

# Nachbauprobleme beim Apfelanbau

Bei wiederholtem Anbau von Obstbäumen am gleichen Standort werden häufig ein verminderter Wuchs und ein reduzierter Ertrag beobachtet. Man bezeichnet dieses Phänomen als Nachbauproblem oder Bodenmüdigkeit. Auch Schweizer Apfelproduzenten sind davon betroffen. Deshalb prüft die Forschungsanstalt Agroscope Changins-Wädenswil ACW seit 2009 in Feldversuchen verschiedene Massnahmen gegen Nachbauprobleme beim Apfel. Zudem wurde in betroffenen Apfelanlagen die Ursache untersucht.

VERENA KNORST, MELANIE JÄNSCH, PHILIPPE MONNEY UND  
ANDREAS NAEF, FORSCHUNGSANSTALT AGROSCOPE CHANGINS-  
WÄDENSWIL ACW  
andreas.naef@acw.admin.ch

Eine Umfrage bei kantonalen Obstfachstellen im Jahr 2008 zeigte, dass der Apfelanbau in der Schweiz in zunehmendem Mass von Nachbauproblemen betroffen ist (Naef et al. 2009). Beim Apfel werden Nachbauprobleme (ARD: Apple Replant Disease) durch einen Komplex verschiedener bodenbürtiger Krankheitserregern und Schädlinge sowie abiotischer Faktoren wie Bodenverdichtung, Staunässe, Nährstoffmangel und Toxinen (Traquair 1984) verursacht. In einem Feldversuch prüft ACW seit 2009 die Wirkung von Bodenverbesserungsmassnahmen gegen ARD. Einige betroffene Praxisanlagen wurden für eine vertiefte Untersuchung der Ursache ausgewählt. Im Folgenden werden Ergebnisse dieser Feld-, Gewächshaus- und Laboruntersuchungen präsentiert.

## Feldversuch mit Bodenverbesserungsmassnahmen

Im Sommer 2009 wurden in einer gerodeten Apfelparzelle des Versuchsbetriebs in Wädenswil sechs verschiedene Bodenbehandlungen in je sechs Wiederholungen von je acht Laufmetern (Lfm) einer Baumreihe angewendet. Ein Verfahren mit Kompostzugabe (5 kg Grünkompost/Lfm) diente als bereits praxisübliche Kontrolle. In zwei Verfahren wurden schädliche Mikroorganismen durch heissen Wasserdampf abgetötet. Beim Verfahren Felddämpfen wurde die Oberfläche unter einer Blache für vier Stunden bedampft und beim Verfahren Pflanzlochdämpfen wurde die Erde aus dem Pflanzloch für 30 Minuten bei 95 °C mit Dampf sterilisiert. In zwei Verfahren wurde eine Fumigation durchgeführt. Bei der Basamid-Fumigation wurden 50 g Granulat/Lfm in den Boden eingearbeitet. Der Wirkstoff Dazomed setzt bei Wasserkontakt Methyl-Isouthiocyanat frei, das Mikroorganismen im Boden abtötet. Die Oberfläche wurde für zwei Monate mit einer Plastikplane abgedeckt, um ein Entweichen der wirksamen Substanz zu verhindern. Basamid ist im Schweizer Obstbau nicht

zugelassen, diente aber wegen der guten Wirkung in anderen Untersuchungen als Referenzverfahren. Bei der Ammoniak-Fumigation wurde eine Lösung mit Zucker und Harnstoff (7.5 g bzw. 46 g/Lfm) mit Druck in den Boden injiziert. Die Bodenmikroorganismen veratmen Zucker zu CO<sub>2</sub> und setzen dabei Ammoniak aus dem Harnstoff frei. Das giftige Ammoniak-Gas steigt in den Bodenporen auf und tötet Schadorganismen ab. Auch bei diesem von der ACW-Forschungsgruppe Extension Gemüse entwickelten Verfahren wurde der Boden für zwei Monate mit einer Folie abgedeckt. Bei der biologischen Bodendesinfektion wurde 6.75 kg feuchter Biertreber/Lfm in den Boden eingebracht. Die organische Substanz wird unter Sauerstoffverbrauch von den Bodenorganismen abgebaut. Durch eine Folienabdeckung wird der Gasaustausch verhindert, wodurch ein sauerstoffreiches (anaerobes) Milieu entsteht, das Schadorganismen im Boden reduziert. Dieses Verfahren wurde am holländischen Institut PPO (Praktijkonderzoek Plant en Omgeving) entwickelt.

