlung
aus dem Nahen Osten und Anatolien
über Griechenland und den Balkan
in das übrige Europa.

Viele zuvor gegründete Siedlungen
bleiben erhalten.

Parallel dazu:

- In Kulturnahme von Reis im Yangtse Tal, China
- Vor 13500 – 8200 Jahren



Mais

- Südmexico erste Spuren ca. 8700 Jahre alt

Teosinte

Hybrid

Mais



Oben: By John Doebley - <http://teosinte.wisc.edu/images.html>, CC BY 3.0,
<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=3082050>

Rechts: By Teresa Romero Cortes, Víctor Hugo Pérez España, Martín Peralta Gil, José Esteban Aparicio Burgos and Jaime Alioscha Cuervo Parra - <https://www.revista.ccba.uady.mx/ojs/index.php/TSA/article/view/4147/1905>, CC BY 4.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=125116100>

Triticum

Weizenarten

	Wildform	Kulturform	Kulturform
	(bespelzt)	(bespelzt)	(freidreschend)
Einkorn-Reihe Diploid, Genome AA	Wildeinkorn (Tr. boeoticum)	Einkorn (Tr. monococcum)	Sinskaje-Einkorn (Tr. Sinskaje)
Emmer-Reihe Tetraploid, Genome AABB	Wildemmer (Tr. dicoccoides)	Emmer (Tr. dicoccum)	Hartweizen (Tr. durum), Rauhweizen (Tr. turgidum), Polnischer Weizen (Tr. polonicum), „Kamut“ (nicht eindeutig)
Dinkel-Reihe Hexaploid, Genome AABBDD			Dinkel (Tr. spelta), (Weich-)Weizen (Tr. aestivum)

Einkorn

- erste kultivierte Art des Weizens
- wilder Einkorn gefunden in ersten Siedlungen im fruchtbaren Halbmond (auch: Gerste, Grob- (Vicia, Linsen) und Feinleguminosen (Trifoliaceae))
- In der Neusteinzeit nach Europa gekommen.

Savard, M., Nesbitt, M., & Jones, M. K. (2006). The role of wild grasses in subsistence and sedentism: new evidence from the northern Fertile Crescent. *World Archaeology*, 38(2), 179–196.

<https://doi.org/10.1080/00438240600689016>



Einkorn

- Pro Spindelstufe je ein Korn → Einkorn
- Aussaat und Ernte als Vese:
 - Ähre bricht an den Spindelstufen, d.h. eine Vese besteht aus Spindel, Spelze und den darin enthaltenen Körnern (eins bei Einkorn, meist zwei bei Emmer)
- Bauchige, weiche Körner mit gelbem Mehlkörper (hoher Karotinoid-Gehalt)
- Hoher Proteingehalt (z.T. über 20%)¹, aber schlechte Kleberqualität, gute Backeigenschaften

Einkorn - Anbau

- Einkorn ist ein Wechselweizen
- Aussaat wie Winter- und Sommerweizen 250 – 350 Kö. / m²
- Aussaat von Vesen kann Särohre verstopfen → langsam fahren
- Trotz massiver Bestockung, Unkrautunterdrückung überschaubar
 - mechanische Regulierung notwendig
 - Aufpassen – empfindlicher Keimling, Striegeln erst ab 3-Blatt möglich
- Elastischer Halm – nicht sehr standfest
- Sehr gute Krankheitsresistenz
- Höchstens geringe N-Düngung von 50 – 80 kg / ha

Einkorn Ernte

- Risiko von Ährenbrüchigkeit → Ernte eher mit höherer Feuchtigkeit & Nachtrocknung
- ABER: bei frühem Drusch brechen die Grannen nicht – Mähdreschereinstellung schwierig
- Auf dem Halm Qualitätsstabil
- Ernte etwa zwei Wochen nach Weizen
- Ertrag bespelzt 1,5 – 3 t / ha, Schälausbeute 60 – 65%
- Absatz sollte vor Anbau geklärt sein



1 cm

Von Roger Culos - Eigenes Werk, CC BY-SA 3.0,
<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=45210783>



Einkorn – Besselzt und unbesselzt

erolf Von National Plant Germplasm System (USDA/ARS) Übertragen aus en.wikipedia nach Commons., Gemeinfrei, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=553607>

Von BMK - self made by BMK, CC BY-SA 2.0 de, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=612048>



Emmer

- Wildformen zu ähnlicher Zeit in Kultur genommen wie Einkorn.
- Der Ur-Weizen → Daraus ist die Dinkel-Reihe entstanden
- 80 bis 130 (bis 180) cm hoch
- Die Halme sind dickwandig, die oberen Internodien meist voll und die Knoten sind kahl.

Emmer

- Die Blattspreiten sind bis 15 Millimeter breit, samtartig behaart oder kahl und tragen am Grund 2 große sichelförmige Öhrchen.
- Die Blattöhrchen des Emmer sind groß und bewimpert, die Blatthäutchen sind mittelgroß und stumpfgezahnt.



Anbau - Emmer

- Genügsame Kultur, abtragendes Glied in der Fruchtfolge
- Nicht nach zweimal Getreide (Fußkrankheiten)
- Winter- und Sommersorten verfügbar
- Aussaattermin wie Weizen
- Aussaatstärke 350 – 550 K / m² → geringe Bestockung
- Langsame Jugendentwicklung, dadurch schwache Unkrautunterdrückung
- Geringere Krankheitsanfälligkeit als Weizen, auf Mehltau und Roste achten

Anbau - Emmer

- Bei Saat im Frühjahr auf frühe Saattermine achten – Getreidehalmfliege
- Ernte 1 – 2 Wochen nach Weizen
- Ertrag 2 – 3,5 t / ha, 30% Spelzanteil
- Bei angepasster Düngung hoher Kleberanteil

