

Abreife- und Ertragsverlauf von Markerbsen; Resümee aus 6 Versuchsjahren

Die Ergebnisse – kurzgefasst

Am Sächsischen Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie in Dresden-Pillnitz wurde 2013 wiederum der Abreife- und Ertragsverlauf von 7 Markerbsensorten, darunter zwei 'double wrinkled' Typen, mit unterschiedlicher Entwicklungszeit und bei unterschiedlichen Anbauzeitpunkten miteinander verglichen. Dabei wurden neben Tenderometerwert (TW), AIS- und Trockensubstanzgehalt auch Inhaltsstoffe und sensorische Eigenschaften der Erbsen untersucht.

Es zeigte sich, auch bei Einbeziehung der Ergebnisse vorheriger Versuche, dass der Anstieg der TW in der Erntezeit sehr gut mit einer Exponentialfunktion beschrieben werden kann. Auf Basis der Umkehrfunktion wird ein Modell vorgestellt, mit dem man anhand eines aktuell gemessenen TW die Zeit bis zum Erreichen des gewünschten TW abschätzen kann.

Der Zusammenhang zwischen TW und AIS-Gehalt war wiederum recht eng, dennoch kann man auf Grund deutlicher Sortenunterschiede nicht 'fehlerfrei' vom AIS-Gehalt auf den Tenderometerwert zurückschließen.

Der AIS-Gehalt korrelierte mit dem Zucker- und Stärkegehalt deutlich enger als der Tenderometerwert. Mit dem bonitierten Geschmack fiel die Korrelation nur wenig enger aus.

Eine quadratische Reife-Ertragsfunktion konnte nunmehr anhand der 6-jährigen Versuchsergebnisse mit insgesamt 36 verschiedenen Sorten weiter präzisiert werden. Sie weist für eine Ernte bei einem TW von 105 Mindererträge von 13 % gegenüber eine Ernte bei TW 120 aus.

Versuchsfrage und Versuchshintergrund

Die Bezahlung von Erbsen für die industrielle Verarbeitung erfolgt nach deren Reifegrad, der im Allgemeinen mit einem Tenderometer bestimmt wird. Der Tenderometerwert (TW) kann sehr schnell ermittelt werden und zeigt eine enge Korrelation zu sensorisch ermittelten Qualitätsparametern.

Allerdings lässt sich der TW nur an rohen, unverarbeiteten Erbsen bestimmen, sodass Abnehmer von verarbeiteten Erbsen (TK-Ware) deren Reifegrad (neben einer sensorischen Überprüfung) nur durch eine Bestimmung des AIS-Gehaltes (Gehalt an in Alkohol nicht löslichen Substanzen) ermitteln können, der wiederum häufig mit einem entsprechenden Faktor in einen TW umgerechnet wird. Seitens einiger Züchter werden daher in den letzten Jahren Sorten propagiert, die relative geringe AIS-Gehalte aufweisen sollen, was dem Abnehmer der TK-Ware ein 'vermeintlich frühes Reifestadium suggeriert'.

Nach mehreren Versuchen zur TW-Zunahme während der Abreife (LABER 2006a-2008a) und der damit verbundenen Ertragszunahme (LABER 2006b-2008b) wurde 2011 erstmals auch der AIS-Wert als weiterer Reifeparameter mit in die Untersuchungen einbezogen (LABER 2011a). In diesem Versuchsjahr wurde auch die sich ändernde Sortierung im Reifeverlauf erfasst. Die Auswertung umfangreichen Datenmaterials eines italienischen (LABER 2011b) und nordwesteuropäischen Tiefkühlwerkes (LABER 2012b) belegten, dass es sortenspezifische Unterschiede beim Zusammenhang TW zum AIS-Gehalt gibt.

Abreife- und Ertragsverlauf von Markerbsen; Resümee aus 6 Versuchsjahren

Im Versuchsjahr 2012 wurden als weitere Qualitätsparameter der Trockensubstanzgehalt (TS-Gehalt) der Erbsen sowie die Inhaltsstoffe Zucker und Stärke untersucht (LABER 2012a). Zudem wurden bei einer Blindverkostung sensorische Eigenschaften bonitiert. Einbezogen wurden insbesondere Sorten, die bei vorherigen Auswertungen entweder hohe oder niedrige AIS-Gehalte zeigten. Zudem wurde eine 'double wrinkled' Sorte (extra süß) aufgenommen, die nach Züchterangaben einen verzögerten Stärkeaufbau aufweisen soll.

2013 wurde eine weitere 'double wrinkled' Sorte in den Versuch einbezogen. Um den Einfluss der Temperatur auf das Abreifeverhalten und die Qualität näher zu untersuchen, konnte ein Sommeranbau mit in die Versuchsreihe aufgenommen werden.

Material und Methoden

Der Versuch wurde in die Sortenversuche des Jahres 2013 integriert (LATT AUSCHKE 2013a-e), wobei jeweils 6 Parzellen von einer Sorte ausgesät wurden und so 6 Ernten (ohne Wiederholung) zu unterschiedlichem Reifegrad möglich waren. Sofern die jeweilige Sorte auch in dem Sortenversuch integriert war, konnte eine 7. Zeiternte (mit dann 4-facher Wiederholung bei $TW \pm 120$) ausgewertet werden. Wie auch bei allen anderen vorherigen Versuchen wurde bei starker Trockenheit notfalls beregnet ('extensive Bewässerung').

Bei der Ernte wurden die Erbsenpflanzen auf den Parzellen von Hand gezogen und anschließend mit einem 'Mini Sampling Viner' (Firma Haith, GB) zeitnah mit zweimaligem Durchgang gedroschen.

Nach der Ertragserfassung wurden die Erbsen in Leitungswasser gewaschen und mit Hilfe von gewöhnlichen Küchensieben von Blatt- und Hülsenteilen befreit. Dabei wurden teilweise beim Druschvorgang zerschlagene Erbsen mit entfernt.

An den gewaschenen, unsortierten Erbsen wurde im Normalfall mit dreifacher Messwiederholung an einem Tenderometer mit einer *Kramer Shear Cell* (Model TM2, Food Technology Corp., USA) der TW bestimmt. Bei geringer Menge an Druschgut (z.B. bei sehr früher Ernte oder beim 3. Satz) konnte nur eine zweifache Messwiederholung durchgeführt werden. Ca. 200 g der Erbsen wurden in Fotoschalen mit untergelegten Tüchern sorgfältig von äußerer Feuchtigkeit befreit und anschließend zur Bestimmung des TS-Gehaltes bei 105 °C getrocknet. Beim 2. Satz der Sorte 'WAV 6133' wurde diese Bestimmung versehentlich versäumt.

Soweit vorhanden (bei sehr früher Ernte und entsprechend geringem Ertrag mussten die Analysen und Geschmacksproben teilweise an geringen Probemengen erfolgen) wurden jeweils ca. 1300 g Erbsen 3 min blanchiert, im kalten Wasser abgekühlt, sorgfältig von äußerer Feuchtigkeit befreit (s.o.) und anschließend bei -18 °C in loser Schüttung eingefroren. An ca. 100 g dieser eingefrorenen Erbsen wurde wiederum der TS-Gehalt ermittelt. Versuchsweise wurde an aufgetauten Erbsen (zur Verhinderung von Wasserverlusten beim Auftauen abgedeckt) nochmals der TW bestimmt.

Abreife- und Ertragsverlauf von Markerbsen; Resümee aus 6 Versuchsjahren

Die bei -18 °C gelagerten Erbsen wurden später im Labor aufgetaut, gemust und mittels NIRS auf ihren AIS-, Zucker- (berechnet als Saccharose) und Stärkegehalt hin untersucht. Die Kalibrierung der Messmethode erfolgte im Versuchsjahr 2012 auf Basis der damals nasschemisch ermittelten Analysewerte (vgl. LABER 2012a).

Eine weitere Teilprobe wurden im hiesigen Tiefkühlwerk entsprechend des internen Qualitätssicherungsschemas von zwei erfahrenen Personen auf sensorische Eigenschaften überprüft, wobei eine Boniturskala von 5,0 (z. B. "keine Süße") bis 9,0 ("sehr süß") verwendet wurde. Die Proben waren zuvor zufällig nummeriert worden, sodass die Tester nicht auf Sorte und Reifegrad schließen konnten ('Blindverkostung'). Im 3. Satz konnte die Sorte 'WAV 6133' nicht verkostet werden, da nach einer notwendigen Pflanzenschutzmaßnahme gegen Echten Mehltau die Karenzzeit noch nicht abgelaufen war.

Für den Erntezeitraum der ersten beiden Sätze wurde eine mittlere Temperatur von 19,5 °C (2 m Höhe) ermittelt (Tagesdurchschnittsminimum: 12,4 °C, -maximum: 28,1 °C). Beim 3. Satz lag die mittlere Temperatur nur bei 17,6 °C (Tagesdurchschnittsminima: 14,6 °C, -maxima: 23,0 °C). Allerdings lag hier die Durchschnittstemperatur für die gesamte Kulturzeit bei 20,1 °C, während sie bei den frühen Sätzen nur 15,5 °C betrug.

Als 'Normaltag' wurde ein Tag mit 18,4 °C festgelegt, was in etwa der langjährigen Mitteltemperatur während der Erbsenkampagne am hiesigen Standort entspricht. Auf Grund des geringen Einflusses der Basistemperatur auf die Variation der Temperatursumme vom Blühbeginn bis zur Ernte (vgl. LABER 2009) wurden Temperatursummen mit der 'klassischen' Basistemperatur von 4,4 °C berechnet.

Kulturdaten 2013

- 8. April 2013: Aussaat 1. Satz: 'Aloha', 'Spring', 'XP 0956', 'XP 0935' (110 bzw. 100 keimfähige Körner/m²), Reihenabstand 11,5 cm
 - 15. April: Aussaat 2. Satz: 'WAV 6133' (jetzt 'Louise'), 'WAV 80', 'Rainier' (90 keimfähige Körner/m²), 'Spring' (versehentlich auch nur 90 keimfähige Körner/m²)
 - 2. Juli: Aussaat 3. Satz: 'WAV 6133' (90 keimfähige Körner/m²), 'Spring' (110 keimfähige Körner/m²)
 - 18. Juni: erste Beerntung ('Aloha'),
 - 12. Juli: letzte Beerntung des 2. Satzes ('WAV 80', 'Rainier')
 - 13. Aug.: erste Beerntung des 3. Satzes ('Spring')
 - 6. Sept.: letzte Beerntung des 3. Satzes ('WAV 6133')
- Parzellengröße: 5,75 m²

Abreife- und Ertragsverlauf von Markerbsen; Resümee aus 6 Versuchsjahren

Ergebnisse im Detail

Ziel war es, die erste Parzelle einer Sorte bei einem TW von ca. 80 zu beernten, was allerdings mehrfach mit einem TW von über 90 nicht gelang. In zumeist 1- bis 2-, zuweilen 4-tägigem Abstand wurden weitere Parzellen bis zu einem TW von ca. 160-180 ausgewertet.

Die Erbsen des 3. Satzes erreichten witterungs- und krankheitsbedingt (vgl. LATTASCHKE 2013e) nur ein Ertragsniveau (berechnet auf TW 120) von 15,3 ('Spring') bzw. 22,4 dt/ha ('WAV 6133') (vgl. Abb. 29). Sie zeigten hinsichtlich des Reifeverlaufs und der Reife- und Qualitätsparameter aber keine 'Auffälligkeiten' und wurden daher in die Auswertungen einbezogen.

Reifeverlauf

Die **Zunahmen der TW** von Erntetermin zu Erntetermin fielen sehr unterschiedlich aus, mehrfach wurde auch eine Abnahme der ermittelten TW beobachtet (Abb. 1). Auch bei einer Umrechnung der TW-Zunahmen auf eine Temperatursummen-Einheit bzw. einen Normaltag mit 18,4 °C (vgl. LABER 2012a) zeigte sich kein Zusammenhang zwischen Ausgangs-TW und TW-Zunahme (o. Abb.). Geringe Zunahmen oder auch Abnahmen des TW wurden aber durch entsprechend hohe Zunahmen an den Folgetagen ausgeglichen (vgl. dargestelltes Beispiel der Sorte 'WAV 80' in Abb. 1 und 2).

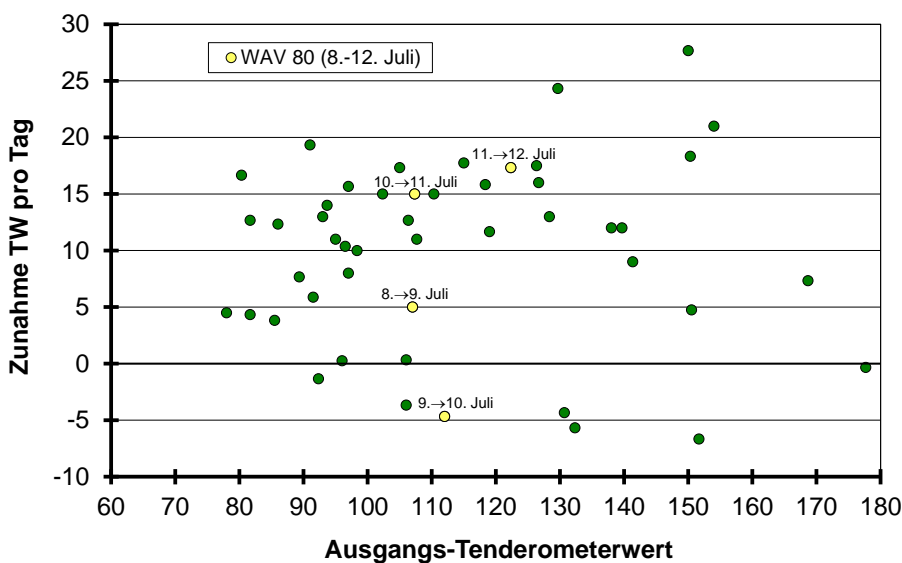


Abb. 1: Zunahme der Tenderometerwerte (TW) der Erbsen pro Tag in Abhängigkeit vom jeweiligen Ausgangs-Tenderometerwert (Versuch 2013)

Trotz der Schwankungen bei den TW-Zunahmen zeigte sich über die Reifeperiode hinweg für jede Sorte ein nahezu exakt mit einer Exponentialfunktion beschreibbarer Anstieg der TW (Abb. 2). Dabei stellt der erste Zahlenwert den theoretisch geringstmöglichen TW dar. Die Summe aus dem ersten und zweiten Zahlenwert entspricht dem TW bei der ersten Ernte (0 °Cd). Der Zahlenwert im Exponenten beschreibt die Steigung der Funktion.

