



APFELSORTEN FÜR DIE ZUKUNFT

Um eine neue Apfelsorte zu entwickeln, braucht es eine langjährige Zusammenarbeit verschiedener Akteure. Erst durch ausführliche Anbauversuche kann ermittelt werden, wie neue Zuchtnummern auf unterschiedliche Böden und klimatische Bedingungen reagieren. Die Kooperation zwischen Agroscope und dem Versuchszentrum Laimburg (I) ermöglicht die Prüfung von Zuchtnummern auf die Zuverlässigkeit ihrer Qualitätsmerkmale an den drei pedoklimatisch unterschiedlichen Standorten Latsch (I), Wädenswil (CH) und Laimburg (I).

Lokale Wetterbedingungen haben einen grossen Einfluss auf die Produktion qualitativ hochwertiger Tafeläpfel. Wenn sich zum Beispiel das Erntefenster einer Sorte verfrüht, fällt die Ernte in eine wärmere Periode. Dies kann generell zu einer geringeren Ausfärbung, schnell abnehmender Festigkeit und daher schlechterer Lagerbarkeit führen. Die Veränderungen aufgrund des Klimawandels stellen, ebenso wie neu eingeschleppte Krankheiten, die Apfelproduktion vor grosse Herausforderungen. Dem gegenüber stehen die zunehmenden Anforderungen des Gross- und Detailhandels sowie der Konsumentinnen und Konsumenten an das Produkt Apfel. Dementsprechend ist es wichtig, dass neue Sorten nicht nur eine gute Fruchtqualität liefern können, sondern auch unabhängig von Standort und den vorherrschenden Witterungsbedingungen gut gedeihen.

UNTERSUCHUNGEN AN DREI STANDORTEN

Die Kooperation zwischen Agroscope und dem Versuchszentrum Laimburg schafft die Grundlage für die Testung ausgewählter Zuchtnummern aus dem Apfelzuchtprogramm von Agroscope an den Standorten Latsch (I), Wädenswil (CH) und Laimburg (I) (Abb. 1). Diese drei Standorte ermöglichen eine Untersuchung der Anbaueignung der Zuchtnummern und der Qualität der Früchte über mehrere Jahre auf diversen Böden, unterschiedlichen Höhenstufen und unter verschiedenen klimatischen Bedingungen.

DIE FÜNF ZUCHTNUMMERN VON AGROSCOPE

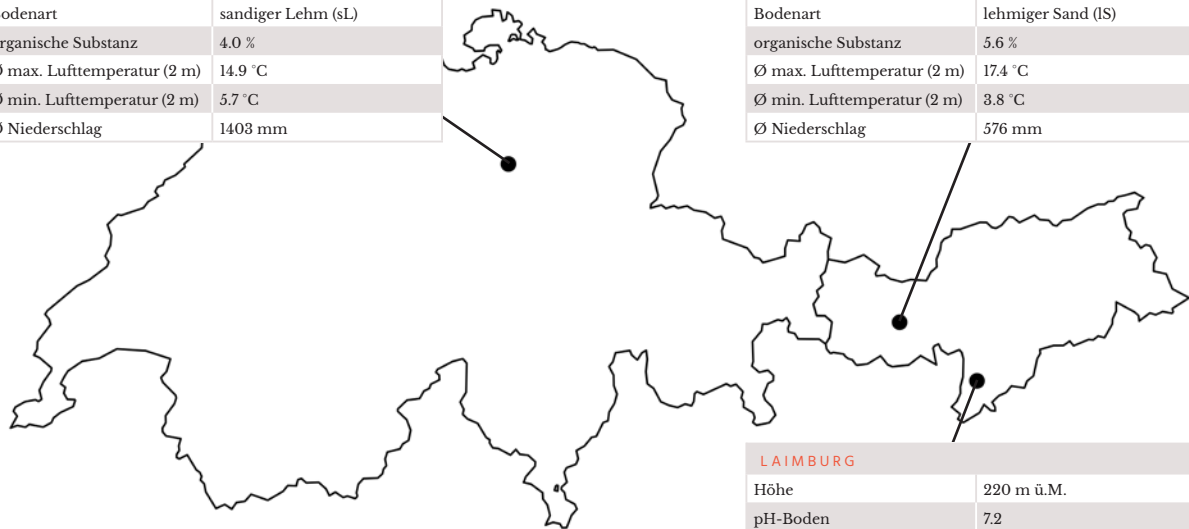
Um die fünf Zuchtnummern «ACW 14886», «ACW 17220», «ACW 17244», «ACW 18252»