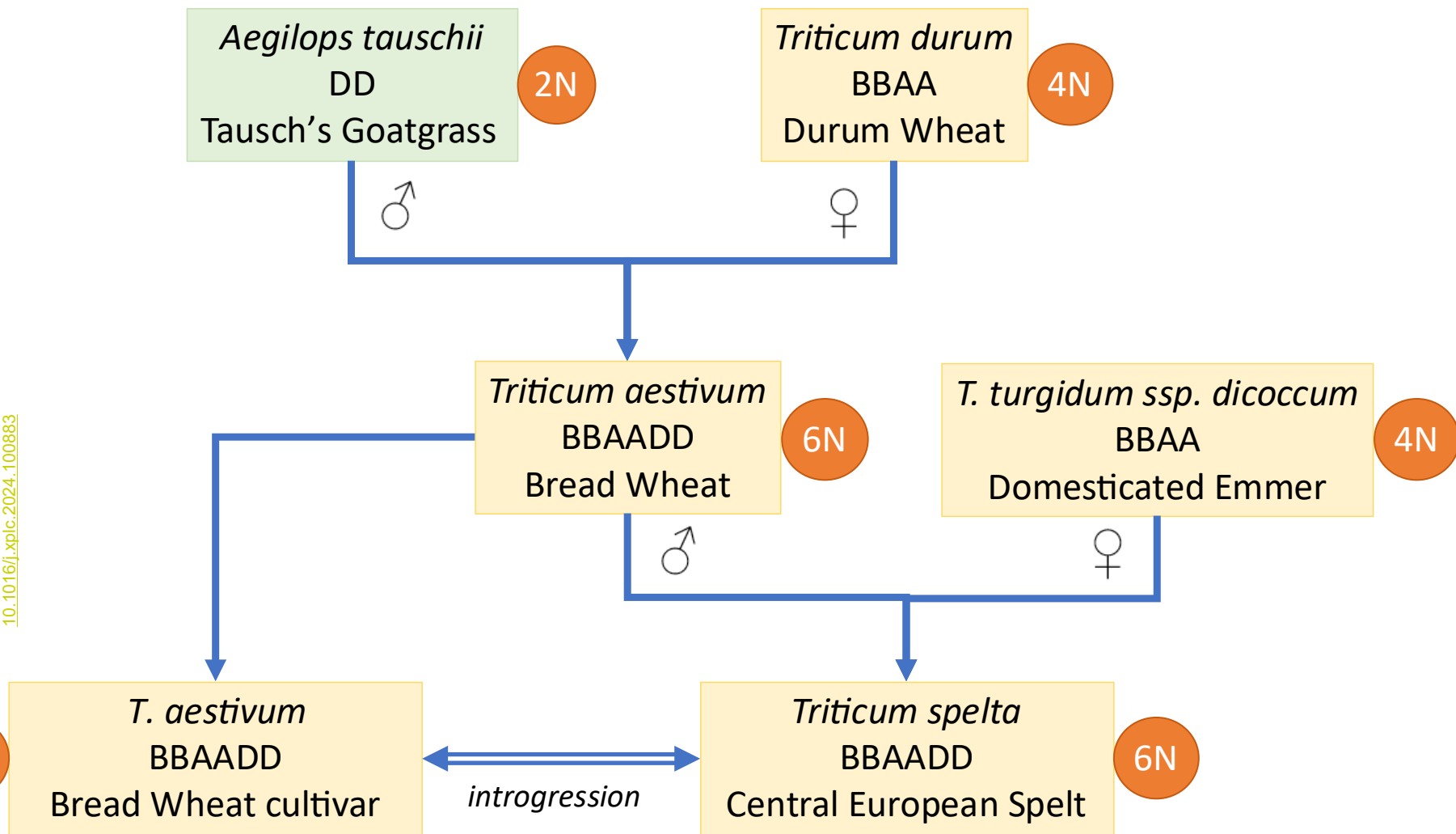






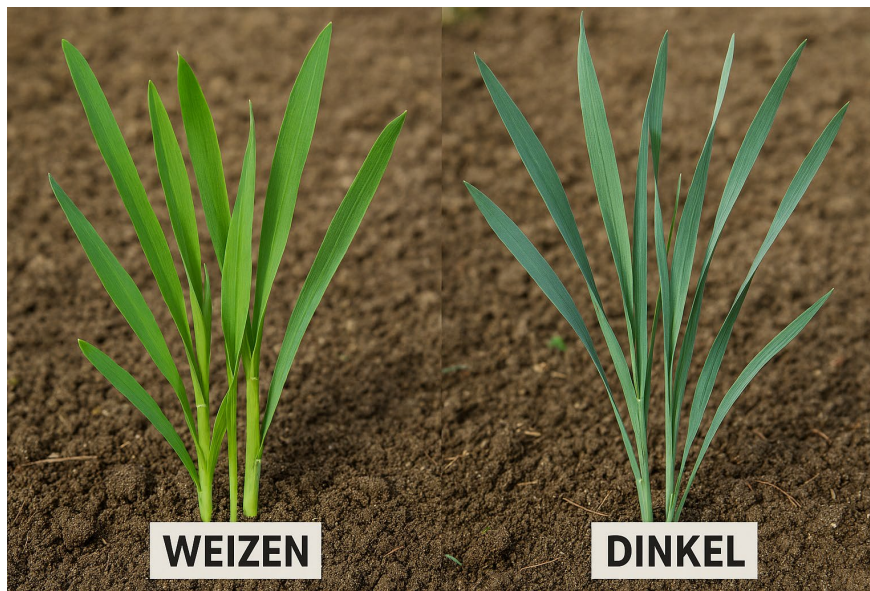
Dinkel

- Stammt aus Westarmenien 6. – 5. Jahrtausend v. Chr.¹
- In der Jungsteinzeit in Europa ausgebreitet.
- Wurde im 18. Jahrhundert vom Weizen als „Hauptgetreide“ abgelöst
- Heute Anbau auf < 100.000 ha vorwiegend in Württemberg und Franken



Mein Versuch mit KI: Wie lassen sich Weizen und Dinkel im vegetativen Stadium unterscheiden?

- Weizen: Öhrchen sind meist gut ausgeprägt und umschließen den Halm.
- Dinkel: Öhrchen sind oft kleiner oder fehlen ganz.



WEIZEN UND DINKEL IM VEGETATIVEN STADIUM

	WEIZEN	DINKEL
BLATTFARBE	 hellgrün bis mittelgrün	 bläulich-grün
ÖHRCHEN	 gut ausgeprägt	 kleine Reste oder fehlend
BESTOCKUNG	 stärker	 schwächer





Dinkel Anbau

- Anbau ähnlich Weizen
 - Lange Pflanze - Weniger standfest
 - Bessere Beschattung
 - Etwas geringere Ertragserwartung → keine Hohertragsstandorte
 - Etwas geringere Düngung
- Nur Winterform – sehr winterhart
- Grenzlagen geeignet
- Auf besseren Standorten, kurze Sorten wählen

Dinkel Anbau

- Nicht nach Weizen und Gerste
- Aussaat als Vese, auch entspelzt möglich aber geringe Keimfähigkeit, flacher säen, beizen
- Direktsaattauglich
- September bis November – Spätsaatverträglich
- Hohes Bestockungsvermögen, starke Beikrautunterdrückung
- 150 – 200 Vesen pro m², 4 cm tief

Dinkel Anbau

- Blindstriegeln + 2-mal striegeln im Frühjahr
- Oder Herbizide
- Auf Fußkrankheiten achten
- Getreidehähnchen
- Ggf. Einkürzen

Dinkel - Düngung

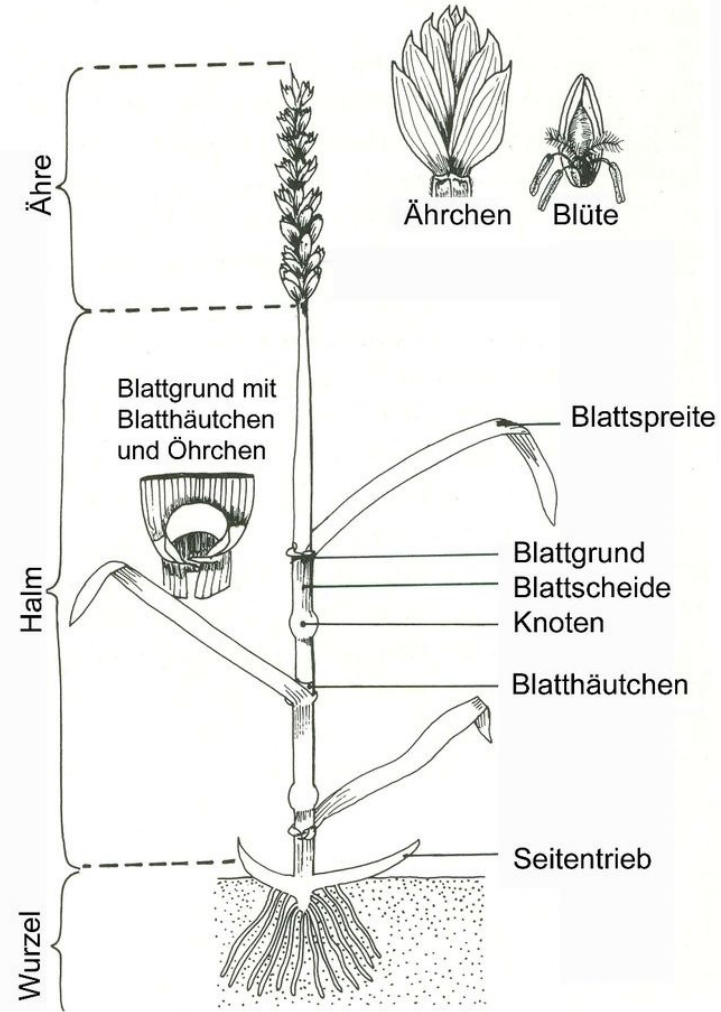
- Grunddüngung nach Entzug wie bei Winterweizen:
 - P-Bedarf: 70kg/ha,
 - K-Bedarf: 120 kg/ha
- N-Bedarf:
 - Ertragserwartung 6 t/ha: Bedarfswert 200 kg N / ha
 - 10 kg N / ha Zuschlag und 15 Abschlag

Dinkel Ernte

- Erntezeitraum entspricht mittelspättem Weizen.
- zur Absicherung der Fallzahlen späte Ernten vermeiden
- Dreschereinstellung sorgfältig wählen:
 - Ziel sind vollständig in einzelne Spindelglieder aufgebrochene Ähren bei möglichst wenig nackten Körnern;
 - der Anteil freidreschender (nackter) Körner ist sortenabhängig.
- optimaler Druschzeitpunkt: abhg. von der Feuchtigkeit -> vormittags weniger freidreschende Körner als nachmittags
- Empfohlen wird eine Vorreinigung direkt nach der Ernte (Verbesserung der Lagerfähigkeit).

Weizen

Aufbau einer Weizenpflanze



Entwicklung des Getreides

- Die Tageslänge bestimmt den vegetativen (Blätter, Triebe) und den generativen Entwicklungsrhythmus (Ährenanlage, Blüte)
- Im Kurztag bestocken die Pflanzen, im Langtag strecken sie sich und blühen
- Organe, die bei genetisch fixierter Tageslänge nicht vital und weit genug entwickelt sind, werden durch Assimilatauslagerung reduziert (Nebentriebe), bzw. nicht weiter ausgebildet und vertrocknen (Blüten, Ährchen)
- Eine frühe Saat und eine hohe, frühe N-Düngung verlängern vor allem die vegetative Phase

Feldaufgang - Getreide

→ 50% der Pflanzen sind aufgegangen (aufgelaufen)

→ 90 Gradtage

September	13°C	7 Tage
Oktober	8°C	11 Tage
November	4°C	22 Tage

Zu tiefe Ablage



Halmheber



Haupttrieb betonte Pflanze

Halmheber: Gewebeabschnitt zwischen Embryo und Stängelbasis, der nur bei den Gräsern und nur bei zu tiefer Ablage ausgebildet wird.