Vor der Bepflanzung mit Gala auf M9 im Frühjahr 2010 wurde in jeder Wiederholung der verfügbare Stickstoff bestimmt und mit Zugabe von Kalksalpeter der höchste gemessene Wert von 200 kg N/ha eingestellt. Nach der ersten und zweiten Vegetationsperiode wurde der Wuchs von sechs Bäumen pro Wiederholung ausgewertet. Wie die Abbildungen 1 (A) und 1 (B) zeigen, bewirkten die beiden Dampfverfahren im ersten Jahr nach der Pflanzung eine Wuchsverbesserung gegenüber der Kompostzugabe. Im zweiten Jahr hingegen war der Zuwachs in allen Varianten ähnlich. Der Ertrag im zweiten Standjahr (Abb. 1, C) war bei der Felddämpfvariante gegenüber den anderen Verfahren um 10 bis 30% erhöht. Auswertungen in weiteren Ertragsjahren werden zeigen, ob dieser Effekt anhält.

## Ursachenuntersuchung in älteren Apfelanlagen

Um die Ursache von ARD zu untersuchen, braucht es Obstanlagen mit Wuchsunterschieden, die durch die Bodengeschichte erklärt werden können. Zwei Apfelanlagen, die 2002 beziehungsweise 2005 mit verkleinertem Reihenabstand wiederbepflanzt wurden, erfüllten diese

