

JAHRESBERICHT



2013
2014




Leibniz-Institut für Gemüse- und Zierpflanzenbau

Großbeeren/Erfurt e.V.
Theodor-Echtermeyer-Weg 1
D-14979 Großbeeren
Telefon +49 (0) 33 701 / 78131
Fax +49 (0) 33 701 / 55391
igzev@igzev.de · www.igzev.de

Herausgegeben vom Leibniz-Institut für Gemüse- und Zierpflanzenbau Großbeeren/Erfurt e.V., 2015

Mit Förderung durch die Bundesrepublik Deutschland, das Land Brandenburg und den Freistaat Thüringen
Mitglied der Leibniz-Gemeinschaft

Wissenschaftlicher Direktor: Prof. Dr. habil. Eckhard George

Redaktion: Linda Holzgreve, Monika Grohmann

Gestaltung: Barbara Kloth, Hamburg

Druck: Druckhaus Berlin Mitte

Fotos: IGZ, Gunter Klötzer, Barbara Kloth, Eva Piontek

ISSN: 2191-7531



Eckhard George
Wissenschaftlicher Direktor
IGZ

Liebe Leserinnen und Leser,

die Probleme der Welt und unsere Lebensumstände scheinen sich immer rascher zu wandeln und immer bedrohlicher zu werden. Krisen in der Wirtschaft und der Politik, der Klimawandel, der Verlust von Arbeitsplätzen und von gewohnten Sicherheiten drohen. Ist es in solchen Zeiten noch gerechtfertigt, sich wissenschaftlich mit Gemüse und Zierpflanzen zu beschäftigen? Ist Gartenbau nicht eher eine Nebensache, ein Zeitvertreib?

Für viele von Ihnen, liebe Leserinnen und Leser dieses Jahresberichts, sind Gemüse, Blumen und Arbeit im Garten tatsächlich vor allem angenehme Themen. Es geht um Arbeiten mit den eigenen Händen, das Erleben natürlicher Zusammenhänge, gutes und geschmackvolles Essen und nicht zuletzt um Lebensfreude. Ich kenne kaum ein anderes Thema, das so viel Zuneigung erfährt, über alle Altersstufen oder Unterschiede im kulturellen Hintergrund hinweg. Und es gibt kaum ein Gebiet auf der Erde, bei dem Gemüse und auch Zierpflanzen nicht eng mit dem Leben der Menschen verbunden sind.

Unsere Themen haben aber auch eine andere Seite. Gemüse tragen mit Ihren Mineralelementen, Vitaminen und anderen Inhaltsstoffen zu einer ausreichenden und gesunden Ernährung bei, wenn sie erfolgreich angebaut, geerntet und gelagert werden können. Zierpflanzen finden überall einen Markt und können in wenig entwickelten Ländern ein Einkommen auch für Familien ohne Zugang zu großen Ländereien sichern. In anderen Gegenden der Welt ist Gartenbau eine spannende Mischung aus neuester Technik und dem Verständnis für Biologie und Umwelt.

Es gibt also wohl nicht nur Millionen, sondern vielleicht sogar über eine Milliarde Gärtner auf der Erde. Vieles im Gartenbau ist Tradition, vieles wird neu ausprobiert. Für uns ist es eine spannende Aufgabe, die Hintergründe zu verstehen. Welche molekularen Mechanismen sind für die Abwehr einer Krankheit durch eine Pflanze verantwortlich? Wie können wir neue Erkenntnisse über die Bedeutung von Biodiversität für den Pflanzenbau nutzen? Welche Methoden sind nicht nur kurzfristig ertragreich, sondern auch nachhaltig? Warum ist Gemüse eigentlich so gesund?

Wir hoffen, dass unsere wissenschaftliche Arbeit nicht nur beim Verstehen hilft oder vor Gefahren mahnt, sondern auch Lösungen anbieten kann. Das ist in einer komplexen Welt nicht so einfach. Deswegen diskutieren wir alle unsere Ideen immer mit Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern anderer Fachgebiete, mit Praktikern, und gerne auch mit Ihnen. Wir wollen ein Institut der offenen Türen sein.

Zur Abbildung auf der Titelseite:

Die auf dem Titel gezeigten Blätter gehören zu einer fleischfressenden Pflanzenart aus der Gattung der Schlauchpflanzen (*Sarracenia*). Sie sind in ihrem Bestand stark gefährdet, da ihre natürlichen Habitate entlang der Ostküste Nordamerikas durch menschliche Einflüsse immer mehr verdrängt werden und ihre zu Fangorganen umgebildeten Blätter zudem für Schnittblumensträuße sehr beliebt sind. Da sie im Vergleich zu anderen exotischen Zierpflanzen recht anspruchslos in der Kultur sind, erfreuen sich die Schlauchpflanzen weltweit großer Beliebtheit als Zierpflanzen. Je nach Art und Form können sie unterschiedlichste Schlauchformen sowie -färbungen ausbilden. Allerdings wachsen sie aufgrund ihrer ökophysiologischen Anpassungen nur langsam, sodass bis zum Erreichen der Blühreife mindestens fünf Jahre vergehen. Daher sind sowohl aus umweltschutzpolitischen als auch wirtschaftlichen Interessen Fragestellungen zur Biologie dieser Pflanzen – wie Nährstoffaufnahme, Stoffwechselwege, möglichen Symbiosen – zu beleuchten, um Möglichkeiten zu Verbesserungen in der Produktion zu ergründen.

Bitte sehen Sie sich unseren aktuellen Jahresbericht an, der gerade vor Ihnen liegt. Vielleicht verstehen Sie dann, warum wir so gerne an unserem Institut arbeiten. Für uns sind Gemüse- und Zierpflanzen faszinierende Objekte der Forschung.

Das IGZ ist Mitglied in der Leibniz Gemeinschaft (WGL; www.wgl.de). Wir haben zwei große Standorte (Großbeeren nahe Berlin und Erfurt) und organisieren unsere Arbeit in Schwerpunkten, die sich in vier große Programmbereiche gruppieren. Für aktuelle Berichte und Hintergrundinformation können Sie gerne mit uns in Kontakt treten oder unsere Internetinformation (www.igzev.de) nutzen.

Ich möchte mich bei den Mitgliedern unseres Wissenschaftlichen Beirats (unter Vorsitz von Prof. Georg F. Backhaus) und unserer Mitgliederversammlung (unter Vorsitz von Dr. Claudia Herok) ganz besonders herzlich für Ihre Unterstützung und kritische Begleitung bedanken. Unsere Zuwendungsgeber (Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft; Brandenburger Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kultur; Thüringer Ministerium für Umwelt, Energie und Naturschutz) geben uns einen überzeugten und auch herausfordernden Rückhalt für unsere Arbeiten, inhaltlich und auch finanziell.

Wir freuen uns über alle Anregungen, Kritik und Verbesserungsvorschläge für unsere Arbeit. Wir sind davon überzeugt, dass wir uns mit spannenden Themen beschäftigen und unsere Arbeit eine gute Investition in die Zukunft ist. Wenn Sie unsere Themen weiterverfolgen wollen, wenden Sie sich bitte direkt an die Autoren oder gerne auch an mich.



Eckhard George
Wissenschaftlicher Direktor
IGZ



Dear readers

The problems of the world and our living conditions appear to change more rapidly than ever before, and to become more threatening. Economic and political crises, climate change, and the loss of jobs and security dominate our daily discussions. At such times, is it worthwhile and justified to do research on vegetables and ornamental plants? Is horticulture not merely a side issue, mainly a pastime?

I believe that for many of you, the readers of this annual report, vegetables, flowers and garden work are in fact rather pleasant topics. It's about working with our own hands, experiencing nature, good and tasty food, and not least about the joy of living. I know of no other topic that is met with so much affection, across all ages or differences in cultural background. And there is hardly any region in the world where vegetables and ornamental plants are not very close to people's daily lives.

Our subjects also have another, perhaps more serious side. Vegetables contribute their mineral elements, vitamins and secondary compounds to an adequate and healthy diet. However, this is true only if they can be cultivated, harvested and stored successfully. Ornamental plants have a market almost everywhere and can in less developed countries secure an income for families without access to large areas of land. In other more developed parts of the world, professional horticulture is an exciting blend of modern technology and the understanding of biology and the environment.

There are probably more than a billion gardeners on our planet. Much in horticulture is about tradition and local experience. We at the IGZ strive to understand the principles behind these traditions and practices. Which molecular mechanisms are responsible for a plant's fight against a disease? How can we use new knowledge about the importance of biodiversity to improve crop production? Which cultivation systems are not only profitable in the short-term but also sustainable? Why is it actually that vegetables are so nutritious?

We hope that our scientific work not only contributes to understanding plant and environmental interactions but also helps to define inherent limitations and potential cul-de-sacs. We would like to participate in the development of solutions. This is not so simple in a complex world. Therefore, we always discuss our ideas with scientists from other fields of knowledge and with practitioners – and we are happy to discuss with you. We like to be an institute with open doors.

Please take a look at this booklet, our annual report. We hope that it will inspire you to share our passion for horticulture and our place of work. The IGZ is a member of the Leibniz Association (WGL; www.wgl.de). We are located on two sites (Großbeeren close to Berlin, and Erfurt) and organise our work into four Research Domains that we feel most efficiently address the current challenges of modern horticulture. You can find examples of our activities in this report. We enjoy being an international institute. I apologise that most of the text in this report is in German, but you will find English summaries at the end of the booklet. Please also consult our website (www.igzev.de) for more information. If you have specific questions, please feel free to contact us directly.

I would like to take this opportunity and express my gratitude to the members of our Science Advisory Board and of our General Assembly as well as to the members of the evaluation committee that will critically look at our work in 2015. I thank our many supporters working in horticultural production, in consumer groups and in other scientific institutions. I would also like to thank the state and federal ministries for their continued funding.

Any feedback on this report is welcome. We are convinced that our work is a long-term investment in the future. Good horticultural research is complex and scientifically demanding, but in turn directly benefits people and the environment. Please do not hesitate to contact me, or any of the authors of this report, if you are interested in following up on our activities.


Eckhard George
Scientific Director
IGZ



**1. Gartenbau-
praxis und
urbaner
Gartenbau**



**2. Nutzung
biologischer
Systeme im
Gartenbau**



**3. Gartenbau,
Umwelt
und
Verbraucher**



**4. Globale
Änderungen
und
Gartenbau**



Inhaltsverzeichnis

Vorwort	3
Introduction	5
Veranstaltungen, Ereignisse, Besuche	10

1. Gartenbaupraxis und urbaner Gartenbau

Unsere Forschung und unser Wissen sollen zur Lösung aktueller Probleme im deutschen, europäischen und internationalem Gartenbau beitragen. Dabei geht es vor allem um Aspekte des gewerblichen Gartenbaus von energieeffizienten Gewächshäusern über die erleichterte Vermehrung von Jungpflanzen bis zur umweltgerechten Düngung im ökologischen Gemüsebau. Zunehmend beschäftigen wir uns auch mit gartenbaulichen Fragen, die Bedeutung für urbane Räume haben.

1.1 Wissenstransfer unserer Forschungsergebnisse in die Praxis

Beispiel Zier- und Heilpflanzenanbau	S. 16
Beispiele Gemüsebau	S. 18

2. Nutzung biologischer Systeme im Gartenbau

Wir wollen biologische Regelungssysteme so gut verstehen, dass dieses Verständnis für neue Verfahren und Techniken im Gartenbau genutzt werden kann. Auf dieser Grundlage soll der Gartenbau der Zukunft umweltfreundlich und nachhaltig, aber auch effizient und arbeitssparend sein. Dazu beobachten wir biologische Regelungssysteme in der Pflanze, aber auch Interaktionen zwischen Pflanzen, deren Umwelt und anderen Organismen. Diese Organismen können die Funktion der Pflanzen einschränken oder stärken. Ziel der Arbeiten ist unter anderem die Erhaltung der genetischen Vielfalt der im Gartenbau genutzten Pflanzen. Mit unserer Forschung wollen wir auch dazu beitragen, dass Pflanzen im Gartenbau widerstandsfähig und gesund sind.

2.1 Überleben auf der Fensterbank und im Gewächshaus	S. 20
2.2 Forschung für die Samen- und In-vitro-Vermehrung	S. 25
2.3 Der Einfluss der Bodenart auf die Rhizosphärenkompetenz bakteriellen Mikroorganismen	S. 28
2.4 Zwei, drei oder vier: Ploidiemutationen in der Züchtung von Sommerheide	S. 32
2.5 Wenn Pilze gegen Pilze helfen – Mykorrhiza-induzierte Resistenz	S. 36
2.6 Wie Pflanzen krank werden	S. 39

3. Gartenbau, Umwelt und Verbraucher

Viele Menschen stehen dem Gartenbau und seinen Produkten ausgesprochen positiv gegenüber. Das hat gute Gründe, denn Gartenbau ist eng mit menschlicher Gesundheit und menschlichem Wohlbefinden verbunden. Mit unseren Partnern aus Ernährungswissenschaft und Medizin beginnen wir gerade erst, die heilsamen Wirkungen der vielen Inhaltsstoffe unserer Gemüse zu verstehen. Gartenbau ist aber auch intensive Landnutzung. Mit modernster Technik messen und bewerten wir mögliche Umweltschäden durch bestimmte Anbaumethoden des Gartenbaus, und schlagen Alternativen vor.

3.1 UV-B – ein bedeutender Regulator des sekundären Pflanzenmetabolismus	S. 40
Indigenes afrikanisches Blattgemüse – ein Beitrag zur verbesserten Ernährung	S. 43
3.2 Prächtigen Farben und Düften aus Carotinoiden auf der Spur	S. 44
3.3 Ernterückstände: Ein Hotspot für hungrige mikrobielle Stickstoff-Emittenten	S. 46

4. Globale Änderungen und Gartenbau

Unsere Umwelt ist variabel. Schon immer haben Gärtner mit unvorhersehbaren Wetterereignissen zu kämpfen gehabt. Nun beeinflussen auch langfristige Umweltrends unsere Überlegungen. Forschung zum Gartenbau, aber auch Handel und Erzeugung von gärtnerischen Produkten finden im globalen Austausch statt. Wir wollen den Einfluss von Klimaschwankungen auf Wachstum und Qualität von Gemüse und Zierpflanzen nicht nur beschreiben, sondern auch verstehen. Wir wollen Elementkreisläufe auf verschiedenen Skalen, von der Rhizosphäre bis zum globalen Nährstoffzyklus, miteinander verbinden. Ziel ist ein zukunftssicherer Gartenbau, bei dem sowohl lokales Wissen als auch eine globale Perspektive zu Geltung kommen.

4.1 Zukunfts Initiative Niedrig Energie Gewächshaus (ZINEG) – gestern, heute, morgen	S. 50
4.2 Internationale Projekte mit Chile und Ägypten	S. 54

Abstracts	56
Aufsätze referiert / Scientific papers, reviewed	62
Promotionen	68
Gartenbau, Pflanze und Mensch / Aufgaben des Instituts	70
Horticulture, plants, and people / Tasks of the institute	72
Personal und Aufbau des Instituts / Staff and organization of the institute	74
Organe des Instituts / Bodies of the institute	75

Veranstaltungen, Ereignisse, Besuche

GROSSPHYTOTRON IN BETRIEB GENOMMEN

• Nach einem Jahr Bauzeit war es endlich soweit: Das neue Großphytotron des IGZ konnte am 13. Juni 2014 feierlich eröffnet werden. Das grüne Band durchschneidet die Ministerin des MWFK Brandenburg, Prof. Sabine Kunst, und auch der Präsident der Leibniz-Gemeinschaft, Prof. Dr. Karl Ulrich Mayer, besuchte zu diesem Anlass das Institut.

Das Phytotron ist eine Anlage zur Kultivierung von Pflanzen unter geregelten Umgebungsbedingungen. Das Kernstück bilden Gaswechselgewächshäuser, die es ermöglichen, die Spross- und Wurzelumgebung von Pflanzen getrennt zu klimatisieren und dabei den Gaswechsel der Pflanzen und der mit ihnen verbundenen Mikroorganismen genau zu bestimmen. Untersuchungen zur Photosynthese von kompletten Pflanzen und ganzen Pflanzenbeständen haben in Großbeeren eine lange Tradition. Bereits in den 1970er Jahren wurden hier entsprechende Anlagen entwickelt und betrieben. Im Gegensatz zu den in der Pflanzenforschung meistens angewendeten Methoden wird der Gaswechsel im neuen Phytotron nicht zeitlich begrenzt und an einzelnen Blättern erfasst, sondern kontinuierlich an kompletten Beständen, und zwar getrennt für die ober- und unterirdischen Pflanzenteile gemessen. Besonders im unterirdischen

Bereich, in den Wurzeln und in deren Umgebung, sind noch viele Fragen offen. Hier basiert die CO₂-Freisetzung des Wurzelraums auf der Atmung der Pflanzenwurzeln und der Stoffwechselaktivität der Mikroorganismen. Aber auch andere Gase, wie Lachgas, Ammoniak und Methan können hier entstehen. Zur Erforschung dieser Prozesse eröffnet die neue Anlage ganz neue Möglichkeiten. Das ist nicht nur innerhalb der Pflanzenforschung relevant, sondern lässt auch Rückschlüsse und Prognosen zum Klimawandel zu, da die Prozesse im Wurzelraum für die Freisetzung von klimarelevanten Gasen in der Landwirtschaft verantwortlich sind. Zur Vorbereitung auf entsprechende Versuche ab Mitte 2015 werden zurzeit ausgiebige Geräte- und Pflanzentests durchgeführt.

Die Gefäßversuchsanlage ist für Versuche in Gefäßen unter Freilandbedingungen konzipiert, bei denen der Einfluss von Vögeln und natürlichem Niederschlag ausgeschlossen werden muss. Sie hat ein mit UV-B-durchlässigem Glas eingedecktes Dach und die Seitenwände bestehen zum Zweck einer maximalen Belüftung nur aus Drahtgitter.

Im Klimakammergebäude sind sechs begehbare Klimakammern mit je 10 m² Grundfläche und sechs Klimaschränke mit je 1 m² Versuchsraumfläche aufgestellt.

Sofort nach der Übergabe und vor dem ersten Versuch werden alle Funktionen der neuen Klimakammern gründlich überprüft. UV-Schutz ist wichtig bei Arbeiten in den Kammern.

Prof. Sabine Kunst, Ministerin für Wissenschaft, Forschung und Kultur des Landes Brandenburg schneidet das grüne Band durch und eröffnet das neue Großphytotron.



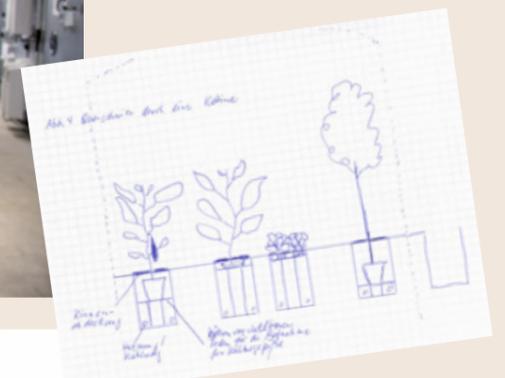
Die Gefäßversuchsanlage war sofort nach ihrer Fertigstellung eine ausgebautete Versuchseinrichtung.



Die acht identisch ausgerüsteten Gaswechselgewächshäuser mit je vier getrennt regelbaren Wurzelraumsegmenten bilden das Kernstück des Großphytotrons (oben).

Sowohl die acht Kabinen als auch die 32 Wurzelraumsegmente werden über die technischen Einrichtungen im Keller mit allen Medien versorgt (Mitte).

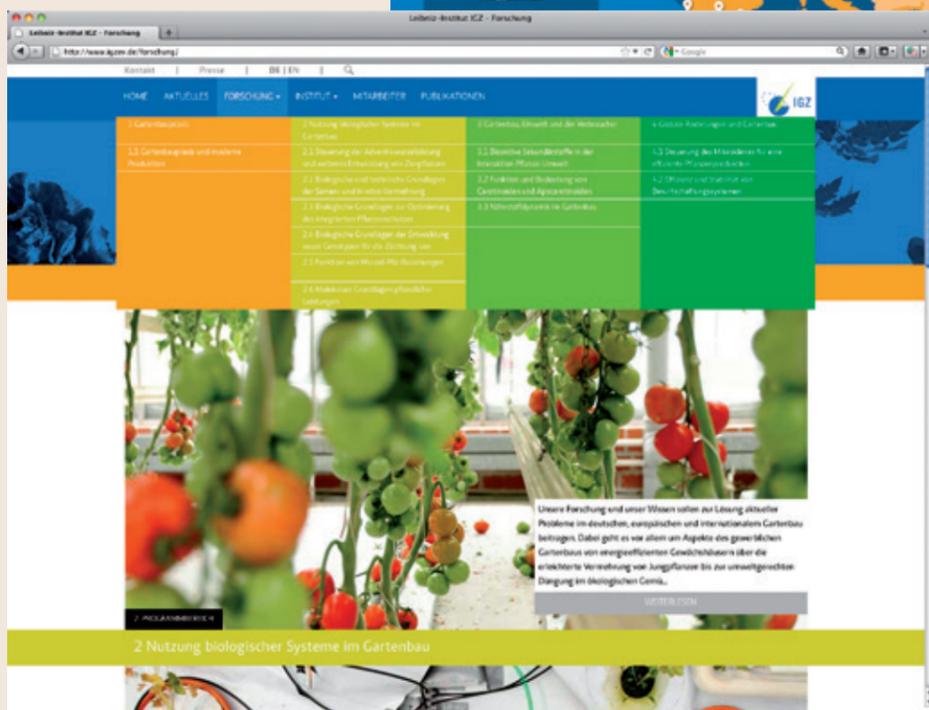
Die Skizze zeigt erste Gedanken zum Entwurf dieser Anlage aus dem Jahr 2010.



Gewächshauskabine zur Messung der Photosynthese an Pflanzenbeständen aus dem Jahr 1973.

WWW.IGZEV.DE

• Man sagt, was lange währt, wird endlich gut. Das mag oft stimmen, manchmal ist es aber auch so, dass was lange währt irgendwann mal erneuert werden muss. So haben wir im Sommer 2014 unsere alte Webseite abgeschaltet und präsentieren uns auf igzev.de seither nicht nur in neuer Optik, sondern auch mit neuen Inhalten. Eine systematische Darstellung unserer Themen, kräftige Farben und umfangreiches Bildmaterial sollen unsere Forschungsarbeit leichter zugänglich machen – und auch technisch hat sich einiges verändert: So mussten unsere individuell programmierten, aber nicht gerade intuitiv bedienbaren Datenbanken einem standardisierten Redaktionssystem weichen. Der Relaunch selbst hat übrigens auch länger gewährt als erwartet. Ob am Ende alles gut geworden ist? Schauen Sie selbst!



GRÜNE WOCHEN

• Die Internationale Grüne Woche ist ein fester Termin im IGZ-Kalenderjahr. 2013 präsentierte sich unser Institut mit dem Thema „Mikrowelten – an und in der Pflanze“ und erläuterte Besucherinnen und Besuchern an einem Model zur Keimung von mono- und dikotylen Pflanzen sowie Koniferen und einem Model der

Wurzelspitze sowie an verschiedenen Kräutern und Salaten die Interaktion zwischen Mikroorganismen und Pflanzen sowie deren Auswirkungen auf Pflanzenwachstum und -gesundheitswert. Im Begleitprogramm zur IGW 2013 wurde von der Senatsarbeitsgruppe Biodiversität auch unter Beteiligung unseres Institutes

eine Podiumsdiskussion zum Thema „Biodiversitätsforschung für lebenswerte ländliche Räume“ durchgeführt.

2014 war das IGZ mit dem Beitrag „Temperaturprognose – Service für den Frühgemüseanbau im Freiland“ vertreten. Am Beispiel von Kohlrabi und Kopfsalat wurde auf einem Modellbeet gezeigt, welche verschiedenen Abdeckvarianten für den Frühgemüseanbau es gibt, mithilfe animierter Computerdaten wurde zudem erläutert, wie sich aufgrund der unterschiedlichen Abdeckungen der CO₂-Gehalt verändert. Auch das WeGa-Projekt „Qualitätsparameter und Inhaltsstoffe bei Brassica-Gemüse“ war in der BMEL- Sonderschau-Halle mit dem Thema „Verbraucher und Landwirtschaft – Gemeinsame Verantwortung für Mensch, Tier und Umwelt“ vertreten. Präsentiert wurde neben der in WeGa entwickelten Metasuchmaschine für den Gartenbau (WiTA) unser Exponat „Blauer Folienrahmen zur selektiven Lichtapplikation“.



IGZ-Stand auf der Grünen Woche 2014.

„TELTOUER ECHE“ – DIE AM IGZ ENTWICKELTE TELTOUER RÜBCHENSORTE WURDE AUF DER GRÜNEN WOCHEN 2015 VORGESTELLT

• Das Teltower Rübchen ist eine alte Brandenburgische Spezialität. Nach Jahrhunderten, in der sie vor allem als „Arme-Leute-Zubrot“ diente, entwickelte sie sich ab dem 17. Jahrhundert zum Stolz der Teltower Ackerbürger. Johann Wolfgang von Goethe oder Immanuel Kant schätzten die Rübchen und machten sie berühmt.



Beinahe in Vergessenheit gerieten die Rübchen aber bis zur deutschen Wiedervereinigung. Erst durch den erwachenden Trend hin zu authentischen, regionalen Produkten besann man sich zurück. Zunächst war noch als einzige Sorte die „Teltower Kleine“ von Hild zu haben, doch 2008 lief auch deren Zulassung aus.

Zu kulturellem Wert und Anbauwürdigkeit bescheinigte schließlich das zuständige Landesamt: „... die Sorte überzeugt durch die besondere Merkmalskombination von typischer Rübenform kombiniert mit hohen Gehalten an gewünschten Inhaltsstoffen und einem für Speiserüben aus dieser Region authentischen Geschmack...“. Die Zulassung erfolgte im Januar 2014.

Mithilfe mehrerer Drittmittelprojekte konnten am IGZ jahrelange Selektion, Anbau- und sensorische Authentizitätsprüfungen vorgenommen und schließlich die Sortenzulassung der „Teltower Echten“ als Erhaltungssorte beim Bundessor-

tenamt beantragt werden. Auf der Grünen Woche 2015 in Berlin wurde nun in einem historischen Ambien-

te ein Märkisches Rübchenfeld präsentiert. Der Stoppelacker verdeutlicht, dass das kleine Rübchen als Nachfrucht zu Getreide mit wenigen Nährstoffen auskommt. Die Rübchenpflanzen sind in unterschiedlichen Wachstumsstadien zu sehen. Als Beispiel zeigen historische Erntehilfen einerseits, wie beschwerlich die Ernte der Rübchen war, andererseits vermitteln alte Transportbehälter, welche Wertschätzung die Rübchen erhielten, um unbeschadet beim Kunden anzukommen.

Verfolgt werden konnte der Werdegang dieser regionalen Besonderheit vom Samenkorn bis zur Spezialität auf dem Speiseteller. Besucher erhielten Informationen zu Inhaltsstoffen und deren Gesundheitswirkung. Rezepte vermitteln die Vielfalt der Zubereitungsmöglichkeiten. Natürlich konnte man vor Ort die echten Rübchen kosten und Saatgutproben bekommen.

7TH INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON ROOT DEVELOPMENT VOM 15. – 19. SEPTEMBER 2014 IN WEIMAR WWW.ROOTING2014.ORG

Die Arbeitsgruppe „Steuerung der Adventivwurzelbildung und (der) weiteren Entwicklung von Zierpflanzen“ am IGZ richtete unter Mitwirkung eines internationalen Komitees das 7. Internationale Symposium zur Wurzelentwicklung aus. Das Symposium wurde von der DFG und zehn Unternehmen der Privatwirtschaft gefördert.

• Unter dem Motto „at the crossroads of genome, environment & technology“ trafen sich 89 Wissenschaftler und Wissenschaftlerinnen aus 25 Ländern im Congress Centrum in Weimar, um neueste Methoden, Forschungsergebnisse und Hypothesen zur Steuerung der Primär-, Seiten- und Adventivwurzelentwicklung zu diskutieren.

Thematische Schwerpunkte waren

- die genetische und hormonelle Kontrolle der Zellprogrammierung und Zelldifferenzierung,
- die Steuerung der Wurzelentwicklung durch Umweltfaktoren,
- die Kompetenz zur Wurzelbildung in Abhängigkeit von Genotyp, Pflanzenentwicklung und -konditionierung
- sowie neue Verfahren der Analyse und Kontrolle der Wurzelentwicklung.

Unter den insgesamt 43 Vorträgen und 35 Posterbeiträgen bildeten sechs Plenarvorträge von Dr. Karin Ljung (Umeå Plant Science Centre, Schweden), Prof. Sabrina Sabatini (Sapienza Università di Roma, Italien), Prof. Gloria Muday (Wake Forest University, USA), Prof. Lorenzo Lamattina (Universidad Nacional de Mar del Plata, Argentinien), Prof. Nicolaus von Wirén

Teilnehmer und Teilnehmerinnen des 7th International Symposium on Root Development



(Leibniz-Institut für Pflanzengenetik und Kulturpflanzenforschung, Deutschland) und Dr. Guido Grossmann (Ruprecht-Karls-Universität Heidelberg, Deutschland) besondere Höhepunkte. In der Abschlussrunde wurde unter anderem die zunehmende Möglichkeit der Genomsequenzierung als großes Potenzial eingeschätzt, die Steuerung der Wurzelentwicklung zukünftig bei Nutzpflanzen in ähnlicher Tiefe analysieren zu können wie dies bisher überwiegend bei der Modellpflanze *Arabidopsis* geschehen ist. Die Übertragung der an Modellpflanzen erzielten Erkenntnisse auf das breite Spektrum an Nutzpflanzen, die aufgrund der hohen Plastizität der Wurzelbildung notwendige Berücksichtigung der realen Wurzelumwelt und die Integration der hohen Datenmengen in systembiologische Gesamtkonzepte wurden als große Herausforderungen für die Zukunft eingeschätzt. Das anspruchsvolle und zugleich thematisch vielfältige Tagungsprogramm, der exzellente Rahmen des Congress Centrum und der Stadt Weimar und nicht zuletzt die große Begeisterung der Teilnehmer und Teilnehmerinnen von fünf Kontinenten bereiteten einen hervorragenden wissenschaftlichen Austausch und eine Atmosphäre, die den Organisatoren noch lange in Erinnerung bleiben wird.



TAG DER OFFENEN TÜR

• Wie jedes Jahr hieß das IGZ auch 2013 und 2014 wieder Besucherinnen und Besucher zum Tag der offenen Tür willkommen. Es gab laufende Versuche zu besichtigen und die Gelegenheit, über aktuelle Forschungsfragen ins Gespräch zu kommen. So wurden der Öffentlichkeit 2013 beispielsweise mit AGRICOM, ZINEG und dem Geophilus bedeutende Projekte vorgestellt und 2014 gehörte eine Führung durch das neu eröffnete Phytotron zu den Highlights des Tages.

Direktor Eckhard George, Kerstin Bieler (Mitte) und Monika Grohmann kurz vor dem Öffnen der Türen.



FASCINATION OF PLANTS DAY

• Der Aktionstag Fascination of Plants Day wird regelmäßig von der European Plant Science Organisation (EPSO) ausgerollt und es beteiligen sich Institutionen rund um den Erdball mit unterschiedlichen Aktivitäten und Angeboten, um auf die Bedeutung von Pflanzen und Pflanzenwissenschaften aufmerksam zu machen. Das IGZ lädt am Internationalen Tag der Pflanze traditionell Kindergärten und Schulklassen ein, das Institut zu besuchen und sich spielerisch mit der Welt der Pflanzen zu beschäftigen.

Ob selber topfen oder nur gucken – am IGZ gibt es immer Neues zu entdecken.



TAG DER JUNGEN WISSENSCHAFT

• Der Tag der jungen Wissenschaft hat am IGZ bereits eine lange Tradition. Er gibt einen Überblick über die große Vielfalt interessanter Themen, die vom wissenschaftlichen Nachwuchs am IGZ bearbeitet werden. Die Bandbreite hat sich dabei in den vergangenen zwei Jahren deutlich vergrößert.

Joss Friedrich Kurz und Michael Bitterlich präsentieren ihre Forschungsthemen.



1.1 Gartenbaupraxis und Produktion

Die Ergebnisse der Forschungsarbeiten aller Schwerpunkte des IGZ und das vorhandene Wissen tragen zur Lösung aktueller Fragestellungen im Gartenbau und in angrenzenden Bereichen bei. Die Aufgabe dieses Schwerpunktes liegt in der Bündlerfunktion zum Transfer aktueller praxisrelevanter Ergebnisse in die Bereiche gärtnerische Produktion, Verarbeitung und Handel. Eigene Projekte werden deshalb nur in Ausnahmefällen durchgeführt.

Wissenstransfer unserer Forschungsergebnisse in die Praxis

Beispiel Zier- und Heilpflanzenanbau

ROLAND KADNER

● Vegetative Vermehrung von *Symphytum officinale* L.

Die Gattung *Symphytum* (Beinwell) gehört der Familie der Boraginaceae an und umfasst ca. 35 Arten. Die Pflanze stammt aus Osteuropa und Asien und ist mittlerweile in ganz Europa und Nordamerika weit verbreitet. Beinwell ist eine Heilpflanze und enthält viele Inhaltsstoffe, die schon seit dem Mittelalter von medizinischem Interesse sind – beispielsweise Allantoin, Phenolcarbonsäuren (unter anderem Salicylsäure, Kaffeesäure), Rosmarinsäure sowie 16 Aminosäuren und verschiedene Zuckerkomponenten. Allantoin hat eine wundheilende Wirkung und fördert die Geweberegeneration, die Schleimstoffe wirken reizlindernd und Rosmarinsäure besitzt eine entzündungshemmende Aktivität.

Eine Droge aus Beinwellkraut und Beinwellblättern wirkt entzündungshemmend und eine Droge aus Beinwellwurzel und -blättern wirkt zusätzlich antimittisch (die Zellteilung hemmend) und fördert die Kallus-Bildung (Verhärtung der Haut, Knochenschwulst). Erhältlich sind das getrocknete (oder pulverisierte) Material, alkoholisch-wässrige Extrakte, der Presssaft aus frischen Pflanzen und verschiedene Gele. Salben enthalten zwi-

schen fünf und 20 % getrocknetes Kraut oder Wurzel oder 30-35 % Fluidextrakt.

Bereits 2007 wurde festgestellt, dass der Bedarf an Rohmaterial für Beinwell-Drogen in Deutschland nicht gedeckt ist, daher wird Beinwell importiert. Um von derartigen Importen unabhängiger zu werden, müsste *Symphytum* vermehrt ange-

Wünschenswert ist eine Sorte ohne Pyrrolizidinalkaloide

baut werden. Da die Pflanze neben Heilstoffen auch unerwünschte Inhaltsstoffe wie Pyrrolizidinalkaloide enthält, die zwar blutstillend, aber gleichzeitig lebertoxisch, karzinogen und mutagen sein können, wäre es in diesem Zusammenhang wünschenswert, eine Sorte anzubauen, die keine Pyrrolizidinalkaloide enthält. Um dies zu erreichen, eignet sich ausschließlich die vegetative (ungeschlechtliche) Vermehrung. Sie gewährleistet, dass die wirksamen Eigenschaften der Pflanze Bestand haben. Im Rahmen eines von der Praxis finanzierten Drittmittelprojektes wurden alle bekannten Arten der vegetativen Vermehrung von *Symphytum* (Teilstecklinge Blütenstiel, Blattstecklinge, Blattteilstecklinge, Kopfstecklinge, Teilung und Wurzelstecklinge) auf ihre Eig-

nung für ein rationelles Vermehrungsverfahren geprüft. Nur die Vermehrung über Wurzelstecklinge ermöglichte in kurzer Zeit eine hohe Vermehrungsrate. Dazu wurden von getopften Mutterpflanzen aus einem Gewächshaus im April und im Juli Wurzelstecklinge in einer Länge von 1,0, 2,0 und 3,0 cm und einer Dicke von <0,5, 0,5, 1,0 und 1,5 cm geschnitten und in 9-cm-Töpfen bewurzelt.

Im Ergebnis zeigte sich, dass infolge des hohen Regenerationsvermögens entgegen der bisherigen Praxis auch sehr kleine Wurzelstecklinge gut bewurzeln.