Entwicklung Getreide nach Feldaufgang

T-Summe °C x Tage	Haupt- trieb	1. NT	2. NT	3. NT	4. NT	Triebe pro Pflanze	
70	2-Blatt					1	1
200	4-Blatt	1-Blatt				1+1	2
270	5-Blatt	3-Blatt	1-Blatt			2+1	3
350	6-Blatt	1 Stängel	3-Blatt	1-Blatt		3+2	5
420	Ähren- anlage	2 Stängel	1 Stängel	3-Blatt	1-Blatt	5+4	9

Bei Temperaturen über 2° C

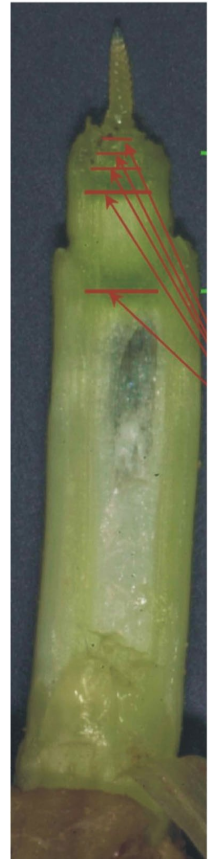
T-Summe 70° C 1 Blatt / 1 Blattpaar

Tagesdurchschnittstemperatur: Wenn die Sonne untergeht.

Entwicklung einer Getreidepflanze nach Feldaufgang

- Entwicklung ist schneller:
 - höheres N- Angebot
 - mehr Lichtintensität
 - frühreife Sorten
- Entwicklung ist langsamer:
 - übernasser Boden
 - verdichteter Boden
 - ausgetrockneter Boden
 - Lichtmangel
- Triebbildung wird begrenzt durch den Langtag = Schossen
- Getreide ist eine Langtagspflanze, d.h. sie bildet Ertragsanlagen (Ährenembryo) aus, wenn die Tage länger werden
- Beginn der generativen Phase ab 12-14 Std. Licht

Streckung der Internodien



- hochgeschobener Bestockungsknoten
- 1. Knoten wird durch die Streckung des Internodiums zwischen dem Bestockungsknoten und dem 1. Knoten nach oben geschoben
- 1. Internodium 1 cm gestreckt -> BBCH 31
- 2. Internodium 1 cm gestreckt -> BBCH 32

Ährenschieben

EC 45/49



EC 51



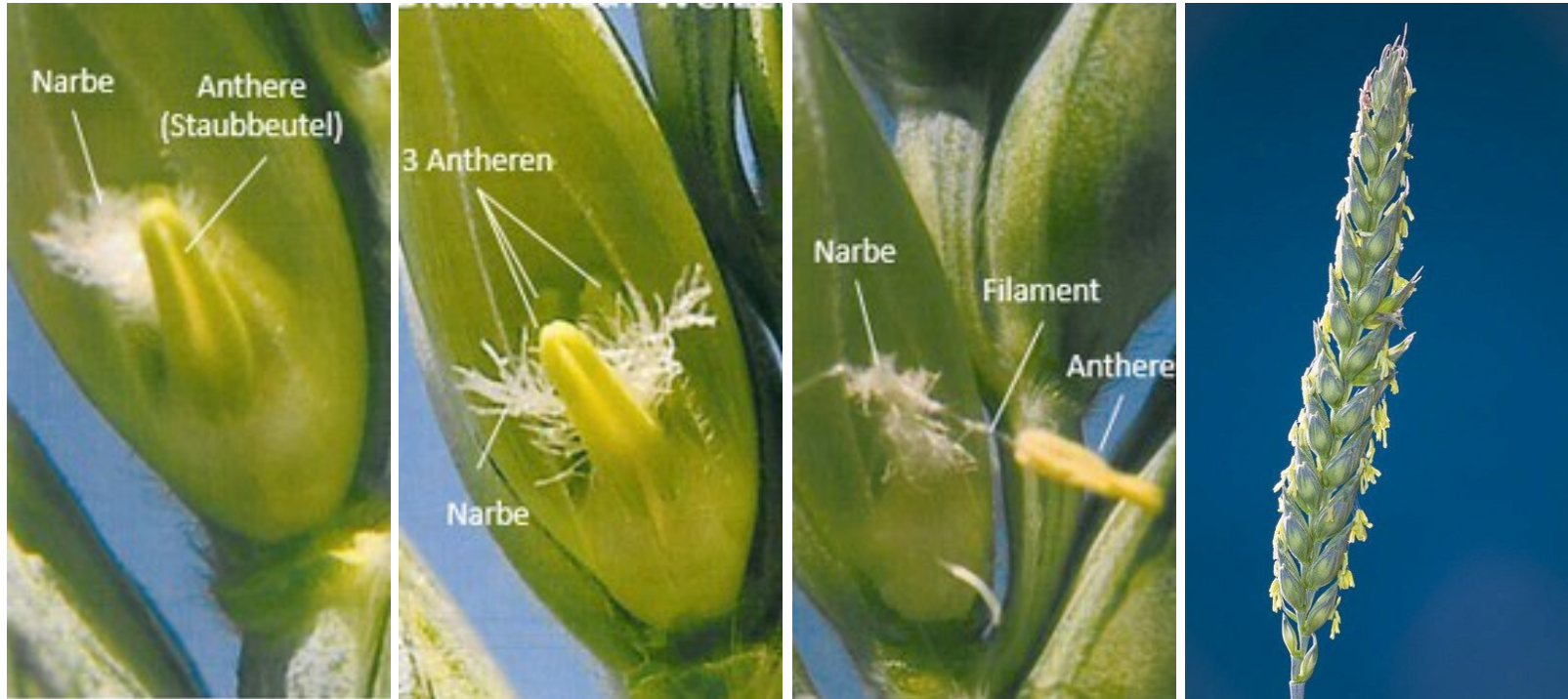
EC 55



EC 59/60



Blüte



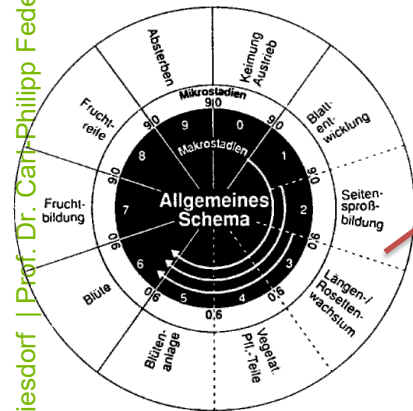
Antheren noch grün: Blüte ist noch nicht im Gange
Antheren gelb verfärbt: Blüte ist erfolgt

Blüte EC 61

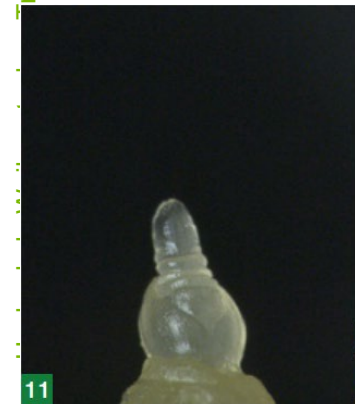
- Witterung EC 39 → EC 61
 - trocken warm 8 – 10 Tage
 - nass kalt 14 – 15 Tage



Entwicklungsstadien der Ähre (VE-Stadien)



- Vom Meristem zum Doppelring
 - Meristem: Teilungsfähiges Gewebe, das neue Organe hervorbringen kann.
- Die Laubblätter bildet die Pflanze im Kurztag am Vegetationskegel (Apikalmeristem)
- Hat der Haupttrieb mindestens sechs sichtbare Blätter und ist die Pflanze vollständig vernalisiert, beginnt die generative Phase
- Statt der Blattanlagen bilden sich nun am Vegetationskegel „Doppelringe“ aus, die den Beginn der generativen Phase einleiten
- Der Vegetationskegel wird zur Ährenanlage umgebildet, Ausbildung der Spindelstufen
- Die Pflanze befindet sich in BBCH 25 bis 29



Fotos: Kropf

△ Der Vegetationskegel von Weizen: Aus den Ringen des 0,3 mm langen Apikalmeristems bilden sich die Blattanlagen.

