

JAHRESBERICHT 2015/16



Zum Titelbild

Das Bild zeigt eine Gurkenversuchspflanzung im 2014 errichteten Gaswechselgewächshaus am IGZ. In diesem europaweit einzigartigen Gewächshaus kann eine kontinuierliche, über- und unterirdische Messung des Gasaustausches durchgeführt werden. Es ermöglicht die Simulation veränderter Atmosphären in kompletten Pflanzenbeständen. Umweltgase wie Ozon, Schwefeldioxid, Stickstoffmonoxid, Stickstoffdioxid, Ethylen, Methan und Ammoniak können dazu in die Kabinen eingeleitet werden und Auswirkungen der Schadgas-Szenarien auf Pflanzen und Mikroorganismen untersucht werden.



Leibniz-Institut für Gemüse- und Zierpflanzenbau
Großbeeren/Erfurt e.V.
Theodor-Echtermeyer-Weg 1
D-14979 Großbeeren
Telefon +49 (0) 33701 / 78131
Fax +49 (0) 33701 / 55391
igzev@igzev.de
www.igzev.de

Herausgegeben vom Leibniz-Institut für Gemüse-
und Zierpflanzenbau Großbeeren/Erfurt e.V., 2017
Mit Förderung durch die Bundesrepublik Deutschland,
das Land Brandenburg und den Freistaat Thüringen

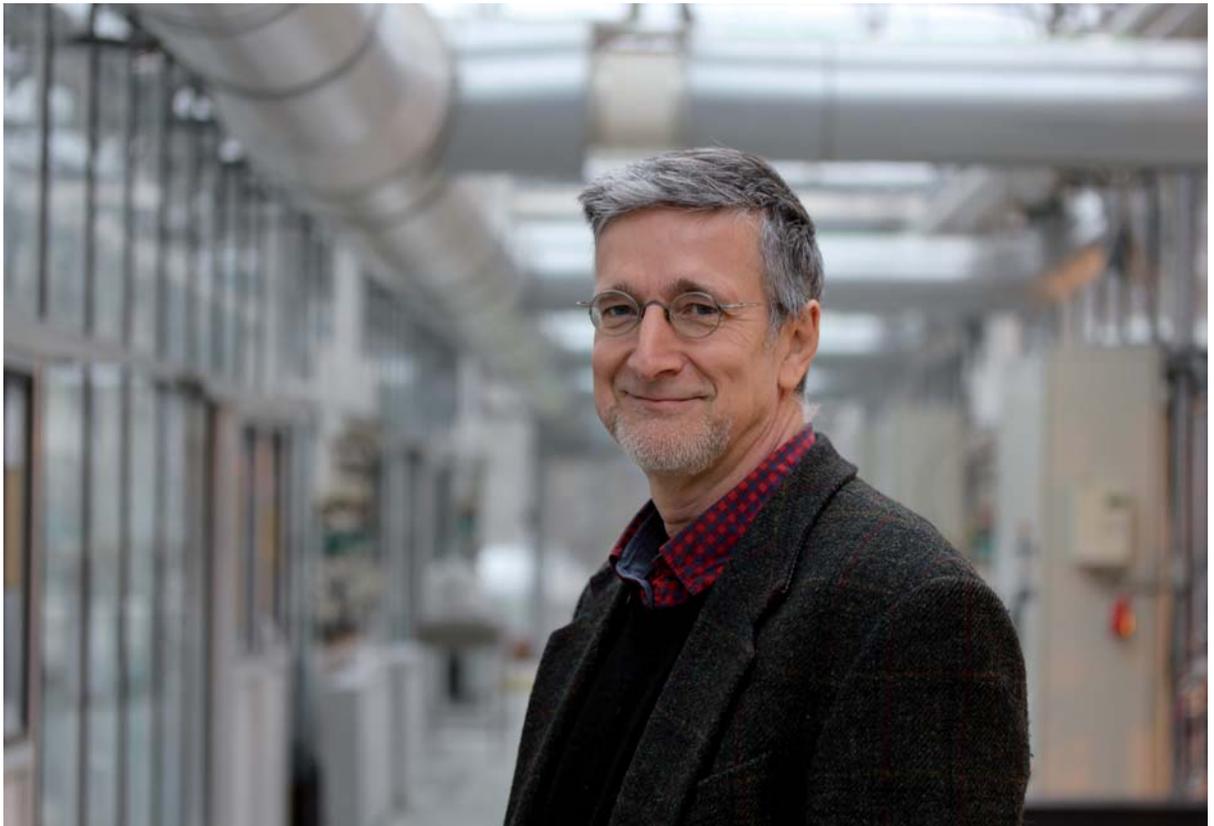
Mitglied der Leibniz-Gemeinschaft
Wissenschaftlicher Direktor: Prof. Dr. habil. Eckhard George

Redaktion: Dr. Bernhard Brückner, Eva Piontek
Grafik und Layout: **BARTHEL**+BARTHEL GbR

Fotos: IGZ, Eva Piontek

Mitglied der





Liebe Leserinnen und Leser,

das Stichwort »Digitalisierung« hat im Laufe des Jahres 2016 das Stichwort »Klimawandel« in der Rangliste der in Deutschland öffentlich diskutierten Themen abgelöst. Jedenfalls, wenn es nach der Zahl der Anfragen bei einer großen Suchmaschine im Internet geht. Und die »Sozialen Medien« stehen in unserer Gesellschaft schon seit einigen Jahren im Mittelpunkt sehr vieler öffentlicher Diskussionen.

Sie halten den Jahresbericht unseres Instituts, des Leibniz-Instituts für Gemüse- und Zierpflanzenbau (IGZ), in der Hand. Ganz traditionell auf Papier gedruckt. Der Bericht bietet Beispiele aus unserer Arbeit in den vergangenen zwei Jahren. Zwei Jahre sind eine lange Zeit im »Leben« eines Instituts: Projekte werden begonnen, andere abgeschlossen. Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter beginnen oder beenden ihre Tätigkeit für das Institut. Schwerpunkte der Arbeit verschieben sich. Manche Problemstellungen werden erfolgreich bearbeitet, in anderen Fällen sind erst die Grundlagen des Verständnisses gelegt.

In diesem Bericht werden Sie sehr viele gute Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler treffen. Sie stellen sich Ihnen vor, indem sie Ihnen einige unserer Lieblingsprojekte erklären.

Eine Eigenschaft benötigt gute Wissenschaft auf jeden Fall: Beharrlichkeit. Nur mit viel Engagement und häufigem Nachfragen können wir zum Beispiel zeigen, warum Biodiversität von Pflanzen auch etwas mit der Gesundheit des Menschen zu tun hat. Oder warum wir in Zukunft Bakterien nicht mehr als Feinde fürchten sollten, sondern wie wir ihre positive Kraft in nachhaltigen Anbauverfahren nützen können. Dazu, und zu vielen anderen Themen, mehr auf den folgenden Seiten.

Wir hier am IGZ wollen eine Forschung betreiben, die eine Bedeutung für Menschen und Umwelt hat. Gerne wollen wir unsere Arbeit an dieser Relevanz messen lassen. Auch dazu finden Sie in diesem Bericht viele Beispiele.

Alle Beiträge des IGZ sollen wissenschaftlich fundiert sein – das ist sicher eine Selbstverständlichkeit. Nicht selbstverständlich ist aber der Hinweis, dass gute und ehrliche Wissenschaft auch Zeit benötigt. Das trifft natürlich auch für Versuche mit Pflanzen zu. Deswegen muss Wissenschaft neben allen schnellen Veränderungen auch einen langen Atem haben. Ursachen und Folgen eines veränderten Klimas oder die Konsequenzen der Urbanisierung werden uns noch viele Jahre beschäftigen.

Deswegen haben wir uns Zeit genommen, um neben den tagesaktuellen Informationen, zum Beispiel auf der Homepage des IGZ, auch diesen Jahresbericht zu erstellen, der einige Themen des IGZ in einem größeren Zusammenhang darstellt. Dafür bleibt ein gedruckter Bericht, der in die Hand genommen werden kann und auch in zehn Jahren noch in manchem Bücherschrank stehen wird, das richtige Medium.

Am IGZ arbeiten Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter mit ganz verschiedener Ausbildung und Fachrichtung. Wir sind ein interdisziplinäres Institut, das Grundlagenforschung betreibt, aber dabei einen Blick auf mögliche Anwendungen der Ergebnisse hat. Wir hoffen, dass wir Sie mit unserem Jahresbericht davon überzeugen können, dass diese Forschung spannend und bedeutend für die Zukunft ist. Besuchen Sie uns auf unserer Homepage (www.igzev.de) und gerne auch direkt und »vor Ort«.

Wir bedanken uns bei den Mitgliedern unseres Wissenschaftlichen Beirats (unter Vorsitz von Prof. Backhaus bzw. Prof. Sonnewald) und unserer Mitgliederversammlung (unter Vorsitz von Dr. Herok) für ihre Unterstützung und kritische Begleitung. Unsere Zuwendungsgeber (Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft; Brandenburger Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kultur; Thüringer Ministerium für Infrastruktur und Landwirtschaft) haben unsere Arbeiten inhaltlich und finanziell ermöglicht, wofür wir ihnen sehr danken. Wir hoffen, dass in den kommenden Jahren die Bedeutung einer modernen Gartenbauwissenschaft auf hohem internationalem Niveau als Zukunftswissenschaft in Deutschland noch stärker erkannt wird.

Wir freuen uns über alle Anregungen, Kritik und Verbesserungsvorschläge für unsere Arbeit. Wenn Sie mit uns diskutieren und unsere Themen weiterverfolgen wollen, wenden Sie sich bitte direkt an die Autoren oder gerne auch an mich.



Eckhard George
Wissenschaftlicher Direktor
IGZ

Dear Reader,

the term »digitisation« replaced the term »climate change« in the rankings of subjects discussed publicly in Germany over the course of 2016 – or at least it did when it came to the number of internet searches conducted using a large search engine. And social media have been the central forum for a great many public discussions in our society for several years already.

You hold in your hand the Annual Report of our Institute, the Leibniz Institute of Vegetable and Ornamental Crops. Printed in the traditional manner on paper. The report offers examples from our work during the past two years. Two years are a long time in the life of an Institute – projects are begun, others completed. Staff members commence or complete their activities for the Institute. Priorities of our work shift. Some problems are successfully addressed and vanquished; in other cases, just the initial fundamentals of understanding are established.

You will meet many excellent scientists in this report. They will introduce themselves by explaining several of our favourite projects to you. Good science requires one characteristic in particular: tenacity. It is only with real commitment, reflection, and frequent probing questions, that we are able to demonstrate for example why the biodiversity of plants also has something to do with human health. Or why we should no longer fear bacteria as enemies in the future, but rather take advantage of their positive power in sustainable agricultural methods. You will discover more about these topics and many others on the following pages.

We here at IGZ choose to conduct research that has import for humanity and the environment. We are happy to have our work measured against this criterion. You will also find many examples of that in this report.

All contributions of the IGZ should be on firm scientific foundation – that certainly goes without saying. What is not obvious is the corollary: that good and honest science takes time as well. That also applies for experiments with plants, of course. It is for this reason that science must be able to »hold its breath« a

long time in the face of all the rapid change. The causes and consequences of altered climatic conditions and the consequences of urbanisation will continue to occupy our attention for many years yet. We have therefore devoted time to prepare this Annual Report in addition to the current daily information we provide (such as that found on the IGZ homepage), in order to present several IGZ research topics within their broader context. A printed report than can be taken in hand now, as well as from a bookshelf even after ten years of time, is therefore the right medium.

Staff members come to IGZ with a broad palette of training and scientific specialisation. We are an interdisciplinary institute that conducts fundamental research, but with an eye to its potential application. We hope that our Annual Report will persuade you that this research is exciting and meaningful for the future. Visit us at our homepage (www.igzev.de), and feel free to visit on site as well.

We would like to thank the Members of our Scientific Advisory Board (chaired by Prof. Backhaus and Prof. Sonnewald) and the institute's General Assembly (chaired by Dr. Herok) for its support and critical collaboration. Our funding agencies (the German Federal Ministry of Food and Agriculture / BMEL, the Ministry of Science, Research, and Culture of the State of Brandenburg, and the Ministry for Infrastructure and Agriculture of the State of Thuringia) have made our work both financially and materially possible, and we sincerely thank them. We hope that the importance of advanced, internationally regarded horticultural science for our common future will be granted further increasing recognition in Germany over the coming years.

We welcome all suggestions and constructive critique of our work. If you should like to talk with us or follow up on our research topics, you are welcome to contact the authors or myself directly.



Eckhard George
Scientific Director
IGZ

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	
Introduction	1

Veranstaltungen / Ereignisse / Besuche	6
---	---

1

Gartenbaupraxis

Unsere Forschung und unser Wissen sollen zur Lösung aktueller Probleme im deutschen, europäischen und internationalen 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.

1.1 Wissenstransfer unserer Forschungsergebnisse in die Praxis	14
---	-----------

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 mit 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 Bei Kühlestress cool bleiben! . .	16
--	-----------

2.2 Qualitätsmarker für Samen von <i>Callistephus chinensis</i> (Sommeraster)	20
--	-----------

2.3 Wie beeinflusst der Krankheitserreger <i>Verticillium dahliae</i> Wachstum und Primärstoffwechsel von Tomaten?	22
---	-----------

2.4 Wer mit wem, oder doch nicht? Kreuzungskompatibilität bei <i>Erica gracilis</i> und deren Auswirkung auf die Blühdauer	26
---	-----------

2.5 Wurzeln und ihre pilzlichen Bewohner: Beziehungen unter Beobachtung	28
--	-----------

2.6 Ein Protein-Netzwerk hilft Pflanzen bei der Stressanpassung. .	32
---	-----------

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 Biodiversität – Vielfalt für die Gesundheit 34

3.2 Derzeit noch unentdeckt – Qualitätsbeurteilung pflanzlicher Lebensmittel mittels nicht-zielgerichteter Analytik (Metabolomics) 39

3.3 Holzaschedüngung bei Substratkulturen – Wirkung in kurzer Zeit 42

Abstracts 54

Referierte Publikationen 60

Promotionen 64

Abschlussarbeiten 66

4

Globale Änderungen und Gartenbau

Unsere Umwelt ist variabel. Schon immer haben Gärtner mit unvorhersehbaren Wetterereignissen zu kämpfen gehabt. Nun beeinflussen auch langfristige Umwelttrends 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 Steuerung des Mikroklimas für eine effiziente Pflanzenproduktion 46

4.2 Die positive Kraft der Bakterien 48

4.3 Entwicklungsökonomie 50

Personal und Aufbau des Instituts . . 68

Drittmittelprojekte 70

Organe des Instituts 71

Aufgaben des Instituts 72

Die 14. World Petunia Days 2015



Im April 2015 traf sich wie jedes Jahr die relativ kleine Wissenschaftlergruppe, die sich mit der Petunie beschäftigt, diesmal im Schloss Münchenwiler in Murten in der Schweiz. Weit weg von jeder Form der Ablenkung diskutierten Uwe Drüge und Philipp Franken mit Fachkollegen über alle Forschungsthemen, die an der Petunie bearbeitet werden.

Dabei war unter anderem Natalia Dudareva, eine unserer Evaluatorinnen. Informationen wurden ausgetauscht

und neue Kooperationsmöglichkeiten ausgelotet. Ein wichtiger Punkt war die uns zur Verfügung stehende Genomsequenz der beiden Wildarten *Petunia axillaris* und *Petunia inflata*, von denen die meisten heutigen Sorten abstammen. Die beiden Genome zu veröffentlichen, ist ein nicht ganz einfaches Unterfangen, da sehr viele Personen an der Arbeit beteiligt waren. Das Folgetreffen 2016 fand auf Einladung von Katja Richert-Pöggeler am Julius-Kühn-Institut in Braunschweig statt.

BestPass – Eine internationale Doktorandenschule



Im September 2015 startete das IGZ in ein neues 4-jähriges EU-Projekt namens BestPass »Boosting plant-endophyte stability, compatibility and performance across scales«. BestPass ist ein Marie Skłodowska-Curie Inno-

vativer Training Network mit zwölf Partnern aus sechs Ländern. Thema des Projektes sind die Wechselwirkungen zwischen Pflanzen und Endophyten, in Pflanzen lebenden Mikroorganismen. In vier Arbeitspaketen wird untersucht, wie Endophyten nicht nur in kontrollierten Versuchen, sondern auch auf dem Feld zu besserer Stabilität und Qualität von Erträgen führen können.

Diese Arbeitspakete werden von Katarzyna Hryniewicz (Universität Torun, Polen), Carolin Schneider (INOQ GmbH), Frank Takken (Universität Amsterdam, Niederlande) und Philipp Franken (IGZ) geleitet. Ein ebenso wichtiges Ziel ist es auch, die 15 Doktorand/innen, zu Experten in Grundlagenforschung und Anwendung von »Biologischen Agenzien« auszubilden. Zwei von ihnen arbeiten bei Philipp Franken, Rita Grosch, Silke Ruppel und Max Ballhausen.

KOSMOS Workshop 2016

Emergency Agriculture and Food Security: An International, Interdisciplinary Research Workshop

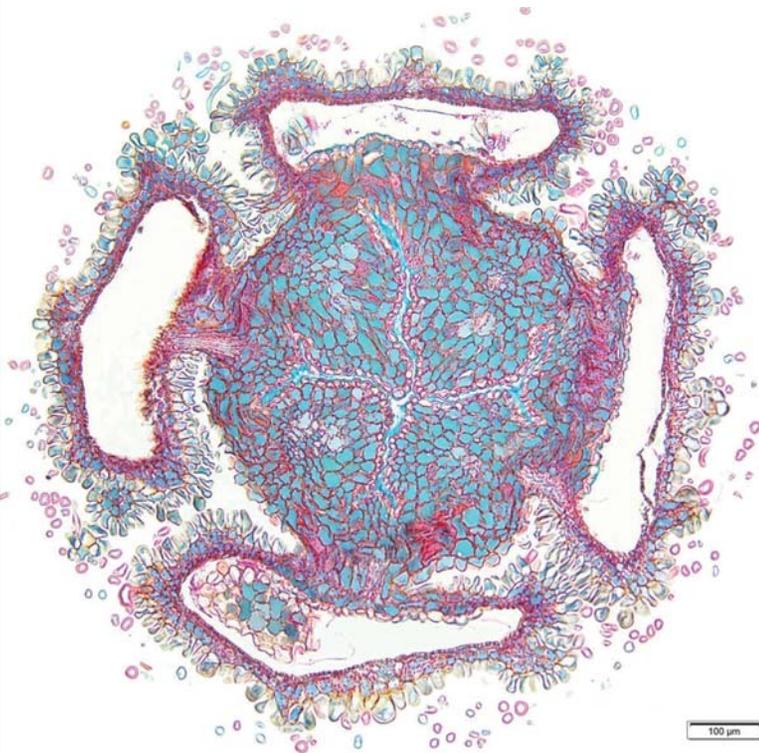


The development economics team at the IGZ, in collaboration with Humboldt-University, organized the KOSMOS Workshop on »Emergency Agriculture and Food Security« in May 2016 in Berlin. The workshop brought together over 40 researchers of different academic disciplines from 14 countries from around the world. New insights on the drivers and consequences of conflict and emergencies on the food security and well-being of individuals and households were discussed. Topics ranged from health, food security and nutrition to land and natural resource use. Moreover, the workshop participants engaged in interesting discussions highlighting the importance and need to bridge research gaps across disciplines, and provide evidence-based policies to better inform non-governmental organizations (NGOs), governments and practitioners in the field. Based on these discussions the workshop participants



issued the Berlin Declaration, which can be accessed through the following link:
<https://www.igzev.de/kosmos2016/?lang=en>





Ehrenpreis für IGZ Foto

Wettbewerb des Bundesverbandes
für Pflanzenzüchtung

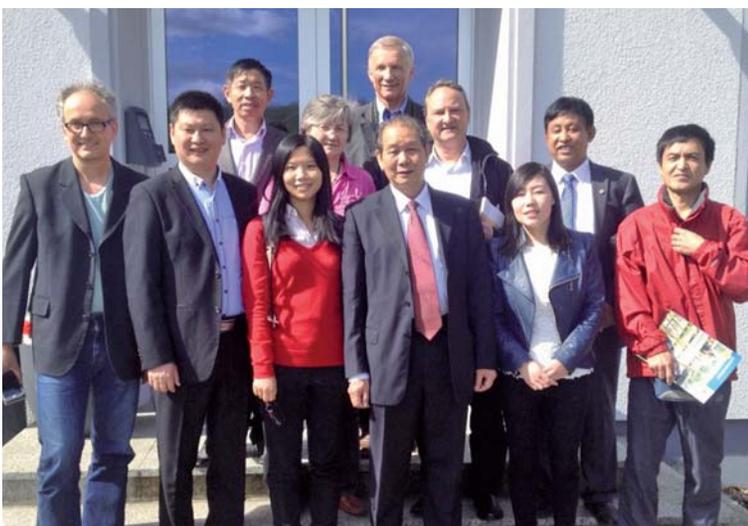
Passend zum Mendeljahr 2016: »150 Jahre Mendelsche Regeln« – schrieb der Bundesverband für Pflanzenzüchtung einen Foto-Wettbewerb zum Thema: »Zeig uns wie du die Pflanzenzüchtung siehst« aus.

Frau Michler vom IGZ beteiligte sich mit Bildern von drei mikroskopischen Schnitten des Fruchtknotens der *Calyluna vulgaris*-Sorten 'Boskoop', 'Maria' und 'Anette', alles Vertreterinnen des Heidekrautes. Die Querschnitte wurden mit der W-3-A-Färbung eingefärbt.

Die Jury war von den Bildern so begeistert, dass nicht nur die geplanten drei Preise vergeben wurden, sondern mit den zwölf schönsten Bildern ein Kalender herausgegeben wurde. Das IGZ-Foto mit der Sorte Anette ziert das November-Blatt!

Alle Favoriten können hier angesehen werden
<http://www.150-jahre-mendel.de/fotogalerie/>

Hochrangige Besucher des chinesischen Spargelsektors am IGZ



Direktoren und Geschäftsführer großer Spargelbetriebe und Spargelverbände sowie Vertreter der Wissenschaft besuchten 2015 und 2016 mehrmals das IGZ. Sie wurden jeweils begleitet von Professor Knaflewski und Dr. Weijing Chen von der Universität Poznan in Polen.

Anlass war die bevorstehende weltgrößte Spargelkonferenz, die das IGZ in Zusammenarbeit mit der ISHS im September 2017 ausrichten wird.

14TH INTERNATIONAL
ASPARAGUS
SYMPOSIUM
POTSDAM

China ist weltweit der größte Spargelproduzent, die Produktion von weißem und grünem Spargel liegt bei einem Vielfachen der deutschen.

Frischmarkt und Konservierung spielen eine große Rolle, aber zunehmend auch die Verarbeitung zu Produkten wie Tee, Säften, Bränden und Nahrungsergänzungsmitteln. Sie sind in der traditionellen chinesischen Volksmedizin als besonders gesundheitswirksam verankert. Die chinesischen Delegierten möchten ihre Produkte dem internationalen Fachpublikum auf der IGZ-Spargelkonferenz präsentieren und dabei auch die Konferenz unterstützen.

Fascination of Plants Day



Der 18. Mai ist Internationaler Tag der Faszination von Pflanzen – Fascination of Plants Day, der jedes Jahr von der European Plant Science Organisation (EPSO) ausgerufen wird.

Zum IGZ kamen wieder 120 Kitakinder aus Großbeeren, Heinersdorf und Teltow. An zehn Stationen wurden sie überrascht und unterhalten, konnten spielend lernen durch Anschauen, Zuhören und Ausprobieren. Die kleinen Besucher konnten Pflanzen essen und trinken, aber sie lernten auch, wie Pflanzen dasselbe tun. Wie kommen die Nährstoffe aus dem Boden durch die Wurzel in die Pflanze? Wie viel mehr sieht man durch ein Mikroskop? Können fleischfressende Pflanzen beißen? Letztere waren schließlich fast größer als manche der Kinder. Haben Pflanzen einen Magen und zappeln darin die Fliegen? Nach zwei Stunden waren viele Fragen geklärt, selbst Blumen gepflanzt, Märchen geraten und mit Zaubertinte Notizen gemacht.



Agrarmeteorologische Grundlagenuntersuchungen finden Anwendung im Spargelanbau



Das physikalisch basierte Prognosemodell AspPro, das am IGZ entwickelt wurde, stellt nunmehr auch Berechnungen für die an den nächsten Tagen zu erwartenden Bodentemperaturen unter Spargeldammbedeckungen in Brandenburg bereit. Die Prognosen für die wichtigsten Bedeckungssysteme (schwarz/weiß Folie und Folientunnel) können unter der vom IGZ entwickelten Website: www.spargelprognosen.de abgerufen werden. Um diese Modellrechnungen künftig auch auf die Krautwachstumsphase ausdehnen zu können, begannen wir mit Messungen der Flüsse von CO₂ und Wasserdampf in der Krautphase. Diese geschehen unter Praxisbedingungen mit der Eddy Kovarianz Technik, einer direkten mikrometeorologischen Messmethode, um turbulente Gasflüsse zu bestimmen. Die Daten sollen unter anderem zur Prüfung von Modellansätzen zur Berechnung der Evapotranspiration genutzt werden, um eine verbesserten Abschätzung des Bewässerungsbedarfes von Spargelanlagen zu erzielen.



Verleihung des Josef-Schormüller-Stipendiums

Anlässlich des 44. Deutschen Lebensmittelchemikertages 2015 in Karlsruhe wurde Franziska Hanschen mit dem Josef Schormüller-Stipendium ausgezeichnet. Es wird in Gedenken an den profilierten Münchner Enzymchemiker zur Förderung von erfolgreichen Jungwissenschaftler/innen vergeben.

Prof. Dr. Reiner Wittkowski überreichte während der Festsitzung die Urkunde sowie die Gedenk-Medaille. Das Stipendium ermöglichte der IGZ-Forscherin Forschungsaufenthalte an der Wageningen University und in Neuseeland, um den enzymatischen Glucosinolat- und Selenoglucosinalatabbau unter verschiedenen pH- und Temperatur-Bedingungen aufzuklären.

(Foto: Dr. Jörg Häsel, www.jottha.info)



Verankerung internationaler Kooperationen mit Südamerika und Afrika

Südamerika

Seit nunmehr acht Jahren pflegt das IGZ den wissenschaftlichen Kontakt mit der Universität Talca in Chile, der durch einen gemeinsamen Kooperationsvertrag 2013 gefestigt wurde. 2014 startete ein gemeinsames BMBF-Projekt mit der Universität Talca und der Firma Bio Insumos Nativa, SpA zum Einsatz mikrobieller Bodenhilfsstoffe im nachhaltigen Gemüsebau. Im Fokus des Projektes stehen das Bakterium *Kosakonia radicincitans*, der Pilz *Talaromyces amestolkiae* und deren positives Potenzial für stärkeres, gesundes Wachstum und bessere Qualität von Gemüse. Es sollen Empfehlungen zum Umgang mit mikrobiellen Bodenhilfsstoffen an Anwender vermittelt werden, aber auch neue wissenschaftliche Erkenntnisse erarbeitet und veröffentlicht werden. Nach ganzjährigen Experimenten an beiden Standorten lagen neue Erkenntnisse zur Wirkung der untersuchten Mikroorganismen vor, die u.a. im September 2015 im Rahmen des öffentlichen Kolloquiums am IGZ mit Prof. Paillan, Uni Talca, und auf dem 65. Congreso de la sociedad agronómica de Chile in Valdivia diskutiert wurden. Vorlesungen, wie die durch Beatrice Berger (Projektleiterin) an der Universität Talca und auch Aufenthalte am IGZ sollen die Ausbildung junger Wissenschaftler aus Talca unterstützen. So forschte 2016 der chilenische Student Joel Cruz zwei Monate am IGZ, um Besiedlungskompetenz, Wachstums- und Ertragsverbesserung durch *K. radicincitans* unter limitiertem Stickstoffangebot an chilenischen Melonen- und Tomatensorten für seine Masterarbeit zu prüfen. Nach Beendigung des Projektes in 2017 wollen wir die Zusammenarbeit mit wissenschaftlichen Institutionen in Chile und auch mit weiteren Ländern Südamerikas im Bereich pflanzenwachstumsfördernder Mikroorganismen- und Pflanzenmikrobiom-Forschung systematisch ausbauen. So erfolgte 2015 die Einwerbung von Mitteln zum personengebundenen Austausch mit Wissenschaftlern des Corpoica, Kolumbien. In den Jahren 2017 und



2018 legen wir gemeinsam mit Corpoica Kolumbien in einem über den DAAD geförderten Projekt die Grundlagen für eine Wissenschaftskooperation auf dem Gebiet der perspektivischen Nutzung endophytischer Mikroorganismen in der Landwirtschaft.

Afrika

Die positiven Einflüsse, die Mikroorganismen auf das Pflanzenwachstum und die Ertragsbildung haben können, sollen zunehmend auch in afrikanischen Ländern erforscht und genutzt werden. Das IGZ kooperiert auf die-



sem Gebiet seit mehr als zehn Jahren mit der Universität Kairo (Ägypten) über Wissenschaftler- und Studentenaustausch (Alexander von Humboldt Stiftung), Trainingskurse ägyptischer Studenten im IGZ (DAAD), Lehrveranstaltungen, Bachelor- und Master-Ausbildung und über drittmittelfinanzierte Forschungsprojekte (BMBF/Ägypten). Der von der Landwirtschaftlichen Fakultät der Kairoer Universität in Giza durchgeführte »Ägyptisch-Deutsche Tag« (unterstützt vom DAAD und der Alexander von Humboldt Stiftung) ist mit seiner dritten Veranstaltung im November 2015 zu einer erfolgreichen Tradition geworden. Diesen Tag organisieren die Studierenden und jungen Wissenschaftler. Sie präsentieren und diskutieren ihre wissenschaftlichen Ergebnisse und Projektarbeiten gemeinsam mit ihren deutschen Partnern. Außerdem besteht eine enge Forschungskooperation zur Universität Namibia und Douala Universität Kamerun. Lempie Ekanjo (Namibia) arbeitet zur Zeit im IGZ an ihrer Promotion zum Thema »The role of *nifH* and *anfH* genes in the plant growth-promoting activities of *Kosakonia radicincitans*, upon inoculation on non-leguminous vegetables« und Tchuisseu Tchakounte Gylaine Vanissa (Kamerun) erforscht im IGZ Fragen zu »Rock phosphate solubilizing bacteria as inoculation tools for maize (*zea mays*) growth and yield improvement in nutrient deficient soils of Cameroon«.

Familienbewusste Arbeitskultur am IGZ bestätigt

Mit dem Erhalt des 2. Zertifikates zum **audit berufundfamilie** am 15. März 2016 wurde dem IGZ eine gelebte, familienbewusste Arbeitskultur bestätigt und der Auftrag erteilt, diese fortzuführen und weiter zu entwickeln.



Das IGZ nutzt das **audit berufundfamilie** (buf) seit 2012 als Instrument, um die Vereinbarkeit von Beruf und Familie in der eigenen Institutskultur zu stärken und Organisations- und Kommunikationsabläufe zu verbessern. Als ein Mittel dafür wurde ein Führungsleitbild (Code of Conduct) entwickelt. Mit diesem Leitbild verpflichten sich alle Führungskräfte des Instituts familienfreundliche, zukunftsorientierten Personalarbeit zu leisten und im Rahmen des audit buf beschlossene Maßnahmen umzusetzen.

Wie erfolgreich die bisherigen Bemühungen der Institutsleitung des IGZ waren, machte die 2015 durchgeführte Mitarbeiter/innen-Befragung deutlich. Danach sind zwei

Drittel der Belegschaft mit der persönlichen Vereinbarkeit von Beruf und Familie bzw. Lebensphase zufrieden. Die Unterstützung durch die Führungskräfte und vor allem das Gleitzeit-Arbeitszeitmodell ermöglichen es den Angestellten, ihren Arbeitsalltag bedarfsgerecht zu gestalten. Das bewährte Gleitzeit-Angebot wurde daraufhin um Regelungen zum flexiblen Arbeitsort ergänzt und Jahresarbeitszeitkonten wurden eingeführt.

Weitere, bereits umgesetzte Maßnahmen sind die Überarbeitung der Berufungsordnung des IGZ, die Etablierung eines Massageangebotes am Standort Großbeeren und die Initiierung einer neuen Informationsplattform für das IGZ.

Künftige Schwerpunkte werden, v.a. im Hinblick auf Altersstruktur und Umstrukturierung des IGZ, die »Vereinbarkeit von Beruf und Pflege« und Fragen der Personalentwicklung sein. Die Umsetzung der neuen Zielvereinbarungen bis zum Jahr 2019 wird von der vertrauensvollen und produktiven Zusammenarbeit von Institutsleitung und der koordinierenden audit-Arbeitsgruppe profitieren.

Willkommenskultur am IGZ

Im Dezember 2014 wurde in direkter Nachbarschaft des IGZ ein Übergangswohnheim für 160 Flüchtlinge eingerichtet. Von Anfang an gab es helfende Aktivitäten aus Großbeeren und von den Mitarbeiter_innen am IGZ, z. B. beim Anbau von Gemüse, Blumen und Kartoffeln oder der Spende von Küchengerät.

Um eine Plattform für den Informationsaustausch zu haben, wurde 2015 am IGZ die Funktion eines »Flüchtlingsbeauftragten des IGZ« geschaffen. So konnten Ideen und Vorschläge gebündelt werden und z. B. überschüssiges Gemüse aus Versuchsernten zur Verfügung gestellt werden. Dies wurde von den meist jungen Männern gerne genutzt.

Am IGZ sind zurzeit keine Flüchtlinge tätig. Das Institut ist aber bei diesem Thema engagiert. Es kann dabei besonders auf die Erfahrung mit kultureller Vielfalt und auf viele Mitarbeiter_innen setzen, die selbst unterschiedliche Lebenshintergründe haben. Beim »Tag der Wissenschaften« der Arbeitsagentur am 20. Oktober 2016 in Berlin war das IGZ als einziges Leibniz-Institut mit einem Vortrag und Mitarbeiter_innen am Stand ver-



treten, die aus den Ländern der Besucher kamen. Sie sprachen deren Sprache und beantworteten viele Anfragen zu den Möglichkeiten in der Agrarforschung. Landwirtschaft ist in Syrien, Afghanistan und dem Irak, den Heimatländern der meisten Besucher, ein sehr bedeutendes Thema.

5

Unsere Forschung und unser Wissen sollen zur Lösung aktueller Probleme im deutschen, europäischen und internationalen 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.

1.1 Wissenstransfer unserer Forschungsergebnisse in die Praxis

CARMEN FELLER

Seit mehreren Jahren wird in Deutschland die Novellierung der Düngeverordnung (DüMV) diskutiert, die auch Auswirkungen auf den Gemüseanbau im Freiland haben wird. Vorbereitend auf die umfangreichen Auswirkungen dieser Novellierung begannen im März 2015 die Projektarbeiten zur »Anpassung des Düngungsberatungsprogramms N-Expert an die zu erwartenden Anforderungen der novellierten Düngeverordnung« und 2016 startete das Modell- und Demonstrationsvorhaben (MuD) Optimierung der Stickstoffdüngung im Freilandgemüsebau. Die Ziele für das geplante Modell- und Demonstrationsvorhaben sind:

- modellhaft aufzeigen, wie Probleme bei der Umsetzung der Düngeverordnung unter Praxisbedingungen gelöst werden können (Nutzung von N_{\min} -Analysen und N-Sollwerten),
- weitere Ansätze aufzeigen, die zur Verminderung von N-Verlusten beitragen und unter Praxisbedingungen demonstrieren (z. B. Berechnungssteuerung, Fruchtfolgeplanung, Berücksichtigung organischer Dünger und Ernterückstände),

- Akzeptanz für N-Minderungsmaßnahmen bei den Betriebsleitern schaffen, regionale Unterschiede der Betriebsstrukturen berücksichtigen,
- durch die ökonomische Begleitforschung die Diskussion über den Aufwand und Nutzen von N-Minderungs-Maßnahmen objektivieren.

Das MuD soll, erstmals ausschließlich auf betrieblicher Ebene ohne Feldversuche bei Lehr- und Versuchsanstalten, gleichzeitig in verschiedenen Regionen und Betriebstypen demonstrieren, wie unterschiedliche Düngestrategien und zusätzliche Kulturmaßnahmen die Nitratüberschüsse in der gemüsebaulichen Praxis deutlich vermindern können. Die Regionen sind: Knoblauchsland (Bayern, sehr kleinräumige Strukturen und hoher Anteil Direktvermarktung); Pfalz (Rheinland-Pfalz, große Betriebsstrukturen und indirekter Absatz) und Niederrhein (Nordrhein-Westfalen, mittlere Betriebsgrößen und überwiegend indirekter Absatz). Weiterer Projektpartner ist das Thünen-Institut mit der Aufgabe der ökonomischen Begleitforschung.

11



Abbildung 1
Projekttreffen zum Start des Modell- und Demonstrationsvorhabens »Optimierung der Stickstoffdüngung im Freilandgemüsebau« im Knoblauchsland

Abbildung 2
Typischer kleinstrukturierter Anbau im Knoblauchsland

Abbildung 3
Workshop zum N-Expert-System und zur Novellierung der Düngeverordnung im Rahmen des MuD Projektes in Großbeeren

2 |



3 |



Zu den Aufgaben unseres Institutes gehört die Koordination des Gesamtvorhabens und die Bereitstellung eines lauffähigen Prototypen von N-Expert.