Nach 42 Tagen Bewurzlungszeit entwickelten sich aus Wurzelstecklingen ab einer Länge von 2,0 cm und einer Dicke von 0,5 cm zu 100 % feldpflanzfähige Jungpflanzen. Selbst 1,0 cm lange Wurzelstücke bewurzeln ab einer Dicke von 0,5 cm noch zu 87 %. Durch eine horizontale oder vertikale Lage des Wurzelstecklings wurde die Bewurzelung nicht beeinflusst. Aus den Ergebnissen der Arbeit kann eine optimierte Methode zur vegetativen Vermehrung abgeleitet werden. Größe der Wurzelteile, notwendige Kulturbedingungen und mögliche Ausbeuten konnten ermittelt werden und sind damit die Grundlage für den Aufbau von größeren Feldbeständen von Beinwell in Deutschland. ●



Symphytum-Mutterpflanze vor der Entnahme der Wurzelstecklinge

Symphytum-Jungpflanze 4 Wochen nach dem Stecken des Stecklings

Blühende Einzelpflanze von *Symphytum officinale*



Beispiele Gemüsebau

CARMEN FELLER

Anpassung der N_{min} -Sollwerte im Rahmen der Novellierung der Düngeverordnung

Die Düngebedarfsplanung für Stickstoff basiert auf N_{min} -Sollwerten, die ursprünglich in Versuchen und später kalkulatorisch für eine Vielzahl an Gemüsearten und Kulturverfahren entwickelt wurden. Für die Multileaf-Salate (Abb. 2 •) als neue Sortentypen erfolgte die Ermittlung der Grunddaten zur Sollwertkalkulation im Rahmen einer Bachelorarbeit an der der Beuth Hochschule für Technik Berlin. Für die grünen Salanovatypen wurde ein Sollwert von 140 kg N/ha und für die roten von 90 kg N/ha bestimmt.

Diese Daten fließen in das vom IGZ entwickelte und aktualisierte Expertensystem N-Expert – 4.1.0 (Abb. 1 •) ein und werden über die Homepage des IGZ den Anbauern und Beratern zur Verfügung gestellt.

Nährstoffmangel bei Spargel

Die häufig in der Sekundärliteratur und in der Praxis diskutierten Mg- und Bor-Mangelsymptome bei Spargel und deren Erscheinungsbild sind selten mit Analysen von Pflanzenmaterial belegt. Über eine Drittmittelfinanzierung der Lebosol® Dünger GmbH wurden Untersuchungen zu Nährstoffgehalten bei Spargel durchgeführt und Nährstoffmangelsymptome fotografisch dokumentiert (Abb. 3 •).

Erweitertes Temperatur-Monitoring im Spargel

In Zusammenarbeit mit dem DLR Rheinhessen-Nahe-Hunsrück (Datenmanagement & Webprogrammierung) und dem DLR Rheinpfalz (Datenerfassung & pflanzenbauliche Bewertung) wurde die Machbarkeit von Spargeldamtemperaturprognosen und deren Web-Implementierung geprüft und seit 2013 erfolgt das Angebot über den Spargeltemperaturservice (<http://www.dlr-rheinpfalz.rlp.de>). Insbesondere die Temperatur in 20 cm Bodentiefe (T_{20}) und die Temperaturdifferenz zwischen 5 und 40 cm (DT) sind wertvolle Steuerkriterien für ein Folienmanagement zur Erzeugung von qualitativ hochwertigem Bleichspargel. Typische Handlungsoptionen für die Spargelanbauer sind die Wahl der Folienseite bei weiß-schwarzen Taschenfolien und der Rückbau bzw. die Wiederrichtung des Folientunnels.

Das Modellsystem *AspPro* (Asparagus Prognosen) bildet die wesentlichen bodenphysikalischen und mikrometeorologischen Prozesse von Spargeldämmen ab. Die Modellrechnungen erfolgen mit stündlich aktualisierten Mess- und Prognosedaten des Wetters, mit Bodendaten sowie Informationen über den Bedeckungszustand. *AspPro* wurde anhand historischer Monitoringdaten (2008-2012) vom Queckbrunnerhof (DLR Rheinpfalz) und realer Wetterdaten intensiv getestet und liefert gute Vorhersagewerte (Abb. 4 •).

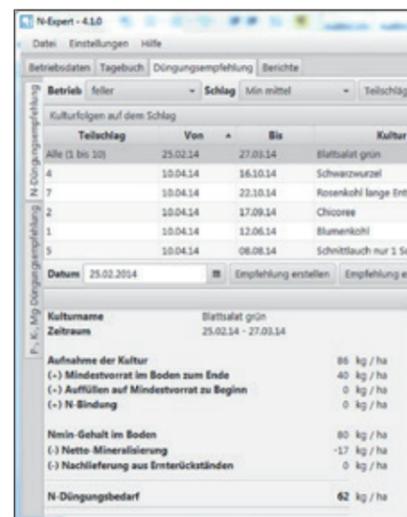


Abb. 1: Desktopausschnitt des Programmpaketes N-Expert



Abb. 2: Multileaf-Kopfsalattypen Sorte ‚Seurat RZ‘ (rot) und ‚Aquino RZ‘ (grün) aus dem Salanova®-Sortiment von Rijk Zwaan

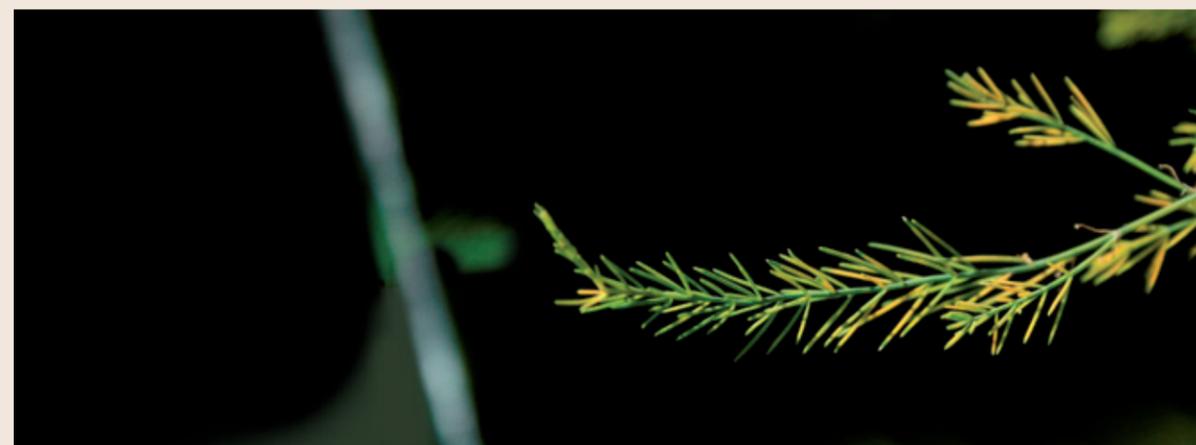


Abb. 3: Magnesiummangel bei Spargel

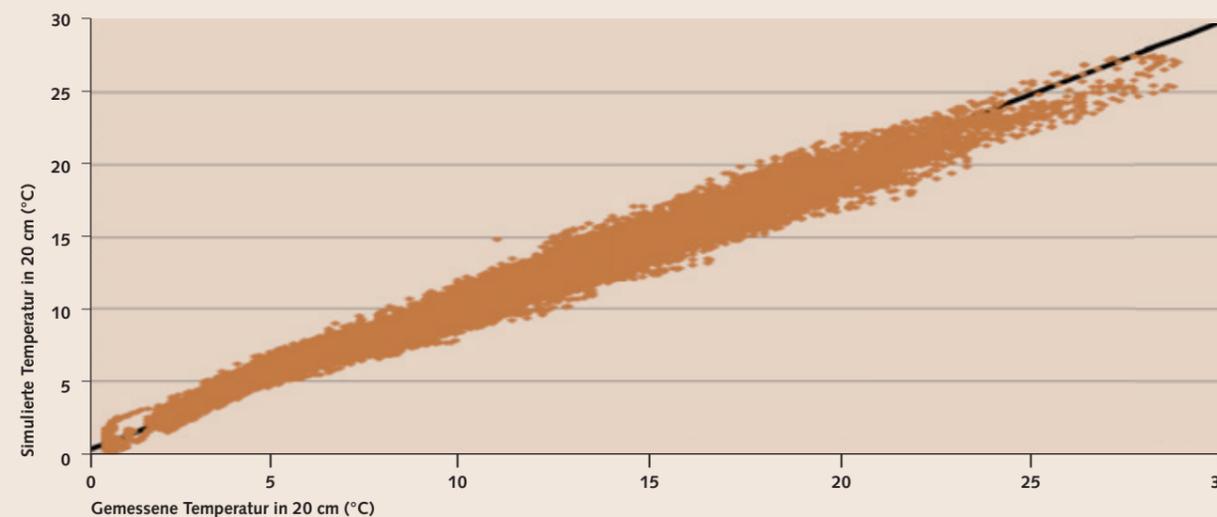


Abb. 4: Vergleich von Messwerten und Modellsimulation für die Damtemperatur in 20 cm Tiefe

2.1 Steuerung der Adventivwurzelsbildung und der weiteren Entwicklung von Zierpflanzen

Wurzeln sind essenzielle Organe für das Überleben und Wachstum höherer Pflanzen. Dabei verfügen Pflanzen über die besondere Fähigkeit, an abgetrennten Sprossen oder Blättern neue Wurzeln zu generieren. Diese sogenannte Adventivwurzelsbildung ist Ausdruck des speziellen Anpassungs- und Regenerationsvermögens von Pflanzen als Reaktion auf abiotischen Stress: Ausgelöst durch die Verwundung und Isolierung des abgetrennten Pflanzenteils wird in bestimmten Zellen ein neues Entwicklungsprogramm gestartet. Jedoch ist die steuernde Rolle der Aktivierung und Deaktivierung bestimmter Gene, der verschiedenen Phytohormone und nachgelagerten Signalstoffe und der vielfältigen Reaktionen auf der Ebene des Stoffwechsels bei diesem Prozess nur unzureichend verstanden.

Überleben auf der Fensterbank und im Gewächshaus

Adventivwurzelsbildung unter Kontrolle von Auxin und Ethylen

UWE DRÜGE

● Eine große Vielfalt an Zierpflanzenarten, die schöne Blüten hervorbringen wie z. B. die Petunie (Abb. 1a,b ●) werden über Stecklinge (Abb. 1c ●) vermehrt, in deren Sprossbasis sich neue Wurzeln (Abb. 1d ●) entwickeln. Viele Menschen können mit dem Begriff „Steckling“ etwas anfangen. Nicht selten werden Sprosssteile von Pflanzen, die besonderes Gefallen finden – manchmal auch unerlaubterweise – abgetrennt und zu Hause auf der Fensterbank in ein Glas mit Wasser gestellt (Abb. 2a ●). Geduldig wird viele Wochen gewartet (Tipp: eine Abdunkelung des Gefäßes im Wurzelbereich kann die Zeit verkürzen, denn Licht hemmt die Wurzelbildung), bis sich im Erfolgsfall genügend neue Wurzeln (Adventivwurzeln) gebildet haben, sodass der Steckling getopft werden kann. Jedoch ist nur wenigen bewusst, welche grundsätzlichen Prozesse des Lebens und welch enorme Leistung dahinter stecken.

Was ist besonders an einem Steckling? Pflanzenphysiologisch betrachtet ist ein Steckling eine Pflanze in einer extremen Stresssituation. Diese resultiert aus a) der Verwundung und b) der Isolierung aus der

Gesamtheit der intakten Pflanze und hierbei insbesondere der Abtrennung des Wurzelsystems. Die nachfolgende Bewurzelung ist Ausdruck des enormen Anpassungs- und Regenerationsvermögens von Pflanzen: Ausgelöst durch die Verwundung und Isolierung des abgetrennten Pflanzenteils wird in bestimmten Zellen ein völlig neues Entwicklungsprogramm gestartet. Dieses führt letztendlich zur Wurzelbildung und ermöglicht somit dem abgetrennten Spross das Überleben.

Es muss schneller gehen als auf der Fensterbank

Um den Bedarf an Zierpflanzen zu decken, werden in den Gewächshäusern Europas auf diese Weise jährlich mehrere Milliarden Jungpflanzen erzeugt. Die sogenannte vegetative Vermehrung (Abb. 2b ●) erfolgt in hoch spezialisierten, weltweit operierenden Betrieben im Rahmen einer mehrstufigen Produktionskette. Diese erstreckt sich von der Stecklingsproduktion z.B. in Ostafrika bis zur Bewurzelung in Europa. Dort geht es darum, innerhalb kürzester Zeit eine intensive Bewurzelung möglichst jedes Stecklings zu erreichen. Trotz des hohen technischen und

logistischen Aufwandes der Betriebe treten immer wieder Probleme in Form von ausbleibender, verzögerter oder ungleichmäßiger Bewurzelung auf. Die Ursachen hierfür sind weitgehend unbekannt. Ein wesentliches Ziel unserer Arbeiten ist daher die Aufdeckung von Steuergrößen der Adventivwurzelsbildung unter Aufklärung der beteiligten pflanzenphysiologischen, biochemischen und molekulargenetischen Prozesse.

Auxin als Programmdirektor

Schon seit Jahrzehnten ist bekannt, dass das Phytohormon Auxin die Adventivwurzelsbildung stimuliert. So sind verschiedene in Pflanzen vorkommende oder synthetische Auxine Bestandteil von Bewurzelungsmitteln, die gezielt zur Förderung der Bewurzelung eingesetzt werden. Trotz dieser Nutzung sind die Kenntnisse über die genaue Wirkung von Auxinen auf die einzelnen Prozesse der Adventivwurzelsbildung nur unzureichend verstanden. Hinzu kommt, dass die Applikation von Bewurzelungsmitteln in Europa aufgrund toxikologischer und umweltrelevanter Aspekte zunehmend restriktiv gehandhabt wird. In Deutschland ist de-



Abb. 1: Blüten (oben), Stecklinge und Adventivwurzeln (re.) von Petunien.



Abb. 2: Ob auf der Fensterbank (a) oder in Multi-Pflanzplatten im Gewächshaus (b): „Wurzelbildung oder keine Wurzelbildung?“ ist für den Steckling die Frage des Überlebens.

ren Verwendung bereits verboten. Ein Ziel unserer Arbeiten besteht daher darin, die Wirkungen des pflanzeneigenen Auxins auf die Adventivwurzelbildung besser zu verstehen. Dadurch erhoffen wir uns neue Ansatzpunkte, die Auxinsignalkette in Stecklingen gezielt stimulieren zu können, um eine externe Applikation überflüssig zu machen.

In Pflanzen wird Auxin neben der Diffusion über zwei Prinzipien transportiert: a) passiv, sozusagen als Trittbrettfahrer, zusammen mit dem Assimilatstrom und b)

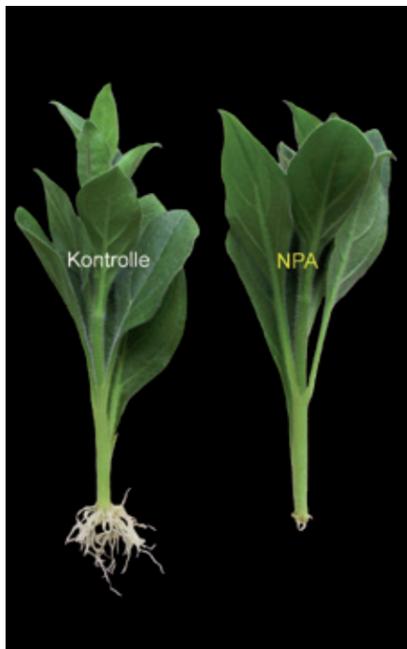


Abb. 3: Bewurzelung von Petunien (*Petunia hybrida* 'Mitchell') an Tag 14 nach dem Stecken: Kontrolle (links) und nach Behandlung mit NPA (50 µM).

aktiv von Zelle zu Zelle über verschiedene in den Zellmembranen lokalisierte Transportproteine. Im Spross erfolgt dieser polare Auxintransport (PAT) basipetal, d.h. in Richtung Wurzel. Uns hat zunächst interessiert, ob die Adventivwurzelbildung in Petunienstecklingen eine Abhängigkeit vom PAT aufweist. Des Weiteren wollten wir herausfinden, ob hierbei eine Beziehung zwischen der Auxinkonzentration in der Sprossbasis (der Zone der Wurzelneubildung) und der Intensität der Wurzelbildung besteht. Um dies zu prüfen, wurde unmittelbar nach dem Schneiden ein chemischer Blocker des PAT (NPA = Naphthylphthalaminsäure) auf die Stecklinge gesprüht. Als Kontrolle wurden andere Stecklinge nur mit Wasser behandelt. Danach wurden die Stecklinge in Substrat gesteckt und unter Lichtbedingungen in Klimakammern bewurzelt. Die Analyse der Konzentration des pflanzeneigenen Auxins Indol-3-essigsäure (IAA) über den Verlauf der Bewurzelung erfolgte mit Hilfe der Gaschromatographie-Tandem Massenspektrometrie (GC-MS/MS).

Wenn das Auxinsignal ausbleibt

Die Blockierung des PAT führte zu einer drastischen Reduktion der Stecklingsbewurzelung (Abb. 3 •). Hierbei zeigten weitere anatomische Untersuchungen, dass die Adventivwurzelbildung bereits in einem sehr frühen Stadium, der Bildung der ersten meristematischen Zellen, unterbunden wurde. Die Wirkung des PAT-Blockers auf die Bewurzelung stand dabei in einem engen Zusammenhang mit dem Verlauf der IAA-Konzentration in der Sprossbasis. So wurde eine Akkumulation der IAA zwischen 12 und 24 Stunden nach dem Stecklingsschnitt durch den PAT-Blocker unterbunden (Abb. 4 •). Hieraus lässt sich die Schlussfolgerung ziehen, dass die Bewurzelung in Petunien eine direkte Abhängigkeit vom funktionierenden PAT und von dem resultierenden 24-h Peak der IAA in der Sprossbasis aufweist.

In vorangegangenen Untersuchungen hatten wir gezeigt, dass in der frühen Phase der Adventivwurzelbildung offenbar eine neue Kohlenhydratsenke (sink) in der Sprossbasis induziert wird, die dafür sorgt, dass die Assimilate bevorzugt in Richtung der Wurzelbildung strömen. Für die Etablierung dieser neuen Senke haben Invertasen eine besondere Bedeutung, diese Enzyme spalten Saccharose in Glucose und Fructose und sorgen dadurch für ein osmotisches Gefälle zwischen dem Phloem als Transportgewebe und den umgebenden Zellen, so dass vermehrt Saccha-

rose nach strömt. Interessanterweise führte die Blockierung des PAT in der frühen Phase der Bewurzelung auch zu einer Reduktion der Aktivität der Invertasen in der Zellwand und der Zellvakuole (Ahkami et al. 2013).

Auch der „Auxinempfang“ ändert sich

Die Wirkung von Hormonen als Steuerungssignale der Pflanzenentwicklung unterliegt nicht nur deren Konzentration, sondern ist abhängig von der Signalerkennung und -verarbeitung in den Pflanzenzellen. Die sehr komplexen Auxinsignalketten enden zu einem großen Anteil im Zellkern. Dort wird über die Regulierung der Transkription die Aktivität Auxin-sensitiver Gene verändert, die nachfolgend neue Zellentwicklungsprogramme induzieren. Dabei ist die Rolle einzelner Signalkomponenten bei der Adventivwurzelbildung nur ansatzweise bekannt. In einem aktuellen Modell, das auf Untersuchungen zu anderen Entwicklungsprozessen in Arabidopsis basiert, stellen zwei Proteinfamilien, die sogenannten Aux/IAA-Proteine und die Auxin-Response-Faktoren (ARF) wichtige Komponenten dar. Ohne Auxin blockieren die Aux/IAA-Proteine die ARF-Proteine so dass letztere keine Wirkung auf die Expression nach-gelagerter auxin-sensitiver Gene haben. Kommt IAA hinzu, werden die Aux/IAA Proteine in einem komplizierten Mechanismus abgebaut. Dadurch werden die „befreiten“ ARF-Proteine aktiv und können die Expression spezifischer auxin-sensitiver Gene hoch oder herunter regulieren.

Erstmals konnte die Transkription von 25.000 Genen während der Adventivwurzelbildung analysiert werden

Durch Etablierung eines Petunia-Microarrays waren wir erstmalig in der Lage, die Transkription von ca. 25000 Genen in der Sprossbasis während der Adventivwurzelbildung zu analysieren. Dabei zeigten Gene, welche die Konzentration und Signalketten des Auxins steuern, besonders interessante Reaktionen. So verändert sich die Aktivität von Genen, die Aux/IAA Proteine codieren, sehr stark im zeitlichen Verlauf der Bewurzelung (Abb. 5 •). Dies betrifft insbesondere die Phase der ersten Etablierung neuer Wurzelmeristeme und einen späteren Abschnitt der Wurzeldifferenzierung (blaue Pfeile in Abb. 5 •). Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass diese Gene eine wichtige Steuer-

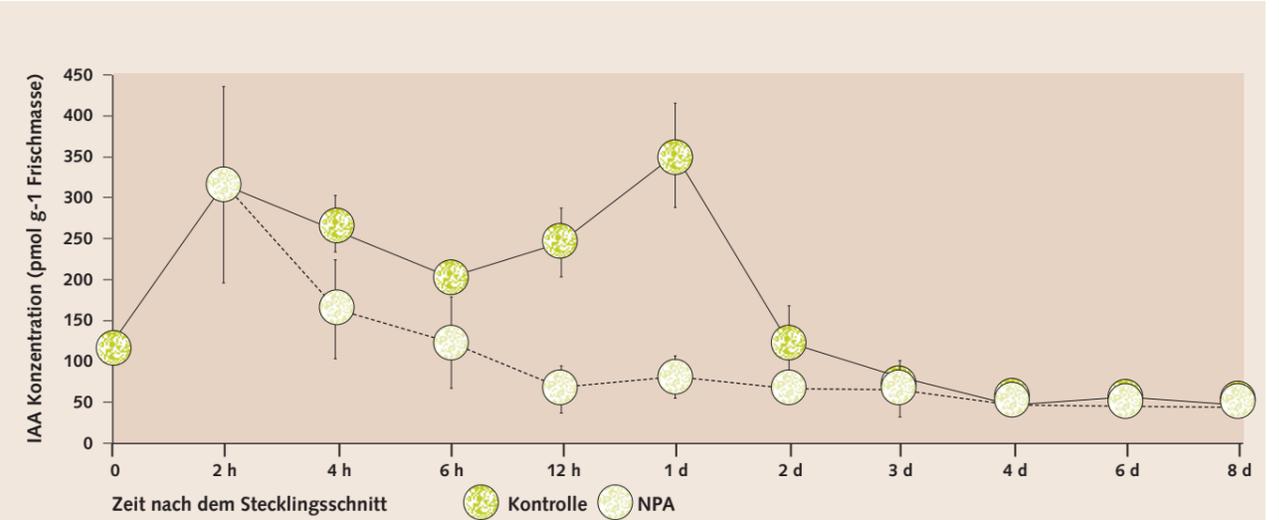


Abb. 4: Konzentration an IAA in der Sprossbasis im zeitlichen Verlauf (h = Stunden, d = Tage) der Bewurzelung in Abhängigkeit von der Applikation eines PAT-Blockers (NPA 50 µM). Sterne markieren signifikante Unterschiede zwischen NPA und Kontrolle, $p \leq 0,05$ ($n = 5$). Quelle Ahkami et al. (2013).

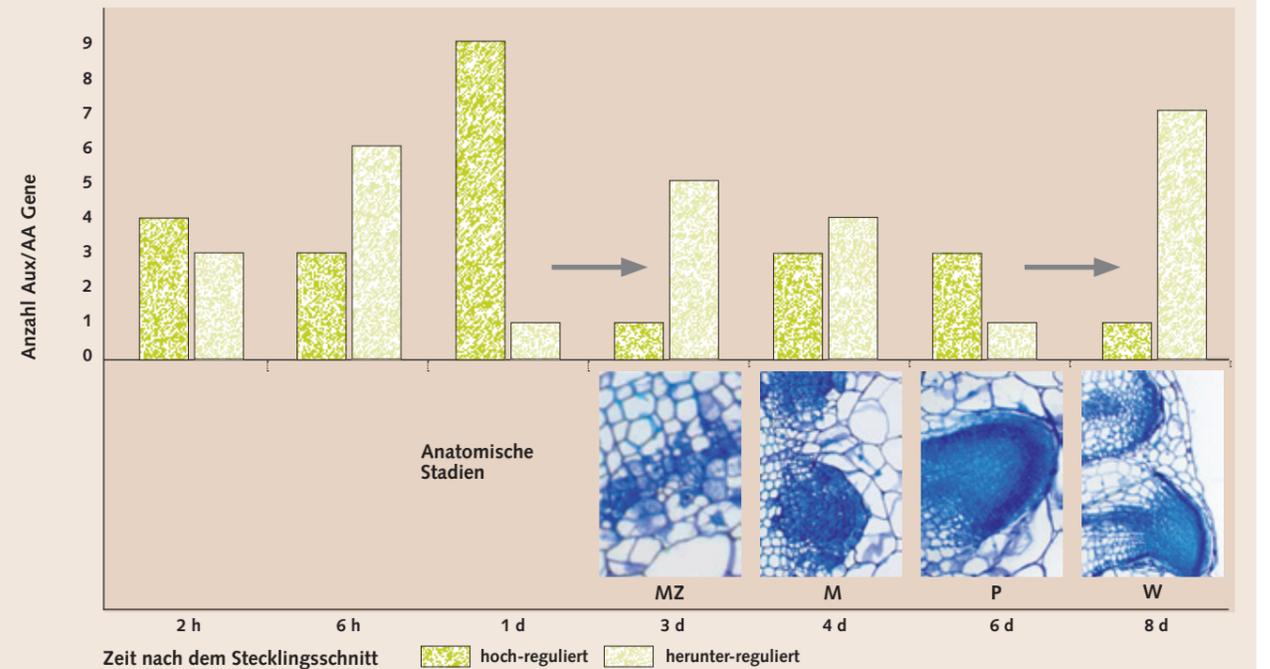


Abb. 5: Zeitlicher Verlauf der Anzahl der in der Sprossbasis signifikant hoch- bzw. herunter-regulierten Gene der Aux/IAA-Kategorie (Verhältnis der Expression zum jeweiligen Termin im Vergleich zum Zeitpunkt 0 (Stecklingsschnitt): > 2 oder $< 0,5$; $p \leq 0,01$, $n = 3$) in Beziehung zu anatomischen Stadien der Adventivwurzelbildung. MZ = meristematische Zellen, M = Wurzelmeristeme, P = Wurzelprimordien, W = ausdifferenzierte Wurzel unmittelbar vor dem Auswachsen aus der Sprossbasis. Quellen: Ahkami et al. (2014), Druge et al. (2014).

funktion bei der Adventivwurzelbildung einnehmen. Dem gegenüber wurde die Expression von Genen, die ARF-Proteine codieren, sowie von Genen, die GH3-Proteine codieren, welche die Umwandlung freier IAA in physiologisch inaktive Konjugate katalysieren, stark inhibiert. Dies steht im Einklang mit der Absenkung der IAA-Konzentration in der späteren Phase der Adventivwurzelbildung

(Abb. 4 •) und deutet auf eine generelle Herabsetzung der Auxinempfindlichkeit im Zuge der Adventivwurzelbildung hin. Beide Veränderungen sind möglicherweise Reaktionen auf die frühe Akkumulation der IAA.

Ethylen als Stimulator

Das gasförmige Ethylen ist ein Phytohormon, das in Pflanzen unter verschiedenen

Stressbedingungen und insbesondere bei Verwundung verstärkt synthetisiert wird und viele pflanzliche Entwicklungsvorgänge steuert. Interessanterweise zeigen die Arrayergebnisse, dass viele die Ethylenbiosynthese und Ethylen-signal-verarbeitende Gene nach dem Stecklingsschnitt in ihrer Aktivität erhöht sind. Die erhöhte Transkription ist allerdings weitgehend konstant und unabhängig von

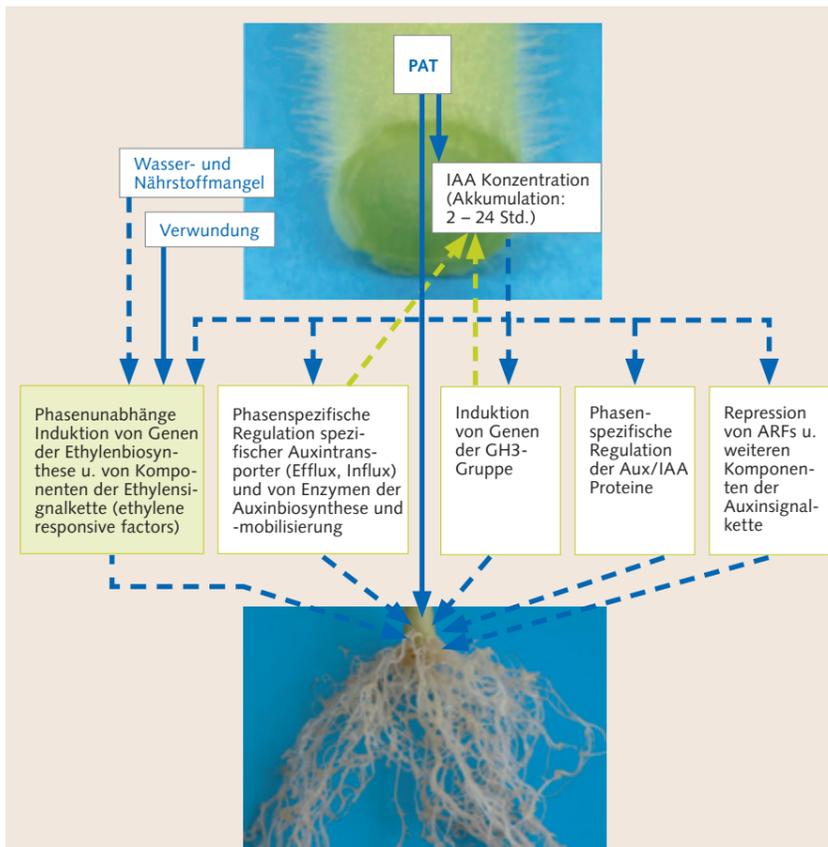


Abb. 6: Postuliertes Modell der Regulation der Ethylen- und Auxinbiosynthese, des Auxinmetabolismus, des Auxintransportes und der Ethylen- und Auxinsignalkette in Beziehung zur Adventivwurzelbildung in Petunienstecklingen. Gelb bzw. blau hinterlegte Blöcke markieren Regulationsprozesse auf Ebene der Transkription. Durchgehende Linien markieren evidente Wirkungsbeziehungen basierend auf eigenen Ergebnissen. Gestrichelte Linien markieren hypothetische Wirkungsbeziehungen basierend auf Basis weiterer Literatur. Vereinfachte Zusammenführung der Modelle in Ahkami et al. (2013) und Druerge et al. (2014).

den einzelnen Phasen der Wurzelentwicklung. Durch Applikation von Substanzen, die die Ethylenbiosynthese und Ethylenempfindlichkeit unterbinden sowie von Ethylenvorstufen konnten wir die positive Rolle des Ethylen bei der Adventivwurzelbildung belegen. Aufgrund der phasenunabhängigen Regulation der betreffenden Gene vermuten wir jedoch, dass Ethylen primär als Stimulator wirkt, während im Wesentlichen das Auxin die einzelnen Phasen der Adventivwurzelbildung kontrolliert.

Ein neues Modell als Grundlage weiterer Arbeiten

Basierend auf den Ergebnissen postulieren wir ein Modell, dessen wesentliche Inhalte in Abb. 6 vereinfacht dargestellt sind. Unmittelbar nach dem Stecklingschnitt führt der weiterlaufende PAT in Folge der Unterbrechung des Abtransportes zu einer Akkumulation von IAA in der Sprossbasis (Auxinstau). Die IAA-Akkumulation während der ersten 24 Stunden wird offenbar durch Induktion spezifi-

scher Effluxtransporter und von Genen für spezifische Enzyme, welche eine Mobilisierung von IAA aus Konjugaten katalysieren, unterstützt. Die Akkumulation von IAA führt zu einer Induktion der Adventivwurzelbildung und trägt zur Etablierung der neuen Kohlenhydratsenke bei. Gleichzeitig kommt es zu einer nachhaltigen Induktion von Genen der GH3-Gruppe und einer Herunterregulierung von ARF-codierenden Genen. Dies ermöglicht eine nachfolgende Konjugierung und damit physiologische Inaktivierung der IAA und eine Herabsetzung der Auxinsensitivität in der späteren Phase. Die niedrigere IAA-Konzentration fördert die weitere Differenzierung der neu gebildeten Wurzelmeristeme. Phasenspezifische Veränderungen der Aktivität der Aux/IAA Gene sind offenbar wichtige Schaltstellen der durch Auxin gesteuerten Adventivwurzelbildung. Eine Induktion der Ethylenbiosynthese und der Ethylensignalkette und wahrscheinlich auch unter dem Einfluss der kurzfristigen Verarmung an Wasser

und Mineralstoffen und des Auxins fungiert als wichtiger Stimulator dieser Prozesse.

Insgesamt haben wir 30 Kandidatengene identifiziert, von denen wir vermuten, dass sie wichtige Funktionen in dieser Prozesskette ausüben. Eine unserer wesentlichen zukünftigen Aufgaben sehen wir darin, den funktionalen Beitrag der einzelnen Gene zu prüfen. Dazu möchten wir einerseits die Expression der Gene z.B. über genetische Transformation modifizieren und andererseits die zelluläre Lokalisation der Prozesse mit Hilfe von Reporterkonstrukten aufklären.

Wir danken unseren Kooperationspartnern am Leibniz-Institut für Kulturpflanzenforschung und Pflanzengenetik in Gatersleben und am Leibniz-Institut für Pflanzenbiochemie in Halle für die großartige Zusammenarbeit!

Ergebnisse (Auswahl)

Publikationen

Ahkami, A.H.; Melzer, M.; Ghaffari, M.R.; Pollmann, S.; Javid, M.G.; Shahinnia, F.; Hajirezaei, M.R.; Druerge, U. 2013. Distribution of indole-3-acetic acid in *Petunia hybrida* shoot tip cuttings and relationship between auxin transport, carbohydrate metabolism and adventitious root formation. *Planta* 238 (3), 499-517.

Kadner, R.; Junghanns, W. 2013. Vegetative Vermehrung von *Artemisia glabella* Kar. & Kir. *Zeitschrift für Arznei- und Gewürzpflanzen* 18 (3), 118-122.

Lohr, D.; Meinken, E.; Zerche, S.; Druerge, U.; Tillmann, P. 2013. Proceedings of the International Conference on Quality Management in Supply Chains of Ornamentals – QMSCO2012. In: S. Kanlayanarat et al. (eds). *Acta Horticulturae* 970, 121-128.

Ahkami, A.; Scholz, U.; Steuernagel, B.; Strickert, M.; Haensch, K.-T.; Druerge, U.; Reinhardt, D.; Nouri, E.; von Wirén, N.; Franken P.; Hajirezaei, M.R. 2014. Comprehensive transcriptome analysis unravels the existence of crucial genes regulating primary metabolism during adventitious root formation in *Petunia hybrida*. *PLoS ONE* 9 (6): e100997. doi:10.1371/journal.pone.0100997.

Druerge, U.; Franken, P.; Lischewski, S.; Ahkami, A.H.; Zerche, S.; Hause, B.; Hajirezaei, M. 2014. Transcriptomic analysis reveals ethylene as stimulator and auxin as regulator of adventitious root formation in *Petunia* cuttings. *Frontiers in Plant Science*, 5:494. doi: 10.3389/fpls.2014.00494

Drittmittelprojekte

AgroCluster WeGa Wertschöpfungskette Gartenbau, Teilprojekt "Molekularphysiologie der Kältetoleranz bei *Petunia* u.a." (BMBF 0315542E, 2010-2014)

DFG-Projekt „Molecular and physiological regulation of adventitious root formation in *Petunia* cuttings in response to nutrient supply and dark exposure (DR 411/2-1, 2012-2015)

„Nutzung der Nah-Infrarotspektroskopie zur Qualitätssicherung bei der Produktion von Zierpflanzenstecklingen (NIRS-Stecklinge)“ Teil der Deutschen Innovationspartnerschaft Agrar (DIP) (Zweckvermögen des Bundes bei der Landwirtschaftlichen Rentenbank: Z 20146-2)

Ausgerichtete Tagung

7th International Symposium on Root Development: Adventitious, lateral & primary roots – at the crossroads of genome, environment & technology. Weimar, 15 – 19 September 2014 (www.rooting2014.org)

2.2 Biologische und technologische Grundlagen der Samen- und In-vitro-Vermehrung

Samenbau und In-vitro-Vermehrung sind wichtige Säulen in der Vermehrung von Gemüse- und Zierpflanzen. Mit beiden sind spezifische biologische und technologische Probleme verbunden, die bei der Samenvermehrung zu einer hinsichtlich Quantität und Qualität unbefriedigenden Samenbildung führen können. Bei der In-vitro-Vermehrung kann es aufgrund fehlender Kenntnisse zu bestimmten Regenerationsvorgängen kommen. Zukünftige Pflanzenvermehrungssysteme sollten natürlich regenerierbar sein und so genutzt werden können, dass ihre hierfür wesentlichen Eigenschaften erhalten bleiben um sie wiederzuverwenden, u.a. über den sparsamen Einsatz von Ressourcen und die Vermeidung von Umweltbelastungen.

Forschung für die Samen- und In-vitro-Vermehrung

KLAUS-THOMAS HÄNSCH · ALOMA EWALD · FRANK HENNIG · NADIA BUSSE



Im Erwerbsgartenbau stellen die Samenvermehrung und die In-vitro-Kultur (als Sonderform der „Stecklingsvermehrung“) die Grundlage für die Massenproduktion von Zierpflanzen und Gemüse dar. So scheinbar einfach wie es beim Betrachten natürlicher Vorgänge scheint,

Samen in die Erde, etwas angießen und die Sonne macht den Rest, ist es unter modernen Produktionsbedingungen leider nicht.

