

Winter 2020/2021



Bodenprofil am ORDIAmur-Versuchsstandort in Heidgraben. Foto: Susanne Döhler (UFZ)

Editorial

Das Rätsel der Nachbaukrankheit entschlüsseln

Der Anbau von Sonderkulturen wie Wein, Hopfen oder Spargel gehört zu den arbeits- und kostenintensivsten Zweigen der landwirtschaftlichen Produktion. Sonderkulturen sind außerdem anspruchsvoll und benötigen bestimmte Bodeneigenschaften und klimatische Bedingungen. Auch der Obstanbau, in unserem Fall der Apfelanbau, ist an solche Gunsträume gebunden.

In den Anbauregionen sieht man sich zunehmend mit einem Phänomen konfrontiert, das Sie, geehrte Leserinnen und Leser, vielleicht aus dem eigenen Garten kennen: Eine neue Rose oder ein junger Apfelbaum, gepflanzt an einen Standort, an dem in der Vergangenheit schon einmal ein Rosengewächs stand, will nicht recht wachsen, blüht kaum oder trägt nur wenig Früchte. Die Ursache könnte die rätselhafte Nachbaukrankheit sein, die durch Veränderungen im Boden verursacht wird. Nach aktuellem Kenntnisstand sind die Pflanzen selbst dafür verantwortlich. Auf noch unbekannte Art und Weise verändern die Pflanzen den Boden so, dass nach ihnen keine andere Pflanze der gleichen Art dort noch richtig wachsen mag. Es scheint als würde die Gemeinschaft der Bodenorganismen dafür sorgen, aber wir wissen nicht wie – eine Herausforderung für die Wissenschaft!

Was im Garten ärgerlich ist, ist für Obstbauer und Baumschulen ein großes wirtschaftliches Problem. Um der Nachbaukrankheit nachhaltig mit praktikablen und ökonomisch vertretbaren Mitteln begegnen zu können, müssen wir zunächst besser verstehen, welche Prozesse und Wechselwirkungen zwischen Boden, Apfelpflanze und Bodenorganismen die „Bodenmüdigkeit“ maßgeblich beeinflussen.

Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler im BonaRes-Verbundprojekt ORDIAmur erforschen deshalb fachübergreifend die Ursachen der Nachbaukrankheit. Gemeinsam mit Partnern in Baumschulen und im Obstbau entwickeln und testen sie neue Behandlungsmethoden und suchen nach Apfelsorten, genauer nach Unterlagen für Apfelbäume, die gegenüber der Nachbaukrankheit tolerant sind.

Im aktuellen BonaRes-Newsletter zeigen wir Ihnen, wie das Team von ORDIAmur an Lösungen zur Überwindung der Apfelnachbaukrankheit arbeitet.

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung



Ich wünsche Ihnen eine angenehme Lektüre!

Hans-Jörg Vogel

Hans-Jörg Vogel ist Koordinator des **BonaRes-Zentrums für Bodenforschung**. Er studierte Agrarwissenschaften an der Universität Hohenheim. Seit 2005 leitet er das **Department Bodensystemforschung** am **Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung - UFZ** in Halle. Schwerpunkte seiner Arbeit sind die Modellierung von Böden als komplexe Systeme sowie des Einflusses der landwirtschaftlichen Bodennutzung auf die Bodenfunktionen.

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung



Der heimische Apfelanbau liefert gesundes Obst. Bild: Traud Winkelmann (Leibniz Universität Hannover)

Im Fokus

Gesunde Äpfel aus heimischem Anbau – (k)eine Selbstverständlichkeit

Der Apfelanbau in Deutschland und der Welt sorgt für gesundes Obst. Aber der Apfelanbau ist zunehmend mit dem Problem der Nachbaukrankheit konfrontiert, die auch Bodenmüdigkeit genannt wird. Die Ursachen dieser Krankheit liegen im Boden. Was aber genau im Boden passiert, damit sich die Nachbaukrankheit entwickeln kann, und wie man ihr entgegenwirken oder vorbeugen kann, ist bisher nicht vollständig aufgeklärt. Im BonaRes Verbundprojekt ORDIAmur wollen wir die Nachbaukrankheit besser verstehen und nachhaltige Gegenmaßnahmen entwickeln.

Äpfel sind alltäglicher Bestandteil einer gesunden Ernährung. Sie werden weltweit in gemäßigten Breiten angebaut und sind mit jährlich rund einer Million Tonnen produzierter Früchte mit Abstand die wichtigste in Deutschland kultivierte Obstart.

Apfelanbau – aufwendig und kostspielig

Apfelbäume bestehen aus zwei Teilen, einer Unterlage, die das Wurzelsystem und einen Teil des Stamms ausbildet und der Edelsorte, die die Krone bildet und die Fruchteigenschaften wesentlich bestimmt. Für den Aufbau von ertragreichen Apfelanlagen werden in Baumschulen die Unterlagen und die veredelten Apfelbäume angezogen. Diese jungen Bäume werden mit teilweise erheblichen Investitionen für Bewässerung und Hagelschutz aufgepflanzt. Schwach wachsende Unterlagen ermöglichen eine dichte Pflanzung der Apfelbäume mit bis zu 3.000 Bäumen pro Hektar. Zudem können die Früchte von den etwa zweieinhalb bis drei Meter hohen Bäumen einfacher geerntet werden. Die Obstbauern können so kostendeckend produzieren.

Der Apfelanbau ist dabei oft in Anbauzentren wie zum Beispiel dem Alten Land oder dem Bodenseegebiet konzentriert. Dies ist zum einen der Fall, weil diese Regionen geeignete klimatische Bedingungen und gute Böden aufweisen, und zum anderen, weil sich die Lagerung und Vermarktung der Produkte so besser bewerkstelligen lassen. Zwar versorgt uns dieser intensive Apfelanbau mit wohlschmeckenden, gesunden Äpfeln. Aber er ist mit einer besonderen Problematik verbunden: der Apfelnachbaukrankheit, die einigen auch als Bodenmüdigkeit bekannt sein dürfte.

Wodurch wird die Nachbaukrankheit verursacht?

Baumschuler und **Obstbauern** berichten, dass bereits ihre Väter und Großväter davor gewarnt haben, zweimal nacheinander Apfelbäume am selben Standort anzubauen. Aus der Praxis wissen wir außerdem,

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung



dass auf Flächen, auf denen vor 30 oder noch mehr Jahren Apfelbäume standen, die Pflanzen noch heute deutlich langsamer wachsen, die Wurzeln in großen Abschnitten braun gefärbt sind und absterben und die Qualität der Äpfel und die Erntemengen gering sind. Auf sandigen Böden scheint die Nachbaukrankheit zudem stärker aufzutreten als auf anderen Bodenarten.

In der Vergangenheit wurde vermutet, dass eine Erschöpfung bestimmter Nährstoffe im Boden die Nachbaukrankheit verursacht. Das kann inzwischen aber ausgeschlossen werden, weil die Nachbaukrankheit nicht durch Düngung allein überwunden werden kann.

Eine wirksame Maßnahme, mit der nachbaukranke Böden behandelt werden können, ist die „Bodenentseuchung“. Hierbei wird der Boden mit Pflanzenschutzmitteln desinfiziert und schädigende Bodenorganismen werden abgetötet. Da sich mit der Bodendesinfektion das Pflanzenwachstum der Apfelbäume wiederherstellen lässt, schließen wir, dass die Nachbaukrankheit biotische Ursachen haben muss. Die Behandlung des Bodens ist jedoch mit einem erheblichen finanziellen Aufwand verbunden und ist nicht umweltfreundlich.

Ursachen identifizieren, Maßnahmen entwickeln

Im **BonaRes**-Verbundprojekt **ORDIAMur** (Overcoming Replant Disease by an Integrated Approach) haben sich Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler unterschiedlicher Disziplinen zusammengeschlossen, um die Entstehung der Nachbaukrankheit zu untersuchen. Sie wollen die Ursachen identifizieren und nachhaltige und praktikable Maßnahmen entwickeln, um die Apfelnachbaukrankheit zu überwinden. Hierfür arbeiten wir eng mit Baumschulen und Obstbaubetrieben zusammen.

Bodenlebewesen im Visier der Forscherinnen und Forscher

Die Bodenkundler, Bodenmikrobiologen und Ökologen im Projekt ORDIAMur vergleichen in gemeinsamen Experimenten nachbaukranke und gesunde Böden auf unterschiedlichen Skalen. So werden für Mikroorganismen Bodenbereiche auf der Millimeterskala beprobt (**mehr zum Thema**), es finden Topfexperimente im Gewächshaus und Feldversuche in Baumschulen und Obstanlagen statt.

In der Fachliteratur und aus unseren eigenen Ergebnissen gibt es bereits Hinweise, welche Organismengruppen, dazu gehören beispielsweise Bakterien, Pilze, Fadenwürmer (Nematoden), und welche größeren Bodenlebewesen wie Springschwänze in nachbaukranken Böden verstärkt auftreten und welche Arten fehlen. So finden wir etwa Pilze aus der Familie der Pustelpilzverwandten (*Nectriaceae*) und Bakterien der Gattung *Streptomyces* sehr häufig in befallenen Wurzeln.

Fehlen einzelne Arten, während andere Arten gehäuft vorkommen, weist das darauf hin, dass die Gemeinschaft der Bodenlebewesen und deren Wechselbeziehungen untereinander in einem nachbaukranken Boden beeinträchtigt sind. Es ist also nicht ein spezieller Schaderreger für die Krankheitssymptome verantwortlich, sondern vielmehr ist das biologische Gleichgewicht im Boden gestört (**mehr zum Thema**). Wir beobachten, dass sich einerseits Krankheitserreger (Pathogene) im Boden anreichern, und stellen andererseits fest, dass nützliche Organismen wie wachstumsfördernde Wurzelbakterien fehlen (mehr zum Thema finden Sie **hier**, **hier** und **hier**).

Organismengemeinschaften anhand ihres Erbguts erforschen

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung



Bei der Untersuchung von Bodenorganismengemeinschaften kommen verschiedene Methoden zum Einsatz. Zum einen quantifizieren wir, welche Bodenlebewesen und -organismen an- oder abwesend sind. Hierfür spülen wir zum Beispiel Fadenwürmer aus dem Boden und zählen, wie viele welcher Art in einem Liter Boden vorkommen. Darüber hinaus wenden wir neue Sequenzierungstechniken an, die auf der Untersuchung der Erbinformation der Bodenlebewesen basieren. Diese genetischen Methoden ermöglichen es, die Zusammensetzung der Organismengemeinschaften zu beschreiben, aber auch die Funktionen der Organismen im Boden zu erforschen. Das erlaubt es uns beispielsweise zu verstehen, wie die Bodenorganismen untereinander und mit der Pflanze in Wechselwirkung stehen. Eine wichtige, noch zu beantwortende Frage ist, welche Bodeneigenschaften die Entstehung der Krankheit hemmen und welche sie begünstigen.

Welche Rolle spielt die Apfelpflanze?