Abreife- und Ertragsverlauf von Markerbsen; Resümee aus 6 Versuchsjahren

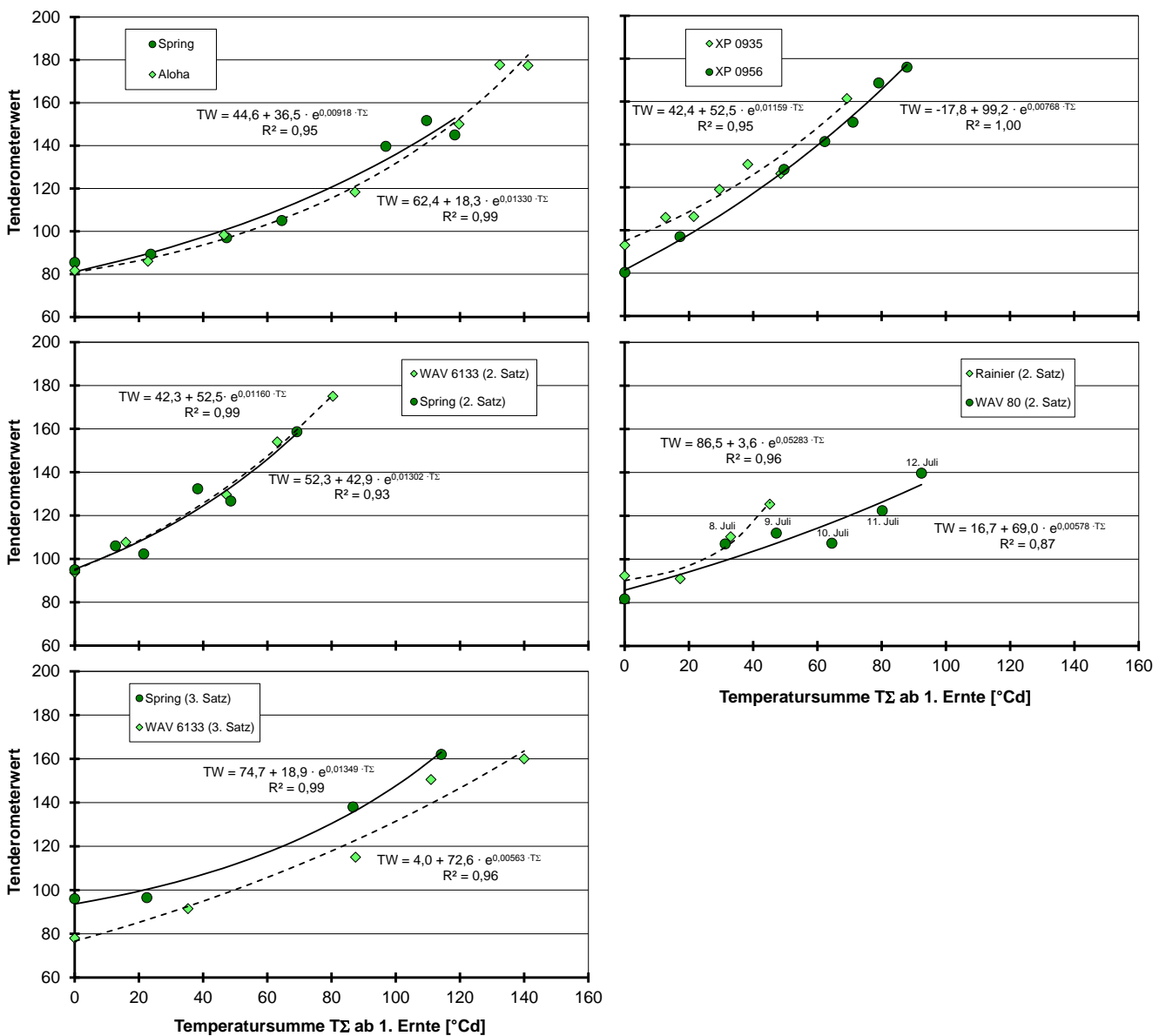


Abb. 2: Anstieg der Tenderometerwerte (TW) in Abhängigkeit von der Temperatursumme (Basistemperatur 4,4 °C) nach der 1. Ernte (Versuch 2013)

Auf Basis dieser Regressionsgleichungen wurde die Temperatursumme (ab Erntebeginn) bis zum Erreichen von TW 120 für jede Sorte separat geschätzt und diese Wärmesumme gleich 0 gesetzt. Damit konnten für eine gemeinsame Betrachtung aller Sorten (Abb. 3) die bei jeder Sorte etwas unterschiedlichen Beobachtungszeiträume 'synchronisiert' werden.

Abreife- und Ertragsverlauf von Markerbsen; Resümee aus 6 Versuchsjahren

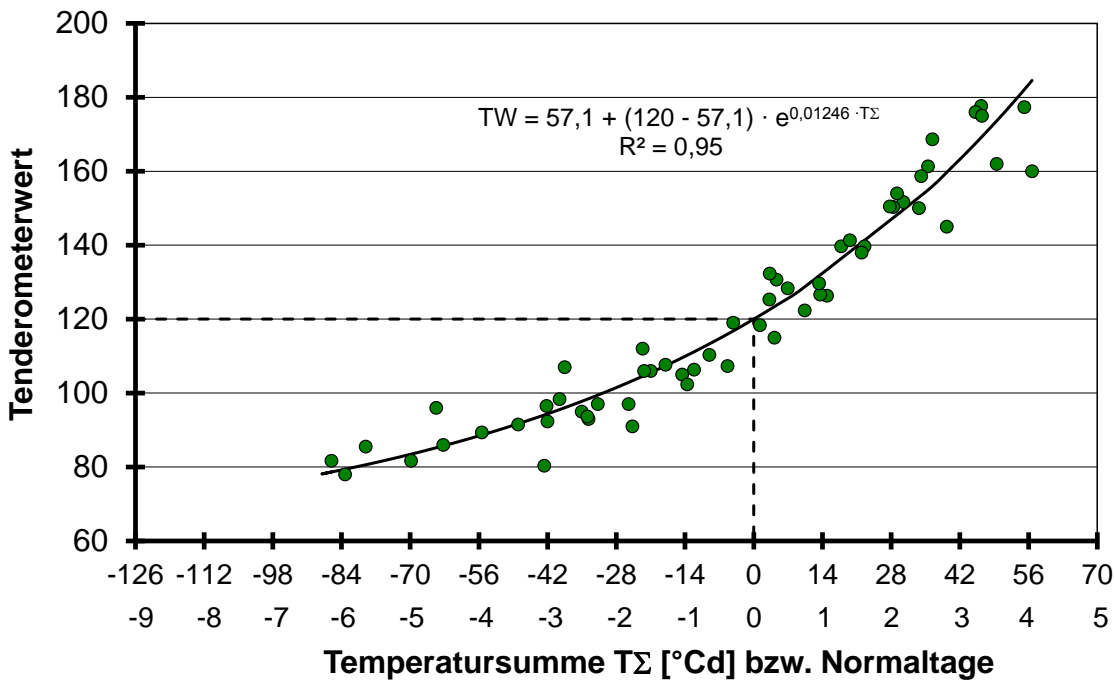


Abb. 3: Anstieg der Tenderometerwert der Erbsen mit der Temperatursumme (Basistemperatur 4,4 °C) bzw. an einem Normaltag mit 18,4 °C Durchschnittstemperatur (Temperatursumme bei TW 120 berechnet anhand der jeweiligen Regressionsgleichungen aus Abb. 2 und gleich 0 gesetzt.) (Versuch 2013)

Auch zusammengefasst für alle bisher untersuchten 36 Markerbsensorten (Versuche 2006-2011: s. LABER 2011a; Versuch 2012: s. LABER 2012a) zeigt sich ein sehr einheitliches Abreifeverhalten (Abb. 4). Auf Basis dieser Funktion kann mit Hilfe der Umkehrfunktion aus einem aktuell gemessenen TW die Temperatursumme bzw. die Zeit bis zum Erreichen von TW 120 abgeschätzt werden (Abb. 5). In Abb. 6 und 7 sind die Ergebnisse bezogen auf einen Ziel-TW von 105 ('sehr gute Qualität') wiedergegeben.

Abreife- und Ertragsverlauf von Markerbsen; Resümee aus 6 Versuchsjahren

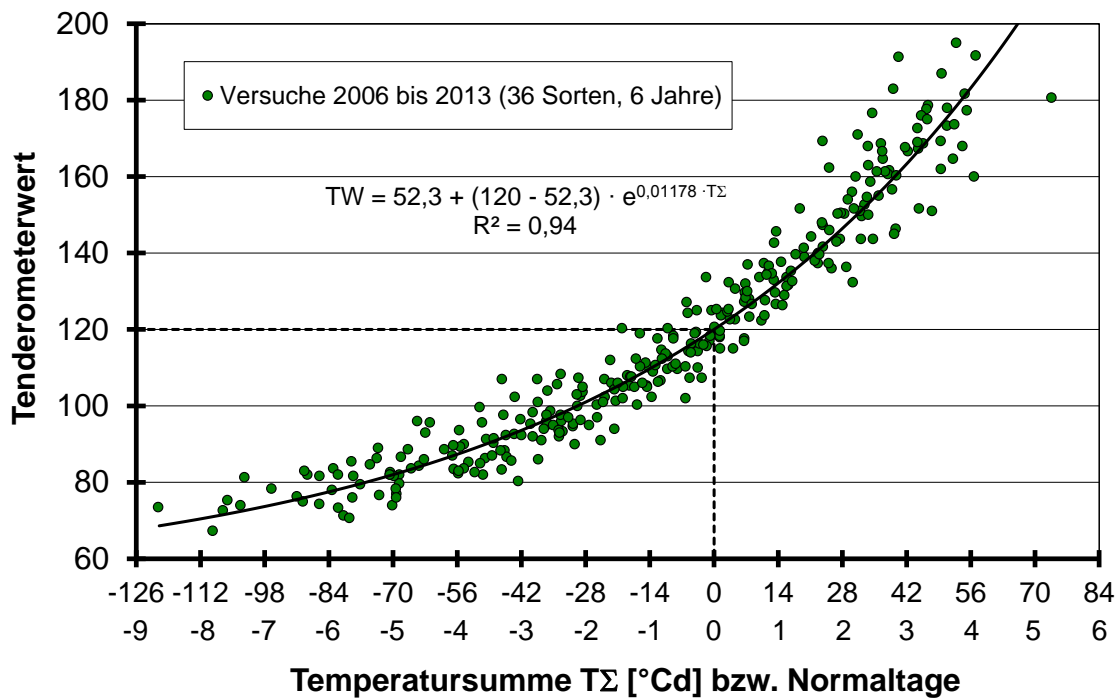


Abb. 4: Anstieg der Tenderometerwerte der Erbsen mit der Temperatursumme (Basistemperatur 4,4 °C; TΣ bei TW 120 = 0 °Cd) bzw. an einem Normaltag mit 18,4 °C Durchschnittstemperatur (Versuche 2006-2013)

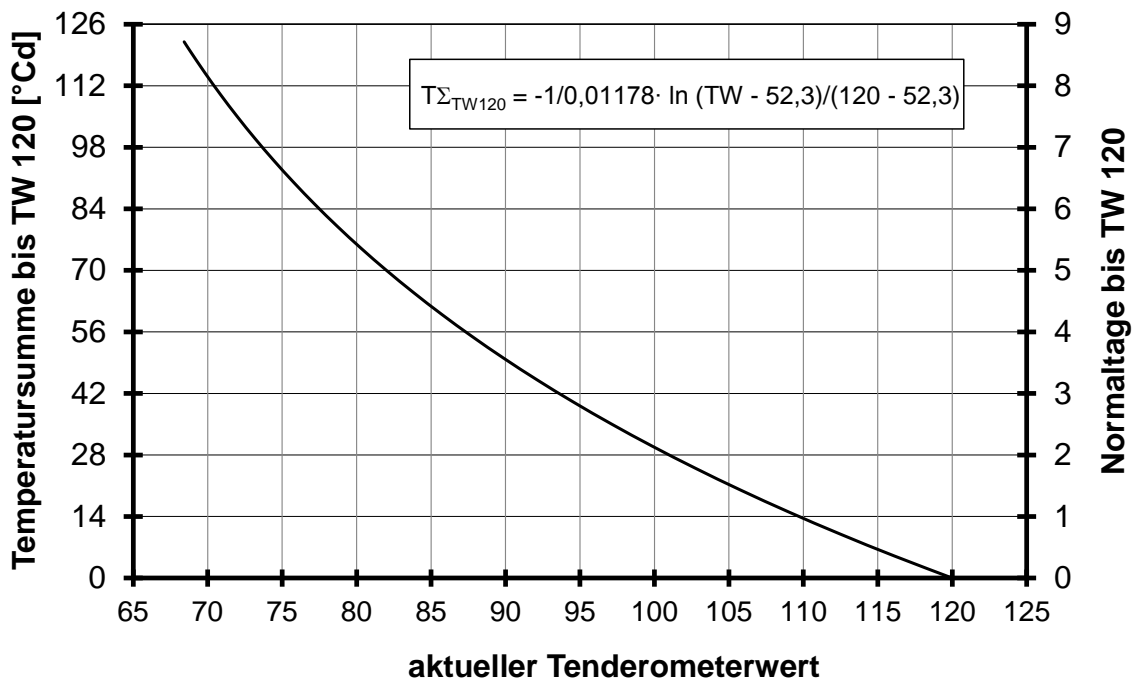


Abb. 5: Notwendige Temperatursumme (Basistemperatur 4,4 °C) bzw. Normaltage mit 18,4 °C bis zum Erreichen eines Ziel-Tenderometerwertes von 120