Das N-Expert-System soll die Grundlage der Düngungsempfehlungen für alle beteiligten Betriebe liefern. Die im N-Expert-System verwendeten Algorithmen und Daten geben den Stand des Wissens zur Berechnung von schlagspezifischen Düngungsempfehlungen für Gemüse wieder. Sie beruhen auf Ergebnissen nationaler und internationaler Forschungsprojekte (z. B. BLE Forschungsvorhaben 2810HS009, EU-Projekt EU-Rotate 2006) sowie auf dem Fachwissen der nationalen Arbeitsgruppe »Düngung im Freilandgemüsebau«, in der Düngungsberater und Wissenschaftler zusammenarbeiten. Die Grenzwerte für die N-Düngung (N_{\min} -Sollwerte), die mit der novellierten DüV voraussichtlich verbindlich werden, beruhen weitgehend auf den Empfehlungen dieser Arbeitsgruppe.

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. Bei Kühlestress cool bleiben!

Geringerer Aufwand für Verteidigung bringt mehr Wachstum von *Petunia hybrida*

UWE DRÜGE

Petunien gehören zu den beliebtesten Blütenpflanzen (Abb. 1), die im Frühjahr unsere Balkone und Blumenbeete schmücken. Sie werden wie viele andere Beet- und Balkonpflanzen während der Wintermonate und im zeitigen Frühjahr im Gewächshaus produziert (Abb. 2), was aufgrund der Wärmebedürftigkeit der Pflanzen einen hohen Aufwand an Heizenergie erfordert. Durch Absenkung der Heiztemperaturen während der Produktion könnte der Energieverbrauch gesenkt werden. Jedoch erzeugt die Temperaturabsenkung einen Kühlestress, der Wachstum und Entwicklung verzögert, so dass die Energieeinsparung durch die längere Kulturzeit verloren geht. Unter Kühlestress verstehen wir in diesem Zusammenhang die Belastung von Pflanzen durch Einwirkung suboptimaler Temperaturen, die Wachstum und Entwicklung beeinträchtigt, aber nicht unbedingt zu Schadsymptomen führt. Der Einsatz von kühetoleranten Sorten mit geringer Wachstumsbeeinträchtigung unter kühlen Temperaturen würde die Reduktion der Heiztemperaturen im Winter ohne Verlängerung der Kulturzeit ermöglichen und somit zur Energieeinsparung beitragen.

Im Gegensatz zu der pflanzlichen Reaktion auf Kälte, d.h. auf sehr niedrige Temperaturen nahe oder unterhalb des

Gefrierpunktes, sind die genetische Kontrolle der Kühletoleranz und die damit assoziierten physiologischen Prozesse nahezu unbekannt. Ein besseres Verständnis der Mechanismen würde eine effizientere auf Kühletoleranz ausgerichtete Züchtung befördern und möglicherweise auch neue Wege eröffnen, über gezielte Kulturmaßnahmen eine Abhärtung gegenüber suboptimalen Temperaturen zu erreichen. Im Rahmen des AgroClusters WeGA bestand eine wesentliche Zielsetzung unserer Arbeiten darin, molekulare und physiologische Faktoren und Prozesse zu identifizieren, die bei einer Wachstumsbeeinträchtigung von *Petunia hybrida* durch suboptimale Temperaturen involviert sind. Dabei sollte untersucht werden, ob sich tolerante Sorten im Vergleich zu kühlempfindlichen Sorten durch spezifische molekulare und physiologische Muster auszeichnen. Hieraus könnten endogene Faktoren bzw. Kandidatengene abgeleitet werden, die möglicherweise die Kühletoleranz determinieren.

Petunienarten variieren in der Kühletoleranz

Zunächst wurde in mehreren Gewächshaus- und Klimakammerversuchen das Wachstum von zehn Petunienarten, die auf Basis der Beobachtungen eines Züchters eine Variabilität in der Kühletoleranz erwarten ließen, unter dem Einfluss kühler Temperaturen (12 °C) im Vergleich zu der üblichen Produktionstemperatur von 16 °C (Tagesdurchschnittstemperaturen) evaluiert. Da besonders das frühe vegetative Wachstum während der heizintensiven Wintermonate erfolgt und die spätere Blütenentwicklung davon abhängig ist, konzentrierten wir unsere Untersuchungen auf das frühe vegetative Wachstum der oberirdischen Pflanzenteile über eine Periode von 4 Wochen. Dabei zeigten zwei Sorten einen über alle Versuche reproduzierbaren Kontrast ihrer Wachstumsreaktion auf kühle Temperaturen (Abb. 3).

Ein physiologischer Ansatz unter Beachtung der Dynamik und des Gesamtsystems Pflanze

Nach Identifizierung der kühesensitiven Sorte 'Sweet Sunshine Williams' (Abb. 3) bestand unsere weitere Fragestellung darin, welche physiologischen und genregulatorischen Prozesse in der Pflanze durch die Einwirkung der suboptimalen Temperatur modifiziert werden. Solche Reaktionen können einerseits eine Ursache für die beobachtete Wachstumsbeeinträchtigung darstellen, andererseits können sie zu einer Anpassung der Pflanze an die ungünstigen Temperaturen beitragen und dadurch ihr Überleben sichern. Dabei wird das Pflanzenwachstum wesentlich durch die Verfügbarkeit an Assimilaten in den Source-Blättern (Source =

1



Abbildung 1
Petunia hybrida 'Night Sky'

Abbildung 2
Gewächshausproduktion im Winter



2 Kohlenhydratquelle) in Folge der Nettophotosynthese sowie durch deren Translokation zu und Verwertung in den Wachstumszentren (Sink = Kohlenhydratsenke) bestimmt. Als weiteres stellen endogene Phytohormone wie z. B. Abscisinsäure (ABA) und Ethylen wichtige Steuergrößen dar, die auf Stressfaktoren reagieren und Anpassungsmechanismen und Wachstum regulieren. Wir verfolgten die Hypo-

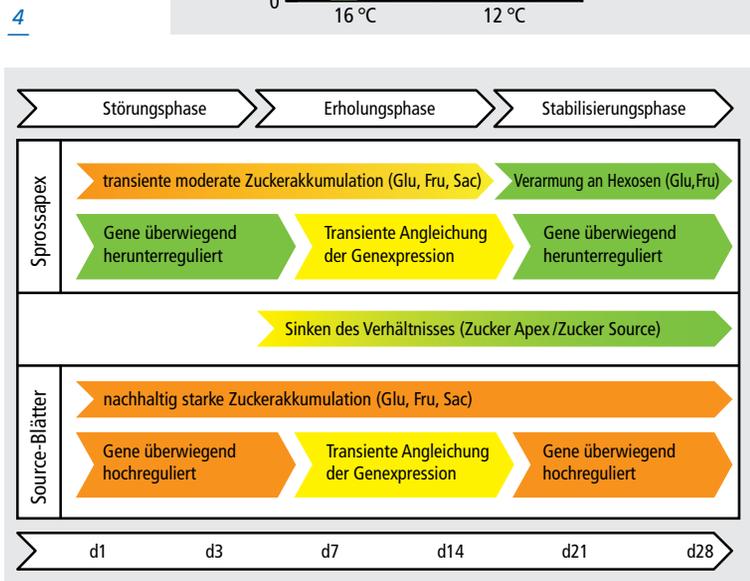
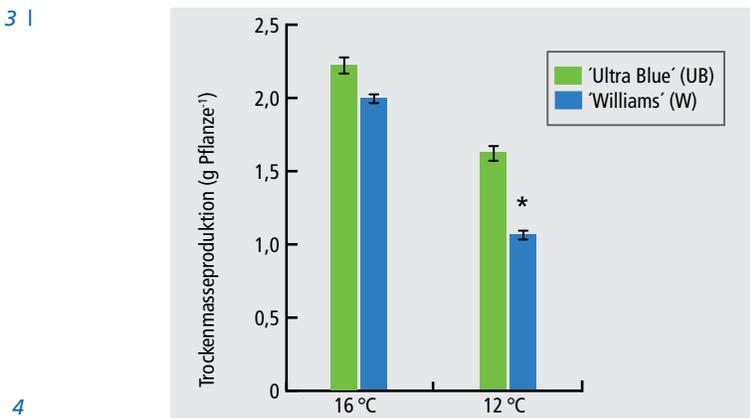


Abbildung 3
Trockenmasseproduktion der Sorten 'Sweet Sunshine Williams' (W) und 'Ultra Blue' (UB) während 21 Tagen unter dem Einfluss der Temperatur. (n = 12, Sternchen markiert signifikanten Effekt der Sorte, p < 0,05)

Abbildung 4
Modell der Akklimatisierung von P. hybrida 'Sweet Sunshine Williams' an Kühle. Vereinfacht nach Bauerfeind et al. 2015

these, dass die Wachstumsbeeinträchtigung mit einer Störung des Kohlenhydrathaushaltes und/oder des Gleichgewichtes der Phytohormone in Zusammenhang steht. Um Hinweise zu bekommen, welche Gene die Anpassung der Petunien an die suboptimale Temperatur steuern, untersuchten wir darüber hinaus mit Hilfe eines Microarrays die Reaktion des Transkriptoms von ca. 25000 Genen auf die Kühle einwirkung. Dabei bestand der besondere Ansatz unserer Arbeiten darin, dass wir uns in Zeitreihenuntersuchungen nicht wie viele andere Autoren auf ein pflanzliches Organ beschränkten, sondern voll entwickelte Blätter als Sourceorgane, die obere Sprossachse als Leitungs- und Streckungsorgan sowie die Spitze des Hauptsprosses (Sprossapex) als Wachstumszentrum untersuchten, um das Gesamtsystem des Sprosses soweit wie möglich abzudecken.

Die kühlempfindliche Sorte reagiert mit einer phasenabhängigen Störung des funktionalen Gleichgewichtes im Spross

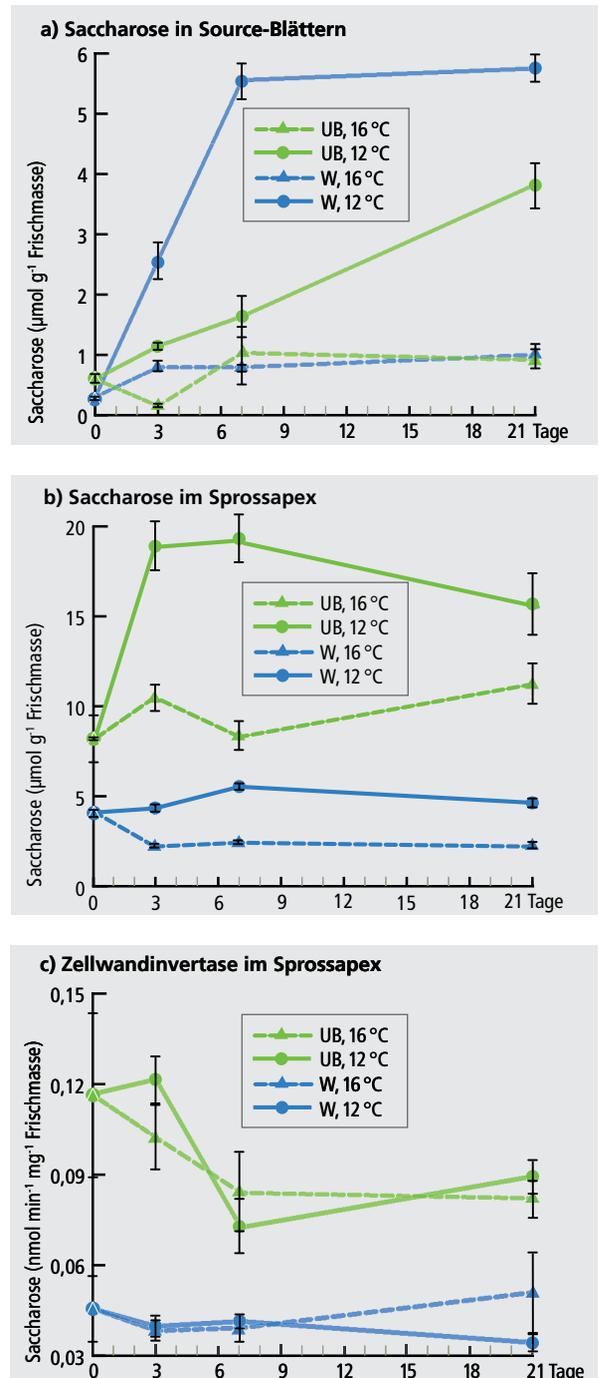
Die starke Dynamik der Reaktionen insbesondere des Kohlenhydratmetabolismus und des Transkriptoms auf die Temperaturabsenkung mit häufig gegenläufigen Veränderungen in den Source- und Sinkorganen bestätigte unseren Ansatz. Dabei reflektierten die metabolischen und Transkriptomdaten eine dreiphasige Kühlreaktion der Petunie (Abb. 4). Das Absenken der Temperatur führte zunächst zu einer kurzfristigen Störung des physiologischen Gleichgewichtes, die ca. drei Tage anhielt (»Störungsphase«). Diese war gekennzeichnet durch eine starke Akkumulation von Zuckern insbesondere in den Sourceblättern und eine bevorzugte Hochregulierung vieler Gene in denselben Organen, wohingegen im Apex viele Gene insbesondere mit steuernder Funktion für die Reaktion auf abiotischen Stress in ihrer Expression unterdrückt wurden. Anschließend näherten sich sowohl die metabolischen als auch die Transkriptomdaten den Werten der warm kultivierten Kontrollpflanzen an (»Erholungsphase«). Nach drei Wochen Kühle erreichten die Pflanzen einen neuen Gleichgewichtszustand (»Stabilisierungsphase«). In dieser Phase waren in den Sourceblättern die meisten Gene unter Kühle hochreguliert, im Apex dagegen in ihrer Expression unterdrückt. Besonders betroffen von dieser gegenläufigen Reaktion waren Gene mit steuernden Funktionen für die Anpassung an biotische Faktoren sowie für den Metabolismus und die Signalverarbeitung des Ethylen. Ein besonderes metabolisches Merkmal dieser Phase war eine Unterversorgung des Apex mit Monosacchariden (Glukose + Fruktose) im Vergleich zur warmen Kultur, während diese Zucker sowie Saccharose gleichzeitig in den Sourceblättern akkumulierten. Die starke und nachhaltige Zuckerakkumulation in den Sourceblättern ist eine für niedrige Temperaturen beschriebene Reaktion, die z.B. über Veränderung des osmotischen Potentials zu einer Kältetoleranz der betroffenen Zellen beitragen kann. Ob solche Schutzmechanismen unter den moderaten Temperaturen zum Tra-

5 a-c |

gen kommen, ist jedoch fraglich. Insgesamt deuten die Daten darauf hin, dass die empfindliche Sorte unter dem Einfluss der kühlen Temperatur einer primären Verteidigungsstrategie folgt: Sourceblätter mit wichtiger Versorgungsfunktion werden durch Akkumulation von Zuckern und Ankurbelung von Anpassungsprozessen geschützt, gleichzeitig wird die Kohlenhydratverwertung in den Wachstumszentren offenbar zurück gefahren.

Die kühletolerante Sorte zeigt eine kühlestabile hohe Versorgung der Wachstumszentren mit Kohlenhydraten und Abscisinsäure

Basierend auf der detaillierten Charakterisierung der drei Reaktionsphasen konnten wir uns in dem nachfolgenden Sortenvergleich auf weniger Untersuchungstermine beschränken. Die tolerante Sorte 'Ultra Blue' reagierte auf die Kühle mit einer weniger starken Zuckerakkumulation in den Source-Blättern als die empfindliche Sorte (Abb. 5a). Dahingegen wies die tolerante Sorte insbesondere unter dem Einfluss der niedrigen Temperatur signifikant höhere Saccharosekonzentrationen im Apex als 'Sweet Sunshine Williams' auf (Abb. 5b). Dies war verbunden mit höheren Aktivitäten von cytosolischen und Zellwandinvertasen (Abb. 5c), wichtigen Enzymen für die Saccharosespaltung, insbesondere im Apex, einer geringeren Expression von Genen für Invertase-Inhibitoren sowie einer höheren Arrayhybridisierung von Genen für Enzyme, die wichtige Kontrollfunktionen für die Einschleusung und Verwertung von Kohlenhydraten im Citratzyclus haben, wie z. B. Phosphoenolpyruvatcarboxylase Kinase (PEPCK) und Aconitase (Tab. 1). Gleichzeitig zeichnete sich die kühletolerante Sorte bei beiden Temperaturen durch signifikant höhere ABA-Konzentrationen insbesondere im Apex aus (Abb. 6). Dies war verbunden mit einer höheren Arrayhybridisierung eines Gens für eine Carotinoid Cleavage Dioxygenase (CCD), einem Enzym des der ABA-Biosynthese vorgelagerten Carotinoidstoffwechsels (Tab. 1). Die temperatur- und gewebeunabhängig höhere Arrayhybridisierung für 'Ultra Blue' kann auf einer höheren Genexpression oder einem Polymorphismus des betreffenden Gens zwischen beiden Sorten beruhen. Durch eine Erhöhung bzw. Absenkung der endogenen ABA-Konzentrationen im Apex mittels Applikation von ABA bzw. eines Inhibitors der ABA-Biosynthese bei der sensitiven bzw. toleranten Sorte konnten wir die Kühletoleranz, gemessen anhand der kühleinduzierten Wachstumsbeeinträchtigung, erhöhen bzw. reduzieren (Abb. 7). Die Daten deuten darauf hin, dass ein höherer und stabilerer Saccharosetransport zu und eine intensivere Verwertung der Kohlenhydrate in den Wachstumszentren zu einer höheren Kühletoleranz beiträgt. Die Sorte 'Ultra Blue' scheint im Gegensatz zu 'Sweet Sunshine Williams' einer primären Wachstumsstrategie zu folgen und bei dem moderaten Kühlestress weniger defensiv zu reagieren als die Sorte 'Sweet Sunshine Williams'. Dabei tragen die höheren ABA-Konzentrationen im Apex offenbar über protektive Funktionen zur Kühletoleranz bei.



Mit neuen Methoden in die Zukunft

Die durch Microarrays identifizierte Kandidatengene (Tab. 1) sind zunächst durch Real Time PCR Analysen weiter zu charakterisieren. Durch Einbeziehung weiterer Peltisorten und -arten mit unterschiedlicher Kühletoleranz sollte die Bedeutung der Gene für die Diversität der Kühletoleranz geprüft werden. Darüber hinaus bieten neue, von Kollegen in Frankreich erstellte Datenbanken

Abbildung 5 a-c
 Saccharosekonzentrationen in Source-Blättern (a) und im Sprossapex (b) und Aktivitäten der Zellwandinvertase im Sprossapex (c) unter dem Einfluss von Sorte und Temperatur. UB = 'Ultra Blue', W = 'Sweet Sunshine Williams' (n = 9). Tage = Tage nach Beginn der Temperaturbehandlung

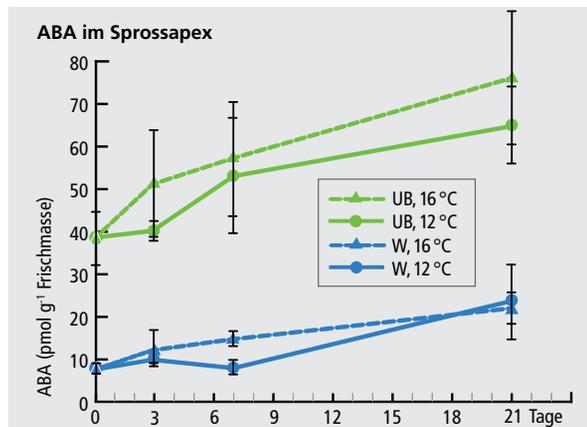
Abbildung 6
 ABA-Konzentrationen im Apex unter dem Einfluss von Sorte und Temperatur. UB = 'Ultra Blue', W = 'Sweet Sunshine Williams' (n = 6). Tage = Tage nach Beginn der Temperaturbehandlung

Putative Genfunktion	Source-Blatt			Sprossachse			Sprossapex		
	16 °C		12 °C	16 °C		12 °C	16 °C		12 °C
	Tage nach Temperaturdifferenzierung								
	3	7	21	3	7	21	3	7	21
Invertase Inhibitor	■	■	■	■	■	■	■	■	■
PEPCK	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Aconitase	■	■	■	■	■	■	■	■	■
CCD	■	■	■	■	■	■	■	■	■

Tabelle
 Einfluss der Sorte auf die Expression ausgewählter Gene in Abhängigkeit von der Kultivierungstemperatur und dem Gewebe. Grüne und rote Zellen markieren signifikant niedrigere bzw. höhere Arrayhybridisierung des betreffenden Gens für 'Ultra Blue' im Vergleich zu 'Sweet Sunshine Williams' (n=3, jeweils gepoolt von 4 Pflanzen, pfp <0,15). PEPCK = Phosphoenolpyruvatcarboxylase Kinase, CCD = Carotinoid Cleavage Dioxygenase).

von mutierten Genen einer umfangreichen Mutantenkollektion sowie die kürzlich unter Mitwirkung unserer Arbeitsgruppe komplett sequenzierten und annotierten Genome der Ursprungsarten *P. axillaris* und *P. inflata* neue Möglichkeiten, über Mutation, genetische Transformation und Spaltungsanalysen die Kandidatengene weiter zu charakterisieren, funktional zu prüfen und einzelnen Genomabschnitten zuzuordnen. Dies kann zu neuen Markern für die Selektion von Ausgangslinien in der Petunienzüchtung beitragen.

6 |



7 a/b |

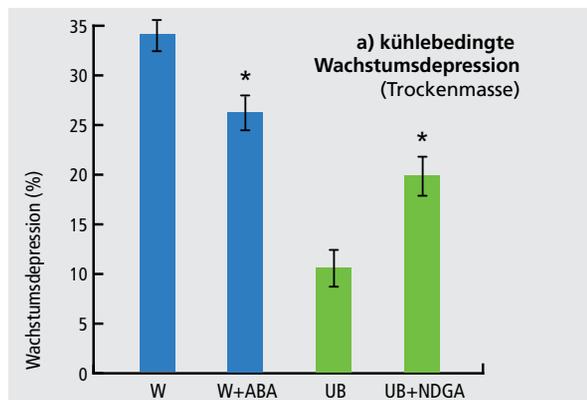


Abbildung 7 a/b
 Kühlebedingte Depression der Trockenmasseproduktion während 28 Tagen (a, n = 16) und ABA-Konzentration im Sprossapex an Tag 28 (b, n =3) unter dem Einfluss der Sorte und Sprühapplikationen von ABA (0,11 mM) und Nordihydroguajaretsäure (NDGA; 0,1 mM) als Hemmer der ABA-Biosynthese. Sternchen markieren signifikante Effekte der Behandlung (p < 0,05). UB = 'Ultra Blue', W = 'Sweet Sunshine Williams'

Ergebnisse (Auswahl)

Publikationen

Bauerfeind, M.A., Winkelmann, T., Franken, P., Druège, U. (2015). Transcriptome, carbohydrate, and phytohormone analysis of *Petunia hybrida* reveals a complex disturbance of plant functional integrity under mild chilling stress. *Frontiers in Plant Science* 6:583. doi:10.3389/fpls.2015.00583

Bauerfeind, Martin Andreas (2016). Molecular physiology of chilling tolerance of *Petunia hybrida*. Dissertation, Naturwissenschaftliche Fakultät, Leibniz Universität Hannover.

Bombarely, A., Moser, M., Amrad, A., Bapaume, L., Barry, C.S., Bliëk, M., Boersma, M.R., Borghi, L., Bruggmann, R., Bucher, M., D'Agostino, N., Druège, U., Dudareva, N., Egea-Cortines, M., Delledonne, M., Fernandez-Pozo, N., Franken, P. et al. (2016). Insight into the evolution of the Solanaceae from the parental genomes of *Petunia hybrida*. *Nature Plants* 2, Article number: 16074, doi:10.1038/nplants.2016.74.

Druège, U., Franken, P., Hajirezaei, M. (2016). Plant hormone homeostasis, signaling, and function during adventitious root formation in cuttings. *Frontiers in Plant Science* 7: 381

Klopotek, Y., Franken, P., Klaering, H.-P., Fischer, K., Hause, B., Hajirezaei, M., Druège, U. (2016). A higher sink competitiveness of the rooting zone and invertases are involved in dark stimulation of adventitious root formation in *Petunia hybrida* cuttings. *Plant Science* 243, 10–22.

Lohr, D., Tillmann, P., Zerche, S., Druège, U., Rath, T., Meinken, E. (2016). Non-destructive measurement of nitrogen status of leafy ornamental cuttings by near infrared reflectance spectroscopy (NIRS) for assessment of rooting capacity. *Biosystems Engineering* 148, 157–167, doi:10.1016/j.biosystemseng.2016.06.003.

Rasmussen, A., Hosseini, S.A., Hajirezaei, M.R., Druège, U., Geelen, D. (2015). Adventitious rooting declines with vegetative to reproductive switch and involves a changed auxin homeostasis. *Journal of Experimental Botany* 66, 1437–1452.

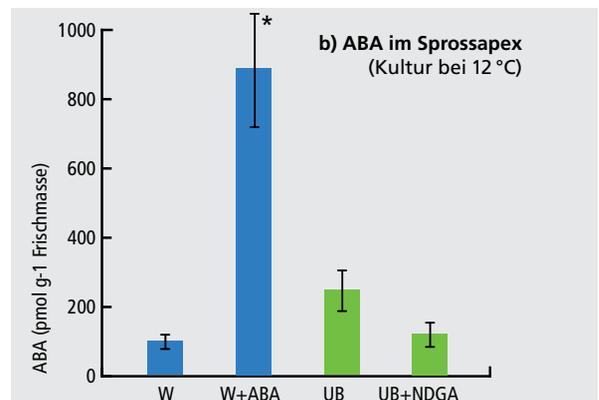
Zerche, S., Haensch, K.-T., Druège, U., and Hajirezaei, M.R. (2016). Nitrogen remobilisation facilitates adventitious root formation on reversible dark-induced carbohydrate depletion in *Petunia hybrida*. *BMC Plant Biology*: 219. doi: DOI 10.1186/s12870-016-0901-6

Drittmittelprojekte

»Molekularphysiologie der Kühleoleranz bei *Petunia* u.a.«, Teilprojekt in AgroClustEr WeGa Wertschöpfungskette Gartenbau (BMBF 0315542E, 2010–2014)

»Molecular and physiological regulation of adventitious root formation in *Petunia* cuttings in response to nutrient supply and dark exposure«. Deutsche Forschungsgemeinschaft (DR 411/2-1, 2012–2016)

»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)



2.2 Qualitätsmarker für Samen von *Callistephus chinensis* (Sommeraster)

ALOMA EWALD, FRANK HENNIG, SABINE KALKOFE-ROTH

Der Schwerpunkt »Biologische und technologische Grundlagen der Samen- und In-vitro-Vermehrung« befasst sich mit Grundlagen der Vermehrung praxisrelevanter gartenbaulicher Kulturen. Besonderes Interesse gilt dabei der Bestimmung von Merkmalen (Markern) für die Saatgutqualität. Marker können sowohl innere als auch äußere Saatgutmerkmale sein (z. B. Gehalt an Sameninhaltsstoffen, TKM, Embryogröße, Radiculadurchbruch). Wie aus der Literatur bekannt (Corbineau 2012; Sliwiska 2000, 2009; Ewald 2006), kann auch die Aktivierung des Zellzyklus im Embryo keimender Samen (Beginn der DNA-Replikation), als Marker herangezogen werden. Dabei wird der Anteil 4C-Zellkerne im 4C-Stadium des Zellzyklus (G2-Stadium, Zellkerne haben doppelten DNA-Gehalt), dem Anteil 2C-Zellkerne im 2C-Stadium (G0- oder G1-Stadium) gegenübergestellt. Eine zügig einsetzende Zellteilungsaktivität kann als Hinweis auf eine gute Saatgutqualität, d. h. eine hohe und gleichmäßige Keimfähigkeit, gewertet werden.

Die Zellzyklusaktivität kann mit Hilfe der Flowcytometrie analysiert werden. Das Grundprinzip besteht in der Erfassung der Anzahl und Größe der Zellkerne (relativer DNA-Gehalt) nach Anfärben der Zellen mit einem fluoreszierenden DNA-Farbstoff. In der Regel können alle Pflanzenteile für Analysen genutzt werden. Neben der Erfassung des Ploidiegrades einzelner Pflanzenteile werden von uns im Samenbau Embryo- und Endospermentwicklung (Verhältnis 4C/2C- und 6C/3C-Zell-

kerne) während der Samenbildung und das Verhältnis 4C/2C-Kerne des Embryos während der Keimung analysiert. Hilfreich kann diese Methode auch bei der Entwicklung von Priming-Methoden sein. Priming bewirkt eine Aktivierung des Keimvorganges (u.a. gekennzeichnet durch die Aktivierung des Zellzyklus) vor der Aussaat. Damit wird ein schnellerer und gleichmäßigerer Aufgang der Keimlinge erreicht.

Eines unserer Versuchsobjekte ist die Sommeraster (*Callistephus chinensis* L. Nees). Während in Westeuropa der Saatgutbedarf auf mittlerem Niveau stagniert, besteht eine steigende Nachfrage in Osteuropa und Russland sowie nach einer intensiven, ganzjährigen Asternproduktion in Süd- und Nordamerika. Die in Thüringen angebauten Sorten übertreffen in ihrem Zierwert in vielen Fällen das gegenwärtig international gehandelte Sortiment. Obgleich es in den saatgutproduzierenden Firmen eine durch langjährige Erfahrung ausgefeilte Produktionstechnologie gibt, kommt es zu starken Schwankungen der Keimfähigkeit ohne erkennbare Ursache(n). Damit ist die zuverlässige Bereitstellung von Saatgut in ausreichender Menge und Qualität zurzeit nur eingeschränkt möglich.

Die Nährstoffe für die Keimung der Samen sind bei *C. chinensis* im Embryo lokalisiert. Das »Nährgewebe« (Endosperm) hingegen besteht aus nur einer einzelnen Zellschicht (Pandey et al. 1982), so dass vermutet werden kann, dass es für die Bereitstellung von Nährstoffen für das Keimlingswachstum von untergeordneter Bedeutung ist. Ein mehrzelliges Perikarp, ein samenschalenartiges Gebilde das sich aus der Fruchtknotenwand entwickelt, und die Testa bilden die Samenschale (Abb. 1).

Die Zielstellung unserer Untersuchungen bestand darin, die Zellzyklusaktivität in keimenden Samen von Sommerastern, als Qualitätsmarker, zu analysieren.

C. chinensis-Samen keimen sehr zügig. Bereits einen Tag nach Beginn der Labor-Keimprüfung auf Filterpapier ist in der Regel der Radiculadurchbruch zu beobachten. 7–14 Tage nach dem Auflegen sind die Keimlinge voll entwickelt. Der Beginn von Zellteilungsaktivitäten war deshalb sehr zeitig zu erwarten.

Für unsere Versuche wählten wir die Asternsorte 'Prinova Dunkelrot' aus eigener Ernte 2013. In ganzen, trockenen Samen (mit Samenschale, Endosperm, Embryo) befanden sich mit 96,4% die meisten Zellkerne im 2C-Stadium. 2C-Zellen sind in der Samenschale und im Embryo lokalisiert. Der Anteil 4C-Zellen des Embryos, denen möglicherweise Endoreduplikation zugrunde liegt, betrug 0,9%, der Anteil 3C-Zellen des Endosperms war wie erwartet mit 2,7% nur sehr gering (siehe auch Abb. 1). 6C-Zellen waren nicht nachweisbar (Abb. 2).

1

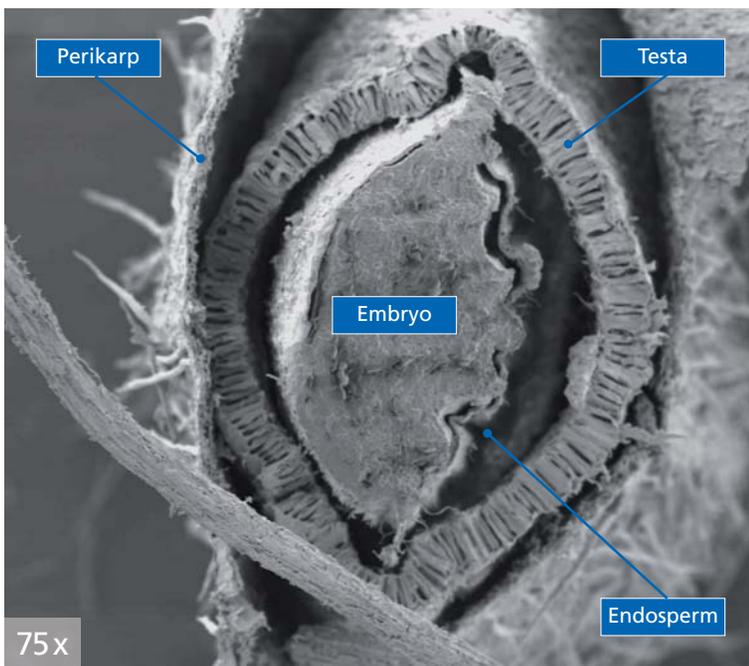
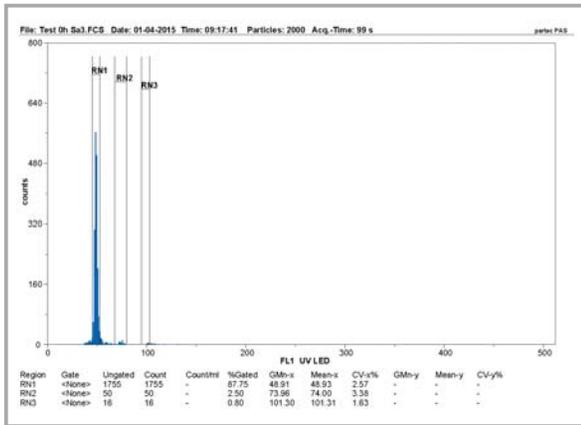


Abbildung 1
Rasterelektronenmikroskopische Aufnahme,
Querschnitt durch einen Samen von *C. chinensis* (75x)

Abbildung 2
DNA-Histogramm von *Callistephus chinensis*, ganze,
trockene Samen, n=3, RN1=2C-Zellen Embryo + Samenschale,
RN2=3C-Endospermzellen, RN3=4C-Zellen Embryo +
Samenschale



Da der hohe Anteil 2C-Zellen der Samenschale die Aussage erschwert, ist es für die Erfassung von Zellteilungsaktivitäten während der Keimung vorteilhafter, nur den Embryo zu analysieren. Die Isolation von Embryonen aus trockenen Samen war allerdings zerstörungsfrei nicht möglich. Erst eine Stunde nach dem Auflegen auf Filterpapier konnten Embryonen isoliert und einzeln analysiert werden. Zu allen Terminen (1–30 Stunden) befanden sich die meisten Zellkerne im 2C-Stadium des Zellzyklus (G0- oder G1-Stadium). Der Anteil 4C-Zell-

Abbildung 3
Mittlerer Anteil 4C-Zellkerne von *C. chinensis*-Embryonen
1–30 Stunden nach dem Auflegen (n=4–5)

Abbildung 4 alb
DNA-Histogramme von einzelnen *C. chinensis*-Embryonen
ein (links) und drei Stunden (rechts) nach Auflegen der Samen,
Peak RN1=2C-Zellen Embryo, Peak RN2=4C-Zellen Embryo

kerne (G2-Stadium) war insgesamt relativ gering. Bis zu drei Stunden nach dem Auflegen erhöhte sich ihr mittlerer Anteil von 6,8% auf 9,6%. Dann zeigten sich bis zum Versuchsende nach 30 Stunden keine signifikanten Veränderungen mehr (Abb. 3).

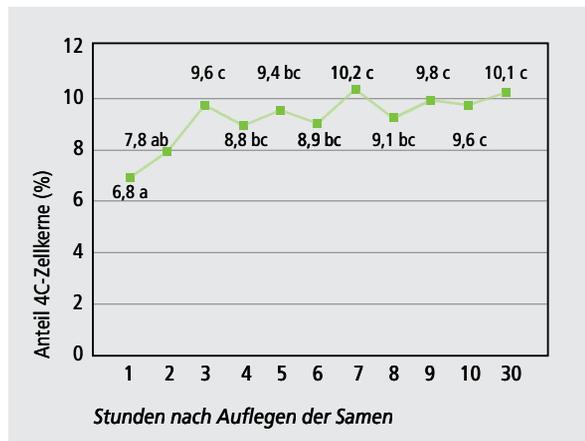
Abbildung 4 zeigt DNA-Histogramme von jeweils einem Embryo ein und drei Stunden nach Auflegen der Samen auf Filterpapier. Der Anteil 4C-Zellkerne betrug hier nach einer Stunde 5,2% und nach drei Stunden 10,2%.

Auffallend war an den meisten Terminen die hohe Variabilität zwischen den einzelnen Embryonen. So betrug z. B. der Anteil 4C-Zellen eine Stunde nach dem Auflegen 5,5–7,9% (Mittel 6,8%). Nach fünf Stunden waren es 7,6–13,3% (Mittel 9,4%).

Die Zellzyklusaktivität als Qualitätsmarker für Asternsamen erscheint wegen der sehr geringen Zeitspanne zwischen dem Auflegen der Samen und dem Beginn von Zellteilungsaktivitäten wenig geeignet. Für vergleichende Untersuchungen sind Kulturen mit einer längeren Keimdauer bzw. späterer Aktivierung der Mitose vorteilhafter (z. B. *Primula vulgaris*, Ewald 2006). Weitere flowcytometrische Analysen werden sich mit dem Einfluss der Lichtzusammensetzung auf den Keimungsvorgang von Sommerastern und anderen relevanten Kulturen befassen.