Die beschriebenen Veränderungen im Bodenleben werden durch Apfelpflanzen selbst verursacht – genauer gesagt durch die Apfelpflanzen der vorangegangenen Kultur. Pflanzenphysiologen, Gartenbauwissenschaftler und Genetiker im Projekt ORDIAmur untersuchen deshalb, welche Stoffe Apfelwurzeln aktiv in den Boden abgeben oder welche Substanzen im Boden entstehen, wenn abgestorbene Wurzeln zersetzt werden.

Wir vermuten aufgrund der Fachliteratur, dass phenolische Stoffe an der Entstehung der Krankheit beteiligt sind. Mit unseren Untersuchungen konnten wir außerdem zeigen, dass Apfelwurzeln auf nachbaukranke Böden reagieren, indem sie große Mengen Abwehrstoffe gegen Pilze und Bakterien in den Boden abgeben. Diese Reaktion hilft aber offenbar nicht, die Krankheit zu überwinden, sondern verschlimmert die Situation möglicherweise sogar. Ein Vergleich von verschiedenen Apfelunterlagen und Apfelwildarten soll helfen, die Abwehrreaktionen zu verstehen, und aufklären, welche genetischen Grundlagen manche Apfelarten weniger anfällig für die Nachbaukrankheit machen (**mehr zu diesem Thema**).

Welche Bekämpfungsmaßnahmen stehen zur Verfügung?

Derzeit stehen Baumschulen und Obstbaubetriebe vor der großen Herausforderung, dass das Problem der Nachbaukrankheit zunimmt. Einerseits weil Ausweichflächen fehlen und so der Flächenwechsel für den Anbau von Apfelbäumen erschwert wird. Andererseits sorgen hohe Investitionen in eine Fläche dafür, dass ein Flächenwechsel häufig nicht mehr möglich ist (mehr zu ARD in **Baumschulen** und **Obstbaubetrieben**).

Auf der Suche nach ökonomisch und ökologisch sinnvollen Alternativen

Die in der Vergangenheit verwendeten Bodenentseuchungsmittel werden in naher Zukunft in vielen Ländern der europäischen Union nicht mehr zugelassen sein, weil sie gewässergefährdende Stoffe enthalten. Es müssen also alternative, nachhaltige Ansätze zur Bekämpfung der Nachbaukrankheit entwickelt werden. Gleichzeitig müssen solche Ansätze betriebswirtschaftlich sinnvoll sein und in die Arbeitsabläufe integriert werden können. Ökonomen untersuchen im Rahmen von ORDIAmur daher die wirtschaftlichen Folgen der Nachbaukrankheit und bauen ein Netz von Betrieben auf, die von ORDIAmur-Partnern vorgeschlagene Maßnahmen in Demonstrationsversuchen testen. Für die Entwicklung eines

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung



neuen Managements ist es wichtig, die Akzeptanz in den Obstbetrieben und Baumschulen für neue Maßnahmen zu erforschen und sie ökonomisch zu bewerten (**mehr zu diesem Thema**).

ARD-Bekämpfung mit Zwischenfrüchten, Beimpfung und neuen Apfelsorten

Basierend auf dem Wissen, das wir in ORDIAmur bereits gewinnen konnten, zeichnen sich folgende Ansätze zur Überwindung der Apfelnachbaukrankheit ab: Der Anbau von Zwischenfrüchten wie Tagetes (Studentenblumen) oder Zwischenfruchtmischungen ist vielversprechend, da die Zwischenfrüchte die Diversität und Aktivität der Bodenlebewesen erhöhen und so die Bodenorganismengemeinschaften stabilisieren (**mehr zum Thema**). Hierfür arbeiten wir mit dem BonaRes-Projekt CATCHY zusammen (**mehr zu CATCHY**).

Eine weitere Möglichkeit ist die Beimpfung von Pflanzen und/oder Boden mit förderlichen Mikroorganismen, die es bereits als zugelassene Pflanzenstimulanzien im Handel gibt oder die wir auf Grundlage unserer Forschungsarbeiten derzeit entwickeln. Ein deutlich längerer Weg, für den das Projekt ORDIAmur jedoch den Grundstein legt, besteht darin tolerante Apfelunterlagen zu züchten (**mehr zum Thema**). Bis diese zur Verfügung stehen werden, werden jedoch noch etwa 20 Jahre vergehen.

Traud Winkelmann und Felix Mahnkopp-Dirks (Leibniz Universität Hannover)

Traud Winkelmann ist promovierte Gartenbauwissenschaftlerin und Professorin an der **Leibniz Universität Hannover**, wo sie die **Abteilung Gehölz- und Vermehrungsphysiologie** leitet. Seit 2015 ist sie Projektleiterin des **BonaRes** Verbund-Projektes **ORDIAmur**. Ihre Forschungsschwerpunkte sind neben der Nachbaukrankheit physiologische und genetische Grundlagen der Pflanzenvermehrung.

Felix Mahnkopp-Dirks ist Doktorand an der **Leibniz Universität Hannover** und wissenschaftlicher Mitarbeiter der **Abteilung Gehölz- und Vermehrungsphysiologie**. Hier befasst er sich mit dem Vergleich bakterieller Gemeinschaften innerhalb der Wurzeln, sogenannten Endophyten, zwischen gesunden und nachbaukranken Apfelpflanzen. Außerdem koordiniert er seit 2015 die Forschungsarbeiten im Projekt **ORDIAmur**.

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung



Andreas Wrede (Bild: Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein)

Sichtweise

Blick der Baumschulen auf das Problem der Nachbaukrankheit

Andreas Wrede ist Leiter des Kompetenzzentrums Baumschule der Landwirtschaftskammer in Schleswig-Holstein in Ellerhoop. Der gelernte Gärtner und promovierte Gartenbauwissenschaftler befasst sich seit 2003 mit praxisorientierten Versuchen für die Baumschulbranche. Genau das war immer sein Berufswunsch. Mit seiner Arbeit leistet er dabei auch einen Beitrag zu einer nachhaltigeren Gehölzproduktion.

Mittler zwischen Grundlagenforschung und baumschulischer Praxis

Ursachen und Möglichkeiten zur Überwindung der Bodenmüdigkeit mit ökonomisch vertretbaren, im Betriebsablauf anwendbaren und nachhaltigen Methoden spielten für mich von Anfang an eine wichtige Rolle. Das ist auch mein Antrieb mich im **ORDIAMur** Projekt quasi als „Mittler zwischen zwei Welten“ zu engagieren, denn nur in enger Zusammenarbeit von gärtnerischer Praxis und Grundlagenforschung kann dieses Ziel erreicht werden. Beide Gruppen zeichnen sich durch völlig unterschiedliche Erfahrungshorizonte und eine eigene Sprache aus. Daher ist ein Übersetzer, der Zwänge und Befindlichkeiten beider Lager kennt, dringend notwendig, um einerseits den Forschern die Fragen der Praxis anzutragen und andererseits den Praktikern die Forschungsergebnisse zu vermitteln.

Bodenmüdigkeit – Nicht nur in Baumschulen und im Obstbau ein Problem

Werden Gehölze aus der Familie der Rosengewächse (*Rosaceae*), zu der neben Apfel, Birne oder Kirsche auch Ziergehölze wie Rosen gehören, wiederholt am selben Standort angebaut/gepflanzt, kommt es häufig zu einer Veränderung im Boden und dadurch zu einer Beeinträchtigung des Pflanzenwachstums. Im professionellen Gartenbau führt das zu wirtschaftlich nicht vertretbaren Qualitäts- und Ertragsverlusten. Von diesem Problem sind neben Baumschulen und Obstanlagen auch öffentliche Grünanlagen und private Gärten betroffen. Ursache für das geringere Pflanzenwachstum und schlechtere Erträge ist die „Bodenmüdigkeit“ oder Nachbaukrankheit (engl. replant disease) am jeweiligen Standort. Es wird angenommen, dass allein in Schleswig-Holstein circa 200 Baumschulbetriebe von Bodenmüdigkeit betroffen sind. Das entspricht einer Fläche von rund 500 Hektar. Bundesweit sind es etwa 800 Betriebe und eine Fläche von etwa 3.500 Hektar.

Beständigkeit der Nachbaukrankheit lässt „Fruchtwechsel“ als Gegenmaßnahme ausscheiden

Betroffene Betriebe berichten, dass die Nachbaukrankheit auch dann noch im Boden vorhanden ist, nachdem auf den Flächen mehr als 20 Jahre lang landwirtschaftliche Kulturen statt Apfel angebaut

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung



wurden. Der Fruchtwechsel, ein bewährtes Mittel zur Verringerung von Fruchtfolgeschäden im Ackerbau, scheidet somit als Managementinstrument leider aus.

Flächentausch innerhalb eines Anbaugebiets problematisch

Die Produktion von Gehölzen – und somit auch die Erzeugung von Apfelbäumen – findet in Deutschland hauptsächlich in geschlossenen Anbaugebieten statt, zum Beispiel im Ammerland oder im Raum Pinneberg. Das hat für die arbeitsteiligen, hoch spezialisierten Betriebe primär viele Vorteile. Im Zusammenhang mit der Nachbaukrankheit gibt es aber auch leider einen großen Nachteil: Es finden sich dort kaum mehr Flächen, auf denen in der Vergangenheit noch keine *Rosaceae* angebaut wurden. Die Nachbaukrankheit ist in diesen Regionen stark verbreitet. Erheblicher Siedlungsdruck und der enorme Anstieg der Pachtpreise für Ackerland sorgen außerdem dafür, dass der Flächentausch als adäquate Managementmethode ausscheidet. Die steigenden Pachtpreise sind hierbei eine Folge der Errichtung von Biogasanlagen, die große Mengen vergärbare Pflanzen, beispielsweise Mais, benötigen.

Bodendesinfektion – erfolgreich aber auch nachhaltig?

Die einzig wirksame Maßnahme gegen die Nachbaukrankheit war bisher die möglichst tiefgründige Bodendesinfektion. Dafür muss ein Desinfektionsmittel (Pflanzenschutzmittel oder heißer Wasserdampf) in die oberen 20 bis 30 Zentimeter des Bodens eingebracht werden. Dadurch werden die Organismen, die die Nachbaukrankheit verursachen, abgetötet. Für die chemische Desinfektion steht seit 2019 und befristet bis 2024 wieder das Mittel Basamid-Granulat mit dem Wirkstoff Dazomet zur Verfügung, das zuvor für 16 Jahre in Deutschland keine Zulassung hatte. Für die Betriebe ist das zunächst eine erfreuliche Entwicklung.

Da in vielen europäischen Ländern chemische Desinfektionsmittel ununterbrochen eingesetzt werden durften, hatten die Konkurrenten deutscher Baumschulen einen entscheidenden Marktvorteil. Die Kosten für den Einsatz von Basamid-Granulat belaufen sich auf ca. 5.000 bis 7.000 Euro pro Hektar. Das sind nicht unerhebliche Kosten, die im Folgenden mit den Kosten für Alternativmaßnahmen verglichen werden sollen.