Abreife- und Ertragsverlauf von Markerbsen; Resümee aus 6 Versuchsjahren

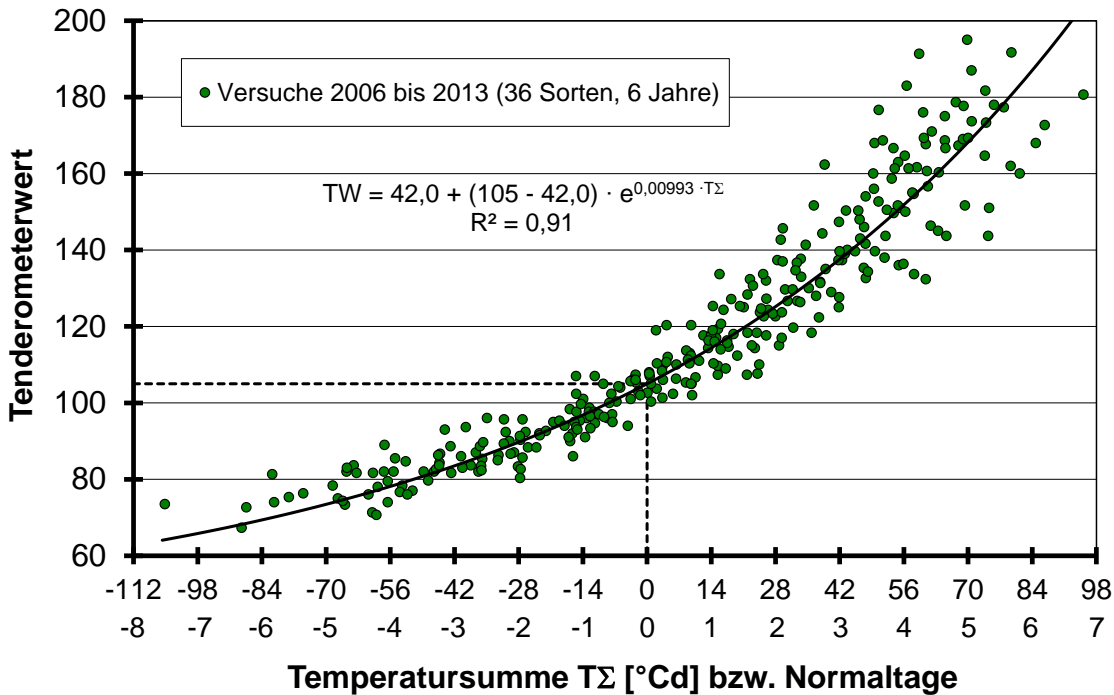


Abb. 6: Anstieg der Tenderometerwerte der Erbsen mit der Temperatursumme (Basistemperatur 4,4 °C; $T\Sigma$ bei TW 105 = 0 °Cd) bzw. an einem Normaltag mit 18,4 °C Durchschnittstemperatur (Versuche 2006-2013)

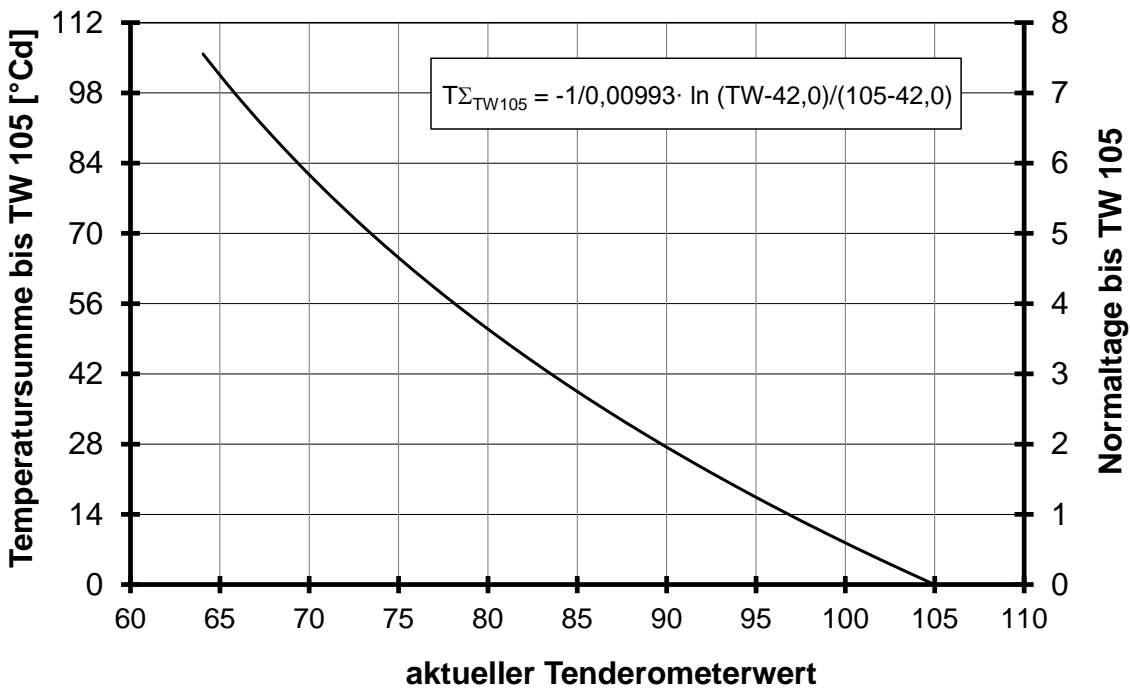


Abb. 7: Notwendige Temperatursumme (Basistemperatur 4,4 °C) bzw. Normaltage mit 18,4 °C bis zum Erreichen eines Ziel-Tenderometerwertes von 105

Abreife- und Ertragsverlauf von Markerbsen; Resümee aus 6 Versuchsjahren

Tenderometerwert und sensorische Eigenschaften

Zwischen dem TW und der bei der sensorischen Prüfung bonitierten **Konsistenz** bestand wiederum ein relativ enger Zusammenhang ($R^2 = 0,73$), der sich mit den Ergebnissen des Versuchsjahres 2012 nahezu deckt (Abb. 8).

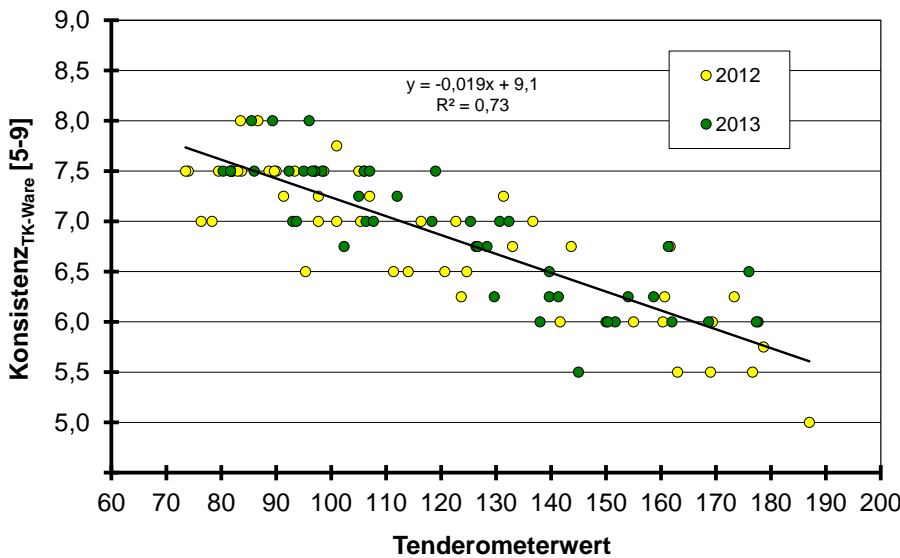


Abb. 8: Zusammenhang zwischen dem Tenderometerwert und der bonitierten Konsistenz (9,0 = sehr zart; 5,0 = sehr hart) der verarbeiteten Erbsen (Versuche 2012 und 2013, gemeinsame Regressionsgerade)

Die bonitierte **„Süße“** korrelierte 2012 kaum mit dem TW (im damaligen Versuchsbericht nicht dargestellt), 2013 fiel dieser Zusammenhang enger aus. Insgesamt wurden die Erbsen 2013 auch süßer eingeschätzt (Abb. 9).

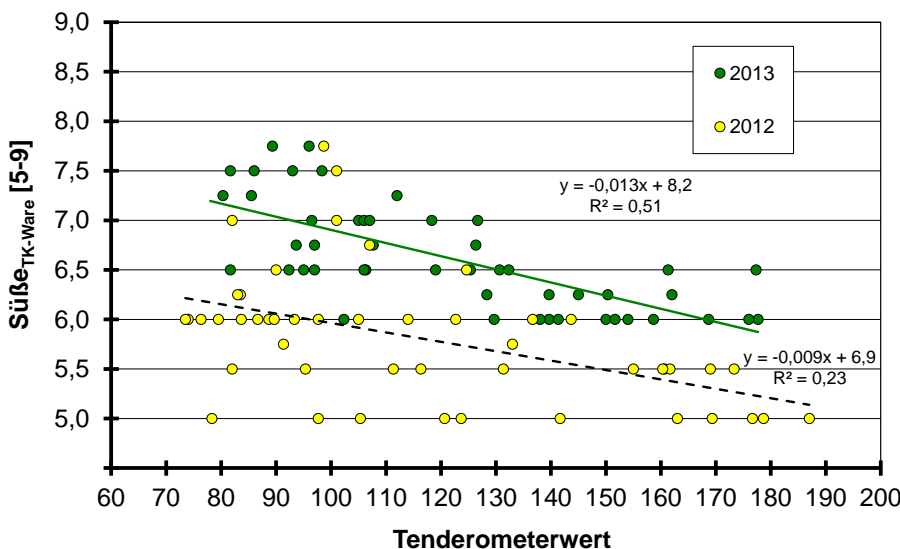


Abb. 9: Zusammenhang zwischen dem Tenderometerwert und der bonitierten Süße (9,0 = sehr süß; 5,0 = keine Süße) der verarbeiteten Erbsen (Versuch 2012 bzw. 2013)

Abreife- und Ertragsverlauf von Markerbsen; Resümee aus 6 Versuchsjahren

Bei der **Geschmacksbeurteilung** wurde über beide Versuchsjahre hinweg nahezu die gleiche Regression wie bei Einzelauswertung des Vorjahresversuches gefunden (Abb. 10). Entgegen der Gesamteinschätzung der Tester, dass die Erbsen 2013 weniger geschmackvoll gewesen seien als 2012, errechnete sich für den Versuch 2013 mit einer Boniturnote von 6,8 bei TW 120 (Tab. 1) sogar ein etwas höherer Wert als 2012 (6,6).

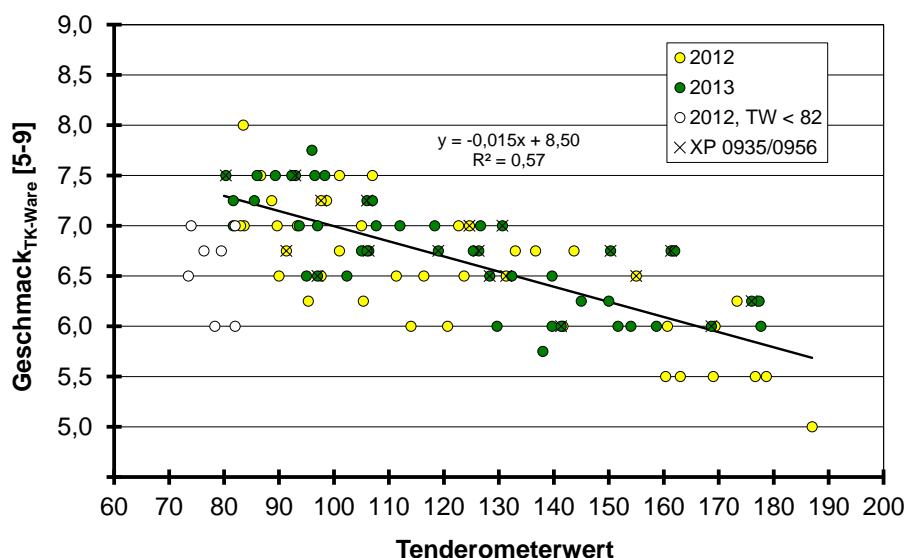


Abb. 10: Zusammenhang zwischen dem Tenderometerwert und dem Geschmack (9,0 = sehr gut; 5,0 = sehr schlecht) der verarbeiteten Erbsen (Versuche 2012 und 2013, gemeinsame Regressionsgerade; für 2012 wurden Wertepaare mit TW < 82 nicht in die Regressionsberechnung einbezogen)

Deutliche Sortenunterschiede waren, auch bedingt durch die zum Teil große Streuung, nicht festzustellen (Tab. 1). Über die beiden Versuchsjahre hinweg wurden die ‘double wrinkled’ Sorten ‘XP 0956’ und ‘XP 0935’ bei TW 120 geschmacklich nicht besser beurteilt als die ‘normalen’ Sorten (vgl. Abb. 10).

Tab. 1: Regressionskoeffizient (b) und -konstante (a) sowie Bestimmtheitsmaß (R²) für den Zusammenhang zwischen Tenderometerwert und bonitiertem Geschmack (Versuch 2013)

Sorte (Züchter)	Reife ¹⁾	Sortierung	Blatt ²⁾	Regressionsparameter				Geschmack bei TW 120 [5-9] ³⁾
				n	b	a	R ²	
Aloha (WAV)	-1	grob	n	7	-0,0148	8,70	0,91	6,9
Spring (SVS)	0	grob	n	7	-0,0206	9,07	0,92	6,6
XP 8570956 (SVS)	2	grob	n	7	-0,0107	7,94	0,53	6,7
XP 8570935 (SVS)	6	grob	af	7	-0,0085	7,98	0,38	7,0
Spring (SVS), 2. Satz	0	grob	n	6	-0,0069	7,37	0,24	6,5
WAV 6133 ⁴⁾ , 2. Satz	10	sehr fein	n	4	-0,0197	8,89	0,81	6,5
WAV 80, 2. Satz	15	grob	n	4	-0,0092	7,95	0,48	6,8
Rainier (WAV), 2. Satz	15	grob	n	2	-0,0227	9,60	–	6,9
Spring (SVS), 3. Satz	0	grob	n	4	-0,0195	9,34	0,50	7,0
gesamt				48	-0,0141	8,46	0,57	6,8

1) Reifetage vor/nach ‘Spring’ = ‘Avola’ (Züchterangaben); 2) n = normalblättrig, af = afila (fiederblattlos); 3) aus der Regressionsgeraden errechnete Geschmack bei TW 120, Unterschiede statistisch nicht gesichert; 4) jetzt ‘Louise’

Abreife- und Ertragsverlauf von Markerbsen; Resümee aus 6 Versuchsjahren

Tenderometerwert und Trockensubstanzgehalt

Zwischen dem TW und dem TS-Gehalt der Rohware bestand, bei ähnlichem Regressionsverlauf über beide Versuchsjahre hinweg, eine weniger enge Beziehung ($R^2 = 0,82$, o. Abb.) als im Versuch 2012 ($R^2 = 0,94$). Diese größere Streuung ist vor allem auf überdurchschnittlich hohe TS-Gehalte der sehr feinkörnigen Sorte 'WAV 6133' (einzige feinkörnige Erbsensorte für die TS-Gehalte vorliegen) und unterdurchschnittliche TS-Gehalte der 'double wrinkled' Sorten des Versuchsjahres 2013 zurückzuführen (Abb. 11). Ohne diese drei Sorten errechnet sich bei nahezu identischem Regressionsverlauf ein Bestimmtheitsmaß von 0,90. (Zur Vergleich des hier gefundenen Zusammenhangs zwischen TW und TS-Gehalt mit Literaturdaten s. LABER 2012a.)