Moderne Produktionsverfahren verlangen das Tausende Samen in kurzer Zeit, zum gleichen Zeitpunkt mit hoher Trieb-

kraft keimen und sich synchron zu einem homogenen Pflanzenbestand entwickeln. All diese Merkmale sind in natürlicher Umgebung schädlich für die Arterhaltung und deshalb im „Wildbestand“ nicht zu finden. Erst durch die Züchtung fanden diese technologischen Merkmale neben

der Optimierung der Produkteigenschaften (zum Beispiel schmackhaftes Gemüse, oder die schwarze Rose) Eingang in die Kulturformen unseres Gemüses und der Zierpflanzen. Noch schneller und noch gleichförmiger (homogener) lassen sich Pflanzen über eine Sonderform der Stecklingsvermehrung, die In-vitro-Kultur, produzieren.

Bei beiden Vermehrungstypen können jedoch spezifische biologische oder technologische Probleme zu einer quantitativ unzureichenden Produktion und zu qualitativ unbefriedigenden Produkten führen. Dadurch leiden die Wirtschaftlichkeit und Wettbewerbsfähigkeit der Produktion oder die gartenbauliche Nutzung des Potenzials dieser Vermehrungsverfahren wird ganz verhindert.

Ziel der Arbeiten in unserem Forschungsschwerpunkt ist es deshalb, das entwicklungsbiologische und technologische Wissen zu den beiden Vermehrungsweisen bei Gemüse und Zierpflanzen zu erweitern und dieses zur Verbesserung oder Neuentwicklung von Vermehrungstechniken für den Gartenbau zu nutzen. Stellvertretend soll hier auf die Untersuchungen zur Samenvermehrung von Sommerastern eingegangen werden.

Sommerastern (*Callistephus chinensis*) sind beliebte Sommerblumen und eine wirtschaftlich bedeutende Freiland-Kultur. Ihre Vermehrung erfolgt über Samen. Voraussetzung für die Wettbewerbsfähigkeit der Sommerasternsaatgutproduktion ist neben einem überragenden Zierwert der angebotenen Sorten die zuverlässige Bereitstellung von hochkeimfähigem, gesundem Saatgut in ausreichender Menge und Qualität. Diese Voraussetzungen sind z.Z. nur sehr eingeschränkt gegeben, was die Produktion unsicher macht.

Hierzu gehört, dass für die Kultur von Samenträgern der Sommeraster bisher nur wenige Informationen zu den Faktoren vorliegen, die die Saatgutqualität und die Stabilität des Ertrages beeinflussen. Kultivierungsempfehlungen sind nur auf die Optimierung der Jungpflanzenkultur bis zum Schnitt ausgerichtet. Den besonderen Ansprüchen der Saatgutmutterpflanzen wird nicht Rechnung getragen. Des Weiteren ist unbekannt, welche Qualitätsmerkmale hochwertige Samen von Sommerastern als hochwertig ausweisen.

Wir haben uns deshalb das Ziel gesetzt, herauszufinden, welche inneren und äußeren Merkmale von Sommerasternsaatgut dessen Qualität bestimmen und wel-

che Faktoren auf welche Weise Ertrag und Qualität beeinflussen. Mit diesem Wissen wollen wir anschließend gemeinsam mit der Praxis ein standardisiertes Verfahren zur sicheren Produktion hochqualitativen Saatgutes bei Sommerastern entwickeln.

Beginnt man mit dem Samen, gibt es hier wenige Informationen, welche Bedingungen für eine Keimprüfung geeignet sind. Deshalb hat unsere Diplomandin Frau Busse (Fachhochschule Erfurt) verschiedene Methoden der Keimprüfung evaluiert. Ein wichtiger Faktor ist dabei das Licht. Zur Eignung von Lichtbedingungen für eine Keimung von Sommerastern gibt es jedoch sehr widersprüchlich Angaben, die von einem Bedarf für Licht, über Lichtunabhängigkeit bis hin zu Dunkelheit reichen. Eigene Untersuchungen sollten aus diesem Grunde Klarheit schaffen. Die Ergebnisse zeigen, dass Sommerasternsamen sowohl in Dunkelheit wie im Licht keimen (Abb. 1). Ihr Keimungsverhalten ist lichtindifferent. Die Ergebnisse in Abb. 2 sind jedoch ein Hinweis darauf, dass es sinnvoll ist, die Keimung trotzdem unter Licht durchzuführen, da die jungen Keimlinge eher unter Nutzung von Licht und Nährstoffen Biomasse bilden. Dies zeigt der Vergleich von Keimlingen unter Licht mit solchen in Dunkelheit, jeweils auf nährstoffhaltigem Substrat nach 14 Tagen. Die Keimlinge unter Licht weisen eine höhere Biomasse auf. Bei Faltenfiltern ohne Nährstoffe ist diese Wirkung nicht feststellbar. Diese Ergebnisse sollen bei der weiteren Gestaltung der Bedingungen für die Keimprüfung Berücksichtigung finden.

Viele weitere Untersuchungen sind jedoch notwendig, um die Fragen nach den qualitätsbestimmenden Merkmalen von Sommerasternsaatgut und den diese beeinflussenden Faktoren zu beantworten und hiermit zu einer sicheren Produktion wertvollen Saatgutes zu kommen. Hierin eingeschlossen sind Analysen des Kohlenhydrat- und (ggf.) Fettstoffwechsels und relevanter Proteinfractionen im Verlauf der Samenbildung, der Reife und der Saatgutlagerung wie auch histologische Untersuchungen hinsichtlich anatomischer Merkmale und der räumlichen Verteilung von für die Qualität maßgeblichen Inhaltsstoffen.

Ergebnisse (Auswahl)

Publikationen

Busse, N. 2014. Evaluierung von Methoden zur Keimprüfung und histologischer Nachweis von Sameninhaltsstoffen während der Keimung bei *Callistephus chinensis* (L.) NEES. Fachhochschule Erfurt, Studiengang Gartenbau, 91 S., Diplomarbeit.

Ewald, A.; Busse, N.; Hennig, F.; Hänsch, K.-T. 2014. Samen von Sommerastern keimen im Dunkeln und im Licht. <http://www.hortigate.de>



Abb. 1: Keimung von Sommerasternsamen in Abhängigkeit von den Lichtbedingungen. Prozentualer Anteil normaler Keimlinge bei Dunkelheit bzw. 16 h Licht der Sorten A und B1 nach 14 Tagen auf Faltenfiltern (nährstoffarm) bzw. Substrat (nährstoffhaltig).

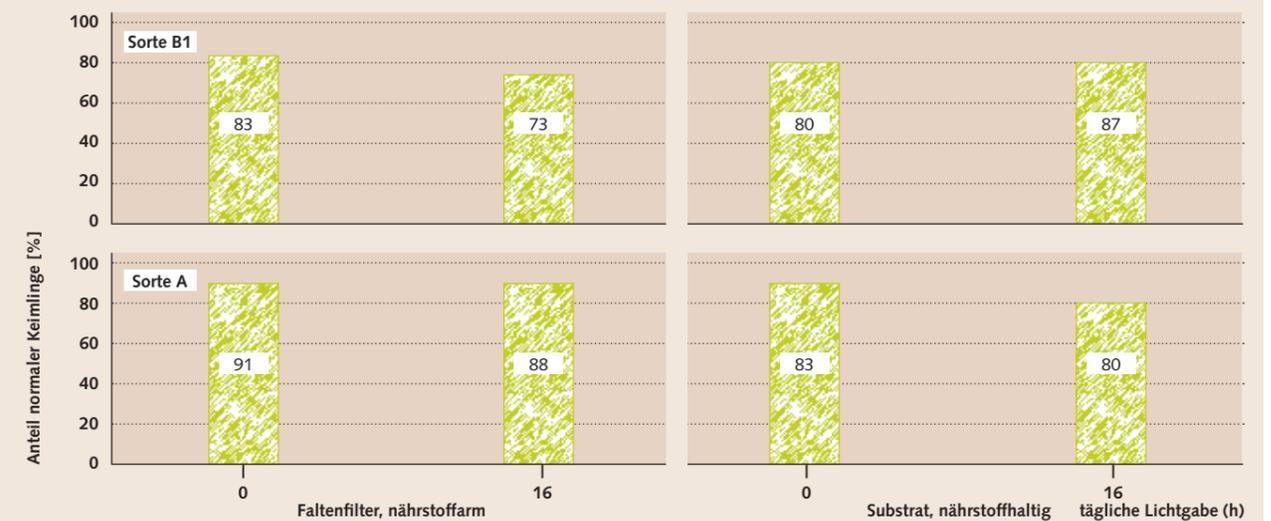


Abb. 2: Keimung von Sommerasternsamen in Abhängigkeit von den Lichtbedingungen. Mittleres Gewicht der Keimlinge (g) bei Dunkelheit bzw. 16 h Licht der Sorten A und B1 nach 7 bzw. 14 Tagen auf Faltenfiltern (nährstoffarm) bzw. Substrat (nährstoffhaltig).

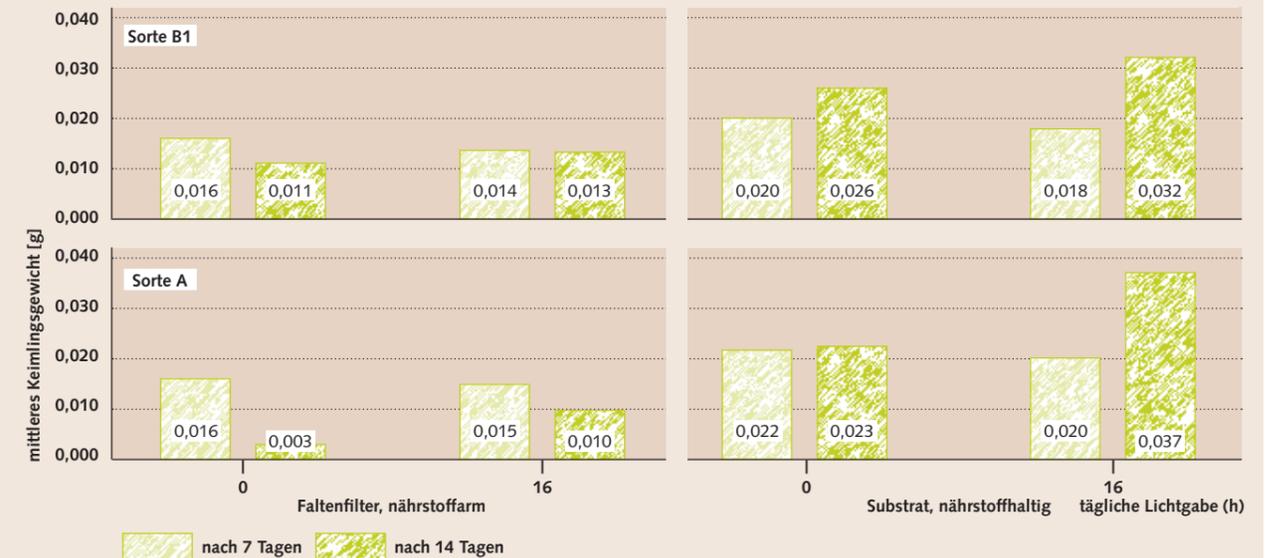


Abb. 3: Saatgut von Sommerastern



Abb. 4: Bestäubte Narben von Sommerastern unter dem Elektronenmikroskop

2.3 Biologische Grundlagen zur Optimierung des integrierten Pflanzenschutzes

In vielen gartenbaulichen Kulturen stellt das Auftreten von Krankheiten, hervorgerufen u.a. durch bodenbürtige pilzliche Pathogene und Erreger des Falschen Mehltaus (FM) ein großes Problem dar. Der Mangel an resistenten Sorten sowie chemischen Pflanzenschutzmitteln erschwert vielfach die Kontrolle von Krankheiten. Ziel des integrierten Pflanzenschutzes ist durch Kombination verschiedener Methoden des biologischen und chemischen Pflanzenschutzes die Risiken des Einsatzes von chemischen Mitteln auf ein notwendiges Maß zu begrenzen.

Der Einfluss der Bodenart auf die Rhizosphärenkompetenz bakterieller Mikroorganismen

RITA GROSCH

Die Bekämpfung bodenbürtiger Pathogene wie *Rhizoctonia solani*, *Fusarium* spp., *Pythium* spp. or *Verticillium dahliae* ist generell schwierig. In der Vergangenheit wurden bodenbürtige Pathogene sehr häufig durch den Einsatz von Methylbromiden (MeBr) bekämpft. MeBr wirkt unspezifisch, zerstört also mehr oder weniger das Bodenleben und gefährdet zudem die Umwelt. Daher ist die Anwendung von MeBr seit 2006 untersagt. Im integrierten Pflanzenschutz ist der Einsatz von Fungiziden oder der Anbau von Pflanzengentypen mit Resistenz gegenüber entsprechenden bodenbürtigen Pathogenen Teil des Krankheitsmanagements, doch sowohl wirksame Fungizide als auch Pflanzengentypen mit Resistenz sind oft nicht verfügbar. Diese Situation unterstützt die Suche nach weiteren Verfahren der Krankheitskontrolle. Zahlreiche Studien zeigen, dass die Anwendung von nützlichen pilzlichen und bakteriellen Mikroorganismen (MO) mit krankheitsunterdrückender Wirkung ein Bestandteil des integrierten Pflanzenschutzes sein kann. Im Gegensatz zu temporär wirkenden Fungiziden

besiedeln z. B. solch nützliche bakterielle MO aktiv das wachsende Wurzelsystem und reduzieren den negativen Einfluss von bodenbürtigen Pflanzenpathogenen auf die Pflanze während der gesamten Vegetationsperiode. In der Praxis variiert jedoch die krankheitsunterdrückende Wirkung dieser bakteriellen MO. Eine

Schlüsselfaktor zur Krankheitsunterdrückung

ausreichende Besiedlungsdichte an der Wurzel ist eine entscheidende Voraussetzung für die Wirksamkeit applizierter bakterieller MO. Auch wenn die Mechanismen der krankheitsunterdrückenden Wirkung für einen bakteriellen MO spezifisch sein können, zeigen Ergebnisse von Studien, dass die Expression von Genen, die für die Bildung von sekundären Metaboliten mit antifungaler Wirkung verantwortlich sind, sehr häufig in Abhängigkeit von der Zelldichte des bakteriellen MO reguliert werden. Die Fähigkeit eines bakteriellen MO, die Wurzel bzw. Rhizosphäre in ausreichender Dichte zu besiedeln

(Rhizosphärenkompetenz), wird daher als ein Schlüsselfaktor für deren krankheitsunterdrückende Wirkung angesehen. Neben den spezifischen Eigenschaften eines bakteriellen MO ist davon auszugehen, dass die Bedingungen in der Rhizosphäre die Rhizosphärenkompetenz und damit die Regulation von bakteriellen Genen beeinflussen. Die Rhizosphärenkompetenz von bakteriellen MO und deren beeinflussende Faktoren wurden bisher nur unzureichend unter Feldbedingungen untersucht. Um die Wirksamkeit von nützlichen bakteriellen MO zu verbessern, brauchen wir ein besseres Verständnis der komplexen Beziehungen zwischen applizierten bakteriellem MO, bodenbürtigem Pathogen, der Pflanze sowie gegebenen ökologischen Faktoren.

Die Kultivierung von Pflanzen erfolgt in der Praxis auf verschiedenen Standorten mit unterschiedlichen Böden mit spezifischen physikochemischen und mikrobiologischen Eigenschaften. Im Rahmen eines von der DFG geförderten Projektes verfolgten wir in Zusammenarbeit mit dem Julius Kühn-Institut (JKI) in Braun-



Versuchsanlage mit verschiedenen Bodenarten



Einzelne Parzelle in der Versuchsanlage

schweig (Arbeitsgruppe von Frau Prof. Kornelia Smalla) folgende Hypothesen a) die Rhizosphärenkompetenz von bakteriellen MO und damit deren krankheitsunterdrückende Wirkung wird von der Bodenart beeinflusst und b) die Struktur der mikrobiellen Rhizosphärengemeinschaft wird sowohl durch die applizierten nützlichen MO als auch durch die Präsenz eines bodenbürtigen Pathogens verändert.

Bisherige Studien belegen, dass die mikrobielle Rhizosphärengemeinschaft sowohl von der Pflanze selbst als auch vom Boden, in dem sie wächst, bestimmt wird. Aufgrund von gegebenen Standortfaktoren wie Wetter, Fruchtfolge oder Anbaumaßnahmen war es bisher nicht möglich, den Einfluss der Bodenart auf die mikrobielle Rhizosphärengemeinschaft zu analysieren. Am IGZ war erstmals die Mög-



Entfernen des Bodens von der Wurzel



Nützliche bakteriellen Mikroorganismen *Pseudomonas jessenii* RU47 und *Serratia plymuthica* 3Re4-18

lichkeit gegeben, in einer Versuchsanlage mit drei verschiedenen Bodenarten (Lehmsand, Auenlehm, Löss) die Struktur der mikrobiellen Bodengemeinschaft und der assoziierten Rhizosphärengemeinschaft der Pflanze sowie deren Einfluss auf die Rhizosphärenkompetenz von applizierten bakteriellen MO mittels kulturunabhängiger molekularbiologischer Methoden zu analysieren. Auf allen drei Bodenarten wurde über 10 Jahre die gleiche Fruchtfolge angebaut und die Böden in gleicher Weise bearbeitet.

Als Modellpflanze wurde Kopfsalat (*Lactuca sativa* L., cv. Tizian) ausgewählt und als Pathogen der für die Salatfäule verantwortliche bodenbürtige Erreger *Rhizoctonia solani* AG1-IB. Die nützlichen bakteriellen MO *Pseudomonas jessenii* RU47 und *Serratia plymuthica* 3Re4-18 zeigten in vorangegangenen Gefäß- und Feldversuchen eine wiederholte krankheitsunterdrückende Wirkung der Salatfäule. Die Salatpflanzen wurden vor (10^7 CFU/ml) und nach (10^8 CFU/ml) der Pflanzung mit den entsprechenden Bakteriensuspensionen behandelt. Die Rhizosphärenkompetenz oder Besiedlungsdichte beider bakterieller MO wurde in Varianten ohne und mit Inokulation von *R. solani* zwei und fünf Wochen nach der Pflanzung von Salat ermittelt. Die krankheitsunterdrückende Wirkung wurde anhand der Biomasse des Salatkopfes und der Befallsstärke mit Salatfäulesymptomen erfasst.

Die ermittelten Zellzahlen von RU47 und 3Re4-18 zwei und fünf Wochen nach der Pflanzung von Salat zeigen, dass beide MO die Rhizosphäre von Salat erfolgreich besiedelten, unabhängig von der Bodenart (ANOVA $P=0.544$, Tabelle 1). Kein Einfluss der Bodenart auf die Besiedlungsdichte wurde für RU47 festgestellt jedoch für 3Re4-18 (ANOVA, $P=0.00002$). Im Lössboden war die Zellzahl von 3Re4-18 signifikant beeinflusst im Vergleich zu der Zellzahl im Lehmsand und Auenlehm. Auch wenn die Zellzahl von beiden bakte-

riellen MO während der Kultur in allen drei Bodenarten signifikant abnahm, war die Besiedlungsdichte sowohl von RU47 als auch von 3Re4-18 ausreichend, um die Befallsstärke der Salatfäule signifikant zu reduzieren (Abb. 1 •). Interessanterweise war eine unterschiedliche Befallsstärke der Salatfäule in der Pathogenkontrolle in den Bodenarten zu verzeichnen. In allen durchgeführten Versuchen war die geringste Befallsstärke im Lössboden zu beobachten (Abb. 1 •). Es ist zu vermuten, dass die mikrobielle Gemeinschaft im Boden die Entwicklung des Erregers *R. solani* beeinflusst. Entsprechend ist davon auszugehen, dass die generelle Suppressivität im Lössboden gegenüber *R. solani* höher war im Vergleich zu der Suppressivität im Lehmsand und Auenlehm. Mittels Denaturierung Gradienten-Gelelektrophorese (DGGE) und Pyrosequenzierung wurde eine bodenabhängige mikrobielle Gemeinschaft nachgewiesen, die signifikant die Struktur und Zusammensetzung der mikrobiellen Rhizosphärengemeinschaft beeinflusst (Abb. 2 •). Beide angewendeten bakteriellen MO hatten keinen Einfluss auf die mikrobielle Rhizosphärengemeinschaft.

Durch die Infektion mit *R. solani* wurde das Wachstum von Salat in Lehmsand und Auenlehm negativ beeinflusst (Abb. 3 •). Die Behandlung von Salat mit den nützlichen MO RU47 und 3Re4-18 wurde der negative Einfluss des Pathogens auf das Wachstum von Salat kompensiert.

Die Ergebnisse des Projektes bestätigen, dass die Anwendung von nützlichen MO Teil des integrierten Pflanzenschutzes sein können. Wir konnten jedoch nicht zeigen, dass die Bodenart die Rhizosphärenkompetenz eines bakteriellen MO und damit deren krankheitsunterdrückende Wirkung negativ beeinflusst. •

Ergebnisse (Auswahl)

Publikationen
Neumann, G.; Bott, S.; Ohler, M.A.; Mock, H.P.; Lippmann, R.; Grosch, R.; Smalla, K. 2014. Root exudation and root development of lettuce (*Lactuca sativa* L. cv. Tizian) as affected by different soil. *Frontiers in Microbiology* 5, doi: 10.3389/fmicb.2014.00002

Schreiter, S.; Ding, G.C.; Heuer, H.; Neumann, G.; Sandmann, M.; Grosch, R.; Kropf, S.; Smalla, K. 2014. Effect of the soil type on the microbiome in the rhizosphere of field-grown lettuce. *Frontiers in Microbiology*, doi: 10.3389/fmicb.2014.00144

Schreiter, S.; Sandmann, M.; Smalla, K.; Grosch, R. 2014. Soil type dependent rhizosphere competence and biocontrol of two bacterial inoculant strains and their effects on the rhizosphere microbial community of field-grown lettuce. *PLoS ONE* 9 (8), e71877. doi:10.1371/journal.pone.0103726.

Drittmittelprojekt (abgeschlossen)
DFG GR 1729/8-1: Key factors influencing fate and activity of bacterial inoculants and their effect on the indigenous microbial community in the rhizosphere (2010-2012)

Bodenart	Lehmsand		Auenlehm		Löss	
	2	5	2	5	2	5
WNP	2	5	2	5	2	5
RU47	6.7	5.7 *	6.7	5.5 *	6.7	5.6 *
RU47+Rs	6.7	5.6 *	6.7	5.4 *	6.5	5.5 *
3Re4-18	6.5	6.0 *	6.6	5.6 *	7.1	4.6 *
3Re4-8+Rs	6.3	6.0	6.4	5.0 *	7.0	4.4 *

* Signifikanz im Vergleich zur Zellzahl 2 Wochen nach der Pflanzung nach dem Tukey -Test ($P < 0.05$).

Tabelle 1. Besiedlungsdichte [Log CFU/g Wurzelrockenmasse (WDM)] von *Pseudomonas jessenii* RU47 und *Serratia plymuthica* 3Re4-18 in der Rhizosphäre von Salat (cv. Tizian) in Abhängigkeit von der Bodenart 2 und 5 Wochen nach der Pflanzung.

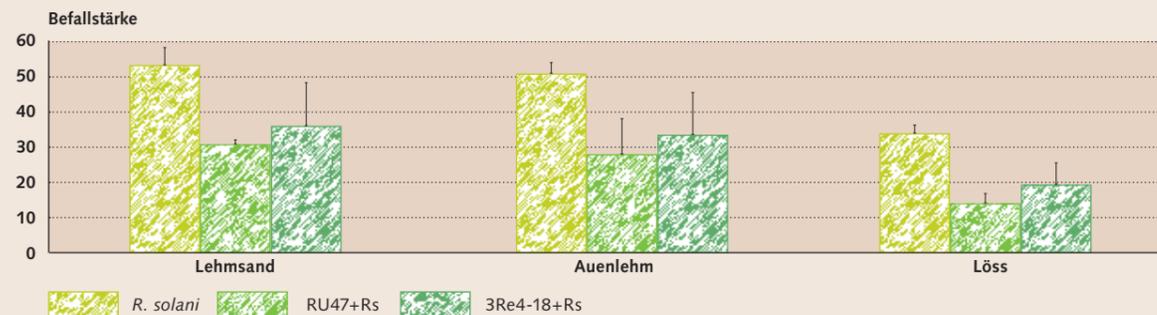


Abb. 1: Befallsstärke von *Rhizoctonia solani* an Salat (cv. Tizian) in verschiedenen Bodenarten ohne und nach Behandlung mit *Pseudomonas jessenii* RU47 oder *Serratia plymuthica* 3Re4-18 6 Wochen nach der Pflanzung

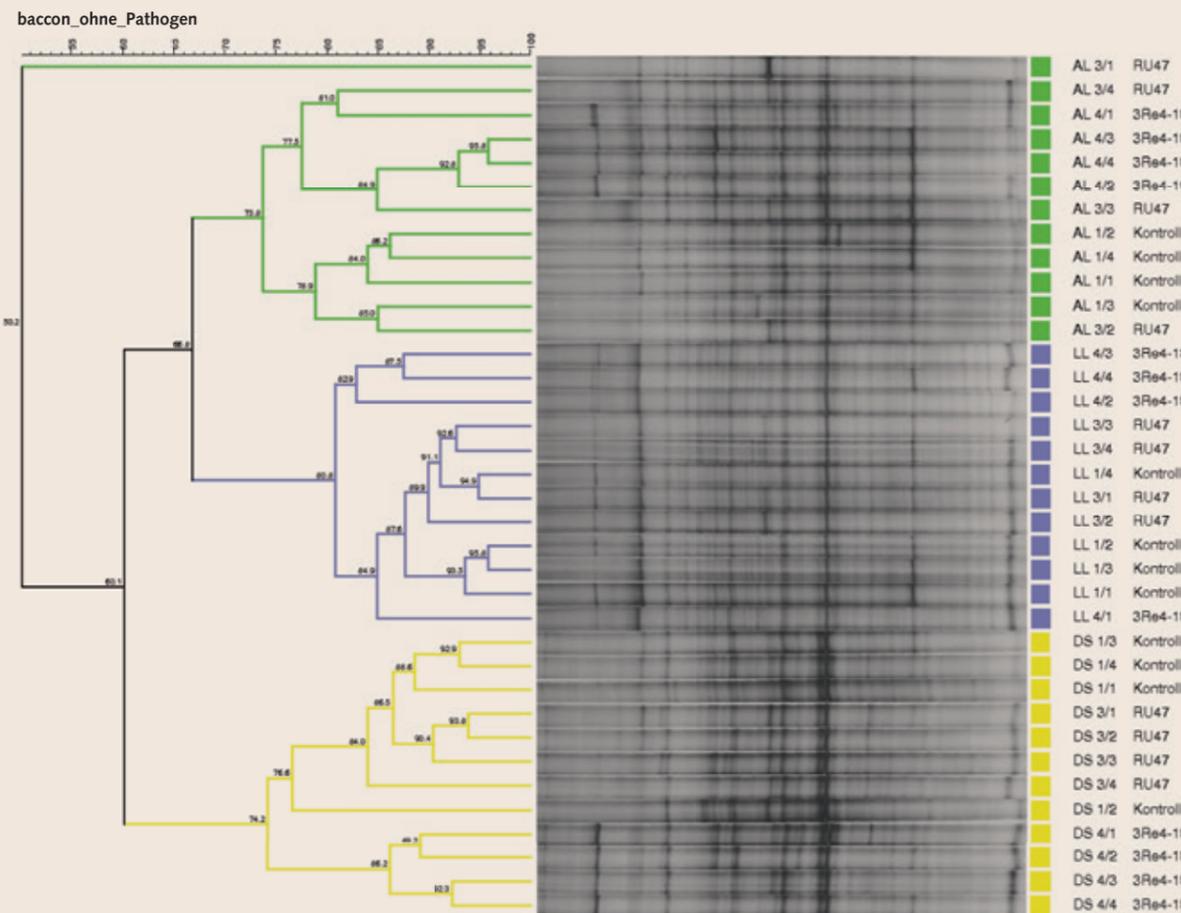


Abb. 2. DGGE Fingerprints (16S-rRNA Gen Fragmente) der bakteriellen Rhizosphärengemeinschaft von Salat (cv. Tizian) ohne und nach Behandlung mit *Pseudomonas jessenii* RU47 oder *Serratia plymuthica* 3Re4-18 in Abhängigkeit von der Bodenart (Lehmsand DS; Auenlehm AL; Löss LL) 2 Wochen nach der Pflanzung.

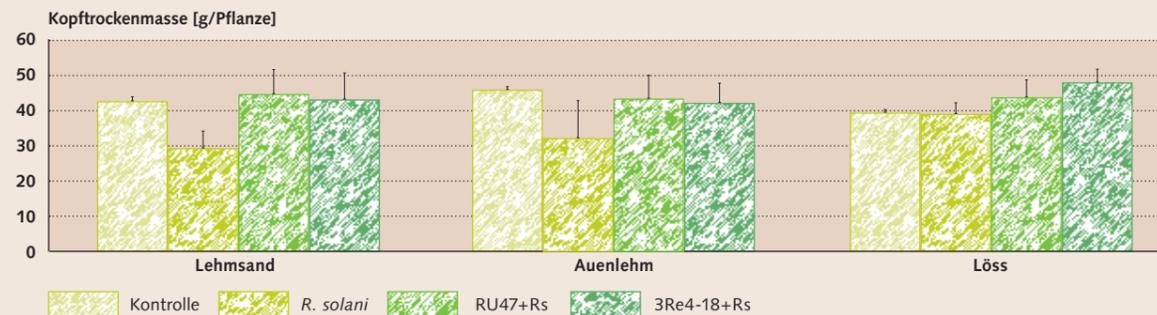


Abb. 3: Kopftrockenmasse von Salat (cv. Tizian) in verschiedenen Bodenarten ohne und nach Behandlung mit *Pseudomonas jessenii* RU47 oder *Serratia plymuthica* 3Re4-18 6 Wochen nach der Pflanzung.

2.4 Biologische Grundlagen der Entwicklung neuer Genotypen für die Züchtung von Zierpflanzen und Gemüse

Die Züchtung gartenbaulicher Kulturen zeichnet sich durch eine sehr große Vielfalt an Pflanzenarten und züchterischen Merkmalen sowie durch große Unterschiede in der Intensität der Bearbeitung aus. Besonderheiten von züchterischer Relevanz bestehen in der Gruppe der Zierpflanzen einerseits durch die vegetative Vermehrung vieler Kulturen und andererseits in der besonderen Bedeutung der Blüte als Merkmal. Im Vergleich hierzu ähnelt die Gemüsezüchtung eher der Züchtung landwirtschaftlicher Arten, da die Vermehrung überwiegend über Saatgut erfolgt und bei den wirtschaftlich wichtigsten Kulturen die Züchtung von F1-Hybriden dominiert. Die starke Konzentration der Züchtungsunternehmen in den letzten Jahren betraf insbesondere die Gemüsezüchter und führte u.a. dazu, dass diesen umfangreiche Forschungsressourcen innerhalb der Unternehmen zur Verfügung stehen. Ausnahmen bilden hierbei (teilweise) die Züchtung von Sonderkulturen und die Züchtung für den Bio-Anbau.

Zwei, drei oder vier: Ploidiemutationen in der Züchtung von Sommerheide

AILEEN GLUSCHAK · ANNETT PRZYBYLA · ANNE BEHREND · ANNETTE HOHE

● Menschen haben 46 Chromosomen, die in 23 Chromosomenpaaren angeordnet sind. In jedem Chromosomenpaar stammt ein Chromosom von unserer Mutter und eines von unserem Vater, wir sind also diploid. Grundsätzlich ist dies bei Pflanzen genauso, Abweichungen der Chromosomenanzahl werden aber eher toleriert und treten entsprechend häufiger auf. Besitzt ein Organismus nicht nur zwei vollständige Chromosomensätze (Diploidie), sondern mehr, spricht man von Polyploidie. Kartoffeln haben vier Chromosomensätze und sind entsprechend tetraploid, Kulturerdbeeren sind sogar oktaploid, besitzen also von jedem Chromosom acht homologe Äquivalente.

Ist die Zellteilung gestört, können Keimzellen mit unvollständigem Chromosomensatz entstehen

Nachteilig ist, dass bei polyploiden Pflanzen die reguläre Verteilung der Erbanlagen während der Meiose, der Zellteilung, die zur Bildung der Gameten führt,

gestört sein kann. In der ersten meiotischen Teilung bei diploiden Organismen ordnen sich die Chromosomen paarweise an und werden anschließend getrennt auf die Tochterzellen verteilt. So ist sichergestellt, dass sich in den Tochterzellen jeweils ein vollständiger einfacher Chromosomensatz befindet. Ist diese Aufteilung gestört, können Keimzellen mit unvollständigen Chromosomensätzen entstehen, aber auch solche mit unreduziertem, also doppeltem, Chromosomensatz oder auch mit einzelnen zusätzlichen Chromosomen. Diese Veränderungen können dann an die Nachkommen weitergegeben werden. Es ist möglich, dass die entstandenen Keimzellen oder die daraus resultierenden Nachkommen wegen der Abweichungen im Chromosomensatz nicht lebensfähig sind. Besteht die Abweichung jedoch darin, dass es sich um Vielfache des vollständigen Chromosomensatzes handelt (Euploidie), sind diese Pflanzen vielfach besonders robust. Polyploide Pflanzen weisen häufig größere Zellen und entsprechend größere Organe auf. Gerade bei Zierpflanzen, bei denen es oft um auffälli-

ge Blüten geht, kann dies ein erwünschtes Zuchtziel sein.

Triploide Pflanzen sind oft steril und damit für die Konkurrenz nicht nutzbar

Auch für die Züchtung von Besenheide (*Calluna vulgaris*) sind Polyploide eine interessante Option. Die Besenheide ist eine wichtige Kultur für die Beetbepflanzung im Herbst, aber ihre Blüten sind nur etwa 2-3 mm groß. Die Farbwirkung der blühenden Pflanze entsteht über die Menge der Blüten und einen dichten Blütenstand. Größere Einzelblüten bei polyploiden Pflanzen können diese Wirkung deutlich verstärken. Triploide Pflanzen sind darüber hinaus für Züchter von Interesse, da sie aufgrund einer gestörten Meiose häufig steril sind und so nicht von Konkurrenten für deren Züchtungsarbeit genutzt werden können. Daher wurde im Rahmen eines Kooperationsprojektes mit dem Heidezüchter Heidepflanzen de Winkel (Förderung durch das Zentrale Innovationsprogramm Mittelstand ZIM)



Abb.: Größenvergleich der Blüten von tetraploiden (links) und diploiden (rechts) Blüten bei einem Genotyp mit Wildtyp-Blüten (oben) sowie einem Knospenblüher (unten).

2.5 Funktionen von Wurzel-Pilz-Beziehungen

Die Wurzel hat neben der Stabilisierung und Verankerung der Pflanzen im Boden vor allem die Aufgabe, für die Aufnahme von Mineralien und Wasser zu sorgen. Wichtige Voraussetzung dafür ist die Entwicklung eines gesunden Wurzelsystems, das nicht durch den Einfluss von Pathogenen geschädigt ist. Ziel des Schwerpunkts ist es, aufzuklären, wie endophytische Pilze die Funktionen des Wurzelsystems unterstützen.

Wenn Pilze gegen Pilze helfen

Mykorrhiza-induzierte Resistenz

PHILIPP FRANKEN

Jeder hat es schon erlebt: Pilze mögen Pflanzen genauso gerne wie wir. Seien es nun die Tomaten mit pelzigem Belag, die man in der Küche vergessen hat, der Salat mit den fauligen Stellen im Supermarkt oder auch die Rosen im Garten, deren Blätter von Mehltau überzogen sind. Dies alles sind offensichtliche Anzeichen von Pilzbefall und wenn man darüber nachdenkt, wie häufig er auftritt, verwundert es nicht, dass weltweit immer noch über 30 % der Ernteerträge durch Pflanzkrankheiten verloren geht. Bei Schaderregern, die direkt die oberirdischen Pflanzenteile befallen, sind die Symptome offensichtlich, aber viele pilzliche Pathogene leben im Boden und schädigen die Wurzel (Abb. 1).

Die Wurzel spielt eine sehr wichtige Rolle für die Pflanze. Sie verankert sie im Boden und sorgt für die Zufuhr von Wasser und Mineralien. Schon leichter Befall kann zu Einbußen in der Versorgung und somit auch im Ertrag führen. Breitet sich die Wurzelfäule aus, kann das schließlich in den gefürchteten Umfallkrankheiten und im Totalverlust enden.