Akzeptanz für chemische Bodendesinfektion nimmt ab

Der Einsatz chemischer Bodendesinfektionsmittel wird zudem kontrovers diskutiert. Neben deren Auswirkung auf die Insektenwelt wird auch die Problematik von eventuellen Rückständen im Boden und Grundwasser angeführt. Laut Hersteller werden Rückstände von Basamid-Granulat jedoch von Bodenorganismen vollständig zu Pflanzennährstoffen umgebaut und wären damit ungefährlich.

Aber der Einsatz solcher Mittel wird von der Gesellschaft, von Nichtregierungsorganisationen (NGOs), Verbrauchern und Handel immer kritischer gesehen und als wenig nachhaltig empfunden. Baumschulen und Obstproduzenten erkennen daher einen erheblichen Bedarf für nachhaltige und ökonomische Bearbeitungsverfahren. Wie solche nachhaltigen Verfahren aussehen könnten, erforschen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler im BonaRes-Verbundprojekt ORDIAmur.

Thermische Desinfektion des Bodens – Hohe Akzeptanz bei fehlender Nachhaltigkeit!

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung



Eine weitere Möglichkeit ist die thermische Bodendesinfektion mit Hilfe von Dampf, mit dem unter anderem Organismen, die die Nachbaukrankheit verursachen, abgetötet werden. Die Erzeugung von Dampf ist jedoch sehr teuer. So werden zur Desinfektion von einem Hektar Fläche ca. 7.500 Liter Heizöl benötigt. Angesichts der sich daraus ergebenden Energie- und CO₂-Bilanz ein wenig nachhaltiges Verfahren. Zusätzlich dauert das „Dämpfen“ eines Hektars mit mindestens 60 bis 70 Stunden sehr lange. Die Kosten für die thermische Desinfektion belaufen sich inklusive der hohen Investitionskosten für die Maschine gegenwärtig auf ca. 10.000 bis 12.000 Euro pro Hektar, und liegen damit fast doppelt so hoch wie die Kosten für die chemische Desinfektion.

Der biologische Weg zur Desinfektion - Biofumigation mit Sareptasenf Samenmehl

Eine Bodendesinfektion auf biologischem Weg soll durch die sogenannte Biofumigation erreicht werden. Dazu werden fein zermahlene und entölte Samen des Sareptasens (*Brassica juncea*) in den Boden eingearbeitet. Diese Samen enthalten Senfölglycoside, die der Senf produziert, um sich gegen Fraßfeinde zu wehren. Die Senfölglycoside werden im Boden zu sehr giftigen Abbauprodukten (z.B. Isothiocyanate) umgewandelt, die dann für die Abtötung der schädlichen Organismen im Boden sorgen sollen. Bisher sind die Ergebnisse solcher Behandlungen aber nicht durchweg positiv.

Die Wirksamkeit gegenüber der Nachbaukrankheit schwankt noch, weil die biologischen Prozesse des Abbaus von vielen Faktoren, wie Bodenart, Temperatur, Feuchtigkeit und der Herkunft der verwendeten Senfsamen abhängen. Hier besteht noch erheblicher Forschungsbedarf, der auch im Rahmen von ORDIAmur gedeckt werden soll. Die Kosten für die Anwendung von den derzeit empfohlenen fünf Tonnen Samenmehl für einen Hektar liegen bei etwa 6.500 bis 7.500 Euro. Unter Berücksichtigung aller Nachteile der anderen Verfahren zur Bodendesinfektion, könnte für mich die Biofumigation derzeit die vielversprechendste Methode werden, um der Nachbaukrankheit zu begegnen, sofern es gelingt, die noch offenen Fragen zur Optimierung des Verfahrens zufriedenstellend zu beantworten.

Zwischenfruchtanbau mit Tagetes (Studentenblume)

Der Anbau von Tagetes ist bereits seit Langem betriebsübliche Praxis in den Baumschulen, um Nematoden (Fadenwürmer) im Boden zu bekämpfen. Unter den Nematoden gibt es Arten, die die Pflanze direkt schädigen und die auch in der Vergangenheit immer wieder als mögliche Verursacher der Nachbaukrankheit diskutiert wurden. Ergebnisse aus ORDIAmur zeigen hingegen, dass Nematoden auch auf andere Bodenorganismen wirken und so die Nachbaukrankheit indirekt beeinflussen.

Die Wurzeln der Tagetes geben Stoffe in den Boden ab, die die Nematoden im Boden vertreiben. Jüngere Forschungsarbeiten zeigen jedoch, dass die Wirkung von Tagetes über die beschriebene Wirkung auf Nematoden hinausgeht, weil auch ein direkter Einfluss auf andere Bodenorganismen gezeigt werden konnte.

Im Rahmen von ORDIAmur wird weiter an der Aufklärung der Ursachen der Wirkung von Tagetes gearbeitet. Die Kosten für Tagetes als Zwischenfrucht liegen geschätzt knapp unter 1.000 Euro pro Hektar und damit deutlich unter denen für die oben geschilderten Desinfektionsmethoden. Da jedoch die betreffende Fläche für diese Art des Zwischenfruchtanbaus für eine ganze Vegetationsperiode aus der Produktion genommen werden muss, ist bei der ökonomischen Betrachtung der dadurch verursachte,

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung



erhebliche Ertragsverlust zu berücksichtigen. Es bleibt zu klären, in welchem Umfang eine Bekämpfung der Nachbaukrankheit mit Tagetes tatsächlich möglich ist.

Andreas Wrede, LWK-SH

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung



Anke Fischer bei der Arbeit. Bild: Nils Siefen

Porträt

Anke Fischer – „Meine Leidenschaft ist der Apfel“

Der Schwerpunkt des Versuchswesens, das vom Dienstleistungszentrum ländlicher Raum Rheinpfalz (DLR) auf dem Campus Klein-Altendorf (Uni Bonn) bei Rheinbach unterhalten wird, ist der Anbau und die Kulturführung von Kernobst. Hier ist Anke Fischer seit Ende 2019 mit einer Projektstelle als Agrarwissenschaftlerin tätig. Planung und Koordination von projektbezogenen Versuchen stehen dabei im Mittelpunkt ihres Arbeitsfeldes. Im Porträt stellt sie sich näher vor.

Aufgewachsen auf einem Obstbaubetrieb, bin ich bereits seit frühester Kindheit mit dem Obstanbau und insbesondere auch der Apfelproduktion bestens vertraut. Durch die Mitarbeit im Familienbetrieb entwickelte ich sehr bald eine Vorliebe für die Arbeit in und mit der Natur. Als aber meine Eltern den Betrieb im Jahr 1995 aus gesundheitlichen Gründen aufgeben mussten, und man mir in meinem Umfeld von einer Tätigkeit im Obstbau abriet, orientierte ich mich um und arbeitete, nach entsprechender Ausbildung, viele Jahre als Mediengestalterin.

Mit dem Studium ging es zurück in den Obstanbau

Mit der Zeit wuchs in mir jedoch die Sehnsucht, mich beruflich wieder mehr mit einer naturverbundenen Tätigkeit zu befassen und ich erfüllte mir mit meinem berufsbegleitenden Studium der Agrarwissenschaften an der Universität Bonn einen lang gehegten Wunsch.

Während des Studiums nutzte ich die Gelegenheit ein Praktikum im Obstbau zu absolvieren. Dies weckte in mir erneut die Begeisterung und die Leidenschaft für den Apfelanbau und den Entschluss, meine berufliche Tätigkeit dem Apfel zu widmen. Es ist ein tiefes Gefühl der Freude, wenn ich eine Apfelanlage oder Apfelbäume sehe. Ich liebe Äpfel, damit meine ich nicht nur ihren Verzehr, sondern auch den Anblick von Apfelbäumen. Die Bäume in ihrer Vegetationsperiode begleiten zu dürfen, von der Blüte, über den Fruchtansatz bis zum Heranreifen der Früchte mit der Vorfreude diese bald ernten zu können, ist herrlich. Vielleicht ein wenig verrückt – aber meine Leidenschaft ist der Apfel. Umso mehr erfreut mich der Anblick von gesunden und vital wachsenden Obstbäumen.

Die Bodenmüdigkeit ist mir ein besonderes Anliegen

Auch vor diesem Hintergrund ist mir das **Bonares**-Projekt **ORDIAMur** ein besonderes Anliegen. Das Projekt befasst sich mit der Bodenmüdigkeit, die auch als Apple Replant Disease (ARD,

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung



Apfelnachbaukrankheit) bekannt ist. Verminderter Baumwuchs und Ertragseinbußen sind die Folgen dieses Phänomens, mit denen der Anbauer zu kämpfen hat.

Das Problem der Bodenmüdigkeit ist schon lange bekannt. Aber im Zuge des geschützten Anbaus unter Hagelschutznetzen und der nur sehr begrenzt möglichen Flächenrotation nimmt es sehr stark an Bedeutung zu.

Während im Ackerbau durch Fruchtwechsel oder Flächenrotation der Nachbaukrankheit erfolgreich entgegengewirkt werden kann, ist es bei Dauerkulturen, wie dem Apfelanbau, häufig nicht möglich mit den Bäumen auf frischen Boden „umzuziehen“. Apfelanlagen werden durchschnittlich 15 Jahre genutzt. Aufgrund des Klimawandels werden die Anbauflächen vermehrt mit teuren, fest installierten Schutz- und Beregnungssystemen bestückt. Die hohen Investitionskosten verlängern die Nutzungsdauer vieler Anbauflächen. Zudem sind die Standortansprüche von Obstbäumen oftmals höher als die anderer Kulturpflanzen, insbesondere wenn es um den Boden, die Geländemorphologie, das Klima und die für den Anbau benötigte Infrastruktur geht.

In Deutschland ist daher auch nur ein begrenzter Anteil der landwirtschaftlichen Kulturfläche für den Apfelanbau nutzbar. Durch zunehmende Flächenversiegelung und Nutzungsänderung werden geeignete Flächen immer knapper. Insgesamt tragen die vorgenannten Faktoren dazu bei, dass sich das Flächenangebot stetig verringert und das Problem der Nachbaukrankheit weiter zunimmt.

Mich reizt an der Schnittstelle zwischen Praxis und Wissenschaft tätig zu sein

Das Projekt ORDIAmur leistet einen wichtigen Beitrag zur Lösung des komplexen Problems der Bodenmüdigkeit. Die Einbindung des Campus Klein-Altendorf dient maßgeblich dazu, die in Laboren und Gewächshäusern entwickelten Ansätze und Ideen aus der Wissenschaft im Freiland zu testen und ihre Praxistauglichkeit zu überprüfen. So findet die Testung neuer Unterlagentypen im Freiland statt. In Klein-Altendorf testen und beurteilen wir eine Vielzahl von Kernobstunterlagen auf entseuchtem und nachbaukrankem Boden. Dabei geht es aber nicht nur darum wissenschaftliche Tests durchzuführen, sondern auch darum, die neuen Ansätze aus der Perspektive eines Praktikers zu bewerten und entsprechende Rückmeldungen an die Wissenschaft zu geben. Außerdem gilt es, aus den gewonnenen Erkenntnissen Empfehlungen und Hilfestellungen für die Praxis zu formulieren.