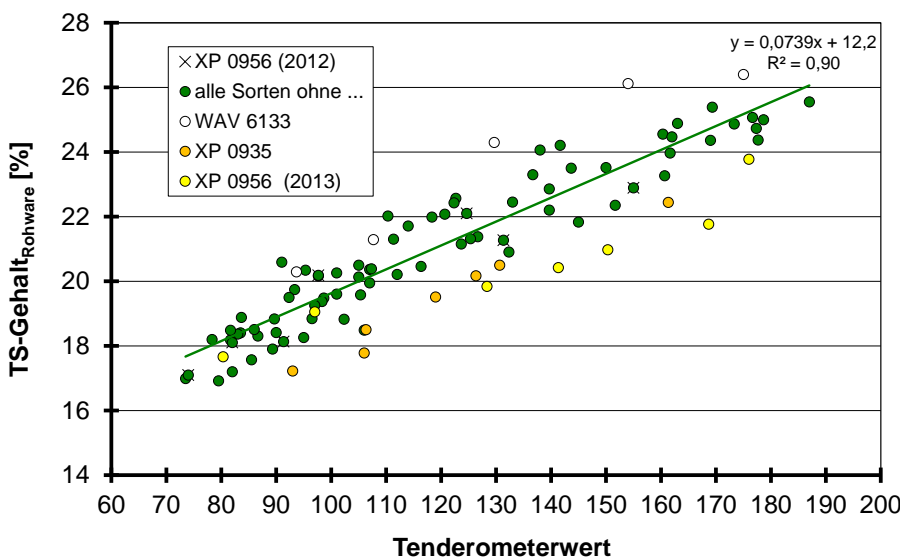


Abb. 11: Zusammenhang zwischen dem Tenderometerwert und dem Trockensubstanzgehalt roher Erbsen (Versuche 2012 und 2013, Regressionsgrade ohne Berücksichtigung der angegebenen Sorten berechnet)

Die TS-Gehalte der verarbeiteten Erbsen wichen kaum von denen der Rohware ab (Abb. 12), sodass sich analog ein noch relativ enger Zusammenhang zwischen dem TW und dem TS-Gehalt der verarbeiteten Erbsen zeigte (Abb. 13).

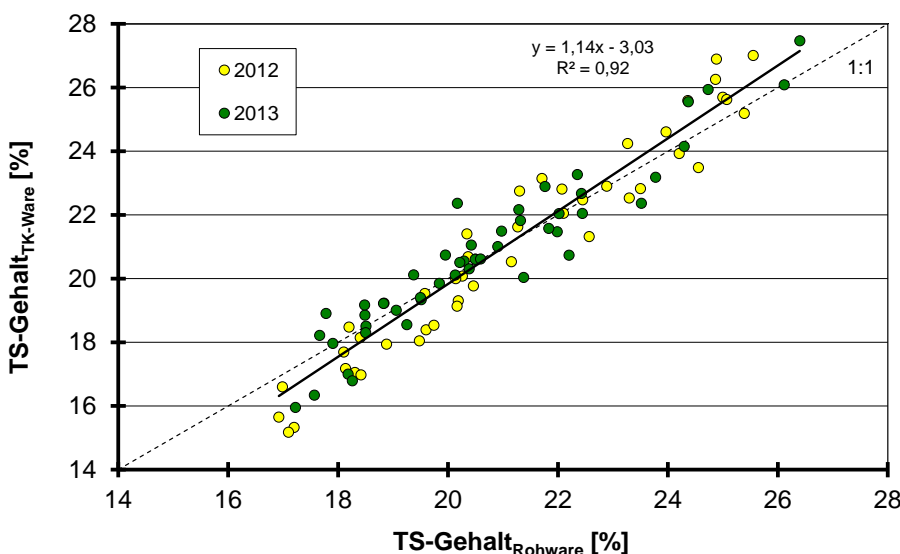


Abb. 12: Zusammenhang zwischen dem Trockensubstanzgehalt roher und verarbeiteter Erbsen (Versuche 2012 und 2013, gemeinsame Regressionsgerade)

Abreife- und Ertragsverlauf von Markerbsen; Resümee aus 6 Versuchsjahren

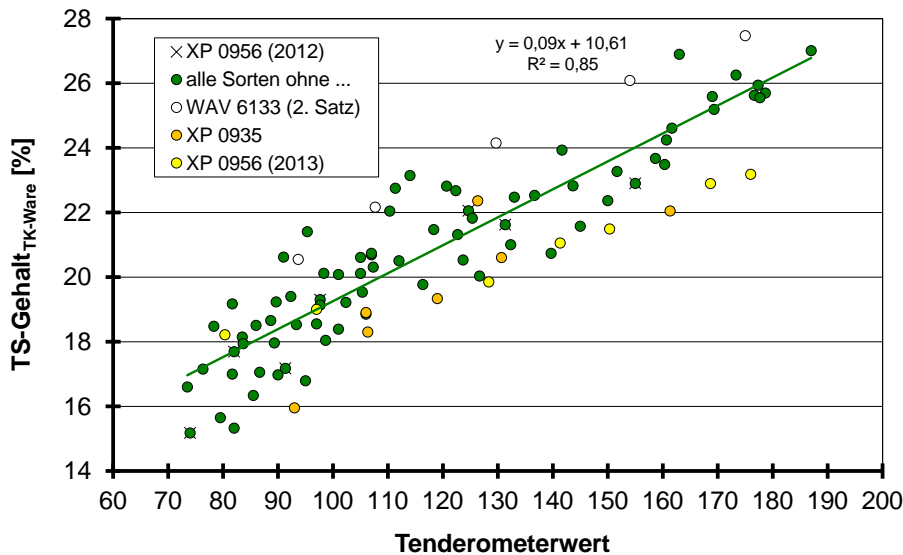


Abb. 13: Zusammenhang zwischen dem Tenderometerwert und dem Trockensubstanzgehalt verarbeiteter Erbsen (Versuche 2012 und 2013, (Regressionsgrade ohne Berücksichtigung der angegebenen Sorten berechnet; zu 'WAV 6133', 3. Satz liegen keine TS-Gehalte vor)

Tenderometerwert roher und verarbeiteter Erbsen

Wenngleich allgemein bekannt ist, dass an verarbeiteten Erbsen kein sinnvoller TW ermittelt werden kann, wurde in Ermangelung entsprechender Versuchsdaten in der Literatur auch der TW der verarbeiteten Erbsen ermittelt. Mit steigendem TW (roh) zeigte sich nur ein geringer Anstieg der TW der verarbeiteten Erbsen, sodass die Unbrauchbarkeit der TW-Messung an verarbeiteten Erbsen bestätigt wurde (Abb. 14). Auch der Zusammenhang zwischen der TW der verarbeiteten Erbsen und der bonitierten Konsistenz fiel mit einem R² von 0,35 sehr schwach aus (o. Abb.).

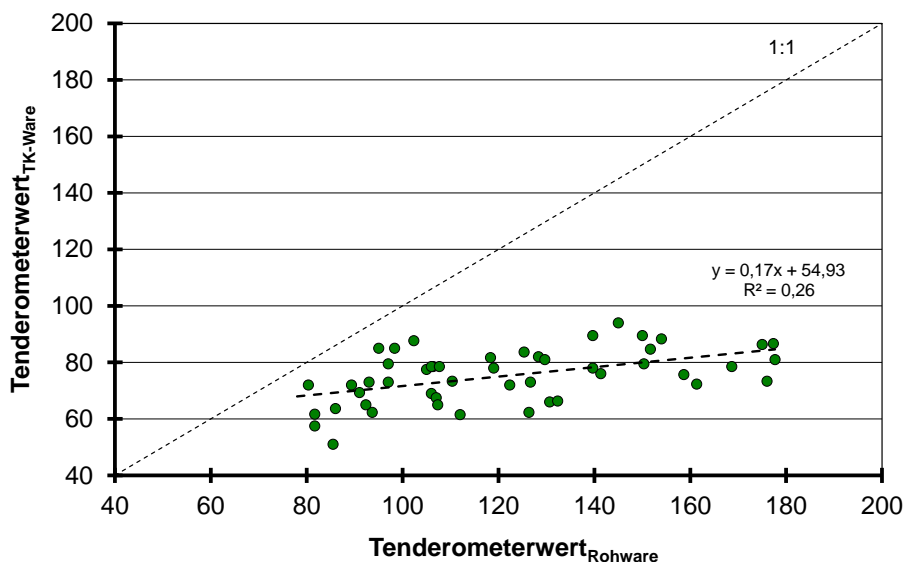


Abb. 14: Zusammenhang zwischen dem Tenderometerwert roher und verarbeiteter Erbsen (Versuch 2013)

Tenderometerwert und AIS-Gehalt

Zwischen dem TW und dem AIS-Gehalt wurde 2013 wiederum nahezu der gleiche Zusammenhang wie in den Vorversuchen gefunden (o. Abb.). Ausgeprägter als im Vorjahresversuch (nur 'XP 0956')

Abreife- und Ertragsverlauf von Markerbsen; Resümee aus 6 Versuchsjahren

zeigten die 'double wrinkled' Sorten 'XP 0956' und 'XP 0935' geringere AIS-Gehalte als die anderen untersuchten Sorten (Tab. 2, Abb. 15). (Zum Vergleich des hier gefundenen Zusammenhanges mit Literaturdaten s. LABER 2011a.)

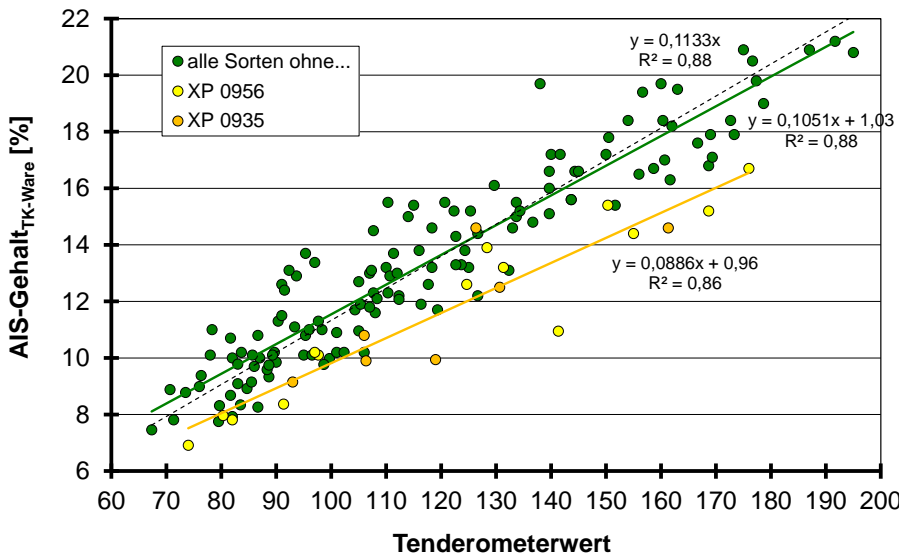


Abb. 15: Zusammenhang zwischen dem Tenderometerwert und dem AIS-Gehalt verarbeiteter Erbsen (Versuche 2011 bis 2013; orange: separate Regressionsgerade für 'XP'-Sorten)

Aber auch für die einzelnen 'normalen' Sorten errechneten sich 2013 wiederum voneinander abweichende Regressionsgeraden (Tab. 2, exemplarisch Abb. 16). Sowohl bei TW 105 (o. Abb.) als auch TW 120 (Abb. 17) zeigten (wiederum) 'Rainier' sowie die sehr feinkörnige 'WAV 6133' die höchsten AIS-Gehalte. Insofern wird der sich aus der Regressiongleichung in Abb. 15 ergebende Umrechnungsfaktor (Regressionsgleichung ohne Absolutglied) von 0,113 [TW ⇒ AIS] bzw. 8,8 [AIS ⇒ TW] den deutlichen Sortenunterschieden nicht gerecht.