21

31



Literatur

Corbinea, F. (2012). *Markers of seed quality: from present to future. Seed Science Research, Vol. 22 (1), 61–68*

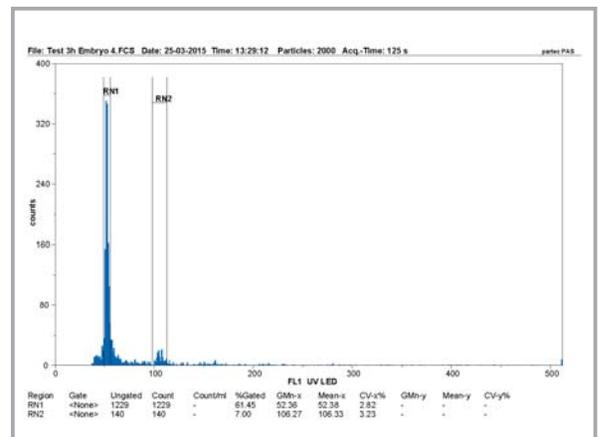
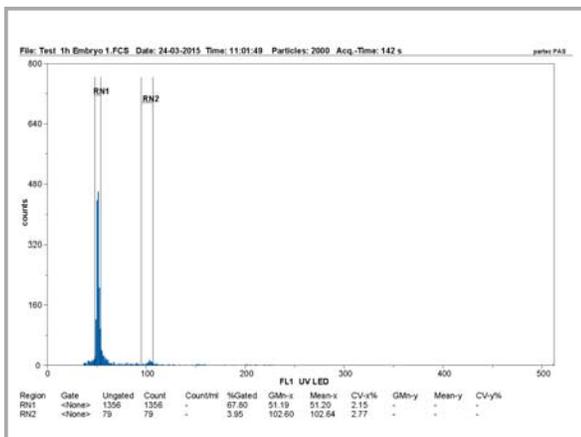
Ewald, A. (2006). *Flow cytometric measurements during germination of Primula vulgaris Huds. Seeds. Seed Sci. & Technol., 34, 349–360*

Pandey, K., Chopra, S., Singh, R. P. (1982). *Anatomy of seeds and fruits in some Asteraceae (Compositae). Geophytology 12 (1), 105–110*

Slivinska, E. (2000). *Analysis of the Cell Cycle in Sugarbeet Seed during Development, Maturation and Germination. CAB International 2000. Seed Biology: Advances and Applications, (eds. M. Black, K. J. Bradford and J. Vazquez-Ramos), 133–139*

Slivinska, E. (2009). *Nuclear DNA replication and seed quality. Seed Science Research, Vol. 19 (1), 15–25*

4 alb |



2.3 Wie beeinflusst der Krankheitserreger *Verticillium dahliae* Wachstum und Primärstoffwechsel von Tomaten?

RITA GROSCH, DIETMAR SCHWARZ, KATJA WITZEL

Weltweit sind Pflanzenkrankheiten verantwortlich für ökonomisch relevante Ertrags- und Qualitätsverluste. Der Erreger *Verticillium dahliae* gehört zu den wichtigsten Pathogenen, die an vielen landwirtschaftlichen und gartenbaulichen Kulturen vaskuläre Welken verursachen. Aufgrund des breiten Wirtspflanzenkreises und der langen Überlebenszeit im Boden in Form von Mikrosklerotien ist der Erreger schwer zu bekämpfen. *Verticillium* infiziert die Pflanze über die Wurzel, einschließlich Wurzelspitzen, Feinwurzeln, laterale Wurzeln, und vorkommende Wunden oder natürliche Eintrittspforten. Durch das Eindringen in das vaskuläre System gelangt der Erreger in die oberirdischen Pflanzenteile. Unter günstigen Bedingungen für die Krankheitsentwicklung

sind, als Folge einer Vermehrung von *V. dahliae* im vaskulären System, die Wasser- und Nährstoffaufnahme beeinträchtigt und es entstehen Welkesymptome an den oberirdischen Pflanzenteilen. Das Auftreten dieser Symptome ist jedoch abhängig von den Kultivierungsbedingungen. So fördern z. B. höhere Temperaturen die Krankheitsentwicklung von *V. dahliae* an der Tomate, eine der bedeutendsten Wirtspflanzen des Erregers.

Obwohl eine Vielzahl von bodenbürtigen Erregern die Pflanze über die Wurzel infiziert, gibt es nur wenige Untersuchungen zum Einfluss dieser Erreger auf die Wurzelmorphologie. Veränderungen in der Wurzelmorphologie wurden z. B. an der Tomate nach Infektionen mit den Wurzelpathogenen *Pythium aphanidermatum* und *Fusarium* spp. beobachtet. Studien zeigten bereits, dass *V. dahliae* das Wurzelwachstum der Tomate reduziert und das Ausmaß der Wachstumsreduktion von der Dichte des Erregers im Wurzelsystem abhängig ist. Diese Beobachtungen wurden auch durch unsere Untersuchungen bestätigt. Unklar ist jedoch, ob *V. dahliae* morphologische Merkmale der Wurzel wie Verzweigung, Durchmesser oder spezifische Wurzellänge und -oberfläche beeinflusst. Morphologische Charakteristika der Wurzel, wie spezifische Wurzellänge und -oberfläche, sind entscheidende Merkmale für die Aufnahme von Wasser und Nährstoffen und damit für das Wachstum der Pflanze. *V. dahliae* besiedelt sowohl anfällige als auch resistente Tomatensorten. Man geht davon aus, dass die weitere Besiedlung der oberirdischen Pflanzenteile in resistenten Pflanzen durch die Aktivierung von Abwehrreaktionen in der Wurzel verhindert wird. Dafür benötigt die Pflanze Energie und es stellt sich die Frage, ob ein Pathogenbefall auch Änderungen im Primärstoffwechsel verursacht und diese die beobachteten Wachstumsreduktionen der Pflanze begünstigen. Ein besseres Verständnis der Pflanze-Pathogen-Interaktion kann zur Entwicklung von umweltfreundlichen Strategien des Krankheitsmanagements beitragen. Daher wurden in unseren Untersuchungen nicht nur Merkmale der Pflanze einschließlich der Wurzelmorphologie erfasst sondern auch Veränderungen im Primärstoffwechsel.

Tomaten mit und ohne Inokulation von *V. dahliae* (Isolat TomIGZ, Accession GU060637, Race 1) wurden unter kontrollierten Bedingungen angezogen. Nach einer Kulturdauer von 3–4 Wochen wurden verschiedene pflanzliche Charakteristika (Spross- und Wurzelmasse, Sprosslänge, Blattfläche), einschließlich der Wurzelmorphologie (Wurzellänge, -oberfläche, spezifische Wurzellänge und -oberfläche) erfasst. Zusätzlich wurden Transpirations-

1

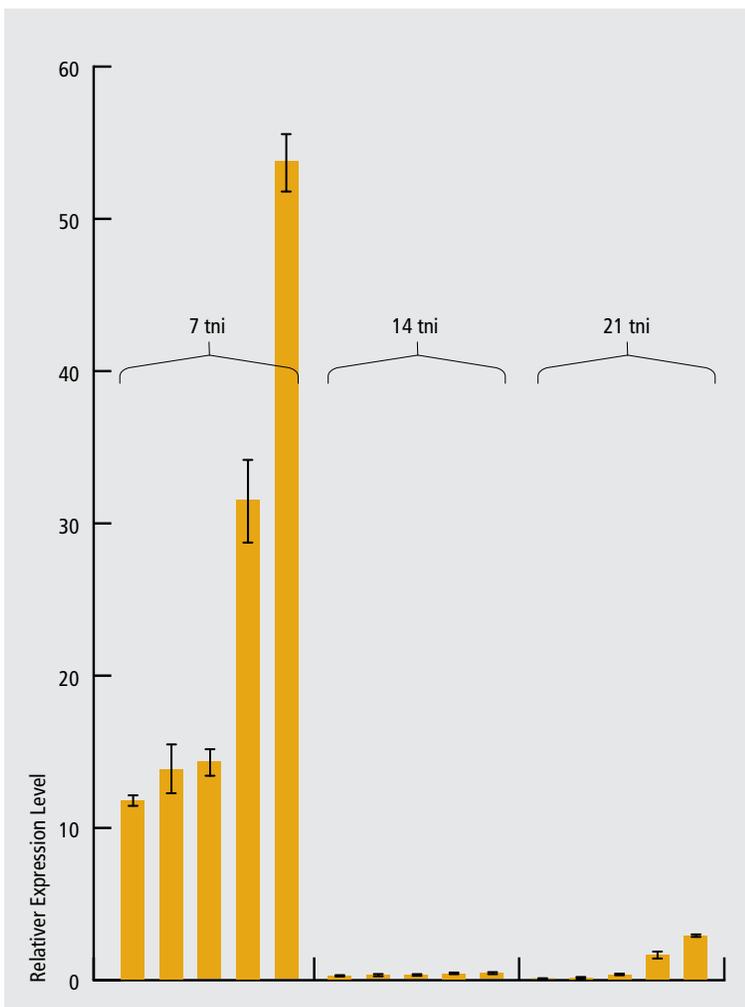


Abbildung 1
 Intensität der Besiedlung der Tomatenwurzel (cv. 'Hildares') mit *Verticillium dahliae* in einzelnen Tomatenpflanzen in Abhängigkeit der Zeit nach der Erregerinokulation. Dargestellt sind die Ergebnisse der quantitativen PCR als Balkendiagramm

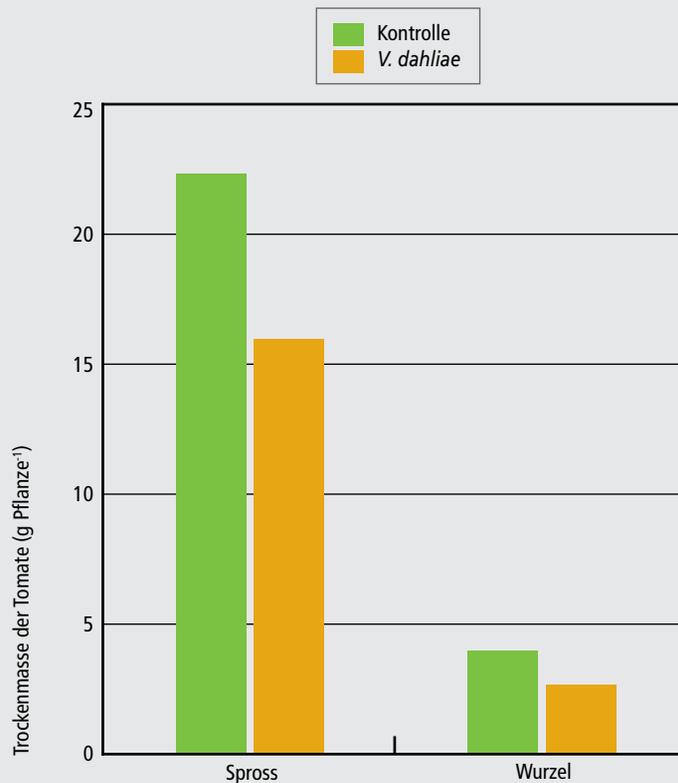


Abbildung 2
 Einfluss von *Verticillium dahliae* auf das Wachstum von Spross und Wurzel der Tomate (cv. 'Hildares') drei Wochen nach Erregerinokulation



2

und Photosyntheserate bestimmt, da das Vorkommen von *V. dahliae* im vaskulären System zu einer Beeinträchtigung dieser wichtigen physiologischen Prozesse führen kann.

Die Infektion der Pflanzen mit *V. dahliae* und die Erregerdichte in der Wurzel von einzelnen Tomaten wurden mittels quantitativer Polymerasekettenreaktion (PCR) 7, 14 und 21 Tage nach der Inokulation (tni) überprüft. Im Ergebnis zeigte sich eine hohe Variation in der Besiedlungsdichte im Vergleich der einzelnen Pflanzen (Abb. 1). Im weiteren Verlauf des Wachstums der Pflanzen (14 und 21 tni) nahm das Verhältnis an pilzlicher DNA zur pflanzlichen DNA ab. Dies ist vermutlich ein Resultat dessen, dass sich *V. dahliae* nach der Infektion der Wurzel auf das vaskuläre System der Pflanze konzentriert und

somit das Wurzelsystem nicht weiter intensiv besiedelt wird. Die Infektion der Tomate mit *V. dahliae* führt zur Reduktion sowohl des Spross- als auch des Wurzelwachstums der Tomatenpflanze (Abb. 2). Dadurch verringert sich nicht nur die Wurzelmasse sondern auch die Wurzellänge (WL) und -oberfläche (WO) (Tab. 1), was für die Wasser- und Nährstoffaufnahme problematisch werden kann. Interessanterweise war ein signifikanter Einfluss des Erregers auf die spezifische WL und spezifische WO gegeben, insbesondere mit zunehmendem Abstand zum Wurzelpol (>5 cm). Die Pflanze scheint somit die Reduktion der WL und WO infolge der Infektion mit *V. dahliae* durch Erhöhung der spezifischen WL und spezifischen WO auszugleichen, um genügend Wasser und Nährstoffe aufnehmen und zum Spross liefern zu können.

WFM [g Pflanze ⁻¹]	Abstand zu Wurzelpol	Variante	WL [m]	sWL [m g ⁻¹ FM]	WO [cm ²]	sWO [cm ² g ⁻¹ FM]
27,00 (-)	0–4 cm	–	289	10,8	6.029	226
		+	228	10,8	4.666	220
21,26 * (+)	5–8 cm	–	568	21,3	10.744	402
		+	518	24,5	9.661	455
	>9 cm	–	520	19,2	9.994	369
		+	514	24,4 *	9.537	451 *

ohne (-) und mit (+) Inokulation von *V. dahliae*

Tabelle
 Einfluss von *Verticillium dahliae* Isolat TomIGZ auf die Wurzelmorphologie (Wurzelfrischmasse, WFM; Wurzellänge, WL; spezifische Wurzellänge, sWL; Wurzeloberfläche, WO; spezifische Wurzeloberfläche, sWO) der Tomate (cv. 'Hildares') 28 Tage nach der Erregerinokulation

2 Nutzung biologischer Systeme im Gartenbau

2.3 Wie beeinflusst der Krankheitserreger *Verticillium dahliae* Wachstum und Primärstoffwechsel von Tomaten?

Eine positive Korrelation besteht dabei zwischen der Menge an DNA von *V. dahliae* und der spezifischen WO (Abb. 3). Die Pflanze reagiert jedoch mit weiteren Anpassungen an die Infektion mit *V. dahliae*. So schließt die Pflanze die Stomata, um den Wasserverlust zu reduzieren, der eine Folge des Vorkommens und der Vermehrung des Erregers im vaskulären System der Pflanze ist. Infizierte Pflanzen weisen daher eine signifikant geringere Transpirations- und Photosyntheserate auf, bei gleichzeitig verbesserter Wassernutzungseffizienz. Um zu verstehen, welche Stoffwechselforgänge während

Abbildung 3

Beziehung zwischen der Dichte von *Verticillium dahliae* in der Wurzel und der Wurzeloberfläche (WO) sowie spezifischen WO der Tomate (cv. 'Hildares') 28 Tage nach Erregerinokulation

Relationship between *Verticillium dahliae* density in the roots and the root surface area as well specific root surface area of tomato (cv. 'Hildares') 28 days after pathogen inoculation

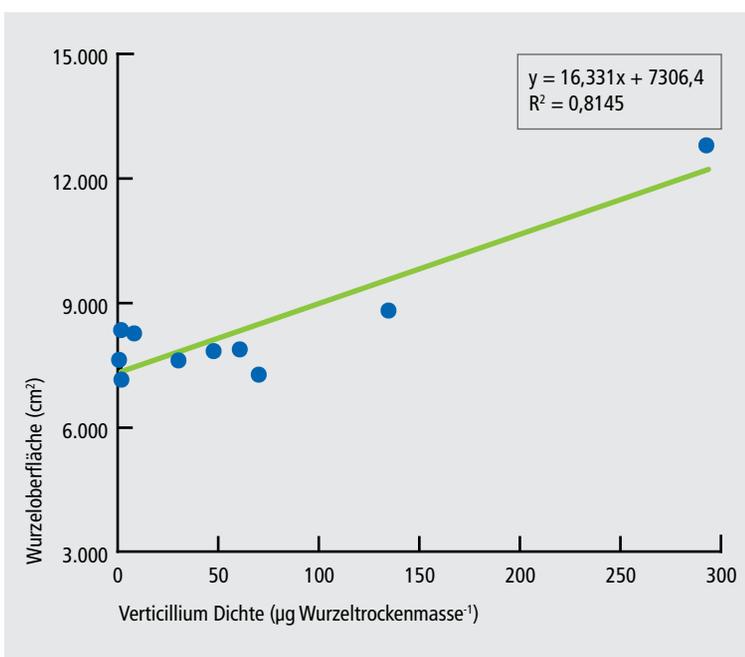
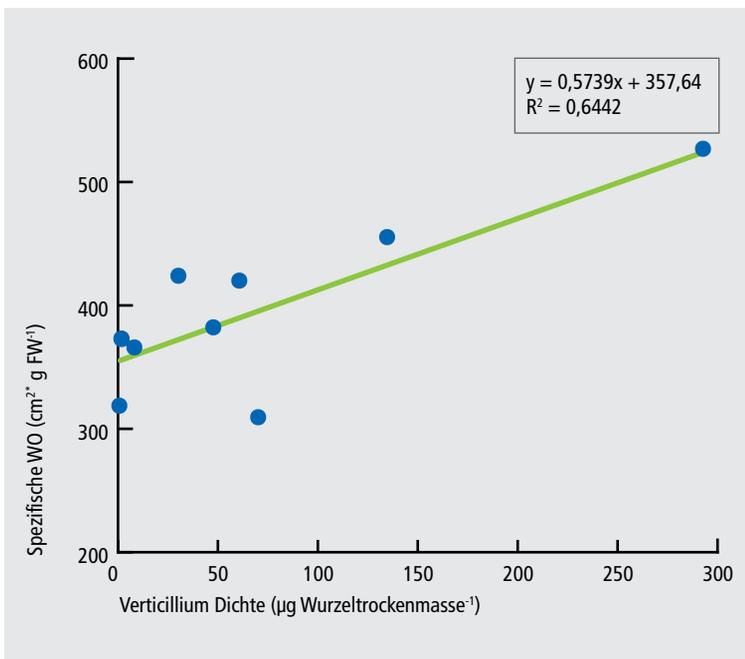
der morphologischen Anpassung der Wurzel in einer infizierten Pflanze vorgehen, wurden gezielt Primärmetaboliten in Wurzeln und im Spross untersucht. Mittels GC-MS (Gaschromatographie-Massenspektrometrie) wurden 78 Metabolite im Blatt und 74 Metabolite in der Wurzel identifiziert. Davon waren 14 Stoffwechselprodukte im Blatt und 11 in der Wurzel signifikant in ihrer Konzentration von *V. dahliae* beeinflusst. Die Menge an Kohlenstoffverbindungen war in Blättern infizierter Pflanzen verringert, was wahrscheinlich eine Folge der reduzierten Photosyntheseleistung ist. Zusätzlich akkumulierten Zucker und Zuckerphosphate in Wurzeln, um als Energiequelle für Abwehrreaktionen zu dienen. Diese Umverteilung spiegelte sich auch für stickstoffhaltige Metabolite wieder. Eine große Anzahl freier Aminosäuren war erhöht in den infizierten Wurzeln, welche dort ebenfalls in energieliefernde Stoffwechselwege geschleust werden. Diese Umverteilung der primären Metabolite trägt zusätzlich zur stärkeren Wachstumsreduktion der Blätter, im Vergleich zu Wurzeln, in infizierten Pflanzen bei.

Ergebnisse (Auswahl)

Buhtz, A., Witzel, K., Strehmel, N., Ziegler, J., Abel, S., and Grosch, R. (2015). Perturbations in the primary metabolism of tomato and *Arabidopsis thaliana* plants infected with the soil-borne fungus *Verticillium dahliae*. *PLoS ONE* 10, e0138242

Buhtz, A., Hohe, A., Schwarz, D., and Grosch, R. (2017). Effects of *Verticillium dahliae* on tomato root morphology considering plant growth response and defense. *Plant Pathology*, 66, 667-676

3





2.4 Wer mit wem, oder doch nicht? Kreuzungskompatibilität bei *Erica gracilis* und deren Auswirkung auf die Blühdauer

ANKE MÜLLER, CONNY TRÄNKNER, ANNE BEHREND, ANNETTE HOHE

Erica gracilis bringt im Herbst noch einmal leuchtende Farben in den Garten und gehört damit zu den wichtigsten Beet- und Balkonpflanzen für die Herbstbepflanzung in Deutschland. Bis 2006 beruhte die Produktion von *E. gracilis* vor allem auf Klonen und Mutanten der Ursprungssorte 'Glasers Rote', die bereits 1929 gezüchtet wurde. Dementsprechend war die genetische Variation innerhalb des Sortenspektrums extrem gering. Aufgrund der Selbststerilität von 'Glasers Rote' und deren Mutanten waren Kreuzungen nicht erfolgreich. Damit war eine züchterische Bearbeitung dieser Kultur schwierig und kein wesentlicher züchterischer Fortschritt möglich. Ab 1980 wurde Wildmaterial aus Südafrika gesammelt und erfolgreich eingekreuzt. Zahlreiche neue *E. gracilis*-Sorten mit deutlich verbessertem Blütenbesatz und erweitertem Farbspektrum entstanden. Seit dem Anbau der neuen Sorten fiel jedoch auf, dass Erikabestände öfter vorzeitig verblühen (Abb. 1). Beruht dieses Phänomen möglicherweise auf einer erfolgreichen Befruchtung der Blüten, die vorher nicht möglich war? Denn solange nur Klone und Mutanten von 'Glasers Rote' angebaut wurden, war eine erfolgreiche Befruchtung weitestgehend ausgeschlossen. Mit Einführung der neuen Sorten existiert nun jedoch eine größere Vielfalt an Genotypen, so dass eine erfolgreiche Befruchtung eventuell möglich geworden ist. Möglicherweise besitzen neue Sorten sogar die Fähigkeit der Selbstbefruchtung.

Im Rahmen eines Kooperationsprojektes mit dem Unternehmen Heidepflanzen Peter de Winkel, gefördert durch das Zentrale Innovationsprogramm Mittelstand des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie, haben wir die Befruchtung verschiedener *E. gracilis*-Sorten sowie den Einfluss der Befruchtung auf die Haltbarkeit der Blüten untersucht. Ausgangsmaterial waren 68 alte und neue Sorten von *E. gracilis*. Zunächst wurde eine Verwandtschaftsanalyse unter Verwendung von AFLP-Markern (amplified fragment-length polymorphism) durchgeführt. Diese Analyse zeigte, dass alle 'Glasers Rote'-basierten Sorten eine hohe genetische Ähnlichkeit und damit eine geringe genetische Variation zueinander aufweisen. Die neuen Sorten unterscheiden sich dagegen genetisch deutlich von den alten Sorten und zeigen sowohl eine wesentlich höhere genetische Variation zu 'Glasers Rote' als auch untereinander.

Mit vier 'Glasers Rote'-basierten und neun neuen Sorten wurden Selbstungen und gezielte Kreuzungen durchgeführt (Abb. 2a). Anschließend wurde das Pollenschlauchwachstum untersucht und der Samenansatz bestimmt. Nach Selbstbestäubung bildeten die untersuchten Sorten bis auf eine Ausnahme keinen Samenansatz. *E. gracilis* scheint damit weitestgehend selbststeril zu sein. Durch-

geführte Kreuzungen zwischen 'Glasers Rote'-Sorten blieben ebenso erfolglos. Dagegen wiesen die neuen Sorten nach Bestäubung mit anderen neuen und 'Glasers Rote'-basierten Sorten einen Samenansatz von 16 bis 89% auf. Damit können die neuen Sorten untereinander und mit 'Glasers Rote'-basierten Sorten erfolgreich gekreuzt werden. Mikroskopische Untersuchungen zeigten, dass nach der Bestäubung bei allen Kreuzungen und Selbstungen der Pollen auf der Narbe keimte. Während bei erfolgreichen Kreuzungen die Pollenschläuche bis zum Fruchtknoten wuchsen und somit die Samenanlagen erreichten, wurde bei inkompatiblen Kreuzungen und den Selbstungen das Pollenschlauchwachstum im Griffel gestoppt (Abb. 3) und eine Befruchtung blieb aus. Die Hemmung des Pollenschlauchwachstums scheint offensichtlich vom mütterlichen Gewebe auszugehen. Demnach würde bei *E. gracilis* die Kreuzungskompatibilität vor allem von der Mutterpflanze kontrolliert.

Doch hat die erfolgreiche Befruchtung nun einen Einfluss auf die Haltbarkeit der Blüten? Zur Beantwortung dieser Frage haben wir im Jahr 2015 bei 12 *E. gracilis*-Sorten den Blühbeginn und die Blühdauer von freien und mit Tüten isolierten Trieben untersucht (Abb. 2b). Pro Sorte wurden

1a |



1b |



Abbildung 1
E. gracilis-Pflanzen in Blüte.
 a) Ohne und
 b) mit Seneszenzerscheinungen der Blüten

Abbildung 2
 Kreuzungen und Selbstungen bei *E. gracilis*.
 a) Handkreuzung.
 b) Bei freier Abblüte (links) können Pflanzen von Bienen bestäubt werden, wogegen die Isolierung mit Tüten (rechts) eine Fremdbestäubung verhindert

Abbildung 3
 Pollenschlauchwachstum bei Pflanzen der Sorte ‚Mister Arnaki‘ 24 Stunden nach Bestäubung.
 a) Bei Selbstung erfolgt eine Hemmung des Pollenschlauchwachstums, wodurch eine Befruchtung verhindert wird.
 b) Bei kompatiblen Kreuzungen wächst der Pollenschlauch durch den Griffel bis zu den Samenanlagen und es erfolgt eine Befruchtung

Abbildung 4
 Seneszenz bei *Ericablüten*

2a I



2b I



3 a/b I



vier bis sechs Pflanzen in Töpfen im Freiland kultiviert. Die Hälfte der Pflanzen wurde vor Beginn der Blüte mit Tüten versehen, um eine Fremdbestäubung zu verhindern. Anschließend bestimmten wir den Beginn der Vollblüte und die Dauer, bis die Triebe zu 25% verblüht waren. Der Blühbeginn erstreckte sich von Anfang September bis Anfang November und variierte deutlich zwischen den verschiedenen Sorten. So war die Sorte ‚Mister Arnaki‘ bereits Mitte September in Vollblüte, während die Sorte ‚Gerber‘ erst Ende Oktober in Vollblüte stand. Dabei hatte die Kultivierung mit und ohne Tüte bei keiner Sorte einen Einfluss auf den Blühbeginn. Die durchschnittliche Blühdauer betrug sechs Wochen. Die Sorte ‚WFW‘ zeigte mit fünf Wochen die kürzeste Blühdauer, wobei kein Unterschied zwischen freien und isolierten Trieben zu erkennen war. Bei der Sorte ‚Lilli‘ blühten isolierte Triebe dagegen mit acht Wochen am längsten, während freie Triebe bereits nach sechs Wochen verblühten. Insgesamt wurde nur bei drei Sorten, inklusive ‚Lilli‘, eine signifikante Verkürzung der Blühdauer nach erfolgreicher Befruchtung festgestellt. Die übrigen neun Sorten zeigten keinen signifikanten Unterschied zwischen der Blühdauer freier und isolierter Triebe. Basierend auf diesen Ergebnissen lässt sich schlussfolgern, dass die Haltbarkeit der Blüten hauptsächlich von der Sorte (Abb. 3) und nur bei wenigen Sorten auch von der Befruchtung abhängig ist. Demnach müssen andere Faktoren für das vorzeitige Verblühen von Erikabeständen verantwortlich sein. Mehrere der neuen Sorten blühen sehr früh. Diese sind höheren Temperaturen im Spätsommer ausgesetzt, welche eventuell ein vorzeitiges Verwelken der Blüten bewirken könnten.

14



Aufgrund unserer Ergebnisse ergeben sich für die praktische Züchtung folgende Aussagen:

- I. Die genetische Variation innerhalb des Sortenspektrums von *E. gracilis* hat sich seit dem Einkreuzen von Wildmaterial deutlich erhöht.
- II. *E. gracilis* ist mehrheitlich selbststeril.
- III. Genetisch variierende *E. gracilis*-Pflanzen können erfolgreich gekreuzt werden. Somit ist eine systematische Züchtung bei dieser Kultur möglich.
- IV. Eine Sorte war selbstfertil. Mit dieser wären Züchtungsprogramme, die Selbstungen einschließen, durchführbar.
- V. Die Befruchtung an sich hat meist keinen Einfluss auf die Haltbarkeit der Blüten. Demzufolge hat ein Mischanbau bzw. gemischter Transport unterschiedlicher Sorten keinen negativen Einfluss auf die Blütenhaltbarkeit und ist damit möglich.

2.5 Wurzeln und ihre pilzlichen Bewohner: Beziehungen unter Beobachtung

PHILIPP FRANKEN, IRIS CAMEHL



Wurzeln sind in natürlichen und anthropogenen Ökosystemen von einer Vielzahl von Mikroorganismen besiedelt, unter anderem auch von Pilzen (Abb. 1). Dabei lassen sich von ihrer Funktion und Morphologie drei Gruppen unterscheiden. Pathogene Pilze verursachen Krankheiten, die immer durch bestimmte Symptome gekennzeichnet sind, die man meist schon makroskopisch erkennen kann. Mykorrhizapilze haben dagegen unter vielen Bedingungen positive Auswirkungen auf die Leistungen von Pflanzen (Rouphael et al. 2015) und können sogar die Nahrungsqualität von Gemüse verbessern, wie wir in Zusammenarbeit mit Prof. Miranda Hart von der University of British Columbia (Kanada) zeigen konnten (Hart et al. 2015). In diesen Mykorrhizasymbiosen zeigen sich immer bestimmte Strukturen, die die Partner nicht alleine ausbilden können. Dazu gehören z.B. die namensgebenden Arbuskel der weit verbreiteten arbuskulären Mykorrhizapilze (AM Pilze). Neben diesen beiden Gruppen werden Wurzeln noch von zahlreichen Endophyten besiedelt. Diese können das Wachstum von Pflanzen sowohl negativ wie positiv beeinflussen. Es kommt aber nie zu Krankheitssymptomen. Im Rahmen des Schwerpunktes 2.5 beschäftigen wir uns mit den Wechselwirkungen von Pflanzen mit AM Pilzen und mit Endophyten. Dabei arbeiten wir zumeist mit Organismen, deren Genomsequenzen bekannt sind, um besser die Mechanismen, die hinter den Funktionen dieser Wechselwirkungen stehen, erforschen zu können.

Neben Förderung der Pflanzenernährung und Verstärkung der Resistenz gegen Pathogene, können AM Pilze auch die Toleranz von Pflanzen gegenüber Schwermetallen im Boden erhöhen. Diese ist abhängig von der Toleranz der Pilze selbst. Im Rahmen seiner Dissertation konnte Cuong Bui Van zeigen, dass die Toleranz des Modellpilzes *Rhizophagus irregularis* durch Anzucht in einer in vitro Kultur unter Anwesenheit von Zink oder Blei erhöht werden kann (Van 2016). Der so »trainierte« Pilzstamm vermittelte Pflanzen eine höhere Schwermetalltoleranz als der untrainierte Ausgangsstamm (Abb. 2). Der Aspekt des »Trainierens« wird seit 2015 in dem EU-geförderten Marie Skłodowska Curie Innovative Training Netzwerk »BestPass« (bestpass.ku.dk) durch Shubhangi Sharma weiterverfolgt.

Piriformospora indica wurde erstmals von uns 1998 beschrieben und fungiert inzwischen als Modell für Endophyten der weltweit verbreiteten Ordnung Sebaciales (Basidiomycota). Ob die wachstumsfördernden Effekte auch auf einer Verbesserung der Pflanzenernährung beruhen, ist nach wie vor in Diskussion. Wir konnten nachweisen, dass dieser Pilz zumindest pflanzenverfügbares Phosphat aus Steinphosphat lösen kann. Obwohl das Genom Sequenzen für Phosphatasen enthält, geschieht

1
2 |

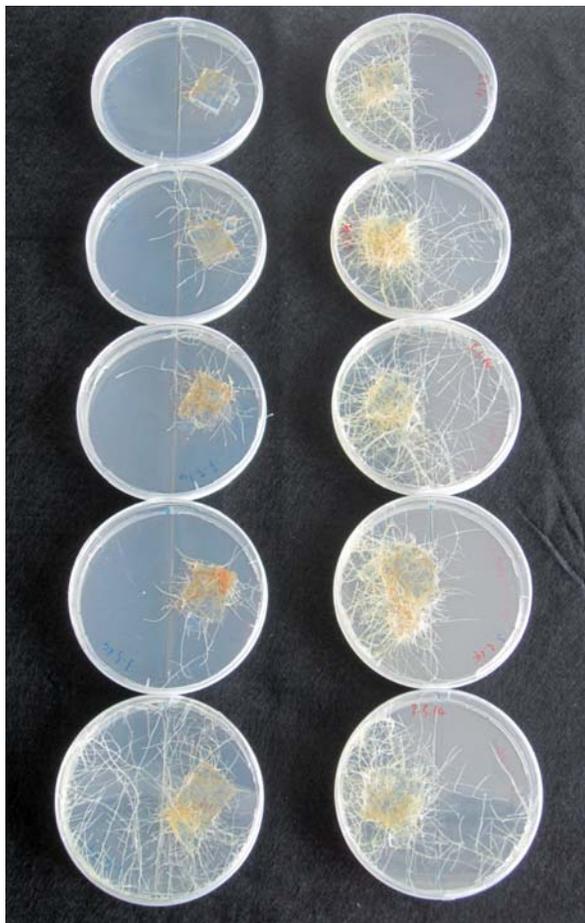


Abbildung 1

Isolierung eines pilzlichen Wurzelendophyten.
Nach Oberflächensterilisierung wachsen aus einem
Wurzelfragment Pilzhyphen auf eine Agarplatte

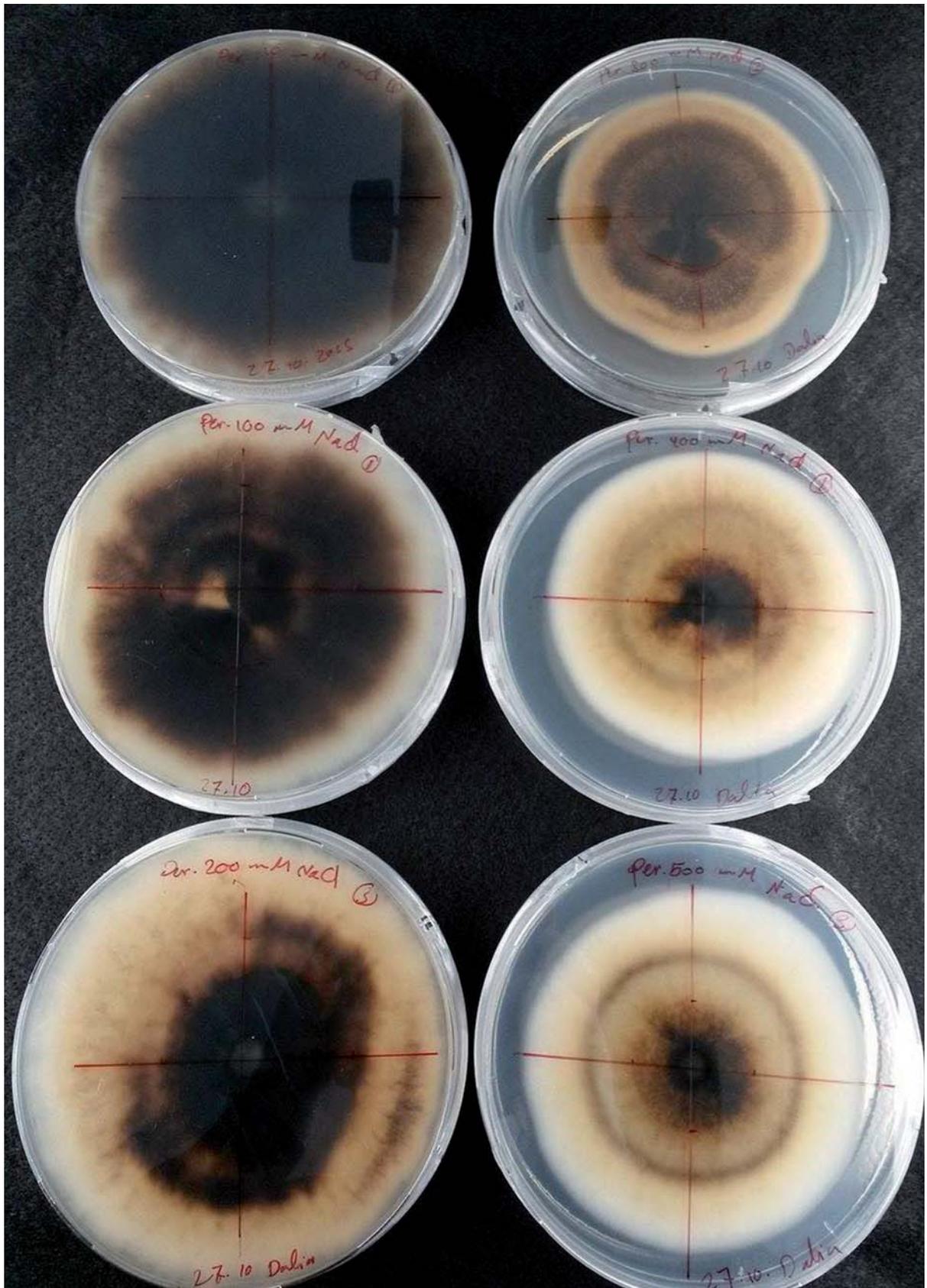
Abbildung 2

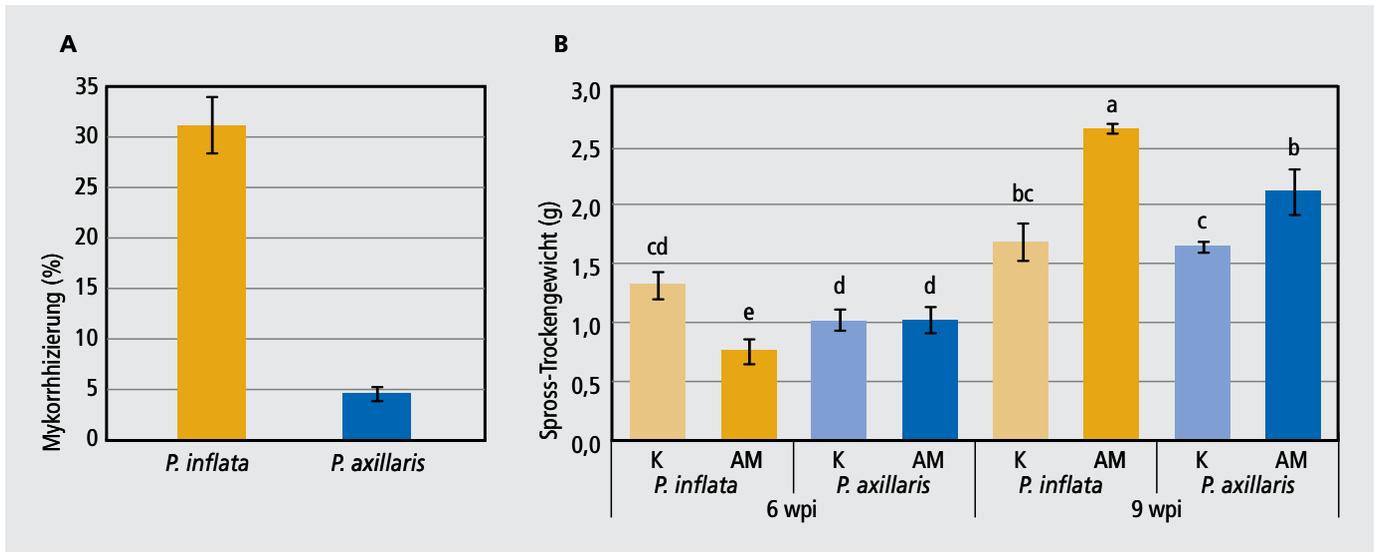
Mykorrhiza in Wurzelkulturen.
Wurzelkulturen von *Daucus carota* auf Medien mit $200 \mu\text{M}$ Zn
besiedelt mit dem AM Pilz *Rhizophagus irregularis*,
der vorher mit (rechts) oder ohne (links) $80 \mu\text{M}$ Zink
vermehrt wurde

Abbildung 3

Der Wurzelendophyt *Periconia macrospinoso*, der zu den
»Dark Septate Endophytes« gehört, bildet weniger Melanin,
wenn er bei steigenden Salzkonzentrationen von 10 mM
(links oben) bis 500 mM NaCl (rechts unten) kultiviert wird

31





4

dies aber nicht durch die Aktivität solcher Enzyme. Diana Andrade und Benard Ngwene konnten zeigen, dass der Pilz den pH-Wert in seiner Umgebung absenkt und so Phosphate in verfügbare Form überführt (Ngwene et al. 2016).