Genau das, nämlich an der Schnittstelle zwischen Wissenschaft und Praxis tätig zu sein, ist für mich der besondere Reiz. Den fruchtbaren Austausch zwischen erfahrenen Obstbauern und den Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern zu befördern, sehe ich als einen wichtigen Schlüssel für den Erfolg.

Anke Fischer, DLR-RP

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung



Versuchsanlage auf einem Obstbaubetrieb. Bild: B. Hardeweg (HTW Dresden)

Kooperation

Gemeinsame Suche nach einer Lösung zur Überwindung der Apfelnachbaukrankheit

Die Apfelnachbaukrankheit (Apple Replant Disease, ARD) kann bis zu 30 Jahre im Boden erhalten bleiben, ohne dass Äpfel darauf angepflanzt wurden. Bisher kann ARD nur durch Wechsel auf einen gesunden Standort umgangen werden. Da aus unterschiedlichen Gründen der Standortwechsel nicht generell möglich ist, ist die Bekämpfung von ARD vor Ort die Methode der Wahl. Wir berichten hier über unsere Bemühungen, dieses zusammen mit Praktikern zu erreichen.

ORDIAMur-Ergebnisse in die Praxis übertragen

Im Projekt ORDIAMur haben wir uns zum Ziel gesetzt, Forschungsergebnisse in und mit der Praxis zu prüfen. Dabei wollen wir feststellen, ob und wie sich unsere Ergebnisse im Obstbau und in Baumschulen anwenden lassen. Begleitend sollen die vorgeschlagenen Maßnahmen betriebswirtschaftlich bewertet und ein wirtschaftlich nachhaltiges Managementkonzept entwickelt werden. Wir arbeiten deshalb mit unterschiedlich spezialisierten Betrieben zusammen, die an der Apfelproduktion im weitesten Sinne beteiligt und von der Apfelnachbaukrankheit betroffen sind. Hierzu gehören: Unterlagenbaumschulen, die die Veredelungsunterlagen produzieren, Obstbaumschulen, die die vom Obstanbauer gepflanzten Jungbäume heranziehen und die Obstanbauer, die Apfelertragsanlagen pflanzen und bewirtschaften.

Das Forschung-Praxis-Netzwerk

Voraussetzung für die Beteiligung an unserem Netzwerk mit den Praxisbetrieben ist die Verfügbarkeit einer Fläche mit nachgewiesener ARD, die erneut mit Apfel bepflanzt werden soll. Den Nachweis von ARD und die Einstufung der Ausprägung erfolgen mit einem in ORDIAMur entwickelten Biotest (**mehr zum Thema**).

Das Netzwerk umfasst derzeit drei Unterlagenbaumschulen und fünf Obstanbauer, von denen ein Betrieb nach Demeter-Vorgaben, also ökologisch produziert. Zurzeit fehlt die Obstbaumschule. Die Suche danach und nach weiteren Praxisbetrieben wird fortgesetzt.

Die Praxisbetriebe stellen für die Laufzeit der Versuche die benötigten Freilandflächen zur Verfügung, übernehmen die Bodenvorbereitung, stellen das benötigte Pflanzenmaterial und übernehmen alle anfallenden, betriebsüblichen Pflegemaßnahmen. Die ORDIAMur-Beteiligten planen in Abstimmung mit dem Praxispartner die Versuche, begleiten deren Anlage, erfassen alle vorgesehenen Versuchsdaten und werten sie aus (**mehr zu unseren Versuchsanlagen**). Im Folgenden werden die im Rahmen von ORDIAMur in der Praxis getesteten Maßnahmen zur Überwindung der Nachbaukrankheit vorgestellt.

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung



Alternativen zur chemischen und thermischen Bodendesinfektion

Da die wirksame aber möglicherweise umweltschädliche Maßnahme der chemischen Bodendesinfektion in naher Zukunft in der EU nicht mehr zugelassen sein wird und die thermische Bodendesinfektion zu teuer und ebenfalls wenig nachhaltig ist, gewinnen Alternativen an Bedeutung. Zu den alternativen Methoden zählen zum Beispiel die Vorkultur von Tagetes oder Zwischenfruchtmischungen vor Pflanzung des Apfels, die Vorbehandlung der Flächen mit Sareptasenmehl (**mehr zum Thema**), die gleichzeitige Kultur von Apfel und Bodendeckern, etwa Gras oder Mischungen von einjährigen oder mehrjährigen unterschiedlichen Pflanzenarten (sogenannte Catch Crops) und die Anwendung von Pflanzenstärkungsmitteln (mehr zur Wirkung von **Mykorrhizapilzen** und **Bakterien**). Als Pflanzenstärkungsmittel werden unterschiedliche Mischungen von Pilzen, Bakterien, organischen und anorganischen Pflanzennährstoffen und nicht definierten Wirkungszuschlüssen angeboten und vom Handel intensiv beworben. Die genannten Möglichkeiten wurden und werden in der Praxis partiell erprobt, jedoch fehlt dabei in der Regel die Anlage auswertbarer Versuche.

Wir ORDIAmur-Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler wollen das verfügbare Erfahrungswissen in Zusammenarbeit mit unseren Netzwerkpartnern in tragfähige wissenschaftliche Erkenntnisse umsetzen und gleichzeitig die Anwendung und den Nutzen unserer eigenen Versuchsergebnisse prüfen. Dazu werden, je nach Anzahl der eingeschlossenen Behandlungsvarianten (Prüfglieder) und der Anzahl Wiederholungen, großflächige Versuche im Freiland angelegt.

Unsere Forschungsansätze zur Beeinflussung der Mikroorganismengemeinschaften in ARD-Böden

Die Mikroorganismengemeinschaften in Böden mit ARD unterscheiden sich, wie Untersuchungen der ORDIAmur-Forscherinnen und Forscher zeigen, deutlich von denen gesunder Böden. Unser Ziel ist es, eine Veränderung zugunsten einer Förderung des Pflanzenwachstums in ARD-belasteten Böden anhaltend zu steuern. Dazu werden Bakterien und Pilze, die das Wachstum von Apfel in ARD-Böden fördern, isoliert und vermehrt (mehr zum Thema finden Sie **hier** und **hier**). Da aus unseren ORDIAmur-Studien bisher nicht genügend Inokulum für den Einsatz in Freilandversuchen verfügbar ist, sind in die laufenden Praxisversuche im Handel erhältliche Pflanzenstärkungsmittel einbezogen. Deren Ausbreitung im Boden und deren Quantität soll in den Versuchen längerfristig verfolgt werden.

Unsere Forschungsansätze zum Anbau von Zwischenfrüchten

Vorkulturen und der Anbau von Zwischenfrüchten werden generell zur Förderung von Bodenfruchtbarkeit und Erhalt von Bodenstrukturen angebaut. In unseren Studien soll geklärt werden, inwieweit und wodurch eine Vorkultur mit Tagetes die Entwicklung des Apfels in ARD-Böden fördert (**mehr zum Thema**).

In Zusammenarbeit mit dem BonaRes Verbundprojekt **CATCHY** und unseren Netzwerkpartnern arbeiten wir an der Zusammensetzung geeigneter Zwischenfruchtmischungen. Die enthaltenen Pflanzenarten müssen den spezifischen Anforderungen des jeweiligen Apfel-Produktionssegmentes genügen. So fordern Unterlagenbaumschulen für den ungestörten Einsatz von Pflanzmaschinen eine weitgehende Zersetzung der organischen Substanz in den Wintermonaten, Obstbaumschulen wünschen Mischungen ohne staudenbildende Arten und alle gemeinsam haben kein Interesse, Insekten anzulocken, die auf den Apfel schädigende Virusarten übertragen.

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung



Bei der Zusammenstellung von Zwischenfruchtmischungen, die in Zusammenarbeit mit den Praxispartnern und dem Verbundprojekt CATCHY erfolgt, sind die natürliche und durch Beregnung verfügbare Wassermenge, die Wuchshöhe und die Bodenbedeckung zu beachten.

Forschung-Praxis-Netzwerk: Erreichtes und Zukunftspläne

Die zusammen mit den Praxisbetrieben von 2019 an getesteten Behandlungen zur Begrenzung der Apfelnachbaukrankheit beruhen überwiegend auf vorhandenem Erfahrungswissen und nicht auf dem Ergebnis exakter Versuchsanstellungen. Wir haben dieses Wissen für die Anlage von auswertbaren Freilandversuchen genutzt. Damit schaffen wir die Voraussetzungen, die Wirkung der bisher angewendeten Verfahren zur Überwindung von ARD an der Reaktion von kultivierten Apfelpflanzen objektiv zu prüfen. Gleichzeitig ergeben sich Anhaltspunkte dafür, wie die Wirksamkeit der eingesetzten einzelnen Behandlungsmethoden optimiert werden kann, etwa die Vorbehandlung mit Senfmehl.

Zusätzlich nutzen wir erstmals die Kompetenz aller an ORDIAmur beteiligten Fachdisziplinen, um Unterschiede zwischen ARD und gesundem Boden, wie z. B. die Veränderungen der Populationen von Nematoden, Bakterien und Pilzen, zu erfassen. Die erzielten Ergebnisse erlauben es, Methoden zur Unterdrückung der an ARD beteiligten Komponenten zu entwickeln.

Im Jahr 2020 erfolgte die Auswertung aller Versuche. Die Ergebnisse werden Eingang finden in die Fortsetzung der laufenden Versuche in den vier Obstbaubetrieben. In die laufende Planung neuer Versuche in zwei Unterlagenbaumschulen und einem Obstbaubetrieb konnten erstmals Ergebnisse aus den sieben, bisher am Forschungs-Praxis-Netzwerkes teilnehmenden Praxisbetrieben, aufgenommen werden.

Das große Interesse an der Durchführung gemeinsamer Vorhaben zur Klärung von ARD, hält aus der Praxis weiterhin an. Bis eine Lösung zur Überwindung der Nachbaukrankheit in den verschiedenen Produktionsstufen und an den unterschiedlichen Standorten gefunden ist, wird jedoch noch einige Zeit und viel Forschungsarbeit nötig sein. Die Zusammenarbeit von Praxis mit allen an der Erforschung von ARD beteiligten Disziplinen wird aber praktikable Lösungen aufzeigen für die Auswahl von Produktionsstandorten und für die Begrenzung von ARD auf ein wirtschaftlich vertretbares Maß.

Bernd Hardeweg, Jürgen Grundwaldt, Bernhard Strolka

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung



Bernd Hardeweg war bis September 2020 Geschäftsführer und wissenschaftlicher Leiter des **Zentrums für Betriebswirtschaft im Gartenbau e. V.** an der **Leibniz Universität Hannover**. Im **BonaRes**-Verbundprojekt **ORDIAMur** ist er verantwortlich für das Teilprojekt zur wirtschaftlichen Bewertung und die Forschungs-Praxis-Kooperation. Die Arbeit im Projekt setzt er von seiner neuen Position als Professor an der **Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden** fort.