Schaderreger der Wurzel zu bekämpfen ist schwierig. Die Diagnose ist oft kompliziert und, wenn Symptome auftreten, ist es schon zu spät. Also helfen oft nur vorbeugende Maßnahmen. Wie man sich vorstellen kann, ist dabei der Einsatz von Pestiziden aber höchst problematisch und resistente Sorten gibt es im Gartenbau bei kleineren Kulturen seltener. Seit den 70er Jahren weiß man aber, dass Wurzeln, die von arbuskulären Mykorrhizapilzen besiedelt sind, Pathogene besser abwehren können. Diese Pilze zeichnen sich eigentlich dadurch aus, dass sie Nährstoffe weit entfernt von der Wurzel aus dem Boden aufnehmen, diese zur Pflanze transportieren, an sie abgeben und so ihre Ernährung gerade unter schwierigen Bedingungen unterstützen. Mykorrhizierte Pflanzen zeigen sich aber auch widerstandsfähiger gegenüber widrigen Umweltbedingungen

Wenn man versteht, welche Widerstandskräfte der Pilz fördert, kann man diese gezielt ansprechen

und Schaderregern. Man spricht von Mykorrhiza-induzierter Resistenz (Abb. 2).

Um Mykorrhiza-induzierte Resistenz im Gartenbau besser einsetzen zu können, ist es notwendig, die Grundlagen besser zu verstehen. Wenn man z. B. versteht, welche Widerstandskräfte der Pflanze durch den Mykorrhizapilz gefördert werden, kann man versuchen, diese gezielt in Züchtungsprogrammen oder durch bestimmte Kulturmaßnahmen anzusprechen.

Eine entsprechende Grundlagenforschung lässt sich am besten an sogenannten Modellorganismen durchführen, die von vielen Forschern bearbeitet werden, sodass auf eine breite Informationsbasis zurückgriffen werden kann. Wir haben zum einen die Strauchluzerne (*Medicago truncatula*) gewählt, die zu den Leguminosen gehört und eng verwandt mit der Gartenerbse ist. Zum anderen arbeiten wir mit der Petunie (*Petunia hybrida*) als wirtschaftlich bedeutenden Zierpflanze. Durch unsere Mitarbeit in internationalen Konsortien konnten wir bei beiden Pflanzen schon frühzeitig auf vielfältige Res-

und Schaderregern. Man spricht von Mykorrhiza-induzierter Resistenz (Abb. 2).

Um Mykorrhiza-induzierte Resistenz im Gartenbau besser einsetzen zu können, ist es notwendig, die Grundlagen besser zu verstehen. Wenn man z. B. versteht, welche Widerstandskräfte der Pflanze durch den Mykorrhizapilz gefördert werden, kann man versuchen, diese gezielt in Züchtungsprogrammen oder durch bestimmte Kulturmaßnahmen anzusprechen.

Eine entsprechende Grundlagenforschung lässt sich am besten an sogenannten Modellorganismen durchführen, die von vielen Forschern bearbeitet werden, sodass auf eine breite Informationsbasis zurückgriffen werden kann. Wir haben zum einen die Strauchluzerne (*Medicago truncatula*) gewählt, die zu den Leguminosen gehört und eng verwandt mit der Gartenerbse ist. Zum anderen arbeiten wir mit der Petunie (*Petunia hybrida*) als wirtschaftlich bedeutenden Zierpflanze. Durch unsere Mitarbeit in internationalen Konsortien konnten wir bei beiden Pflanzen schon frühzeitig auf vielfältige Res-

Abb. 1: Wurzeln der Strauchluzerne (*Medicago truncatula*). Die linke Wurzel zeigt Symptome von Wurzelfäule, ausgelöst durch *Aphanomyces euteiches*.

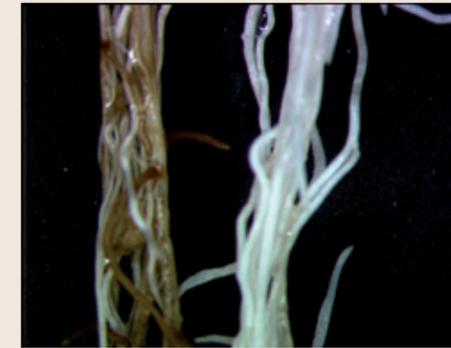


Abb. 2: *M. truncatula* Pflanzen infiziert mit dem Wurzelpathogen *A. euteiches*. Die rechte Pflanze ist durch die Besiedelung mit dem Mykorrhizapilz *Funneliformis mosseae* geschützt.



Abb. 3: 'Split Root'-System, bei dem der linke Teil des Wurzelsystems mit dem Pathogen *A. euteiches* infiziert wurde, während der rechte Teil von dem Mykorrhizapilz *F. mosseae* besiedelt ist.

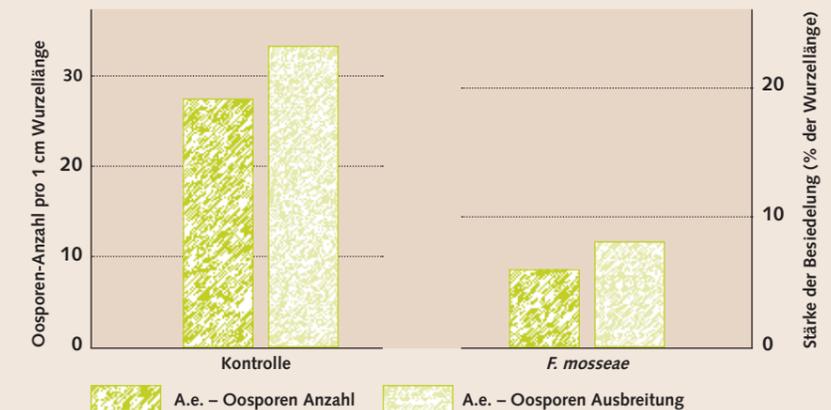


Abb. 4. Anzahl und Ausbreitung der Oosporen von *A. euteiches* in Mykorrhizen (rechte Säulen) und Kontrollwurzeln ohne Mykorrhiza (linke Säulen) von *M. truncatula*

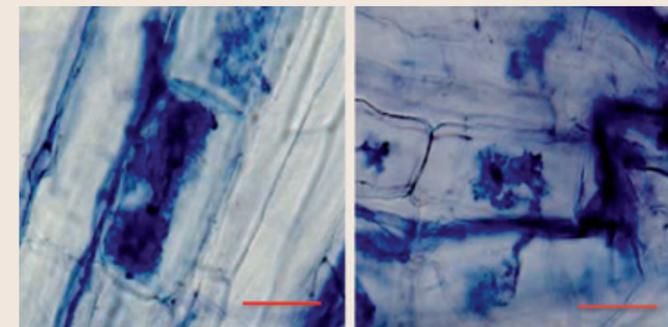


Abb. 5: Voll ausgebildetes Arbuskel in der Wurzelrinde einer Wildtyppflanze (links) und Arbuskel mit reduziertem Hyphenwachstum in der Mutante *mth1* von *M. truncatula*

sources zurückgreifen. Für beide Pflanzen etablierten wir außerdem in Zusammenarbeit mit Vivienne Gianinazzi-Pearson (INRA Dijon, Frankreich) und Franziska Krajinski (Max-Planck-Institut für Molekulare Pflanzenphysiologie, Golm) ein Pathosystem, das die Mykorrhizaaktivität bei Luzerne und auch bei der Petunie bestätigte.

Gemeinsam sind wir der Frage nachgegangen, wie Mykorrhizapilze die Krankheitserreger von der Wurzel abhalten. Pflanzen können sich mit einer Batterie von verschiedenen Proteinen und Sekundärmetaboliten wehren. Die Regulation erfolgt meist über Salizylsäure oder Jasmonat/Ethylen. Diese beiden Phytohormone spielen auch eine Rolle in Resistenzen, die durch avirulente Pathogene oder durch Wurzelbakterien induziert sind. Frühere Forschungsergebnisse ließen vermuten, dass in der Mykorrhiza Jasmonate produziert werden, was dann zur Mykorrhiza-induzierten Resistenz führen könnte. Das wollten wir überprüfen.

Jasmonat scheint keine direkte Rolle in der Mykorrhizaresistenz zu spielen

Unter Anleitung von Bettina Hause (Leibniz-Institut für Pflanzenbiochemie, Halle) konnte in der Luzerne die Jasmonatbiosynthese unterdrückt werden. Diese Pflanzen wurden nun zunächst mit dem Mykorrhizapilz (*Rhizophagus irregularis*) besiedelt und anschließend mit dem Wurzelfäule-Erreger (*Aphanomyces euteiches*) infiziert. Überraschenderweise waren die mykorrhizierten Pflanzen aber immer noch resistent und wehrten das Pathogen durch die Symbiose genauso ab wie Pflanzen mit intakter Jasmonatbildung. Jasmonat scheint also keine direkte Rolle in der Mykorrhizaresistenz zu spielen. Haoqiang Zhang, ein Doktorand in unserer Gruppe, wollte es nun genauer wissen und schaute sich Zuckerkonzentrationen und Expressionsmuster von Luzernegenen an. Er konnte zeigen, dass:

Mykorrhizapilze nicht mit der Pathogenpopulation um Nahrung oder Lebensraum konkurrieren, ein häufig benutztes Analysesystem („split root“-System; Abb. 3 ●), nicht zur Analyse von Wechselwirkungen zwischen Mykorrhiza und Pathogenpopulationen geeignet ist, da die natürlichen Bedingungen bei der Analyse nicht hergestellt werden können, die Salizylsäurebiosynthese unterdrückt wird. Als Folge davon wird die Resistenzwirkung auf Eindringlinge herabgesetzt.

Die Expressionsmuster ließen Herrn Zhang außerdem vermuten, dass der Mykorrhizapilz die Wurzel dazu anregt, eine Barriere aufzubauen, bevor Wurzelfäule die Wurzel überhaupt angreift.

Die Doktorandin Soukayna Hayek untersuchte ebenfalls Expressionsmuster, allerdings in Mykorrhizen der Petunie, die noch nicht mit Wurzelfäule/Schwarzbeinigkeit (*Thielaviopsis basicola*) infiziert waren. Ihre Ergebnisse unterstützten die Vermutungen von Herrn Zhang:

- Zum einen zeigte sie, dass Jasmonat, wenn überhaupt, eine untergeordnete Rolle spielt. Es ist anzunehmen, dass bisher unbekannte Oxylipine die Mykorrhiza-induzierte Resistenz regulieren,
- zum anderen wiesen die Muster in der Petunie auch auf die Existenz einer Mykorrhiza-induzierten Barriere hin und auf ganz bestimmte Chitinasen, die die Zellwand des Pathogens zersetzen.

In Arbeiten über die Wurzelfäule in Strauchluzerne konnte gezeigt werden, dass die Verhinderung der Ausbreitung des Pathogens *A. euteiches* mit der Bildung von Arbuskeln korreliert (Abb. 4 ●). Arbuskel sind kleine Hyphenbäumchen der Mykorrhizapilze, die in die Pflanzenzellen hineinwachsen. Um der Vermutung nachzugehen, dass die Arbuskelbildung eine Barriere für das Pathogen darstellt, untersuchte Herr Zhang eine Mutante, bei der diese Hyphenbäumchen nicht mehr voll auswachsen können (Abb. 5 ●). Diese waren aber nach wie vor resistent gegen Wurzelfäule, d. h. die Mykorrhiza benötigt keine voll entwickelten Arbuskel.

Unsere Arbeiten deuten in zwei Modellpflanzen parallel auf dieselben Mechanismen für die Mykorrhiza-induzierte Resistenz hin. Zum einen scheinen andere Oxylipine als Jasmonat eine Rolle zu spielen, zum anderen werden in Mykorrhizen Barrieren aufgebaut, die schließlich zur Abwehr des Pathogens führen. Dies ist umso interessanter, da Petunie und Strauchluzerne zu ganz unterschiedlichen Familien gehören, denen aber beide bedeutende Kulturpflanzen wie Erbse, Bohne, Kartoffel oder Tomate angehören. Wir hoffen, dass diese Forschungsergebnisse die Züchtung von neuen Sorten und den Einsatz von Mykorrhizapilzen fördern, um die Mykorrhiza-induzierte Resistenz in moderne Pflanzenschutzmaßnahmen zu integrieren. Dies soll schließlich zu Pflanzen mit gesunden Wurzelsystemen führen, die als Zierpflanzen ansprechend sind und als Nahrungsmittelpflanzen ausreichend Erträge bringen. ●

Ergebnisse (Auswahl)

Publikationen

Hilou, A.; Zhang, H.; Franken, P.; Hause, B. 2014. Do jasmonates play a role in arbuscular mycorrhiza-induced local bioprotection of *Medicago truncatula* against root rot disease caused by *Aphanomyces euteiches*? *Mycorrhiza* 24 (6), 45-54.

Zhang, H.; Franken, P. 2014. Comparison of systemic and local interactions between the arbuscular mycorrhizal fungus *Funneliformis mosseae* and the root pathogen *Aphanomyces euteiches* in *Medicago truncatula*. *Mycorrhiza* 24 (6), 419-430.

Krajinski, F.; Courty, P.-E.; Sieh, D.; Franken, P.; Zhang, H.; Bucher, M.; Gerlach, N.; Kryvoruchko, I.; Zoeller, D.; Udvardi, M.; Hause, B. 2014. The H⁺-ATPase HA1 of *Medicago truncatula* is essential for phosphate transport and plant growth during arbuscular mycorrhizal symbiosis. *Plant Cell* 26, 1808-1817.

Hayek, S.; Gianinazzi-Pearson, V.; Gianinazzi, S.; Franken, P. 2014. Elucidating mechanisms of mycorrhiza-induced resistance against *Thielaviopsis basicola* via targeted transcript analysis of *Petunia hybrida* genes. *Physiological and Molecular Plant Pathology* 88, 67-76.

2.6 Molekulare Grundlagen pflanzlicher Leistungen

Pflanzen sind fest im Boden verankert und können den sich ständig ändernden Umweltbedingungen nicht ausweichen. Daher haben sie eine enorme Bandbreite an regulatorischen Mechanismen und Regelkreisen entwickelt, welche ihnen auch unter suboptimalen Bedingungen Wachstum und Entwicklung ermöglichen. Im Rahmen unserer Forschung nutzen wir eine Kombination biochemischer, genetischer und zellbiologischer Ansätze, um die Regulation des pflanzlichen Stoffwechsels als Antwort auf extra- und intrazelluläre Signale zu verstehen. Langfristig sollen die Arbeiten Einsichten ermöglichen, wie sich pflanzliche Produktivität unter sich ständig ändernden Umweltbedingungen erhalten bzw. verbessern lässt.

Wie Pflanzen krank werden

Virulenzstrategien phytopathogener Bakterien

FREDERIK BÖRNKE

Die meisten Pflanzen sind gegenüber den allermeisten Krankheitserregern resistent. Sie stellen für das Pathogen keine Wirtspflanze dar. Oder die Pflanze wehrt sich beim Eindringen des Pathogens mit einer Abwehrreaktion (rassenspezifische Resistenz). Dennoch gibt es einige wenige Erreger, die sich so an eine bestimmte Pflanze angepasst haben, dass sie deren vielschichtige Abwehrstrategien überkommen und Krankheiten verursachen können. So haben z. B. viele gramnegative Bakterien einen molekularen Injektionsapparat (Typ-III Sekretionssystem), mit dem das Pathogen, ähnlich einer Spritze, Erregerproteine, die sog. Typ-III-Effektorproteine, direkt in das Zytoplasma der Wirtszelle transportieren kann. In der Pflanzenzelle manipulieren die Effektoren zelluläre Prozesse und fördern so die Infektion und das Wachstum des Pathogens.

Das phytopathogene Bakterium *Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria* (Xcv) verursacht die Blattfleckenkrankheit bei Paprika und Tomate. Während der Infektion injiziert Xcv ca. 30 Typ-III Effektorproteine in die Pflanzenzelle. Die Effektoren greifen verschiedene Signalwege der pflanzlichen Abwehr an und unterdrücken diese. Dabei greifen die einzelnen Effektoren häufig verschiedene Signalwege gleichzeitig an und erzielen so eine verstärkte Wirkung. Obwohl die Identität der einzelnen Effektorproteine von Xcv bekannt ist, konnte der Wirkungsmechanismus innerhalb der Pflanzenzelle bisher nur für einige wenige Beispiele aufgeklärt werden. Will man die Resistenz der Pflanzen verbessern, müssen sowohl die Virulenzstrategien der Pathogene als auch die Reaktionen in der Wirtspflanze berücksichtigt werden.

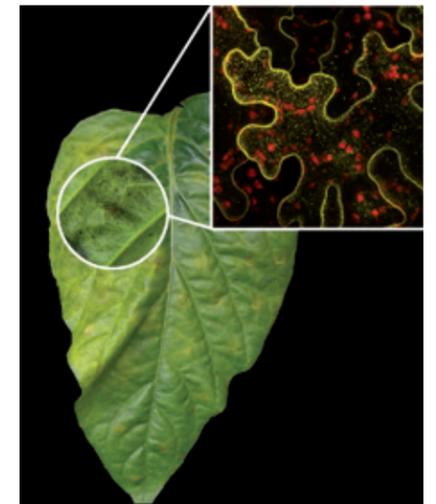
In unserem Forschungsprojekt arbeiten wir mit einigen ausgewählten Typ-III-Effektoren von *Xanthomonas* (Xcv). Wir wollen herausfinden:

- Wo? Welche Zellstrukturen werden angegriffen? und
- Wie? Wie werden die Wirtszellen manipuliert? Wie funktioniert der molekulare Mechanismus zur Wirtszellmanipulation?

Das *Xanthomonas* (Xcv) Effektorprotein XopJ gehört zu einer ganzen Familie von Typ-III-Effektoren, welche in abgewandelter Form nicht nur in anderen phytopathogenen Bakterien, sondern auch in humanpathogenen Erregern wie etwa dem der Lungen- und Beulenpest (*Yersinia pestis*) oder Salmonella vorkommen. Da verschiedene Krankheitserreger, die unterschiedliche Wirte befallen, das gleiche Effektorprotein benutzen, um die Abwehrfunktion der Zelle zu hemmen, ist die Untersuchung von Mitgliedern dieser Effektorfamilie besonders interessant.

Mittels molekularbiologischer und biochemischer Methoden konnten wir feststellen, dass das Effektorprotein (XopJ) die Proteasomuntereinheit (RPT6) angreift und abbaut. Das Proteasom ist ein Enzymkomplex, der für den Abbau von Proteinen verantwortlich ist. Dies ist u.a. bei der Signalübertragung in der Pflanzenzelle von Bedeutung.

Bisher war eine direkte Rolle des Proteasoms in der pflanzlichen Abwehr nicht beschrieben, sodass zunächst nicht klar war, welchen Vorteil das Bakterium durch dessen Hemmung erhält. Genexpressionsanalysen in Paprikablättern haben gezeigt, dass das Effektorprotein (XopJ) die salicylatgesteuerte Abwehr unterdrückt. Salicylat ist ein Hormon, das in der pflanzli-



Xanthomonas infiziertes Paprikablatt mit Krankheitssymptomen. Das Inset zeigt eine Mikroskopaufnahme der Wechselwirkung zwischen dem bakteriellen Effektorprotein XopJ und dem pflanzlichen Proteasom (gelbe Fluoreszenz).

chen Immunantwort eine zentrale Rolle einnimmt und als Signalstoff die Expression von Abwehrgenen steuert. Die Signalübertragung funktioniert aber nur, wenn das Proteasom beim Abbau von Regulatoren hilft. Wenn also die Effektorproteine das Proteasom in seiner Aktivität hemmen, können die Salicylate die Abwehrgene nicht mehr aktivieren.

Weitere Studien sollen nun zeigen, ob auch andere Pflanzenpathogene das Proteasom als Zielstruktur in ihren Wirtszellen nutzen, um die Abwehr zu unterdrücken. Außerdem möchten wir untersuchen, welche anderen zellulären Prozesse durch die Manipulation der Proteasomaktivität beeinflusst werden. ●

Ergebnisse (Auswahl)

Publikationen

Üstün, S.; König, P.; Gutmann, D.S.; Börnke, F. 2014. HopZ4 from *Pseudomonas syringae*, a member of the HopZ type III effector family from the YopJ superfamily, inhibits the proteasome. *Molecular Plant-Microbe Interactions* 27 (7) 611-623.

Üstün, S.; Bartzetzko, V.; Börnke, F. 2013. The *Xanthomonas campestris* Type III effector XopJ targets the host cell proteasome to suppress salicylic-acid mediated plant defence. *PLoS Pathogens* 9(6): e1003427.

Projekt

„Functional analysis of bacterial type-III effector proteins in plants“; Sachbeihilfe Deutsche Forschungsgemeinschaft BO 1916/5-1

3.1 Bioaktive sekundäre Pflanzenstoffe in der Interaktion Pflanze-Umwelt

Die Forschungsarbeit dieses Schwerpunkts trägt dazu bei, dass nachhaltig produzierte und qualitativ hochwertige gartenbauliche Produkte aktuelle Verbraucherpräferenzen erfüllen. So sind derzeit eine Vielzahl von Food-Trends auf dem Markt, um die unterschiedlichen Verbraucherwünsche zu befriedigen, zu denen als dominierende Trends sowohl Functional Food als auch nachhaltig erzeugte Produkte wie Nature Food, Ethic Food und Bioprodukte gehören. So erfordern das gesteigerte Gesundheits- und Umweltbewusstsein der Gesellschaft und die damit einhergehende Nachfrage nach sicheren, funktionellen und nachhaltigen Lebensmitteln neue Wege in der Erzeugung gartenbaulicher Produkte.

UV-B – ein bedeutender Regulator des sekundären Pflanzenmetabolismus

MONIKA SCHREINER · SUSANNE NEUGART · MELANIE WIESNER

Während des letzten Jahrzehnts ist ein signifikantes, neues Verständnis der UV-B-beeinflussten molekularbiologischen, physiologischen und biochemischen Prozesse in Pflanzen gewonnen worden. Ein Paradigmenwechsel hat stattgefunden. UV-B-Strahlung (UV-B: 280-315 nm) wird nicht mehr ausschließlich als Umweltstressor gesehen, wie es bisher vorrangig unter dem Blickwinkel des vom Menschen verursachten Ozonabbaus und der dadurch erhöhten UV-B-Einstrahlung der Fall war. Neuere Studien offenbaren, dass moderate UV-B-Strahlung, die aber immer noch ökologisch relevant ist, ein spezifischer Regulator der pflanzlichen Genexpression und des korrespondierenden Metabolitprofils ist und damit auch die pflanzliche Antwort auf klimatische Änderungen wesentlich beeinflusst. So untersuchen im Rahmen einer von der EU geförderten COST (European Cooperation in Science and Technology) Action UV4growth mit dem Titel „UV-B radiation: A specific regulator of plant growth and food quality in a changing climate“ 220 Forscher aus dem Bereich Life Science die UV-B-Effekte auf pflanzlicher Zellebene, die durch UV-B-Strahlung ausgelösten Veränderungen bei verschiede-

nen Pflanzenmetaboliten sowie den UV-B-Einfluss auf natürliche und agrarische Ökosysteme. Über 21 Nationen, vorwiegend aus Europa, aber auch aus Israel, der Türkei, Australien und Neuseeland arbeiten in dieser COST Action zusammen.

Flavonoide und Glucosinolate durch moderate UV-B erhöht

In diesem Kontext haben wir uns vorrangig mit der UV-B induzierten Biosynthese protektiver, sekundärer Pflanzenstoffe beschäftigt und uns dabei auf Glucosinolate und Flavonoide konzentriert. So konnten wir in unseren Arbeiten nachweisen, dass unter moderatem UV-B-Einfluss nur ganz bestimmte Glucosinolate und Flavonoide in der Pflanze akkumuliert werden und somit Glucosinolate und Flavonoide absolut strukturspezifisch auf moderate UV-B-Strahlung reagieren (Textbox 1). Wir konnten ebenso nachweisen, dass Glucosinolate und Flavonoide darüber hinaus strukturspezifisch protektive oder adverse Effekte in der Pflanze, aber auch beim Menschen, vermitteln. Die Wirkungsweisen dieser sekundären Pflanzenstoffe wurden u. a. in dem Projekt „Untersuchung von *Brassica*-Gemüsen

und individuellen genotoxischen Inhaltsstoffen auf kanzerogene Wirkung in konventionellen und humanisierten Mausmodellen“ erarbeitet (Textbox 2). Diese Erkenntnisse wurden teils über COST-finanzierte **Short Term Scientific Missions** (STSM) zusammen mit anderen COST-Partnern erarbeitet (Textbox 3) und die Weitervermittlung dieser neuen Erkenntnisse und der damit verbundenen Analysemethoden erfolgte dann über **Training School** (Textbox 4).

In Zusammenarbeit mit dem Ferdinand-Braun-Institut konnten zudem erste Arbeiten über die Entwicklung von UV-B-LEDs und zu Effekten von engbandigen UV-B-Applikationen auf den pflanzlichen Sekundärmetabolismus etabliert werden. Ebenso arbeiten wir in über diese COST Action initiierten transeuropäischen Netzwerken mit, beispielsweise dem „**Grapevine Ultraviolet Network**“ (GUN) (Textbox 5) und dem „**Trans-European Arabidopsis Experiment**“ (Textbox 6). In zeitgleichen Untersuchungen zu Wein bzw. zu Arabidopsis-Ökotypen und -Mutanten an verschiedenen europäischen Standorten ermitteln wir die globale klimatische Modifikation des pflanzlichen Sekundärmetabolitprofils. •



UV-Behandlung bei Kapuzinerkresse

1 · Nachwuchsgruppe „Nachweis, Bildung und Funktion von Flavonoiden“

Die Nachwuchsgruppe „Nachweis, Bildung und Funktion von Flavonoiden“ wird seit 2013 durch Frau Dr. Neugart geleitet und befasst sich mit den pflanzenphysiologischen Mechanismen der Auswirkung von UV-Strahlung und weiterer Strahlungsqualitäten auf die Flavonoide und weitere phenolische Verbindungen. Polyphenole schützen die Pflanze als Antioxidantien und Schutzpigmente vor hoher UV-Strahlung, die ansonsten die Proteine und die DNA der Pflanzenzelle schädigen würde. In der Nachwuchsgruppe werden die Strukturen der Flavonoide in verschiedenen Pflanzenspecies mit unterschiedlichem Flavonoidspektrum und Flavonoidklassen identifiziert. Anhand der chemisch strukturell verschiedenen Flavonoide und weiteren phenolischen Verbindungen werden die zugrundeliegenden pflanzenphysiologischen Mechanismen mit analytischen und molekularbiologischen Methoden untersucht. Die Dosis und die Behandlungsdauer der verschiedenen Strahlungsqualitäten werden untersucht. Daraus können Empfehlungen abgeleitet werden welche Lichtquellen in der Produktion von Gemüse und Zierpflanzen eingesetzt werden können.

2 · Neoglucobrassicin in Pak Choi

Glucosinolate, charakteristische Sekundärmetabolite der Brassicaceae, werden beim Konsum durch das pflanzeigene Enzym oder Darmbakterien zu chemisch reaktiven Molekülen aktiviert, welche im Säugerorganismus Enzyme des Fremdstoffmetabolismus und andere Schutzsysteme beeinflussen. In verschiedenen Pak Choi Sorten wurde Neoglucobrassicin quantifiziert. Durch die Behandlung mit dem Signalmolekül Methyljasmonat konnte die Biosynthese von Neoglucobrassicin in der Pflanze stark erhöht werden. Testungen im Zellversuchen ergaben eine mutagene Wir-

kung auf Bakterien durch selektiv erhöhtes Neoglucobrassicin in der Pflanze. Bei Verfütterung an Mäuse zeigte die Analyse verschiedener Organe und des Blutes, dass das in der Pflanzenmatrix enthaltene Neoglucobrassicin zu DNA-Addukten führt. DNA-Addukte können bei Nichtreparatur Mutationen und Tumorentstehung als Folge haben. Dagegen wurden Enzyme des Fremdstoffmetabolismus aktiviert, die dem Organismus helfen, schädliche Substanzen auszuschleiden. Diese Ergebnisse sind Grundlage für die spätere Ableitung von Verzehrsempfehlungen.

3 · Short Term Scientific Missions

In der COST Action UV4growth können Nachwuchswissenschaftler Gelder für kurze Auslandsaufenthalte (Short Term Scientific Missions) einwerben. Im Jahr 2013 war Frau Dr. Neugart für 6 Wochen am University College Cork in der Arbeitsgruppe von Prof. Nora O'Brien und beschäftigte sich mit der Frage, ob verschiedene Lichtqualitäten (inkl. UV-B Strahlung) nicht nur die Flavonoide, sondern auch das antioxidative Potenzial beeinflussen. Weiterhin nutzen internationale Nachwuchswissenschaftler unsere Expertise

für ihre Forschung. Claudia Scattino (Università di Pisa, Italien) untersuchte die Phenolantwort in Pfirsich auf UV-B in der Nachernte. Der Einfluss von Schwefel und Stickstoff auf die Bildung von Flavonoiden in verschiedenen Grünkohlsorten wurde von Marie Grønbaeck (Aarhus Universität, Dänemark) erforscht. Weiterhin analysierte Kristóf Csepregi (University of Pécs, Ungarn) die Flavonoidglycoside von Weinblättern aus dem Grapevine Ultraviolet Network.



Teilnehmer an der Training School am IGZ mit Dr. Susanne Neugart (links) während einer Literaturrecherche (rechts)

4 · Training School

In der COST Action UV4growth werden Training Schools angeboten bei denen erfahrene Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler Kenntnisse an Nachwuchswissenschaftler vermitteln. Insgesamt fanden seit 2011 in der COST Action UV4growth sechs Training Schools statt. Am 24. und 25. Oktober 2013 kamen zwölf Doktoranden und Post-Docs (Foto) aus sieben europäischen

Ländern an das IGZ zur Training School „HPLC-MS techniques for the identification and quantification of flavonoids and phenolic acids in plants exposed to UV-B“. Die Training School wurde von Frau Dr. Susanne Neugart organisiert und vermittelte einen Überblick über die Technik der Massenspektrometrie

5 · Grapevine Ultraviolet Network (GUN)

Es gibt zahlreiche Möglichkeiten die UV-Strahlung in Weingärten zu beeinflussen, z.B. das Entfernen von Laub um die Strahlungsintensität zu erhöhen und die Reife der Weinreben zu beschleunigen. Im Jahr 2012 wurden innerhalb der COST Action UV4Growth lokal vorherrschende UV-Bedingungen in 5 europäischen Weingärten auf deren Einfluss auf Blattmetabolite (z.B. Flavonoide) und antioxidative Aktivität zum Beginn der Reifephase der Trauben (Veraison) untersucht. Zwischen den Versuchsorten wurden deutliche Unterschiede in den

erhobenen meteorologischen Daten festgestellt. Daraus ergaben sich verschiedene Zeitpunkte für die Veraison. Dennoch waren die Flavonoidkonzentrationen, gemessen am IGZ, zwischen den Standorten vergleichbar. Um die Ergebnisse zu verifizieren, wurde das Experiment im Jahr 2014 auf 11 Versuchsstandorte erweitert. Der Versuch soll darüber Aufschluss geben wie die natürliche UV-Strahlung die Physiologie der Weinpflanzen beeinflusst und damit die Qualität des Produktes Wein.

6 · Trans-European Arabidopsis Experiment

Der UVR-8-Photorezeptor vermittelt zahlreiche physiologische Reaktionen auf UV-B-Strahlung in der Modelnpflanze *Arabidopsis thaliana* wie beispielsweise die Akkumulation von Polyphenolen. 2013 und 2014 wurden standortübergreifende Untersuchungen zum Einfluss von UV-B auf das Wachstum und die Bildung von pflanzlichen Sekundärmetaboliten in *Arabidopsis* initiiert. Dabei wurden an 29 Standorten in Europa eine repräsentative Anzahl der *Arabidopsis* uvr8-2-Mutante und dem korrespondierenden

Wildtyp im Freiland unter lokal vorherrschenden UV-Bedingungen angezogen. Neben der Erfassung des Wachstums wurden am IGZ die Glucosinolate und Flavonoide analysiert. Die Ergebnisse zeigen, dass die uvr8-2-Mutante geringere Konzentrationen dieser Metabolite aufweist, was mit einer geringeren Toleranz gegenüber hoher UV-Strahlung verbunden ist. Abhängig vom Breitengrad des Versuchsstandortes konnten struktur-spezifische Unterschiede bei Glucosinolaten und Flavonoiden ermittelt werden.

Kurz gefragt:

Die Bewertung der sekundären Pflanzenstoffe hat sich in den letzten Jahren stark gewandelt. Wie ist Ihre Einschätzung des Forschungsbedarfs?

Monika Schreiner: Dass Pflanzen als ortsbundene Organismen sekundäre Pflanzenstoffe zur Interaktion mit ihren wechselnden Umweltbedingungen nutzen, ist prinzipiell bekannt, wenn auch im Detail noch viele Aspekte zu klären sind. Sekundäre Pflanzenstoffe dienen beispielsweise als effektive chemische Abwehrstoffe gegen Schadinsekten und Pathogene. Andere sekundäre Pflanzenstoffe locken als Farb- und Aromastoffe pollenverbreitende Insekten an. Jedoch wurden sekundäre Pflanzenstoffe lange Zeit als unbedeutend für die menschliche Ernährung abgetan. Schlagartig erhöhte sich jedoch das Interesse an diesen pflanzlichen Substanzen, als Anfang der 90er Jahre mehr über ihr gesundheitsförderndes Potenzial beim Menschen bekannt wurde. Hier ergeben sich viele Ansatzpunkte für die gezielte Generierung von Gemüseprodukten mit optimierten Sekundärmetabolitkonzentrationen und -profilen zur Prävention von ernährungsassoziierten Erkrankungen.

Welche Konsequenzen ziehen Sie daraus für Ihre Forschung?

Monika Schreiner: Unsere Kompetenz liegt in der Identifizierung und Quantifizierung verschiedener sekundärer Pflanzenstoffe. Ausgehend davon soll das Profil an funktionellen sekundären Pflanzenstoffen bereits in der Pflanze optimiert werden und das unter zwei sich nicht ausschließenden, sondern ergänzenden Gesichtspunkten: Zum einen die gesteuerte Beeinflussung der Interaktion Pflanze-Umwelt zur verbesserten Anpassung der Pflanze an sich stark verändernde Umweltbedingungen, zum anderen die gezielte Optimierung an protektiven sekundären Pflanzenstoffen zur Etablierung natürlicher funktioneller Lebensmittel.

Ergebnisse (Auswahl)

Publikationen

Julkunen-Tiito, R.; Nenadis, N.; Neugart, S.; Robson, M.; Agati, G.; Vepsäläinen, J.; Zipoli, G. et al. 2014. Assessing the response of plant flavonoids to UV radiation: an overview of appropriate techniques. *Phytochemistry Reviews*, DOI 10.1007/s11101-014-9362-4.

Lippmann, D.; Lehmann, C.; Florian, S.; Barknowitz, G.; Haack, M.; Mewis, I.; Wiesner, M.; Schreiner, M.; Glatt, H.-R.; Brigelius-Flohe, R.; Kipp, A.P. 2014. Glucosinolates from pak choi and broccoli induce enzymes and inhibit inflammation and colon cancer differently. *Food and Function* 5, 1073-1081.

Majer, P.; Neugart, S.; Krumbain, A.; Schreiner, M.; Hideg, E. 2014. Singlet oxygen scavenging by leaf flavonoids contributes to sunlight acclimation in *Tilia platyphyllos*. *Environmental and Experimental Botany* 100, 1-9.

Neugart, S.; Fiol, M.; Schreiner, M.; Rohn, S.; Zrenner, R.; Kroh, L.; Krumbain, A. 2014. Interaction of moderate UV-B exposure and temperature on the formation of structurally different flavonol glycosides and hydroxycinnamic acid derivatives in kale (*Brassica oleracea* var. *sabellica*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 62 (18), 4054-4062.

Scattino, C.; Castagna, A.; Neugart, S.; Chan, H.M.; Schreiner, M.; Crisosto, C.H.; Tonutti, P.; Ranieri, A. 2014. Post-harvest UV-B irradiation induces changes of phenol contents and corresponding biosynthetic gene expression in peaches and nectarines. *Food Chemistry* 163, 51-60.

Schumacher, F.; Florian, S.; Schnapper, A.; Monien, B.H.; Mewis, I.; Schreiner, M.; Seidel, A.; Engst, W.; Glatt, H. 2014. A secondary metabolite of Brassicales, 1-methoxy-3-indolylmethyl glucosinolate, as well as its degradation product, 1-methoxy-3-indolylmethyl alcohol, forms DNA adducts in the mouse, but in varying tissues and cells. *Archives of Toxicology* 88 (3), 823-836.

Wiesner, M.; Schreiner, M.; Glatt, H. 2014. High mutagenic activity of juice from pak choi (*Brassica rapa* ssp. *chinensis*) sprouts due to its content of 1-methoxy-3-indolylmethyl glucosinolate, and its enhancement by elicitation with methyl jasmonate. *Food and Chemical Toxicology* 67, 10-16.

Wiesner, M.; Schreiner, M.; Zrenner, R. 2014. Functional identification of genes responsible for the biosynthesis of 1-methoxy-indol-3-ylmethyl-glucosinolate in *Brassica rapa* ssp. *chinensis*. *BMC Plant Biology*, 14:124. DOI: 10.1186/1471-2229-14-124.

Schödl-Hummel, K.; Neugart, S. 2014. Positive Aspekte ultravioletter Strahlung. *Der Winzer* 3, 18-20.