Tab. 2: Regressionskoeffizient (b) und -konstante (a) sowie Bestimmtheitsmaß (R²) und Vertrauensbereich für den Zusammenhang zwischen TW und AIS-Gehalt (Versuch 2013)

Sorte (Züchter)	Reife ¹⁾	Sortierung	Blatt ²⁾	Regressionsparameter				AIS-Gehalt [%] bei	
				n	b	a	R ²	TW 105 ³⁾	TW 120 ³⁾
Aloha (WAV)	-1	grob	n	6	0,1153	-0,18	0,98	11,9 ± 0,8	13,7 ± 0,8
Spring (SVS)	0	grob	n	7	0,0938	2,06	0,83	11,9 ± 1,4	13,3 ± 1,3
XP 8570956 (SVS)	2	grob	n	7	0,0826	1,78	0,83	10,5 ± 1,9	11,7 ± 1,6
XP 8570935 (SVS)	6	grob	af	7	0,0857	1,33	0,70	10,3 ± 1,7	11,6 ± 1,3
Spring (SVS), 2. Satz	0	grob	n	6	0,1066	-0,72	0,96	10,5 ± 0,8	12,1 ± 0,6
WAV 6133 ⁴⁾ , 2. Satz	10	sehr fein	n	5	0,0951	4,00	0,99	14,0 ± 0,6	15,4 ± 0,4
WAV 80, 2. Satz	15	grob	n	6	0,0958	2,81	0,96	12,9 ± 0,5	14,3 ± 0,6
Rainier (WAV), 2. Satz	15	grob	n	4	0,0796	5,77	0,79	14,1 ± 1,8	15,3 ± 2,6
Spring (SVS), 3. Satz	0	grob	n	4	0,1364	-2,04	0,82	12,3 ± 6,5	14,3 ± 5,5
WAV 6133 ⁴⁾ , 3. Satz	10	sehr fein	n	5	0,1076	2,27	0,98	13,6 ± 1,1	15,2 ± 1,0
gesamt				57	0,0947	2,10	0,69	12,1 ± 0,6	13,5 ± 0,5

1) Reifetage vor/nach 'Spring' (Züchterangaben); 2) n = normalblättrig, af = afila (fiederblatlos);

3) ± = Vertrauensbereich für die Schätzung des AIS-Mittelwertes (α < 0,05) (berechnet n. SACHS 2004); 4) jetzt 'Louise'

Abreife- und Ertragsverlauf von Markerbsen; Resümee aus 6 Versuchsjahren

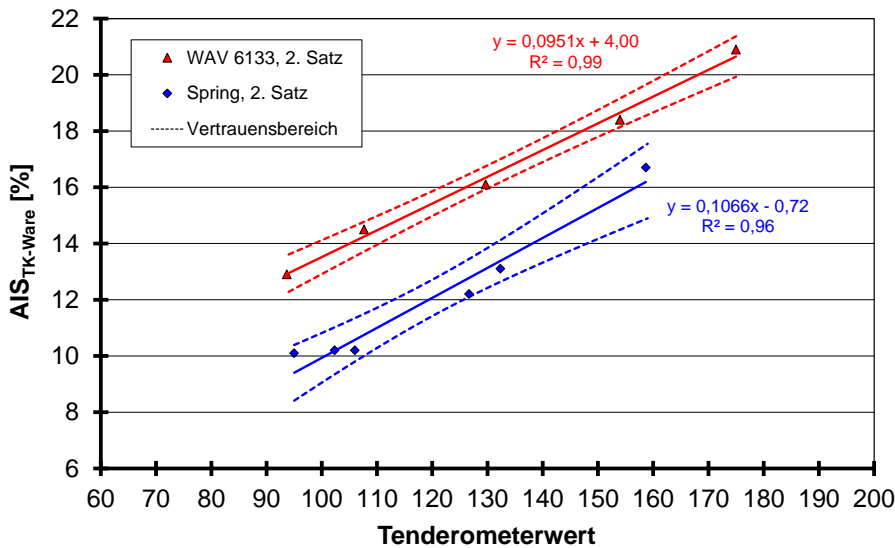


Abb. 16: Regressionsgeraden der Sorten 'WAV 6133' und 'Spring' (2. Satz) für den Zusammenhang zwischen dem Tenderometerwert und dem AIS-Gehalt mit jeweiligem Vertrauensbereich für die Schätzung des mittleren AIS-Gehaltes ($\alpha < 0,05$) (Versuch 2013)

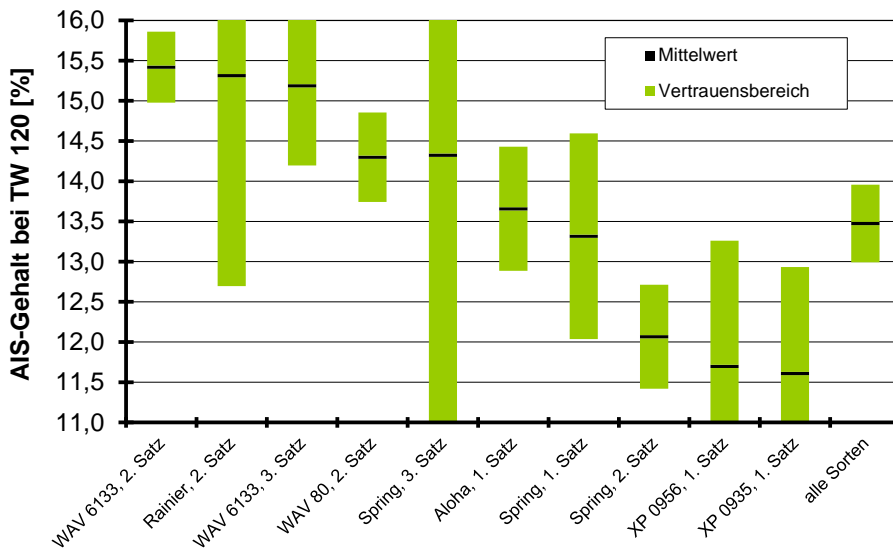


Abb. 17: Mittlere AIS-Gehalte sowie deren Vertrauensbereiche ($\alpha < 0,05$) der verschiedenen Sorten bei einem Tenderometerwert von 120 (Versuch 2013)

Über die drei Versuchsjahre hinweg lag die Spanne der sich für TW 120 errechnenden AIS-Gehalte zwischen 11,6 und 15,3 % (Abb. 18). Bei den grob sortierenden 'normalen' Sorten zeigte sich, dass mit späterer Reife meist höhere AIS-Werte einhergehen (Abb. 19). Allerdings wiesen auch die frühen Sorten 'Aloha' und 'Spring' im 3. Satz höhere AIS-Gehalte auf.

Für die feiner sortierenden Sorten konnte kein entsprechender Zusammenhang gefunden werden, da a) mit Ausnahme von 'Larex' (Versuch 2012) nur mittelspäte und späte Sorten getestet wurden und b) in diesem Bereich große Sortenunterschiede zu verzeichnen waren.

Abreife- und Ertragsverlauf von Markerbsen; Resümee aus 6 Versuchsjahren

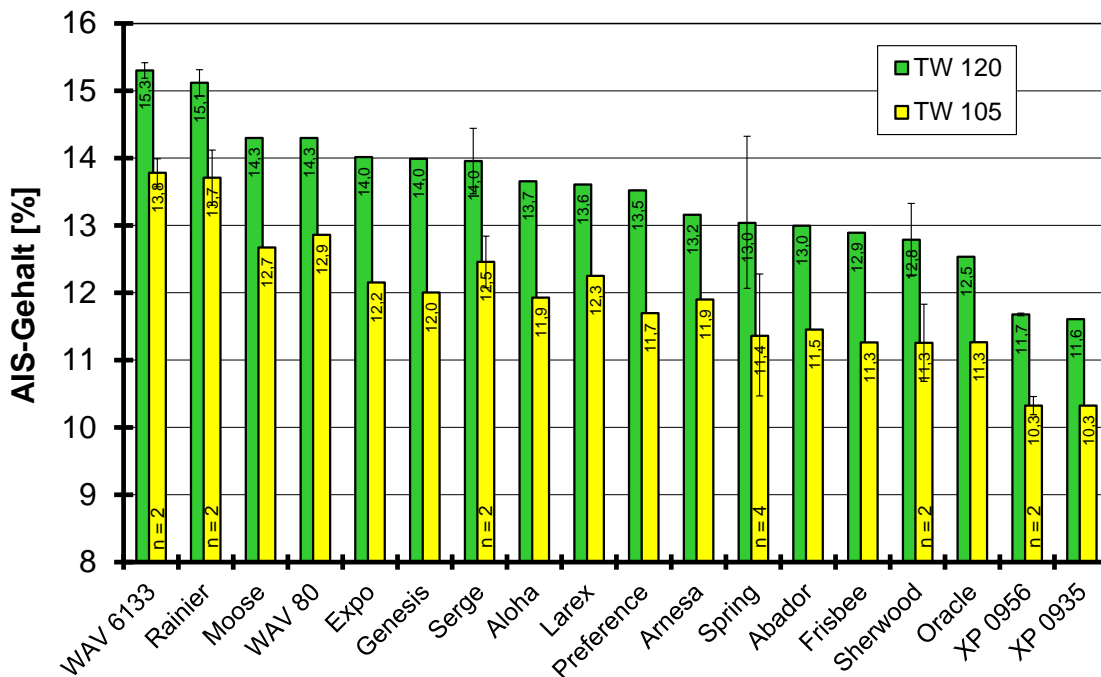


Abb. 18: Berechnete AIS-Gehalte bei TW 105 und 120 der getesteten Sorten (Versuche 2011-2013; I = Spannweite)

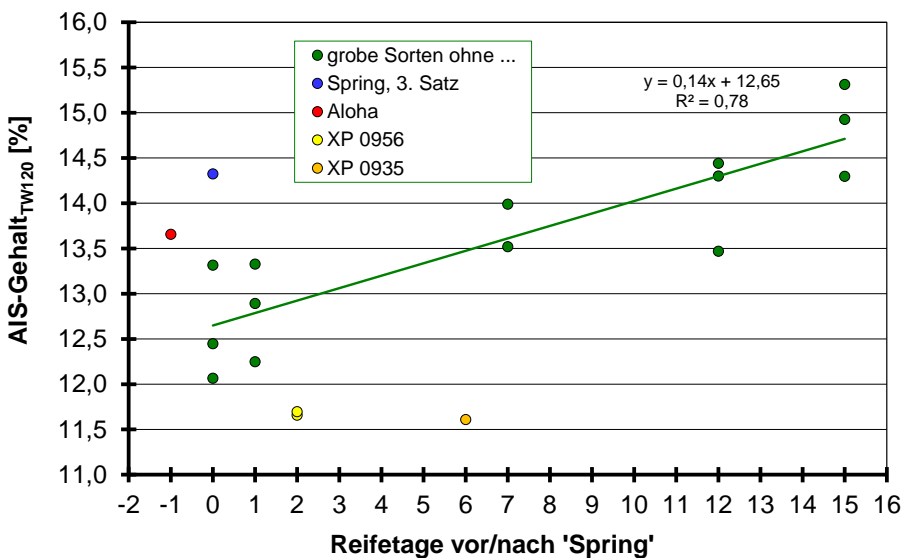


Abb. 19: AIS-Gehalte (kalkuliert) grob sortierender Erbsensorten bei TW 120 in Abhängigkeit von der Reife-gruppe (Versuche 2011 bis 2013; Regressionsgrade ohne Berücksichtigung der angegebenen Sorten bzw. Sätze berechnet)

AIS-Gehalt und Trockensubstanzgehalt

Der bereits im Vorjahresversuch gefundene sehr enge Zusammenhang zwischen AIS- und TS-Gehalt konnte 2013 bestätigt werden. Für beide Versuchsjahre errechnet sich für den Zusammenhang zwischen dem AIS-Gehalt und dem TS-Gehalt der rohen Erbsen ein R² von 0,89 (Abb. 20).

Abreife- und Ertragsverlauf von Markerbsen; Resümee aus 6 Versuchsjahren

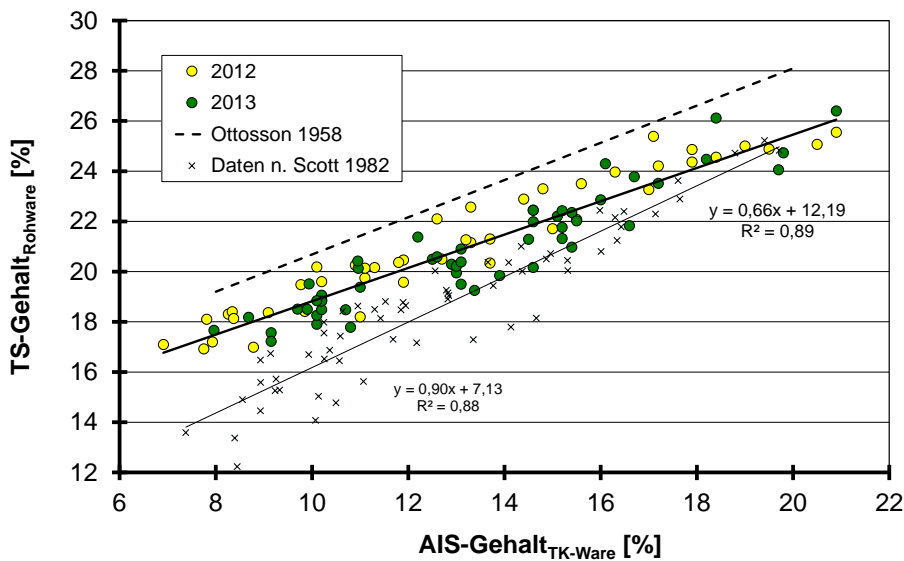


Abb. 20: Zusammenhang zwischen dem AIS-Gehalt (verarbeitet) und dem Trockensubstanzgehalt roher Erbsen (AIS-Gehalte bei OTTOSSON bzw. SCOTT an rohen Erbsen ermittelt) (Versuch 2012 und 2013)

OTTOSSON (1958) und SCOTT (1982) ermittelten den AIS-Gehalt nur an rohen bzw. unverarbeitet (unblanchiert) eingefrorenen Erbsen. Da nach Ergebnissen von WESTERLING (1986) der AIS-Gehalt von rohen und „sterilisierten“ Erbsen kaum voneinander abweicht, wurden die Ergebnisse dieser Autoren, die beide enge Zusammenhänge zwischen AIS- und TS-Gehalt konstatieren, den eigenen Ergebnisse in Abb. 20 gegenübergestellt.

Entsprechend der hohen Übereinstimmung des TS-Gehaltes der rohen und der verarbeiteten Erbsen (vgl. Abb. 13) fiel auch der Zusammenhang zwischen dem AIS-Gehalt und dem TS-Gehalt der verarbeiteten Erbsen mit einem R^2 von 0,90 insgesamt sehr eng aus (Abb. 21). (Zum Vergleich des hier gefundenen Zusammenhanges mit Literaturdaten s. LABER 2012a.)