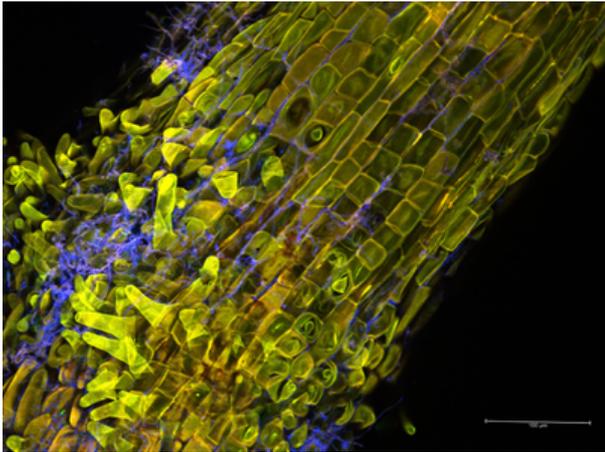
Jürgen Grunewaldt hat als wissenschaftlicher Assistent im **Max-Planck-Institut für Züchtungsforschung** in Köln, als Professor für Angewandte Genetik und Pflanzenzüchtung an der **Leibniz Universität Hannover** und als Leiter des Institutes für Gartenbauliche Pflanzenzüchtung in Ahrensburg gearbeitet. Er ist jetzt in der **Abteilung Molekulare Pflanzenzüchtung** der **Leibniz Universität Hannover** tätig und ist Mitglied im ORDIAMur-Koordinationssteam.

Bernhard Strolka hat als gelernter Zierpflanzengärtner das Studium der Gartenbauwissenschaften mit anschließender Promotion im Bereich der pflanzlichen Gewebekultur absolviert und leitete danach das in-vitro-Kulturlabor eines Spargelzüchters. Nach einer Zeit der Kinderbetreuung ist er nun seit April 2020 im Verbund **ORDIAMur** im Teilprojekt von Bernd Hardeweg mit der Betreuung der pflanzenbaulichen Versuche befasst.

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung



Mit Pilzen (blau) infizierte Apfelwurzel aus einem nachbaukranken Boden. Foto: Kristin Hauschild und Yvonne Becker (JKI Braunschweig)

Neues aus dem Labor

Mit Bakterien der Nachbaukrankheit am Apfel auf biologische Weise entgegenwirken

Jahrelange Forschung konnte zeigen, dass die Nachbaukrankheit am Apfel vor allem durch biotische Faktoren verursacht wird. Einer der Krankheitsauslöser ist höchstwahrscheinlich ein Ungleichgewicht der Lebewesen im erkrankten Boden. Auch wenn noch nicht vollständig aufgeklärt ist, welche Organismen und Wechselwirkungen zwischen ihnen die entscheidende Rolle spielen, arbeiten wir bereits an Maßnahmen, um die Organismengemeinschaften im Boden wieder ins Gleichgewicht zu bringen.

Bisher begegnete man der Nachbaukrankheit (Apple Replant Disease, ARD), indem man den Boden mit thermischen oder chemischen Verfahren desinfizierte. Da diese Methoden aber teuer, aufwendig, nicht nachhaltig und zum Teil nicht mehr dauerhaft in der Landwirtschaft zugelassen sind, suchen wir mit unserer Forschung nach umweltfreundlicheren, nachhaltigen Alternativen.

Pflanzenwurzeln mit Bakterienlösung behandeln

In Gewächshausversuchen nutzen wir bestimmte Bakterien, sogenannte Bioinokula, deren wachstumsfördernde Wirkung bereits an Kulturpflanzen wie Mais, Tomate, Salat oder Baumwolle gezeigt wurde. Mit diesen Bakterien behandeln wir Apfelpflanzen, indem wir die Wurzeln in ein Bad aus Bakterienlösung tauchen und die Pflanzen anschließend in nachbaukranken Boden setzen. Als Kontrolle dienen Pflanzen, die nicht mit Bakterienlösung behandelt wurden und gesunder Boden. Über einen Zeitraum von mehreren Wochen untersuchen wir dann das Pflanzenwachstum und wie sich die inokulierten Bakterien im Boden und an der Wurzel etablieren.

Überprüfung der Wirksamkeit mit zahlreichen Methoden

Hierbei kommt ein großes Spektrum an Methoden zum Einsatz: Der Wachstumsstatus der Pflanzen wird mit Parametern wie Wurzelmasse und -ausprägung, Sprosslänge und -gewicht und Mikroskopie zur Untersuchung von abgestorbenen Wurzelteilen und Infektionen bestimmt. Die Besiedelung des Bodens und der Pflanze mit den inokulierten Bakterien untersuchen wir, indem wir Nährmedien verwenden, auf denen nur die Bioinokula, aber keine anderen Bakterien oder Pilze wachsen können. Hierfür werden die Bakterien wieder aus dem Boden isoliert und gezählt.

Die inokulierten Bakterien besitzen ein fluoreszierendes Protein und können deshalb an der Wurzel nachgewiesen werden. So können wir feststellen, welche Bereiche der Apfelwurzel von den Bakterien besiedelt werden. Dies geschieht an einem speziellen Laserscanner-Mikroskop, das die Wurzeln und die

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

daran haftenden Bakterien mit verschiedenen Lasern und Lichtfrequenzbereichen sichtbar macht. Auf ähnliche Weise können wir mit diesem Mikroskop auch Infektionen der Wurzeln mit Pilzen und Eipilzen nachweisen.

Verbessern die eingebrachten Bakterien die mikrobiellen Gemeinschaft im Boden?

Zum Abschluss des Experiments wird die DNA der gesamten mikrobiellen Gemeinschaft aus dem Boden extrahiert, vermehrt und sequenziert. Mit den gewonnenen Daten können wir die Zusammensetzung der Bakterien- und Pilzgemeinschaft analysieren und die verschiedenen Behandlungen vergleichen. So wird sichtbar, ob die Behandlung der Pflanzen mit den nützlichen Bakterien tatsächlich dazu beiträgt, die Mikroorganismengemeinschaft eines nachbaukranken Bodens zu verbessern.

Eine umweltfreundliche und wirtschaftliche Methode für Baumschuler und Obstbauern

Wir hoffen, mit den Ergebnissen dieser Versuche Baumschulern und Obstbauern eine umweltfreundliche und effektive Management-Strategie bieten zu können, um die Auswirkungen der Nachbaukrankheit zu verringern. Inzwischen laufen erste Versuche in Betrieben, die die Anwendung von wachstumsfördernden Bakterien in ihren Baumschulen und Apfelplantagen testen.

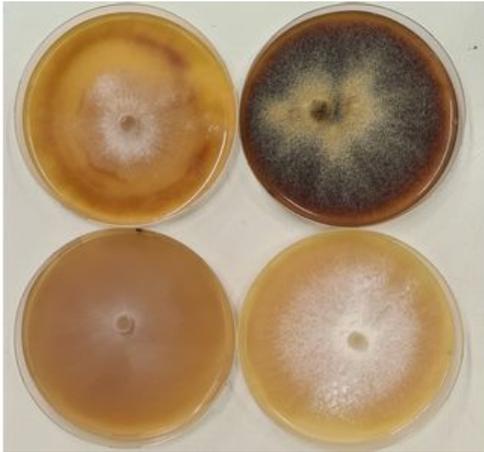


Kristin Hauschild ist Doktorandin am **Institut für Epidemiologie und Pathogendiagnostik** des **Julius Kühn-Instituts** in Braunschweig. Sie hat an der technischen Universität Braunschweig Biotechnologie mit Schwerpunkt molekulare Biotechnologie studiert. Seit 2019 erforscht sie im Rahmen des **BonaRes**-Verbundprojekts **ORDIAMur** den Beitrag des Bodenmikrobioms zur Nachbaukrankheit am Apfel.

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung



Reinkulturen Mykovirus-infizierter Pilze, isoliert aus ARD-belasteten Apfelwurzeln. Bild: Tom Pascal Pielhop (Leibniz Universität Hannover)

Neues aus dem Labor

Pilze und Viren in Wurzelsystemen – Ursache nachbaukranker Apfelpflanzen?

Pilze und Bakterien haben einen großen Einfluss darauf, wie stark die Apfelnachbaukrankheit im Boden ausgeprägt ist. In unserem Teilprojekt von ORDIAmur interessieren wir uns besonders für verschiedene Pilze, die in den Wurzeln von nachbaukranken Apfelbäumen vorkommen. Denn wir konnten bereits herausfinden, dass diese entweder Krankheitssymptome auslösen oder auch positive Effekte auf die Pflanze haben können.

Zu den von uns untersuchten Pilzen gehören neben den nützlichen Mykorrhiza-Arten auch die schädigenden (pathogenen) Pilze und darin vorkommende Pilzviren. Dass es solche Pilzviren (auch Mykoviren genannt) gibt, ist schon länger bekannt. Jedoch rückten sie erst kürzlich in den Fokus der Forschung. Mittlerweile wissen wir, dass diese Viren das Infektionsverhalten der Pilze verändern können. Im Zuge unserer Arbeit gelang es bereits, diverse neue Viren in den Pilzen aus ARD-belasteten Pflanzen zu identifizieren.

Einfluss von Pilzviren auf die Ausprägung der Nachbaukrankheit noch unklar

Beeinflussen Pilzviren das Auftreten und den Verlauf der ARD oder verursachen sie die Krankheit sogar? Um das herauszufinden, müssen wir die Pilze zuerst aus den Pflanzen isolieren und kultivieren. Anschließend können wir nach den Viren in den Pilzen suchen. Das funktioniert mit Hilfe ihrer Gene. Das Erbgut der Pilzviren kann mit Hilfe sogenannter Sequenzierungstechniken von dem der Pilze unterschieden werden. So können wir nachweisen, welche Pilze mit Pilzviren infiziert sind und um welche Virusarten es sich handelt.

Wirkung der Pilzviren mithilfe infizierter und „geheilte“ Pilze erforschen

Um die Pilze von den Viren zu befreien, kommen virenhemmende Substanzen wie Cycloheximid oder Ribavirin zum Einsatz, die teilweise auch in der Medizin angewendet werden. Nun kann mit Hilfe virusfreier Pilze untersucht werden, welche Bedeutung die Viren für die Entstehung der Pilzkrankheit beziehungsweise vielleicht auch auf die Ausprägung der ARD haben.

Hierfür werden Pflanzen mit virusfreien und virusinfizierten Pilzen in erdelosen Experimenten zusammengebracht. Um weitere Faktoren ausschließen zu können, verzichten wir in diesen Experimenten auf Erde und verwenden steriles Granulat für die Pflanzenzucht. Die Pilze besiedeln die Pflanzen dann über die Wurzeln. Unterschiede im Verlauf der durch die Pilze verursachten Krankheit geben uns schließlich Aufschluss darüber, welchen Einfluss Pilzviren auf den Krankheitsverlauf haben. Es ist beispielsweise

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

möglich, dass virusfreie Pilze die Pflanzen langsamer infizieren könnten, aber es ist auch denkbar, dass die Pilze ohne Virus sogar gravierendere Symptome verursachen.