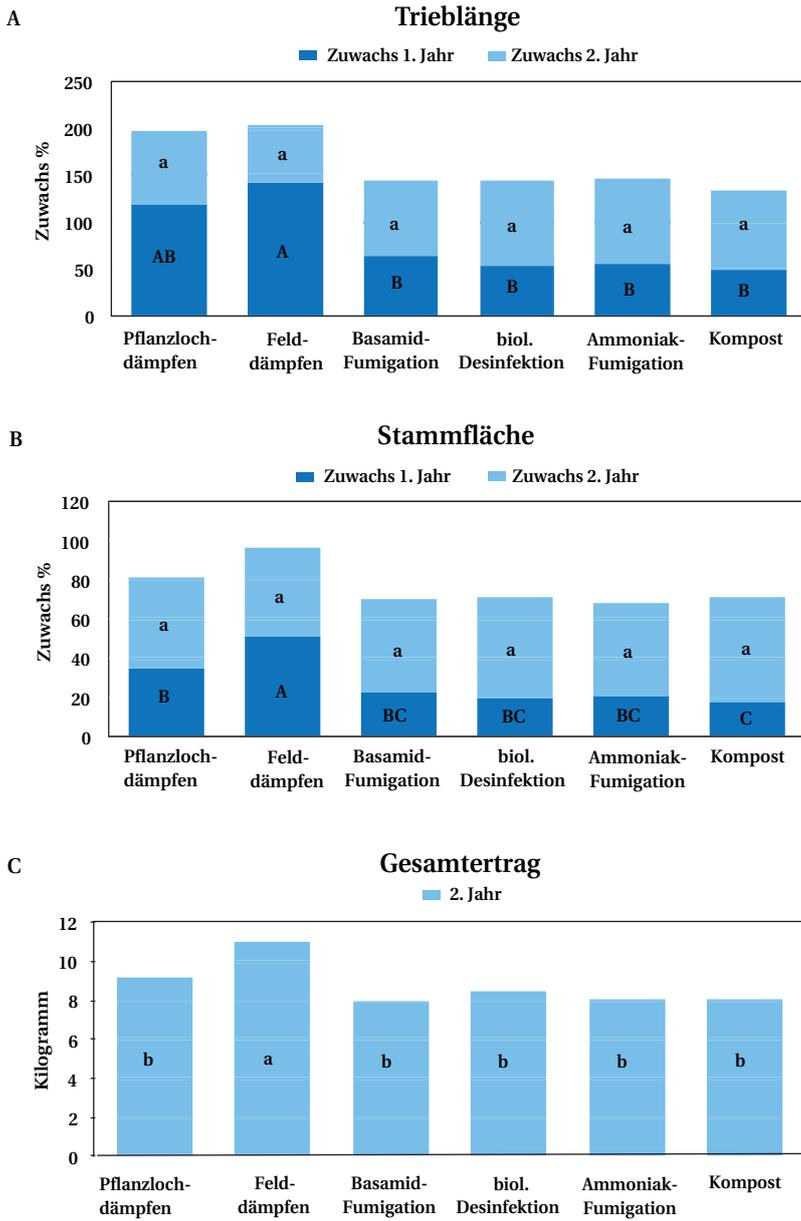


Abb. 1: Zuwachs der Gesamtrieblänge (A) und der Stammquerschnittsfläche (B) ab Pflanzung und Ertrag pro Baum (C) von Gala-Knippbäumen auf der Unterlage M9. Unterschiedliche Buchstaben geben signifikante Unterschiede an (Fishers LSD Test bei  $P \leq 0.05$ ).

Voraussetzung. Bäume auf den ehemaligen Baumreihen zeigten im Vergleich zu Bäumen auf den ehemaligen Fahrgassen schwächeren Wuchs und verminderten Ertrag (Naef et al. 2009). Im Gewächshaus wurde mit Bodenproben aus den vormaligen Baumreihen und Fahrgassen ein Biotest mit Apfelsämlingen durchgeführt (Abb. 2). Die Sämlinge wuchsen auf Böden aus den beiden Pflanzpositionen gleich gut, aber nach chemischer (mit Basamid) und thermischer Bodenprobensterilisation wurde eine deutliche Wuchsförderung beobachtet, was die Präsenz wachstumshemmender Bodenorganismen bestätigte. Neben der Überprüfung der bodenbiologischen Ursache diente der Biotest auch der Anreicherung von Schadorganismen auf den Sämlingswurzeln, man spricht von «baiting» (ködern). Die Sämlingswurzeln wurden mit molekularbiologischen PCR-Tests auf die Gegenwart pilzlicher Organismen untersucht, die in der Literatur als ARD-Verursacher genannt werden (Mazzola 1998). *Cylindrocarpon destructans*, *Rhizoctonia*