Die sogenannten Dark Septate Endophytes (DSEs) gehören zu den Ascomycota. Es wurde angenommen, dass diese vor allem in natürlichen Ökosystemen vorkommen, die bestimmten abiotischen Stressfaktoren ausgesetzt sind. Diana Andrade konnte aber vor einiger Zeit zeigen, dass sie auch in den Wurzeln von Tomaten vorkommen, die unter nahezu optimalen Bedingungen angezogen wurden. Durch die Untersuchungen von Wurzelmaterial aus vielen verschiedenen Ökosystemen im Rahmen von Workshops und Studentenpraktika wissen wir nun, dass sie ebenso weit verbreitet sind wie die AM Pilze oder die Sebaciniales. Durch Zusammenarbeit mit Prof. Gabor Kovács von der Eötvös Loránd Universität (Budapest) haben wir Zugriff auf die Genomsequenzen von zwei DSEs. Zurzeit wird im Rahmen von Doktorarbeiten zum einen von Wael Yakti untersucht, inwieweit diese beiden DSEs Pflanzen in ihrem Wachstum fördern und gegen Pathogene schützen. Zum anderen ermittelt Dalia Gaber, ob ähnlich wie den AM Pilzen auch diesen DSEs eine erhöhte Toleranz gegen abiotische Stressfaktoren antrainiert werden kann (Abb. 3).

Pflanzen erhalten mineralische Nährstoffe von AM Pilzen (Bitterlich und Franken 2016). Dafür werden die Pilze mit Kohlenhydraten versorgt (Bitterlich et al. 2016). Auf der Basis von Untersuchungen in vielen verschiedenen Arbeitsgruppen wurde vermutet, dass dieser erhöhte Bedarf durch eine verstärkte Photosyntheseleistung von mykorrhizierten Pflanzen ausgeglichen werden kann. Michael Bitterlich ist diesem Phänomen im Rahmen seiner Doktorarbeit nachgegangen und hat festgestellt, dass eine erhöhte CO₂ Assimilation und damit einhergehender positiver Wachstumseffekt nur unter bestimmten Bewässerungsbedingungen, wie sie

häufig in experimentellen Systemen angewendet werden, zum Tragen kommt (Bitterlich 2016). Inwieweit diese Erkenntnisse dazu beitragen können, die Anwendung von AM Pilzen im Feld zu verbessern, untersucht Michael Bitterlich im Rahmen einer durch die EU geförderten Innovationspartnerschaft (EIP-Agri) zusammen mit der Firma INOQ GmbH und zwei Landwirten, die ökologisch bzw. konventionell wirtschaften.

Dass Phytohormone in den Wechselwirkungen von Pflanzen mit Mikroorganismen eine Rolle spielen, ist schon lange bekannt. Dabei wurde vor allem die Rolle in der induzierten Resistenz untersucht. So konnte Marco Cosme, der seine Dissertation zum Teil in unserer Arbeitsgruppe angefertigt hat, zeigen, dass der Wurzelendophyt *P. indica* die Entscheidung der Pflanze beeinflusst in Wachstum oder in Resistenz zu investieren und so die negativen Auswirkungen des Reiskäfers ausgleichen kann (Cosme et al. 2016a). Dass die Wechselwirkung von Phytohormonen mit der Kohlenhydratverteilung eine wichtige Rolle in Interaktionen von Pflanzen mit Mikroorganismen spielt, ist aber eine relativ neue Hypothese. Diese wurde z.B. durch Arbeiten von Marco Cosme mit Cytokinin-Überexpressionslinien unterstützt. In diesen Linien wird die Besiedelung der Wurzeln mit AM Pilzen unterdrückt (Cosme et al. 2016b). Die Wechselwirkung von Phytohormonen und Kohlenhydraten bei der Wechselwirkung von *P. indica* mit Pflanzen analysiert zurzeit Vincenzo de Rocchis im Rahmen des oben erwähnten EU-Projekts »BestPass«.

Die Petunie wird seit etwa 2005 als Modellsystem am IGZ genutzt und seit 2010 auch in unserer Arbeitsgruppe. 2016 konnte nun eine Projekt abgeschlossen werden, bei dem in einem internationalen Konsortium die Genome der beiden Wildarten *Petunia axillaris* und *Petunia inflata* sequenziert und unter unserer Mitarbeit annotiert wurden (Bombarely et al. 2016). Mit diesen beiden Wildarten wurde nun untersucht, in wie weit sie sich in ihren Wechselwirkungen mit wurzelbesiedelnden Pilzen un-

Abbildung 4

Mykorrhizierung der Wildarten *Petunia inflata* und *Petunia axillaris* mit dem Mykorrhizapilz *R. irregularis*. Mykorrhizierungsstärke (A) und Trockengewicht der Sprosse von nicht-inokulierten (K) und inokulierten Pflanzen (AM) 6 und 9 Wochen nach Inokulierung (wpi). Unterschiedliche Buchstaben stehen für signifikante Unterschiede zwischen den Trockengewichten (3-Wege ANOVA; $P = 0,05$; $n = 5$)

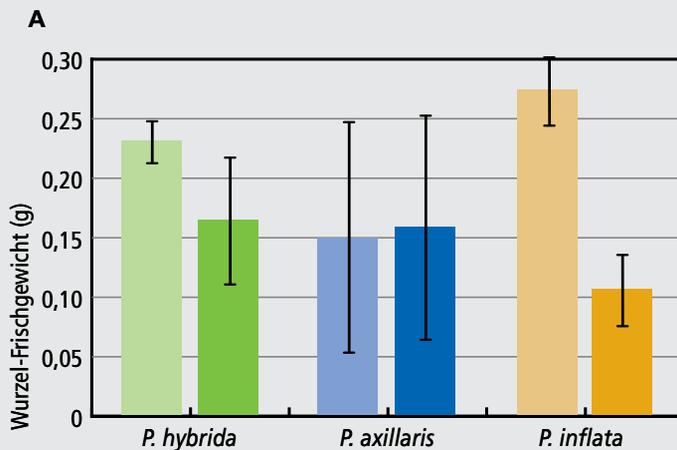
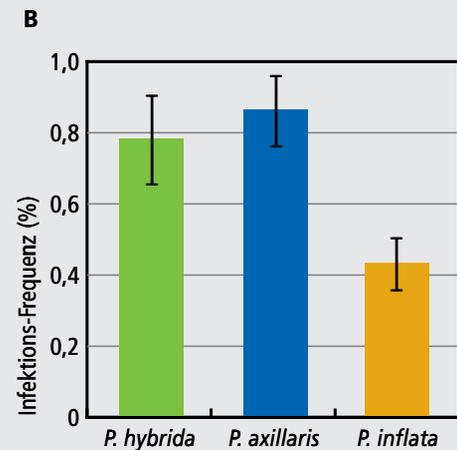


Abbildung 5

Infektion der Hybride *Petunia hybrida* und der Wildarten *Petunia inflata* und *Petunia axillaris* mit dem Wurzelpathogen *Thielaviopsis basicola*. Frischgewichte der Wurzeln von nicht-infizierten (hell) und infizierten (dunkel) Pflanzen (A) und Infektions-Frequenz (B). Sterne zeigen signifikante Unterschiede bei den Frischgewichten von *P. inflata* (A) oder zwischen den Infektionsfrequenzen von *P. inflata* und den beiden anderen Arten



5

terscheiden. Dabei konnte Iris Camehl zusammen mit der Postdoktorandin Moslama Maya und dem Bachelor-Studenten Dominique Krähler zeigen, dass *P. inflata* wesentlich stärker von AM Pilzen besiedelt wird und zu frühen Zeitpunkten negativ auf Mykorrhizierung reagiert (Abb. 4). Beide Wildarten werden zu späteren Zeitpunkten durch die Symbiose positiv beeinflusst. Die Masterstudentin Katharina Kallus untersuchte die Wechselwirkung mit dem Pathogen *Thielaviopsis basicola* und fand auch dort Unterschiede zwischen den beiden Wildarten (Abb. 5). Über segregierende Kreuzungspopulationen der beiden Wildarten kann mit Hilfe der Genomdaten nun nach den Genen gesucht werden, die für die unterschiedlichen Reaktionen verantwortlich sind. Die Funktion dieser Gene kann dann in transgenen Pflanzen untersucht werden. Dazu hat in den letzten beiden Jahren Iris Camehl ein Transformationssystem für die Petunie am IGZ etabliert.

Ergebnisse (Auswahl)

Bitterlich, M., Gräfe, J., Franken, P. (2016). Primary metabolism in arbuscular mycorrhizal symbiosis: carbon, nitrogen and sulphur. In: F. Martin (ed) *Molecular Mycorrhizal Symbiosis*. Wiley, Hoboken NJ: pp 217-238

Bitterlich, M., Franken, P. (2016). Connecting polyphosphate translocation and hyphal water transport points to a key of mycorrhizal functioning. *The New Phytologist* 211, 1147-1149. doi: 10.1111/nph.13957

Bitterlich, M. (2016). *The photosynthetic response of greenhouse tomato cultures under a changing environment and the implications of using arbuscular mycorrhiza*. Humboldt Universität zu Berlin, Lebenswissenschaftliche Fakultät, 195 S., Dissertation.

Bombarely, A., Moser, M., Amrad, A., Bao, M., Bapaume, L., Barry, C.S., Bliet, M., Boersma, M.R., Borghi, L., Bruggmann, R., Bucher, M., D'Agostino, N., Davies, K., Druge, U., Dudareva, N., Egea-Cortines, M., Delledonne, M., Fernandez-Pozo, N., Franken, P., Grandont, L., Heslop-Harrison, J.S., Hintzsche, J., Johns, M., Koes, R., Lv, X., Lyons, E., Malla, D., Martinoia, E., Mattson, N.S., Morel, P., Mueller, L.A., Muhlemann, J., Nouri, E., Passeri, V., Pezzotti, M., Qi, Q., Reinhardt, D., Rich, M., Richert-Pöggeler, K.R., Robbins, T.P., Schatz, M.C., Schranz, M.E., Schuurink, R.C., Schwarzacher, T., Spelt, K.,

Tang, H., Urbanus, S.L., Vandenbussche, M., Vijverberg, K., Villarino, G.H., Warner, R.M., Weiss, J., Yue, Z., Zethof, J., Quattrocchio, F., Sims, T.L., Kuhlemeyer, C. (2016). Insight into the evolution of the Solanaceae from the parental genomes of *Petunia hybrida*. *Nature Plants* 2, 16074.

Cosme, M., Lu, J., Erb, M., Stout, M., Franken, P., Wurst, S. (2016a). A fungal endophyte helps plants to tolerate root herbivory through changes in gibberellin and jasmonate signaling. *The New Phytologist* 211, 1065-1076.

Cosme, M., Ramireddy, E., Franken, P., Schülling, T., Wurst, S. (2016b). Shoot- and root-borne cytokinin influences arbuscular mycorrhizal symbiosis. *Mycorrhiza*, doi: 10.1007/s00572-016-0706-3

Hart, M., Ehret, D.L., Krumben, A., Leung, C., Murch, S., Turi, C., Franken, P. (2015). Inoculation with arbuscular mycorrhizal fungi improves the nutritional value of tomatoes. *Mycorrhiza* 25, 359-376.

Ngwene, B., Boukail, S., Söllner, L., Franken, P., Andrade-Linares, D.R. (2016). Phosphate utilization by the fungal root endophyte *Piriformospora indica*. *Plant and Soil*, doi: 10.1007/s11104-015-2779-8.

Rouphael, Y., Franken, P., Schneider, C., Schwarz, D., Giovannetti, M., Agnolucci, M., De Pascale, S., Bonini, P., Colla, G. (2015). Arbuscular mycorrhizal fungi act as biostimulants in horticultural crops. *Scientia Horticulturae* 196, 91-108.

Van, C.B. (2016). *Acclimatisation of arbuscular mycorrhizal fungi enhances heavy metal (Zn and Pb) tolerance of the fungi and of the mycorrhizal plant partner*. Humboldt Universität zu Berlin, Lebenswissenschaftliche Fakultät, 123 S., Dissertation.

2.6 Ein Protein-Netzwerk hilft Pflanzen bei der Stressanpassung

MADLEN NIETZSCHE, RAMONA LANDGRAF, FREDERIK BÖRNKE

Die Wachstum und Entwicklung zugrunde liegenden zellulären Vorgänge verbrauchen große Mengen Energie und daher sind alle Lebewesen auf deren ständige Zufuhr von außen angewiesen. Bei Tieren oder den meisten Mikroorganismen kann dies z. B. durch die Aufnahme von energiereichen organischen Verbindungen, wie z. B. Kohlenhydraten gewährleistet sein, Pflanzen sind dazu auf die Photosynthese zur Umwandlung von Lichtenergie in zelluläre Energie angewiesen. Aufgrund der zentralen Bedeutung einer ausreichenden Energieversorgung für die Aufrechterhaltung von Leben, verfügen alle Organismen über Mechanismen den zellulären Energiestatus zu messen und ihren Energiehaushalt entsprechend der Verfügbarkeit anzupassen. Stress bringt die Energieversorgung in Gefahr und muss dementsprechend wahrgenommen werden, um die nötigen zellulären Gegenmaßnahmen zu ergreifen. Pflanzen sind in dieser Hinsicht besonders verwundbar, da nahezu alle Stresssituationen, wie z. B. Hitze, Trockenheit oder der Befall mit Krankheitserregern, sich letztendlich negativ auf die Photosynthese als den energiebereitstellenden Prozess auswirken und Pflanzen aufgrund ihrer Standortgebundenheit keine Möglichkeiten haben den Stressoren auszuweichen. Trotz aller Unterschiede zwischen den verschiedenen Organismen weisen doch die Energieregulationsmechanismen, zumindest innerhalb der Eukaryoten, erstaunliche Ähnlichkeiten zueinander auf. So verfügen z. B. Tiere, Pilze und Pflanzen über eine konservierte Proteinkinase aus der sogenannten AMPK/SNF1/SnRK1 Familie, welche die Energieversorgung misst und bei einer Verknappung aktiviert wird. Daraufhin kann sie andere Proteine in der Zelle durch Phosphorylierung so in ihrer Funktion beeinflussen, dass das Energiegleichgewicht wieder hergestellt wird. In Pflanzen erledigt dies die Proteinkinase SnRK1 und zwar hauptsächlich durch Umsteuerung der Genexpression, wobei die Gene energieverbrauchender Stoffwechselwege abgeschaltet und die energieerzeugender Prozesse induziert werden. Obwohl die Zielgene von SnRK1 und damit die von ihr umgesteuerten Prozesse in gewissem Umfang bekannt sind, wissen wir noch sehr wenig über die Regulation der Proteinkinase selbst und auch wie nach deren Aktivierung durch Energiemangel das Signal bis zur Umsteuerung der Genexpression weitergeleitet wird, ist weitestgehend unbekannt. Außerdem stellt sich die Frage wie die verschiedensten Stresssignale auf Ebene des Gewebes oder Zelltyps in eine spezifische Antwort umgewandelt werden können. Die Aufklärung der SnRK1-Signaltransduktion, mit der Identifizierung und Charakterisierung der darin involvierten Proteine, führt zu einem tieferen Verständnis der Stressadaptation von Pflanzen und kann da-

durch langfristig dabei helfen die Stressresistenz von Kulturpflanzen zu verbessern.

In unserem Forschungsprojekt nutzen wir die Modellpflanze *Arabidopsis thaliana*, um das Signalübertragungsnetzwerk um die Proteinkinase SnRK1 aufzuklären und damit die Signalverarbeitung unter Stressbedingungen besser zu verstehen. Einer der von uns gewählten Ansätze beinhaltet die Identifizierung von Proteinen, welche in der Zelle direkt oder indirekt mit SnRK1 interagieren. Dieser Vorgehensweise liegt das sogenannte »guilt by association« Prinzip zugrunde, d.h. wir gehen davon aus, dass Proteine, welche mit SnRK1 wechselwirken auch funktionell mit der Kinase verbunden sind und damit mögliche Komponenten der Signalübertragung darstellen. Mit diesem Ansatz konnten wir, ausgehend von den zwei SnRK1 Proteinen von *Arabidopsis* (genannt KIN10 und KIN11), ein Protein-Protein-Interaktionsnetzwerk etablieren, welches insgesamt 41 verschiedene Proteine enthält die 63 Bindungen miteinander eingehen (Abb. 1). Dabei waren die meisten dieser Protein-Protein Wechselwirkungen bisher unbekannt und weisen eine Verbindung von SnRK1 zu einer Reihe von Transkriptionsfaktoren auf, welche möglicherweise in die transkriptionelle Umsteuerung der Zelle bei SnRK1 Aktivierung involviert sein könnten. Außerdem zeigen die Interaktionsdaten Verbindungen von SnRK1 zu anderen zentralen Signaltransduktionswegen, wie etwa dem Hormonsignaling und dem Stresssignaling durch sog. MAP-Kinasen. Insgesamt stellt das von uns entdeckte Protein-Protein-Interaktionsnetzwerk eine wertvolle Basis für die Erzeugung neuer Hypothesen zur Untersuchung des SnRK1-Signalübertragungsweges dar und in den nächsten Schritten muss nun die genaue Rolle der einzelnen Proteine in diesem Netzwerk mit molekularen und biochemischen Methoden aufgeklärt werden. In einem ersten Schritt dazu haben wir *Arabidopsis*-Pflanzen so verändert, dass sie einen der neu gefundenen SnRK1 Interaktionspartner, das sogenannte STOREKEEPER RELATED 1 Protein (STKR1) verstärkt bilden. Interessanterweise weisen diese Pflanzen einen verminderten Wuchs und eine verzögerte Entwicklung auf, was darauf hindeutet, dass STKR1 ein negativer Regulator des Pflanzenwachstums sein könnte. Diese Beobachtung passt gut zu der Annahme, dass SnRK1 Aktivierung generell das Wachstum inhibiert, um den Energieverbrauch der Pflanze zu drosseln. Weitere Analysen müssen nun im Detail klären wie SnRK1 und STKR1 zusammenwirken und welche zellulären Veränderungen dies zur Folge hat. Interessanterweise zeigt das Protein-Netzwerk eine indirekte Verbindung der SnRK1 Proteine KIN10 und KIN11 mit dem sogenannten RAPTOR1b-Protein. RAPTOR1b ist Bestandteil der TOR-Kinase, welche in Eukaryonten bei

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 Biodiversität – Vielfalt für die Gesundheit

SUSANNE NEUGART, FRANZISKA S. HANSCHEN, REBECCA KLOPSCH, BENARD NGWENE, DAVID SCHRÖTER, MELANIE WIESNER-REINHOLD, MONIKA SCHREINER

Immer öfter finden wir im Supermarkt neue Sorten altbekannter Gemüse wie z.B. violetten Kohlrabi oder violetten, gelben und orangen Blumenkohl. Die Biodiversität von Gemüse ist nicht nur äußerlich erkennbar. Sie beruht auf einer genetischen Vielfalt, die sich auch im Profil der Sekundärmetabolite wiederfindet. Diese Vielfalt in Morphologie und Physiologie der Pflanze ist essentiell für die Pflanze-Umwelt-Interaktion und wirkt darüber hinaus auch auf die menschliche Gesundheit.

Glucosinolat-Abbauprodukte in Brassicaarten

Glucosinolate sind wichtige Sekundärmetabolite von Brassicagewürzen, wie Pak Choi, Brokkoli, Kohlrabi oder Weißkohl. Ihr Verzehr wird mit verschiedenen gesundheitspräventiven Effekten assoziiert, wie z. B. der Verminderung des Krebsrisikos. Bei Verletzungen der Pflanzenzelle werden Glucosinolate enzymatisch zersetzt und verschiedene flüchtige Stoffe wie Nitrile, Epithionitrile oder Isothiocyanate werden freigesetzt. Vor allem Letztere werden mit den krebspräventiven Effekten in Verbindung gebracht.

Um herauszufinden, welche dieser Abbauprodukte in den für die Humanernährung bedeutendsten Brassicagewürzen aus den Glucosinolaten gebildet werden, wurden verschiedene Sorten von Brokkoli, Blumenkohl, Weißkohl, Rotkohl und Wirsingkohl sowohl im Sprossstadium als auch im üblichen Verzehrstadium auf die enthaltenen Glucosinolate und die daraus entstehenden Abbauprodukte hin analysiert (Abb. 1). Außerdem wurde untersucht, wie sich die Glucosinolate und ihre Abbauprodukte bei der Kopfbildung des Gemüses verändern. Insgesamt zeigte sich, dass vor allem Epithionitrile und Nitrile aus den Glucosinolaten gebildet werden und die «gesunden» Isothiocyanate oft nur in geringen Konzentrationen vorhanden sind (Hanschén and Schreiner 2016). Ein weiteres Projekt zur Erforschung von Brassicagewürzen mit Potential für die Humanernährung ergab sich im Zeitraum 2015/16 zusammen mit dem Leibniz-Institut für Pflanzengenetik und Kulturpflanzenforschung (IPK Gatersleben). Sechzehn verschiedene Akzessionen von *Brassica rapa* wurden bezüglich ihrer Glucosinolate und der korrespondierenden Abbauprodukte untersucht. Dabei waren die Variationen des Glucosinolatprofils zwischen den unterschiedlichen Akzessionen und den verschiedenen Pflanzenorganen von



Interesse. Daher wurden sowohl die Rüben als auch die Blätter analysiert. Das Glucosinolatprofil und das ihrer Abbauprodukte variierte zwischen den verschiedenen Akzessionen und Pflanzenorganen qualitativ und quantitativ. Auch hier waren Epithionitrile die dominierenden Hydrolyseprodukte in beiden Pflanzenorganen und die gewünschten Isothiocyanate wurden nur in geringen Konzentrationen gefunden. Insgesamt war der Gehalt der Glucosinolate und ihrer Hydrolyseprodukte in den Rüben höher als in den Blättern (Klopsch et al. 2016).

Da wir in Kooperation mit dem Universitätsklinikum in Freiburg und mit der Universität Hamburg bereits zeigen konnten, dass Nitrile und Epithionitrile eher nicht zum krebopräventiven Charakter der Glucosinolate beitragen (Hanschen et al. 2015, Kupke et al. 2016), ist es wünschenswert Strategien zur Erhöhung der Isothiocyanate in Brassicagemüse zu entwickeln. In Kooperation mit der Universität Wageningen testeten wir daher an verschiedenen Brassicagemüsen, ob durch geeignete Wahl des pH-Werts oder der Temperatur während der Zerkleinerung des Gemüses die Isothiocyanatbildung forciert werden kann. Der Forschungsaufenthalt an der Universität Wageningen von Frau Hanschen wurde durch das ihr 2015 verliehene Josef-Schormüller-Stipendium finanziert. Während dieser Arbeiten zeigte sich, dass durch eine Verschiebung des pH-Wertes, beispielsweise durch Essig oder Natron, die Bildung der Isothiocyanate drastisch erhöht und die der Nitrile und Epithionitrile vermindert (Hanschen et al. 2016) und so der präventive Nutzen der Gemüse optimiert werden kann.

Da gerade Brassicagemüse aber oft gekocht und nicht roh verzehrt werden, untersuchen wir derzeit im Projekt ENATGLUPRO – »Enzymatische und nicht-enzymatische Abbaureaktionen im Verlauf der thermischen Behandlung von Glucosinolaten und Folgeprodukten« der Deutschen Forschungsgemeinschaft, inwieweit der enzymatische und der thermische Abbau der Glucosinolate beim Kochen eine Rolle spielen und welche Verbindungen letztendlich im Lebensmittel enthalten sind.

Seleno-Glucosinolate in Brassicales als alternative Quelle für die Selenversorgung

In einem vom Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft und der Royal Society of New Zealand geförderten Kooperationsprojekt mit dem New Zealand Institute for Plant and Food Research (PFR) stehen die Glucosinolate im Mittelpunkt der Forschung. Ziel ist es, verschiedene Gemüse der Ordnung Brassicales hinsichtlich ihrer Fähigkeit zur Selen-Akkumulation und Bildung von Seleno-Glucosinolaten zu untersuchen. Zusammen mit der Professur für Ernährungsphysiologie der Universität Jena und der Junior-Proessur für Sekundärmetabolitanalytik der Universität Potsdam werden die verschiedenen Seleno-Glucosinolate identifiziert, isoliert und im Anschluss einzeln und als Pflanzenmatrix auf ihre biologische Wirkung hin analysiert.

Selen ist ein essentieller Mikronährstoff für den Menschen. Problematisch ist, dass für Selen eine globale Mangelversorgung bekannt ist. Selen wird hauptsächlich über die pflanzliche Nahrung aufgenommen. In Pflanzen wird Selen anstelle von Schwefel aufgenommen und auch verstoffwechselt, so dass neben vielen Schwefelverbindungen auch Selen-Analoga bekannt sind, da die Enzyme der Biosynthesewege nicht zwischen Schwefel und Selen unterscheiden können. Das PFR hat mehrere neue Selen enthaltende Glucosinolate in Brokkoli identifiziert (Matich et al. 2012, Matich et al. 2015) und konnte zeigen, dass diese Substanzen eine positive Rolle bei der menschlichen Immunantwort spielen (Bentley-Hewitt et al. 2014). Zusammen mit dem PFR etablierten wir verschiedene Selen-Düngungsvariationen in Gemüsen der Ordnung Brassicales (Radies, Rettich, Kapuzinerkresse, Ruccola, Brokkoli, Kohlrabi, Gartenkresse, Brunnenkresse, Pak Choi), welche sich im Glucosinolatprofil stark unterscheiden. Erste Ergebnisse mit Selen gedüngten Pflanzenextrakten (Radies) zeigen signifikante Änderungen in der Immunantwort von menschlichen Zellen, wenn sie diesen Extrakten ausgesetzt waren.

Indigene afrikanische Blattgemüse – neglected plants?

Das vom Bundesministerium für Bildung und Forschung geförderte GlobE-Projekt Hortinlea hat zum Ziel, die Lebens- und Ernährungssituation von Kleinbauern in Ostafrika zu verbessern. Das IGZ leitet das Teilprojekt »Health« über die Auswirkungen von frischem und verarbeitetem indigenem, afrikanischen Blattgemüse auf die menschliche Gesundheit. Gesundheitsbezogene Verbindungen werden identifiziert und quantifiziert. Zusätzlich werden Änderungen im Metabolitprofil dieser indigenen Blattgemüsearten durch Kultivierung und Prozessierung ermittelt. Auf diese Weise trägt das IGZ dazu bei, Ernährungsunsicherheit und »Hidden Hunger« in Afrika zu mindern. Ein Review-Artikel unserer Arbeitsgruppe thematisiert die Chancen und Risiken der Nutzung dieser »neglected plants« weltweit (Baldermann et al. 2016).

Indigene afrikanische Blattgemüse sind sehr unterschiedlich in ihren sekundären Pflanzenstoffen, wobei Gattung und Art einen großen Einfluss haben. Das spezifische sekundäre Metabolitprofil von afrikanischem Nachtschatten (*Solanum scabrum*), Spiderplant (*Cleome gynandra*), Amaranth (*Amaranthus cruentus*), Kuhbohne (*Vigna unguiculata*), abessinischem Kohl (*Brassica carinata*) und gemeinem Kohl (*Brassica oleracea*) ist sehr variabel und beinhaltet Carotinoide, Chlorophylle, Glucosinolate und phenolische Verbindungen, die alle einen Beitrag zu den gesundheitspräventiven Eigenschaften von indigenen afrikanischen Blattgemüsen leisten (Neugart et al. 2016). Exemplarisch treten verschiedene Quercetinglykoside wie Quercetin-3-rutinosid oder Quercetin-3-arabionosyl-diglucosid in hohen Konzentrationen in afrikanischem Nachtschatten, Spiderplant, Amaranth und Kuhbohne

3 Gartenbau, Umwelt und Verbraucher

3.1 Biodiversität – Vielfalt für die Gesundheit

auf. Zusätzlich werden die außergewöhnlichen Hydroxymizimsäurederivate wie Glucarsäureisomere und Isocitronensäureisomere in Amaranth und Spiderplant gefunden. Die Konzentration an Carotinoiden ist hoch in Amaranth und Spiderplant, welche auch hohe Konzentrationen von β -Carotin, dem Pro-Vitamin A, zeigt (Zusammenarbeit mit Schwerpunkt 3.2). Im Gegensatz zu den ubiquitär vorkommenden Phenolen und Carotinoiden sind Glucosinolate nur in abessinischen Kohl, gemeinem Kohl und Spiderplant zu finden und unterscheiden sich in ihrem Profil stark. Im Allgemeinen kann der Verzehr einer Vielzahl dieser indigenen afrikanischen Blattgemüse empfohlen werden, um verschiedene Vorteile, wie erhöhte antioxidative Aktivität, erhöhte Pro-Vitamin A Konzentrationen und erhöhte Konzentration antikanzergener Verbindungen in einer gesunden Ernährung zu nutzen. Das sowohl der Genotyp als auch Umweltfaktoren wichtig für die Ausbildung sekundärer Pflanzenstoffe sind, zeigt der Beitrag »Obst und Gemüse – wie gut ist die Massenware?« des BR Fernsehen in der Sendung »Faszination Wissen«, in dem die beiden Schwerpunkte »Sekundäre Pflanzenstoffe« und »Carotinoide und Apocarotinoide« ihre gemeinsamen Forschungsarbeiten dazu vorstellen.

Zur Identifizierung genotypischer Unterschiede in den Sekundärstoffprofilen verschiedener Blattamaranth wurden 14 Genotypen aus sechs Arten in einem randomisier-

ten Versuchsdesign angebaut. Anschließend wurden die lyophilisierten Blattproben hinsichtlich der Gehalte von polyphenolischen Verbindungen und Carotinoiden quantitativ analysiert. Dazu wurden methanolische Extrakte der verschiedenen Genotypen mittels HPLC-DAD-MSⁿ untersucht. Es konnten erstmalig Kaffeesäureester der Isocitronensäure und verschiedener bisher strukturell noch unbekannter Aldarsäuren isoliert und quantifiziert werden. Insgesamt wurden hohe Gehalte an Hydroxymizimsäurederivaten gefunden und im Vergleich moderate Mengen an Flavonoiden und Carotinoiden. Es zeigten sich signifikante genotypische Unterschiede. Zum Beispiel wiesen die Phenolsäureprofile von *A. cruentus* und *A. hypochondriacus* eine Mischung von Kaffeesäureisocitrat und -aldarateestern auf, während *A. hybridus* nur Isocitronensäureester der Kaffeesäure enthielt und *A. tricolor* nur die entsprechenden Aldarsäureester. Auch die Verteilung verschiedener Isomere (Struktur, Anzahl, Gehalt), z. B. in Hinblick auf die gefundenen Kaffeesäurealdarate, zeigte genotypische Unterschiede (Abb. 2). Die Ergebnisse der quantitativen Analyse wurden verwendet, um mittels hierarchischer Clusteranalyse Gruppierungen der genotypischen Sekundärstoffprofile sichtbar zu machen. Es konnte damit gezeigt werden, dass anhand des Sekundärstoffprofils eine genotypische Gruppierung möglich ist. Die meisten der quantifizierten Verbindungen sind, neben der teilweise

2

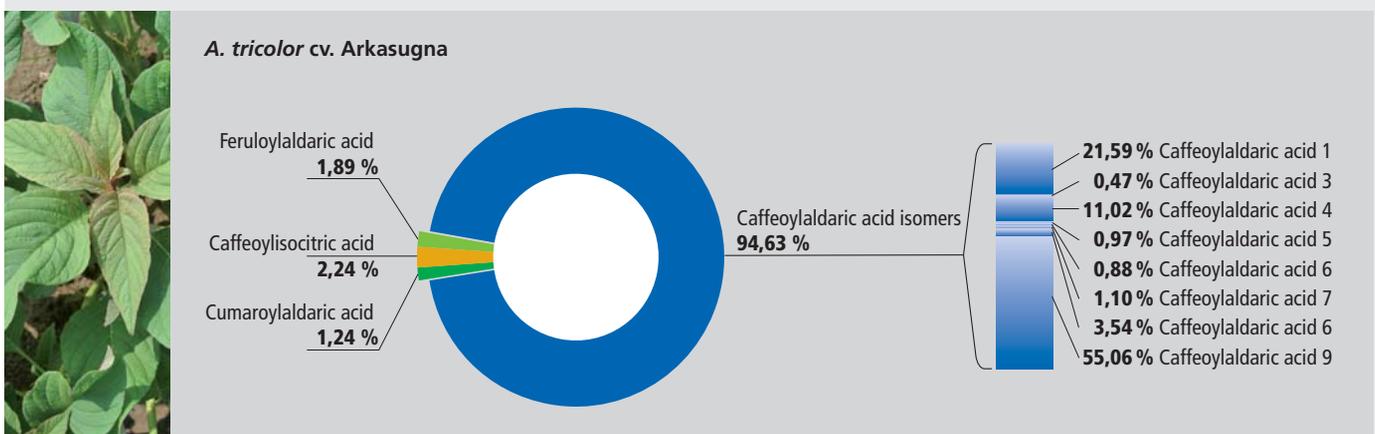
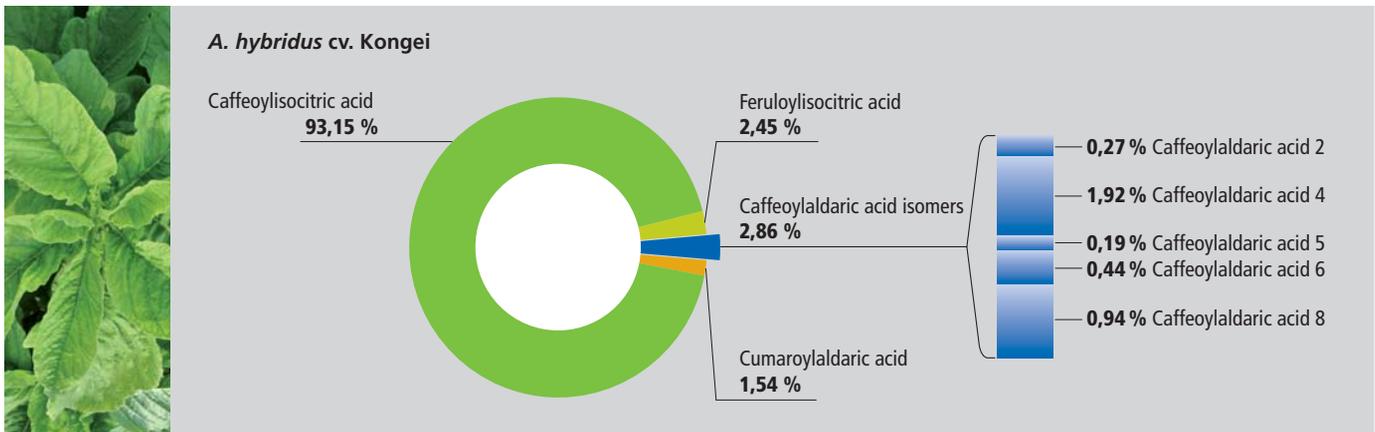


Abbildung 2
 Prozentuale Darstellung der Hydroxyzimtsäurederivate
 (Kreisdiagramm) und Kaffeoylaldarate (Stapelbalkendiagramm)
 verschiedener Amarantharten

noch unbekanntem Struktur, in Blick auf ihre Bioaktivität völlig unbekannt. Diese Arbeit wurde in Form eines Posters auf der 1. Food Chemistry-Konferenz in Amsterdam vorgestellt und als bestes Poster ausgezeichnet. Neben den pflanzenphysiologischen und biochemischen Untersuchungen werden auch sozioökonomische Aspekte in Zusammenarbeit mit dem Schwerpunkt »Entwicklungsökonomie« (1.3) in die Forschungsarbeiten einbezogen.