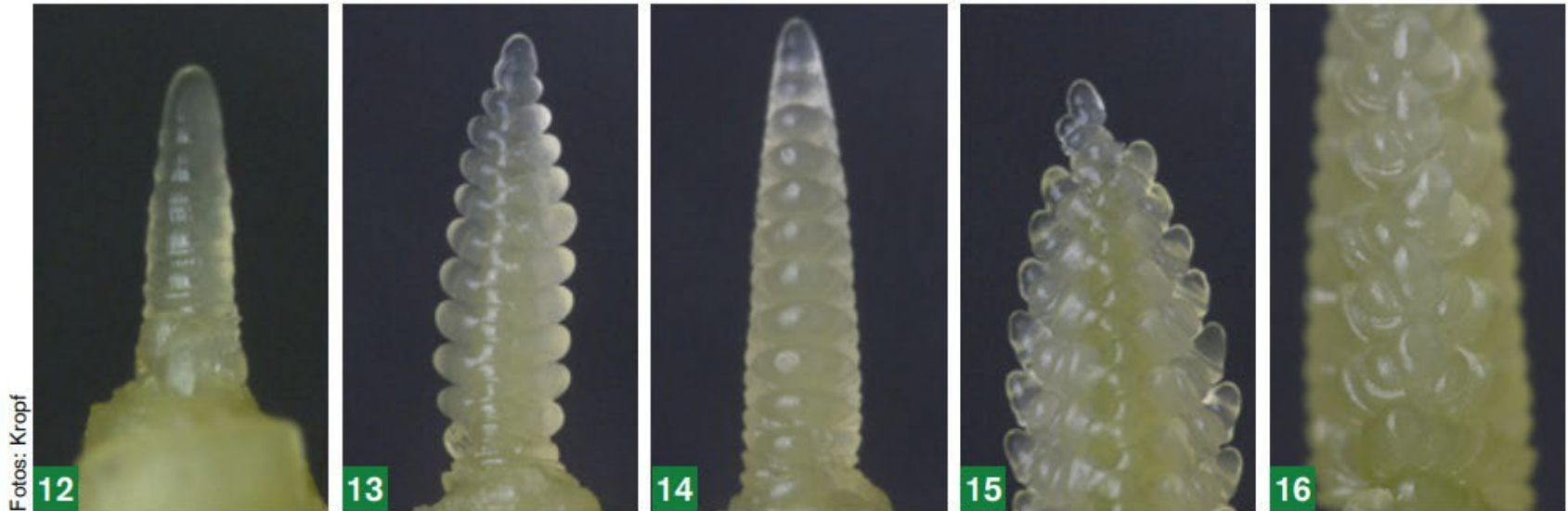
Entwicklung Weizenähre

- Voraussetzung: Pflanzen müssen ausreichend vernalisiert sein!
 - 50 Tage < 5°C WW
- Vernalisation ist der Kältereiz, der die Pflanze in die Lage versetzt, aus Blattprimordien Spindelstufen und somit Korn- oder Ährchen-Anlagen zu generieren.

Einfluss der Vernalisation auf die Pflanzen-entwicklung nach Winter

- je besser der Vernalisationsgrad einer Pflanze,
 - desto schneller schaltet sie in die generative Entwicklung um (Ährendifferenzierung)
 - desto mehr Zeit steht für die Anlage für Spindelstufen zur Verfügung
 - desto mehr Spindelstufen können angelegt werden
 - desto größer/länger ist die Ähre
 - desto resistenter ist sie gegenüber abiotischen Stresssituationen (Herbizid-Stress)

Entwicklung Weizenähre vor der großen Periode



△ So entwickelt sich eine Weizenähre: Vom Doppelringstadium (12; 0,8 mm lang) aus beginnen sich die Ährchen zu differenzieren (13 und 14). Stellt sich das Spitzenährchen auf (15), sind die Ährchen komplett angelegt. Die Ährchen legen bis zur Großen Periode weitere Blüten an (16).

Entwicklung Ähre bis zur großen Periode



- Weizen (BBCH 31 - 32)
 - Mit dem Aufstellen des Spitzenährchens endet die Ährchenanlage (17)
 - Die Blütenanlage an den Ährchen geht weiter (18)
 - bis zur „Großen Periode“ (19), dem Beginn des Streckungswachstums (BBCH 32)

■ Gerste:

- Das Spitzenmeristem (20) bildet fortwährend Spindelstufen mit drei einblütigen Ährchen (21)
- Ab der Großen Periode werden die jungen Apikalährchen reduziert (22)



Große Periode

- In der „Große Periode“ streckt sich die Ähre innerhalb von 8 bis 10 Tagen von 1 cm auf eine Länge von 7 bis 10 cm
- In dieser Phase sollten Herbizide oder Wachstumsregler möglichst vermieden werden
- Je trockener („Stress“) es ist, umso mehr muss das beachtet werden.

Bild: Dr. U. Kropf



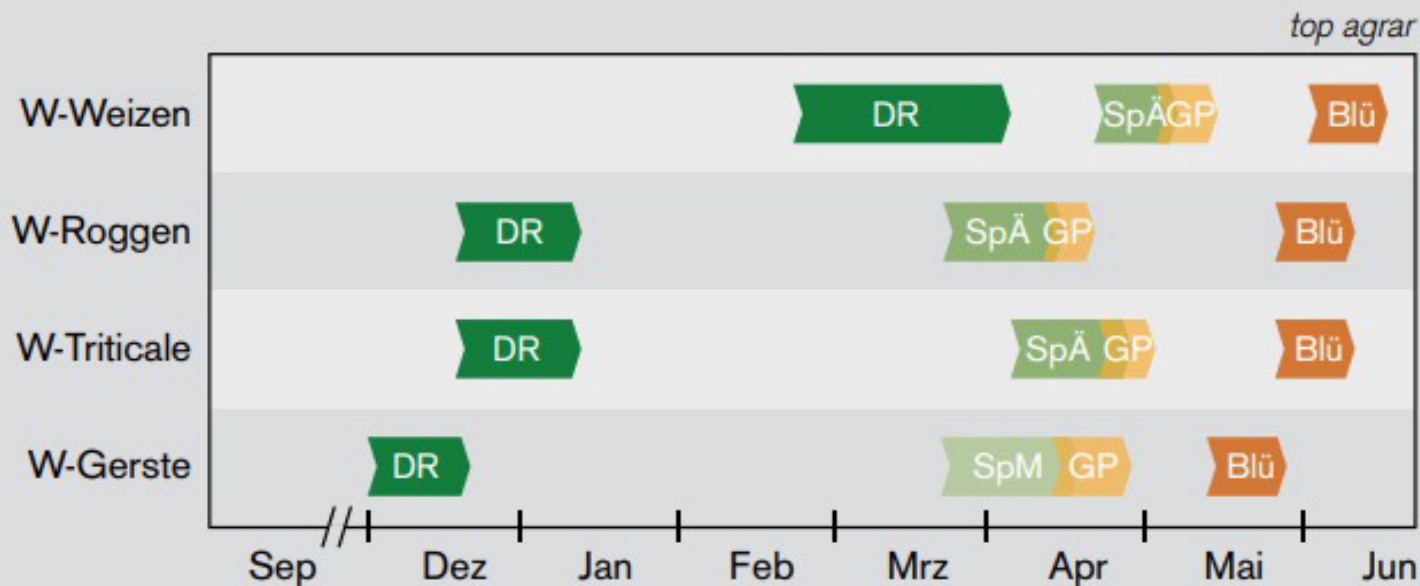
Große Periode

- Mit Beginn der Großen Periode ist die maximale Blütenzahl erreicht
- Danach beginnt die Reduktionsphase
- Nicht weit genug entwickelte (labile) Blüten und Ährchen reduzieren die Pflanzen
- Je langsamer sich in den folgenden zwei bis drei Wochen die Pflanze bei guter Wasser- und Nährstoffversorgung entwickelt, desto geringer fällt die Reduktion aus

Bild: Dr. U. Kropf



ÜBERSICHT 1: GENERATIVE ENTWICKLUNG DES WINTERGETREIDES



Aussaat: 20. September, Lindenhof-Versuchsfeld, Ostenfeld/RD, Schleswig-Holstein

DR = Doppelring, SpÄ = Spitzenährchen, SpM = Spitzenmeristem,

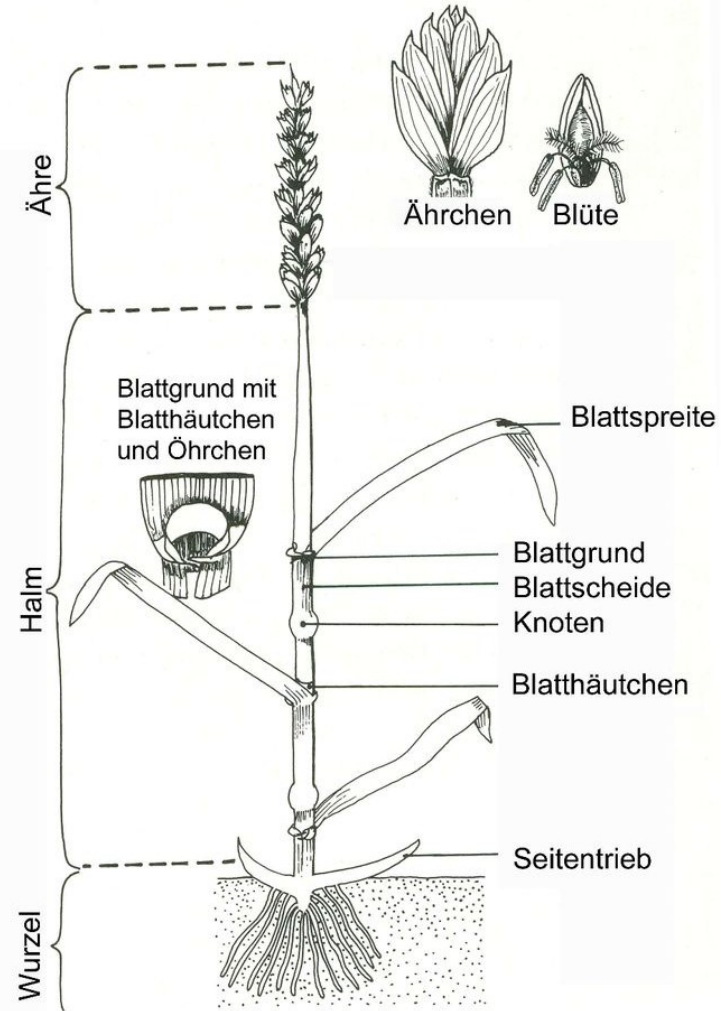
GP = Große Periode, Blü = Blüte; Spannweite frühes Jahr und spätes Jahr

Quelle: Kropf

△ Jede Kultur hat ihren eigenen generativen Entwicklungsrhythmus.