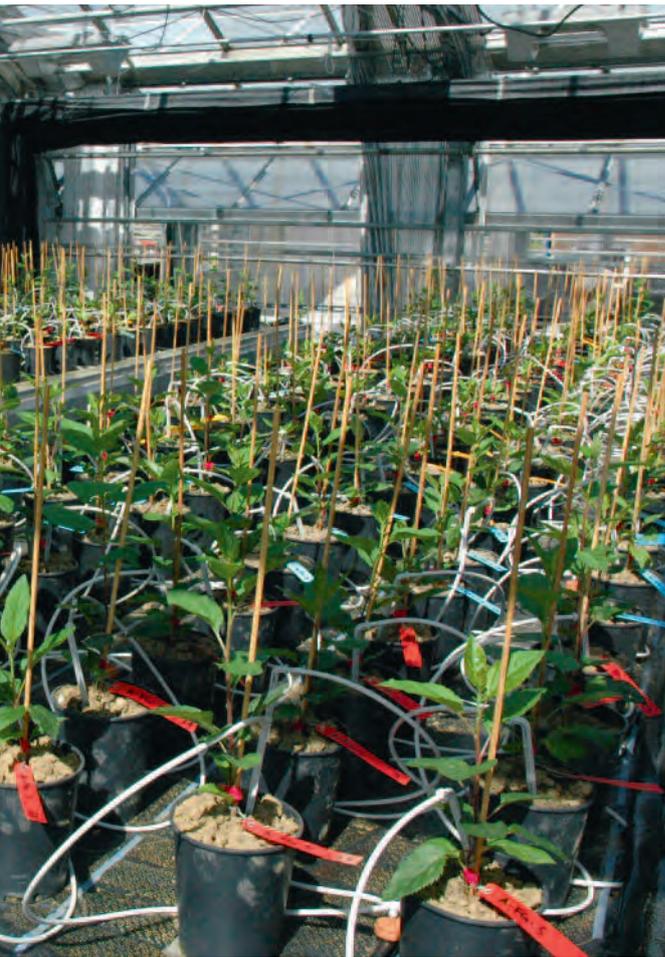


Abb. 2: Apfelsämlinge in einzeln bewässerten Töpfen mit Boden aus einer Anlage mit Nachbauproblemen.

*solani*, *Pythium spp.* und *Phytophthora cactorum* konnten auf den Sämlingswurzeln nachgewiesen werden, aber für keinen dieser Organismen wurde eine Anreicherung im Boden der wiederbepflanzten Baumreihe gegenüber der vormaligen Fahrgasse festgestellt. Auch eine Untersuchung der Nematodenpopulation lieferte keine Erklärung für die in den Obstanlagen beobachteten Wuchsunterschiede. Es ist anzunehmen, dass bodenbiologische Unterschiede zwischen vormaligen Fahrgassen und Baumreihen während der Jugendphase der Anlage Wuchsunterschiede verursachten, dass die Bodenbiologie aber mit zunehmendem Alter der Anlagen ausgeglichen wurde. Eine ähnliche Beobachtung machten auch Rumberger et. al (2004).

### Ursachenuntersuchung in einer Neuanlage

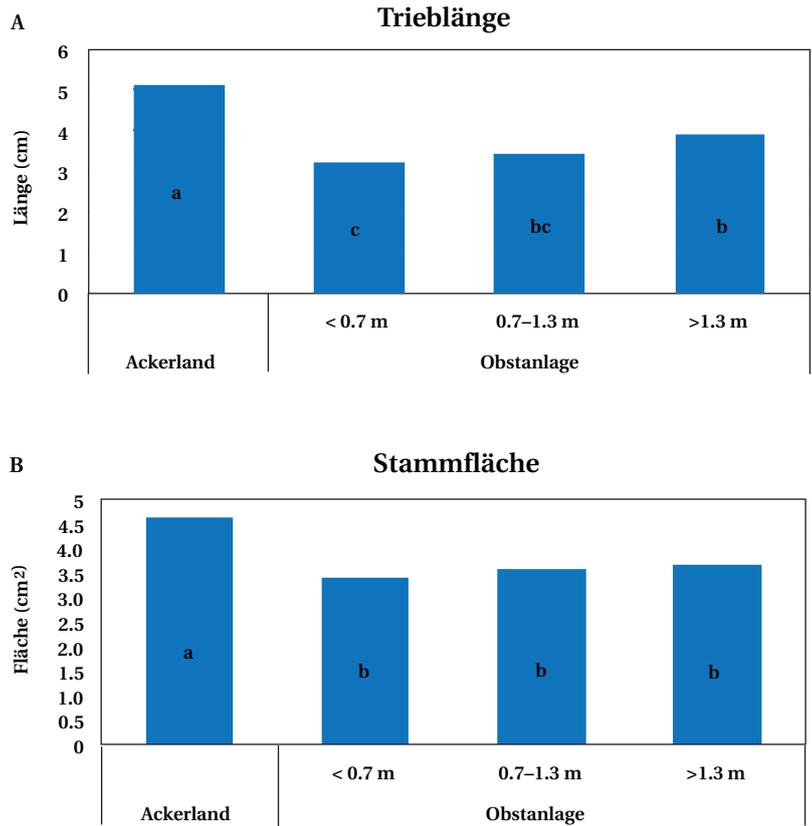
Für weitere Untersuchungen wurde eine neugepflanzte Apfelanlage ausgewählt. Die Baumreihen dieser Anlage wurden senkrecht zu früheren Baumreihen und zum Teil auf früheres Ackerland gepflanzt. Eine Bonitur nach zwei Vegetationsperioden zeigte, dass der Wuchs im Nachbau im Vergleich zum früheren Ackerland beeinträchtigt war (Abb. 3 und 4). Diese Wuchshemmung war umso stärker, je näher die Bäume an der früheren Baumreihe standen. Auch für diese Anlage wurden Gewächshausversuche