Sekundäre Pflanzenstoffe variieren mit UV-Elicitierung in der Vorernte und thermischer Prozessierung in der Nachernte.

In dem Projekt »SEcondaRy UV«, welches über das vom Bundesministerium für Bildung und Forschung Zwanzig20-Konsortium »Advanced UV for Life« (www.advanced-uv.de) finanziert wird, wird der Einfluss von schmalbandigen UVB-LEDs auf die Sekundärmetabolite untersucht. Ziel ist es, Gemüse als Lebensmittel mit »added value« zum Schutz vor Zellalterung und damit verbundenen altersabhängigen Erkrankungen (kardiovaskuläre, Stoffwechsel- oder Krebserkrankungen) zu generieren. Weiterhin wird innerhalb des Projekts zusammen mit Partnern aus der Gartenbaupraxis ein technisches Funktionsmuster (Mehrfarb-UVB-LED-Beleuchtungsein-

heit) zur Verwendung in der gartenbaulichen Produktion entwickelt. Ergebnisse unserer Arbeit zu UV als Regulator sekundärer Pflanzeninhaltsstoffe sind in einem Beitrag zum Buch III-Nitride Ultraviolet Emitters – Technology & Applications zusammengefasst (Schreiner et al. 2016). UV-Strahlung ist auch natürlicher Bestandteil von Niedrigtemperatur-Plasma. Wie Niedrigtemperatur-Plasma auf Proteine und phenolische Verbindungen von Erbse wirkt, haben wir mit Kollegen vom Leibniz-Institut für Agrartechnik und Bioökonomie e.V. (ATB) untersucht (Bussler et al. 2015, Neugart et al. 2015).

Wie Glucosinolate und andere Sekundärmetaboliten (Carotinoide, Flavonoide) beim Backen von Brot beeinflusst werden, wenn frisches Pflanzenmaterial in einen Brotteig eingearbeitet und gebacken wird, untersuchen wir aktuell im BMBF-geförderten Kompetenzcluster Ernährungsforschung Berlin-Brandenburg NutriAct: Nutritional Intervention: Food Patterns, Behavior, and Products (Abb. 3). Hierfür werden »Microgreens« (u.a. Pak Choi und Grünkohl »Microgreens«) als frisches Pflanzenmaterial in ein Brot eingebakken, um dieses mit gesundheitsfördernden, pflanzlichen Sekundärmetaboliten anzureichern. Erste Ergebnisse zeigen, dass die Sekundärmetabolite zum Teil erhalten bleiben und ihre Stabilität strukturabhängig ist. Verkostungen mit einem größeren Panel bei der »Langen Nacht der Wissenschaft Berlin-Potsdam

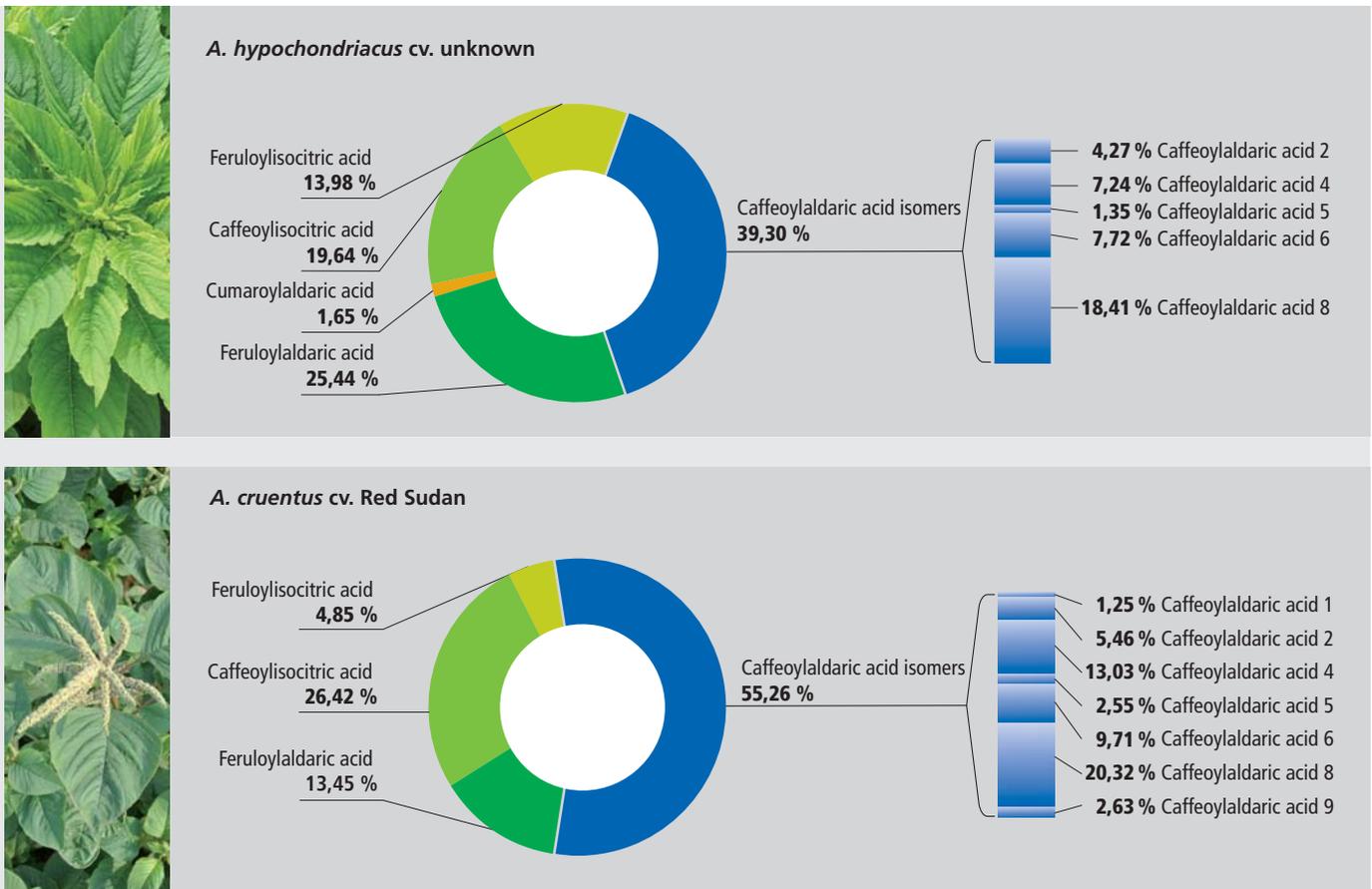


Abbildung 3

Herstellung von »Microgreen«-Brot im Projekt NutriAct

Abbildung 4

Prof. Dr. Wanka bei ihrer Sommerreise 2016:
Die Zukunft des Lebens im Alter

3 |



4 |



2016« ergaben eine gute Konsumentenakzeptanz. Auch die Bundesministerin für Bildung und Forschung Prof. Dr. Wanka und den Präsident der Leibniz-Gemeinschaft Prof. Dr. Kleiner konnten wir bereits von unserem gesunden »Microgreen«-Brot überzeugen (Abb. 4).

Referenzen

Baldermann, S., Blagojevic, L., Frede, K., Klopsch, R., Neugart, S., Neumann, A., Ngwene, B., Norkoweit, J., Schröter, D., Schröter, A., Schweiggert, R. M., Wiesner, M., Schreiner, M. (2016). Are Neglected Plants the Food for the Future? *Critical Reviews in Plant Sciences*, 1-14.

Bentley-Hewitt, K. L., Chen, R. K., Lill, R. E., Hedderley, D. I., Herath, T. D., Matich, A. J., McKenzie, M. J. (2014). Consumption of selenium-enriched broccoli increases cytokine production in human peripheral blood mononuclear cells stimulated ex vivo, a preliminary human intervention study. *Mol Nutr Food Res* 58, 2350-2357.

Bussler, S., Herppich, W. B., Neugart, S., Schreiner, M., Ehlbeck, J., Rohn, S., Schlueter, O (2015). Impact of cold atmospheric pressure plasma on physiology and flavonol glycoside profile of peas (*Pisum sativum* 'Salamanca'). *Food Research International* 76, 132-141.

Hanschen, F. S., Herz, C., Schlotz, N., Kupke, F., Bartolomé Rodríguez, M. M., Schreiner, M., Rohn, S., Lamy, E. (2015). The Brassica epithionitrile 1-cyano-2,3-epithiopropane triggers cell death in human liver cancer cells in vitro. *Molecular Nutrition & Food Research* 59, 2178-2189.

Hanschen, F. S., Klopsch, R., Oliviero, T., Schreiner, M., Verkerk, R., Dekker, M. (2016). Optimizing isothiocyanate formation during enzymatic glucosinolate breakdown by adjusting pH value, temperature and dilution in Brassica vegetables and *Arabidopsis thaliana*. *Scientific Reports* 7: 40807

Hanschen, F. S., Schreiner, M. (2016). Epithionitriles, nitriles and cancer preventive isothiocyanates from glucosinolates are affected by head ontogeny and cultivar in Brassica oleracea varieties *Frontiers in Plant Science*, in preparation.

Klopsch, R., Witzel, K., Börner, A., Schreiner, M., Hanschen, F. S. (2016). Genotypic variation of glucosinolates and their hydrolysis products in a germplasm collection of *Brassica rapa* turnips. *Food Res. Int.* submitted.

Kupke, F., Herz, C., Hanschen, F. S., Platz, S., Odongo, G., Helmig, S., Bartolomé Rodríguez, M., Schreiner, M., Rohn, S., Lamy, E. (2016). Cytotoxic and genotoxic potential of food-borne nitriles in a liver in vitro model. *Scientific Reports* 6, : 37631

Matich, A. J., McKenzie, M. J., Lill, R. E., Brummell, D. A., McGhie, T. K., Chen, R. K., Rowan, D. D. (2012). Selenoglucosinolates and their metabolites produced in Brassica spp. fertilised with sodium selenate. *Phytochemistry* 75, 140-152.

Matich, A. J., McKenzie, M. J., Lill, R. E., McGhie, T. K., Chen, R. K., Rowan, D. D. (2015). Distribution of selenoglucosinolates and their metabolites in brassica treated with sodium selenate. *J Agric Food Chem* 63, 1896-1905.

Neugart, S., Baldermann, S., Ngwene, B., Wesonga, J., Schreiner, M. (2016). Indigenous Leafy Vegetables of Eastern Africa - a Source of Extraordinary Secondary Plant Metabolites. *Food Research International*, submitted.

Neugart, S., Rohn, S., Schreiner, M. (2015). Identification of complex, naturally occurring flavonoid glycosides in *Vicia faba* and *Pisum sativum* leaves by HPLC-DAD-ESI-MSn and the genotypic effect on their flavonoid profile. *Food Research International* 76, 114-121.

Schreiner, M., Mewis, I., Neugart, S., Zrenner, R., Glaab, J., Wiesner, M., Jansen, M. A. (2016). UV-B Elicitation of Secondary Plant Metabolites. III-Nitride Ultraviolet Emitters. Springer, pp. 387-414.

Weitere Leistungen

Potsdamer Tag der Wissenschaften 09.05.2015 »Köstlich und gesund – Der Qualität von Tomaten auf der Spur«.

Forschungsstipendium des IGZ und Josef-Schormüller Stipendium für Franziska Hanschen Februar-April 2015 und Juni 2016 Neuseeland (The New Zealand Institute for Plant and Food Research)

Forschungsstipendium des Bundesministeriums für Landwirtschaft und Ernährung und der Royal Society of New Zealand für Melanie Wiesner September 2015 und November 2016 – Januar 2017 Neuseeland (The New Zealand Institute for Plant and Food Research)

World Café on neglected plants 15.10.2015 Summer School »Future Food« NDR Fernsehen 18.01.2016 »45Min – Glaubensfrage Ernährung« *Functional Food*

UV4Plants Training School 01.-02.06.2016 Phenolic acids and flavonoids-antioxidants and shielding components

Lange Nacht der Wissenschaften 11.06.2016 Gesundes Essen für gesundes Altern: 1 Ernährungsmuster und gesundheitsfördernde, sekundäre Pflanzeninhaltsstoffe, 2 Variation des Gehaltes sekundärer Inhaltsstoffe in der Pflanze, 3 Gesundheitsfördernde Pflanzenstoffe in der Lebensmittelproduktion

Sommerreise »Die Zukunft des Lebens im Alter« der Bundesministerin Johanna Wanka (BMBF) 01.08.2016 Vertretung des IGZ am DfE zur Vorstellung des NutriAct Projektes

Podiumsdiskussion: Hülsenfrüchte – ein altes Nahrungsmittel mit großer Zukunft 28.10.16 Vertretung des IGZ zur Vorstellung des NutriAct Projektes

Best Poster Award for David Schröter 01.11.2016 1st Food Chemistry Conference

BR Faszination Wissen 08.11.2016 Obst und Gemüse – wie gut ist die Massenware?

Abbildung 1

Ablauf einer Profiling-Analyse von flüchtigen Verbindungen freigesetzt von Tomaten unter unterschiedlichen Anbaubedingungen (z.B. Errard et al. 2015)

Abbildung 2 (alb)

Analyse von flüchtigen Verbindungen mittels GC-QQQ (unten) und nichtflüchtigen Verbindungen mittels UHPLC-QToF (folgende Seite)

3.2 Derzeit noch unentdeckt – Qualitätsbeurteilung pflanzlicher Lebensmittel mittels nicht-zielgerichteter Analytik (Metabolomics)

SUSANNE BALDERMANN, LARA BLAGOJEVIĆ, KATJA FREDE,
AUDREY ERRARD, JIANG SHI



1

Die Anforderungen an die Qualität pflanzlicher Lebensmittel haben sich in den letzten Jahren stark gewandelt und neben dem Erscheinungsbild werden pflanzliche Lebensmittel reich an bioaktiven Inhaltsstoffen vermehrt nachgefragt (Nestlé-Studie 2012); d.h. die Qualität eines Lebensmittels wird nicht mehr an einem oder wenigen Merkmalen bestimmt, sondern an einer Vielzahl von Inhaltsstoffen. Dieser Wandel bringt auch neue Herausforderungen im analytischen Bereich. Neben der klassischen zielgerichteten Analytik, die nur die Gehalte weniger be-

kannter Verbindungen erfasst, ermöglicht der Einsatz hochleistungsfähiger Analysetechniken eine viel größere Anzahl von Metaboliten qualitativ und quantitativ zu erfassen. Welche Unterstützung können diese Techniken in unserer Forschung leisten? Sie können u.a. dazu beitragen, das Verständnis der Auswirkungen unterschiedlicher Anbauweisen oder Lagerungsbedingungen auf die Qualität eines Lebensmittels besser zu verstehen. Das Metabolom selbst repräsentiert den aktuellen Stoffwechselzustand und Reaktionen der Pflanzen auf äußere und innere Einflüsse (Licht, Temperatur, Anwesenheit von Mikroorganismen oder chemische Elicitoren) lassen sich durch Metabolomanalyse erkennen. Bei der Metabolom-Analytik ist es das Ziel, einen möglichst großen Teil des jeweiligen Metaboloms, d.h. mehrere hundert bzw. im Idealfall mehrere tausend Verbindungen analytisch zu erfassen, unabhängig davon, ob es sich um bekannte oder unbekannte Metaboliten handelt. Somit ermöglicht Metabolomics bisher nicht bekannte oder nicht beachtete Unterschiede zwischen Proben zu erkennen.

2a l



Ablauf einer nicht-zielgerichteten Metabolomanalyse

Grundlegende Schritte einer Metabolomanalyse sind: Probennahme, Extraktion, Analyse, Data-Mining, statistische Analyse und Visualisierung (Abb. 1). Jede Metabolomanalyse beginnt mit der Probennahme, die möglichst am Ort des Versuches erfolgt. Da statistische Analysen ein wichtiger Bestandteil von Metabolomics bzw. Profiling-Analysen sind, muss der Probenumfang eine statistisch relevante Größe umfassen. Im Anschluss erfolgt die Extraktion. Diese sollte möglichst viele Metaboliten reproduzierbar erfassen, einfach und schnell durchzuführen und an die nachfolgende Analytik angepasst sein. Für die Anreicherung flüchtiger Verbindungen haben in

3 Gartenbau, Umwelt und Verbraucher

3.2 Derzeit noch unentdeckt – Qualitätsbeurteilung pflanzlicher Lebensmittel mittels nicht-zielgerichteter Analytik (Metabolomics)

2b1



den letzten Jahren vor allem die Verwendung lösemittelfreier Extraktionsmethoden an Bedeutung gewonnen. Für die direkte Probenahme werden u.a. SPME-Fasern (englisch: Solid Phase MicroExtraction, SPME) und Twister (englisch: Stir Bar Sorptive Extraction (SBSE), (Abb. 1) verwendet (Errard et al. 2015). Aufgrund des einfachen Handlings sind diese Methoden besonders schnell. Für Quantifizierungen sind die Bedingungen konstant zu halten, da die Beladung der Oberfläche (Gleichgewichtseinstellung) von vielen Faktoren beeinflusst wird: wie z.B. Probenmenge, Temperatur und Extraktionsdauer. Bei den nichtflüchtigen Verbindungen werden die Proben homogenisiert und häufig mit leicht angesäuerten methanolischen Lösungen extrahiert. Nichtlösliche Matrixbestandteile werden durch Zentrifugation bzw. Filtration entfernt. Die Analyse der flüchtigen Verbindungen erfolgt effizient mittels gaschro-

matographischer Verfahren (GC) und der nicht-flüchtigen mittels flüssigkeitschromatographischer Verfahren (LC) gekoppelt mit Massenspektrometrie (Abb. 2). Während die hochauflösende Massenspektrometrie in der LC routinemäßig eingesetzt wird, sind im Augenblick noch keine umfassenden hochauflösenden Datenbanken für flüchtige Metaboliten verfügbar. Für Screening-Verfahren zum Vergleich von Datensätzen unterschiedlicher Proben wie z.B. Lebensmittelgruppen, behandelte/unbehandelte Proben ist der Einsatz moderner Softwarelösungen von der Peakerkennung, statistischen Datenanalyse bis hin zur automatisierten Identifizierung der Verbindungen von großem Nutzen (Abb. 3). Über die exakte Masse und im Idealfall Fragmentspektren erfolgt dann die vorläufige Identifizierung. Die Identität der Analyten wird wenn möglich durch Referenzsubstanzen abgesichert.

3

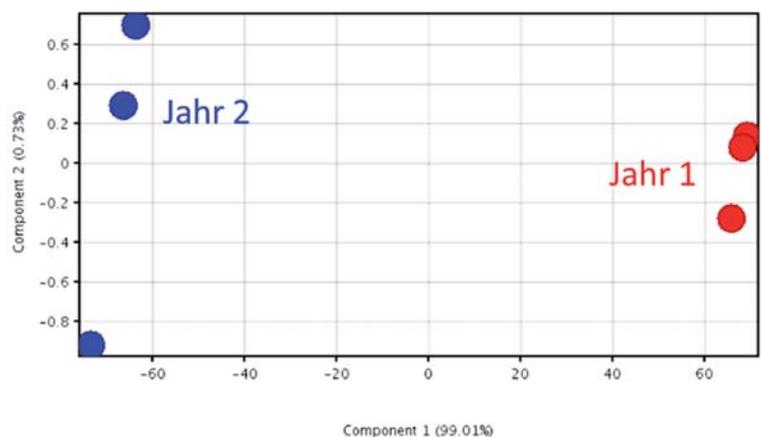
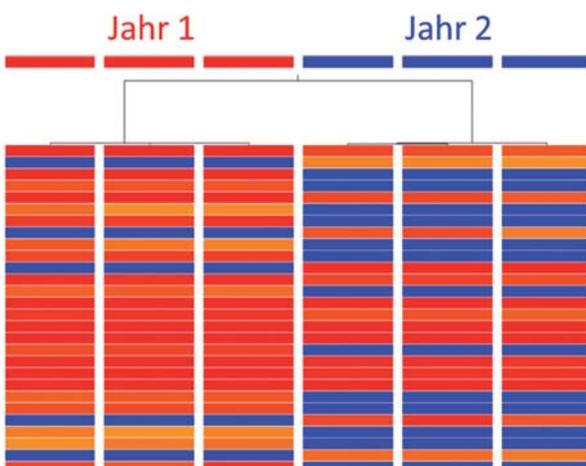


Abbildung 3

Ergebnisse einer Clustering-Analyse (niedrige Konzentration – blau, hohe Konzentration – rot) der signifikant unterschiedlich konzentrierten flüchtigen Inhaltsstoffe (t-Test, $p < 0,05$, mind. in 70% einer Probengruppe vorhanden) und PCA von Proben geerntet in zwei Jahren

Anwendungsbeispiele

Neben der zielgerichteten Analyse der Carotinoide und Apocarotinoide unterstützen Profiling (Metabolomics)-Ansätze verschiedene Bereiche unserer Forschung, wie zum Beispiel

- Authentizität von Lebensmitteln (Baldermann et al. 2014),
- Ursprungsbestimmungen (Harb et al. 2016),
- Aufklärung von Biosynthesewegen (Baldermann et al. 2010),
- Untersuchung von abiotischen und biotischen Einflüssen auf die Pflanzenbiochemie (Errard et al. 2015, in Zusammenarbeit mit Schwerpunkt 3.1, 4.2 und 2.3),
- Identifizierung biologisch aktiver Verbindungen (Tran et al. 2016, Herz et al. 2016).

Weitere Anwendungsbereiche wie z. B. das Screening von Inhaltsstoffen von seltenen und bisher wenig genutzten einheimischen und ausländischen Pflanzen werden zukünftig den Anwendungsbereich von Metabolomics in unserem Institut erweitern (Baldermann et al. 2016, Neugart et al. 2016, Zusammenarbeit mit Schwerpunkt 3.3). Unsere analytische Plattform findet nicht nur in den eigenen Arbeiten Anwendung, auch Gastwissenschaftler, u.a. Shiori Kamiya (Shizuoka University, Japan); Guiseppe Pignata (University of Turin, Italien); Lina Mier, (Universidad Autónoma de Querétaro, Mexiko), Jamil Harb (Birzeit University, Palästina), haben ihre Proben damit näher charakterisiert. Derzeit ist Herr Jiang Shi (China) mit einem Stipendium des China Science Councils CSC zu Gast, um die komplexen Änderungen während der Teeproduktion mittels Multi-,omics' zu erfassen.

Fazit

Moderne Analysetechniken und damit verbundene Softwarelösungen bieten eine Vielzahl neuer Möglichkeiten komplexe Veränderungen unter verschiedensten Bedingungen zu erfassen, wie z. B. Vor- und Nacherteeffekte. Neben der Unterscheidung von Produkten (Ursprung, behandelt/unbehandelt usw.), ist auch die mechanistische Untersuchung des Einflusses verschiedener biotischer und abiotischer Faktoren möglich. Durch die Kombination von ziel- und nicht zielgerichteter Analytik mittels hochleistungsfähiger Analysetechniken lassen sich mehrere hundert Substanzen in einem einzigen Lebensmittel charakterisieren und Rückschlüsse auf biochemische Änderungen unter dem Einflussfaktor ziehen. Unser Ziel ist es, zukünftig eine viel größere Anzahl von Metaboliten qualitativ und quantitativ zu erfassen und gemeinsam mit dem Schwerpunkt 3.1 die Plant²Omics-Plattform zu etablieren.

Referenzen

Baldermann, S., Blagojević, L., Frede, K., Klopsch, R., Neugart, S., Neumann, A., Ngwene, B., Norkoweit, J., Schröter, D., Schweigert, J.F., Wiesner, M., Schreiner, M. (2016). Are neglected plants the food for the future? *Critical Review in Plant Science* 35(2): 106–119

Baldermann, S., Hirata, H., Ueda, Y., Winterhalter, P., Fleischmann, P., Watanabe, N. (2010). Changes in pigmentation and scent release during the floral development in *Rosa chinensis* »Mutabilis«. In: *Advances and Challenges in Flavour Chemistry and Biology*, T. Hofmann, W. Meyerhof, P. Schieberle (ed.) 201–206

Baldermann, S., Yang, Z.Y., Katsuno, T., Tu, V.A., Mase, N., Nakamura, Y., Watanabe, N. (2016). Discrimination of Green, Oolong, and Black Teas by GC-MS analysis of characteristic volatile flavor compounds, *American Journal of Analytical Chemistry*, 5, 620–632

Errard, A., Baldermann, S. (2015). Aromastoffe: Ständig auf der Flucht: Analyse flüchtiger Inhaltsstoffe mit Tenax, Twister, SPME und Monotrap. *Food-Lab* 3, 6–8 (2015).

Errard, A., Ulrichs, C., Kühne, S., Mewis, I., Drungowski, M., Schreiner, M., Peterkin, J., Baldermann, S. (2015). Single-versus multiple-pest infestation affects differently the biochemistry of tomato (*Solanum lycopersicum* Ailsa Craig), *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 63, 10103–11

Herz, C., Tran H., Márton, Mr., Maul, R., Baldermann, S., Schreiner M., Lamy, E. Evaluation of an aqueous extract from horseradish root (*Armoracia rusticana radix*) against lipopolysaccharide-induced cellular inflammation reaction, *Evidence-based Complementary and alternative Medicine*, submitted.

<http://www.nestle.de/verantwortung/nestle-studie2012>

Neugart, S., Baldermann, S., Ngwene, B., Wesonga, J., Schreiner, M. (2016). Indigenous leafy vegetables of eastern Africa – a source of extraordinary secondary plant metabolites. *Food Research International*, submitted.

Tran, H.T.T., Márton, M.R., Herz, C., Maul, R., Baldermann, S., Schreiner, M., Lamy, E. (2016). Nasturtium (Indian cress, *Tropaeolum majus nanum*) dually blocks the COX and LOX pathway in primary human immune cells. *Phytomedicine* 23(6):611–620

Harb, J., Saleh, O., Baldermann, S. (2016). Profiling of *Thymus capitatus* and *Teucrium capitatum* secondary metabolites and odor volatiles collected from temperate and semi-arid regions in Palestine, *Poster MRI-Conference*

Weitere Leistungen

Potsdamer Tag der Wissenschaften 09.05.2015 »Köstlich und gesund – Der Qualität von Tomaten auf der Spur«

World Café on neglected plants 15.10.2015 Summer School »Future Food«

BR Faszination Wissen 08.11.2016 Obst und Gemüse – wie gut ist die Massenware?

Stipendium Jiang Shi (CSC No.201503250084), Assessing the response after methyl jasmonate on secondary metabolites in fresh tea leaves using a multiple omics.

3.3 Holzaschedüngung bei Substratkulturen – Wirkung in kurzer Zeit

ANJA MÜLLER

Die Vorteile der bodennahen Verwendung von Holzaschen werden auf landwirtschaftlichen Flächen zunehmend genutzt. Hierbei findet vorrangig die Kalkwirkung der stark alkalischen Holzasche Verwendung. Zusätzlich enthält Holzasche wertvolle Pflanzennährstoffe, die größten Anteile bilden Kalzium, Kalium, Magnesium und wichtige Mikronährstoffe wie Zink und Bor. Inwieweit aber eignen sich Holzaschen zur schnellen Nährstoffversorgung von Pflanzen in Substratkulturen? Sind die Elemente Kalzium und Kalium bereits nach zehn Wochen gleichermaßen pflanzenverfügbar? Werden bei intensiver Holzaschedüngung die Vorsorgewerte für Schwermetalle überschritten? Am IGZ wurden diese Fragen in einem Düngeversuch im Rahmen des Projektes BioDüngung des Zentralen Innovationsprogramms Mittelstand (ZIM) untersucht. Um die Variabilität ihrer Zusammensetzung darzustellen, wurden Kesselaschen aus drei unterschiedlichen Mischungen naturbelassener Hölzer verwendet.

Der Versuch

Die im Gefäßversuch getesteten Holzaschen wurden im Jahr 2015 von der BKS Bio-Kraftwerk Schkölen GmbH hergestellt, dazu wurde reine Rostasche (=Kesselasche) unter Ausschluss anderer Aschefractionen aus dem Rauchgasweg gesammelt. Das Brennmaterial bestand einerseits aus Restholz der Landschaftspflege (LP) andererseits aus reinem Forst-Stammholz (FS). Aus dem getrennt getrockneten und gehäckselten Ausgangsmaterial wurden vor dem Verbrennen Mischungen erstellt mit den Gewichtsanteilen 70/30, 50/50 oder 0/100 (% LP/FS). Die daraus gewonnenen Kesselasche-Varianten werden nachfolgend KA1, KA2 und KA3 genannt. Das Pflanzsubstrat, ein sandiger Oberboden (Bodenart S) wurde zunächst mit einer mineralischen Basisdüngung versehen (Stickstoff: 200 mg kg⁻¹; Phosphor: 80 mg kg⁻¹; Kalium: 150 mg kg⁻¹; Magnesium: 100 mg kg⁻¹; Kalzium: 30 mg kg⁻¹; Eisen, Zink,

Kupfer: je 10 mg kg⁻¹). Das Pflanzsubstrat wurde anschließend mit 12 g L⁻¹ der jeweiligen Kesselasche gemischt beziehungsweise ohne Aschezugabe belassen.

Anschließend wurde jedes Pflanzgefäß mit 2,4 L des jeweiligen Substrates befüllt. Darin wurde Sorghumhirse (*Sorghum bicolor* L.) ausgesät und später vereinzelt (je Topf eine Pflanze) und diese für zehn Wochen im Gewächshaus kultiviert.

Resultierende Nährstoffgehalte in den Kesselaschen

Die Aschevarianten unterschieden sich stark in ihren Makro- und Mikronährstoffgehalten, die Düngequalität verbesserte sich mit zunehmendem Anteil von Forst-Stammholz im Ausgangsmaterial. Bei den Elementen Kalium, Kalzium, Phosphor und Bor waren die Gehalte in Asche KA3 sogar mehr als doppelt so hoch im Vergleich mit Asche KA1. Ebenfalls deutlich höher lagen die Werte von Magnesium und Kupfer.

Pflanzenverfügbares Kalium nach zehn Kulturwochen

Die Holzaschedüngung führte bereits nach zehn Kulturwochen zu einer deutlich erhöhten Pflanzenaufnahme von Kalium. Die Düngung mit KA3 erhöhte den Gesamtkaliumgehalt im Spross um 90 % gegenüber der Variante ohne Aschezugabe. Die K-Konzentration im Spross wurde damit von ausreichenden 3 % (ohne Asche) auf etwa 5,5 % (mit KA3) gesteigert. Auch die Aufnahme des Mikronährstoffes Zink wurde beeinflusst. Obwohl in allen Varianten bereits eine hohe Zink-Verfügbarkeit bestand, lag der Zink-Gehalt im Spross durch die Aschedüngung dennoch im höchsten Fall etwa 40 % über dem der Variante ohne Aschedüngung.



Abbildung 1

Im Projekt hergestellte Kesselasche aus unbehandeltem Waldholz und Restholz der Landschaftspflege als loses Schüttgut bzw. gebunden in Form von Granulat und Pellets

	Ca	K	Mg	P	B	Cu	Fe	Zn
Kesselasche-Variante	% i. d. TM				mg kg ⁻¹ i. d. TM			
KA1 (70/30 % LP/FS)	5,1	2,3	1,1	0,32	72	73	3,3	100
KA2 (50/50 % LP/FS)	7,9	4,1	1,4	0,49	83	74	2,2	473
KA3 (0/100 % LP/FS)	12,9	5,7	1,6	0,65	165	134	1,6	191

Tabelle

Nährstoffgehalte der verwendeten Kesselaschen KA1–KA3 aus Mischungen von Restholz aus der Landschaftspflege (LP) und Forst-Stammholz (FS)

Anders verhielt es sich in diesem Zeitraum bei der Freisetzung von Kalzium. Trotz des hohen Kalziumeintrages in das Substrat durch die Kesselaschen blieb hier die Aufnahme in den Pflanzenspross noch deutlich hinter der Variante ohne Aschedüngung. Die Pflanzen wiesen jedoch in keiner der Varianten einen physiologischen Kalzium-Mangel auf. Ein ähnlicher Trend war auch bei der Aufnahme von Magnesium und Phosphor in den Pflanzenspross erkennbar.

Die natürliche Alkalinität der Kesselaschen (pH-Wert 11-12,7) führte bei der Applikationsmenge von 12 g je Liter auch zu Veränderungen im Pflanzsubstrat. Gegenüber der aschefreien Variante mit einem pH-Wert von etwa 6,7 wurde der Wert um 0,9; 1,3 und 2,0 Einheiten in den Varianten KA1; KA2 und KA3 erhöht. Hierbei ist eine Immobilisierung von Kalzium und Phosphor aufgrund der durch die Aschedüngung erzeugten hohen pH-Werte nicht auszuschließen. Eine durch die Holzashedüngung induzierte Wuchsreduktion bestand jedoch nicht. Die Pflanzen waren in allen Varianten

Abbildung 2

Gehalt (% i. d. TM) von Kalium, Kalzium und Zink in der Sprosstrockenmasse (Blatt und Stängel) nach zehn Kulturwochen. Blau markiert ist der Bereich des ausreichenden Mineralstoffgehaltes in der Blatttrockenmasse von Sorghumhirse (nach BERGMANN, 1993)

statistisch gleich bezüglich ihrer Sprosstrockenmasse (13±3 g Pflanze⁻¹) und Gesamt-Stickstoffaufnahme in den Spross (360±40 mg Pflanze⁻¹).

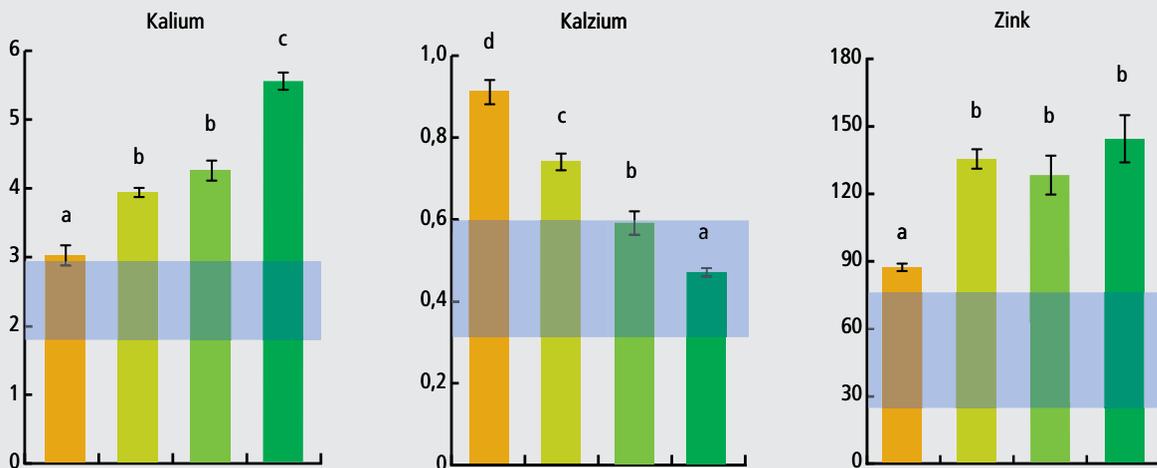
Schwermetallgehalte in Asche und Substrat blieben in den vorgeschriebenen Grenzen

Die Schwermetallgehalte der einzelnen Aschen variierten deutlich, jedoch unabhängig von der gewählten Art der Kesselasche. Die vorgeschriebenen Grenzwerte der Düngemittelverordnung (DüMV 2012) wurden in allen Fällen eingehalten.



2

Düngevariante: ■ ohne Asche ■ KA₁ ■ KA₂ ■ KA₃



Dargestellt ist der Mittelwert ± der Standardabweichung (n=4), unterschiedliche Buchstaben zeigen statistisch signifikante Unterschiede (P<0,05).