und «ACW 20280» (Abb. 2) zu vergleichen, wurden zwischen drei und fünf Bäume an den drei Standorten gepflanzt und für die innere Qualität der Früchte die Merkmale Festigkeit, Zucker- und Säuregehalt sowie für die äussere Qualität Ausfärbung und Fruchtdurchmesser über vier Jahre untersucht.

Insbesondere bei Zuchtnummern mit wenig Anbauerfahrung ist es eine Herausforderung, den Erntezeitpunkt richtig zu wählen. Der Reifeindex nach Streif (1989) (Fruchtfleisfestigkeit (kg/cm³) / [Zuckergehalt (°Brix) x Stärkeabbauwert (1–10)]) wurde berechnet, um den Reifegrad der Früchte zu vergleichen. Dieser lag für alle fünf Zuchtnummern in allen Jahren zwischen 0.07 und 0.12. Dies deutet darauf hin, dass die Früchte an allen drei Standorten nahe an der optimalen Reife geerntet wurden.

WÄDENSWIL	
Höhe	470 m ü.M.
pH-Boden	6.6
Bodenart	sandiger Lehm (sL)
organische Substanz	4.0 %
Ø max. Lufttemperatur (2 m)	14.9 °C
Ø min. Lufttemperatur (2 m)	5.7 °C
Ø Niederschlag	1403 mm

LATSCH	
Höhe	670 m ü.M.
pH-Boden	6.2
Bodenart	lehmgiger Sand (lS)
organische Substanz	5.6 %
Ø max. Lufttemperatur (2 m)	17.4 °C
Ø min. Lufttemperatur (2 m)	3.8 °C
Ø Niederschlag	576 mm



LAIMBURG	
Höhe	220 m ü.M.
pH-Boden	7.2
Bodenart	schluffiger Sand (uS)
organische Substanz	2.1 %
Ø max. Lufttemperatur (2 m)	18.7 °C
Ø min. Lufttemperatur (2 m)	6.4 °C
Ø Niederschlag	778 mm

Abb. 1: Geografische Lage der Standorte Latsch (I), Wädenswil (CH) und Laimburg (I). Der jeweilige Standort wird in seinen pedoklimatischen Bedingungen beschrieben. Die Mittelwerte beziehen sich auf den Zeitraum von 2003 bis 2022.

MODELLBERECHNUNG

Für jedes Merkmal wurden die Mittelwerte der jeweiligen Zuchtnummer berechnet, um so eine erste Qualitätseinordnung vornehmen zu können (Finlay und Wilkinson 1963). Der Mittelwert zeigt auf, ob die Zuchtnummern grundsätzlich den Marktanforderungen für ein spezifisches Merkmal entsprechen. Damit die einzelnen Zuchtnummern über mehrere Jahre (2019 bis 2022) und über die drei Standorte (Latsch, Wädenswil und Laimburg) vergleichbar sind, wurde in den Berechnungen der Parameter «Umwelt» eingeführt. Die verschiedenen Prüf-Umwelten werden hierbei immer mit «Standort» und «Jahr» bezeichnet (z.B. Wädenswil 2019).