- Ertragsaufbau - Getreide

Aufbau einer Weizenpflanze



- Ertragskomponenten im Weizenanbau

- Pflanzen pro m² = 200
- Ähren pro Pflanze = 2,5 → 500 Ähren pro m²
 - Ährchen pro Ähre = Spindelstufen = 20
 - Körner pro Ährchen = 2,5 (2 – 3)
- Kornzahl pro Ähre = 50 Körner pro Ähre
 - Korndichte = 25.000 Körner pro m²
- Korngewicht = 45 g TKM
- Tausendkornmasse = 11,25 t / ha
- Gesamtertrag = 13,75

Ertragsstruktur im praktischen Anbau

	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

¹⁾ 6-zg. Gerste

²⁾ 2-zg. Gerste

Fallstudie

1.	Ertragsziel [dt/ha]	90
2.	TKG (Sorte) [g].....	45,0
3.	Korndichte / m ²	20.000
4.	Kornzahl / Ähre	45
5.	Ähren / m ²	440 - 450
6.	Beährungspotential = Triebe mit mindestens 3 Blätter vor Winter (Gerste, Roggen) bzw. Anfang April (Weizen)	
7.	Pflanzen zur Ernte	150
8.	Pflanzenverluste [%].....	10
9.	Keimpflanzen / m ²	170
10.	Feldaufgang [%].....	90
11.	keimfähige Körner / m ²	190

Gründe für Ertragssteigerungen der letzten Jahrzehnte

- 50 – 70 % der Ertragssteigerungen sind auf Verbesserungen in der Anbautechnik zurückzuführen
- 30 – 50 % der Ertragssteigerungen basieren auf der Pflanzenzüchtung
- Die Gesamtbiomasseerträge sind in dem Zeitraum dagegen kaum gestiegen -> Verbesserung des Stroh : Korn – Verhältnis
- Halmlänge und Kornertrag korrelieren negativ ($R^2 = -0,8$ bis $-0,9$)
- Pflanzenhöhe würde durch das Einkreuzen von genetischem Material mit *rht*-Genen erreicht (reduced height).

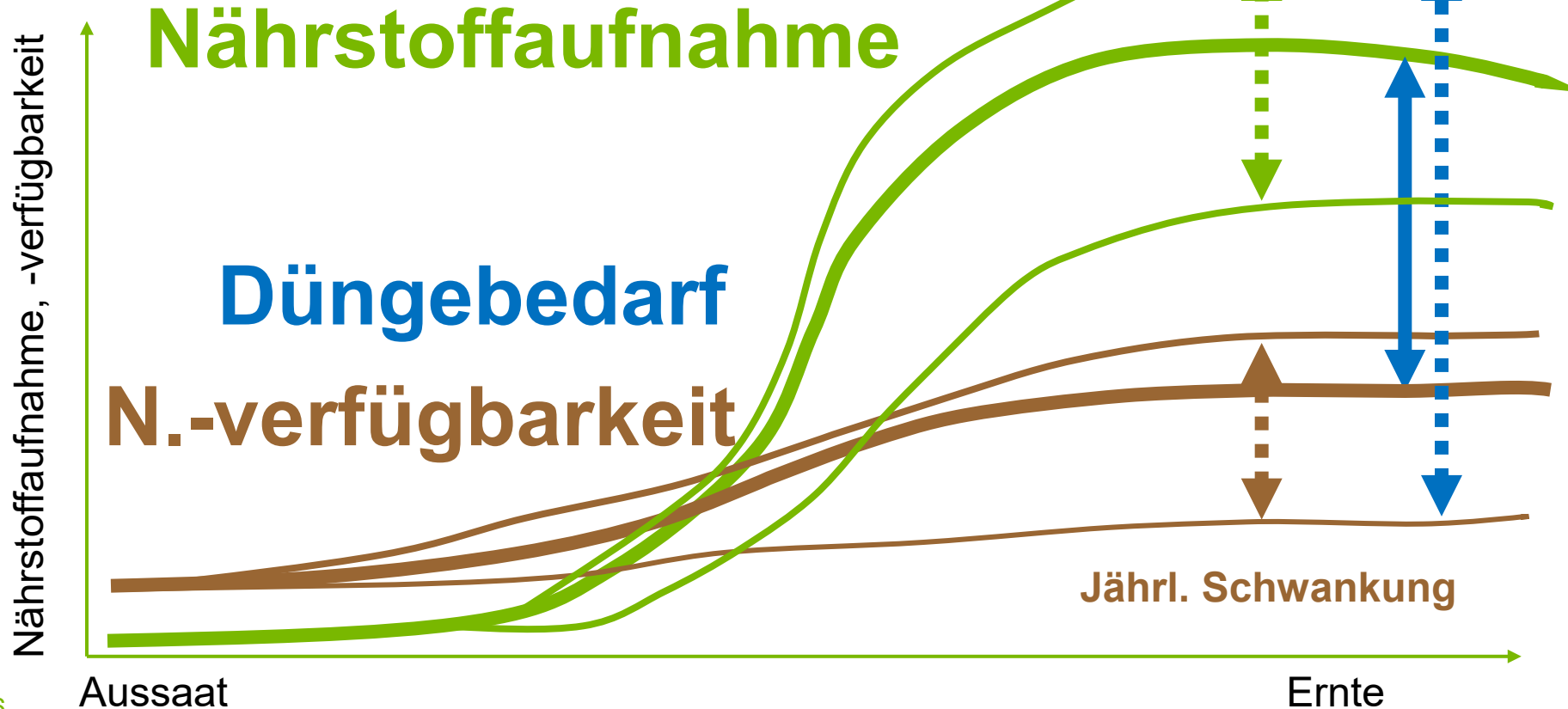
Veränderte Ertragsarchitektur moderner Sorten

- moderne Sorten haben eine höhere Kornzahl pro Ähre und eine höhere Korndichte (Körner m^{-2})
 - moderne Sorten legen mehr Blütenprimordien an
 - und haben mehr fertile Blütchen pro Ähre
 - höhere Kornzahl pro Ähre
- moderne Sorten lagern schon vor der Blüte vermehrt Assimilate in die Ähre ein
 - höhere Ährengewichte schon vor der Blüte
 - schnellere Blütenanlage
- eine erhöhte Korndichte -> höhere sink-Kapazität
 - es werden mehr Assimilate für die Kornfüllung benötigt
 - die Blattfläche muss lange aktiv gehalten werden
 - limitierende Bedingungen unter biotischem oder abiotischem Stress (verkürzte Periode der Photosynthese-Aktivität)
 - mehr Blattfläche zur Steigerung der Photosynthese-Aktivität
 - (linearer Zusammenhang zwischen Blattfläche und dem Ertragspotential unter optimalen Wachstumsbedingungen)