3. Gartenbau, Umwelt und Verbraucher

3.3 Holzaschedüngung bei Substratkulturen – Wirkung in kurzer Zeit

Abbildung 3

Anteil des Schwermetallgehaltes im Topfsubstrat bei Versuchsbeginn in % des jeweiligen Vorsorgewertes für Sandböden (BBodSchV)

Kesselasche-Variante	Blei	Cadmium	Chrom	Nickel
KA1 (70/30 % LP/FS)	10	1,1	122	40
KA2 (50/50 % LP/FS)	16	0,8	85	31
KA3 (0/100 % LP/FS)	8	1,3	79	34
Grenzwert DüMV (2012)	150	1,5	–	80

Tabelle

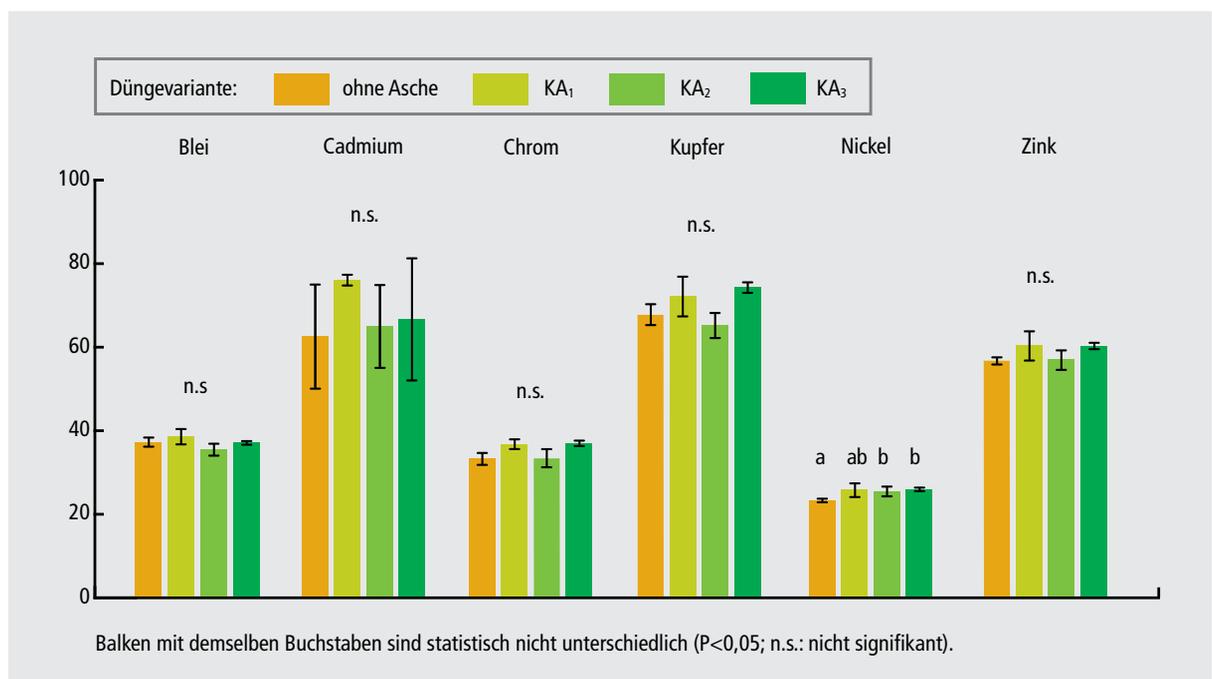
Schwermetallgehalte (mg kg^{-1} i. d. TM) der verwendeten Kesselaschen KA1–KA3 im Vergleich mit dem jeweiligen Grenzwert der Düngemittelverordnung (DüMV)

Anhand von Vorsorgewerten der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV 1999) kann eine mögliche Schwermetallakkumulation für verschiedene Bodenarten bewertet werden. Dabei wird auch der jeweilige Hintergrundwert im vorhandenen Boden berücksichtigt. Der vorliegende Gefäßversuch machte deutlich, dass trotz der hohen Applikationsmenge die jeweiligen Vorsorgewerte der untersuchten Schwermetalle stets unterschritten wurden. Der Gehalt von Blei, Cadmium, Chrom, Kupfer und Zink in den Topfsubstraten vor Versuchsbeginn blieb statistisch gleich verglichen mit dem Hintergrundwert der Variante ohne Aschedüngung. Lediglich der Nickelgehalt war geringfügig erhöht. Im Falle langjähriger Düngung mit Holzasche im Feld müsste auf eine mögliche Schwermetallakkumulation geachtet werden, bei der einmaligen Aufdüngung von Kultursubstraten mit Holzasche ist jedoch keine Grenzwertüberschreitung zu erwarten.

Bedeutung für die Praxis

- Im Versuch führte die Holzaschedüngung zu einer deutlichen Steigerung der pflanzlichen Aufnahme von Kalium, nicht jedoch von Kalzium. Unter der Annahme das Kalium aus dieser Asche sofort pflanzenverfügbar ist, würde bei einem mittleren Gehalt von 4% Kalium in der Kesselasche eine Zugabe von etwa $7,5 \text{ g L}^{-1}$ Kesselasche ausreichen, um einen düngewirksamen Gehalt von ca. 300 mg Kalium je Liter Substrat zu erzielen.
- Auch der Mikronährstoff Zink wurde bei kesselaschedüngten Pflanzen vermehrt aufgenommen. Sofern die verwendete Asche mit den Schwermetallgrenzwerten der Düngemittelverordnung konform ist, sind keine übermäßigen Einträge von Schwermetallen (v.a. Cadmium, Blei) bei der einmaligen Aufdüngung von Substraten zu erwarten.
- Unter den gegebenen Versuchsbedingungen wurde der pH-Wert im Sand-Substrat um bis zu 0,16 Einheiten je 1 g L^{-1} gedüngter Kesselasche erhöht. Die maximale Düngemenge bei der Kaliumdüngung über Kesselaschen ist also wesentlich durch deren Kalkwirkung begrenzt und richtet sich u.a. nach dem Ausgangs- und Ziel-pH-Wert des verwendeten Substrates sowie dem pH-Wert-Anspruch der Kultur.

31





4 Globale Änderungen im 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 Steuerung des Mikroklimas für eine effiziente Pflanzenproduktion

CARMEN FELLER, JAN GRÄFE

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.

Wieviel Kälteeinheiten sind für einen guten Start in die Spargelsaison notwendig?

Die Temperaturen während der Dormanzphase (Ruhephase) des Spargels (*Asparagus officinalis* L.) beeinflussen das Austriebsverhalten von Spargel in zwei Richtungen, einerseits hinsichtlich der Frühzeitigkeit und andererseits hinsichtlich der Austriebsintensität.

Für Versuche zu dieser Fragestellung erfolgte die Kultivierung von ein- bzw. zweijährigen Kronenpflanzen in 2l-Töpfen. Nach dem Absterben des Krautes erfolgte die Etablierung der Temperaturvarianten von -5°, 0°, 5° und 10 °C für eine 42-tägige Kälteperiode. Nach dieser Kälteperiode wurden jeweils acht Pflanzen der Temperaturvarianten in Klimakammern mit Austriebstemperaturen von 12°, 16° und 20 °C überführt. Zusätzlich wurden verschiedene Sorten und der Effekt von fluktuierenden Temperaturen während der Kälteperiode auf das Austriebsverhalten untersucht. Gemessen wurde die Dauer der Austriebsperiode als Anzahl Tage nach Beendigung der Kälteperiode bis zum sichtbaren Wachstumsbeginn (Bud Break) der ersten Stange. Die Töpfe standen in den Klimakammern im Dunkeln und die Kronen waren nur minimal mit Erde bedeckt, so dass der Bud Break gut sichtbar war. Wenn die Stangen eine Länge von 100 mm erreicht hatten, wurden sie abgeschnitten. Zur Bewertung der Austriebsintensität erfolgte die Zählung der Stangen je Topf

vom Zeitpunkt des Bud Breaks bis zum Erreichen von 250° Tagen (Tage*Grad). Dies war bei einer Austriebstemperatur von 12°C nach 21 Tagen und bei 16°C bzw. 20°C nach 16 bzw. 13 Tagen der Fall. Die Größenordnung 250 Grad-Tagen wurde gewählt, da das Stangenwachstum stark temperaturabhängig ist und ansonsten kein temperaturunabhängiger Vergleich der Austriebsintensität bei verschiedenen Austriebstemperaturen realisierbar ist.

Frühzeitigkeit

In Abb. 1 ist die Dauer der Austriebsperiode in Abhängigkeit von der Austriebstemperatur und der Temperatur in der Kälteperiode für verschiedene Sorten dargestellt. Bei einer niedrigen Austriebstemperatur um 12 °C ist die Zeitspanne bis zum Wachstumsbeginn der Stangen deutlich länger als bei höheren Temperaturen. Diese Zeitspanne ist zusätzlich von der Temperatur in der Kälteperiode abhängig. Lag die Temperatur in der Kälteperiode bei 0 °C so ist bei einer Austriebstemperatur von 12 °C die Zeitspanne um bis zu 50 % verkürzt. Der Kälteeffekt nimmt mit steigender Austriebstemperatur ab und ist bei Austriebstemperaturen um 20 °C deutlich geringer, scheint aber nicht ganz zu verschwinden.

Fluktuierende Temperaturen in der 42-tägigen Kälteperiode verstärkten den Effekt der Frühzeitigkeit (Abb. 2) insbesondere bei niedrigen Austriebstemperaturen von 12 °C.

Austriebsintensität

In dem Jahr 2007 mit einem sehr milden Winter wurde beobachtet, dass die Austriebsintensität gering war. Die Ergebnisse der in Großbeeren durchgeführten Untersuchungen belegen die Richtigkeit der damals aufgestellten Hypothese: »eine unzureichend kalte Periode hinsichtlich tieferer Temperaturen (unter 5 °C) in Rhizomnähe beeinträchtigt die Austriebsintensität.«

In der Abb. 3 sind die Ergebnisse für die untersuchten Sorten dargestellt. Bei Austriebstemperaturen von 16° und

1 | 2 |

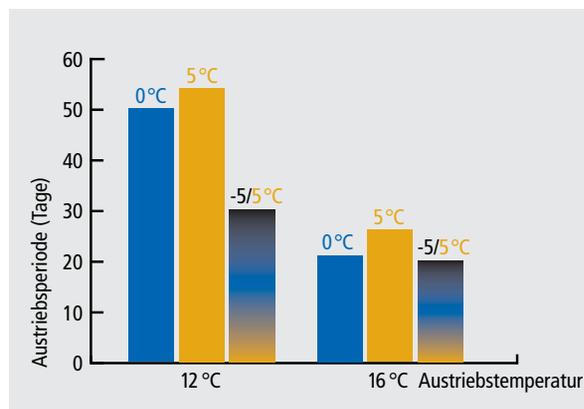
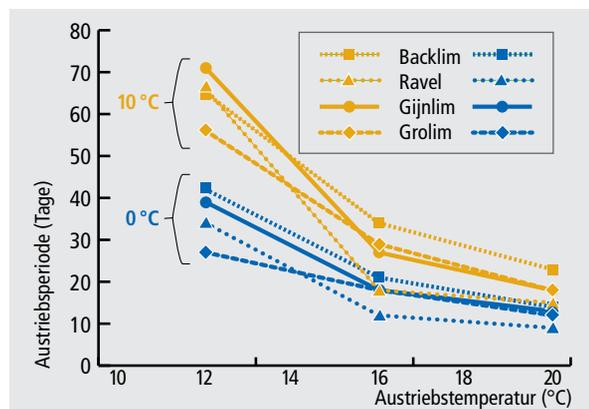


Abbildung 1

Zeitdauer vom Ende der Dormanzphase bis zum Austriebsbeginn in Abhängigkeit von der Austriebstemperatur und der Temperatur in der Kälteperiode, Versuch 2009/2010

Abbildung 2

Zeitdauer vom Ende der Dormanzphase bis zum Austriebsbeginn in Abhängigkeit von der Austriebstemperatur und der Temperatur in der Kälteperiode (0°, 5°C, fluktuierend je drei Wochen -5°C und 5°C), Sorte 'Gijnlim', Versuch 2008/2009

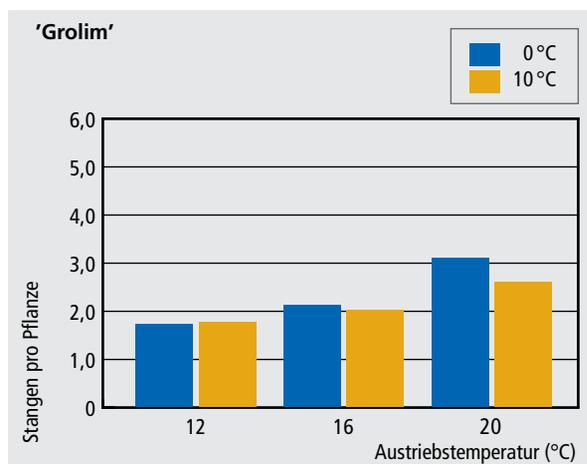
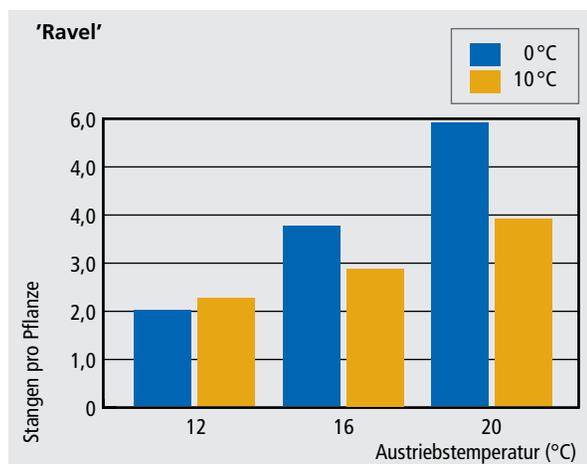
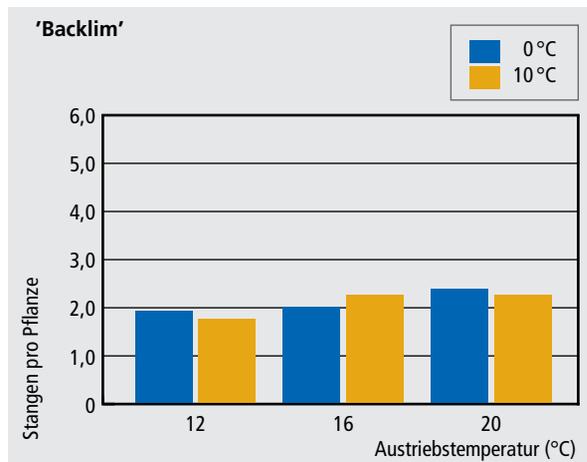
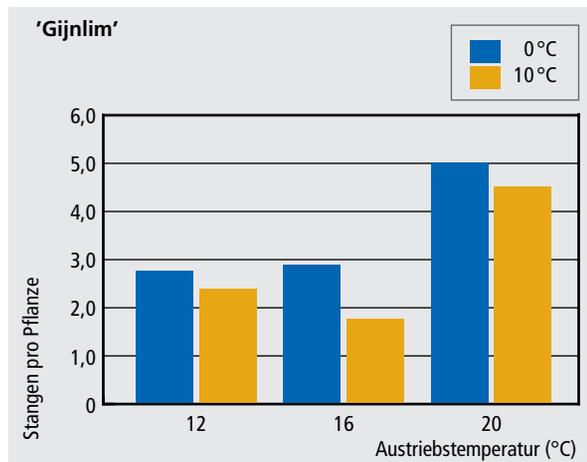
Abbildung 3

Anzahl der Stangen bis zum 250° Tag in Abhängigkeit von der Austriebstemperatur und der Temperatur während der sechswöchigen Kälteperiode (Balken blau 0°C und Balken rot 10°C), Versuch 2009/2010

Abbildung 4

Anzahl der Stangen bis zum 250° Tag in Abhängigkeit von der Austriebstemperatur und der Temperatur und der Temperatur in der Kälteperiode (0°, 5°C, fluktuierend je drei Wochen -5°C und 5°C), Sorte 'Gijnlim', Versuch 2008/2009

31



20°C zeigen sich bei den Sorten Gijnlim und Ravel deutliche Effekte in Abhängigkeit von der Temperatur während der Kälteperiode. 'Gijnlim' und 'Ravel' sind Sorten mit einem geringeren Stangendurchmesser, aber einer höheren Anzahl an Knospen. Eine ausgeprägte Kälteperiode führt bei diesen Sorten zu mehr Stangen bei Austriebstemperaturen größer 16°C.

'Backlim', eine Sorte für den späteren Erntebeginn mit dickeren Stangen zeigt keine Unterschiede in der Austriebsintensität in Abhängigkeit von der Kälteeinwirkung, aber auch nicht in Abhängigkeit von den Austriebstemperaturen. Fluktuierende Temperaturen in der Kälteperiode führen bei Austriebstemperaturen um 16°C zu mehr Stangen bei der Sorte 'Gijnlim' im Vergleich zur konstanten mittleren Temperatur gleicher Größenordnung (Abb. 4). Dies wurde auch in weiteren Versuchen bestätigt.

Kälteperiode ausreichend oder nicht?

Die durchschnittlichen Wintertemperaturen sind nicht nur regional sehr verschieden, sondern auch von Jahr zu Jahr. So ergab beispielweise eine Auswertung der Daten des Deutschen Wetterdienstes für die Station Deuselbach in Rheinland Pfalz, dass in der Zeit von November bis Ende Januar die Bodentemperatur in 20cm Tiefe an mehr als 60 Tagen in den meisten Jahren unter 5°C gelegen hat. In

dem Winter 2006 zu 2007 waren es jedoch nur 37 Tage und von 2009 zu 2010 56 Tage.

In vielen Fällen wird die Kälteperiode ausreichen, aber sehr frühzeitiges Abdecken mit schwarzer Folie kann in ungünstigen Jahren den Effekt eines nicht ausreichenden Kältereizes noch verstärken. Hohe Austriebstemperaturen durch Mehrfachbedeckung führen später zu einer Verringerung des negativen Effektes hinsichtlich der Frühzeitigkeit, aber die die Austriebsintensität bleibt einträchtig.

41

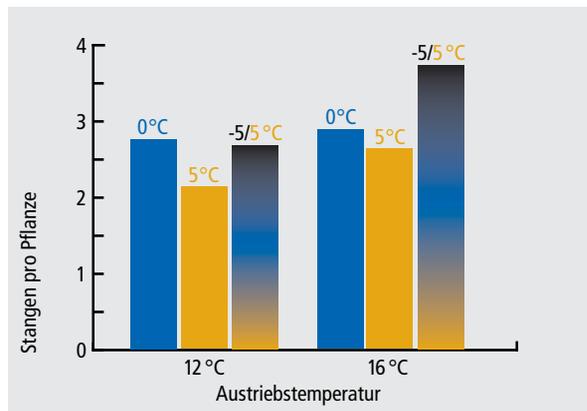


Abbildung 1

Teamegeist zeigt sich auch außerhalb der Arbeitszeit bei gemeinsamen Aktivitäten

Abbildung 2

Praxistest von ABiVITAL – unserem neuen, auf *K. radicincitans* basierendem, biologischen Pflanzenstärkungsmittel in Gadsdorf – Projekt OptiBioPro

4.2 Die positive Kraft der Bakterien

SILKE RUPPEL, MATTHIAS BECKER, BEATRICE BERGER, YVONNE BECKER, LEMPIE EKANDJO, VANISSA TSCHUISSEU TSCHAKOUNTE, SASCHA PATZ



Die Arbeitsgruppe »Nützliche Pflanzen-Mikroorganismen Interaktion« deckt hingegen die positiven Kräfte der Bakterien auf. Erforscht werden in unserer Gruppe verschiedene hilfreiche Eigenschaften der Bakterien. Zum Beispiel

- suchen wir nach Bakterien in Kamerun, die schwer verfügbare Rohphosphate für die Pflanze erschließen,
- erforschen gemeinsam mit polnischen Kollegen die endophytisch lebenden diazotrophen, das heißt, biologisch Luftstickstoff bindenden Bakterien, in Halophyten (Pflanzen, die an hohe Salzkonzentrationen im Boden angepasst sind),
- analysieren detoxifizierende Eigenschaften von Umweltbakterien,
- entschlüsseln das Rätsel des Zusammenlebens von Bakteriengemeinschaften in Pflanzen und deren Funktion,
- versuchen gemeinsam mit ägyptischen Forschern die bisher nicht kultivierbaren Bakterien auf Nährmedien zu kultivieren und
- analysieren probiotische Eigenschaften von Bakterien die auf und in Kräutern leben.

7

Im täglichen Leben begegnen wir oft der Warnung vor schädlichen, krankmachenden Bakterien. Schlagzeilen wie »Ausbruch des *E. coli* Supererregers in Deutschland«, »Salmonellen-Ausbruch 2014: Waren Eier aus Bayern schuld?«, »Ein Bakterium rafft die Olivenbäume in Südeuropa dahin«, »Kolibakterien im Trinkwasser« oder »Multiresistente Erreger: Tödliche Keime« und »Tausende Todesfälle durch resistente Keime« sind an der Tagesordnung.

2





Abbildung 3

DIP-Projekt OptiBioPro Arbeitstreffen in Berlin beim Industriepartner ABiTEP GmbH (vlnr: Dr. Christin Dietel, Dr. Helmut Junge [ABiTEP], Dr. Matthias Becker [IGZ])

Abbildung 4

Eine breite Palette von Pflanzenarten zeigen gesteigertes Pflanzenwachstum und Ertragssteigerung nach der Applikation von *Kosakonia radicincitans* (ABiVITAL)

zenblättern isoliert, selektiert und als neue Bakterienart beschrieben. Es fördert das Pflanzenwachstum und die Ertragsbildung zahlreicher Kulturpflanzen unter verschiedensten Umweltbedingungen. Im Ergebnis unserer gemeinsamen Arbeit entsteht 2017 ein leistungsfähiges, haltbares Produkt »AbiVital«, welches für Landwirte und Gärtner sicher und einfach handhabbar ist.

Während einerseits die Forschungsergebnisse schon praktischen Nutzen realisieren, interessiert uns als Forscher noch immer, welche Mechanismen zu dieser Verbesserung des Pflanzenwachstums führen, wenn wir den Pflanzen dieses Bakterium applizieren. In dem Gewimmel von etwa einer Million Bakterien, die sich in einem Gramm Pflanze tummeln, setzen sich die zugeführten Kosakoniazellen konkurrenzfähig durch und vermehren sich. Wie reguliert die Pflanze diesen Prozess und was macht diese Bakterien für die Pflanze so attraktiv, dass sie nicht von der Pflanze bekämpft werden? Neueste molekularbiologische Methoden, wie Transkriptomanalyse und digitale droplet PCR kombiniert mit Proteom- und Metabolom- sowie bioinformatischen Studien, führen uns auf die Spur der positiven Kräfte unseres Modell Organismus.

Wir, das ist eine bunte engagierte Gruppe von Wissenschaftlern und Assistenten aus Deutschland, Europa, Afrika und Südamerika, die gemeinsam ein Ziel verfolgen: Die positive Kraft der Mikroorganismen zu erforschen und zu nutzen.

3

Wenn sich ein Forschungsergebnis als fundiert und nutzbar herauskristallisiert, kümmern wir uns auch um die notwendigen Schritte, diese Ergebnisse in die Praxis zu überführen. Solch einen Schritt tun wir gerade gemeinsam mit der Firma ABiTEP GmbH in Berlin. In dem über die Deutsche Innovationspartnerschaft Agrar (DIP) geförderten BLE-Projekt »OptiBioPro« wird aktuell ein hochwirksamer Bakterienstamm aus unseren Forschungsergebnissen als biologisches Präparat entwickelt. Das Bakterium *Kosakonia radicincitans* DSM16656 wurde von uns als luftstickstoffbindendes Bakterium aus Winterwei-

41



4.3 Entwicklungsökonomie

TILMAN BRÜCK

Seit Mitte 2015 beschäftigt sich die Arbeitsgruppe Entwicklungsökonomie am IGZ mit der Frage, wie Gemüseanbau in Entwicklungs- und Schwellenländern zur Ernährungssicherheit beitragen kann. Gerade in armen Ländern und in Krisen- und Notsituationen kann der Gartenbau eine überlebenswichtige Rolle für Familien spielen. In tropischen Ländern kann Gemüse mit etwas Bewässerung das ganze Jahr über angebaut werden, es wird dafür nur wenig Land benötigt und die oft verfügbare Arbeitskraft kann sinnvoll eingesetzt werden, um auch für Familien mit wenig Geld einen Beitrag zur ausgewogenen Ernährung zu leisten. Nur leider fehlt oft das Wissen um die richtigen Anbaumethoden, oder der Zugang zu guter Saat oder die Erfahrung in der schonenden Zubereitung der wertvollen Zutaten. So bleiben leider viele Chancen ungenutzt. Andererseits erkennen viele Hilfsorganisationen den Wert des Gartenbaus und geben praktische Unterstützung. Hier setzt die Forschung des IGZ an: aufbauend auf den fundierten wissenschaftlichen Erkenntnissen zum Gartenbau des Instituts untersucht die Arbeitsgruppe, wie armen und notleidenden Menschen und Familien effektiv geholfen werden kann, mit Mitteln des Gartenbaus aktiv die eigene Lebensmittelversorgung in die Hand zu nehmen.

Ein erstes Projekt dazu findet derzeit in Bangladesch statt. Hier hat die US-amerikanische Regierung ein Projekt finanziert, in dem Frauen in ländlichen Regionen Rat und praktische Unterstützung beim Gemüseanbau im familiären Hof erhielten. Frauen in ländlichen Regionen in Bangladesch sind oft sehr isoliert und haben nur wenig Rechte. Die männlichen Verwandten regulieren die sozialen Kontakte der Frauen. Bildungsstandards und Einkommen der Frauen sind sehr niedrig. So bietet der

Gemüseanbau im unmittelbaren Umfeld des eigenen Hauses die Chance nicht nur eine eigenverantwortliche Tätigkeit zu übernehmen und damit vielleicht sogar ein bisschen zum Unterhalt der Familie beizutragen. Sondern die Teilnahme an der Fortbildung öffnet auch Kontakte zu anderen Frauen, baut so soziale Netzwerke auf und stärkt die Rolle der Frauen in der Familie und in der Dorfgemeinschaft.

Unsere gemeinsam mit unserem Projektpartner, dem World Vegetable Center AVRDC in Taiwan, durchgeführte Auswertung der erhobenen Daten dauert an, aber wir können schon jetzt erkennen, dass dieses Entwicklungshilfeprojekt deutliche Auswirkungen auf das Leben der teilnehmenden Frauen und ihrer Familien hatte. Sowohl das Wissen um gesunde Ernährung und schonende Kochmethoden als auch die Praktiken des Gemüseanbaus unterscheiden sich deutlich zwischen den Haushalten, die an dem Projekt teilgenommen haben, und der Kontrollgruppe.

In einem anderen Forschungsprojekt untersuchen wir die Rolle und den Beitrag von Gemüsegärten für die Nahrungssicherheit und Wohlfahrt von Familien in Kirgisien in Zentralasien. Kirgisien ist ein Land, in dem viele Menschen niedrige Einkommen haben und entweder in der Landwirtschaft, in der Viehzucht oder in prekären Beschäftigungen tätig sind. Viele Familien ergänzen ihre Einkommen und ihre Diäten mit einem eigenen kleinen Garten. Wir möchten nun wissen, ob Familien, die einen großen Schock wie Arbeitslosigkeit oder auch Vertreibung durch politische Gewalt erlitten haben, den Gartenanbau nutzen, um die negativen Folgen dieses Schocks zu mindern.

Kirgisien ist für diese Forschungen ein interessante Fallstudie. Es ist ein relativ kleines Land, in dem aber viele unterschiedliche Klimazonen und Anbaumethoden sowie verschiedene Ethnien vorkommen. Außerdem ist es politisch relativ liberal, so dass eine weitgehend uneingeschränkte Forschung möglich ist. Nach dem Zerfall der Sowjetunion war Kirgisien zwar extrem arm, seine Bevölkerung war aber sehr gut ausgebildet und die soziale und administrative Infrastruktur auch auf dem Land war weit entwickelt. In den letzten Jahren haben sich der internationale Handel entlang der Seidenstraße, die Migration, der Goldabbau, aber auch die Landwirtschaft im fruchtbaren Ferghanatal und am Issykkölsee zu wichtigen Einnahmequellen entwickelt. Interessant ist, dass Kirgisien seit der Unabhängigkeit eine besonders liberale Landpolitik verfolgt hat, die praktisch das ganze nutzbare Land in den Besitz der Bevölkerung brachte und einen dynamischen privaten Agrarsektor geschaffen hat.

1



Abbildung 1
Datenerhebung in Bangladesh

Abbildung 2-4
Gemüsemarkt in Bangladesh



2/3



4 |

Vor diesem Hintergrund hat das IGZ in Zusammenarbeit mit seinen internationalen Partnern der Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), dem International Food Policy Research Institute (IFPRI) und der University of Central Asia (UCA) im Jahr 2016 eine weitere Erhebung der »Life in Kyrgyzstan Study« durchgeführt. Diese vom IGZ koordinierte Langzeitstudie untersucht die Lebensbedingungen der Menschen in Kirgisien und führt dazu alle paar Jahre eine repräsentative Umfrage unter denselben 3000 Haushalten im ganzen Land durch. Die Auswertung der sehr komplexen Daten bietet die Möglichkeit, die Zusammenhänge zwischen Armut, Unterernährung und Überlebensstrategien besser zu verstehen. Mit den Daten kann auch untersucht werden, wie Regierungspolitik und Entwicklungshilfe ggf. Abhilfe schaffen oder es besser machen könnten. Die »Life in Kyrgyzstan Study« wurde im Oktober 2016 auch auf einer großen Konferenz in Kirgisien Hauptstadt Bishkek vorgestellt und wissenschaftliche Ergebnisse aus vorherigen Runden der Datenerhebung präsentiert.

5 |

Im Mai 2016 hat das IGZ gemeinsam mit der Humboldt-Universität zu Berlin den im Rahmen der Exzellenzinitiative geförderten KOSMOS Workshop »Emergency Agriculture and Food Security« organisiert. Bei dem Workshop diskutierten rund 40 internationale Teilnehmerinnen und Teilnehmer die Frage, wie eine ausreichende und gesunde Ernährung unter unsicheren Bedingungen gewährleistet werden kann. Vertreter aus Wissenschaft und Geberorganisationen diskutierten, welche Folgen sich aus Konflikten, Überschwemmungen,

Dürren und mangelnder Nahrungsmittelversorgung im Rahmen der internationalen Zusammenarbeit ergeben.

Weitere diskutierte Themen waren die Situation und Bedingung für Hilfsangebote in Flüchtlingscamps, die Rolle von gewaltsamen Konflikten, der Zusammenhang von hohen Nahrungsmittelpreisen und Hungerkrisen, die Folgen des Klimawandels und die Ressourcenknappheit. Die Teilnehmerinnen und Teilnehmern waren sich einig: Nur durch interdisziplinäre Zusammenarbeit und enge Kooperation mit den Hilfsorganisationen können dringend benötigtes Wissen erarbeitet und Lösungswege entwickelt werden. Gemeinsam wurde bei dem Treffen eine öffentliche Erklärung formuliert, in der Entscheidungsträger aufgefordert werden, die notwendige Forschung in diesem Bereich voranzutreiben.



6 |



Abbildung 5–8
Gemüsemarkt in Bangladesh

Abbildung 9
Kirgisien



718



91

1.1

Knowledge transfer of our research results into practice

The forthcoming amendment of the Fertilizer Ordinance will be discussed in Germany. Once in force it will have an impact on vegetable growing. To prepare for necessary changes, in March 2015 the project work on the »adaptation of the N-Expert fertilizer advisory program to the expected requirements of the amended Fertilizer Ordinance« started. The pilot and demonstration project (MuD) began in 2016 with the aim of optimizing nitrogen fertilization for vegetables.

The MuD-Project wants to demonstrate at farm level, in different regions, how different fertilizer strategies and additional agricultural measures can significantly reduce the nitrate surpluses in the vegetable-growing practice. The regions are: Knoblauchsland (Bavaria, very small-scale structures and high proportion of direct marketing); Palatinate (Rhineland-Palatinate, large operating structures and indirect sales) and Niederrhein (North Rhine-Westphalia, medium-sized enterprises and mainly indirect sales). One project partner is the Thünen-Institute with the task of accompanying economic research. The IGZ coordinates the overall project and provides the N-Expert system.

14

2.1

Stay cool when it gets cool! Lower input into defence allows better growth of *Petunia hybrida* under mild chilling stress

Petunia hybrida are produced in Europe in heated greenhouses during winter and early spring. Reducing the heating temperature would save energy required per day but would cause a mild chilling stress to the thermophile plants extending the time needed for finishing the product. Breeding of chilling-tolerant cultivars is hampered by the limited knowledge on the genetic diversity of chilling tolerance within the genus *Petunia* and by the poor understanding of molecular and physiological control of tolerance to mild chilling stress.

Within the frame of the AgroClustEr WeGa we aimed to 1) identify cultivars of *Petunia hybrida* contrasting in tolerance to mild chilling (cultivation temperature of 12 °C versus 16 °C), 2) analyse the dynamic of chilling response of a sensitive cultivar at molecular and physiological level and 3) contrast the responses of differently sensitive cultivars searching for tolerance-specific patterns and candidate genes putatively controlling chilling tolerance. The broad transcriptome, plant hormone levels and carbohydrate metabolism were monitored in different aerial plant parts during exposure to the two temperatures.

From a group of ten cultivars, two were identified as contrasting in growth in response to the chilling temperature. Further characterization of the sensitive cultivar revealed a three phase chilling response showing divergent reactions of the shoot apex and the source leaves. Long term accumulation of sugars in source leaves at the expense of reduced monosaccharide levels in the shoot apex and upregulation of genes in source leaves particularly of those controlling the ethylene pathway and biotic stress response indicate a primary defence strategy, protecting the source leaves at the expense of reduced growth.

By contrast, metabolic and transcriptome data of the tolerant cultivar indicate a reduced sugar accumulation in leaves and a generally higher transport to and utilisation of carbohydrates in the shoot apex as well as a higher supply of same tissue with abscisic acid (ABA). The inhibitory function of ABA in reducing chilling-induced growth depression was supported by

chemical manipulation of ABA levels. The data suggest that higher and more stable carbohydrate transport to and carbohydrate turnover as well as higher ABA levels in the growth sinks contribute to higher tolerance to mild chilling stress in petunia.

16

2.2

Quality marker for seed of *Callistephus chinensis* (Sommeraster)

The seed industry needs procedures that provide an accurate prediction of seed quality before sowing. One of the markers for seed quality can be the cell cycle activity expressed as DNA replication in germinating seeds, analysed by flow cytometry. We examined whole seeds (seed coat, endosperm, embryo) and single embryos of *C. chinensis* imbibed 0, 2 and 4 hours and 1–30 hours in water in petri dishes.

In whole, dry seeds (0 hours) the most cells (96.5–97.1%) were in the 2C stage, only 0.2–1.6% were in 4C stage and 2.3–2.8% in 3C stage (endosperm). 6C cells were not detectable. After 2 and 4 hours respectively, the mean proportion of 4C cells was 1.1% (0.4–2.0%) and 0.9% (0.3–1.9%), respectively.

The use of embryos provided more accurate results. In the embryos also the most of cell nuclei were located at the 2C stage of the cell cycle (G0 or G1 stage) at all times (1–30 hours). The proportion of 4C cell nuclei (G2 stage of cell cycle) was also low. Up to three hours after imbibition, their mean share increased from 6.8% to 9.6%. Then no statistically confirmed changes were visible until the end of the experiment after 30 hours. At all times, high variability was observed in the proportion of 4C cells between the individual seeds and embryos. The analysis of the cell cycle as a marker for the seed quality appears to be of little use for seeds of *C. chinensis* since the cell cycle is activated very quickly and thereby makes comparisons between seed samples of different quality difficult.

20

2.3

How does the pathogen *V. dahliae* affect growth and primary metabolism of tomato?

The soil-borne pathogen *V. dahliae* is an important pathogen with a broad host range worldwide. Verticillium species are root infecting pathogens and spread via the xylem vessel to the shoot. A functional plant root system appropriate in size is essential for water and nutrient uptake. However, effects of pathogens on root morphology are less studied to this date. Therefore, the effect of *V. dahliae* on plant characteristics and especially on root morphological characteristics of tomato was studied. The results underlined that *V. dahliae* infection suppressed the growth of both shoot and root. Diseased plants showed a reduction in the rate of photosynthesis and stomatal conductance. Although a high variability in pathogen density was found within the root system a significant increase of both the specific root length and surface area was found in response to pathogen invasion. These traits correlated with water use efficiency. Morphological changes of the root may represent an adaptive response evolved to sustain the supply of both water and nutrients in the presence of the pathogen. Primary metabolite profiling in response to pathogen infection revealed that, along to morphological adaptations, carbon and nitrogen-containing compounds are reallocated to the root.

22

2.4

Cross-compatibility in *Erica gracillis* and its impact on flowering period

Erica gracilis is an important bedding plant in Northern Europe. Due to self-incompatibility of the popular cultivar 'Glasers Rote', the development of new cultivars was largely based on mutant selection since 1929. The genetic diversity was expanded in the 1980s by crossing 'Glasers Rote' with wild material collected in South Africa. Subsequently, new cultivars were developed through cross-based breeding. However, since the production of these new cultivars, precocious flower senescence was observed more frequently in production areas. Possibly, a successful fertilization of flowers after cross-pollination causes early flower senescence which was impossible before. A phylogenetic analysis of the current cultivars revealed that 'Glasers Rote'-related and new cultivars form two different clusters. Thereby, the genetic variation within the 'Glasers Rote' cluster was lower than within the cluster including the new cultivars. Following, cross-compatibility was studied by selfing and crossing plants within and between these clusters. All examined selfings as well as crosses between 'Glasers Rote'-related plants failed to produce seeds, except of one cultivar. In contrast, all crosses of 'Glasers Rote'-based with non-related new cultivars and between new cultivars resulted in seed production. Microscopic studies proofed pollen germination after pollination in all cases. However, pollen tube growth was hindered in incompatible crosses. Subsequently, the effect of successful fertilization on flowering period was studied in 12 cultivars. For each cultivar, half of the plants were bag-isolated to prevent open-pollination. All plants flowered 5 to 8 weeks after full bloom, on average after 6 weeks. Only 3 cultivars showed significantly reduced flowering periods of open-pollinated compared to bag-isolated plants, which would support our hypothesis. However, 9 cultivars showed no significant differences, assuming that other factors rather than cross-pollination cause precocious flower senescence.