Zur Berechnung der Umwelteffekte wurde für jedes Merkmal ein linear-gemischtes Modell verwendet (Lian und De Los Campos 2016). Die gemessenen Werte der Umwelt «Laimburg 2019» dienen dabei als Referenz, deren Umwelteffekt wurde auf 0 gesetzt (Abb. 3 A und B). Der Umwelteffekt gibt an, wieviel sich ein Merkmal in einer bestimmten Umwelt im Verhältnis zur Umwelt «Laimburg 2019» durchschnittlich verändert. Beispielsweise verändert sich die Festigkeit für «Laimburg 2022» im Vergleich zu «Laimburg 2019»

im Durchschnitt um -0.92 (Abb. 3 A). Die Früchte von «Laimburg 2022» waren fast um 1 kg/cm^2 weniger fest im Vergleich mit «Laimburg 2019». Die Umwelten wurden anhand berechneter Umwelteffekte sortiert. Für die Berechnung der Reaktionsparameter wurde anschliessend für jede Sorte eine Regression über die gemessenen Werte berechnet. Dabei widerspiegelt der Reaktionsparameter die Steilheit der Gerade aus der Regression, wobei eine minimale Steigung auf einen geringen und eine starke Steigung auf einen höheren Reaktionsparameter hinweisen. Der Reaktionsparameter gibt an, wie stark sich ein Merkmal aufgrund wechselnder Umweltbedingungen verändert. Je grösser die Zahl, desto stärker verändert sich das Merkmal aufgrund der Änderungen in der Umwelt. Ein Reaktionsparameter von 1 entspricht einer mittleren Veränderung über alle Umwelten. Alle Berechnungen wurden in R durchgeführt (R Core Team 2022).

MITTELWERT UND REAKTIONSPARAMETER

Aus der Modellberechnung ergeben sich pro Zuchtnummer zwei wichtige Kennzahlen: der Reaktionsparameter (Steigung der Geraden)

und der Mittelwert pro Qualitätsmerkmal. Der Mittelwert über alle Umwelten gibt darüber Auskunft, ob eine Zuchtnummer bezüglich eines gemessenen Qualitätsmerkmals im Bereich liegt, der für eine Tafelapfelsorte notwendig ist. Beispielsweise liegen die Mittelwerte aller fünf Zuchtnummern für die Fruchtfestigkeit bei der Ernte zwischen 7.95 kg/cm^2 für «ACW 17220» und 8.67 kg/cm^2 für «ACW 14886». Alle Zuchtnummern befinden sich damit grundsätzlich in einem Bereich optimaler Fruchtfestigkeit, die auch eine längere Lagerung und den Transport der Früchte ermöglicht.

Die Reaktionsparameter (Steigung der Geraden) lassen sich grob in drei Gruppen gliedern (Macholdt 2013). Eine durchschnittliche Reaktion der Zuchtnummer auf die Umwelten wird durch einen Reaktionsparameter nahe 1 (0.8–1.2) ausgedrückt. Die Zuchtnummer «ACW 17220» weist einen Reaktionsparameter von 0.96 auf. Wie in der Abbildung 3 B dargestellt, zeigt sich aus dem Reaktionsparameter, dass die Zuchtnummer in allen Umwelten eine sehr gute Fruchtgrösse erreicht.