Die gleichen erdelosen Tests führen wir durch, um den Einfluss einzelner Pilze auf die Ausprägung typischer ARD-Symptome zu beobachten. Diese Beobachtung findet makroskopisch, anhand von Merkmalen wie Sprosslänge oder Wurzelmasse, aber auch mikroskopisch anhand typischer Rindenverletzungen der Apfelwurzeln statt.

Tom Pascal Pielhop (Leibniz Universität Hannover)



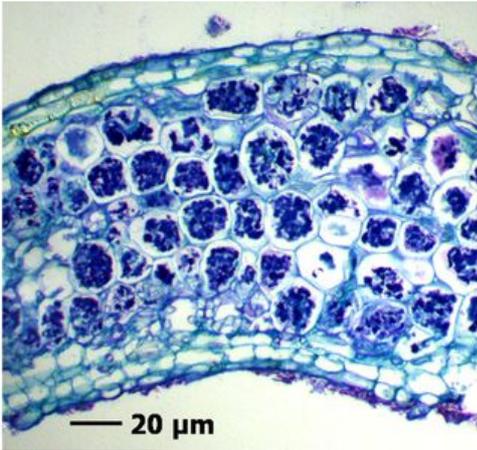
Tom Pascal Pielhop studierte Pflanzenbiotechnologie an der **Leibniz Universität Hannover** und erwarb seinen Masterabschluss in der Arbeitsgruppe Pflanzenvirologie / Molekulare Phytopathologie.

Seit Februar 2019 arbeitet er als Doktorand und wissenschaftlicher Mitarbeiter in der **Abteilung Phytomedizin des Instituts für Gartenbauliche Produktionssysteme**. Im **BonaRes**-Verbundprojekt **ORDIAMur** beschäftigt er sich hauptsächlich mit dem Einfluss biotischer Faktoren auf die Apfelnachbaukrankheit.

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung



Arbuskeln in einer Apfelwurzel gefärbt mit Trypanblau.
Foto: Gisela Grunewaldt-Stöcker (Leibniz Universität Hannover)

Neues aus dem Labor

Mikrobielle Symbiosen stärken Pflanzen gegen die Apfelnachbaukrankheit

Zahlreiche Mikroorganismen gehen Lebensgemeinschaften mit Pflanzen ein. Dazu gehören unter anderem arbuskuläre Mykorrhizapilze. Von diesen symbiotischen Beziehungen profitieren sowohl die Pilze als auch die Pflanzen. Auch bei nachbaukranken Apfelpflanzen finden wir neben den schädlichen Pilzen die arbuskulären Mykorrhizapilze (AMF) in den Wurzeln.

Die AMF stärken die Pflanzen nicht nur durch die Bereitstellung von Nährstoffen, sondern konkurrieren auch beim Besiedeln der Wurzeln und der Wurzelzellen mit den schädigenden Pilzen. Einfach gesagt bleibt in mykorrhizierten Wurzeln weniger Platz für andere Pilze.

Mykorrhizapilze mit Trägerstoffen gezielt in den Boden einbringen

In der ersten Projektphase von ORDIAmur gelang es, einige dieser Mykorrhizapilze aus nachbaukranken Apfelwurzeln zu isolieren, die Arten zu bestimmen und sogenannte Inokula zu erstellen. Inokula sind Trägerstoffe (hier Blähton), an welchen die Mikroorganismen anhaften. Diese Trägerstoffe können dann in die Erde eingebracht werden. Die anhaftenden Mikroorganismen besiedeln daraufhin die Pflanzen und stärken diese so.

Einige arbuskuläre Mykorrhizapilze lassen Apfelpflanzen besser wachsen

In der zweiten Phase unseres ORDIAmur Teilprojektes gelang es uns zu zeigen, dass bestimmte arbuskuläre Mykorrhizapilze in der Lage sind Apfelpflanzen signifikant besser in nachbaukranken Böden wachsen zu lassen. In diesem Versuch ließen wir den AMF in einer achtwöchigen Vorkultur ausreichend Zeit, um die Wurzeln zu besiedeln. Anschließend wurden die Pflanzen in nachbaukränke Böden gepflanzt. Es zeigte sich, dass mit bestimmten Mykorrhiza-Arten besiedelte Pflanzen im Vergleich zu den Kontrollen deutlich stärker wuchsen.

Auch wenn wir diese Ergebnisse in weiteren Experimenten noch bestätigen müssen, können arbuskuläre Mykorrhizapilze eine gute, günstige und vor allem ökologische Möglichkeit darstellen, der Apfelnachbaukrankheit zu begegnen.

Hintergrund:

Die sogenannten arbuskulären Mykorrhizapilze (Arbuscular Mycorrhizal Fungi, kurz AMF) sind schon seit vielen Jahrzehnten bekannt. Weltweit gehen diese Mikroorganismen Lebensgemeinschaften (Symbiosen)

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

mit Pflanzen ein: Etwa 80 Prozent der Landpflanzen sind in der Lage eine Partnerschaft mit diesen Pilzen einzugehen.

Das Wort „arbuskulär“ tragen sie im Namen, da sie sogenannte Arbuskeln in den Zellen der Pflanzen erzeugen (s. Abbildung). Arbuskeln sind charakteristische, baumartig verästelte Strukturen, welche in den Pflanzenzellen gebildet werden und typisch für diese Pilze sind. Die AMF erschließen Wasser und Nährstoffe wie Phosphat und Stickstoff aus dem Boden und machen sie für die Pflanzen verfügbar. Im Gegenzug erhalten sie Zucker aus der Photosynthese von den Pflanzen.

Tom Pascal Pielhop, Leibniz Universität Hannover



Tom Pascal Pielhop studierte Pflanzenbiotechnologie an der **Leibniz Universität Hannover** und erwarb seinen Masterabschluss in der Arbeitsgruppe Pflanzenvirologie / Molekulare Phytopathologie.

Seit Februar 2019 arbeitet er als Doktorand und wissenschaftlicher Mitarbeiter in der **Abteilung Phytomedizin des Instituts für Gartenbauliche Produktionssysteme**. Im **BonaRes**-Verbundprojekt **ORDIAMur** beschäftigt er sich hauptsächlich mit dem Einfluss biotischer Faktoren auf die Apfelnachbaukrankheit.

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung



Apfelpflanzen nach 8 Wochen Kultur in unbehandeltem (links) und gammabestrahltm Boden (rechts). Dieser Boden ist deutlich nachbaukrank. Foto: Traud Winkelmann (Leibniz-Universität Hannover)

Neues aus dem Labor

Biotest zum Nachweis der Nachbaukrankheit in Böden

Ein Nachweisverfahren für die Apfelnachbaukrankheit (ARD) wird zum einen benötigt, um zu zeigen, wie schwer ein Boden davon betroffen ist, und zum anderen, um die Toleranz von Unterlagen gegenüber der ARD einzuordnen. Deshalb haben wir in ORDIAmur einen Biotest entwickelt, der in Gewächshäusern durchgeführt werden kann.

Der von uns entwickelte Biotest basiert auf der Idee, die Nachbaukrankheit mit Hilfe der Wachstumsunterschiede schnellwachsender Apfelpflanzen auf potentiell nachbaukrankem Boden im Vergleich zu ARD-freiem

Boden zu beschreiben. Bei der Kontrollvariante wurde ein Teil des zu untersuchenden Bodens mit Gammastrahlen desinfiziert, wodurch die biologischen Auslöser der Nachbaukrankheit ausgeschaltet wurden. Ist der zu untersuchende Boden durch ARD belastet, wachsen die Apfelpflanzen im unbehandelten Boden langsamer als im desinfizierten, ARD-freien Boden. Nach 8 Wochen werden die Sprosslänge sowie die Spross- und Wurzelbiomasse bestimmt. Dabei gilt, je stärker die Nachbaukrankheit, desto geringer ist das Pflanzenwachstum im Vergleich zum ARD-freien Boden.

Ein großer Vorteil des Tests ist, dass er mit vergleichsweise geringem zeitlichen Aufwand im Gewächshaus durchgeführt werden kann. Nachteilig ist, der nicht unerhebliche Aufwand für die Desinfektion der Bodenproben, die für die Bestrahlung an eine externe Firma verschickt werden müssen.

Sterile Anzucht von Apfelbäumen ist Grundlage des Tests

Für den Nachweis der ARD verwenden wir Apfelpflanzen, die *in vitro*, d.h. steril vermehrt und erst kurz vor dem Start des Biotests an die klimatischen Bedingungen im Gewächshaus gewöhnt werden. Dies hat drei Vorteile: Durch die sterile Anzucht verringern wir ein Einbringen von Mikroorganismen, durch die Verwendung sehr junger Pflanzen werden Wachstumsunterschiede schon nach kurzer Zeit sichtbar, was die Laufzeit des Biotests deutlich verringert und diese Art der Vermehrung ist das ganze Jahr über möglich.

Im Rahmen von ORDIAmur konnten wir bereits Böden unserer Versuchsflächen sowie Böden unserer Partnerbetriebe auf ARD testen (**mehr zu unserem Partnernetzwerk**). Dabei stellten wir ARD in sehr unterschiedlichem Ausmaß fest.

Vorteile des Biotests in der weiteren Forschung

Darüber hinaus kann der Biotest für weitere ORDIAmur-Forschungsfragen genutzt werden. Zum einen können zu Beginn, während und am Ende des Versuchs Proben genommen werden, um beispielsweise

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

einen Einblick in die Nachbaukrankheit auf molekularer Ebene der Pflanze oder auf Ebene von Mikroorganismengesellschaften im Boden zu bekommen.

Andererseits können wir unterschiedliche Apfelunterlagen auf ihre Toleranz gegenüber der Nachbaukrankheit untersuchen. Hierzu werden ARD-anfällige Apfelunterlagen wie zuvor beschrieben auf nachbaukranken und desinfiziertem Boden angezogen. Parallel dazu ziehen wir auch mutmaßlich tolerante Apfelpflanzen an. Fällt der Wachstumsunterschied zwischen den beiden Bodenvarianten deutlich geringer aus als bei der ARD-empfindlichen Standardunterlage, so deutet dies auf eine höhere ARD-Toleranz hin.

Zusammenfassend bietet der Test sowohl der Forschung als auch den Anbaubetrieben umfassende Möglichkeiten. Neben der Bestimmung des Ausmaßes von ARD in Böden können potentielle Maßnahmen in relativ kurzer Zeit getestet werden, bevor sie mit deutlich mehr Aufwand im Feld untersucht werden. Des Weiteren können viele molekulare Interaktionen im Boden, in der Rhizosphäre und in der Pflanze bereits in kleinem Maßstab effizient untersucht werden.

Bisher steht der Biotest auf ARD nur den Betrieben im Partnernetzwerk zur Verfügung. Für die Zukunft ist geplant, in einem großen, deutschlandweiten Ansatz Böden aus mindestens 150 Betrieben zu testen.