Schreiner, M.; Martinez-Abajgar, J.; Glaab, J.; Jansen, M. 2014. UV-B induced secondary plant metabolites – Potential benefits for plant and human health. *Optik & Photonik* 9 (2), 34-37.

Sonstiges

Training school: HPLC techniques for the identification and quantification of flavonoids and phenolic acids in plants exposed to UV-B. Leibniz-Institute of Vegetable and Ornamental Crops, Germany, 24-25 Oct 2013, organized by Dr. Susanne Neugart

Transeuropäischen Netzwerke
Trans-European wine-leaf experiment (Grapevine Ultraviolet Network)
Transeuropean Arabidopsis Experiment

2013-Förderpreis für Nachwuchswissenschaftler der Deutschen Gesellschaft für Qualitätsforschung (pflanzliche Nahrungsmittel) e.V. für Frau Dr. Susanne Neugart

Indigenes afrikanisches Blattgemüse – ein Beitrag zur verbesserten Ernährung

BERNARD NGWENE · RONALD MAUL · MONIKA SCHREINER

In Kenia sowie seinen Nachbarländern ist rund die Hälfte der Bevölkerung nicht in der Lage, ihre täglichen Ernährungsbedürfnisse zu erfüllen. Dabei ist der Großteil der Kenianer von der Landwirtschaft direkt abhängig. Gartenbauliche Erzeugnisse – insbesondere indigene Gemüse – können essenzielle Nährstoffe liefern, die in der Ernährung von Millionen Menschen u. a. in Südafrika fehlen. Daher stehen diese Pflanzen im Fokus des Verbundprojektes „GlobE: HORTINLEA – Lebensmittelsysteme vielfältig gestalten“. Im Rahmen dieses Projektes sollen Erkenntnisse gewonnen werden, auf deren Grundlage Strategien zur Produktion von frischem Gemüse entwickelt werden können. Darüber hinaus soll die Effizienz von Wertschöpfungsketten verbessert werden.

Vielfalt in der Ernährung durch afrikanisches Blattgemüse

In unterschiedlichen naturwissenschaftlichen Teilprojekten werden Erkenntnisse zur Erhöhung der Produktivität und Verbesserung der Nacherntebehandlung, zu Produktqualität und ernährungsphysiologischer Bedeutung sowie über die Optimierung von Verarbeitungs-, Logistik- und Marketingprozessen gewonnen. Sozioökonomische Teilprojekte evaluieren den Beitrag dieser Prozesse zur Armutsbekämpfung, verbesserter Nahrungsmittelversorgung, Verringerung der Transaktionskosten und Steigerung der Nachhaltigkeit. Ein spezielles Anliegen des Projektes ist, die Fähigkeit junger afrikanischer Nachwuchswissenschaftler zu fördern, problemorientierte, interdisziplinäre Projekte zu planen und durchzuführen. Die Arbeiten zu diesem Projekt wurden im Winter 2014 aufgenommen.

Das IGZ ist für das Teilprojekt „Gesundheit“ verantwortlich. In diesem Teilprojekt werden in Zusammenarbeit mit Partnern an den Universitäten in Hamburg, Hannover und Freiburg sowie mit dem Max Rubner-Institut zunächst die relevanten bioaktiven Inhaltsstoffe für verschiedene indigene afrikanische Blatt-



Indigenes afrikanisches Blattgemüse: Spiderplant (oben), Nightshade (unten)



gemüsearten (Spiderplant, Amaranth, Afrikanischer Kohl, Schlangenbohne) identifiziert und quantifiziert. Darauf aufbauend werden Empfehlungen zu verbesserten Kultur- und Verarbeitungsmethoden erarbeitet, um die ländliche und auch urbane Bevölkerung mit Gemüse von hoher ernährungsphysiologischer Qualität und Sicherheit zu versorgen.

Ergebnisse (Auswahl)

BMBF-Afrikatage 16.-18.03.2014 in Berlin
Kick-off Meeting 14.-20.08.2014 in Nairobi

3.2 Funktion und Bedeutung von Carotinoiden und Apocarotinoiden

Carotinoide sind natürliche Pigmente und farbgebend für viele gelb-orange-rote Blütenblätter, Obst- und Gemüsearten. Sie haben wichtige Funktionen für Pflanzen z.B. als photosynthetische Pigmente oder Antioxidantien. Sie stellen auch Vorstufen für wichtige Apocarotinoide (Spaltprodukte der Carotinoide), zu denen u. a. Pflanzenhormone und Schlüsselaromastoffe gehören.

Prächtigen Farben und Düften aus Carotinoiden auf der Spur

SUSANNE BALDERMANN · AUDREY ERRARD · KATJA FREDE

Carotinoide sind vor allem aufgrund ihrer Farbgebung bekannt, aber auch als Vorstufen des Vitamin A. Zu den flüchtigen Apocarotinoiden (Abbauprodukten der Carotinoide) gehören sehr potente Aromastoffe, die bereits in sehr geringen Konzentrationen das Aroma vieler frischer und verarbeiteter Lebensmittel prägen.

Eingebunden in den Programmbereich „Gartenbau, Umwelt und Verbraucher“ liegt unser wissenschaftlicher Fokus auf der Analyse des Carotinoidstoffwechsels in pflanzlichen Lebensmitteln.

Im Rahmen nationaler und internationaler Forschungs- und Kooperationsprojekte werden vielfältige Fragestellungen mittels moderner analytischer, biochemischer und molekularbiologischer Verfahren bearbeitet, um zu verstehen, wie Pflanzen in der Lage sind, den Auf- und Abbau von Carotinoiden zu regulieren.

Von besonderem Interesse ist, wie sich Konzentrationsänderungen auf die Qualität pflanzlicher Lebensmittel auswirken. Integriert werden Fragestellungen nach dem Einfluss ökophysiologischer Faktoren wie z.B. Wachstumsbedingungen, Lagerung und Verarbeitung, da sich die Gehalte in allen Stufen der Lebensmittelversorgungskette verändern können. Für den Menschen sind Carotinoide essenzielle Stoffe mit bedeutenden antioxidativen Eigenschaften und epidemiologische Studien zeigen deren präventiven Charakter

gegenüber degenerativen Erkrankungen des Herz-Kreislaufsystems, der Augen und der Haut.

So untersuchen wir derzeit, wie sich u. a. Lichtqualität und Insekten (Abb. 2) auf die (Apo-)Carotinoidgehalte in pflanzlichen Lebensmitteln auswirken.

Neben der gezielten Analyse der Carotinoide und Apocarotinoide nutzen wir hochauflösende Massenspektrometrie (zur vorläufigen Identifizierung von Metaboliten), um Zusammenhänge zwischen der Carotinoid- und Apocarotinoidsynthese und anderen Biosynthesewegen aufzudecken.

In Pflanzen sind neben der Abscisinsäure auch Apocarotinoide mit 13 Kohlenstoffatomen biologisch aktiv. So haben erste Arbeiten gezeigt, dass die nicht hormonellen Abbauprodukte der Carotinoide in Algen und *Lemna paucicostata* L. (Modellpflanze zur Erforschung von Wachstumsregulatoren) zur Veränderung des Wachstums führen (Abb. 3).

Apocarotinoide mit 13 Kohlenstoffatomen sind des Weiteren von großer Bedeutung als Schlüsselaromen. Neben der Identifizierung von Schlüsselenzymen, die durch spezifische Katalyse die Carotinoide zu Aromastoffen spalten, ist unser Ziel diese pflanzlichen Metaboliten *in-vivo* zu visualisieren. Da es bisher nicht möglich ist, diese flüchtigen Verbindungen in pflanzlichen Geweben zu visualisieren, haben wir die Enzymsubstrate an

Quatum Dots (QD, wasserlösliche, fluoreszierende, lichtstabile Nanopartikel) gebunden und nutzen die Fluoreszenzänderung während der enzymatischen Spaltung, um die Verbindungen bzw. die enzymatische Reaktion in Pflanzen sichtbar zu machen (Abb. 1). Dieses ist nach unserem Wissen die erste Anwendung der QD für *in-vivo*-Visualisierung von pflanzlichen Metaboliten und somit eine wichtige Pilotstudie für andere Anwendungen im Bereich der Aufklärung von Biosynthesewegen in Pflanzen.

Die ernährungsphysiologische Bedeutung der (Apo-)Carotinoide wird in Zusammenarbeit mit dem Institut für Ernährungswissenschaften der Universität Potsdam näher untersucht.

Ergebnisse (Auswahl)

Publikationen
Baldermann, S.; Kato, M.; Fujita, A.; Fleischmann, P.; Winterhalter, P.; Watanabe, N. 2013. Biodegradation of carotenoids – an important route to scent formation. In: Winterhalter, P. et al., Carotenoid cleavage products. ACS Symposium Series, American Chemical Society, Washington DC, Chapter 6, 66-71.

Baldermann, S.; Yamamoto, M.; Yang, Z.; Kawahashi, T.; Kuwano, K.; Watanabe, N. 2013. C13-apocarotenoids: more than flavor compounds? In: Winterhalter, P. et al., Carotenoid cleavage products. ACS Symposium Series, American Chemical Society, Washington DC, Chapter 7, 74-79.

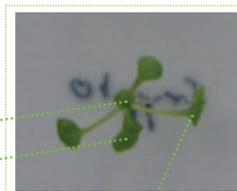


Abb. 1: Mikroskopische Aufnahmen von QD in *Arabidopsis*

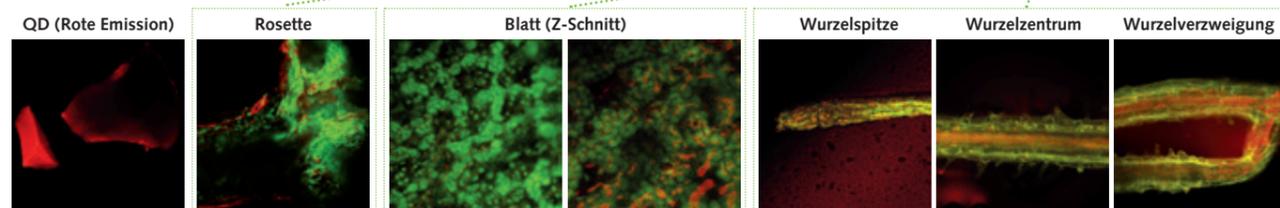
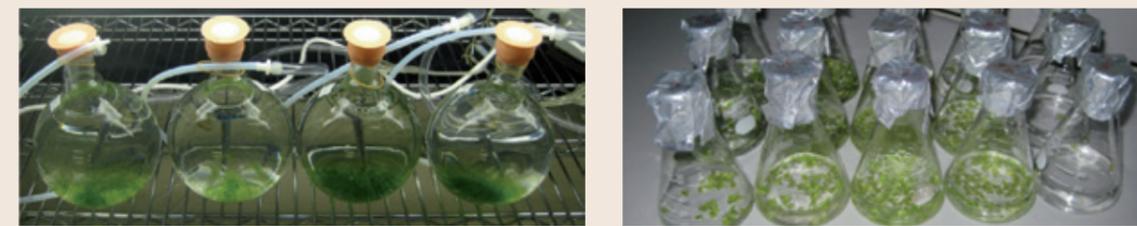
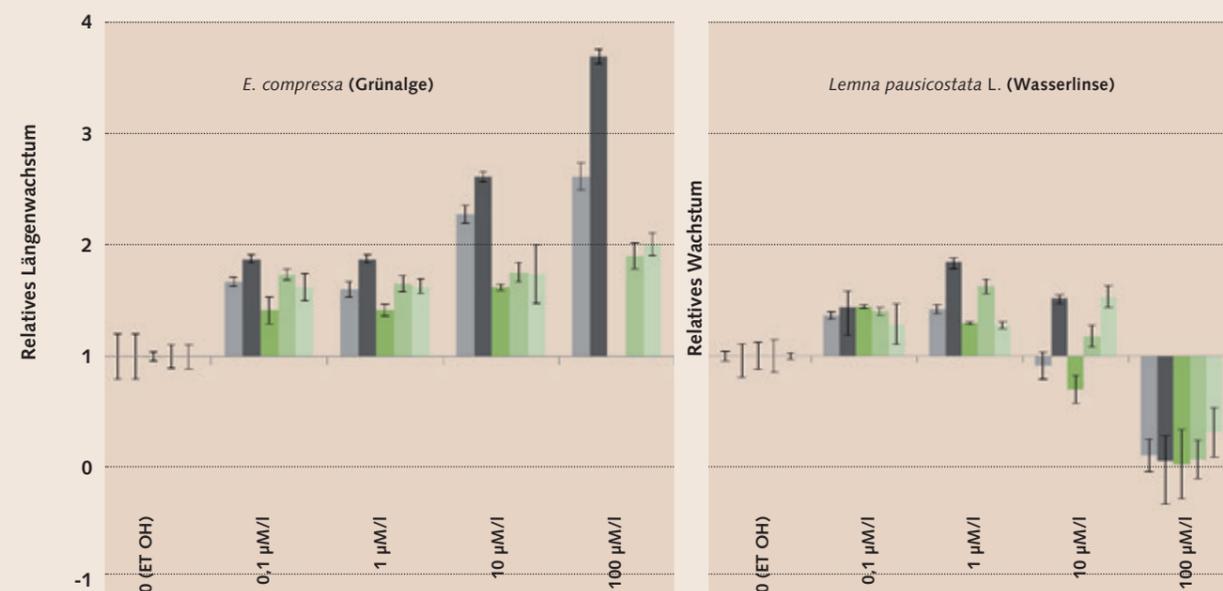


Abb. 2: Versuchsansicht, Forschungsgewächshaus des IGZ

Abb. 3: Untersuchung des Einflusses von C13-Apocarotinoiden auf das Wachstum
grau – β -Jonon, dunkelgrau – Dihydro- β -Jonon, dunkelgrün – Pseudojonon, mittelgrün – Dihydro- α -Jonon, hellgrün – α -Jonon



3.3 Nährstoffdynamik im Gartenbau

In den vergangenen Jahren sind die gesetzlichen Umweltauflagen für die Pflanzenproduktion sowohl auf europäischer als auch auf nationaler Ebene mehrfach verschärft worden. Mit der weiteren Umsetzung der europäischen Nitratrichtlinie und der Wasserrahmenrichtlinie sind zusätzliche Auflagen zu erwarten. Die nach der deutschen Düngeverordnung zulässigen Grenzwerte für Nährstoffüberschüsse sind bereits heute so niedrig, dass sie von vielen gartenbaulichen Betrieben mit den bisher üblichen Düngungs- und Fruchtfolgestrategien nicht eingehalten werden können. Daher sollen Strategien zur Verminderung von Nährstoffverlusten an die Umwelt entwickelt werden. Dazu sollen neben experimentellen Untersuchungen auch Szenariorechnungen mit Agro-Ökosystemmodellen einen Beitrag leisten.

Ernterückstände: Ein Hotspot für hungrige mikrobielle Stickstoff-Emittenten

LEIF NETT

Stickstoff ist essenzieller Bestandteil jeder Lebensform. Menschen decken ihren Stickstoffbedarf mit der Nahrung, wünschenswerterweise zum Teil mit Gemüse. Daher bedarf es, damit zum Beispiel aus einer kleinen Blumenkohlpflanze ein stattlicher Blumenkohlkopf heranwächst, viel Stickstoff – in der Regel zwischen 250 und 300 kg ha⁻¹. Von dieser Menge landet aber nur ein kleiner Teil auf dem Teller, rund die Hälfte bleibt in Form von Ernterückständen auf dem Feld zurück (Feller et al. 2010). Die Konservierung dieses Stickstoffs im agrarischen System ist sehr wichtig, um die energieaufwendige Produktion von Stickstoffdüngern so klein wie möglich zu halten und Umweltschäden durch verloren gegangenen Stickstoff zu verhindern (Galloway et al. 2004).

Eines der bisher weniger bekannten Umweltprobleme durch Stickstoffaustrag aus der Landwirtschaft ist die schädliche Wirkung gasförmiger Stickstoffverbindungen. Diese entstehen vorwiegend durch mikrobielle Prozesse im Boden, die Teil des „normalen“ Stickstoffkreislaufs sind. So kann zum Beispiel bei alkalischen pH-Werten das beim Abbau von organischem Stickstoff entstehende Ammonium (NH₄⁺) in Ammoniak (NH₃) übergehen, welches leichtflüchtig ist. Ammoniak führt zu Luftverschmutzung, Versauerung und Eutrophierung und ist daher ein ernstzunehmendes Problem (Mosier 2001).

Dies gilt zwar vor allem für Regionen mit konzentrierter Tierproduktion, aber Ammoniak kann auch in größeren Mengen beim Abbau von grüner Pflanzenbiomasse entgasen, wenn diese auf der Bodenoberfläche verrottet (Glasener und Palm 1995), insbesondere bei hohen Temperaturen und Windgeschwindigkeiten. Ein weiteres Problem ist die Entstehung von Lachgas (N₂O), welches ein sehr potentes Treibhausgas ist, das mit ca. 6 % zum anthropogenen Treibhauseffekt beiträgt (Forster et al. 2007). Dieses kann bei verschiedenen Stickstoff-Umwandlungen im Boden entstehen (Butterbach-Bahl et al. 2013), insbesondere bei der Nitrifikation, also der Umwandlung von Ammonium in Nitrat (NO₃⁻), und bei der Denitrifikation, also der mikrobiellen Nutzung von Nitrat als alternativem Elektronenakzeptor unter Sauerstoffarmut. Typischerweise treten hohe Lachgasemissionen bei Sauerstoffarmut auf, bei nahezu vollständiger Sauerstoffabwesenheit führt die Denitrifikation aber hauptsächlich zur Bildung von molekularem Stickstoff (Davidson et al. 2000).

Mikrosites können die Gesamtmissionen des Bodens bestimmen

Sauerstoffmangel entsteht aber nicht nur in vernässten und schlecht durchlüfteten Böden, sondern kann sich auch in gut belüfteten Böden einstellen, wenn beim Abbau organischer Substanz durch Sauerstoffzehrung lokale, anaerobe Mikrosites

entstehen (Flessa and Beese 1995). Diese können trotz geringen Volumenanteils die Gesamtmissionen des Bodens bestimmen. Genau diese Situation kann nach Applikation von Gemüseernterückständen auftreten. So beobachteten wir in einem Versuch auf einem sehr sandigen und gut durchlüfteten Boden nach Applikation von zerkleinerten Blumenkohlblättern kurzzeitig sehr hohe Emissionen an Lachgas und mäßige Emissionen an Ammoniak. Interessanterweise stellte sich heraus, dass unter diesen Bedingungen eine geschlossene Mulchschicht an Ernterückständen mindestens so hohe Lachgasemissionen produziert wie die Vermischung von Ernteresten mit den ersten 15 cm des Bodens. Offensichtlich können selbst in unmittelbarer Nähe zur Bodenoberfläche anaerobe Bedingungen entstehen, wenn die Sauerstoffzehrung hoch ist. Bei den Ammoniakemissionen konnte, entgegen der Erwartung, keine Reduktion nach Einarbeitung gegenüber der oberflächigen Applikation festgestellt werden. Wir vermuten, dass dies an der hohen Diffusivität des Bodens liegt, die auch Ammoniakverflüchtigung aus einigen Zentimeter Bodentiefe zulässt.

Strategien zur Einarbeitung von Ernterückständen

Wir möchten gerne Strategien aufzeigen, die Phasen hoher Lachgas- und Ammoniakemissionen verhindern können. Daher



Abb. 1: Kastenparzellenanlage in Großbeeren (Google-Maps, 2013)

ist es wichtig, die Bedingungen zu identifizieren, unter denen diese Emissionen entstehen. Es ist nicht klar, wie allgemeingültig die oben beschriebenen Ergebnisse sind. Die Effekte unterschiedlicher Applikationsvarianten könnten stark vom Bodentyp abhängen, insbesondere der Korngrößenzusammensetzung, da diese maßgeblich den Luft- und Wassertransport sowie die Nährstoffverfügbarkeit beeinflusst. Daher untersuchen wir den Effekt des Bodentyps auf die Emissionen an Lachgas und Ammoniak bei unterschiedlichen Applikations-Varianten von Blumenkohlenernterückständen unter Nutzung der Großbeerener Kastenparzellenanlage (Abb. 1 ●). Diese Anlage beherbergt drei unterschiedliche Böden in jeweils 8 x 24 Betonparzellen: Fahlerde-Braunerde aus schwachschluffigem Sand, Gley-Vega aus stark sandigem Lehm und lessivierte Schwarzerde aus mitteltonigem Schluff. Diese im Jahr 1972 in Betrieb genommene Anlage bietet eine hervorragende Möglichkeit, den alleinigen Einfluss der Bodenart ohne den störenden Einfluss unterschiedlicher klimatischer oder anderer Bedingungen wie dem Geländerelevierung zu untersuchen.

Wir testeten vier realistische Varianten der Applikation von Blumenkohlenernterückständen (Abb. 2 ●): Abfuhr der Ernterückstände und Mischen des Bodens bis 15 cm (Kontrolle), gleichmäßig einge-



mischte Ernterückstände bis 15 cm (Mix), in 15 cm Tiefe wendend eingepflügte Ernterückstände (Pflug) und oberflächlich applizierte Ernterückstände (Mulch). Die Mulch-Variante wurde nach 3,5 Wochen gleichmäßig in den Boden eingemischt, entsprechend der Mix-Variante.

Diese vier Varianten wurden auf allen drei Böden realisiert und die Gasemissionen über einen Zeitraum von 7,5 Monaten mit drei Wiederholungen (Hauben) auf unterschiedlichen Parzellen verfolgt (Abb. 3 ●). Hierfür verwendeten wir die geschlossene Haubentechnik in Kombination mit Analysen am Gas-Chromatographen (CO_2 , N_2O und CH_4) sowie passiven Filterfallen (NH_3).

Unsere Hypothese war, dass die Verluste an N_2O deutlich höher liegen würden

Die Ergebnisse zeigen, dass unter diesen Bedingungen sowohl Lachgas- als auch Ammoniakemissionen für ca. einen Monat nach Applikation der Ernterückstände deutlich erhöht sind. Interessanterweise zeigen die Ergebnisse, anders als im vorherigen Versuch, nur geringe Lachgasemissionen aus der Mulch-Variante vor der Einarbeitung. Diese steigen erst danach an und bleiben für ca. zwei Wochen stark erhöht. Die Summe der Lachgasemissionen (Abb. 4 ●) über den Beobachtungszeitraum von 230 Tagen hing signifikant von der Applikationsvariante ab (Plug > Mix = Mulch = Kontrolle), erstaunlicherweise aber nicht vom Bodentyp. Dass die Pflugvariante am meisten Lachgas produziert, passt gut zu der Vorstellung, dass in der konzentrierten eingepflügten Schicht von Ernterückständen hohe Sauerstoffzehrung, hohe Kohlenstoff- und Stickstoff-Verfügbarkeit sowie schlechte Sauerstoffnachlieferung zusammenkommen. Unsere Hypothese bezüglich des Bodens war hingegen, dass die Verluste an N_2O deutlich höher liegen würden, wenn der Boden eine feinere Korngrößenverteilung und somit höhere Gehalte an organischer Bodensubstanz (Bijaysingh et al. 1988) und eine höhere Wasserhaltekapazität (Maag und Vinther 1996) hat. Verschiedene Ursachen könnten dazu geführt haben, dass die N_2O -Emissionen im Schluff und Lehm nicht höher lagen als im Sand. Möglich ist zum Beispiel, dass der Anteil des durch Denitrifikation vollständig zu N_2 reduzierten N größer war. Aber auch eine größere Festlegung des freigesetzten Stickstoffs in Biomasse und Mineralboden ist denkbar.

Im Gegensatz zum Lachgas war bei den Ammoniakemissionssummen (Abb. 5 ●) der Boden-Effekt deutlich und statistisch signifikant (Sand > Lehm > Schluff), während sich bei den Applikationsvarianten die Mulch-Variante von den übrigen Varianten absetzte. Beides passt sehr gut zu unseren Vorstellungen. Denn die Ammoniakemissionen sollten umso größer sein, je näher sich die Produktionsorte, d. h. hier die Ernterückstände, an der Bodenoberfläche befinden. Ferner sollte ein diffusiverer, also für Luft (und NH_3) durchlässiger Boden mit sandiger Textur, größere Ammoniakemissionen erzeugen als ein weniger diffusiver Boden.

Darüber hinaus gab es, anders als beim Lachgas, bei den Ammoniakemissionssummen eine signifikante Wechselwirkung zwischen den Faktoren Boden und Applikation in der zweifaktoriellen Varianzanalyse. Diese Wechselwirkung reflektiert einen zunehmenden Effekt des Faktors Applikation vom Lehm über den Schluff bis hin zum Sand (nicht gezeigt). Dies bedeutet, im Hinblick auf Ammoniakemissionen sollte man bei einem Sand besonders auf die richtige Wahl der Applikationstechnik von Ernterückständen achten. Bei Lachgasemissionen scheint es unter diesen Bedingungen immer ungünstig zu sein, einzupflügen, unabhängig von der Bodentextur.

Die Ergebnisse lassen bereits interessante Schlüsse zu, die auch in Handlungsempfehlungen berücksichtigt werden sollten. Aber es werden auch einige neue spannende Fragen aufgeworfen, wie zum Beispiel:

- Wo genau befinden sich die Ammoniakemissionsquellen in der Mulchvariante? Da der Boden einen Einfluss hat, ist anzunehmen, dass die Quellen auch im Mineralboden liegen, in den nährstoffreiche Lösung infiltriert ist.
- Wann kommt es zu hohen Emissionen an Lachgas aus einer Mulchschicht (vorheriger Versuch) und wann nicht (dieser Versuch)? Was sind die entscheidenden Faktoren, Schichtdicke, Wassergehalt, Temperatur?

Diesen und anderen Fragen werden wir uns in Zukunft widmen. ●

Ergebnisse (Auswahl)

Publikation
 Nett, L.; Fuß, R.; Flessa, H.; Fink, M. 2014. Emissions of nitrous oxide and ammonia from a sandy soil following surface-application and incorporation of cauliflower leaf residues. Journal of Agricultural Science UK (in review).

Drittmittelprojekt
 Entwicklung eines integrierten Stickstoffmanagements im Freilandgemüsebau zur Vermeidung von Stickstoffüberschüssen – Teilprojekt „Gasförmige N-Verluste und Modellierung“ (BMEL/BLE, 2810H5009, 2010–2014).



Abb. 2: Blumenkohlkultur auf Kastenparzellenanlage (li.) und Mulch-Variante nach Applikation (re.)



Abb. 3: Messung der Gasflüsse im Kastenparzellenversuch 2013

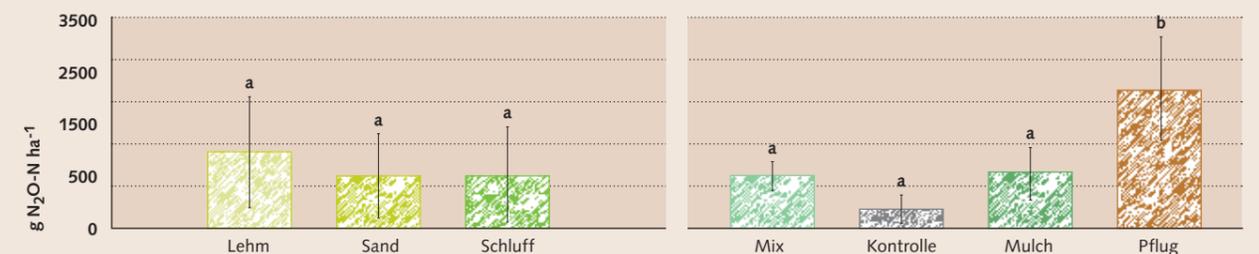


Abb. 4: Lachgasemissionssummen nach Böden (li.) und Applikationsvarianten (re.) getrennt. Säulen, die keinen gleichen Buchstaben tragen, unterscheiden sich signifikant voneinander (Tukey-HSD-Test; $\alpha = 0,05$; Böden je $n = 12$, Applikationsvarianten je $n = 9$)

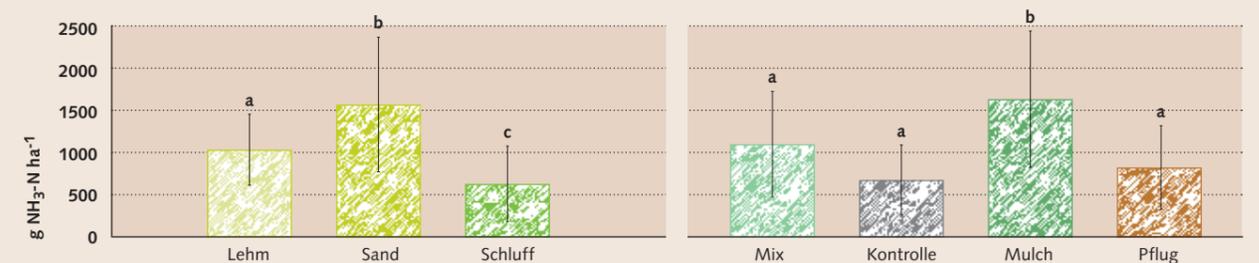


Abb. 5: Ammoniakemissionssummen nach Böden (li.) und Applikationsvarianten (re.) getrennt. Säulen, die keinen gleichen Buchstaben tragen, unterscheiden sich signifikant voneinander (Tukey-HSD-Test; $\alpha = 0,05$; Böden je $n = 12$, Applikationsvarianten je $n = 9$)

4.1 Steuerung des Mikroklimas für eine effiziente Pflanzenproduktion

Pflanzen wachsen besser oder schlechter je nach Ausgestaltung ihrer aktuellen oberirdischen und unterirdischen Umgebungsbedingungen und wirken dabei auf ihre Umwelt zurück. In einigen Bereichen des Gartenbaus, wie z.B. in Gewächshäusern oder im Feld unter Folien, kann dabei auf das Mikroklima der Pflanzen durch technische und biologische Maßnahmen ganz gezielt Einfluss genommen werden. Je nach aktueller Witterung kann der Gemüsebauer in gewissen Grenzen durch technische Maßnahmen das Wachstum und die Qualitätsausprägung seiner Kulturen steuern.

Zukunfts Initiative Niedrig Energie Gewächshaus (ZINEG) – gestern, heute, morgen

HANS-PETER KLÄRING · CHRISTINE BECKER · ANGELIKA KRUMBEIN · INGO SCHUCH · ANGELA SCHMIDT · ANNA FRANZISKA HAHN · INGO HAUSCHILD · KERSTEN MAIKATH

● Vor nunmehr sechs Jahren begann ein Forschungsverbund bestehend aus drei Universitäten, einer Fachhochschule und fünf außeruniversitären Forschungseinrichtungen mit der Entwicklung neuer Gewächshaustechnologien, welche mit einer deutlich verringerten Menge an fossilen Energieträgern auskommen sollten. Dafür wurde ein systemorientierter Ansatz mit Kombination von technischen und kulturtechnischen Maßnahmen gewählt. In Berlin, Hannover, Schifferstadt und Osnabrück wurden Forschungs- und Demonstrationsobjekte gebaut und getestet. Zahlreiche technische Möglichkeiten, den Verbrauch fossiler Brennstoffe zu verringern, wurden untersucht. Sie reichten von der Nutzung von Holz als erneuer-

barem Energieträger über Wärmeschutzverglasung oder maximale Isolierung der Gewächshaushülle durch mehrere Energieschirme, bis zur geschlossenen Betriebsweise der Gewächshäuser. Bei geschlossener Betriebsweise wurde am Tag

Energie sparen macht Salat gesünder

solare Wärme aus dem Gewächshaus ausgekoppelt und zwischengespeichert, um sie später bei Bedarf wieder für die Heizung zu nutzen. Im IGZ erforschten wir kulturtechnische Methoden, um die Betriebsweise der neu entwickelten Gewächshäuser zu optimieren. Viele der Erkenntnisse gelten aber auch für herkömmliche Gewächshäuser (Abb. 1 ●, Abb. 2 ● und Abb. 3 ●).

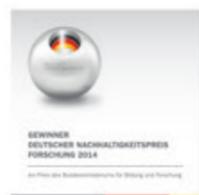
Die einfachste und wirkungsvollste kulturtechnische Methode ist die Herabsetzung der Temperatur. Verringert sich die Temperatur im Gewächshaus um 1 K, sinkt der Heizenergiebedarf um 7 %, allerdings verzögert sich auch das Wachstum. Wird die Anbautemperatur bei Salat

von 17 auf 10 °C herabgesetzt, verdoppelte sich die Kulturzeit von vier auf acht Wochen. Die Köpfe werden aber nur geringfügig größer (Abb. 2 ●). Diese Verlängerung vermindert leider den Erlös, weil anstelle von zwei nur eine Ernte in acht Wochen möglich ist. Zusätzlich nivelliert sie die auf das Produkt bezogenen Heizenergieverbräuche der Temperaturvarianten. Eine sinnvolle Alternative stellt die vorzeitige Ernte kleinerer Salatköpfe bei niedrigen Temperaturen dar. Das geringere Kopfgewicht kann durch eine höhere Bestandsdichte größtenteils kompensiert werden. Diese Variante birgt einen weiteren positiven Aspekt: Infolge des früheren Wachstumsstadiums und der niedrigen Anbautemperatur enthält der Salat eine wesentlich höhere Konzentration an Polyphenolen. Deren gesundheitsfördernde Wirkung ist seit langem bekannt.

Auch die wärmeliebende Tomate kann bei sehr niedrigen Temperaturen kultiviert werden. In einem weiten Bereich wurde keine Wirkung der Temperatur auf die Photosynthese temperaturangepasster Pflanzen gefunden. Auch das Muster,



Abb. 1: Tomatenpflanzen in einem Versuch zur Wirkung niedriger Temperatur auf Ertrag und Fruchtqualität.



nach dem die Assimilate auf die einzelnen Kompartimente verteilt werden, blieb weitestgehend unberührt. Daher war der Gesamtertrag durch eine Temperaturabsenkung nicht verringert. Jedoch verzögert sich der Ertragsbeginn um ungefähr 4 Tage je 1 K Temperaturabsenkung. Allerdings wird das in den folgenden Wochen durch größere Ernten wieder kompensiert (Abb. 4 ●). Eine Möglichkeit, die Ernteverzögerung zu vermeiden und trotzdem Heizenergie einzusparen, besteht darin, Temperaturintegrationsstrategien anzuwenden. Die Idee dahinter ist folgende: Ist der Bedarf an Heizenergie hoch, werden die Pflanzen bei niedrigen Temperaturen kultiviert. Das verzögerte Wachstum wird später kompensiert, wenn höhere Temperaturen im Gewächshaus durch hohe solare Einstrahlung oder hohe Außentemperaturen gratis erreicht werden. Diese Möglichkeit wurde in einem Versuch mit Tomate erfolgreich demonstriert (Abb. 5 ●).

Weitere kulturtechnische Methoden, den Einsatz fossiler Energieträger zu verringern, sind die Nutzung transparenter Energieschirme auch am Tage und die Kultivierung der Pflanzen bei sehr hohen Temperaturen. Bei der Entscheidung, transparente Energieschirme tagsüber einzusetzen, spielen ökologische und ökonomische Aspekte eine Rolle: Verringerte

CO₂-Emissionen und Heizkosten müssen gegen Ertragsverluste durch verminderte Lichtintensität abgewogen werden.

Bleibt die Gewächshauslüftung bei hoher Einstrahlung lange geschlossen, kann sehr viel solare Überschussenergie für die spätere Nutzung ausgekoppelt werden. Gleichzeitig kann die Photosynthese der Pflanzen erhöht werden, weil CO₂-Anreicherung über einen längeren Zeitraum möglich ist. Beim Anbau von Gurke sind dieser Strategie kaum Grenzen gesetzt. Bei Tomate verklumpt aber bei hoher Temperatur in Verbindung mit hoher Luftfeuchtigkeit der Pollen, was Befruchtungsschäden und Ertragsverluste zur Folge hat. Rechtzeitiges Lüften ist daher bei der Tomate zur Vermeidung zu hoher Luftfeuchtigkeit unbedingt erforderlich.

Am 31. Dezember 2014 ist ZINEG mit vielen theoretischen und praxisrelevanten Erkenntnissen ausgelaufen. Der Sieg im Wettbewerbspreis 2014 in der Kategorie Forschung bestätigt sowohl die Aktualität der bearbeiteten Fragestellung als auch der erzielten Ergebnisse.

Wie geht es nun weiter? Die ZINEG-Ergebnisse werden in die Praxis überführt. Es schließen sich aber auch neue Forschungsthemen an, die auf den gewonnenen Erkenntnissen aufbauen. Eine große Herausforderung ist, die Überschüsse

von Elektroenergie aus regenerativen Energiequellen wie Windenergie und Photovoltaik nutzbar zu machen. Gegenwärtig werden diese Überschüsse in großem Maßstab abgeregelt. Steigt der Anteil erneuerbarer Energien bei der Elektroenergieversorgung, nehmen auch diese Überschüsse zu. Gemeinsam mit Partnern aus dem Energiebereich wollen wir Verfahren entwickeln, diese kaum vorhersehbaren und unregelmäßig anfallenden Überschüsse zu nutzen, um Gewächshäuser zu heizen, zu kühlen und die Pflanzen zu belichten. Auf diese Weise wird der Verbrauch fossiler Energieträger weiter gesenkt und gleichzeitig der Ertrag der Pflanzen erhöht (Abb. 6 ●).