Reagiert ein Merkmal einer Zuchtnummer stark auf Umweltänderungen, so liegt der

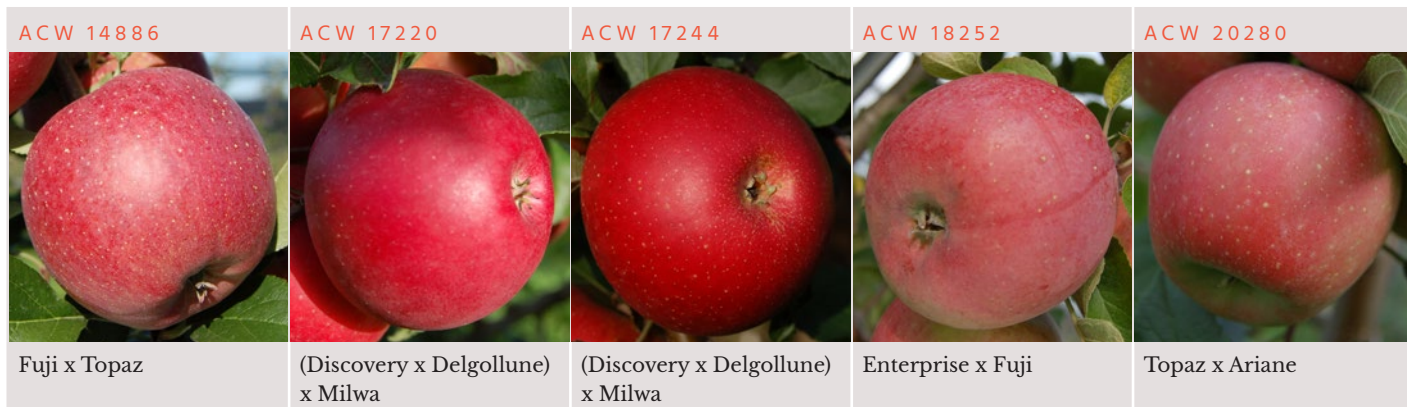


Abb. 2: Fruchtbilder der fünf im Versuch berücksichtigten Zuchtnummern von Agroscope mit Angabe der Eltern.