2.5

Roots and their fungal inhabitants: relationships under observation

Roots are colonised by many different microbes in natural and anthropogenic ecosystems. We are investigating the interactions of roots with three different groups of fungi which are world-wide distributed: arbuscular mycorrhizal (AM) fungi, Sebaciniales (Basidiomycota) and Dark Septate Endophytes (DSEs). AM fungi can improve plant nutrition, plant resistance against pathogens and plant tolerance against abiotic stress. One aspect of our work is to elucidate, if Sebaciniales and DSEs are playing similar roles and, if such functions are the basis of their plant-growth-promoting effects. A second focus is the acclimatisation of AM fungi and fungal endophytes to abiotic stress and the mechanisms behind this phenomenon. Such 'trained' fungi can show improved abilities to confer stress tolerance to their host plants. At third, we are investigating the limitations of photosynthesis and how these limitations can be released by the mycorrhizal symbiosis. It turned out that this release is only possible under particular irrigation conditions. Phytohormones play an important role in plant microbe interactions. We could show that changing the balance between jasmonate and gibberellin could be responsible for plant growth-promotion by the Sebaciniales and that cytokinins can regulate the extent of AM fungal spread inside the roots. *Petunia* has been introduced as a model for studying the interaction of plants with root-colonising fungi. We have observed quantitative differences in the colonisation of roots of two *petunia* species by AM fungi and by a root pathogen. These two *petunia* species also responded in a different way to pathogen infection and mycorrhization. Based on available genome sequences and on segregating populations we will be now able to identify genes underlying these quantitative differences and to study their function using a transformation system we have recently established in our group.

2.6

A Protein-Protein Interaction network for stress sensing in plants

The maintenance of cellular energy homeostasis in response to fluctuating internal and external conditions is vital for all living organisms. In eukaryotes, an evolutionarily conserved protein kinase known as AMP-activated protein kinase (AMPK) in animals, sucrose non-fermenting kinase 1 (SNF1) in yeast, and SNF1-related protein kinase 1 (SnRK1) in plants integrates environmental stress signals, nutrient availability and energy depletion into adaptational responses. These include down-regulation of ATP-consuming processes and induction of energy-generating catabolic reactions through post-translational modification of key metabolic enzymes as well as large-scale transcriptional reprogramming. Although SnRK1 in plants acts as a convergent point for many different environmental and metabolic signals to control growth and development, it is currently unknown how these many different signals could be translated into a cell-type or stimulus specific response and only a few proteins subject to phosphorylation by SnRK1 have been identified. To further extend the SnRK1 signaling network in plants, we systematically screened for novel protein interaction partners that could possibly represent components of the signaling pathway. This identified 41 proteins that either directly or indirectly interacted with one of the two Arabidopsis SnRK1 isoforms and that have 63 interactions amongst each other. The protein-protein interaction network resulting from our studies suggests connections between SnRK1 signaling and other central signaling pathways involved in growth regulation and environmental responses. These include TOR and MAP-kinase signaling as well as hormonal pathways. The resulting protein-protein interaction network promises to be effective in generating hypotheses to study the precise mechanisms SnRK1 signaling on a functional level. As a first step towards this goal, we were able to confirm that SnRK1 and the TOR subunit RAPTOR interact within the cytosol of plant cells and that SnRK1 is able to phosphorylate RAPTOR. This provides evidence for an antagonistic SnRK1 and TOR crosstalk in plants comparable to what has been described in the animal system.

..... 32

3.1

Biodiversity – diversity for health

The biodiversity of vegetables is based principally on genetic diversity, which is also reflected in the secondary metabolites profile. This biodiversity is essential for plant-environmental interaction and also has an effect on human health. Exemplarily some projects are presented.

1. Glucosinolates and glucosinolate degradation products

In a project funded by the Federal Ministry of Agriculture and Food (BMBF) and the Royal Society of New Zealand the order Brassicales is investigated for its ability to accumulate selenium and seleno-glucosinolates. Partners: the New Zealand Institute for Plant and Food Research, Jena University, and Potsdam University. Moreover, in order to find out which glucosinolate degradation products are formed from the glucosinolates, in another project, various Brassica species were analyzed for glucosinolates and their degradation products both in sprouts and in fully developed edible plant parts. It was found that mainly epithionitriles and nitriles are formed and the »healthy« isothiocyanates are often present only in small concentrations (Hansch and Schreiner 2016). Additionally, DFG ENATGLUPRO project investigates the extent to which enzymatic and thermal degradation of glucosinolates play a role during cooking and which compounds are ultimately contained in the food.

2. Secondary plant metabolites

The aim of the GlobE project Hortinlea, funded by the BMBF, is to improve the livelihood and nutritional situation of small holder farmers in East Africa. The IGZ heads the »Health« subproject on the effects of fresh and processed indigenous African vegetables on human health. Indigenous African leafy vegetables are very different in their secondary metabolites, with genus and species having a great influence (Neugart et al. 2016). In order to identify genotypic differences in the secondary metabolite profiles of different leaf amaranth plants, 14 genotypes from 6 species were examined. This work was presented at the 1st Food Chemistry Conference 2016 in Amsterdam and won the best poster award. A review article of our working group addresses the opportunities and risks of using these neglected plants worldwide (Baldermann et al. 2016).

..... 34

3.2

Not yet discovered – quality assessment of plant derived foods by non-targeted analytical approaches (metabolomics)

Quality of vegetables and plant derived foods is determined not only by its appearance but increasingly associated with bioactive compounds. This results also in new challenges in analytics and instead of a few target compounds a great variety of metabolites needs to be determined in a single sample.

With the help of our modern analytical platform we are not only able to qualitatively and quantitatively determine our target compounds, e.g. carotenoids and apocarotenoids, we are able to target hundreds of metabolites, known and those not yet have been discovered. In principal, profiling approaches include: sampling, extraction, analytical assessment, data mining and statistical analysis, and visualization.

Can metabolomics help us in our research? For instance, it has been successfully used for the determination of authenticity (Baldermann et al. 2014), the identification of biological active metabolites (Tran et al. 2016), the elucidation of biosynthesis pathways (Baldermann et al. 2010), or the study of the effect of biotic and abiotic stimuli on the plant biochemistry (Errard et al. 2015). By the application of our modern analytical platform combined with advanced statistical tools we could demonstrate that metabolomics is very supportive for our research. Next, we aim to achieve the determination of a great number of metabolites by the combination of targeted and non-targeted approaches and like to implement together with the research area 3.1 the Plant²Omics platform.

..... 39

3.3

Wood ash as a fertilizer for plant substrates – shot-therm effect

Ashes from the combustion of untreated wood are increasingly acknowledged for use in conventional and organic agriculture. Such ashes are largely supplied as lime material but additionally contain valuable nutrients, mostly calcium, potassium, magnesium as well as zinc and boron. However, to which extent are wood ashes beneficial also for substrate-based growth systems? Are calcium and potassium similarly plant available within ten weeks? These questions were addressed in a greenhouse experiment within the ZIM-project BioDüng.

The tested cauldron ashes derived from diverse wood compositions, i.e. pure forest wood (FS) or wood from landscape care (LP) were mixed prior to burning to 70/30, 50/50 or 0/100 (w% LP/FS), respectively. Great Millet plants (*Sorghum bicolor* L.) were grown in pots filled with a substrate made of sandy soil (top layer) and supplied with a basic fertilisation. The growth substrate was either left untreated or supplied with 12 g L⁻¹ of the particular cauldron ash.

The results showed that potassium, calcium, phosphorus and boron contents were nearly double in ashes that derived predominantly from forest wood (mainly conifers) compared with ashes from wood of landscaping care. Resulting heavy metal contents (i.e. Pb, Cd, Cu and Ni) in the ashes and in ash-supplied substrates were conform to the legislation.

After a ten-week growth period, ash fertilisation clearly increased plant uptake of potassium, but not of calcium. Given that potassium (K) was fully plant available and that the content in ash was 4% K, a supply of 7.5 g L⁻¹ ash would be sufficient to reach an effective content of 300 mg K per liter of substrate.

Under the experimental conditions, each gram of applied ash per liter increased the substrate pH-value by 0.16 units. Therefore, when fertilising K on the basis of wood ash, its application rate is restricted by the alkalization effect and is governed by the plant pH-demand and the initial/target pH-value of the used substrate.

..... 42

4.1

How many chilling units are required for a good start into the asparagus season?

The **number of days** until bud break was significantly affected by temperature during both periods, the chilling and forcing period with a strong interaction between temperature effects during periods. When forcing temperature was higher than 16°C, chilling temperature had no significant effect on the length of the forcing period.

Temperature in both periods affected also the **number of spears** until 250 degree-days. Chilling temperature **below 5°C** leads to a higher amount of spears. **Fluctuating temperatures** in chilling period caused shortening of forcing period and a higher amount of spears.

Early covering with black film can enhance the effect of an insufficient cold stimulus in unfavorable years. Later high forcing temperature by multiple cover lead to a reduction of this negative effect, but the early yield (number of spears until 250 degree-days) remains impaired.

46

4.2

Power of beneficial bacteria

While in our daily life we usually hear about the dangerous impact of bacteria in terms of human, animal and plant diseases, the research group for «beneficial plant-microbe interactions» reveals the positive forces of bacteria. For example we search for P solubilizing bacteria in Cameroon soils, for diazotrophs (atmospheric nitrogen fixing bacteria) in halophytes, detoxifying environmental organisms in surface water and probiotics in herbs. Using modern techniques (molecular analyses, omics, bioinformatics and microscopy) we evaluate the influence that microorganisms may exert on plant growth, resilience and yield. In collaboration with industrial partners we transfer promising research results into commercial products. For example in 2017 our plant growth-promoting bacterial strain *Kosakonia radicincitans* will be launched to the market in kind of a biological product termed »AbiVital«, which can be applied to various crop plants in the field of agriculture and horticulture.

48

4.3

Development economics

The new research group »development economics« at IGZ analyses the role of horticulture for global food security and socio-economic development. A particular focus is on fragile and conflict-affected countries and humanitarian emergencies where horticulture and home gardens can have a particularly positive impact. We do this in partnership with researchers and practitioners at IGZ and leading international institutions of the field such as FAO, AVRDC and IFPRI. First projects included an impact evaluation of a USAID-funded development intervention in rural Bangladesh supporting women in growing their own vegetables. Initial findings suggest that a relatively modest intervention in training and knowledge building resulted in improved nutrition practices and outcomes as well as improved gender relations within the households. Another project collects very detailed longitudinal data from 3000 households across Kyrgyzstan, a low income Central Asian country where small-scale agriculture and home gardens are key livelihood activities. IGZ led the consortium collecting the fifth wave of data since 2010, with a stronger focus on agricultural data including a pilot for geocoding field boundaries so that survey data can be merged with satellite data for novel analyses. Finally, IGZ organized an international KOSMOS research workshop in May 2016 jointly with Humboldt-Universität zu Berlin on »Emergency Agriculture and Food Security« funded the Excellency Initiative. The discussions at the workshop identified the critical knowledge gaps in this field and highlighted the importance of such knowledge generation for designing better policies to reduce global food insecurity, especially in emergency settings.

50

Referierte Publikationen des IGZ / Reviewed publications

2015

- Ballhausen, M. B., van Veen, J.A., de Boer, W. (2015). Methods for baiting and enriching fungus-feeding (mycophagous) rhizosphere bacteria. *Frontiers in Microbiology* 6:1416.
- Bauerfeind, M. A., Winkelmann, T., Franken, P., Druege, U. (2015). Transcriptome, carbohydrate, and phytohormone analysis of *Petunia hybrida* reveals a complex disturbance of plant functional integrity under mild chilling stress. *Frontiers in Plant Science* 6:583.
- Becker, C., Urli, B., Juki Špika, M., Klaering, H.-P., Krumbein, A., Baldermann, S., Goreta Ban, S., Perica, S., Schwarz, D. (2015). Nitrogen limited red and green leaf lettuce accumulate flavonoid glycosides, caffeic acid derivatives, and sucrose while losing chlorophylls, -carotene and xanthophylls. *PLOS ONE* 10(11): e0142867.
- Behrend, A., Borchert, T., Hohe, A. (2015). »The usual suspects« – analysis of transcriptome sequences reveals deviating B gene activity in *C. vulgaris* bud bloomers. *BMC Plant Biology* 2015 15:8.
- Behrend, A., Gluschak, A., Przybyla, A., Hohe, A. (2015). Interploid crosses in heather (*Calluna vulgaris*). *Scientia Horticulturae* 181, 162–167.
- Berger, B., Wiesner, M., Brock, A., Schreiner, M., Ruppel, S. (2015). *K. radicincitans*, a beneficial bacteria that promotes radish growth under field conditions. *Agronomy for Sustainable Development* 325:1521.
- Brückner, B. (2015). Organic Vegetable Production and Utilization. *Horticulturae* 1, 14–22.
- Buhtz, A., Witzel, K., Strehmel, N., Ziegler, J., Abel, S., Grosch, R. (2015). Perturbations in the primary metabolism of tomato and *Arabidopsis thaliana* plants infected with the soil-borne fungus *Verticillium dahliae*. *PLOS One* 10(9):e0138242.
- Bußler, S., W. B. Herppich, W.B., Neugart, S., Schreiner, M., Ehlbeck, J., Rohn, S., Schlüter, O. (2015). Impact of cold atmospheric pressure plasma on physiology and flavonol glycoside profile of peas (*Pisum sativum* 'Salamanca'). *Food Research International* 76, 132–141.
- Chen, X., Baldermann, S., Cao, S., Lu, Y., Liu, C., Hirata, H., Watanabe, W. (2015). 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* 87, 109–114.
- Chowdhury, S. P., Uhl, J., Grosch, R., Alquéres, A., Pittrof, S., Dietel, K., Schmitt-Kopplin, P., Borris, R., Hartmann, A. (2015). Cyclic lipopeptides of *Bacillus amyloliquefaciens* subsp. plantarum colonizing the lettuce rhizosphere enhance plant defence responses towards the bottom rot pathogen *Rhizoctonia solani*. *Molecular Plant-Microbe Interactions* 28 (9), 984–995.
- Dannehl, D., Rocks, T., Schmidt, U. (2015). Modelling to Estimate the Specific Leaf Area of Tomato Leaves ('Pannovy'). *Acta Horticulturae* 1099, 79–86.
- Ekanjio, L. K., Ruppel, S. (2015). The impact of mineral nitrogen fertilization on the occurrence of native diazotrophic bacteria in kohlrabi (*Brassica oleracea*) shoots and roots. *Journal of Agricultural Science* 7 (2), 1–8.
- Errard, A., Baldermann, S., Kühne, S., Mewis, I., Peterkin, J., Ulrichs, C. (2015). Interspecific interactions affect pests differently. *Gesunde Pflanzen* 67 (4), 183–190.
- Errard, A., Ulrichs, Ch., Kühne, S., Mewis, I., Drungowski, M., Schreiner, M., Baldermann, S. (2015). Single- versus multiple-pest infestation affects differently the biochemistry of tomato (*Solanum lycopersicum* 'Ailsa Craig'). *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 63 (46), 10103–10111.
- Foerster, N., Ulrichs, C., Schreiner, M., Arndt, N., Schmidt, R., Mewis, I., (2015). Ecotype variability in growth and secondary metabolite profile in *Moringa oleifera* - Impact of sulfur and water availability. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 63 (11), 2852–2861.
- Foerster, N., Ulrichs, C., Schreiner, M., Müller, C.T., Mewis, I. (2015). Development of a reliable extraction and quantification method for glucosinolates in *Moringa oleifera*. *Food Chemistry* 166, 456–464.
- Glatt, H., Meinl, W., Engst, W., Schumacher, F., Sachse, B., Herrmann, K., Barknowitz, G., Bernau, M., Bendadani, C., Wiesner, M., Schreiner, M., Tremmel, R., Bub, A., Zanger, U., Monien, B. (2015). Natural and process-related carcinogens in food: Macromolecular adducts in animal models and human blood and tissue samples. *Toxicology Letters* 238 (2), Supplement p 33.
- Gründemann, C., Garcia-Käufer, M., Lamy, E., Hanschen, F.S., Huber, R. (2015). 4-Methylthiobutyl isothiocyanate (erucin) from rocket plant dichotomously affects the activity of human immunocompetent cells. *Phytomedicine* 22 (3), 369–378.
- Hanschen, F. S., Herz, C., Schlotz, N., Kupke, F., Bartolomé Rodríguez, M.M., Schreiner, M., Rohn, S., Lamy, E. (2015). The Brassica epithionitrile 1-cyano-2,3-epithiopropene triggers cell death in human liver cancer cells in vitro. *Molecular Nutrition & Food Research* 59 (11), 2178–2189.
- Hanschen, F. S., Yim, B., Winkelmann, T., Smalla, K., Schreiner, M. (2015). Degradation of biofumigant isothiocyanates and allyl glucosinolate in soil and their effects on the microbial community composition. *PLOS ONE* 10(7):e0132931.
- Hart, M., Ehret, D. L., Krumbein, A., Leung, C., Murch, S., Turi, C., Franken, P. (2015). Inoculation with arbuscular mycorrhizal fungi improves the nutritional value tomatoes. *Mycorrhiza* 25, 359–376.
- Julkunen-Tiito, R., Nenadis, N., Neugart, S., Robson, M., Agati, G., Vepsäläinen, J., Zipoli, G., Nybakken, L., Winkler, B., Jansen, M.A.K. (2015). Assessing the response of plant flavonoids to UV radiation: an overview of appropriate techniques. *Phytochemistry Reviews* 14 (2), 273–297.
- Kastell, A., Zrenner, R., Schreiner, M., Kroh L., Ulrichs, C., Smetanska, I., Mewis, I. (2015). Metabolic engineering of aliphatic glucosinolates in hairy root cultures of *Arabidopsis thaliana*. *Plant Molecular Biology Reporter* 33 (3), 598–608.
- Klaering, H.-P., Klopotek, Y., Krumbein, A., Schwarz, D. (2015). The effect of reducing the heating set point on the photosynthesis, growth, yield and fruit quality in greenhouse tomato production. *Agricultural and Forest Meteorology* 214-215, 178–188.
- Krause, A., Kaupenjohann, M., George, E., Koepfel, J. (2015). Nutrient recycling from sanitation and energy systems to the agroecosystems-Ecological research on case studies in Karagwe, Tanzania. *African Journal of Agricultural Research* 10, 4039–4052.
- Lohr, D., Tillmann, P., Zerche, S., Druege, U., Meinken, E. (2015). Near-Infrared spectroscopy: A promising sensor technique for quality assessment of ornamental cuttings. *Acta Horticulturae* 1099, 71–78.
- Maul, R., Warth, B., Schebb, N.H., Krška, R., Koch, M., Sulyok, M. (2015). In vitro glucuronidation kinetics of deoxynivalenol by human and animal

- microsomes and recombinant human UGT enzymes. *Archives of Toxicology* 89 (6), 949–960.
- Miranda, L., Schuch, I., Dannehl, I., Rocks, T., Salazar, R., Schmidt, U. (2015). Using Artificial Neural Networks to Predict the Climate in a Greenhouse: First Simulation Results on a Semi-Closed System. *Acta Horticulturae* 1099, 137–144.
- Mollavali, M., Bolandnazar, S.A., Schwarz, D., Rohn, S., Riehle, P., Zaare-Nahandi, F. (2015). Flavonol Glucoside and Antioxidant Enzyme Biosynthesis affected by Mycorrhizal Fungi in Various Cultivars of Onion (*Allium cepa* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 64 (1), 71–77.
- Nett, L., Fuß, R., Flessa, H., Fink M. (2015). Emissions of nitrous oxide and ammonia from a sandy soil following surface-application and incorporation of cauliflower leaf residues. *Journal of Agricultural Science* 153 (8), 1341–1352.
- Neugart, S., Rohn, S., Schreiner, M. (2015). Identification of complex, naturally occurring flavonoid glycosides in *Vicia faba* and *Pisum sativum* leaves by HPLC-DAD-ESI-MSn and the genotypic effect on their flavonoid profile. *Food Research International* 76, 114–121.
- Nietzsche, M., Landgraf, R., Tohge, T., Börnke, F. (2015). A protein-protein interaction network linking the energy-sensor kinase SnRK1 to multiple signaling pathways in *Arabidopsis thaliana*. *Current Plant Biology* 5, 36–44.
- Platz, S., Kühn, C., Schiess, S., Schreiner, M., Kemper, M., Pivovarov, O., Pfeiffer, A.F.H., Rohn, S. (2015). Bioavailability and metabolism of benzyl glucosinolate in humans consuming Indian cress (*Tropaeolum majus* L.). *Molecular Nutrition & Food Research* 60(3), 652–660.
- Platz, St., Piberger, A.L., Budnowski, J., Herz, C., Schreiner, M., Blaut, M., Hartwig, A., Lamy, E., Hanske, L., Rohn, S. (2015). Bioavailability and biotransformation of sulforaphane and erucin metabolites in different biological matrices determined by LC-MS-MS. *Analytical and Bioanalytical Chemistry* 407 (7), 1819–1829.
- Ramirez, T., Meas, Y., Dannehl, D., Schuch, I., Miranda, L., Rocks, T., Schmidt, U. (2015). Water and carbon footprint improvement for dried tomato value chain. *Journal of Cleaner Production* 104, 98–108.
- Rasmussen, A., Hosseini, S.A., Hajirezaei, M.R., Druege, U., Geelen, D. (2015) Adventitious rooting declines with vegetative to reproductive switch and involves a changed auxin homeostasis. *Journal of Experimental Botany* 66 (5), 1437–1452.
- Rouphael, Y., Franken, P., Schneider, C., Schwarz, D., Giovannetti, M., Agnolucci, M., De Pascale, S., Bonini, P., Colla, G. (2015). Arbuscular mycorrhizal fungi act as biostimulants in horticultural crops. *Scientia Horticulturae* 196, 70–79.
- Rudnick, M. B., van Veen, J.A., de Boer, W. (2015). Baiting of rhizosphere bacteria with hyphae of common soil fungi reveals a diverse group of potentially mycophagous secondary consumers. *Soil Biology and Biochemistry* 88, 73–82.
- Rudnick, M. B., van Veen, J.A., de Boer, W. (2015). Oxalic acid: a signal molecule for fungus-feeding bacteria of the genus *Collimonas*? *Environmental Microbiology Reports* 7 (5), 709–714.
- Schiess, S., Platz, S., Kemper, M., Schreiner, M., Mewis, I., Glatt, H.R., Rohn, S., Pivovarov, O., Pfeiffer, A.F.H. (2015). Effects of glucotropaeolin after acute ingestion of Indian cress on the hormone and cytokine secretion in humans. *Experimental and Clinical Endocrinology & Diabetes* 123, P05_01.
- Schläger, S., Beran, F., Groot, A.T., Ulrichs, C., Veit, D., Paetz, C., Karumuru, B.R.M., Srinivasan, R., Schreiner, M., Mewis, I. (2015). Pheromone Blend Analysis and Cross-Attraction among Populations of *Maruca vitrata* from Asia and West Africa. *Journal of Chemical Ecology* 41 (12), 1155–1162.
- Schloss, S., Wedell, I., Koch, M., Rohn, S., Maul, R. (2015). Biosynthesis and characterization of 15N6-labeled phomopsin A, a lupin associated mycotoxin produced by *Diaporthe toxica*. *Food Chemistry* 177, 61–65.
- Schwake-Anduschus, C., Prosch, M., Scieurba, E., Muenzing, K., Koch, M., Maul, R. (2015). Distribution of deoxynivalenol, zearalenone, and their respective modified analogues in milling fractions of naturally contaminated wheat grains. *World Mycotoxin Journal* 8 (4), 433–443.
- Üstün, S., Bartetzko, V., Börnke, F. (2015). The *Xanthomonas* effector XopJ triggers a conditional hypersensitive response upon treatment of *N. benthamiana* leaves with salicylic acid. *Frontiers in Plant Science* 6:599.
- Üstün, S., Börnke, F. (2015). The *Xanthomonas campestris* type III effector XopJ proteolytically degrades proteasome subunit RPT6. *Plant Physiology* 168, 107–119.
- Wibberg, D., Rupp, O., Blom, J., Jelonek, L., Kröber, M., Verwaaijen, B., Goesmann, A., Albaum, S., Grosch, R., Pühler, A., Schlüter, A. (2015). Development of a *Rhizoctonia solani* AG1-IB Specific Gene Model Enables Comparative Genome Analyses between Phytopathogenic *R. solani* AG1-IA, AG1-IB, AG3 and AG8 Isolates. *PLOS ONE* 10 (12):e0144769.
- Wibberg, D., Rupp, O., Jelonek, L., Kröber, M., Verwaaijen, B., Blom, J., Winkler, A., Goesmann, A., Grosch, R., Pühler, A., Schlüter, A. (2015). Improved genome sequence of the phytopathogenic fungus *Rhizoctonia solani* AG1-IB 7/3/14 as established by deep mate-pair sequencing on the MiSeq (Illumina) system. *Journal of Biotechnology* 203, 19–21.
- Witzel, K., Hanschen, F.S., Klopsch, R., Ruppel, S., Schreiner, M., Grosch, R. (2015). *Verticillium longisporum* infection induces organ-specific glucosinolate degradation in *Arabidopsis thaliana*. *Frontiers in Plant Science* 6:508.
- Witzel, K., Neugart, S., Ruppel, S., Schreiner, M., Wiesner, M., Baldermann, S. (2015). Recent progress in the use of 'omics technologies in brassicaceous vegetables. *Frontiers in Plant Science* 6:244.
- Wolf, A. B., Rudnick, M.B., de Boer, W., Kowalchuk, G.A. (2015). Early colonizers of unoccupied habitats represent a minority of the soil bacterial community. *FEMS Microbiology Ecology* 91 (5), 1–9.
- Zavattaro, L., Costamagna, C., Grignani, C., Bechini, L., Spiegel, A., Lehtinen, T., Guzmán, G., Krüger, J., D'Hose, T., Pecio, A., van Evert, F., Ten Berge, H. (2015). Long-term effects of BMPs on crop yield and N surplus. *Italian Journal of Agronomy* 10:643.
- Zehring, J., Reim, V., Schröter, D., Neugart, S., Schreiner, M., Rohn, S., Maul, R. (2015). Identification of novel saponins in vegetable amaranth and characterization of their haemolytic activity. *Food Research International* 78, 361–368.
- 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. (2015) Molecular cloning and characterization of a short-chain dehydrogenase showing activity with volatile compounds isolated from *Camellia sinensis*. *Plant Molecular Biology Reporter* 33 (2), 253–263.

2016

- Acharyaa, J., Rechner, O., Neugart, S., Schreiner, M., Poehling, H.M. (2016). Effects of light-emitting diode treatments on *Brevicoryne brassicae* performance mediated by secondary metabolites in Brussels sprouts. *Journal of Plant Diseases and Protection* 123, 321–330.
- Baldermann, S., Blagojevic, L., Frede, K., Klopsch, R., Neugart, S., Neumann, A., Ngwene, B., Norkoweit, J., Schröter, D., Schröter, A., Wiesner, M., Schreiner, M. (2016). Are neglected plants the food for the future? *Critical Review in Plant Science* 35, 106–119.
- Ballhausen, M. B., de Boer, W. (2016). The sapro-rhizosphere: Carbon flow from saprotrophic fungi into fungus-feeding bacteria. *Soil Biology and Biochemistry* 102, 14–17.
- Ballhausen, M. B., Vandamme, P., de Boer, W. (2016). Trait Differentiation within the Fungus-Feeding (Mycophagous) Bacterial Genus *Collimonas*. *PLoS ONE* 11 (6): e0157552.
- Becker, C., Klaering, H.-P. (2016). CO₂ enrichment can produce high red leaf lettuce yield while increasing most flavonoid glycoside and some caffeic acid derivative concentrations. *Food Chemistry* 199, 736–745.
- Becker, M., Becker, Y., Green, S.B. (2016). The endophytic symbiont *Epichloë festucae* establishes an epiphyllous net on the surface of *Lolium perenne* leaves by development of an expressorium, an appressorium-like leaf exit structure. *New Phytologist* 211 (1), 240–254.
- Behrend, A., Hohe, A. (2016). Inheritance of the 'bud bloomer' trait in *Calluna vulgaris*. *Acta Horticulturae* 1127, 251–258.
- Bircan, C., Brück, T., Vothknecht, M. (2016). Violent Conflict and Inequality. *Oxford Development Studies*, 1–20.
- Bitterlich, M., Franken, P. (2016). Connecting polyphosphate translocation and hyphal water transport points to a key of mycorrhizal functioning. *The New Phytologist* 211, 1147–1149.
- Blüthner, W.-D., Krähmer, A., Hänsch, K.-T. (2016). Züchterische Verbesserung der Silphie – erste Schritte. *Journal für Kulturpflanzen* 68, 392–398.
- Bombarely, A., Moser, M., Amrad, A., Bao, M., Bapaume, L., Barry, C.S. et al. (2016). Insight into the evolution of the Solanaceae from the parental genomes of *Petunia hybrida*. *Nature Plants* 2, 16074.
- Bozzoli, C., Brück, T., Muhumuza, T. (2016). Activity Choices of Internally Displaced Persons and Returnees: Quantitative Survey Evidence from Post-War Northern Uganda. *Bulletin of Economic Research* 68 (4), 329–347.
- Brück, T., Justino, P., Verwimp, P., Avdeenko, A., Tedesco, A. (2016). Measuring Violent Conflict in Micro-Level Surveys: Current Practices and Methodological Challenges. *World Bank Research Observer* 31/1, 29–58.
- Buhtz A., Hohe A., Schwarz, D., Grosch R. (2016). Effects of *Verticillium dahliae* on tomato root morphology considering plant growth response and defence. *Plant Pathology*.
- Cosme, M., Lu, J., Erb, M., Stout, M., Franken, P., Wurst, S. (2016). A fungal endophyte helps plants to tolerate root herbivory through changes in gibberellin and jasmonate signaling. *New Phytologist* 211, 1065–1076.
- Cosme, M., Ramireddy, E., Franken, P., Schmülling, T., Wurst, S. (2016). Shoot- and root-borne cytokinin influences arbuscular mycorrhizal symbiosis. *Mycorrhiza* 26 (7), 709–720.
- Csepregi, K., Neugart, S., Schreiner, M., Hideg, E. (2016). Comparative Evaluation of Total Antioxidant Capacities of Plant Polyphenols. *Molecules* 2016, 21 (2), 208.
- Del-Castillo-Alonso, M.-Á., Castagna, A., Csepregi, K., Hideg, É., Jakab, G., Jansen, M.A.K., Jug, T., Llorens, L., Mátai, A., Martínez-Lüscher, J., Monforte, L., Neugart, S., Olejnickova, J., Ranieri, A., Schoedll-Hummel, K., Schreiner, M., Soriano, G., Teszlák, P., Tittmann, S., Urban, O., Verdaguer, D., Zipoli, G., Martínez-Abaigar, J., Núñez-Olivera, E. (2016). Environmental factors correlated with the metabolite profile of *Vitis vinifera* cv. Pinot Noir berry skins along a European latitudinal gradient. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 109, 374–386.
- Druege, U., Franken, P., Hajirezaei, M. (2016). Plant hormone homeostasis, signaling, and function during adventitious root formation in cuttings. *Frontiers in Plant Science* 7: 381.
- Errard, A., Ulrichs, Ch., Kühne, S., Mewis, I., Mishig, N., Maul, R., Drungowski, M., Parolin, P., Schreiner, M., Baldermann, S. (2016). Metabolite profiling reveals a specific response in tomato to predaceous *Chrysoperla carnea* larvae and herbivore(s)-predator interactions with the generalist pests *Tetranychus urticae* and *Myzus persicae*. *Frontiers in Plant Science* 7:1256.
- Förster, N., Mewis, I., Glatt, H.R., Haack, M., Brigelius-Flohe, R., Schreiner, M., Ulrichs, Ch. (2016). Characteristic single glucosinolates from *Moringa oleifera*: Induction of detoxifying enzymes and lack of genotoxic activity in various model systems. *Food & Function* 2016 (7), 4660–4674.
- Geilfus, C. M., Hasler, K., Witzel, K., Gerendás, J., Mühling, K.H. (2016). Interactive effects of genotype and N/S-supply on glucosinolates and glucosinolate breakdown products in Chinese cabbage (*Brassica rapa* L. ssp. *pekinensis*). *Journal of Applied Botany and Food Quality* 89, 279–286.
- Green, K. A., Becker, Y., Tanaka, A., Takemoto, D., Fitzsimons, H.L., Seiler, S., Lalucque, H., Silar, P., Scott, B. (2016). Symb and SymC, two membrane associated proteins, are required for *Epichloë festucae* hyphal cell–cell fusion and maintenance of a mutualistic interaction with *Lolium perenne*. *Molecular Microbiology*, 1–21.
- Groenbaek, M., Jensen, S., Neugart, S., Schreiner, M., Kidmose, U., Kristensen, H.L. (2016). Nitrogen split dose fertilization, plant age and frost effects on phytochemical content and sensory properties of curly kale (*Brassica oleracea* L. var. *sabellica*). *Food Chemistry* 197, 530–538.
- Guzmán-Pérez, V., Bumke-Vogt, CH., Schreiner, M., Mewis, I., Borchert, A., Pfeiffer, A.F.H. (2016). Benzylglucosinolate derived isothiocyanate from *Tropaeolum majus* reduces gluconeogenic gene and protein expression in human cells. *PLOS ONE* 11 (9):e0162397.
- Klopotek, Y., Franken, P., Klaering, H.-P., Fischer, K., Hause, B., Hajirezaei, M., Druege, U. (2016). A higher sink competitiveness of the rooting zone and invertases are involved in dark stimulation of adventitious root formation in *Petunia hybrida* cuttings. *Plant Science* 243, 10–22.
- Kramer, S., Dibbern, D., Moll, J., Hueninghaus, M., Koller, R., Krueger, D., Marhan, S., Urich, T., Wubet, T., Bonkowski, M., Buscot, F., Lueders, T., Kandel, E. (2016). Resource partitioning between bacteria, fungi and protists in the detritusphere of an agricultural soil. *Frontiers in Microbiology* 7:1524.

- Krause, A., Nehls, T., George, E., Kaupenjohann, M. (2016). Organic wastes from bioenergy and ecological sanitation as soil fertility improver: a field experiment in a tropical Andosol. *SOIL* 2, 147–162.
- Kupke, F., Herz, C., Hanschen, F.S., Platz, S., Odongo, G.A., Helmig, S., Bartolomé Rodríguez, M.M., Schreiner, M., Rohn, S., Lamy, E. (2016). Cytotoxic and genotoxic potential of food-borne nitriles in a liver in vitro model. *Scientific Reports* 6:37631.
- Lohr, D., Tillmann, P., Zerche, S., Druege, U., Rath, T., Meinken, E. (2016). Non-destructive measurement of nitrogen status of leafy ornamental cuttings by near infrared reflectance spectroscopy (NIRS) for assessment of rooting capacity. *Biosystems Engineering* 148, 157–167.
- Mageney, V., Baldermann, S., Alback, D.C. (2016). Intraspecific Variation in Carotenoids of *Brassica oleracea* var. *Sabellica*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 64, 3251–3257.
- Mollavali, M., Bolandnazar, S.A., Schwarz, D., Rohn, S., Riehle, P., Nahandi, F.Z. (2016). Flavonol Glucoside and Antioxidant Enzyme Biosynthesis Affected by Mycorrhizal Fungi in Various Cultivars of Onion (*Allium cepa* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 64 (1), 71–77.
- Müller, A., Fink, M. (2016). Studies on allelochemical and mineral compounds for sustainable weed control in a pavement filler from brick recycling material. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 2016.
- Müller, A., Ngwene, B., Peiter, E., George, E. (2016). Quantity and distribution of arbuscular mycorrhizal fungal storage organs within dead roots. *Mycorrhiza*, 2016.
- Müller, T., Behrendt, U., Ruppel, S., Von der Waydrink, G., Müller, M.E.H. (2016). Fluorescent Pseudomonads in the Phyllosphere of Wheat: Potential Antagonists Against Fungal Phytopathogens. *Current Microbiology* 72 (4), 383–389.
- Nett, L., Sradnick, A., Fuß, R., Flessa, H., Fink, M. (2016). Emissions of nitrous oxide and ammonia after cauliflower harvest as affected by soil type and crop residue management. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 106 (2), 217–231.
- Neugart, S., Krumbein, A., Zrenner, R. (2016). Influence of light and temperature on gene expression leading to accumulation of specific flavonol glycosides and hydroxycinnamic acid derivatives in kale (*Brassica oleracea* var. *sabellica*). *Frontiers in Plant Sciences* 7:326.
- Ngwene, B., Boukail, S., Söllner, L., Franken, P., Andrade-Linares, D.R. (2016). Phosphate utilization by the fungal root endophyte *Piriformospora indica*. *Plant and Soil* 405, 231–241.
- Nukarinen E., Nägele T., Pedrotti L., Wurzingler B., Mair A., Landgraf R., Börnke F., Hanson J., Teige M., Baena-Gonzalez E., Dröge-Laser W., Weckwerth W. (2016). Quantitative phosphoproteomics reveals the role of the AMPK plant ortholog SnRK1 as a metabolic master regulator under energy deprivation. *Scientific Reports* 6: 31697.
- Raila, J., Schweigert F.J., Stanitznig, A., Lambacher, B., Franz, S., Baldermann S., Wittek, T. (2016). No detectable carotenoid concentrations in serum of llamas and alpaca. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*.
- Rechner, O., Neugart, S., Schreiner, M., Wu, S., Poehling, H.M. (2016). Different narrow-band light ranges alter plant secondary metabolism and plant defense response to aphids. *Journal of Chemical Ecology* 42, 989–1003.
- Rouphael, Y., Rea, E., Cardarelli, M., Bitterlich, M., Schwarz, D., Colla, G. (2016). Can Adverse Effects of Acidity and Aluminum Toxicity Be Alleviated by Appropriate Rootstock Selection in Cucumber? *Frontiers in Plant Science*, 7:1283.
- Sarhan, M. S., Mourad, E.F., Hamza, M.A., Youssef, H.H., Scherwinski, A.-C., El-Tahan, M., Fayed, M., Ruppel, S., Hegazi, N.A. (2016). Plant powder teabags: a novel and practical approach to resolve culturability and diversity of rhizobacteria. *Physiologia Plantarum* 157 (4), 403–413.
- Scharroba, A., Kramer, S., Kandeler, E., Ruess, L. (2016). Spatial and temporal variation of resource allocation in an arable soil drives community structure and biomass of nematodes and their role in the micro-food web. *Pedobiologia* 59 (3), 111–120.
- Sradnick, A., Oltmanns, M., Raupp, J., Joergensen, R.G. (2016). Microbial biomass and activity down the soil profile after long-term addition of farmyard manure to a sandy soil. *Organic Agriculture* 2016.
- Szyma ska, S., Płociniczak, T., Piotrowska-Seget, Z., Złoch, M., Ruppel, S., Hryniewicz, K. (2016). Metabolic potential and community structure of endophytic and rhizosphere bacteria associated with the roots of the halophyte *Astertripolium* L. *Microbiological Research* 182, 68–79.
- Tran, H. T. T., Márton, M.R., Herz, C., Maul, R., Baldermann, S., Schreiner, M., Lamy, E. (2016). *Nasturtium* (Indian cress, *Tropaeolum majus* nanum) dually blocks the COX and LOX pathway in primary human immune cells. *Phytomedicine* 23, 611–620.
- Üstün, S., Sheikh, A., Gimenez-Ibanez, S., Jones, A., Ntoukakis, V., Börnke, F. (2016). The proteasome acts as a hub for plant immunity and is targeted by *Pseudomonas* type-III effectors. *Plant Physiology* 2016, 172 (2).
- Verdaguer, D., Jansen, M.A.K., Llorens, L., Morales, L.O., Neugart, S. (2016). UV-A radiation effects on higher plants: exploring the known unknown. *Plant Science* 255, 72–81.
- Xu, D., Hanschen, F.S., Witzel, K., Nintemann, S.J., Nour-Eldin, H.H., Schreiner, M., Halkier, B.A. (2016). Rhizosecretion of stele-synthesized glucosinolates and their catabolites requires GTR-mediated import in *Arabidopsis*. *Journal of Experimental Botany* 2016 erw355, 1–10.
- Yim, B., Hanschen, F.S., Wrede, A., Nitt, H., Schreiner, M., Smalla, K., Winkelmann, T. (2016). Effects of biofumigation using *Brassica juncea* and *Raphanus sativus* in comparison to disinfection using Basamid on apple plant growth and soil microbial communities at three field sites with replant disease. *Plant and Soil* 406, 389–408.
- Youssef, H. H., Hamza, M.A., Fayed, M., Mourad, E.F., Saleh, M.Y., Sharhan, M.S., Suker, R.M., Eltahlawy, A.A., Nemr, R.A., El-Tahan, M., Ruppel, S., Hegazi, N.A. (2016). Plant-based culture media: Efficiently support culturing rhizobacteria and correctly mirror their in-situ diversity. *Journal of Advanced Research* 7 (2), 305–316.
- Zerche, S., Haensch, K.-T., Druege, U., Hajirezaei, M.-R. (2016). Nitrogen remobilisation facilitates adventitious root formation on reversible dark-induced carbohydrate depletion in *Petunia hybrida*. *BMC Plant Biology* 16:219.
- Zhou, Y., Zeng, L., Fu, X., Mei, X., Cheng, S., Liao, Y., Deng, R.F., Xu, X., Jiang, Y., Duan, X., Baldermann, S., Yang, Y. (2016). The sphingolipid biosynthetic enzyme Sphingolipid delta8 desaturase is important for chilling resistance of tomato. *Scientific Reports* 6:38742.