Abb. 6: Oft liefern Windkraftwerke und Solarzellen mehr Strom als verbraucht werden kann. Dann werden diese Ressourcen abgeregelt aber trotzdem dem Lieferanten voll vergütet. Diese sonst verlorenen Überschüsse an Elektroenergie wollen wir für die Belichtung der Pflanzen und Heizung der Gewächshäuser nutzen. Die Herausforderung dabei folgt aus dem Widerspruch aus dem unregelmäßigen, kaum vorhersehbaren Eintreten der Überschussituationen und dem periodischen Energiebedarf der Gewächshäuser.



Abb. 3: Draufsicht auf marktreife Lollo Rosso-Köpfe, die erst bei höheren, dann bei niedrigen (links) bzw. erst bei niedrigeren dann bei höheren Temperaturen (rechts) angebaut wurden. Durch seine höhere Anthocyankonzentration hat der linke Kopf eine dunklere Farbe.

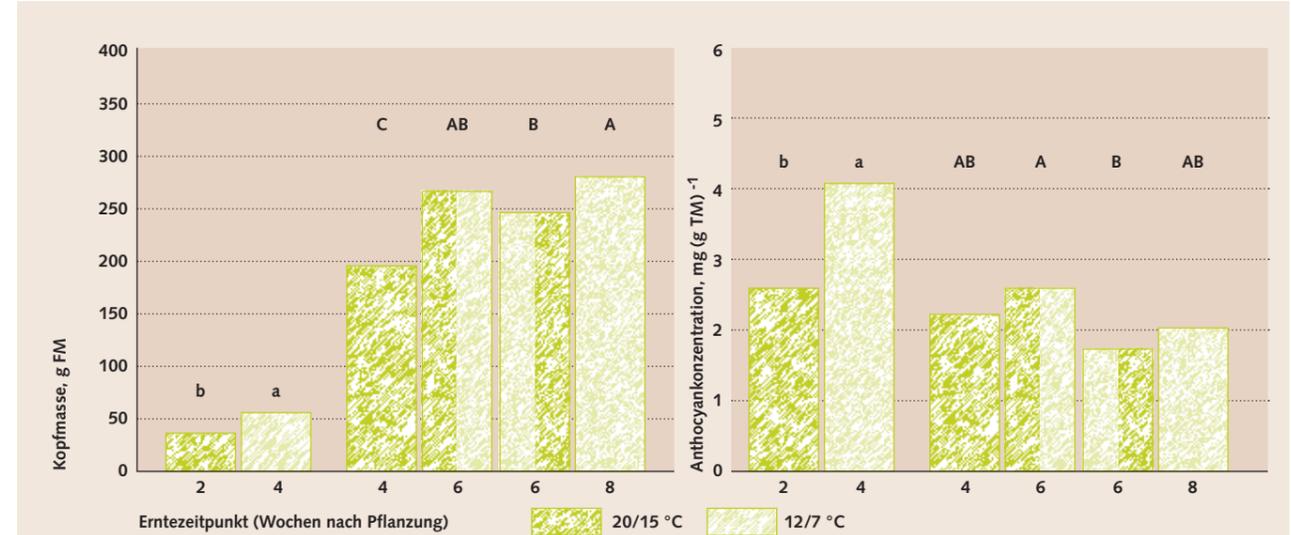


Abb. 2: Niedrigere Temperaturen verzögern das Pflanzenwachstum (linke Seite der Grafik). Sie erhöhen aber die Konzentration roter Flavonoide, (Anthocyane) in rotem Salat, besonders in einem frühen Wachstumsstadium (rechte Seite der Grafik). Pflanzen, die sechs Wochen wuchsen, wurden erst bei niedrigeren, dann bei höheren bzw. erst bei höheren, dann bei niedrigen Temperaturen angebaut. Die Reihenfolge wird durch die Farbfolge in den Balken angezeigt. Identische Buchstaben über den Balken zeigen an, dass sich die dargestellten Mittelwerte nicht signifikant unterscheiden (n = 3, Tukey HSD).

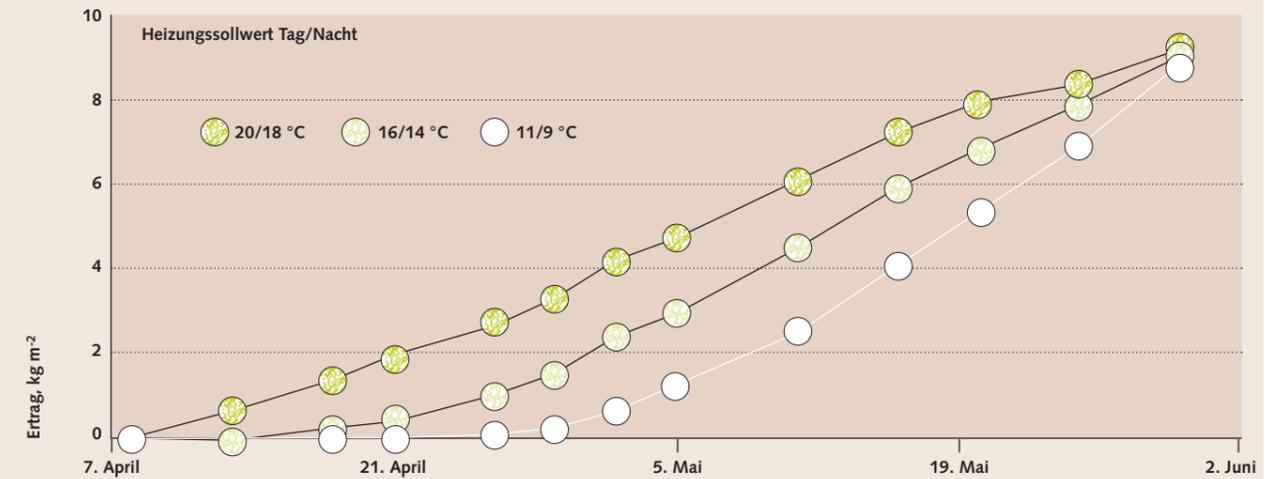


Abb. 4: Ertragsverlauf von Tomate der Sorte Pannovy in Abhängigkeit von den Sollwerten für die Heizung. Niedrige Temperaturen verzögern den Beginn der Ernte, kompensieren das aber durch höhere Erntemengen im Verlauf des Anbaus. Die mittlere Standardabweichung aller Punkte ist 0,2 kg m⁻² (n=2).

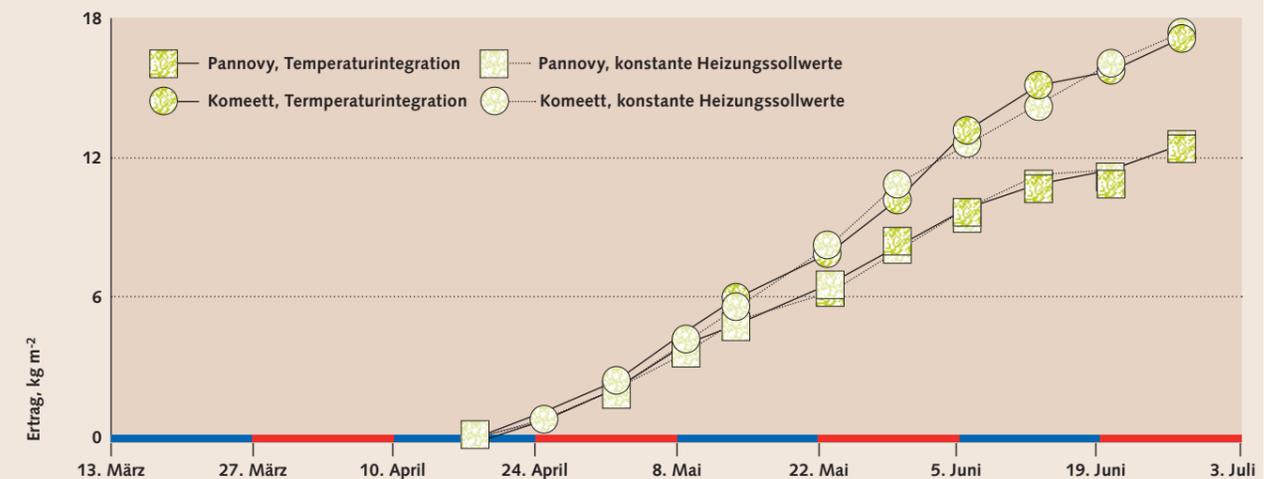


Abb. 5: Ertragsverlauf von zwei Tomatensorten bei konstanter und variabler Temperatur. Die blauen und roten Abschnitte auf der x-Achse markieren den Wechsel von kühlen und sehr warmen Perioden bei der variablen Einstellung von Heizungssollwerten. In kühlen Perioden zurückgebliebene Fruchtentwicklung wurde durch beschleunigte Fruchtreife in wärmeren Perioden kompensiert. Die mittlere Standardabweichung aller Punkte ist 0,16 kg m⁻² (n=3).

4.2 Effizienz und Stabilität von Bewirtschaftungssystemen

Effizienz und Stabilität von Bewirtschaftungssystemen werden von einer Vielzahl von Prozessen getragen, die auf unterschiedlichen Ebenen ablaufen und die Wachstumsbedingungen der Pflanze beeinflussen. Die räumlich kleinste und zeitlich schnellste Ebene, die in diesem Schwerpunkt bearbeitet wird, ist die der Kommunikation und Interaktion zwischen der Pflanze und ihrem Mikrobiom. Hier werden insbesondere Mechanismen untersucht, die die Stickstoffernährung und Vitalität der Pflanze beeinflussen. Auf der Ebene eines Ackerschlaages steht die kleinräumige Variabilität von Bodeneigenschaften im Fokus des Schwerpunktes. Mittels geophysikalischer Messprinzipien wird diese Variabilität erfasst und zusammen mit anderen Informationen zu einer konkreten Bewirtschaftungsempfehlung verarbeitet. In Pilotbetrieben erfolgt die erste Überführung des Verfahrens in die Praxis.

Internationale Projekte mit Chile und Ägypten

SILKE RUPPEL

Chile – Entwicklung eines bakteriellen Bodenhilfsstoffes für eine umweltfreundliche und nachhaltige Gemüseproduktion

Nach mehrjähriger erfolgreicher Zusammenarbeit wurde im Juli 2013 ein Kooperationsvertrag mit der Universität Talca, Chile abgeschlossen. 2014 erhielt nun das erste gemeinsame Projekt „Bioökonomie International: BoHiBak – Entwicklung eines bakteriellen Bodenhilfsstoffes für eine umweltfreundliche und nachhaltige Gemüseproduktion“ eine Förderung des BMBF für den Zeitraum 2014-2016. Projektpartner in Chile ist neben der Universität Talca das mittelständische Unternehmen Bio Insumos Nativa.

Das Projekt befasst sich mit pflanzenwachstumsfördernden Mikroorganismen. Es handelt sich einerseits um Bakterien (*Kosakonia radicincitans* DSM 16656) und andererseits um Pilze (*Trichoderma harzianum*) natürlichen Ursprungs, die durch die Besiedlung von Pflanzen eine positive Wirkung auf deren Vitalität und Wachstum erzeugen. Während diese positive Wirkung der Mikroorganismen auf das Wachstum von Pflanzen vielfach belegt wurde, sind die Mechanismen, die in Interaktion mit der Pflanze tatsächlich exprimiert werden und zur Pflanzenstärkung bzw. zum verbesserten Pflanzenwachstum und entsprechender Ertragsbildung führen, nur ansatzweise bekannt. Es konnte bereits gezeigt werden, dass Mikroorganismen die Toleranz von Pflanzen gegenüber abiotischen Stressfaktoren er-

höhen können. Verschiedene Faktoren, wie biologische Luftstickstoffbindung und Lösung schwer für die Pflanze verfügbarer P-Verbindungen, spielen jedoch darüber hinaus eine Rolle und beeinflussen das sensible Wechselspiel zwischen Mikroorganismus und Pflanze: Beispielsweise konnte an Tomaten bereits der Einfluss der Stickstoffdüngung auf die pflanzenwachstumssteigernde Wirkung von *K. radicincitans* nachgewiesen werden (Berger et al, 2013).

Unklar bleibt aber, welche komplexen Veränderungen der pflanzlichen Stoffwechselwege durch das Bakterium bzw. durch die Kombination des Bakteriums mit einem antagonistischen Pilz erzeugt werden. Dies soll nun mit dem (chilenischen) Pilz *Trichoderma harzianum* in diesem Projekt analysiert werden. Der kombinierte Einsatz beider Mikroorganismen kann potenziell die positive Wirkung beider Mikroorganismen vereinen und einen Mehrwert für das Pflanzenwachstum erzeugen.



Versuchsstation der Universität Talca

Ein zukünftig zu entwickelnder Bodenhilfsstoff auf Basis von *K. radicincitans* und *T. harzianum* wäre auf dem internationalen Markt neu und würde eine sinnvolle Ergänzung zu bereits bestehenden Produkten bilden.

(Aus unserer Perspektive ist im Interesse einer gesunden Umwelt und der Gesunderhaltung des Bodens und Trinkwassers als unabdingbare Ressourcen der globalen Ernährungssicherung eine Reduzierung mineralischer Düngemittel und die Minimierung des Einsatzes von chemischen Pflanzenschutzmitteln eine Herausforderung unserer und kommender Generationen. Insbesondere Mikroorganismen bieten sich dabei als biologische Ressource an, da ihr Einsatz eine stabile und dabei nachhaltige Ertragssteigerung und eine hohe Qualität der Erzeugnisse aus Agrarproduktion verspricht. Um Mikroorganismen in der Bioökonomie erfolgreich einzusetzen, muss entsprechend erforscht werden, wie diese sich in unterschiedlichen Ökosystemen verhalten.)



Prof. Nabil Hegazi (Foto rechts) mit Studenten der Kairo University

Ägypten – Verbesserung der mikrobiellen Qualität von Samen, Sprossen und Kräutern

Seit über 10 Jahren arbeitet das IGZ mit der Universität Kairo zusammen. Mit Prof. Dr. Nabil Hegazi startete im September 2014 das gemeinsame BMBF-Projekt „Verbesserung der mikrobiellen Qualität von Samen, Sprossen und Kräutern“, für das die ägyptischen Partner bereits vom 30. September bis zum 11. Oktober 2014 mit einer über den DAAD finanzierten Studierendengruppe nach Großbeeren kamen. Darüber hinaus arbeiten Prof. Hegazi und der Masterstudent Mohamed Sabry Sarhan für drei Monate über das Humboldt-Forschungsstipendium am IGZ.

Das Projekt beschäftigt sich mit der Sicherheit von Samen, Sprossen und Kräutern – eine Thematik, die auf den EHEC-Ausbruch im Jahr 2011 zurückgeht. Damals geriet auch Ägypten in die Schlagzeilen, denn vermeintlich war es eins der Lieferländer von betroffenen Saatgutchargen, die als Auslöser einiger Infektionen in Deutschland galten. Dies konnte zwar im Nachhinein nicht zweifelsfrei bestätigt werden, die grundsätzliche Frage nach der Nahrungsmittelsicherheit von Gemüse, Kräutern und Sprossen bleibt jedoch aktuell.



Vor diesem Hintergrund sollen in diesem Projekt an ausgewählten Pflanzenarten, beispielsweise Bockshornklee, Kresse und Salat, auf mögliches Vorkommen potenziell humanpathogener Organismen wie *Escherichia coli* und *Salmonella* spp. untersucht werden. Besiedlungsverhalten und Verbreitungsarten der Organismen werden analysiert, um potenzielle Risiken zu bewerten. Außerdem wollen wir spezifische Methoden zur Keimreduk-

tion an pflanzlichen Materialien entwickeln und zudem alternative Wege aufzeigen, über die eine Etablierung und Vermehrung humanpathogener Organismen auf pflanzlichem Material vermieden werden kann.

Die entsprechenden Untersuchungen werden mit sich ergänzenden Methoden in natürlichen Habitaten Ägyptens und Deutschlands sowohl an der Universität Kairo als auch am IGZ durchgeführt. •

Abstracts

1.1

> page 16

Horticultural practice and production

The results of the research in all of the focus areas of the IGZ combined with existing knowledge contribute to the resolution of problems in horticulture and neighboring areas. The task of this focus area is to combine results relevant for practical application and to transfer them into horticultural production, processing and trade.

• Roland Kadner

Offering solutions for delivering efficient and environmentally sound production processes – Examples of our work

• Comfrey (*Symphytum officinale* L.) is a popular remedy in naturopathy. It is used for wound healing and pain release. In Germany the demand of comfrey exceeds the production. Therefore it is of interest to improve comfrey production methods.

This project aims to improve vegetative reproduction methods from root cuttings. The rooting quality of cuttings with various lengths (1,0, 2,0 and 3,0 cm) and diameters (<0,5, 0,5, 1,0 and 1,5 cm) was analyzed.

Contrary to previous assumptions, the results show that small root cuttings also show high rooting capacity. 100 % of root cuttings with 2,0 cm length and 0,5 cm diameter grew into young plants within 42 days. Even 87% of 1,0 cm root cuttings with 0,5 cm in diameter still rooted.

> page 18

• Carmen Feller

Adaptation of the N_{min} target values in the context of the revision of the fertilizer ordinance

• The fertilizer requirement for nitrogen is based on N_{min} target values. These target values were to be determined for the multileaf lettuce (*Salanova*®) as new types of varieties. The basic data for

the target value calculation was carried out as part of a thesis at the Beuth Hochschule für Technik Berlin. A nominal value of 140 kg N/ha was determined for the green *Salanova*® type and the red amounted to 90 kg N/ha.

These data were included in the decision support system N-Expert, which was developed and updated by our institute.

Nutrient deficiency in asparagus

Magnesium and boron deficiency symptoms in asparagus and their appearance are seldom backed up by analyses of plant material. Lebosol® fertilizer GmbH funded investigations to analyze the concentration of nutrients in asparagus with nutrient deficiency symptoms. The deficiency symptoms were documented through photographs.

Advanced temperature monitoring in asparagus

The feasibility of asparagus ridge temperature forecasts and their web implementation has been tested in cooperation with the DLR Rheinessen-Nahe-Hunsrück and the DLR Rhine Palatinate. We have provided an asparagus temperature service (<http://www.dlr-rheinpalz.rlp.de>) since 2013. In particular, the temperature at 20 cm depth and the temperature difference between 5 and 40 cm are valuable control criteria for to produce high quality white asparagus using an effective film management approach. The model system AspPro (Asparagus forecasts) reflects the essential soil physical and micrometeorological processes of asparagus ridges. AspPro was extensively tested using historical monitoring data (2008-2012) from Queckbrunnerhof (DLR Rhine Palatinate) as well as real weather data and provides good predictive values.

> page 20

Control of adventitious root formation and further development of ornamental crops

We aim to constantly improve our knowledge of biological control sys-

tems in order to contribute to the development of new horticultural practices and techniques. Based on these, we aim to make horticulture more environmentally friendly and sustainable, but also more efficient and less labor-intensive. To achieve this, we analyze biological control systems in plants as well as interactions between plants and other organisms. These organisms can either enhance or inhibit plant functions. One of our most important goals is to preserve the genetic variety of plants used in horticulture, but we also aim to make horticultural plants more resilient and healthy.

• Uwe Drüge

Survival on the window sill and in the greenhouse:

Adventitious rooting under control of auxin and ethylene

• Many ornamental crops can be propagated through the rooting of cuttings. While this principle is frequently used by plant fanciers on the window sill, professional producers of young plants utilize the process of adventitious root formation in a very sophisticated manner to provide the European market with several billions of young plants each year. Adventitious rooting is a multi-phase process. It is the outcome of the reprogramming of particular cells in response to the wounding and to the isolation from the whole plant and enables the excised shoot to survive. The plant hormone auxin has been accepted as an important endogenous inductor. However, the lack of knowledge of the molecular mechanisms involved impedes a targeted stimulation of the endogenous auxin action machinery for the improvement of root development.

Aiming at a better understanding of the control of auxin homeostasis in relation to adventitious rooting, we applied a blocker of the carrier-driven polar auxin transport (PAT) to *Petunia* cuttings while control cuttings were treated only with water. The level of the auxin indole-3-acetic acid (IAA) and adventitious root formation were monitored in the stem base. Blocking the PAT almost completely inhibited the

formation of adventitious roots. This was associated with the elimination of a 24-h peak of IAA which arose only in the control cuttings and also with a decrease in activities of cell wall and vacuolar invertases during the early rooting phase. When monitoring the transcription of 25000 genes under standard rooting conditions, we found that many genes controlling ethylene biosynthesis and action were generally induced. By contrast, genes related to auxin transport, metabolism and signaling showed phase-specific responses, indicating a particular role of the transcriptional control of Aux/IAA proteins. Considering also the effects of an ethylene precursor and of inhibitors of ethylene biosynthesis and perception on adventitious rooting, we propose a model, in which PAT, the resulting auxin homeostasis and auxin signaling provide major control of the different phases of adventitious root formation, while ethylene acts as general stimulator. Future projects will focus on the functional analysis of the new candidate genes and on cellular localization of related processes.

• Klaus-Thomas Hänsch · Aloma Ewald · Frank Hennig · Nadia Busse

Research for seed and in-vitro propagation

• This key aspect aims on increasing the biological and technological knowledge for seed and in-vitro propagation in vegetable and ornamental plants and on using this knowledge for the improvement or new development of propagation procedures in horticulture.

For example, China aster (*Callistephus chinensis*) is a seed propagated species. Seeds for the market have to meet high quality requirements but there is only little information which characteristics determine quality and which factors influence seed quality and yield in which manner. Our aim is therefore to clarify such questions and to contribute finally to an establishment of a standardized procedure for a reliable production of high-quality seeds in this species.

Starting with the seed we elucidated the light conditions necessary for germination. The results show, that seeds of China aster germinates both in darkness as well as in light. Nevertheless it is advantageous to perform germination in light because young seedlings start earlier with using light and nutrients for producing biomass. Future examinations will include metabolic analyses of carbohydrates, lipids and relevant protein fractions during seed formation, maturation and seed storage as well as histological examinations of anatomical traits of seeds and the spatial distribution of quality-determining substances.

2.2

> page 25

Biological and technological fundamentals of seed and in vitro propagation

Seed production and In vitro propagation are important pillars of propagation of vegetable and ornamental crops. Both contain specific biological and technological problems, which could lead to qualitatively and quantitatively insufficient seed production. Missing knowledge in in-vitro production can lead to certain problematic regeneration processes. Future plant propagation systems should be renewable and used in a way to preserve all important traits in order to reuse the systems, e.g. by efficient use of resources and the prevention of environmental damages.

2.3

> page 28

Basic research for the optimization of integrated pest management

The appearance of plant diseases in various horticultural crops is caused by soil-borne pathogens and downy mildew pathogens – an increasing problem. The lack of resistant cultivars and chemical pesticides make

the control of the diseases difficult. The reduction of chemical pesticide use and its risks is the goal of the integrated pest management.

• Rita Grosch

Influence of soil type on bacterial microorganisms' rhizosphere competence

• Diseases caused by soil-borne pathogens are difficult to control because effective fungicides or plants with resistance against pathogens are lacking for many host plants. This situation increased the demand for alternative strategies to combat soil-borne pathogens. In terms of disease control, it is well-documented that the use of beneficial bacteria with biocontrol activity can protect plants against soil-borne pathogens. However, biocontrol effects are often reported to be variable. The reason for this variability remains largely unexplored. High rhizosphere competence and root colonization for an extended period were identified as pre requisites for reliable biocontrol activity of a beneficial bacterial microbe. Poor colonization by a beneficial bacterial microbe often leads to a decrease in biocontrol activity and reduces the biocontrol effect. The variability of biocontrol effects observed makes biological control less attractive for growers. A better understanding of the factors influencing the colonization process, the fate and activity of a beneficial microbe at the rhizoplane and in the rhizosphere is required for a successful exploitation of this antagonistic potential. Therefore, the present study aimed to unravel the effects of soil types on the rhizosphere competence and biocontrol activity of the beneficial bacteria *Pseudomonas jessenii* RU47 and *Serratia plymuthica* 3Re4-18 in field-grown lettuce in soils inoculated with *Rhizoctonia solani* AG1-IB. Experiments were performed on an experimental plot system with three soil types sharing the same cropping history and weather conditions for more than ten years. Despite the evaluation of the rhizosphere competence, the rhizosphere bacterial community structure was analyzed by denaturing gradient gel electrophoresis of 16S rRNA gene fragments amplified from total community DNA to get insights into the effects of the inoculants and *R. solani* on the indigenous rhizos-

phere bacterial communities. Both bacteria were able to colonize the rhizosphere of lettuce in a sufficient density within the growth period. An effect of the soil type on rhizosphere competence was observed for 3Re4-18 but not for RU47. In the presence of the Ru47 or 3Re4-18 disease symptoms were reduced. Disease severity differed in the soil types and was highest in diluvial sand followed by alluvial loam and loess loam, suggesting that the soil types differed in their conduciveness for bottom rot disease. Compared to effects of the soil type of the rhizosphere bacterial communities, the effects of the pathogen and the inoculants were less pronounced. The soil types had a surprisingly low influence on rhizocompetence and biocontrol activity while they significantly affected the bottom rot disease severity. •

2.4

> page 32

Principles of developing new genotypes for breeding of ornamentals and vegetables

The breeding of horticultural crops is characterized by a high diversity of plant species and breeding traits. Moreover, the intensity of breeding efforts differs considerably between different crops. In ornamentals, vegetative propagation and the importance of flower traits are common characteristics that define the breeding strategy. In contrast, vegetable breeding rather resembles breeding of agricultural crops, as propagation through seeds prevails and the development of F1 hybrids dominates breeding in major crops. The concentration of breeding companies during the last decades has particularly affected vegetable breeders. These seed companies usually have extensive in-house research capacities. Hence, vegetable breeders typically have convenient access to research facilities except for (some) breeders of specialty crops and organic seed.

• Annette Hohe

Two, three and four: Crossing heather with different ploidy levels

• In cooperation with a heather grower and breeder, Heidepflanzen de Winkel, we are evaluating possibilities of breeding polyploid heather (*Calluna vulgaris*). Besides analyses of the genetics of polyploids and the inheritance of important traits on polyploid level, we investigated the possibilities of interploid crosses, including diploid (2x), triploid (3x), and tetraploid (4x) genotypes.

Except for the cross of 3x x 2x genotypes, all crosses yielded seeds and germinating seedlings, however, seed yield and germination rate were not correlated and differed considerably with regard to the different ploidy combinations. Triploid genotypes were generated only by 4x x 2x crosses. Only a few aneuploids were obtained, however, they proved to be unstable and either died or developed towards an euploid ploidy level.

By integrating these results with the insights on the genetics of polyploid heather and the inheritance of important traits on polyploid level, we developed a scheme for breeding polyploid heather. •

2.5

> page 36

Function of root-fungus interactions

Besides stabilization and anchoring the plant in the soil, the root should supply the plant with mineral elements and water. An important prerequisite for this task is the development of a healthy root system which is not damaged by the influence of pathogens. The objective of this research area is to elucidate how endophytic fungi support the function of root systems.

• Philipp Franken

Fungi against fungi: Micorrhiza-induced resistance

• Roots possess important functions for plants, such as the uptake of water and mineral nutrients. Even if only a small part of a root system is affected by a disease,

consequences for yield and yield quality can be high. Root pathogens are difficult to confine and plant cultivars resistant against such detrimental microorganisms are rare. It has, however, been shown that roots colonized by arbuscular mycorrhizal fungi can to a large extent be protected. In order to apply these symbiotic fungi it is important to understand the mechanisms of this mycorrhizal-induced resistance. Recent work in the research Area 'Function of root-fungus interactions' with the two non-related plant species petunia and barrel medic indicated the involvement of particular plant hormone-related compounds and of fungal cell wall degrading enzymes. •

2.6

> page 39

Molecular basis of plant performance

Due to their sessile life style, plants cannot escape from unfavorable environmental conditions. This led to the evolution of an enormously flexible cellular regulation that enables growth and development in a stressful environment. With the use of a combination of biochemical, genetic and cellbiological approaches, we aim to understand regulatory responses of plant metabolism and development towards external and internal signals. From this knowledge, we hope to develop rational strategies to sustain and improve plant productivity under fluctuating environmental conditions.

• Frederik Börnke

Virulence strategies of phytopathogenic bacteria

• Many bacteria that are pathogens for mammals, insects or plants use a specialized apparatus called the type III secretion system (T3SS) to inject a diverse set of effector proteins into the cytoplasm of their eukaryotic host cells in order to suppress defense responses and to alter cellular processes in favour of the pathogen's lifestyle. Direct cellular targets have been

identified for only a few effector proteins and the elucidation of their mode of action is of fundamental interest for the understanding of bacterial virulence strategies and for the development of future strategies to improve plant resistance. The effector XopJ from the phytopathogen *Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria* (Xcv), the causal agent of bacterial spot disease on tomato and pepper plants, belongs to the YopJ-superfamily of effector proteins. Members of this family are found among plant and animal pathogens, as well as in plant symbionts. Although sharing a certain degree of sequence similarity, YopJ-effector proteins are highly diversified in their virulence function. In an effort to understand how XopJ from Xcv interferes with plant immunity, we were able to show that within plant cells, XopJ targets the proteasomal subunit RPT6 to suppress host proteasome activity and thus protein turnover. In pepper leaves, this leads to reduced accumulation of the defence hormone salicylic acid (SA) and also attenuates SA-mediated defence responses such as tissue degeneration and defense gene expression. XopJ from Xcv is the first example of a bacterial effector protein targeting the host proteasome and our results also suggest a central role of the proteasome in plant immunity. In future studies we will investigate whether other pathogenic bacteria also target the proteasome to suppress immunity and which other defence related processes involve proteasome activity. •

3.1

> page 40

Bioactive secondary plant metabolites in the interaction plant-environment

The work of this research area contributes to a sustainable production of high-quality horticultural products meeting the consumer demands. At present, numerous food trends are on the market satisfying various consumer preferences, but they are dominated as well by several trends, such as functional food and sustainable produce (nature food, ethnic food and organic food). Due to this increasing health and environmental

awareness of the society and the corresponding enhanced demand for safe, healthy but also sustainable products, new strategies for producing horticultural products are required.

• Monika Schreiner · Susanne Neugart · Melanie Wiesner

UV-B: An important regulator of secondary plant metabolism

• Due to the high and ever increasing incidents of cancer, diabetes and heart disease in industrialized countries, governments have been making concerted efforts to raise public awareness for the advantages of a healthy diet. Numerous epidemiological studies have already documented opposing trends between fruit and vegetable consumption and the appearance of chronic diseases such as different types of cancer and cardiovascular diseases. This protective effect is mostly due to secondary metabolites present in plant tissues.

Our research group is working on the identification and quantification of secondary plant metabolites in order to optimize the concentration and composition of health-promoting secondary plant metabolites. Among others, targeted elicitor applications are used to modify the biosynthesis and degradation process of secondary plant metabolites combined with corresponding gene expression microarray analysis.

Secondary plant metabolites mediate many aspects of the interaction of plants with their environment by acting as feeding deterrents against herbivores, pollination attractants, protective compounds against pathogens or various abiotic stresses, antioxidants and signaling molecules. A key component of this plant-environment interaction is the formation of UV absorbing and photo-protective secondary metabolites in response to UV-B radiation exposure. In contrast to previous studies in which UV-B radiation was exclusively a stress factor, recent studies have highlighted the regulatory properties of low, ecologically-relevant UV-B levels that trigger distinct changes in the plant's secondary metabolism resulting in an accumulation of these health-promoting compounds.

In this context, we are working within an EU granted COST (European Cooperation in Science and Technology) Action UV4growth with the title „UV-B radiation: A specific regulator of plant growth and food quality in a changing climate" together with 220 researchers from the area

of life sciences conducting also Short Term Scientific Missions (STSM) and Training Schools.

In this context, we also collaborate with the Ferdinand-Braun-Institute investigating the effect of UV-B LEDs with narrow emission spectrum on secondary plant metabolites. Moreover, we are partners in trans-European networks such as the „Grapevine Ultraviolet Network" (GUN) and the „Trans-European Arabidopsis Experiment" focusing on UV longitudinal ranges and impacts on the plant's metabolism. •

> page 43

• Bernard Ngwene · Ronald Maul · Monika Schreiner

African indigenous vegetables – an important contribution to a more healthy diet

• In Kenya as well as in some neighboring countries, half of the population is unable to meet their daily nutritional requirements, while the majority of Kenyans depend on farming. Horticultural crops and particularly indigenous vegetables provide essential nutrients lacking in the diet of millions of people in Sub-Saharan Africa but also in other developing parts of the world. Therefore, indigenous leafy vegetables are in the focus of the HORTINLEA project, which is one of seven projects funded by the BMBF initiative "Securing the Global Food Supply" (GlobE). The overall aim of the HORTINLEA project is to obtain new results that allow for the development of new strategies for a more efficient production of healthy and fresh vegetables. Moreover, the whole value chain of plant-based food production will be investigated. New knowledge on the enhancement of productivity, improvement of post-harvest treatment, food and nutritional quality, as well as on the optimization of storage, logistics and marketing processes will be gained in various subprojects. Additionally, socio-economic subprojects evaluate the contribution of those optimized processes to poverty reduction, enhanced food security, reduction of transaction costs and increased sustainability. A special focus of HORTINLEA is dedicated to capacity building, i.e. improving the skills of young African scientists in problem-oriented handling and management of interdisciplinary scientific projects. The practical work in the HORTINLEA project started in the winter of 2014.

As part of the HORTINLEA network, the IGZ is responsible for the sub project "Analyzing the Impact on Human Health". Herein, the identification and quantification of the most relevant bioactive constituents of several African indigenous vegetables (e.g. spider plant, amaranth, kale, and cowpea) is addressed by a consortium of partners at universities in Nairobi, Berlin, Hamburg, Hanover and Freiburg as well as at the Max Rubner-Institut. Based on the scientific data gained, a recommendation on improved cultivation and processing methods are prepared in order to provide safe and healthy vegetables of high nutritional value especially for the urban and peri-urban population in Africa.

3.2

> page 44

Function and importance of carotenoids and apocarotenoids

They have substantial functions in plants, e.g. as photosynthetic pigment or antioxidants. Moreover, they serve as precursors for apocarotenoids (degradation and cleavage products of carotenoids). These include carotenoid derived plant hormones and aroma impact compounds.

- **Susanne Baldermann**

Unlocking the secrets of the beautiful colors and odors of carotenoids

- Carotenoids are well known because of their beautiful colors. Moreover, they serve as precursors of potent scent compounds, so-called apocarotenoids. Due to their low odor thresholds, they significantly determine the aroma quality of fresh and processed food. In the frame of national and international research projects, we aim to understand how plants regulate their carotenoid metabolism.

The question how changes in concentrations yield changes in quality is of particular interest. We determine how growth conditions, post-harvest treatment and processing affect the concentrations in

various steps within the food production chain.

For humans, carotenoids are essential compounds with antioxidative properties. Moreover, they have preventive character against degenerative diseases of the cardiovascular system, eyes and skin.

Currently, we study the effects of light quality and insects on the carotenoid metabolism. To gain further insight into interacting biosynthesis pathways, we apply high resolution mass spectrometry.

Recently, we demonstrated that beyond abscisic acid, volatile apocarotenoids affect the growth of model plants. Additionally, we investigate methods to visualize such volatile compounds in plants using quantum dots (self-fluorescent nanoparticles)-apocarotenoid conjugates.

The biological relevance of carotenoids are investigated in collaboration with the German Institute of Human Nutrition (DIfE) in Potsdam.

3.3

> page 46

Nutrient dynamics in horticulture crops

Environmental constraints for crop production systems have been tightened during the last decade, both on the national and the European level. The implementation of the European Nitrates Directive and the European Water Framework Directive will result in additional constraints.

The permissible nutrient surpluses according to the German Fertilizer Decree (Düngeverordnung) are already so low that some farmers have difficulties to comply with them. It is obvious that traditional strategies of fertilization and crop rotation cannot cope with future constraints. Therefore, our aim is to develop strategies for reducing nutrient losses in intensive horticultural production systems. For this purpose, we use both experimental research and scenario calculations with agro-ecosystem models.

- **Leif Nett**

Vegetable crop residues turn hungry soil microorganisms into nitrogenous gas emitters

- The application of synthetic nitrogen (N) fertilizers has boosted crop yields and hence sustained the rapidly growing world population in the last decades. The downside of this development is that this N input has led to an increased translocation of reactive N compounds from agricultural systems to other environments, for instance in the form of gaseous N emissions. Some of these gases are detrimental to the environment, such as ammonia (NH₃), which is a major air pollutant and causes eutrophication and acidification of ecosystems, and nitrous oxide (N₂O), which contributes by 6 % to the anthropogenic greenhouse effect. Vegetable production systems that involve large amounts of post-harvest crop residues are particularly prone to ammonia (NH₃) and nitrous oxide (N₂O) emissions. We therefore search for urgently needed management strategies that can reduce these harmful emissions. In two field experiments, we demonstrated that substantial NH₃ and N₂O emissions can occur after high input of available organic C and N with cauliflower residues even when the bulk soil conditions are not favorable to the respective processes. This is due to the creation of local microsites that differ greatly in abiotic conditions from the rest of the soil. Our results further indicate that the effect of soil type on N₂O emissions may be minor under these conditions while it appears that ploughing increases N₂O emissions as compared to rototillage or surface-application, irrespective of soil type. In the case of NH₃ emissions, both soil type and application technique clearly had effects with coarse-textured soils producing higher emissions than fine-textured soils and surface-application increasing NH₃ emissions as compared to incorporation of residues. We will try to pursue the causes of these observed effects and in particular investigate the exact localization of NH₃ and N₂O emission sources.