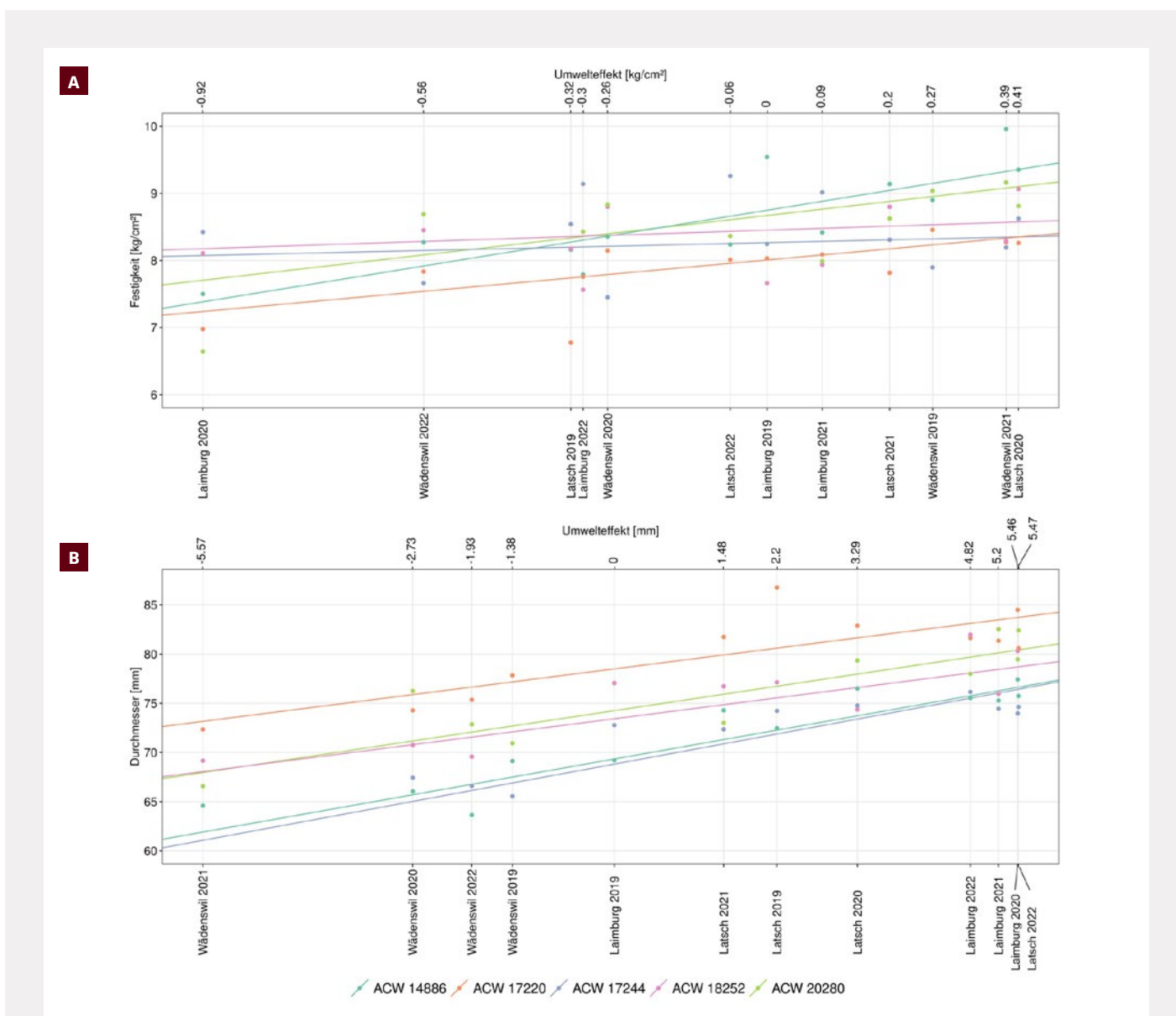


Abb. 3 A und B: Jeder Punkt steht für einen Mittelwert einer Zuchtnummer in der angegebenen Umwelt (Standort und Jahr). Die Geraden zeigen die Entwicklung für jede Zuchtnummer über die Umwelten. Je steiler die Gerade einer Zuchtnummer, desto stärker verändert sich das Merkmal aufgrund der Umweltänderung (hoher Reaktionsparameter). Je flacher die Linie, desto geringer ist die Änderung des Merkmals aufgrund einer sich verändernden Umwelt (niedriger Reaktionsparameter <0.8). Die Umwelt «Laimburg 2019» dient dabei als Referenzpunkt (Umwelteffekt = 0). In Abb. 3 A zeigt die Zuchtnummer «ACW 17244» einen geringen Reaktionsparameter von 0.21 (geringe Steigung der Geraden), während die Zuchtnummer «ACW 14886» sich in Abhängigkeit von der Umwelt stärker verändert und daher einen höheren Reaktionsparameter von 1.48 (hohe Steigung der Geraden) besitzt. Abb. 3 B zeigt eine gleichmässige Reaktion der Zuchtnummern «ACW 17220» und «ACW 18252» auf die Umwelt bezüglich des Fruchtdurchmessers, da die Linien parallel und mit einer Steigung um 1 verlaufen.

INNERE QUALITÄTSMERKMALE

Zuchtnummer	Festigkeit		Zucker		Säure	
	Mittelwert (kg/cm ²)	Reaktionsparameter	Mittelwert (°Brix)	Reaktionsparameter	Mittelwert (g/L)	Reaktionsparameter
ACW 14886	8.67	1.48	12.62	1.28	6.41	0.93
ACW 17220	7.95	0.83	13.91	1.17	8.87	0.83
ACW 17244	8.25	0.21	12.97	1.20	6.92	0.49
ACW 18252	8.34	0.30	14.16	1.10	6.05	0.78
ACW 20280	8.66	1.05	13.24	0.79	9.31	1.53

ÄUSSERE QUALITÄTSMERKMALE

Zuchtnummer	Deckfarbe		Durchmesser	
	Mittelwert (% Rotanteil)	Reaktionsparameter	Mittelwert (mm)	Reaktionsparameter
ACW 14886	72.51	1.65	69.10	1.33
ACW 17220	78.66	0.35	79.45	0.96
ACW 17244	56.41	1.41	69.81	1.39
ACW 18252	55.01	1.18	74.05	0.96
ACW 20280	83.09	0.87	72.79	1.13

Tab.: Mittelwerte und Reaktionsparameter für innere und äussere Fruchtqualitätsmerkmale.

Reaktionsparameter über 1.2. Die Zuchtnummer «ACW 17244» zeigt für das Merkmal Durchmesser einen Reaktionsparameter von 1.39. Sie weist also eine ausgeprägte Reaktion auf die Änderungen der Umweltbedingungen auf. In einer ungünstigen Umwelt kann dies dazu führen, dass die Zuchtnummer zu kleine Früchte für die Vermarktung liefert, da für den Detailhandel geeignete Fruchtgrößen nur unter idealen Bedingungen erreicht werden können. Die Gerade der Zuchtnummer in Abbildung 3 B steigt entsprechend steil an.