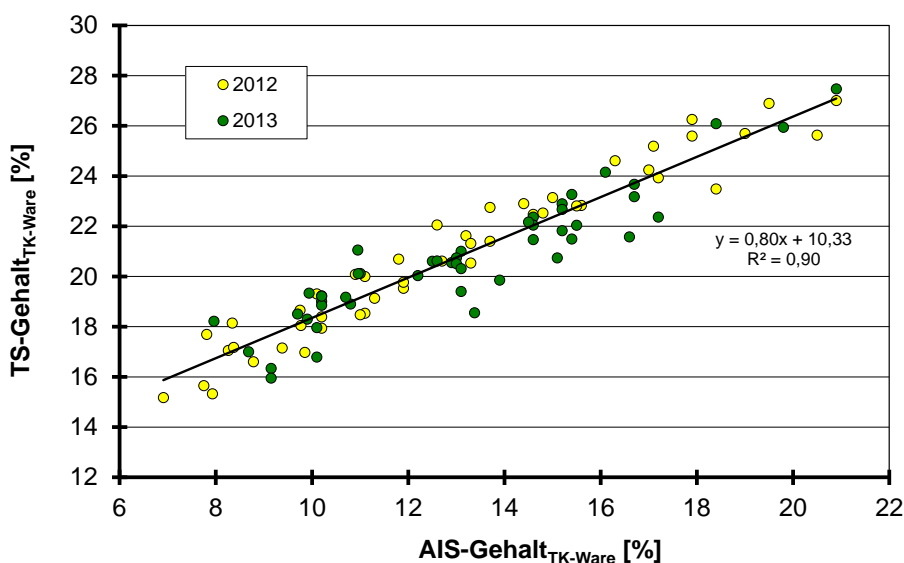


Abb. 21: Zusammenhang zwischen dem AIS-Gehalt (verarbeitet) und dem Trockensubstanzgehalt verarbeiteter Erbsen (Versuch 2012 und 2013, gemeinsame Regressionsgerade)

Abreife- und Ertragsverlauf von Markerbsen; Resümee aus 6 Versuchsjahren

AIS-Gehalt und sensorische Parameter

Der über beide Versuchsjahre ermittelte AIS-Gehalt korrelierte mit einem R^2 von 0,73 genau so eng mit der bonitierten **Konsistenz** (ohne Abb.) wie der TW (vgl. Abb. 8). Mit der ‘Süße’, die zudem 2013 deutlich ausgeprägter eingeschätzt wurde (vgl. Abb. 9), korrelierte der AIS-Gehalt mit einem R^2 von 0,21 kaum (ohne Abb.).

Anders als bei ausschließlicher Betrachtung der Vorjahresergebnisse zeigte der AIS-Gehalt bei Zusammenfassung beider Versuchsjahre mit einem R^2 von 0,59 (Abb. 22) bzw. 0,64 (ohne ‘double wrinkled’ Sorten; o. Abb.) eine vergleichbare Korrelation mit dem ‘**Geschmack**’ der Erbsen wie der TW ($R^2 = 0,57$ bzw. 0,60, vgl. Abb. 8 bzw. 9). Dieses deckt sich mit Ergebnissen von EDELENBOS et al. (2000), die für verschiedene sensorisch bestimmte Parameter (Knackigkeit, Saftigkeit, Härte, Mehligkeit, Zähigkeit der Samenschale; nicht: Süße, Gesamteindruck bzw. Geschmack) vergleichbare Korrelationen zum TW (R^2 im Mittel 0,69) als auch zum AIS-Gehalt (R^2 im Mittel 0,65) feststellten.

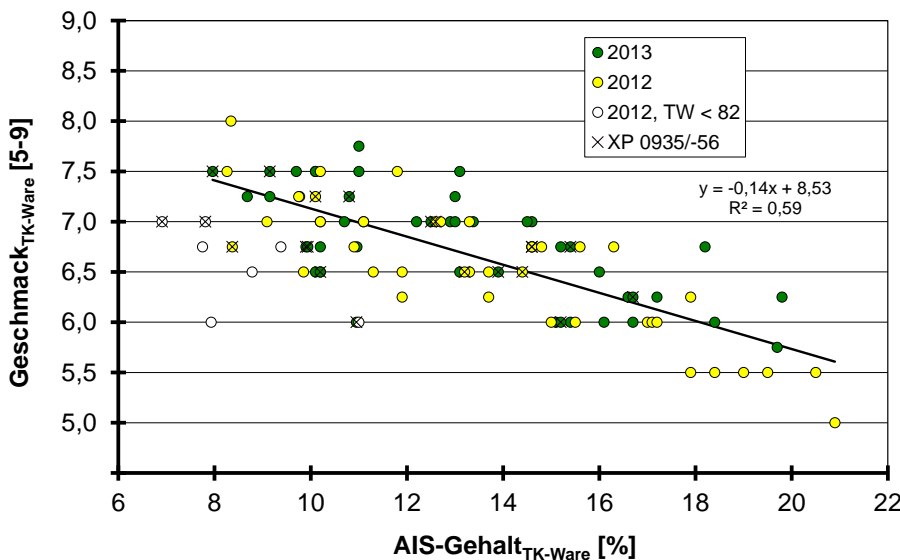


Abb. 22: Zusammenhang zwischen dem AIS-Gehalt (verarbeitet) und dem Geschmack (9,0 = sehr gut; 5,0 = sehr schlecht) der verarbeiteten Erbsen (Versuche 2012 und 2013, gemeinsame Regressionsgerade; für 2012 wurden Wertepaare mit TW < 82 nicht in die Regressionsberechnung einbezogen)

Zucker- und Stärkegehalt

Der **Zucker**gehalt der verarbeiteten Erbsen lag je nach Sorte und Reifestadium zwischen 2,43 und 5,19 %. Mit zunehmendem TW nahm der Zuckergehalt je nach Sorte unterschiedlich schnell ab (vgl. Tab. 3). Die Unterschiede zwischen den Sorten waren aber nicht so ausgeprägt wie im Versuch 2012, sodass über die Sorten hinweg mit einem R^2 von 0,66 (o. Abb.) eine engere Korrelation zwischen dem TW und dem Zuckergehalt bestand als im Versuchsjahr 2012 (0,39). Die ‘double wrinkled’ Sorten ‘XP 0935’ und ‘XP 0956’ zeigten höhere Zuckergehalte als die anderen Sorten (Abb. 23). Aber auch ‘Spring’ wies häufiger überdurchschnittliche Zuckergehalte auf.

Abreife- und Ertragsverlauf von Markerbsen; Resümee aus 6 Versuchsjahren

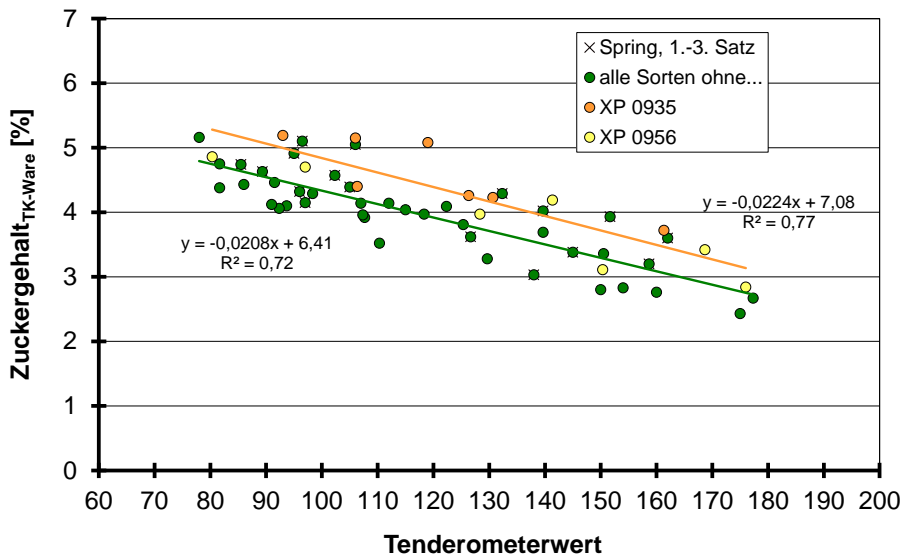


Abb. 23: Zusammenhang zwischen dem Tenderometerwert und dem Zuckergehalt (als Saccharose) verarbeiteter Erbsen (Versuch 2013; orange: separate Regressionsgerade für 'XP'-Sorten)

Tab. 3: Regressionskoeffizient (b) und -konstante (a) sowie Bestimmtheitsmaß (R²) für den Zusammenhang zwischen Tenderometerwert und Zucker- bzw. Stärkegehalt (Versuch 2013)

Sorte	Zuckergehalt [%]			bei TW 120 ¹⁾	Stärkegehalt [%]			bei TW 120 ¹⁾
	Regressionsparameter				Regressionsparameter			
	b	a	R ²		b	a	R ²	
Aloha	-0,0225	6,48	0,95	3,8	0,0698	-4,56	0,97	3,8
Spring	-0,0139	5,79	0,72	4,1	0,0456	-2,00	0,90	3,5
XP 8570956	-0,0203	6,60	0,86	4,2	0,0464	-3,15	0,93	2,4
XP 8570935	-0,0215	7,16	0,70	4,6	0,0297	-1,06	0,38	2,5
Spring, 2. Satz	-0,0275	7,58	0,80	4,3	0,0502	-3,15	0,81	2,9
WAV 6133, 2. S.	-0,0212	6,12	0,99	3,6	0,0519	-1,75	0,99	4,5
WAV 80, 2. S.	-0,0106	5,25	0,79	4,0	0,0373	-0,38	0,82	4,1
Rainier, 2. S.	-0,0113	5,06	0,45	3,7	0,0470	-1,03	0,98	4,6
Spring, 3. Satz	-0,0214	6,65	0,60	4,1	0,0855	-5,78	0,86	4,5
WAV 6133, 3. S.	-0,0256	7,01	0,96	3,9	0,0589	-2,36	0,96	4,7
gesamt	-0,0202	6,45	0,66	4,0	0,0504	-2,42	0,63	3,6
ohne XP 56/35	-0,0208	6,41	0,72	3,9	0,0582	-2,95	0,78	4,0

1) aus der Regressionsgeraden errechnete Gehalt bei TW 120

Auch bei einer Zusammenfassung der beiden Versuchsjahre erkennt man die 'tendenziell' (ca. 0,4 %-Punkte) höheren Zuckergehalte der beiden 'double wrinkled' Sorten, wenngleich entsprechend hohe Zuckergehalte häufiger auch von 'Spring', 'Sherwood', 'Larex' und auch 'Abador' erzielt wurden (Abb. 24). Über alle Sorten betrug das Bestimmtheitsmaß 0,50 (o. Abb.).

Abreife- und Ertragsverlauf von Markerbsen; Resümee aus 6 Versuchsjahren

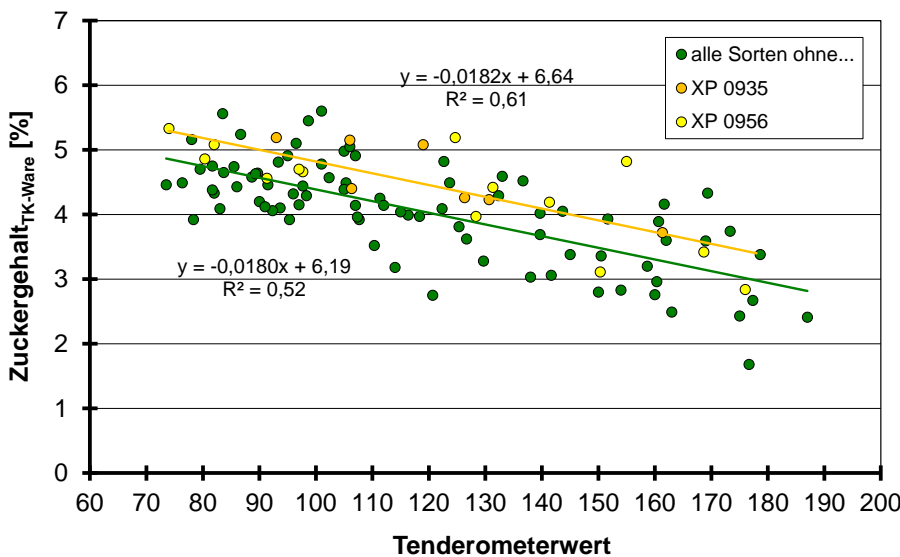


Abb. 24: Zusammenhang zwischen dem Tenderometerwert und dem Zuckergehalt (als Saccharose) verarbeiteter Erbsen (Versuche 2012 und 2013; orange: separate Regressionsgerade für 'XP'-Sorten)

Wie bereits angedeutet, wurden die Erbsen 2013 'süßer' eingeschätzt als 2012, der Zusammenhang zwischen analysiertem Zuckergehalt und bonitierter 'Süße' fiel aber noch geringer aus als im Vorversuch (Abb. 25).