mit Apfelsämlingen durchgeführt. Für alle Pflanzpositionen wurde eine Wuchsverbesserung im chemisch sterilisierten Boden beobachtet, was die Präsenz von potenziell schädlichen Organismen im Boden belegte. Mit den molekularbiologischen Nachweismethoden wurde *C. destructans* auf fast allen untersuchten Sämlingswurzeln nachgewiesen. Auch *P. cactorum* und *R. solani* wurden nach dem Sämlingstest gefunden, aber eine Anreicherung im Boden der vormaligen Obstanlage konnte für keinen dieser pilzlichen Organismen nachgewiesen werden. In der Folge wurde mit einer molekularbiologischen «Fingerabdruck-Methode» (RISA: Ribosomal Internal Spacer Analysis) die gesamte pilzliche Population im Boden an den verschiedenen Pflanzpositionen untersucht. Diese Analyse zeigte, dass einzelne DNA-Fragmente im Nachbauboden häufiger vorkommen als im ehemaligen Ackerboden. Allerdings lieferte diese Methode keine Identifikation der Organismen, die für diese Unterschiede verantwortlich sind.

**Die Forschung geht weiter!**

In der wiederbepflanzten Apfelanlage mit unterschiedlichen Bodenbehandlungen führte die Anwendung von heissem Wasserdampf im ersten Jahr zu einer Wuchsverbesserung im Vergleich zu einer einfachen Kompostzu-



gabe (Standard). Die Dampfbehandlung im Feld ist wegen des enorm hohen Energieaufwands aber kaum praxistauglich. Eine Dampfbehandlung der Erde aus dem Pflanzloch erzielte bei deutlich geringerem Energieverbrauch einen schwächeren, aber nachweisbaren Effekt. Andere Verfahren konnten die Erwartungen nicht erfüllen. Bei der chemischen Fumigation dürfte das Ausbleiben eines Effekts an der suboptimalen Applikation liegen (manuelles Basamid-Einstreuen in einen schmalen Graben). Im Ausland wurde mit Spezialgeräten für Applikation und Abdeckung eine gute Wirkung erreicht. Die biologische Bodendesinfektion wirkt nach Auskunft der holländischen Entwickler primär gegen Nematoden, die im schweren Boden der Versuchspartzele eine untergeordnete Rolle im ARD-Ursachenkomplex spielen dürften. Unklar bleibt, weshalb die Ammoniak-Fumigation keine Wirkung zeigte.