Je geringer die Reaktion einer Zuchtnummer auf veränderte Umwelten für eine bestimmte Eigenschaft ausfällt, desto näher liegt der Reaktionsparameter bei 0. Bezüglich Festigkeit zeigt die Zuchtnummer «ACW 17244» mit einem Reaktionsparameter von 0.21 eine geringe Reaktion. Auch bei sich stark ändernden Umweltbedingungen verändert sich die Festigkeit der Zuchtnummer nur minimal. Dies erkennt man auch daran, dass die Gerade der Zuchtnummer in Abbildung 3 A nahezu flach verläuft.

FAZIT


Die Mittelwerte und Reaktionsparameter der Qualitätsmerkmale bieten einen Diskussionspunkt für die Entscheidung, ob eine Zuchtnummer das Potenzial besitzt, als neue Apfelsorte an unterschiedlichen Standorten eingeführt zu werden bzw. ob sie gezielt nur

unter gewissen pedoklimatischen Bedingungen zu empfehlen ist. Wie die Ergebnisse zeigen, verhielten sich die untersuchten Zuchtnummern hinsichtlich der Ausprägung der einzelnen Qualitätsparameter recht unterschiedlich (Tab.). So besitzt die Zuchtnummer «ACW 17244» für das Merkmal Festigkeit einen Reaktionsparameter von 0.21 (geringe Reaktion), während für den Zuckergehalt der Reaktionsparameter bei 1.20 liegt (hohe Reaktion). Für die Gesamtbeurteilung einer Zuchtnummer müssen somit alle relevanten Qualitätsmerkmale einzeln untersucht und schlusslich eine Abwägung der unterschiedlichen Parameter getroffen werden.

Grundsätzlich ergeben sich die berechneten relativen Werte der Reaktionsparameter aus den Kalkulationen mit den ausgewählten Zuchtnummern, um diese untereinander vergleichen zu können. Für einen Vergleich mit anderen Versuchen sind sie aus diesem Grund für die gesamte Auswahl der zu vergleichenden Zuchtnummern neu zu berechnen.

Die Auswertungen und Erkenntnisse zeigen die Wichtigkeit von langjährigen, standortübergreifenden Untersuchungen, um die Auswirkungen des Klimawandels auf Obstkulturen zu verstehen und mithilfe der daraus resultierenden Erkenntnisse Anpassungen in den Zuchtzielen und der Selektion von neuen Sorten vorzunehmen.

DANK

Vielen Dank an die Kolleginnen und Kollegen bei Agroscope und dem Versuchszentrum Laimburg. 



Lukas Vonmetz

Agroscope, Wädenswil

lukas.vonmetz@agroscope.admin.ch

Simone Bühlmann-Schütz, Marius Hodel, Michaela Jung und Andrea Patocchi, Agroscope
Walter Guerra und Robert Stocker, Versuchszentrum Laimburg

Literatur

- Finlay K.W., Wilkinson G.N., 1963: The Analysis of Adaptation in a Plant-Breeding Programme. Aust. J. Agric. Res 14(6), 742–754.
- Lian L., De Los Campos G. FW, 2016: An R Package for Finlay-Wilkinson Regression That Incorporates Genomic/Pedigree Information and Covariance Structures between Environments. G3 Genes Genomes Genet 6(3), 589–597.
- Macholdt J., Barthelmes G., Ellmer F., Baumecker M., 2013: Zur Ökostabilität von Winterweizensorten unter Standortbedingungen Brandenburgs. Journal für Kulturpflanzen 65(11), 411–21.
- R Core Team 2022: R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Wien.
- Streif J., 1989: Erfahrungen mit Erntetermin-Untersuchungen bei Äpfeln. Besseres Obst 34, 235–238.