◀ Marie Françoise Seck-Mbengue und Wahyu Harso

Ihre Doktorarbeiten verteidigten die beiden Doktoranden Marie Françoise Seck-Mbengue und Wahyu Harso erfolgreich am 8. Februar 2016. Den Anfang machte Marie Seck am Morgen mit der Präsentation Ihrer Arbeit zum Thema: »Arbuscular mycorrhizal fungal effects on heavy metal concentrations and nutrients in different host plant species«. Am Nachmittag stellte Wahyu Harso seine Ergebnisse über »The mycorrhizal plant root system: Foraging activities and interaction with soil bacteria in heterogeneous soil environments« vor.



◀ Michael Bitterlich

Der Pflanzenphysiologe Herr Professor Grimm von der Lebenswissenschaftlichen Fakultät der Humboldt Universität leitete die Promotionskommission von Michael Bitterlich. Am 10. November 2016 fand die Verteidigung vor den weiteren Kommissionsmitgliedern Herr Börnke, Frau Dr. Kühn und Herrn Franken statt. Die beiden letzten hatten Michael Bitterlich durch die Doktorarbeit begleitet. Alles lief sehr erfolgreich, so konnte anschließend Michael Bitterlich der Doktorhut aufgesetzt werden.



◀ Martin Sandmann

Am 20. April 2015 hat Herr Sandmann seine Dissertation zum Thema »Fundamentals for modeling of micro climate, plant growth and plant quality development in field vegetable production below plastic covers« erfolgreich verteidigt. Er überzeugte die Prüfungskommission nicht nur inhaltlich sondern auch mit einem didaktisch toll aufgebauten Vortrag.

Annett Przybyla

An der Naturwissenschaftlichen Fakultät der Leibniz Universität Hannover fand am 13. Oktober 2016 die erfolgreiche Disputation von Frau Annett Przybyla statt. Ihr Thema war: »Erstellung und Charakterisierung polyploider Genotypen von *Calluna vulgaris* (L.) Hull«. Den Prüfungsvorsitz hatte Prof. Dr. T. Winkelmann inne, weitere Prüfer waren Prof. Debener, Prof. Bohne sowie Frau Przybylas IGZ-Betreuerin Anette Hohe.



◀ Ann-Christin Scherwinski

Am 18. November 2015 meisterte Ann-Christin Scherwinski am Institut für Ernährungswissenschaften der Uni Potsdam, in Bergholz Rehbrücke, erfolgreich ihre Disputation zum Thema »Die Phyllosphäre ein Habitat für humaneffektive Bakterien?« Auch als PostDoc arbeitete sie weiterhin am IGZ bei Frau Ruppel im Projekt »SproutMos« in dem an Kräutern, Salatpflanzen und Samen die Wachstumsbedingungen der für den Menschen gefährlichen EHEC-Bakterien erforscht wurden.



◀ Stefanie Schläger

Am 21. Dezember 2015 hat Frau Stefanie Schläger ihre Dissertation zum Thema »Identification of variation within sex pheromone blends of various *Maruca vitrata* populations for refining pheromone lures and traps in Asia« erfolgreich mit magna cum laude verteidigt.

Die Verteidigung fand an der Humboldt-Universität zu Berlin statt. Frau Dr. Schläger kann ihre Forschung zur Schädlingskontrolle durch Botenstoffe (Semiochemikalien) als PostDoc am Rothamsted Research Institut in Harpenden weiterführen.



◀ Cuong Bui Van

Am 29. September 2016 verteidigte Cuong Bui Van erfolgreich seine Doktorarbeit in der Lebenswissenschaftlichen Fakultät der Humboldt Universität zu Berlin.

Herr Professor Bokelmann leitete die Promotionskommission, in der neben Herrn George und Herr Franken noch Frau Professor Requena vom Karlsruhe Institut für Technologie waren.

In seinem Vortrag erklärte er, wie er arbuskulären Mykorrhizapilzen eine höhere Toleranz gegenüber Schwermetallen »antrainierte«. Er konnte zeigen, dass diese »trainierten« Pilze auch den Pflanzen, deren Wurzeln sie besiedeln, eine höhere Schwermetalltoleranz verleihen können.

Eine Weiterführung seiner Forschung wird seither in dem EU-Projekt »BestPass« verfolgt.



◀ Martin Andreas Bauerfeind

Am 12. August 2016 verteidigte Martin Andreas Bauerfeind erfolgreich seine kumulative Doktorarbeit zum Thema »Molecular physiology of chilling tolerance of *Petunia hybrida*« an der Naturwissenschaftlichen Fakultät der Leibniz Universität Hannover.

Martin Bauerfeind hat seine experimentellen Arbeiten im Rahmen des Agroclusters »WeGa Kompetenznetz Gartenbau« in Erfurt unter der fachlichen Betreuung von Dr. Uwe Drüge durchgeführt.

Gutachter der Arbeit waren Frau Prof. Dr. Traud Winkelmann und Prof. Dr. Thomas Debener.

Madlen Nietzsche

Am Institut für Biochemie und Biologie der Mathematisch-Naturwissenschaftliche Fakultät an der Universität Potsdam legte Madlen Nietzsche am

20. September 2016 die Abschlussprüfung ihrer Promotion erfolgreich ab.

Betreut von ihrem Doktorvater Frederik Börnke forschte sie am Thema:

»Identifizierung und Charakterisierung neuer Komponenten der SnRK1-Signaltransduktion in *Arabidopsis thaliana*«

2015

Fündling, D. 2015. Ausbringung von flüssigen Gärresten zur Stickstoffdüngung von Tomaten im Westhof Bio-Gewächshaus: Evaluierung der Stickstoffaufnahme bei Tomaten mit flüssiger Gärrestdüngung in Bodenkultur
**Beuth Hochschule für Technik Berlin,
Studiengang Gartenbau/Horticulture
Bachelor Thesis**

Jas, M. 2015. Verbrauchsanalyse zu neuen Produkten von Salat
**Beuth Hochschule für Technik Berlin
Bachelor Thesis**

Klopsch, R. 2015. Quantitatives Screening von Glucosinolaten und deren Abbauprodukten in 91 *Brassica rapa* Akzessionen und Untersuchungen zum enzymatischen Glucosinolatabbau
**Humboldt-Universität zu Berlin
Master Thesis**

Mishig, N. 2015. Analyse von Sekundärmetaboliten und Carotinoiden nach Schädlingsbefall und Nützlingseinsatz in Tomaten
**Universität Potsdam
Bachelor Thesis**

Norkewit, J. 2015. Einfluss von Carotinoiden auf das Wachstumsverhalten von *Kosakonia radicincitans*
**Universität Potsdam
Bachelor Thesis**

Sandmann, M. 2015. Fundamentals of modeling of micro climate, plant growth and plant quality development in field vegetable production below plastic covers
**Humboldt-Universität zu Berlin
PhD Thesis**

Scherwinski, A.C. 2015. Die Phyllosphäre: ein Habitat für humaneffektive Bakterien?
**Universität Potsdam
PhD Thesis**

Schläger, S. 2015. Identification of variation within sex pheromone blends of various *Maruca vitrata* populations for refining pheromone lures and traps in Asia
**Humboldt-Universität zu Berlin
PhD Thesis**

2016

Ahmed, H.E.-S. 2016. Cultivation of Rhizobacteria on plant powder-based culture media using filter paper for preparation
**Kairo University
Bachelor Thesis**

Ali Elnamr, R.A.M. 2016. Rhizobacteria of Cactus and Succulent Plants
**Kairo University
Bachelor Thesis**

Bitterlich, M. 2016. The photosynthetic response of greenhouse tomato cultures under a changing environment and the implications of using arbuscular mycorrhiza
**Humboldt-Universität zu Berlin,
Lebenswissenschaftliche Fakultät
PhD Thesis**

Harso, W. 2016. The mycorrhizal plant root system: foraging activities and interaction with soil bacteria in heterogeneous soil environments
**Humboldt-Universität zu Berlin,
Lebenswissenschaftliche Fakultät
PhD Thesis**

Jorkowsky, J. 2016 Carotinoide eine Pandanus-Extraktes: Identifizierung, Quantifizierung und Stabilität
**Universität Potsdam
Bachelor Thesis**

Kallus, K. 2016. Charakterisierung der Reaktion von verschiedenen *Petunia* Genotypen auf den Wurzelpathogenen *Thielaviopsis basicola* unter dem Einfluss des arbuskulären Mykorrhizapilzes *Funneliformis mosseae*
**TU Dresden,
Fakultät für Mathematik und Naturwissenschaften
Master Thesis**

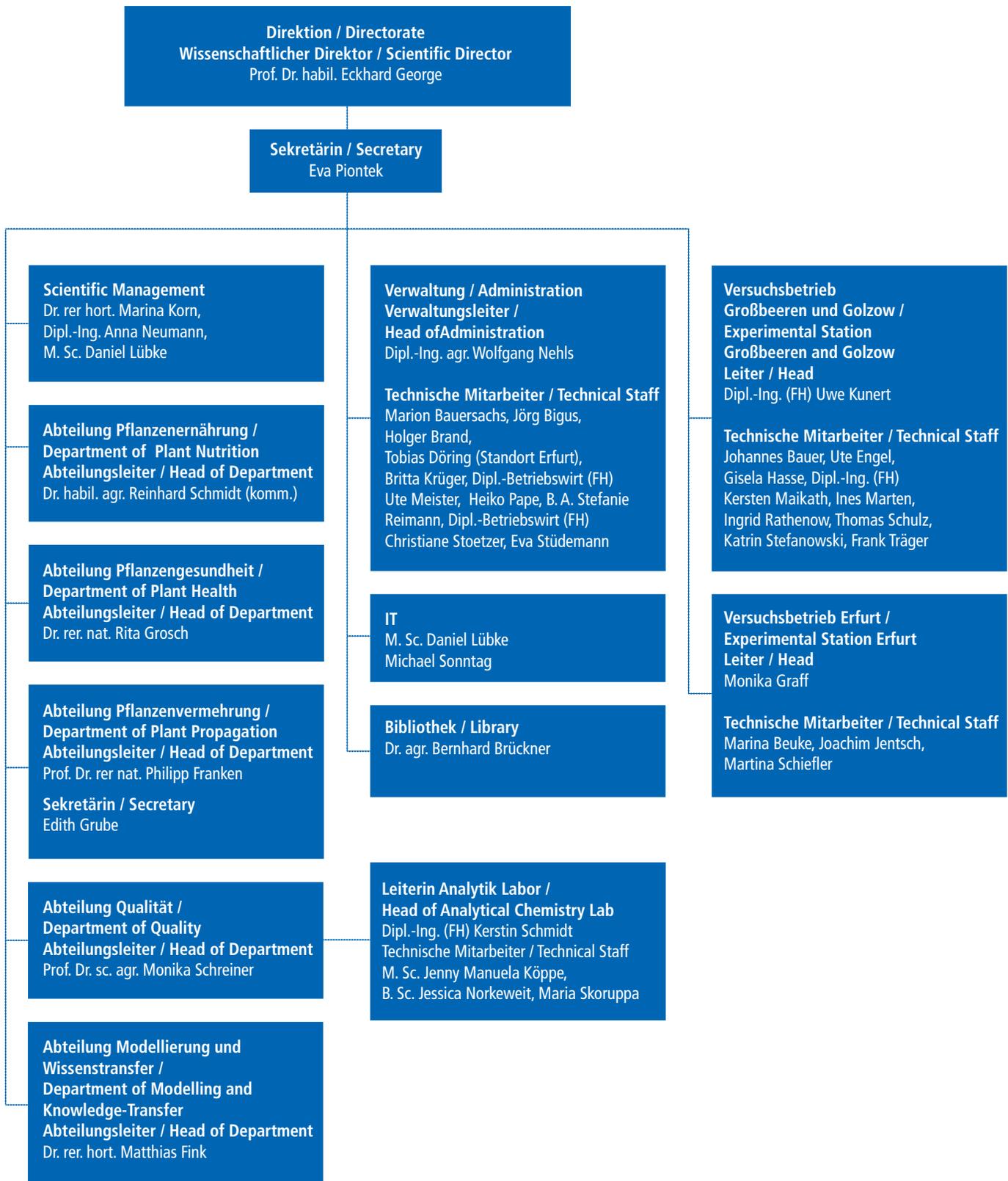
Kiesler, C. 2016. Ozon-induzierte Veränderungen von ausgewählten Sekundärmetaboliten in Brokkoli
**Universität Potsdam
Bachelor Thesis**

Kirschner, A. 2016 Identifizierung und Charakterisierung carotinoidspaltender Enzyme in den Rebsorten Weißer Riesling und Müller-Thurgau
**Universität Potsdam
Bachelor Thesis**

Krähmer, D. 2016. Der Einfluss der arbuskulären Mykorrhiza auf die zwei Wildarten *Petunia inflata* und *Petunia axillaris* unter N, P und Fe Mangel
**Ernst-Abbe-Hochschule Jena,
Fachbereich Medizintechnik und Biotechnologie
Bachelor Thesis**

- Krüger, F.** 2016. Milchsäurefermentation von menschlichem Urin zur Minderung gasförmiger N-Verluste bei der Düngung
TU Berlin,
Institut für Technischen Umweltschutz
Bachelor Thesis
- Müller, F.** 2016. Auswirkung der Borversorgung auf Wuchs und Qualität von Spargel (*Asparagus officinalis*)
Beuth Hochschule für Technik Berlin,
Studiengang Gartenbau/Horticulture
Bachelor Thesis
- Nietzsche, M.** 2016. Identifizierung und Charakterisierung neuer Komponenten der SnRK1-Signaltransduktion in *Arabidopsis thaliana*
Universität Potsdam,
Mathematisch-Naturwissenschaftliche Fakultät
PhD Thesis
- Przybyla, A.** 2016. Erstellung und Charakterisierung polyploider Genotypen von *Calluna vulgaris* (L.) Hull
Leibniz-Universität Hannover
PhD Thesis
- Rappold, S.** 2016. Morphologisch-anatomischer Vergleich di- und triploider Hortensiensorten
Fachhochschule Erfurt
Master Thesis
- Sabra, M.** 2016. Bioremediation effect of contaminated soils with copper and lead on sweet basil plants
Alexandria University Egypt
PhD Thesis
- Schroeder, C.** 2016. Ansätze zur molekularen und biochemischen Charakterisierung der Dualspezifischen Proteinphosphatase DSP1 aus *Nicotiana benthamiana*
Universität Potsdam, Naturwissenschaftliche Fakultät
Bachelor Thesis
- Schuehle, F.** 2016. Minderung gasförmiger N-Verluste bei der Düngung mit menschlichem Urin
TU Berlin, Institut für Technischen Umweltschutz
Bachelor Thesis
- Schwab, S.** 2016. Einfluss von Strigolactonen auf die Adventivwurzelbildung in Petunienstecklingen unter Berücksichtigung des Kohlenhydratmetabolismus und einer temporären warm-Dunkelbehandlung
Hochschule Mittweida,
Studiengang Biotechnologie/Bioinformatik
Bachelor Thesis
- Seck-Mbengue, M.F.** 2016. Arbuscular mycorrhizal fungal effects on heavy metal concentrations and nutrients in different host plant species
Humboldt-Universität zu Berlin,
Lebenswissenschaftliche Fakultät
PhD Thesis
- Selent, L.** 2016. Biocontrol of *Rhizoctonia solani* on potato plants
Hochschule Mannheim
Master Thesis, 95 p.
- van Thiel, D.** 2016. Funktionelle Charakterisierung von Typ-III Effektorproteinen aus *Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria* in Pflanzen
TU Braunschweig,
Fachrichtung Biologie
Master Thesis. PhD Thesis
- Van, C.B.** 2016. Acclimatisation of arbuscular mycorrhizal fungi enhances heavy metal (Zn and Pb) tolerance of the fungi and of the mycorrhizal plant partner
Humboldt-Universität zu Berlin,
Lebenswissenschaftliche Fakultät
PhD Thesis
- Weigel, K.** 2016. Einfluss von Licht und Gibberellin auf die Samenkeimung bei *Calluna vulgaris* (L.) Hull
Fachhochschule Erfurt
Master Thesis
- Wolfsegger, C.** 2016 Temperatur-induzierte Veränderungen von Aromastoffen und Carotinoiden in Tomaten
Universität Potsdam
Bachelor Thesis

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



Die Mitarbeiter der Abteilungen
finden Sie auf der rechten Seite ...

Abteilung Pflanzenernährung / Department of Plant Nutrition

Wissenschaftliche Mitarbeiter / Scientific Staff

M. A. Ghassan Baliki, Dr. rer. nat. Matthias Becker, Dr. rer. nat. Yvonne Becker, Dr. rer. nat. Beatrice Berger, Dr. Michael Bitterlich, Prof. Dr. Tilman Brück, M. Sc. Lempie Kashinasha Ekandjo, M. sc. Inga Matzner (Standort Erfurt), Dr. sc. agr., Elke Neumann, Dipl.-Biol. Sascha Patz, Dr. agr. Jörg Rühlmann, Dr. habil. rer. nat. Silke Ruppel, Dr. agr. Dietmar Schwarz, Dr. agr. Siegfried Zerche (Standort Erfurt), Dr. rer. nat. habil. Rita Zrenner

Technische Mitarbeiter / Technical Staff

Dipl.-Ing. (FH) Gundula Aust, Laura Arndt (Auszubildende), Stefanie Baßler (Standort Erfurt), B. sc. Kerstin Bieler, Dipl.-Ing. (FH) Kerstin Fischer, Dipl.-Biol. Susanne Jeserigk, Maja Klemm (Standort Erfurt), Dipl.-Ing.(FH) Birgit Löffelbein, Katrin Schultz (Standort Erfurt), Claudia Tievesch, Dipl.-Ing.(FH) Birgit Wernitz,

Studenten / Students

B. Sc. Hend El-Sawey El-Sawey Ahmed Abd El-Rahim, M. Sc. Amna Ibnomer Mohammed Eltigani, M. Sc. Dalia Abdel-Fattah Gaber Mahmoud, B. Sc. Maria Holzinger, Dipl.-Biol. Henry Mattner, Ali Rahma, B. Sc. Ahmed Mohamed Ali Nemr, M. Sc. Gylaine Vanissa Tchuisseu Tchakounte, B. Sc. Mohammad Hafeez Ul Barkat, M. Sc. Wael Yakti

Abteilung Pflanzengesundheit / Department of Plant Health

Wissenschaftliche Mitarbeiter / Scientific Staff

M. sc. Philip Albers, Dr. Max-Bernhard Ballhausen, Prof. Dr. rer. nat. Frederick Börnke, Dr. agr. Roxana Djalali-Farahani-Kofoet, M. sc. Franziska Genzel, Dr. rer. nat. Tiziana Guerra, Dr. agr. Frank Hennig (Standort Erfurt), Dr. rer. nat. Madlen Nietzsche, Dr. rer. hort. Martin Sandmann, M. Sc. Jasper Schierstaedt, M. Sc. Bart Verwaaijen, Dr. rer. nat. Katja Witzel

Technische Mitarbeiter / Technical Staff

Konstantin Albrecht, Dipl.-Ing. (FH) Sabine Breitkopf, Dipl.-Ing. (FH) Angelika Fandrey, Mandy Heinze, Dipl.-Ing.(FH) Jasmin Koritke (Standort Erfurt), Sieglinde Widiger

Studenten / Students

B. Sc. Katy Faulkner, M. Sc. Sneha Gulati, M. Sc. Manuela Rändler, M. Sc. Daniela van Thiel

Abteilung Pflanzenvermehrung / Department of Plant Propagation

Wissenschaftliche Mitarbeiter / Scientific Staff

Dr. rer. nat. Anne Behrend, Dr. rer. nat. Iris Camehl, M. Sc. Vincenzo De Rocchis, Dr. rer. hort. Uwe Drüge, Dr. agr. Aloma Ewald, Dr. rer. hort. Klaus-Thomas Hänsch, Dipl. biol. Jennifer Heinrich, M. Sc. Shubhangi Sharma, Dr. rer. nat. Yvonne Stonek, Dr. rer. nat. Conny Tränkner, Dr. agr. Huaiyu Yang

Technische Mitarbeiter / Technical Staff

Bärbel Broszies, Dipl.-Ing. (FH) Sabina Czekalla, Gabriele Eckart, Dipl.-Chem. Klaus Fricke, Janett Grimmer, B. Sc. Peter Hempel, Sabine Kalkofe-Roth, Dipl.-Ing. (FH) Jörg Krüger, Katja Krüger, Sofia Michler (Auszubildende), Dipl.-Ing. (FH) Anke Müller, Dipl.-Ing. (FH) Kerstin Schütze, Dipl.-Ing.(FH)Dorothea Thomalla, Dipl.-Ing. (FH) Barbara Weinlich, Dipl.-Biol. Christina Werner

Studenten / Students

B. Sc. Fabian Bildhauer, B. Sc. Luise Karl

Abteilung Qualität / Department of Quality

Wissenschaftliche Mitarbeiter / Scientific Staff

Prof. Dr. rer. nat. Susanne Baldermann, Dr. agr. Bernhard Brückner, Dr. rer. nat. Christiane Bumke-Vogt, Dr. rer. nat. Franziska Hanschen, M. Sc. Rebecca Klopsch, Dr. rer. nat. Susanne Neugart, Dr. rer. agr. Bernard Ngwene, Dipl. LM-Chem. Angela Schröter, Dr. rer. nat. Saskia Welter, Dr. rer. nat. Melanie Wiesner-Reinhold

Technische Mitarbeiter / Technical Staff

Sarah Fahrherr (Auszubildende), Elke Büsch, Dipl.-Ing. (FH) Andrea Jankowsky, Agr.-Ing. (FH) Andrea Maikath, Dipl.-Ing. (FH) Annett Platalla

Studenten / Students

M. Sc. Lara Blagojevic, Adrian Bobrowski, M. sc. Audrey Errard, M. sc., Katja Frede, B. Sc. Marcus Fricke, Björn Gutschmann, Aline Kirschner, B. Sc. Patricia Lessak, B. A. Marie Nickel, Dipl. LM-Chem. David Schröter, M. Sc. Jiang Shi, B. Sc. Christina Ziebart

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

Wissenschaftliche Mitarbeiter / Scientific Staff

Dr. agr. Carmen Feller, Dr. rer. agr. Jan Gräfe, Dr. agr. Hans-Peter Kläring, Dr. sc. agr. Susanne Kramer, Dr. agr. Anja Müller, Dr. rer. agr. Leif Nett, Dr. Tundra Margarita Ramirez Jiménez, Dr. rer. agr. Thorsten Rocksch, Dr. agr. André Sradnick

Technische Mitarbeiter / Technical Staff

Ingo Hauschild, Thomas Runge, Dipl.-Ing. (FH) Angela Schmidt, Simone Starke

Studenten / Students

Florian Augustin

Drittmittelprojekte / Third party funding

2015

1.723.458,96 €

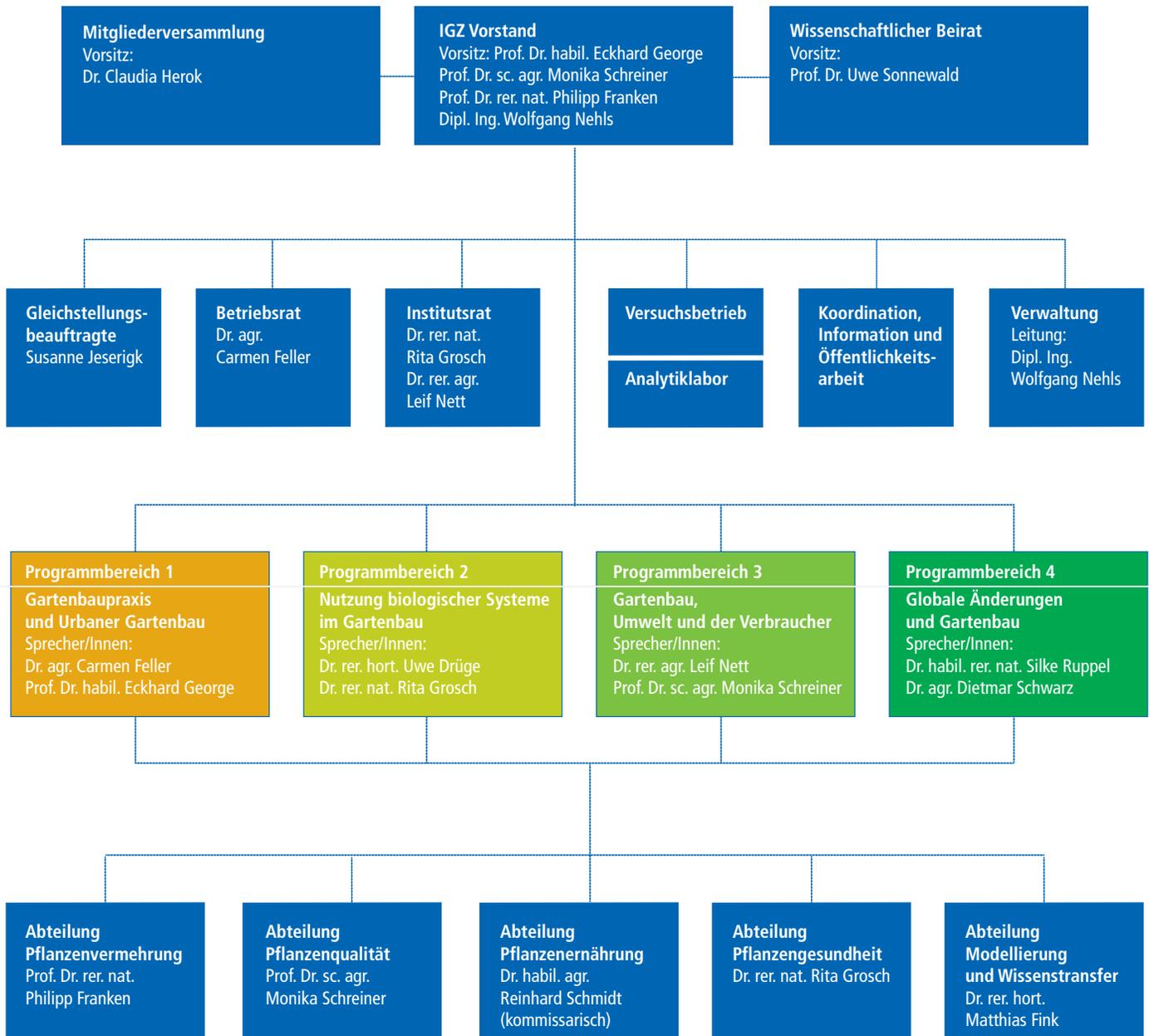
BESTPASS: Boosting plant-Endophyte Stability, compatibility and Performance Across Scale S, EU, Franken, RA 2.5	498.432,96 €
Implications of soil management practices and application of biocontrol strains on soil disease suppressiveness for improved soil health and sustainable plant production. BMBF, Grosch, RA 2.3	428.620,00 €
Enzymatische und nicht-enzymatische Abbaureaktionen im Verlauf der thermischen Behandlung von Glucosinolaten und Folgeprodukten. DFG, Hanschen, RA3.1	306.012,00 €
Machbarkeitsstudie zur Elektroenergieversorgung von Gewächshäusern bei einer volatilen Stromversorgung mit hohem Anteil erneuerbarer Energien. BMEL, Kläring, RA 4.1	153.892,00 €
Weiterentwicklung des Entscheidungshilfesystems N-Expert zur Düngungsbedarfsermittlung im Gemüsebau, BMEL, Fink/Feller, RA 3.3	133.956,00 €
Aufnahme von <i>Escherichia coli</i> und Salmonellen in Pflanzen. BMBF, Grosch, RA 2.3	101.802,00 €
Kompetenzcluster Ernährungsforschung: NutriAct-Ernährungsintervention für gesundes Altern. BMBF, Schreiner, RA 3.1	100.744,00 €

2016

1.710.244,57 €

Erhöhte Bildung sekundärer Pflanzenmetabolite durch Bestrahlung mit UVB LEDs zur Erzeugung natürlicher Functional Foods (SEcondaRy UV), BMBF Schreiner, Wiesner, Neugart, RA 3.1	606.950,00 €
Functional Characterization of bacterial type III effectors in plant cells, DFG, Börnke, RA 2.6	406.400,00 €
NewSoil21 – Entwicklung und Testung von Anbaustrategien zur Überwindung der spezifischen Bodenmüdigkeit, EIP, Feller, RA 3.3	190.000,00 €
Präzise Kalkung in Brandenburg (pH BB), EIP, Rühlmann, RA 4.1	189.497,00 €
Research Activities on sustainable and climate-resilient intensification of cropping systems, FAO, IFPRI, UCA, Brück, RA 4.3	122.677,57 €
AMF Agri: Verfahrenstechnik zur nachhaltigen Anwendung mykorrhizierter Bodenhilfsstoffe im Feldanbau von Soja, Körnermais und Kartoffeln, EU, Franken, RA 2.5	61.700,00 €
Modell- und Demonstrationsvorhaben: Optimierung der Stickstoffdüngung im Freilandgemüsebau, BMEL, Fink/Feller, RA 3.3	37.310,00 €
Interspezifische Hybridisierung in der Gattung Cyclamen. Untersuchungen zur Auslösung der Veränderung des Ploidiegrades zum Aufbau samenvermehraren Zuchtmaterials, Industrie, Ewald, RA 2.2	29.750,00 €
XIV Meeting of the Working Group: Biological Control of Fungal and Bacterial Plant Pathogens, DFG, Grosch, RA 2.3	24.400,00 €
Verbundprojekt: »Nutzung der Nah-Infrarotspektroskopie zur Qualitätssicherung bei der Produktion von Zierpflanzenstecklingen« Teilprojekt 2, 3. Nachtrag, DIP, Zerche, RA 2.1	15.500,00 €
Using native beneficial endophytes in agriculture, DAAD, Ruppel, Berger, RA 4.2	13.600,00 €
The potential plant growth-promoting of Cameroon soil bacteria community and their effect on maize growth, DAAD, Ruppel, RA 4.2	12.460,00 €

Organe des Instituts / Bodies of the Institute



Organe des Instituts /

Bodies of the Institute

Mitglieder des Vereins / Members of the Association

Vertreter des Bundes
Vertreter des Landes Brandenburg
Vertreter des Freistaates Thüringen
Vertreter verschiedener Forschungseinrichtungen
Vertreter wissenschaftlicher Gesellschaften und Verbände
Vorsitzender des Wissenschaftlichen Beirates

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

Dr. Ingo Braune
Stellvertretender Vorsitzender
Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft

Elke Mohnhaupt
Thüringer Ministerium für Infrastruktur und Landwirtschaft

Axel Gaertner
Ministerium für Ländliche Entwicklung, Umwelt und Landwirt-
schaft des Landes Brandenburg

Prof. Dr. Georg F. Backhaus (bis 2015)
Vorsitzender des Wissenschaftlichen Beirats des IGZ

Prof. Dr. Uwe Sonnewald (ab 2016)
Vorsitzender des Wissenschaftlichen Beirats des IGZ

Prof. Dr. Wilhelm Dercks / z. Zt. Prof. Dr. Wim Schwerdtner
Fachhochschule Erfurt

Prof. Dr. Oliver Günther
Universität Potsdam

Dr. agr. Susanne Huyskens-Keil
Humboldt-Universität zu Berlin

Jörg Kirstein (bis 2015)
Gartenbauverband Berlin-Brandenburg e.V.

Prof. Dr. Dr. Christian Ulrichs
Deutsche Gartenbauwissenschaftliche Gesellschaft

Jochen Winkhoff
Zentralverband Gartenbau e.V. Berlin

Prof. Dr. Dr. h.c Hans-Peter Liebig (bis 2015)
persönliches Mitglied

Wissenschaftlicher Beirat / Scientific Advisory Board

Mitglieder des Wissenschaftlichen Beirates sind:

Prof. Dr. Georg F. Backhaus (bis 2015)
Vorsitzender
Julius Kühn-Institut,
Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen

Prof. Dr. Uwe Sonnewald (ab 2016)
Vorsitzender
Friedrich-Alexander Universität Erlangen-Nürnberg,
Naturwissenschaftliche Fakultät,
Lehrstuhl für Biochemie

Prof. Dr. Hartmut Stützel (bis 2015)
Stellvertretender Vorsitzender
Leibniz-Universität Hannover,
Naturwissenschaftliche Fakultät,
Institut für Gartenbauliche Produktionssysteme

Prof. Dr. Traud Winkelmann ab 2016
stellvertretende Vorsitzende
Leibniz-Universität Hannover,
Naturwissenschaftliche Fakultät,
Institut für Gartenbauliche Produktionssysteme

Prof. Dr. Thomas Rath
Hochschule Osnabrück,
Fakultät Agrarwissenschaften und Landschaftsarchitektur,
Technik im Gartenbau

Prof. Dr. Ep Heuvelink
Wageningen University,
Greenhouse crop physiology and modelling,
Horticulture and Product Physiology

Prof. Dr. Wolfgang Bokelmann
Humboldt-Universität zu Berlin,
Lebenswissenschaftliche Fakultät,
Albrecht Daniel Thaer-Institut f. Agrar-
und Gartenbauwissenschaften

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

Prof. Dr. Hans Reiner Schultz
Hochschule Geisenheim University,
Präsidium

Prof. Dr. Karin Schwarz
Christian-Albrechts-Universität zu Kiel,
Agrar- und Ernährungswissenschaftliche Fakultät,
Institut für Humanernährung und Lebensmittelkunde

Aufgaben des Instituts / Our Mission

Vorstand des Vereins / Managing Committee

Mitglieder des Vorstandes sind:
Prof. Dr. Eckhard George (Vorsitzender)
Prof. Dr. Monika Schreiner
Prof. Dr. Philipp Franken
Dipl.-Ing. agr. Wolfgang Nehls

Institutsrat/ Board of Scientists

Mitglieder des Institutsrates sind:
Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des Institutes

Vorsitzende des Institutsrates
ist einer der Institutsratsprecher

Sprecher des Institutsrates
PD Dr. rer. hort. Annette Hohe (bis 2015)
Dr. rer. agr. Leif Nett
Dr. rer. nat. Rita Grosch

Gesamtbetriebsrat
Dr. Carmen Feller

Gleichstellungsbeauftragte
Susanne Jeserigk

Ombudsmann
Dr. Bernhard Brückner

Datenschutzbeauftragte
Shobha Fitzke
intersoft consulting services AG
Hamburg

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.leibniz-gemeinschaft.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 Infrastruktur und Landwirtschaft (TMIL) gefördert.

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.leibniz-gemeinschaft.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 Infrastruktur und Landwirtschaft).



IGZ

Leibniz-Institut für Gemüse- und Zierpflanzenbau