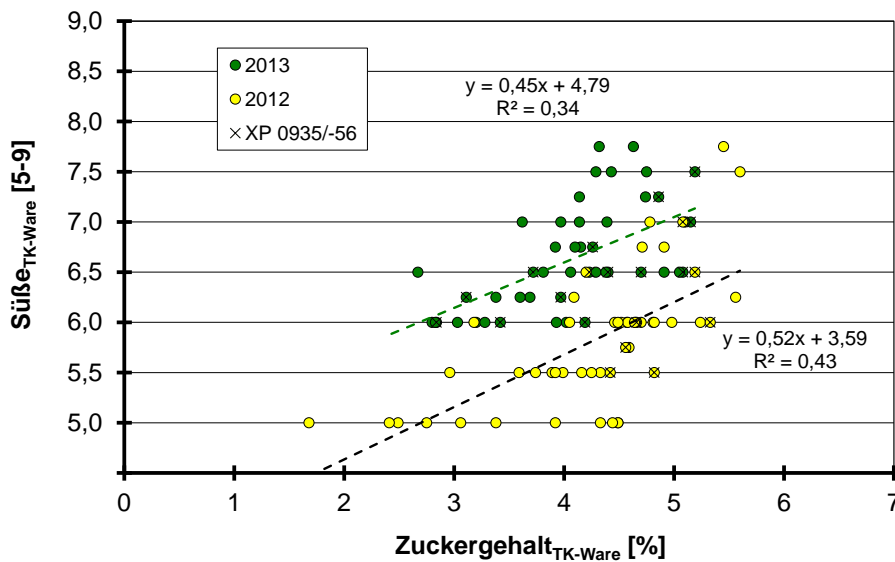


Abb. 25: Zusammenhang zwischen dem Zuckergehalt und der sensorisch beurteilten "Süße" (9,0 = sehr süß; 5,0 = keine Süße) der verarbeiteten Erbsen (Versuch 2012 bzw. 2013)

Bei nahezu identischem Verlauf korrelierte der AIS-Gehalt mit einem R^2 von 0,83 (o. Abb.) enger mit dem Zuckergehalt als im Vorversuch (0,60). Für beide Versuchsjahre zusammen errechnet sich ein R^2 von 0,70 (Abb. 26), womit die Korrelation AIS-Zuckergehalt 'naturgemäß' enger ausfiel als die TW-Zuckergehalt-Korrelation (vgl. Abb. 24)

Abreife- und Ertragsverlauf von Markerbsen; Resümee aus 6 Versuchsjahren

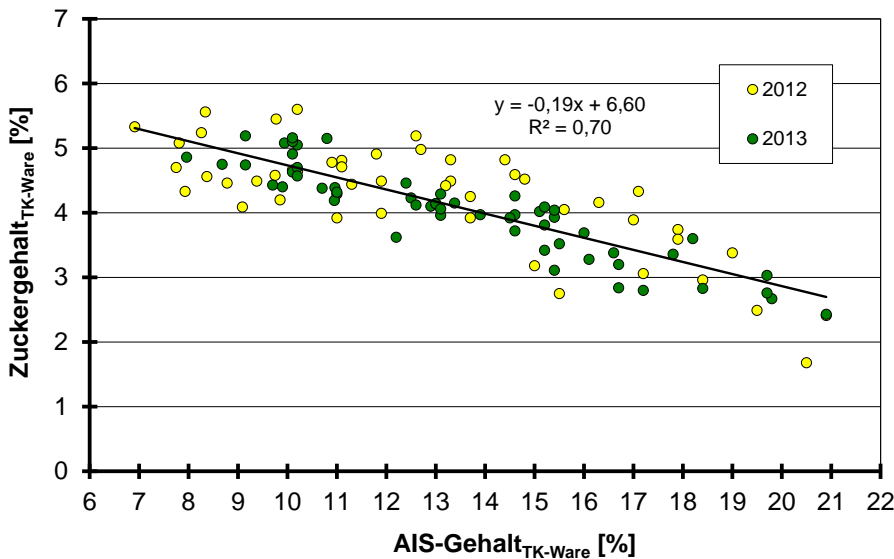


Abb. 26: Zusammenhang zwischen dem AIS-Gehalt und dem Zuckergehalt (als Saccharose) verarbeiteter Erbsen (Versuche 2012 und 2013)

Der **Stärkegehalt** der verarbeiteten Erbsen lag 2013 in Abhängigkeit vom Reifegrad (TW) zwischen 0,56 und 7,61 %, wobei wiederum die ‘double wrinkled’ Sorten geringere Werte zeigten (o. Abb.), was sich auch über beide Versuchsjahre hinweg mit einem rund 1,1 %-Punkt geringeren Stärkegehalt zeigt (Abb. 27). Für die ‘normalen’ Sorten bestätigte sich wiederum der von OTTOSSON (1958) beschriebene Verlauf der Stärkebildung.

Auch dieser Erbsen-Inhaltsstoff korrelierte, bei ‘Erfassung’ der abweichende Gehalte bei den ‘double wrinkled’ Sorten, mit dem AIS-Gehalt enger als mit dem TW (Abb. 28). Die Stärkegehalte fielen wiederum geringer als bei SØRENSEN et al. (2003) aus.

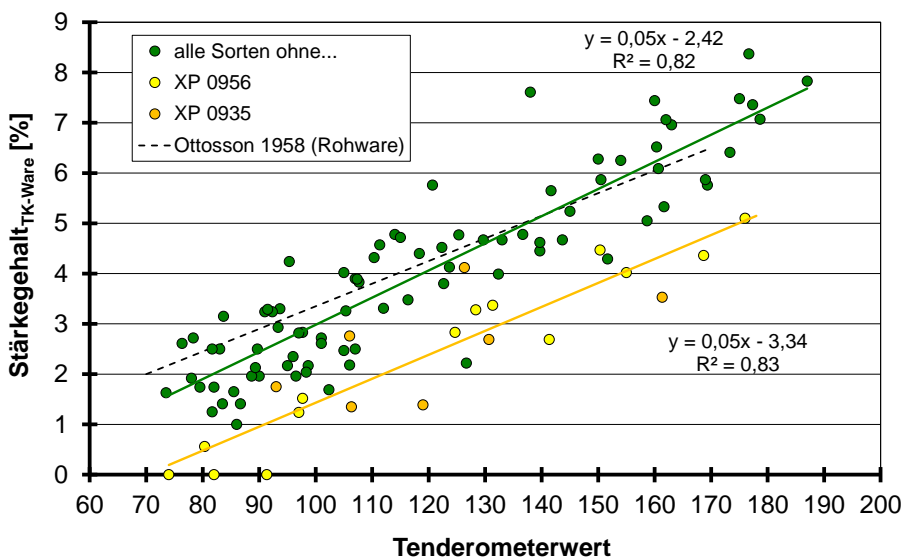


Abb. 27: Zusammenhang zwischen dem Tenderometerwert und dem Stärkegehalt verarbeiteter Erbsen (Versuche 2012 und 2013)

Abreife- und Ertragsverlauf von Markerbsen; Resümee aus 6 Versuchsjahren

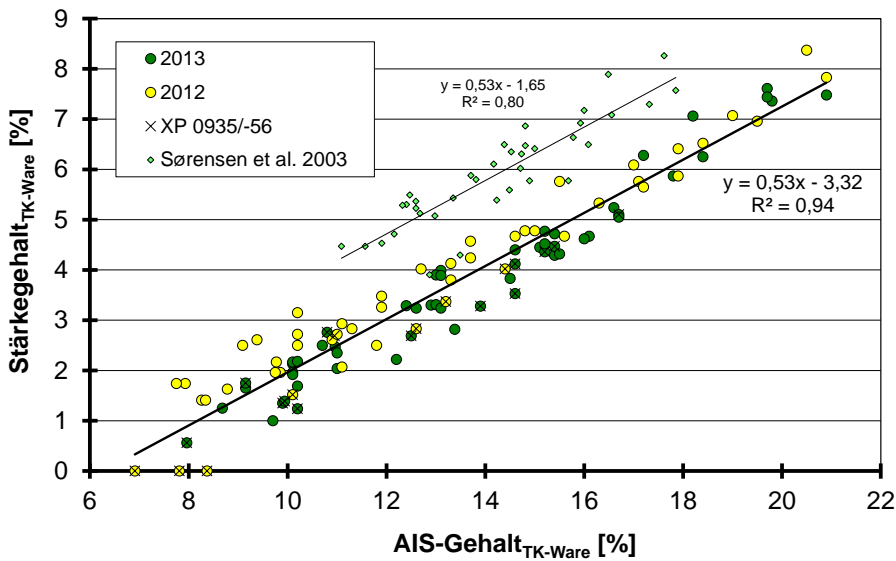


Abb. 28: Zusammenhang zwischen dem AIS-Gehalt und dem Stärkegehalt verarbeiteter Erbsen (Versuche 2012 und 2013, gemeinsame Regressionsgerade)

Abreife- und Ertragsverlauf von Markerbsen; Resümee aus 6 Versuchsjahren

Ertragsanstieg mit zunehmender Reife

Der Anstieg des Ertrages mit zunehmender Reife verlief bei den verschiedenen Sorten bzw. Sätzen unterschiedlich (Abb. 29). So zeigte z.B. 'XP 0956' zwischen TW 80 und 176 'nur' einen Ertragszuwachs von 38 dt/ha, während bei 'WAV 80' der Ertrag zwischen TW 82 und 140 um 68 dt/ha zunahm. Im "Sommersatz" (3. Satz) war bei 'Spring' kaum ein Ertragsanstieg zu erkennen.

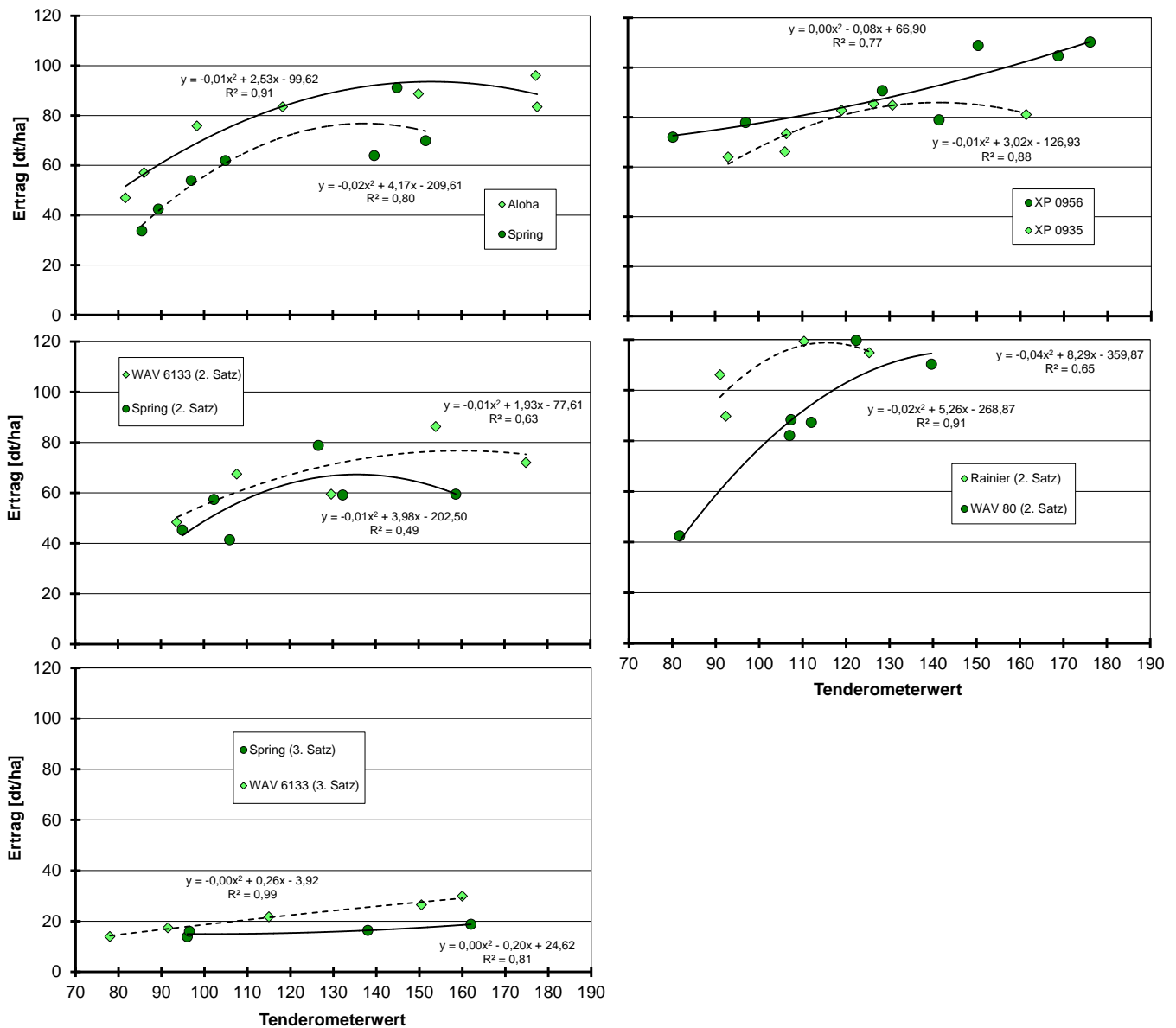


Abb. 29: Erbsenertrag in Abhängigkeit vom Tenderometerwert (Versuch 2013)

Abreife- und Ertragsverlauf von Markerbsen; Resümee aus 6 Versuchsjahren

Auf Basis der jeweiligen Regressionsgleichungen wurde der Ertrag jeder Sorte bei TW 120 abgeschätzt. Die jeweils ermittelten Erträge wurde in Relation zum Ertrag bei TW 120 gesetzt und so jeweils der 'relative Ertrag' errechnet. Durch diese 'Synchronisation' können die verschiedenen Sorten bzw. Sätze zusammengefasst werden (Abb. 30).

Bei ähnlich hoher Streuung wie im Versuchsjahr 2012 zeigte die Reife-Ertrag-Beziehung wiederum einen recht gut mit einer quadratischen Funktion beschreibbaren Verlauf. Die in Abb. 30 gewählte Darstellung der Funktion ($y = -0,007231x^2 + 2,37x - 80,5$) in der s. g. 'Scheitelpunktform' erlaubt ein direktes Ablesen des Maximalertrages (hier 114 % bei einem TW von 164).

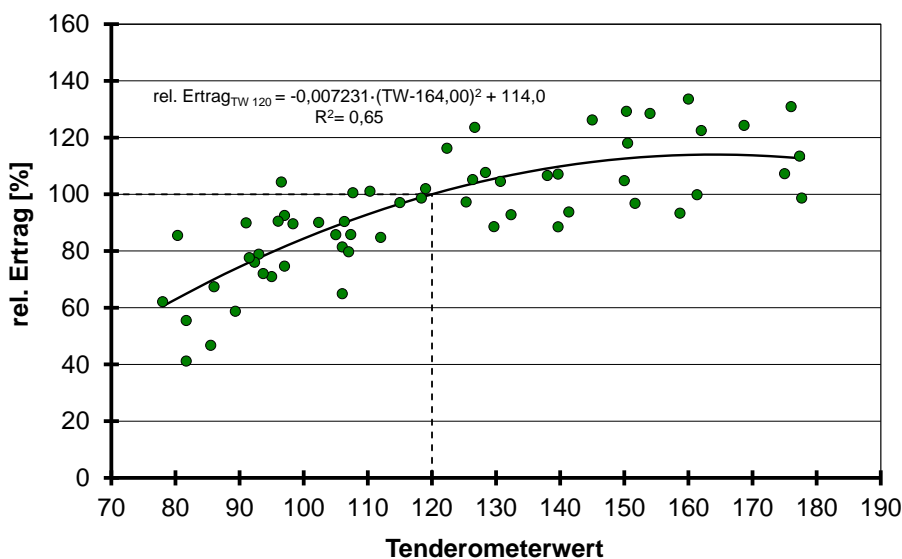


Abb. 30: Relativer Ertrag (TW 120 = 100 %) in Abhängigkeit vom Tenderometerwert (Versuch 2013)

Auch für alle vorliegenden Versuchsergebnisse aus 6 Versuchsjahren mit 36 verschiedenen Sorten (davon 12 afila-Sorten bzw. 3 extra feine/sehr feine und 13 mittelfeine/feine Sorten) errechnet sich eine Reife-Ertrag-Beziehung, die sich weitestgehend mit der von EVERAATS & SUKKE (2000; 31 Sorten, 16 Versuche, 2 Standorte über 5 Jahre) angegebenen (auf einen Relativertrag umgerechnete) Ertragsbeziehung deckt (Abb. 31). (Zu weiteren in der Literatur beschriebenen Reife-Ertrag-Beziehungen s. LABER 2011a.)