4.1

> page 50

Control of micro climate for an efficient plant production

Depending on their soil and aerial environment, plants may perform differently, and they modify their environment as well. Some domains of horticulture, such as the production in greenhouses or under plastic mulches in the field, allow to some degree allow the technical control of a plant's micro climate. Therefore, within certain limits, vegetable growers are able to control plant growth and quality of produce.

- **Hans-Peter Kläring**

The low energy greenhouse (ZINEG) – past, present, future

- Six years ago, four universities and five research institutes started the joint research project ZINEG. Their goal was to produce plants in greenhouses with minimal consumption of fossil energy. In a system-oriented approach they combined process-engineering and cultivation measures. At the IGZ, research focused on cultivation measures in order to complement the newly developed greenhouses and obtain optimized, efficient plant production systems. It could be shown that lettuce and tomato plants grow well in temperatures below those which are conventionally applied. Yield and product quality were not negatively affected. At very high temperatures, however, humidity control is essential for good fruit set in tomato. When using transparent thermal screens by day, energy savings must be optimized against yield losses which are induced by light-reduction. Future research will focus on the utilization of renewable energy. In particular, excess electrical energy which is deactivated until now can be used for lighting, heating and cooling greenhouses. This will further decrease the use of fossil fuels while considerably increasing the yield.

4.2

> page 54

Efficiency and stability of production systems

Various processes affect the efficiency and stability of management systems which proceed at different spatial and temporal scales and alter and affect plant growth conditions. The communication and interaction between a plant and its microbiome is the spatially smallest and temporally fastest scale. Microbial functions and mechanisms regulating the plant nitrogen and phosphorus nutrition and the plant vitality are investigated. On field scale, the focus is on small-scaled variability of soil properties. We use geo-physical measurement principles to detect this variability and to integrate them with additional information on management recommendations. To initially transfer a new procedure to the market, we collaborate with pilot farms.

- **Silke Ruppel**

Chile – Development of a bacterial substrate for an ecological and sustainable cultivation of vegetables

To ensure global food security, agricultural practice has to protect soil and water resources. It is therefore important to focus on the reduction of mineral fertilizers and chemical plant protection products and to allow their replacement through sustainable agricultural measurements and biological products such as microorganisms. This project carried out in cooperation with the University of Talca (Chile), the biotechnology company BIO INSUMOS native (Chile) and the IGZ addresses the development of bacterial auxiliary substances for vegetable production. The soil-borne bacteria *Kosakonia radicincitans* DSM 16656 and the fungus *Trichoderma harzianum* are known to enhance plant growth and vitality. Soil microorganisms can support plant resistance to abiotic stress factors such as drought, heat, cold and saline soils. However, strategies and

interactions of microorganisms and plants are often not fully understood. This project therefore aims to analyze how bacteria or a combination of bacteria and fungus change the plant's metabolism. It is expected that a combined application of fungus and bacteria emphasizes the positive crop effects of both microorganisms. The possible development of an auxiliary substance based on *K. radicincitans* und *T. harzianum* will provide a valuable addition on the commercial product market.

Egypt – Improving the microbial quality of seeds, sprouts and herbs

Recurring food scandals such as Ehec arouse the awareness of the importance of food safety in horticultural production. Within this context, a research cooperation between the IGZ and the University of Cairo (Egypt) was established. This project examines the potential existence of human pathogens such as *Escherichia coli* and *Salmonella* spp. on fenugreek, lettuce and watercress. It will monitor the spreading of pathogens and establish methods to avoid infection and the propagation of human pathogens on marketable plants.

Aufsätze / referiert · Scientific papers / reviewed

2013

Ahkami, A.H.; Melzer, M.; Ghaffari, M.R.; Pollmann, S.; Javid, M.G.; Shahinia, F.; Hajirezaei, M.R.; Druege, U. 2013. Distribution of indole-3-acetic acid in *Petunia hybrida* shoot tip cuttings and relationship between auxin transport, carbohydrate metabolism and adventitious root formation. *Planta* 238 (3), 499-517.

Almthyeb, M.; Ruppel, S.; Paulsen, H.-M.; Vassilev, N.; Eichler-Löbermann, B. 2013. Single and combined applications of arbuscular mycorrhizal fungi and *Enterobacter radicincitans* affect nutrient uptake of faba bean and soil biological characteristics. *Landbauforschung = vTI Agriculture and Forestry Research*, 3 (63), 229-234.

Baldermann, S.; Yang, Z.; Sakai, M.; Fleischmann, P.; Morita, A.; Todoroki, Y.; Watanabe, N. 2013. Influence of exogenously applied abscisic acid on carotenoid content and water uptake in flowers of the tea plant *Camellia sinensis*. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 93 (7), 1660-1664.

Barkla, B. J.; Castellanos-Cervantes, T.; Diaz de León, J. L.; Matros, A.; Mock, H. P.; Perez-Alfocea, F.; Salekdeh, G. H.; Witzel, K.; Zörb, C. 2013. Elucidation of salt stress defense and tolerance mechanisms of crop plants using proteomics – Current achievements and perspectives. *Proteomics* 13 (12-13), 1885-1900.

Becker, C.; Klaering, H.-P.; Kroh, L.W.; Krumbein, A. 2013. Temporary reduction of radiation does not permanently reduce flavonoid glycosides and phenolic acids in red lettuce. *Plant Physiology and Biochemistry* 72, 154-160.

Behrend, A.; Borchert, T.; Müller, A.; Tänzer, J.; Hohe, A. 2013. Malformation of gynoecia impedes fertilization in bud-flowering *Calluna vulgaris*. *Plant Biology* 15 (1), 226-232.

Behrend, A.; Borchert, Th.; Spiller, M.; Hohe, A. 2013. AFLP-based genetic mapping of the "bud-flowering" trait in heather (*Calluna vulgaris*). *BMC Genetics*, 14: 64.

Berger, B.; Brock, A.-K.; Ruppel, S. 2013. Nitrogen supply influences plant growth and transcriptional responses induced by *Enterobacter radicincitans* in *Solanum lycopersicum*. *Plant and Soil* 370 (1-2), 641-652.

Borgognone, D.; Colla, G.; Roupael, Y.; Cardarelli, M.; Rea, E.; Schwarz, D. 2013. Effect of nitrogen form and nutrient solution pH on growth and mineral composition of self-grafted and grafted tomatoes. *Scientia Horticulturae* 149, 61-69.

Brock, A.K.; Berger, B.; Mewis, I.; Ruppel, S. 2013. Impact of the PGPB *Enterobacter radicincitans* DSM 16656 on growth, glucosinolate profile and immune responses of *Arabidopsis thaliana*. *Microbial Ecology* 65, 661-670.

Budnowski, J.; Hanschen, F.S.; Lehmann, C.; Haack, M.; Brigelius-Flohé, R.; Kroh, L.W.; Blaut, M.; Rohn, S.; Hanske, L. 2013. A derivatization method for the simultaneous detection of glucosinolates and isothiocyanates in biological samples. *Analytical Biochemistry* 441 (2), 199-207.

Chowdhury, S.P.; Dietel, K.; Rändler, M.; Schmid, M.; Junge, H.; Borriss, R.; Hartmann, A.; Grosch, R. 2013. Effects of *Bacillus amyloliquefaciens* FZB42 on lettuce growth and health under pathogen pressure and its impact on the rhizosphere bacterial community. *PLoS ONE* 8 (7): e68818. doi:10.1371/journal.pone.0068818

Fiol, M.; Weckmüller, A.; Neugart, S.; Schreiner, M.; Rohn, S.; Krumbein, A.; Kroh, L.W. 2013. Thermal-induced changes of kale's antioxidant activity analyzed by HPLC-UV/Vis-online-TEAC detection. *Food Chemistry*. 138 (2-3), 857-865.

Grosch, R.; Dealtry, S.; Schreiter, S.; Berg, G.; Mendonça-Hagler, L.; Smalla, K. 2013. Impact of individual and combined antagonist application towards *Rhizoctonia solani* on lettuce and on indigenous microbial rhizosphere community. *IOBC-WPRS Bulletin* 86, 15-22.

Förster, F.; Mewis, I.; Ulrichs, C. 2013. *Moringa oleifera* establishment and multiplication of different ecotypes in vitro. *Gesunde Pflanzen* 65 (1), 21-31.

Kadner, R.; Junghanns, W. 2013. Vegetative Vermehrung von *Artemisia glaberrima* Kar. & Kir. *Zeitschrift für Arznei- und Gewürzpflanzen* 18 (3), 118-122.

Kastell, A.; Smetanska, I.; Ulrichs, C.H.; Cai, Z.; Mewis, I. 2013. Effects of phytohormones and jasmonic acid on glucosinolate content in hairy root cultures of *Sinapis alba* and *Brassica rapa*. *Applied Biochemistry and Biotechnology* 169 (2), 624-635.

Kastell, A.; Smetanska, I.; Schreiner, M.; Mewis, I. 2013. Hairy roots, callus, and mature plants of *Arabidopsis thaliana* exhibit distinct glucosinolate and gene expression profiles. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture* 115, 45-54.

Klaering, H.-P.; Krumbein, A. 2013. The effect of constraining the intensity of solar radiation on the photosynthesis, growth, yield and product quality of tomato. *Journal of Agronomy and Crop Science* 199, 151-159.

Körschens, M.; Albert, E.; Armbruster, M.; Barkusky, D.; Baumecker, M.; Behle-Schalk, L.; Bischoff, R.; Cergan, Z.; Ellmer, F.; Hrbst, F.; Hoffmann, S.; Hofmann, B.; Kismanyoky, T.; Kubat, J.; Kunzova, E.; Lopez, C.; Lopez-Fando, C.; Merbach, I.; Merbach, W.; Pardor, M.T.; Rogasik, J.; Ruehlmann, J.; Spiegel, H.; Schulz, E.; Tajnsek, A.; Toth, Z.; Wegener, H.; Zorn, W. 2013. Effect of mineral and organic fertilization on crop yield, nitrogen uptake, carbon and nitrogen balances, as well as soil organic carbon content and dynamics: results from 20 European long-term field experiments of the twenty-first century. *Archives of Agronomy and Soil Science* 59 (8), 1017-1040.

Krey, T.; Baum, C.; Ruppel, S.; Seydel, M.; Eichler-Löbermann, B. 2013. Organic and inorganic P sources interacting with applied rhizosphere bacteria and their effects on growth and P supply of maize. *Communication in Soil Science and Plant Analysis* 44, 3205-3215.

Krüger, J.; Franko, U.; Fank, J.; Stelzl, E.; Dietrich, P.; Pohle, M.; Werban, U. 2013. Linking geophysics and soil function modeling - an application study for biomass production. *Vadose Zone Journal* 12. DOI: 10.2136/vzj2013.01.0015.

Krumbein, A.; Schwarz, D. 2013. Grafting: A possibility to enhance health-promoting and flavour compounds in tomato fruits of shaded plants? *Scientia Horticulturae* 149, 97-107.

Krupnova, T.; Stierhof, Y.D.; Hiller, U.; Strompen, G.; Müller, S. 2013. The microtubule-associated kinase-like protein in RUNKEL functions in somatic and syncytial cytokinesis. *Plant Journal* 74 (5), 781-791.

Lohmeier, U.; Djalali Farahani-Kofoet, R.; Kofoet, A.; Grosch, R. 2013. Factors affecting incidence and severity of leaf spot disease on lettuce caused by *Septoria birgatae* Bedlan. *Annals of Applied Biology* 162 (2), 221-230.

Lueck, E.; Ruehlmann, J. 2013. Resistivity mapping with GEOPHILUS ELECTRICUS – Information about lateral and vertical soil heterogeneity. *Geoderma* 199, 2-11.

Lohr, D.; Meinken, E.; Zerche, S.; Druege, U.; Tillmann, P. 2013. Rapid and non-destructive measurement of nitrogen status in ornamental cuttings by near infrared spectroscopy as part of a quality assessment system in supply chains of young plant production. In Eds.: S. Kanlayanarat (et. al) *Proceedings of the International Conference on Quality Management in Supply Chains of Ornamentals – QMSCO2012*. *Acta Horticulturae* 970, 121-128.

Marton, M.R.; Krumbein, A.; Platz, S.; Schreiner, M.; Rehmers, A.; Lavric, V.; Mersch-Sundermann, V.; Lamy, E. 2013. Determination of bioactive, free isothiocyanates from a glucosinolate-containing phytotherapeutic agent: A pilot study with in vitro models and human intervention. *Fitoterapia* 85, 25-34.

McCarthy, A.L.; O'Callaghan, Y.C.; Neugart, S.; Pigott, C.O.; Connolly, A.; Jansen, M.A.K.; Krumbein, A.; Schreiner, M.; FitzGerald, R.J.; O'Brien, N.M. 2013. The hydroxycinnamic acid content of barley and brewers' spent grain (BSG) and the potential to incorporate phenolic extracts of BSG as antioxidants into fruit beverages. *Food Chemistry* 141, 2567-2574.

Mueller, A.; George, E.; Gabriel-Neumann, E. 2013. The symbiotic recapture of nitrogen from dead mycorrhizal and non-mycorrhizal roots of tomato plants. *Plant and Soil* 364, 341-355.

Neugart, S.; Fiol, M.; Schreiner, M.; Rohn, S.; Zrenner, R.; Kroh, L.W.; Krumbein, A. 2013. Low and moderate photosynthetically active radiation affects the flavonolglycosides and hydroxycinnamic acid derivatives in kale (*Brassica oleracea* var. *sabellica*) dependent on two low temperatures. *Plant Physiology and Biochemistry* 72, 161-168.

Ngwene, B.; Neumann, E.; George, E. 2013. Influence of different mineral nitrogen sources (NO₃⁻ -N vs. NH₄⁺ -N) on arbuscular mycorrhiza development and N transfer in a *Glomus intraradices*-cowpea symbiosis. *Mycorrhiza* 23 (2), 107-117.

Ntatsi, G.; Savvas, D.; Druege, U.; Schwarz, D. 2013. Contribution of phytohormones in alleviating the impact of sub-optimal temperature stress on grafted tomato. *Scientia Horticulturae* 149, 28-38.

Omar, Genesis F.; Mohamed, Fouad, H.; Haensch, K.-T.; Sarg, Sawsan H.; Morsy, Mohamed M. 2013. Somatic embryo-like structures of strawberry regenerated in vitro on media supplemented with 2,4-D and BAP. *Indian Journal of Experimental Biology* 51, 739-745.

Platz, S.; Kühn, C.; Schiess, S.; Schreiner, M.; Mewis, I.; Kemper, M.; Pfeiffer, A.; Rohn, S. 2013. Determination of benzyl isothiocyanate metabolites in human plasma and urine by LC-ESI-MS/MS after ingestion of nasturtium (*Tropaeolum majus* L.) *Analytical and Bioanalytical Chemistry* 405 (23), 7427-7436.

Rivera-Ferre, M.G.; Pereira, L.; Karpouzoglou, T.; Nicholas, K.A.; Onzere, S.; Waterlander, W.; i Mahomoodally, F.; Vrieling, A.; Babalola, F.D.; Ummenhofer, C.C.; Dogra, A.; de Conti, A.; Baldermann, S.; Evoh, C.; Bollmohr, S. 2013. A vision for transdisciplinarity in future earth: perspectives from young researchers. *Journal of Agriculture, Food Systems, and Community Development*, 3 (4), 249-260.

Ruehlmann, J. 2013. The box plot experiment in Grossbeeren after eight rotations nitrogen, carbon and energy balances. *Archives of Agronomy and Soil Science* 59 (8), 1159-1176.

Ruppel, S.; Franken, P.; Witzel, K. 2013. Properties of the halophyte microbiome and their implications for plant salt tolerance. *Functional Plant Biology* 40, 940-951.

Sandmann, M.; Graefe, J.; Feller, C. 2013. Optical methods for the non-destructive estimation of leaf area index in kohlrabi and lettuce. *Scientia Horticulturae* 156, 113-120.

Schreiner, M.; Korn, Stenger, M.; Holzgreve, L.; Altmann, M. 2013. Current understanding and use of quality characteristics of horticulture products. *Scientia Horticulturae* 163, 63-69.

Schwarz, D.; Öztekin, G.B.; Tüzel, Y.; Brückner, B.; Krumbein, A. 2013. Rootstocks can enhance tomato growth and quality characteristics at low potassium supply. *Scientia Horticulturae* 149, 70-79.

Sempel, F.; Gorbacheskaya, O. Mewis, I.; Ulrichs, Ch. 2013. Modellversuch zur Feinstaubbindung: extensive Dachbegrünung vs. Schotterdach. *Gesunde Pflanzen* 65 (3), 113-118.

Tong, Y.; Gabriel-Neumann, E.; Ngwene, B.; Krumbein, A.; Baldermann, S.; Schreiner, M.; George, E. 2013. Effects of single and mixed inoculation with two arbuscular mycorrhizal fungi in two different levels of phosphorus supply on β -carotene concentrations in sweet potato (*Ipomoea batatas* L.) tubers. *Plant and Soil* 372 (1-2), 361-374.

Ulrichs, Ch.; Mewis, I. 2013. Nanostrukturierte Silikate – Insektizide Wirkung und neue Entwicklungen. *Journal für Kulturpflanzen* 65 (3), 118-122.

Vu, V.H.; Quyen, D.T.; Grosch, R.; Nguyen, N.D. 2013. Effectiveness of antagonistic bacterial metabolites to control *Rhizoctonia solani* on lettuces

2014

and *Fusarium oxysporum* on tomatoes. Korean Journal of Microbiology and Biotechnology 41 (1), 70-78.

Welter, S.; Dölle, S.; Lehmann, K.; Schwarz, D.; Weckwerth, W.; Worm, M.; Franken, P. 2013. Pepino mosaic virus infection of tomato affects allergen expression, but does not impact the allergenic potential of fruits. PLoS One 8: e65116.

Welter, S.; Lehmann, K.; Dölle, S.; Schwarz, D.; Weckwerth, W.; Scheler, C.; Worm, M.; Franken, P. 2013. Identification of putative new tomato allergens and differential interaction with IgEs of tomato allergic subjects. Clinical and Experimental Allergy 43, 1419-1427.

Wibberg, D.; Jelonek, L.; Rupp, O.; Henning, M.; Eikmeyer, F.; Goesmann, A.; Hartmann, A.; Borriss, R.; Grosch, R.; Pühler, A.; Schlüter, A. 2013. Establishment and interpretation of the genome sequence of the phytopathogenic fungus *Rhizoctonia solani* AG1-IB isolate 7/3/14. Journal of Biotechnology 167 (2), 142-155.

Wiesner, M.; Hanschen, F.S.; Schreiner, M.; Glatt, H.; Zrenner, R. 2013. Induced Production of 1-Methoxy-indol-3-ylmethyl Glucosinolate by Jasmonic Acid and Methyl Jasmonate in Sprouts and Leaves of Pak Choi (*Brassica rapa* ssp. *chinensis*). International Journal of Molecular Sciences 14 (7), 14996-145016.

Wiesner, M.; Zrenner, R.; Krumbein, A.; Glatt, H.; Schreiner, M. 2013. Genotypic variation of the glucosinolate profile in pak choi (*Brassica rapa* ssp. *chinensis*). Journal of Agricultural and Food Chemistry 61 (8), 1943-1953.

Witzel, K.; Hanschen, F.S.; Schreiner, M.; Krumbein, A.; Ruppel, S.; Grosch, R. 2013. Verticillium suppression is associated with the glucosinolate composition of *Arabidopsis thaliana* leaves. PLoS ONE 8(9): e71877. doi:10.1371/journal.pone.0071877

Yang, Z.; Baldermann, S.; Watanabe, N. 2013. Recent studies of the volatile compounds in tea. Food Research International 53 (2), 585-599.

Ahkami, A.; Scholz, U.; Steuernagel, B.; Strickert, M.; Haensch, K.-T.; Druge, U.; Reinhardt, D.; Nouri, E.; von Wirén, N.; Franken, P.; Hajirezaei, M.R. 2014. Comprehensive transcriptome analysis unravels the existence of crucial genes regulating primary metabolism during adventitious root formation in *Petunia hybrida*. PLoS ONE 9 (6): e100997. doi:10.1371/journal.pone.0100997.

Andruschkewitsch, M.; Wachendorf, C.; Sradnick, A.; Hensgen, F.; Joergensen, R.G.; Wachendorf, M. 2014. Soil substrate utilization pattern and relation of functional evenness of plant groups and soil microbial community in five low mountain NATURA 2000. Plant and Soil 383 (1-2), 275-289.

Baldermann, S.; Yang, Z.Y.; Katsuno, T.; Tu, V.A.; Mase, N.; Nakamura, Y.; Watanabe, N. 2014. Discrimination of green, oolong, and black teas by GC-MS analysis of characteristic volatile flavor compounds. American Journal of Analytical Chemistry 5, 620-632.

Becker, C.; Klaering, H.-P.; Schreiner, M.; Kroh, L.W.; Krumbein, A. 2014. Unlike quercetin glycosides, cyanidin glycoside in red leaf lettuce responds more sensitively to increasing low radiation intensity before than after head formation has started. Journal of Agricultural and Food Chemistry 62 (29), 6911-6917.

Becker, C.; Klaering, H.-P.; Kroh, L.W.; Krumbein, A. 2014. Cool-cultivated red leaf lettuce accumulates cyanidin-3-O-(6"-O-malonyl)-glucoside and caffeoyl-malic acid. Food Chemistry 146, 404-411.

Behrend, A.; Gluschak, A.; Przybyla, A.; Hohe, A. (Online first). Interploid crosses in heather (*Calluna vulgaris*). Scientia Horticulturae 10.1016/j.scienta.2014.11.005

Beran, F.; Pauchet, Y.; Kunert, G.; Reichelt, M.; Wielsch, N.; Vogel, H.; Reinecke, A.; Svatos, A.; Mewis, I.; Schmid, D.; Ramasamy, S.; Ulrichs, C.; Hansson, B.S.; Gershenzon, J.; Heckel, D.G. 2014. *Phyllotreta striolata* flea beetles use host plant defense compounds to create their own glucosinolate-myrosinase system. PNAS 111 (20), 7349-7354.

Bitterlich, M.; Krügel, U.; Boldt-Burisch, K.; Franken, P.; Kühn, C. 2014. Interaction of brassinosteroid functions and sucrose transporter SISUT2 regulate the formation of arbuscular mycorrhiza. Plant Signaling & Behavior 9 (10), e970426.

Bitterlich, M.; Krügel, U.; Boldt-Burisch, K.; Franken, P.; Kühn, C. 2014. The sucrose transporter SISUT2 from tomato interacts with brassinosteroid functioning and affects arbuscular mycorrhiza formation. The Plant Journal 78, 877-889.

Brodehl, A.; Möller, A.; Kunte, H.J.; Koch, M.; Maul, R. 2014. Biotransformation of the mycotoxin zearalenone by fungi of the genera *Rhizopus* and *Aspergillus*. FEMS Microbiology Letters 359 (1), 124-130.

Chen, X.; Baldermann, S.; Cao, S.; Lu, Y.; Liu, C.; Hirata, H.; Watanabe, W. (Online first). Developmental patterns of emission of scent compounds and related gene expression in roses of the cultivar Rosa x hybrida cv. 'Yves Piaget'. Plant Physiology and Biochemistry, http://dx.doi.org/10.1016/j.plaphy.2014.12.016

Cosme, M.; Franken, P.; Mewis, I.; Baldermann, S.; Wurst, S. 2014. Arbuscular mycorrhizal fungi affect glucosinolate and mineral element composition in leaves of *Moringa oleifera*. Mycorrhiza 24 (7), 565-570.

Djalali Faharani-Kofoet, R.; Römer, P.; Grosch, R. 2014. Selecting basil genotypes with resistance against downy mildew. Scientia Horticulturae 179, 248-255.

Druge, U.; Franken, P.; Lischewski, S.; Ahkami, A.H.; Zerche, S.; Hause, B.; Hajirezaei, M. 2014. Transcriptomic analysis reveals ethylene as stimulator and auxin as regulator of adventitious root formation in petunia cuttings. Frontiers in Plant Science, 5:494. doi: 10.3389/fpls.2014.00494

Drzymala, S.S.; Herrmann, A.J.; Maul, R.; Pfeifer, D.; Garbe, L.A.; Koch, M. 2014. In Vitro phase I metabolism of cis-zearalenone. Chemical Research in Toxicology 27 (11), 1972-1978.

Eichholz, I.; Förster, N.; Ulrichs, Ch.; Schreiner, M.; Huyskens-Kei, S.I. 2014. Survey of bioactive metabolites in selected cultivars and varieties of *Lactuca sativa* L. under water stress. Journal of Applied Botany and Food Quality 87, 265-273.

Ekandjo, L.K.; Ruppel, S. 2014. (Online first) The impact of mineral nitrogen fertilization on the occurrence of native diazotrophic bacteria in kohlrabi (*Brassica oleracea*) shoots and roots. Journal of Agricultural Science, doi: 10.5539/jas.v/n2pxx

Erlacher, A.; Cardinale, M.; Grosch, R.; Grube, M.; Berg, B. 2014. The impact of the pathogen *Rhizoctonia solani* and its beneficial counterpart *Bacillus amyloquifaciens* on the indigenous lettuce microbiome. Frontiers in Microbiology 5, DOI:10.3389/fmicb.2014.00175.

Förster, N.; Ulrichs, C.; Schreiner, M.; Müller, C.T.; Mewis, I. (Online first). Development of a reliable extraction and quantification method for glucosinolates in *Moringa oleifera*. Food Chemistry DOI:10.1016/j.foodchem.2014.06.043

Frede, K.; Henze, A.; Khalil, M.; Baldermann, S.; Schweigert, F. J.; Rawel, H. 2014. Stability and cellular uptake of lutein-loaded emulsions. Journal of Functional Foods 8, 118-128.

Ghanem, G.; Ewald, A.; Zerche, S.; Henning, F. 2014. Effect of root colonization with *Piriformospora indica* and phosphate availability on the growth and reproductive biology of a *Cyclamen persicum* cultivar. Scientia Horticulturae 172, 233-241.

Graefe, J.; Sandmann, M. 2014. Short-wave radiation transfer through a plant canopy covered by single and double layers of plastic. Agricultural and Forest Meteorology 201, 196-208.

Groenbaek, M.; Jensen, S.; Neugart, S.; Schreiner, M.; Kidmose, U.; Lakkenborg Kristensen, H. 2014. Influence of cultivar and fertilizer approach on curly kale (*Brassica oleracea* L. var. *sabellica* L.). I. Genetic diversity reflected in agronomic characteristics and phytochemical concentration. Journal of Agricultural and Food Chemistry 62 (47), 11393-11402.

Hanschen, F.S.; Lamy, E.; Schreiner, M.; Rohn, S. 2014. Reactivity and stability of glucosinolates and their breakdown products in foods – A Review. Angewandte Chemie-International Edition 53 (43), 11430-11450.

Hanschen, F.S.; Lamy, E.; Schreiner, M.; Rohn, S. 2014. Reaktivität und Stabilität von Glucosinolaten und ihren Abbauprodukten in Lebensmitteln. Angewandte Chemie 126 (43), 11614-11635.

Hart, M.; Ehret, D.L.; Krumbein, A.; Leung, C.; Murch, S.; Turi, C.; Franken, P. 2014 (Online first). Inoculation with arbuscular mycorrhizal fungi improves the nutritional value tomatoes. Mycorrhiza, DOI:10.1007/s00572-014-0617-0

Hayek, S.; Gianinazzi-Pearson, V.; Gianinazzi, S.; Franken, P. 2014. Elucidating mechanisms of mycorrhiza-induced resistance against *Thielaviopsis basicola* via targeted transcript analysis of *Petunia hybrida* genes. Physiological and Molecular Plant Pathology 88, 67-76.

Hilou, A.; Zhang, H.; Franken, P.; Hause, B. 2014. Do jasmonates play a role in arbuscular mycorrhiza-induced local bioprotection of *Medicago truncatula* against root rot disease caused by *Aphanomyces euteiches*? Mycorrhiza 24, 45-54.

Julkunen-Tiitto, R.; Nenadis, N.; Neugart, S.; Robson, M.; Agati, G.; Vepsäläinen, J.; Zipoli, G. et al. (Online first). Assessing the response of plant flavonoids to UV radiation: an overview of appropriate techniques. Phytochemistry Reviews, DOI:10.1007/s11101-014-9362-4.

Kastell, A.; Zrenner, R.; Schreiner, M.; Kroh, L.; Ulrichs, Ch.; Smetanska, I.; Mewis, I. (Online first). Metabolic engineering of aliphatic glucosinolates in hairy root cultures of *Arabidopsis thaliana*. Plant Molecular Biology Reporter, DOI:10.1007/s11105-014-0781-6.

Katsuno, T.; Kasuga, H.; Kusano, Y.; Yaguchi, Y.; Tomomura, M.; Cui, J.; Yang, Z.; Baldermann, S.; Nakamura, Y.; Ohnishi, T.; Mase, N.; Watanabe, N. 2014. Characterisation of odorant compounds and their biochemical formation in green tea with a low temperature storage process. Food Chemistry 148, 388-395.

Kittler, K.; Hoffmann, H.; Lindemann, F.; Koch, M.; Rohn, S.; Maul, R. 2014. Biosynthesis of 15N-labeled cylindrospermopsin and its application as internal standard in stable isotope dilution analysis. Analytical and Bioanalytical Chemistry 406 (24), 5765-5775.

Klaering, H.-P.; Hauschild, I.; Heißner, A. 2014. Fruit removal increases root-zone respiration in cucumber. Annals of Botany 114, 1735-1745.

Klopotek, Y.; Klaering, H.-P. 2014. Accumulation and remobilisation of sugar and starch in the leaves of young tomato plants in response to temperature. Scientia Horticulturae 180, 262-267.

Körschens, M.; Albert, E.; Baumecker, M.; Ellmer, F.; Grunert, M.; Hoffmann, S.; Rühlmann, J.; Zorn, W. 2014. Humus and climate change – results of 15 long-term experiments = Humus und Klimaänderung-Ergebnisse aus 15 langjährigen Dauerfeldversuchen. Archives of Agronomy and Soil Science 60 (11), 1485-1517.

Krajinski, F.; Courty, P.-E.; Sieh, D.; Franken, P.; Zhang, H.; Bucher, M.; Gerlach, N.; Kryvoruchko, I.; Zoeller, D.; Udvardi, M.; Hause, B. 2014. The H+-ATPase HA1 of *Medicago truncatula* is essential for phosphate transport and plant growth during arbuscular mycorrhizal symbiosis. Plant Cell 26, 1808-1817.

Kröber, M.; Wibberg, D.; Grosch, R.; Eikmeyer, F.; Verwaaijen, B.; Chowdhury, S.P.; Hartmann, A.; Pühler, A.; Schlüter, A. 2014. Effect of the strain *Bacillus amyloquifaciens* FZB42 on the microbial community in the rhizosphere of lettuce under field conditions analyzed by whole metagenome sequencing. Frontiers in Microbiology 5, DOI:10.3389/fmicb.2014.00252.

Lehtinen, T.; Schlatter, N.; Baumgarten, A.; Bechini, L.; Krüger, J.; Grignani, C.; Zavattaro, L.; Costamagna, C.; Spiegel, H. 2014. Effect of crop residue incorporation on soil organic carbon (SOC) and greenhouse gas (GHG) emissions in European agricultural soils. Soil use and management 30 (4), 524-538.