Digitale Düngeoptimierung und Ertragsschätzungen

Typische Kurve für die Nährstoffaufnahme

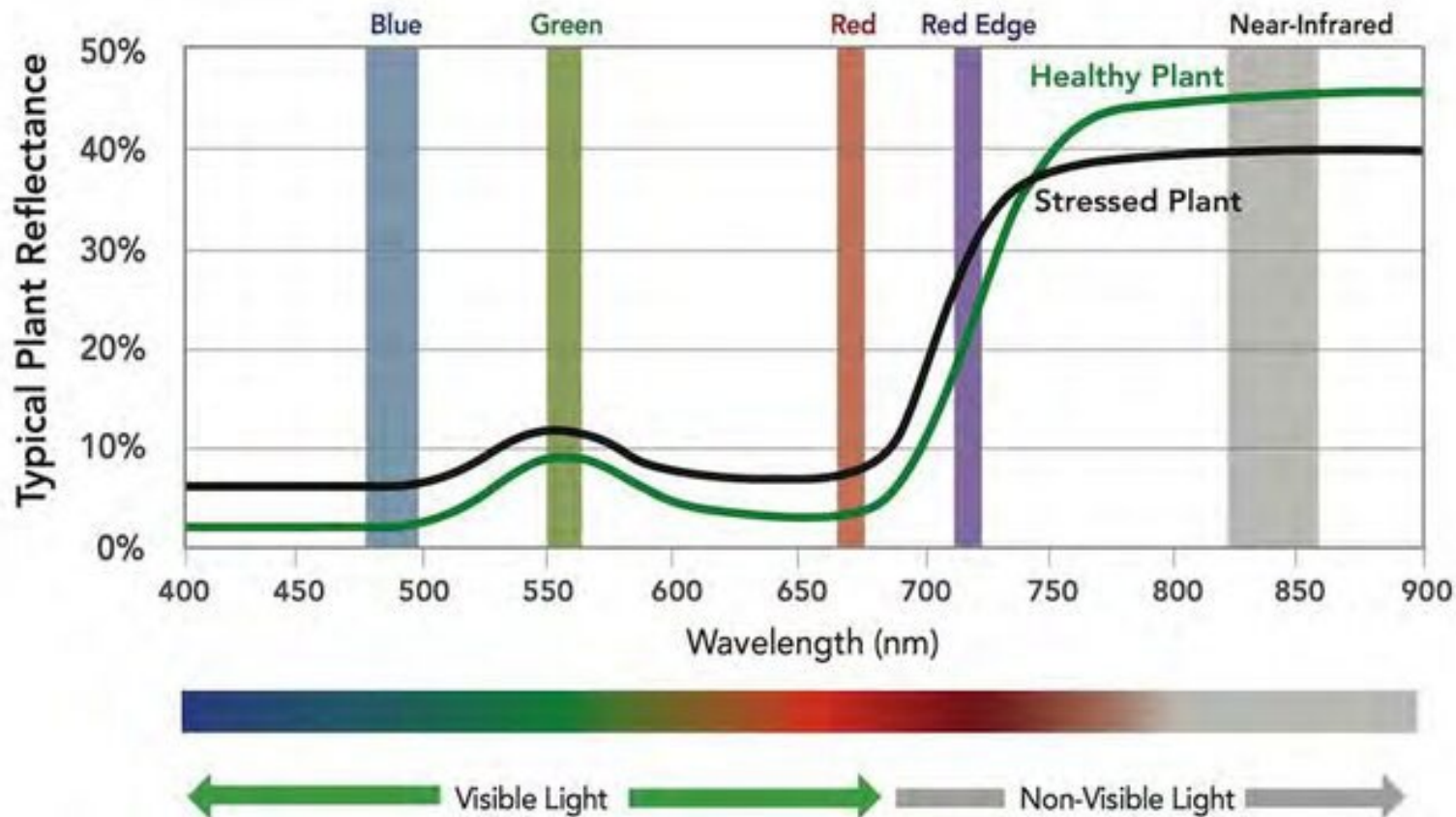
Jährl. Schwankung



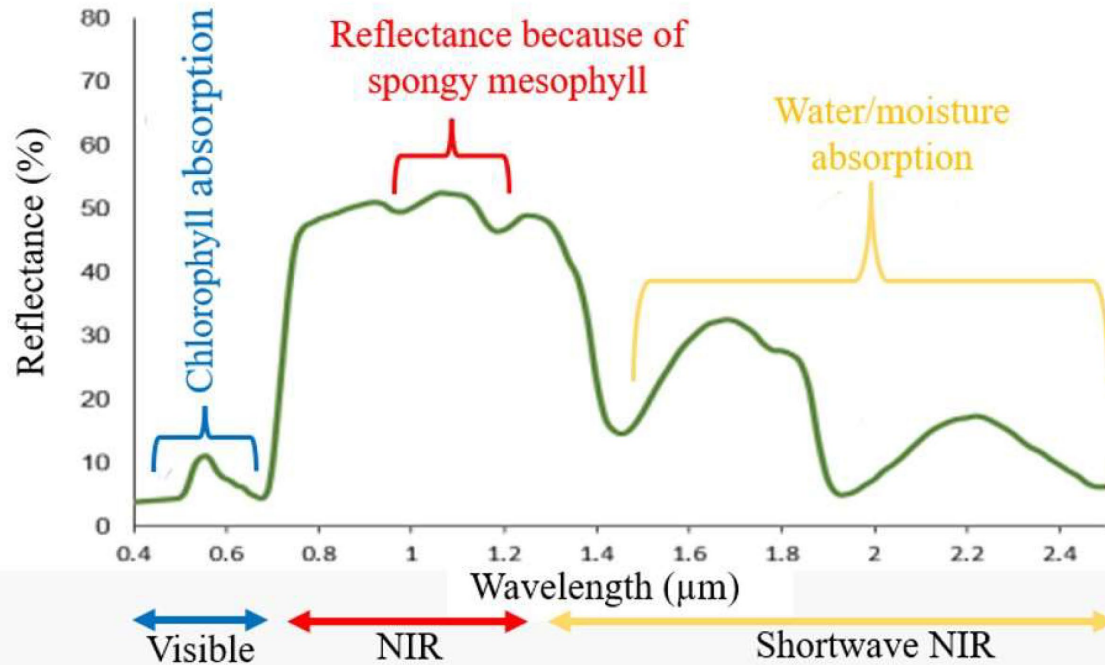
Warum sind Pflanzen grün?



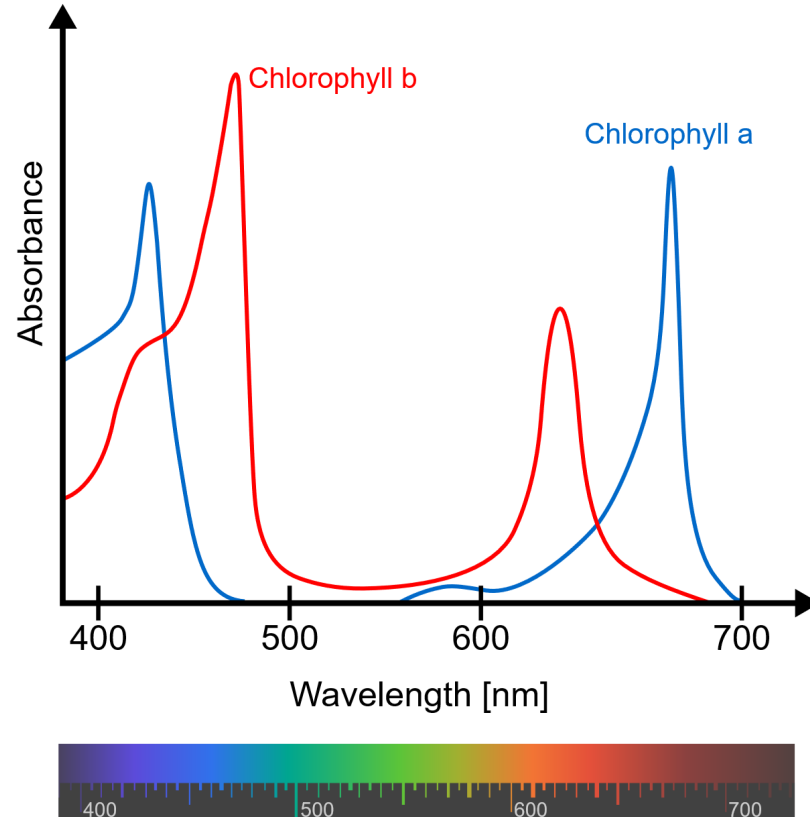
Warum sind Pflanzen grün?



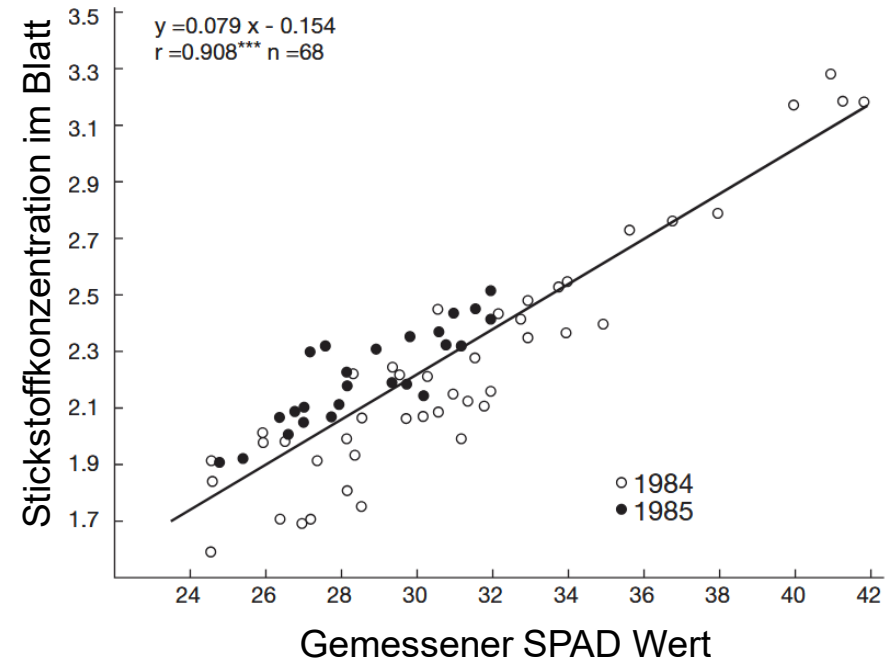
Lichtabsorptionscharakteristik Pflanzenbestände



Warum sind Pflanzen grün?