Nach dieser Gleichung wird bei einem TW von knapp 164 der Maximalertrag erreicht, der dann 16 % über dem bei TW 120 liegt. Eine Ernte bei TW 105 ('sehr gute Qualität') wäre mit einem Minderertrag von 13 % verbunden. Ob tatsächlich bereits ab einem TW von 164 mit einem Rückgang des Frischmasseertrages durch beginnende Trockenreife zu rechnen ist, bleibt dahingestellt - eine Praxisrelevanz liegt bei derartig hohen TW ohnehin nicht vor.

Abbildung 32 gibt den Ertragsverlauf bezogen auf einen angestrebten TW von 105 wieder. Eine Ernte bei TW 90 wäre hier mit einem Minderertrag von 20 % verbunden.

Abreife- und Ertragsverlauf von Markerbsen; Resümee aus 6 Versuchsjahren

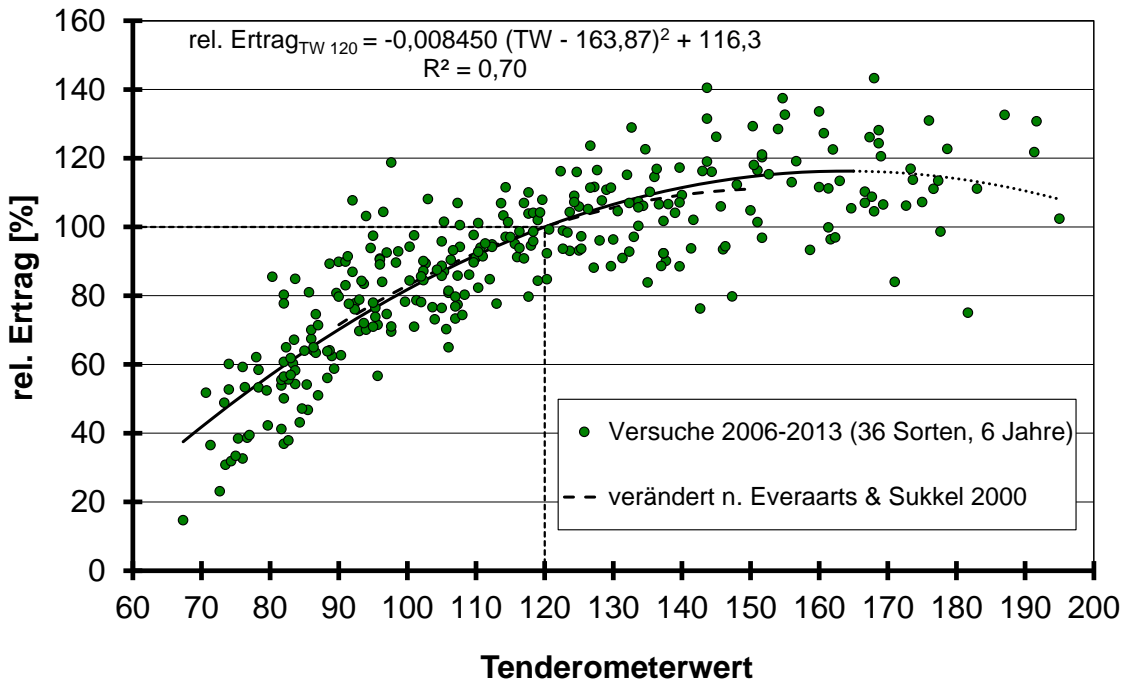


Abb. 31: Relativer Ertrag (TW 120 = 100 %) in Abhängigkeit vom Tenderometerwert (Versuche 2006-2013)

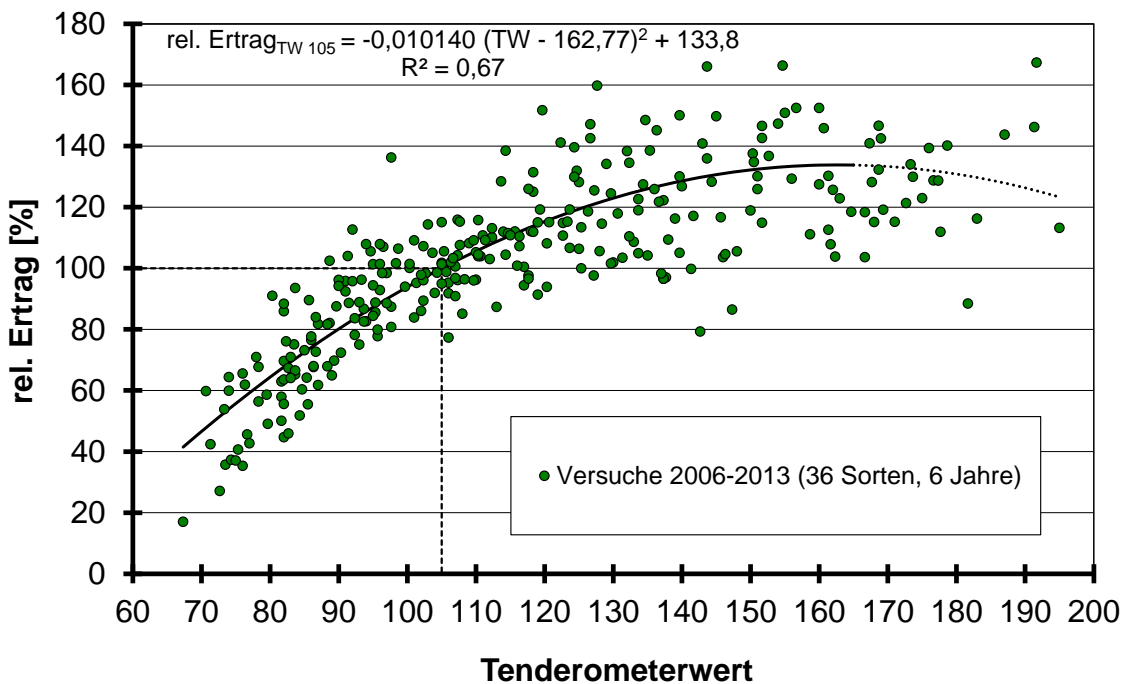


Abb. 32: Relativer Ertrag (TW 105 = 100 %) in Abhängigkeit vom Tenderometerwert (Versuche 2006-2013)

Abreife- und Ertragsverlauf von Markerbsen; Resümee aus 6 Versuchsjahren

Fazit

- Der Anstieg der Tenderometerwerte in der Erntezeit kann sehr gut mit einer Exponentialfunktion beschrieben werden. Mit Hilfe der Umkehrfunktion kann aus einem aktuell gemessenen TW die Temperatursumme bzw. die Zeit bis zum Erreichen des gewünschten TW abgeschätzt werden.
- Abweichend von Literaturergebnissen konnte im Versuch eine enge Beziehung zwischen dem Tenderometerwert und dem TS-Gehalt roher aber auch verarbeiteten ‘normaler’ grob und mittelfein sortierender Erbsen gefunden werden. Danach entspricht einem TW von 120 ein TS-Gehalt_{Rohware} von 21,1 %.
- Mit einer Spanne 11,6 und 15,3 % (bei TW 120) wiesen die Sorten sehr unterschiedliche AIS-Gehalte auf. Rückschlüsse vom AIS-Gehalt auf den Tenderometerwert mittels entsprechender (sortenübergreifender) Umrechnungsfaktoren sind somit deutlich fehlerbehaftet.
- Spät reifende Sorten zeigen tendenziell höhere AIS-Gehalte als frühreifende Sorten.
- Der AIS-Gehalt korrelierte mit dem Zucker- und Stärkegehalt deutlich enger als der Tenderometerwert. Mit dem bonitierten Geschmack fiel die Korrelation nur wenig enger aus.

Tab. 4: Übersicht über die Bestimmtheitsmaße (R²) für den Zusammenhang zwischen Qualitätsparametern der Erbsen und deren Tenderometerwert bzw. AIS-Gehalt

	Tenderometerwert		AIS-Gehalt	
	alle Sorten	ohne ‘XP 0935/-56’	alle Sorten	ohne ‘XP 0935/-56’
Konsistenz	0,73		0,73	
Süße	0,23/0,51 ¹⁾		0,21	
Geschmack	0,57	0,60	0,59	0,64
Zuckergehalt	0,50	0,52	0,70	
Stärkegehalt		0,82	0,94	

1) Versuchsjahr 2012/2013

- Die getesteten ‘double wrinkled’ Sorten zeigten tendenziell etwas höhere Zuckergehalte als die ‘normalen’ Sorten. Die Stärkegehalte lagen rund 1,1 %-Punkte niedriger. In geschmacklicher Hinsicht wurde keine deutlichen Unterschied zu den ‘normalen’ Sorten gefunden.
- Größere Geschmacksunterschiede zwischen den Sorten wurden bei TW 120 nicht beobachtet. Die im Vorversuch andeutende Einschätzung, dass spätere Sorten (bzw. eine spätere Aussaat) geschmacklich etwas abfallen, konnte nicht bestätigt werden.
- Die 2011 (LABER 2011a) beschriebene Reife-Ertragsbeziehung bestätigte sich auch in den Folgeversuchen. Unter Einbeziehung der neueren Versuchsergebnisse kann der relative Ertrag (TW 120 = 100 %) mit folgender Funktion beschrieben werden:

$$\text{rel. Ertrag}_{\text{TW 120}} [\%] = -0,008450 \cdot (\text{TW} - 163,87)^2 + 116,3$$

Danksagung

Herrn Dr. Schönherr und Mitarbeitern (BfUL) danken wir für die AIS-, Zucker- und Stärkegehaltsbestimmung an den vielen Erbsenproben. Den Mitarbeitern des hiesigen Tiefkühlwerkes gilt unser Dank für die Bereitschaft zur Übernahme der sensorischen Prüfung der Erbsenproben.

Abreife- und Ertragsverlauf von Markerbsen; Resümee aus 6 Versuchsjahren

Literatur:

- EDELENBOS, M., A. THYBO, L. ERICHSEN, L. WIENBERG und L. ANDERSEN 2001: Relevant measurements of green pea texture. *Journal of food quality* **24** (2), S. 91-110
- EVERAARTS, A.P. und W. SUKKELE 2000: Yield and tenderometer reading relationships for smooth- and wrinkled-seeded processing pea cultivars. *Scientia horticulturae* **85** (3), S. 175-182
- LABER, H. 2012a: Abreifeverlauf von Markerbsen korreliert sehr eng mit der Temperatursumme; AIS-Gehalt guter Qualitätsparameter. www.hortigate.de
- LABER, H. 2012b: Zusammenhang zwischen Tenderometerwert und AIS-Gehalt möglicher Weise auch vom Klima beeinflusst. www.hortigate.de
- LABER, H. 2011a: Abreife- und Ertragsverlauf auf bei normalblättrigen und fiederblattlosen Markerbsen praktisch gleich; TW und AIS eng korreliert. www.hortigate.de
- LABER, H. 2011b: Umfangreiches Datenmaterial belegt Sortenunterschiede beim Zusammenhang zwischen Tenderometerwert und AIS-Gehalt. www.hortigate.de
- LABER, H. 2009: Optimierung des Temperatursummen-Modells zur Anbauplanung bei Gemüseerbsen durch Verminderung der Basistemperatur auf 1,8 °C. www.hortigate.de
- LABER, H. 2008a: Abreifeverhalten bei den verschiedenen Markerbsen-Sortentypen praktisch gleich. www.hortigate.de
- LABER, H. 2008b: Ertragszunahme mit zunehmender Reife bei den verschiedenen Markerbsen-Sortentypen praktisch gleich. www.hortigate.de
- LABER, H. 2007a: Kein Unterschied im Abreifeverhalten von normalblättrigen und fiederblattlosen Markerbsensorten. www.hortigate.de
- LABER, H. 2007b: Ertragszunahme mit zunehmender Reife bei normalblättrigen und fiederblattlosen Markerbsensorten relativ ähnlich. www.hortigate.de
- LABER, H. 2006a: Kein Unterschied im Abreifeverhalten von feinen und groben Markerbsensorten. www.hortigate.de
- LABER, H. 2006b: Ertragszunahme mit zunehmender Reife bei verschiedenen feinen und groben Markerbsensorten relativ ähnlich. www.hortigate.de
- LATTAUSCHKE, G. 2013: a) Sehr gute Ertragsleistungen bei frühen mittelfeinen Markerbsen. b) Zwei eindeutige Favoriten bei mittelspäten und späten mittelfeinen Markerbsen. c) Trotz schwieriger Anbaubedingen überwiegend sehr gut Ergebnisse bei groben frühen und mittelfrühen Markerbsen. d) Kontinuität bei mittelspäten und späten groben Erbsen bei schwierigen Anbaubedingungen. e) Sommeranbau von Markerbsen mit nicht zufriedenstellenden Ertragsleistungen. www.hortigate.de
- OTTOSSON, L. 1958: Growth and maturity of peas for canning and freezing. *Publications from the Institute of Plant Husbandry (Crop Production) of the Royal Agricultural College of Sweden, Uppsala (S), Växtodling* **9**, S. 1-112
- SACHS, L. 2004: *Angewandte Statistik*. Springer, Berlin, Heidelberg, 10. Aufl.
- SCOTT, R.E. 1982: The effect of irrigation and time of harvest on maturity, yield and gross return of four vining pea cultivars. Master-Thesis, Lincoln College, Christchurch (NZ)
- SØRENSEN, J.N., M. EDELENBOS und L. WIENBERG 2003: Drought effects on green pea texture and related physical-chemical properties at comparable maturity. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* **128** (1), S. 128-135
- WESTERLING, F.J. 1986: Het AIS-gehalte als kwaliteitscriterium voor gesteriliseerde doperwten. *Voedingsmiddelentechnologie* **19** (11a), S. 25-28