- Lippmann, D.; Lehmann, C.; Florian, S.; Barkowitz, G.; Haack, M.; Mewis, I.; Wiesner, M.; Schreiner, M.; Glatt, H.-R.; Brigelius-Flohe, R.; Kipp, A.P. 2014. Glucosinolates from pak choi and broccoli induce enzymes and inhibit inflammation and colon cancer differently. *Food and Function* 5, 1073-1081.
- Lohse, M.; Nagel, A.; Herter, T.; May, P.; Schroda, M.; Zrenner, R.; Tohge, T.; Fernie, A.R.; Stitt, M.; Usadel, B. 2014. Mercator: A fast and simple web server for genome scale functional annotation of plant sequence data. *Plant, Cell and Environment* 37 (5), 1250-1258.
- Majer, P.; Neugart, S.; Krumbein, A.; Schreiner, M.; Hideg, E. 2014. Singlet oxygen scavenging by leaf flavonoids contributes to sunlight acclimation in *Tilia platyphyllos*. *Environmental and Experimental Botany* 100, 1-9.
- Maul, R.; Warth, B.; Schebb, N.H.; Krska, R.; Koch, M.; Sulyok, M. (Online first). In vitro glucuronidation kinetics of deoxynivalenol by human and animal microsomes and recombinant human UGT enzymes. *Archives of Toxicology*, DOI:10.1007/s00204-014-1286-7.
- Mueller, T.; Ruppel, S. 2014. Progress in cultivation-independent phyllosphere microbiology. *FEMS Microbiology Ecology* 87, 2-17.
- Neugart, S.; Fiol, M.; Schreiner, M.; Rohn, S.; Zrenner, R.; Kroh, L.; Krumbein, A. 2014. Interaction of moderate UV-B exposure and temperature on the formation of structurally different flavonol glycosides and hydroxycinnamic acid derivatives in kale (*Brassica oleracea* var. *sabellica*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 62 (18), 4054-4062.
- Neumann, G.; Bott, S.; Ohler, M.A.; Mock, H.P.; Lippmann, R.; Grosch, R.; Smalla, K. 2014. Root exudation and root development of lettuce (*Lactuca sativa* L. cv. *Tizian*) as affected by different soil. *Frontiers in Microbiology* 5, doi: 10.3389/fmicb.2014.00002
- Nitzsche, M.; Schießl, I.; Börnke, F. 2014. The complex becomes more complex: protein-protein interactions of SnRK1 with DUF581 family proteins provide a framework for cell- and stimulus type-specific SnRK1 signaling in plants. *Frontiers in Plant Science*, doi: 10.3389/fpls.2014.00054
- Ntatsi, G.; Savvas, D.; Huntenburg, K.; Druege, U.; Hinch, D.K.; Zuther, E.; Schwarz, D. 2014. A study on ABA involvement in the response of tomato to suboptimal root temperature using reciprocal grafts with *notabilis*, a null mutant in the ABA-biosynthesis gene *LeNCED*. *Environmental and Experimental Botany* 97, 11-21.
- Ntatsi, G., Savvas, D., Klaering, H.-P., Schwarz, D. 2014. Growth, yield, and metabolic responses of temperature-stressed tomato to grafting onto rootstocks differing in cold tolerance. *Journal of the American Society of Horticultural Science* 139 (2), 230-243.
- Piekarska, A.; Kołodziejki, D.; Pilipczuk, T.; Bodna, M.; Konieczka, P.; Kuszniere-wicz, B.; Hanschen, F. S.; Schreiner, M.; Cyprys, J.; Groszewska, M.; Namiesnik, J.; Bartoszek, A. 2014. The influence of selenium addition during germination of *Brassica* seeds on health-promoting potential of sprouts. *International Journal of Food Sciences and Nutrition* 62 (6), 692-702.
- Przybyla, A.; Behrend, A.; Bornhake, C.; Hohe, A. 2014. Breeding of polyploid heather (*Calluna vulgaris*). *Euphytica* 181, 162-167.
- Scattino, C.; Castagna, A.; Neugart, S.; Chan, H.M.; Schreiner, M.; Crisosto, C.H.; Tonutti, P.; Ranieri, A. 2014. Post-harvest UV-B irradiation induces changes of phenol contents and corresponding biosynthetic gene expression in peaches and nectarines. *Food Chemistry* 163, 51-60.
- Schloss, S.; Wedell, I.; Koch, M.; Rohn, S.; Maul, R. (Online first). Biosynthesis and characterization of ¹⁵N₆-labeled Phomopsis A, a lupin associated mycotoxin produced by *Diaporthe toxica*. *Food Chemistry*, doi: 10.1016/j.foodchem.2014.12.056.
- Schreiter, S.; Ding, G.-Ch.; Grosch, R.; Kropf, S.; Antweiler, K.; Smalla, K. 2014. Soil type-dependent effects of a potential biocontrol inoculant on indigenous bacterial communities in the rhizosphere of field grown lettuce. *FEMS Microbiology Ecology* 90 (3), 718-730.
- Schreiter, S.; Ding, G.C.; Heuer, H.; Neumann, G.; Sandmann, M.; Grosch, R.; Kropf, S.; Smalla, K. 2014. Effect of the soil type on the microbiome in the rhizosphere of field-grown lettuce. *Frontiers in Microbiology*, doi: 10.3389/fmicb.2014.00144
- Schreiter, S.; Sandmann, M.; Smalla, K.; Grosch, R. 2014. Soil type dependent rhizosphere competence and biocontrol of two bacterial inoculant strains and their effects on the rhizosphere microbial community of field-grown lettuce. *PLoS ONE* 9 (8), e71877. doi:10.1371/journal.pone.0103726.
- Schumacher, F.; Florian, S.; Schnapper, A.; Monien, B.H.; Mewis, I.; Schreiner, M.; Seidel, A.; Engst, W.; Glatt, H. 2014. A secondary metabolite of *Brassicales*, 1-methoxy-3-indolylmethyl glucosinolate, as well as its degradation product, 1-methoxy-3-indolylmethyl alcohol, forms DNA adducts in the mouse, but in varying tissues and cells. *Archives of Toxicology* 88 (3), 823-836.
- Schwake-Anduschus, C.; Proske, M.; Scieurba, E.; Muenzing, K.; Koch, M.; Maul, R. (Online first). Distribution of deoxynivalenol, zearalenone, and their respective modified analogues in milling fractions of naturally contaminated wheat grains. *World Mycotoxin Journal*, doi: 10.3920/wmj.2014.1818.
- Schwarz, D. Thompson, A.J.; Klaering, H.-P. 2014. Guidelines to use tomato in experiments with a controlled environment. *Frontiers in Plant Science*, doi: 10.3389/fpls.2014.00625.
- Sradnick, A.; Ingold, M.; Marold, J.; Murugan, R.; Buerkert, A. Joergensen, R.G. 2014. Impact of activated charcoal and tannin amendments on microbial biomass and residues in an irrigated sandy soil under arid subtropical conditions. *Biology and Fertility of Soils* 50 (1), 95-103.
- Sradnick, A.; Oltmanns, M.; Raupp, J.; Joergensen, R.G. 2014. Microbial residue indices down the soil profile after long-term addition of farmyard manure and mineral fertilizer to a sandy soil. *Geoderma* 226-227, 79-84.
- Taffouo, V.D.; Ngwene, B.; Akoa, A.; Franken, P. 2014. Influence of phosphorus application and arbuscular mycorrhizal inoculation on growth, foliar nitrogen mobilization, and phosphorus partitioning in cowpea plants. *Mycorrhiza* 24 (5), 361-368.
- Tong, Y.; Gabriel-Neumann, E.; Ngwene, B.; Krumbein, A.; George, E.; Platz, S.; Rohn, S.; Schreiner, M. 2014. Topsoil drying combined with increased sulfur supply leads to enhanced aliphatic glucosinolates in *Brassica juncea* leaves and roots. *Food Chemistry* 152, 190-196.
- Tong, Y.; Gabriel-Neumann, E.; Krumbein, A.; Ngwene, B.; George, E.; Schreiner, M. 2014. Interactive effects of arbuscular mycorrhizal fungi and intercropping with sesame (*Sesamum indicum*) on the glucosinolate profile in broccoli (*Brassica oleracea* var. *italica*). *Environmental and Experimental Botany* 109, 288-295.
- Tu, V.A.; Kaga, A.; Gericke, K.H.; Watanabe, N.; Narumi, T.; Toda, M.; Baldermann, S.; Mase, N. 2014. Synthesis and characterization of quantum dot nanoparticles bound to the plant volatile precursor of hydroxy-*apo*-10-carotenal. *Journal of Organic Chemistry*, 79 (15), 6808-6515.
- Üstün, S.; Börnke, F. 2014. Interactions of *Xanthomonas* type-III effector proteins with the plant ubiquitin and ubiquitin-like pathways. *Frontiers in Plant Science*, doi: 10.3389/fpls.2014.00736.
- Üstün, S.; König, P.; Gutmann, D.S.; Börnke, F. 2014. HopZ4 from *Pseudomonas syringae*, a member of the HopZ type III effector family from the YopJ superfamily, inhibits the proteasome. *Molecular Plant-Microbe Interactions* 27 (7) 611-623.
- Volkert, K.; Debast, S.; Voll, L.M.; Voll, H.; Schießl, I.; Hofmann, J.; Schneider, S.; Börnke, F. 2014. Loss of the two major leaf isoforms of sucrose-phosphate synthase in *Arabidopsis thaliana* limits sucrose synthesis and nocturnal starch degradation but does not alter carbon partitioning during photosynthesis. *Journal of Experimental Botany* 65 (18), 5217-5229.
- Wibberg, D.; Jelonek, J.; O.; Kröber, M.; Goesmann, A.; Grosch, R.; Pühler, A.; Schlüter, A. 2014. Transcriptome analysis of the phytopathogenic fungus *Rhizoctonia solani* AG1-IB 7/3/14 applying high-throughput sequencing of expressed sequence tags (ESTs). *Fungal Biology* 118 (9-10), 800-813.
- Wiesner, M.; Schreiner, M.; Zrenner, R. 2014. Functional identification of genes responsible for the biosynthesis of 1-methoxy-indol-3-ylmethyl-glucosinolate in *Brassica rapa* ssp. *chinensis*. *BMC Plant Biology*, 14:124. DOI: 10.1186/1471-2229-14-124.
- Wiesner, M.; Schreiner, M.; Glatt, H. 2014. High mutagenic activity of juice from pak choi (*Brassica rapa* ssp. *chinensis*) sprouts due to its content of 1-methoxy-3-indolylmethyl glucosinolate, and its enhancement by elicitation with methyl jasmonate. *Food and Chemical Toxicology* 67, 10-16.
- Wimmelbacher, M.; Börnke, F. 2014. Redox-activity of thioredoxin z and fructokinase-like protein 1 is dispensable for autotrophic growth of *Arabidopsis thaliana*. *Journal of Experimental Botany* 65 (9), 2405-2413.
- Witzel, K.; Matros, A.; Strickert, M.; Kaspar, S.; Peukert, M.; Mühling, K.H.; Börner, A.; Mock, H-P. 2014. Salinity stress in roots of contrasting barley genotypes reveals time-distinct and genotype-specific patterns for defined proteins. *Molecular Plant* 7, 336-355.
- Yamamoto, M.; Baldermann, S.; Yoshikawa, K.; Fujita, A.; Mase, N.; Watanabe, N. 2014. Determination of volatile compounds in four commercial samples of Japanese green algae using solid phase microextraction gas chromatography mass spectrometry. *The Scientific World Journal*, Article ID 289780, 8 pages. <http://dx.doi.org/10.1155/2014/289780>
- Zhang, H.; Franken, P. 2014. Comparison of systemic and local interactions between the arbuscular mycorrhizal fungus *Funneliformis mosseae* and the root pathogen *Aphanomyces euteiches* in *Medicago truncatula*. *Mycorrhiza* 24 (6), 419-430.
- Zhou, Y.; Zhang, L.; Gui, J.; Dong, F.; Cheng, S.; Mei, X.; Zhang, L.; Li, Y.; Su, X.; Baldermann, S.; Watanabe, N.; Yang, Z.Y. (Online first). Molecular cloning and characterization of a short-chain dehydrogenase showing activity with volatile compounds isolated from *Camellia sinensis*. *Plant Molecular Biology Reporter* DOI:10.1007/s11105-014-0751-z

Promotionen



Melanie Wiesner

MELANIE WIESNER

- Am 7. November 2014 verteidigte **Melanie Wiesner** ihre Doktorarbeit mit dem Titel „1-Methoxy-indol-3-ylmethylglucosinolat in Pak Choi (*Brassica rapa* ssp. *chinensis*) – Elicitierung, Biosynthese und biologische Wirkung im Zell- und Mausmodell“ am Deutschen Institut für Ernährungsforschung Potsdam-Rehbrücke (DIfE). Gutachter waren Prof. Dr. Hansruedi Glatt (Deutsches Institut für Ernährungsforschung Potsdam-Rehbrücke), Prof. Dr. Monika Schreiner und PD Dr. Stefan Engeli (Medizinische Hochschule Hannover).

HAOQIANG ZHANG

- Am 12. März 2014 konnte **Haoqiang Zhang** seine Doktorarbeit an der Humboldt-Universität erfolgreich verteidigen. Neben Wissenschaftlern des IGZ und der LGF waren auch zwei der Kooperationspartner der beiden Projekte von Herrn Zhang an der Kommission beteiligt: Professor Franziska Krajinski vom MPI in Golm und Professor Bettina Hause vom IPB in Halle. Herr Zhang hatte sich mit zwei wichtigen Funktionen der Mykorrhiza beschäftigt. Er konnte in seiner Doktorarbeit zeigen, wie wichtig die Funktion einer Protonen-pumpende ATPase für die verbesserte Phosphatversorgung der Pflanze ist. Außerdem untersuchte er die molekularen Grundlagen der Mykorrhiza-induzierten Resistenz gegen Wurzelschädlinge.



Yu Tong (rechts) mit Monika Schriener

YU TONG

- Am 28. Februar 2014 hat **Yu Tong** ihre Promotion zu dem Thema „Targeted influence on rhizospheric conditions for enhancing the formation of secondary metabolites in vegetables“ erfolgreich an der Humboldt-Universität zu Berlin verteidigt.

Yu Tong hat im Rahmen ihrer Projektarbeit bereits drei reviewte Paper veröffentlicht. Durch diese Arbeiten von Yu Tong konnte erstmals gezeigt werden, dass bei Intercropping mit Sesam mykorrhizierte Brokkoli-Pflanzen eine signifikant erhöhte 3-Indolmethyl-Glucosinolat Konzentration in den Blättern aufwiesen und beide Nachbarpflanzen eine höhere Biomasse entwickelten. Ebenso konnte nachgewiesen werden, dass Topsoil Drying erhöhte Konzentrationen des dominierenden aliphatischen 2-Propenyl-Glucosinolates in den Blättern der Senfpflanzen bei der hohen Schwefeldüngung induziert, ohne jedoch den Ertrag zu mindern.

Diese Erkenntnisse können zur Entwicklung geeigneter Anbaustrategien im Gartenbau beitragen, welche den Gesundheitswert von Gemüse potentiell steigern.

MASAYOSHI YAMAMOTO

- Im Januar 2014 verteidigte **Masayoshi Yamamoto** seine Doktorarbeit mit dem Titel „Analysis of volatile compounds and the aroma character in Aonori produced in several geographic areas“ (Original auf Japanisch), die er an der Universität Shizuoka anfertigte. Am IGZ wurde die Arbeit von Prof. Dr. Susanne Baldermann betreut.



Christine Becker mit Leif Nett (links) und Martin Sandmann

CHRISTINE BECKER

- Am 9. Dezember 2013 verteidigte **Christine Becker** ihre Promotionsschrift zum Thema „Impact of radiation, temperature, and growth stage on the concentration of flavonoid glycosides and caffeic acid derivatives in red leaf lettuce“ an der Fakultät III-Prozesswissenschaften der Technischen Universität Berlin. Ihre im Rahmen des ZINEG-Projekts in den Abteilungen Modellierung/Wissenstransfer und Qualität durchgeführten Experimente hatten bereits zuvor zu drei referierten Publikationen geführt und Christine Becker konnte alle Fragen sowohl zu ihrer Dissertation als auch zur Chemie der sekundären Metabolite zur vollsten Zufriedenheit der Prüfungskommission beantworten.



Georgia Ntatsi

GEORGIA NTATSI

- Am 21. November 2013 verteidigte **Georgia Ntatsi** erfolgreich ihre Doktorarbeit an der Landwirtschaftlichen Universität von Athen, Griechenland, mit dem Titel „Impact of grafting on growth, yield, quality, and physiological characteristics of tomato grown under sub-optimal temperature conditions“. Die Ergebnisse der Arbeit hatte sie im Rahmen ihrer Forschungsaufenthalte am IGZ über 3 Jahre unter Betreuung von Dr. Dietmar Schwarz zusammengetragen. Im Vortrag ging Georgia Ntatsi hauptsächlich auf die Bedeutung und Wechselwirkung von Phytohormonen bei der Anpassung veredelter Tomaten an kühlere Temperaturbedingungen ein. Genauso souverän wie ihr Vortrag war, beantwortete sie auch die Fragen von sieben Gutachtern, zu denen auch Dr. Dietmar Schwarz als deutscher Betreuer gehörte. Auch wenn es zur Verteidigung keine Note und keinen Dokortitel gab – an griechischen Universitäten nicht üblich – wurde Georgia Ntatsi eine herausragende Doktorarbeit bescheinigt.



Anja Müller (Mitte) nach ihrer erfolgreichen Promotion im Kreis der Gutachter und Kolleginnen und Kollegen

ANJA MÜLLER

- Am 29. April 2013 verteidigte **Anja Müller** ihre Doktorarbeit mit dem Titel „Underground networks of arbuscular mycorrhizal fungi – development and functioning of the external mycelium of *Glomus mosseae* and *G. intraradices* in soil substrate and plant residues“ erfolgreich an der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg. Nach einer eindrucksvollen Präsentation und einer ausführlichen Diskussionsrunde war die Prüfungskommission von dem Ergebnis der Arbeit überzeugt. Gutachter der Arbeit waren Prof. Dr. Edgar Peiter und Prof. Dr. Eckhard George.

SASKIA WELTER

- Am 12. November 2013 verteidigte **Saskia Welter** ihre Doktorarbeit mit dem Titel „Impact of biotic factors on the allergenic potential of tomato and identification of cyclophilin as a new tomato allergen“ an der Humboldt-Universität zu Berlin im Institut für Biologie. Saskia Welter hatte die Experimente zu ihrer Dissertation im Rahmen des Projektes VEGAL zu Allergenen in Gemüse in Kooperation mit der Charité und der Proteom-Factory in Berlin sowie mit dem Fraunhofer-Institut für Angewandte Polymerforschung (IAP) in Potsdam-Golm und der HU Berlin durchgeführt. Neben den grundsätzlichen Erkenntnissen, die wir durch die Arbeit über die Wechselwirkungen von Tomaten mit dem Pepino Mosaik Virus gewinnen konnten und der Identifizierung neuer Allergene, sind ihre Ergebnisse auch für die Immunisierung von Tomaten mit avirulenten Stämmen des Virus von Bedeutung. In Ihrem Vortrag und der anschließenden Befragung konnte Saskia Welter die Prüfungskommission von der hohen Qualität ihrer Arbeit überzeugen.



Gartenbau, Pflanze und Mensch

Das Leibniz-Institut für Gemüse- und Zierpflanzenbau

• Neues Wissen entwickelt sich aus Nachdenken, Beobachtung, Ausprobieren und Modellieren, aber auch aus Gedankenaustausch. Das IGZ ist deswegen ein Institut mit offenen Türen, aber auch mit einem klaren Auftrag: Forschen an der Pflanze, Forschen im Gartenbau, Forschen für den Menschen.

Für den Zeitraum ab 2012 haben die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des IGZ ein Forschungsprogramm mit dem Titel „Gartenbau, Pflanze und Mensch“ formuliert.

Mit seiner Forschung möchte das IGZ Beiträge leisten

- zum Erfolg des Gartenbaus in Deutschland und in anderen Ländern
- zu den wissenschaftlichen Grundlagen in Gartenbau- und Pflanzenwissenschaft
- zur Nachhaltigkeit in Anbau und Nutzung von Pflanzen und
- zur gesunden Ernährung und zum Wohlbefinden der Bevölkerung

Wir wollen Bindeglied sein zwischen naturwissenschaftlichem Erkenntnisfortschritt und der Lebenswirklichkeit von Produzenten und Verbrauchern. Wir wollen unsere Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter in ihrer beruflichen Entwicklung fördern.

Die ausgesprochen erfolgreiche Evaluierung des IGZ durch den Senat der Leibniz-Gemeinschaft im Jahr 2008 hat uns auf diesem Weg bestärkt. Seitdem hat das IGZ seine Rolle als Initiator und Partner von Forschungsverbänden weiter verstärkt. Alle Projekte des IGZ werden mit Partnern aus anderen Institutionen durchgeführt. Damit soll flexibel und kompetent auf neue wissenschaftliche und gesellschaftliche Herausforderungen reagiert werden können. Wir sind inzwischen ein internationales Institut. Der bevorstehenden neuen Evaluierung im Jahr 2015 blicken wir gespannt entgegen.

Die Forschung am IGZ wird dazu in dreizehn Schwerpunkten durchgeführt. Jeder Schwerpunkt hat festgelegte Ziele; der Erfolg der Forschung wird regelmäßig sowohl intern als auch extern überprüft. Auch jedes Projekt hat eine deutliche Zielsetzung. Fortschritt und Erfolg der Projekte können anhand von Meilensteinen überprüft werden.

Mehrere Schwerpunkte sind in einem Programmbereich zusammengefasst. Die Programmbereiche dienen zur Vermittlung des Forschungsprofils und sollen die Beiträge des Instituts zu verschiedenen Themenbereichen deutlich machen.

Das Forschungsprogramm des IGZ gliedert sich in folgende vier Programmbereiche:

- Gartenbaupraxis und urbaner Gartenbau
- Nutzung biologischer Systeme im Gartenbau
- Gartenbau, Umwelt und Verbraucher
- Globale Änderungen und Gartenbau

Auszüge des Forschungskonzepts und die Forschungsstruktur finden Sie auf unserer Homepage (www.igzev.de).

Wir freuen uns über alle Anregungen, Kritik und Verbesserungsvorschläge, die uns erreichen.

Prof. Eckhard George,
Wiss. Direktor
(george@igzev.de; 033701 78131)

Programmbereiche und ihre Schwerpunkte

1. Gartenbaupraxis und urbaner Gartenbau

- 1.1 • Gartenbaupraxis und Produktion
(Dr. Carmen Feller)
- 1.2 • Green City – Gartenbau in der Stadt
(Prof. Dr. habil. Eckhard George)

2. Nutzung biologischer Systeme im Gartenbau

- 2.1 • Steuerung der Adventivwurzelbildung und der weiteren Entwicklung von Zierpflanzen
(Dr. Uwe Drüge)
- 2.2 • Biologische und technologische Grundlagen der Samen- und In-vitro-Vermehrung
(Dr. Frank Hennig)
- 2.3 • Biologische Grundlagen zur Optimierung des integrierten Pflanzenschutzes
(Dr. Rita Grosch)
- 2.4 • Biologische Grundlagen der Entwicklung neuer Genotypen für die Züchtung von Zierpflanzen und Gemüse
(Dr. Annette Hohe)
- 2.5 • Funktionen von Wurzel-Pilz-Beziehungen
(Prof. Dr. Philipp Franken)
- 2.6 • Molekulare Grundlagen pflanzlicher Leistungen
(Prof. Dr. Frederik Börnke)

3. Gartenbau, Umwelt und Verbraucher

- 3.1 • Bioaktive sekundäre Pflanzenstoffe in der Interaktion Pflanze-Umwelt
(Prof. Dr. Monika Schreiner)
- 3.2 • Funktion und Bedeutung von Carotinoiden und Apocarotinoiden
(Prof. Dr. Susanne Baldermann)
- 3.3 • Nährstoffdynamik im Gartenbau
(Dr. Matthias Fink)

4. Globale Änderungen und Gartenbau

- 4.1 • Steuerung des Mikroklimas für eine effiziente Pflanzenproduktion
(Dr. Jan Gräfe)
- 4.2 • Effizienz und Stabilität von Bewirtschaftungssystemen
(Dr. Jörg Rühlmann)

Aufgaben des Instituts

• Das Leibniz-Institut für Gemüse- und Zierpflanzenbau (IGZ) erarbeitet wissenschaftliche Grundlagen für eine ökologisch sinnvolle und wirtschaftliche Erzeugung von Gartenbaukulturen. Wir untersuchen Wachstum und Entwicklung von Pflanzen unter optimalen und unter ungünstigen Bedingungen, und bewerten den Einfluss sich wandelnder Umweltbedingungen auf die gärtnerische Produktion. Damit wollen wir der Umwelt, der Wettbewerbsfähigkeit des Gartenbaus und den Bedürfnissen der Verbraucherinnen und Verbraucher dienen.

Das IGZ ist als Mitglied der Leibniz-Gemeinschaft (Leibniz Association; www.wgl.de) eines der größten öffentlich finanzierten Forschungsinstitute der Gartenbauwissenschaften in Deutschland. Unsere Arbeiten sind eng mit internationalen Partnern vernetzt.

Das IGZ wird vom Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL), dem Brandenburger Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kultur (MWFK) und dem Thüringer Ministerium für Umwelt, Energie und Naturschutz (TMUEN) gefördert.



Horticulture, plants, and people

Leibniz Institute of Vegetable and Ornamental Crops

• Progress in science is based on ideas, observations, experiments and modelling, but also on communication. The IGZ therefore is an institute with open doors.

The IGZ is also an institute with a clear mission. In the years since 2012, scientists at the IGZ work in a research programme entitled "Horticulture, plants and people".

Research at the IGZ contributes to

- success of horticulture in Germany and other countries
- understanding fundamentals of horticultural and plant science
- sustainability in production and use of plants
- healthy nutrition and well-being of the population

The IGZ aims to be a link between progress in the natural sciences and the reality of horticultural producers and consumers. We aim to support our staff in their professional development.

The IGZ was evaluated by the Senate of the Leibniz Association in the year 2008. The evaluation was very positive and supported our research strategy. Since then, the IGZ has initiated and participated in many cooperative research projects, all of which are carried out in collaboration with partners from other scientific institutions or from industrial enterprises. This enables us to respond flexibly and competently to scientific and social needs. We have become a truly international institute in the past decade, and look forward to the next evaluation of our institute in 2015.

Scientists at the IGZ are working in thirteen Research Areas. Each research area has milestones and deliverables. Progress is reviewed at regular intervals both internally and externally. Each project within a Research Area has a clear objective and is reviewed at regular intervals.

Several Research Areas make up a Research Domain. These Research Domains highlight our research profile and demonstrate the contribution made by the institute to themes of public interest.

The IGZ research programme has the following four Research Domains:

- Horticultural practice and urban horticulture
- Use of biological systems in horticulture
- Horticulture, environment and the consumer
- Global changes and horticulture

A summary of the research programme and structure can be accessed from our homepage (www.igzev.de).

We appreciate comments, criticism or suggestions for improvement. •

Prof. Eckhard George,
Director of Research
(george@igzev.de; 033701 78131)

IGZ Research Domains and Research Areas

1. Horticultural practice and urban horticulture

- 1.1 • Horticultural practice and production
(*Dr. Carmen Feller*)
- 1.2 • Green city – Urban horticulture
(*Prof. Dr. habil. Eckhard George*)

2. The use of biological systems in horticulture

- 2.1 • Control of adventitious root formation and further development of ornamental crops
(*Dr. Uwe Drüge*)
- 2.2 • Biological and technological fundamentals of seed and in vitro propagation
(*Dr. Frank Hennig*)
- 2.3 • Basic research for the optimization of integrated pest management
(*Dr. Rita Grosch*)
- 2.4 • Principles of developing new genotypes for breeding of ornamentals and vegetables
(*Dr. Annette Hohe*)
- 2.5 • Function of root-fungus interactions
(*Prof. Dr. Philipp Franken*)
- 2.6 • Molecular basis of plant performance
(*Prof. Dr. Frederik Börnke*)

3. Horticulture, environment and the consumer

- 3.1 • Bioactive secondary plant metabolites in the interaction plant-environment
(*Prof. Dr. Monika Schreiner*)
- 3.2 • Function and importance of carotenoids and apocarotenoids
(*Prof. Dr. Susanne Baldermann*)
- 3.3 • Nutrient dynamics in horticulture crops
(*Dr. Matthias Fink*)

4. Global changes and horticulture

- 4.1 • Control of micro climate for an efficient plant production
(*Dr. Jan Gräfe*)
- 4.2 • Efficiency and stability of production systems
(*Dr. Jörg Rühlmann*)

Our Mission

• The Leibniz-Institute of Vegetable and Ornamental Crops (IGZ) works on fundamental aspects of plant and environmental sciences, contributing to the realisation of economically sound and economically sustainable horticultural production systems. Our commitment is to serve the environment, the horticultural sector and the consumers of horticultural products.

The IGZ is a member of the Leibniz Association (Leibniz Gemeinschaft; www.wgl.de) of scientific research institutes. Our institute is one of the largest publicly funded institutions for horticultural research in Germany, and most of our research is carried out in international cooperation.

The IGZ is generously supported by the Federal Ministry of Nutrition and Agriculture (Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft; BMEL) and by two federal state ministries (Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kultur of Brandenburg and Thüringer Ministerium für Umwelt, Energie und Naturschutz). •



Personal und Aufbau des Institutes / Staff and Organization of the Institute

Direktion / Directorate

Wissenschaftlicher Direktor /
Scientific Director
Prof. Dr. habil. Eckhard George

Sekretärin / Secretary
Eva Piontek

Abteilung Pflanzenernährung / Department of Plant Nutrition

Abteilungsleiter / Head of Department
Prof. Dr. habil. Philipp Franken

Wissenschaftliche Mitarbeiter / Scientific Staff
Dr. rer. nat. Beatrice Berger, M. sc. Michael Bitterlich, Dr. rer. nat. Anita Brock, M. sc. Marco Cosme, M. sc. Bui Van Cuong, Dipl.-Geog. Janine Krüger, Dipl.-Biol. Henry Mattner, Dipl.-Ing. (FH) Anja Müller, Dr. sc. agr. Elke Neumann, Dr. agr. Henrike Perner, Dipl.-Ing. (FH) Uwe Rieckmann, Dr. agr. Jörg Rühlmann, Dr. habil. rer. nat. Silke Ruppel, M. sc. Dipl.-Biol. Ann-Christin Scherwinski, Dr. habil. agr. Reinhard Schmidt, Dr. agr. Dietmar Schwarz, M. sc. Marie Françoise Seck, M. sc. Tong Yu, Dr. agr. Siegfried Zerche, M. sc. Haoqiang Zhang, M. sc. Inga Matzner

Technische Mitarbeiter / Technical Staff
Dipl.-Ing. (FH) Gundula Aust, B. sc. Kerstin Bieler, Dipl.-Ing. (FH) Kerstin Fischer, BTA Juliane Gräwert, Dipl.-Biol. Susanne Jeserig, Dipl.-Ing. (FH) Birgit Löffelbein, Dipl.-Ing. (FH) Katrin Schultz, Dipl.-Ing. (FH) Birgit Wernitz, Laura Arndt (Auszubildende)

Studenten / Students
Leonie Weber

Abteilung Pflanzengesundheit / Department of Plant Health

Abteilungsleiter / Head of Department
Dr. rer. nat. Rita Grosch

Wissenschaftliche Mitarbeiter /
Scientific Staff
M. sc. Philip Albers, Prof. Dr. rer. nat. Frederick Börnke, Dr. agr. Roxana Djalali-Farahani-Kofoet, M. sc. Franziska Genzel, Dr. agr. Frank Hennig, M. sc. Ramona Landgraf, M. sc. Madlen Nietzsche, Dr. rer. nat. Suayib Üstün, Dr. rer. nat. Katja Witzel, Dr. rer. nat. habil. Rita Zrenner

Technische Mitarbeiter / Technical Staff
Dipl.-Ing. (FH) Sabine Breitkopf, Dipl.-Ing. (FH) Angelika Fandrey, Mandy Heinze, Jasmin Koritke, Sieglinde Widiger

Studenten / Students
Inna Pronicheva PhD student, Laura Selent (2014 abgeschlossene studentische Arbeiten: Philipp Grähn, Anja Volkmer)

Abteilung Pflanzenvermehrung / Department of Plant Propagation

Abteilungsleiter / Head of Department
Dr. rer. hort. Uwe Drüge (komm.)

Sekretärin / Secretary
Edith Grube

Wissenschaftliche Mitarbeiter / Scientific Staff
Dipl. biol. Jennifer Heinrich, Dipl. biol. Martin Bauerfeind, Dr. rer. nat. Anne Behrend, Dr. agr. Aloma Ewald, Dr. rer. hort. Klaus-Thomas Hänsch, Dipl. biol. Ralph Heinrich, Dr. rer. nat. Rosa Herbst, PD Dr. rer. hort. Annette Hohe, M. sc. Annett Przybyla, Dr. rer. nat. Yvonne Stonek

Technische Mitarbeiter / Technical Staff
Bärbel Broszies, Dipl.-Ing. (FH) Sabina Czekalla, Dipl.-Ing. (FH) Gabriele Eckart, Dipl.-Chem. Klaus Fricke, Dipl.-Ing. (FH) Sabine Kalkofe-Roth, Dipl.-Ing. (FH) Jörg Krüger, Katja Krüger, Dipl.-Ing. (FH) Anke Müller, Dipl.-Ing. (FH) Kerstin Schütze, Janett Grimmer, Dipl.-Ing. (FH) Barbara Weinlich, Maja Klemm, Jasmin Koritke, Sofia Michler (Auszubildende)

Studenten / Students
Manuel Brüggemann, Nadia Busse, Aileen Gluschak, Silke Just, Millicent A. Otiende, Christoph Rummel, Eva Schloetmann

Abteilung Qualität / Department of Quality

Abteilungsleiter / Head of Department
Prof. Dr. sc. agr. Monika Schreiner

Wissenschaftliche Mitarbeiter / Scientific Staff
Prof. Dr. Susanne Baldermann, Dr. agr. Bernhard Brückner, M. sc. Audrey Errard, M. sc. Katja Frede, Dr. rer. nat. Franziska Hanschen, Dr. rer. nat. Ronald Maul, Dr. rer. nat. Susanne Neugart, Dr. rer. agr. Bernard Ngwene, Dipl.-Ing. Stefanie Schläger, Dr. rer. nat. Saskia Welter, Dr. rer. nat. Melanie Wiesner, Dipl. LM-Chem. Angela Vester, M. sc. Shinji Hara
Technische Mitarbeiter / Technical Staff
Sarah Fahrherr, Elke Büsch, Dipl.-Ing. (FH) Andrea Jankowsky, Agr.-Ing. (FH) Andrea Maikath, Dipl.-Ing. (FH) Annett Platalla, Bärbel Schröder, staatl. gepr. Tech. Maria Skoruppa, staatl. gepr. Tech. Janine Stuwe, Sarah Farrherr (Auszubildende)

Leiterin Analytik Labor /
Head of Analytical Chemistry Lab
Dipl.-Ing. (FH) Kerstin Schmidt

Studenten / Students
Jana Fechner, Marcus Fricke, M. sc. Archontia Karachasani, Dipl. LM-Chem. David Schröter, M. sc. Naw Moe Ae War, M. sc. Sasa Wu, Jenny Zehring, Narantuya Mishig, B. sc. Elisabeth Jander, M. sc. Shiori Kamiya, Cecilie Bernstorff, M. sc. Giuseppe Pignata, B. sc. Charles Dominic Coleman, B. sc. Manuel Modräger, Bsc. Sophie Brodmühler

Abteilung Modellierung / Wissenstransfer / Department of Modelling and Knowledge-Transfer

Abteilungsleiter / Head of Department
Dr. rer. hort. Matthias Fink

Wissenschaftliche Mitarbeiter / Scientific Staff
Dr. Christine Becker, M. sc. Julia Blodau, Dr. agr. Carmen Feller, Dr. rer. agr. Jan Gräfe, Dr. agr. Hans-Peter Kläring, Dr. Anja Müller, Dr. Leif Nett, M. sc. Martin Sandmann, Dr. André Sradnick

Technische Mitarbeiter / Technical Staff
Ingo Hauschild, Thomas Runge, Dipl.-Ing. (FH) Angela Schmidt, Simone Starke

Studenten / Students
Stefan Pumpol, Lars Bergemann, Victoria Bayer, Florian Müller

IT

B. Sc. Daniel Lübke, Michael Sonntag

Bibliothek / Library

Monika Grohmann, M.A. Linda Holzgreve

Verwaltung / Administration

Verwaltungsleiter / Administration manager
Dipl.-Ing. agr. Wolfgang Nehls

Technische Mitarbeiter / Technical Staff
Marion Bauersachs, Jörg Bigus, Kathleen Bratsch, Tobias Döring (Standort Erfurt), Britta Krüger, Stefanie Reimann, Wolfgang Ruhnke, Dipl.-Betriebswirt (FH) Christiane Stoetzer, Eva Stüdemann

Versuchsbetrieb Großbeeren und Golzow / Experimental Station Großbeeren and Golzow

Leiter / Head
Uwe Kunert

Technische Mitarbeiter / Technical Staff
Johannes Bauer, Ute Engel, Sven Frank, Gisela Hasse, Kersten Maikath, Ines Marten, Ingrid Rathenow, Thomas Schulz, Katrin Stefanowski, Heinrich Zozmann

Versuchsbetrieb Erfurt / Experimental Station Erfurt

Leiter / Head
Monika Graff

Technische Mitarbeiter / Technical Staff
Marina Beuke, Joachim Jentsch, Martina Schiefler

Organe des Institutes / Bodies of the Institute

Die Organe des Vereins
„Leibniz-Institut für Gemüse- und
Zierpflanzenbau Großbeeren/Erfurt“
sind die Mitgliederversammlung,
der Wissenschaftliche Beirat, der Vorstand
des Vereins und der Institutsrat.

Mitgliederversammlung / Board of Members

Die Mitgliederversammlung besteht aus
Vertretern des Bundes, des Landes Bran-
denburg und des Freistaates Thüringen,
verschiedener Forschungseinrichtungen,
wissenschaftlicher Gesellschaften und
Verbände.

Dr. Claudia Herok
Vorsitzende
Ministerium für Wissenschaft, Forschung
und Kultur des Landes Brandenburg

Dr. Ingo Braune
Stellvertretender Vorsitzender
Bundesministerium für Ernährung
und Landwirtschaft

Prof. Dr. Georg F. Backhaus
Julius-Kühn-Institut, Bundesforschungs-
institut für Kulturpflanzen

Prof. Dr. Wilhelm Dercks
Fachhochschule Erfurt

Axel Gaertner
Ministerium für Ländliche Entwicklung,
Umwelt und Landwirtschaft des Landes
Brandenburg

Prof. Dr. Oliver Günther
Universität Potsdam

Dr. agr. Susanne Huyskens-Keil
Humboldt-Universität zu Berlin,
Lebenswissenschaftliche Fakultät,
Albrecht Daniel Thaer-Institut für Agrar-
und Gartenbauwissenschaften,
Urbane Ökophysiologie

Jörg Kirstein
Gartenbauverband Berlin-Brandenburg e.V.

Prof. Dr. Dr. h.c. Hans-Peter Liebig

Elke Mohnhaupt
Thüringer Ministerium für Umwelt,
Energie und Naturschutz

Prof. Dr. Dr. Christian Ulrichs
Deutsche Gartenbauwissenschaftliche
Gesellschaft

Jochen Winkhoff
Zentralverband Gartenbau, Geschäftsfüh-
rung Bundesfachgruppe Gemüsebau,
Zentralverband Gartenbau e.V. Berlin

Wissenschaftlicher Beirat / Scientific Advisory Board

Prof. Dr. Georg F. Backhaus,
Vorsitzender
Julius Kühn-Institut, Bundesforschungs-
institut für Kulturpflanzen

Prof. Dr. Hartmut Stützel,
Stellvertretender Vorsitzender
Leibniz-Universität Hannover,
Institut für Gemüse- und Obstbau,
Abteilung Gemüsebau

Prof. Dr. Wolfgang Bokelmann
Humboldt-Universität zu Berlin,
Institut für WiSola

Prof. Dr. Ep Heuvelink
Greenhouse Crop physiology and model-
ling, Wageningen Horticultural Supply
Cains, University Department of plant
Sciences

Prof. Dr. Dr. Thomas Rath
Hochschule Osnabrück, Fakultät Agrarwis-
senschaften und Landschaftsarchitektur

Prof. Dr. Uwe Sonnewald
Friedrich-Alexander Universität Erlangen-
Nürnberg, Naturwissenschaftliche Fakultät,
Department Biologie Lehrstuhl für
Biochemie

Prof. Dr. Traud Winkelmann
Leibniz-Universität Hannover, Institut für
Zierpflanzen- und Gehölzwissenschaften

Prof. Dr. Sabine E. Kulling
Max Rubner-Institut, Bundesforschungs-
Institut für Ernährung und Lebensmittel,
Institut für Sicherheit und Qualität bei
Obst und Gemüse

Vorstand des Vereins / Managing Committee

Prof. Dr. Eckhard George,
Prof. Dr. Monika Schreiner,
Prof. Dr. habil. Philipp Franken und
Dipl.-Ing. agr. Wolfgang Nehls
gehören dem Vorstand des Vereins an.

Institutsrat / Board of Scientists

Der Institutsrat besteht aus den Wissen-
schaftlerinnen und Wissenschaftlern
des Institutes. Den Vorsitz des Instituts-
rates hat einer der Institutsratsprecher.

Sprecher des Institutsrates

PD Dr. rer. hort. Annette Hohe,
Dr. rer. agr. Leif Nett

Gesamtbetriebsrat

Dr. Carmen Feller



**Leibniz-Institut für Gemüse-
und Zierpflanzenbau**
Großbeeren und Erfurt

Standort Großbeeren

Theodor-Echtermeyer-Weg 1
D-14979 Großbeeren

Telefon +49 (0)33701 / 78131
Telefax +49 (0)33701 / 55391

igzev@igzev.de

Standort Erfurt

Kühnhäuser Straße 101
D-99090 Erfurt

Telefon +49 (0)36201 / 7850
Telefax +49 (0)36201 / 785250

igzev@erfurt.igzev.de

www.igzev.de