Die Untersuchungen in Apfelanlagen mit ARD-Symptomen zeigen, dass Bäume auf wiederbepflanzten Baumreihen schlechter wachsen als Bäume auf vorherigen Fahrgassen und diese wiederum schlechter als Bäume auf früherem Ackerland. Gewächshaustests mit Apfelsämlingen belegten, dass die Wuchshemmungen eine bodenbiologische Ursache haben. Die Bestimmung der involvierten Schadorganismen erwies sich aber als äußerst schwierig. Im Gegensatz zu anderen ARD-Studien konnte keine Anreicherung bestimmter pilzlicher Organismen oder Nematoden in der Nachbausituation gefunden werden. Molekularbiologische Bodenuntersuchungen zeigten zwar Unterschiede in der Bodenmikroorganismenpopulation, ermöglichten bisher aber keine Identifikation neuer verantwortlicher Organismen. Die Identifikation der Schadensverursacher bleibt eine gros-

**Abb. 3: Trieblänge (A) und Stammquerschnittsfläche (B) von Gala-Knippbäumen auf der Unterlage M9 nach zwei Vegetationsperioden in früherem Ackerland beziehungsweise in einer wiederbepflanzten Obstanlage mit unterschiedlichem Abstand zur vorherigen Baumreihe. Unterschiedliche Buchstaben geben signifikante Unterschiede an (Fishers LSD Test, P ≤ 0.05).**

Abb. 4: Gala auf M9 im 2. Standjahr zeigen starken (A) oder schwachen (B) Wuchs in Abhängigkeit von der Distanz zur ehemaligen Baumreihe.



se Herausforderung bei Nachbauproblemen, da es noch kein Werkzeug zur Erfassung aller möglichen Schadursachen gibt. ACW forscht im Rahmen eines internationalen Projekts gemeinsam mit Partnern aus verschiedenen europäischen Instituten weiter am Ursachenkomplex, um längerfristig standortangepasste Bekämpfungsmassnahmen zu entwickeln.

**Dank**

Wir bedanken uns bei den Produzenten Peter Widmer, Luc Chollet und Luc Magnollay für die Erlaubnis zur Bodenentnahme und Datenerhebung auf den Obstbetrieben, bei Franco Widmer und Salome Schneider (beide Agroscope Reckenholz-Tänikon ART) für die Unterstützung bei bodenmikrobiologischen Untersuchungen so-

wie beim Staatssekretariat für Bildung und Forschung (SBF) für die Projektfinanzierung im Rahmen der Cost Aktion Nr. 864.

**Literatur**

Mazzola M.: Elucidation of the microbial complex having a causal role in the development of Apple Replant Disease in Washington. *Phytopathology*, 88, 9, 930–938, 1998.  
 Naef A., Monney Ph. und Gasser S.: Nachbauprobleme im Schweizer Apfelanbau. *Agrarforschung*, 16 (9), 366–370, 2009.  
 Rumberger A., Yao S., Merwin I. A., Nelson E. B. und Thies J. E.: Rootstock genotype and orchard replant position rather than soil fumigation or compost amendment determine tree growth and rhizosphere bacterial community composition in an apple replant soil. *Plant and Soil*, 264, 247–260, 2004.  
 Traquair J. A.: Etiology and control of replant problems: a review. *Canadian Journal of Plant Pathology*, 6, 54–63, 1984.

**Problèmes de replantation de vergers**

R É S U M É

Les replantations successives de vergers de pommiers sur une même parcelle peuvent conduire à un affaiblissement de la vigueur et du rendement (fatigue du sol). Une enquête conduite en 2008 par Agroscope Changins-Wädenswil ACW a révélé une large diffusion du problème. Sur un verger, l'effet de différents traitements du sol a été étudié. Concernant des traitements testés, le traitement à la vapeur s'est montré le plus efficace. Les observations sur une nouvelle plantation dont les rangs sont orientés perpendiculairement par rapport au précédent verger, a permis d'établir une

comparaison entre les arbres proches et éloignés des rangs du précédent verger. Par rapport aux premiers, les seconds ont montré une meilleure croissance végétative. Des semis de pommier cultivés dans le sol prélevé à proximité des anciens rangs d'arbres ont également eu une vigueur supérieure dans la variante stérilisée, ce qui démontre l'origine biotique du problème. Des tests spécifiques sur certains agents pathogènes du sol ainsi qu'une analyse nématologique n'ont pas établi clairement l'origine de ce résultat.