Nils Orth hat Pflanzenbiotechnologie studiert und arbeitet als Doktorand am **Institut für Gartenbauliche Produktionssysteme** der **Leibniz Universität Hannover**. Im Projekt **ORDIAMur** untersucht er die in den Wurzeln der Apfelpflanzen lebenden Bakterien, die sogenannten Endophyten, und deren Einfluss auf die Ausprägung der Nachbaukrankheit.

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung



Entnahme ungestörter Bodenproben mit Kunststoffzylindern. Bild: Susanne Döhler (UFZ)

Neues aus dem Labor

Den Boden durchleuchten? Medizintechnik im Einsatz gegen die Apfelnachbaukrankheit

Hat sich die Apfelnachbaukrankheit einmal im Boden entwickelt, kann sie auch nach Jahren oder Jahrzehnten, in denen andere Nutzpflanzen angebaut wurden, wieder Apfelbäume schädigen. Ausgelöst wird sie von schädigenden Organismen, die in Form von Pilzsporen oder mithilfe organischer Verbindungen über Jahre hinweg im Boden erhalten bleiben können. Wir untersuchen, wie sich die Bodentextur auf die Nachbaukrankheit auswirkt.

Ob und wie gut sich schädigende Organismen überhaupt im Boden verbreiten und in welcher Nische sie dort überleben, hängt unter anderem von der Bodentextur ab, die die Zusammensetzung des Bodens aus unterschiedlich großen Bodenpartikeln (Sand, Schluff, Ton) beschreibt. Die Bodentextur beeinflusst beispielsweise, wie gut oder schlecht sich Luft und Wasser durch den Boden bewegen können, beide lebenswichtig für Bodenlebewesen jeder Art, aber auch die im Boden kultivierten Pflanzen.

Um geeignete Maßnahmen zur Bodenverbesserung empfehlen zu können, wollen wir herausfinden, in welchen Bereichen im Boden die Apfelwurzeln besonders gefährdet sind und warum. Dazu untersuchen wir die räumliche Verteilung der Bodenbestandteile im Wurzelraum der Pflanze und schauen uns die Bodenstruktur in sehr kleinem Maßstab an.

Hierfür entnehmen wir mit Kunststoffzylindern ungestörte Bodenproben, mit denen wir die natürliche Bodenstruktur vom Feld mit ins Labor mitnehmen können. Diese Proben werden mithilfe eines Computertomographen (CT) mit Röntgenstrahlen durchleuchtet und eingescannt. Die CT-Aufnahmen werden anschließend per 3D-Bildverarbeitung analysiert. Dabei können wir die Bilder bis zu einer Größe von etwa 20 μm auflösen (ein menschliches Haar hat einen Durchmesser von etwa 70 μm). So können wir zum Beispiel das Porensystem im Boden, also den Raum zwischen allen festen Bodenpartikeln, genau analysieren, die Porengrößen sowie deren räumliche Verteilung in der Bodenprobe bestimmen und berechnen, wie die einzelnen Poren miteinander verbunden sind. Aber auch Wasser innerhalb des Porenraumes, die Verteilung organischen Materials in den Proben oder die Anordnung der Pflanzenwurzeln lassen sich mit der Methode untersuchen und dreidimensional darstellen. So erhält man einen direkten Einblick in die Struktur einer Bodenprobe ohne sie zu (zer)stören.

Betrachten wir dann alle Proben aus einem kompletten Bodenprofil und schauen uns die Verteilungen relativ zu den benachbarten Proben in einem festen Raster an, können wir nach Unterschieden in der Bodenbeschaffenheit des gesamten Wurzelraumes suchen und unsere Ergebnisse mit denen weiterer Probenahmen – etwa der Zusammensetzung der Bodenorganismen - aus der gleichen Bodenregion in Beziehung setzen.

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

Sobald wir verstanden haben, welche Bodeneigenschaften die Nachbaurkrankheit begünstigen, können wir auf dieser Grundlage Gegenmaßnahmen entwickeln, die ganz spezifisch für den jeweiligen Standort angepasst werden können. Wir hoffen, den betroffenen Ostbaubetrieben und Baumschulen in Zukunft wirksame und ressourcenschonende Strategien gegen die Apfelnachbaurkrankheit zur Verfügung stellen zu können.

Susanne Horka (UFZ)



Susanne Horka ist Doktorandin im **Department Bodensystemforschung** des **Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung** in Halle. Sie hat an der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg Management natürlicher Ressourcen mit Schwerpunkt Bodenwissenschaften studiert. Seit 2019 erforscht sie im Rahmen des **BonaRes** Verbundprojektes **ORDIAMur** die Relevanz räumlich-zeitlicher Strukturen im Boden für das Auftreten der Apfelnachbaurkrankheit

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung



Überblick über das Versuchsfeld in einer Unterlagenbaumschule im Juli 2020. Bild: B. Strolka (ZBG Hannover)

Neues vom Feld

Versuche zur Überwindung der Nachbaukrankheit in der Praxis

Neben der wissenschaftlichen Erforschung der Entstehung der Nachbaukrankheit ist die Lösung oder Überwindung dieses Problems für die Praxis von vorrangigem Interesse. Daher werden parallel zu der Erforschung der Grundlagen großflächige Versuche in Praxisbetrieben durchgeführt. Hierfür suchten wir Betriebe, die genügend große und möglichst einheitlich vorbelastete Flächen zur Verfügung stellen können.

Das Echo war sehr positiv, so dass erste Versuche in Baumschulen, die die Apfelunterlagen und die veredelten Bäume produzieren, ebenso wie in Obstanlagen, die konventionell oder biologisch wirtschaften, bereits angelegt werden konnten oder geplant werden.

Versuchsanlage in einer Unterlagenbaumschule

Ein Beispiel für einen solchen Versuch in der Praxis zeigt die Versuchsanlage bei einem unserem Netzwerkpartner. Wichtig bei der Versuchsanlage ist es, dass es eine ausreichende Anzahl von Wiederholungen gibt, um die Reproduzierbarkeit der getesteten Behandlungen prüfen zu können. Mit acht zu testenden Behandlungen gegen ARD in vier Wiederholungen umfasst dieser Versuch zum Beispiel 32 Parzellen mit einer Fläche von je 14 Quadratmetern, entsprechend einer Gesamtfläche von etwa 450 Quadratmetern. Die Versuchspflanzen sind junge Unterlagen, sogenannte Abrisse von Mutterpflanzen, die ein Jahr alt und etwa 50 bis 80 Zentimeter lang sind.

In fünf Reihen werden pro Parzelle 560 Pflanzen maschinell im Frühjahr gepflanzt; daraus ergibt sich ein Pflanzenbedarf von insgesamt fast 18.000 Pflanzen. Im Herbst werden die Pflanzen in der Baumschulpraxis gerodet und für die Veredlung im Folgejahr eingelagert. Den Effekt der Behandlungen messen wir, indem wir den Durchmesser der Pflanzen an der Basis bestimmen, denn das ist das Qualitätskriterium, nach dem die Pflanzen gehandelt werden. Gleichzeitig erlaubt dieses Maß eine sehr gute Bestimmung des Wachstums.

Versuchsanlage in einem Obstbaubetrieb

Die Versuchsanlage in einem Obstbaubetrieb erfordert wegen der mehrjährig anzulegenden Versuche und des Platzbedarfes der heranwachsenden Versuchsbäume sehr große Versuchsflächen und einen langen Atem bei der Erfassung von Wachstums- und Ertragsdaten. Mit nur drei Behandlungsvarianten und zwei Wiederholungen wird zum Beispiel bei einem der Obstanbauer im Netzwerk eine Fläche von etwa 1.400 Quadratmetern benötigt. Es können 42 Bäume pro Variante ausgewertet werden, in den drei Versuchsvarianten insgesamt 126 Bäume.

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung



Um herauszufinden, wie sich die unterschiedlichen Behandlungen auswirken, messen wir den Stammdurchmesser 20 Zentimeter über der Veredlungsstelle, den Blüten- und Fruchtansatz, sowie den Fruchtertrag über mehrere Jahre. Andere Gruppen in ORDIAmur nutzen den Versuch zu Analysen in ihren Spezialgebieten. So wird zum Beispiel untersucht, wie sich die Vorkultur von Tagetes auf die Zusammensetzung der Gemeinschaft der Bodenorganismen, wie Nematoden, Bakterien und Pilze auswirkt. In einem weiteren Forschungsansatz soll die Wirkung des Eintrages organischer Substanz in den Boden, die des Anbaues von Zwischenfrüchten, sowie der Einsatz von Sareptasenmehl (Biofumigation) auf die Ausprägung von ARD geklärt werden.

Die Durchführung dieser Praxisversuche erlaubt es nicht nur, die Wirksamkeit der Behandlungen unter unterschiedlichen praxisüblichen Bedingungen zu prüfen, sondern ermöglicht es uns auch, eine ökonomische Betrachtung vorzunehmen. Es muss erforscht werden, wie sich die Behandlungen in die Arbeitsabläufe integrieren lassen und welche ökonomischen Konsequenzen sie haben. Zu einem späteren Zeitpunkt wird auch die Betrachtung der Nachhaltigkeit wichtig werden.

Jürgen Grunewaldt (Leibniz Universität Hannover) und Bernhard Strolka (ZBG Hannover)

Jürgen Grunewaldt hat als wissenschaftlicher Assistent im **Max-Planck-Institut für Züchtungsforschung** in Köln, als Professor für Angewandte Genetik und Pflanzenzüchtung an der **Leibniz Universität Hannover** und als Leiter des Institutes für Gartenbauliche Pflanzenzüchtung in Ahrensburg gearbeitet. Er ist jetzt in der **Abteilung Molekulare Pflanzenzüchtung** der **Leibniz Universität Hannover** tätig und ist Mitglied im **ORDIAmur**-Koordinationsteam.

Bernhard Strolka hat als gelernter Zierpflanzengärtner das Studium der Gartenbauwissenschaften mit anschließender Promotion im Bereich der pflanzlichen Gewebekultur absolviert und leitete danach das in-vitro-Kulturlabor eines Spargelzüchters. Nach einer Zeit der Kinderbetreuung ist er nun seit April 2020 im Verbund **ORDIAmur** im Teilprojekt von Bernd Hardeweg mit der Betreuung der pflanzenbaulichen Versuche befasst.

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung



Einblicke

Den Boden in der Landwirtschaft als Lebensraum stärker berücksichtigen

Boden ist nicht nur Substrat, in dem Pflanzen wurzeln, sondern ein komplexer Lebensraum. Es wird sich langfristig auszahlen, diese Tatsache in der landwirtschaftlichen und obstbaulichen Praxis endlich stärker zu berücksichtigen.

Split-root-Experiment: Wurzelwachstum in nachbaukrankem Boden (rechts) und unbelastetem Boden (links). Bild: K. Smalla (JKI)

Mit gezieltem Bodenmanagement ist es möglich, den Aufbau organischer Substanz in Böden zu fördern, die Bodenstruktur (Aggregatzusammensetzung, Porenstruktur) zu verbessern und die Biodiversität im Boden zu erhöhen. Diese ist wiederum entscheidend für gesunde Pflanzen und einen guten Ertrag.