SPAD Meter – Konica Minolta

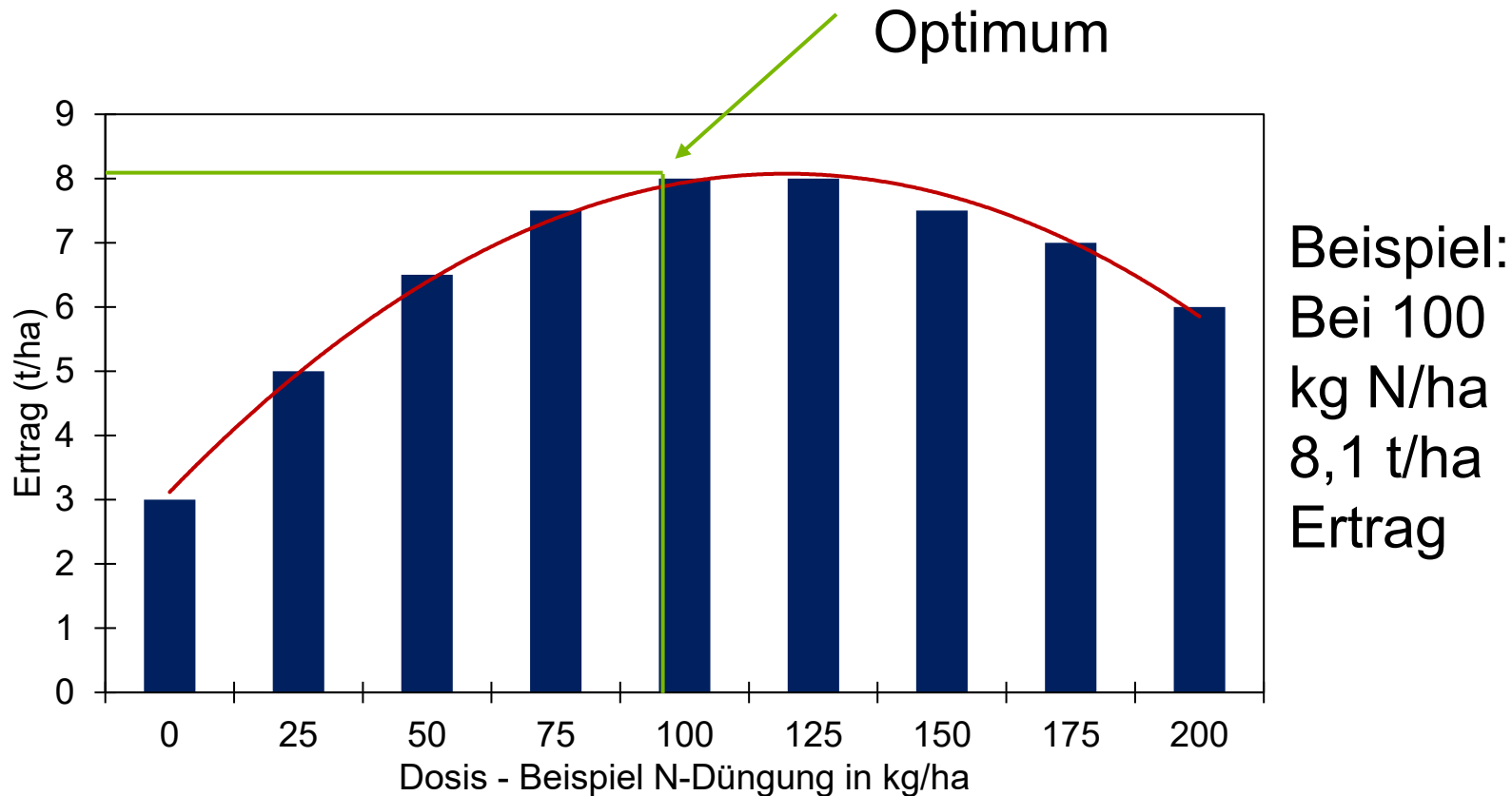


...besser bekannt als Yara N-Tester

- Messwertespektrum anders
- Wesentlicher Unterschied:
 - Kalibrierung um **vom Messwert zur N-Empfehlung** zu kommen
 - Kalibrierung um **Sortenunterscheide** auszugleichen
 - Beides basiert auf empirischen Versuchsreihen



Exkurs: Empfehlung basierend auf empirischen Versuchen



Exkurs: Empfehlung basierend auf empirischen Versuchen

- Messung verschiedener Parameter – z.B. N-Tester
- Wert der Optimum Parzelle = „Soll“-Wert
- Messwerte und „Optimumabweichung“ der anderen Parzellen erheben
- Auf Acker Messen, Soll- und Ist-Werte vergleichen.
- Optimumabweichung umsetzen in Abweichung von der Standarddüngung

...besser bekannt als Yara N-Tester

Stickstoffdüngungsbedarf von Wintergetreide zur 2. und 3. Gabe nach N-Tester (nach Sortenkorrekturfaktor 2016)

Schossen	EC 30/32
Messwert	kg N/ha
> 715	0
715 bis 686	20
685 bis 671	30
670 bis 656	40
655 bis 636	50
635 bis 616	60
615 bis 591	70
590 bis 566	80
565 bis 540	90
< 540	100

Ährenschieben	EC 37/51
Messwert	kg N/ha
> 700	0
700 bis 681	20
680 bis 666	30
665 bis 651	40
650 bis 636	50
635 bis 621	60
620 bis 601	70*
600 bis 575	80**
< 575	90**

* nur bei sehr hoher Ertragserwartung und Qualitätsweizen

** Es besteht eine deutliche, nicht praxisübliche N-Unterversorgung. Es ist zu prüfen, ob Bestandsaufbau und Ertragsaussichten eine hohe N-Qualitätsgabe noch rechtfertigen.

Pessl N-Pilot 2.0

- Relative Kalibration mittels überdüngter Referenzzone



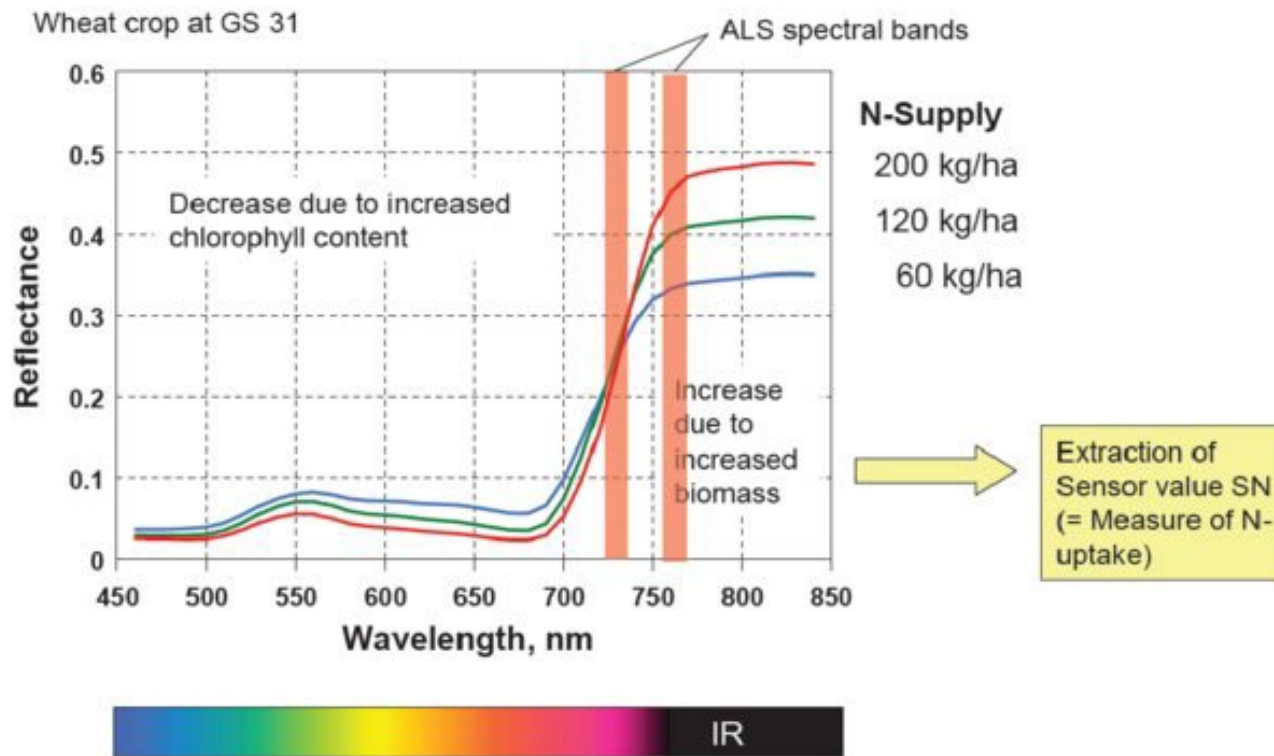
Referenzzone

- Vergleich: Düngefenster nach Rimpau¹
 - In einer Fahrgasse 20m mit verringerter Düngung fahren
 - Sobald in dem Fenster Aufhellungen → nächster Düngetermin
- Referenzzone und NSI (Nitrogen-Sufficiency-Index)
 - Bei der ersten Düngung ein Fenster mit doppelter Gabe anlegen
 - Ziel: Nicht N-limitierte Bedingungen
 - Berechnung des Index²: $NSI = \frac{Messwert_{Fläche}}{Messwert_{Referenz}}$
 - NSI als Entscheidungshilfe für die N-Düngung – exakte Empfehlung basiert erneut auf empirischen Versuchsergebnissen



Figure 2. Equipment used in 2024. (a) Dualox, (b) SPAD, (c) N-tester, (d) RapidScan, (e) GreenSeeker, (f) Canopeo, (g) ruler, (h) platometer, (i) drones, two different sensors, and (j) cut crop samples for determination of fresh weight and N uptake.

Typical Reflectance Spectra of Crops



N-Sensor



N-Sensor ALS 2



je nach Arbeitsbreite werden bis zu 4.400 m² Messfläche/ha erfasst

Bilder: Yara, Agricon

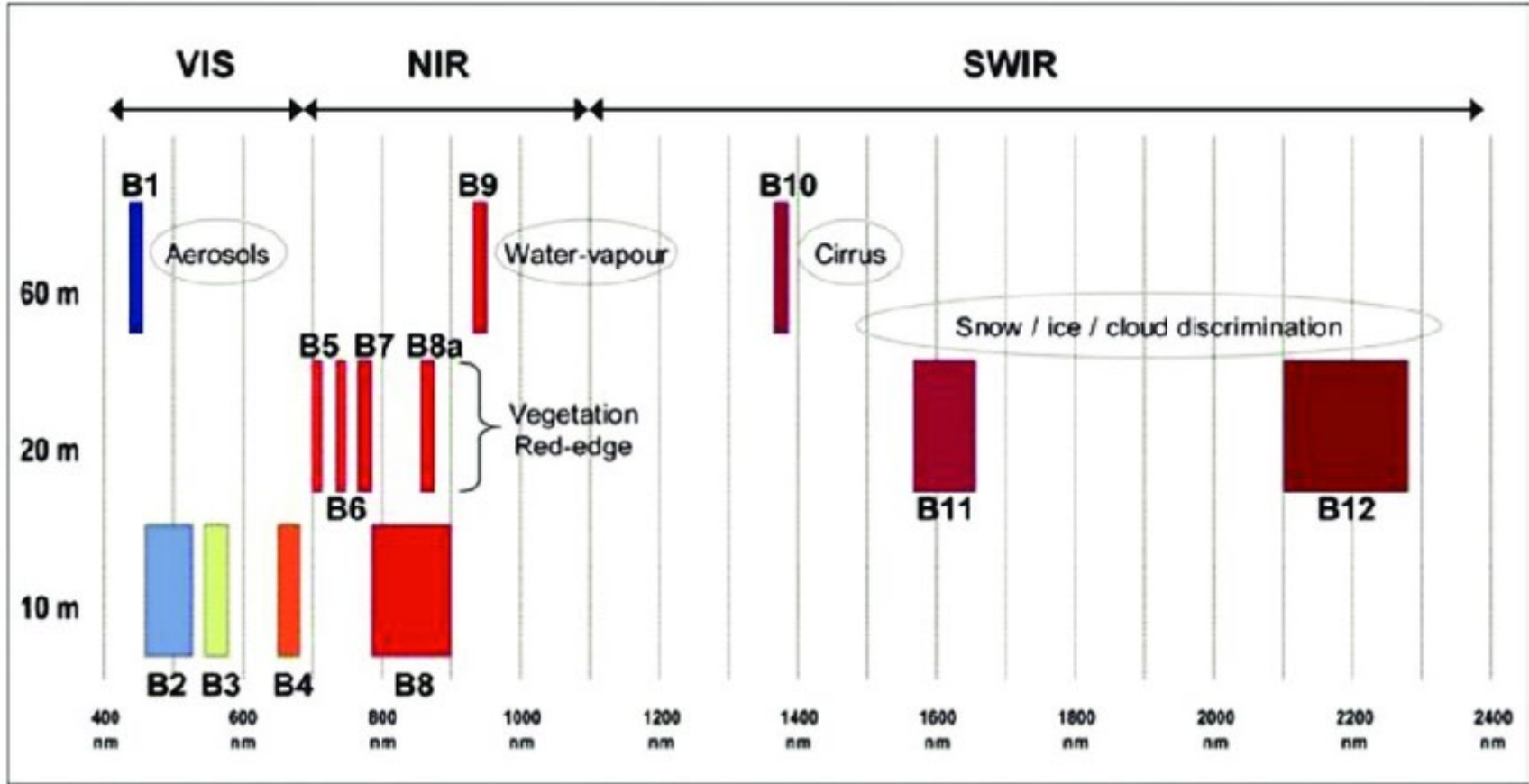
N-Düngung mit dem N-Sensor

1. Messung von zwei Wellenlängenbereichen mit aktiver Beleuchtung (tageslichtunabhängig)
2. Unterdrückung von Tau und anderen Einflüssen
3. Vegetationsindex berechnen
4. Umrechnung von Vegetationsindex zu N-Aufnahme (basierend auf empirischen Versuchen)
5. Vergleich der N-Aufnahme Soll- und Ist. Anpassung der N-Düngung

Vergleichbare Modelle

- Greenseeker – Trimble – nutzt NDVI – Problem bei dichten Beständen
- Isaria – Fritzmeier – nutzt REIP – Zweipunkt Kalibrierung

Sentinel-2 Wellenlängen





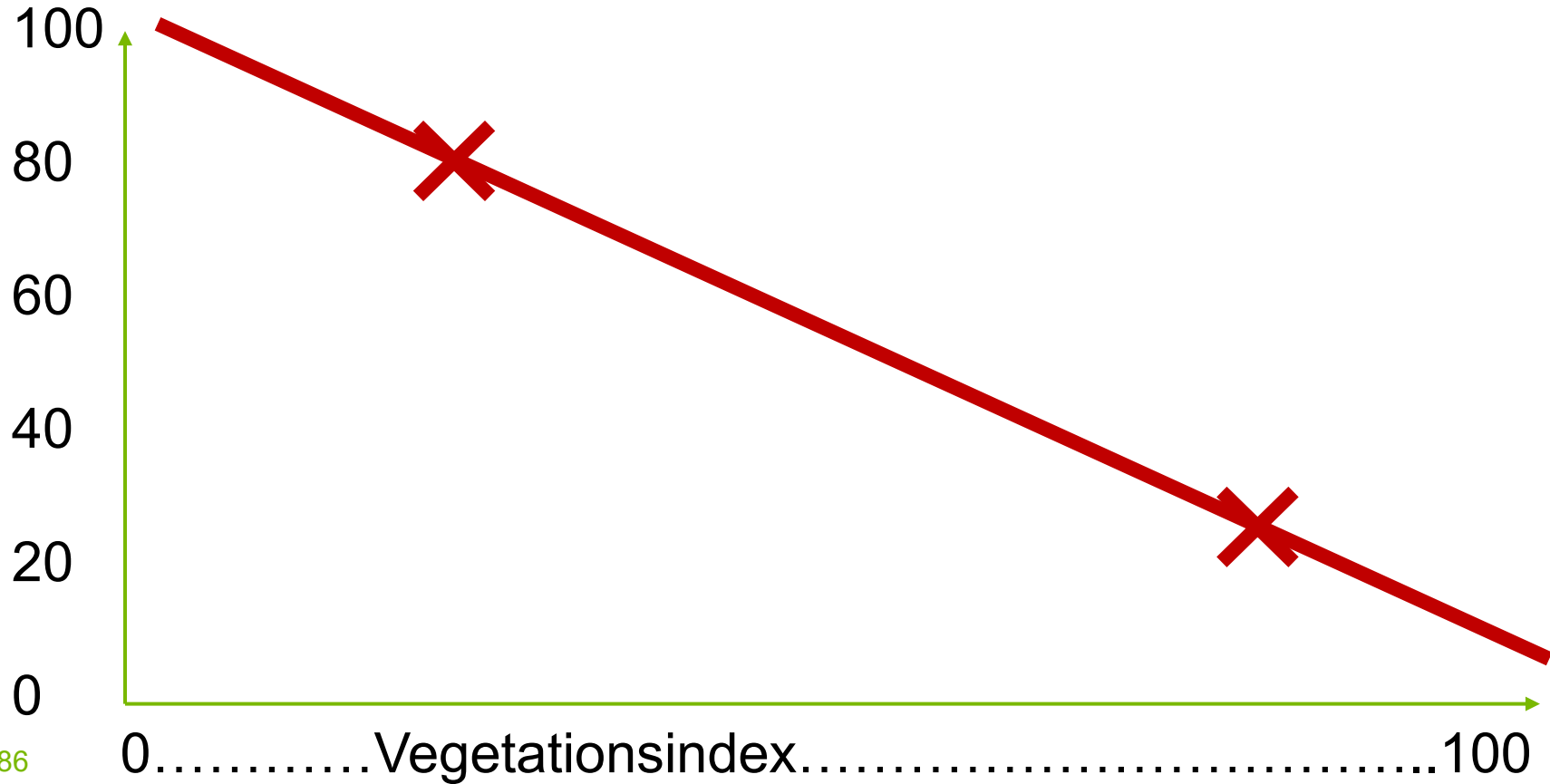
Punkt 1: dünner Bestand – 80 N



Punkt 1: starker Bestand – 30 N



2- Punkt Kalibrierung



Vielen Dank für die Aufmerksamkeit