Es kommt auf die richtige Balance der Mikroorganismen im Boden an und dieser Aspekt wurde in der industriellen Landwirtschaft bislang zu wenig beachtet. Unsere Forschungsergebnisse zeigen, dass hier ein Umdenken dringend erforderlich ist.

Was bedeutet diese Erkenntnis im Zusammenhang mit der Apfelnachbaukrankheit?

Wird eine Apfelpflanze in einen apfelmüden Boden gepflanzt, treten typischerweise sehr starke Symptome an der Wurzel und Wuchsminderungen am Spross auf, die auf eine starke Pflanzenabwehr hindeuten. In sogenannten Split-root Experimenten, bei denen die Wurzeln einer Pflanze zur Hälfte in nachbaukrankem und zur Hälfte in gesundem Boden wachsen, konnten wir zeigen, dass sich bei Wachstum in nachbaukrankem Boden eine ausgeprägte Dysbiose an der Wurzeloberfläche entwickelt. Von Dysbiose spricht man, wenn eine Bakteriengemeinschaft aus dem Gleichgewicht geraten ist.

Mit einem aktiveren und vielfältigeren Bodenleben ARD überwinden

Was nimmt die Pflanzenwurzel wahr, wenn sie in einem ARD Boden wächst und wie kann man mit einer vielfältigeren und aktiveren Bodenmikroorganismengemeinschaft gegensteuern, so dass die Pflanze weniger drastisch reagiert? Das gezielte Management der Mikroorganismengemeinschaft im Boden (= des Bodenmikrobioms), um ARD entgegenzuwirken, ist ein Forschungsansatz, dem die ORDIAMur Forscherinnen und Forscher nachgehen.

Wir wissen bereits, dass Pflanzenvielfalt auch die Diversität im Boden erhöht, da jede Pflanzenart und -sorte eine ganz spezifische Mischung von Nährstoffen in den Boden abgibt, die ganz spezifische nützliche Mikroorganismen anlockt.

Ein weiterer wichtiger Faktor für die Bodengesundheit ist die organische Substanz im Boden. Ihr Anteil und ihre Zusammensetzung beeinflussen unter anderem die Aktivität nützlicher Bakterien, die potentielle

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

Krankheitserreger in Schach halten können.

Chemische Wirkstoffe verzichtbar machen

Die Nachbaukrankheit soll also nicht durch chemische Mittel wie zum Beispiel Basamid-Granulat, sondern durch gezielte Modulation und Aktivierung des krankheitsunterdrückenden Potentials des Bodenmikrobioms begegnet werden.

Mögliche Bodenbearbeitungsmethoden, welche die Bodenbiodiversität fördern und damit die Pflanzengesundheit stärken können, sind beispielsweise vielfältige Fruchtfolgen, Gründüngung, Biofumigation, Biokohle oder Biostimulantien.

Jüngste Forschungsarbeiten zeigen, dass die Zusammensetzung der Mikroorganismen im Boden, ihre Vielfalt und Aktivität, entscheidend für die Pflanzengesundheit und das Pflanzenwachstum sind. Dass biotische Faktoren im Boden eine wichtige Rolle bei der Nachbaukrankheit spielen, wird seit langem vermutet, auch wenn abiotische Faktoren offensichtlich auch involviert sind. Das ist nicht überraschend, denn dass sich Bodentextur, pH-Wert, Wasserverfügbarkeit auf die Zusammensetzung der mikrobiellen Gemeinschaften im Boden auswirken, konnte anhand von DNA-Untersuchungen mit modernen Sequenzieretechniken in vielen Studien gezeigt werden.

Kornelia Smalla, JKI Braunschweig



Kornelia Smalla ist stellvertretende Leiterin des **Instituts für Epidemiologie und Pathogendiagnostik** am **Julius Kühn-Institut (JKI)** in Braunschweig. Seit mehr als zwei Jahrzehnten erforscht die mikrobielle Ökologin mit molekularen Methoden mikrobielle Gemeinschaften in der Rhizosphäre von Kulturpflanzen und interessiert sich dafür wie verschiedene abiotische und biotische Faktoren die Zusammensetzung und Dynamik des Rhizosphärenmikrobioms beeinflussen.

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung



Einblicke

Züchtung ARD-toleranter Unterlagen – eine Herausforderung

Eine sehr nachhaltige Möglichkeit der Apfelnachbaukrankheit zu begegnen wäre die Verwendung von toleranten Unterlagen. Deren Entwicklung ist jedoch eine Aufgabe, die viel Zeit und wissenschaftliche und züchterische Arbeit erfordern wird.

Vergleichende Untersuchung unterschiedlicher Apfelunterlagen auf ARD-belastetem (jeweils linke Pflanze, ARD+) und nicht belastetem Boden (jeweils rechte Pflanze, ARD-). Fotos: S. Reim (JKI)

Die Unterlage beeinflusst neben der Wuchsform und Wuchsstärke noch viele andere Merkmale, wie die Gesundheit des Baumes oder die Quantität und Qualität der Früchte. Eine gute Unterlage ist somit die

Voraussetzung für einen erfolgreichen Obstbau.

Standardunterlagen im Obstbau anfällig für die Nachbaukrankheit

Aber nicht jede Unterlage ist an alle Bodenverhältnisse angepasst und nicht jede Sorte harmoniert mit jeder Unterlage. Aus diesem Grund werden weltweit nur sehr wenige Standardunterlagen verwendet, die jedoch alle anfällig gegenüber der Nachbaukrankheit (englisch: Apple Replant Disease, ARD) sind. Das führt zu Problemen in den Baumschulbetrieben und im Erwerbsobstbau, wo die Produktivität einer Apfelanlage über den Zeitraum ihrer Nutzung infolge der Nachbaukrankheit um bis zu 50 Prozent absinken kann.

Tolerante Unterlagen ermöglichen es, dieses Problem zu verringern. Verschiedene internationale Züchtungsprogramme - wie das der Cornell Universität und des Landwirtschaftlichen Dienstes der Vereinigten Staaten (USDA) in Geneva oder das in Mičurinsk (Russland) - werben mit einer Reihe von toleranten und teilweise ARD-toleranten Unterlagen.

Züchtung toleranter Unterlagen ist eine Herausforderung

Wir haben eine Auswahl dieser neuen Unterlagen im Rahmen von ORDIAmur getestet und konnten die beschriebene Toleranz auf ARD-belasteten Böden aus verschiedenen Obstanlagen Deutschlands leider nicht bestätigen. Wir vermuten, dass hierfür ein anderes Erregerspektrum beziehungsweise eine anders zusammengesetzte Bodenorganismengemeinschaft verantwortlich ist.

Apfelwildarten und neue Züchtungen auf ARD-Toleranz prüfen

Um künftig auch für den deutschen Anbau geeignete ARD-tolerante Unterlagen bereitstellen zu können, wird im Rahmen von ORDIAmur eine Vielzahl verschiedener Apfelwildarten aus der Apfelwildartensammlung des Julius Kühn-Instituts (JKI) in Dresden-Pillnitz auf die Toleranz gegenüber der

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

Nachbaukrankheit getestet. Dafür werden Pflanzen der einzelnen Typen in eine Topfkultur überführt und dort vergleichsweise auf ARD-belastetem und nicht belastetem Boden kultiviert (**mehr zum Thema**).

Der Vergleich verschiedener Parameter, wie beispielsweise die Zunahme der Frisch- und Trockenmasse von Spross und Wurzel, gibt einen Hinweis darauf, inwiefern ein bestimmter Typ auf eine ARD-Belastung des Bodens reagiert. Bei einigen Pflanzen, die zu verschiedenen Apfelwildarten gehören, konnte in ersten Versuchen eine solche Toleranz gefunden werden (siehe Abbildung). Ob diese Toleranz auch in allen Anbauregionen Deutschlands beständig ist und wie sie vererbt wird, soll in weiteren Versuchen geklärt werden.

Im Rahmen des Projektes prüfen wir noch weitere neue Züchtungen der oben erwähnten Zuchtstationen in Russland und den USA sowie aus Großbritannien und Neuseeland darauf, wie sie auf die Nachbaukrankheit reagieren. Diese Unterlagen sind durch Kreuzung verschiedener Eltern entstanden. Das lässt vermuten, dass sie über unterschiedliche Mechanismen der Toleranz verfügen.

Die zu erwartenden Ergebnisse lassen den Rückschluss zu, ob und welche dieser Unterlagen für den deutschen Obstbau geeignet sind. Sollte keine dieser Unterlagen geeignet sein, bieten die toleranten Typen aus der Apfelwildartensammlung des JKI die Grundlage für ein gezieltes Unterlagenzüchtungsprogramm.

Henryk Flachowsky, JKI



Henryk Flachowsky ist Leiter des **Instituts für Züchtungsforschung an Obst** des **Julius Kühn-Instituts (JKI)** in Dresden. Er studierte Agrarwissenschaften mit Schwerpunkt Pflanzenzüchtung an der Martin-Luther-Universität in Halle-Wittenberg. Seit 2016 arbeitet er im **BonaRes**-Verbundprojekt **ORDIAmur** mit dem Arbeitsschwerpunkt der Untersuchung der genetischen Mechanismen der Toleranz von Apfelpflanzen gegenüber der Nachbaukrankheit.

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung



Die Expedition Erdreich ist die Mitmachaktion im Wissenschaftsjahr 2020|21 Bioökonomie. Bild: BMBF

BonaRes-Events

Expedition Erdreich – BonaRes macht Bürgerforschung!

Im Frühjahr 2021 startet die bundesweite Mitmachaktion "Expedition Erdreich – Mit Teebeuteln den Boden erforschen". Im Rahmen des Wissenschaftsjahres 2020|21 Bioökonomie werden Bürgerinnen und Bürger dazu aufgerufen, sich den Boden unter ihren Füßen einmal genauer anzuschauen um mit den gesammelten Bodendaten die Bodenforschung zu unterstützen.

Mit einfachen Versuchen bestimmen die Teilnehmenden wichtige Bodeneigenschaften wie pH-Wert und Zersetzungsrate. Die gesammelten Daten werden anschließend der Wissenschaft zur Verfügung gestellt.

Ziel der Aktion ist es, das Bodenbewusstsein und Bodenwissen in der Bevölkerung zu stärken und auf die Bedeutung der Böden für die Bioökonomie aufmerksam zu machen.

Außerdem will das Team der Expedition Erdreich der Frage nachgehen, inwieweit sich bürgerwissenschaftliche Ansätze in die Bodenforschung integrieren und bürgerwissenschaftlich erhobene Daten in der Forschung weitenutzen lassen.

Interessierte können sich ab sofort auf www.expedition-erdreich.de registrieren und ein Aktions-Kit bestellen.

In Vorbereitung auf die Aktion entstanden Lehr- und Arbeitsmaterialien für Schülerinnen und Schüler der Sekundarstufe II. Diese können ebenfalls über die Webseite bestellt oder als **barrierefreie PDF-Dokumente** heruntergeladen werden.

Die Expedition Erdreich ist eine Aktion des Bundesministeriums für Bildung und Forschung.

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung