

Schriften zu Genetischen Ressourcen

Schriftenreihe der Zentralstelle für Agrardokumentation und -information
Informationszentrum Genetische Ressourcen (IGR)

BAND 16

Nutzung genetischer Ressourcen - ökologischer Wert der Biodiversität

Symposium der AG Genetische Ressourcen
der Gesellschaft für Pflanzenzüchtung am
23./24. November 2000 in Witzenhausen

Herausgeber dieses Bandes

K. Hammer und Th. Gladis

Herausgeber: Zentralstelle für Agrardokumentation und -information (ZADI)
Informationszentrum Genetische Ressourcen (IGR)
Villichgasse 17, D – 53177 Bonn
Postfach 20 14 15, D – 53144 Bonn
Tel.: (0228) 95 48 - 202
Fax: (0228) 95 48 - 220
Email: igr@zadi.de

Layout: Gabriele Blümlein
Anette Scheibe

Druck: Druckerei Martin Roesberg
Geltorfstr. 52
53347 Alfter-Witterschlick

Schutzgebühr 16,- DM

ISSN 0948-8332

© ZADI Bonn, 2001

Diese Publikation ist im Internet verfügbar unter:
<http://www.genres.de/infos/igrreihe.htm>

Vorwort der Herausgeber

Preface of the editors

„Agrarbioidiversität“ heißt einer der jüngsten Lehrstühle an der Universität Gesamthochschule Kassel, Standort Witzenhausen. Als Gastgeber durfte er die Tagung der Arbeitsgruppe Genetische Ressourcen der Gesellschaft für Pflanzenzüchtung ausrichten. Aus der jungen Fachrichtung sollen starke Impulse erwachsen. Die drei Ebenen der Biodiversität wurden in das Symposium einbezogen und gleichzeitig kritisch auf neue Ansätze abgeklopft. Erwartungsgemäß war der Boden bei der infraspezifischen Vielfalt schon gut beackert. Die Artenvielfalt, die bei den Wildpflanzen eine so große Rolle spielt, erwies sich als wenig beachtet. Unterrepräsentiert ist auch die Vielfalt der Ökosysteme. Noch immer scheint es kein Konzept gegen die heftige Erosion der Lebensraumstrukturen in Agrarlandschaften zu geben, von vorbeugenden Maßnahmen und vorausschauenden Planungen ganz zu schweigen.

Neben diesen „internen“ Problemen der Agrarbioidiversität sollten die Möglichkeiten am Standort zu einer Erweiterung des ohnehin breiten Spektrums genutzt werden. Für ihre Beiträge sind wir daher den Kolleginnen und Kollegen der Fachgebiete Pflanzenbau, Pflanzenernährung und Phytopathologie zu besonderem Dank verpflichtet. Während die Phytopathologie im Zusammenspiel mit den pflanzen genetischen Ressourcen über eine längere Tradition verfügt, haben sich für Pflanzenbau und Pflanzenernährung neue Aspekte ergeben.

Der vorliegende Band ist in Anlehnung an die eingangs angerissenen Intentionen gegliedert. In der Regel sind zu einem Hauptbeitrag zusätzliche Arbeiten aus Kurzvorträgen und Postern gestellt. Die Einstimmung in die Tagungsproblematik wird durch Beiträge der Agrarbioidiversität übernommen. Dann folgen die Arbeiten zu den züchterischen Aspekten, wobei sowohl die klassische als auch die biologisch-dynamische Pflanzenzüchtung vertreten sind. Wie schon erwähnt, stellt die Phytopathologie einen Schwerpunkt in der Bearbeitung der pflanzen genetischen Ressourcen dar. Hier können wir interessante Ideen präsentieren. Die anregenden Beiträge zum Pflanzenbau (Energiepflanzen) und zur Pflanzenernährung werden in einem kleinen Abschnitt zusammengefasst. Dann folgt ein Abschnitt zur Dokumentation. Den Abschluss bilden die traditionellen Genbank-Arbeiten unter besonderer Berücksichtigung der Sortenvielfalt. Bereits der einleitende Artikel dieses letzten Abschnitts zeigt jedoch, dass auch hier die Artenvielfalt an Bedeutung gewinnt.

Der programmatische Titel des Symposiums „Nutzung genetischer Ressourcen – ökologischer Wert der Biodiversität“ darf und soll nicht darüber hinwegtäuschen, dass wir bei Erforschung, Schutz und Nutzung der natürlichen Ressourcen wie auch der Agrarbioidiversität längst noch nicht den Stand erreicht haben, den man in einem reich mit Forschungsmitteln ausgestatteten Land erwarten könnte, ja, den erreicht zu

haben, die Steuerzahler geradezu fordern müssten. Die Qualität und die Art der Erzeugung von Lebensmitteln – wohlbemerkt nicht ihre Reinheit – ist im Zeitalter der Ökologie nicht besser geworden. Böden, Wasser und Luft enthalten schwer abbaubare Altlasten. Es wird mehr Energie vergeudet als je zuvor, der Zivilisationsmüll hat auch die letzten Winkel natürlicher Lebensräume erreicht. Doch noch immer meinen wir, der Probleme mit besseren, noch ausgefeilteren, bei genauerem Hinsehen aber im Ansatz immer gleichartigen technischen Lösungen Herr werden zu können. Erst allmählich wird erkannt, dass der Wert der Biodiversität in einer Nutzungsweise liegt, die sich an ökologischen Prinzipien orientiert.

Wir stehen nicht nur an der Schwelle eines neuen Jahrtausends sondern auch an einem Wendepunkt der Agrargeschichte. Es ist noch nicht sehr viel Zeit vergangen, seit sich die Menschheit des Wertes der Biodiversität für ihren eigenen Fortbestand erneut bewusst geworden ist. Mehrere hundert Jahre lang herrschte die Meinung, mit einer abnehmenden Zahl Arten, Rassen und Sorten bei gleichzeitiger Erhöhung ihrer Ertragsleistung die eigene Ernährung sichern, gar das Welternährungsproblem lösen zu können. Stattdessen hat sich die Situation verschärft, die Zahl der Bauern nimmt ab, die der Hungernden weiterhin zu. Böden erodieren, versalzen, werden unfruchtbar. Ganze Landstriche veröden, weil landwirtschaftliche Produktion, ganz abgesehen von irgendeiner Wirtschaftlichkeit, auf ihnen einfach nicht mehr möglich ist. Gleichzeitig werden internationale Konferenzen zu den großen klimatischen, soziologischen und den Themen der Biodiversität abgehalten. Die Situation wird jedoch nur beschrieben, nicht verbessert, denn nichts ist schwerer zu ändern als das menschliche Verhalten. Sind Forschungsberichte und Tagungsbände also weiterhin dazu verdammt, in Bürozimmern und Bibliotheken zu verstauben? Solange eine Gesellschaft nicht fähig ist, die Ergebnisse der von ihr finanzierten Forschung für sich zu erschließen, das heißt in Politik und Ökonomie umzusetzen, muss diese Frage eindeutig mit ‚ja‘ beantwortet werden.

Was die Biodiversitätsforschung in Deutschland gegenwärtig zu bieten hat, ist nicht besonders anregend. Man kann mitunter nur noch die Fantasie derer bewundern, die eben gerade auf der Biodiversitäts-Welle reitend ihre alten Forschungsschiffe unter dieser neuen Flagge kreuzen lassen. Hat die Wissenschaft nach ihrem hohen gesellschaftlichen Rang nun auch noch ihre Perspektiven verloren? Wie wenig das Thema in der deutschen Forschungslandschaft verwurzelt ist, wird aus all jenen Bereichen ersichtlich, die in diesem Band nicht vertreten sind. Trotz intensiver Bemühungen konnte beispielsweise kein Ökonom gewonnen werden, sich zu diesem Thema zu äußern. Die Soziologie wird mehr gestreift als behandelt, von den Ernährungswissenschaften, der Verarbeitung und dem Handel ganz zu schweigen. Aber dies sind nur einige der bemerkenswerten Lücken; zugegebenermaßen sind sie groß genug für eigenständige Veranstaltungen, bei denen sich möglicherweise die Naturwissenschaften unterrepräsentiert finden – ein weiteres Dilemma der Forschung in diesem Lande. Band 13 der Schriften zu genetischen Ressourcen stand unter dem Thema

„Erhaltung und Nutzung regionaler landwirtschaftlicher Vielfalt – von der Verpflichtung zur Umsetzung“. Der ökologische Landbau, auf den damals wie auch im Zusammenhang mit dem Thema Biodiversität große Hoffnungen gesetzt wurden und weiterhin werden, der bei der Bevölkerung großen Kredit im Hinblick auf die Entwicklung und Gestaltung einer zukunftsfähigen Landwirtschaft besitzt, der zudem am Standort Witzenhausen eine starke Hausmacht besitzt – er ist gerade dabei, die Thematik aufzugreifen (vgl. FINCKH, Fachgebiet ökologischer Pflanzenschutz, in diesem Band) und kann daher in der Biodiversitätsforschung noch keine nennenswerten Ergebnisse vorweisen. Andererseits hatte die Erforschung der Vielfalt in der Kulturpflanzenforschung wie auch in der Ökologie immer einen hohen Stellenwert, was sicher keiner Erläuterung bedarf. Es muss an dieser Stelle jedoch konstatiert werden, dass viele auch nicht explizit genannte Disziplinen den Anschluss noch nicht gefunden haben.

Deutschland befindet sich auf dem Gebiet der Biodiversitätsforschung nicht auf dem Stand, den einige Entwicklungsländer bereits erreicht haben. Wir freuen uns daher besonders, dass auch Beiträge zu angewandten Forschungsthemen aus den sogenannten Entwicklungsländern mit den dort gesammelten Erfahrungen zum Umgang mit Biodiversität in diesen Tagungsband eingeflossen sind. In südlichen Ländern ist der traditionell noch vorhandene Reichtum an Kulturpflanzen untrennbar mit Lebensqualität verbunden, wie jeder Urlaubsreisende weiß. Es ist nicht zu verstehen, dass die Möglichkeiten, die es hierfür im eigenen Lande gibt, noch immer brach liegen.

Wir möchten daher allen Teilnehmern und auch allen Nicht-Teilnehmern mit diesem Tagungsband Anregungen zur Nutzung und zum Gebrauch geben, vor allen Dingen aber zur Nachfrage nach den bei uns selten gewordenen schönen Dingen des Lebens ermuntern. Wir hoffen, mit diesem Anliegen einen breiten, interessierten und vor allen Dingen aktiven Leserkreis zu erreichen.

Witzenhausen im Juni 2001

Karl Hammer und Thomas Gladis

Inhaltsverzeichnis

Vorwort i
Preface of the editors

Inhaltsverzeichnisiv
Table of contents

Gruppe 1 - Agrarbiiodiversität

Agrarbiiodiversität, pflanzengenetische Ressourcen und ökologische Leistung
Agrobiodiversity, plant genetic resources, and ecological effciencie..... 1
K. HAMMER

Wertevielfalt, Biodiversität und genetische Ressourcen
Diversity of values, biodiversity and genetic resources
TH. GLADIS 14

Hemerophyta - a special case of invasive organisms
Hemerophyta - ein Sonderfall invasiver Organismen
TH. GLADIS, N. ARROWSMITH und K. HAMMER 23

The degree of planned and associated biodiversity in agroecosystems as a
result of farmers´ decisions: a preliminary framework for systematic analysis
*Das Niveau an geplanter und assoziierter Biodiversität in Agrarökosystemen als
Ergebnis von Entscheidungsprozessen im landwirtschaftlichen Betrieb: ein Rahmen
für die systematische Analyse*
ST.L. FRANCK und A. SCHIERHOLT 30

The contribution of home gardens to *in situ* conservation of plant genetic resources -
examples from Guatemala and Vietnam
*Der Beitrag von Hausgärten zur Erhaltung pflanzengenetischer Ressourcen in situ -
Beispiele aus Guatemala und Vietnam*
TH. GLADIS, K. HAMMER, K. ROOSE AND H. KNÜPFER 35

Wiedereinführung und Nutzung von einheimischen Kartoffelsorten (*Solanum spp.*)
in Bolivien
Restoration and utilization of native potato varieties (Solanum spp.) in Bolivia
A.G. BADANI, V. IRIARTE, G. AGUIRRE, C. VILLARROEL und
E. FERNANDEZ-NORTHCOTE 49

On-farm-Management “alter“ Getreidesorten in Biosphärenreservaten
On farm management of “old” grain varieties in biosphere reserves
R. VÖGEL 59

Das NABU-Projekt "Kulturpflanzenvielfalt, biologische Vielfalt und ökologische Pflanzenzüchtung" <i>The NABU project on crop diversity, biodiversity and organic plant breeding</i>	
C. WIETHALER	66
The influence of changing socio-economic factors on crop germplasm conservation - a case study <i>Der Einfluss veränderter sozioökonomischer Faktoren auf die Erhaltung von Kulturpflanzen - eine Fallstudie</i>	
D. PIGNONE, TH. GLADIS und K. HAMMER.....	70
Gruppe 2 - Pflanzenzüchtung	
Nutzung genetischer Ressourcen in der Pflanzenzüchtung <i>Utilization of genetic resources in plant breeding</i>	
H.C. BECKER	79
Resynthese-Raps (<i>Brassica napus</i> L.) als genetische Ressource für die Qualitäts- und Ertragszüchtung <i>Resynthesised rape (Brassica napus L.) as genetic resource in rapeseed improvement for quality and agronomic performance</i>	
F. SEYIS, W. FRIEDT und W. LÜHS.....	91
Molekulare Marker zur Bestimmung und Nutzung genetischer Diversität südafrikanischer <i>Sorghum bicolor</i> -Akzessionen <i>Molecular markers for the determination and utilization of genetic diversity of south African Sorghum bicolor accessions</i>	
R. UPTMOOR, W. WENZEL, W. FRIEDT und F. ORDON.....	113
Utilization of genetic resources in <i>Solanum</i> for potato breeding through biotechnological methods <i>Nutzung genetischer Ressourcen von Solanum für die Kartoffelzüchtung durch biotechnologische Methoden</i>	
I. DINU und R. THIEME	120
Vermehrungsversuche verschiedener australischer <i>Acacia</i> -Arten zur Einführung als neue Zierpflanzen in Deutschland - ein Beitrag zur Erhaltung der Artenvielfalt <i>Reproduction studies of Australian Acacia species for the development of new ornamentals in Germany - a contribution to maintain biodiversity</i>	
K. ROOSE.....	128

Die ökologische Leistung pflanzengenetischer Ressourcen aus biologisch-dynamischer Sicht
Ecological goods and services of plant genetic resources from the bio-dynamic point of view
K.-J. MÜLLER 147

Gruppe 3 – Phytopathologie

Biodiversität in der Pflanzenzucht aus der Sicht der Phytopathologie und der ökologischen Landwirtschaft
Biodiversity in plant breeding: phytopathological aspects and its role in organic farming
M.R. FINCKH 155

Utilizing new resistance genes from wild wheat relatives in bread wheat breeding
Verwendung neuer Resistenzgene aus Wildgräsern für die Weizenzüchtung
S. ASSEFA und H. FEHRMANN 171

Gruppe 4 – Pflanzenbau und Pflanzenernährung

Ökologischer und ökonomischer Wert der Biodiversität am Beispiel der Nutzung von Energiepflanzen
Ecological and economical value of biodiversity represented by the use as energy crops
K. SCHEFFER und M. KARPENSTEIN-MACHAN 177

Biodiversität bei der Wurzelhaarlänge verschiedener Kulturpflanzenarten und -sorten und ihr ökologischer Wert für die Nährstoffaufnahme
Biodiversity in the length of root hairs of different crop species and varieties and its ecological significance for nutrient uptake
CHR. RICHTER und Y. ULORO..... 193

Gruppe 5 - Dokumentation

Informationssysteme zu pflanzengenetischen Ressourcen im Internet
Internet based information systems for plant genetic resources
E. MÜNCH und S. HARRER..... 204

BAMNET - international *Bambara* groundnut network
BAMNET - das internationale Bambara-Groundnut-Netzwerk
F. BEGEMANN 213

Gruppe 6 – Genbank

<i>Ex-situ</i> -Konservierung pflanzengenetischer Ressourcen - ein Schlüssel zur Nutzung der Biodiversität <i>Ex situ conservation of plant genetic resources - a key for the utilization of biodiversity</i> A. GRANER.....	217
Unterscheidungsmerkmale der diploiden Weizenarten <i>Discriminating characters of diploid wheat species</i> A. FILATENKO, M. GRAU, H. KNÜPFER und K. HAMMER	227
Die Verbreitung von <i>Aegilops</i> -Arten auf 37 Inseln der Ägäis <i>The distribution of Aegilops species on 37 Aegean islands</i> V. SCHUBERT und A. SCHUBERT	234
Variabilität von Basilikum (<i>Ocimum basilicum</i> L.) <i>Variability of sweet basil (Ocimum basilicum L.)</i> S.B. WETZEL, H. KRÜGER und K. HAMMER.....	242
Bericht über die Kartoffelsammelexpedition in Peru 1999 <i>Report from the potato collecting expedition Peru 1999</i> K. SCHÜLER	248
Teilnehmerliste	253

Agrarbiiodiversität, pflanzengenetische Ressourcen und ökologische Leistung

Agrobiodiversity, plant genetic resources, and ecological efficiency

KARL HAMMER ¹

Zusammenfassung

Die Biodiversität wird in drei Ebenen aufgeteilt – die Arten-, die genetische und die Ökosystem-Vielfalt. Dieser analytische Ansatz führt zu neuen Erkenntnissen für die pflanzengenetischen Ressourcen und die Pflanzenzüchtung. Während die genetische Vielfalt ein sehr gut bearbeitetes Objekt der genannten Fachdisziplinen ist, gibt es noch grossen Nachholbedarf zur Arten- und vor allem zur Ökosystem-Vielfalt.

An einem Beispiel wird die notwendige Synthese aller Ebenen für ein neues Herangehen hinsichtlich nachhaltigen und produktiven Pflanzenbaus erläutert. Bei der Suche nach derartigen natürlichen Ökosystemen ist man auf die nordamerikanischen Prärien gestossen. Nach deren Vorbild sollen Agrarökosysteme gestaltet werden. Die Auswahl von geeigneten Gräsern, Leguminosen und Compositen steht in Verbindung zur Artenvielfalt der Kulturpflanzen. Die Gräser sollten ausdauernd sein und einen guten Kornertrag bringen. Hier ist neben der Arten- auch die genetische Vielfalt gefordert, denn die besten ausdauernden Gräser bringen Kornerträge von knapp 20 dt/ha. Die pflanzenzüchterische Aufgabe der Annäherung dieser Erträge an diejenigen aus industrieller Landwirtschaft wird sich über Jahrzehnte erstrecken. Im Ergebnis dieser Bemühungen könnten ökologische Leistung und ökonomischer Ertrag miteinander verbunden werden.

Summary

Biodiversity can be divided into three levels – species diversity, genetic diversity and ecosystem diversity. This analytical approach leads to new knowledge for plant genetic resources and plant breeding. Whereas genetic diversity is a well known aspect for the two disciplines, there is a great need for studying species diversity and particularly ecosystem diversity.

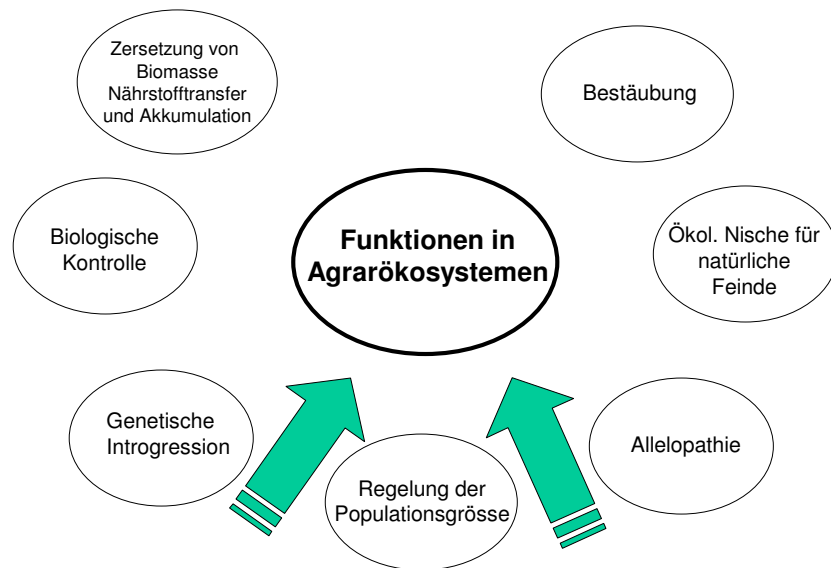
¹ Univ. Gh Kassel (GhK)
Fachbereich 11
Steinstr. 19
D-37213 Witzenhausen

Using an example, the necessary synthesis of all three levels is explained for a new approach toward a sustainable and highly productive crop production. In search of such natural ecosystems, the North American prairies have been found as models for similar agroecosystems. The selection of suitable grasses, legumes and composites is connected to species diversity. There should be perennial grasses with a high yield of grains. For this aim species and also genetic diversity are important, because the best perennial grasses yield at present a maximum of 20 dt/ha of grains. The task for the plant breeders for improving this yield and reaching the level of industrial agriculture will last several decennia. Resulting from such efforts, ecological efficiency and economic yield could both be reached.

Einleitung

Der Biodiversitätsgedanke ist innerhalb kürzester Zeit zu hohem politischen Ansehen gelangt. Von der Prägung des Begriffes zu Beginn der achtziger Jahre bis zum Übereinkommen über die biologische Vielfalt (Konferenz der Vereinten Nationen über Umwelt und Entwicklung – Rio de Janeiro 1992) war es nur ein kurzer Weg. Dagegen gibt es viele ungelöste Aufgaben für die Biodiversitätsforschung. Noch bescheidener sind die Ergebnisse der Forschungen auf dem sich erst langsam formierenden Gebiet der Agrarbiodiversität (HAMMER 1998, COLLINS und QUALSET 1999, WOOD und LENNÉ 1999).

Was sollen denn nun die neuen Herausforderungen durch die Biodiversität sein und welche Schlussfolgerungen lassen sich daraus für den Pflanzenbau und die Pflanzenzüchtung ziehen? Betrachtet man manche der neueren Darstellungen zur Agrarbiodiversität (z.B. WBGU 2000, nach ALTIERI und NICHOLLS 1999, Abb.1), kommt man zu der Erkenntnis, dass es sich bei ihr nur um eine kaum veränderte Variante der Agrarökologie handeln könnte (vgl. TIVY 1990). Dabei gibt es viele eigenständige Parallelen zur Biodiversitätsforschung, so beispielsweise die Hot-Spot-Theorie (vgl. WILSON 1992), die viele Gemeinsamkeiten zu VAVILOV's Theorie (1926) der Genzentren aufweist, aber bisher in der Agrarbiodiversität noch kaum genauer untersucht wurde.



Komponenten der Agrarbioidiversität:

Bestäuber, Räuber und Herbivore, Wildkräuter, Regen-Boden, Boden-Parasiten und -pflanzen, Würmer, Mesofauna, Mikrofauna

Abb.1: Funktionen der Biodiversität in Agrarökosystemen (WBGU 2000, p.169, ALTIERI und NICHOLLS 1999)

Fig. 1: Functions of biodiversity in agroecosystems (WBGU 2000, p. 169, ALTIERI und NICHOLLS 1999)

Analytischer Ansatz

Eine der wesentlichen Herausforderungen der Biodiversitätsforschung ist neben der Bewahrung der lebendigen Vielfalt das analytische Herangehen, in dem die verschiedenen Ebenen der Biodiversität einer gesonderten Betrachtung unterzogen werden. Auf diesen analytischen Ansatz ist schon verbreitet hingewiesen worden, für die Agrarbioidiversität u.a. bei HAMMER (1998, Tabelle 29, p.96). Es wird eine Arten-, eine genetische und eine Ökosystem-Vielfalt unterschieden, die jeweils spezifische Schlussfolgerungen zulassen.

Artenvielfalt

Das von MANSFELD 1959 herausgegebene Verzeichnis umfasst 1.430 Arten von Kulturpflanzen (ohne Zier- und Forstpflanzen). Damals schätzte MANSFELD noch die Anzahl der Kulturpflanzen in der obigen Umgrenzung auf 1.700 bis 1.800 Arten. Die

zweite Auflage des Mansfeld-Verzeichnisses (SCHULTZE–MOTEL 1986) enthielt dann schon 4.800 Arten und bei der dritten Auflage des Mansfeld-Verzeichnisses (HANELT 2001) ist mit mehr als 6.000 Arten zu rechnen, so dass sich ein Kalkulationswert von 7.000 Arten (vgl. HAMMER 1998, Tabelle 8, p.84) ergibt.

Brauchbare Schätzungen gibt es jetzt auch für die pflanzengenetischen Ressourcen Mitteleuropas (SCHLOSSER et al. 1991), von denen 1.055 Arten erfasst wurden. Aus diesen Grunddaten und umfangreicheren Daten zur Artenhäufigkeit von Floren ließen sich schliesslich Schätzungen vornehmen (vgl. HAMMER 1998, Tab. 8, p.84), die auch schon in die Literatur Eingang gefunden haben (MEYER et al. 1998, Tabelle 1, p.31, WOBUS 2000, Tab. 4, p.50). Die Größenordnungen sind damit einigermaßen abgesteckt. Präzisierungen konnten inzwischen vorgenommen werden (u.a. HAMMER 1999), wobei besonders die konsequente Anwendung des Genpoolkonzepts von HARLAN und DE WET (1971) zu einer Erweiterung im Bereich der pflanzengenetischen Ressourcen führte. Eine Neukalkulation entsprechend dem aktuellen Erkenntnisstand bringt Tabelle 1.

Tab. 1: Artenvielfalt der Höheren Pflanzen, pflanzengenetische Ressourcen und Kulturpflanzen

Tab. 1: Species diversity of higher plants, plant genetic resources and cultivated plants

	Höhere Pflanzen	davon pflanzengenetische Ressourcen	davon Kulturpflanzen (Ressourcen)
Welt	270.000	100.000 ¹⁾	7.000
Europa	11.500	4.300 ¹⁾	500 ¹⁾
Deutschland	3.200	1.150 ²⁾	150 ¹⁾

¹⁾ kalkuliert

²⁾ nach HAMMER 1999

Aus Tabelle 1 ergeben sich wichtige Schlussfolgerungen für Erhaltungsstrategien bei pflanzengenetischen Ressourcen (HAMMER 1998). Ausserdem erscheint die Artendiversität in einem neuen Licht, wie das auch, auf der Basis anderer Überlegungen, durch A. GRANER (in diesem Band) bestätigt wird.

Weiterhin wird offenbar, dass für Kulturpflanzen keine Schutzkonzepte wie bei den Wildpflanzen (LUCAS und SYNGE 1996) bestehen. Damit entzieht sich die Erhaltung der Diversität dieser für die Menschheit so bedeutsamen Gruppe den für die Wildflora bewährten Prinzipien.

Schon BRÜCHER (1982) hatte mit seinen „Sieben Säulen der Welternährung“ auf das Dilemma einer viel zu kleinen Artenanzahl als Hauptnahrungsmittel für eine ständig wachsende Menschheit hingewiesen. Tatsächlich liefern ganze 30 Kulturpflanzen 90% des weltweiten Kalorienverbrauches (FAO 1996). Damit steht die Welternährung auf einem sehr unsicheren Fundament. Zu den ersten Maßnahmen der Gegensteuerung seitens der Agrarbiogenetiker gehört ein Projekt, das besonders vernachlässigte und untergenutzte Kulturpflanzen einem größeren Publikum wieder bekannt machen soll (HAMMER und HELLER 1998) und in dem bisher 24 Bände erschienen sind (PRESTON 1998). Eine ganz andere Darstellung bringt Abbildung 2, die auf der Basis der Denkweise des Naturschutzes die Bedeutung der Artenvielfalt unterstützt.

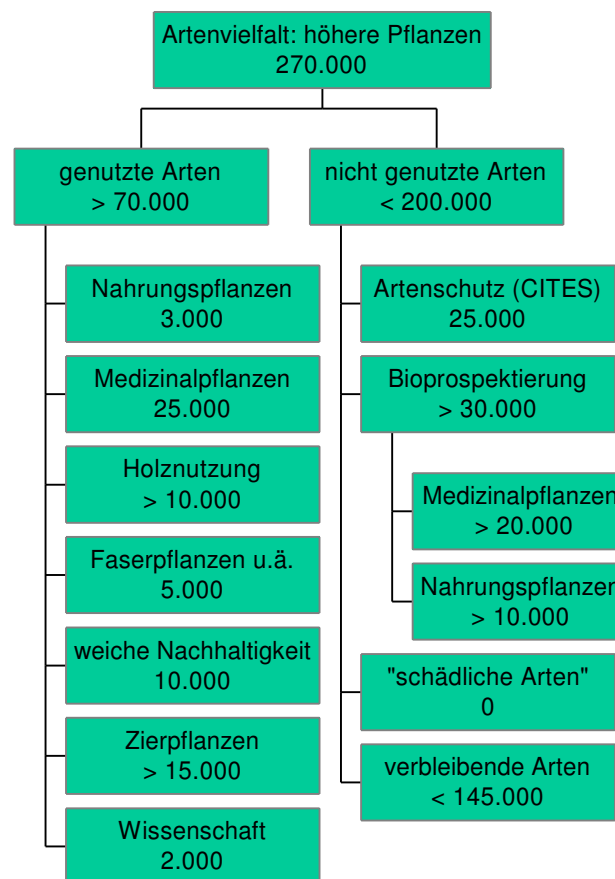


Abb. 2: Artenvielfalt der Höheren Pflanzen und ihre Nutzung (nach WBGU 2000)

Fig. 2: Species diversity of higher plants and their use (after WBGU 2000)

Genetische Vielfalt

Die Pflanzenzüchtung hat einen gewaltigen Erfahrungsschatz auf diesem Gebiet zusammengetragen, der alle Ergebnisse mit Wildpflanzen bei weitem übertrifft. Hier lohnt sich der ungewohnte Blick für die Naturschützer und natürlich kann auch die Agrarbiodiversität die entsprechenden Erkenntnisse nutzen.

Neue Ergebnisse gibt es durch die Anwendung molekularer Methoden, die, zusammen mit den meist eigens dazu entwickelten statistischen Programmen, Auswertungen zur genetischen Diversität im grossen Umfang zulassen.

Eigenartigerweise sind infraspezifische Klassifikationssysteme, die einen schnellen Überblick der Biodiversität einer Fruchtart ermöglichen, wie sie besonders von der russischen Schule um N.I. VAVILOV (vgl. z.B. DOROFEEV et al. 1979) oder von der deutschen Schule um R. MANSFELD (vgl. MANSFELD 1951) erarbeitet wurden, heute sehr selten in Gebrauch. Solche Systeme, die eine tiefe Durchdringung der infraspezifischen Artenstruktur zur Voraussetzung haben, sind aus der Mode gekommen. Sie gewähren aber den für die Biodiversität notwendigen Überblick, vor allem, wenn sie in ein geographisches Konzept eingebunden (vgl. PISTRICK 1987) oder im ökogeographischen Kontext behandelt werden (FLAKSBERGER 1932, zu neueren Tendenzen vgl. MAXTED et al. 1995).

Diese wichtigen Vorarbeiten zu einer schnellen und gründlichen Erfassung der Biodiversität werden wohl vor allem deshalb vernachlässigt, weil ein umfangreiches molekulares Instrumentarium zur Verfügung steht, das eine schnellere und exaktere Evaluierung der genetischen Diversität verspricht (vgl. HAMMER 1998, Tab.25, p.93); wie in vielen anderen Fällen sollte man aber die Methoden komplementär auswählen und anwenden, um zu aussagekräftigen Ergebnissen zu gelangen.

Ökosystem-Vielfalt

In eigenen Untersuchungen hatte sich herausgestellt (ESQUIVEL und HAMMER 1992), dass Hausgärten in den Tropen und Subtropen nicht nur ein brauchbares Refugium für die traditionsreiche Kulturpflanzenflora eines Gebietes darstellen, sondern auch für die weitere Evolution der pflanzengenetischen Ressourcen eine Rolle spielen. Solche Gärten sind den natürlichen Ökosystemen nachgebildet. Ähnlich verhält es sich mit der auf grösseren Flächen betriebenen Agro-Forstwirtschaft. Diese Systeme produzieren viel nachhaltiger als die üblichen agrarischen Ökosysteme. In vielen tropischen Ländern ist die Agro-Forstwirtschaft schon zu einer gut etablierten Technik geworden. Einen Eindruck vom Artenreichtum solcher Systeme vermittelt Tabelle 2. Hier wird eine Auswahl aus dem tropischen Westafrika vorgestellt. Die Gesamtanzahl der verwendeten Arten ist unvergleichlich größer und beeinflusst schon heute

deutlich die Gesamtanzahl der Kulturpflanzen der Welt (HANELT 2001). Eine ähnliche Tendenz zeigt sich bei den tropischen Hausgärten u.a. bei einer genaueren Analyse der südvietnamesischen Hausgärten (HODEL et al. 1999), wo zahlreiche Arten das bereits zitierte Gesamtkulturpflanzenverzeichnis vervollständigen werden.

Produktive und nachhaltige Agrarökosysteme sind im Verlaufe der Entwicklung des Ackerbaus an verschiedenen Stellen der Welt etabliert worden. Sie sind aber bisher wenig untersucht. Gleichzeitig sind sie dem selben Erosionsprozess wie die Kulturpflanzen ausgesetzt, so dass ihre Anzahl und ihr Umfang stark im Abnehmen begriffen sind. Häufiger stehen noch produktive Wildpflanzen-Ökosysteme als Muster für entsprechend zu schaffende Agrarökosysteme zur Verfügung.

Ein Beispiel soll hier angeführt werden. SOULÉ und PIPER (1992) untersuchten die nordamerikanischen Prärien und stellten fest, dass diese in verschiedenen ökologischen Parametern den von ihnen abgeleiteten industriellen Agrarökosystemen überlegen sind (Tab. 3).

Tab. 2: Westafrikanische Arten der Agro–Forstwirtschaft (nach LEAKEY 1999), die als Kulturpflanzen geeignet sind. Diese Arten sind nicht in SCHULTZE–MOTEL (1986) erfasst, weil sie noch ganz junge Kulturpflanzen sind oder nur der Holzgewinnung dienen (forstliche Nutzung)

Tab. 2: West African Species of the agroforestry (after LEAKEY 1999) which can be used as crop plants. These species are not mentioned because they are new crops or mainly used for wood production

Anthocleista schweinfurthii (Loganiaceae)
Antrocaryon micraster (Anacardiaceae)
Baillonella toxisperma (Sapotaceae)
Cola lepidota (Sterculiaceae)
Coula edulis (Olacaceae)
Entandrophragma spp. (Meliaceae)
Gnetum africanum (Gnetaceae)
Khaya spp. (Meliaceae)
Lovoa trichilioides (Meliaceae)
Nauclea diderichii (Rubiaceae)
Terminalia superba (Combretaceae)
Tetrapleura tetraptera (Leguminosae)
Trichoscypha arborea (Anacardiaceae)
Triplochiton scleroxylon (Sterculiaceae)

Tab. 3: Vergleich zur Nachhaltigkeit von natürlichen Prärie-Ökosystemen und den von ihnen abgeleiteten Agrarökosystemen (industrielle Landwirtschaft) (nach SOULÉ und PIPER 1992)

Tab. 3: Composition of the sustainability of natural prairie ecosystems and derived agroecosystems (industrial agriculture) (after SOULÉ and PIPER 1992)

Einflussfaktoren	Industrielle Landwirtschaft	Natürliche Prärie
Fragilität	hoch	niedrig
Elastizität	niedrig	hoch
Biodiversität	niedrig	hoch
Potenzieller Nährstoffverlust	hoch	niedrig
Biotische Wechselwirkung	niedrig	hoch
Energiequellen	Sonne, fossile Brennstoffe	Sonne
Nährstoffquellen	mineralische Dünger	aus dem Kreislauf

Unter ökologischen Gesichtspunkten sollte also ein der Prärie nachgeahmtes Agrarökosystem günstiger sein, das mehrjährig ist, die Bodenerosion unterbindet, seine eigene Stickstoffversorgung gewährleistet, Unkräuter, Schädlinge und Krankheiten wirksam unterdrückt sowie nur auf Sonnenlicht und den natürlichen Niederschlag angewiesen ist.

Nach PIPER (1999) muss dazu für folgende Fragen eine positive Antwort gefunden werden:

1. Kann ein ausdauerndes Getreide vergleichbare Erträge wie eine einjährige Körnerkultur bringen?
Kornerträge bei ausdauernden Getreiden, die neu in Kultur genommen werden, liegen in Kansas bei 19,6 dt/ha.
2. Ist ein Mischanbau von mehrjährigen Kulturen ertragsstärker als einjährige Monokultur?
Ein Mischanbau aus drei Arten war bis zu 19% ertragsüberlegen.
3. Kann ein ausdauernder Mischanbau seine eigene Stickstoffversorgung gewährleisten?
Es kommt auf die Versorgung durch die entsprechenden Leguminosen an.
4. Wie reagiert ein ausdauernder Mischanbau auf Unkräuter, pflanzenfressende Insekten und Phytopathogene?

Positive Wirkungen wurden beobachtet.

Für alle diese Faktoren ließ sich also ein positiver Trend feststellen.

Der relativ günstige Ausgang der Voruntersuchungen führte dann zur Aufstellung verschiedener Mischungsvarianten (Tab. 4). Die Hauptbestandteile sind der natürlichen Prärievegetation nachempfunden. Sie setzen sich zusammen aus C₄- und C₃-Gräsern, Leguminosen und Compositen. Während die Leguminosen und Compositen fast durchweg aus den Prärien stammen, sind die Gräser, von wenigen Ausnahmen abgesehen (u.a. *Panicum virgatum*, *Eragrostis trichodes*), introduziert. Ein gewisser Mangel an ausdauernden Gräsern, die gleichzeitig potentielle Körnerlieferanten sein sollen, wird sichtbar. Artenvielfalt wird also schon bewusst zu den natürlichen Elementen der Prärie addiert. In der Tendenz gibt es für Variante IV (mit 16 Arten) eine gewisse Überlegenheit.

Tab. 4: Zusammensetzung von vier Mischungsvarianten (I-IV) nach (PIPER 1999)

Tab. 4: Species composition of four variants (I – IV) of mixed wrapping, after (PIPER 1999)

	C₄-Gramineae	C₃-Gramineae	Leguminosae	Compositae
I	<i>Tripsacum dactyloides</i>	<i>Leymus racemosus</i>	<i>Desmanthus illinoensis</i>	<i>Helianthus maximiliani</i>
II	<i>Tripsacum dactyloides</i> <i>Sorghum bicolor</i> x <i>S. halepense</i>	<i>Leymus racemosus</i> <i>Elymus glaucus</i>	<i>Desmanthus illinoensis</i> <i>Dalea purpurea</i>	<i>Helianthus maximiliani</i> <i>Helianthus mollis</i>
III	<i>Tripsacum dactyloides</i> <i>Sorghum bicolor</i> x <i>S. halepense</i> <i>Panicum virgatum</i>	<i>Leymus racemosus</i> <i>Elymus glaucus</i> <i>Agropyron intermedium</i>	<i>Desmanthus illinoensis</i> <i>Dalea purpurea</i> <i>Lotus corniculatus</i>	<i>Helianthus maximiliani</i> <i>Helianthus mollis</i> <i>Ratibidia pinnata</i>
IV	<i>Tripsacum dactyloides</i> <i>Sorghum bicolor</i> x <i>S. halepense</i> <i>Panicum virgatum</i> <i>Eragrostis trichodes</i>	<i>Leymus racemosus</i> <i>Elymus glaucus</i> <i>Agropyron intermedium</i> <i>Agropyron smithii</i>	<i>Desmanthus illinoensis</i> <i>Dalea purpurea</i> <i>Lotus corniculatus</i> <i>Amorpha canescens</i>	<i>Helianthus maximiliani</i> <i>Helianthus mollis</i> <i>Ratibidia pinnata</i> <i>Liatris pycnostachya</i>

Synthese

Bei geschickter begrifflicher Anpassung lassen sich die drei Ebenen der Vielfalt wieder auf eine Gesamtheit zurückführen (Tab. 5, vgl. HEYWOOD und WATSON 1995, WBGU 2000). Über den Populationsbegriff werden sie miteinander verbunden.

Tab. 5: Die drei Ebenen der biologischen Vielfalt (nach HEYWOOD und WATSON 1995, WBGU 2000)

Tab. 5: *The three levels of biological diversity (after HEYWOOD and WATSON 1995, WBGU 2000)*

Ökologische Vielfalt	Genetische Vielfalt	Organismische Vielfalt
Biome		Reiche
Bioregionen		Stämme
Landschaften		Familien
Ökosysteme		Gattungen
Habitate		Arten
Nischen		Unterarten
	Populationen	
	Individuen	Individuen
	Chromosomen	
	Gene	
	Nukleotide	

Auch bei jedem praktischen Versuch finden die Ebenen wieder zueinander, wie sich schon im Abschnitt Ökosystem-Vielfalt gezeigt hat. Eine Vorgehensweise in mehreren Schritten ist notwendig, wobei die einzelnen Bereiche untereinander in Wechselbeziehung stehen.

1. Leistungsfähige und nachhaltige Vorbilder aus den natürlichen Ökosystemen sollten für die Schaffung von vergleichbaren Agrarökosystemen genutzt werden. Eine solche Auswahl sollte für die unterschiedlichen klimatischen Zonen vorgenommen werden.
2. Nicht alle Arten des Musterökosystems sind für die landwirtschaftliche Produktion geeignet. Aus der Gesamtartenvielfalt muss daher eine Auswahl getroffen werden. Beim prärienahen System besteht das besondere Problem im Einsatz ausdauernder Getreide. Neben bekannten Wildpflanzen mit großen Körnern (*Tripsacum dactyloides* aus der Verwandtschaft des Maises), sind hier mehrjährige Kultursippen mit großen Körnern gefragt, die allerdings recht selten sind (ausdauernder Roggen oder Hybriden aus dem ausdauernden *Sorghum halepense* und Kultur-Sorghum). Kleinkörnige, perennierende Gräser stehen in großer Auswahl zur Verfügung.
3. Der dritte Schritt bezieht sich vor allem auf die Arbeit mit der genetischen Vielfalt, die eigentliche Aufgabe für die Pflanzenzüchtung. So ist hier, neben der Feinabstimmung der einzelnen Komponenten in den neu zu schaffenden Populationen, besonders die Ertragserhöhung bei kleinkörnigen, ausdauernden Gräsern eine Herausforderung, die Jahrzehnte in Anspruch nehmen wird, um das Niveau der industriellen Landwirtschaft zu erreichen. Für diese ungewöhnlich lange Über-

gangszeit wären neue Ideen der Verwertung des Ernteproduktes (z.B. Anbau von Energiepflanzen, vgl. den Beitrag von SCHEFFER und KARPENSTEIN-MACHAN in diesem Band) eine eindrucksvolle Übergangslösung, um die relativ lange Durststrecke zu überwinden.

Die Anwendung von Prinzipien der Biodiversität kann zu neuen Formen der Arbeit mit den pflanzengenetischen Ressourcen führen. Produktivität und Nachhaltigkeit können durchaus in einem Konzept verbunden werden. Die Pflanzenzüchtung muss hier aber spezifische Wege finden.

Der Nachweis, dass artenarme oder nur von einer Art gebildete natürliche Bestände mit einer hohen biologischen Leistung verbunden sein können (WOOD und LENNÉ 1999), ist nicht automatisch der Beweis für die Notwendigkeit von extrem artenarmen Beständen im Ackerbau. Hier führt ökologisches Denken am ehesten zu brauchbaren Modellen für die Zukunft.

Spitzenerträge in der industriellen Landwirtschaft haben ein Niveau erreicht, das mit den üblichen Methoden des Pflanzenbaus und der Pflanzenzüchtung keine wesentliche Erhöhung mehr erfahren kann, weil die entsprechenden Potenzen der Kulturpflanzen weitgehend ausgeschöpft sind (vgl. MANN 1999). Immer wieder muss jedoch das Null-Wachstum erarbeitet werden. Neue Erkenntnisse zur Agrarbioidiversität könnten aber die Nachhaltigkeit von agrarischen Ökosystemen verbessern helfen und damit die ökologische Leistung erhöhen. Einige neue Faktoren lassen sich schnell realisieren. Der neue Ansatz wird aber einem erheblichen Zeitbedarf unterliegen, der denjenigen noch weit übertreffen wird, der schon sonst für die bekannt langfristigen Aufgaben der Pflanzenzüchtung notwendig ist.

Literatur

- ALTIERI, M.A. and C.I. NICHOLLS (1999): Biodiversity, ecosystem function, and insect pestmanagement in agricultural systems. In: W.W. COLLINS and C.O. QUALSET (Eds.), pp. 69-84.
- BRÜCHER, H. (1982): Die sieben Säulen der Welternährung. Verlag von Waldemar Kramer, Frankfurt am Main.
- COLLINS, W.W. and C.O. QUALSET (Eds.) (1999): Biodiversity in Agroecosystems. CRC Press, Boca Raton, 334 pp.
- DOROFEEV, V.F., A.A. FILATENKO, E.F. MIGUŠOVA, A.A. UDACIN und M.M. JAKUBCINER (1979): Psenica (Weizen). "Kolos", Leningrad.
- ESQUIVEL, M. and K. HAMMER (1992): The Cuban homegarden „conuco”: a perspective environment for evolution and *in situ* conservation of plant genetic resources. Gen. Res. Crop Evol. **39**, 9-22.

- FAO (1996): The State of the World's Plant Genetic Resources for Food and Agriculture. FAO, Rome.
- FLAKSBERGER, C.A. (1935): Wheat. In: E.V. WULFF (Ed.), Flora of cultivated Plants, vol.1. State Agricultural Publishing Co. Moscow und Leningrad.
- HAMMER, K. (1998): Agrarbiodiversität und pflanzengenetische Ressourcen – Herausforderung und Lösungsansatz. Schriften zu Genetischen Ressourcen **10**, 98s.
- HAMMER, K. and J. HELLER (1998): Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops. Schriften zu Genetischen Ressourcen **8**, 223-227.
- HAMMER, K. (1999): Species diversity of wild relatives to crop plants. Botanica Lithuanica, Suppl. **2**, 31-35.
- HANELT, P. (Ed.) (2001): Mansfeld's World Manual of Agricultural and Horticultural Crops.
- HARLAN, J.R. and J.M.J. DE WET (1971): Towards a rational classification of cultivated plants. Taxon **20**, 509-517.
- HEYWOOD, V.H. and R.T. WATSON (Eds.) (1995): Global Biodiversity Assessment. Cambridge University Press, Cambridge, New York.
- HODEL, U., M. GESSLER, H.H. CAI, V.V. THOAN, N.V. HA, N.X. THU and T. BA (1999): *In situ* conservation of plant genetic resources in home gardens of southern Vietnam. IPGRI, Rome.
- LEAKEY, R.R.B. (1999): Agroforestry for biodiversity in farming systems. In: W.W. COLLINS and C.O. QUALSET (Eds.), pp.127-145.
- LUCAS, G. and H. SYNGE (1996): 33.730 threatened plants. Plant Talk, Oct. 96, 30-32.
- MANN, C.C. (1999): Crop scientists seek a new revolution. Science **283**, 310-314.
- MANSFELD, R. (1951): Das morphologische System des Saatweizens, *Triticum aestivum* L. s. l. Züchter **21**, 41-60.
- MANSFELD, R. (1959): Vorläufiges Verzeichnis landwirtschaftlicher oder gärtnerischer kultivierter Pflanzenarten (mit Ausschluss von Zierpflanzen). Kulturpflanze, Beiheft **2**.
- MAXTED, N., M.W. VAN SLAGEREN and J.R. RIHAN (1995): Ecogeographic surveys. In: L. GUARINO et al. (Eds.): Collecting Plant Genetic Diversity, Technical Guidelines, pp. 255-285, CAB International, Wallingford.
- MEYER, R., CH. REVERMANN und A. SAUTER (1998): Biologische Vielfalt in Gefahr? Gentechnik in der Pflanzenzüchtung. TAB-Studien **6**, edition sigma, Berlin.
- PIPER, J.K. (1999): Natural systems agriculture. In: W.W. COLLINS and C.O. QUALSET (Eds.), pp. 167-196.
- PISTRICK, K. (1987): Untersuchungen zur Systematik der Gattung *Raphanus* L. Kulturpflanze **35**, 225-321.
- PRESTON, ST. R. (1998): Aibika/Bele, *Abelmoschus manihot* (L.) Medik. Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops **24**. IPGRI, Rome.
- SCHLOSSER, S., L. REICHHOFF und P. HANELT (Hrsg.) (1991): Wildpflanzen Mitteleuropas – Nutzung und Schutz. Deutscher Landwirtschaftsverlag Berlin GmbH, Berlin.

-
- SCHULTZE–MOTEL, J. (Hrsg.) (1986): Rudolf Mansfelds Verzeichnis landwirtschaftlicher und gärtnerischer Kulturpflanzen (ohne Zierpflanzen). Akademie–Verlag, Berlin, 4 Bände.
- SOULÉ, J.D. and J.K. PIPER (1992): Farming in Nature's Image: An Ecological Approach to Agriculture. Island Press, Washington D.C.
- TIVY, J. (1990): Agricultural Ecology. Longman Group UK Limited.
- VAVILOV, N.I. (1926): Geographical regularities in the distribution of the genes of cultivated plants (Russ., Engl. Summary). Bull. appl. Bot. Gen. i Sel. **17,3**, 411-428.
- WBGU (2000): Jahresgutachten 1999, Welt im Wandel, Erhaltung und nachhaltige Nutzung der Biosphäre. Springer, Berlin.
- WILSON, E.O. (1992): The Diversity of Life. Harvard University Press, Harvard.
- WOBUS, U. (2000): Kulturpflanzen: von der Domestikation zur gentechnischen Veränderung. Nova Acta Leopoldina NF **82, 315**, 39-55.
- WOOD, D. and J.M. LENNÉ (Eds.), (1999): Agrobiodiversity: Characterization, Utilization and Management. CABI Publishing, Wallingford.

Wertevielfalt, Biodiversität und genetische Ressourcen

Diversity of values, biodiversity and genetic resources

THOMAS GLADIS ^{1, 2}

Ich dachte an meine Patientin daheim und betrachtete dann das Aborigine-Mädchen.

Ihr Schmuck hatte eine besondere Bedeutung, unserer hatte einen finanziellen Wert.

MARLO MORGAN (2000)

Zusammenfassung

Maßstäbe zu setzen, Neuland zu betreten, es zu erschließen, Entdeckungen zu machen, die Welt tätig zu verändern und andere für Ideen zu begeistern, sie mitzureissen, das alles ist mindestens ebenso ehrenvoll und egoistisch wie es undankbar, notwendig und gleichermaßen hoffnungslos ist, auf irgend etwas verzichten oder es in einem bestimmten Zustande bewahren, Veränderungen fern halten zu wollen - und sei es nur die der Bewertung jenes „Etwas“.

Summary

To set standards, to enter unknown territories, to break new ground, to change the world actively, and to fill others with enthusiasm for ideas, to drag them along - all this is at least that honorable and egoistic as it is ungrateful, necessary and equally hopeless to give up anything or to keep it at a certain state, far of any change, even of that of the valuation of that „anything“.

Es ist nicht Absicht dieses Beitrages, über Werttheorien zu philosophieren oder jenen Wissenschaftlern zu nahe zu treten, die sich mit der ökonomischen Bewertung von Vielfalt und insbesondere von Biodiversität seit jeher schwer tun, mit der Bewertung

¹ Univ. Gh Kassel (GhK)
Fachbereich 11
Steinstr. 19
D-37213 Witzenhausen

² ZADI
Abt. IGR
Villichgasse 17
D-53177 Bonn

natürlicher, nicht vom und nicht für oder mindestens nicht ausschließlich für den Menschen geschaffener Werte. Sie sind auch nur Menschen.

Selbst wenn Fragen angeschnitten werden, die von sehr vielen Mitmenschen verstanden werden und die Themen berühren, die ihnen etwas bedeuten - was sagen Antworten, was sagen Umfrage- und Suchergebnisse eigentlich aus, über was und über wen? Lassen wir den eigenen Verstand einmal gänzlich beiseite und wenden wir uns vertrauensvoll an eines der modernsten, schnellsten Medien, das Internet. Was Suchmaschinen so alles **wertvoll** finden, mag jeder für sich selbst ausprobieren und über die Resultate schmunzeln. Doch spiegeln sie nicht exakt und eindringlich den verloren gegangenen Realitätsbezug, die allgegenwärtige Oberflächlichkeit, die Schiefelage und Einseitigkeit der gegenwärtigen Berichterstattungs- und Bewertungssysteme wider? Ist dies eine einmalige Erfahrung oder finden wir sie in der täglichen Nutzung anderer Medien bestätigt? Wo ist die eigene Position in einem sich durch 'feedback and linking' stabilisierenden, dabei verselbständigenden, äußerst strukturarmen, Zeit und Aufmerksamkeit bindenden, das Verhalten, die Meinung und Kommunikation prägenden und damit die Menschen formenden globalen Informationsnetzwerk zu finden? Ist strikte Konsumverweigerung die einzige Möglichkeit zum nachhaltigen Schutz und zur Erhaltung eigener Bewertungsmaßstäbe - mit der Konsequenz einer ebenso nachhaltigen Isolation von eben dieser Kommunikationsgesellschaft?

Beispiele für heterogene, unausgewogene, aus dem Gefüge geratene Wertvorstellungen lassen sich heute in fast jeder beliebigen Gruppierung finden. Um bei der Biodiversität zu bleiben, fragen wir zunächst einmal Naturschützer, welche Bedeutung oder welchen Wert sie infraspezifischen, innerartlichen Taxa beimessen, beispielsweise von Kulturpflanzen und Haustieren. Aus ihrer beruflichen Praxis werden sie zunächst wenig Verständnis für das Erfordernis mitbringen, z.B. alle im Territorium noch vorhandenen Rinderrassen zu erfassen, sie zu schützen, zu erhalten und den damit verbundenen Aufwand gegebenenfalls noch staatlich zu vergüten, ihn gesellschaftlich zu subventionieren. Im Naturschutz ist es meist die Arten- und die Ökosystemebene, auf der man sich bewegt. Dafür gibt es Rote und Blaue Listen, Gefährdungskategorien und Verbreitungskarten, Werkzeuge, mit denen man umzugehen gelernt hat. Die ursprünglich auch in Europa heimische Wildform des Hausrindes ist ausgestorben, unwiederbringlich erloschen, Kategorie „0“. Aus Rückkreuzungsversuchen primitiver Hausrinderrassen sind in Aussehen und Verhalten bestenfalls dem einstigen Wildrind ähnliche Tiere hervorgegangen, was die Einzigartigkeit der ausgerotteten Wildart belegt. Dieses Beispiel lässt sich ohne weiteres auch auf die infraspezifischen Gruppen übertragen, die Rassen. Sind in der Diskussionsgruppe Jäger oder Schäfer vertreten, werden die spätestens dann nachdenklich, wenn sie die Frage nach dem Wert einer Rasse auf Organismen ihres Erfahrungsbereiches beziehen. Kein Schäfer würde auf die Idee kommen, seinen Border Collie mit einem Mops zu kreuzen, kein Jäger einen Bastard aus Spitz und Pudel als Jagdhund ab-

richten wollen, wiewohl auch hier alles im „natürlichen Rahmen“ bleibt, den die Artgrenzen vorgeblich bilden. Landwirte, besonders solche mit extensiver Tierhaltung wissen meist sehr wohl, warum sie sich für die Anschaffung einer spezifischen Rasse oder gar einer bestimmten Herde entschieden haben. Bei den Pflanzen ist es prinzipiell ähnlich, obwohl hier den Markt ordnende Kräfte weit effizienter wirken. Und doch gibt es auch bei Kulturpflanzen noch regionale Besonderheiten, gewissermaßen kulinarische Denkmale, mit denen man in Industrieländern kaum mehr zu rechnen wagt. Zwei Beispiele sollen dies veranschaulichen. Über den Eschlauch wird an anderer Stelle in diesem Band ausführlicher berichtet (GLADIS et al. (2001)). Er war, ist und wird wohl auch nie eine Marktfrucht werden. Steter Begleiter eines extensiv betriebenen Weinbaus, spielt er im Stuttgarter Raum als Fastenspeise eine herausragende Rolle. Noch heute mögen einige Weinbauern um Ostern am liebsten mit „Wengertgrüa“ gefüllte Maultaschen. Zu kaufen bekommt man sie vermutlich nirgendwo, es sei denn, man betritt eine Wirtschaft, in der die Hausfrau selbst kocht, bäckt und ihren eigenen Wein ausschenkt, dazu vielleicht auch noch „Kartoffelsupp mit Röhrlkekuchen“ anbietet. In anderen Regionen Deutschlands gänzlich unbekannt, hat diese unscheinbare Pflanze also einen Freundeskreis; allerdings einen, der durch Intensivierung und chemische Unkrautvernichtung zunehmend arg in Mitleidenschaft gezogen ist.

Stoppelrübchen, vor allem die kleinen 'Teltower', hat schon Goethe (vgl. NAGEL 1998) zu schätzen gewusst. Dennoch ging die Sorte beinahe verloren, ist durch Selektion und Verkreuzung auch sicher nicht mehr das, was sie einmal war. Was Goethe nicht kannte oder nicht für erwähnenswert hielt, ist die bayerische Variante dieses Gewächses. Prof. L. REINER (2000, pers. Mitt.) von der TU München möchte auf sie aufmerksam machen. Er e-mailt: „1490 erschien sie als Bayerische Rübe auf einer Hochzeitstafel beim Herzog in München. Nach altem Herkommen wahrscheinlich, werden nur schwarze gegessen. Im späten Mittelalter erscheint die Bayerische Rübe immer wieder auf dem Speiseplan. Heute ist sie bis auf wenige Betriebe im Dachauer Land fast vergessen.“ Was? Stoppelrüben mit schwarzer Rinde, so wie manche Rettiche sie haben? Offensichtlich handelt es sich um eine bayerische Besonderheit, denn in keiner deutschen Genbank befindet sich bisher auch nur eine einzige Sippe mit dieser Eigenschaft; „... kein Bayerisches Kochbuch vor 1900, wo die Bayerische Rübe zusammen mit den weißen Rüben (Stoppelrübe) nicht vorkommt“, schreibt Prof. REINER weiter. „Kürzlich hat uns die Tochter von Frau Hartl, heute Wirtin in einem Landgasthof, das Gericht mit Bayerischen Rüben nach Art ihrer Mutter gekocht. Wir waren alle begeistert.“ Nach Teltower Muster hat am 02. November 2000 die Gründungsversammlung des Fördervereins „Bayerische Rübe e.V.“ in Kollbach stattgefunden. Öffentlichkeitsarbeit, Systematik, erfassen aller noch lebenden Sippen, erhalten der Variabilität, auffinden alter Berichte, Rezepte und Zubereitungen, entwerfen eines Logos, so lauten die Ziele dieses jungen Vereins.

In all den Jahren, in denen sie formal nicht vermarktet wurden oder werden konnten, hatten diese genetischen Ressourcen einen besonderen Wert für die Menschen. Hätten sie sonst diese alten Sorten den handelsüblichen Sämereien vorgezogen? Es war keinesfalls Bequemlichkeit, die sie an der Tradition festhalten und sich der informellen Ökonomie bedienen ließ. Austausch von Saatgut, geerntetem bzw. sogar verarbeitetem Gemüse gegen andere Nachbarschaftsleistungen. Die Selektion der schönsten Pflanzen für die Saatgutgewinnung in Hausgärten, die seit 100 Jahren aufgegeben geglaubte bäuerliche Pflanzenzüchtung, sie ist mühsam, erfordert Sachverstand, Geschick und Ausdauer. Und die Pflanzen müssen Eigenschaften haben, die handelsübliche Sorten vermissen lassen, Eigenschaften, die den Aufwand lohnen. Warum es ihnen ausgerechnet die schwarze Rindenfarbe angetan hat, konnten die Bayern selbst noch nicht erklären. Vielleicht ist ein besonderer Geschmack damit verbunden, oder sie sind ähnlich festfleischig wie die 'Teltower', weniger wässrig?

Auch auf die Gefahr hin, dass er misslingt, soll hier der Versuch unternommen werden, zu allgemeineren Aussagen zu gelangen sowie Parallelen zwischen ökonomischen und ökologischen Wertesystemen aufzuzeigen. Ferner soll dargelegt werden, dass die gern unterstellte Stabilität von Werten normalerweise weder in natürlichen noch in gesellschaftlichen Systemen gegeben ist – ohne Ökonomen oder Ökologen Vorwände dafür liefern zu wollen, sich von einer Bewertung natürlicher Ressourcen gänzlich abzuwenden. Eine rein wirtschaftstheoretisch wie auch eine ausschließlich naturwissenschaftlich begründete Beurteilung muss subjektiv bleiben. Die Komplexität der Biodiversität wie auch die der gesellschaftlichen Abläufe erfordert interdisziplinäre Ansätze, in denen keine, aber auch wirklich nicht eine einzige Disziplin von vornherein ausgeschlossen werden darf und jede von ihnen gleichberechtigt neben all den anderen steht. Selbst dann ist nicht auszuschließen, dass klaffende Lücken entdeckt werden.

Solange allein der subjektiv wahrgenommene oder objektiv gemessene Abstand als Kategorie für Wertdefinitionen missbraucht wird, entstehen Stabilitätsinseln zwischen denen keine Vermittlung möglich erscheint. Naturschutzgebiete und Großstädte sind von Menschen gemachte Beispiele für solche Inseln. Abbildung 1 soll das Nord-Süd-Gefälle versinnbildlichen, im gesellschaftswissenschaftlichen Kontext in Bezug auf arbeitende Menschen, im naturwissenschaftlichen auf Lebensräume mit dort lebenden Arten zu verstehen. Der in Anführungszeichen stehende große Wert soll verdeutlichen, dass einzelne Arten oder Arbeiter nicht die Armut einer Gesellschaft auffangen können, deren Ressourcen nicht genutzt werden (Moor, Nord). Im Süden und in artenreichen Lebensräumen wie zum Beispiel tropischen Regenwäldern, werden Ressourcen ausgiebig genutzt, der Reichtum steckt aber in den Lebewesen – so auch den Menschen – selbst. Eine Vorratshaltung existiert kaum.

Bei Abbildung 2 mag noch einmal das fast untergegangene östliche dem westlichen Wirtschaftssystem gegenübergestellt werden. Wie spätestens Mitte des Jahres 1990

deutlich wurde, erwiesen sich die wiederum in Anführungszeichen stehenden großen Kräfte als gar nicht so sehr groß. Zyklisch von Bränden heimgesuchte Lebensräume mit daran angepassten Arten mögen auf seiten der Natur Pate für dieses Denkmodell stehen. Wird die Vokabel „Unterschied“ gegen „Abstand“ ausgetauscht, haben wir es mit „unserem“, einem in gewisser Hinsicht auf der Stelle tretenden, gefestigten System oder - Naturwissenschaftlersicht - mit zahlreichen, gut an die bestehenden Umweltbedingungen angepassten Arten in stabil wirkenden Lebensräumen, doch ohne wirkliche evolutive Dynamik zu tun. In der Natur gibt es immer Elemente, die zwischen Extremen vermitteln. Vom Menschen geschaffen, geprägt bzw. beeinflusst wurden sie vielfach - von ihm geschützt werden sie in aller Regel nicht. In menschlichen Gesellschaften hingegen scheinen sich vermittelnde Bereiche bedauerlicherweise noch immer nicht recht entwickeln zu können. Inwieweit die Globalisierung beitragen kann, dies zu verändern, bleibt abzuwarten (vgl. DIAMOND 2000).

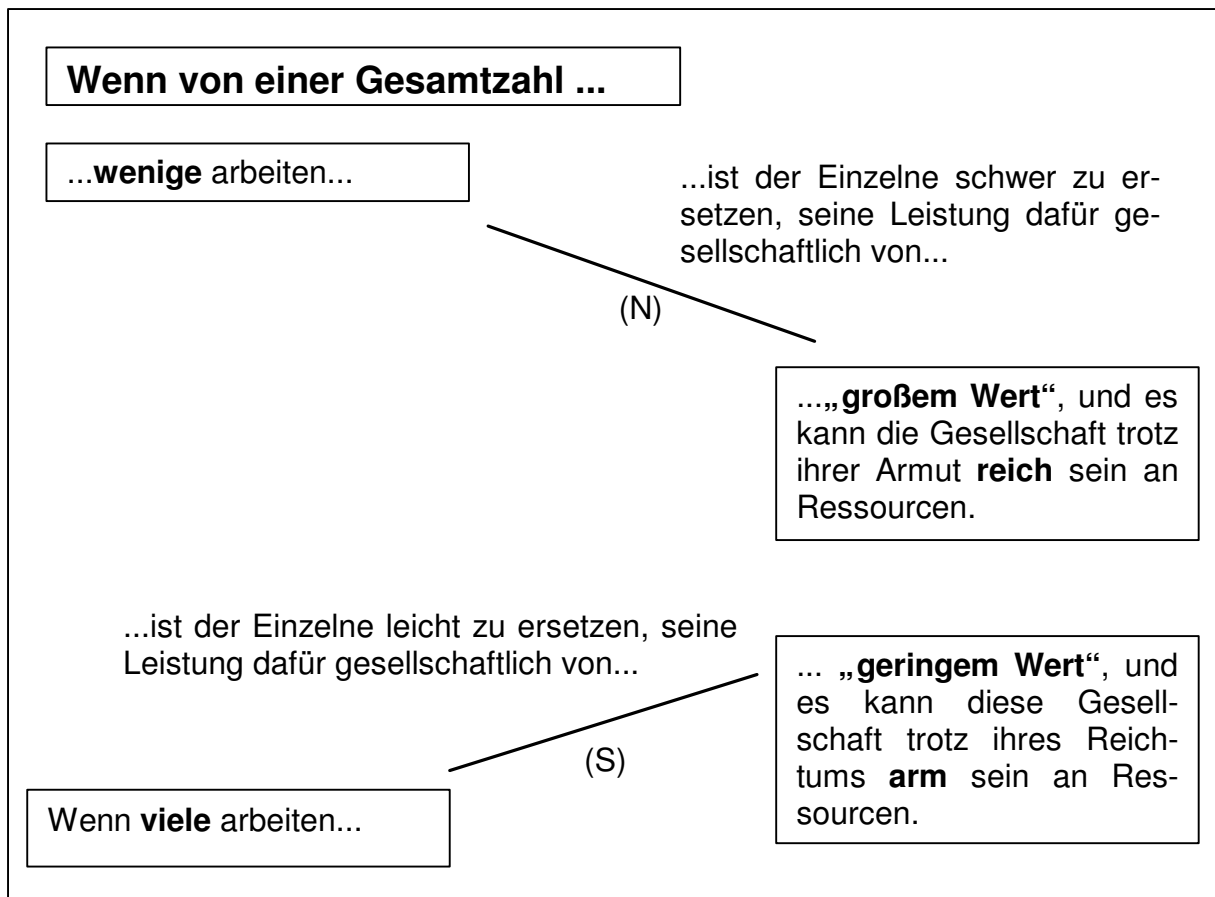


Abb. 1: Nord-Süd-Gefälle

Fig. 1: Gradient from North to South

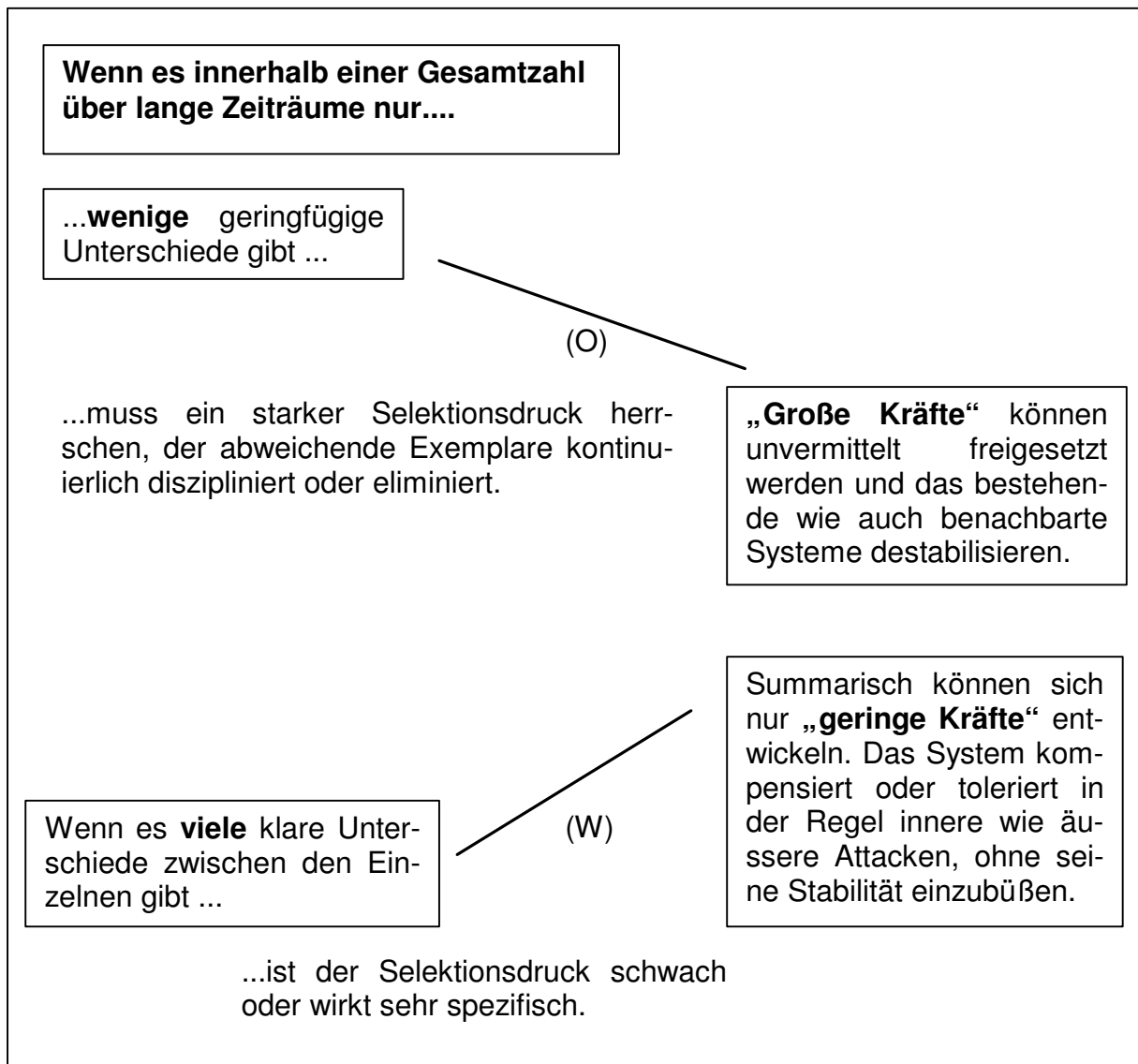


Abb. 2 Ökonomie und Ökologie in Ost und West

Fig. 2 Western and eastern economy and ecology

Um auf die Werte zurückzukommen, die die Vielfalt innehat und vermitteln kann, darf die Funktion des Marktwertes nicht unerwähnt bleiben. Schon innerhalb Europas sind Ost-West- und Nord-Süd-Gefälle unübersehbar. Das unterschiedliche Artenspektrum bei den Kulturpflanzen wird sofort erkennbar, wenn man über Märkte in Lissabon und St. Petersburg geht, der Sortenreichtum nimmt nach Süden auffallend zu. Dass sich jetzt immer mehr südeuropäische, asiatische und afrikanische Arten auf mittel- und nordeuropäischen Märkten etablieren, das ist sicher nicht den Klimaveränderungen sondern einer zunehmenden Zahl von Immigranten aus südlichen Ländern zu danken, die auf gewohnte Lebensmittel nicht verzichten wollen und die schnellen Transportwege zur Versorgung mit frischen Gemüse, Gewürzen und Obst selbst aus Griechenland, Italien, der Türkei, aus Südostasien und Afrika nutzen. Ne-

ben Konserven stehen Gläser mit einzeln verkauften Kola-Nüssen und Kisten mit Bananenblüten oder Klarsicht-Tüten mit gebleichtem China-Lauch und zahllose Gewächse, die noch keinen deutschen Volksnamen tragen. Selbst lebende Taro- und Yams-Knollen bekommt man mittlerweile in allen größeren deutschen Städten zu kaufen, allerdings in weniger Sorten als auf den Märkten der Herkunftsländer. Dort – und übrigens auch in den Gärten von Immigranten aus diesen Regionen – findet man bei den einzelnen Bauern- und Gärtnerfamilien die unterschiedlichsten, für bestimmte Verwendungen besonders geeigneten oder bevorzugten Sorten gleichzeitig im Anbau, nicht selten in Mischkultur.

Rückläufig ist hingegen noch immer die Zahl der Obst- und Gemüsesorten aus deutscher Produktion auf den Märkten, obwohl das Potenzial hierfür vorhanden ist und eine weit größere Sortenvielfalt einst auch gehandelt wurde. Die Marktordnung, definierte Handelsklassen, vor allem aber ein zunehmendes Interesse an Fertignahrung und bereits verarbeiteten Produkten ist hierfür ebenso verantwortlich wie die ungebrochene gesellschaftliche Akzeptanz und die höhere Rentabilität einer industrialisierten Landwirtschaft. Rein wirtschaftlich und in auf wenige Jahrzehnte beschränkten Zeiträumen betrachtet können extensive Landnutzungsformen mit hoher Arten-, Sorten- und Rassenvielfalt einem Vergleich mit intensiven Monokulturen in engen Fruchtfolgen nicht standhalten. Seit Ende des zweiten Weltkrieges geht die Anzahl der Landwirte beständig zurück, die Flächen der verbleibenden werden ständig größer. Immer weniger Haushalte bewirtschaften eigene oder gepachtete Obst- und Gemüsegärten. Die jüngere Generation bevorzugt die Anlage pflegeleichter, repräsentativer Ziergärten. Im Ergebnis haben die ungeliebten, mit der Verarbeitung im Herbst jedes Jahres anfallenden Arbeitsspitzen manchen gut und reichlich tragenden hochstämmigen Obstbaum das Leben gekostet. Modern wurden zunächst Halb-, dann Viertelstamm oder Spindelbusch, heute schließlich Miniaturgehölze für den Balkon, die auf dem Katalogbild bis zu 10 Pfirsiche, Äpfel oder Birnen gleichzeitig tragen, gern auch mehr als eine Sorte pro „Stamm“. Bei Straßen- und Wegbegleitpflanzungen werden sterile Sorten mit hohem Zierwert bevorzugt, da ein Verzehr der Früchte durch den intensiven Kraftverkehr nicht ratsam erscheint. Nichtnutzung des Fallobstes gefährdet die Verkehrssicherheit und belastet den Steuerzahler durch die erforderliche Entsorgung zusätzlich. Eine Umkehr dieses Trends deutet sich in einer Renaissance der Streuobstwiesenbewirtschaftung an. Meist wird die Ernte nicht frisch auf den Markt gebracht und verzehrt sondern für die Verarbeitung zu Säften, Obstwein, sortenreinen Spezialbränden, Mus und gelegentlich auch Dörrobst verwendet. Hier sind es besondere Inhaltsstoffe, vor allem ein typisches, ausgeprägtes Aroma und ausreichend Fruchtsäure, die die Qualität, damit den Wert der Produkte und letztlich ihren Preis bestimmen.

Die mit dem Wandel der Verbrauchergewohnheiten verbundene Vergänglichkeit bestimmter Kenntnisse und Werte kann am gleichen Beispiel veranschaulicht werden. Niemand, der zu Martini oder Weihnachten noch keine mit 'Borsdorfern' gefüllte

knusprige Gans oder Ente genossen hat, kann verstehen, warum in manchen alten Kochbüchern so viel Wert gerade auf diese Apfelsorte gelegt wird. Neuere Bücher beschränken sich auf den Hinweis, den „hohlen Vogel“ z.B. mit Äpfeln oder Backpflaumen zu füllen. Wer sich dennoch der Mühe unterzieht, wird zweifelsohne belohnt werden und sodann möglicherweise auf den Gedanken kommen zu fragen, ob nicht auch die Gans bzw. Ente selbst - bei bäuerlicher Freilandhaltung und natürlicher Ernährung - etwas anders, typischer und intensiver schmecken könnte.

Wochenmärkte hatten einst mindestens im Lebensmittelbereich überwiegend regionale Produkte im Angebot. Seit es Tiefkühltruhen und -regale gibt, seit Transporte so schnell wie billig und die Produktpaletten derart extrem eingeeignet sind, fällt es den Konsumenten schwer, noch irgendwo etwas Besonderes ausfindig zu machen. Frische Spreewaldgurken kann man heute jederzeit auch in München kaufen, Weißwürste und Radi an der Küste erstehen, Vielfalt auch das. Es kann und darf aber nicht darüber hinwegtäuschen, dass die Sorten- und die Rassenmannigfaltigkeit der Kulturpflanzen und Haustiere besonders in den industrialisierten Ländern hochgradig gefährdet ist (vgl. HAMMER 1998). *Ex situ*, in Genbanken, Botanischen und Zoologischen Gärten, in Museen, in Lehr- und Versuchsanstalten, auf spezialisierten Höfen gibt es sie zwar noch, doch in der konventionellen wie auch in der ökologischen Landwirtschaft, im On-farm-Bereich herrscht akuter Mangel an adaptierten, für bestimmte Regionen typischen, an die dortigen Bedingungen angepassten Sorten und Rassen, mitunter sind sogar die Arten völlig aus der Landschaft verschwunden. Als Beispiel hierfür sei die Linse genannt, die in Deutschland zwar noch regelmäßig konsumiert, jedoch seit Jahrzehnten nicht mehr kultiviert wird. Importe sind billiger, und irgendwann fehlt ganz sicher auch das landwirtschaftliche Know How. Vor diesem Hintergrund ist es sehr zu begrüßen, dass das Bundesministerium für Verbraucherschutz gerade ein Projekt zur Wiedereinführung des Linsenanbaus als Kulturart auf Grenzertragsböden fördert. Die Aufzählung selten werdender Kulturpflanzen und Haustiere ließe sich sowohl auf der Arten- wie auch auf der Sorten- bzw. Rassenebene fortsetzen. Ermutigend ist, dass im Rahmen der Umsetzung der Biodiversitätskonvention auch diesem vernachlässigten Sektor Aufmerksamkeit gewidmet wird und sich eine Trendwende abzuzeichnen scheint. Es wird mittlerweile erkannt, dass nicht nur weitgehend unberührte Naturlandschaften und Kulturdenkmäler schützens- und erhaltenswerte Güter sind, die von der Erosion bedroht sind und von ihr zerstört werden, wenn man sich nicht um sie kümmert. Auch die in 10.000 Jahren in der Obhut des Menschen entstandene Vielfalt der Kulturpflanzen und Haustiere wird als schutzwürdiges Gut anerkannt, das nicht aus dem Blickfeld der Gesellschaft verdrängt werden darf. Doch diese Erkenntnis kann nur ein erster Schritt sein. Aus ihr ergibt sich zwingend die Aufgabe, die noch existierende Vielfalt domestizierter Tiere und Pflanzen analog zu den bereits inventarisierten wildlebenden Arten zu erfassen und sie wieder einer Nutzung zugänglich zu machen. Weltweit sind es schätzungsweise 7.000 Kulturpflanzenarten, Forst- und Zierpflanzen nicht einmal eingerechnet, die der Mensch kultiviert. Daneben wird eine Unzahl von Wildpflanzenarten gesam-

melt, z.B. als Nahrung, als Gewürz, Arznei oder Zierde. Bei den Tieren kennt man die Zahl nicht einmal näherungsweise, gerade einmal für die Wirbeltierarten schätzt man grob, dass rund 150 Arten als Haustiere (nicht Heimtiere wie Wellensittiche und Aquarienfische) gehalten werden, zahllose weitere werden irgendwie direkt oder indirekt genutzt. Eine systematische Erfassung aller nutzbaren Tiere und Pflanzen steht aus.

Der Mensch steht in der Natur nicht nur wegen seiner Intelligenz, seiner Arbeitsleistung und wegen seiner Fähigkeit in der Evolution einzigartig dar, nahezu alle irdischen Lebensräume besiedeln zu können. Er ist von allen rezenten Arten auch diejenige mit der höchsten Polyphagie. Es gibt fast nichts auf der Welt, das er nicht direkt oder indirekt isst oder sich sonst aneignet und zunutze macht, für sich in Wert setzt. Welche Bewertung menschlicher Leistungen die Natur ihrerseits vornimmt und welche Rolle sie dem Menschen in ihrer weiteren Evolution zugedacht hat, kann nur vermutet werden. Uns Menschen ist die Ambivalenz unseres eigenen Handelns durchaus bewusst: Naturschutz contra Naturzerstörung. Der systematischen Ausrottung von Tieren und Pflanzen, von der in nicht allzu ferner Vergangenheit auch Sippen der eigenen Art betroffen waren oder noch sind, steht die gewaltige Kulturleistung der Domestikation gegenüber - und die oben genannte beispiellose, wirklich einmalige Polyphagie und „Polyutilie“ des Menschen. Wenn dieser „unser“ Planet Erde einst für Lebewesen gleich welcher Art unbewohnbar werden sollte und uns die eigene Entwicklung die Zeit dazu lässt, ist mit Sicherheit zu erwarten, dass die dann noch lebenden Menschen alle ihnen nützlich erscheinenden Organismen - und das bedeutet wohl ziemlich viele, wenn nicht möglichst alle rezenten Arten mit ihren Populationen, Rassen und Sorten - in die noch zu bauenden Archen mitnehmen werden. Noch kennen wir nicht einmal annähernd die Zahl selbst der Arten, die irgendwo im mehr- bis hundertfachen Millionenbereich liegen muss, geschweige denn den potenziellen Wert oder Nutzen, den viele von ihnen für uns haben. Wir wissen sehr wenig oder nichts über die Biologie und das Verhalten selbst der wissenschaftlich beschriebenen Tiere, Pflanzen, Pilze und Mikroben. Und wir wissen nicht, wie viel Zeit uns bleibt.

Literatur

- DIAMOND, J. (2000): Der dritte Schimpanse. Fischer Taschenbuchverlag Frankfurt/M., 499 S..
- GLADIS, TH., N. ARROWSMITH and K. HAMMER (2001): Hemerophyta – a special case of invasive organisms. Schriften zu Genetischen Ressourcen **16**..
- HAMMER, K. (1998): Agrobiodiversität und pflanzengenetische Ressourcen – Anforderungen und Lösungsansatz. Schriften zu genetischen Ressourcen **10**, 98 S..
- Morgan, M. (2000): Traumfänger. Goldmann-Verlag München, 251 S..
- NAGEL, J. (1998): Zu Gast bei Goethe. Wilhelm Heyne Verlag München, 215 S..

Hemerophyta - a special case of invasive organisms

Hemerophyta - ein Sonderfall invasiver Organismen

THOMAS GLADIS^{1,2}, NANCY ARROWSMITH³ and KARL HAMMER¹

There can be no doubt that the use, domestication and cultivation of the most widespread plant species have to a great extent been brought about accidentally and are conditioned by the social, economic and political values of the dominant cultures.

EDOUARD SAOUMA (1994)

Summary

The complexity of crop plant research is demonstrated with the help of three examples of plants with different agricultural histories, values and perspectives: roses, an old leek variety and a tropical weed species. The extent of human influence on plant and animal diversity and on global climatic changes, soil and water chemistry, will hopefully in the future lead to a heightened sense of responsibility towards environmental management. It must also lead to other economic theories than those presently entertained.

Zusammenfassung

An drei pflanzlichen Beispielen mit unterschiedlicher Geschichte, Wertschätzung und verschiedenen Perspektiven wird die Komplexität der Kulturpflanzenforschung aufgezeigt: Rosen, eine uralte Lauch-Sippe und eine tropische Unkrautart. Das Ausmass der menschlichen Einflussnahme auf die Vielfalt pflanzlicher und tierischer Organismen, auf den globalen Wandel von Klima, Boden- und Wasserchemie wird

¹ Univ. Gh Kassel (GhK)
Fachbereich 11
Steinstr. 19
D-37213 Witzenhausen

² ZADI, Abt. IGR
Villichgasse 17
D-53177 Bonn

³ POB 1707
Bisbee, AZ 85603
U.S.A.

künftig hoffentlich zu einer höheren Sensibilität und einem ausgeprägteren Verantwortungsbewusstsein des Umweltmanagements führen. Es muss auch zu anderen ökonomischen Theorien führen als jenen, die heute unser Denken dominieren.

Introduction

Growing numbers of plants and animals are distributed throughout the world by human activities. Taking into account the degree of hemeroby within plant groups, we can distinguish cultivated plants or crops, weeds and wild plants. Primary crops have derived from wild plants by selection, cultivation and direct domestication. Secondary crops have developed from crop-mimetic weeds, i.e. from co-domesticated wild plants (convergent type).

The non-convergently evolved weeds subsequently disappear from use (SCHOLZ 1996). Secondary weeds are derived from populations of former crops (SPAHILLARI et al. 1999). In some cases, all these groups may be present within one single plant species. This illustrates that the classification of hemerobic or synanthropic organisms and the differentiation of levels of synanthropy, such as a-, oligo-, meso- and eu-hemeroby, is difficult. The longer the processes of co-evolution continue, the tighter the symbiosis between plants, humans and human culture becomes.

Cultivated plant populations dependent on human interest and permanent cultivation are named Ergasiophyta (see KOWARIK 1985, SUKOPP 1995). These plants may have wild, feral or weedy relatives and ancestors, but do not have a native growing habitat, nor are they part of native living communities and natural vegetation, except those areas created or influenced by man. The term Hemerophyta is used here to define a group of plants, grown, planted, promoted or sown by man, whether intentionally, accidentally or on purpose. This group of plants contains weeds (segetalia, ruderalia), crops, forestry plants, ornamentals, park and garden plants, gene bank accessions, and „wild” material from botanical gardens. As long as they grow under human supervision, they do not grow wild. In contrast to Neobiota (see below), the term Neo-Hemerophyta should be limited to plants during their process of adaptation to new conditions and locations. Established or permanently used populations, and annually grown crops are classified without the prefix “Neo”. Feral plants or escapees from cultivation are no longer called Hemerophyta.

Human individuals, families and populations intercross, migrate and trade, just as plants intercross with their relatives. Hybridization and introgression from wild to cultivated plants and vice versa occur spontaneously. The selective pressures within the respective populations are quite varied according to habitat. In native communities, the fitness of individuals with crop characters is reduced. In farms and gardens, plants with wild characters are weeded out and not used for seed production. Plants

and seeds are distributed actively by man (crops) or passively (weeds, wild plants). Through their strong dependence on human culture, they form special groups of invasive Neobiota. When the new crops are integrated into agriculture in the new environment, or if they escape and grow spontaneously at new localities, new populations, subspecies and even new species may be generated and distributed. The most synanthropic plants are potential adventitious organisms and even cosmopolitans (in so far as the environmental conditions do not limit their further dispersal), using humans and domesticated animals as vehicles of their travel and distribution (hemerochorous and anthropochorous organisms).

Among other categories, we distinguish autochthonous (or indigenous, apophytes) and allochthonous (adventitious) plants in plant geography, following our own dimensions of time and space. Unfortunately, in nature other documentation systems than sediment layers do not exist. They tell us about the post glacial invasions of all the adventitious (allochthonous) plants. However, these documents count, and they present the fundament of respectable scientific areas of natural history.

Unfortunately, the terminology is insufficient to clarify the situation of cultivated plants in detail, as the following examples illustrate. Tomatoes (*Lycopersicon esculentum*) and garden beans (*Phaseolus vulgaris*) originated from America (at the species level) and have their primary centers of diversity there. In the gardens of Africans, Asians, Australians and Europeans, they are neophytic Ergasiophyta and have replaced other vegetables or reduced their respective growing areas since about 1500. At present they are Hemerophyta in all parts of the world. Farmers, gardeners, and more recently, plant breeders have selected plants following quite different criteria. So these plants have developed new characteristics and a new diversity in the so-called secondary centers of diversity, without counterparts in the primary centers. Is it justifiable to name infraspecific plant groups like these (or allotetraploid crop species like rape, *Brassica napus*) homeless, „Xenophyta“, „Anecophyta“ or „Indigenophyta anthropogena“ (see SUKOPP and SCHOLZ 1997), since their places of origin are not precisely known and they do not occur in native vegetation? How does the original locality influence the future growing area of a crop - including genetically modified organisms (transgenic cultigens) and laboratory-weeds like e.g. *Arabidopsis thaliana* - or how might it determine the size of a potential territory of any wild plant? As the examples illustrate, the term 'Neophyta' is used for „new“ plants, established after 1500. How long are Neobiota and Neocenoses (KOWARIK 1985) actually new? Which terms should be applied to truly new plants and plant communities and those with the potential to invade native or agricultural systems 500 years after 1492? If we are talking about annuals, this means 500 generations later.

To better illustrate our lack of knowledge and how faulty systematical terminology can be, even in crop plant research, three challenging plant groups are described below. The present status and the possible future of a genus of ornamental plants, a

traditional vegetable from the leek group, and a tropical weed species are discussed briefly, as seen from a German perspective.

Roses (Genus *Rosa*)

The „queen of the flowers” is an excellent example of a taxonomically complicated genus containing wild plants originating in the Northern Hemisphere, as well as their widely spread cultivated descendants. Many of the 100-200 wild species intercross and have a remarkable infraspecific variation. The beautiful, sweet-smelling flowers have been a symbol for love and *joie de vivre* since ancient times. Roses are cultivated as ornamentals but they are also grown for practical utilization: the thorny shrubs are planted in hedges against soil erosion; the fragrant flowers are processed to produce attar of roses, rosewater and perfumes; and the fruit is used for jam, tea, medicinal and pharmaceutical purposes. Young sprouts, leaves, and buds are consumed as vegetables in some regions of Southern Asia.

To describe, to classify and to maintain the continuously evolving diversity of roses (infrageneric Neo-Hemerophyta) is a task worthy of Sisyphus. For more than 100 years, interested people have systematically collected wild and cultivated roses and they maintain old and new rose varieties in special rose gardens. One of the most famous collections is the European Rosarium in Sangerhausen, founded by the German Rose Society in 1903. Thousands of old and new roses grow side by side. If reproduced from seed, each seed sample would exhibit astonishing diversity. But the material is propagated strictly vegetatively in order to maintain it conservatively and to attain breeding objectives. Recent breeding aims in roses are, for example, to increase the vitamin content of the fruit or to attain hitherto unattainable flower colors such as blue, and unusual blossom shapes.

The onion-leek from Ascalon (*Allium ascalonicum* Strand 1756 non L. 1759)

This plant is a relic crop of doubtful nomenclature and classification. It is frequently confused with potato onions and shallots (TITTEL 1986). Originally from the southern Mediterranean area (Israel/Palestine?), and probably introduced by the Crusaders, it is an extremely rare allochthonous crop in Germany. It is probably extinct in its area of origin and is rare elsewhere. One of the isolated locations where this species is currently found is in Germany, where the plants are morphologically quite uniform. They are only grown in vineyard terraces around the city of Stuttgart. For several hundred years, this leek was not mentioned by scientists (GLADIS 1996, GLADIS and BROSS-BURKHARDT 2000). This “shallot-leek” might be related to, or has been developed together with the common onion (*Allium cepa*, see e.g. MAASS 1997). It strongly differs from onions in its specific aroma. Further, it is a perennial, growing in short

bunches developing from very small, frequently dividing subterranean bulbs which have two growing seasons per year. Adapted to summer drought and to frost, the leaves die back in June and late autumn. During winter, they begin to grow again. The foliage is used to prepare traditional dishes served only in spring. The plant does not bear seeds nor bulbils, but can only be vegetatively propagated by dividing the slowly growing bunches. Therefore, dispersal by escape to the wild or to a cultivated environment is not possible. Since it can not compete with other crops and weeds, it is completely dependent on careful cultivation in special soil and climatic conditions. It has never been a market crop. It can now be considered as a highly endangered crop species in Germany, and it will be extinct as soon as it loses the status of an hemerophytic species.

It would be very interesting to compare scientifically all available plant material to find out whether vegetatively propagated plants are able to adapt to specific climactic conditions and to modify their habit. Have genetic distances within and between populations arisen within the last thousand years? Initial research on this leek group has yielded interesting results (FRIESEN and KLAAS 1998), and should be continued.

Witchweed (*Striga hermonthica* (Del.) Benth.)

LADIZINSKY (1987) demonstrated that patterns of domestication of pulses are completely different from the evolution of cereals in the same region. In analogy, different domestication patterns for vegetables, spices, and ornamentals can be expected. There are several examples of rare and endangered annual European weeds which are now grown as ornamentals: the corn cockle and a related wild species (*Agrostemma githago*, *A. brachylobum*), the cornflower (*Centaurea cyanus*), and the flower *Bupleurum rotundifolium*, which is cut for dry floral arrangements. Changes in fashion occasion frequent changes in the ornamentals grown by gardeners. Breeders have to honour these changes, but are also free to influence next season's fashion by providing new and attractive colours, flower forms and habits.

Striga hermonthica and related species (Scrophulariaceae) are common, persistent and dangerous weeds in regions such as the dry and semi-dry areas of Africa. The plants are obligatory parasites on the roots of *Sorghum*, cereals, millets and grasses, grown in excessively utilised, poor and eroded soil, and are supported by cultivation measures. They are comparable to secondary parasites. International research programs on these weeds try to find native antagonists, reduce infestation rates, interrupt multiplication cycles and stop seed distribution (KROSCHER et al. 1999). Only recently have more attractive properties of this plant been discovered. The danger of European fields becoming infested with the weed are negligible, because of the extremely high temperatures needed for seed germination. Together with other tropical grasses, *Striga hermonthica* can therefore be developed as a fascinating new orna-

mental for European urban areas. Plant breeders have included this species in their experimental breeding programs (KROSCHEL and GLADIS 2000).

Prospects

The situation of mankind and that of plant genetic resources in the past and present justify the fear of ongoing marginalization of neglected and under-utilised crops (HAMMER and HELLER 1998). Many of the less important cultivated plants will be extinct in the near future if they are not maintained *ex situ*, that is, in gene banks and in botanical gardens. Unfortunately, financial support for research on these subjects is usually for applied technology, and is not awarded for theoretical or practical (e.g. environmental) purposes.

The tendency towards the uniformity of arable land, culture and crop plants for mankind will increase with advancing globalisation. The extent of human influence on plant and animal diversity and on global climatic changes, soil and water chemistry, will hopefully lead to a heightened sense of responsibility towards managing our environment. It must also lead to other economic theories than those presently entertained. Therefore, it is imperative to reassert land and plant stewardship as a moral objective and to incorporate ecological science into agricultural policy. In addition, ROUGHGARDEN (1995) demands that

- Economic theory must be fundamentally improved to take account of the dynamic changes on the environment effected by different policies.
- Economists have to respect consumer sovereignty concerning environmental goods and services.
- Economists have to distance themselves from their attitude of zero responsibility towards the environment.

We do not know enough about our own economic and value systems to make any prognosis regarding the sustainable use and maintenance of biodiversity on earth. If economists take all costs into account in calculating environmental objectives, they must include the cost of loss of diversity as well as the loss of all the benefits it can bring. Nobody will be able to use and share varieties in future if they are extinct, which will result in an economic loss. Hemerophyta are the most suitable and pre-conditioned plant group for research and use by Mankind. Each further loss of the diversity within this group will be progressively more difficult to compensate than the losses we have already suffered.

References

- FRIESEN, N. and M. KLAAS (1998). Origin of some minor vegetatively propagated *Allium* crops studied with RAPD and GISH. *Genetic Res. Crop Evol.* **45**: 511-523.
- GLADIS, TH. (1996): Vorkommen und potentielle Nutzung von seltenen Gemüsearten und -sorten. *Schriften zu Genetischen Ressourcen* **2**: 72-82.
- GLADIS, TH. und B. BROSS-BURKHARDT (2000) (poster presentation): Der Eschlauch in Deutschland – angepflanzt und vergessen, gesucht und wiedergefunden. *Zwiebel 2000 München*, 15.-25. September 2000, Botanischer Garten München-Nymphenburg / 3. Tag der Kulturpflanze am 01. Oktober 2000 im Museum Kiekeberg (Hamburg); printed version: *Samensurium* **11** (2000): 20-24.
- HAMMER, K. and J. HELLER (1998): Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops. *Schriften zu genetischen Ressourcen* **8**: 223-227.
- KOWARIK, I. (1985): zum Begriff "Wildpflanzen" und zu den Bedingungen und Auswirkungen der Einbürgerung hemerochorer Arten. *Publ. Naturhist. Gen. Limburg* **35**, 3-4: 8-25.
- KROSCHER, J., H. MERCER-QUARSHIE and J. SAUERBORN (eds.) (1999): *Advances in parasitic weed control at on-farm level*. 2 Vols, GTZ, Marggraf Verlag, 324+347 pp.
- KROSCHER, J. und TH. GLADIS (2000) (poster presentation): *Striga hermonthica* (Del.) Benth. – Zierde, Plage und Herausforderung für den Pflanzenbau. *Zierpflanzen-symposium Königswinter*, 27.-28. September 2000, GfP-Tagung Witzenhausen, 23.-24. November 2000.
- LADIZINSKY, G. (1987): Pulse domestication before cultivation. *Econ. Bot.* **41**,1: 60-65.
- MAASS, H.I., 1997. Studies on triploid viviparous onions and their origin. *Genetic Res. Crop Evol.* **44**, 95-99.
- ROUGHGARDEN, J. (1995): Can economics protect biodiversity? pp. 149-155 in: T.M. SWANSON (ed.): *The economics and ecology of biodiversity decline: The forces driving global change*. Cambridge Univ. Press, 162 pp.
- SAOUMA, E. (1994): Foreword. In: Hernández Bermejo, J. E. and J. León (eds.) *Neglected crops. 1492 from a different perspective*. FAO Plant Prod. and Protect. Ser. No. **26**, 341 pp.
- SCHOLZ, H. (1996): Origins and evolution of obligatory weeds. (in german with engl. summary) *Schriften zu Genetischen Ressourcen* **4**: 109-129.
- SPAHILLARI, M., K. HAMMER, TH. GLADIS and A. DIEDERICHSEN (1999): Weeds as part of agrobiodiversity. *Outlook on Agriculture* **28**,4: 227-232.
- SUKOPP, H. (1995): Neophytie und Neophytismus. pp. 3-32 in: Böcker, R., H. Gebhardt, W. Konold und S. Schmidt-Fischer (Hrsg.): *Gebietsfremde Pflanzenarten*. Landsberg.
- SUKOPP, H. und H. SCHOLZ (1997): Herkunft der Unkräuter. *Osnabrücker Naturwiss. Mitt.* **23**: 327-333.
- TITTEL, C. (1986): Liliaceae. In: Schultze-Motel, J. (Hrsg.): *Rudolf Mansfelds Kulturpflanzen-Verzeichnis*. Akademie-Verlag Berlin, Vol. **3**: 1341-1368.

The degree of planned and associated biodiversity in agroecosystems as a result of farmers' decisions: a preliminary framework for systematic analysis

Das Niveau an geplanter und assoziierter Biodiversität in Agrarökosystemen als Ergebnis von Entscheidungsprozessen im landwirtschaftlichen Betrieb: ein Rahmen für die systematische Analyse

STEPHANIE L. FRANCK^{1,2} and ANTJE SCHIERHOLT³

Summary

Two distinct types of activity have been identified with respect to the management of planned biodiversity: the actual use of a diverse set of genotypes and species for ecological and economic reasons other than their conservation, and the intentional conservation of genetic resources *in situ*/onfarm. While the shaping of a consistent policy to support intentional conservation activities is comparatively simple, to influence the degree of biodiversity actually used in agroecosystems is likely to be a complex task. In order to investigate potential options for targeting the degree of actual biodiversity in agroecosystems, a two-step analytical framework is suggested.

In a first step the farmers' decision-making process with respect to the actual use of planned biodiversity was analysed. Two classes of decisions have been identified. Class 1 comprises farmers' decisions which are not focused on the degree of biodiversity but shape it non-intentionally. Class 2 decisions focus on the *degree* of diversity in an agroecosystem. Both classes can be further differentiated.

¹ University of Kassel.
Dept. of Development and Agricultural Economics
Faculty of Agriculture
Steinstrasse 19
D-37213 Witzenhausen

² Max-Planck-Institute for International Public Law
Working Group on Biodiversity, Biotechnology and Related Issues
Im Neuenheimer Feld 535
D-69120 Heidelberg

³ Georg-August Universität Göttingen
Institute of Agronomy and Plant Breeding
von Sieboldstrasse 8
D-37075 Göttingen

In a second step, major areas/developments (herein designated as „complexes“) with a potential to impact on the degree of actual planted and associated biodiversity can be identified. For „industrialized“ agroecosystems in Western countries, we suggest four major „complexes“ which influence both classes of farmers´ decisions, and where developments thereof are likely to impact directly the degree of diversity in agricultural systems: (1) technological change in agricultural management, (2) developments on the demand side, including structural change in food and related industries, (3) technological and institutional developments in plant breeding, and (4) the further development of regulative systems, including regulations on trade and environment.

Zusammenfassung

Der Grad an Agrarbioidiversität (ABD) (insbesondere Kulturpflanzenvielfalt) in einem landwirtschaftlichen Produktionssystem ergibt sich aus einer Vielzahl von verschiedenen intendierten Einzelentscheidungen. Für die Analyse dieser Prozesse wird eine zweistufige Vorgehensweise vorgeschlagen. Im ersten Schritt werden die biodiversitäts-relevanten Entscheidungen im Betrieb identifiziert. Im zweiten Schritt werden die externen Einflüsse auf diese Entscheidungen erfasst. Diese Vorgehensweise erlaubt eine Beantwortung der Frage, ob und mit welchen steuernden (agrar- oder umweltpolitischen) Interventionen das tatsächliche Niveau an ABD im landwirtschaftlichen Produktionssystem beeinflusst werden kann.

In Schritt eins wurden zwei Klassen von Entscheidungen identifiziert:

- solche, die das Niveau an ABD zwar im Ergebnis beeinflussen, aber nicht darauf ausgerichtet sind, und
- solche, die das Niveau an ABD selber zum Ziel haben.

In Schritt zwei wurden vier „Komplexe“ identifiziert, die neben der Markt- und Preisstützungspolitik (z.B. in der EU) Einfluss auf biodiversitätsrelevante Entscheidungen im landwirtschaftlichen Produktionssystem haben:

1. technologischer Wandel im landwirtschaftlichen Pflanzenbau,
2. Entwicklungen in der Nachfrage, insbesondere technologischer Wandel und Konzentrationsprozesse in der Lebens/Futtermittelverarbeitung und im –handel,
3. Entwicklungen in der Pflanzenzüchtung,
4. Entwicklungen auf Regulierungsebene, insbesondere im internationalen Handel (vor allem WTO) und im Umweltbereich.

Insgesamt hat das Projekt zum Ziel herauszufinden, ob das Niveau an ABD selber ein geeignetes (zusätzliches) Target für steuernde Eingriffe (Anreize oder Verbote) in landwirtschaftliche Produktionssysteme ist, bzw. wie es sich bei abnehmender Regulierungsdichte voraussichtlich entwickeln würde.

Introduction

It is generally accepted that the industrialization of agriculture reduces biodiversity (VIRCHOW 1999). The most investigated aspects are, on the one hand, the side-effects of agricultural production which negatively influence the degree of biodiversity in surrounding ecosystems and, on the other hand, the loss of valuable genetic resources for food and agriculture (PGRFA). By contrast, the role of actual planned and associated biodiversity (GOLLIN and SMALE 1999) in agroecosystems has been neglected. In a paper commissioned by the German Advisory Council on Global Change (WBGU), the complex role of diversity in agroecosystems as well as the impact of the farmers' management decisions on the degree of agrobiodiversity has been investigated by reviewing existing literature (FRANCK et al. 2000). Herein, it was proposed to clearly differentiate between two issues regarding the management of planned biodiversity: on the one hand the actual use of a diverse set of genotypes and species for ecological and economic reasons and on the other hand the intentional conservation of genotypes and species as genetic resources *in situ*/on farm. FRANCK et al. (2000) concluded that the support of the latter - the intentional conservation activities- is comparatively straightforward, while it is likely to be a complex task to influence the degree of actual biodiversity in agroecosystems.

We therefore present an analytical framework in two succeeding steps: **(1)** the analysis of farmers' decisions (Tab. 1), and **(2)** the identification of complexes of potential interest for policy-makers who seek to influence the degree of ABD in agroecosystems (Tab. 2).

Analytical framework

Tab. 1: Systematic analysis of farmers' decisions

Tab. 1: *Systematische Analyse von biodiversitätsrelevanten Entscheidungsprozessen im landwirtschaftlichen Betrieb*

<p>Class 1: Farmers' decisions which focus on single components of planned and associated ABD. They non-intentionally influence the degree of diversity in a system.</p>	
1a)	<p>Farmers' decisions that focus on the choice of single components (species and varieties). These decisions non-intentionally determine the degree of planned biodiversity in the system. Example: the cultivation of field crop species x and y on account of favourable market conditions for x and y.</p>
1b)	<p>Farmers' decisions that focus on the provision of optimal environmental conditions for single components of planted ABD. Class 1b decisions focus on certain components of associated ABD (e.g. weeds) but do not consider the degree of associated ABD, i.e. they non-intentionally influence this degree. Example: application of a pesticide.</p>
<p>Class 2: Farmers' decisions which focus on the mix of components, i.e. on the degree of planned diversity, and intentionally influence this degree itself*.</p>	
2a)	<p>Farmers' decisions which relate to actual ecological and economic functions of a certain mix of components, i.e. an intentionally created degree of planned ABD. Example: the cultivation of a mix of species to spread work-load at harvest.</p>
2b)	<p>Farmer's decisions that focus on a certain degree of diversity for reasons of security. Class 2b decisions relate to the ability of a chosen mix of components to insure against potential ecological and economic threads. Example: the cultivation of different species as an insurance against epidemic diseases or price variations.</p>

** Complexes 1, 2 and 3 show indirect effects via the change of relative prices. Complex 4 may affect farmers decisions either directly or indirectly.

* Note that farmers usually do not focus at the degree of associated ABD, but only on components of ABD (Class 1b).

Tab. 2: Identification of relevant areas/developments („complexes“) with a potential to influence farmers' decisions**

Tab. 2: Identifizierung von Bereichen/Entwicklungen („Komplexen“) mit Auswirkungen auf biodiversitätsrelevante Entscheidungen

1	Technological change in agricultural management methods. Example: substitution of the N-fixing properties of legumes by mineral fertilization.
2	Technological progress in plant breeding. Example: enhancement of the relative competitiveness of corn as a result of hybrid breeding.
3	Developments on the demand side, including changes in feed, food and related industries. Example: substitution of diverse fodder legumes by soy bean and canola products as protein sources in animal nutrition. Substitution of animal protein sources by plant protein sources.
4	The further development of regulative systems, including international regulations on trade and environment. Example: limitations to the amount of (subsidized) protein crops that are grown in the EU as a result of negotiation within WTO.

Concluding remarks

“Targets“ as identified by a systematic investigation of decision-making processes as suggested in the framework have a *potential* as preferred areas of policy intervention. This is based on the hypothesis that a higher level of biodiversity in agroecosystems raises the sustainability of such systems and may contribute to a reduction of negative external effects. An alternative approach is the direct intervention aimed at a reduction of these effects. It remains to be investigated which approach is the more cost efficient, which is easier to administrate, and which is more coherent with the general line of regulation. A higher level of biodiversity, however, is likely to have further positive external effects rather than to only reduce negative effects.

Literature

- FRANCK, St.L., A. SCHIERHOLT und K. HAMMER (2000): Agrarbiodiversität: Funktion und Bedrohung im globalen Wandel. In: Erhaltung und nachhaltige Nutzung der Biosphäre. Jahrgutachten 1999 des Wissenschaftlichen Beirates Globale Umweltveränderungen. Springer, Berlin. S. 81-96.
- GOLLIN, D. and M. SMALE (1999): Valuing genetic diversity: Crop plants und agroecosystems. In: COLLINS, W. and C. QUALSET (Eds.): Biodiversity in agroecosystems. CRC Press, Boca Raton. S. 237-265.
- VIRCHOW, D. (1999): Conservation of Genetic Resources. Springer, Berlin.

The contribution of tropical home gardens to *in situ* conservation of plant genetic resources - examples from Guatemala and Vietnam

Der Beitrag tropischer Hausgärten zur Erhaltung pflanzengenetischer Ressourcen in situ - Beispiele aus Guatemala und Vietnam

THOMAS GLADIS^{1,2}, KARL HAMMER¹, KATJA ROOSE³, HELMUT KNÜPFER³, CÉSAR AZURDIA⁴ and JOSÉ MIGUEL LEIVA⁴

Summary

In comparison with agricultural areas, the biodiversity and the diversity of utilisation purposes of cultivated plants is much higher in home gardens. The highest diversity is expected in the tropics. To encourage the research on this topic, IPGRI and IPK have initiated a scientific project in several tropical countries during 1998-2001. In the frame of the project, short missions were conducted to Guatemala and Vietnam in spring 2001. An information system for the species inventories is being built up.

Zusammenfassung

Im Vergleich zu landwirtschaftlich genutzten Flächen ist die Biodiversität und die Vielfalt der Nutzungen von Kulturpflanzen in Hausgärten sehr viel größer, am höchsten ist sie erwartungsgemäß in den Tropen. Um die Forschung auf diesem Gebiet voranzutreiben, haben IPGRI und IPK 1998-2001 ein Forschungsprojekt in mehreren tropischen Ländern initiiert. Im Rahmen des Projektes fanden im Frühjahr 2001

¹ Gesamthochschule Kassel (GhK)
Fachbereich 11
Steinstr. 19
D-37213 Witzenhausen

² ZADI, Abt. IGR
Villichgasse 17
D-53177 Bonn

³ IPK-Genbank
Corrensstr. 3,
D-06466 Gatersleben

⁴ Facultad de Agronomía
Universidad de San Carlos de Guatemala
Apartado Postal 1545
01091 Guatemala City, Guatemala

Kurzbesuche bei den Projektteams in Guatemala und Vietnam statt. Ein Informationssystem für die Artenvielfalt in den Hausgärten ist im Aufbau.

Introduction

Home gardens are micro-environments, the smallest and probably the best protected human agricultural systems. These intensively used areas may fulfil quite distinct functions. First of all, necessary goods for immediate household needs for food and income are produced in the home gardens. Important parts of the whole family life are realised here: joint planning, working, playing, dining and relaxing. In addition, home gardens with their specific individual characteristics, their ornamentals and impressive exotic solitary trees, fences and hedges are used for representation purposes and reflect the personality of the owners.

Another important aspect is the diversity within these dynamically managed ecosystems and their contribution to the *in situ* (on-farm) conservation of agricultural diversity, the so-called genetic resources (GR) of animals and plants (cf. ESQUIVEL and HAMMER 1988, 1994). Home gardens contain and maintain on their limited area more species, varieties and races of plants and animals than any other agricultural or horticultural system. Many of them are of local importance and their value is culturally determined. The spectrum of uses is extremely broad, and even their duration of persistence in gardens varies. The local distribution and exchange of material between gardeners ensures the continued availability of resources vital to human welfare and contributes to the sustainable management and use of this diversity. To encourage this type of diversity conservation, and to study the diversity of plant species cultivated, the International Plant Genetic Resources Institute (IPGRI), with the support of the German Agency for Technical Cooperation (GTZ), initiated a project on tropical home gardens in Africa, Asia and Latin America. The five participating countries are Cuba, Ghana, Guatemala, Venezuela and Vietnam. The perpetuity of this project is accounted for three years (May 1998-July 2001).

The research work of this project covers issues such as defining home garden systems, developing instruments for measuring, comparing and assessing the situation of private gardening, using the diversity within, and the exchange modalities between home gardens. Even information on the management, utilisation and importance of plants and seeds, the species composition and population size are being collected. The project teams will examine in detail certain research hypotheses, for example, that home gardens contain high levels of species and genetic diversity, that home gardens are used for experimentation with, and introduction of new species and new genetic diversity, and investigate whether there is stability in home garden systems and their species composition.

Social and economic factors such as marketing, food security, cultural functions including traditions, uses and gender issues will be addressed to answer the fundamental questions of stability, diversity and contributions to livelihood strategies supporting home gardens as part of a holistic and development-oriented approach to the conservation and use of genetic resources. Which social and cultural factors influence the management of genetic diversity within the home garden? Sampling and genetic diversity analyses will be discussed to show in detail, in what ways and for which types of crops or species, a home garden system can provide a safe haven or important source of genetic diversity of cultivated herbs and trees used in tropical agricultural systems.

In the beginning of the first three-year project, a participants' workshop was held at the Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia, 13–16 October 1998. IPGRI is developing a coordinated programme of research on the role of home gardens in conserving and enhancing genetic diversity within farming systems. The report and results of the workshop in Cali may be obtained from IPGRI, Rome.

Participants are:

1. National Plant Genetic Resources Programmes including agricultural research institutes, universities, non-governmental organisations (NGOs) in Cuba, Ghana, Guatemala, Venezuela, Vietnam. Recently Ethiopia and Nepal joined the project as associated partners.
2. Technical Advisory Panel:
 - Prof. Dr. Karl Hammer, Univ. of Kassel-Witzenhausen, Germany
 - Dr. Olga Linares, Smithsonian Tropical Research Institute, Panama
 - Dr. Robin Marsh, Food and Agriculture Organisation
 - Dr. Freddy Leal, Univ. Central de Venezuela
 - Dr. Jürg Schneider, Univ. of Bern, Switzerland
 - Dr. Maria Fernandez, Centro Internacional de Agricultura Tropical-CIATI, Columbia
3. IPGRI staff.

Objectives and results

In preparation of the final workshop of the first home garden project to be held at GhK Witzenhausen, July 17–19 2001, two German scientists carried out short consultation visits to the project partners in Guatemala and Vietnam, from February 26 to March 9 (K. Hammer and Th. Gladis), and from March 25 to April 8 (Th. Gladis and K. Roose), respectively. The Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research (IPK), Gatersleben, is developing a documentation system for the home garden pro-

ject (H. Knüpffer, K. Roose, V. Afanasyev). The consultation visits focussed on taxonomic aspects of cultivated plant species and their documentation.

Guatemala

The visits to home gardens and market places within towns and in small settlements demonstrated the wealth of plants which provide the basis of income and goods to support the life of families or single persons (see AZURDIA and LEIVA 1999). Besides vegetables and fruits, also medicinal plants, spices and ornamentals exist in rich variation. Some of the plants are grown for very special purposes, such as healing of snake bites (e.g. *Sansevieria trifasciata*). Others have been wild plants until few years ago, recently taken into cultivation. Since the wild populations are overexploited, farmers and gardeners transferred them into their gardens. The most famous example for this plant group in Guatemala is „loroco”, *Fernaldia pandurata* (Apocynaceae). The flower buds of this climbing plant are used as spice inside tortillas. All other parts of the plant except these buds are poisonous (see AYALA 1996). Another very rare crop plant from the leek group is *Allium* sp., just once found in a regional market. It is similar to *A. canadense*, a species known from cultivation in Cuba (ESQUIVEL and HAMMER 1992).

Home gardens could be found in all regions visited within the country, even in extremely dry areas such as Minera. The plant spectrum differs broadly. In and around gardens within extremely dry areas, mainly fruit, fire wood, and very few vegetables occur, hedges, and fences surround the fields and grazing areas where cattle dominates. Grazing pigs were frequently observed. Thus, the vegetation in Guatemala is less eroded and damaged than, for example, in some Mediterranean countries where goat and sheep herds occur besides cattle, pigs and horses. The hedges consist of different species belonging to the Cactaceae family (e.g. *Pereskia* spp.), Euphorbiaceae (e.g. *Euphorbia tirucalli*) and Bromeliaceae (*Bromelia pinguin*). Wild growing trees are included.

In regions with higher and more regular precipitation, such as Alta Verapaz, the structure and composition of garden flora is more diverse, and a lot of inherent species and varieties might be expected to be found if more detailed and systematic studies could be carried out. A very large number of yet unidentified plants cultivated by the farmers and gardeners can be expected, as was shown for Vietnamese home gardens by the plant lists published by HODEL et al. (1997), see e.g. STANDLEY (1946) and STANDLEY and STEYERMARK (1946-1977). Wild plants and trees are often tolerated in gardens and fields, many of them bear ornamental flowers or have decorative foliage causing light shadow, as, e.g. tree ferns. This technique reduces soil erosion and buffers extreme climatic situations. It can be expected that a considerable number of the species cultivated in fields and gardens of Guatemala will represent new

records for „Mansfeld's Encyclopedia of Agricultural and Horticultural Crops" (HANELT and IPK 2001) and will, thus, contribute updates to the "Mansfeld Database" (OCHSMANN et al. 1999; KNÜPFER et al. 2001). The project partners have the intention to intensify these studies, and they are planning joint activities to elaborate an inventory of cultivated plants on the country level, comparable to those existing, e.g., for Cuba (ESQUIVEL et al. 1992), Italy (HAMMER et al. 1992, 1999), and Korea (e.g. HOANG et al. 1997), thus extending the database for checklists of cultivated plants developed and maintained at IPK (KNÜPFER and HAMMER 1999).

Within the home garden project, the following key species and genera have been identified, collected and described for Guatemala in detail: zapote (*Pouteria sapota*), chilli (*Capsicum* spp.), and chayote (Nahuatl) or huisquil (Maya, *Sechium edule*) (cf. LAGOS-WITTE 1988). For zapote, a special collection was planted during the initial phase of the project (AZURDIA et al. 1999). Unfortunately, the maintenance, description and characterisation of the young plants could not be continuously safeguarded because of insufficient funding. The progress of description and characterisation of the *Sechium* collection is viable at the agricultural station near Guatemala City. During the mission, along the roads, ruderal localities were detected where *S. compositum* occurs, a related wild species restricted to Southern Mexico (Chiapas) and Guatemala (HERNÁNDEZ BERMEJO and LEÓN 1992, p. 77); and even another wild sample of this genus with small spineless fruits was detected. In this character, it is comparable to some cultivars of *S. edule*.

Since Guatemala is part of Vavilov's Central American gene centre, situated between the two continents and two oceans, a large diversity was expected in all cultivated plants and as far as occurring, even their wild relatives. An excellent example for this are the chilli species. It was not easy to classify the samples found in home gardens since it is assumed that introgressions occur between the three most important species, *Capsicum annum*, *C. chinense* and *C. frutescens*. The variation in flower stalk morphology, flower colour and fruit habit was extremely high. Many different types, some with very small fruits and just a few seeds inside, were found in home gardens, ruderal places and markets such as in Guatemala City and Antigua or in other communities and villages. Most forms have red-coloured fruits.

The difficulties in determination and classification of chillies should be clarified with the help of molecular techniques. It is planned that in a second follow-up project phase, a scientist from the Guatemalan team will visit the gene bank and PCR laboratories in Gatersleben to adapt the techniques to this special questionnaire and to do preliminary research work on the respective material as well as on classified accessions from the gene bank to determine and to compare the levels of intra-specific diversity conserved by home gardens. Such analyses of key species are necessary to identify factors and conditions for maintaining and enhancing home garden biodiversity. Hopefully, they will contribute to improvement of the livelihood as well as the

financial situation of farming families if they function as flag ships for other extraordinary and very useful plants less known and under-utilised at present.

As an example for important crop plants with restricted distribution, *Phaseolus polyanthus* should be mentioned (see AZURDIA 1996a,b, HANELT and IPK 2001, MARTINEZ 1996). This species can be found at any market in Alta Verapaz, and it is very frequently consumed by farmers in villages and by poor people living in the towns. *Ph. lunatus* is the only species of this genus of which a spontaneously growing population was observed.

Even a wild relative of an important ornamental plant, *Dahlia imperialis*, was found. The plants reach a height of about 4 m and bear light violet flowers. These are used as decoration in churches. The water-containing stems were used during the dry season as drinking water.

We want to express our thanks to Mr. Helmer Ayala from the Agricultural Faculty of the University of San Carlos for supporting this travel.

Vietnam

In Vietnam, different types of home gardens exist, caused by different socio-economic and geographical features. Both extensively and intensively used home garden systems were found, the former seeming to be dominating. A large diversity among the home gardens can be observed regarding their shape, size, soil conditions, plant species cultivated, and animal use which has a high influence on the garden design. In general, Vietnamese home gardens include a fish pond, some fowler for chicken or geese, and large areas for plant growing.

The growing systems differ from the systems known in Europe. The mixed growing (intercropping) of plants seems to have certain advantages because this system is wide-spread in Vietnam.

With a rate of 87 %, the Kinh-people, who live in the lowland, explicitly represent the religious majority in Vietnam. „An unwritten law says that cultivation confirms land tenure. The farther you go from the house, the less the nature is domesticated. In their home garden, nature is controlled, each species carefully selected and planted” (HODEL et al. 1997). Therefore, in general no ‘weeds’ (= displaced plants regarding farmers’ needs) can be found in Vietnamese home gardens. Every plant is of use, at least as pig fodder. The ethnic minorities live in mountainous areas and have in general worse gardening conditions.

Since the owners usually use their gardens to fulfil their families' needs, fruit trees, shrubs, tuber crops, vegetable, and herbs clearly dominate in their flora. Although ornamentals for home use are grown in almost every Vietnamese home garden, this has generally been done in low numbers except for those plants which are commercially grown, e.g., *Gladiolus* sp. and *Polianthes tuberosa*.

Compared with Germany, the diversity within a Vietnamese garden regarding common ornamentals seems to be rather low, but many plants belong to several use groups simultaneously, e.g., fruit trees of ornamental character, which are used for medicine as well – in general, many plants can be used for a number of different purposes.

In Vietnam, *Punica granatum* (pomegranate) has actually a higher value as an ornamental than a fruit tree and *Musa sanguinea* is only used for ornamental purposes. *Coix lacryma-jobi* is mainly used as fodder plant, but the pear-shaped, shiny, mauve-grey fruits represent also pleasant toys especially for children in poor families, e.g., for the production of necklaces for girls.

Asparagus (Asparagus officinalis L.) is considered to be an exquisite vegetable in Germany. The same plant species was found in several home gardens in Vietnam, but there it is only used as ornamental green for posies, and the people could rarely be convinced to eat it.

Contrary to this example, Vietnamese people eat several species of plants (even of the Araliaceae family) that people in Germany know only as ornamentals. In Vietnam, *Houttuynia cordata* Thunb. is often eaten as vegetable (raw as side dish to rice and meat) and it is difficult for German people to get used to its strong smell and taste. These examples demonstrate vividly that the definition of a plant category depends on the knowledge about it, its notoriety and on the force of habit (see e.g. HO 1991-1993, LIEU 1990, LY 1993, TRUYEN and CHAN 1999).

Regarding the conservation of plant genetic resources we should try to improve our knowledge about existing germplasm. This also includes a modification of our man-made categories in terms of „useful plants”, whereby e.g., plants defined as ornamentals are always neglected.

Documentation

Since the field studies are in a more advanced stage in Vietnam, more attention was paid to the documentation aspects, and to comparing the results obtained by the two country teams here. Due to unavailability of Internet connections in the institutions visited in Guatemala and Vietnam, it was not possible to provide online demonstra-

tions of data bases related to genetic resources documentation (e.g., IPK's gene bank database, <http://fox-serv.ipk-gatersleben.de>, or ZADI's information system on genetic resources, <http://www.genres.de/genres-e.htm>). These aspects were, therefore, covered by seminars and lectures.

Information was also provided on the Mansfeld Encyclopedia and the related database (<http://mansfeld.ipk-gatersleben.de/mansfeld>). In addition to the gene bank documentation system, the Mansfeld dictionary and database on cultivated plants, it was offered to the country teams to demonstrate the information systems of the German Centre for Documentation and Information in Agriculture (ZADI), namely the crop related databases from the ZADI department Information Centre Genetic Resources (IGR) with GENRES and the federal information system genetic resources (BIG; <http://www.big-flora.de/>). Genres (<http://www.genres.de/genres-e.htm>) connects the centralised meta, factual and evaluated data on genetic resources with the decentralised data existing in institutions which are involved in this system. It refers to all passport, identification and evaluation data as well as to information about taxonomy, utilisation and endangering of different species. Furthermore, data about institutions, literature, projects and other services are available. GENRES provides information about national, European and international activities on conservation and sustainable utilisation of genetic resources for food, agriculture and forestry. These institutions give examples for collecting and visualising data and project work as well for providing information regarding the use of data compiled by the national teams. The online demonstration is planned to be given during the final meeting in Witzhausen in July, 2001.

This part of work will be continued during the following months and included into a diploma thesis (K. Roose) on collecting and evaluation of project-related data in Vietnam, and prepared for publication.

In the framework of the IPGRI home garden project, and based on a letter of agreement with IPGRI, IPK is developing an information system for the species diversity data collected by the national project teams. The project database will be based on, and linked to the existing database for checklists of cultivated plants (KNÜPFER and HAMMER 1999) and the Mansfeld Database which provides information on the taxonomy, nomenclature, common names in many languages, the distribution and uses of 6.100 cultivated plant species world-wide. The project database will be online-searchable, and document the species and infra-specific diversity found in selected home gardens of the five countries participating in the project, i.e. Cuba, Guatemala, Venezuela, Ghana and Vietnam. For each species the database will include:

- (1) Taxonomy and nomenclature information (accepted name, authors and place of publication, important synonyms, plant family),
- (2) Ethnobotanical information (common names in local languages, possibly including dialects; multiple plant uses and plant parts used; other relevant information received from the farmers, such as source of the germplasm to the particular home garden, etc.),
- (3) Occurrence of each of the species in home gardens in the country,
- (4) References to the sources of information (e.g., project reports, publications),
- (5) Tables (HTML) providing details on the infraspecific variation of selected crops (e.g. cultivar groups, farmers' varieties, their principal uses, morphological description),
- (6) Verbal descriptions of the home gardens studied, GIS coordinates, transect pictures, country maps with home garden locations,
- (7) Images (colour photographs or slides) of plants provided by the national teams,
- (8) Links to relevant other databases that provide additional information about the species, e.g., the Mansfeld database.

Information on (2) – (7) above is being included in the database on the basis of data provided by the project partners, whereas (1) and (8) will be provided, verified and complemented by IPK and its co-operators.

Data entry and editing of the database contents is being done locally at IPK, whereas the database will be searchable from any site with Internet access.

For the database development and the creation of the web interface, IPK will use its previous expertise from developing

- a stand-alone (local) database for checklists of cultivated plant species of selected countries, and
- the web-based database for „Mansfeld's World Encyclopedia of Agricultural and Horticultural Crops”

The collation of data from reports from the participating countries and their registration in the database is being carried out by a diploma student at IPK.

Expected outputs are:

- an inventory of the distribution of species, and the infraspecific diversity of selected key species, in home gardens in five countries in Africa, S.E. Asia, and tropical America,

- a web-searchable database on cultivated plant species in these home gardens developed and held by IPK Gatersleben in trust and for dissemination to national programmes, scientists and other users,
- presentation of the home garden database (oral presentation with online demonstration of the database, and summary information about the design and contents) at the final meeting of the first phase of the project in July 2001.

Conclusions

The identification and characterization of the genetic diversity of home garden species is essential to increase our knowledge about crop plant evolution and diversification in such important centres of genetic diversity. The results of the home garden project indicate that Guatemala and Vietnam are ideal partners for more intensive studies. The excellent studies of the country teams are the basis for a continuation of this kind of research on a broader fundament of species. One of the main tasks to be continued within the next project phase is to elaborate the missing species inventories (country checklists of cultivated plant species).

Regarding the third main project partner in Ghana, there was no information available about the progress of the project up to now. Therefore, an additional travel to the project partners in Africa would be very helpful to compile and validate the data that have been collected there and to include the results of their research into the other databases and existing information systems.

We propose to define that the German part of technical assistance has to be provided in field work, determination, establishment of reference collections and documentation service. Since the techniques of collecting data and material decide about the quality of databases and collections, much attention has to be paid to scientific excursions and field studies.

Bilateral information

The present situation and possibly problems in data collecting and management as well as the sustainability of germplasm is of interest to us. We can contribute with own experience in this field, collected in other parts of the world, even in long-term studies such as the joint programmes to document the cultivated plants e.g., in Italy, Corea and Cuba. Are checklists produced on the levels of a country, regions or districts?

Do *in situ*, *ex situ*, and on farm activities exist in the respective countries? Are there governmental or even non-governmental institutions involved? How do they co-operate? Which kinds of material transfer exist within the countries? How much and which material do the gardeners maintain and multiply themselves? Which material do they buy? What is about monitoring concepts?

How well are national or regional gene banks established and equipped? How are they organized? Are they specialised? Which techniques do they apply to maintain germplasm and other plant material free from viruses and other pests and diseases? Which multiplication techniques are used for cross pollinators that prevent cross-pollination between accessions of the same species? Which storage conditions and reproduction cycles of plant accessions do they provide? How do the germplasm collections contribute to crop plant research (evolution and domestication of crop species and weeds, infraspecific variation, description of diversity in monographs etc.)?

Which techniques are applied to identify duplicates within collections? Are parts of the collections duplicated for security purposes, which kinds of reference collections are preferred, and which do exist? Which education systems exist and how do scientists of different branches co-operate?

Excursions

To meet project researchers and gardeners during their field studies would have high priority to us. Visits to scientists and gardeners in working situations, techniques of data collection and discussion about tradition, indigenous knowledge, ethnobotany, the economical situation of gardeners, the organisation of work within families - how these things interact? How are they reflected in documentation and report information?

Do collection and collecting methods later on influence the valuation of plant genetic resources? Are recollections planned? Which marketing concepts exist? How do farmers, traders and consumers communicate and how does this influence the spectrum and quantities of plants grown? Do common or neglected crops exist in regions which are preferred for gardening? Are preferences visible?

Do farmers and gardeners grow, exchange or buy everything, or do they even collect wild plants for human and/or animal consumption?

Roundtable Discussion

Comparison and discussion of the different experiences in field work and data processing were of interest for both sides. The results will also be discussed during the workshop in Witzenhausen. The German information systems may be demonstrated online (PGR-DEU, BIG, BOSR, German gene banks, Mansfeld database). Modern approaches should be discussed, mainly the on-farm management of PGR, the role of biosphere reserves or other categories of protected areas regarding their ability to maintain endangered crop plants and even cultivation methods. If the regional teams are interested in those presentations, we may offer them different regional or thematic case studies.

References

- AYALA, H. (1996): El loroco (*Fernaldia pandurata* Woodson) una especie en domesticación. In: AZURDIA, C (ed.). *Lecturas en Recursos Fitogeneticos*. Inst. Invest. Agronóm., Fac. de Agron., Univ. San Carlos de Guatemala. 18-19.
- AZURDIA, C. (1996a): Es Guatemala el centro de origen y domesticación de del frijol piloy o Nún (*Phaseolus polyanthus*)? In: AZURDIA, C. (ed.). *Lecturas en Recursos Fitogeneticos*. Inst. Invest. Agronóm., Fac. de Agron., Univ. San Carlos de Guatemala. 81-83.
- AZURDIA, C. (1996b): Estudios evolutivos en *Phaseolus polyanthus* de Guatemala usando marcadores bioquímicos y moleculares. In: AZURDIA, C. (ed.). *Lecturas en Recursos Fitogeneticos*. Inst. Invest. Agronóm., Fac. de Agron., Univ. San Carlos de Guatemala. 81-83.
- AZURDIA, C., H. AYALA, L. MEJIA, M. GRUM, FR. FIGUEROA, N. COLINDRES y S. AYALA, (1999) : Tasa de cruzamiento y estructura genética de una población de Zapote (*Pouteria sapota*). *Tikalía* **17,1**, 58-80.
- AZURDIA, C. y J.M. LEIVA (1999): Conservación de la biodiversidad: su relación dentro del contexto de los huertos familiares en Mesoamerica. *Tikalía* **17,1**, 7-24.
- ESQUIVEL, M. and K. HAMMER (1988): The "conuco" – an important refuge of Cuban plant genetic resources. *Kulturpflanze* **36**, 451-463.
- ESQUIVEL, M. and K. HAMMER (1992): The cultivated species of the genus *Allium* in Cuba. In: P. HANELT, K. HAMMER and H. KNÜPFER (eds.), *The Genus Allium - taxonomic problems and genetic resources*, pp. 43-48. Inst. Plant Genetics and Crop Plant Research, Gatersleben, Germany.
- ESQUIVEL, M. and K. HAMMER (1994): The "conuco": a perspective environment for the evolution and *in situ* conservation of plant genetic resources. In: K. HAMMER, M. ESQUIVEL and H. KNÜPFER (eds.), *"...y tienen faxones y fabas muy diversos de los nuestros..." - Origin, Evolution and Diversity of Cuban Plant Genetic Resources*, vol. 3, pp. 694-702. Inst. Pflanzengenetik u. Kulturpflanzenforsch. Gatersleben, Germany.

- ESQUIVEL, M., H. KNÜPFER and K. HAMMER (1992): Inventory of the cultivated plants. In: K. HAMMER, M. ESQUIVEL and H. KNÜPFER (eds.), "...y tienen faxones y fabas muy diversos de los nuestros..." - Origin, Evolution and Diversity of Cuban Plant Genetic Resources, vol. 2, pp. 213-454. Inst. Pflanzengenetik u. Kulturpflanzenforsch. Gatersleben, Germany.
- HAMMER, K., H. KNÜPFER, G. LAGHETTI and P. PERRINO (1992): Seeds from the Past. A Catalogue of Crop Germplasm in South Italy and Sicily. Germplasm Institute of C.N.R. (ed.), Bari, Italy, 173 pp.
- HAMMER, K., H. KNÜPFER, G. LAGHETTI and P. PERRINO (1999): Seeds from the Past. A Catalogue of Crop Germplasm in Central and North Italy. Germplasm Institute of C.N.R. (ed.), Bari, Italy, 253 pp.
- HANELT, P. and INSTITUT FÜR PFLANZENGENETIK UND KULTURPFLANZENFORSCHUNG GATERSLEBEN (eds.) (2001): Mansfeld's Encyclopedia of Agricultural and Horticultural Crops. 1st English ed. 6 vols. Springer, Berlin, Heidelberg, New York, etc., LXX+3716 pp.
- HERNÁNDEZ BERMEJO, J. E. and J. LEÓN (1992): Cultivos Marginados - otra perspectiva de 1492. FAO, Roma, 339 pp.
- HO, P.H. (1991-1993): Cayco Vietnam. An illustrated flora of Vietnam. 3vols. Montreal.
- HOANG HO-DZUN, H. KNÜPFER and K. HAMMER (1997): Additional notes to the checklist of Korean cultivated plants (5). Consolidated summary and indexes. Genet. Resour. Crop Evol. **44**: 349-391.
- HODEL, U., M. GESSLER, H.H. CAI, V.V. THOAN, N.V. HA, N.X. THU and T. Ba (1999): *In situ* conservation of plant genetic resources in home gardens of southern Vietnam. IPGRI, Rome, 106 pp.
- KNÜPFER, H. and K. HAMMER (1999): Agricultural biodiversity: a database for checklists of cultivated plant species. In: S. ANDREWS, A. C. LESLIE and C. ALEXANDER (eds.), Taxonomy of Cultivated Plants: Third Internat. Sympos., pp. 215-224. Roy. Bot. Gardens, Kew, UK.
- KNÜPFER, H., J. OCHSMANN, N. BIERMANN and K. BACHMANN (2001): Documenting the world's agrobiodiversity. Mansfeld's world database of agricultural and horticultural crops. In: Proc. EUCARPIA Genetic Resources Section Meeting, Poznan, May 2001, in preparation.
- LAGOS-Witte, S. (1988): Botanische Studien an der Chayote [*Sechium edule* (Jacq.) Sw.], eine Nutzpflanze der Tropen, unter besonderer Berücksichtigung ihres Wurzelsystems und der Fruchtentwicklung. Dissertation, Univ. Bonn, 172 pp.
- LIEU, V.D. (1990): Cay Thuoc Viet Nam. Medicinal plants in Vietnam. Ha Noi. 431 S.
- LY, T.D. (1993). 1990 Loai Cay Co Ich O Viet Nam - 1990 used plant species in Vietnam. Ha Noi, 544pp.
- MARTINEZ, J.V. (1996): Las especies de frijol (*Phaseolus* spp.) de Guatemala. In: AZURDIA, C. (ed.). Lecturas en Recursos Fitogeneticos. Inst. Invest. Agronóm., Fac. de Agron., Univ. San Carlos de Guatemala. 67-79.

- OCHSMANN, J., N. BIERMANN, H. KNÜPFER und K. BACHMANN (1999): Aufbau einer WWW-Datenbank zu "Mansfeld's World Manual of Agricultural and Horticultural Crops" (Mansfeld-Verzeichnis, 3. Aufl.). In: F. BEGEMANN, S. HARRER, und J.D. JIMÉNEZ KRAUSE (Hrsg.), Dokumentation und Informationssysteme im Bereich pflanzengenetischer Ressourcen in Deutschland, Schriften zu Genetischen Ressourcen **12**, 57-63, ZADI, Bonn.
- STANDLEY, P.C. (1946): Food plants of the Indians of the Guatemalan highlands. J. Arnold Arbor. 27, 395-400.
- STANDLEY, P.C. and J.A. STEYERMARK (1946-1977): Fieldiana Bot. 24ff.
- TRUYEN, L.V. and N.G. CHAN (eds.) (1999): Selected Medicinal Plants in Vietnam. 2 vols. Science and Technology Publishing House, Hanoi. 460 S.

Internet addresses

- <http://fox-serv.ipk-gatersleben.de>
<http://mansfeld.ipk-gatersleben.de>
<http://www.big-flora.de/>
<http://www.genres.de/genres-e.htm>

Wiedereinführung und Nutzung von einheimischen Kartoffelsorten (*Solanum spp.*) in Bolivien

Restoration and utilization of native potato varieties (Solanum spp.) in Bolivia

ANA GLORIA BADANI^{1,2}, VICTOR IRIARTE¹, GINO AGUIRRE¹, CARMEN VILLARROEL¹ und ENRIQUE FERNANDEZ-NORTHCOTE¹

Zusammenfassung

Die Stiftung PROINPA (Promoción e Investigación de Productos Andinos) hat in Zusammenarbeit mit den Bauern der indianischen Quechua- und Aymara-Bevölkerungsgruppen sowie mit lokalen Institutionen Boliviens in Gebieten mit extremen Klimabedingungen einheimische Kartoffelsorten (*Solanum spp.*) selektiert, welche auf Höhen bis zu 3.500 m angebaut werden können. 24 Sorten mit ausgezeichneten agronomischen Eigenschaften - wie z. B. Anspruchslosigkeit und Widerstandsfähigkeit gegen abiotische Faktoren - sowie mit sozio-ökonomischer Bedeutung wurden für die Virus-Freimachung ausgewählt. Selbige wurden mit Hilfe von Thermotherapie und unter Einsatz von spezifischen immunologischen Nachweisverfahren (DAS-ELISA) für die in Bolivien vorkommenden Kartoffelviren-Varianten erfolgreich virusfrei gemacht. Die virusfreien Sorten wurden an die 26 Kommunen in den neun Provinzen der Verwaltungsbezirke Cochabamba, La Paz, Oruro und Tarija zurückgegeben, in denen sie gesammelt worden waren. Die Erträge, die mit Hilfe der virusfreien einheimischen Sorten erzielt werden konnten, waren denen deutlich überlegen, die mit dem (virus-verseuchten) Standard-Pflanzgut der Bauern erreicht wurden. Die Wiedereinführung von virusfreien einheimischen Sorten wird zur Erhaltung der Biodiversität und zur dauerhaften Förderung einer nachhaltigen Landwirtschaft in Bolivien beitragen.

Summary

In collaboration with the farmers of the Indian Quechua and Aymara population groups as well as with local institutions of Bolivia, the foundation PROINPA (Promo-

¹ La Fundación para la Promoción e Investigación de Productos Andinos (PROINPA)
P.O. 4285
Cochabamba, Bolivia

² Lehrstuhl für Pflanzenzüchtung
Justus-Liebig-Universität Giessen
Heinrich-Buff-Ring 26-32
D-35392 Giessen

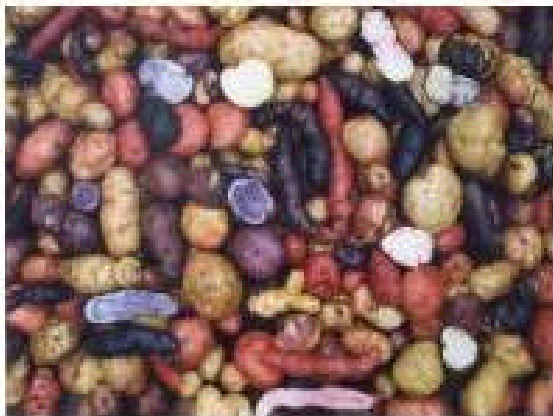
ción e Investigación de Productos Andinos) has selected native potato cultivars (Solanum spp.) which can be grown in zones with extreme climatic characteristics at altitudes of 3.500 masl. 24 varieties with excellent characteristics like tolerance against abiotic factors and a socio-economic importance were prioritized for virus clean-up. This was executed by using thermotherapy and specific immunological detection systems for the Andean variants of common potato viruses (DAS-ELISA). The virus-free native cultivars were returned to the 26 communities in nine provinces of the departments Cochabamba, La Paz, Oruro and Tarija, where the cultivars were originally collected from. The yields obtained with the virus-free tuber seeds were very satisfactory compared to the (virus infected) farmers' tuber seeds. Thus, the reintroduction of virus-free native cultivars will contribute to the conservation of biodiversity and to the promotion of a sustainable agriculture in Bolivia.

Einführung

Bolivien ist - zusammen mit Peru und dem Süden Ecuadors - eines der acht Biodiversitätszentren der Welt (VAVILOV 1935) und mit weiteren Anden-Staaten eines der wichtigsten und ältesten Domestikationszentren von Knollenfrüchten, wie beispielsweise der Kartoffel (*Solanum spp.*). In Bolivien existieren über 800 verschiedene einheimische Kartoffelsorten, die zusammen mit anderen bedeutenden Knollen- und Körner-Kulturarten der Anden die Nahrungsgrundlage von über 200.000 Bauernfamilien darstellen (30-40% der Landbevölkerung). Dank der Kultivierungs- und Nutzungsformen in der Bevölkerung hat die Vielfalt dieses Erbes der Natur Jahrtausende überlebt (Abb. 1.).

Der Ertrag der einheimischen Kartoffelsorten in Bolivien ist jedoch niedrig (4,5 t/ha). Neben Frost und Dürre ist die schlechte Qualität des Pflanzgutes aufgrund von Virus-Kontaminationen hierbei ein wichtiger limitierender Faktor. Unter anderem deshalb werden die heimischen Kartoffelsorten durch (zahlenmäßig wenige) neugezüchtete Sorten ersetzt, was zu einer noch nicht quantifizierten genetischen Erosion führt.

Um diesen Verdrängungsprozess zu stoppen und die einheimischen Kartoffelsorten zu retten, zu erhalten und wieder einzuführen hat die Stiftung PROINPA (Promoción e Investigación de Productos Andinos) in Zusammenarbeit mit den Bauern der indianischen Quechua- und Aymara-Bevölkerungsgruppen sowie mit lokalen Institutionen Boliviens eine Strategie zur Erhaltung dieses Materials entwickelt.



(a)



(b)

Abb. 1: Auswahl von 24 einheimischen Kartoffelsorten (b) aus den über 800 verschiedenen Kartoffelsorten in Bolivien (a), Fotos: M.L. UGARTE

Fig 1: Selection of 24 native potato cultivars (b) from more than 800 different potato cultivars in Bolivia (a).

Diese wird unterstützt durch Informationen aus der Genbank für andere Knollen, Wurzel- und Körnerfrüchte, in welcher - innerhalb eines integrierten Systems aus Erhaltung und nachhaltiger Nutzung von pflanzengenetischen Ressourcen - Komponenten der *In situ*- und *Ex-situ*-Erhaltung kombiniert sind (FERNANDEZ-NORTHCOTE 1992; BADANI et al. 1996; IRIARTE et al. 1996, 1998, 1999; AGUIRRE und VILLARROEL 1998, UGARTE und TERRAZAS 1999).

Material und Methoden

Zu Beginn des Projektes wurden in Bolivien heimische Kartoffelsorten ausgewählt, die in den jeweiligen Anbaugebieten lokale Bedeutung hatten. Nach der Sammlung des entsprechenden Pflanzenmaterials - zusammen mit ethnobotanischen Daten bezüglich des Anbaus und der Nutzung des Materials - wurden die Kartoffeln auf das Vorhandensein von Viren hin untersucht.

Dies erfolgte mit Hilfe von DAS-ELISA-Tests, mit denen die Kartoffelviren S (PVS), X (PVX) und Y (PVY), das latente Anden-Kartoffel-Virus (APLV), das Anden-Kartoffel-Mosaik-Virus (APMV), das Blattrollvirus (PLRV) sowie das Peruanische Tomaten-Streifen-Virus der Kartoffel (PVT-p) bzw. das Kartoffelvirus V (PVV) nachgewiesen werden konnten. Bei (positivem) Nachweis schloss sich eine Virus-Freimachung mittels Thermotherapie und Meristemkultur an; eine Überprüfung auf Virus-Freiheit wurde sowohl bei Mutterpflanzen als auch bei Knollen der ersten Generation mittels DAS-ELISA vorgenommen.

Ein erster Vermehrungsschritt lief *in vitro* ab, zur Knollen-Produktion kam das Material zunächst ins Gewächshaus, in der nächsten Generation (hier bereits nachgewiesen virusfreies Saatgut hoher Qualität) in Folienbeete (geschützt vor Frost und Dürre) und schließlich ins Feld. Die lokale Bevölkerung wurde dabei – nachdem sie sich in Vergleichsanbauen von der Überlegenheit des virusfreien Pflanzguts überzeugen konnten – in der Errichtung und Handhabung von Folienbeeten geschult; des Weiteren konnten Optimierungen bezüglich der Auslege-, Ernte- und Lagerungstechniken weitervermittelt werden. Die tatsächliche Rückführung des Materials in den heimischen Anbau erfolgte nach Erzeugung ausreichender Saatgutmengen aus nachgewiesenen virusfreien Pflanzen sowohl über Knollen-Vermehrung als auch via Sprosse. Sie wurde von den Genossenschaften übernommen. So konnten über drei Jahre 30-50 kg pro Kartoffelsorte abgegeben werden, welche zur weiteren Pflanzguterzeugung in Folienbeeten und Parzellen ausgepflanzt wurden.

Auch in den Jahren nach der Abgabe wurde die Entwicklung der Qualität des Pflanzguts (v.a. die Virusfreiheit) weiter verfolgt.

Ergebnisse und Diskussion

Im Laufe der hier vorgestellten Arbeiten wurden 24 einheimische Kartoffelsorten ausgewählt und virusfrei gemacht (Tab. 1). Die Auswahl des Pflanzenmaterials war aufgrund der vielfältigen, vor allem regionalen Unterschiede bei den Bezeichnungen der Sorten schwierig. Durch morphologische und isoenzymatische Untersuchungen (M.L. UGARTE, PROINPA), aber auch durch phänotypische Beobachtungen durch Bauern und Technische Assistenten während des Aufwuchses konnten Erkenntnisse über Ähnlichkeiten und Unterschiede gewonnen werden.

Tab. 1: Überblick über das bearbeitete Kartoffelmateriale mit Provinz-Zugehörigkeit sowie geographische Höhe der Sammlungsorte

Tab. 1: Overview on the potato material, including province of origin and altitude of the collection places

Sortenname	Art	Beteiligte lokale Institutionen*	Provinz	Kommune	m ü. N.N.
Milagro	<i>S. stenotomun</i>	ACRA (La Paz)	Loayza	Collana	4100
Pali Rojo	<i>S. tuberosum</i> <i>ssp. andígena</i>	ACRA (La Paz)	Loayza	Collana	4100
Pali Negra	<i>S. tuberosum</i> <i>ssp. andígena</i>	ACRA (La Paz)	Loayza	Collana	4100
Sani Negra	<i>S. tuberosum</i> <i>ssp. andígena</i>	ACRA (La Paz)	Loayza	Collana	4100
Bola Luk'i	<i>S. curtilobum</i>	AGRUCO (Cbba.)	Tapacarí	Japo	4200
Chojlla Luk'i	<i>S. juzepczukii</i>	AGRUCO (Cbba.)	Tapacarí	Japo	4200
Khuchi Sullu	<i>S. stenotomun</i>	AGRUCO (Cbba.)	Tapacarí	Japo	4200
Majarillo	<i>S. tuberosum</i> <i>ssp. andígena</i>	AGRUCO (Cbba.)	Tapacarí	Japo	4200
Peraza Luk'i	<i>S. juzepczukii</i>	AGRUCO (Cbba.)	Tapacarí	Japo	4200
Q'ala Ajanhui	<i>S. ajanhui</i>	AGRUCO (Cbba.)	Tapacarí	Japo	4200
Qetu Luk'i	<i>S. juzepczukii</i>	AGRUCO (Cbba.)	Tapacarí	Challa Grande	3850
Moroq'o Luk'i	<i>S. juzepczukii</i>	AGRUCO (Cbba.)	Tapacarí	Challa Grande	3900
Laqmu	<i>S. tuberosum</i> <i>ssp. andígena</i>	CENDA (Cbba.)	Mizque	Rumimuku	2900
Puka Nawi	<i>S. tuberosum</i> <i>ssp. andígena</i>	CENDA (Cbba.)	Mizque	Rumimuku	2900
Isla	<i>S. tuberosum</i> <i>ssp. andígena</i>	CESA (La Paz)	Omasuyos	Macamaca	3900
Wila Imilla	<i>S. tuberosum</i> <i>ssp. andígena</i>	CESA (La Paz)	Omasuyos	Macamaca	3900
Yacu Imilla	<i>S. tuberosum</i> <i>ssp. andígena</i>	Central de Prod. Agropecuarios (La Paz)	Loayza	Cochira	2900
Runa Amarga	<i>S. juzepczukii</i>	COPLA (Oruro)	Tomás Barrón	Chapicollo	3765
Sakampaya	<i>S. tuberosum</i> <i>ssp. andígena</i>	COPLA (Oruro)	Tomás Barrón	Chapicollo	3765
Collareja Larga	<i>S. tuberosum</i> <i>ssp. andígena</i>	PROINPA (Tarija)	Méndez	Papachacra	3450
Sortenname	Art	beteiligte lokale Institutionen *	Provinz	Kommune	m ü. N.N.
Mayu Rumi	<i>S. tuberosum</i> <i>ssp. andígena</i>	PIABS (La Paz)	B. Saavedra	Chullina	3900
Yurak Luk'i	<i>S. curtilobum</i>	PIABS(La Paz)	B. Saavedra	Chullina	3900
Luk'i Moroq'o Blanco	<i>S. juzepczukii</i>	UTO (Oruro)	Cercado	Condoriri	3830
Pali Morado	<i>S. tuberosum</i> <i>ssp. andígena</i>	UTO (Oruro)	Cercado	Condoriri	3830

*Agroecología Universidad Cochabamba (AGRUCO), Centro de Comunicación y Desarrollo Andino (GENDA), Central de Productores Agropecuarios (CPA), Asociación de Cooperación en Africa y America Latina (ACRA), Proyecto de Investigación Agraria Bautista Saavedra (PIABS), Centro de Servicios Agropecuarios (CESA), Universidad Técnica de Oruro (UTO), y Centro Orureña de Planificación (COP)

Die Viren, die am häufigsten verbreitet waren und durch DAS-ELISA nachwiesen werden konnten, sind in Tabelle 2 dargestellt.

Tab. 2: Viren-Befall von einheimischen Kartoffelsorten vor der Thermotherapie

Tab. 2: Virus infection of native potato cultivars before thermotherapy

Anzahl Kartoffelsorten	Jahre	NACHGEWIESENE VIREN/BEFALL IN PROZENT								
		PV X	PVXY *	PVY	PVA *	PTV-p (PVV)	PV S	PLR V	APL V	APM V
9	92/93	44	66	0	0	nicht getestet	0	0	11	0
15	94/95	7	40	13	47	33	27	0	7	13

- die Antikörper gegen PVXY und PVA können möglicherweise folgende Virenstämme detektieren: PVX oder PVY, beziehungsweise PVY oder PTV-p aber nicht PVA.

Insgesamt sind durch dieses Projekt 24 einheimische Kartoffelsorten mit einer hohen Qualität (=virusfrei) an 26 Kommunen in 9 Provinzen der Regionen Cochabamba, La Paz, Oruro und Tarija zurückgegeben worden (siehe Tabelle 3).

Die Durchschnittserträge in dem seit 1992-1993 laufenden Projekt stiegen bis 1998-1999 auf 12,3 t/ha an (MARISCAL 1999). So wurden beispielsweise im Valle de Araca (Provinz Loayza) 19 kg virusfreien Pflanzguts vier einheimischer Kartoffelsorten an die Bauern zurückgegeben; in den folgenden drei Jahren konnten 9400 kg Pflanzgut dieser vier Sorten produziert werden. An diesem Wiedereinführungsprozess haben 26 Bauernfamilien teilgenommen (RIVERA et al. 1999). Die Produktion von virusfreiem Pflanzgut stieg von 40 kg im ersten Anbaujahr 1994-95 auf 10 t im letzten Anbaujahr 1998-99 (siehe Tab. 4) (IRIARTE et al.1999). Ergebnisse wie diese haben bei den Bauern einen positiven Eindruck hinterlassen, sowohl was die Erträge von virusfreiem Pflanzgut in Versuchsfeldern als auch das Verhalten in Folienbeeten (Abb. 2) und letzten Endes auch in normalen Feldkulturen betrifft.

Tab. 3: Gebiete, in die virusfreies Qualitätspflanzgut der regionalen Kartoffelsorten wiedereingeführt wurde

Tab. 3: Regions, in which virus-free high quality tuber seed of regional potato cultivars was reintroduced

Region	Provinz	Kommune	beteiligte lokale Institutionen
Cochabamba	Mizque	Raqaypampa Mizquepampa Tipapampa Alturas Tin Tin Yanuma Chillischi	CENDA CEDEAGRO CEDEAGRO CEDEAGRO CEDEAGRO CEDEAGRO
	Tapacari	Apo Japo k'asa Karachoque San Antonio de Mujlli Estrosi	AGRUCO AGRUCO AGRUCO AGRUCO AGRUCO
La Paz	Loayza	Ayjadera Cairota Wila Pampa Cachira Castillhuma	ACRA ACRA ACRA CPA CPA
		Omasuyos	Maca Maca Chontamarca
	Bautista Saavedra	Charazani Chullina Amarete	PIA PIA PIA
	Aroma	Tambo	OLS-LP
Oruro	Cercado	Condoriri	UTO
	Tomas Barron	Heucaliptus Alcamarca	COPLA UTO
Tarija	Mendez	Rosal	PROINPA-TARIJA

Tab. 4: Produktion virusfreien Pflanzgutes von einheimischen Kartoffelsorten für jedes Anbaujahr (kg) (IRIARTE et al.1999)

Tab. 4: Production of virus-free tuber seed of native potato cultivars per growing season (kg) (IRIARTE et al.1999)

Kartoffelsorten	Anbaujahr				
	1994-95	1995-96	1996-97	1997-98	1998-99
Total (kg) von 24 Kartoffelsorten	40	792	4.703	12.526	10.015,6



(a)



(b)

Abb. 2: Rückführung in den heimischen Anbau (a) mit Hilfe neuer Verfahren zur Erhaltung des Qualitätspflanzguts in Folienbeeten (b), die gegen extreme Klimabedingungen schützen sollen. Fotos: V. IRIARTE

Fig. 2: Devolution to the local cultivation (a) with the help of new methods like maintaining the high quality tuber seed in protected rustic beds (b), which should serve against extreme climatic conditions.

Aus diesem Grund gibt es zur Zeit eine verstärkte Nachfrage nach diesen ‚neuen‘ alten Sorten, welche momentan leider nicht ganz gedeckt werden kann. Zudem ist zwischenzeitlich klar geworden, dass es auf Seiten der Bauern einen Organisationsbedarf gibt, damit dieser Prozess der Erzeugung und Verteilung von virenfreiem Qualitätspflanzgut auch nach Projektende weitergeführt werden kann.

Perspektiven

Neben der Virusfreimachung weiterer einheimischer Kartoffelsorten (auf Nachfragen der Bauern hin) sollen zukünftig die Effekte von Sortenmischungen einheimischer Kartoffeln - welche traditionell im Anbau dominieren - *in situ* untersucht werden. Darüber ist die Anwendung der hier beschriebenen Wiedereinführungsstrategie auf andere Knollen- und Körner-Fruchtarten der Anden beabsichtigt, um so die Vielfalt der einheimischen Kulturpflanzen für nachfolgende Generationen zu bewahren.

Literatur

- AGUIRRE, G. et C.L. VILLARROEL (1998): Contribución a la difusión de cultivares de papa de alta importancia comercial en Bolivia. XVIII Reunión de la ALAP. Februar 1998, 122.
- BADANI, A.G., V. IRIARTE, C.L. VILLARROEL, G. AGUIRRE y E.N. FERNANDEZ-NORTHCOTE (1996): Priorización y limpieza viral de cultivares de papa nativa. In : Memorias de la IV Reunión Nacional de la Papa. 8.-11. Oktober 1996. Cochabamba, Bolivia, 117-118.
- FERNANDEZ-NORTHCOTE, E.N. (1992): Importancia de los virus en la producción de la papa. In: Memorias II Reunión Nacional de la Papa. November 1992. Cochabamba, Bolivia, 21-27.
- MARISCAL, J.C. (1999): Conservación *in situ* y fortalecimiento de la diversidad cultivada de papa. Experiencia Institucional de AGRUCO en el Ayllu Majasaya Mujlli. In: Memorias "2da Reunión Boliviana sobre Recursos Fitogenéticos de Cultivos Nativos". 9-11 November 1999. Cochabamba, Bolivia.
- IRIARTE, V., G. AGUIRRE, C.L. VILLARROEL, A.G. BADANI et E.N. FERNANDEZ-NORTHCOTE (1998): Recuperación y Producción de cultivares nativos de papa en Bolivia. In: Compendio de exposiciones, XVIII Reunión de la Asociación Latinoamericana de la Papa. 9.-13. Februar 1998. Cochabamba, Bolivia, 207-208.
- IRIARTE, V., A.G. BADANI, C.L. VILLARROEL, G. AGUIRRE, et E.N. FERNANDEZ-NORTHCOTE (1996): Producción de semilla de calidad básica de cultivares nativos de papa libres de virus en camas protegidas. In: Memorias de la IV Reunión Nacional de la Papa. 8.-11. Oktober 1996. Cochabamba, Bolivia, 119-120.
- IRIARTE, V., A.G. BADANI, C.L. VILLARROEL, and E.N. FERNANDEZ-NORTHCOTE (1998): Priority, viral Cleaning, Seed Production and Restoration of Native Cultivars Free of Viruses. Aufsatz anlässlich einer Ausschreibung des 'Sekretariats des Vereinigten Belgischen Königreiches für Zusammenarbeit in Entwicklungsfragen', ausgezeichnet mit dem ersten Preis (Dezember 1998).
- RIVERA, R. y V. IRIARTE (1999): Revalorización de variedades nativas de papa por su alta importancia para el Valle de Araca. In: Memorias "2da Reunión Boliviana sobre Recursos Fitogenéticos de Cultivos Nativos". 9-11 November 1999. Cochabamba, Bolivia.

- UGARTE, M.L. y A.F. TERRAZAS (1999): Estrategia del manejo integral de los Recursos geneticos de raices y tuberculos andinos en la Fundacion PROINPA. In: Memorias "2da Reunion Boliviana sobre Recursos Fitogeneticos de Cultivos Nativos". 9-11 November 1999. Cochabamba, Bolivia.
- VAVILOV, N.I. (1935): The phytogeographical basis for plant breeding. Theoretical basis of Plant Breeding. Vol.1. Moskau/Leningrad.

On-farm-Management „alter“ Getreidesorten in Biosphärenreservaten

On farm management of „old“ grain varieties in biosphere reserves

RUUDOLF VÖGEL¹

Zusammenfassung

Die On-farm-Erhaltung pflanzengenetischer Ressourcen, besonders bei Getreide erfordert die Integration in übliche Produktionsverfahren und -abläufe landwirtschaftlicher Betriebe. An diese Verfahren werden gerade auch in Biosphärenreservaten aus naturschutzfachlichen Belangen besondere Anforderungen gestellt. Aus mehrjährigen Feldexperimenten in verschiedenen Großschutzgebieten in Brandenburg liegen erste Erfahrungen vor zu den Möglichkeiten und Grenzen der Wiedereinführung älterer Zucht- und Landsorten in moderne landwirtschaftliche Produktionssysteme.

Summary

On farm management of plant genetic resources, especially grain, needs an implementation into production, processing and commercial farm management. Furthermore modern nature protection strategy calls for adapted processing and different crop production systems as a duty for agriculture in biosphere reserves. Some years of field experiments in nature parks and biosphere reserves in Brandenburg gives an impression and show first results about possibilities and limitation of reintroduction of elder varieties and landraces into modern crop production systems.

Seit 1994 beschäftigt man sich in verschiedenen brandenburgischen Biosphärenreservaten mit der Erhaltung genetischer Ressourcen von Kulturpflanzen, in diesem Zusammenhang auch mit einer gezielten Wiedereinführung ausgewählter „alter“ Getreidesorten. Den fachlichen Hintergrund dafür stellen sowohl das Man and Biosphere-Programm der UNESCO wie die Beschlusslage verschiedener internationaler Gremien (RIO-Konferenz 1992, FAO-Konferenz in Leipzig, 1996 u.a.) dar. Unter den Bedingungen der relativ faktorintensiven und modernen Agrarproduktionssysteme in Deutschland ist eine Rückführung historischer Zuchtsorten und deren Einpassung in

¹ Landesanstalt für Großschutzgebiete
Haus am Stadtsee 1-4
D-16225 Eberswalde

bestehende Agrarstrukturen besonders auch in Kooperation mit Naturschutzinteressen als neue Aufgabe zu verstehen bei der so gut wie keine Vorerfahrungen gegeben sind. Bei den vorgestellten Arbeitsergebnissen handelt es sich nicht um exakte Standardversuche. In Ermangelung technischer und personeller Kapazitäten wurden die Ergebnisse in enger Zusammenarbeit mit den beteiligten Landwirten auf deren Feldern unter Verwendung vorhandener technischer Möglichkeiten gewonnen.

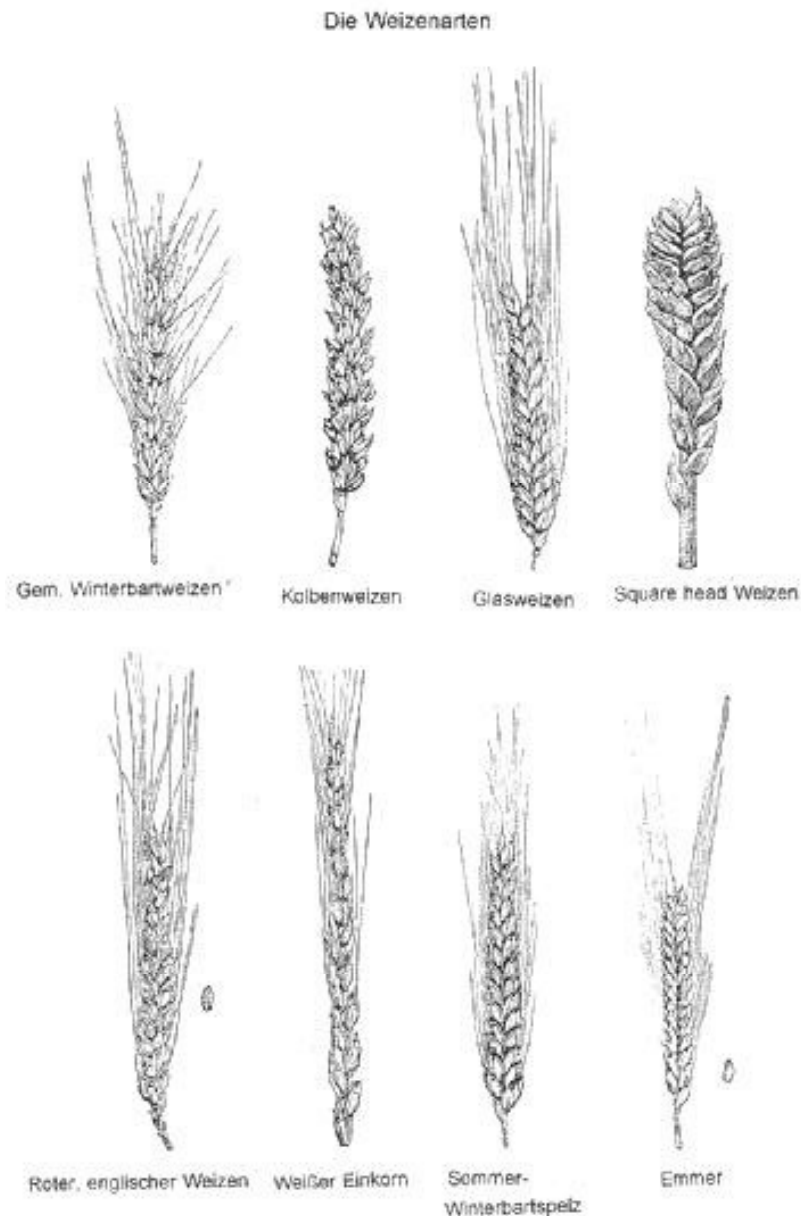


Abb. 1: Erscheinungsformen alter Weizenvarietäten, (aus: SCHLIPFS Handbuch der Landwirtschaft, Ausgabe 1920)

Fig. 1: Appearance of old wheat varieties (from SCHLIPFS manual of agriculture issue 1920)

Maßnahmen und Durchführung entsprechen sogenannten „On-farm Experimenten“ die verschiedentlich als Alternative zur Gewinnung von praxisorientierten Entscheidungshilfen für Landwirte vor allem im ökologischen Landbau empfohlen werden (siehe dazu auch Feldversuche: Leitfaden für Landwirte / Dr. Stein-Bachinger, Dr. Bachinger, Vögel, Dr. Werner, Hrsg. Rationalisierungskuratorium für Landwirtschaft, August 2000).

Warum beschäftigen sich Naturschutzverwaltungen damit?

Neben den oben erwähnten politischen Aspekten sind es vor allem die Ansprüche, Landwirte in Schutzgebieten an Maßnahmen und Fachaufgaben zu beteiligen (partizipativer Ansatz), um auf diesem Wege auch an den Interessen der Bevölkerung abgewogene Naturschutzstrategien dauerhafter und erfolgreicher umzusetzen.

Besondere Erwartungen zielen dabei auf:

- einen verbesserten Ackersegetalartenschutz,
- positive Effekte für ausgewählte Tierarten wie Rebhuhn, Wachtel, Lerche,
- Regionalentwicklungsvorhaben im weiteren Sinne.

Seit 1994 wurde begleitend zu den sonstigen Arbeiten eine Auswahl, Vorvermehrung und Eignungsbonitur von ca. 500 Herkünften der Hauptgetreidearten durchgeführt. Dazu konnte überwiegend auf Einlagerungsbestände der deutschen Genbanken zurückgegriffen werden, die Auswahl orientierte sich am Züchtungspool der nordostdeutschen Agrarregion zum Anfang des 20. Jahrhunderts. Besondere Berücksichtigung fanden dabei nach Möglichkeit die regional orientierten Sorten traditionsreicher Züchter.

Inzwischen sind praxisübliche Feldbestände einiger Herkünfte etabliert, für eine dauerhafte betriebliche Verwendung stellt sich zunehmend das Problem einer weiteren Ernteverwertung und Vermarktung.

Die bisherige Durchführung der Arbeiten ist Ergebnis einer engen Zusammenarbeit von Schutzgebietsverwaltungen mit interessierten Landwirten (organisiert als „Versuchsring“ innerhalb eines eigens gegründeten Vereins VERN e.V.). Zu erwähnen sind daneben auch die Mithilfe überbetrieblicher Einrichtungen (Erzeugergemeinschaft BIOKONTAKT) und interessierter Verarbeiter (Bäckereien). Vom kleinparzelligen Vorvermehrungsanbau abgesehen, werden die Arbeiten gemeinsam überwiegend mit betriebsüblicher Ausstattung durchgeführt.

Weitere Kontakte erstrecken sich heute auch auf andere Schutzgebiete in Deutschland (BR Oberlausitzer Heide- und Teichlandschaft in Sachsen) und Naturschutzverbände (Landesbund für Vogelschutz in Bayern, Bund für Umwelt- und Naturschutz, Landesverband Berlin). Deren Interessenslage orientiert sich an Konzepten für Segetalartenschutz wie auch an ökologisch orientierten Stadt-Land-Beziehungen.

Als Arbeitsbeispiele sind zu nennen:

- 1) `Norddeutscher Champagnerroggen`, in der Region noch bekannt (wurde von 1900 bis ~1960 züchterisch bearbeitet), besondere Anpassung an trockenere, sandige Standorte, bekannte Züchtungsgeschichte, gegebene Verwertungsmöglichkeit durch interessierte Händler und Bäcker. Nach mehrjährigem bisherigem Versuchsanbau erscheint diese Populationsorte unter den betrieblichen Testbedingungen qualitativ und ertraglich akzeptabel.

Seit 1997 praxisüblich (inzwischen auf ~20 ha/jährlich) auf ärmeren, sandigen Standorten in isolierten Lagen des BR Schorfheide-Chorin etabliert.
- 2) Ausgewählte Winterweizen“sorten“ mit guter Standortanpassung und meist bekannter Herkunft (Züchtungsgeschichte). Es erfolgte eine Beachtung geeigneter Formen von *Triticum aestivum*, *T. turgidum*, *T. compactum* (siehe dazu auch Abb.1) um die Variationsbreite der Gattung bei der On-farm-Erhaltung zu sichern.
- 3) Vorzüge aus Sicht des BR-Managements sind gegeben durch Erscheinungsdiversität und damit flächige Struktureffekte der kultivierten Herkünfte. Die Ertragspotenziale sind teilweise sehr unterschiedlich, eine Anbaueignung resultiert daher von untauglich bis gleichrangig gegenüber modernen Sorten. Auffällig ist die besondere Spätsaat- und Dünnsaatverträglichkeit, daneben die Durchlässigkeit des Bestandes und die Klimarobustheit. Ebenfalls auffällig bei nahezu allen bisher vorgenommenen Bonituren waren die erheblichen Unterschiede in der Toleranz gegenüber pilzlichen Schaderregern (siehe Abb. 2). Nachteilig sind die schlechten Qualitätsparameter für industrielle Backtauglichkeit. Bemerkenswert sind dabei allerdings die ausgesprochen hohen Rohprotein- und teils auch Feuchtkleberwerte (siehe dazu Abb. 3).

Praxisübliche Bestände mehrerer Herkünfte der Hauptgetreidearten sind inzwischen auf mehreren Betrieben in Brandenburg im Flächenumfang von rund 30 Hektar etabliert.

Es dürfte sich damit um die größten Bestände ehemaliger Zuchtsorten handeln, die zum Zweck einer konsequenten On-farm-Erhaltung von Landwirten geführt werden.

Sortensichtung 1997 Greiffenberg/Uckermarck
Rost u. Septoriabefall (z. Milchreife)

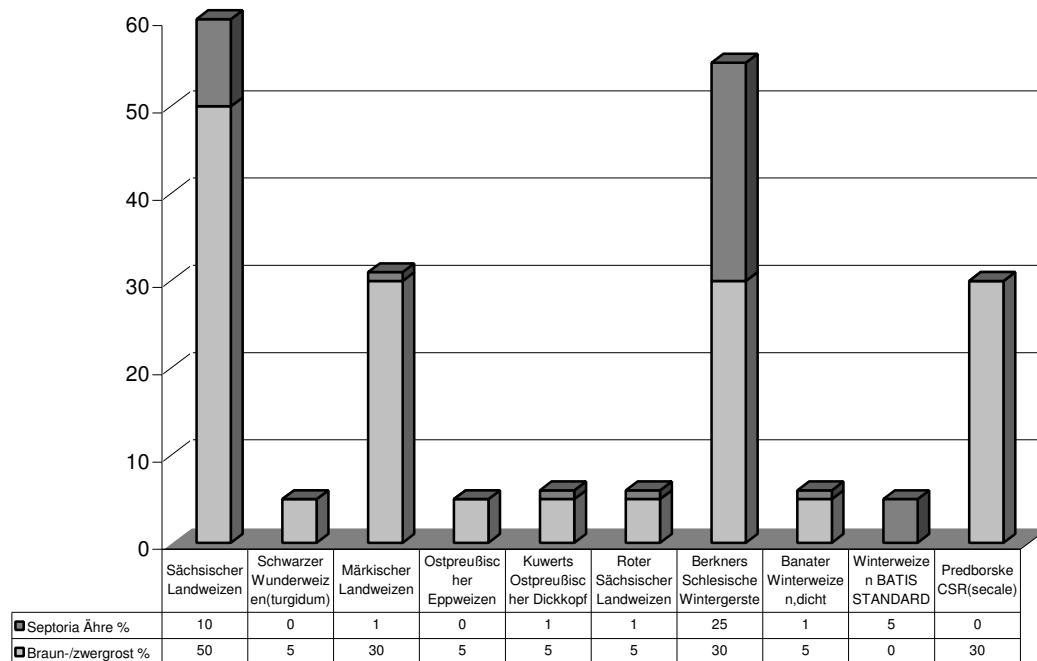


Abb. 2: Sortensichtung auf Resistenz und Toleranz gegen Schaderreger / Bonitur auf Kleinparzellen 1997, ausgewählte Getreidesorten

Fig. 2: Screening of resistance and tolerance against Puccinia ssp. and Septoria ssp.: selected varieties 1997

Weitere Bemühungen zielen auf Sommergetreide (Hafer, Gerste, Hirse und Weizen) ab. Dabei stehen insbesondere Ziele des Naturschutzes, besondere Effekte von Sommerungsfrüchten zu nutzen, im Vordergrund. Die Vorauswahl erfolgt neben der Standorteignung v.a. nach systematisch-taxonomischen Aspekten. Die Variationsbreite der jeweiligen Gattung soll auch dabei Berücksichtigung finden.

Ab 2001 stehen im Rahmen der EU-VO 1257/99 (Anwendung des Brandenburger Kulturlandschaftsprogramms) geringfügige Flächenfördermittel für den Anbau einer Auswahl bestimmter Sorten und Herkünfte mit verbürgtem diesbezüglichem landeskulturellem Wert zur Verfügung. Erstmals 2000/2001 werden einige Herkünfte in den ökologischen Landessortenversuchen der Landesanstalt für Landwirtschaft (Standort Güterfelde b. Berlin) in Brandenburg mitgeführt. Mit besonderem Interesse begleiten auch die in Brandenburg für das Sortenwesen zuständigen Behörden das Vorhaben.

Qualität und Ertrag ausgewählter Altsorten im Vergleich zum Betriebsstandard und Landessortenergebnissen (verschiedene Standorte, 2000)

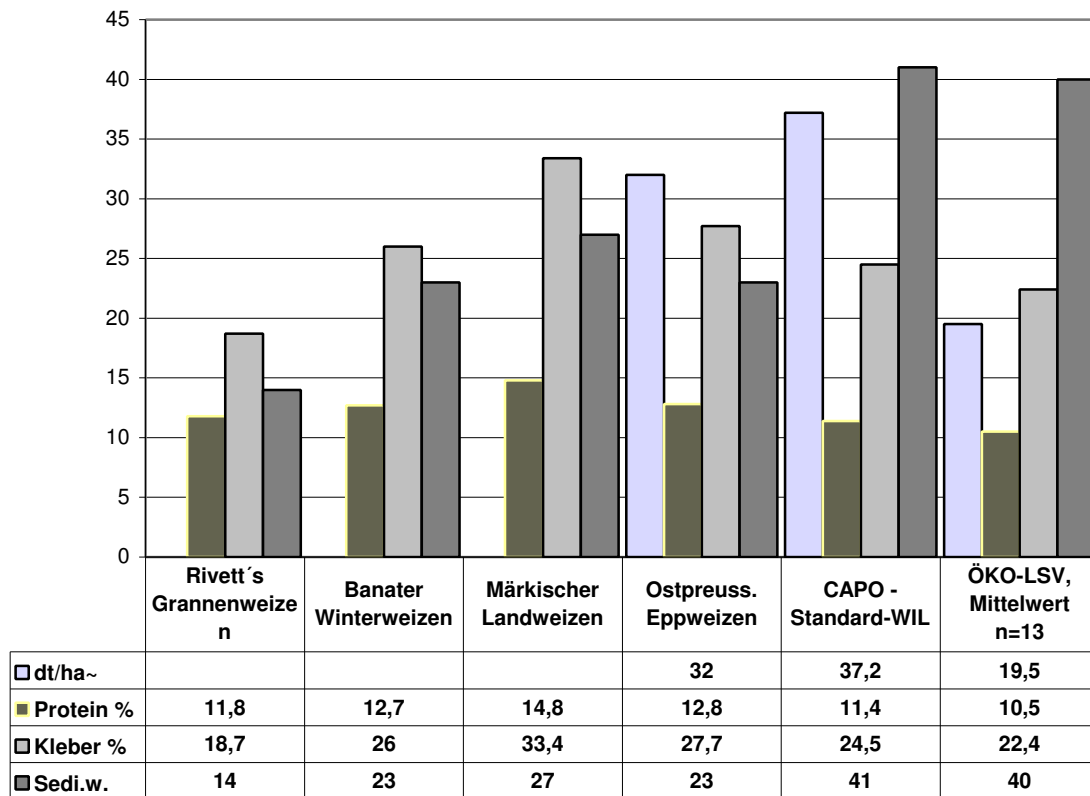


Abb. 3: Erträge und Qualitätsbeurteilung mittels üblicher Parameter, alte Weizenherkünfte im Vergleich zu Landessortenversuchen und einer Betriebsorte (verschiedene Standorte, 2000)

Fig. 3: Yield and quality values: old wheat varieties compared with data from registered varieties (official trials) different stations, 2000

Diskussion und Zusammenfassung

Eine Wiedereinführung alter Zuchtsorten als Kooperationsprozess von Naturschutzverwaltungen mit modernen Landwirtschaftsbetrieben ist möglich aber mit vielen Schwierigkeiten behaftet. Neben den Problemen einer Vorselektion geeigneter Herkünfte liegen bedeutende Hemmnisse in der Arbeitswirtschaft und der technischen Ausstattung spezialisierter moderner Großbetriebe begründet.

Zur Weiterführung und gegebenenfalls Übertragung der begonnenen Arbeiten sind folgende Aspekte zu beachten:

- Eine Wiedereinführung nicht mehr im Anbau befindlicher Sorten oder Herkünfte landwirtschaftlicher Kulturfrüchte muss einzelbetrieblich „Sinn“ machen um langfristig Bestand haben zu können. Spezifische Standortvorteile, mindestens Gleichrangigkeit gegenüber den bisher gebräuchlichen modernen Sorten müssen gegeben sein. Eine besondere Experimentierfreudigkeit und ein persönliches Interesse der beanspruchten Mitarbeiter sollte vorhanden sein.
- Das Anwendungsinteresse darf nicht nur im Naturschutz begründet sein, es muss auch definierbare, klar abzugrenzende wirtschaftliche Verwendungsfelder geben. Kooperative Ansätze im Sinne einer transparenten Regionalverwendung oder einer Anknüpfung an historische Bezugsbeispiele (siehe dazu die Repopularisierung der Vermarktung von Teltower Rübchen) sind unter Umständen geeignet, solche Verwendungsnischen zu erschließen.
- Mit klareren wissenschaftlichen Argumenten zur Notwendigkeit eines „On-farm-Managements“ muss eine verlässliche finanzielle Unterstützung einzelbetrieblicher Sortenerhaltung verbunden werden. Dazu sind praktikable, fachlich referenzierte Regeln aufzustellen, eine wissenschaftlich-züchterische Begleitung muss für eine dauerhaft erfolgreiche Erhaltung durch die zuständigen staatlichen Stellen angeboten werden.

Das NABU-Projekt „Kulturpflanzenvielfalt, biologische Vielfalt und ökologische Pflanzenzüchtung“

The NABU project on crop diversity, biodiversity and organic plant breeding

CORNELIA WIETHALER¹

Zusammenfassung

Für die Biodiversität von Kulturpflanzen ist die ökologische Pflanzenzüchtung ein wichtiger Zukunftsaspekt. Für den ökologischen Landbau ist eine Vielfalt von Sorten Grundlage für Gesundheit und Qualitätsprodukte.

Summary

Organic plant breeding is an important future aspect for the biodiversity of cultivated plants. A wide range of varieties is the basis for the health and the quality of organic products.

Biologische Vielfalt

„Für Mensch und Natur“ lautet der Leitsatz des Naturschutzbundes NABU. Der Schutz der biologischen Vielfalt zählt zu seinen elementaren Aufgaben. Die Vielfalt der Kulturpflanzen ist ein Teil der biologischen Vielfalt unserer Erde. Dieser kultivierte Teil der biologischen Vielfalt ist weltweit ähnlich stark bedroht wie der wild lebende. Die Vielfalt, die über Jahrtausende aus den Bedürfnissen der Menschen heraus und in den Händen von Gärtnern und Bauern entstanden ist, hat im vergangenen Jahrhundert durch die Industrialisierung der Landwirtschaft stark gelitten. Nach vorsichtigen Schätzungen der FAO von 1996 sind innerhalb eines Jahrhunderts etwa 75% der genetischen Vielfalt - und damit unzählige Merkmale und Qualitäten - verloren gegangen. Bereits seit über 20 Jahren warnen Experten vor einer daraus resultierenden Gefahr für die Welternährung.

Kulturpflanzen sind - ähnlich den menschlichen Sprachen - lebendiges Kulturgut. Ihre Erhaltung ist sehr eng an Nutzung und Entwicklung gebunden. Wie kann nun neben dem Aspekt der Erhaltung - wie er z.B. in Genbanken gepflegt wird - die Züchtung nachhaltiger gestaltet werden? Wie kann das kulturelle Erbe mit seiner lebenswichtigen Vielfalt

¹ NABU-Bundesverband
Projektbüro
Rauensteinstr. 69
D-88662 Überlingen

nicht nur gesichert sondern auch als Lebensgrundlage für kommende Generationen weitergetragen werden?

Ökologisches Saatgut

Eine andere drängende Frage ist, wie für den ökologischen Landbau, der in Deutschland innerhalb von 10 Jahren auf 20 % ausgeweitet werden soll, ökologisches Saatgut langfristig gesichert werden kann. Zunehmend werden in der konventionellen Pflanzenzüchtung, bis hin zur genetischen Manipulation, Methoden angewendet, die mit den Grundprinzipien des ökologischen Landbaus nicht mehr vereinbar sind. Auch hier stellt sich die Frage wie eine nachhaltige biologische Pflanzenzüchtung aussehen kann. In den Bemühungen des Öko-Landbaus um eine ökologische Pflanzenzüchtung sieht der NABU eine praxisnahe und zukunftsfähige Möglichkeit, dem weltweiten Problem der Generosion zu begegnen und die Vielfalt der Kulturpflanzen - entsprechend den Anforderungen moderner Verbraucher - nachhaltig weiter zu entwickeln.

Im Projekt Kulturpflanzenvielfalt unterstützt der NABU seit 1998 Kommunikation im Sinne der Biodiversität und der ökologischen Pflanzenzüchtung. Zwei Themenfelder, die zusammengehören, jedoch bisher überwiegend getrennt diskutiert wurden.

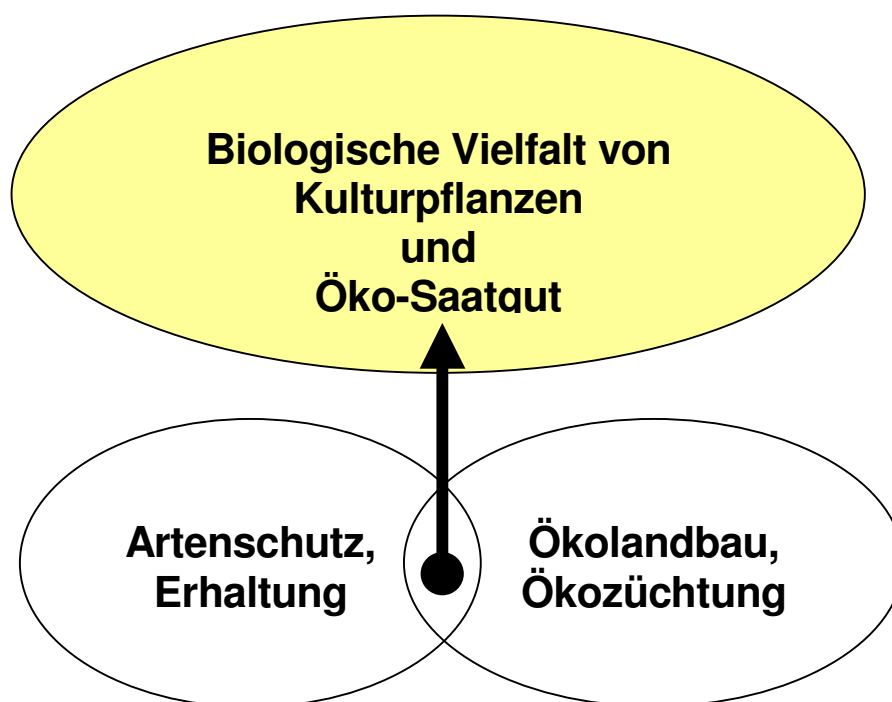


Abb. 1: Zusammenhang von Biol. Vielfalt von Nutzpflanzen und ökologischer Pflanzenzüchtung

Fig. 1: Crop diversity and ecological plant breeding

Ökologischer Landbau braucht ökologisches Saatgut

Analog der Expansion des Öko-Marktes steigt der Bedarf an Öko-Saatgut. Laut EG-Bio-Verordnung muss ab 2004 sämtliches Bio-Saatgut aus ökologischer Vermehrung stammen. Langfristig werden sich die Anforderungen an Bio-Saatgut auch auf den gesamten Züchtungsprozess ausweiten. In den Verbänden bis hinauf zur IFOAM-Ebene wird zur Zeit an der Definition von Standards für eine ökologische Pflanzenzüchtung gearbeitet.

Was ist unter ökologischer Pflanzenzüchtung zu verstehen?

Die bewährten Grundprinzipien des ökologischen Landbaus sollen auch die Basis für ökologische Züchtungsprozesse bilden. Diese Grundprinzipien sind das „Kreislaufprinzip“ mit der Förderung von natürlichen Lebenszyklen, die „Standortanpassung“ mit natürlicher Selbstregulierung durch optimale Nutzung örtlicher Ressourcen und der genetischen Diversität sowie der sogenannte „Organismusgedanke“, der die Interaktion zwischen einer Vielfalt von Organismen, Boden, Mensch und Umwelt beinhaltet.

Die **Zuchtziele** orientieren sich an den besonderen Bedingungen des ökologischen Landbaus. Um eine optimale Anpassung an ökologische Anbau-Bedingungen zu ermöglichen, sollen langfristig **Züchtungsprozesse unter Öko-Bedingungen** nach den Richtlinien der EG-Bio-Verordnung stattfinden. An Züchtungsprozessen sollen möglichst viele Bauern und Züchter mit Interesse an ökologischer Wirtschaftsweise beteiligt werden.

Dabei sind grundsätzlich drei Bereiche zu unterscheiden:

1. **Öko-Vermehrung** von konventionell gezüchteten Sorten. Einziges Ausschlusskriterium ist Gentechnik. Öko-Vermehrung sollte kurzfristig für alle Kulturen erreicht werden.
2. **Ökologische Erhaltungszüchtung** und Vermehrung konventionell gezüchteter Sorten über mindestens 3 Jahre. Diese sollte möglichst bald aufgebaut werden.
3. **Ökologische Züchtung** und Vermehrung. Kriterien: Gesamter Züchtungsprozess unter ökologischen Bedingungen, Wahl der Methoden in Übereinstimmung mit den Grundprinzipien des ökologischen Landbaus (s. Tabelle „Nachhaltige ökologische Pflanzenzüchtung“, (LAMMERTS VAN BUEREN). Eine eigenständige Öko-Zucht ist für den Ökolandbau das mittelfristige Ziel.

Zuchtziele einer ökologischen Pflanzenzüchtung sind neben herkömmlichen Zielen u.a.:

- Widerstandsfähigkeit, breite Feldtoleranzen z.B. gegen samenbürtige Krankheiten (z.B. Brand), keine monogenetischen Resistenzen

- standortbezogene Qualitätsbildung (beim Weizen z.B. im Hinblick auf Klebergehalt, Backqualität)
- Langstrohigkeit und Standfestigkeit, großer Abstand zwischen Ähre und Fahnenblatt (Getreide)
- Regionalsorten, an die Region angepasst (Herkunftswert, Authentizität)
- sorteneigene Beikrautregulierung durch Beschattung (Unkraut-Konkurrenz)
- Erhaltung des natürlichen Reproduktionsvermögens (keine Hybridzüchtung)
- arten- und sortentypischer Geschmack, insbesondere bei Gemüse
- Ernährungsqualität für den Menschen (z.B. essenzielle Aminosäuren, Vitalqualität)

Züchtungstechniken beruhen auf der Interaktion zwischen Pflanze und Umwelt unter Freilandbedingungen. Neben den Techniken auf DNS-Niveau werden auch Techniken auf Zellniveau weitgehend abgelehnt. Natürliche Artgrenzen werden respektiert.

Vorteile einer ökologischen Pflanzenzüchtung

Öko-Saatgut sichert langfristig die gentechnikfreie Lebensmittelproduktion und gewährleistet Wahlfreiheit für die Verbraucherinnen und Verbraucher. In der ökologischen Pflanzenzüchtung werden sich ändernde Umweltbedingungen und Anforderungen von Verbraucherinnen und Verbrauchern an gesunde Lebensmittel stärker einbezogen.

Aus differenzierten Zuchtzielen entstandene Sorten leisten einen zukunftsfähigen Beitrag zur biologischen Vielfalt von Kulturpflanzen (International Undertaking (1983), Übereinkommen über die biologische Vielfalt (UNCED 1992), Globaler Aktionsplan (FAO 1996)). In der ökologischen Pflanzenzüchtung liegt ein globaler Beitrag zur Welternährungssicherheit.

Maßnahmen im Projekt Kulturpflanzenvielfalt

Der NABU betreibt in diesem Projekt Informations- und Öffentlichkeitsarbeit, unterstützt die verbandsübergreifende Zusammenarbeit in Europa, recherchiert Fördermöglichkeiten und koordiniert Projektanträge gemeinsam mit europäischen Partnern. Politische Lobbyarbeit zur Bereitstellung von Finanzmitteln für Fragen der Öko-Züchtung sowie zur Anpassung gesetzlicher Rahmenbedingungen wird betrieben. Diese Arbeit leistet einen Beitrag zur angestrebten Erweiterung des Saatgut-Verkehrsgesetzes und zur Neuauflage der Verordnung zu „Genetischen Ressourcen ...“ (EG) 1467/94. Darüber hinaus wird eine Eingliederung der Thematik in die EG-Bio-Verordnung sowie in die EG-Verordnung zur „Entwicklung des ländlichen Raumes“ angestrebt.

The influence of changing socio-economic factors on crop germplasm conservation - a case study

Der Einfluss veränderter sozioökonomischer Faktoren auf die Erhaltung von Kulturpflanzen - eine Fallstudie

DOMENICO PIGNONE¹, THOMAS GLADIS^{2,3} and KARL HAMMER²

Summary

Italian - German teams have been conducting missions in Sardinia in 1993, 1995 and 1998 for exploring plant genetic resources. A high level of genetic erosion in both wild and cultivated plants was observed during all the explorations. During the second mission particular attention was put in understanding the reasons leading to such an extent of erosion; interviews of farmers and consultation of local experts of the University of Cagliari, provided the necessary basis. The high level of genetic erosion could be attributed to two dominant factors: increasing sheep and goat raising activity and abandoning of agriculture in favour of more „modern“ and remunerative occupations.

Zusammenfassung

Italienisch – deutsche Gruppen haben in den Jahren 1993, 1995 und 1998 Sammelreisen zur Erfassung der pflanzengenetischen Ressourcen in Sardinien durchgeführt. Sowohl in Wildpflanzenbeständen als auch bei den Kulturpflanzen konnte während der Erfassungen eine deutliche Generosion wahrgenommen werden. Bei der zweiten Reise wurde besonderer Wert auf die Erfassung der Ursachen für einen derart auffälligen Rückgang gelegt. Bauern – meist aus dem Südteil der Insel - und Spezialisten der Universität von Cagliari wurden hierzu befragt. Im wesentlichen haben zwei Faktoren das Ausmaß der Generosion bestimmt: Die Zunahme der Schaf- und Ziegenhal-

¹ CNR-Istituto del Germoplasma
Via Amendola 165/A
I-70126 Bari

² Univ. Gh Kassel (GhK)
Institut für Nutzpflanzenkunde
Steinstr. 19
D-37213 Witzenhausen

³ ZADI
Abt. IGR
Villichgasse 17
D-53177 Bonn

tung sowie ein allgemeiner Rückgang der Landwirtschaft zugunsten „moderner“ und einträglicherer Landnutzungsformen.

Introduction

Over the last twenty years the gene banks of Bari (IdG) and Gatersleben (IPK) have been conducting joint collecting missions in Italy. During these missions particular attention was put in perceiving the level of genetic erosion in the explored areas (HAMMER et al. 1990, 1992). In historical times the fragmentation of land ownership favoured the increase of genetic diversity, also through a continuous domestication from the plants growing wild in the area. Nevertheless, the agricultural system and the economic structure of human communities have evolved very rapidly over the last decades, producing high levels of genetic erosion for many crop-wild relatives complexes.

Due to its geographical, ecological, historical, ethnic and cultural conditions, Sardinia has been regarded as a possible rich source of plant germplasm. On the other hand in Sardinia the socio-economic structure has been subject to an abrupt change over the last twenty years. As a result, when three collecting missions in 1993, 1995 and 1998 covered the territories of this island, a high level of genetic erosion in both wild and cultivated plants was revealed.



Fig. 1: Discussing maintenance strategies with local small farmers

Abb. 1: Mit örtlichen Kleinbauern werden Erhaltungsstrategien diskutiert

During the second mission, a special study was undertaken to understand the reasons leading to such an extent of erosion, continuing the studies of HAMMER et al. (1996). This was achieved through a strong interaction with farmers, conducting interviews (Fig. 1), and consulting local experts of the University of Cagliari.

Results and discussion

For a better exposure it is necessary to divide southern Sardinia into three different areas which possess comparable socio-economic features:

- the **south-eastern region** is highly interested by tourism, especially during summer; it is characterised by a massive abandoning of agriculture and shepherding;
- the **'Barbagia' area**, including the Gennargentu mountains, showed a very reduced interest towards agriculture, although shepherding is still a lively activity; after the constitution of a protected area in the Gennargentu mountains, many people started activities related to this park;
- the **south-western area** is mainly agricultural land: in the 'Campitano' plains, through intensive agriculture, most of the agricultural products of southern Sardinia are produced; mining is also very important in the 'Sulcis' district and still it is possible to detect very traditional farming systems.



Fig. 2: Old woman in her kitchen garden, within her vegetables and spices

Abb. 2: Alte Frau in ihrem Küchengarten, inmitten ihrer Gemüse- und Würzpflanzen

In the **south-eastern region** genetic erosion is nearly total. The main reason is the almost complete abandoning of agriculture in favour of more repaying touristic activities. In the northern part of this area it is possible to find distinct agricultural territories, in which most farmers have switched to intensive agriculture; forages, grapes, hortages, and wheat are the most important crops. Still very few traditional farmers cultivate small gardens (fig. 2) but most plants there have a commercial origin, since traditional varieties are considered with suspect. Some interviewed farmers were proud of cultivating only commercial cultivars, considering this a sign of 'modernity'. Others, instead, felt gratified of carrying on the cultivation of their own local grape clones, assessed to deliver a high quality wine reported to be much better than some famous Sardinian vintages usually sold in bottles also outside Sardinia.

A further factor of erosion is the increasing drought: precipitation over the last three years has been very poor and wells are becoming dry. Due to the harshness of agriculture and to the uncertainty of incomes, many young people moved to Cagliari, the main city of the island, whereas others prefer to move to tourism related activities.

Shepherding used to be very important in the past but now has almost disappeared as a consequence of the same reasons as agriculture. Nevertheless overgrazing and repeated fires have deeply altered the structure of natural environment. *Euphorbia dendroides* and *Myrtus communis* are the most common species. As in other sheep and goat rising territories, it is common to find grafted wild olives and pears, as the result of shepherds' interaction with their environment.

At the northern boundary of this range, where this area ends in the mountain district, because of having few contacts with tourists or visitors, people are not as communicative as in other parts and avoided to get in any contact with our team. Just in front of their harvest, for example, some dozen pumpkin fruits, they denied to own anything of interest to us.

The **'Barbagia' area** is different: the agricultural system appears less deeply altered. Many interviewed farmers report that in former times wheat, especially *durum* wheat, was the main crop, and most families used to cultivate a garden even in very marginal areas. With the advent of mechanised agricultural practice, the cultivation of hilly areas, where machines cannot easily substitute for human labour and where water supply for irrigation is limited, has greatly decreased. Also the cultivation of *durum* wheat has almost ceased to exist, since these areas are less competitive in terms of production than the plains.

Elder farmers report that until some twenty years ago most people based their subsistence on small gardens from which they got almost all their food. Nowadays, with an in-

creasing level of wealth, people buy their food in stores, intensifying the importation of agricultural products from the mainland Italy.

With the recent institution of a natural park, agriculture has been further discouraged, principally in marginal or hilly areas, since many young persons find remunerative occupation in the activities related to reforestation and environment protection. Still, very few elder peasants exist who cultivate in their own gardens old family stocks of beans, lentils, *Brassic*as, broad beans, etc.; none of their sons is working in agriculture, so with their death this germplasm is likely to disappear. It is interesting to notice that still nowadays *Beta* seeds are collected from the wild and sown, since „wild” beets are a very prized leaf vegetable. Nevertheless domestication is not yet complete: the interviewed farmers reported that they use to allow the most valuable plants to flower and shed their seeds, with no further human interaction.

In Aritzo (NU) we found an interesting leaf, vegetable population of *Brassica rapa*, resembling the extremely rare Chinese ‘Hon Tsai Tai’ immediately beneath an abandoned garden where the sample was probably grown in the past and from which it presumably escaped. It is remarkable to notice that this sample showed red petioles, a very rare character in Italian populations. An indication of a former widespread interest into *B. rapa* comes from the analysis of literature. PENZIG (1924) reports many local names cited under *B. campestris* or *B. rapa* (Napu aresti, Aligalza campina, etc.), but this species is not reported by BIANCO (1990), testifying at least that the interest to this crop has drastically decreased. It is also worth to note that in the same spot wild *Beta* was collected although this species had not been noticed to grow wild in that area. It can be hypothesised that also the beets, of possible wild origin, were cultivated in former times in the relevant garden and escaped from cultivation.

In Ovodda (NU) we could find a retired citizen who endeavours to cultivate in his garden old varieties of horticultural crops. He does it essentially in the spirit of regaining the „flavour” of the old times rather than in the spirit of conserving a disappearing heritage. In his garden a rather variable sample of *Brassica oleracea* var. *gongylodes* was cultivated. This citizen reported that before World War II this crop was of primary importance, being like potatoes at the basis of human sustainment; it was used to prepare a soup with pork, considered as a delicacy, and consumed in special occasions. Our host had worked hard to recover a few seeds of this crop, since he wanted to try that flavour once more. He also had some interesting fruit germplasm. This example might be an indication that regaining ancient culture is an essential prerequisite to the correct development of *in situ* conservation strategies or of conservation through product promotion projects.

In this garden, wild flax (*Linum usitatissimum* ssp. *angustifolium*) was collected: between rows of vegetables two plants there with very few seeds: the capsules of this wild

ancestor of flax open spontaneously at maturity and seeds fall out. According to the Italian Flora (PIGNATTI 1981), wild flax is a rare species; it was, in fact, obtained only once, also as a consequence of the late collecting period.

Although in this region genetic erosion is not complete, still it is important. It is interesting to notice that many actions intended to conserve natural environment have instead obtained the opposite result: the institution of a natural park has discouraged agriculture thus increasing the irreparable loss of a cultural and genetic heritage.

The **south-western area**, that is the Campitano plains and surrounding hills, is completely different; here well developed farming systems are observed. In this area agriculture is one of the main income sources and employs many people. The whole family is involved in producing food for their own consumption and for the market. It is essentially a very modern agriculture, with a preference to horticulture, which can produce higher income although being more labour demanding. Irrigation is undergoing some restriction, due to the increasing aridity of the region. In the hills surrounding the Campitano valley, a more traditional agriculture is practised along with sheep and goats rising. People are friendly and offered local seed as far as available. On the other hand, tradition at many places survived all changes caused by modern development, and in some cases even the traditional crops are maintained. An example for such a living relic is the so called 'cale coca' (*Brassica oleracea* var. *gongylodes*) which is rather rare also in the rest of southern Italy (fig. 3).



Fig. 3: This so called 'cale coca', a traditional kohlrabi variety, is a living relict crop

Abb. 3: Der sogenannte 'cale coca', ein traditioneller Kohlrabi, hier als Reliktkultur

Surprisingly in this area it was possible to find local ecotypes and farmer's stocks for many crops. Farmers tend to safeguard local varieties along with a more traditional agricultural practice. In San Nicolò d'Acirano (OR) some vineyards are still ploughed with the help of horses (fig. 4). The interviewed farmers claimed that horse ploughing is less destructive to the root apparatus and to the branches (plants are cultivated with the „alberello” method); moreover horses are thought to produce a very effective manure.



Fig. 4: Some vineyards are still ploughed with the help of horses

Abb. 4: Einige Rebflächen werden noch mit dem Pferd gepflügt

Traditions are kept not only by elder farmers but also by active younger people. In Gonnosfanadiga (CA) a young farmer is actively cultivating local horticultural types, and his reputation is rather well spread in the area, allowing him to make his living from raising vegetables on a rather limited surface. In the surrounding hills the environment is more traditional and, due to the constraints of the marginal areas, agriculture is losing importance.

Surprisingly many farmers reported that the European Community policy of support to wheat cultivation is increasing the genetic erosion of older local types due to the imposition of certified cultivars to have access to the subsidies. This has obliged many farmers to abandoning old landraces in favour of modern commercial varieties, which, although less adapted, more demanding and therefore less productive, allow farmers to gain the benefits of the communitary funds.

In the mines area of the “Sulcis” (CA) many calcareous cliffs are present where wild *Brassicas* could find a good habitat (see GUSTAFSSON et al. 1986). We could not find

any, also because of the difficult environment which demands a good knowledge of trails to reach the more promising cliffs. Future missions might deal with this task if support to collecting in such hostile habitats will be provided. In the Sulcis hills, due to the attraction of mining, agriculture has not developed to a modern standard. In fact, few still active farmers cultivate their land in a very traditional way. Some interesting landraces, also of forage crops, were collected in Is Cattasa. It is interesting to notice that in this area great importance is given to the cultivation of condiment and ornamental plants too. We could observe that even common citizens were cultivating in any possible ground very different samples of *Ocimum basilicum* which is used not only for condiment, but also as an ornamental plant.

In the hills surrounding the Campitano valley reforestation is being conducted to recover the environment damaged by fires. The natural habitat is a typical Mediterranean macchia, with a predominance of *Arbutus unedo*. Reforestation is taking place using *Eucalyptus* spp., a very water efficient plant. In our opinion this choice, due to *Eucalyptus*' superior ability to use the scarce water present, might be deleterious for that plant community. Once more a conservation attempt is, in the long run, obtaining the opposite result.

Conclusions

Confirming the observations of previous and later missions (GLADIS et al. 1994, LAGHETTI et al. 1998), also the southern areas of Sardinia show a very high level of genetic erosion mainly as the result of two dominant factors: increasing sheep and goat raising activity and abandoning of agriculture in favour of more "modern" and remunerative occupations (PIGNONE et al. 1997). Thus, our studies led to an estimation of past genetic erosion and helped to assess the risk for future genetic erosion (see also GUARINO 1999), sharing the value of plant genetic resources and the necessity for developing strategies for their conservation (HAMMER et al. 1999) – on farm, together with experienced and engaged farmers (see figure 1).

References

- BIANCO, V.V. (1990): Piante spontanee della flora Italiana usate come ortaggi. pp. 969-983 in: Bianco, V.V. and F. Pimpini (eds.), *Orticultura*. Pàtron Editore. Bologna, 1990, 991 pp.
- GLADIS, Th., K. HAMMER, C. LAGHETTI, G.F. DELOGU and P. PERRINO (1994): Collecting in Sardinia 1993. *PGR Newsletter* **98**, 18-20.
- GUARINO, L. (1999): Approaches to measuring genetic erosion. In: J. SERWINSKI and

- I. FABEROVÁ (eds.), Proc. Techn. Meeting, Prague. FAO, pp. 26-28.
- GUSTAFSSON, M., C. GOMEZ-CAMPO and P. PERRINO. (1986): Germplasm conservation of the wild Mediterranean *Brassica* species. Report from explorations in Sarinia, Corsica, France, Spain and Great Britain in 1986.
- HAMMER, K., A. DIEDERICHSEN and M. SPAHILLARI (1999): Basic studies toward strategies for conservation of plant genetic resources. In: J. SERWINSKI and I. FABEROVÁ (eds.), Proc. Techn. Meeting, Prague. FAO, pp. 29-33.
- HAMMER, K., H. KNÜPFER, G. LAGHETTI and P. PERRINO (1992): Seeds from the past. A catalogue of Crop Germplasm in South Italy and Sicily. Germplasm Institute (C.N.R.) (ed.), Bari, Italy, 174 pp.
- HAMMER, K., H. KNÜPFER and P. PERRINO (1990): A checklist of the south Italian cultivated plants. *Kulturpflanze* **38**, 191-310.
- HAMMER, K., H. KNÜPFER, L. XHUVELI and P. PERRINO (1996): Estimating genetic erosion in landraces - two case studies. *Gen. Res. Crop Evol.* **43**, 329-336.
- LAGHETTI, G., P. PERRINO, S. CIFARELLI, S. BULLITTA and K. HAMMER (1999): Collecting crop genetic resources in Sardinia, Italy and its islands. *FAO/IPGRI PGR Newsl.* **120**, 30-36.
- PENZIG, O. (1924): *Flora popolare italiana*. Orto botanico dell'Università di Genova. Reprinted by Edagricole, Bologna, 1972. 2 vols.
- PIGNATTI, S. (1982): *Flora d'Italia*. Edagricole, Bologna. 3 vols.
- PIGNONE, D., K. HAMMER, Th. GLADIS and P. PERRINO (1997): Collecting in southern Sardinia (Italy), 1995. *FAO/IPGRI PGR Newsl.* **109**, 7-10.

Nutzung genetischer Ressourcen in der Pflanzenzüchtung

Utilization of genetic resources in plant breeding

HEIKO C. BECKER¹

Zusammenfassung

Bisher beschränkte sich die Nutzung genetischer Ressourcen in der Pflanzenzüchtung weitgehend auf die Übertragung einzelner Resistenzgene aus nicht angepasstem „exotischen“ Material sowie aus verwandten Wildarten. Die Verwendung von molekularen Markern ermöglicht heute eine verstärkte Nutzung genetischer Ressourcen auch für die Verbesserung quantitativer Merkmale. Von zunehmender Bedeutung wird außerdem die Bildung von „dynamischen Genpools“ sein, in denen genetische Ressourcen mit angepasstem Zuchtmaterial kombiniert werden und sich langfristig weiter entwickeln können.

Summary

The utilization of genetic resources in plant breeding was so far mainly restricted to the transfer of resistance genes from unadapted „exotic“ genotypes or from related wild species. Molecular markers will largely enhance the usefulness of genetic resources for the improvement of quantitative traits. A new approach with increasing importance is the establishment of „dynamic gene pools“ by combining genetic resources and adapted material to allow a long term evolutionary development.

Einleitung

Der Begriff „Genetische Ressourcen“ im weitesten Sinne umfasst das gesamte genetische Material, das zur Züchtung einer Kulturpflanze zur Verfügung steht. Von besonderem Interesse sind dabei Möglichkeiten einer stärkeren Nutzung nicht-angepasster Genquellen wie alter Landsorten, „exotischer“ Formen oder verwandter Wildarten. In diesem Beitrag soll zunächst dargestellt werden, welche Bedeutung solche genetischen Ressourcen in der heutigen Pflanzenzüchtung zur Verbesserung der wichtigsten Zuchtziele Resistenz, Qualität und Ertrag haben. Daran anschließend

¹ Georg-August-Universität Göttingen
Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung
Von-Siebold-Str. 8
D-37075 Göttingen

werden Konzepte zur Entwicklung „dynamischer Genpools“ vorgestellt und die Aufgaben von Genbanken werden kritisch diskutiert.

Resistenz

Die Bedeutung genetischer Ressourcen als Quelle für Resistenzgene ist unumstritten und kann an vielen Beispielen belegt werden. So wäre ein Kartoffelanbau in Deutschland heute kaum denkbar ohne Sorten die resistent gegen Nematoden sind, da eine chemische Bekämpfung von Kartoffelnematoden weder ökonomisch sinnvoll noch ökologisch vertretbar ist. Eine Resistenz gegen Nematoden wurde 1948 in Wildmaterial der Kartoffel entdeckt und 1961 wurde die erste resistente Sorte in Deutschland zugelassen (v. KAMEKE 1991). Heute enthalten fast alle bei uns angebauten Kartoffeln dieses Resistenzgen und teilweise noch weitere Resistenzen (Abb. 1).

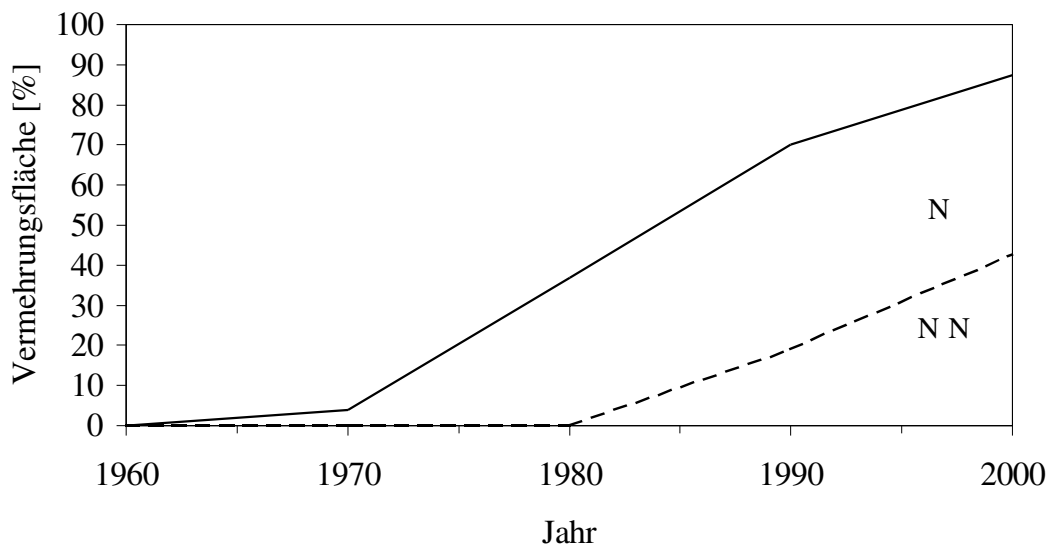


Abb. 1: Zunahme der Vermehrungsflächen von nematodenresistenten Kartoffelsorten (N = Sorten mit Resistenz gegen *G. rostochiensis* Pathotyp I; NN = Sorten mit zusätzlicher Resistenz gegen weitere Pathotypen); (nach v. KAMEKE 1991, ergänzt).

Fig. 1: Increase of nematode resistant potato cultivars in % of multiplication acreage (N = cultivars resistant against *G. rostochiensis* pathotype I; NN = cultivars also resistant against other pathotypes); (after v. KAMEKE 1991, modified).

Ähnliche Beispiele ließen sich für Gerste, Weizen, Zuckerrübe, und viele weitere Arten aufführen. So werden in der Weizenzüchtung in großem Umfang Resistenzen gegen Mehltau genutzt, die aus den verwandten Arten *Triticum carthlicum* (Resistenzgen Pm4b), *T. dicoccum* (Pm5) oder *T. timopheevi* (Pm6) stammen: von den derzeit 81 in Deutschland zugelassenen Winterweizen-Sorten enthalten 55 Sorten mindestens eins dieser drei Resistenzgene, einige Sorten sogar alle drei (BUNDESSORTENAMT 2000). Die züchterische Nutzung solcher Resistenzen aus nicht-adaptiertem Material ist jedoch in der Regel zunächst mühsam, da die verwendeten Genquellen über keine ausreichende agronomische Leistung verfügen. Häufig sind daher zunächst staatlich unterstützte „Pre-Breeding“-Programme erforderlich, um neue Resistenzquellen zu erschließen und die Resistenzgene in angepasstes Material zu übertragen. Züchterisch besonders leicht nutzbar sind Resistenzen, die monogen vererbt sind, und für die molekulare Marker für die Resistenzgene verfügbar sind.

Qualität

Die Bedeutung genetischer Ressourcen zur Qualitätsverbesserung soll beispielhaft an zwei Merkmalen erläutert werden, die in der Rapszüchtung von Interesse sind, dem Sinapingehalt und dem Ölgehalt. Für beide Merkmale wurde ein sehr umfangreiches Zuchtmaterial (13.511 Prüfparzellen der NPZ) mit dem Winterrapssortiment der Genbank des IPK Gatersleben, Außenstelle Malchow (1.385 Parzellen, angebaut in Göttingen) verglichen. Die Bestimmung der Inhaltsstoffe erfolgte durch Auswertung von NIRS (Nah-Infrarot-Reflexions-Spektroskopie) Spektren aus früheren Versuchen. Interessanterweise führt dieser Vergleich von Zuchtmaterial und Genbankmaterial für diese beiden Merkmale zu sehr unterschiedlichen Schlussfolgerungen über die Bedeutung von Genbankmaterial.

Für den Sinapingehalt zeigt das Genbankmaterial eine größere Variation als das Zuchtmaterial (Abb. 2). Obwohl der Umfang des Genbankmaterials sehr viel geringer ist als der des Zuchtmaterials, enthält das Genbankmaterial im Unterschied zum Zuchtmaterial viele Genotypen mit einem sehr niedrigen Sinapingehalt, die für die Entwicklung von sinapinarmem Material von großem Interesse sind.

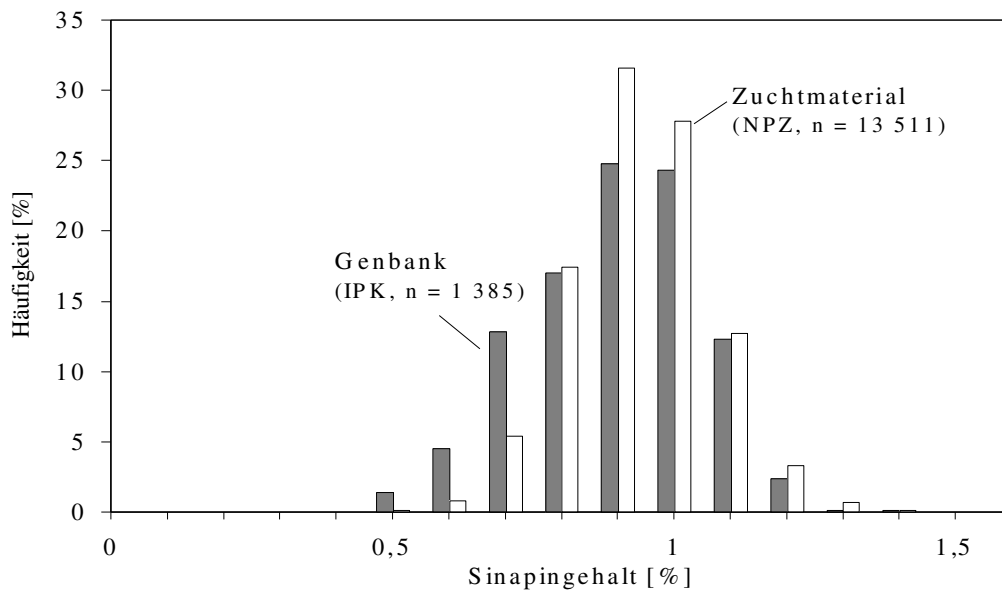


Abb. 2: Sinapingehalt bei Wintererbsen, Vergleich von Zuchtmaterial und Genbankmaterial (NIRS-Messungen, ZUM FELDE und MÖLLERS, pers. Mitteilung)

Fig. 2: Sinapine content of winter oilseed rape, comparison of breeding lines and gene bank accessions (NIRS, ZUM FELDE and MÖLLERS, pers. communication)

Auch für den Ölgehalt zeigt das Genbankmaterial eine größere Variation als das Zuchtmaterial (Abb. 3). Für dieses Merkmal unterscheiden sich aber das Genbankmaterial und das Zuchtmaterial sehr stark in ihrem Mittelwert. Daher erweitert das Genbankmaterial die Variation nur in unerwünschter Weise, nämlich für niedrigen Ölgehalt. Das Genbankmaterial enthält keine Genotypen mit höheren Ölgehalten als die besten Genotypen des Zuchtmaterials.

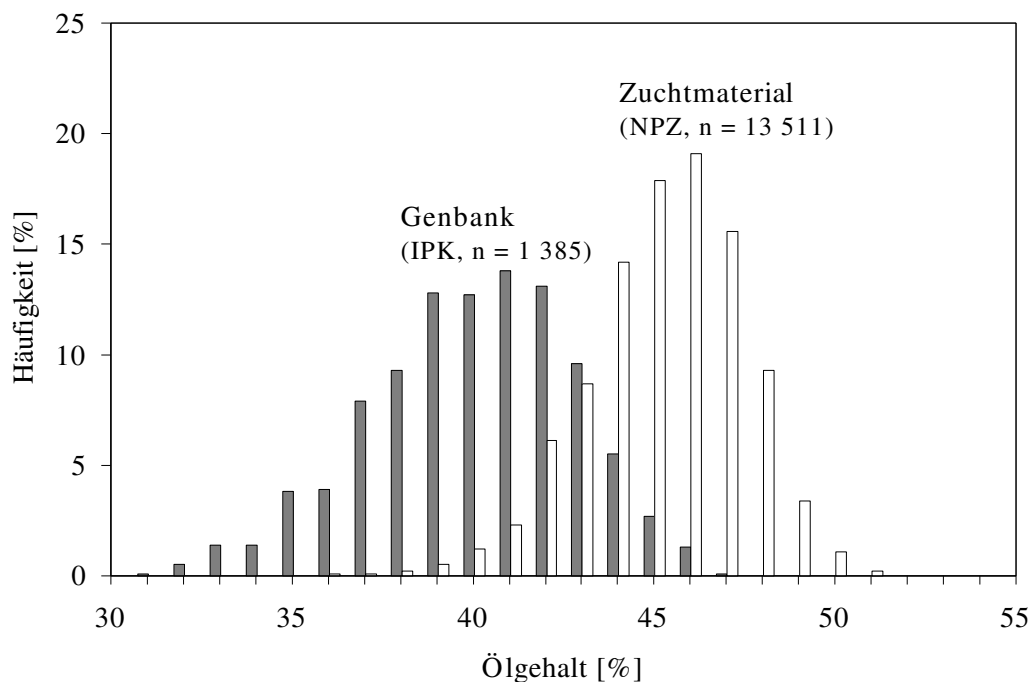


Abb. 3: Ölgehalt bei Winterraps, Vergleich von Zuchtmaterial und Genbankmaterial (NIRS-Messungen, ZUM FELDE und MÖLLERS, pers. Mitteilung)

Fig. 3: Oil content of winter oilseed rape, comparison of breeding lines and gene bank accessions (NIRS, ZUM FELDE and MÖLLERS, pers. communication)

Diese merkmalsabhängigen Unterschiede in der züchterischen Nutzbarkeit von Genbankmaterial lassen sich leicht erklären. Grundsätzlich ist natürlich zu erwarten, dass das Genbankmaterial eine größere genetische Variation aufweist als das genetisch relativ stark eingengte Zuchtmaterial. Dies macht das Genbankmaterial züchterisch besonders wertvoll für neue Zuchtziele. Ein Beispiel dafür ist der Sinapingehalt, der bisher in der Rapszüchtung keine Rolle spielte. Daher konnten bei einer chemische Analyse von genetischen Ressourcen sehr interessante Genotypen mit niedrigem Sinapingehalt identifiziert werden (VELASCO und MÖLLERS 1998). Der Ölgehalt ist dagegen schon immer ein wichtiges Zuchtziel gewesen. Daher ist der Ölgehalt im Zuchtmaterial weit höher als im züchterisch wenig bearbeitetem Genbankmaterial, und neue genetische Ressourcen scheinen zunächst für eine Erhöhung des Ölgehaltes uninteressant zu sein.

Auch wenn das Genbankmaterial keine **Genotypen** mit höherem Ölgehalt als das Zuchtmaterial enthält, so enthält es doch **einzelne Gene**, die den Ölgehalt erhöhen und die im genetisch eingengten Zuchtmaterial nicht vorhanden sind. Der Ölgehalt

ist ein quantitatives Merkmal, an dessen Ausprägung eine größere Zahl von Genen beteiligt ist. Die Identifizierung des Beitrags einzelner Genen an der Ausprägung solcher quantitativer Eigenschaften (QTL = Quantitative Trait Loci) hat in den letzten Jahren beeindruckende Fortschritte gemacht (s. z.B. ECKE 1998). So konnte für den Ölgehalt bei Raps gezeigt werden, dass sowohl moderne Zuchtsorten als auch alte Landsorten (z.B. 'Mansholts Hamburger Raps') Allele für hohen Ölgehalt enthalten, die durch markergestützte Selektion miteinander kombiniert werden können (Tab. 1).

Tab. 1: QTL für Ölgehalt bei Winterraps in der Kreuzung 'Mansholts Hamburger Raps' x 'Samourai' (nach WEIBLEDER 1996)

Tab. 1: QTL for oil content of winter oilseed rape in the cross 'Mansholts Hamburger Raps' x 'Samourai' (after WEIBLEDER 1996)

Kopplungsgruppe	Markerintervall	Additiver Effekt ^a [% Öl]
6	RP481.Hi - GATA.H3	1,14
12	RP1544.E1 - RP318a.E1	0,64
14	RP1422.E1 - RP1370.H1	0,61
15	RP4366.E1 - RP150.E1	-0,52

^a Effekt durch den Austausch eines Allels von 'Samourai' durch ein Allel von 'Mansholts Hamburger Raps'

Ertrag

Die Leistungsfähigkeit heutiger Sorten beruht nicht nur darauf, dass günstige Gene kombiniert wurden, sondern zu einem erheblichen Teil auch auf komplexen Wechselwirkungen dieser Gene miteinander. Solche günstigen Wechselwirkungen werden durch Kreuzungen mit genetisch weit entfernten „exotischen“ Genotypen gestört (ALLARD 1996). Die Nutzbarkeit genetischer Ressourcen in der Züchtung war daher bisher begrenzt und beschränkte sich im wesentlichen auf die Übertragung einzelner Resistenzgene. Durch die bereits erwähnte Möglichkeit einer QTL-Analyse können heute aber gezielt einzelne Genomabschnitte markergestützt übertragen werden, ohne die anderen für die Anpassung wichtigen Genblöcke zu verändern. Mit Hilfe molekularer Marker wurde u.a. bei Gerste (PILLEN et al. 1998) und Tomaten (FULTON et al. 2000) nachgewiesen, dass selbst Wildarten günstige Allele für Ertragskomponenten und andere agronomisch interessante Merkmale enthalten, die in modernen Zuchtsorten nicht vorhanden sind. Allerdings erfordert eine zuverlässige Identifizierung von QTLs für den Ertrag umfangreiche Feldversuche und ist mit einem außerordentlich hohen Aufwand verbunden (MELCHINGER et al. 2000).

Ökologische Anpassung durch „dynamische Genpools“

Die Arbeit mit pflanzengenetischen Ressourcen konzentrierte sich bisher im wesentlichen auf die Sammlung von umfangreichem Material und dessen Einlagerung *ex situ* in Genbanken. Das 1992 in Rio unterzeichnete internationale „Übereinkommen über die biologischen Vielfalt“ sowie der 1996 in Leipzig verabschiedete „Globale Aktionsplan“ betonen dagegen sehr stark die Bedeutung von Erhalt und Nutzung der PGR „*in situ*“ in ihren natürlichen Lebensräumen (ZADI 1997, GASS et al. 1999, BML 2000). Wert gelegt wird auf die langfristige Erhaltung der biologischen Vielfalt und auf ihre nachhaltige Nutzung (MEYER et al. 1998). Während es für alle Bereiche der *Ex-situ*-Erhaltung (Sammlung, Konservierung, Evaluierung, Dokumentation) allgemein bewährte und akzeptierte Verfahren gibt, sind die Erfahrungen auf dem Gebiet der *In-situ*-Erhaltung noch sehr begrenzt und der Forschungsbedarf groß (OETMANN-MENNEN und BEGEMANN 1998, OETMANN-MENNEN 1999).

Eine besondere Form der *In-situ*-Erhaltung ist das „On-farm-Management“ (OFM), also die Erhaltung und Weiterentwicklung von PGR im Zusammenhang mit einer landwirtschaftlichen Nutzung. Dieses Konzept wurde ursprünglich für Entwicklungsländer entworfen, in denen noch Landsorten in erheblichem Umfang angebaut werden (JARVIS et al. 2000). In Industrieländern wie Deutschland mit einer hoch arbeitsteiligen Landwirtschaft sind jedoch bei allen wichtigen Fruchtarten die Landsorten bereits schrittweise vor rund 100 Jahren durch Zuchtsorten ersetzt worden, und die Arbeit mit Saatgut wird heute praktisch ausschließlich von spezialisierten Zuchtfirmen durchgeführt. Die Notwendigkeit eines OFM ist daher weit weniger offensichtlich als in Entwicklungsländern, und zur inhaltlichen Ausgestaltung eines OFM fehlen weitgehend Erfahrungen und konkrete Vorstellungen. Dennoch entwickeln sich in den meisten europäischen Ländern zunehmend Aktivitäten für ein OFM (HEYDEN und VAN BUEREN 2000, NEGRI et al. 2000). In Deutschland wird in diesem Rahmen ein Modellprojekt zur Wiedereinführung der Linse (HORNEBURG und BECKER 1998) vom Bundesministerium für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft gefördert.

Zur Erweiterung der züchterisch nutzbaren genetischen Variation durch genetische Ressourcen ist immer wieder vorgeschlagen worden, interessante alte Landsorten mit neuerem Zuchtmaterial zu kombinieren und so genetisch breite Ausgangspopulationen zu erstellen, die sich dann langfristig unter Bedingungen der natürlichen Selektion evolutiv weiterentwickeln. Im wesentlichen sehr ähnliche Konzepte finden sich in der Literatur u.a. als „evolutionary plant breeding“ (SUNESON 1956), zur „Bildung neuer genetischer Variation“ (KUCKUCK 1974) in Form von „Evolutionstämmen“ (SCHNELL 1980) „dynamischen Genpools“ (VETELÄINEN 1994) oder „Evolutionramschen“ (PLARRE 1997). Diesen zahlreichen Vorschlägen stehen allerdings nur sehr begrenzte experimentelle Erfahrungen gegenüber, die zudem noch überwiegend von Selbstbefruchtern stammen und nicht ohne weiteres auf Fremdbefruchter übertragbar sind.

Das bekannteste Beispiel ist das 1928 in Davis, Kalifornien, begonnene Experiment mit „composite crosses“ bei der Gerste (SUNESON 1956, ALLARD 1988, 1996). Etwa 30 Sorten aus allen wichtigen Anbaugebieten der Welt wurden untereinander gekreuzt und dann anschließend ohne künstliche Selektion kontinuierlich angebaut. Nach etwa 20 Generationen erreichten diese genetisch sehr breiten Populationen das Ertragsniveau der besten Zuchtsorten. Da die Untersuchungen nur an einem Standort durchgeführt wurden, ist eine Verallgemeinerung dieser erstaunlichen Ergebnisse jedoch nicht möglich. Es kann nicht entschieden werden, ob die natürliche Selektion generell zu einem Anstieg von günstiger Allelen geführt hat, oder ob es sich um eine ganz spezifische Anpassung an die Standortbedingungen handelt. Ähnliche Untersuchungen sind nur sehr selten durchgeführt worden. Eine standortspezifisch unterschiedliche Entwicklung von breiten Ausgangspopulationen nach langjährigem Anbau wurde bei der Gerste (JANA und KHANGURA 1986) und bei Weizen (GOLDRINGER et al. 1998, PAILLARD et al. 2000) beobachtet. In den Untersuchungen von JANA und KHANGURA (1986) trat allerdings an einigen Standorten auch ein sehr schneller Verlust an genetischer Diversität auf.

Sowohl bei Fremd- als auch bei Selbstbefruchtern sollte die immer wieder vorgeschlagene Entwicklung von „dynamischen Genpools“ praktisch erprobt werden. Dies erfordert zunächst Pilotprojekte bei einige Modellarten mit unterschiedlichem Fortpflanzungssystem (z.B. Roggen, Weizen, Ackerbohne) unter Beteiligung von Landwirten, Züchtern und der Genbank, um entsprechende Konzepte zu entwickeln und experimentell zu untersuchen. Je nach Zielsetzung könnte die Zusammensetzung eines dynamischen Genpools unterschiedlich aussehen:

- Anbau einer alten Landsorte mit einem geringen Anteil verschiedener moderner Zuchtsorten
- Anbau einer modernen Zuchtsorte mit einem geringen Anteil verschiedener alter Landsorten
- Anbau von genetisch sehr breite Genpools, die aus Zuchtsorten, Landsorten und evtl. Wildformen bestehen.

Genetische Ressourcen in Genbanken

Weltweit sind in über 1.000 Genbanken über 6 Millionen Akzessionen von genetischen Ressourcen gelagert (HAMMER 1998). Das internationale Netzwerk der Genbanken ist selbstverständlich die Basis jeder Nutzung von pflanzengenetischen Ressourcen, und es wäre ein völliges Missverständnis anzunehmen, dass durch „On-farm-management“ oder „dynamische Populationen“ die Arbeit der „klassischen“ Genbanken auch nur teilweise ersetzt werden könnte. Zu fordern ist vielmehr die

Genbanken finanziell besser auszustatten, da sie das „Rückgrat“ jeder Arbeit mit genetischen Ressourcen bilden (HAMMER und GLADIS 1996).

Aus züchterischer Sicht entspricht die Zusammensetzung des Genbankmaterials allerdings nicht immer den praktischen Anforderungen. So besteht das weltweit verfügbare Genbankmaterial der Gattung *Brassica* zwar aus rund 75.000 Akzessionen, aber fast 90 % dieser Akzessionen umfassen die weltweit wichtigen vier Kulturarten, und die zahlreichen Wildarten sind mit nur 1 % der Akzessionen stark unterrepräsentiert (Tab. 2). Viele der Kulturformen liegen in Duplikaten vor und unterscheiden sich zudem genetisch nicht wesentlich von dem Material, das auf den Versuchsfeldern der Zuchtfirmen angebaut wird. Dagegen sind die Wildarten bisher wenig untersucht und einige von ihnen sind aufgrund ungewöhnlicher Fettsäuremuster züchterisch sehr interessant (VELASCO et al. 1998). Auch eine weltweite Umfrage bei Genbanknutzern unterstreicht das Interesse nicht nur an aktuellen und alten Sorten der wichtigsten *Brassica*-Arten, sondern ebenso auch an verwandten Wildarten (MCFERSON et al. 1996). Von einigen *Brassica*-Wildarten sind aber weltweit aus Genbanken nur ein oder zwei Akzessionen verfügbar (BOUKEMA und van HINTUM 1999). In der Erfassung von verwandten Wildarten unserer Kulturpflanzen liegt daher ein Aufgabenbereich der Genbanken mit zunehmender Bedeutung.

Tab. 2: Zusammensetzung der weltweit vorhandenen Genbankbestände der Gattung *Brassica* (nach BOUKEMA und van HINTUM 1999)

Tab. 2: Number and percentage of conserved Brassica accessions in the world (after BOUKEMA and van HINTUM 1999)

Art	Anzahl Akzessionen	%
<i>B. oleracea</i>	20.106	27
<i>B. rapa</i>	18.224	25
<i>B. juncea</i>	13.549	18
<i>B. napus</i>	13.543	18
<i>B. carinata</i>	1.486	2
<i>B. nigra</i>	1.146	2
<i>Brassica</i> -Wildarten	412	1
Unbekannt und sonstiges	5.575	7

Literatur

- ALLARD, R.W. (1988): Genetic changes associated with the evolution of adaptiveness in cultivated plants and their wild progenitors. *Journal of Heredity*, 79, 225-238.
- ALLARD, R.W. (1996): Genetic basis of the evolution of adaptedness in plants. *Euphytica* 92, 1-11.
- BML (2000): Genetische Ressourcen für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten. Schriftenreihe des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, Reihe A: Angewandte Wissenschaft, **487**, Landwirtschaftsverlag GmbH, Münster.
- BOUKEMA, I.W., and Th.J.L. van HINTUM (1999): Genetic Resources. In: C. GÓMEZ-CAMPO (ed.) *Biology of Brassica Coenospecies*. Elsevier Science B.V., Amsterdam. pp 461-479.
- BUNDESSORTENAMT (Hrsg.) (2000): Beschreibende Sortenliste Getreide, Mais, Ölfrüchte, Leguminosen, Hackfrüchte. Landbuch Verlag Hannover.
- ECKE, W. (1998): Züchterische Integration quantitativ bestimmter Eigenschaften - Molekulargenetischer Ansatz. *Schriften zu Genetischen Ressourcen* **8**, 166-175. ZADI Bonn.
- FULTON, T.M., S. GRANDILLO, T. BECK-BUNN, E. FRIDMAN, A. FRAMPTON, J. LOPEZ, V. PETIARD, J. UHLIG, D. ZAMIR and S.D. TANKSLEY (2000): Advanced backcross QTL analysis of a *Lycopersicon esculentum* x *Lycopersicon parviflorum* cross. *Theor. Appl. Genet.* **100**, 1025-1042.
- GASS, T., L. FRESE, F. BEGEMANN and E. LIPMAN (Hrsg.) (1999): "Implementation of the Global Plan of Action". Proceedings of the European Symposium 30.6. – 3.7. 1998, Braunschweig, Germany. IPGRI, Rome.
- GOLDRINGER, I., S. PAILLARD, J. ENJALBERT, J.L. DAVID, and P. BRANBANT (1998): Divergent evolution of wheat populations conducted under recurrent selection and dynamic management. *Agronomie* **18**, 413-425.
- HAMMER, K. (1998): Agrobiodiversität und pflanzengenetische Ressourcen. *Schriften zu Genetischen Ressourcen* **10**, ZADI, Bonn.
- HAMMER, K. und T. GLADIS (1996): Funktionen der Genbank des IPK Gatersleben bei der *In-situ*-Erhaltung on farm. *Schriften zu Genetischen Ressourcen* **2**, 83-89.
- HEYDEN, B. und E. LAMMERTS VAN BUEREN (2000): "Biologische Vielfalt bei Gemüse und Getreide. Entwicklungschancen im ökologischen Landbau". NABU, Landesverband Baden-Württemberg, Stuttgart.
- HORNEBURG, B., und H.C. BECKER (1998): Landsorten der Linse - Von der Genbank über den Acker in den Magen. *Schriften zu genetischen Ressourcen* **8**, 235-238.
- JANA, S. and B.S. KHANGURA (1986): Conservation of diversity in bulk populations of barley (*Hordeum vulgare* L.) *Euphytica* **35**, 761-776.
- JARVIS, D.L., L. MYER, H. KLEMICK, L. GUARINO, M. SMALE, A.H.D. BROWN, M. SADIKI, B. STAPIT and T. HODGKIN (2000): A Training Guide for *In Situ* Conservation On-farm. Version I. International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy.

- KAMEKE, K. VON (1991): Die Entwicklung der Kartoffelzüchtung in Deutschland. Bericht über die 16. Kartoffeltagung der AG Kartoffelforschung eV, Granum Verlag, pp. 6-12.
- KUCKUCK, H. (1974): Bedeutung der Nutzung, Erhaltung und Weiterentwicklung der natürlichen genetischen Formenmannigfaltigkeit für die Pflanzenzüchtung - ein Beitrag zur "Grünen Revolution". *Naturw. Rdsch.* **27**, 267-272.
- MELCHINGER, A., H.F. UTZ and C.C. SCHÖN (2000): From Mendel to Fisher: The power and limits of QTL mapping for quantitative traits. *Votr. Pflanzenzüchtg.* **48**:132-142.
- MEYER, R.; C. REVERMANN und A. SAUTER (1998): *Biologische Vielfalt in Gefahr?* Edition Sigma, Berlin.
- MCFERSON, J.R., W.F. LAMBOY and S. KRESOVICH (1996): Assessing user perceptions of genetic resource collection in crucifer crops. *Crop Sci.* **36**, 831-838.
- NEGRI, V., H. BECKER, J. ONNELA, A. SARTORI, S. STRAJERU and B. LALIBERTÉ (2000): A first inventory of on-farm conservation and management activities in Europe including examples of formal and informal sector cooperation. In: LALIBERTÉ, B., L. MAGGIONI, N. MAXTED, V. NEGRI (compilers): *ECP/GR In situ and O-farm Conservation Network*, pp. 14-30. International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy.
- OETMANN-MENNEN, A. (1999): "Biologische Vielfalt in der Landwirtschaft – Luxus oder Notwendigkeit?" In: GÖRG, C.; HERTLER, C.; SCHRAMM, E. und M. WEINGARTEN (Hrsg.) (1999): *Zugänge zu Biodiversität - Disziplinäre Thematisierungen und Möglichkeiten integrierender Ansätze. Ökologie und Wirtschaftsforschung* **34**, Metropolis Verlag, Marburg 327 S..
- OETMANN-MENNEN, A. und F. BEGEMANN (1998): "Genetische Vielfalt und pflanzengenetische Ressourcen – Gefährdungsursachen und Handlungsbedarf". *Schr.-R. f. Vegetationskunde* **29**, 35-46, BfN, Bonn.
- PAILLARD, S., I. GOLDRINGER, J. ENJALBERT, M. TROTTET, J. DAVID, C. DE VALLAVIEILLE-POPE and P. BRABANT (2000) : Evolution of resistance against powdery mildew in winter wheat populations conducted under dynamic management. II. Adult plant resistance. *Theor. Appl. Genet.* **101**, 457-462.
- PILLEN, K., A. ZACHARIAS und J. LÉON (1998): AB-QTL-Analyse: Strategien und erste Ergebnisse für Gerste. *Votr. Pflanzenzüchtung* **43**, 23-37.
- PLARRE, W. (1997): *In-situ-Konservierung*. In: W. ODENBACH (Hrsg.) *Biologische Grundlagen der Pflanzenzüchtung*, pp. 19-23. Parey Berlin.
- SCHNELL, F.W. (1980): Aspekte der genetischen Diversität im Problemkreis der Pflanzenzüchtung. *Göttinger Pflanzenzüchter-Seminar* **4**, 5-15.
- SUNESON, C.A. (1956): An evolutionary plant breeding method. *Agron. J.* **48**, 188-191.
- VELASCO, L., GOFFMAN, F.D. and H.C. BECKER (1998): Variability for fatty acid composition of the seed oil in a germplasm collection of the genus *Brassica*. *Genet. Res. Crop Evolution* **45**, 371-382.

- VELASCO, L., and C. MÖLLERS (1998): Nondestructive assessment of sinapic acid esters in *Brassica* species: II. Evaluation of germplasm and identification of phenotypes with reduced levels. *Crop Sci.* **38**, 1650-1654.
- VETELÄINEN, M. (1994): Widening of genetic variation in barley breeding programmes. *Acta Agric.Scand.,Sect. B, Soil and Plant Sci.* **44**,129-135.
- WEIßLEDER, K. (1996): Genetische Kartierung von Loci für züchterisch bedeutsame Merkmale beim Winterraps (*Brassica napus* L.). Dissertation, Georg-August-Universität Göttingen, Cuvillier Verlag Göttingen.
- ZADI (Hrsg.) (1997): 4. Internationale Technische Konferenz der FAO über pflanzen-genetische Ressourcen, Schriften zu Genetischen Ressourcen, Sonderband, ZADI, Bonn.

Resynthese-Raps (*Brassica napus* L.) als genetische Ressource für die Qualitäts- und Ertragszüchtung

Resynthesised rape (Brassica napus L.) as genetic resource in rapeseed improvement for quality and agronomic performance

FATIH SEYIS, WOLFGANG FRIEDT und WILFRIED LÜHS¹

Zusammenfassung

In den letzten zwei Jahrzehnten sind *Brassica*-Arten - aufgrund der ständigen Entwicklung in der Biotechnologie und Züchtung sowie im Anbau und der Produktionstechnik - zu den weltweit wichtigsten Quellen für Pflanzenöl und Gemüse geworden. Seit jüngerer Zeit stehen bei Körnerölraps (*Brassica napus* L.) effektive Systeme zur Befruchtungslenkung zur Verfügung, die eine noch bessere Ausschöpfung des Ertragspotentials in Form der Hybridzüchtung erlauben. Jedoch ist das vorhandene Zuchtmaterial sehr eng miteinander verwandt und die intensive Qualitätszüchtung (Erucasäurefreiheit, Glucosinolatarmut) hat auch zur Einengung der genetischen Basis der Kulturart beigetragen. Zur Entwicklung von divergentem Ausgangsmaterial für die weitere Verbesserung des Kornertrages, der Krankheits- und Schädlingsresistenz sowie wichtiger Samenqualitätseigenschaften können genetische Ressourcen der Ausgangsformen von Raps, *B. rapa* (u.a. Rübsen, Stoppelrübe, Chinakohl) und *B. oleracea* (Gemüsekohle, Wildkohle, etc.) mit Hilfe der Resynthese von *B. napus* genutzt werden. Aufgrund der schwachen Ertragsleistung und Samenqualität von neu erstellten Resynthese-Rapsformen im Vergleich zu vorhandenem 00-Zuchtmaterial ist die züchterische Nutzung, wie die Schaffung von divergenten Genpools und die direkte Integration in Sortenmaterial, nur begrenzt möglich und muss daher langfristig - im Zuge von aufwendigen Rückkreuzungsprogrammen - erfolgen. Eine Strategie, Samenqualität mit der genetischen Diversität von Resynthese-Rapsformen zu verbinden, stellen unsere Versuche dar, neu identifizierte erucasäurefreie *B. oleracea*-Formen für die Resynthese von Raps zu verwenden.

¹ Justus-Liebig-Universität
Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung I
Heinrich-Buff-Ring 26-32
D-35392 Gießen

Summary

*In the past two decades, Brassica crop species have become one of the world-wide most important sources of oil and vegetables. This development was accomplished by substantial progress in breeding and biotechnology as well as by modernization of cultivation practices. Recently, the availability of effective hybridisation systems has enabled a shift to hybrid cultivars in the breeding of oilseed rape (*B. napus* L.). However, present breeding material is very closely related and intensive quality breeding has also contributed to limit the genetic base of this crop species. In order to develop divergent germplasm for further improvements of seed yield, disease and pest resistance as well as important seed quality traits, *B. rapa* (turnip rape, turnip, Chinese cabbage, Indian sarsons) and *B. oleracea* (kales, cabbages, Brussels sprouts, kohlrabi, cauliflowers, sprouting broccoli, wild kales, etc.) genetic resources can be utilised through resynthesis of *B. napus*. Due to its inferior agronomic performance and seed quality - as compared to current double-low breeding material - the establishment of a new gene pool based on artificial *B. napus* is limited and has to be considered under more long-term perspectives. One strategy to exploit novel *B. napus* in rapeseed improvement with minimum losses neither of seed quality nor genetic divergence will be our resynthesis experiments using zero-erucic *B. oleracea* forms, which we have identified as a novel source of a gene conferring low erucic acid content to Brassica seed oils.*

Einleitung

Bedeutung der Polyploidiezüchtung

Der Mensch hat sich einst vom Jäger und Sammler zum Ackerbauern entwickelt. Mit der systematischen Inkulturnahme der zuvor sporadisch gesammelten und genutzten Pflanzenarten begann auch die bewusste Pflanzenzüchtung, und der Mensch griff damit aktiv in die Evolution der genutzten Pflanzen ein. Indes sind nicht alle ehemals gesammelten Nutzpflanzen zu Kulturpflanzen entwickelt worden, obgleich im Grunde alle heute kultivierten Arten direkt oder indirekt von Wildformen abstammen. So haben Mutations- und Rekombinationsschritte auch ohne weitere Bastardierung mit anderen Arten direkt zu Kulturarten geführt; Beispiele hierfür sind Gerste (*Hordeum vulgare* L.), Lein (*Linum usitatissimum* L.), Zuckerrübe (*Beta vulgaris* L.) sowie manche Futterleguminosen und -gräser. Andere Kulturpflanzen sind über Umwege nach Art- und Gattungsbastardierungen von Wild- und/oder Kulturarten mit anschließender Veränderung der Chromosomenzahl oder -struktur (Polyploidisierung, Chromosomenaberrationen) indirekt entstanden. Insbesondere die Entstehung amphidiploider (allopolyploider) Formen hat in der Evolution der Kulturpflanzen eine große Rolle gespielt: Dies gilt für zahlreiche bedeutende Kulturpflanzenarten, wie Baumwolle (*Gossypium* L. spp., $2n=4x=52$), Erdnuss (*Arachis hypogaea* L., $2n=4x=40$), Tabak (*Nico-*

tiana tabacum L., $2n=4x=48$), Pflaume (*Prunus* L. ssp., $2n=16, 24, 32, 48$ mit $x=8$), sowie Hartweizen (*Triticum durum* Desf., $2n=4x=28$), Brotweizen (*Triticum aestivum* L.) und Hafer (*Avena sativa* L.) mit jeweils $2n=6x=42$ Chromosomen (vgl. LEIBENGUTH, 1982; HAMMER et al. 1997).

Aus Sicht des Pflanzenzüchters ist es von essenzieller Bedeutung, mit einem Ausgangsmaterial zu arbeiten, das eine große genetische Variabilität aufweist. Aufgrund der nicht selten schmalen genetischen Basis von Kulturarten und im Hinblick auf die Erhaltung und gezielte Nutzung genetischer Ressourcen der diploiden Ausgangsarten hat die Polyploidiezüchtung wieder an Bedeutung gewonnen, so z.B. in Form der „Resynthese“ allotetraploider *Brassica*-Arten. Diese geradezu klassische Verwandtschaftsbeziehung zwischen den als Ölpflanzen genutzten *Brassica*-Arten Raps (*B. napus* L., Genom AACCC, $n=19$), Brauner oder Indischer Senf (*B. juncea* (L.) Czern., AABB, $n=18$) und Abessinischer Senf (*B. carinata* A. Braun, BBCC, $n=17$) und den diploiden Ausgangsformen, *B. nigra* (L.) Koch (Schwarzer Senf, BB, $n=8$), *B. oleracea* L. (Kohl, CC, $n=9$) und *B. rapa* L. (syn. *B. campestris* L., Rübsen, AA, $n=10$), wurde bereits sehr früh von MORINAGA (1934) und U (1935) cytogenetisch erforscht (vgl. Abb. 1). Rasch setzte sich in der Züchtungsforschung die Erkenntnis durch, dass die experimentelle Neu- oder Resynthese von *B. napus* (Raps, Kohl- oder Steckrübe) durch interspezifische Kreuzung von ausgewählten *B. oleracea*- und *B. rapa*-Formen eine grundlegende Erweiterung der genetischen Variabilität ermöglicht (vgl. CHEN und HENEEN 1989; PRAKASH und CHOPRA 1993; FRIEDT und LÜHS 1994; SONG et al. 1995; BECKER et al. 1995; LÜHS und FRIEDT 1999).

Die beiden Ausgangsformen weisen eine ausgeprägte Formenmannigfaltigkeit (vgl. GLADIS und HAMMER 1990, 1992) auf und das eröffnet die Möglichkeit der Auslese in diesen beiden Arten in bezug auf züchterisch wichtige Eigenschaften, um dadurch das Ergebnis der neu synthetisierten Rapsformen gezielt zu beeinflussen.

Entstehungsgeschichte und Abstammung

Der Raps (*B. napus*) stellt eine relativ junge Kulturpflanze dar; bisher ist von Raps noch kein direkter wilder Elter bekannt. Es wird davon ausgegangen, dass die spontane Bastardierung zwischen Rübsen und Kohl und die nachfolgende Diploidisierung phylogenetisch noch nicht lange, d.h. erst wenige Jahrhunderte zurückliegen. Die ältesten archäologischen Funde und urkundlichen Belege von Raps, der für die Ölgewinnung genutzt wurde, datieren in das 16. Jahrhundert zurück (u.a. KROLL 1994; vgl. LÜHS, 1996). Es ist sehr wahrscheinlich, dass *B. napus* seinen Ursprung im Mittelmeerraum, also dem gemeinsamen Verbreitungsgebiet der beiden Ursprungsarten, *B. rapa* und *B. oleracea*, hat. Eine weitere Vermutung ist, dass Rapsformen auch in Nordwesteuropa entstanden sind, denn beide Elternarten kamen früher wild an den Küsten des Atlantiks und der Nordsee vor. Schließlich deuten verschiedene

neuere Befunde weisen darauf hin, dass amphidiploide Rapsformen aus der Kreuzung von *B. rapa* und *B. oleracea* nicht nur einmal, sondern mehrfach an verschiedenen Standorten und mit verschiedenen Formen der diploiden Elternarten entstanden sind (vgl. u.a. SONG und OSBORN 1992).

Die intraspezifische Variabilität von *B. rapa* (Rübsen, Stoppel- oder Herbstrübe, China- und Pekingkohl, Indische Ölrübsen, etc.) und *B. oleracea* (Kulturformen, Wildkohl sowie weitere verwandte Wildarten und Sippen) hat auch zur Folge, dass die resynthetisierten Formen in der Regel nicht identisch mit den vorhandenen natürlichen Amphidiploiden sind, sondern ganz neue Formen darstellen.

Formenreichtum innerhalb *Brassica*

Die diploiden Ursprungsarten des Rapses haben über eine lange Zeit eine eigenständige Evolution und Domestikation erfahren. So entwickelten sich in Europa *B. rapa*-Formen zur Öl-, Futter- und Gemüsenutzung (ssp. *oleifera* (DC.) Metzg., ssp. *rapa*), in Indien verschiedene Ölrübsen-Formen (ssp. *trilocularis* (Roxb.) Hanelt, ssp. *dichotoma* (Roxb.) Hanelt) und in Ostasien Chinakohl (ssp. *chinensis* (L.) Hanelt, ssp. *pekinensis* (Lour.) Hanelt) und weitere Gemüseformen (ssp. *narinosa* (Bailey) Hanelt, ssp. *nipposinica* (Bailey) Hanelt). Es gibt eine Reihe von Hinweisen, dass der indische Rübsen 'Yellow Sarson' (ssp. *trilocularis*) eine unabhängige phylogenetische Entwicklung aufweist, da er von anderen *B. rapa*-Formen sehr verschieden ist (vgl. SONG et al. 1990; REINER et al. 1995; SIMONSEN und HENEEN, 1995; DUHOON und KOPAR, 1998; WARWICK und McDonald, 2000). Die Wildform von *B. oleracea* (ssp. *oleracea*) breitete sich vermutlich entlang der gesamten Mittelmeerküste und schließlich über Frankreich nach England und Helgoland aus (vgl. SONG et al. 1990). Zu den Vertretern des *B. oleracea*-Formenkreises (n=9) zählen neben den Kulturformen des Kohls auch die chinesische Gemüseart *B. alboglabra* L.H. Bailey sowie noch weitere, vorwiegend im mediterranen Raum beheimatete Wildsippen, wie z.B. *B. cretica* Lam., *B. hilarionis* Post, *B. montana* Pourr., *B. incana* Ten., *B. bourgeoui* (Webb ex H. Christ) Kuntze, *B. macrocarpa* Guss., *B. villosa* Biv., *B. rupestris* Raf. und *B. atlantica* (Coss.) O. E. Schulz (syn. *B. insularis* Moris), deren Genreservoir heute eine größere Bedeutung beigemessen wird. Es wird vermutet, dass die ungewöhnliche Formenvielfalt der Gemüsekohl-Kulturformen nicht monophyletisch auf den im atlantischen Küstengebiet vorkommenden Wildkohl (*B. oleracea* ssp. *oleracea*) zurückzuführen ist, sondern durch Bastardierungen und Introgressionen unter Beteiligung der im Mittelmeerraum beheimateten Wildarten hervorgerufen wurde (SNOGERUP et al. 1990; BOTHMER et al. 1995).

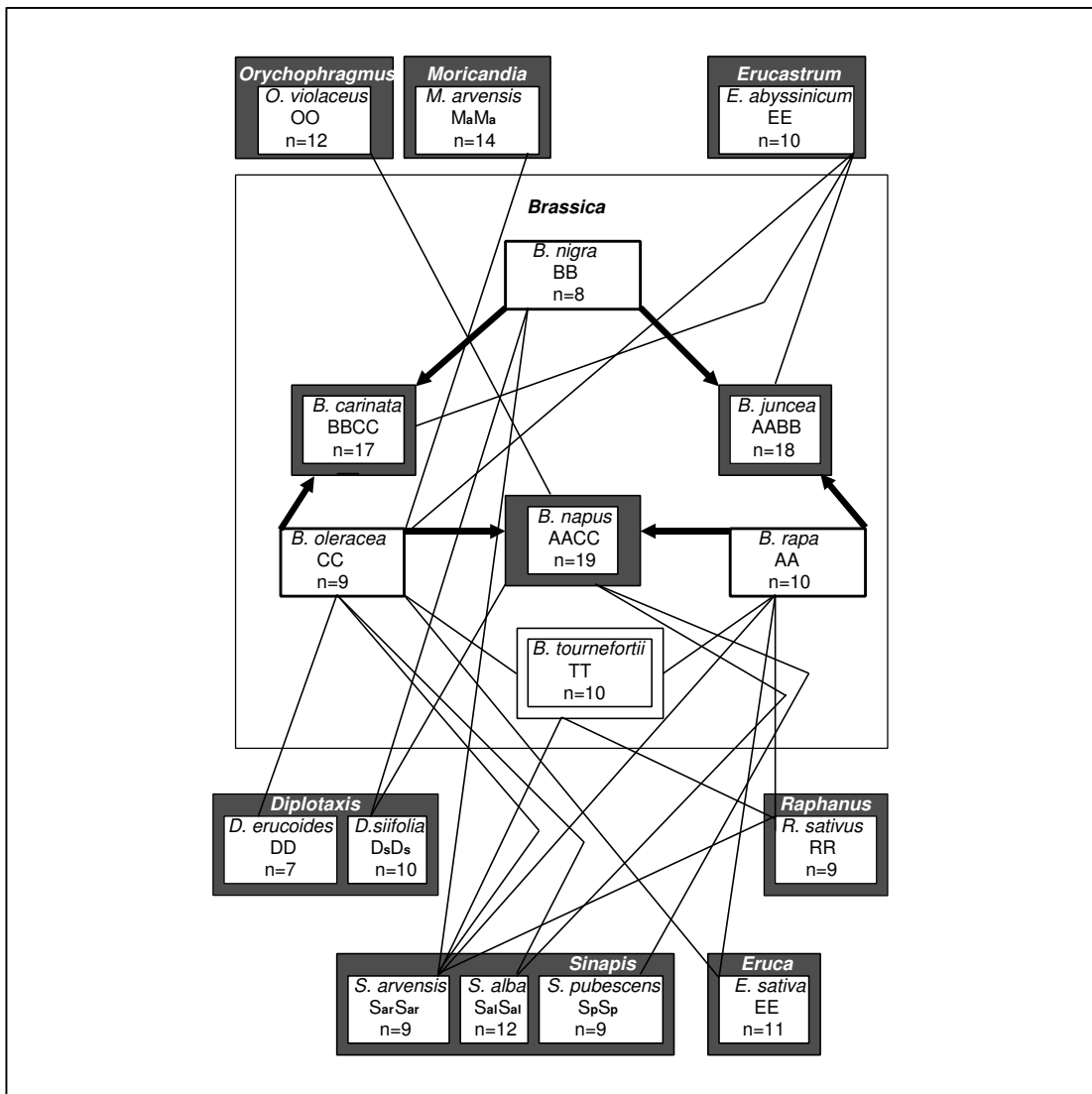


Abb. 1: Verwandtschaftsbeziehung ausgewählter Kreuzblütler (Brassicaceae) und deren züchterische Nutzung in Form von Art- und Gattungskreuzungen (durch Verbindungslinien dargestellt) (nach DOWNEY und RÖBBELEN (1989) ergänzt).

Fig. 1: Relationship of selected crucifers (Brassicaceae) and their use in breeding by interspecies and intergeneric hybridisation (crosses indicated by lines) (DOWNEY and RÖBBELEN (1989), mod.)

Art- und Gattungskreuzungen und Methoden der Bastardierung

Im Falle einer unzureichenden oder fehlenden Variation für ein bestimmtes züchterisch relevantes Merkmal innerhalb einer Spezies hat der Züchter die Möglichkeit „weite Kreuzungen“ zur Introgression von Fremdgenen durchzuführen, d.h. eine Kombination über Art- und Gattungsgrenzen hinweg. Über die gezielte Raps-Resynthese (*B. rapa* x *B. oleracea*) hinaus wurden zahlreiche Studien durchgeführt, in denen die Kreuzbarkeit der *Brassica*-Arten mit anderen, mehr oder weniger entfernt verwandten Gattungen untersucht wurde (vgl. Abb. 1).

Zwar sind die Kreuzungsbarrieren zwischen den Brassicaceae-Arten nicht sehr stark ausgeprägt aber Inkompatibilitätsmechanismen verhindern dennoch vielfach eine ungestörte Samenentwicklung (vgl. NISHIYAMA et al. 1991). So kommt es meistens bereits aufgrund eines gehemmten Pollenschlauchwachstums und durch Kallosebildung im Narbengewebe nicht zu einer Befruchtung (präzygotische Inkompatibilität). Möglichkeiten, um etwaige sexuelle Kreuzungsbarrieren zu umgehen, bieten verschiedene ‚Embryo rescue‘-Methoden (INOMATA 1993) und die Fertilisation *in vitro* (ZENKTELLER 1990) sowie - unter Umgehung der Befruchtung - die Protoplastenfusion oder somatische Hybridisierung (JOURDAN 1994; EARLE 1994). Im Fall der postzygotischen Inkompatibilität aufgrund von Unverträglichkeitsreaktionen zwischen dem Nährgewebe und dem heranwachsenden Embryo kann mit Hilfe des ‚Embryo rescue‘ die Ausbeute an Art- und Gattungsbastarden erfolgreich gesteigert werden, indem die Samenentwicklung *in vitro* vollzogen wird. Raps-Resynthesen durch sexuelle Hybridisierung sind mittlerweile in großer Zahl erfolgreich gelungen, indem entweder ganze Fruchtknoten (Ovariumkultur), unreife Samenanlagen (Ovulumkultur) oder isolierte Embryonen (Embryokultur) unter aseptischen Bedingungen auf geeigneten Nährmedien kultiviert wurden.

Andere züchterische interessante Kruziferen

Eine lange Tradition hat die Erzeugung von intergenerischen *Raphanobrassica*-Hybriden (KARPETSCHENKO 1924, 1929); in neuerer Zeit wurden Radieschen und Ölrrettich (*Raphanus sativus* L.) bei der Entwicklung neuer Cytoplasmen für die Hybridzüchtung (basierend auf CMS=cytoplasmatisch-kerngenisch determinierte männliche Sterilität) sowie zur Übertragung von Nematodenresistenz, Trockenheitstoleranz und Schotenplatzfestigkeit eingesetzt (AGNIHOTRI et al. 1990a; SAKAI und IMAMURA 1994; VOSS et al. 2000; LUO et al. 2000). Mauersenf (*Diplotaxis* L. spp.) hat Bedeutung als Resistenzquelle gegen Krankheiten und als CMS-Quelle (BATRA et al. 1990; MOHAPATRA et al. 1998). Gelbsenf (*Sinapis alba* L.) ist dürretolerant, krankheitsresistent und seine Schoten sind platzfest (BROWN et al. 1997). Ähnliches gilt für Ölrauke (*Eruca sativa* Mill.), die resistent gegenüber Krankheiten (*Albugo candida*, *Alternaria brassicae*) und Blattläuse ist (AGNIHOTRI et al. 1990b; SIKDAR et al. 1990).

Die Gattung *Moricandia* diente ebenfalls als Quelle für ein neues CMS-System (PRAKASH et al. 1998) und weckte das Forschungsinteresse aufgrund ihres intermediären C3-C4-Metabolismus (TORIYAMA et al. 1989; RAWSTHORNE et al. 1998). Im Hinblick auf eine industrielle Nutzung des Öls sind die Arten Ölkrambe (Abessinischer Meerkohl, *Crambe abyssinica* Hochst. ex R. E. Fries), *Thlaspi perfoliatum* L. und *Lesquerella fendleri* (A.Gray) S.Wats. zu nennen; insbesondere sind sie als Kreuzungspartner mit ertragreicheren *Brassica*-Arten interessant, um neue Fettsäure-Gene zu übertragen (FAHLESON et al. 1994; WANG und PENG 1998; SKARZHINSKAYA et al. 1998; SCHRÖDER-PONTOPPIDAN et al. 1999).

Die verschiedenen ‚Embryo rescue‘-Methoden unterscheiden sich vor allem hinsichtlich des Zeitpunkts des Kulturbeginns der Explantate. Zahlreiche erfolgreiche Art- und Gattungsbastarde belegen den nutzbringenden Einsatz dieses biotechnologischen Verfahrens (vgl. z.B. DIEDERICHSEN 1992; INOMATA 1993; RAWSTHORNE et al. 1998; WANG und PENG 1998).

Züchterisch relevante Beispiele – Zuchtziele

Die Erkenntnis über die Entstehungsgeschichte von *B. napus* wird seit den 50er Jahren in der Züchtung systematisch genutzt, wobei anfangs Verbesserungen agronomischer Eigenschaften, wie Winterhärte, Ölgehalt, Kornertrag und Krankheitsresistenz, im Vordergrund standen (vgl. RUDORF 1951; HOFFMANN und PETERS 1958; OLSSON und ELLERSTRÖM 1980; THOMPSON 1983). Die Resynthese-Rapse wurden dabei auch unmittelbar und erfolgreich in der Sortenzüchtung eingesetzt. Als Beispiele mögen die semi-synthetischen Rapsformen ‚Rapol‘ (‚Resyn‘ x ‚Lembkes Raps‘) oder ‚Norde‘ (‚Resyn‘ x ‚Matador‘) dienen. In Japan wurde die kopfbildende Gemüseform ‚Hakuran‘ gezüchtet, die auf eine Chinakohl x Weißkohl-Kreuzung zurückgeht. Die als Futterpflanze und Knollengemüse genutzten Kohlrüben (*B. napus* ssp. *rapifera*) wurden neu synthetisiert, indem Stoppel- oder Herbstrüben (*B. rapa* ssp. *rapa*) als Rübsenelter verwendet wurden (u.a. OLSSON und ELLERSTRÖM 1980; BRADSHAW et al. 1997). Außerdem gibt es bei *B. napus* keine tagneutralen Formen, die auch einen Anbau unter subtropischen Bedingungen in Indien und Bangladesh erlauben, so dass Versuche unternommen wurden, solche Formen aus photoperiodisch adaptierten Formen der beiden Grundarten zu erstellen (PRAKASH und RAUT 1983; SARLA und RAUT 1987; AKBAR, 1987, 1989).

In der heutigen Zeit bietet die Raps-Resynthese wertvolle methodische Möglichkeiten bei der Übertragung von Krankheitsresistenzen - wie z.B. gegen Wurzelhals- und Stengelfäule (*Leptosphaeria maculans*), Kohlhernie (*Plasmodiophora brassicae*) oder Cylindrosporiose (*Pyrenopeziza brassicae*) - und weiteren ertragsstabilisierenden Eigenschaften (z.B. Platzfestigkeit der Schoten), der Verbesserung von Qualitätseigenschaften (z.B. Fettsäure-Zusammensetzung, Gelbsamigkeit, Glucosinolat-

Muster) sowie der Entwicklung von Systemen für die Hybridraps-Produktion (vgl. DIEDERICHSEN 1992; FRIEDT und LÜHS 1994; LÜHS et al. 1998; LÜHS und FRIEDT 1999; CHILD et al. 1999; BRADBURNE et al. 1999).

Primäre Polyploide setzen sich in den wenigsten Fällen sofort durch; die meisten lassen zunächst keinen züchterischen Wert erkennen - insbesondere bzgl. des Ertrags als Hauptzuchtziel. Erst eine langjährige Selektion von Rekombinanten kann die Störung des auf die diploide Stufe abgestimmten genetischen Systems überwinden und zu einer harmonischen Entwicklung, besserer Anpassung und erhöhten Leistung der neuen Polyploiden führen. Wegen der bekannten schwachen Ertragsleistung lag die Bedeutung von resynthetisiertem *B. napus* lange Zeit weniger in seiner direkten agronomischen Verwertung, als in der Einkreuzung und Verbesserung von vorhandenem leistungsfähigem Raps-Zuchtmaterial im Hinblick auf spezifische Zuchtziele. Resynthese-Rapsformen sind in jüngster Zeit jedoch auch für die Ertragszüchtung relevant geworden, indem sie dazu beitragen sollen, die Diversität der Raps-Genpools für die Hybridzüchtung zu erweitern (vgl. KRÄLING 1987; VOSS et al. 1998; LÜHS et al. 1998; GIRKE 1998).

Material und Methoden

***Brassica*-Material**

Im Rahmen eines intensiven Screening wurde ein Sortiment von 607 *B. oleracea*- und 286 *B. rapa*-Herkünften zusammengetragen und hinsichtlich der Fettsäure-Zusammensetzung im Öl untersucht (vgl. LÜHS und FRIEDT, 1995; LÜHS, 1996). Neben dem am Gießener Institut bereits vorhandenen wurden weitere Herkünfte von ortsansässigen Samenhandlungen bezogen. Außerdem wurde umfangreiches *Brassica*-Material durch das Institut für Pflanzengenetik und Kulturpflanzenforschung (IPK) Gatersleben sowie das Institut für Pflanzenbau der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft Braunschweig-Völkenrode, Braunschweig, bereitgestellt (vgl. LÜHS 1996). Weiteres Samenmaterial geht auf verschiedene Genbanken zurück und wurde u.a. von J.R. MCFERSON (USDA-ARS, Plant Genetic Resources Unit, Cornell University, Geneva, NY, USA), R. LUHMAN (USDA-ARS, Iowa State University, North Central Regional Plant Introduction Station, Ames, Iowa, USA), D. ASTLEY (Horticultural Research International, Wellesbourne, Warwick, UK), I.W. BOUKEMA (CPRO-DLO, Wageningen, The Netherlands) und G.B. POULSEN (Nordic Gene Bank, Alnarp, Sweden) dankenswerterweise zur Verfügung gestellt. Ferner wurde *B. oleracea*-Material von F. SEYIS (Ondokuz Mayıs Universität, Samsun) aus der Türkei mitgebracht und in die Untersuchungen einbezogen.

Feldevaluierung von erucasäurereichen Resynthese-Rapsformen

Ein am Institut vorhandenes Sortiment von synthetischen *B. napus*-Formen mit hohem Erucasäure-Gehalt im Samenöl (LÜHS 1996; LÜHS und FRIEDT 1999), das auf eine interspezifische Kreuzung von indischem Ölrübsen 'Yellow Sarson' (*B. rapa* ssp. *trilocularis*) mit verschiedenen Blumenkohl-Sorten (*B. oleracea* convar. *botrytis* var. *botrytis*) 'Stupicky Obrovsky' (K 2256/79), 'Otecestvennaja' (K 2287/82), 'Super Regama' (K 3094/74), 'Schneekuppe' (K 3096/74) und 'Venus' (PI 372897) zurückgeht, wurde im Jahre 1999 unter Feldbedingungen auf seine agronomischen Eigenschaften im Vergleich zu zwei Körnerraps-Vergleichssorten ('Profitol', 'Star') und einem divergenten Sortiment (n=37) von Sommerrapsorten (Körner- und Grünnutzungstypen) geprüft (vgl. SEYIS et al. 1999). Die Evaluierung dieses Rapsmaterials erfolgte nach den Richtlinien des Bundessortenamtes (Hannover), die bei der Registerprüfung zur Anwendung kommen (ANON 1997). Verschiedene Eigenschaften der Genotypen - wie Pflanzenlänge, Blatteigenschaften, Blühbeginn und Blühdauer, Reife und Vegetationsdauer und auch Ertragskomponenten (Anzahl Schoten/Pflanze, Anzahl Samen/Schote, Tausendkorngewicht) - wurden erfaßt. Die morphologischen und phänologischen Daten wurden verwendet, um auf deren Basis Faktor- und Clusteranalysen (vgl. BACKHAUS et al. 1989) durchzuführen.

Erstellung von 0- bzw. 00-Resyntheseraps

Im Rahmen des erwähnten Screenings von divergentem *Brassica*-Material wurden mit Hilfe der Halbkornmethode auch *B. oleracea*-Einzelpflanzen der Genotypen 'Kashirka 202', 'Ladozhskaya DS 8395' und 'Eisenkopf' selektiert, die nahezu keine Erucasäure im Samenöl enthielten (LÜHS 1996; LÜHS et al. 1999, 2000a). Da es bisher keine Literaturangaben über das Vorhandensein von erucasäurefreien Kohlformen gab, waren die Voraussetzungen für die Erstellung von Qualitäts-Resyntheseraps mit ausgewählten 0- bzw. 00-Rübsen als Kreuzungspartner gegeben (LÜHS et al. 2000a, 2000b). Als Rübsenelter dienten für die 0-Rapsresynthesen der erucasäurefreie und glucosinolathaltige Sommerrübsen 'Asko'. Im Hinblick auf die Entwicklung von 00-Resyntheseraps wurden gelbsamige 00-Sommerrübsen, eine blütenblattlose Form (Norddeutsche Pflanzenzucht, Hohenlieth) und die kanadische Sorte 'Reward' (University of Manitoba, Winnipeg, Manitoba) verwendet.

„Embryo rescue“-Technik

Zur Erstellung der Hocherucasäure-Resyntheserapse wurde die von LÜHS (1996) beschriebene Embryo-Kultur *in ovulum* (Ovulumkultur) eingesetzt. Bei den jüngsten Experimenten zur Entwicklung von Qualitäts-Resyntheseraps (*B. oleracea* 'erucasäurefrei' x *B. rapa* 0-Rübsen 'Asko') wurden folgende Modifikationen vorgenommen:

Die Inkulturnahme *in vitro* erfolgte nach Beerntung der unreifen Schoten bzw. Präparation der Ovuli 5 oder 8 Tage nach der Bestäubung (days after pollination, DAP). Die Oberflächensterilisation der Schoten erfolgte mit einer 5%igen Natriumhypochlorid-Lösung (10 min) und einem daran anschließenden Spülgang in sterilem Wasser. In einzelnen Versuchen wurden die intakten Schoten erst unter *in vitro*-Bedingungen zwischenkultiviert, bevor die Ovuli nach weiteren 5 Tagen aus den Schoten herauspräpariert und auf Kulturmedium umgesetzt wurden (vgl. LÜHS et al. 2000b). Bei den laufenden Arbeiten zur Erstellung von 00-Resyntheseraps erfolgt die Präparation und Inkulturnahme der Ovuli (ohne zwischengeschaltete Subkultur der Schoten) in einem Alter von 7-15 DAP bei Sichtbarwerden der Samenanlagen.

Ergebnisse und Diskussion

Variabilität und Leistung von erucasäurereichem Resynthese-Raps

Die Gießener Arbeiten zur Raps-Resynthese zielten auf die Entwicklung von Basismaterial für die Züchtung von erucasäurereichem Raps, der im industriellen Bereich nachgefragt wird (vgl. BIERMANN et al. 2000). Ein intensives Screening in vorhandenen Raps- und anderen *Brassica*-Herkünften ergab, dass die genetische Variabilität des untersuchten Rapsmaterials im Hinblick auf hohen Erucasäure-Gehalt begrenzt ist. In der formenreichen *B. oleracea*-Gruppe fanden sich speziell unter den Blumenkohl-Herkünften (convar. *botrytis* (L.) Alef. var. *botrytis* L.) Genotypen mit Erucasäure-Anteilen im Samenöl von bis über 60%. Zusammen mit dem bekanntermaßen hoch-erucasäurehaltigen sommerannuellen Ölrübsen 'Yellow Sarson' (*B. rapa* L. ssp. *trilocularis* (Roxb.) Hanelt) war somit das aussichtsreichste Ausgangsmaterial für die Resynthese von Raps gegeben (LÜHS und FRIEDT 1994, 1995). Nach der Etablierung einer entsprechenden Ovulumkultur-Methode gelang es, eine große Anzahl von synthetischen Sommerraps-Formen (Resynthese-Linien) zu erzeugen, die auf Kreuzungen von verschiedenen wenig vernalisationsbedürftigen Blumenkohl-Mustern ('BK2256', 'BK2287', 'BK3094', 'BK3096', 'Venus') und einer indischen 'Yellow Sarson'-Herkunft ('Y.S.') zurückgehen. Die gewonnenen Resynthese-Linien wurden hinsichtlich ihrer Fettsäure-Zusammensetzung im Samenöl untersucht. Dabei wurde eine den Ausgangseltern vergleichbare Variationsbreite der Hauptfettsäuren - insbesondere der Erucasäure (bis über 60% C22:1) - festgestellt (LÜHS 1996; LÜHS und FRIEDT 1999).

In den Jahren 1998 und 1999 wurden insgesamt 165 verschiedene Resynthese-Linien unter Feldbedingungen (Rauischholzhausen) auf ihre agronomischen Eigenschaften – vor allem auf morphologische Merkmale, Wuchs- und Blüheigenschaften sowie Ertragskomponenten - in Anlehnung an die Richtlinien des Bundessortenamtes, die der Prüfung der Unterscheidbarkeit, Homogenität und Beständigkeit dienen, untersucht. Die neu synthetisierten Rapsformen sind nicht winterhart und zeigen -

abgesehen von wenigen Ausnahmen (sog. Wechseltypen) - kein ausgesprochenes Vernalisationsbedürfnis. Im allgemeinen wurde eine ausgeprägte Bastardwüchsigkeit in bezug auf die Ausbildung vegetativer Pflanzenorgane, wie die Dicke und Länge der Stängel sowie Anzahl und Größe der Blätter, beobachtet (vgl. SEYIS et al. 1999; LÜHS und FRIEDT 1999). Zwischen Resynthese-Linien wurden erhebliche Unterschiede in der Pflanzenlänge, dem zeitlichen Übergang von der vegetativen in die generative Phase und dem Blühzeitpunkt festgestellt. Grundsätzliche Beeinträchtigungen der Fertilität und des Schotenansatzes, wie sie u.a. von AHMADI (1990) beschrieben wurden, fielen nicht auf, da die verwendeten Ausgangsformen - 'Yellow Sarson' und Blumenkohl - innerhalb ihrer Art zu den selbstfertilen Varietäten zählen.

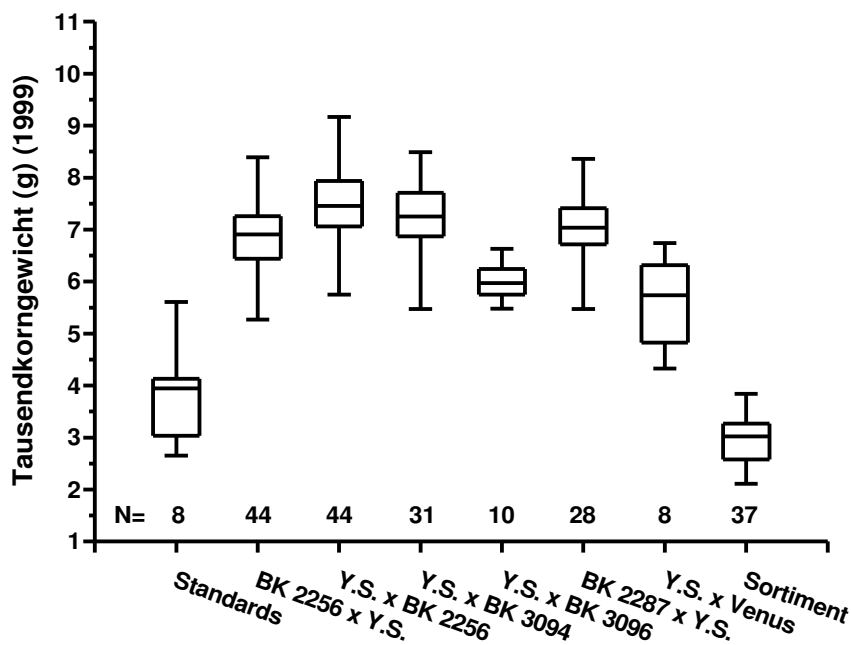


Abb. 2: Evaluierung von Resynthese-Rapsmaterial (Rauischholzhausen, 1999) im Hinblick auf die Variation des Tausendkorngewichts (TKG). Die Boxplots beschreiben die Extremwerte, den Median sowie die 25%- und 75%-Quartile; N = Anzahl der Parzellen mit Standards ('Profitol', 'Star') bzw. verschiedener Resynthese-Raps-Linien mit gleichem Pedigree.

Fig. 2: Evaluation of resynthesised rapeseed material (Rauischholzhausen 1999) with regard to the variation of thousand grain weight. The box plots describe the extreme values and the median as well as the 25% and 75% quartiles; N= number of plots with checks ('Profitol', 'Star') and different resynthesised rapeseed lines possess the same pedigree, respectively.

Es ist allgemein bekannt, dass primäre Polyploide im Vergleich zu natürlichen Rapsformen deutlich ertragsschwächer sind. Aber bisher wurden nur wenige eingehende Untersuchungen über die Ertragskomponenten in Resynthese-Rapsmaterial durchgeführt (vgl. KRÄLING 1987; AHMADI 1988, 1991). Unser Resynthese-Rapsmaterial zeigte hinsichtlich des Merkmals Tausendkorngewicht (TKG, vgl. Abb. 2) immerhin deutliche Unterschiede im Vergleich zu den Vergleichssorten und dem Sommerraps-Sortiment.

Während das TKG für die Vergleichssorten und das Sortiment zwischen 2-6 g rangierte, zeigten die Resynthese-Rapse TKGs von 4 bis über 9 g. Im Gegensatz dazu war eine deutlich niedrigere Anzahl von Schoten pro Pflanze im Resynthese-Rapsmaterial vorhanden (Abb. 3).

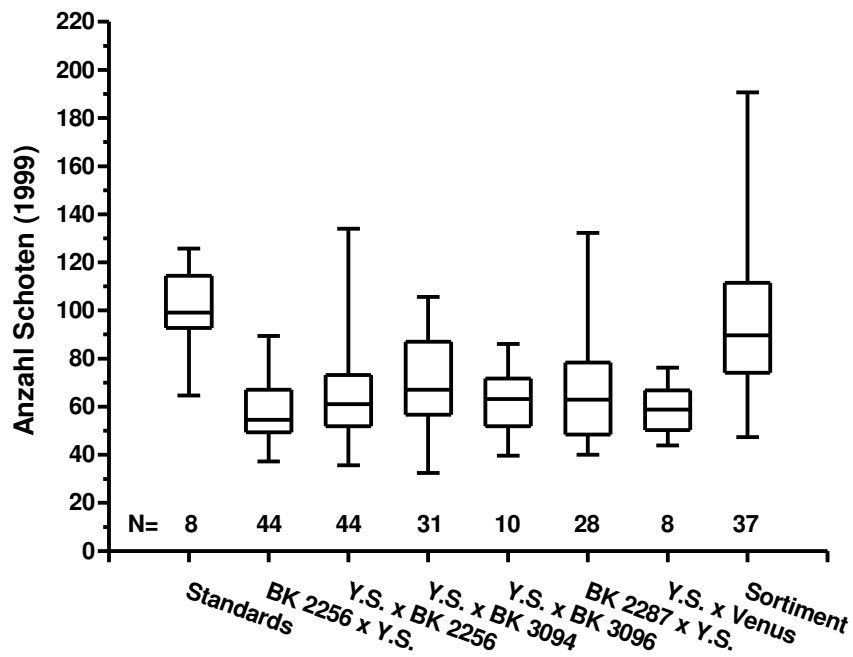


Abb. 3: Evaluierung von Resynthese-Rapsmaterial (Rauischholzhausen, 1999) im Hinblick auf die Variation der Anzahl Schoten pro Pflanze. Die Box-plots beschreiben die Extremwerte, den Median sowie die 25%- und 75%-Quartile; N = Anzahl der Parzellen mit Standards ('Profitol', 'Star') bzw. verschiedener Resynthese-Raps-Linien mit gleichem Pedigree.

Fig. 3: Evaluation of resynthesised rapeseed material (Rauischholzhausen 1999) with regard to the variation of number of pods per plant. The box plots describe the extreme values and the median as well as the 25% and 75% quartiles; N= number of plots with checks ('Profitol', 'Star') and different resynthesised rapeseed lines possess the same pedigree, respectively.

Aber es gab auch einzelne Resyntheseformen, die eine Schotenzahl im Bereich der Rapsorten aufwiesen. Die Werte lagen für 'Profitol' und 'Star' im Bereich von 90-120 Schoten/Pflanze. Auffallend war die Variation im Sommerraps-Sortiment, was auf das Vorhandensein einiger Futterrapstypen zurückzuführen war. Das untersuchte Resynthese-Rapsmaterial unterschied sich auch in Qualitätseigenschaften von den natürlichen Rapsorten (Abb. 4). Die Resynthese-Rapse hatten einen deutlich niedrigeren Ölgehalt; es gibt aber auch einzelne Resynthese-Linien, welche die Werte der Sorten erreichen.

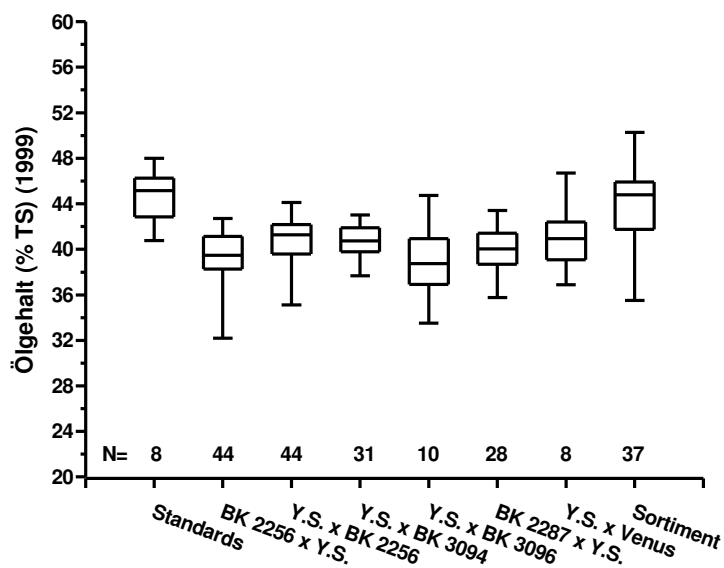


Abb. 4: Evaluierung von Resynthese-Rapsmaterial (Rauischholzhausen 1999) im Hinblick auf die Variation des Ölgehaltes. Die Boxplots beschreiben die Extremwerte, den Median sowie die 25%- und 75%-Quartile; N = Anzahl der Parzellen mit Standards ('Profitol', 'Star') bzw. verschiedener Resynthese-Raps-Linien mit gleichem Pedigree.

Fig. 4: Evaluation of resynthesised rapeseed material (Rauischholzhausen 1999) with regard to the variation of oil content. The box plots describe the extreme values and the median as well as the 25% and 75% quartiles; N= number of plots with checks ('Profitol', 'Star') and different reynthesised rapeseed lines possess the same pedigree, respectively.

Diversität des neuen Resynthese-Rapsmaterials

Bei der Erzeugung von Resynthese-Rapsformen stellt sich die Frage, wie verschieden das neu geschaffene Material im Vergleich zu natürlichem Rapsmaterial ist. Für den Rapszüchter ist es von vordringlichem Interesse, welche genetische Variabilität beim Raps insgesamt und in Teilsortimenten - z.B. Winter- und Sommerformen, europäisches vs. asiatisches Material, usw. - verfügbar ist, und in welcher Weise resynthetisierte Rapsformen diese Variabilität erweitern können. Unter Verwendung der erfaßten morphologischen Daten wurden Diskriminanz- und Clusteranalysen durchgeführt. Nach der Erstellung eines Streudiagramms mit Hilfe der Hauptkomponentenanalyse nach BACKHAUS et al. (1989) konnte - basierend auf den Felddaten - sowohl zwischen den Resynthese-Familien als auch den Vergleichssorten und dem Sortiment unterschieden werden (Abb. 5). Außerdem konnten wir Futterrapssorten wie 'Petranova', 'Jumbo' und 'Tiger' von den kanadischen Körneröltypen 'Stellar', 'Oro' und 'Regent' deutlich differenzieren.

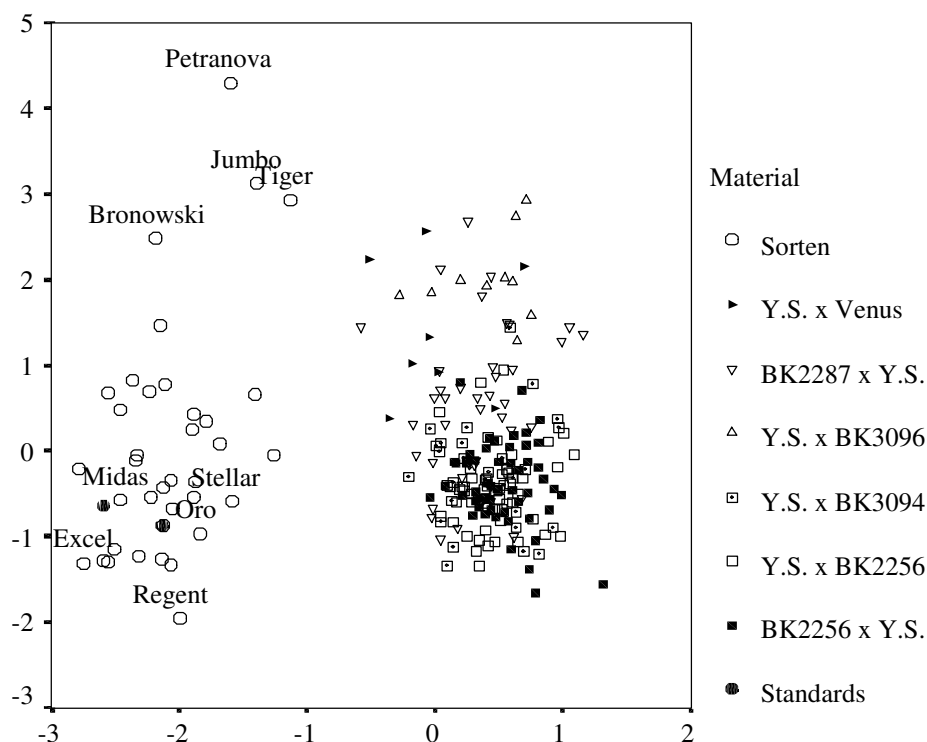


Abb. 5: Hauptkomponentenanalyse nach BACKHAUS et al. (1989)

Fig. 5: Main component analysis according to BACKHAUS et al. (1989)

Eine andere moderne Methode zur Bestimmung der genetischen Distanz von Materialgruppen und zur Genotyp-Identifizierung (Genotypisierung) bedient sich DNA-Markertechniken, insbesondere auf der Polymerase-Kettenreaktion (*Polymerase Chain Reaction*, PCR) basierende Markersysteme, wie RAPDs (Random Amplified

Polymorphic DNA), AFLPs (*Amplified Fragment Length Polymorphisms*) oder Mikrosatelliten bzw. SSR (*Simple Sequence Repeats*). Wir haben ein Sortiment von Sommer- und Winterrapssorten sowie eine Auswahl von Resynthese-Rapsformen mit Hilfe von RAPD-Primern auf seine Verwandtschaft bzw. genetische Distanz hin untersucht. Es konnte gezeigt werden, dass resynthetisiertes *B. napus*-Material von konventionellen Rapsorten bzw. daraus erstellten DH-Linien unterschieden werden kann. Darüber hinaus ließen sich innerhalb dieser beiden Hauptgruppen (Resyn vs. natürlicher Raps) ein- von zweijährigen und Sommer- von Winterformen klar unterscheiden. In Abbildung 6 sind die Ergebnisse der durchgeführten UPGMA-Clusteranalyse in Form eines Dendrogramms dargestellt (vgl. VOSS et al., 1998; LÜHS et al., 1998).

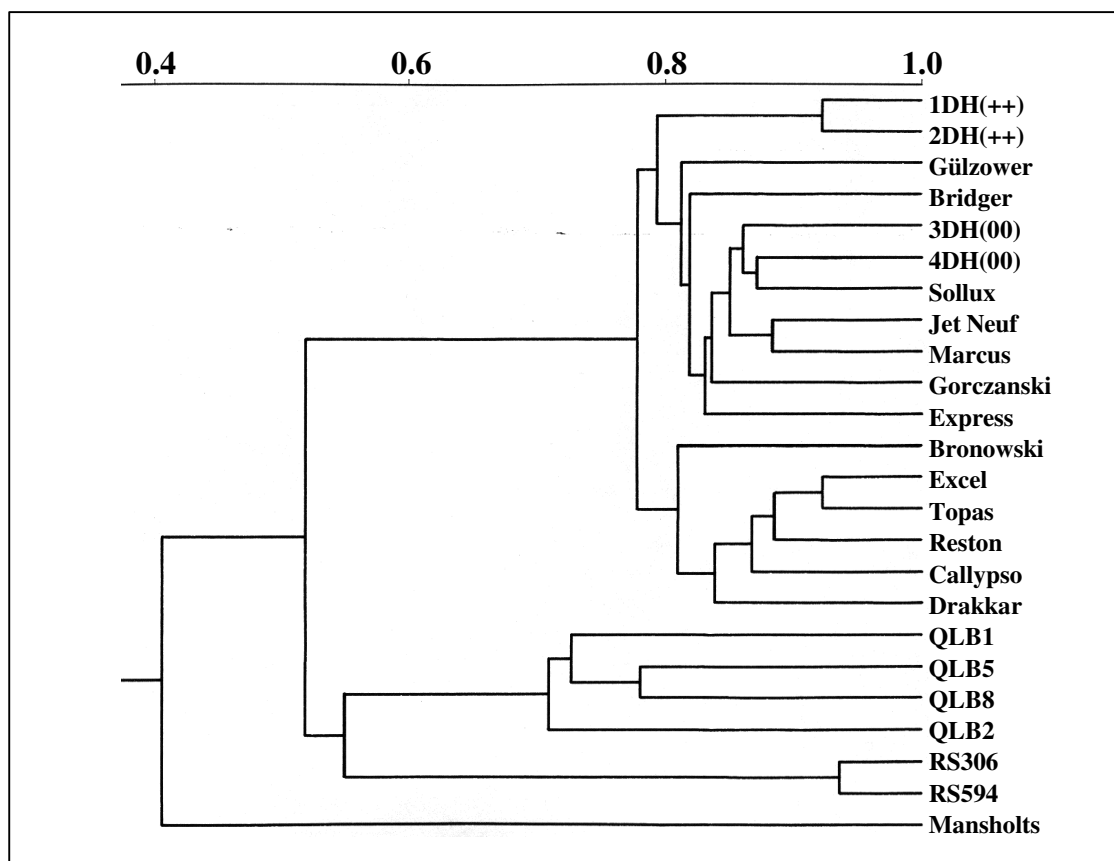


Abb. 6: Dendrogramm zur Darstellung der genetischen Ähnlichkeit zwischen verschiedenen Rapslinien und -sorten sowie resynthetisiertem Raps, basierend auf der Auswertung von RAPD-Fingerprints und einer UPGMA-Clusteranalyse (Voss et al. 1998).

Fig. 6: Dendrogram for showing the genetic similarity between different rapeseed lines and cultivars as well as resynthesised rapeseed on the basis of RAPD fingerprinting and UPGMA clustering (Voss et al. 1998).

Verwendung von 0- und 00-Resynthesen in der modernen Züchtung

In vorläufigen Experimenten konnten trotz einer vergleichsweise geringen Anzahl von Bestäubungen in der Kombination *B. oleracea* (erucasäurefrei) x *B. rapa* cv. 'Asko' insgesamt 1990 Ovuli in Kultur genommen werden. Nach Keimung der Ovuli und Regeneration wurden bislang 16 Bastardpflanzen erhalten, die durch Gewinnung von Sekundärsprossen verklont und in Erde überführt wurden (vgl. LÜHS et al. 2000b). Nach Colchicin-Behandlung der amphihaploiden Hybriden wird das gewonnene Selbstungssaatgut auf seine Fettsäure-Zusammensetzung bzw. Erucasäurefreiheit hin untersucht. Zur Erstellung von 00-Resyntheserapsen liegen noch keine abschließenden Ergebnisse aus der Gewebekultur *in vitro* vor. Die Voraussetzungen für die Züchtung von modernen 00-Sorten wurden durch das Auffinden einer erucasäurefreien Mutante in der deutschen Sommerrapssorte 'Liho' (STEFANSSON et al. 1961) bzw. der glucosinolathaltigen polnischen Sommerrapssorte 'Bronowski' (DOWNEY et al. 1969) geschaffen. In der Qualitätsrapsszüchtung kam es infolge allgemein durchgeführter Kombinationen mit diesen Sommerraps-Formen zu einer gravierenden genetischen Einengung des Rapsmaterials, so dass die Notwendigkeit besteht, die Genbasis des Rapses zu erweitern, um insgesamt größere Fortschritte in der Ertragszüchtung bzw. der Entwicklung von leistungsfähigen Hybridsorten zu erzielen.

Es hat nicht an Bestrebungen gefehlt, neue Formenkreise durch resynthetisierte Rapsformen zu bilden und dadurch die Diversität vorhandener Genpools zu erweitern (u.a. GIRKE 1998). Der breiten Verwendung von Resyntheserapsen in modernen Rapszuchtprogrammen steht jedoch deren herkömmliche Samenqualität (erucasäure- und glucosinolathaltig, +-Qualität) als Handicap entgegen, welches nur durch aufwändige Qualitätskonvertierung - verbunden mit einem gleichzeitigen Verlust an Diversität - behoben werden kann. Mit der Erstellung von 0- bzw. 00-Resyntheserapsen wird eine neue Quelle für diese beiden Qualitätseigenschaften geschaffen, die unter Beibehaltung der Diversität der synthetischen Rapsformen in konventionelles Rapszuchtmaterial übertragen werden kann (vgl. LÜHS et al. 2000b).

Schlussbetrachtung

Im Vergleich zu anderen Kulturpflanzenarten ist der Raps (*B. napus*) eine relativ „junge“ Kulturpflanze. Aufgrund dessen scheint die genetische Variabilität im Genpool von Raps in vielen züchterisch wertvollen Merkmalen stark eingeschränkt zu sein. Resynthesen stellen für die Erweiterung der genetischen Basis des Rapses eine sehr nützliche Strategie dar, da auf diesem Wege erzeugtes Material im Vergleich zu konventionellem Raps einen neuen Genpool darstellt. Als günstig erweist es sich, dass für die Erstellung von Resynthesen ein breites Spektrum von Kreuzungseltern in Form der beiden Ursprungsarten, *B. rapa* und *B. oleracea*, zur Verfügung steht. Das züchterische Potential der Resynthese von *B. napus* ist bei weitem noch nicht

ausgeschöpft, so dass Bemühungen, die auf die Erhaltung und gezielte Nutzung genetischer Ressourcen der diploiden Eltern abzielen, in Zukunft noch an Bedeutung gewinnen werden.

Durch die gezielte Auswahl von beiden Eltern kann die zu erstellende Resynthese mehr oder weniger vorbestimmt werden. Die Beispiele Kohlrübe, 'Hakuran' und Hoherucasäure-Raps bestätigen diese Überlegung. Die jüngsten Entwicklungen gehen dahin, Raps-Resynthesen im Hinblick auf spezielle Zuchtziele (z.B. Krankheitsresistenzen) oder im Rahmen der Hybridzüchtung einzusetzen. Die Eigenleistung von Resynthese-Rapsformen ist dabei erwartungsgemäß gering. Daher liegt die Nutzung der erstellten Resynthese-Rapse und somit der neugeschaffenen Variabilität im Hinblick auf die Merkmalskomplexe Qualität und Ertrag in der Integration in leistungsfähiges Zuchtmaterial. Das kann durch die Erstellung von semi-synthetischen Rapsformen, d.h. durch Kreuzung von Resynthese-Rapsen mit herkömmlichen Rapsorten und Linien und durch die Erstellung von Testhybriden verwirklicht werden. Semi-synthetische Rapsformen wurden an unserem Institut durch Kreuzung ausgewählter Resynthese-Rapsformen mit ölertragreichen Winterraps-Zuchtlinien (++-Qualität) und daran anschließende mehrmalige Selbstungs-Selektionszyklen erstellt. Das Material befindet sich mittlerweile in höheren Inzuchtgenerationen und wird u.a. im Rahmen von Anbauversuchen auf seine „Low-Input“-Eignung für Grenzlagen des Ölfruchtanbaus geprüft (vgl. MÜLLER et al., 2000).

Aufgrund seiner schwachen Ertragsleistung und Samenqualität im Vergleich zu vorhandenem 00-Zuchtmaterial sind die Nutzungsmöglichkeiten eines neuen, auf Resynthese-Raps basierenden Genpools begrenzt; diese Option muss als Langzeitperspektive angesehen werden. Ausgehend von der Zielsetzung, neu geschaffenes Qualitäts-Resynthesematerial in der Rapszüchtung zu verwenden, haben wir neuartige *B. napus*-Formen synthetisiert und auf diesem Wege eine neue Quelle genetischer Variation – z.B. bzgl. des Fettsäuremusters – für den Raps erschlossen.

Literatur

- AGNIHOTRI, A., K.R. SHIVANNA, S.N. RAINA, M. LAKSHMIKUMARAN, S. PRAKASH, and V. JAGANNATHAN (1990a): Production of *Brassica napus* x *Raphanobrassica* hybrids by embryo rescue: An attempt to introduce shattering resistance into *Brassica napus*. *Plant Breeding* **105**, 292-299.
- AGNIHOTRI, A., V. GUPTA, M.S. LAKSHMIKUMARAN, K.R. SHIVANNA, S. PRAKASH, and V. JAGANNATHAN (1990b): Production of *Eruca-Brassica* hybrids by embryo rescue. *Plant Breeding* **104**, 281-289.
- AKBAR, M.A. (1987): Artificial *Brassica napus* flowering in Bangladesh. *Theor. Appl. Genet.* **73**, 465-468.

- AKBAR, M.A (1989): Resynthesis of *Brassica napus* aiming for improved earliness and carried out by different approaches. *Hereditas* **111**, 239-246.
- ANONYMUS (1997): Richtlinie zur Prüfung der Unterscheidbarkeit, Homogenität und Beständigkeit von Raps. Bundessortenamt, Hannover.
- AHMADI, M.R. (1988): Charakterisierung der genetischen Variabilität von amphidiploiden resynthetisierten Rapsformen und deren Ausgangseltern. Dissertation, FB Agrarwissenschaften, Georg-August-Universität, Göttingen, 78 S.
- AHMADI, M.R. (1990): Investigations of fertility of resynthesized rape forms in four successive generations. *Sveriges Utsädesförenings Tidskrift* **100**, 207-214.
- AHMADI, M.R. (1991): Die Untersuchung genetischer Variabilität von resynthetisierten Rapsformen. *Bodenkultur* **42**, 233-241.
- BACKHAUS, K., B. ERICHSON, W. PLINKE und R. WEIBER (1989): Multivariate Analysemethoden. Springer Verlag. Heidelberg, 418 S.
- BATRA, V., S. PRAKASH and K.R. SHIVANNA (1990): Intergeneric hybridization between *Diplotaxis siifolia*, a wild species and crop brassicas. *Theor. Appl. Genet.* **80**, 537-541.
- BECKER, H.C., G.M. ENQVIST and B. KARLSSON (1995): Comparison of rapeseed cultivars and resynthesized lines based on allozyme and RFLP markers. *Theor. Appl. Genet.* **91**, 62-67.
- BIERMANN, U., W. FRIEDT, S. LAND, W. LÜHS, G. MACHMÜLLER, J.O. METZGER, M. RÜSCHGEN, KLASS, H.J. SCHÄFER und M.P. SCHNEIDER (2000): Neue Synthesen mit Ölen und Fetten als nachwachsende Rohstoffe für die chemische Industrie. *Angew. Chemie* **112**, 2292-2310.
- BOTHMER, R. von, M. GUSTAFSSON and S. SNOGRUP (1995): *Brassica* sect. *Brassica* (Brassicaceae), II. Inter- and intraspecific crosses with cultivars of *B. oleracea*. *Gen. Res. Crop Evol.* **42**, 165-178.
- BRADBURNE, R., D. MAJER, R. MAGRATH, C.P. WERNER, B. LEWIS, and R. MITHEN (1999): Winter oilseed rape with high levels of resistance to *Pyrenopeziza brassicae* derived from wild *Brassica* species. *Plant Pathology* **48**, 550-558.
- Bradshaw, J.E., D.J. Gemell, and R.N. Wilson (1997): Transfer of resistance to clubroot (*Plasmiodiophora brassicae*) to swedes (*Brassica napus* L. var. *napobrassica* Peterm.) from *B. rapa*. *Ann. Appl. Biol.* **130**, 337-348.
- BROWN, J., A.P. BROWN, J.B. DAVIS, and D. ERICKSON (1997): Intergeneric hybridization between *Sinapis alba* and *Brassica napus*. *Euphytica* **93**, 163-168.
- CHEN, B.Y., and W.K. HENEEN (1989): Resynthesized *Brassica napus* L.: A review of its potential in breeding and genetic analysis. *Hereditas* **111**, 255-263.
- CHILD, R., C. MORGAN, D. BRUCE, and E. ARTHUR (1999): Identification of increased shatter resistance amongst lines of synthetic *B. napus*. Proc. 10th Intern. Rape-seed Congr., 26-29 Sept. 1999, Canberra, Australia.
- DIEDERICHSEN, E. (1992): Kombination verschiedener Resistenzen gegenüber *Plasmiodiophora brassicae* Wor. in resynthetisierten Formen von amphidiploiden *Brassica*-Arten. Diss., Fachbereich Biologie, Freie Univ. Berlin, 172 S.

- DOWNEY, R.K., and G. RÖBBELEN (1989): *Brassica* Species. In: G. RÖBBELEN, R.K. DOWNEY and A. ASHRI (Eds.), *Oil Crops of the World*, pp. 339-362. McGraw-Hill Publ. Comp., New York.
- DOWNEY, R.K., B.M. CRAIG and C.G. YOUNGS (1969): Breeding rapeseed for oil and meal quality. *J. Am. Oil Chem. Soc.* **46**, 121-123.
- DUHOON, S.S., and M.N. KOPPAR (1998): Distribution, collection and conservation of bio-diversity in cruciferous oilseeds in India. *Gen. Res. Crop Evol.* **45**, 317-323.
- EARLE, E.D. (1994): Analysis of somatic hybrids and cybrids obtained by fusion of *B. rapa* and *B. oleracea*. In: Y.P.S. BAJAJ (Ed.), *Somatic hybridization in Crop Improvement I. Biotechnology in Agriculture and Forestry*, Vol. 27, pp. 305-319. Springer-Verl., Heidelberg.
- FAHLESON, J., I. ERIKSSON, M. LANDGREN, S. STYMNE, and K. GLIMELIUS (1994): Intertribal somatic hybrids between *Brassica napus* and *Thlaspi perfoliatum* with high content of the *T. perfoliatum*-specific nervonic acid. *Theor. Appl. Genet.* **87**, 795-804.
- FRIEDT, W. und W. LÜHS (1994): Resynthese von neuen Rapsformen. *Vortr. Pflanzenzüchtg.* **30**, 98-115.
- GIRKE, A. (1998): Resynthetisierter Raps als ein Genpool für die Hybridzüchtung. 49. Arbeitstagg., Arbeitsgemein. der Saatzuchtler, Vereinig. Österreich. Pflanzenzüchter, 24.-26. Nov. 1998, Gumpenstein, pp. 67-69.
- GLADIS, T. und K. HAMMER (1990): Die Gaterslebener *Brassica*-Kollektion - eine Übersicht. *Kulturpflanze* **38**, 121-156.
- GLADIS, T. und K. HAMMER (1992): Die Gaterslebener *Brassica*-Kollektion - *B. juncea*, *B. napus*, *B. nigra* und *B. rapa*. *Feddes Repert.* **103** (7), 469-507.
- HAMMER, K., W. HONDELMANN und W. PLARRE 1997: Von der Wild- (Nutzpflanze) zur Kulturpflanze. In: W. ODENBACH (Hrsg.), *Biologische Grundlagen der Pflanzenzüchtung*, pp. 3-34. Parey Verl., Berlin.
- HOFFMANN, W. und R. PETERS (1958): Versuche zur Herstellung synthetischer und semisynthetischer Rapsformen. *Züchter* **28**, 40-51.
- INOMATA, N. (1993): Embryo rescue techniques for wide hybridization. In: K.S. LABANA, S.S. BANGA and S.K. BANGA (Eds.), *Breeding Oilseed Brassicas. Monographs on Theoretical and Applied Genetics*, Vol. 19, pp. 94-107. Springer-Verl., Heidelberg.
- JOURDAN, P. (1994): Resynthesis of *Brassica napus* through protoplast fusion between *B. oleracea* and *B. rapa*. In: Y.P.S. BAJAJ (Ed.), *Somatic hybridization in Crop Improvement I. Biotechnology in Agriculture and Forestry*, Vol. 27, pp. 295-304. Springer-Verl., Heidelberg.
- KARPETSCHENKO, G.D. (1924): Hybrids of *Raphanus sativus* L. x *Brassica oleracea* L. *J. Genet.* **14**, 375-396.
- KARPETSCHENKO, G.D. (1929): Konstantwerden von Art- und Gattungsbastarden durch Verdoppelung der Chromosomenkomplexe. *Züchter* **1**, 133-140.
- KRÄLING, K., 1987: Utilization of genetic variability of resynthesized rapeseed. *Plant Breeding* **99**, 209-217.

- KROLL, H. (1994): Ein archäologischer Rapsfund des 16. Jahrhunderts, entdeckt in Heide in Holstein, Norddeutschland. *J. Agron. Crop Sci.* **173**, 17-21.
- LEIBENGUTH, F. (1982): Züchtungsgenetik. Thieme, Stuttgart, 265 S.
- LÜHS, W. (1996): Genetisch-analytische Untersuchungen zur Züchtung von Raps (*Brassica napus* L.) mit maximalem Erucasäure-Gehalt im Samenöl als industrieller Rohstoff. Dissertation, FB Agrarwissenschaften und Umweltsicherung, Justus-Liebig-Universität, Giessen. Wissensch. Fachverl. Dr. Fleck, Niederkleen, 164 S.
- LÜHS, W. und W. FRIEDT (1994): Stand und Perspektiven der Züchtung von Raps (*Brassica napus* L.) mit hohem Erucasäure-Gehalt im Öl für industrielle Nutzungszwecke. *Fat Sci. Technol.* **96**, 137-146.
- LÜHS, W., and W. FRIEDT (1995): Natural fatty acid variation in the genus *Brassica* and its exploitation through resynthesis. *Cruciferae Newsl.* **17**, 14-15.
- LÜHS, W. und W. FRIEDT (1999): Entwicklung von neuartigem Ausgangsmaterial für die Züchtung von Raps (*Brassica napus* L.) durch experimentelle Resynthese. *Votr. Pflanzenzüchtg.* **45**, 43-61.
- LÜHS, W., A. VOSS, F. SEYIS und W. FRIEDT (1998): Erweiterung der genetischen Variabilität in der Rapszüchtung durch Resynthese. 49. Arbeitstagg., Arbeitsgemein. der Saatzuchtleiter, Vereinig. Österreich. Pflanzenzüchter, 24.-26. Nov. 1998, Gumpenstein, pp. 59-65.
- LÜHS, W.W., A. VOSS, F. SEYIS, and W. FRIEDT (1999): Molecular genetics of erucic acid content in the genus *Brassica*. *Proc. 10th Intern. Rapeseed Congr.*, 26-29 Sept. 1999, Canberra, Australia.
- LÜHS, W., F. SEYIS, A. VOSS, and W. FRIEDT (2000a): Genetics of erucic acid content in *Brassica oleracea* seed oil. *Czech. J. Genet. Plant Breed.* **36**, 116-120.
- LÜHS, W.W., F. SEYIS, and W. FRIEDT (2000b): Development of novel resynthesised *Brassica napus* as a genetic resource for rapeseed improvement. *Brassica 2000 – 3rd ISHS International Symposium on Brassicas and 12th Crucifer Genetics Workshop*, 5-9 September 2000, HRI Wellesbourne, Warwick, UK, Book of Abstracts, Poster p015.
- LUO, P., Z. LAN, J. DENG, and Z. WANG (2000): Application of *in vitro* organ culture in wide-cross breeding of rapeseed. *Euphytica* **114**, 217-221.
- MOHAPATRA, T., P.B. KIRTI, V. DINESH KUMAR, S. PRAKASH, and V.L. CHOPRA (1998): Random chloroplast segregation and mitochondrial genome recombination in somatic hybrid plants of *Diplotaxis catholica*+*Brassica juncea*. *Plant Cell Rep.* **17**, 814-818.
- MORINAGA, T. (1934): Interspecific hybridization in *Brassica*. VI. The cytology of F₁ hybrids of *B. juncea* and *B. nigra*. *Cytologia (Tokyo)* **6**, 62-67.
- MÜLLER, M., W. LÜHS, F. ORDON, and W. FRIEDT (2000): Development of low-input oilseed rape for industrial uses. *GCIRC Bull.* **17**, 87-92.
- NISHIYAMA, I., M. SARASHIMA, and Y. MATSUZAWA (1991): Critical discussion on abortive interspecific crosses in *Brassica*. *Plant Breeding* **107**, 288-302.

- OLSSON, G., and S. ELLERSTRÖM (1980): Polyploidy breeding in Europe. In: S. TSUNODA, K. HINATA and C. GÓMEZ-CAMPO (Eds.), *Brassica Crops and Wild Allies - Biology and Breeding*, pp. 167-190. Japan Scientific Societies Press, Tokyo.
- PRAKASH, S., and R.N. RAUT (1983): Artificial synthesis of *Brassica napus* and its prospects as an oilseed crop in India. *Indian J. Genet.* **43**, 282-290.
- PRAKASH, S., and V.L. CHOPRA (1993): Genome manipulation. In: K.S. LABANA, S.S. BANGA and S.K. BANGA (Eds.), *Breeding Oilseed Brassicas. Monographs on Theoretical and Applied Genetics*, Vol. 19, pp. 108-133. Springer-Verl., Heidelberg, New York.
- PRAKASH, S., P.B. KIRTI, S.R. BHAT, K. GAIKWAD, V.D. KUMAR, and V.L. CHOPRA (1998): A *Moricandia arvensis*-based cytoplasmatic male sterility and fertility restoration system in *Brassica juncea*. *Theor. Appl. Genet.* **97**, 488-492.
- Rawsthorne, S., C.L. MORGAN, C.M. O'NEILL, C.M. HYLTON, D.A. JONES, and M.L. FREAN (1998): Cellular expression pattern of the glycine decarboxylase P protein in leaves of an intergeneric hybrid between the C3-C4 intermediate species *Moricandia nitens* and the C3 species *Brassica napus*. *Theor. Appl. Genet.* **96**, 922-927.
- REINER, H., W. HOLZNER, and R. EBERMANN (1995): The development of turnip-type and oilseed-type *Brassica rapa* crops from the wild-type in Europe - an overview of botanical, historical and linguistic facts. *Proc. 9th Intern. Rapeseed Congr.*, 4-7 July 1995, Cambridge, United Kingdom, Vol. 4, pp. 1066-1069.
- RUDORF, W. (1951): Über die Erzeugung und die Eigenschaften synthetischer Rapsformen. *Z. Pflanzenzüchtg.* **29**, 35-54.
- SAKAI, T. and J. IMAMURA (1994): Somatic hybridization between radish (*Raphanus sativus*) and rapeseed (*Brassica napus*). In: Y.P.S. BAJAJ (Ed.), *Somatic Hybridization in Crop Improvement I. Biotechnology in Agriculture and Forestry*, Vol. 27, pp. 320-333. Springer-Verl., Heidelberg, New York.
- SARLA, N., and R.N. RAUT (1987): Cytomorphological studies in *Brassica campestris* x *B. oleracea* hybrid. *Indian J. Genet.* **47**, 343-345.
- SCHRÖDER-PONTOPIPIDAN, M., M. SKARZHINSKAYA, C. DIXELIUS, S. STYMNE, and K. GLIMELIUS (1999): Very long chain and hydroxylated fatty acids in offspring of somatic hybrids between *Brassica napus* and *Lesquerella fendleri*. *Theor. Appl. Genet.* **99**, 108-114.
- SEYIS, F., W. FRIEDT, and W. LÜHS (1999): Preliminary field assessment of novel re-synthesised *Brassica napus*. *Cruciferae Newsl.* **21**, 43-44.
- SIKDAR, S.R., G. CHATERJEE, S. DAS, and S.K. SEN, 1990: "Erussica", the intergeneric somatic hybrid developed through protoplast fusion between *Eruca sativa* Lam. and *Brassica juncea* (L.) Czern. *Theor. Appl. Genet.* **79**, 561-567.
- SIMONSEN, V., and W.K. HENEEN (1995): Genetic variation within and among different cultivars and landraces of *Brassica campestris* L. and *B. oleracea* L. based on isoenzymes. *Theor. Appl. Genet.* **91**, 346-352.

- SKARZHINSKAYA, M., J. FAHLESON, K. GLIMELIUS, and A. MOURAS (1998): Genome organization of *Brassica napus* and *Lesquerella fendleri* and analysis of their somatic hybrids using genomic in situ hybridization. *Genome* **41**, 691-701.
- SNOGERUP, S., M. GUSTAFSSON, M., and R. von BOTHMER (1990): *Brassica* sect. *Brassica* (Brassicaceae), I. Taxonomy and variation. *Willdenowia* **19**, 271-365.
- SONG, K., and T.C. OSBORN (1992): Polyphyletic origins of *Brassica napus*: new evidence based on organelle and nuclear RFLP analyses. *Genome* **35**, 992-1001.
- SONG, K., T.C. OSBORN, and P.H. WILLIAMS (1990): *Brassica* taxonomy based on nuclear restriction fragment length polymorphisms (RFLPs). 3. Genome relationships in *Brassica* and related genera and the origin of *B. oleracea* and *B. rapa* (syn. *campestris*). *Theor. Appl. Genet.* **79**, 497-506.
- SONG, K., P. LU, K. TANG, and T.C. OSBORN (1995): Rapid genome change in synthetic polyploids of *Brassica* and its implication for polyploid evolution. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* **92**, 7719-7723.
- STEFANSSON, B.R., F.W. HOUGEN, and R.K. DOWNEY (1961): The isolation of rape plants with seed oil free from erucic acid. *Can. J. Plant Sci.* **41**, 218-219.
- THOMPSON, K.F. (1983): Breeding winter oilseed rape, *Brassica napus*. *Adv. Appl. Biol.* **7**, 1-104.
- TORIYAMA, K., T. KAMEYA, and K. HINATA (1989): Somatic hybridization between *Moricandia* and *Brassica*. In: Y.P.S. BAJAJ (Ed.), *Plant Protoplasts and Genetic Engineering I. Biotechnology in Agriculture and Forestry*, Vol. 8, pp. 389-396. Springer-Verl., Heidelberg, New York.
- U, N. (1935): Genome analysis in *Brassica* with special reference to the experimental formation of *B. napus* and peculiar mode of fertilization. *Jap. J. Bot.* **7**, 389-452.
- VOSS, A., W. FRIEDT, A. MARJANOVIC-JEROMELA, and W. LÜHS (1998): Molecular genotyping of rapeseed including resynthesized *Brassica napus* lines. *Cruciferae Newsl.* **20**, 27-28.
- VOSS, A., R.J. SNOWDON, W. LÜHS, and W. FRIEDT (2000): Intergeneric transfer and introgression of nematode resistance from *Raphanus sativus* into the *Brassica napus* genome. In: G.J. KING (Ed.), *Proc. Brassica 2000 – 3rd ISHS International Symposium on Brassicas and 12th Crucifer Genetics Workshop*, 5-9 September 2000, HRI Wellesbourne, Warwick, UK. *Acta Horticulturae* **539**, 129-134.
- WANG, Y.P., and L. PENG (1998): Intergeneric hybridization between *Brassica* species and *Crambe abyssinica*. *Euphytica* **101**, 1-7.
- WARWICK, S., and T. McDONALD (2000): Molecular characterization of genetic identities and relationships of *Brassica rapa* L. *Brassica 2000 – 3rd ISHS International Symposium on Brassicas and 12th Crucifer Genetics Workshop*, 5-9 September 2000, HRI Wellesbourne, Warwick, UK, *Book of Abstracts*, Poster p027.
- ZENKTELER, M. (1990): In-vitro fertilization and wide hybridization in higher plants. *Crit. Rev. Plant Sci.* **9**, 267-279.

Molekulare Marker zur Bestimmung und Nutzung genetischer Diversität südafrikanischer *Sorghum bicolor*-Akzessionen

Molecular markers for the determination and utilization of genetic diversity of South African Sorghum bicolor accessions

RALF UPTMOOR¹, WILLY WENZEL², WOLFGANG FRIEDT¹ und FRANK ORDON¹

Zusammenfassung

Im Rahmen eines Züchtungsprogrammes wurde die genetische Diversität von 46 überwiegend aus dem südlichen Afrika stammenden Sorghum-Akzessionen basierend auf RAPDs, AFLPs, und SSRs evaluiert. Die Genotypen lassen sich in zwei Gruppen einteilen, wobei eine der Gruppen sich überwiegend aus südafrikanischen Sorghum-Landsorten zusammensetzt, die andere aus Neuzüchtungen und ICRISAT-Akzessionen. Eine weitere Unterteilung z. B. bezüglich der geografischen Herkunft ist nur begrenzt möglich.

Summary

As part of a breeding program the genetic diversity of 46 sorghum accessions mainly from Southern Africa were evaluated on the basis of AFLPs, RAPDs and SSRs. A differentiation between two main groups predominantly consisting of South African landraces or newly developed varieties and ICRISAT accessions, respectively, was obvious. An unequivocal further differentiation e.g. according to the geographic origin was not possible.

Einleitung

Sorghum (*Sorghum bicolor* [L.] Moench) ist ein wichtiges Grundnahrungsmittel der Kleinbauern in Lebowa, einem ehemaligen Homeland im Norden Südafrikas. Die dort

¹ Justus-Liebig-Universität
Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung I
Heinrich-Buff-Ring 26-32
D-35392 Gießen

² Agricultural Research Council
Grain Crops Institute
Privat Bag X1251
Potchefstroom 2520, Südafrika

angebauten Landsorten wurden über Generationen von den einheimischen Bauern selektiert, und sind an die dortigen klimatischen Bedingungen angepasst. Sorghum wird in dieser Region vorwiegend zur Herstellung von Brot und Brei aber auch zum Brauen von Bier angebaut. Im Verlauf der Zeit wurde Sorghum jedoch von Mais, welcher inzwischen die wichtigste Getreideart in der südafrikanischen Landwirtschaft ist, auch im relativ trockenen Norden des Landes auf marginale Standorte zurückgedrängt. Auf diesen hinsichtlich der Bodenverhältnisse und klimatischen Bedingungen ungünstigen Standorten wird generell kein oder nur wenig Dünger eingesetzt sowie kaum chemischer Pflanzenschutz betrieben, so dass die Erträge i.d.R. sehr niedrig sind. Dementsprechend hat die züchterische Bearbeitung des Pflanzenmaterials primär eine verbesserte Ertragsleistung unter Beibehaltung der low-input Eignung, d.h. insbesondere der Resistenz gegen biotische und abiotische Schadfaktoren, sowie entsprechender Qualitätseigenschaften, welchen im Hinblick auf die dortigen Verzehrsgewohnheiten eine besondere Bedeutung zukommt, zum Ziel.

Ziel der Arbeiten ist es daher, im Rahmen der Charakterisierung und Erhaltung genetischer Ressourcen zunächst - parallel zu einer agronomischen Evaluierung unter dortigen Standortverhältnissen - die genetische Diversität südafrikanischer Sorghum Land- und Zuchtsorten auf DNA-Ebene zu erfassen und darauf folgend die entsprechenden molekularen Techniken in dortigen Züchtungsprogrammen zur Nutzung dieser Diversität einzusetzen.

Material und Methoden

Für die Untersuchungen wurden insgesamt 46 Genotypen herangezogen. Von diesen stammen 10 aus einer Sammlung, welche 1997 in Lebowa durchgeführt wurde, 10 weitere Genotypen repräsentieren Landsorten aus dem südlichen Afrika, welche früheren Sammlungen entstammen. Zudem wurden 5 Neuzüchtungen des Grain Crops Institute, Potchefstroom, 5 aus Lesotho sowie 15 Akzessionen vom ICRISAT analysiert, welche größtenteils aus dem Sorghum and Millet Improvement Project (SMIP) stammen.

Die genetische Charakterisierung der Herkünfte wurde *mittels Random amplified polymorphic DNAs (RAPDs, vgl. ORDON et al. 1997), Amplified fragment length polymorphisms (AFLPs, vgl. SCHIEMANN et al. 1999) sowie Simple sequence repeats (SSRs) durchgeführt. Zur Identifikation möglichst informativer Primer bzw. Primerkombinationen wurde zunächst ein Screening mit 2 Akzessionen unterschiedlicher Herkunft durchgeführt. Basierend auf diesen Ergebnissen wurden 28 informative AFLP-Primerkombinationen und 18 polymorphe RAPD-Primer ausgewählt. Weiterhin wurden 18 SSRs eingesetzt, deren Primersequenzen bei BROWN et al. (1996) bzw. TARMINO et al. (1997) beschrieben sind.*

Die genetische Ähnlichkeit der Genotypen wurde nach NEI und LI (1979) ermittelt und basierend auf diesen Daten eine UPGMA-Clusteranalyse mit dem Softwarepaket NTSYS (ROHLF 1990) durchgeführt.

Ergebnisse und Diskussion

Die auf den drei unterschiedlichen Markersystemen basierenden Dendrogramme (Abb. 1) lassen zunächst eine Einteilung der Genotypen in 2 Hauptgruppen erkennen: Eine der Hauptgruppen besteht im wesentlichen aus den Landsorten aus Lebowa und den übrigen Landsorten aus dem südlichen Afrika, die andere aus den Genotypen des ICRISAT und den Neuzüchtungen aus Lesotho und Südafrika. Einige ICRISAT-Herkünfte und die südafrikanische, kurzstrohige Akzession 498 sind keiner der Hauptgruppen eindeutig zuzuordnen. Die Landsorten aus Lebowa werden insbesondere anhand der AFLP-Daten von den übrigen Landsorten differenziert. Während die Hauptgruppen im Prinzip unabhängig vom verwendeten Markersystem differenziert werden, ist eine über alle Markersysteme einheitliche weitere Einteilung in Untergruppen nicht eindeutig möglich. Innerhalb der einzelnen Gruppen zeigen die RAPD- und AFLP-Daten eine größere genetische Variabilität in den ICRISAT-Herkünften und Neuzüchtungen als innerhalb der Landsorten des südlichen Afrikas. Dies lässt darauf schließen, dass in die Züchtungsprogramme in stärkerem Maße genetisches Material unterschiedlicher Herkunft eingeflossen ist, während die Landsorten überwiegend aus einem geographisch begrenztem Gebiet stammen.

Abb. 1: Dendrogramme zur Darstellung der genetischen Ähnlichkeit von 46 *Sorghum*-Akzessionen basierend auf verschiedenen Markersystemen

Fig. 1: Cluster analyses of 46 sorghum accessions based on genetic similarities estimated with different marker systems.

Tab. 1: Anzahl analysierter Primer sowie Fragmente und Ähnlichkeitsindices nach NEI und LI (1979)

Tab. 1: Number of analyzed primers and fragments and similarity indices according to NEI and LI (1979)

	Anzahl		Ähnlichkeitsindices		
	Primer	Fragmente	Max	Min	Mittel
AFLPs	28	1102	0,97	0,80	0,88
RAPDs	18	166	0,99	0,73	0,85
SSRs	18	113	1,00	0,00	0,32

Bei einem Vergleich der 3 Markersysteme fällt vor allem die weitaus größere Bandbreite der ermittelten Ähnlichkeitsindices und die wesentlich geringere mittlere genetische Ähnlichkeit der mittels SSRs gewonnenen Daten im Vergleich zu den AFLPs und RAPDs ins Auge (Tab. 1). Dies ist darauf zurückzuführen, dass bei den SSRs sämtliche Primerkombinationen zumindest einen Polymorphismus generierten, während bei den AFLPs und RAPDs aufgrund der simultanen Amplifikation verschiedener Loci sowohl polymorphe als auch monomorphe Fragmente in die Auswertung eingehen. Dementsprechend ergeben sich deutlich geringere Unterschiede der Ähnlichkeitsindices sowohl in der Bandbreite als auch im Mittel zwischen RAPDs und AFLPs (Tab. 1). Dies wird auch bei einer Betrachtung von Spearmans Rangkorrelationskoeffizienten deutlich, welche Anhaltspunkte über die Vergleichbarkeit der auf der Basis der verschiedenen Methoden ermittelten Ähnlichkeitsindices geben. Während die RAPD und AFLP Daten sehr eng miteinander korrelieren (Tab. 2), sind die Korrelationskoeffizienten zwischen den SSR- und RAPD- bzw. AFLP-Daten niedriger. Zu vergleichbaren Ergebnissen kommen RUSSEL et al. (1997) und PEJIC et al. (1998) bei der Ermittlung der genetischen Ähnlichkeit von Gerste bzw. Mais mittels RFLPs, AFLPs, RAPDs und SSRs. In diesem Zusammenhang ist jedoch zu bedenken, dass bei der Auswertung von SSR-Daten nach NEI und LI (1979) die genetische Ähnlichkeit anhand des Fehlens bzw. Vorhandenseins einer spezifischen Fragmentgröße ermittelt wird. Den tatsächlichen evolutionären Prozessen folgend handelt es sich jedoch bei allen Fragmentgrößen um den gleichen Locus, und die genetische Ähnlichkeit ist dementsprechend abhängig von Unterschieden in der Anzahl der Sequenzwiederholungen (GOLDSTEIN et al. 1995).

Tab. 2: Vergleich der Ähnlichkeitsindices (Spearman's Rangkorrelationskoeffizienten)

Tab. 2: Comparison of similarity indices (Spearman's rank correlation coefficient)

	AFLPs	RAPDs	SSRs
AFLPs	1,00		
RAPDs	0,81	1,00	
SSRs	0,68	0,60	1,00

Unabhängig vom verwendeten Markersystem zeigen alle Dendrogramme eine sehr gute (AFLPs $r=0,92$) bzw. gute (RAPDs $r=0,88$, SSRs $r=0,87$) Anpassung an die Originaldaten, wie die Korrelation der Ähnlichkeitsindices mit den cophenetischen Ähnlichkeitsindices der Dendrogramme, die von den einzelnen Knotenpunkten eines Dendrogramms bestimmt werden, zeigt (MANTEL 1967, ROHLF 1990).

Basierend auf diesen Daten zur genetischen Ähnlichkeit sowie aufgrund der in den Feldversuchen in Südafrika ermittelten Daten zu Ertragsleistung, Resistenz, low-input Eignung und Qualitätseigenschaften (Daten nicht gezeigt), wurden für ein Züchtungsprogramm Genotypen mittlerer genetischer Diversität ausgewählt, da in der kleinbäuerlichen Landwirtschaft im Gegensatz zur kommerziellen Produktion keine Hybriden eingesetzt werden, sondern Liniensorten, in welchen Heterosis selbstverständlich nicht nutzbar ist. Zur beschleunigten Kombination entsprechender low-input Merkmale mit einer verbesserten Ertragsfähigkeit werden weitergehend entsprechende molekulare Techniken - insbesondere AFLPs - zur Bestimmung des Genomanteils des rekurrenten Elters eingesetzt, da dieser erheblich von dem theoretisch erwarteten Wert von 75% abweichen kann (vgl. POWELL et al. 1996).

Durch die Kombination molekularer Markertechniken mit der agronomischen Evaluierung unter dortigen Anbauverhältnissen konnte somit die genetische Diversität südafrikanischer Sorghum-Akzessionen effektiv erfasst werden, so dass heute gut charakterisierte genetische Ressourcen für die dortige Sorghum-Züchtung zur Verfügung stehen.

Danksagung

Wir danken Natalia Lest und Franziska Müller für die hervorragende technische Assistenz, Roland Kürschner für die gärtnerische Betreuung der Pflanzen sowie Dr. Kingsley Ayisi, University of the North, Pietersburg, Südafrika, für die Durchführung der On-farm-Versuche. Des weiteren danken wir der DFG (FR 682/91) für die Finanzierung der Arbeiten in Giessen sowie dem BMZ für die finanzielle Unterstützung der Arbeiten in Südafrika.

Literatur

- BROWN, S.M., M.S. HOPKINS, S.E. MITCHELL, M.L. SENIOR, T.Y. WANG, R.R. DUNCAN, F. GONZALEZ-CANDELAS and S. KRESOVICH (1996): Multiple Methods for the identification of polymorphic simple sequence repeats (SSRs) in sorghum (*Sorghum bicolor* [L.] Moench). *Theor. Appl. Genet.* **93**, 190-198.
- GOLDSTEIN, D.B., A.R. LINARES, L.L. CAVALLI-SFORZA and M.W. FELDMANN (1995): An evaluation of genetic distances for use with microsatellite loci. *Genetics* **139**, 463-471.
- MANTEL, M. (1967): The detection of disease clustering and generalized regression approach. *Cancer Res.* **27**, 209-220.
- NEI, M. and W.H. LI (1979): Mathematical model for studying genetic variation in terms of restriction endonucleasis. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* **76**, 5269-5273.
- ORDON, F., E. BAUER, W. FRIEDT and A. GRANER (1995): Marker-based selection for the *ym4* BaMMV-resistance gene in barley using RAPDs. *Agronomie* **15**, 481-485.
- POWELL, W., E. BAIRD, A. BOOTH, M. LAWRENCE, M. MACAULAY, N. BONAR, G. YOUNG, W.T.B. THOMAS, J.W. MCNICOL and R. WAUGH (1996): Single locus and multi-locus molecular assays for barley breeding research. In: SCOLES, G. and B. ROSSNAGEL (Eds.): *Proc. V Intern. Oat Conf. and VII Intern. Barley Genetics Symp. Inv. Papers*, Saskatoon, Canada, University Extension Press, Saskatoon, Saskatchewan, pp. 174-181.
- ROHLF F.J. (1990): NTSYS-pc numerical taxonomy and multivariate analysis system, version 1.50. Exeter Publications, New York.
- RUSSEL, J.R., J.D. FULLER, M. MACAULAY, B.G. HATZ, A. JAHOR, W. POWELL and R. WAUGH (1997): Direkt comparison of levels of genetic variation among barley accessions detected by RFLPs, AFLPs, SSRs and RAPDs. *Theor. Appl. Genet.* **95**, 14-722.
- SCHIEMANN, A., V. DAUCK, W. FRIEDT, S. STRENG, A. GRANER and F. ORDON (1999). Establishment of a fluorescence-based AFLP technique and rapid marker detection for the resistance locus *rym5*. *Barley Genet. Newsletter* **29**.
<http://wheat.pw.usda.gov/ggp/bgn/29/a29-01.html>.
- TARAMINO G., R. TARCHINI, S. FERRARIO, M. LEE and M.E. PE' (1997): Characterization and mapping of simple sequence repeats (SSRs) of *Sorghum bicolor*. *Theor. Appl. Genet.* **95**, 66-72.

Utilization of genetic resources in *Solanum* for potato breeding through biotechnological methods

Nutzung genetischer Ressourcen von Solanum für die Kartoffelzüchtung durch biotechnologische Methoden

IOANA DINU¹ and RAMONA THIEME²

Summary

Symmetric protoplast fusion was applied for several combinations between *Solanum* wild species and *S. tuberosum* L. cultivars, breeding lines and dihaploid clones, in order to introgress late blight and virus resistance genes into cultivated potato. The utilization of flow cytometry, microsatellite and isozyme analyses for the identification of interspecific somatic hybrids was investigated. The potential use of the resulted hybrid material for the genetic and agronomic improvement of potato crop was outlined.

Zusammenfassung

Verschiedene Solanum-Akzessionen überwiegend nicht kreuzbarer Wildkartoffelarten aus Genbanken wurden auf Krankheitsresistenzen untersucht. Schwerpunkt bildeten Resistenzen gegen zwei Hauptpathogene der Kartoffel – Kartoffel Virus Y (PVY) und Phytophthora infestans (Mont.) de Bary. Zur Erzeugung somatischer Zellhybriden zwischen diesen Wildarten und relevanten Kartoffelsorten sowie Zuchtklonen wurde die symmetrische Protoplastenfusion eingesetzt. Ziel der Untersuchungen ist die Übertragung wertvoller Resistenzgene aus der Wild- in die Kulturkartoffel. Die erzeugten somatischen Hybridpflanzen wurden mit Hilfe der Flowzytometrie und durch Isoenzym- und Mikrosatelliten-Analyse identifiziert.

Das Potenzial des Hybridmaterials zur Erweiterung der genetischen Diversität für die Kartoffelzüchtung wurde hervorgehoben.

¹ Academy of Agricultural and Forestry Sciences
Potato Research Institute
Brasov, Romania

² Federal Centre for Breeding Research on Cultivated Plants (BAZ)
Institute of Agricultural Crops
Institutsplatz
D-18190 Groß Lüsewitz

Introduction

The genus *Solanum* consists of 235 known species (HAWKES 1990), providing a valuable genetic resource for pathogen resistance traits of interest for potato breeding. Most potato cultivars are susceptible to *Phytophthora infestans*, one of the severest potato pathogens. Wild species like *S. tarnii* Hawkes and Hjert., *S. bulbocastanum* Dun., *S. cardiophyllum* Lindl., *S. berthaultii* Hawkes are of special interest, by conferring late blight resistance. Very complex, general resistances can be found in these species, which are supposed to be generated through intense infection pressure and host-pathogen co-evolution (UMAERUS and UMAERUS 1994). *S. etuberosum* Lindl. wild species is known to be immune or highly resistant to several virus diseases, mainly induced by PVY and PLRV (VALKONEN 1994). The mechanism of extreme resistance to PVY is probably oligogenic, based on several dominant gene interaction and on the influence of recessive genes for susceptibility (FLIS 1995).

Due to limited incorporation of wild germplasm into European potato cultivars through sexual hybridization, protoplast fusion is an alternative method to introgress this genetic material to *S. tuberosum* gene pool, as a means of bypassing sexual incompatibility and gene segregation (MILLAM et al. 1995). Symmetric fusion between protoplasts of the wild and cultivated species has been successfully conducted for the integration of both mono- and polygenically encoded traits for disease resistance into potato and resulted hybrids have been successively backcrossed to potato cultivars, for example in *S. bulbocastanum* (+) *S. tuberosum* (HELGESON et al. 1998) and *S. etuberosum* (+) *S. tuberosum* 2x (NOVY and HELGESON 1994 a, THIEME et al. 1999) fusion combinations.

The aim of our study is to exploit different wild *Solanum* species as sources of genetic resistance for the transfer of late blight and virus resistance traits to the potato genome through interspecific symmetric somatic hybridization.

Material and methods

Germplasm sources screened in the greenhouse for foliage late blight resistance using single-leaf test and PVY incidence after mechanical inoculation are presented in table 1. Somatic hybrids of *ber* (+) cv. Agave fusion combination were tested for disease resistance under similar conditions. The protocol of THIEME et al. (1997) was used to optimize fusion products. The ploidy level was determined by flow cytometry according to DE LAAT et al. (1987). Microsatellite markers, (CTT)₄ SSR associated to potato waxy gene (VEILLEUX et al. 1995) and ST13ST, a (AT)₁₁ repeat from potato *def4* gene for *deficiens* analogue (PROVAN et al. 1996 a) were chosen to analyze the germplasm selection and identify the somatic hybrids. Isoelectric focussing of peroxidases and esterases was also applied for hybrid identification.

Tab. 1: Evaluation for pathogen resistance of *Solanum* accessions introduced in the study (VIR – 'N.I. Vavilov' Institute of Plant Industry, St. Petersburg, Russia; GLKS – IPK Genebank External Branch 'North', Groß Lüsewitz, Germany; BAZ, Groß Lüsewitz, Germany; CIP – International Potato Center, Lima, Peru)

Tab. 1: Evaluierung von *Solanum*-Akzessionen auf Pathogenresistenz (VIR – 'N.I. Vavilov' Institut für Pflanzenbau, St. Petersburg, Rußland; GLKS – IPK Genbank, Außenstelle Nord, Groß Lüsewitz, BAZ, Groß Lüsewitz, Deutschland; CIP – Internationales Kartoffelzentrum, Lima, Peru)

Series	Genome	Species	Accession	Late blight resistance * (score)	PVY resistance * Virus transmission (%)
<i>Etuberosa</i>	2x (E ^e E ^e) 1EBN	<i>S. etuberosum</i> Lindl. (<i>etb</i>)	VIR K-91411	- (6.3)	+ (0)
<i>Bulbocastana</i>	2x (A ^b A ^b) 1EBN	<i>S. bulbocastanum</i> Dun. (<i>blb</i>)	GLKS W-129.1	+ (9.0)	+ (0)
<i>Pinna-tisecta</i>	2x (A ^{pi} A ^{pi}) 1EBN	<i>S. cardiophyllum</i> Lindl. (<i>cph</i>)	GLKS 93.6/26/2	+ (8.5)	+ (0)
		<i>S. tarnii</i> Hawkes and Hjert. (<i>trn</i>)	GLKS 96.203.1	+ (8.5 – 9.0)	+ (0)
<i>Tuberosa</i> (wild)	2x (AA) 2EBN	<i>S. berthaultii</i> Hawkes (<i>ber</i>)	GLKS 96.181/3	+ (8.9)	- (100)
<i>Tuberosa</i> (cultivated)	4x (AA-A ^t A ^t) 4EBN	<i>S. tuberosum</i> L. ssp. <i>tuberosum</i> (<i>tbr</i>)	Rasant (cv.) Agave (cv.) Karlana (cv.) Delikat (cv.) BAZ GL 77.6669/15 8 BAZ GL 82.9269/10	- (5.6) - (5.0) - (3.4) + (8.4) - (1.1)	- (100) - (73) - (87) - (100) - (100) + (0)
			CIP KWPTM.24 CIP 2x(7xy.1)7	- -	+ +

* Data provided by Dr. U. Darsow, BAZ, Groß Lüsewitz

** Results in collaboration with Dr. U. Heimbach, BBA, Braunschweig

Tab. 2: Results of interspecific somatic hybridization in potatoTab.2: *Ergebnisse der Erzeugung interspezifischer somatischer Kartoffelhybriden*

Fusion Combination	Regeneration efficiency (%)	No. plants flow cytometry	No. regenerants –ploidy level			No. identified hybrids
			6C	6C-8C	8C	
<i>trn</i> (+) cv. 'Delikat'	34.7	32	14		4	17
<i>ber</i> (+) cv. 'Agave'	40.6	465	137	13	18	162
<i>ber</i> (+) cv. 'Delikat'	49.6	34	15	1	2	15
<i>ber</i> (+) cv. 'Karlana'	24.3	21	8	0	0	8
<i>cph</i> (+) cv 'Delikat'	18.2	5	0	0	1	N.D. ^a
<i>etb</i> (+) cv. 'Agave'	46.9	144	117	4	13	49
<i>etb</i> (+) cv. 'Delikat'	55.2	297	225	2	27	158
<i>etb</i> (+) cv. 'Karlana'	98.3	11	1	0	1	2
<i>etb</i> (+) 77.6669/158	71.2	13	3	0	0	3
<i>etb</i> (+) cv. 'Rasant'	3.8	37	6	0	1	4

^a Not yet determined

Results and discussion

Various resources of genetic resistance are available within the genus *Solanum* in order to be introduced into potato gene pool (SPOONER and BAMBERG 1994). The use of this exotic germplasm with unexploited types of resistance is a method of increasing genetic diversity for potato breeding. Testing of the parents for pathogen resistance was realized in order to characterize the genotypes introduced into interspecific somatic fusion combinations (tab. 1).

On average 10^5 protoplasts / g leaf tissue for 4x and 2x potato genotypes and 10^6 protoplasts / g leaf material for wild *Solanum* species were obtained from protoplast isolation experiments and used for electrofusion at a density of 3×10^5 protoplasts / ml. During callus culture, somatic hybrids were selected based on their superior cul-

turing efficiency compared with the parental genotypes. Following regeneration steps, resulted fusion products with different ploidy levels were selected and propagated *in vitro*. The regeneration efficiency of the fusion cultures demonstrates the dependence on the combining ability of the parental genotypes (tab. 2). Under the same fusion and culture conditions, hybrid calli resulted from *etb* (+) cv. 'Karlana' fusion combination presented the highest regeneration capacity, whereas *etb* (+) cv. 'Rasant' combination displayed a reduced level of regenerative potential.

The characterization of somatic hybrids is a prerequisite for effective exploitation of the protoplast fusion technique. Preliminary selection of the hybrid material was possible by flow cytometry (fig. 1). Most of the putative somatic hybrids had the expected hexaploid ploidy level, some were octoploid and others mixoploid (tab. 2). The differentiation between homologous and heterologous symmetric somatic hybrids was performed by molecular (microsatellite) and biochemical (isozyme) marker analysis.

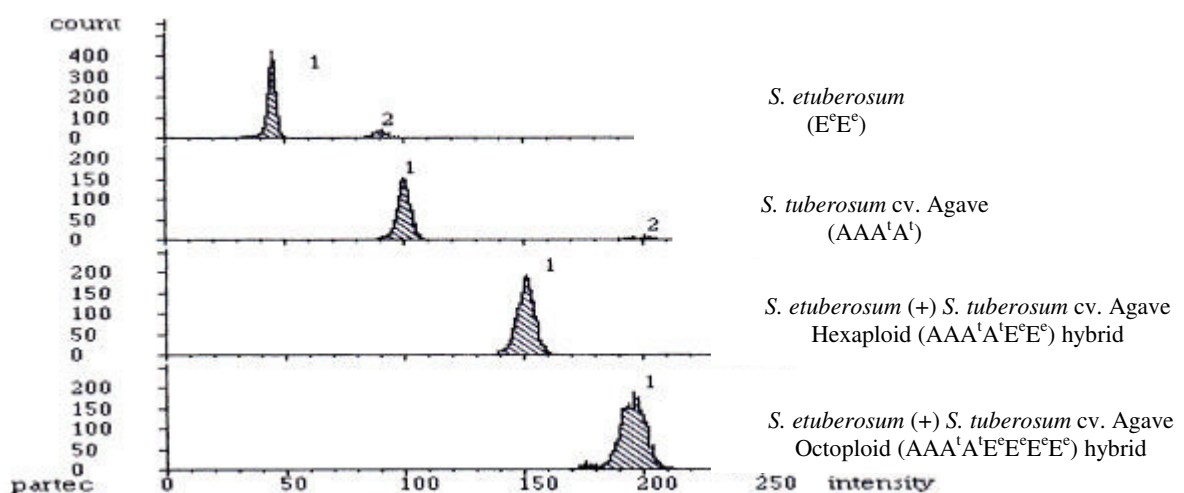


Fig. 1: Histograms of the parents *S. etuberosum* and *S. tuberosum* ssp. *tuberosum* cv. 'Agave' and their somatic hybrids with different ploidy levels

*Abb. 1: Histogramme der Eltern *S. etuberosum* und *S. tuberosum* ssp. *tuberosum* Sorte 'Agave' und ihre somatischen Hybriden mit unterschiedlichen Valenzstufen*

Microsatellite analysis proved to be a rapid and sensitive method for the identification of intraspecific somatic hybrids in potato (PROVAN et al. 1996 b; THIEME and HACKAUF 1998). Cross-species amplification within the genus *Solanum* using the primer pairs for ST13ST and (CTT)₄ SSR markers provided a tool in our experiments to examine the utilized parental germplasm for polymorphic banding patterns. An example for the screening of parental genotypes using microsatellite marker ST13ST is given in fig.

2a. When comparing to isozyme analysis, where the number of scorable loci was limited, the two single-locus microsatellite markers selected for our study were able to discriminate between all parental genotypes introduced into the fusion combinations. Most of the hybrids were heterospecific (tab. 2). The amplification pattern resulted following ST13ST marker analysis of the fusion combination *etb* (+) cv. 'Agave' is presented in fig. 2b, demonstrating that putative somatic hybrids were true heterokaryons by displaying the additive banding patterns of the parental species.

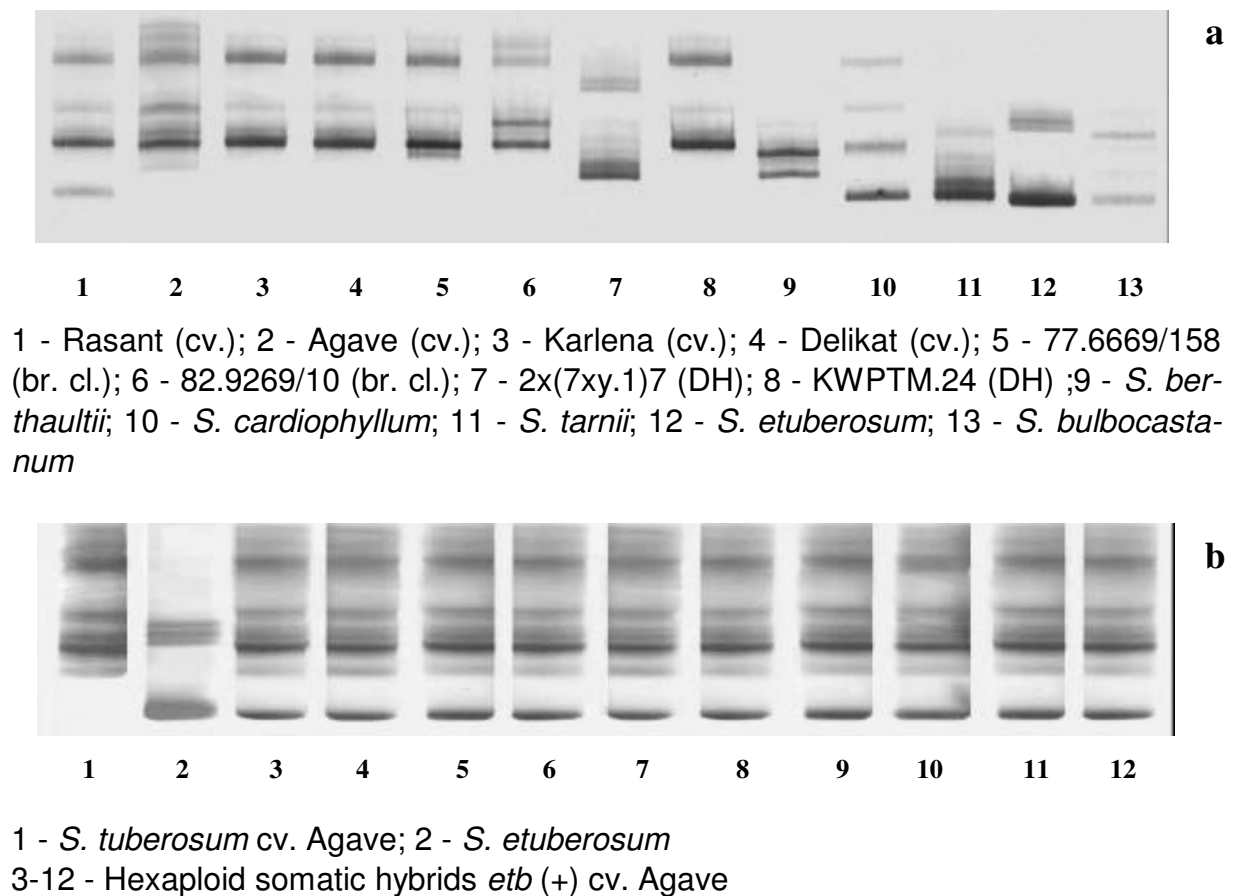


Fig. 2: Amplification products from parental genotypes (a) and somatic fusion combination *etb* (+) cv. Agave (b) using microsatellite primer pairs for ST13ST marker

*Abb. 2: Amplifikationsprodukte der Elterngenotypen (a) und der Fusionskombinationen *etb* (+) Sorte 'Agave' (b) nach Einsatz von Mikrosatellitenprimerpaaren für den ST13ST Marker*

162 identified somatic hybrids of *ber* (+) cv. Agave fusion combination were multiplied *in vitro*, transferred to soil and tested under greenhouse conditions against late blight foliage resistance, showing different levels of disease resistance. Seven hexaploid

somatic hybrids, three octoploids and two mixoploids presented foliage blight resistance scores ranging within the interval of 7 to 9, comparable to the late blight resistance score registered for the wild species parent. Reduction of resistance in some hybrids as compared to the parental species was also observed.

Interspecific symmetric protoplast fusion constitutes a complementary strategy to conventional breeding, especially for polygenically controlled resistances, due to the fact that genetic barriers of sterility or embryo abortion caused by hybrid genome instability usually hamper the transfer of disease resistance genes through sexual crossing of sexually incompatible wild species to cultivated potato (HERMSEN 1994), but also for the case of sexually compatible *Solanum* species, in order to create new nuclear-cytoplasmic genome assortments and induce variability in organellar DNA (EARLE 1995). By introducing wild species of potato in symmetric somatic-fusion programmes, populations of heterozygous somatic hybrids can be obtained in one step without meiotic segregation. However, variable resistance expression was observed between the interspecific somatic hybrids and also in correspondence to wild parental species (PEHU et al. 1990; THIEME et al, 1997). Elimination of some *blb* chromosomes due to irregular pairing during meiosis has been recorded in interspecific somatic hybrids of *S. bulbocastanum* (+) *S. tuberosum* fusion combination (MASUELLI et al. 1995). Different factors can contribute to the generation of genetic variability in hybrid populations, such as relative dosages of nuclear parental genomes (NOVY and HELGESON 1994 b) or somaclonal variation expressed at gene, chromosome and genome level (KUMAR 1994). Possible explanations for the altered pathogen resistances of some somatic hybrids could be also represented by genetic instability induced by chromosome structural rearrangements, mutations or epigenic effects of non-resistance genes (RASMUSSEN et al. 1998).

Further exploitation of the potato interspecific somatic hybrid material with broadened genetic diversity will be realized by the introduction into potato breeding schemes through successive sexual crossings to cultivated potato for the transfer of alien germplasm into potato breeding lines and improvement of agronomical traits. Also, characterized parental genotypes, somatic hybrids and backcross progenies will be maintained in gene banks for investigation of genetic resistance mechanisms.

References

- DE LAAT, A.M.M., W. GÖHDE and M.D.C. VOGELZANG (1987): Plant Breed. **99**: 303-307.
- EARLE, E.D. (1995): The molecular biology of plant mitochondria (LEVINGS, C.S. and I. VASIL, eds.). Kluwer Acad. Publ., Dordrecht, The Netherlands: 557-584.
- FLIS, B. (1995): Potato Research **38**: 199-210.
- HAWKES, J.G. (1990): Belhaven Press, London: 259.

- HELGESON, J.P., J.D. POHLMAN, S. AUSTIN, G.T. HABERLACH, S.M. WIELGUS, D. RONIS, L. ZAMBOLIM, P. TOOLEY, J.M. MCGRATH, R.V. JAMES and W.R. STEVENSON (1998): *Theor. Appl. Genet.* **96**: 738-742.
- HERMSEN, J.G.T. (1994): *Potato Genetics* (BRADSHAW, J.E. and G.R. MACKAY, eds.). CAB International, UK: 515-538.
- KUMAR, A. (1994): *Potato Genetics* (BRADSHAW, J.E. and G.R. MACKAY, eds.). CAB International, UK: 197-212.
- MASUELLI, R.W., E.Y. TANIMOTO, C.R. BROWN and L. COMAI (1995): *Theor. Appl. Genet.* **91**: 401-408.
- MILLAM, S., L.A. PAYNE and G.R. MACKAY (1995): *Euphytica* **85**: 451-455.
- NOVY, G.G. and J.P. HELGESON (1994 a): *Theor. Appl. Genet.* **89**: 775-782.
- NOVY, G.G. and J.P. HELGESON (1994 b): *Theor. Appl. Genet.* **89**: 783-786.
- PEHU, E., R.W. GIBSON, M.K.G. JONES and A. KARI (1990): *Plant Sci.* **69**: 95-101.
- PROVAN, J., W. POWELL and R. WAUGH (1996 a): *Theor. Appl. Genet.* **92**: 1078-1084.
- PROVAN, J., A. KUMAR, L. SHEPHERD, W. POWELL and R. WAUGH (1996 b): *Plant Cell Rep.* **16**: 196-199.
- RASMUSSEN, J.O., J.P. NEPPER, H.-G. KIRK, K. TOLSTRUP and O.S. RASMUSSEN (1998): *Euphytica* **102**: 363-370.
- SPOONER, D.M. and J.B. BAMBERG (1994): *Amer. Potato J.* **71**: 325-337.
- THIEME, R., U. DARSOW, T. GAVRILENKO, D. DOROKHOV and H. TIEMANN (1997): *Euphytica* **97**: 189-200.
- THIEME, R. und B. HACKAUF (1998): *Votr. Pflanzenzüchtg.* **42**: 149-151.
- THIEME, R., T. THIEME, U. HEIMBACH and T. GAVRILENKO (1999): *Global Conference on Potato. 6th-10th of December, New Delhi, India* (in press).
- UMAERUS, V. and M. UMAERUS (1994): *Potato Genetics* (BRADSHAW, J.E. and G.R. MACKAY, eds.). CAB International, UK: 365-401.
- VALKONEN, J.P.T. (1994): *Plant Breed.* **112**: 1-16.
- VEILLEUX, R.E., L.Y. SHEN and M.M. PAZ (1995): *Genome* **38**: 1153-1162.

Acknowledgements

We would like to thank Dr. U. Darsow and Dr. U. Heimbach for the resistance testing of the parental genotypes and somatic hybrids and Mrs. H. Baumann for technical assistance. We also gratefully acknowledge the financial support from the German Federal Ministry of Consumer Protection, Food and Agriculture for the bilateral collaboration project.

Vermehrungsversuche verschiedener australischer *Acacia*-Arten zur Einführung als neue Zierpflanzen in Deutschland - ein Beitrag zur Erhaltung der Artenvielfalt

Reproduction studies of Australian Acacia species for the development of new ornamentals in Germany - a contribution to maintain biodiversity

KATJA ROOSE¹

Zusammenfassung

Der Begriff Biodiversität umfasst alle Lebewesen. Die zunehmende Verstädterung zieht hoffentlich die allgemeine Akzeptanz von Zierpflanzen als ebenso wertvolle genetische Ressourcen wie z.B. Ackernutzpflanzen nach sich, da sie hinsichtlich der Bedürfnisse der Menschen im 21. Jahrhundert von großem Nutzen sind. Die Entwicklung neuer Zierpflanzen ist ein eindeutiger Beitrag zur Erhaltung von Artenvielfalt. Vermehrungsversuche australischer Akazienarten bilden die Grundlage für die Einführung und Entwicklung dieser Pflanzen in Deutschland und führen vielleicht zu weiterer Forschungsarbeit auf diesem Gebiet.

Abstract

Biodiversity includes all living organisms. Increasing urbanisation may awaken the public opinion for a general acceptance of ornamentals as "plants of use". Ornamental plants are of high value regarding several needs of mankind in the 21th century. The development of new ornamentals is an undeniably contribution for maintaining biodiversity. Reproduction studies of Australian Acacia-species establish a basis for the introduction and development of these species in Germany and may lead to further research work in this field.

Einleitung

Der Fachterminus Biodiversität schließt alle lebenden Organismen ein. Hinsichtlich der Artenvielfalt spielen Zierpflanzen in unserer immer stärker urbanisiert geprägten Welt eine herausragende Rolle, auch wenn sie hinsichtlich der Konservierung in Genbanken leider unterrepräsentiert sind (BEGEMANN et al. 2001).

¹ Zieherweg 5
D-12355 Berlin

In den letzten Jahrzehnten führte erhöhter Konsum zur gesteigerten Einführung von neuen Zierpflanzen. Getragen wird dieser Trend durch den zunehmenden Einsatz von Technik, den verstärkten internationalen Handel und den steigenden Wohlstand der Industriegesellschaften.

Das Hauptaugenmerk bei der Entwicklung neuer Zierpflanzen liegt auf der Einführung von Pflanzen aus tropischen und subtropischen Gebieten, da dort ein überwältigender Artenreichtum vorliegt und die meist wärmeliebenden Pflanzen dieser Klimate sich besser an einen Standort in geheizten Zimmern anpassen können als Pflanzen gemäßiger Klimate.

Die vorliegende Arbeit befasst sich mit dem Versuch, australische Akazienarten auf ihre Eignung als neue Zierpflanzen in Deutschland zu überprüfen. Nur eine gesicherte Vermehrung, welcher Art auch immer, schafft die Voraussetzung für eine züchterische Bearbeitung und Verbreitung von Zierpflanzen. Daher wurden Vermehrungsversuche mit verschiedenen Akazienarten in Gewächshäusern der Landwirtschaftlich-Gärtnerischen Fakultät der Humboldt-Universität zu Berlin durchgeführt.

Allgemeines zur Gattung *Acacia*

Nach DUMONT (1998) gehören die Akazien zur Ordnung der Leguminosae und zur Familie der Mimosaceae. Weltweit sind ungefähr 1.200 Akazienarten bekannt, von denen 700 in Australien beheimatet sind. Das natürliche Verbreitungsgebiet der Akazien sind die tropischen bis warm-gemäßigten Regionen Zentral- und Südamerikas, Polynesiens, Australiens und Afrikas.

Zur Gattung *Acacia* gehören laubabwerfende und immergrüne Bäume, Sträucher und Lianen. Sie werden wegen der hübschen, gelben Blüten, seltener wegen des Laubes kultiviert. Die Blätter sind ein- bis zweifach gefiedert und wechselständig. Die Fiedern können zu abgeplatteten, meist lanzettlich bis eiförmigen, glattrandigen Blattstielen und Mittelrippen, die Phyllodien genannt werden, reduziert sein (DUMONT 1998). Im botanischen Sinne sind Phyllodien Blattstiele, die Blattfunktionen übernehmen. Akazien variieren stark in ihren Blatt- und Phyllodienformen. Nach ELLISON (1995) haben einige Arten eine ausgesprochen kurze Lebensdauer, während andere sehr lange leben.

Wie viele Pflanzen der Trockengebiete haben Akazien Dornen, die u.a. dem Schutz vor Tierfraß dienen. Bei der Gattung *Acacia* entwickeln sich die beiden Nebenblätter zu Dornen (STRASBURGER 1978).

Man nimmt an, dass es sich bei einer der frühesten australischen Pflanzen, die von einem Europäer gesammelt wurde, um *Acacia truncata*¹ handelte, einer westaustralischen Art, die fälschlicherweise als Farn beschrieben und illustriert wurde. Die Pflanze war zum Zeitpunkt der Sammlung blütenlos. In diesem Zustand können die Phyllodien dieser Akazie einer Person, die nicht mit der australischen Flora vertraut ist, die Blättchen eines Farnes suggerieren.

Vor 1788 waren die Botaniker, die mit Kapitän Cook nach Australien kamen die einzige Quelle, was die Sammlung von Pflanzen und Samen betraf. Es wird angenommen, dass die meisten Samen zuerst in die „Royal Gardens at Kew“ gelangten und dort kultiviert wurden. Nach der 1788 beginnenden Besiedlung von New South Wales (südöstlicher Gliedstaat Australiens) gelangten größere Mengen Saatgut australischer Pflanzenarten nach Europa, wo viele an Botanische Gärten sowie kommerzielle und Hobbygärtner verteilt wurden. Die Samen waren heiß begehrt, und viele Leute interessierten sich für die Raritäten. Anfang des 19. Jahrhunderts wurden Akazien, wo immer es möglich war, in Gewächshäusern und an geschützten Freilandstandorten kultiviert.

Für kommerzielle Zwecke wurden Akazien erstmalig in Südafrika angebaut, hier nutzte man sie unter anderem zur Dezimierung von Sandverwehungen. Heute sind dort einige Akazienarten durch Auswilderung aus Gärten und Anpflanzungen zu ernst zu nehmenen Unkräutern geworden, die die heimische afrikanische Flora verdrängen (SIMMONS 1987). In Übersee werden viele Akazienarten wegen folgender Eigenschaften forstwirtschaftlich genutzt:

- Akazien gehören zu den Leguminosen und haben die Fähigkeit, Stickstoff im Boden zu binden, weil sie mit speziellen Knöllchenbakterien symbiotische Lebensformen eingehen (SIMMONS 1987).
- Akazien tolerieren unfruchtbare Böden (SIMMONS 1987).
- Sie treiben nach Ernte der krautigen Teile neu aus (SIMMONS 1987).
- Sie liefern schnell beachtliche Holzmengen, teilweise sogar ausgesprochen hochwertiges Holz. Das Holz wird für Bauzwecke, aber auch als Feuerholz und zur Herstellung von Holzkohle genutzt (SIMMONS 1987).
- Das Laub kann als Viehfutter genutzt werden (SIMMONS 1987).
- Die Blüten werden gern von nektarsammelnden Insekten besucht und dienen somit der Honigproduktion (SIMMONS 1987).
- Einige Akazien sind Ameisenpflanzen (STRASBURGER 1978).
- Mehrere Arten liefern aus ihren Rinden Gummi (STRASBURGER 1978).
- Einige Arten dienen der Gerbstoffgewinnung (STRASBURGER 1978).

¹ Fehlende Autoren konnten nicht ermittelt werden.

Nach der Besiedlung schätzte man in Australien die vorgefundene Vegetation nur wenig. Mit der Gründung der „Society for Growing Australian Plants“ im Jahre 1956 wurden australische Pflanzen in ihrer Heimat wieder populärer. Heute werden dort Akazien aus vielen verschiedenen Gründen kultiviert. Sie werden beispielsweise im Garten- und Landschaftsbau zur Begrünung von Schulhöfen, Straßen, Parkanlagen, Golf- und Parkplätzen genutzt, des Weiteren zur Rekultivierung von Bergbaulandschaften und degradierten Flächen, in Gärten pflanzt man sie als Hecken für den Wind- und Sichtschutz. In Dürrezeiten bildet Akazienlaub die Futtergrundlage für das Vieh. Dank ihrer meist starken Bedornung bieten Akazien relativ sichere Nistplätze für Vögel (SIMMONS 1987). Pflanzenzüchter und Gärtner versuchen diesen Anwendungsmöglichkeiten noch eine hinzuzufügen - die Nutzung als Zimmerpflanzen, in Kübeln oder im Freiland verwendbarer Zierpflanzen für gemäßigte Klimate.

Kultur von Akazien

Unter Glas erfolgt die Kultur in lehmhaltiger, mäßig gedüngter Topferde in vollem Licht. Während der Wachstumszeit soll reichlich gegossen sowie monatlich ein flüssiger Voll-dünger verabreicht werden. Im Winter bevorzugen Akazien mäßige Feuchtigkeit, daher müssen die Wassergaben in dieser Jahreszeit eingeschränkt werden. Im Freiland werden Akazien in mäßig fruchtbaren, neutralen bis sauren Boden an einen geschützten Ort in voller Sonne gepflanzt. Die meisten Akazien vertragen starkes Rückschneiden nicht, es können aber schiefe oder sich überkreuzende Zweige sowie welke Blütenstände entfernt werden.

Akazien können sowohl generativ als auch vegetativ durch Stecklinge vermehrt werden. Bei der generativen Vermehrung wird das Saatgut im Frühjahr in warmem Wasser vorgequollen und bei Temperaturen nicht unter 18 °C ausgesät (DUMONT 1998). Nach ELLISON (1995) sollen die Samen in Behälter mit kochendem Wasser gegeben und zum Quellen für 10 bis 24 Stunden im sich abkühlenden Wasser belassen werden. Akazien lassen sich aufgrund verschiedener Dormanzformen des Saatgutes schwer vermehren. Bei der vegetativen Vermehrung werden halbverholzte Stecklinge im Sommer bewurzelt (DUMONT 1998).

Aufgrund der hohen Artenvielfalt dieser Gattung fällt eine Auswahl entsprechender Arten schwer. Es wurde daher bei den Vermehrungsversuchen in Köpenick auf Akazienarten zurückgegriffen, die im Botanischen Garten in Berlin-Dahlem angezogen werden bzw. auf Arten, zu denen bereits Versuche zur Einführung als Zierpflanzen vorliegen.

Bei der Auswahl der Saatgutvorbehandlungsmethoden wurde auf gängige Methoden aus der Literatur sowie Abwandlungen dieser zu einer eventuellen Erhöhung der Keimergeb-nisse zurückgegriffen.

Das Ziel der Vermehrungsversuche war ein Vergleich der prozentualen Keimerggebnisse von zwölf Akazienarten sowie zwei Varietäten in Abhängigkeit vom Alter des Saatgutes und den Saatgutvorbehandlungsmethoden. Bei diesen Methoden sollte die Effektivität ermittelt werden. Dazu werden die prozentualen Keimerggebnisse zwischen den verschiedenen Akazienarten, dem jeweiligen Alter des Saatgutes und den Saatgutvorbehandlungsmethoden miteinander verglichen. Anhand der Keimerggebnisse sollen diejenigen Akazienarten ermittelt werden, die sich generativ mit gutem Keimergebnis (über 50% Keimrate) vermehren lassen.

Da im Vermehrungsversuch 1999 nicht ausreichend Saatgut zur Verfügung stand, konnte nicht jede Vorbehandlungsmethode durchgeführt werden. Ein Vergleich der einzelnen Methoden unabhängig von der Art wird nur im Vermehrungsversuch 2000 durchgeführt, da hier jede Variante mit gleicher Saatgutmenge untersucht werden konnte.

Beschreibungen der untersuchten Akazien

Acacia asparagoides

Zu dieser Art waren keine Informationen auffindbar. Da die in Köpenick vermehrten Pflanzen nach der Keimlingsphase zu Schaden kamen, ist auch von dieser Seite keine Artbeschreibung möglich.

***Acacia buxifolia* A. Cunn.**

(*box-leaved wattle*)

Aufrechter, schlanker, offener Strauch, 2-3 m hoch, mit ovalen blau-grünen Phyllodien, Phyllodien 1,5-3,5 cm × 3-10 mm groß; im Frühjahr schmale hellgelbe, ballförmige Blüten in Trauben; leichter Rückschnitt nach der Blüte möglich; Vermehrung über Samen und Stecklinge (SIMMONS 1987); lineare Fruchthülsen, 20-70 mm lang; robuster Strauch, der auf fast allen Böden wächst; von Queensland bis Tasmanien in Kultur; natürliches Verbreitungsgebiet sind Waldlandschaften, felsige Hänge und steinige Böden (TAME 1992).

***Acacia calamifolia* Sweet ex Lindl.**

(*Wallowa*)

Buschiger, ausladender Strauch, 2-4 m hoch und breit; lineare Phyllodien, 3-12 cm × 1-5 mm groß, mit hakigen Spitzen; große Mengen an wohlriechenden, gelben, ballförmigen Blüten im Frühling und auch zu anderen Jahreszeiten; Vermehrung über Samen und Stecklinge (SIMMONS 1987); lineare Fruchthülsen, 80-200 mm lang; geeignet zur Abschirmung und als niedrige Hecke, toleriert sowohl feuchte als auch trockene Böden; kalk-, dürre- und frosttolerant; verbreitet in Waldlandschaften und offenen Strauchlandschaften auf wasserdurchlässigen Böden in trockeneren Gebieten (TAME 1992).

Acacia havilandii

Nach F.E. Haviland benannt, der die Art 1917 in Cobar (Südosten Australiens) sammelte; buschiger Strauch bis 3 m Höhe; bräunliche Zweige, die gelegentlich mit weißen Schuppen besetzt sind; 30-70 mm lange Phyllodien, die gerade bis leicht gebogen sind; 20-30 gelbe Blüten in runden Köpfchen-Blütenständen; blüht in Australien im späten Winter bis in den Frühling hinein; Fruchthülsen 50-70 mm lang; wächst in großen offenen Strauchlandschaften auf sandigen oder lehmigen Böden und an steinigen Hängen (TAME 1992).

Acacia iteaphylla F. Muell ex Benth.

(*Flinders Range Wattle*)

Buschiger Strauch von 2-4 m × 2-4 m Größe, aufrechte oder überhängende Zweige; silbrige, blaugrüne, aufrechte Phyllodien, die 5-14 cm × 3-8 mm groß sind; wohlriechende, blassgelbe, ballförmige Blüten von April bis September; Vermehrung über Samen und Stecklinge (SIMMONS 1987); frost- und mäßig dürre- und salztolerant; dekorativer Strauch, häufig entlang Straßen gepflanzt sowie in Parkanlagen in temperierten Gebieten.

Acacia ligustrina

Verbreiteter, dichter Strauch; 0,45-2 m × 2-5 m groß; harte, rechteckige, flache Phyllodien von 2-4 cm × 3-4 mm Größe; gelbe, ballförmige Blüten im Winter bis Sommer; Vermehrung über Samen und Stecklinge (SIMMONS 1987); nützlich zur Verringerung von Erosion; für die meisten gut drainierten Böden und alle Lagen in voller Sonne geeignet.

Acacia linifolia Willd. (wahrscheinlich mit *A. linearifolia* identisch)

(*Flax wattle*)

2-3 m hoher, schlanker Strauch mit derber, graubrauner Rinde; schmale Phyllodien, die 2-5 cm × 1-3 mm groß sind; wohlriechende, blassgelbe, ballförmige Blüten, die von Februar bis Juni erscheinen; nach der Blüte leichter Rückschnitt; Vermehrung über Samen und Stecklinge (SIMMONS 1987); lineare, 50-100 mm lange Fruchthülsen; geeignet für die meisten Böden in geschützten Gebieten mit etwas Schatten in kühl-temperierten Klimaten; natürliches Verbreitungsgebiet sind Wald- und Graslandschaften, wächst auf sandigen und alluvialen (= angeschwemmten) Böden (TAME 1992).

Acacia longifolia Willd.

Liegender großer Strauch oder kleiner Baum bis 7 m Höhe; Phyllodien 50-200 mm lang; die hellgelben Blüten stehen in 20-40 mm langen Ähren, Blütenähren paarweise in den Blattachseln, einzelne Blüte ist vierzählig; blüht in Australien vom späten Winter bis ins zeitige Frühjahr; Fruchthülsen haben zylindrische Form und sind 30-100 mm lang; natürliche Verbreitungsgebiete sind Wälder und Heiden, dort wächst die Art auf sandigen, sandig-lehmigen, sauren Böden und Sanddünen (TAME 1992).

***Acacia pycnantha* Benth.**

Strauch oder kleiner Baum von 4-8 m Höhe; Phyllodien sind flach und elliptisch und 60-200 mm lang; 50-80 goldgelbe Blüten stehen in einem runden Blütenkopf, einzelne Blüte ist fünfzählig; Blütezeit ist das Frühjahr; Fruchthülsen sind linear und 50-120 mm lang; natürlich verbreitet in *Eucalyptus*- und *Callitris*-Wäldern (*Callitris* = australische Koniferenart), auf Grasland und roten lehmigen Böden (TAME 1992).

***Acacia retinodes* Schltdl.**

(Wirilda)

Der Artname bezieht sich auf Gummi, den die Pflanze großen Mengen enthält (TAME 1992); variabler, großer Strauch oder kleiner Baum bis 8 m Höhe; dunkelgrüne, lineare, lanzenförmige Phyllodien von 3-20 cm × 3-15 mm Größe; gelbe bis blassgelbe, ballförmige Blüten in traubigen Blütenständen, die hauptsächlich von November bis Mai erscheinen; Beschneidung nach der Blüte; Vermehrung über Samen (SIMMONS 1987); lineare Fruchthülsen 30-150 mm lang; salztolerante Art; Schösslingsbildung nach Wurzelschädigung; schnellwachsender, schattenspendender Baum; auch als Abgrenzung auf Farmen, in Gärten und in Parkanlagen genutzt; verbreitet in kühlen, südlichen Gebieten, in Wäldern Australiens auf Sand und Lehm, oft in Wassernähe (TAME 1992).

***Acacia ulicifolia* (Salisb.) Court**

(*Juniper wattle, prickly Moses*)

Kleiner, dorniger Strauch; 0,3-2 m groß; harte, schmale, spitze Phyllodien, die 7-14 mm × 0,6-1,5 mm groß sind; cremegelbe, ballförmige Blüten von Juli bis September; Vermehrung über Samen und Stecklinge (SIMMONS 1987); lineare, 30-50 mm lange Hülsen; robuster, frosttoleranter Strauch; für fast alle Böden im Halbschatten oder in der Sonne in kühlen bis warmtemperierten Gebieten geeignet; verbreitet in sandigen Heiden, offenen Waldlandschaften; gewöhnlich in trockeneren Gebieten auf leichten Böden (TAME 1992).

***Acacia victoriae* Benth.**

(*Elegant or Bramble Wattle, Gundabluey*)

Variabler, normalerweise dorniger Strauch oder kleiner Baum, 2-8 m groß, gelegentlich auch höher; helle oder blaugrüne, lineare oder elliptische Phyllodien, die 2-6 cm × 2-8 mm groß sind und gewöhnlich Dornen an der Basis haben; zahlreiche duftende, gelbe bis blassgelbe, ballförmige Blüten in traubigen Blütenständen; Blüten erscheinen hauptsächlich von August bis September, aber auch sporadisch außerhalb dieses Blütezeitraums; Vermehrung über Samen (SIMMONS 1987); längliche 40-80 mm lange Fruchthülsen; toleriert sowohl Kalk-, Salz- als auch schwere Lehm- und rissige Tonböden; gut geeignet für die meisten Inlandgebiete, besonders wenn Grundwasser verfügbar ist; für Windschutzhecken und erosionskontrollierende Anpflanzungen geeignet; kommt in Gruppen vor und formt Dickichte in Wassernähe; in ariden und semi-ariden Regionen (TAME 1992). Verbreitet in allen australischen Staaten außer in Tasmanien.

Saatgutbehandlung

Akaziensamen keimen unter den Bedingungen der gemäßigten Breiten nur sehr zögerlich oder gar nicht. Ein Grund könnten die Gegebenheiten am natürlichen Standort sein, wo Buschfeuer regelmäßig die Vegetation nahezu vernichten. Viele Akazienarten scheinen diesen bzw. einen anderen Reiz zur Keimstimulation zu benötigen. Um die Samenschale für Wasser und andere Verbindungen durchlässig zu machen, kann man sich verschiedener Methoden bedienen.

Mögliche Saatgutvorbehandlungsmethoden sind:

- mechanische Verletzung der Samenschale (mit Messer oder Schere anschneiden oder anritzen, mit einer Nadel durchstoßen, abreiben mit Sandpapier oder Steinen)
- Behandlung mit Wasser (vorquellen, mit kochendem Wasser übergießen)
- Temperaturbehandlung (entsprechend der Pflanzenart kalt oder warm)
- Chemikalien (korrosive Lösungen, Wasserstoffperoxid, schweflige Säure)
- Kombinationen von Methoden (HARTMANN et al. 1990).

Mechanische Verletzung der Samenschale

Diese Methode ist einfach und effektiv für Samen vieler Pflanzenarten, vorausgesetzt eine entsprechende Ausrüstung steht zur Verfügung. Nach einer solchen Behandlung sind die Samen trocken und sollten deshalb sofort ausgesät werden, da sie nun zum einen für Pathogene anfälliger sind und zum anderen eine Lagerung das Keimergebnis negativ beeinflussen würde. Für kleine Mengen Saatgut kann man sich verschiedener einfacher Methoden bedienen: Aufreiben der Samenschalen mit Sandpapier, Feilen, Anschneiden mit einer Schere oder einem Messer, Aufschlagen mit einem Hammer oder Stein (HARTMANN et al. 1990). Wichtig bei diesen Behandlungsmethoden ist die Beschaffenheit der Samenschale und die Größe und Form der Samen. Bei kleinen runden Samen können sich erhebliche Schwierigkeiten ergeben, da sich diese nicht entsprechend fixieren lassen. Im allgemeinen sollte Saatgut nie so weit verletzt werden, dass innere Teile der Samen sichtbar sind.

Vorbehandlung mit kochendem Wasser

Bei dieser Methode werden die Samen in 77°C bis 100°C heißes Wasser gegeben (HARTMANN et al. 1990), wobei aber darauf zu achten ist, dass die Samen nicht gekocht werden, da es sonst zu einer irreversiblen Schädigung des Embryos kommt. Nach Erreichen der entsprechenden Wassertemperatur ist die Wärmequelle unverzüglich zu entfer-

nen. Die Samen werden in sich allmählich abkühlenden Wasser belassen und können so auch gleichzeitig quellen, was ebenfalls zu einer größeren Durchlässigkeit der Samenschale führt und die Keimung dadurch beschleunigt.

Einsatz von Chemikalien

Smoky Water

Smoky water ist ein „seed starter“. Dabei handelt es sich um Wasser, durch welches Rauch geleitet wurde. Smoky water wird in Australien hergestellt und soll speziell in Australien heimische Pflanzen zur Keimung stimulieren. Dabei soll der Rauch die Keimung auslösen. Man bezieht sich dabei auf die in Australien auftretenden Buschfeuer, an die sich die australische Flora im Laufe der Evolution angepasst hat.

Säurebehandlung

Zur Säurebehandlung werden die trockenen Samen in entsprechenden Gefäßen aus Glas, Steingut oder Holz mit konzentrierter Schwefelsäure bedeckt. Die Samen sollen in der Säure hin und wieder vorsichtig gerührt oder geschüttelt werden, um gleichmäßige Keimergebnisse zu erhalten. Die Behandlungszeit der Samen mit der Säure hängt sowohl von der Samenart als auch von der Menge der zu behandelnden Samen ab. Bei dickschaligen Samen können in regelmäßigen Intervallen Samen aus der Säure entnommen werden und auf ihre Schalendicke hin untersucht werden. Sobald diese papierdünn ist, sollen die Samen unverzüglich aus der Säure genommen werden. Vor der Aussaat sind die Samen gründlich mit Wasser zu spülen, um die Säure zu entfernen. Die behandelten Samen können getrocknet für eine spätere Aussaat gelagert werden, einer sofortigen Aussaat ist aber der Vorzug zu geben (HARTMANN et al. 1990).

Vermehrungsversuch im Jahr 1999

Folgende Varianten wurden im Vermehrungsversuch 1999 an mindestens zweijährigem Saatgut der Arten *A. asparagoides*, *A. buxifolia*, *A. calamifolia*, *A. havilandii*, *A. iteaphylla*, *A. linearifolia*, *A. retinodes* („*A. retinoides*“ war die wohl fehlerhafte Beschriftung der Originalprobe), *A. ulicifolia* und *A. victoriae* getestet (9 Arten, Herkunft: Botanischer Garten Berlin-Dahlem):

- Mechanische Saatgutbehandlung (Samen mit Sandpapier behandelt)
- Vorquellen in Wasser
- australische Rauchlösung (smoky water)

Keimerggebnisse im Vermehrungsversuch 1999

Die Keimerggebnisse, die im Vermehrungsversuch 1999 beobachtet wurden, sind in Tabelle 1 aufgeführt.

Tab. 1: Keimerggebnisse von zweijährigem Saatgut verschiedener Akazienarten in Abhängigkeit unterschiedlicher Saatgutvorbehandlungsmethoden

Tab. 1: Germination results of two-years-old seeds of different *Acacia*-species depending on different seed treatments.

Gekeimte Samen in %			
Akazienart	Sandpapier-Methode	Heißwasser-Methode	Smoky-Water-Methode
<i>A. asparagoides</i>	2	5	0
<i>A. buxifolia</i>	31,1	30	0
<i>A. calamifolia</i>	57,5	0	/ *
<i>A. havilandii</i>	25,6	/ *	/ *
<i>A. iteaphylla</i>	55,1	58,3	0
<i>A. linearifolia</i>	13,3	31,3	0
<i>A. retinodes</i>	52	27,5	7,5
<i>A. ulicifolia</i>	0	73,3	0
<i>A. victoriae</i>	12	5,7	7,5

* Die Behandlung konnte nicht erfolgen, da nicht genug Saatgut dieser Art zur Verfügung stand.

Auswertung der Keimerggebnisse vom Versuch 1999 im Hinblick auf die einzelnen Behandlungsmethoden

Sandpapier

Beim Vermehrungsversuch im Januar 1999 wurden die Samenschalen mit Sandpapier mechanisch verletzt. Schwierigkeiten ergaben sich insbesondere bei *A. asparagoides*, deren Samen eine Größe von 2 mm haben und die daher kaum einzeln zu handhaben waren, ferner bei *A. ulicifolia* und *A. calamifolia*. *A. victoriae* hat zwar 4 - 5 mm große Samen, doch ergaben sich wegen der glatten Samenschale Probleme bei der Anwendung. Die Methode war sehr arbeitsaufwendig und erreichte Keimraten, die im Durchschnitt unter 30% lagen. Die besten Raten wurden mit jeweils über 50% bei *A. calamifolia*, *A. iteaphylla* und *A. retinodes* erreicht. Bei *A. ulicifolia* ist diese Methode nicht angeschlagen. *A. asparagoides* hatte mit 2% Keimrate ein sehr geringes Keimerggebnis.

Kochendes Wasser

Für den Vermehrungsversuch im Januar 1999 wurden die Samen abends in kochendem Wasser eingeweicht und dann 84 Stunden in lauwarmem Wasser vorgequollen. Dazu wurden die Petrischalen mit den Samen bei ca. 22 °C Zimmertemperatur aufgestellt und einmal täglich erneut mit kochendem Wasser übergossen, d.h. alle 24 Stunden kam es zu einem Wasserwechsel. Diese Methode war mit durchschnittlich knapp über 30% Keimrate die wirkungsvollste, wobei das Keimergebnis der mechanischen Beschädigung der Samenschale durch Sandpapier gleicht. Die Heißwasser-Methode ist weniger kompliziert in der Handhabung, doch zeitaufwendiger als die Sandpapier-Methode, und es kann im Unterschied zu letzterer von einer homogenen Behandlung aller Samenkörner ausgegangen werden. Eine durchschnittliche Keimrate von 30% ist unbefriedigend. Ein möglicher Grund kann wiederum das Saatgutalter sein (mindestens zwei Jahre). Das beste Keimergebnis mit 73,3% wurde bei *A. ulicifolia* erzielt. Auch *A. iteaphylla* erreichte mit fast 60% Keimrate ein verhältnismäßig gutes Ergebnis. Bei *A. calamifolia* ist diese Methode nicht angeschlagen. Bei *A. havilandii* konnte sie nicht angewendet werden, da nicht genügend Saatgut zur Verfügung stand.

Smoky water

Beim Vermehrungsversuch im Januar 1999 stand als „seed starter“ „smoky water“ zur Verfügung. Die Samen wurden vollständig bedeckt bei ungefähr 20 °C für einen Tag in der entsprechenden Lösung belassen und anschließend im Gewächshaus ausgesät. Diese Behandlungsmethode erwies sich bei fast allen untersuchten Akazienarten als wirkungslos. Nur zwei Arten, *A. retinodes* und *A. victoriae*, keimten bei dieser Methode überhaupt, lieferten jedoch mit jeweils 7,5% Keimrate unbefriedigende Ergebnisse. Mögliche Gründe für das fast völlige Fehlschlagen dieser Behandlung könnten sein:

- Wirkungslosigkeit der Lösung (zu lange gelagert oder Akaziensaatgut spricht im allgemeinen nicht auf diese Behandlung an),
- zu hohes Saatgutalter oder dormanzbedingt zu geringes Saatgutalter
- die in bezug auf Akaziensaatgut falsche Handhabung des „seed starters“ (Durchführung der Behandlung nach allgemeinen Angaben auf der Verpackung),
- eventuell unzureichend Versuchszeit (Abbruch nach sechs Wochen Beobachtungszeit).

Interessanterweise brachte die Heißwasser- im Vergleich zur smoky-water-Methode deutlich höhere Keimraten. Die Samen wurden bei der Heißwasser-Methode über 72 Stunden zum Quellen im Wasser belassen und erhielten zudem viermal einen Reizstimulus durch Übergießen mit kochendem Wasser, während die Akaziensamen bei der

smoky-water-Methode für lediglich 24 Stunden in der wässrigen Lösung vorgequollen wurden. Es ist anzunehmen, dass ein längeres Belassen der Samen in der Lösung höhere Keimraten bewirkt hätte.

An *A. calamifolia* und *A. havilandii* konnte die smoky-water-Methode nicht untersucht werden, da nicht ausreichend Saatgut dieser Arten zur Verfügung stand.

Vermehrungsversuch im Jahr 2000

Im Vermehrungsversuch 2000 wurden folgende Varianten an den Arten *A. buxifolia* („Box-leaf Wattle“), *A. calamifolia* („Wallowa“), *A. havilandii* („Needle Wattle“), *A. iteaphylla* („Flinders Range Wattle“), *A. ligustrina*, *A. linearifolia* („Stringybark Wattle“), *A. longifolia* („Sydney Golden Wattle“), *A. pycnantha* („Golden Wattle“), *A. retinodes* („Wirilda“ / „Swamp Wattle“), *A. retinodes* var. *blue leaf* („Wirilda Wattle“), *A. ulicifolia* („Prickly Moses“ / „Juniper Wattle“), *A. ulicifolia* var. *brownei* („Heath Wattle“), *A. victoriae* („Elegant Wattle“ / „Bramble Wattle“) getestet - insgesamt 11 Arten und 2 Varietäten (Herkunft: Nindethana Seed Service, Albany, Western Australia), wobei angenommen wird, dass es sich um maximal einjähriges Saatgut handelte:

- mechanische Saatgutbehandlung (Samen einzeln mit Rosenschere angeschnitten)
- Vorquellen in Wasser
- Hitze (Erhitzen im Muffelofen)
- konzentrierte Schwefelsäure

Keimergebnisse im Vermehrungsversuch 2000

Die Keimergebnisse, die im Versuch 2000 beobachtet wurden, sind in Tabelle 2 aufgeführt. In Tabelle 3 sind die durchschnittlichen Keimergebnisse der einzelnen Behandlungsmethoden unabhängig von der Art bezogen auf den Vermehrungsversuch 2000 dargestellt. Der Durchschnitt der Keimergebnisse der einzelnen Arten unabhängig von der Behandlungsmethode im Versuch 2000 wird in Tabelle 4 aufgeführt.

Tab. 2: Keimergebnisse von einjährigem Saatgut verschiedener Akazienarten in Abhängigkeit unterschiedlicher Saatgutvorbehandlungsmethoden

Tab. 2: Germination results of different Acacia-species depending on different seed treatments

gekeimte Samen in %				
Akazienart	Anschneide-Methode	Heißwasser-Methode	Hitze-Methode	Schwefelsäure-Methode
<i>A. buxifolia</i>	58	30	4	10
<i>A. calamifolia</i>	82	40	16	12
<i>A. havilandii</i>	20	38	0	38
<i>A. iteaphylla</i>	62	2	22	4
<i>A. ligustrina</i>	48	10	2	6
<i>A. linearifolia</i>	72	26	4	8
<i>A. longifolia</i>	94	86	86	14
<i>A. pycnantha</i>	66	34	12	0
<i>A. retinodes</i>	80	44	48	42
<i>A. retinodes</i> var. <i>blue leaf</i>	98	66	18	8
<i>A. ulicifolia</i>	8	2	0	0
<i>A. ulicifolia</i> var. <i>brownei</i>	0	4	0	0
<i>A. victoriae</i>	86	16	8	26

Tab. 3: Durchschnitt der Keimergebnisse der einzelnen Behandlungsmethoden beim einjährigen Saatgut aller untersuchten Akazienarten

Tab. 3: Average of germination results regarding different seed treatments of one-year-old seeds of the examined Acacia-species

Behandlungsmethode	Durchschnittliche Keimrate in %
Anschneide-Methode	59,5
Heißwasser-Methode	30,6
Hitze-Methode	16,9
Schwefelsäure-Methode	12,9

Tab. 4: Durchschnitt der Keimergebnisse des einjährigen Saatgutes der einzelnen Akazienart bei allen durchgeführten Behandlungsmethoden

Tab. 4: Average of germination results of one-year-old seeds of the examined Acacia-species independent of seed treatment

Akazienart	Durchschnittliche Keimrate in %
<i>A. buxifolia</i>	25,5
<i>A. calamifolia</i>	37,5
<i>A. havilandii</i>	24,0
<i>A. iteaphylla</i>	22,5
<i>A. ligustrina</i>	16,5
<i>A. linearifolia</i>	27,5
<i>A. longifolia</i>	70,0
<i>A. pycnantha</i>	28,0
<i>A. retinodes</i>	53,5
<i>A. retinodes</i> var. <i>blue leaf</i>	47,5
<i>A. ulicifolia</i>	2,5
<i>A. ulicifolia</i> var. <i>brownei</i>	1,0
<i>A. victoriae</i>	34,0

Auswertung der Keimergebnisse vom Versuch 2000 im Hinblick auf die einzelnen Behandlungsmethoden

Mechanische Behandlung

Im Vermehrungsversuch im Februar 2000 wurden die Akaziensamen mechanisch verletzt, indem jeder Samen mit einer Rosenschere angeschnitten wurde. Besondere Schwierigkeiten ergaben sich bei *A. havilandii*, *A. ligustrina*, *A. ulicifolia* und, *A. ulicifolia* var. *brownei*, da die Samen nur 3 mm groß und daher schwer zu fixieren waren. Einige der Arten besitzen noch eine orangefarbene Samenschale, die sowohl eine Fixierung als auch die reale Einschätzung der Samengröße erschwert. Es kann daher leicht zu Verletzungen des Embryos kommen. Bei *A. victoriae* ergaben sich bei dieser Methode Schwierigkeiten durch die glatte Samenschale und die runde Form der Samen.

Fast 100% Keimraten wurden bei *A. retinodes* var. *blue leaf* und *A. longifolia* erreicht. Ebenfalls sehr gute Keimergebnisse mit um die 80-90% Keimrate brachten die Arten *A. calamifolia*, *A. retinodes* und *A. victoriae*. Lediglich bei *A. ulicifolia* var. *brownei* schlug diese Behandlungsmethode nicht an. Im Vermehrungsversuch 2000 war diese Behandlungsmethode mit einer durchschnittlichen Keimrate aller Akazienarten von fast 60% den anderen Methoden klar überlegen.

Für die kommerzielle Nutzung mechanischer Samenbehandlungen gibt es sogenannte „Seed Scarifier“, das sind Maschinen, in denen das Saatgut zwischen Sandpapiertrommeln oder in Beton-, Sand- und Kiesmischungen rotieren, wodurch Verletzungen der Samenschalen hervorgerufen werden.

Heißes Wasser

Beim Vermehrungsversuch im Februar 2000 wurden die Akaziensamen drei Tage vor der Aussaat mit kochendem Wasser übergossen und anschließend bis zur Aussaat (also 72 Stunden) im sich bis auf Zimmertemperatur abkühlenden Wasser belassen. Diese Methode brachte mit einer durchschnittlichen Keimrate von 30,6% aller Arten das zweitbeste Ergebnis. Hinzu kommt, dass die Behandlungsmethode bei allen Arten angeschlagen ist, wenn auch mit unterschiedlichen Keimraten.

Die Wasser-Methode war im Vergleich zur mechanischen Behandlung weniger arbeitsaufwendig, da sie lediglich das zweimalige Übergießen der Samen mit kochendem Wasser und täglichen Wasserwechsel erfordert. Die Durchführung bedarf sicher einer Verfeinerung. Wahrscheinlich kann sich diese Methode eher in der Praxis durchsetzen, da eine längere Quelldauer der Samen höhere Keimraten zur Folge haben könnte. Einen Hinweis darauf liefert die Beobachtung, dass die mit smoky-water behandelten Samen nur 24 Stunden in der Lösung lagen und hinterher keine bzw. äußerst geringe Keimraten aufwiesen, während die Samen bei der Wasserbehandlung mindestens 72 Stunden im Wasser belassen wurden und dann höhere Keimergebnisse erzielten. Da die australische Rauchlösung smoky water keine Keimhemmung induzieren dürfte liegt die Vermutung nahe, dass eine längere Einwirkungszeit aufgrund der längeren Quelldauer höhere Keimraten bewirkt hätte.

Bei der Wasserbehandlung hatte *A. longifolia* mit 86% das mit Abstand höchste Keimergebnis. Mit 66% wies *A. retinodes* var. *blue leaf* ein vergleichbar gutes Ergebnis auf. Die niedrigsten Raten wurden mit jeweils 2% bei *A. ulicifolia* und *A. iteaphylla* verzeichnet.

Hitze

Die Hitzebehandlung brachte mit einer durchschnittlichen Keimrate aller Arten von 16,9% nur unbefriedigende Ergebnisse. Die Wirksamkeit der Behandlung ist sicherlich abhängig von den betreffenden Arten, der Beschaffenheit und dem Alter des Saatgutes. Älteres Saatgut ist meist durch einen geringeren Feuchtigkeitsgehalt gekennzeichnet.

Vermutlich war die Dauer der Wärmeeinwirkung zu kurz (12,5 Minuten, davon 7 Minuten bei 60°C, weitere 5 Minuten Erwärmung von 60°C auf 90°C und 30 Sekunden bei 90°C), da Buschfeuer länger als 12 Minuten anhalten. Es ist zwar möglich, dass die Samen bei

diesen Naturereignissen nicht permanent einer starken Hitzeeinwirkung ausgesetzt sind und z.B. im Boden liegen. Bei Vermehrungsversuchen muss aber aus Zeit- und Kostengründen versucht werden, eine niedrigere Temperatur, die über einen längeren Zeitraum anhält durch höhere Temperaturen mit kürzerer Einwirkzeit zu kompensieren.

Während der Behandlung wurden mitunter Geräusche wahrgenommen, die von aufplatzenen Samenschalen verursacht wurden. Eine mikroskopische Kontrolle der Samenschalen wurde allerdings nicht durchgeführt. Eine Beschädigung des Embryos aufgrund der 90°C Einwirktemperatur bei diesem Vermehrungsversuch wird aufgrund der dicken Samenschale für unwahrscheinlich gehalten. Um dieses auszuschließen, müssten hierzu exakte Untersuchungen durchgeführt werden.

Schwefelsäure

Im Vergleich zu allen anderen Methoden brachte diese mit einer durchschnittlichen Keimrate aller Arten von 12,9% das schlechteste Ergebnis. Sie ist allerdings in ihrer Effizienz der Hitze-Methode vergleichbar. Vermutlich war die Einwirkzeit der konzentrierten Schwefelsäure auf die Samen zu gering. Die Samenschalen waren trotz der Auflösung immer noch relativ dick. Die höchste Keimrate wies *A. retinodes* mit 42% auf. Bei *A. havilandii* liegt sie mit 38% in der gleichen Größenordnung. Bei *A. pycnantha*, *A. ulicifolia* und *A. ulicifolia* var. *brownei* schlug diese Form der Behandlung fehl.

Abschließende Diskussion

Die vorliegenden Untersuchungsergebnisse machen deutlich, wie komplex Entwicklungsprozesse bei Pflanzen sind. Insbesondere die Samenkeimung wird durch viele Faktoren beeinflusst. Es hat sich herausgestellt, dass die Vermehrung der Akazien durch frisches Saatgut in der Regel effektiver ist. Eine Ausnahme bildete *A. ulicifolia*. Bei dieser Art wurde durch zweijähriges Saatgut eine bessere Keimrate erzielt.

Die mechanische Behandlung des Saatgutes erscheint mit durchschnittlich knapp 60% Keimrate als effektivste Methode. Betrachtet man den Arbeitsaufwand, ist die Effektivität jedoch eher fraglich. Die Heißwasser-Methode ist wesentlich weniger arbeitsintensiv, erbrachte bei einjährigem Saatgut allerdings nur eine Rate von gut 30%. Bei der Hitze-Methode waren es noch knapp 17%, bei der Behandlung des Saatgutes mit hochprozentiger Schwefelsäure nur noch knapp 13%.

Bei folgenden Akazienarten scheint eine generative Vermehrung günstig zu sein, da hier Keimergebnisse mit über 50% Keimrate vorliegen:

- *A. buxifolia* (einjähriges Saatgut, Anschneide-Methode)
- *A. calamifolia* (zweijähriges Saatgut, Sandpapier-Methode/ einjähriges Saatgut, Anschneide-Methode)
- *A. iteaphylla* (zweijähriges Saatgut, Sandpapier-Methode und Heißwasser-Methode/ einjähriges Saatgut, Anschneide-Methode)
- *A. linearifolia* (einjähriges Saatgut, Anschneide-Methode)
- *A. longifolia* (einjähriges Saatgut, Anschneide-Methode, Heißwasser-Methode und Hitze-Methode)
- *A. pycnantha* (einjähriges Saatgut, Anschneide-Methode)
- *A. retinodes* (zweijähriges Saatgut, Sandpapier-Methode/ einjähriges Saatgut, Anschneide-Methode))
- *A. retinodes* var. *blue leaf* (einjähriges Saatgut, Anschneide-Methode und Heißwasser-Methode)
- *A. ulicifolia* (zweijähriges Saatgut, Heißwasser-Methode)
- *A. victoriae* (einjähriges Saatgut, Anschneide-Methode)

Die Vermehrung der Akazien steht am Anfang der Inkulturnahme dieser neuen Zierpflanzen. Es müssten sich Versuche zur Habitusgestaltung und zur Anpassung der Pflanzen an die Umweltbedingungen anschließen. Der Großteil der in Köpenick untersuchten Pflanzen wies eine Neigung zu starkem Streckungswachstum auf. Ferner wurde Anfälligkeit der meisten Arten für Blattläuse und Weiße Fliege festgestellt. An der Entwicklung neuer Zierpflanzen sind viele Faktoren beteiligt, die eine erfolgreiche Einführung bedingen. In erster Linie müssen Kundenwünsche berücksichtigt werden, die sich vorrangig an dem Erscheinungsbild einer Pflanze orientieren. Weiterhin sind Kulturansprüche, Krankheits- und Schädlingsresistenz von großer Bedeutung. Dieser erste Ansatz zur effektiven Vermehrung von Akazien liefert einige Grundlagen für die Erhaltung bzw. Erhöhung der Artenvielfalt im Zierpflanzenbereich, wenn dafür auch im mitteleuropäischen Raum vorwiegend klimatisierte Areale wie Wohnzimmer oder Büroräume in Betracht kommen. Die Entwicklung der Akazien zu akzeptierten Zierpflanzen bedarf in Deutschland allerdings noch einiger Forschungsarbeiten. Dazu gehört auch eine artspezifische Eigenschaften berücksichtigende Verfeinerung der Saatgutbehandlungsmethoden. Weitere Akazienarten und neue Behandlungsmethoden (z.B. Einfluss von Kälte, anderen Chemikalien, Strahlung) sowie vegetative Vermehrungsmethoden sollten in die künftigen Untersuchungen einbezogen werden.

Für einige der hier untersuchten Arten sind bereits Potenziale erkennbar. *A. pycnantha* zeigte bereits nach 4 Monaten einen interessanten Habitus. Eine spezielle Untersuchung dieser Art scheint sehr vielversprechend. Einen ebenfalls ansprechenden Habitus wies *A. victoriae* mit ihren filigranen Fiederblättchen, dem üppigen Wuchs und den Dornen auf.

Danksagung

Bei Frau Peggy Marx möchte ich mich ganz herzlich für die gute Zusammenarbeit und für ihre konstruktiven Ratschläge bedanken. Als Betreuer half mir Herr Dr. Heiner Grüneberg mit seinen wissenschaftlichen Anleitungen sehr. Mein Dank gilt weiterhin Herrn Anton Pärschke und seinen Mitarbeitern, die den praktischen Teil der Untersuchungen ermöglichten und sich intensiv um die Pflanzenzüglinge kümmerten. Außerdem möchte ich mich bei den Mitarbeitern des Botanischen Gartens Berlin-Dahlem bedanken, insbesondere bei Herrn Signerski und Herrn Loose. Ohne die mir gewährte Unterstützung und ohne das Engagement aller genannten Personen wäre die Projektarbeit an der Landwirtschaftlich-Gärtnerischen Fakultät der Humboldt-Universität zu Berlin in dieser Form nicht abgeschlossen worden.

Literaturverzeichnis

- BÄRTELS, A.: (1989): Farbatlas Tropenpflanzen. Eugen, Ulmer GmbH & Co.
- BARTHLOTT, W. (Hrsg.) (1998): Dumont's Große Pflanzenenzyklopädie. The Royal Horticultural Society, DuMont Buchverlag, Köln; Band I; 60-61.
- BAILEY L.H. (1961): The Standard Cyclopedia of Horticulture. New York, Macmillan Company; Vol. 1 A-E; 178-190.
- BEADLE, N.C.W, EVANS O.D, CAROLIN, R.C. (1982): Flora of Sydney Region. National library of Australia; third edition.
- BEADLE, N.C.W. (1981): The vegetation of Australia. Gustav Fischer Verlag Stuttgart, New York.
- BEARD J.S. (1970): West Australian Plants. Vol. 2.
- BEARD J.S.: Plant Life of Western Australia. Kangaroo Press 1990; 34.
- BEGEMANN, F., GLADIS, TH., MENZEL, P. und G. HARRING (Hrsg.) (2001): Erhaltung und nachhaltige Nutzung genetischer Ressourcen der Zierpflanzen. Schriften zu Genetischen Ressourcen Band 15, 87 S.
- BLOMBERRY, A.M. (1967): A guide to native Australian Plants. Angus and Robertson, Sydney, London, Melbourne; 196 pp.
- BLOMBERRY, A.M. (1955): Native Australian Plants. 90 f.
- BRICKWELL, CHR. (1990): Enzyklopädie der Garten- und Zimmerpflanzen. Mosaik Verlag, München.
- CHITTENDEN, F.J. (1951): Dictionary of Gardening. The Royal Horticultural Society, Oxford at the Clarendon Press; Vol. 1 A-Co; 12.

- DIELS, L. (1906): Die Vegetation der Erde. Die Pflanzenwelt von Australien, Leipzig; Band **VII**.
- ELLIOT, W.R. (1982): Encyclopedia of Australian Plants. Melbourne, Sydney, Auckland; Vol. **I** and **II**.
- ELLISON, D. (1995): Cultivated Plants Of The World. Elison, Donald Philip.
- ENCKE, FR. (1987): Kalt- und Warmhauspflanzen. Ulmer.
- ERHARDT, W., GÖTZ, E., BÖDEKER, N., SEYBOLD, S. (Hrsg.) (2000): ZANDER. Handwörterbuch der Pflanzennamen. 16. Aufl. Eugen Ulmer GmbH & Co, Stuttgart.
- EVERETT, TH.H. (1981): Encyclopedia of Horticulture. USA 1981; Vol. **1**; 11-15.
- GODET, J.-D. (1986): Gehölzfürer Bäume und Sträucher. Abboris Verlag Bern.
- HARTMANN, H.T., KESTER, D.E., DAVIES, F.T. (1990): Plant Propagation. Principles and Practices, Prentice Hall; **5**. ed.
- KAUFMANN, H.-G. (1988): Zierpflanzenproduktion. Pflanzenbaulich - Technologische Grundlagen, VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag.
- KRÜSSMANN, G. (1976): Handbuch der Laubgehölze. Verlag Paul Parey in Berlin und Hamburg; Band **1**; 55 ff.
- ODENBACH, W. (1997): Biologische Grundlagen der Pflanzenzüchtung. Parey Buchverlag Berlin; 36-37.
- ROTHERHAM, E.R. (1975): Flowers and Plants of New South Wales and Southern Queensland. Sydney, Wellington, London.
- RÜMPLER T. (1902): Illustriertes Gartenbaulexikon. Berlin.
- RÜNGER, W. (1976): Licht und Temperaturen im Zierpflanzenbau. VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag.
- SACHWEH, U. (1987): Grundlagen des Gartenbaus. Verlag Eugen Ulmer GmbH & Co.
- SIMMONS, M.H. (1987): Growing Acacias. Kangaroo Press.
- STRASBURGER, E. (1978): Lehrbuch der Botanik. VEB Gustav Fischer Verlag Jena.
- STRASBURGER, E. (1991): Lehrbuch der Botanik für Hochschulen. Gustav Fischer Verlag Stuttgart, Jena, New York.
- TAME, T. (1992): Acacias of Southeast Australia. Kangaroo Press.
- WRIGLEY, J. (1979): Australian Native Plants. Sydney, London.

Die ökologische Leistung pflanzengenetischer Ressourcen aus biologisch-dynamischer Sicht

Ecological goods and services of plant genetic resources from the bio-dynamic point of view

KARL-JOSEF MÜLLER ¹

Zusammenfassung

Aufbauend auf ihrem einzigartigen ökologischen Wert verdient es jede Eigenart einer Pflanze, erhalten zu werden, sei es *ex situ* oder *in situ*. An den Beispielen Nackthafer, Sommergerste, Winterweizen und Einkorn werden unterschiedliche Forschungsaktivitäten aufgezeigt.

Summary

Every character of a plant is unique, has undoubtedly a high value regarding biodiversity and deserves to be conserved, whether ex situ or in situ. Examples like naked oat, spring barley, winter wheat, and einkorn describe different research activities.

Einleitendes

Jede pflanzengenetische Ressource hat hypothetisch ihre unvergleichliche ökologische Leistung in ihrer speziellen ökologischen Nische, insbesondere wenn der Mensch in diese Ökologie nicht nur als *Oeconomicus* sondern als seelisch-geistiges Wesen in Entwicklung mit einbezogen wird, das seine ganz individuellen Werte hat. Ohne die Kenntnis dieser speziellen ökologischen Bedingungen einer Pflanze ist die Leistung aber nahe null. Erst wenn der Weg zu diesem Wissen beschritten und die Kenntnisse umgesetzt werden, entsteht aus dem ökologischen Potenzial eine Leistung. In dem Augenblick, in dem dies stattfindet, handelt es sich dann aber bereits nicht mehr um eine pflanzengenetische Ressource, sondern um eine Eigenart (MÜLLER 1999).

Die übliche, hinlänglich bekannte Leistung besteht darin, einen Mangel im Bereich der pflanzengenetischen Nutzung durch Rückgriff auf eine pflanzengenetische Ressource zu beheben. Das Bemühen um ein Verständnis des Mangels und der diesen

¹ Darzau Hof
D-29490 Neu Darchau

behebenden Eigenschaft, setzt meist erst in der Folge ein, könnte aber auch in umgekehrter Reihenfolge beschrrieben werden. Wenn jede Eigenschaft ein Potenzial darstellt, dann stellt sich die Frage, unter welchen Umständen dieses Potenzial im Hinblick auf einen bestimmten Standort oder spezifische Anbaubedingungen und mit Rücksicht auf die Verwendung durch den Menschen unter Einbeziehung seiner möglichen weiteren Entwicklung zur Entfaltung kommen kann. Also erst die Einsicht in den qualitativen Wert einer Eigenschaft, sei es eine neue Streifenkrankheitsresistenz der Gerste oder der Winkel der Weizengrannen, mit dem sie von der Ährenachse abstehen, führt in eine neue Entwicklung. Nur die Einsicht und sei es die Einsicht in das eigene Erleben eines Authentischen führt zu einer Wertschätzung dessen, was der andere Mensch mit seiner Tätigkeit hervorbringt und in seinem Leben benötigt.

Wer käme darauf, einen Weizen haben zu wollen, dessen Halme während der Gelbreife statt in Gelb in leuchtendem Rot (Rotreife) erstrahlen, wenn er nicht durch den Weizen selber auf die Möglichkeit aufmerksam geworden wäre. Auch wenn es sich bisweilen um ein modisches oder werbestrategisches Ansinnen handeln wird, welches dem Öko-Landbau so wenig aberkannt werden kann wie der Gentechnik, wird das Empfinden durch Glanz und Farbe doch unzweifelhaft stimmungsvoller inspiriert. Was spricht aber dagegen, dass die Qualität, die wir im Inneren wahrnehmen, die gleiche ist, welche die Pflanze von außen berührt und die Erscheinung hervorbringt, sofern wir in der Lage sind, uns diesem Inneren objektiv gegenüberzustellen. Dann ist es aber eine Qualität, die den Raum, in diesem Falle die Landschaft, gestaltet und prägt, ja sich letztlich auch über die Nahrung modifiziert dem Menschen auf intime Weise mitteilt. Es stellt sich dann aber auch die Frage, ob die Verhältnisse des Raumes geeignet sind, mit dieser Qualität ein harmonisches Ganzes zu bilden, sie zu stützen. Eine intensivst auf vegetatives Wachstum ausgerichtete Bewirtschaftung findet ihre Entsprechung eben mehr in einem tief dunklen Grün, das dann rasch verblassen muss. Farbe entsteht als ein Qualitatives erst in der Zurückdrängung des Vegetativen. Das qualitative Differenzieren ermöglicht dann das Unterscheiden und Beurteilen. Und dies sind Qualitäten, die wir in unserer modernen Kultur mehr denn je benötigen. Vielleicht lassen sie sich durch eine Nahrung, die ein solches Potenzial dem inneren Menschen tatsächlich vermitteln kann, gesellschaftlich befördern - wer weiß es? Es einfach zu leugnen, wem würde dies helfen? Man muss sich ja nur einmal danach umschaun, wer sich wie ernährt und was daran alles deutlich werden kann.

Ex situ

Auf dem Wege des Vergleichens konnten in der Getreidezüchtungsforshung Darzau aus den pflanzengenetischen Ressourcen bisher die nachfolgenden Kriterien entwickelt und repräsentative Akzessionen dafür angegeben werden.

Nackthafer

Mit Hilfe eines Nackthafersortimentes der Landessaatzuchtanstalt Hohenheim wurde dem Auftreten bespelzter Körner nachgegangen, wobei sich ergab, dass die Dynamik der Stielchenverlängerung innerhalb eines Ährchens vom basal-zentralen Rispenbereich zum apikal-peripheren Bereich prinzipiell eine Streckung erfährt und die Anzahl Blüten pro Ährchen mit der Streckung insgesamt zunimmt. Liegt innerhalb der Stielchenverlängerung eines Ährchens zwischen A- und B-Korn eine Stauchung vor, wird das Auftreten bespelzter Körner begünstigt. Bespelzte Körner treten nicht mehr auf, wenn die Stielchen zwischen der ersten und letzten Blüte eines Ährchens sich kontinuierlich verkürzen. Die Beschäftigung mit diesem Phänomen führt in einen Gestaltwandel, der sich in einer qualitativen Bewegung vollzieht, die dazu neigt sich im Peripheren zu verlieren. Solche Formen hatten sich in China erhalten. Die Bewegungsgestalt bekommt aber eine andere, mehr abschließende Qualität, wenn sie im apikalen Bereich mit der fünften Blüte endet. Solche Formen konnten gefunden und gezielt weiter selektiert werden (MÜLLER 1989).

Sommergerste

Vergleichende Untersuchungen an einem Weltsortiment spelzenfreidreschender Sommergersten führten zur Beschreibung regional charakteristischer morphologischer Typen. Die farb- und gestaltbildenden Qualitäten, wie sie an der Pflanze erscheinen, ließen sich ihrerseits mit den regionalen Bedingungen in ein wechselseitiges Verständnis bringen, so dass eine bestimmte Farbgebung des Blattes, der Verlauf einer Blattmetamorphose, die Aus- bzw. Umprägung der Grannen und die Farbe der Körner eine qualitativ erweiterte Beschreibung erfahren konnten. Eine intensive Karyopsenfärbung bis hin zu einem Schwarzviolett ist eine Art Blütenqualität, die erst unter Zurückdrängung der aufbauenden Lebensvorgänge gebildet wird. Dies bedarf einer Unterstützung dieser Zurückdrängung durch ebenso intensive Licht- und Wärmequalitäten im Umraum, wenn diese Qualität im Samen eine substantielle Dichte erhalten soll. Mit anderen Worten, man kann diese offensichtlich sehr stabilen Merkmale auch in Mitteleuropa züchten, aber sie bleiben doch eigentlich innerlich unausgefüllt. In Äthiopien und im Himalaja haben sie aber offensichtlich eine ganz andere Relevanz.

Auch Blattentwicklung und Blattmetamorphose können von der Veranlagung her in Einklang oder Widerspruch mit ihren Umgebungsverhältnissen gebracht werden. Relevant wird dies dann, wenn es um eine sorteneigene Beikrautregulierung durch Beschattung geht, die nicht nur in einer Lösung für alle Bedingungen besteht, sondern in Abhängigkeit von der standörtlichen Bewirtschaftungsintensität hinsichtlich Wuchshöhe, Blattbreite und Blattlänge unterschiedliche Ansätze verlangt. Hier geht die qualitative Betrachtung unmittelbar in die nützliche Anwendung über. Auch bei

den in der Alpenregion und den östlich benachbarten slawischen Ländern beheimateten Formen fand sich in einem vollkommenen Freidrusch der Karyopsen, der auf eine feste Verbindung zwischen Spelzen und Ährenspindel in Verbindung mit hoher Spindelfestigkeit zurückgeht, eine nützliche Eigenschaft, die inzwischen auch in Kanada und Mexiko Interesse gefunden hat. (MÜLLER 1998)

Winterweizen

Der Zweifel daran, dass die Vermutung richtig sei, es ließen sich unter den Bedingungen der trockengefährdeten, leichten Standorte Norddeutschlands unter ökologischer Bewirtschaftung keine den heutigen Verarbeitungsanforderungen entsprechende Weizen erzeugen, führte zur schrittweisen Evaluierung alter und neuer Sorten unter solchen Bedingungen. Es hatte zum Ergebnis, dass es selbstverständlich möglich ist, entsprechende Qualitäten hervorzubringen, allerdings bedarf es dazu einiger alter Sorten, die in Standfestigkeit und Ertragspotenzial züchterisch verbesserungswürdig sind. Eine bessere Beikrautregulierung durch Beschattung infolge entsprechender Frohwüchsigkeit bringen sie bereits mit. Die Anbaupraxis sollte gegenüber dem verbreiteten Vorgehen allerdings in der Aussaatzeit dem Sortenpotenzial angepasst und auf Anfang September vorgezogen werden. Erst im Verlauf der Untersuchungen wurde deutlich, dass auch für die Bildung des Feuchtklebers das Augenmerk nicht allein auf die Fraktion der hochmolekularen Glutenine gelegt werden darf, denn dann werden die Kleber unter diesen Anbaubedingungen viel zu hart. Ganz entgegen der konventionellen Züchtung müssen die Gliadine berücksichtigt werden, so dass ein gut zu verarbeitender Teig entstehen kann (MÜLLER 1999a).

Gerade die Beschäftigung mit dem Weizen und, da dem Weizen eben mehr Interesse entgegengebracht wird, die Möglichkeit der Zusammenarbeit mit biologisch-dynamisch arbeitenden Kollegen machte deutlich, dass gerade auch unter dem Aspekt der Verarbeitungsqualität ein regionalerer Züchtungsansatz im ökologischen Anbau erforderlich ist (MÜLLER et al. 2000).

Sommergerste

Die Streifenkrankheit der Sommergerste als für den ökologischen Landbau beachtenswerte samenbürtige Krankheit wird derzeit an einem umfassenden Sortiment bearbeitet. Im Gegensatz zum Flugbrand, der für seine Entwicklung etwas wärmere Temperaturen benötigt, mag es die Streifenkrankheit kühler. Dementsprechend findet sich der Flugbrand in südlichen Gebieten stärker verbreitet, die Streifenkrankheit in nördlichen. Die meisten Resistenzen kommen für den Flugbrand aus Äthiopien und für die Streifenkrankheit aus dem Himalaja. Da es sich wie so oft auch hier um Krankheiten handelt, die nur an der Gerste vorkommen - also der Flugbrand der

Gerste nur an Gerste, die Streifenkrankheit der Gerste nur an Gerste - läßt sich die Krankheit auch so betrachten, dass sie selbst wie ein Teil des Organismus ist, der dann aktiv wird, wenn der einzelne pflanzliche Organismus die Beziehung zu seinen ihn stützenden Lebensverhältnissen nicht mehr aufrecht erhalten kann. Dass auf einem Feld lauter identische Organismen angebaut werden, ist von Natur aus ja nicht vorgesehen. Für den Flugbrand bedeutet es, dass es dem Organismus im Verlauf der Keimlingsinfektion relativ zu warm ist, bei der Streifenkrankheit demgegenüber relativ zu kalt. Sinnigerweise gibt es bei einigen auf die Infektion mit der Streifenkrankheit übersensibel reagierenden Herkünften ein verzweigtes Wachstum, das zugleich eine wesentlich höhere Chlorophylldichte mit sich bringt, die ihrerseits dazu beiträgt, mit kühleren Temperaturen besser zurecht zu kommen. Ebenfalls bemerkenswert ist, dass gerade die äthiopischen Herkünfte auch solche mit Flugbrandresistenzen, besonders hohe Anfälligkeiten gegenüber der Streifenkrankheit unter unseren Bedingungen aufweisen. Für eine biologisch-dynamische Züchtung ergibt sich daraus eine etwas verzwickte Lage, da es sich offensichtlich um Polaritäten handelt, die als Extreme in Kombination voraussichtlich von kurzer Dauer sind. Aus der Betrachtung erfolgt die Notwendigkeit, die physiologischen Prozesse von der Mitte zwischen den Extremen ausgehend zu befördern und der allgemeinen Widerstandsfähigkeit gegenüber der Immunität in der Selektion den Vorzug zu geben. Dies verlangt nun aber ein Testverfahren, dass die Anfälligkeit unter den tatsächlichen Anbaubedingungen prüft.

Einkorn

Für Einkorn wurde schon in den Anfängen der biologisch-dynamischen Wirtschaftsweise Interesse geweckt, als man auf der Suche nach Zwischenformen auf dem Weg zum Getreide war, die noch Ursprüngliches erkennen lassen. Das zugrundeliegende Motiv lässt sich dahingehend beschreiben, Qualitäten ausfindig zu machen, die den Menschen als eine geistige Individualität auf leiblicher Grundlage umfassender ernähren als moderne Massenträger dies vermögen. Das neuerliche Interesse an „unverfälschten“ Getreiden angesichts der Gentechnik, ermöglichte Untersuchungen an einem Sortiment von winterharten Einkorn-Herkünften. Als besonders herausragende Eigenschaften haben sich dabei erwiesen

- das helle, leuchtende Grün des Sprosses, welches mit fortschreitender Vegetation besonders ins Auge fällt
- die hohe Bestockung mit bis zu 600 Ähren/m²
- ein außerordentlich zähes Stroh
- die verhältnismäßig kleinen, bruchempfindlichen Körner
- ein extrem weicher Kleber von hohem Gehalt und niedrige Sedimentationswerte

- hohe Anteile essenzieller Aminosäuren, die für den Nervstoffwechsel bedeutsam sind, bei zugleich relativ hohem Proteingehalt
- und als markantestes Merkmal, welches bis in die späteren Produkteigenschaften erhalten werden kann, die herausragenden Gelbpigmentgehalte vom zwei- bis dreifachen des Hartweizens.

Eine von Feinheit, Leichtigkeit und Durchlichtung geprägte Gestalt tritt bei diesem Getreide in der Verbindung mit Festigkeit und Zähigkeit auf. Dass sich durch die substanzielle Beschaffenheit ein Hinweis auf die Nerventätigkeit beim Menschen ergibt, unterstreicht das Bild der Pflanzencharakteristik (MÜLLER 2000).

Hinsichtlich der *Ex-situ*-Sammlungen lässt sich auch aus biologisch-dynamischer Sicht sagen, dass dort noch manche Schätze zu heben sind, wenn die Wertschätzung dafür beginnt aufzukeimen.

In situ

Ein besonderes Anliegen der biologisch-dynamischen Bewirtschaftung ist das sogenannte On-farm-Management, früher unter dem Begriff der Hofsorten subsummiert. Inzwischen sind in einer Reihe von Betrieben nach langjährigem Nachbau, sicherlich unterstützt durch technische Vermischungen und spontane Einkreuzungen, spezifische On-farm-Populationen entstanden, auf welche die jeweiligen Betriebe nicht mehr verzichten wollen. Besonders hervorzuheben ist dabei ein Weizen vom Landwirt Peter Jacoby, der eine sehr gute Feldresistenz gegenüber Stinkbrand aufweist. Wie diese Resistenz entstanden ist, ist bisher noch nicht aufgeklärt; beabsichtigt war sie nicht. Die Sorte ist aber auch sonst von ihrer Wüchsigkeit und in ihrem Farbenspiel eine auffällige Erscheinung. Es trifft hier voll zu, dass der On-farm-Erhalt eine Bedeutung „im Sinne evolutiver Prozesse“ hat. Der Betrieb, oder sofern sich mehrere Betriebe zusammenschließen, eine Region kann sich mit einem solcherart authentischen Erzeugnis heutzutage aber auch über die Vermarktung entsprechend präsentieren.

Was auf diese Weise an standortbezogener Vielfalt entsteht, kann Anlass zur Auseinandersetzung mit der Frage geben, welchen Anteil eine spontane oder eine adaptive Mutation an diesem Prozess hat. Auch die Erfassung und Dokumentation solcher Populationen wird ihre Anhänger finden. Die eigentlichen Bedürfnisse und Nöte derer, die mit solchen Populationen arbeiten, trifft dies aber nicht. Sie suchen nach Wegen, wie sie das Auseinanderfallen in eine allzu große Vielfältigkeit einer Population mit einfachen Mitteln beschränken können. Wie wirken sich spezifische Maßnahmen im Anbau und der Saatgutaufbereitung auf die Zusammensetzung der Population aus? Wie führt man eine Population an den Extremen vorbei oder durch die

Extreme hindurch? Welcher Aufwand ist gegebenenfalls erforderlich, um eine Population in Einzelährennackkommenschaften auseinanderzulegen, zu bereinigen und wieder zusammenzufügen, um sie dann wieder auf nutzbare Mengen zu vermehren?

Da die Politik im Agrarbereich hierzulande eine dominierende Rolle spielt, wird sie auch hier schnell herbeizitiert. Leider mündet die Diskussion dann vornehmlich in den Bereich der Fördermittel, statt sich in der eigentlichen Aufgabe der Politik, der Gestaltung der Rechtsverhältnisse zwischen den Menschen, zu entfalten und kreatives und initiatives Handeln zu befördern. Die Wertschätzung eines authentischen und die Begeisterung für ein besonderes Produkt vermögen meines Erachtens wesentlich mehr Kapital, das im Wirtschaftsprozess frei geworden ist, in die Entwicklung dieser Lebensfelder hineinzuführen, als es die staatliche Förderung vermag. Größter Hemmschuh ist nach wie vor das Saatgutverkehrsgesetz mit seiner Forderung nach Homogenität ganz im Sinne des klassischen Sortenschutzes und den Anforderungen an einen landeskulturellen Wert bei landwirtschaftlichen Arten. Hier lässt es sich der Staat viel kosten und sich auch viel dafür bezahlen, festzulegen, was Landeskultur ist. Wenn auch nicht unbedingt als Motiv formuliert oder im Bewußtsein der Beteiligten präsent, aber prozessual bedingt reduziert sich die Landeskultur auf die Begriffe „Gewinnerwartung“ und „Umsatzentwicklung“ angesichts der Kosten, die damit verbunden sind, insbesondere dann, wenn der Wert nicht mit der herrschenden landwirtschaftlichen Praxis konform geht (MÜLLER 1999b).

Vielleicht ist es mittlerweile an der Zeit, neben der ökologischen Leistung einer pflanzen-genetischen Ressource auch die soziologische Leistung zu bedenken und den Menschen mit seinen Wahrnehmungen und Empfindungen in das Umfeld der Pflanze mit einzubeziehen, wenn man eine pflanzen-genetische Ressource bewertet.

Literatur

- MÜLLER, K.J. (1989): Über die Auslese von spelzenfreidreschendem Kernhafer. *Z. Lebendige Erde* 4/89, 283-288.
- MÜLLER, K.J. (1998): Erweiternde Kriterien für die Züchtung von Sommerspeisegerste im Organischen Landbau. Dissertation, Institut für Organischen Landbau, Bonn, Berlin: Köster. ISBN 3-89574-303-8.
- MÜLLER, K.J. (1999a): Kriterien für die Entwicklung von Qualitätsweizen für leichte Standorte. In: HOFFMANN, H. und S. MÜLLER (Hrsg.): Vom Rand zur Mitte: Beiträge zur 5. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau; 23.-25. Februar 1999 Berlin: Köster, 165-168.
- MÜLLER, K.J. (1999b): Der rechtliche Rahmen einer unabhängigen biologisch-dynamischen Pflanzenzucht. Vortrag vom 5. Feb. 1999. In: Landwirtschaftliche Tagung 1999 - Die Zukunft unserer Kulturpflanzen, Naturwissenschaftliche Sektion am Goetheanum, CH-4143 Dornach, 41-46.

- MÜLLER, K.J. (1999c): Von Pflanzen und Menschen - In den Kulturpflanzeigenschaften begegnen wir uns selbst, unseren Werten, unserer Kultur. Zeitschrift Lebendige Erde 1/99, 18-21.
- MÜLLER, K.J. (2000): Einkorn- ein Korn vom Feinsten. Informationsbroschüre, herausgegeben vom NABU- Landesverband Baden-Württemberg, 24.
- MÜLLER, K.J., P. KUNZ, H.H. SPIESS, B. HEYDEN, E. IRION und C. KARUTZ (2000): An overnational cereal circuit for developing locally adapted organic seeds of wheat. In: ALFÖLDI, T.; W. LOCKERETZ and U. NIGGLI (eds.): IFOAM 2000- The World Grows Organic, Proceedings 13th International IFOAM Scientific Conference, Basel 28-31 August 2000, vdf Hochschulverlag Zürich.

Biodiversität in der Pflanzenzucht aus der Sicht der Phytopathologie und der ökologischen Landwirtschaft

Biodiversity in plant breeding: phytopathological aspects and its role in organic farming

MARIA R. FINCKH¹

Zusammenfassung

Funktionelle Vielfalt ist Vielfalt, die darauf ausgerichtet ist, zum Pflanzenschutz gegen Krankheiten, Schadinsekten und Unkräuter und abiotische Stressfaktoren beizutragen. Sowohl mechanistische Interaktionen, wie Verdünnungs- und Barriereneffekte als auch komplexe ökologische und pflanzenphysiologische Prozesse, wie Allelopathie und induzierte Resistenz können in diversifizierten Beständen wirken. Am Beispiel einer Untersuchung des traditionellen Reisanbausystems in Bhutan wird aufgezeigt, dass ein wichtiger zusätzlicher Prozess, der in vielfältigen Systemen stattfindet, die gegenseitige Anpassung der Kulturpflanzen und der Pathogene (d.h. Ko-Evolution) ist. Ko-Evolution hat in Bhutan dazu geführt, dass in Regionen, wo der Krankheitsdruck durch *Pyricularia grisea* hoch ist, wirksamere und vielfältigere Resistenzen vielfältigeren Virulenzen gegenüber stehen als in Zonen, wo der Krankheitsdruck geringer ist. In herkömmlichen Systemen wird Vielfalt durch Sorten- und Artenmischungen, verkleinerte Schlaggrößen und Fruchtfolgen erzielt. Es kommen genetisch einheitliche Sorten zum Einsatz. Ko-Evolution ist nur möglich, wenn Variation in den Kulturpflanzen für die zu selektierende Eigenschaft (z.B. Resistenz) vorhanden ist. Um in der Landwirtschaft Ko-Evolution zu fördern, sind Züchtungsansätze gefordert, die Diversität für Resistenz produzieren. Der ökologische Landbau wird sich in Zukunft noch verstärkt die wichtigen Funktionen der Biodiversität im Pflanzenschutz zu eigen machen müssen, um Erfolg zu haben und stellt so einen wichtigen Partner für innovative Ansätze in der Pflanzenzucht dar.

Summary

Functional diversity is diversity that is designed to contribute to plant protection against diseases, insect pests, weeds and abiotic stress. Mechanistic interactions such as dilution and barrier effects as well as complex ecological and plant physiological processes, such as allelopathy and induced resistance contribute to plant

¹ Univ. Gh Kassel (GhK)
Fachgebiet Ökologischer Pflanzenschutz
Nordbahnhofstr. 1a
D-37213 Witzenhausen

*protection in diversified systems. Using the example of the traditional rice production system and rice blast (caused by *Pyricularia grisea*) in Bhutan, the importance of co-evolutionary processes in plant protection is demonstrated and discussed. Co-evolution has resulted in more resistant rice landraces in regions with high disease pressure and high pathogen diversity in comparison to regions with more sporadic disease pressure. In conventional agricultural systems diversification is achieved through the use of variety and species mixtures, reduced field size and crop rotation. The varieties used are genetically uniform, however. Co-evolution is only possible if variation exists for the property of interest (e.g. resistance). In order to promote co-evolution in agriculture, breeding methods that produce diversity for resistance are needed. In order to be successful in the future, organic agriculture will have to make much more use of functional diversity for plant protection. Organic agriculture will thus be an important partner for the development of innovative breeding methods.*

Einleitung

Eine der wichtigsten populationsgenetischen Errungenschaften des 20. Jahrhunderts ist das Verständnis von ko-evolutionären Prozessen. Ko-Evolution ist die gegenseitige Anpassung sich nicht-mischender Genpools (EHRlich und RAVEN 1964). Im phytopathologischen Kontext bedeutet dies, dass nicht nur Pathogenpopulationen auf die genetische Zusammensetzung der Wirtspopulationen reagieren sondern auch umgekehrt Wirtspopulationen sich an die genetische Zusammensetzung ihrer Pathogenpopulationen anpassen können.

In der Pflanzenzucht und vor allem in der Resistenzzucht wurde die Notwendigkeit und der Nutzen der genetischen Vielfalt bereits mit der Erkenntnis, dass Pathogenpopulationen sich dynamisch den Resistenzen in Pflanzenpopulationen anpassen (STAKMAN 1947, STAKMAN und LEVINE 1922) deutlich. Ab Mitte des 20. Jahrhunderts wurde aber auch zunehmend erkannt, dass eine Zucht für genetische Einheitlichkeit, vor allem was die Reaktionen gegen biotische und abiotische Stressfaktoren betrifft, eine dynamische Anpassung landwirtschaftlicher Nutzpflanzen an sich ändernde Umweltbedingungen massiv einschränkt (STEVENS 1942).

Um der Anpassungsfähigkeit der Pathogenpopulationen entgegenzuwirken, wurde schon 1952 von JENSEN die gezielte Zucht von Multiliniensorten vorgeschlagen. Multiliniensorten sind Sorten, die einheitlich für wichtige agronomische Eigenschaften, aber vielfältig in ihren Resistenzeigenschaften gegenüber wichtigen Krankheitserregern sind (JENSEN 1952). Seitdem wurde die Rolle der genetischen Vielfalt im Pflanzenschutz sowohl gegen Insekten als auch Krankheiten und Unkräuter intensiv beforscht und belegt (Literaturübersichten in FINCKH und WOLFE 1997, FINCKH et al. 2000, LETOURNEAU 1997, LIEBMANN und GALLANDT 1997).

Während Biodiversität ein allgemein anerkannter Wert ist, ist die Vielfalt, die von Pathologen und Züchtern gefordert wird eine **funktionelle Vielfalt**: eine Vielfalt, die darauf ausgerichtet ist, eine Pflanzenpopulation vor biotischen und abiotischen Einflüssen zu schützen (SCHMIDT 1978). Die Mechanismen, durch die Biodiversität zum Pflanzenschutz beiträgt, werden seit Jahren erforscht und es ist von großem Interesse, bereits existierende Systeme, in denen funktionelle Vielfalt zum Tragen kommt genauer zu untersuchen. Solche Systeme können wichtige Hinweise geben, wie Vielfalt in der Praxis zum Pflanzenschutz eingesetzt werden kann.

Im Folgenden werden in einem ersten Teil die Mechanismen der funktionellen Vielfalt näher beleuchtet. Anschließend wird anhand von Ergebnissen einer Untersuchung im traditionellen Reisanbau in Bhutan aufgezeigt, dass funktionelle Vielfalt durch natürliche Selektion auch ohne bewusste Einflussnahme des Menschen entstehen kann. In einem letzten Teil wird dann aufgezeigt, wie funktionelle Vielfalt gezielt gefördert werden kann und zu einer Ökologisierung der Landwirtschaft beitragen kann.

Mechanismen, die in vielfältigen Beständen zum Pflanzenschutz beitragen

Eine Vielzahl von Mechanismen in diversifizierten Beständen wirken sich auf Insekten, Krankheiten, Unkräuter, aber auch auf abiotische Faktoren wie Hitze, Kälte, Trockenheit und Bodenvariabilität aus (Tab. 1). Zusätzlich kann sich Diversität auch positiv auf wichtige umweltrelevante Probleme wie Erosion und Nährstoffauswaschungen auswirken.

Eine Reduktion der Wirtspflanzendichte in diversifizierten Beständen erschwert die Pathogenverbreitung von Pflanze zu Pflanze und zusätzlich fungieren nicht anfällige Pflanzen als Barrieren gegen die Verbreitung. Solche Dichte- und Barrieren-Effekte sind rein mechanistisch leicht nachvollziehbar. Im Gegensatz dazu sind Selektionseffekte, induzierte Resistenz und Allelopathie Mechanismen, die in ihrer Wichtigkeit erst in jüngerer Zeit erkannt wurden.

Selektion für die konkurrenzstärkeren und oft auch gleichzeitig resistenteren Pflanzen im Bestand kann sich erstens durch eine Verringerung anfälliger Wirtspflanzen im Bestand direkt auf den Befall auswirken. Zweitens leiden weniger befallene Pflanzen im Bestand weniger unter der Konkurrenz der stärker befallenen Pflanzen, was eine Kompensation ermöglicht (FINCKH und MUNDT 1992a,b, 1996). Insgesamt wird in Mischungen eine größere Ertragsstabilität beobachtet als in Reinbeständen (WOLFE und FINCKH 1997).

Tab. 1: Prozesse, die in diversifizierten Pflanzenbeständen wirken können und der mögliche Einflüsse dieser Prozesse auf Schadorganismen und abiotische Faktoren

Tab. 1: Processes occurring in diversified plant populations and their possible influence on pathogens, insects and weeds, and abiotic factors

Diversifikationseffekte auf Pflanzenpopulationen	Einfluss auf				Anmerkungen
	Krankheiten	Insekten	Unkräuter	abiotische Faktoren	
Reduktion der Wirtspflanzendichte	x	x			Oft Kompensationseffekte auf Ertrag
Barrieren-Effekte	x	x			
Induzierte Resistenz	x	x			
Selektion für die resistenteren und/oder konkurrenzstärksten Genotypen	x	x		x	Ertragseffekte und Bodenbedeckung wichtig
Verminderte Apparenz der einzelnen Pflanzen (visuell und Gerüche)		x			
Veränderung der Pflanzeninhaltsstoffe durch Pflanzeninteraktionen	x	x			Kann Anfälligkeit gegen Krankheiten und Insekten verändern
Schichtung der Wirtspflanzen und bessere Bodenbedeckung	x		x	x	Mikroklimatische und Konkurrenzeffekte, Erosionsschutz
Allelopathie	x		x		Vor allem Auswirkungen auf bodenbürtige Krankheiten und Unkräuter
Reduktion der Pflanzenhäufigkeit und Variationen in der Bodenbearbeitung durch Fruchtfolgen	x	x	x	x	Lebenszyklen von Schaderregern können unterbrochen werden, Bodenschutz
Besetzung verschiedener ökologischer Nischen				x	Kompensationseffekte
Andere Interaktionen in diversifizierten Systemen					
Interaktionen zwischen Schaderregern auf Wirtspflanzen	x				Konkurrenz zwischen Pathogenen und Insekten
Förderung von natürlichen Feinden, z.B. durch blühende Pflanzen		x			Unkräuter könnten allerdings als Alternativwirte für Insekten und Krankheitserreger dienen

Viele Resistenzreaktionen in Pflanzen werden durch versuchte Infektionen mit avirulenten Pathogenstämmen, bestimmte Botenstoffe (z.B. Salizylsäure) oder mechanische Berührung ausgelöst. Dieser Vorgang wird als **induzierte Resistenz** bezeichnet. Induzierte Resistenz kann sowohl lokal als auch systemisch in der ganzen Pflanze meist für eine begrenzte Zeit wirksam werden (KARBAN und KUC 1999). Wenn eine Resistenz einmal induziert ist, wirkt sie auch gegen sonst virulente Pathogenstämmen. Je vielfältiger deshalb die Pathogenpopulation in einem Bestand, d.h. je mehr verschiedene Arten und Rassen vorkommen, desto mehr Möglichkeiten zur Resistenzinduktion sind gegeben. Wenn jedoch in einem Bestand alle Pflanzen genetisch uniform sind, so ist die Wahrscheinlichkeit, dass sich viele verschiedene Pathogenrassen verbreiten, erheblich reduziert. Damit werden auch die Möglichkeiten, induzierte Resistenz hervorzurufen reduziert.

Das Ausmaß, in dem induzierte Resistenz eine Rolle spielen kann, wird aller Wahrscheinlichkeit stark unterschätzt und es gibt nur wenige Versuche, die direkt die Wirkung induzierter Resistenz im Feld belegen. In einem Feldversuch mit Weizen (*Triticum aestivum*) und Gelbrost (*Puccinia striiformis*) konnte jedoch die Wichtigkeit induzierter Resistenz in diversifizierten Beständen eindrücklich demonstriert werden (CALONNEC et al. 1996, FINCKH et al. 2000). Die Krankheitsentwicklung auf einer anfälligen Sorte ('Slejpner') wurde im Reinbestand und in zwei verschiedenen Mischungen (Tab. 2) verfolgt.

In einer Mischung wurde 'Slejpner' mit einer vollresistenten Sorte 'Estica' gemischt, d.h. nur Rostrasse J89108, die 'Slejpner' befallen konnte, konnte sich vermehren. In der zweiten Mischung wurde 'Slejpner' mit 'Arcane' gemischt, einer Sorte, die von einer zweiten Rostrasse, J89101 befallen werden konnte. Mit beiden Rassen wurde inokuliert. Während die Fläche unter der Befallskurve für 'Slejpner' in Mischung mit 'Estica' im Vergleich zum Reinbestand um 57% reduziert war, betrug die Reduktion in Mischung mit 'Arcane', in der sich beide Rostrassen vermehren konnten 83% (Tab. 2). So konnte nachgewiesen werden, dass ein Drittel der Befallsreduktion durch induzierte Resistenz zustande gekommen war.

Tab. 2. Befallsreduktion (Fläche unter der Kurve) mit Gelbrost (*Puccinia striiformis*) auf der Sorte 'Slejpner' (anfällig gegen Rasse J89108) in Mischungen mit der resistenten Sorte 'Estica' oder der für Rostrasse J89101 anfälligen Sorte 'Arcane' (Daten von FINCKH et al. 2000)

Tab. 2. Reduction of stripe rust severity on the susceptible variety 'Slejpner' (susceptible to race J89108) when mixed with the fully resistant variety 'Estica' or the differentially susceptible variety 'Arcane' (susceptible to race J89101) (Data from FINCKH et al. 2000)

Testsorte	gemischt mit	Befallsreduktion auf 'Slejpner'	Induzierte Resistenz
'Slejpner' (Rasse J89108)	'Estica' (resistent)	57%	0%
'Slejpner' (Rasse J89108)	'Arcane' (Rasse J89101)	83%	83 – 57 = 26%

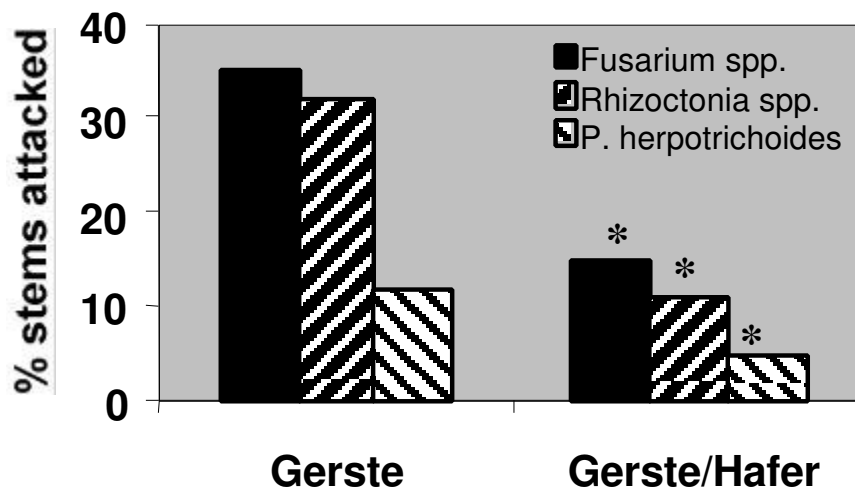


Abb. 1: Auswirkungen von Hafer auf den Befall von Gerste mit Fußkrankheiten im Mischanbau (VILICH-MELLER 1989)

Fig. 1: Effects of oats on stem diseases of barley in mixtures (VILICH-MELLER 1989)

Wechselwirkungen zwischen Organismen, die auf Einflüsse von Ausscheidungen der Organismen beruhen, werden als **Allelopathie** bezeichnet (STRASBURGER 1991, S. 408). Allelopathische Effekte von Pflanzen können sowohl gegenüber anderen Pflanzen wirksam werden (z.B. BELZ und HURLE 2000) als auch gegen Pflanzenpathogene. So kann Tagetes effektiv Nematoden vertreiben (LUNG et al. 2000) und für ver-

schiedene *Brassica* Arten und -Sorten wird die Möglichkeit, sie zur Biofumigation gegen bodenbürtige Krankheiten, wie z.B. die Schwarzbeinigkeit des Getreides einzusetzen erprobt (KIRKEGAARD und SANWAR 1999, KIRKEGAARD et al 1998, SMITH et al 1999). Broccolirückstände können eine ähnliche Wirkung wie *Methylbromid* im Blumenkohlanbau gegen *Verticillium dahliae* haben (SUBBARAO et al. 1999). Auch Hafer (*Avena sativa*) ist in Fruchtfolgen als sogenannte Gesundheitsfrucht bekannt und eine Wirkung von Hafer auf Fußkrankheiten der Gerste in Gerste-Hafer-Mischungen wurde von VILICH-MELLER (1992) nachgewiesen (Abb. 1). Ähnliche, allerdings sortenabhängige Wirkungen von Hafer auf Erdbeerkrankheiten wurden im Gartenbau festgestellt (ELLMER und LAMONDIA 1999).

Außer dem Anbau von Mischungen tragen natürlich auch Fruchtfolgen zur Biodiversität durch die Förderung eines aktiven vielfältigen Bodenlebens und durch eine Erhöhung der Artenvielfalt der Kulturpflanzen bei. Fruchtfolgen werden vor allem zum Erhalt der Bodenfruchtbarkeit und aus hygienischen Gründen in der Landwirtschaft eingesetzt. Ein aktives, vielfältiges und gesundes Bodenleben trägt wesentlich zur Pflanzengesundheit bei, da nicht-pathogene Mikroorganismen durch Konkurrenz bodenbürtige Pathogene unterdrücken (COOK und BAKER 1983).

Das natürliche Entstehen funktioneller Vielfalt im Reisanbau in Bhutan

Bhutan ist ein im Osten des Himalaya zwischen Indien und Tibet gelegenes Land, wo vor allem in den Hochlagen bis heute zu einem hohen Prozentsatz die lokal entstandenen Reislandsorten angebaut werden. Reis wird vom tropischen Tiefland im Süden (300-600m ü.NN.) bis auf 2.600m im Zentrum des Landes angebaut. Die Hochlagen zwischen 1.800 und 2.600m stellen eines der höchst gelegenen Reisanbaugebiete der Welt dar, wo sich entsprechend auch besonders an Kälte angepasste Reislandsorten ausgebildet haben.

Die Pilzkrankheit „Rice Blast“, durch den Pilz *Pyricularia grisea* (Cooke) Sacc. (teleomorph *Magnaporthe grisea*) ausgelöst, ist eine ubiquitäre Krankheit des Reises, die entweder im Jungpflanzenstadium Blattnekrosen verursacht oder die Halme adulter Pflanzen unterhalb der Rispen oder die Rispen selbst nekrotisiert. Im Jungpflanzenstadium kann die Krankheit die Setzlinge zerstören und die Bauern zwingen, von neuem zu säen und vor allem vor dem Auspflanzen gründlich zu selektieren. Ein Befall erwachsener Pflanzen führt jedoch fast unweigerlich zu schweren Ertragseinbußen, da Rispen ganz oder teilweise taub bleiben.

In den mittleren Lagen (1.200-1.800m) befällt *P. grisea* regelmässig vor allem die Jungpflanzen, tritt aber später in der Saison nur wenig auf und richtet wenig Schäden bei adulten Pflanzen an. In den Hochlagen dagegen tritt *P. grisea* so gut wie nicht auf Jungpflanzen, dafür aber sporadisch epidemisch auf adulten Pflanzen auf. Diese

sporadischen Epidemien führen in befallenen Beständen allerdings zu katastrophalen Ausfällen bis zu 100%.

Die Unterschiede in der Ätiologie der Krankheit wurden im Hinblick auf mögliche genetische und umweltbedingte Ursachen untersucht. Die Pathogenpopulation wurde im Hinblick auf die Virulenzvielfalt und genetische Vielfalt untersucht, während eine Auswahl von Landsorten aus den Hoch- und Mittellagen auf ihre Reaktionen in verschiedenen Umwelten und auf vorhandene Resistenzen und ihre Resistenzvielfalt hin untersucht wurde.

Basierend auf genetischen Fingerabdrücken konnte festgestellt werden, dass die genetische Vielfalt des Pilzes sowohl in den Hoch- als auch in den Mittellagen sehr hoch ist. Allerdings unterscheiden sich die genetischen Fingerabdrücke der Populationen aus den verschiedenen Regionen grundlegend, was zeigt, dass verschiedene Pilzpopulationen in den Hoch- und Mittellagen die Krankheit auslösen (THINLAY et al. 1999). Die Pilzpopulationen unterschieden sich auch in ihrer Virulenzvielfalt und Komplexität. So konnte in einer Gewächshausstudie nachgewiesen werden, dass Populationen aus den Mittellagen viel mehr verschiedene Pathotypen (Stämme mit verschiedenen Virulenzkombinationen) aufweisen als in den Hochlagen. Zusätzlich war die durchschnittliche Anzahl Virulenzen bei Individuen aus den Mittellagen deutlich höher als bei Individuen aus den Hochlagen (THINLAY et al. 2000 a,b).

Da solche Gewächshausstudien in der Anzahl Individuen, die untersucht werden können, begrenzt sind, wurden zusätzlich noch sogenannte „Nursery“ Studien im Feld durchgeführt. An sieben Orten in den Mittellagen und an drei Orten in den Hochlagen wurden insgesamt 42 Reiszuchtlinien mit bekannten Resistenzen und Landsorten aus Bhutan ausgepflanzt und ihre Reaktion auf die lokale Pathogenpopulation ein Mal 1996 und drei Mal 1997 ausgewertet. In Abb. 2 sind die Reaktionen der Landsorten aus Hoch-, Mittel-, und Tieflagen in Bhutan auf die lokalen Pathogenpopulationen dargestellt. In den sieben Mittellagennurseries wurden die Landsorten aus den Hochlagen mit einer Häufigkeit über 80% befallen (Schwarze Säule links, Abb. 2). Dagegen wurden in den Hochlagen weniger als 50% der Hochlagensorten befallen (Weiße Säule links, Abb. 2). Im Gegensatz zu den Hochlagensorten wurden die Sorten aus den Mittellagen und aus dem Tiefland sowohl in Hochlagen als auch in den Mittellagen deutlich weniger befallen (mittlere und rechte Säulengruppe, Abb. 2).

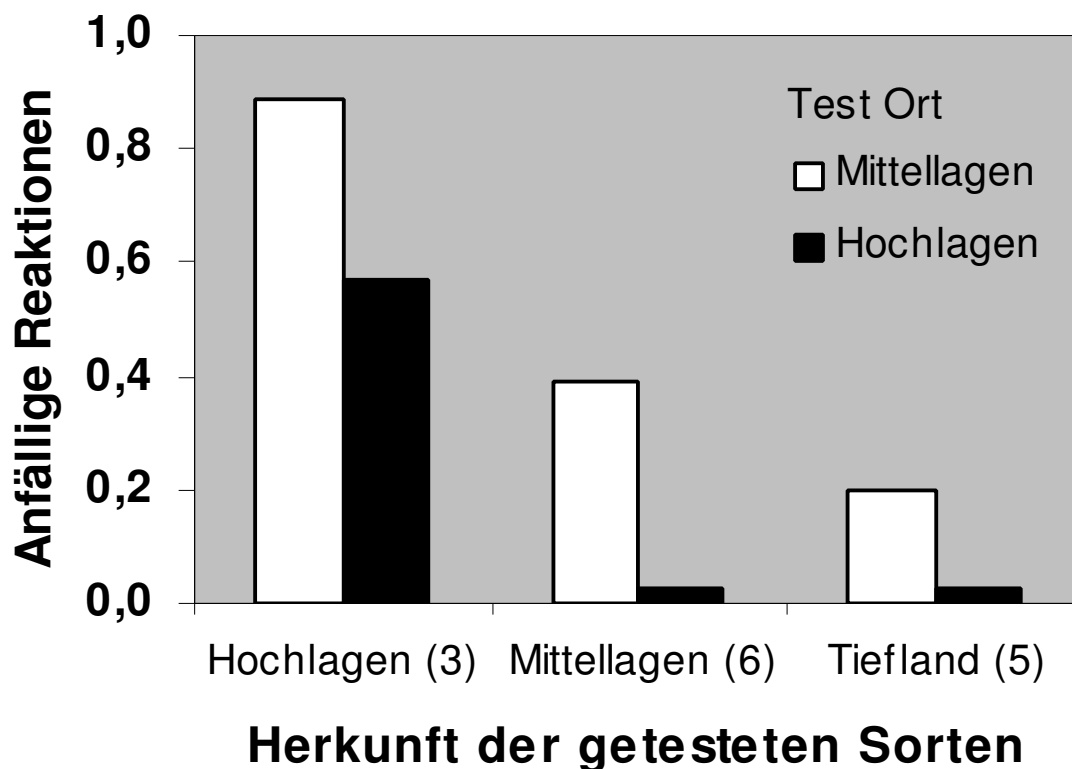


Abb. 2.: Reaktionen von Landrassen aus verschiedenen Regionen auf die lokalen Pathogenpopulationen 1996 und 1997 in Hoch- und Mittellagen

Fig. 2.: Reactions of landraces from different zones to blast populations in the high and mid altitudes in 1996 and 1997

Diese Resultate bestätigen die Ergebnisse aus der Gewächshausstudie, da sie belegen, dass die Pathogenpopulationen in den Mittellagen insgesamt über ein breiteres Virulenzspektrum verfügen als die Populationen in den Hochlagen. Zusätzlich aber zeigen die Nursery Daten auch auf, dass die Sorten aus den Hochlagen unabhängig vom Testort insgesamt viel anfälliger sind als die Sorten aus den Mittel- und Tieflagen.

Da nur eine relativ kleine Anzahl Sorten aus den verschiedenen Lagen in die Nursery Studie einbezogen werden konnte, wurden zusätzlich noch 65 Landsorten verschiedener Herkunft und 24 Zuchtlinien mit bekannten Resistenzgenen auf ihre Resistenzreaktionen gegenüber insgesamt 50 Pilzisolaten mit definierter Virulenz und Herkunft getestet. Pro Sorte und Isolat wurden mindestens 40 Einzelpflanzen getestet (THINLAY 1998).

Während die Reaktionen der Zuchtlinien sehr einheitlich waren, entweder alle Pflanzen anfällig oder alle Pflanzen resistent mit weniger als 10% Ausreißern, waren die

Reaktionen der Landsorten nicht einheitlich. Oft waren nur zwischen 20 und 50% der getesteten Pflanzen resistent, die restlichen anfällig (Abb. 3). Dies bedeutet, dass die Landsorten allgemein nicht genetisch einheitlich für Resistenzen gegenüber *P. grisea* sind.

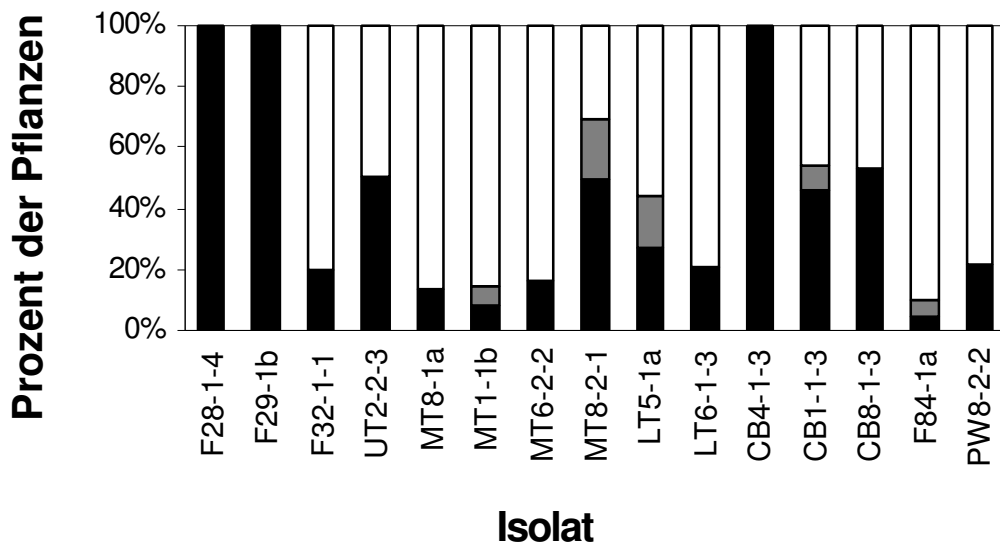


Abb. 3.: Reaktionen von 45 Pflanzen der Landsorte 'Dumja' auf 15 *P. grisea* Isolate. Schwarz: resistent, gestreift: schwach anfällig, weiß: anfällig (Daten von THINLAY 1998)

Fig. 3: Reactions of 45 plants of the landrace 'Dumja' to 15 P. grisea isolates. Black: resistant, stripes: intermediate reaction, white: susceptible (Data from THINLAY 1998)

Um festzustellen, worauf die beobachtete Uneinheitlichkeit innerhalb der Sorten beruht, wurden von zwei Sorten die Nachkommen von jeweils 25 einzelnen Körnern vermehrt und wieder auf die Einheitlichkeit in ihrer Reaktion auf 15 *P.-grisea*-Isolate untersucht (THINLAY 1998) (Abb. 4). Von jeder Einzelkornnachkommenschaft wurden wiederum mindestens 40 Pflanzen pro Pilzisolat getestet. Resistente Reaktionen erhielten einen Nominalwert von 1, anfällige Reaktionen von 3, schwach anfällige Reaktionen von 2. Wenn alle Pflanzen einer Nachkommenschaft anfällig sind, so ergibt sich damit ein Durchschnittswert von 3, bei nur resistenten Pflanzen ein Wert von 1. Werte zwischen 1 und 3 deuten auf heterogene Reaktionen hin. Bei beiden Sorten waren die Reaktionen der Einzelkornnachkommen nicht immer einheitlich. Insbesondere die Nachkommen der Sorte 'Chumja Maap' (Abb. 4b) wiesen ein sehr hohes Maß an Heterogenität auf.

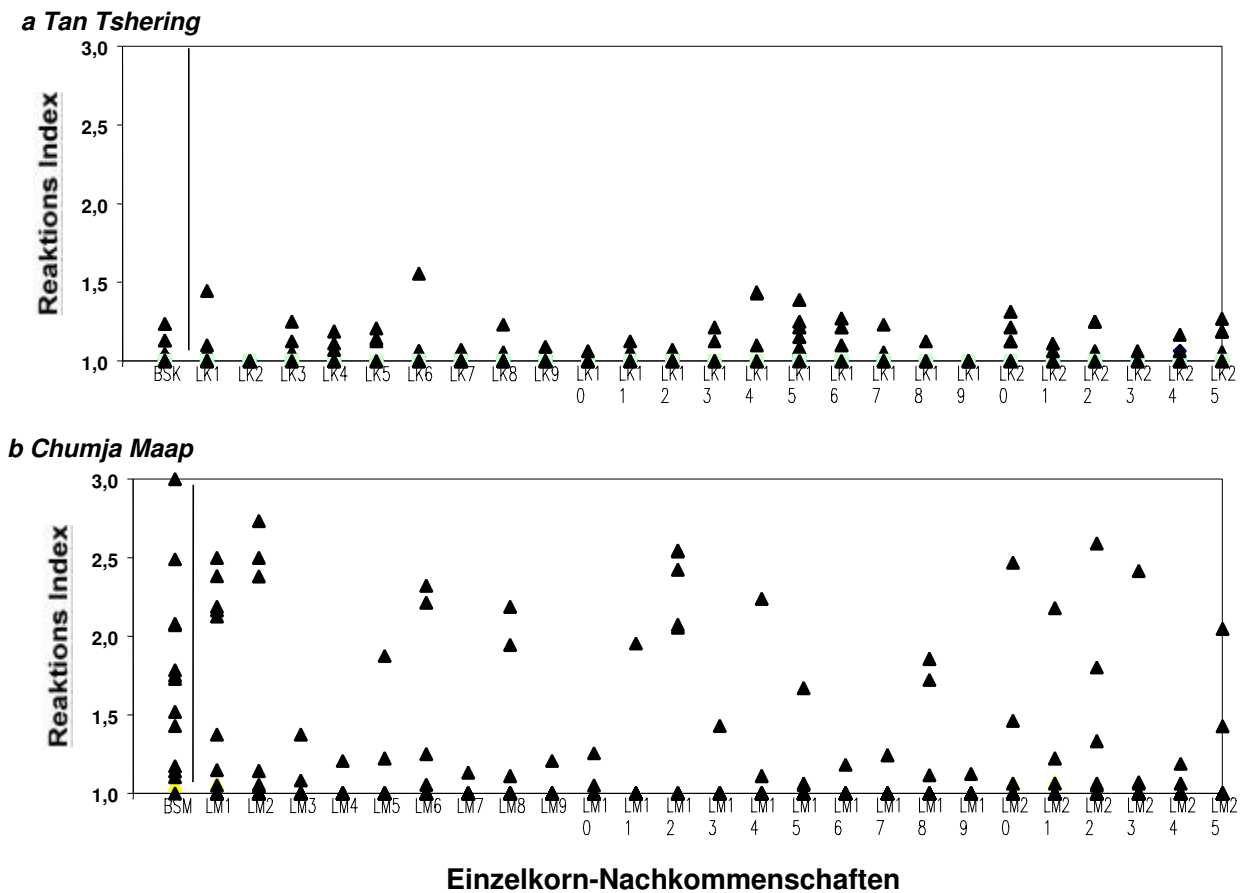


Abb. 4: Reaktionen der Landsorten (a) 'Tan Tshering' und (b) 'Chumja Maap' auf 15 *P. grisea* Isolate (ganz links) und von jeweils 25 Einzelkornnachkommenschaften. Pro Probe wurden mindestens 40 Pflanzen getestet. Der Reaktionsindex ist im Text erklärt. (Daten von THINLAY 1998)

*Fig. 4: Reactions of the landraces (a) 'Tan Tshering' and (b) 'Chumja Maap' to 15 *P. grisea* isolates (left) and the reactions of 25 single head progeny of each of the parental bulk samples. At least 40 plants per progeny were planted. For description Reaction index see text. (Data from THINLAY 1998)*

Da Reis mehrheitlich ein Selbstbefruchter ist, sollten die Nachkommen eines Kornes genetisch einheitlich sein und folglich auch die Reaktionen auf das Pathogen. Uneinheitlichkeit unter Einzelkornnachkommen kann entstehen, wenn die Resistenzen im Elternkorn nicht homozygot vorliegen, d.h. vor nicht allzuvielen Generationen eine Auskreuzung stattgefunden hat und folglich die Nachkommenschaft noch segregiert. Auskreuzung und die daraus folgende Segregation und Diversifikation in unterschiedlich resistente Linien ermöglicht es einer Pflanzenpopulation, auf Selektionsdruck durch ein Pathogen zu reagieren.

Die Ergebnisse der Arbeit in Bhutan ergeben insgesamt ein Bild komplexer Zusammenhänge. Vor allem die klimatischen Bedingungen in den Hochlagen stehen im Kontrast zu den Bedingungen in den Mittellagen, was zu unterschiedlichem Selektionsdruck in den beiden Ökozonen führt. In den Hochlagen ist das Klima relativ kalt und ermöglicht keine Jungpflanzeninfektionen. Außerdem herrscht sehr starker Selektionsdruck für Kälteresistenz im Reis. Erst im Sommer, wenn die Pflanzen bereits die Rispen geschoben haben, ist es mitunter warm und feucht genug für die Pilzkrankheit, um zum Ausbruch zu kommen. Im Gegensatz dazu ist das Klima in den Mittellagen ganzjährig warm genug für den Pilz und der Pilz befällt regelmäßig bereits die Jungpflanzen. Dadurch wird starker Selektionsdruck für Resistenz ausgeübt. So hat sich im Laufe der Geschichte in den Mittellagen bei großem und dauerndem Krankheitsdruck eine Vielfalt an Resistenzen und Virulenzen herausgebildet und insgesamt ist aber die Resistenz im System adäquat für den Reisanbau während in den Hochlagen die Krankheitsresistenzen nicht adäquat sind. Der Schluss liegt nahe, dass so die Resistenzvielfalt in den Mittellagen maßgeblich zum Pflanzenschutz beiträgt.

Möglichkeiten, durch Zucht funktionelle Vielfalt zu fördern

Die Segregation in den bhutanesischen Reislandsorten für Resistenz belegt, dass das System anpassungsfähig ist und durch sporadische Auskreuzungen (im Reis typischerweise ca. 1-2%) ein Maß an Vielfalt erzeugt wird, das eine Anpassung an sich ändernde Umweltbedingungen ermöglicht. Dies steht in krassem Gegensatz zu modernen Sorten der überwiegend selbstbefruchteten Getreide (z.B. Reis, Weizen, Gerste), die genetisch uniform sind, d.h. auch durch Auskreuzung innerhalb einer Sorte kann praktisch keine Rekombination stattfinden und damit auch keine Vielfalt entstehen.

Auch in modernen Agrarökosystemen kann dynamische Anpassung an Umweltbedingungen beobachtet werden ähnlich wie in Bhutan. Ein Beispiel ist die über 70jährige Forschung an den Gersten-„Composite-Cross“-Populationen in Kalifornien (ALLARD, 1990). Aber auch homogene Getreidepopulationen passen sich mit der Zeit ihrer Umwelt an, wie eine Studie in Frankreich mit Weizen belegt (PAILLARD et al. 2000a,b).

Resistenzvielfalt wird bereits auf großen Flächen weltweit vor allem im Getreide eingesetzt, wo Getreidesortenmischungen zum Schutz vor Krankheiten und Auswintungsschäden angebaut werden (z.B.: USA: >500.000ha Weizen, PL >100.000ha Weizen und Gerste, China: 40.000ha Reis (FINCKH et al. 2000). Neben Sortenmischungen sind auch Artenmischungen für die Produktion von Futter von großer Bedeutung. Mischungen sind nicht nur bei Getreide erfolgreich sondern bei großflächigem Einsatz können sie auch bei Bäumen wirksam werden. So werden in Kolumbien

auf fast 400.000ha Kaffeemultilinen angebaut. Hier wurde durch die Einkreuzung verschiedener Resistenzen gegen Kaffeeroest (durch *Hemileia vastatrix* verursacht) in dieselbe Muttersorte Einheitlichkeit in der Qualität und Vielfalt in der Resistenz erreicht (FINCKH et al. 2000).

Sortenmischungen können zwar in vielen Fällen Krankheitsprobleme reduzieren, oft sind aber ihrem Einsatz Grenzen gesetzt, da nicht unbedingt immer passende Sorten zum Mischen existieren und sich die Vermarktung auch zum Teil schwierig gestaltet. Ein Teil der Schwierigkeiten in der Vermarktung ist auf Unsicherheiten in der Qualität zurückzuführen. Allerdings können solche Bedenken in Zusammenarbeit mit Züchtern und Verarbeitern ausgeräumt werden, wie z.B. in der Schweiz, wo inzwischen Sortenmischungen auch für Brotqualitätsgetreide in der Sortenliste empfohlen werden. Insgesamt aber ist eine gründliche Erforschung der Qualitätseigenschaften von Sortenmischungen notwendig. Sorten, die speziell für Sortenmischungen geeignet sind, könnten allerdings zum Zuchtziel erklärt werden, wie es auch bereits in der Schweiz und vor allem in Polen praktiziert wird (FINCKH et al. 2000).

Während Sortenmischungen eine gute Alternative zum Anbau von homogenen Sorten sind, sind sie aber nicht mit den dynamisch anpassungsfähigen Landrassen in Bhutan zu vergleichen, da ja immer wieder Reinsaaten zur Herstellung der Mischungen benutzt werden. Ein möglicher Ansatz für die Züchtung wäre es deshalb, Sorten zu züchten, die zwar auf einheitliche agronomische und Qualitäts-Eigenschaften selektiert sind aber nicht auf Einheitlichkeit in ihren Resistenzreaktionen. Ein solcher Zuchtansatz würde es ermöglichen, dass Rekombination und Anpassung im Feld wieder mehr zum Zuge kommen.

Sowohl induzierte Resistenz als auch allelopathische Effekte sind bisher nicht systematisch züchterisch bearbeitet worden. Sortenabhängige Unterschiede wurden jedoch für Resistenzinduktion und Allelopathie festgestellt (ELMER und LAMONDIA 1999, KARBAN und KUC 1999, KIRKEGAARD und SARWAR 1999). Zuchtziele der Zukunft von besonderer Wichtigkeit für den ökologischen Landbau sollten beide Aspekte mit einschließen.

Schlussbemerkung

Die ökologische Landwirtschaft: Vorreiterrolle in der Einführung funktioneller Vielfalt?

Im ökologischen Landbau sind die Anbaubedingungen insgesamt heterogener als im konventionellen Landbau, da die Bodenfruchtbarkeit nicht durch synthetische Düngemittel angeglichen werden kann. Zusätzlich sind die Schlaggrößen im ökologischen Landbau durchschnittlich kleiner, was die Vielfalt im System zusätzlich erhöht.

Die Notwendigkeit, Alternativen zum chemisch-synthetischen Pflanzenschutz zu finden, die durch das Kupferverbot noch viel brennender wird, wird es auf die Dauer nicht erlauben, die wichtige Rolle der biologischen Vielfalt im Pflanzenschutz zu ignorieren. Die Förderung der Vielfalt durch Diversifikationsstrategien in Bezug auf Resistenzen und Anbaumethoden und neue Zuchtansätze ist ein wichtiger Baustein einer zukünftigen ökologischen Landwirtschaft.

In der ökologischen Landwirtschaft herrschen immer noch relativ kleine Strukturen, die einen direkten Kontakt und drehte Zusammenarbeit zwischen Züchtern, Anbauern, Verarbeitern und Konsumenten ermöglichen. Neue Ansätze können auch dem Verbraucher vermittelt werden. So könnte sich durch die ökologische Landwirtschaft auch die Möglichkeit bieten, ansonsten unkonventionelle Methoden zu erproben, die durchaus auch für die konventionelle Landwirtschaft von Relevanz sind.

Literatur

- ALLARD, R.W. (1990): The genetics of host-pathogen coevolution: Implications for genetic resource conservation. *Heredity* **81**, 1-6.
- BELZ, R. and K. HURLE (2000): Weed suppression by crops - which role play allelochemicals? *Mitt. Biol. Bundesanst. Land- Forstwirtsch.* **376** 487.
- GALONNEC, A., H GOYEAU, and C. De VALLAVIEILLE-POPE (1996): Effects of induced resistance on infection efficiency and sporulation of *Puccinia striiformis* on seedlings in varietal mixtures and on field epidemics in pure stands. *European Journal of Plant Pathology* **102**, 733-741.
- COOK, R.J. and K.F. BAKER (1983): *The Nature and Practice of Biological Control of Plant Pathogens*. APS Press, St. Paul, Minnesota, USA, 539 pp.
- EHRlich, P.R. and P.H. RAVEN. (1964): Butterflies and plants: a study in coevolution. *Evolution* **18**, 586-608.
- ELMER, W.H. and J.L. LAMONDIA (1999): Influence of ammonium sulfate and rotation crops on strawberry black root rot. *Plant Disease* **83**, 119-123.
- FINCKH, M.R. and C.C. MUNDT (1992): Plant competition and disease in genetically diverse wheat populations. *Oecologia* **91**, 82-92.
- FINCKH, M.R. and C.C. MUNDT (1992): Stripe rust, yield, and plant competition in wheat cultivar mixtures. *Phytopathology* **82**, 905-913.
- FINCKH, M.R. and C.C. MUNDT (1996): Temporal dynamics of plant competition in genetically diverse wheat populations in the presence and absence of stripe rust. *Journal of Applied Ecology* **33**, 1041-1052.
- FINCKH, M.R. and M.S. WOLFE (1997): The use of biodiversity to restrict plant diseases and some consequences for farmers and society. In: JACKSON, L.E. (ed.). *Ecology in Agriculture*. Academic Press, San Diego, 199-233.
- FINCKH, M.R., E.S. GACEK, H. GOYEAU, C. LANNOU, U. MERZ, C.C. MUNDT, L. MUNK, J. NADZIAK, A.C. NEWTON, C. DE VALLAVIEILLE-POPE and M.S. WOLFE (2000): Cereal

- variety and species mixtures in practice, with emphasis on disease resistance. *Agronomie* **20**, 813-837.
- JENSEN, N.F. (1952): Intra-varietal diversification in oat breeding. *Agronomy Journal* **44**, 30-34.
- KARBAN, R. and J. KUC (1999): Induced resistance against pathogens and herbivores: An overview. In: AGRAWAL, A.A. and S.B.E. TUZUN (eds). *Induced Plant Defenses Against Pathogens and Herbivores. Biochemistry, Ecology, and Agriculture*. APS Press, St. Paul, Minnesota, USA, 1-16.
- KIRKEGAARD, J.A., M. SARWAR, P.T.W. WONG and A. MEAD (1998): Biofumigation by brassicas reduces take-all infection. In: Anon. *Proc. of the 9th Australian Agronomy Conference, Wagga Wagga, 1998*. 465-468.
- KIRKEGAARD, J.A. and M. SARWAR (1999): Glucosinolate profiles of Australian canola (*Brassica napus annua* L.) and Indian mustard (*Brassica juncea* L.) cultivars: implications for biofumigation. *Australian Journal of Agricultural Research* **50**, 315-324.
- LETOURNEAU, D.K. (1997): Plant-arthropod interactions in agroecosystems. In: JACKSON, L.E.(ed.). *Ecology in Agriculture*. Academic Press, London, New York, 239-290.
- LIEBMAN, M.L. and E.R. GALLANDT (1997): Many little hammers: Ecological management of crop-weed interactions. In: JACKSON, L.E.(ed.). *Ecology in Agriculture*. Academic Press, San Diego, New York, London, 291-343.
- LUNG, G., M. EL HAMAWI, W. GASSERT, G. WALTER-ECHOLS and B. WEILIGMANN (2000): Alternatives to soil fumigants for the reduction of soilborn pathogens in vegetable, strawberry and ornamental cultures. *Mitt. Biol. Bundesanst. Land-Forstwirtschaft*. **376**, 510.
- PAILLARD, S., J. GOLDRINGER, J. ENJALBERT, G. DOUSSINAULT, C. DE VALLAVIEILLE-POPE and P. BRABANT (2000): Evolution of resistance against powdery mildew in winter wheat populations conducted under dynamic management. I - Is specific resistance selected? *Theoretical and Applied Genetics* **101**, 449-456.
- PAILLARD, S., J. GOLDRINGER, J. ENJALBERT, M. TROTTET, J. DAVID, C. DE VALLAVIEILLE-POPE and P. BRABANT (2000): Evolution of resistance against powdery mildew in winter wheat populations conducted under dynamic management. II - Adult plant resistance. *Theoretical and Applied Genetics* **101**, 457-462.
- SCHMIDT, R.A. (1978): Diseases in forest ecosystems: The importance of functional diversity. In: HORSFALL, J.G. and E.B. COWLING (eds.). *Plant Disease: An Advanced Treatise, Vol 2*. Academic Press, New York, 287-315.
- SMITH, B.J., M. SARWAR, P.T.W. WONG and J.A. KIRKEGAARD (1999): Suppression of cereal pathogens by canola root tissues in soil. In: Anon. *Proceedings 10th International Rapeseed Congress, Canberra (CD Publication)*. 1-5.
- STAKMAN, E.C. and M.N. LEVINE (1922): The determination of biologic forms of *Puccinia graminis* on *Triticum* spp. *Tech. Bull. Minn. Agric. Exp. Stn.* **8**, 3-10.
- Stakman, E.C. (1947): Plant diseases are shifting enemies. *American Scientist* **35**, 321-350.

- STEVENS, N.E. (1942): How plant breeding programs complicate plant disease problems. *Science* **95**, 313-316.
- STRASBURGER, E. (1991): Lehrbuch der Botanik für Hochschulen. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, Jena, New York, 1030 pp.
- SUBBARAO, K.V., J.C. HUBBARD and S.T. KOIKE (1999): Evaluation of broccoli residue incorporation into field soil for verticillium wilt control in cauliflower. *Plant Disease* **83**, 124-129.
- THINLAY (1998): Rice blast, caused by *Magnaporthe grisea*, in Bhutan and development of strategies for resistance breeding and management. Dissertation ETH No. 12777, Swiss Federal Institute of Technology, Zürich, Switzerland, 127 pp.
- THINLAY, R.S., M.R. FINCKH, A.C. BORDEOS and R.S. ZEIGLER (2000a): Effects and possible causes of an unprecedented rice blast epidemic on the traditional farming system of Bhutan. *Agriculture, Ecosystems and Environment* **78**, 237-248.
- THINLAY, R.S., R.S. ZEIGLER and M.R. FINCKH (2000b): Pathogenic variability of *Pyricularia grisea* from the high- and mid-elevation zones of Bhutan. *Phytopathology* **90**, 621-628.
- VILICH-MELLER, V. (1989): Der Einfluss von Mischkulturen auf den Schaderrregerbefall am Beispiel der Futtergetreide-Mischung Sommergerste - Hafer. PhD. Thesis, University Bonn, Germany, 154 pp.
- VILICH-MELLER, V. (1992): *Pseudocercospora herpotrichoides*, *Fusarium* spp. and *Rhizoctonia cerealis* stem rot in pure stands and interspecific mixtures of cereals. *Crop Protection* **11**, 45-50.
- WOLFE, M. S. and M.R. Finckh (1997): Diversity of host resistance within the crop: effects on host, pathogen and disease. In: HARTLEB, H., R. HEITEFUSS and H.H. HOPPE (eds.). *Plant resistance to fungal diseases*. G. Fischer Verlag, Jena, 378-400.

Utilizing new resistance genes from wild wheat relatives in bread wheat breeding

Verwendung neuer Resistenzgene aus Wildgräsern für die Weizenzüchtung

SOLOMON ASSEFA¹ und HARTMUT FEHRMANN¹

Summary

Aegilops species with their diverse range of accessions and distribution provide an unique opportunity for exploiting novel disease resistance genes for bread wheat improvement. Out of a total of 169 accessions of *Aegilops tauschii* tested, 18 (11%) were resistant to leaf rust, 13 (8%) to stem rust, 16 (9%) to eyespot, 38 (22%) to powdery mildew and almost 95% to *Septoria tritici*. From the four other *Aegilops* species tested, resistance to leaf rust and stem rust was detected in one or more accessions of *Ae. variabilis*, *Ae. lorentii* and *Ae. comosa*. Among the ten synthetic hexaploids, which were produced by hybridizing resistant *Ae. tauschii* with susceptible durum wheat, six expressed a high level of resistance to leaf rust while four exhibited either a reduced or complete susceptibility compared to their diploid *Ae. tauschii* parent. Inheritance tests revealed that the resistant synthetic hexaploids contained one or two dominant genes for leaf rust resistance.

Zusammenfassung

Die weizenverwandte Wildgrasgattung *Aegilops* stellt mit vielen Arten und Herkünften unterschiedlicher geographischer Herkunft und breiter Variabilität eine hervorragende Quelle für neue Resistenzgene in der Weizenzüchtung dar. Von besonderem Interesse ist *Aegilops tauschii*, das als Träger des D-Genoms als einer der diploiden Vorfahren unseres heutigen hexaploiden Kulturweizens (*Triticum aestivum*) angesehen wird. Von insgesamt 169 geprüften Herkünften von *Ae. tauschii* erwiesen sich 18 (11%) als resistent gegen Braunrost, 13 (8%) gegen Schwarzrost, 16 (9%) gegen Halmbruch (*Pseudocercospora herpotrichoides*), 38 (22%) gegen echten Mehltau und nahezu 95% als resistent gegen Befall durch *Septoria tritici*. Bei vier weiteren geprüften *Aegilops*-Arten wurde Resistenz gegen Braunrost und Schwarzrost in jeweils einer oder mehreren Herkünften von *Ae. peregrina*, *Ae. lorentii* und *Ae. comosa* gefunden. Über eine Kreuzung von Herkünften von *Ae. tauschii* mit (tetraploidem)

¹ Georg-August-Universität
Institut für Pflanzenpathologie und Pflanzenschutz
Grisebachstr. 6
D-37077 Göttingen

anfälligen Hartweizen wurden zehn synthetische Hexaploide entwickelt; sechs von ihnen zeigten hohe Resistenz gegen Braunrost, während bei vier weiteren die von Ae. tauschii eingekreuzte Resistenz gegen Braunrost entweder nur schwach ausgeprägt war oder gänzlich fehlte. Nach Vererbungsanalysen besitzen die resistenten synthetischen Hexaploiden ein oder zwei dominante Resistenzgene für Braunrost.

Introduction

The wild relatives of hexaploid wheat (*Triticum aestivum* L.) have provided plant breeders with important germplasm resources for improving disease resistance in cultivated wheat. Most efforts to introgress alien genes from wild plants into cultivated common wheat involved those *Aegilops* grass species that have co-evolved with their parasites and have grown alongside with cultivated wheat during the last several thousand years (Cox et al. 1992). The wide range of genetic variability residing in these species supplies a superb arsenal of new resistance traits for bread wheat against various biotic and abiotic stresses. Genes for disease resistance have been reported of accessions of several *Aegilops* species and in many cases they have been transferred into hexaploid background (GILL et al. 1985). Because *Ae. tauschii* is the D genome donor of hexaploid wheat and has also been identified as a rich source of resistance genes for a number of wheat diseases, this species has been readily exploited in the transfer of disease resistance genes into hexaploid wheat.

The objectives of the present study were 1) to evaluate a wide array of accessions from five *Aegilops* species for their resistance to leaf rust (*Puccinia recondita* Roberge ex Desmaz. f. sp. *tritici*), stem rust (*P. graminis* Pers. f. sp. *tritici* Eriks. and Henn.), *Septoria tritici* blotch (*Septoria tritici* Roberge in Desmaz.), eyespot (*Pseudocercospora herpotrichoides* (Fron) Deighton) and powdery mildew (*Erysiphe graminis* DC. f. sp. *tritici* Em. Marchal) and 2) to assess the expression and inheritance of disease resistance genes in synthetic hexaploid wheats transferred from *Ae. tauschii*.

Materials and methods

Five different *Triticum* related wild *Aegilops* species that constituted a total of 203 accessions were included in this study. These species comprised both diploid and tetraploid types and were obtained from Prof. Dr. K. Hammer, Gatersleben, Germany (see HAMMER 1980). The five *Aegilops* species, their ploidy levels and their corresponding genomic designations are presented in table 1.

Tab. 1: List of *Aegilops* species tested against different fungal diseases of wheat, their ploidy levels and their corresponding genomic designations

Tab. 1: Liste der gegen verschiedene Weizenschadpilze getesteten Aegilops-Arten, ihr Ploidiegrad und die entsprechenden Genombezeichnungen

<i>Aegilops</i> species	No. of entries tested	Ploidy level	Genomic designation
<i>Aegilops tauschii</i> Cosson	169	2n = 2x = 14	D
<i>Ae. comosa</i> Sibth. and Sm.	3	2n = 2x = 14	M
<i>Ae. peregrina</i> (Hackel) Eig	23	2n = 4x = 28	US ^v
<i>Ae. crassa</i> Boiss. Maire et Weiller	4	2n = 4x = 28	DM ^{cr}
<i>Ae. lorentii</i> Hochst.	4	2n = 4x = 28	UM ^b

Resistance tests in the greenhouse

Leaf rust, stem rust and powdery mildew: when the seedlings were seven to eight days old, the plants were inoculated by a mixture of four leaf rust (167/176 WxR, 77 WxR, HK 5 and HK 90), two stem rust (ET-I and ET-II) or two powdery mildew (31 and 43a) isolates using a brushing technique; from inoculated susceptible donor plants newly formed urediospores were gently brushed onto the leaves of test seedlings. Ten to twelve days after inoculation, seedlings were evaluated for their infection type using a 0-4 scale. Plants with disease scores of 0-2 were resistant and 3-4 susceptible. *Septoria* leaf blotch and eyespot: Two weeks old seedlings were evenly sprayed (using a hand-held atomizer) with a suspension of conidia from actively growing mycelium of four *S. tritici* isolates (TH 14, BW 57, NS 63 and MV2) or one isolate of *P. herpotrichoides*. Diseases were evaluated using a 0-5 scale after three and six weeks for *S. tritici* and *P. herpotrichoides*, respectively. Plants with disease scores of 0-2 were rated resistant and 3-5 susceptible.

As an initial step in transferring leaf rust resistance from *Ae. tauschii* into common wheat, ten synthetic hexaploids were produced by hybridizing nine resistant accessions of *Ae. tauschii* with four susceptible durum wheat (*T. durum* Desf.) genotypes. In an attempt to determine the inheritance of leaf rust resistance, four resistant synthetic hexaploids (syn 101, syn 301, syn 701 and syn 901), were crossed with two highly susceptible bread wheat cultivars ('Turbo' and 'Naxos'). The parents, their F₁ and F₂ progenies were then tested for resistance to leaf rust in a controlled environment using artificial infection. The χ^2 test was applied to compare the difference between the observed and the expected frequency distribution of the F₂ progenies of each cross.

Results and discussion

Among 169 accessions of *Ae. tauschii* tested, 18 (11%) were resistant to leaf rust, 13 (8%) to stem rust, 16 (9%) to eyespot, 38 (22%) to powdery mildew and almost 95% to *Septoria tritici*. (Fig 1). Multiple resistance was widespread especially in *Ae. tauschii*; many accessions exhibited double to four-fold resistance to the tested diseases.

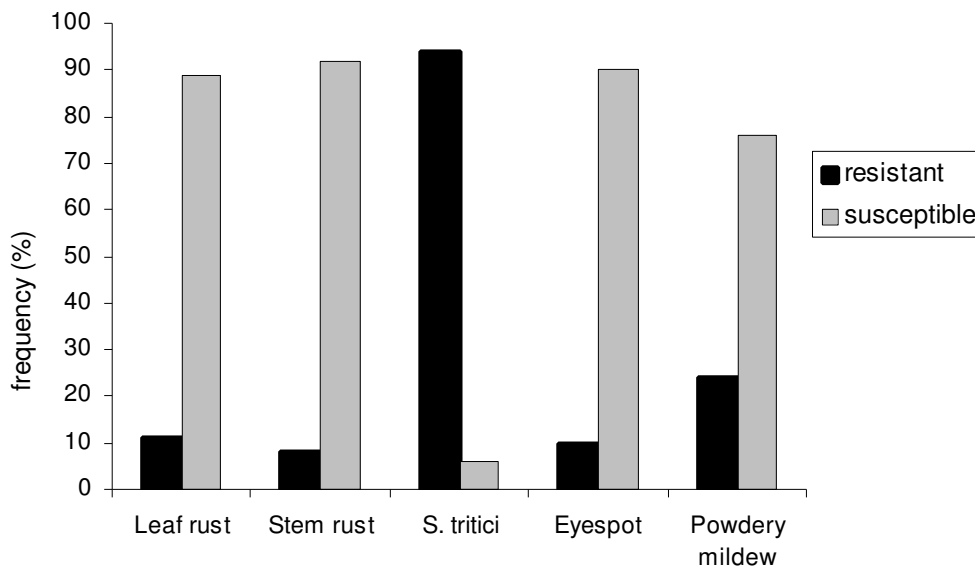


Fig. 1: Reaction of *Ae. tauschii* accessions to wheat leaf rust, stem rust, *Septoria tritici*, eyespot and powdery mildew tested in the greenhouse after artificial inoculation

Abb. 1: Reaktion der Herkünfte von Ae. tauschii nach künstlicher Infektion durch Braunrost, Schwarzrost, S. tritici, den Halmbrucherreger und Mehltau

Resistance of the selected accessions generally varied between immune and a moderate (intermediate) reaction. Resistance spectra of some of the selected *Ae. tauschii* accessions to the five diseases are shown in table 2.

From four other *Aegilops* species tested for their reaction to leaf and stem rust, 10 accessions of *Ae. peregrina* (44 AESD, 483018, 487273, 487202, 266822, 487197, 487203, 381/83, 52875 and 52876) were resistant to leaf rust while the latter eight of these and accession 483016 were resistant to stem rust. Moreover, one accession (41908) of *Ae. lorentii* exhibited a high level of double resistance to leaf and stem rust, while accessions 57903 and 57905 of *Ae. comosa* showed an individual but complete resistance to leaf rust and stem rust, respectively. Conversely, however, all tested accessions of *Ae. crassa* were invariably susceptible to the two rust diseases.

Tab. 2: Selected *Ae. tauschii* accessions exhibiting three or more-fold resistance against leaf rust, stem rust, *Septoria tritici*, eyespot and/or powdery mildew

*Tab. 2: Resistenz ausgewählter Herkünfte von *Ae. tauschii* gegen Befall durch Braunrost, Schwarzrost, *S. tritici*, den Halmbrucherreger bzw. Mehltau*

Accessions	Origin	Leaf rust	Stem rust	<i>Septoria tritici</i>	Eye-spot	Powdery mildew
AE 146/78	Turkmenistan	+	-	NT	++	+
AE 192/78	Russia	+	+	+	-	-
AE 195/78	Azerbaijan	+	++	+	++	-
AE 196/78	Azerbaijan	+	+	+	+	-
AE 204/78	Azerbaijan	++	+	+	-	-
AE 242/78	Turkmenistan	+	+	NT	-	+
AE 254/77	Georgia	-	-	+	+	+
AE 278/78	Afghanistan			+	++	+
AE 428/88	unknown	-	+	+	-	++
AE 433/83	unknown	+	+	+	-	++
AE 639/85	Russia	+	+	+	-	-

Note: ++ = immune, + = highly resistant, - = susceptible, NT = not tested

Among the synthetic hexaploids which had been produced by hybridizing leaf rust resistant *Ae. tauschii* with susceptible durum wheats, six synthetics (syn 101, syn 301, syn 701, syn 801, syn 901 and syn 111) expressed a high level of leaf rust resistance to isolate 167/176 W x R, while four others (syn 401, syn 114, syn 115 and syn 116) exhibited either a reduced or complete susceptibility compared to their corresponding diploid parent. This suppression of resistance at the hexaploid level suggests the presence of suppressor genes in the A and/or B genomes of the *T. durum* parent. The inheritance studies on leaf rust resistance revealed that the resistance in three of the synthetics (syn 101, syn 701 and syn 901) was effectively transmitted by a single dominant gene, and one synthetic (syn 301) possessed two different dominant genes for resistance.

References

- COX, T.S., W.J. RAUPP, D.L. WILSON, B.S. GILL, S. LEATH, W.W. BOCKUS and L.E. BROWDER (1992): Resistance to foliar diseases in the collection of *Triticum tauschii* germplasm. *Pl. Dis.* **76**, 1061-1064.
- GILL, B.S., H.C. SHARMA, W.J. RAUPP, L. E. BROWDER, J.H. HATCHETT, T.L. HARVEY, J.G. MOSEMAN and J.G. WAINES (1985): Evaluation of *Aegilops* species for resistance to wheat powdery mildew, wheat leaf rust, hessian fly, and greenbug. *Pl. Dis.* **69**, 314-316.
- HAMMER, K. (1980): Vorarbeiten zur monographischen Darstellung von Wildpflanzensortimenten: *Aegilops* L., *Kulturpflanzen* **28**, 33-180.

Ökologischer und ökonomischer Wert der Biodiversität am Beispiel der Nutzung von Energiepflanzen

Ecological and economical value of biodiversity represented by the use as energy crops

KONRAD SCHEFFER¹ und MARIANNE KARPENSTEIN-MACHAN¹

Zusammenfassung

Bei der Substitution fossiler Energieträger durch regenerative Energieträger wird die Biomasse eine dominante Rolle spielen. Nach den Vorstellungen der Europäischen Union soll der Anteil der regenerativen Energieträger bis zum Jahr 2010 verdoppelt werden und 83 % des Anstiegs allein durch Biomasse gedeckt werden. In Deutschland kann Biomasse bis zu 20 %, in vielen anderen europäischen Ländern weit darüber hinaus fossile Energieträger ersetzen. Das große Potenzial der pflanzlichen Biomasse wurde bereits in vielen Studien aufgezeigt. Die Biomasse von landwirtschaftlichen Flächen stellt die größte Ressource dar. Für thermische und biologische Verfahren ihrer Umwandlung in Strom und Wärme spielt die Qualität der Biomasse eine untergeordnete Rolle. Daher kann die Energie aus einer Vielzahl von Pflanzenarten gewonnen werden.

Ziel einer ackerbaulichen Biomasseproduktion sind hohe Flächenerträge und ökologische Anbauverfahren ohne Pestizide, Bodenerosion und Grundwasser belastende Nährstoffeinträge. Diese Ziele werden mit dem hier vorgestellten Zweikultur-Nutzungssystem weitgehend erreicht.

Mit diesem System wird auch eine beliebige Kulturartenvielfalt unter Duldung der Wildpflanzenpopulation sichergestellt. Ein besonderer Aspekt ist die ökonomische Nutzung genetischer Ressourcen. In unseren Versuchen konnte an den Beispielen Wintergerste und Winterweizen gezeigt werden, dass alte Kulturformen im Biomasseertrag mit modernen Sorten konkurrieren können. Für die Züchtung stellen diese in Genbanken erhaltenen Ressourcen wertvolles Ausgangsmaterial zur Schaffung spezieller Energiepflanzensorten dar.

¹ Universität Gh Kassel (GhK)
FB 11
Institut für Nutzpflanzenkunde (INK)
Steinstr. 19
D-37213 Witzenhausen

Summary

According to the European Union biomass will play a major role by substitute fossil fuels through renewable resources. Biomass will contribute by 83 % of the increase of renewable resources by the year 2010. In contradiction to other solar energy sources, plant biomass is always available and can be converted in energy continuously. In Germany biomass can substitute fossil fuels by 20 %, however in many other European countries higher substitution rates can be achieved. The potential of biomass as a renewable energy source has been clearly shown in numerous studies. Biomass from agricultural fields represents the largest energy resource.

Using approved techniques like anaerobic digestion or combustion to convert biomass in useable energy (electricity and heat), there are no special quality demands on plant species. Therefore a wide genetic pool of different plants can be applied for energy production. High yields are necessary to successfully cultivate energy crops and compete with fossil fuels and replace them with significant quantity. But an important objective should be, to realize a high net energy yield and fulfill obligations in the fields of environmental protection. This means pesticides, soil erosion and ground water contamination with nutrients and monoculture should be avoided absolutely. With the represented „double cropping system“ this environmental obligations should be met.

The cultivation system allows to extend the spectrum of utilizable species up to the utilization of crop genetic resources and weeds. Using old genetic material in energy crop rotations, this would offer new economic and ecological perspectives for an „on farm cultivation“ of plant genetic resources. According to our results there are a lot of old barley, rye and wheat varieties which can compete in biomass yield with new varieties. These old genetic resources should be used as basis material for breeding energy plant varieties.

Einleitung

Der Energieträger Biomasse wird in den kommenden Jahrzehnten den größten Beitrag zu einer solaren Energiewende leisten. Für die BRD beträgt das energetisch nutzbare Potential mindestens 20 % vom derzeitigen Energieverbrauch und erhöht sich entsprechend dem Umfang an Energiesparmaßnahmen. Während mit Windkraft und Photovoltaik nur Strom produziert werden kann, der bei uns 17 % des Endenergieverbrauches ausmacht, ist die als Biomasse gespeicherte Sonnenenergie in alle Energieformen

umwandelbar. Wie Abb. 1 verdeutlicht, verfügt die Landwirtschaft über das größte Potenzial an energetisch nutzbarer Biomasse.

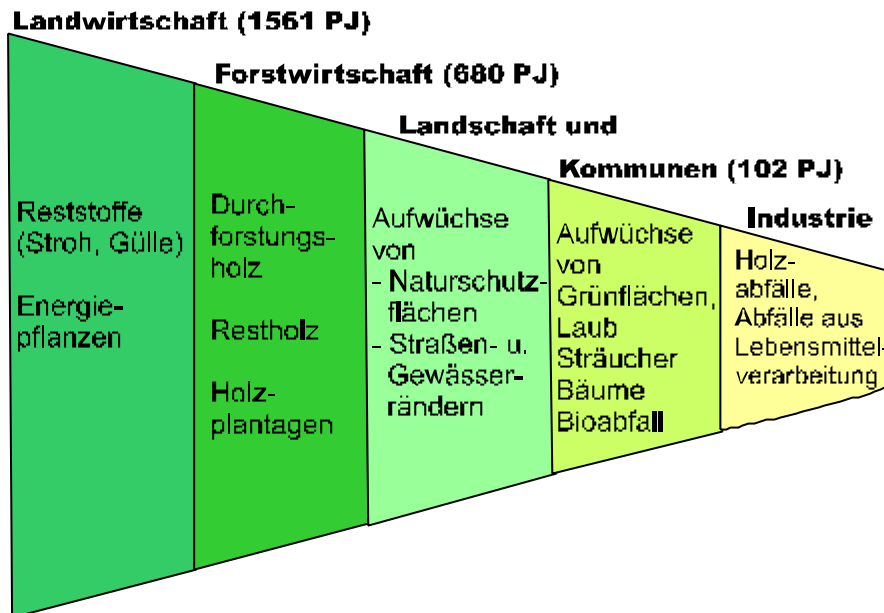


Abb. 1: Aufkommen von Biomasse aus verschiedenen Produktionsbereichen und verfügbares Energiepotential (PJ)

Fig. 1: Biomass from different production sources and available energy potential (PJ)

Daher wird der Anbau von Energiepflanzen eine immer bedeutendere Rolle spielen. Bei einer energetischen Nutzung (thermisch) der Pflanzen steht nicht der Kornertrag, sondern der Ganzpflanzenertrag der Sorten im Vordergrund. Damit ergeben sich für strohreiche alte Sorten, für Artenmischungen und Wildpflanzen (genetische Ressourcen) neue Nutzungsmöglichkeiten.

In dieser Arbeit soll ein Überblick über unsere Forschungsarbeit gegeben werden, wobei der Aspekt der pflanzlichen Biodiversität besondere Berücksichtigung findet.

Möglichkeiten der energetischen Nutzung von Biomasse

Abb. 2 gibt einen Überblick über die vielfältigen Möglichkeiten der Umwandlung und Verwertung von Biomasse als Energieträger. Die Fermentation von Biomasse zu Biogas ist gegenwärtig die am weitesten ausgereifte Technologie zur Strom- und Wärme-

erzeugung. Über Co-Fermentation von Silomais, Gras oder Futterrüben, angebaut auf Stilllegungsflächen, liegen erste Erfahrungen vor.

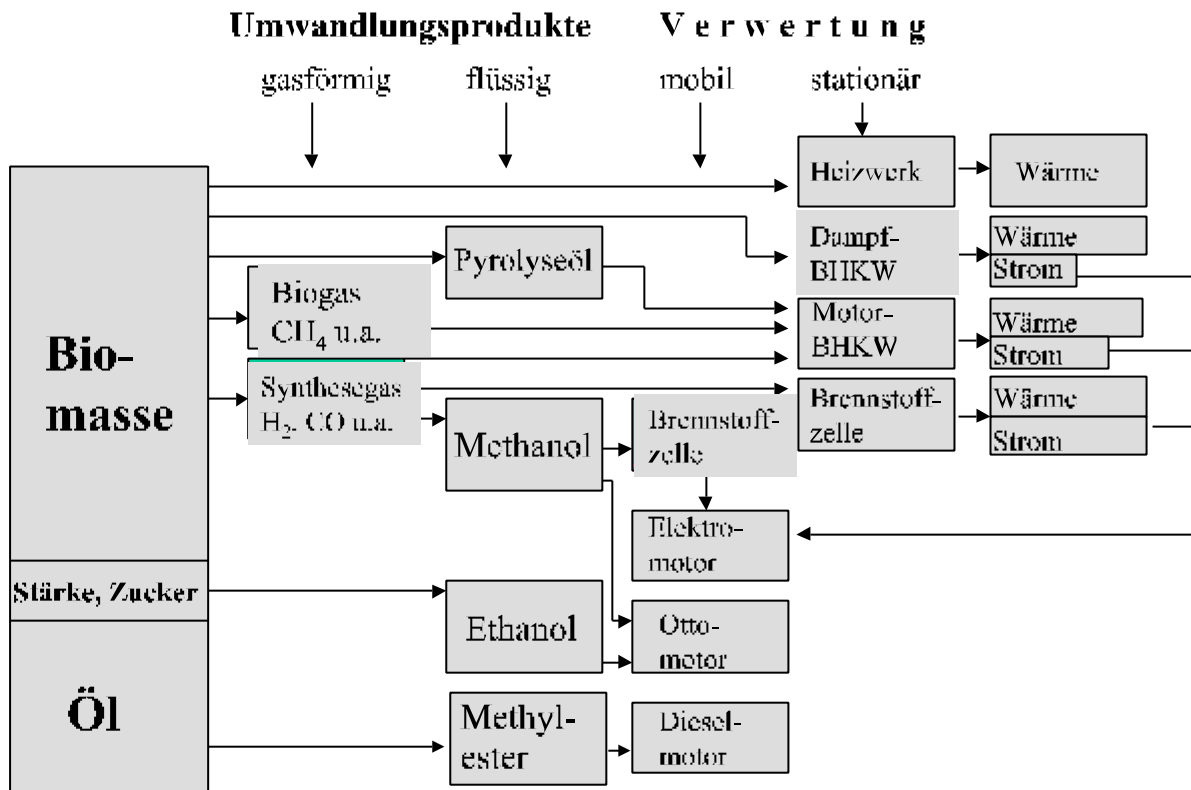


Abb. 2: Möglichkeiten der Umwandlung und Verwertung von Biomasse als Energieträger

Fig. 2: Pathways to convert and use biomass as energy source

Als Gas steht in naher Zukunft auch Synthesegas über den Weg der Vergasung bzw. Pyrolyse zur Verfügung. Der Prozess der Gasgewinnung wird technisch beherrscht, allerdings fehlen noch kostengünstige Verfahren der Gasreinigung, um Motoren für den Betrieb von Blockheizkraftwerken (BHKW) eine lange Laufzeit zu sichern. Eine Alternative zum Motor-BHKW kann allerdings auch das Stirlingmotor-BHKW darstellen, für dessen Betrieb eine Gasreinigung nicht erforderlich ist.

Für die Wahl der geeigneten Technik einer dezentralen Energieversorgung mit dem wichtigen Ziel, Landwirten eine zusätzliche Einkommensperspektive zu eröffnen, müssen ökologische und ökonomische Kriterien berücksichtigt werden. Dies gilt auch für den Anbau der Energiepflanzen.

Bei der Biogastechnik kann die Energieausbeute aus Biomasse verfahrensbedingt nur etwa 60 % betragen. Jedoch eignen sich nahezu alle Biomassen für die Vergärung. Bei der Synthesegastechnik gelingt dies bis zu ca. 90 %, wenn der Energieträger Biomasse in geeigneter Brennstoffqualität vorliegt. Somit fällt die Entscheidung für das geeignete Verfahren aus ökonomischer und technischer Sicht nach den Kriterien Biomasse-Bereitstellungskosten, Qualität und Investitionskosten.

Darüber hinaus muss eine ökologische Bewertung der Techniken hinsichtlich Umwelt und Klima schädigender Gasemissionen vorgenommen werden. Bei der Fermentation müssen unbedingt Biogasemissionen vermieden werden, weil der im Biogas enthaltene Energieträger Methan eine 20-fach höhere Treibhauswirkung als CO₂ hat. Eine weitere Umweltschädigung geht vom Ammoniak aus, das bei der Ausbringung des Gärrückstandes auf die Felder frei wird. Bei der Vergasung bzw. Pyrolyse entweichen Umweltschädigende Stickoxide und Chlorverbindungen. In allen Fällen müssen Maßnahmen zur Vermeidung genannter Emissionen ergriffen werden, damit nicht die in den nächsten Jahren zu erwartenden Veröffentlichungen über Energie- und Ökobilanzen zu einer negativen Bewertung führen und der Landwirtschaft die Chance einer zusätzlichen Wertschöpfung verbauen.

Der Anbau der Biomasse

Nach ähnlichen Kriterien muss die Biomasse auf dem Acker produziert werden. Tatsächlich bietet der Energiepflanzenanbau nach dem im folgenden beschriebenen Zweikultur-Nutzungssystem große Chancen einer Umweltentlastung bewirtschafteter Ökosysteme. Diese liegen in:

- Schutz bzw. Erhöhung von Pflanzen- und Tierartenvielfalt,
- Verhinderung einer Eutrophierung schutzwürdiger Biotope,
- Erhaltung genetischer Ressourcen,
- Verhinderung von Bodenerosion,
- Vermeidung von Nährstoff- und Pestizideinträgen in das Grundwasser,
- Verringerung der Emissionen an Klima, Boden und Gewässer belastenden Gasen.

Das neue Anbausystem (SCHEFFER 1998) beruht auf der Ernte von möglichst zwei Kulturen pro Jahr. Eine Zweifachnutzung wird möglich, da die Ausreife der Erstkulturen nicht abgewartet und somit Vegetationszeit für den Anbau einer Zweitkultur gewonnen wird. Die Zweitkultur wird nach der Ernte der Erstkultur ohne Bodenbearbeitung zwischen die Stoppeln gesät. Die Stoppeln der Vorfrucht bieten einen idealen Schutz vor

Bodenerosion. Beispiele für überwinternde Kulturen sind die heimischen Getreidearten, des weiteren Raps und Rübsen, Futterpflanzen und Stickstoff fixierende Winterleguminosen.

Als Folgekulturen können die hoch produktiven Pflanzen Mais und Hirse sowie Sonnenblumen, Hanf, Ölrettich, Gräser angebaut werden (vgl. Abb. 3).

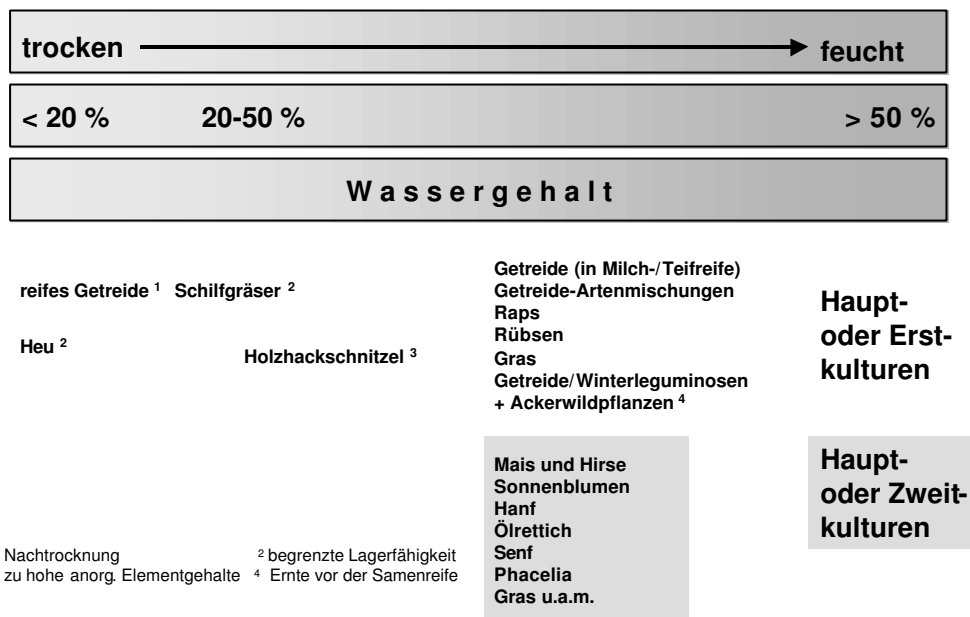


Abb. 3: Abhängigkeit der nutzbaren Pflanzenvielfalt vom Wassergehalt zum Zeitpunkt der Ernte

Fig. 3: Usable plant diversity as affected by water content at harvest time

Artenvielfalt und Nutzung pflanzengenetischer Ressourcen sind in beliebiger Vielfalt möglich. Da Reifetermine nicht abgewartet werden müssen, kann fast jede Form von Sorten- und Artenmischungen gewählt werden. An die Pflanzenarten werden keine besonderen Qualitätsansprüche gestellt. Damit erweitert sich das Spektrum der nutzbaren Herkünfte bis hin zur Nutzung vieler sonst nur in Genbanken aufgehobener pflanzengenetischer Ressourcen. Wie unsere Versuche gezeigt haben, können alte Sorten einen höheren Gesamtertrag als moderne Sorten bringen (v. BUTTLAR 1996). Wie in Abbildung 4 deutlich wird, erreichen alte Gerstensorten in der Milchreife Ganzpflanzenerträge zwischen 8 und 12 t TM/ha und sind gegenüber zugelassenen Sorten konkurrenzfähig bzw. überlegen. Es bestehen keine signifikanten Unterschiede zwischen alten und neuen Sorten. Bei modernen Sorten ist die Ertragszusammensetzung durch einen höheren Ährenenertrag und einen höheren Ernteindex geprägt. Die Ausbildung des hohen Kornertrages verändert jedoch nicht den Ganzpflanzenertrag, da der Strohertrag entsprechend geringer als bei alten Sorten ausfällt. Alte Sorten weisen ein Ähren:Strohverhältnis von 1:7 gegenüber 1:3 bei modernen Sorten auf.

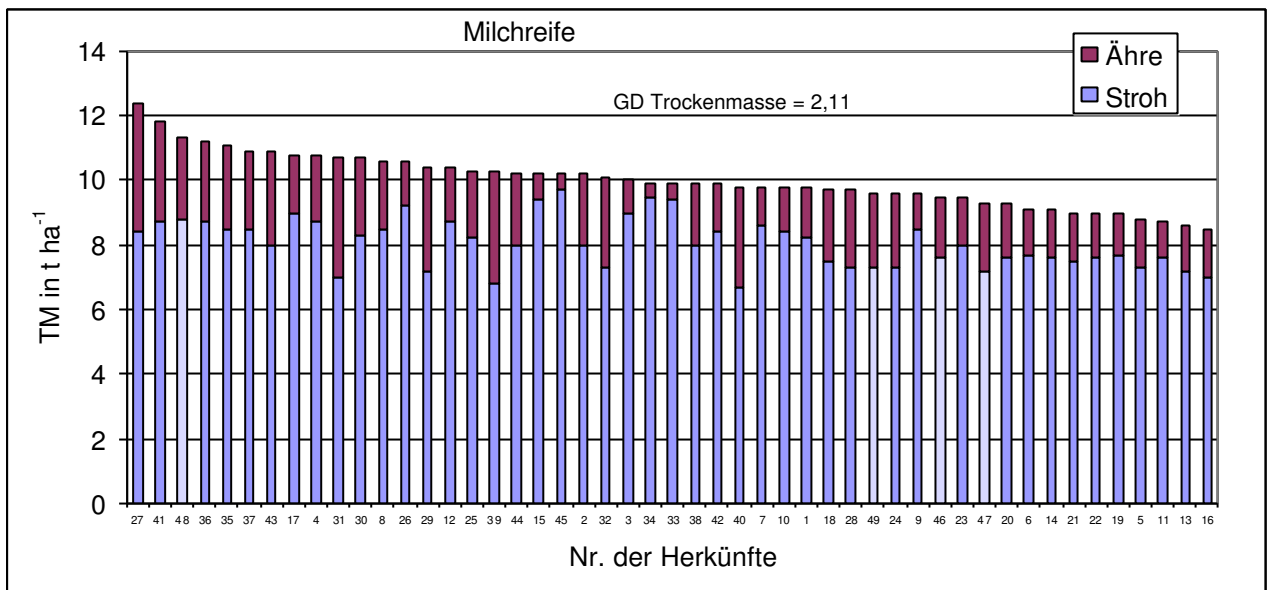


Abb. 4: Trockenmasserträge aller geprüften Sorten zur Milchreife, untergliedert in Ähren- und Strohanteil und nach abnehmendem TM-Ertrag sortiert. Die zugelassenen neuen Sorten sind schraffiert hervorgehoben

Fig. 4: Dry matter yield of varieties at milky stage (divided in ear and straw yield), shown as decline ranking. New varieties are shown off by crosslines

Bis zur Vollreife steigt der Ganzpflanzenertrag der modernen Sorten durch ein deutlich Zunahme des Kornertrages noch an (Abb. 5). Bei alten Sorten kann der beginnende Rückgang des Strohanteils meist nicht durch die weitere Steigerung des Kornertrages ausgeglichen werden, was zur Stagnation bzw. zum absoluten Rückgang des Ganzpflanzenertrages führt. Zur Vollreife liegt das Ähren:Strohverhältnis alter Sorten bei 1:2 und das von modernen Sorten bei 1:1. Einzelne alte Sorten, die sowohl einen hohen Korn- und einen hohen Strohertrag ausbilden, sind auch zur Vollreife konkurrenzfähig.

Auch ein Versuch mit Winterweizen bestätigt das hohe Ertragspotential alter Sorten (KARPENSTEIN et al., 1997). Tabelle 1 zeigt die relativen Kornerträge alter und neuer Weizensorten, die in drei verschiedenen Anbauintensitäten geprüft wurden. Die Sorten wurden in der Rangfolge ihrer Kornertragsleistungen dargestellt. Unabhängig von der Anbauintensität liegen die neueren Sorten im Kornertrag nahezu geschlossen an den Spitzenpositionen. Das relativ hohe Kornertragspotential zweier sehr alter Sorten (Svalöfs Kronen und Carsten II) ist trotzdem sehr erstaunlich.

Betrachtet man jedoch die Gesamtpflanzenerträge (Tab. 2), gelangen besonders bei hoher Anbauintensität alte Sorten in die Spitzenposition. Hier muss besonders auf die

hohe Ertragsleistung der ältesten geprüften Sorte (Hess. Landsorte) hingewiesen werden, bei der die hohen Stickstoffgaben zu einem überproportionalen Anstieg des Strohertrages führten.

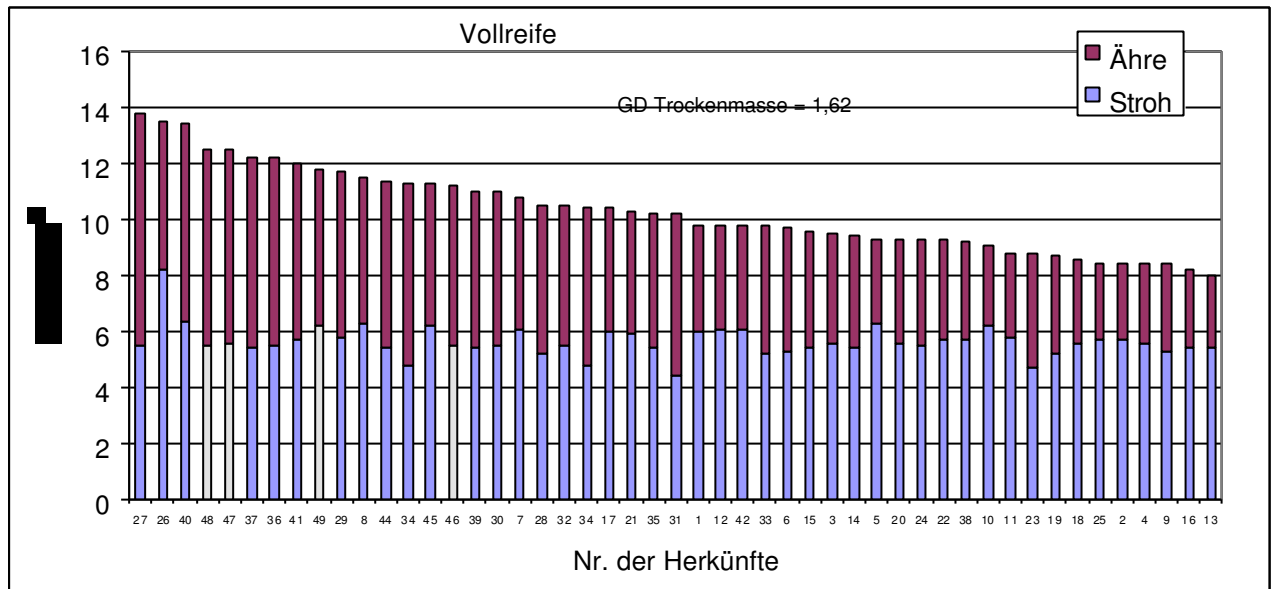


Abb. 5: Trockenmasseerträge aller geprüften Sorten zur Vollreife, untergliedert in Ähren- und Strohannteil und nach abnehmendem TM-Ertrag sortiert. Die zugelassenen neuen Sorten sind schraffiert hervorgehoben

Fig. 5: Dry matter yield of all varieties at maturity (divided in ear and straw yield), shown as decline ranking. New varieties are shown off by crosslines

Tab. 1: Relative Kornerträge in der Rangfolge (KARPENSTEIN-MACHAN et. al, 1997); neue Sorten sind dunkel hinterlegt

Tab. 1: Ranking of relative grain yields; modern varieties have a dark background

		Intensität 1	Intensität. 2		Intensität 3
	rel. Ertrag	100 = 38,2	100 = 64,6		100 = 78,0
	100	M. Huntsman	Caribo		Caribo
			Okapi		Okapi
		Kormoran	Kormoran		
		Okapi			
	95		Diplomat	Saturn	
		Disponent	Milan	Disponent	
		Caribo	M.Huntsman		
		Vuka	Carsten II		Kormoran
		Merlin			Saturn
	90		Vuka		Disponent
		Diplomat	Merlin		Milan Vuka
			Sv. Kronen		M.Huntsman
					Diplomat
			Carstens VI		
	85		Pf.Schern		Carsten II
		Pf.Scher. Saturn	Heines IV		
		Peragis, Carsten VI	Rimp. Bastard		
		Rimp.Bast Milan	Farino		
		Carstens II	Peragis		
	80	Sv. Krone Heine IV			Heine IV Merlin
		Carsten V	Derenb. Silber		Sv. Kronen
		Farino	Hauters II		Carstens VI
		Derenb. Silber	Breus. Werla		Rimp. Bast.
					Pf. Scher. Hauters II
	75				Farino
					Breus. Werla
		Hauters II	Carsten V		Derenb. Silber
	70				Peragis
		Breus. Werla			Carsten V
	<65				
		Hess. Landsorte	Hess. Landsorte		Hess. Landsorte

Tab. 2: Relative Ganzpflanzenerträge in der Rangfolge (KARPENSTEIN-MACHAN et. al, 1997); neue Sorten sind dunkel hinterlegt

Tab. 2: Ranking of relative biomass yields, modern varieties have a dark background

		Intensität 1	Intensität. 2		Intensität 3
	rel. Ertrag	100 = 89,0	100 = 168,9		100 = 184,2
	100	M.Huntsman	Carsten V		Okapi
					Vuka
			Carsten VI		Rimp.Bas Hess. Ls
	95	Kormoran	Caribo	Okapi	Caribo
			Milan		
		Vuka	Vuka	Peragis	Disponent
		Caribo	Kormoran	Hess. Ls.	Pfeuf. Schernauer
		Disponent	Rimp. Bastard		Peragis
	90	Merlin	Diplomat	Merlin	
		Okapi	Heine IV		Sv. Kronen
		Derenb. Silber	Pf. Scher	Disponent	Saturn Carsten II
		Hauters II Diplomat	Der.Silber	M.Hunts.	CarstenVI,Heine IV
		Peragis	Carsten II	Saturn	Milan Farino
	85	Pf.Schern Heine IV	Breus.W.	Sv.Krone	Carsten V
		Sv. Kronen			Diplomat Merlin
		Carsten V,Carsten II			Breus. W. M.Hunts
		Milan			Kormoran
		Carsten VI	Hauter II		Derenb. Silber
	80	Rimp. Bastard	Farino		
		Farino			
		Saturn			
					Hauters II
	75	Hess. Landsorte			
	70				
		Breus. Werla			
	<65				

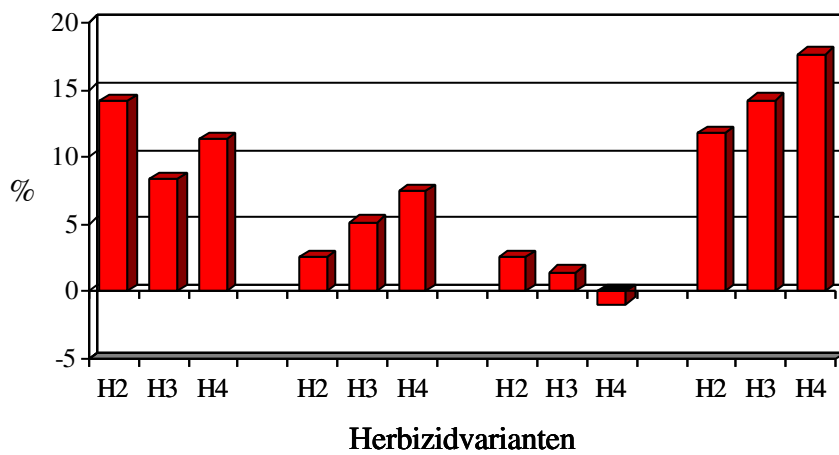
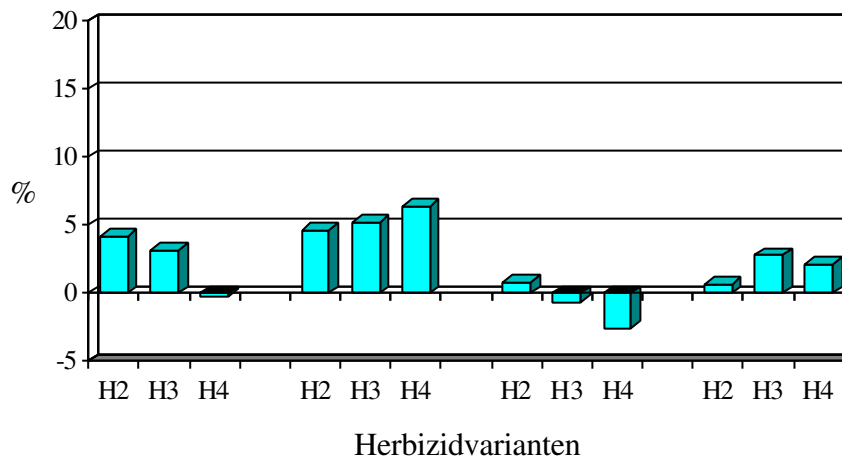
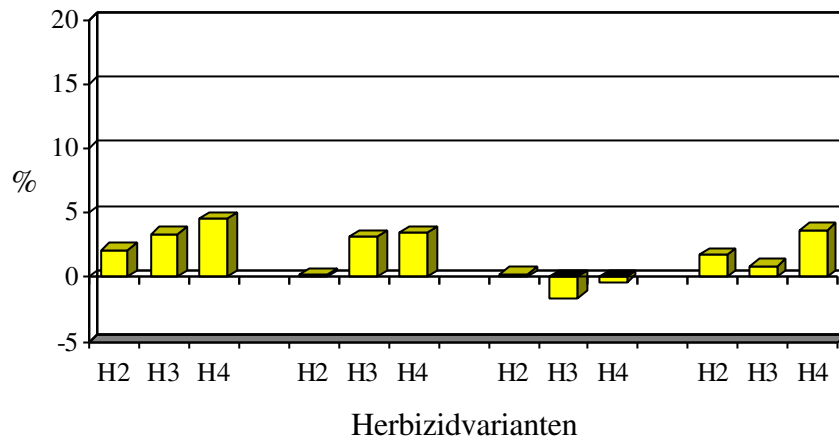


Abb. 6: Prozentualer Anstieg des Biomasseertrags bzw. Kornertrages durch Herbizidbehandlung (KARPENSTEIN-MACHAN 2000)

Fig. 6: Increase in biomass and grain yield as affected by herbicide treatment, expressed in percent (KARPENSTEIN-MACHAN 2000)

Ackerwildpflanzen (Unkräuter) sind für Kulturpflanzen nicht nur Konkurrenten um Standort, Wasser und Nährstoffe sowie Wirtspflanzen und Zwischenwirte für Krankheiten und Schädlinge, sondern auch mit ihren Blüten und Blättern Nahrungsgrundlage für viele Nützlinge eines Agrarökosystems. Sie sind somit Teil der Artenvielfalt, die angestrebt wird. Bei dem Zweikulturnutzungssystem und der thermischen (und stofflichen) Verwertung der Biomasseaufwüchse können im Gegensatz zu anderen Anbauverfahren und Verwertungsrichtungen die Ackerwildpflanzen weitgehend toleriert werden, weil diese Pflanzenarten einen Teil des Gesamtertrages ausmachen. In Abbildung 6 wird deutlich, dass bei vorgezogener Ernte und zur Vollreife ein Herbizideinsatz zur Erzielung hoher Gesamtpflanzenenerträge nicht notwendig und unwirtschaftlich ist; die Mehrerträge liegen unter 5 %. Der Kornertrag zur Vollreife wird jedoch deutlich durch den Herbizideinsatz erhöht, in Abhängigkeit von der Getreideart konnten bis zu 15 % Mehrertrag erzielt werden. Neben Herbiziden ist auch die Anwendung von Fungiziden und Insektiziden nicht notwendig, weil bei früher Ernte Schaderreger wenig Ertragsverluste hervorrufen (KARPENSTEIN-MACHAN 1997).

Lagerung und Aufarbeitung

Die Grenze zwischen trockenen und feuchten Biomassen, die als Energieträger Verwendung finden sollen, ist ein Wassergehalt von 15%. Biomassen mit einem Wassergehalt von 15%, der sich zur Ernte eingestellt hat oder durch Trocknung auf dem Feld herbeigeführt wurde, sind lagerstabil. Steigt der Wassergehalt über 15% und ist eine Trocknung nicht möglich, verrotten diese Biomassen unter Substanzverlust, Geruchsbildung, Gefahr der Selbstentzündung und Schadgasemissionen. Konservierungsverfahren, wie sie in der Lebensmitteltechnologie angewandt werden, sind zu teuer. Gegenwärtig können nur mit Hilfe von Milchsäurebakterien unter anaeroben Bedingungen, also in Form der in der Landwirtschaft zur Futterkonservierung praktizierten Silagebereitung, feuchte Biomassen in großen Mengen konserviert werden. Anaerobe Verhältnisse setzen hohe Verdichtung voraus. Daher muss das Material stark zerkleinert und ausreichend feucht (>50% Wassergehalt) sein. Nahezu alle nicht holzartigen Pflanzenarten sind auf diese Weise konservierbar.

Einerseits fordern wir eine ökologisch verträgliche Produktion der Biomasse, andererseits müssen sich Chancen für Landwirte eröffnen, selbst Energie zu produzieren, um

über zusätzliche Wertschöpfung bäuerliche Existenzen zu sichern. Der Landwirt wird zum Energiewirt. Die in Abbildung 7 dargestellten Nutzungsmöglichkeiten der Feuchtbiomasse stellen eine solche Chance dar. Den einfachsten, technisch erprobten Weg stellt die Fermentation zu Biogas dar. Dabei können auch die auf dem Bauernhof anfallenden tierischen Exkremente (Gülle) mit genutzt werden. Der Nachteil dieser Nutzung von Biomasse besteht in der geringeren Energieausbeute und dem zusätzlichen Wärmebedarf für die Beheizung des Fermentes.

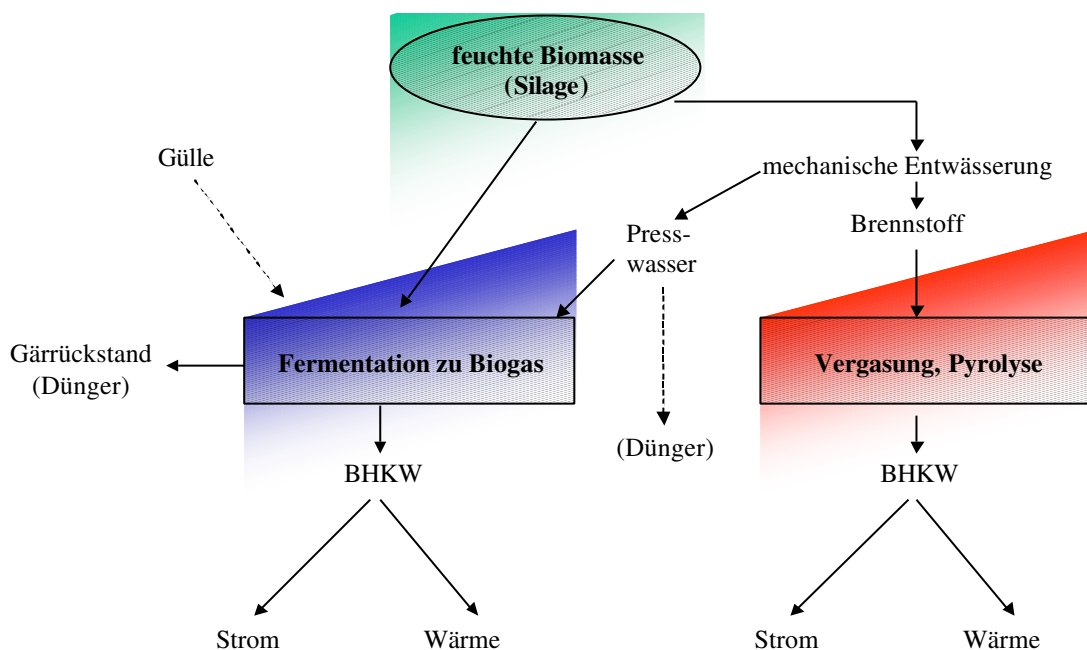


Abb. 7: Zwei Nutzungswege für feuchtkonservierte Biomasse mit der Möglichkeit ihrer Kombination (vereinfachte Darstellung)

Fig. 7: Two pathways to use wet conserved biomass with the possibility to combine both of them (simplified example)

Die Aufbereitung des Siliergutes zu Brennstoff für die Vergasung/Pyrolyse erfolgt durch Entwässerung mit einer Schneckenpresse auf einen Trockensubstanzgehalt von 60%, wie sie auch frische Holzhackschnitzel und Braunkohle aufweisen. Ein Brennstoff mit diesem Trockensubstanzgehalt hat gegenüber Stroh (85% TS) einen auf gleiche Trockenmasse bezogenen niedrigeren Heizwert von 7%, resultierend aus dem Energieverbrauch für die Wasserverdunstung. Durch Rauchgaskondensation (Brennwerttechnik) läßt sich der größte Teil der Verdunstungsenergie wieder zurückgewinnen.

Durch den Entwässerungsvorgang erfolgt eine erhebliche qualitative Aufwertung des Brennstoffes, denn mit dem Wasser werden dem Brennstoff auch in ihm gelöste Mineralstoffe entzogen. Bis zu 50 % des in den Pflanzen enthaltenen Stickstoffs und 40 bis

80 % der übrigen Mineralstoffe werden aus dem Brennstoff entfernt. Damit vermindern sich u.a. durch Stickstoff bedingte NO_x-Emissionen, durch Chlorid und Kalium hervorgerufene Korrosionsschäden (HEINZ et al. 1999). Versuche zur Verbrennung und Vergasung von entwässerter Maissilage in größeren Anlagen haben sehr gute Emissionswerte ergeben (SCHEFFER et al. 1996). Mit der Silierung sind 7 % und der Entwässerung 12 % Substanzverluste verbunden. Substanzverluste bei der Entwässerung bestehen aus sedimentierbaren festen und löslichen Bestandteilen, aus Mineralstoffen und anderen organische Säuren. Bei Zumischung des Presswassers in eine Biogasanlage können die organischen Bestandteile voll genutzt werden. Durch Zumischung eines Teils des sauren Presswassers können jedoch auch Ammoniakemissionen aus dem Gärückstand minimiert werden, wie unsere Versuche gezeigt haben (RINKE 1999).

Die jährlichen Erträge an Trockenmasse liegen bei ausreichenden Niederschlägen und guter Bodenqualität um mindestens 50 % höher als bei konventionellem Anbau von Energiepflanzen wie *Triticale*. Die von uns erzielten Erträge von 20 bis 25 t TM/ha entsprechen einem Heizöläquivalent von ca. 8.000 bis 11.000 Liter/ha.

Flächenbedarf und regionale Wertschöpfung bei Strom- und Wärmeproduktion aus Biomasse am Beispiel eines Dorfes mit 500 Einwohnern

Tabelle 3 gibt den geschätzten Strom- und Wärmebedarf von 500 Einwohnern und die damit verbundenen Ausgaben wider.

Tab. 3: Strom und Wärme für 500 Einwohner (Mengen und Kosten)

Tab. 3: Heat and electricity requirement for 500 inhabitants (quantity and prices)

	Strom	Wärme
Landwirtschaft und Gewerbe	250.000 kWh	50.000 Liter Heizöl
Privathaushalte	750.000 kWh	500.000 Liter Heizöl
Summe	1.000.000 kWh	550.000 Liter Heizöl
	x 0,20 DM/kWh	x 0,60 DM/Liter Heizöl (~ 0,06 DM/kWh)
	= 200.000,-- DM	= 330.000,-- DM
Summe: 530.000,-- DM		

Die Energiebereitstellung erfolgt in diesem Rechenbeispiel über die Nutzung von feuchtkonservierter Biomasse in einer Biogasanlage und von Stroh (oder Restholz) in einer Heizanlage zur Deckung des hohen Wärmebedarfs in den Wintermonaten (GRAB und SCHEFFER 1999).

Tab. 4: Flächenbedarf zur Strom- und Wärmeversorgung von 500 Einwohnern
Tab. 4: Land resource requirement to supply a 500 inhabitants village with heat and electricity

		BIOGASANLAGE	
		Strom	nutzbare Wärme
130 ha Feuchtbiomasse (16 t TM/ha)	—————	2.000.000 kWh	2.000.000 kWh
HEIZANLAGE			
160 ha Stroh (6 t/ha)	—————		4.000.000 kWh
Summe		2.000.000 kWh Strom	6.000.000 kWh Wärme ~ 600.000 Liter Heizöl

Aus Tabelle 4 geht der Flächenbedarf für die Energieversorgung des Dorfes hervor. Bei einem sehr niedrig kalkulierten Ertrag von 16 t/ha beträgt er für die Biogasanlage 130 ha. Mit dieser Biomasse produziert das Biogas-BHKW die Wärmemenge, die für Heizung und Warmwasser in den Übergangs- und Sommermonaten benötigt wird, jedoch die doppelte Strommenge.

Die Wertschöpfung aus der Feuchtbiomasse beträgt somit 400.000 DM für Strom und 100.000 DM für Wärme, wobei bei der monetären Bewertung der Wärme ein Abzug von 20.000 DM erfolgte, weil im Sommer die Wärme nicht voll genutzt werden kann.

Einschließlich der Strohnutzung ergibt sich eine Gesamtwertschöpfung von 730.000 DM. Subtrahiert man den Geldrohertrag von Getreide oder Raps (bisherige Nutzung) von ca. 230.000 DM, so ergibt sich für die Landwirtschaft und damit für die Kaufkraft der Region eine zusätzliche Wertschöpfung von ca. 500.000 DM.

Literatur

- BUTTLAR, V., CHR. (1996): Erhaltung pflanzengenetischer Ressourcen über den Weg der energetischen Nutzung von Ganzpflanzen – am Beispiel der Wintergerste. Diss. Kassel/Witzenhausen, 193 S..
- GRAB, R. und K. SCHEFFER (1999): Der Landwirt als Energiewirt. II. Internationale Euro-solar-Konferenz im Rahmen der Grünen Woche Berlin. Konferenzband. Eurosolar-Verlag Bonn.
- HEINZ, A., R. STÜLPNAGEL, M. KALTSCHMITT, K. SCHEFFER und D. JEZIERSKA (1999): Feucht- und Trockengutlinien zur Energiegewinnung aus biogenen Festbrennstoffen - Vergleich anhand von Energie- und Emissionsbilanzen sowie anhand der Kosten. Hrsg.: Universität Stuttgart, Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung (IER). Forschungsbericht. Band 63- ISSN 0938-1228.
- KARPENSTEIN-MACHAN, M., C. VON BUTTLAR und K. SCHEFFER (1997): Landeskultureller Wert von alten Sorten im Hinblick auf eine energetische Nutzung am Beispiel Winterweizen. Vorträge für Pflanzenzüchtung, Heft **39**, 176 - 180.
- KARPENSTEIN-MACHAN, M. (1997): Perspektiven eines pestizidfreien Anbaus von Energiepflanzen zur thermischen Verwertung im System der Zweikulturnutzung. Konzepte für den Energiepflanzenbau, DLG-Verlag Frankfurt, 183 S..
- KARPENSTEIN-MACHAN, M. (2000): Nachhaltiger Energiepflanzenbau ohne Herbizide – Auswirkungen auf Erträge, Wildpflanzenentwicklung und Schadensschwelen, VDLUFA-Schriftenreihe **53/2000**.
- RINKE, G. (1999): Verminderung von Ammoniakemissionen aus Gülle durch die Zumischung von milchsäurehaltigem Restwasser aus der mechanischen Entwässerung feuchtkonservierter Biomasse als regenerativer Energieträger. Diss. Kassel/Witzenhausen, 183 S..
- SCHEFFER, K., R. STÜLPNAGEL, U. GEILEN und T. OEFELEIN (1996): Einfluß von Aufbereitung und Lagerung auf die Brennstoffeigenschaften feuchter Biomassen. Schriftenreihe Nachwachsende Rohstoffe, Bd. **6**, Landwirtschaftsverlag Münster, S. 89-10..
- SCHEFFER, K. (1998): Ein produktives, umweltfreundliches Ackernutzungskonzept zur Bereitstellung von Energie und Wertstoffen aus der Vielfalt der Kulturpflanzen – Ansätze für neue Wege. Beitr. der Akademie für Natur- und Umweltschutz Baden-Württemberg, Bd. **27**, S. 65-80.
- STÜLPNAGEL, R. (1998): Förderung der Artenvielfalt und Verbesserung der Brennstoffqualität durch die thermische Nutzung von feucht-konservierten Aufwüchsen aus Naturschutz und Grünflächen. Beitr. der Akademie für Natur- und Umweltschutz Baden-Württemberg, Bd. **27**, S. 93-116.

Biodiversität bei der Wurzelhaarlänge verschiedener Kulturpflanzenarten und -sorten und ihr ökologischer Wert für die Nährstoffaufnahme

Biodiversity in the length of root hairs of different crop species and varieties and its ecological significance for nutrient uptake

CHRISTIAN RICHTER¹ und YOHANNES ULORO¹

Zusammenfassung

Mikroskopische Wurzelhaarlängenmessungen an Pflanzen von 43 verschiedenen Kulturpflanzenarten (meist lokale Herkünfte aus Ostäthiopien) ergaben gesicherte Unterschiede zwischen den vier Kulturpflanzen *Triticum aestivum* bzw. *T. durum*, *Zea mays*, *Phaseolus vulgaris* und *Sorghum bicolor*. So hatte Weizen die längsten Wurzelhaare ($1,29 \pm (\text{standard error}) 0,06$ mm), gefolgt von Mais ($0,99 \pm 0,039$ mm), *Sorghum* ($0,446 \pm 0,023$ mm) und Bohnen ($0,32 \pm 0,022$ mm).

Innerhalb einer Pflanzenart zeigten sich gesicherte Unterschiede in der Wurzelhaarlänge bei den verschiedenen Sorten von *Triticum aestivum* bzw. *T. durum*, *Phaseolus vulgaris* und *Sorghum bicolor*, aber nicht von *Zea mays*. Bei Weizen hatten die Sorten 'Boohei' und 'HAR 710' gesichert längere Wurzelhaare als die Sorten 'HAR 1407' und 'HAR 1522', bei *Sorghum* hatte die Sorte 'AL 70' längere Wurzelhaare als die Sorten 'M 36121' und 'Gambela' und bei Bohnen hatte die Sorte 'Ayenew' längere Wurzelhaare als die Sorten 'Awash 1' und 'CAL 27'.

Da die Wurzelhaarlänge ein wesentlicher Grund für eine effiziente Nährstoffaufnahme (insbesondere von P und K) darstellt, sollten beim Anbau auf Nährstoff-Mangel-Standorten und bei wenig vorhandenen Möglichkeiten von Düngungsmaßnahmen möglichst die Sorten mit den längeren Wurzelhaaren angebaut werden, und in Züchtungsprogrammen sollten Sorten mit längeren Wurzelhaaren besonders berücksichtigt werden, um die Nährstoffeffizienz der Pflanzen zu verbessern.

¹ Univ. Gh Kassel (GhK)
Fachbereich 11
Steinstr. 19
D-37214 Witzenhausen

Summary

*Microscope measurements of root hairs of 43 different crop varieties (mostly local varieties from Eastern Ethiopia) showed statistical differences between the four tested crop species *Triticum aestivum* or *T. durum*, *Zea mays*, *Phaseolus vulgaris* and *Sorghum bicolor*. Of these four species, wheat had the longest root hairs ($1.29 \pm$ (standard error) 0.06 mm), followed by maize (0.99 ± 0.039 mm), Sorghum (0.446 ± 0.023 mm) and beans (0.32 ± 0.022 mm).*

Within the same species, differences could be seen in the length of root hairs of different varieties of wheat, beans and Sorghum, but not of maize. For wheat, the varieties 'Boohei' and 'HAR 710' had longer root hairs than 'HAR 1407' and 'HAR 1522', for Sorghum, the variety 'AL 70' had longer root hairs than 'M 36121' than 'Gambela', and for beans, 'Ayenew' had longer root hairs than 'Awash 1' and 'CAL 27'.

As the length of root hairs is an essential reason for an efficient nutrient uptake (especially for P and K), varieties with long root hairs should be chosen for cultivation by farmers, especially on nutrient deficient soils and where fertilizer application is scarce. In breeding programmes, for better nutrient efficiency, varieties with long root hairs should be preferred.

Einleitung

Wurzelhaare sind Ausstülpungen der Rhizodermis. Im Gegensatz zu Sprossepidermiszellen sind die Wände der Wurzelhaare nicht verdickt und nicht von einer Cuticula überzogen (NULTSCH 1968), dadurch können sie sehr gut Wasser und Nährstoffe aufnehmen. Sie bedingen einen intensiven Kontakt der Pflanzenwurzel zum Boden, und sie vergrößern die Wurzeloberfläche enorm. Sie sind unter Nährstoffmangelbedingungen länger als bei ausreichender oder überschüssiger Nährstoffversorgung (FOEHSE und JUNGK 1983, ULORO und RICHTER 1999), dies ist wohl ein Mechanismus einer (wenn auch sehr begrenzten und bei weitem nicht die mangelnde Nährstoffaufnahme unter Mangelbedingungen ausgleichenden und ausreichenden) pflanzlichen Adaptation. Die Länge der Wurzelhaare ist ein wesentlicher Grund für eine effiziente Nährstoffausnutzung insbesondere für solche Pflanzennährstoffe, die nur wenig in der Bodenlösung vorhanden sind und bei denen in Folge dessen die Massenströmung zum Transport zur Wurzeloberfläche nicht ausreicht, wie z.B. für Phosphor und Kalium, wo demzufolge auch Diffusionsvorgänge große Bedeutung haben. Daher korreliert die P-Effizienz verschiedener Pflanzensorten, z. B. von *Trifolium repens* mit der Wurzelhaarlänge (CARADUS 1982). Laut FOEHSE et al. (1991) sind sogar 90 % der P-Aufnahme durch Wurzelhaare bedingt. Die Wurzelhaarlänge entspricht der Verarmungszone für Nährstoffe im Boden, jedoch ist der Radius der

Verarmungszone von mykorrhizierten wesentlich größer als von nicht mykorrhizierten Wurzeln, für Weißklee bei Symbiose mit Mykorrhiza z.B. 11 cm (LI et al., 1991). Wurzelhaare sind dagegen nur wenige mm lang, haben aber dennoch große Bedeutung für die Nährstoffaufnahme.

Der Diffusion von P und K zur Wurzeloberfläche und damit auch der Länge der Wurzelhaare kommt vor allem dann eine große Bedeutung zu, wenn Kulturpflanzen auf Böden angebaut werden, die nur einen geringen Gehalt an pflanzenverfügbaren Nährstoffen besitzen. Während in Äthiopien Kalium oft in ausreichenden Mengen in landwirtschaftlichen Boden vorhanden ist (MAMO et al. 1996), sind P-Mangelböden sehr oft anzutreffen (ABEBE 1998). Trockenheit, die in der Hararghe-Region im Osten Äthiopiens sehr häufig eintritt (TILAHUN 1999; MERSHA 1999), verstärkt das Problem des Phosphormangels enorm, da die Diffusion der Nährstoffe zur Wurzeloberfläche hin viel Wasser erfordert.

In der hier beschriebenen Arbeit wurde geprüft, ob sich die im Osten Äthiopiens angebauten Kulturpflanzen Sorghum, Mais, Bohnen und Weizen und auch verschiedene Sorten dieser Arten in der Länge ihrer Wurzelhaare unterscheiden, was dann auf unterschiedliche P-Effizienz hindeuten würde. Dies könnte dann eine Erleichterung bei der Auswahl der Sorten auf den nährstoffarmen Standorten Äthiopiens bedeuten, um trotz Nährstoffarmut im Boden einen befriedigenden Pflanzenertrag sicherstellen zu können.

Material und Methoden

Für die Untersuchungen wurden teilweise Kulturpflanzensorten ausgewählt, die als lokale Sorten von Bauern im Osten Äthiopiens angebaut werden, und teilweise solche, die an der Universität Alemaya oder anderen Forschungsstellen daraufhin getestet werden, ob ein Anbau in der Praxis lohnen wird. Diese Sorten sind entweder schon an die Bauern in der Umgegend der University of Alemaya verteilt (released) oder noch nicht an die Bauern gegeben werden (not released), weil in der Prüfphase befindlich. Die für die Untersuchung verwendeten Arten und Sorten sind in Tabelle 1 genannt.

In Petrischalen von 10 cm Durchmesser wurden je 6 Samen jeder der in Tabelle 1 erwähnten Sorte auf Filterpapier gelegt und mit Leitungswasser ständig mäßig feucht gehalten. Die Petrischalen wurden mit ihrem Glasdeckel abgedeckt, um eine möglichst hohe Luftfeuchtigkeit im Inneren der Petrischalen zu gewährleisten. Täglich wurden sie geöffnet, um zu gießen und um erneut Sauerstoff aus der Umgebungsluft hinzukommen zu lassen. Zum Gießen wurde Leitungswasser und kein destilliertes Wasser verwendet, um die Calciumversorgung der jungen Wurzelspitzen sicherzustellen, da junge Wurzelspitzen wegen mangelndem Phloemtransport bei fehlendem

äußeren Ca-Angebot schnell infolge Ca-Mangel zugrunde gehen würden (MARSCHNER und RICHTER 1974). Von jeder Sorte wurden 4 solche Petrischalen angesetzt, und der Versuch in einer randomisierten Blockanlage mit 4 Wiederholungen (Blocks) angeordnet. Die Temperatur während des Versuches betrug 25 °C, die Petrischalen wurden mit schwarzer Plastikfolie abgedunkelt.

Nach 4 Tagen wurde die Länge der Wurzelhaare unter einem Lichtmikroskop bei 100 facher Vergrößerung auf 0,1 mm genau gemessen. Jeder Mittelwert stammt von 24 einzelnen Pflanzen (4 Blocks je 6 Pflanzen). Es schloss sich die statistische Berechnung an, um eventuelle Unterschiede bei $p=0,05$ in der Wurzelhaarlänge bei den verschiedenen Arten und Sorten erkennen zu können (PIEPHO, 2000).

Ergebnisse und Diskussion

Unterschiede der Wurzelhaarlänge zwischen den Pflanzenarten

Die Länge der Wurzelhaare bei verschiedenen Pflanzenarten ist in Tabelle 2 aufgeführt.

Wie Tabelle 2 zeigt, nahm die Länge der Wurzelhaare in der Reihenfolge Weizen, Mais, Sorghum, Bohnen ab. Alle diese Unterschiede zwischen den Arten waren bei $p=0,05$ statistisch gesichert.

Die hier gefundenen Wurzelhaarlängen von Mais liegen etwas über den von HENDRIKS et al. (1981) gemessenen Längen, diese Autoren fanden im Durchschnitt 0,7 mm, im Vergleich dazu waren die Wurzelhaare von Raps beinahe doppelt so lang, nämlich 1,3 mm). In unseren Untersuchungen hatte Mais deutlich kürzere Wurzelhaare als Weizen. Mais ist für recht kurze Wurzelhaare bekannt, und dies könnte - neben dem schlecht ausgebildeten Wurzelsystem - ein Grund für die schlechte P-Effizienz von Mais im Vergleich zu anderen Pflanzenarten sein. Nach Untersuchungen von JUNGK und CLAASSEN (1986) haben Zwiebeln, Bohnen und Tomaten relativ kurze, Weizen, *Lolium*, Raps und Spinat hingegen lange Wurzelhaare, und die längeren Wurzelhaare resultieren in einem höheren P-Influx dieser Pflanzenarten.

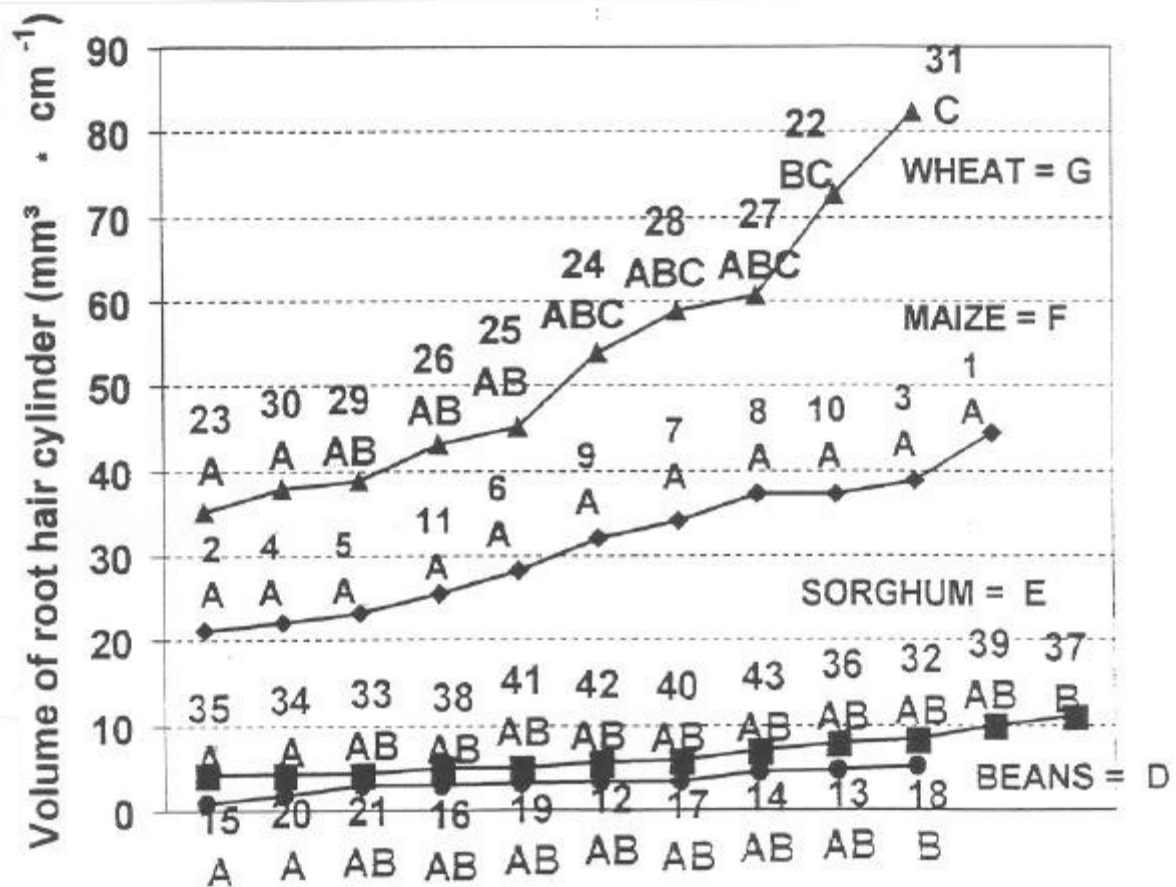


Abb. 1: Wurzelhaarzylinder ($\text{mm}^3 \cdot \text{cm}^{-1}$) von 4 Tage alten Pflanzen von äthiopischen Sorten von Weizen (*Triticum durum*, *T. aestivum*), Mais (*Zea mays*), Sorghum (*Sorghum bicolor*) und Bohnen (*Phaseolus vulgaris*). Jeder einzelne Wert ist der Mittelwert von 24 Pflanzen (6 Pflanzen in je 4 Pflanzengefäßen in randomisierten Blöcken). Erklärung der Sortennummern: siehe Tabelle 1. Arten und Sorten mit unterschiedlichen Buchstaben sind signifikant unterschiedlich bei $p=0,05$

Fig. 1: Volume of the root hair cylinder of 4 days old seedlings of different Ethiopian varieties of wheat (*Triticum durum*, *T. aestivum*), maize (*Zea mays*), Sorghum (*Sorghum bicolor*) and beans (*Phaseolus vulgaris*). Each single value is the mean of 24 plants (6 plants in each of 4 plant vessels in randomized blocs). The number of each point indicates the variety (see table 1). Different letters indicate differences at $p = 0.05$ between the 4 species and between the different varieties of the same species

Unterschiede der Wurzelhaarlänge zwischen den Sorten

Die gemessenen Wurzelhaarlängen (in mm) der einzelnen getesteten Sorten der 4 Arten sind in Tabelle 3 aufgeführt.

Abbildung 1 zeigt, aus den Werten von Tabelle 3 errechnet, das Volumen des Wurzelhaarzylinders in mm^3 je cm Wurzellänge der verschiedenen Pflanzenarten und Sorten.

Wie aus Tabelle 3 und Abbildung 1 ersichtlich ist, bestehen nicht nur zwischen Arten, sondern auch zwischen Sorten innerhalb der hier untersuchten Arten von Weizen, *Sorghum* und Bohnen Unterschiede in der Wurzelhaarlänge.

Andere Untersuchungsergebnisse deuten ebenfalls auf unterschiedliche Wurzelhaarlänge verschiedener Sorten einer Pflanzenart hin, und es wurde auch die Beziehung von Wurzelhaarlänge und Nährstoffaufnahme beobachtet. So führt ABDU (1989) die von ihm beobachtete höhere P-Effizienz der modernen Weizensorte „Cosir“ im Gegensatz zur traditionellen Sorte „Peragis“ auf feinere Wurzeln und längere Wurzelhaare zurück, sowie ferner auf eine bessere Nutzung des aufgenommenen Phosphats für die Kornbildung. CERADUS (1982) fand bei *Trifolium repens*-Sorten eine Korrelation von P-Effizienz und Wurzelhaarlänge, und von ULORO und RICHTER (1999) konnte die unterschiedliche P-Effizienz von Buschbohnen (*Phaseolus vulgaris*)-Sorten („Ayenew“ war wesentlich P-effizienter als „Roba“) auf unterschiedliche Wurzelhaarlänge zurückgeführt werden. Zusätzlich dazu hatte „Ayenew“ größere Samen als „Roba“ und daher einen höheren P-Vorrat als Keimpflanze.

So sind lange Wurzelhaare sicherlich nicht der alleinige, aber doch ein bedeutender Grund für eine hohe Nährstoffeffizienz von Pflanzen. Wie die hier vorliegenden Versuche zeigen konnten, unterscheiden sich Pflanzenarten und auch oft die Sorten innerhalb einer Art beträchtlich in ihrer Wurzelhaarlänge. Dies sollte bei Züchtungsprogrammen berücksichtigt werden, da anatomische Unterschiede Konsequenzen für die Nährstoffaufnahme und damit für Wachstum und Ertrag der Kulturpflanzen bedingen.

Tab. 1: Nummern der Arten und Sorten, Tausendkorngewicht (g) und Bemerkungen zu den im Versuch verwendeten Kulturpflanzen Mais (*Zea mays*), Bohnen (*Phaseolus vulgaris*), Weizen (*Triticum aestivum*) und *T. durum*) und *Sorghum* (*Sorghum bicolor*) aus Ostäthiopien. r. = released = schon an die Bauern der Region Alemaya in Äthiopien verteilt, n. r. = not released = noch nicht verteilt, noch in der Prüfung

Tab.1: Number of species and varieties, thousand grain weight (g) and remarks concerning the different crops maize (Zea mays), beans (Phaseolus vulgaris), wheat (Triticum aestivum and T. durum) and Sorghum (Sorghum bicolor) from Eastern Ethiopia. r = released, n. r. = not released to farmers of the region of Alemaya (Ethiopia)

Lfd. Nr.	Gattung und Art	Sorte	TKG (g)	Bemerkungen
1	<i>Zea mays</i>	Alemaya DTP2	328	lokal gesammelte Sorte, n. r.
2	„ „	Katamani	321	frühreifend (3 Monate)
3	„ „	EAH 75	444	EAH = Ethiopian Alemaya Highland. Ertragreich, späte (4-5 Monate) Sorte, r.
4	„ „	Alemura	300	frühreifende Sorte, r. vom Malca Research Center
5	„ „	Sweet corn	149	
6	„ „	Bukuri	265	r. von AUA (Agricultural University of Alemaya)
7	„ „	Pool 16	372	r. von AUA
8	„ „	Rare 1	445	r. von AUA, Rare = Name eines Feldes des Versuchsbetriebes der AUA
9	„ „	DD Pool 15	298	frühreifend wie Katamani (No.2), in der Umgegend von Dire Dawa (=DD) gesammelt
10	„ „	pop corn	122	
11	„ „	Alemaya composite	346	sehr gute späte Sorte, große Körner, r.
12	<i>Phaseolus vulgaris</i>	Mexican 142	127	
13	„ „	Red Woleida	252	Woleida: Region in Äthiopien südlich von Addis Ababa
14	„ „	G 9872	381	n. r.
15	„ „	Awash - 1	185	Awash: Fluß und Region in Äthiopien im Osten von Addis Ababa
16	„ „	G 3339	289	n. r.
17	„ „	Riaba 1	201	identisch mit Roba 1 oder Roba, roba bedeutet „Regen“ in der Oromo-Sprache

Tab. 1: Fortsetzung

Tab. 1: Continuation

Lfd. Nr.:	Gattung und Art	Sorte	TKG (g)	Bemerkungen
18	„ „	Ayewew	488	Ayewew bedeutet: „Ich habe dich gesehen“ in der Amarischen Sprache
19	„ „	Gofta	375	
20	„ „	CAL 27	593	sehr große Samen, n. r.
21	„ „	ANO 1063	505	sehr große Samen, n. r.
22	<i>Triticum</i>	HAR 710	37,6	<i>Triticum aestivum</i> , HAR = Holeta Agricultural Research Station
23	„	HAR 1522	35,3	<i>Triticum aestivum</i>
24	„	HAR 1685	30,4	<i>Triticum aestivum</i>
25	„	Kilinto	44,3	<i>Triticum durum</i>
26	„	HAR 604	43,6	<i>Triticum aestivum</i>
27	„	Foka	48,3	<i>Triticum durum</i>
28	„	Pavon 76	41,2	<i>Triticum aestivum</i>
29	„	Fetam	34,9	<i>Triticum durum</i> , Fetam bedeutet schnell, früh (reifend) in der amarischen Sprache
30	„	HAR 1407	39,0	<i>Triticum aestivum</i>
31	„	Boohei	40,2	<i>Triticum durum</i> , Boohei ist der Name eines äthiopischen Feiertages
32	<i>Sorghum bicolor</i>	WB - 77	17,0	
33	„ „	Awash 1050	30,0	Awash = Fluss und Region in Äthiopien, östlich von Addis Abeba
34	„ „	Gambela	22,8	
35	„ „	M 36121	17,2	
36	„ „	Chiro	34,0	
37	„ „	AL 70	22,3	AL = Alemaya
38	„ „	ETS - 3235	27,7	ETS = Ethiopian <i>Sorghum</i>
39	„ „	ETS - 2752	29,3	high grain yield, r.
40	„ „	ETS - 2111	26,3	
41	„ „	Short Mura	33,8	Mura = „ <i>Sorghum</i> “ in der Oromo - Sprache, niedrig wachsende Sorte
42	„ „	Long Mura	34,3	Sehr gute Sorte, hochwachsend (2 - 3 m hoch). Der Stengel kann sehr gut als Feuerholz genutzt werden
43	„ „	76 T1 # 23	25,0	Identisch mit T 76, T bedeutet Texas, woher die Sorte kommt. Hoher Kornertrag, jedoch nur kurzer Stengel, daher kaum als Feuerholz nutzbar.

Tab. 2: Länge der Wurzelhaare (in mm) und Standardfehler (mm) von äthiopischen Sorten von Weizen (*Triticum aestivum* bzw. *T. durum*, Durchschnitt von 10 Sorten), Mais (*Zea mays*, Durchschnitt von 11 Sorten), Sorghum (*Sorghum bicolor*, Durchschnitt von 12 Sorten) und Bohnen (*Phaseolus vulgaris*, Durchschnitt von 10 Sorten). Pflanzenalter: 4 Tage. Messung unter dem Lichtmikroskop bei 100 facher Vergrößerung

*Tab. 2: Length of the root hairs (mm) and standard error (mm) of different Ethiopian varieties of wheat (*Triticum aestivum* and *T. durum*, mean of 10 varieties), of maize (*Zea mays*, mean of 11 varieties), of Sorghum (*Sorghum bicolor*, mean of 12 varieties) and of beans (*Phaseolus vulgaris*, mean of 10 varieties). The plants were 4 days old, the root hairs were measured with a light microscope with a 100 fold magnification*

	Länge der Wurzelhaare (mm)	Standardfehler (standard error) (mm)
<i>Triticum aest./durum</i>	1,290	± 0,060
<i>Zea mays</i>	0,990	± 0,039
<i>Sorghum bicolor</i>	0,446	± 0,023
<i>Phas. vulgaris</i>	0,320	± 0,022

Tab. 3: Länge der Wurzelhaare (in mm) verschiedener äthiopischer Sorten von Mais (*Zea mays*), Bohnen (*Phaseolus vulgaris*), Weizen (*Triticum aestivum* bzw. *T. durum*) und Sorghum (*Sorghum bicolor*). Erklärung der Sortennummern in Tabelle 1

Tab. 3: Length of the root hairs (mm) of different Ethiopian varieties of maize (*Zea mays*), beans (*Phaseolus vulgaris*), wheat (*Triticum aestivum* and *T. durum*) and Sorghum (*Sorghum bicolor*). Variety numbers are explained in table 1

Sortennummer	Wurzelhaarlänge (mm)	Sortennummer	Wurzelhaarlänge (mm)
1 <i>Zea mays</i>	1,19	22 <i>Trit. aest./dur.</i>	1,52
2 „	0,82	23 „	1,06
3 „	1,11	24 „	1,31
4 „	0,84	25 „	1,20
5 „	0,86	26 „	1,17
6 „	0,95	27 „	1,39
7 „	1,04	28 „	1,37
8 „	1,09	29 „	1,11
9 „	1,01	30 „	1,10
10 „	1,09	31 „	1,62
11 „	0,90	32 <i>Sorghum bic.</i>	0,515
12 <i>Phas. vulg.</i>	0,325	33 „	0,368
13 „	0,383	34 „	0,367
14 „	0,377	35 „	0,365
15 „	0,173	36 „	0,500
16 „	0,308	37 „	0,593
17 „	0,333	38 „	0,395
18 „	0,410	39 „	0,565
19 „	0,313	40 „	0,433
20 „	0,233	41 „	0,395
21 „	0,300	42 „	0,425
		43 „	0,470

Literatur

- ABDOU, M. (1989): Genotypische Unterschiede in der Phosphateffizienz bei Sommerweizen. Dissertation Universität Stuttgart-Hohenheim.
- ABEBE, M. (1998): Nature and management of Ethiopian Soils. Alemaya University of Agriculture (Ed.), Ethiopia.
- CARADUS, J.R. (1982): Genetic differences in the length of root hairs in white clover and their effect on phosphorus uptake. In: Proceedings of the Ninth International Plant Nutrition Colloquium, Warwick, England (A. Scife, ed.), pp. 84-88. Commonwealth Agricultural Bureau, Farnham Royal, Bucks, UK.
- ENGIDA, U., MERSHA, E. (1999): Annual rainfall and potential evapotranspiration in Ethiopia. *Ethiopian Journal of Natural Resources* **1**, 137-154.
- FOEHSE, D. and A. JUNGK (1983): Influence of phosphate and nitrate supply on root hair formation of rape, spinach and tomato plants. *Plant and Soil* **74**, 359-368.
- FOEHSE, D., N. CLAASSEN and A. JUNGK (1991): Phosphorus efficiency of plants. II. Significance of root hairs and cation-anion balance for phosphorus influx in seven plant species. *Plant and Soil* **132**, 261-272.
- HENDRIKS, L., N. CLAASSEN und A. JUNGK(1981): Phosphatverarmung des wurzelnahen Bodens und Phosphoraufnahme von Mais und Raps. *Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde* **144**, 468-499.
- JUNGK, A. and N. CLAASSEN (1986): Availability of phosphate and potassium as the result of interactions between root and soil in the rhizosphere. *Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde* **149**, 411-427.
- LI, X.L., E. GEORGE and H. MARSCHNER (1991): Extension of the phosphorus depletion zone in VA-mycorrhizal white clover in a calcareous soil. *Plant and Soil* **136**, 41-48.
- MARSCHNER, H. und CHR. RICHTER (1974): Ca-Transport in Wurzeln von Mais- und Bohnekeimpflanzen. *Plant and Soil* **40**, 193-210.
- NULTSCH, W. (1968): Allgemeine Botanik. Thieme Verlag, Stuttgart.
- PIEPHO, H.-P. (2000): Multiple treatment comparisons in linear models when the standard error of a difference is not constant. *Biometrical Journal* (to appear).
- TEKLIGN MAMO, T., CHR. RICHTER and B. HEILIGTAG (1996): Comparison of extractants for the determination of available phosphorus, potassium, calcium, magnesium, and sodium in some Ethiopian and German soils. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* **27**, 2197-2212.
- TILAHUN, K. (1999): Test of homogeneity, frequency analysis of rainfall data and estimate of drought probabilities in Dire Dawa, Eastern Ethiopia. *Ethiopian Journal of Natural Resources* **1**, 125-136.
- ULORO, Y. and CHR. RICHTER (1999): Phosphorus efficiency of different varieties of *Phaseolus vulgaris* L. and *Sorghum bicolor* (L.) Moench on an alfisol in the Eastern Ethiopian highlands. *Ethiopian Journal of Natural Resources* **1**, 187-200.

Informationssysteme zu pflanzengenetischen Ressourcen im Internet

Internet based information systems for plant genetic resources

EBERHARD MÜNCH¹ und SIEGFRIED HARRER¹

Zusammenfassung

Die Informationssysteme GENRES und BIG, nationale, europäische und internationale Datenbanken, die vom IGR betreut werden und deren Abfragemöglichkeiten werden erläutert.

Summary

The information systems GENRES and BIG as well as national, European and international databases hosted at IGR are presented and methods to search within them are demonstrated.

Aufgaben des Informationszentrums Genetische Ressourcen (IGR)

Das Informationszentrum Genetische Ressourcen (IGR) ist eine Abteilung der Zentralstelle für Agrardokumentation und -information (ZADI). Die ZADI ist die zentrale wissenschaftliche Informationseinrichtung im Geschäftsbereich des Bundesministeriums für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft (BMVEL). Ihre Arbeitsschwerpunkte liegen im Angebot, im Management und in der Bereitstellung von Informationsdienstleistungen für die Fachgebiete Land- und Forstwirtschaft, Ernährung und Fischerei, Gartenbau und Genetische Ressourcen.

Die Aufgaben des Informationszentrums Genetische Ressourcen basieren auf der „Konzeption zu Erhaltung und nachhaltigen Nutzung genetischer Ressourcen für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten“ (Angewandte Wissenschaft, Nr. 487, Schriftenreihe des BMVEL) und gliedern sich wie folgt:

¹ ZADI
Abt. IGR
Villichgasse 17
D-53177 Bonn

- Sammlung, Dokumentation und Bereitstellung von Informationen für nationale Stellen und im Rahmen von EU- und internationalen Aufgaben;
- Beratung des BMVEL und anderer Ressorts sowie der Bundesländer, soweit diese betroffen sind, zu allgemeinen Fragen bei Fördermaßnahmen und politischen Entscheidungen im Bereich genetischer Ressourcen;
- Wahrnehmung technisch-administrativer Koordinationsaufgaben im Rahmen nationaler, internationaler und EU-Maßnahmen und Programme;
- Forschungs- und Entwicklungsarbeiten zur Information und Dokumentation genetischer Ressourcen, einschließlich der Gewinnung und Bereitstellung von Informationen zur Verbesserung von Maßnahmen zur Erhaltung und nachhaltigen Nutzung genetischer Ressourcen;
- Sekretariat für den zu berufenden Fachbeirat für genetische Ressourcen für Ernährung, Land- und Forstwirtschaft.

In diesem Kontext spielt die Erhaltung pflanzengenetischer Ressourcen eine besonders herausragende Rolle. Das betrifft sowohl die *Ex-situ*-Erhaltung von Saat- und Pflanzgutmustern landwirtschaftlicher und gartenbaulicher Nutz- und Kulturpflanzen als auch das On-farm-Management bzw. die *In-situ*-Erhaltung von domestizierten pflanzengenetischen Ressourcen und einheimischen verwandten Wildarten. Das IGR entwickelt und pflegt eine ganze Reihe von Informationssystemen und Datenbanken, die Informationen und Daten zu pflanzengenetischen Ressourcen über das Internet bereitstellen.

Das Informationssystem Genetische Ressourcen (GENRES)

GENRES ist ein Meta-Informationssystem im Internet. Es bildet Agrarinformationen über fach- und problemspezifische Verknüpfungen und Verweise zugriffsbezogen ab. Der thematische Umfang ergibt sich aus der spezifischen Aufgabenstellung des IGR.

Bei einem Aufruf der GENRES-Homepage über die Internetadresse (<http://www.genres.de>) werden dem Nutzer zwei prinzipielle Navigationswege angeboten: (1) Suche nach ausschließlich relevanten Internetquellen aus Deutschland („GENRES-Deutschland“) (2) Der Zugriff über „GENRES-International“ zu allen relevanten Internetquellen (einschließlich deutschen Informationen).

Die fachliche Kategorisierung erfolgt nach den Gebieten pflanzengenetische, forstgenetische, tiergenetische, aquatische genetische Ressourcen, genetische Ressourcen bei Mikroorganismen sowie zu politisch-rechtlichen Rahmenbedingungen. Diese Bereiche sind weiter in unterschiedlichem Umfang untergliedert. Auf Grund der starken internationalen Nutzung des Informationssystems wird GENRES in einer

vollständig englischsprachigen Variante angeboten (<http://www.genres.de/genres-e.htm>). Es bildet eine Verbindung zwischen den in der ZADI zentral gespeicherten Meta-, Fakten- und Auswertungsdaten zu genetischen Ressourcen in Deutschland und den dezentralen Datenbeständen, die in den mitwirkenden Einrichtungen vorhanden sind.

GENRES verweist u.a. auf Passport-, Charakterisierungs- und Evaluierungsdaten sowie Informationen zur Taxonomie, Nutzung und Gefährdung verschiedener Taxa. Daneben bietet es Angaben zu Institutionen, Literatur und Forschungs- und Entwicklungsprojekten sowie sonstigen Dienstleistungen. Es liefert Informationen über deutsche, europäische und internationale Maßnahmen zur Erhaltung und nachhaltigen Nutzung genetischer Ressourcen für die Ernährung, Land- und Forstwirtschaft.

Gegenwärtig werden über das Informationssystem ca. 2.300 Quellen nachgewiesen, die zu ca. 70% Informationsangebote aus dem Internet (Informationssysteme, Datenbanken, Kataloge, Volltextdokumente etc.) und zu ca. 30% Adresdaten von Institutionen und Organisationen repräsentieren. Abbildung 1 zeigt die Homepage des Informationssystems.



Abb. 1: Homepage des Informationssystems GENRES (<http://www.genres.de>)

Fig. 1: Homepage of the information system GENRES (<http://www.genres.de>)

Das Fachgebiet Pflanzengenetische Ressourcen (PGR) ist weiter fachlich untergliedert. In Tabelle 1 ist die Struktur dargestellt.

Tab. 1: Inhalt und Struktur des GENRES-Fachgebietes „Pflanzengenetische Ressourcen“

Tab. 1: Content and structure of GENRES subject area „Plant Genetic Resources“

GENRES – Deutschland		
Kultur- und Wildpflanzen	PGR nach Fruchtarten	Artübergreifend, Weizen, Mais, Gerste, Hafer, Roggen, Hirse, Leguminosen, Kartoffeln, Ölpflanzen, Gemüse, Obst, Wein, Heil-/Gewürzpflanzen, Zierpflanzen
	Online-Datenbanken (dt., europ. und internat. DB)	Artübergreifend, <i>Agrostis</i> , <i>Allium</i> , <i>Avena</i> , <i>Beta</i> , <i>Brassica</i> , <i>Bromus</i> , <i>Cicer</i> , <i>Citrus</i> , ... <i>Solanum</i> , <i>Trifolium</i> , <i>Triticum</i> , <i>Vigna</i> , <i>vitis</i> , <i>Zea</i>
Erhaltung	Deutsche Genbanken	
	Botanische Gärten	
	<i>In-situ</i> -Erhaltung und On-farm-Management	
Nutzung	Forschung	
	Züchtung	
	Sorten / Saatgut	
	Aus- und Weiterbildung	
	Adressen	Bundesbehörden, Geschäftsbereich BMVEL, Bund-Ländereinrichtungen, Universitäten, bot. Gärten, Landesanstalten, private Züchter, NGO, Entwicklung und Zusammenarbeit, private Forschung, internat. Organisationen
GENRES – International		
International		
Europäische Programme		
FAO		
CGIAR		
Institutionen/Organisationen	Kontinente	Einzelne Länder
Informationsangebote	Kontinente	Einzelne Länder
Botanische Gärten	Kontinente	Einzelne Länder
PGR nach Fruchtarten	Siehe oben	
Online - Datenbanken	Siehe oben	

Bundesinformationssystem Genetische Ressourcen (BIG)

Die Bereitstellung von Informationen zu genetischen Ressourcen ist integraler Bestandteil sowohl bei der Umsetzung des Übereinkommens über die biologische Vielfalt (ÜBV) als auch des Globalen Aktionsplans (GPA) für genetische Ressourcen für Ernährung und Landwirtschaft.

Um dazu einen substanziellen Beitrag zu leisten, wird derzeit im Rahmen eines vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) geförderten Verbundvorhabens das Bundesinformationssystem für genetische Ressourcen (BIG) aufgebaut. Ziel ist die Abbildung von biologischen, genetischen, ökologischen, ökonomischen und geographischen Informationen der in Deutschland verfügbaren pflanzengenetischen Ressourcen. Es handelt sich um ein datenbankübergreifendes Informationssystem, das neben Daten zu den genetischen Ressourcen, die *ex situ* in Genbanken oder botanischen Gärten vorhanden sind, auch Angaben zu Teilen der *In-situ*-Bestände, die an ihrem natürlichen Wuchsort in die Dynamik der Evolution eingebunden sind, online recherchierbar bereitstellt. Die in heterogenen dezentralen (verteilten) Datenbanken gespeicherten Informationen werden über eine zentrale Einstiegsstelle (zentrale View) recherchiert und den Nutzern des Systems aufbereitet und interaktiv zur Verfügung gestellt.

Folgende Partnereinrichtungen sind am Verbundprojekt beteiligt:

- **Bundesamt für Naturschutz (BfN)** mit dem Arteninventar der einheimischen Wildpflanzen (*in situ*) - Datenbank Florkart - und mit schutz- und handelsrelevante Informationen zu den nach nationalem und internationalem Recht geschützten Arten - Datenbank WISIA
- **Verband Botanischer Gärten**, repräsentiert durch den Botanischen Garten der Ruhr-Universität Bochum (RUB) mit Informationen zu Pflanzenbeständen der Botanischen Gärten in Deutschland (*ex situ*) – Datenbank SysTax
- **Institut für Pflanzengenetik und Kulturpflanzenforschung (IPK)** mit Datenbanken der Kulturpflanzen-Akzessionen der Genbank (*ex situ*) und zu "Mansfeld's World Manual of Agricultural and Horticultural Crops"
- **Informationszentrum Genetische Ressourcen (IGR)** der Zentralstelle für Agrardokumentation und –information (ZADI) mit der zentralen Datenbank deutscher pflanzengenetischer Ressourcen im Internet - Datenbank PGRDEU.

In Abbildung 2 ist der prinzipielle Ablauf einer Recherche über die Suche nach Pflanzennamen am Beispiel des Sellerie (*Apium graveolens* L.) dargestellt.

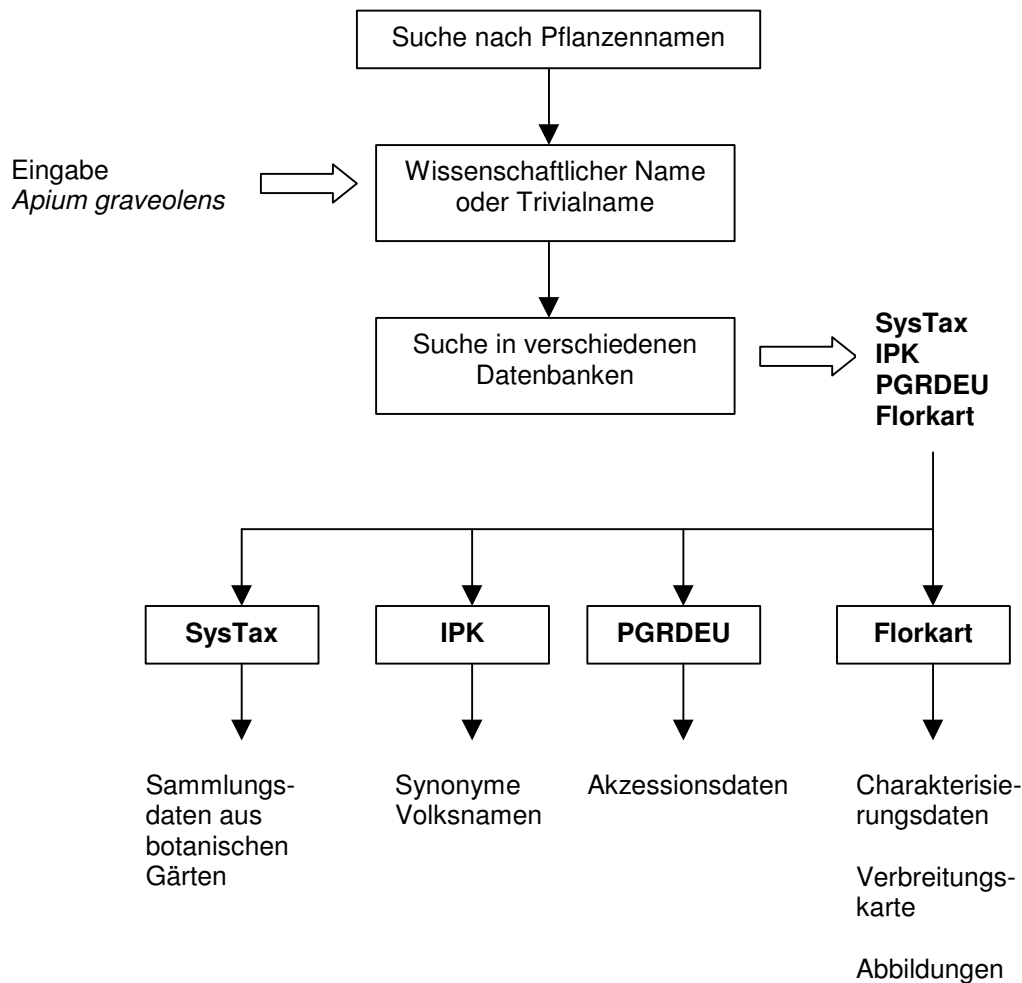


Abb. 2: Prinzipieller Ablauf einer Recherche über die Suche nach Pflanzennamen am Beispiel des Sellerie (*Apium graveolens* L.)

*Fig. 2: Principals of a search for a plant name at the example of celery (*Apium graveolens* L.)*

Zum gegenwärtigen Zeitpunkt ist ein Prototyp des Informationssystems via Internet unter der Adresse <http://www.big-flora.de> nutzbar, der kontinuierlich hinsichtlich seiner Abfragemöglichkeiten erweitert wird.

Es werden u.a. Recherchen über Pflanzennamen und / oder weitere Faktendaten angeboten. Der Nutzer erhält umfangreiche Informationen zur Synonymie von Taxa, aber auch Auskunft zu Werteigenschaften beispielsweise von Apfel-, Gersten- oder Kartoffelsorten. Verbreitungskarten und Bilder zu vielen Wildarten sind ebenfalls verfügbar.

Nationale Datenbanken zu pflanzen genetischen Ressourcen

1. PGRDEU - Sammlungen pflanzen genetischer Ressourcen in Deutschland

Internet: <http://www.genres.de/pgrdeu>

Die Datenbank enthält Daten aus:

- **Genbank des Institutes für Pflanzengenetik und Kulturpflanzenforschung (IPK)** 88.510 Muster
- **Außenstelle Süd Pillnitz (Obst)** - 1.520 Muster
- **Außenstelle Nord Groß Lüsewitz (Kartoffel)** - 5.056 Muster
- **Außenstelle Nord Malchow (Futterpflanzen)** - 9.302 Muster
- **Genbank der Bundesanstalt für Züchtungsforschung an Kulturpflanzen (BAZ) Braunschweig** 43.984 Muster
- **Bundesobstortenverzeichnis BOSR** - 7.253 Muster (40 obsterhaltende Einrichtungen)
- **Wein** – ca. 4.700 Muster (aus acht Einrichtungen)

2. Evaluierungsdaten zu pflanzen genetischen Ressourcen in Deutschland (EVA)

Internet: <http://www.genres.de/eva>

Enthält Daten zu Werteigenschaften von Gerste, Kartoffel und Obst.

Europäische und internationale Datenbanken zu pflanzen genetischen Ressourcen

Diese Datenbanken werden vom IGR der ZADI technisch gepflegt, aktualisiert und in ihrer Funktionalität abgesichert und ausgebaut.

1. European Avena Database

Datenbankmanager: Genbank Braunschweig der Bundesanstalt für Züchtungsforschung an Kulturpflanzen (BAZ)

Anzahl der Datensätze: 19.315

Internet: <http://www.dainet.de/eccdb/avena/>

2. European Glycine Database

Datenbankmanager: Vavilov - Institut für Pflanzenzüchtung, Sankt Petersburg, Russland

Anzahl der Datensätze: 11.693

Internet: <http://www.dainet.de/eccdb/glycine/>

3. European *Hordeum* Database

Datenbankmanager: Genbank des Institutes für Pflanzengenetik und Kulturpflanzenforschung Gatersleben (IPK)

Anzahl der Datensätze: 89.000

Internet: <http://www.dainet.de/eccdb/barley/>

4. European *Poa* Database

Datenbankmanager: Genbank des Institutes für Pflanzengenetik und Kulturpflanzenforschung (IPK), Malchow/Poel

Anzahl der Datensätze: 2.636

Internet: <http://www.dainet.de/eccdb/poa/poa.htm>

5. European *Vitis* Database

Datenbankmanager: Institut für Rebenzüchtung (IRZ) Siebeldingen der Bundesanstalt für Züchtungsforschung an Kulturpflanzen (BAZ)

Anzahl der Datensätze: 17.608

Internet: <http://www.dainet.de/eccdb/vitis/>

6. International Bambara Groundnut Database

Datenbankmanager: ZADI, Genetic Resources Unit of the International Institute of Tropical Agriculture, Ibadan, Nigeria (IITA), University of Zambia (UNZA)

Anzahl Datensätze: 1.897

Internet: <http://www.genres.de/bambara/bambara.htm>

7. International Database for *Beta*

Datenbankmanager: Genbank Braunschweig der Bundesanstalt für Züchtungsforschung an Kulturpflanzen (BAZ), Centre for Genetic Resources Wageningen (CGN), The Netherlands

Anzahl Datensätze: 9.461

Internet: <http://www.genres.de/beta/>

8. *Vitis* International Variety Catalogue

Datenbankmanager: Institut für Rebenzüchtung (IRZ) der Bundesanstalt für Züchtungsforschung an Kulturpflanzen (BAZ), (Siebeldingen)

Anzahl Datensätze: 15.992

Internet: <http://www.genres.de/idb/vitis>

Nationale und internationale Bedeutung

Mit der Zeichnung des Übereinkommens über die biologische Vielfalt hat sich die Bundesrepublik Deutschland zur Erhaltung und nachhaltigen Nutzung der in ihrem Hoheitsgebiet vorhandenen biologischen Vielfalt einschließlich der genetischen Ressourcen verpflichtet. Hierzu gehört auch der Informationsaustausch zwischen den Vertragspartnern. Mit den geschilderten nationalen Datenbanken erfüllt das IGR als Einrichtung im Geschäftsbereich des BMVEL diesen Informationsauftrag. Durch die

europäischen und internationalen Datenbanken zu pflanzen genetischen Ressourcen, welche durch das IGR in Kooperation mit Partnern bereitgestellt werden, wird die internationale Zusammenarbeit auf dem Gebiet der pflanzen genetischen Ressourcen unterstützt, z.B. im Rahmen des Europäischen Kooperationsprogramms zu pflanzen genetischen Ressourcen (ECP/GR).

BAMNET- International Bambara Groundnut Network

BAMNET – das Internationale Bambara-Groundnut-Netzwerk

FRANK BEGEMANN¹

Summary

BAMNET is an example of a network approach for a partnership in research and development of a neglected and under-utilized crop.

Zusammenfassung

Das BAMNET ist eine beispielhafte Netzwerkanwendung für eine Partnerschaft in Forschung und Entwicklung bei einer vernachlässigten und wenig genutzten Kulturpflanze.

Objectives

Bambara groundnut *Vigna subterranea* (L.) Verdc. can be considered to be under-utilized and neglected. The objectives of the International Bambara Groundnut Network (BAMNET) are to increase the importance of Bambara groundnut by improving its productivity, production, marketing and consumption.

Activities

Activities of BAMNET encompass aspects of the whole commodity chain such as germplasm conservation and management, breeding, utilization, information, documentation, agronomy, economics and sociology. However, at present, the activities of BAMNET focus on:

¹ BAMNET-Coordinator
c/o ZADI, Abt. IGR
Villichgasse 17
D-53177 Bonn, Germany

1. Crop Improvement and Breeding
2. Processing and Marketing
3. Information and Communication

Partnership

BAMNET is a network of about 100 individuals; the majority of them is working in Sub-Saharan Africa; some are from Europe, USA and WANA. Beside, some African researchers are temporarily working in European and American AROs.

Donors and budget

BAMNET is a network of individuals collaborating voluntarily without a specific BAMNET budget but using modern information and communication technologies in a very cost-effective way. Contributions come from the following sources: in-kind contributions of members; and special projects running within the context of the BAMNET objectives and executed by its members.

Donors can therefore be considered African research institutions, European and North-American advanced research organisations, NRI, GTZ, BMZ, CTA, DFID, international organisations such as FAO, IAEA, European Commission, and international agricultural research centres such as IPGRI and IITA as well as the private sector.

1. Crop Improvement and Breeding

- RAPD- and AFLP-technologies have been investigated at the Universities of Bonn, Munich and Nottingham to study the diversity between and within landraces.
- In an FAO/IAEA-coordinated research project irradiation-induced mutation techniques are tested to develop improved germplasm with resistance to bruchids and leaf spots, to improve yield and to develop early maturing germplasm.
- The Universities of Nottingham, Munich, Swaziland, Botswana College of Agric., Mahanene Research Station and ZADI have started a project funded by the EU to combine farmers' knowledge, experiments and molecular techniques within an improvement programme *inter alia* to characterize the genetic composition of landraces, to facilitate cross-breeding to produce new varieties and to match the

suitability of existing landraces to particular environments; several individuals have since expressed their interest to join such initiatives.

2. Processing and Marketing

- NRI and GTZ have undertaken studies on the marketing potential of Bambara groundnut in Ghana and other selected areas of Africa.
- In a DFID-funded project the Universities of Nottingham and Swaziland and ITDG investigate the factors affecting the processing and increased utilisation of Bambara groundnut in the major peri-urban centres in Zimbabwe and Swaziland.
- A company in Zimbabwe has been identified being active in marketing Bambara groundnut products within the Southern African region.
- A food company in the USA has begun tests to develop snacks and other products for new markets.

3. Information and Communication

- A collaboration between FAO, the University of Nottingham and ZADI on „Mapping Bambara groundnut information related to genetic resources and environmental data (BAMMAP)“ resulted in a tool to facilitate searches for some 700 selected accessions of the major collection at IITA through GIS.
- Various activities at ZADI have resulted in two online databases (1) on passport, characterisation and evaluation data and (2) on literature.
- IPGRI made available the proceedings of the first BAMNET workshop in print form and online; the second one is in preparation.
- IPGRI and BAMNET have published a revised descriptor list for Bambara groundnut.
- A workshop has been organised at CSIR in Accra in 1998 with co-funding from CTA.
- A BAMNET mailing list and website is operated by ZADI.

Needs

- More attention by respective bodies at national and regional levels; inclusion into national statistics, research, development and extension services as a mandate crop

- More national, regional and international funds for research and development needed
- Investments into food processing and marketing
- Support for biannual meetings and coordinating activities

URL: **<http://www.genres.de/bambara/>**

List of abbreviations

AROs	Agricultural Research organisations
BMZ	German Federal Ministry of Economic Co-operation and Development
CSIR	Council of Scientific and Industrial Research
CTA	Technical centre for Agricultural and Rural Cooperation
DFID	Department for International Development
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nations
GIS	Geographical Information Systems
GTZ	German Agency for Technical Cooperations
IAEA	International Atomic Energy Agency
IITA	International Institute of Tropical Agriculture
IPGRI	International Plant Genetic Resources Institute
ITDG	Intermediate Technology Development Group
NRI	National Research Institute
RAPD	Random Amplified Polymorphic DNA
AFLP	Amplified Fragment Length Polymorphism-technologies
WANA	Western Asia and Northern Africa

Ex-situ-Konservierung pflanzengenetischer Ressourcen - ein Schlüssel zur Nutzung der Biodiversität

Ex situ conservation of plant genetic resources - a key for the utilization of biodiversity

ANDREAS GRANER¹

Zusammenfassung

Durch den Menschen geschaffene Agrarökosysteme sind durch den Anbau weniger, dominierender Arten gekennzeichnet. So nehmen in Deutschland lediglich fünf Fruchtarten über 70% der Ackerfläche ein. Die geringe Vielfalt auf Artebene ist von einer abnehmenden intraspezifischen Diversität begleitet, wie molekulare Markerdaten bei Gerste (*Hordeum vulgare*) belegen. Im Hinblick auf eine zukünftige Erweiterung der Agrobiodiversität stellt die IPK-Genbank mit einem Bestand von über 102.000 Akzessionen, die über 2.000 Arten aus 600 Gattungen repräsentieren, eine der weltweit größten Sammlungen dar. Umfangreiche Sortimente der wirtschaftlich wichtigsten Kulturarten sowie deren verwandten Wildarten stellen ein Reservoir für die Suche nach neuen Krankheitsresistenzen und zur Verbesserung quantitativer Merkmale dar. Darüber hinaus stehen genetische Ressourcen zur Vergrößerung des landwirtschaftlichen Artenspektrums durch die züchterische Verbesserung alter Kulturpflanzen zur Verfügung.

Summary

*Man made agroecosystems are characterized by the cultivation of only a few, dominant crop species. In Germany e.g., only five crop species are planted to more than 70% of the total acreage of arable land. The low diversity on the species level is followed by a decreasing intraspecific diversity as it has been evidenced for barley (*Hordeum vulgare*) by molecular marker data. Regarding a future increase in agrobiodiversity, the IPK-genebank represents one of the largest collections worldwide, holding 102.000 accessions from more than 2.000 species and 600 genera. Comprehensive collections of agronomic important species and their wild relatives are a valuable reserve for the search of new alleles for disease resistance and for the improvement of quantitative traits. Moreover, genetic resources are available for the enlargement of the number of agricultural crop species via the genetic improvement of old or underutilized plant species.*

¹ Institut für Pflanzengenetik und Kulturpflanzenforschung (IPK)
Corrensstr. 3
D-06466 Gatersleben

Einleitung

Durch das Zusammenspiel von Ackerbau, Pflanzenschutz und Pflanzenzüchtung wurden die Ernteerträge der wichtigsten Kulturarten während der vergangenen 100 Jahre in weiten Teilen der Welt um mehr als das 2-fache gesteigert. Trotz des nahezu ungebremsten Bevölkerungswachstums verbesserte sich die Ernährungssituation: Während sich im Jahr 1961 bei einer Weltbevölkerung von 3 Milliarden Menschen die durchschnittliche Nahrungsproduktion pro Kopf auf 2.235 kcal/Tag belief, betrug im Jahr 1993, bei einer Gesamtbevölkerung von 5,5 Milliarden und nahezu unveränderter landwirtschaftlicher Nutzfläche, die tägliche Nahrungsproduktion 2.699 kcal pro Kopf (TREWAVAS 2001). Im Hinblick auf die auch in Zukunft erforderliche Steigerung der landwirtschaftlichen Erträge fällt der Pflanzenzüchtung eine entscheidende Rolle zu, da die Produktionsfaktoren Boden und Wasser als weitgehend ausgeschöpft gelten, und der relative Beitrag ackerbaulicher Maßnahmen und des Pflanzenschutzes an zukünftigen Ertragssteigerungen vermutlich abnehmen wird.

Intensive Pflanzenproduktion ist durch den Anbau von Monokulturen geprägt. Die Konzentration auf wenige, züchterisch hochentwickelte Fruchtarten ermöglicht zum einen hohe Erträge, macht jedoch Agrarökosysteme auch anfällig gegenüber Krankheitsepidemien oder begünstigt das Auftreten hartnäckiger Unkräuter, die wiederum nur durch chemischen Pflanzenschutz bekämpft werden können und deren Rückstände in Einzelfällen bereits im Wasser und an verschiedenen Stellen der Nahrungskette nachgewiesen werden können. Eine Veränderung der Agrarlandschaft in Richtung einer höheren Biodiversität kann auf verschiedenen Ebenen erfolgen. Diese reichen von Eingriffen in die Landschaftsgestaltung über die Veränderung des Fruchtartenspektrums bis zur Pflanzenzüchtung. Im Hinblick auf letztere soll im folgenden der mögliche Beitrag von Genbanken zu einer verstärkten Nutzung pflanzengenetischer Ressourcen aufgezeigt werden.

Agrobiodiversität: Eine Ist-Stand-Analyse

Der Preis für die beobachteten Ertragssteigerungen ist eine Konzentration der Pflanzenproduktion auf ein kleines Artenspektrum, in welchem sich solche Nutzpflanzen wiederfinden, die ein hohes Ertragspotenzial bei mechanisierter Bearbeitung und Ernte an den Tag legen. So nahmen in Deutschland im Jahr 1999 lediglich 5 Fruchtarten 70% der Ackerfläche von 11,7 Mio ha ein. Auch innerhalb dieser Fruchtarten erscheint die genetische Diversität auf den ersten Blick begrenzt. Werden beispielsweise die aufgrund der in der beschreibenden Sortenliste für die Gerste angegebenen Vermehrungsflächen für zertifiziertes Saatgut als Schätzwert für die Anbauflächen herangezogen, dann nehmen bei der Wintergerste 15 Sorten 83% und bei der Sommergerste 11 Sorten 92% der fruchtartspezifischen Anbaufläche ein. Darüber hinaus ist zu berücksichtigen, dass ein Großteil dieser Sorten durch gemeinsame Vorfahren miteinander verbunden ist. Die

damit verbundene Abnahme der genetischen Diversität konnte mit Hilfe der DNA-Fingerprintanalyse ausgewählter Gerstensorten quantifiziert werden. Herkünfte, welche im Zeitraum zwischen 1884 und 1958 (Epoche I) zugelassen wurden, zeigten gegenüber solchen Sorten, welche im Zeitraum von 1985 bis 1998 (Epoche II) auf den Markt kamen, eine um 20% erhöhte genetische Diversität (RUSSELL et al. 2000,

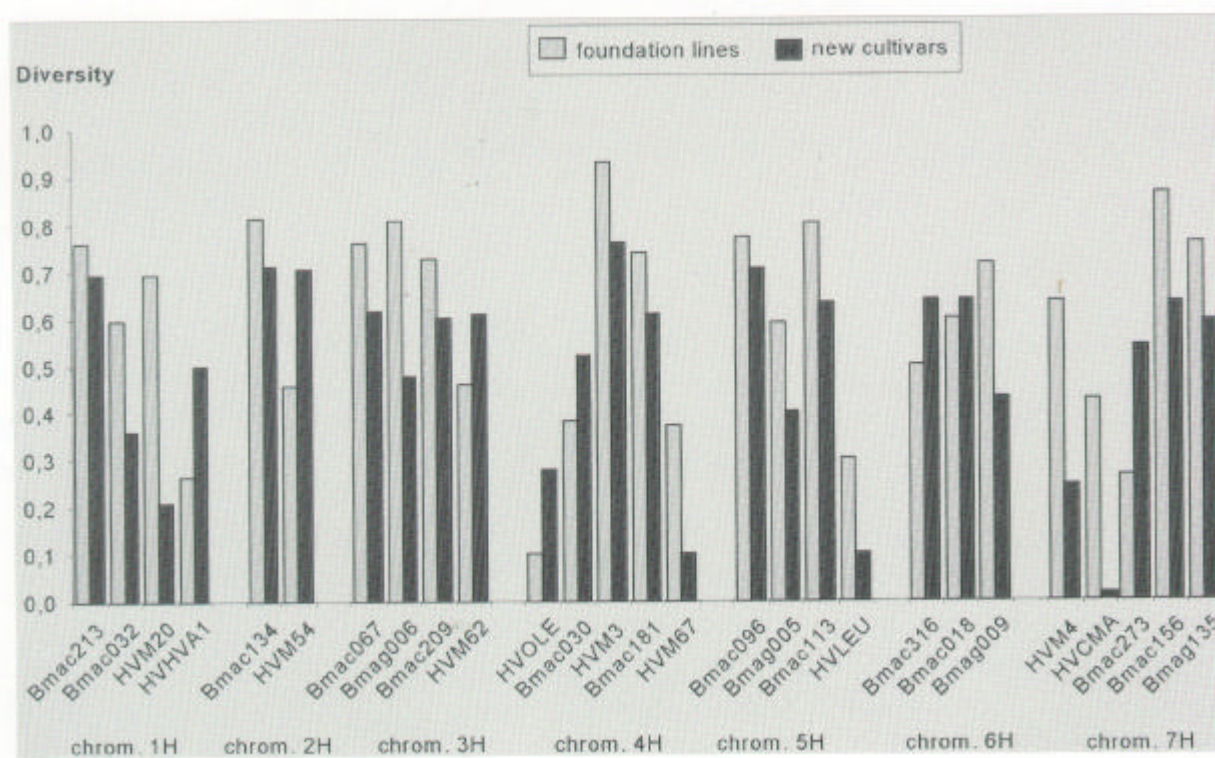


Abb. 1: Zeitlicher Verlauf der genetischen Diversität bei Gerste basierend auf der Analyse mit 27 Mikrosatellitenmarkern. Die relativen Diversitätswerte an den einzelnen Markerloci sind für jeweils einen Satz von 19 Ursprungsorten (helle Balken) und 19 modernen Sorten (dunkle Balken) dargestellt (nach RUSSELL et al. 2000)

Fig. 1: Time course of genetic diversity in barley cultivars based on the analysis of 27 microsatellite markers. Relative diversity scores at individual marker loci are shown for a set of 19 foundation cultivars (white bars) and 19 modern varieties (dark bars), respectively (according to RUSSELL et al. 2000)

Eine genaue Analyse der Daten zeigte weiters, dass eine Abnahme der genetischen Diversität auf Verschiebungen von Allelfrequenzen beruht. Darüber hinaus wurde das Verschwinden von Marker-Allelen aus den alten Sorten der Epoche I (78, 37%) sowie das Auftreten einer Reihe neuer Marker-Allele (23, 11%) im Material der Epoche II beobachtet. Neue Allele stammen in der Regel aus Wild- und Primitivformen, welche zur Einlagerungen von Resistenzgenen herangezogen wurden. Die Hauptursache für den Verlust an genetischer Diversität ist in der züchterischen Selektion zu suchen. Hierbei wurden, ähnlich wie während der ursprünglichen Domestikation, agronomisch nachteilige Allele aus der Population entfernt (purifying selection, ALLARD 1996). Darüber hinaus wurden günstige Multilocus-Kombinationen selektiert, welche sich, besonders im Hinblick auf komplex vererbte Merkmale wie Ertrag oder Qualitätseigenschaften durchsetzen konnten (FISCHBECK 1992). Zweifelsohne gewähren die o.a. Zahlen Einblick in einen möglicherweise noch weiter fortschreitenden Prozess der genetischen Erosion und es ist zu vermuten, dass sich die Situation bei anderen Hauptfruchtarten vergleichbar darstellt. Für eine Quantifizierung, analog zu dem o.a. Beispiel bei Gerste, fehlen jedoch zum gegenwärtigen Zeitpunkt aussagekräftige Markerdaten.

Für eine ökologische Bewertung der landwirtschaftlichen Artenvielfalt ist zu berücksichtigen, dass landwirtschaftlich genutzte Flächen zu keinem Zeitpunkt intakte Ökosysteme *sensu stricto* darstellten, da die natürlichen Stoffkreisläufe in Agrobiosystemen z.B. durch den einseitigen Entzug von Nährstoffen oder den vielfältigen Einsatz fossiler Energieträger nicht ausgeglichen sind. Die heutige Kulturlandschaft wurde durch den Menschen geschaffen und keine der zehn wichtigsten nördlich der Alpen angebauten Kulturarten weist hier ihr natürliches Verbreitungsgebiet auf. Ein Basiswert für das natürliche Ausmaß an Artenvielfalt und genetischer Diversität einer Kulturlandschaft lässt sich daher aus historischen Daten nicht ermitteln und es stellt sich die Frage, welcher Sollwert angestrebt werden soll.

Interspezifische Diversität

Pflanzenzüchtung beruht auf der Erzeugung genetischer Variabilität und der anschließenden Selektion geeigneter Genotypen. Die Landwirtschaft hängt somit direkt von genetischen Ressourcen als Grundlage zur Sortenzüchtung ab. Sie selbst ist jedoch nicht in der Lage, die Artenvielfalt auf inter- und infraspezifischer Ebene zu erhalten. Diese „Subsistenzlücke“ wird durch die Sammlung und Erhaltung von Kulturpflanzen und deren verwandter Wildarten in Genbanken geschlossen. *Ex situ* Genbanken halten weltweit mehr als 6 Millionen Pflanzenmuster. Rund 30% dieses Bestands befinden sich in Europa. Der Beitrag der Genbanken zur Erhaltung der Artenvielfalt und der genetischen Diversität beschränkt sich in erster Linie auf die Sicherung der genetischen Ressourcen und ihre Bereitstellung. Dies bedeutet zum einen, dass möglichst viele der nach HAMMER (1998) geschätzten 7.000 Kulturpflanzenarten erfasst und erhalten werden

müssen. Darüber hinaus ist es aber auch erforderlich, die infraspezifische Diversität ausreichend zu erfassen. Da diese aufgrund begrenzter Ressourcen nicht für jede Kulturart gleichermaßen abgedeckt werden kann, konzentrieren sich die *Ex-situ*-Erhaltungsaktivitäten in erster Linie auf wirtschaftlich wichtige Arten.

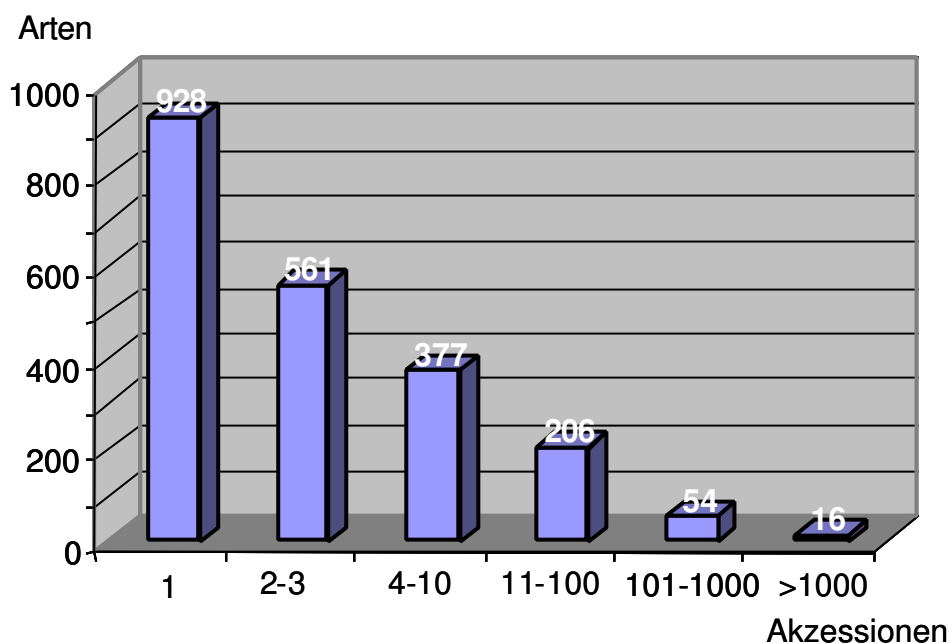


Abb. 2: Struktur des IPK-Genbanksortiments. 15% der 2.142 Arten sind durch jeweils mehr als 11 Akzessionen repräsentiert

Fig. 2: Structure of the IPK-Genebank collection. 15% of the 2.142 species are represented by more than 11 accessions

Die Kulturpflanzensammlung des IPK Gatersleben weist mit über 2.100 Arten aus 600 Gattungen eine für *Ex-situ*-Genbanken überdurchschnittliche Vielfalt auf. Die einzelnen Sortimente umfassen zum gegenwärtigen Zeitpunkt insgesamt 102.325 Akzessionen. Der Umfang der einzelnen Sortimente und Artengruppen richtet sich stark nach der landwirtschaftlichen Bedeutung der einzelnen Kulturarten und ihrem Erhaltungsaufwand. Daher überrascht es nicht, dass Weizen und Gerste die größten Sortimente der Kulturpflanzenbank darstellen. Demgegenüber erfordern fremdbefruchtende und/oder mehrjährige Arten einen erhöhten Erhaltungsaufwand. Besonders arbeitsintensiv ist die Erhaltung der 7.000 vegetativ zu vermehrenden Akzessionen, die entweder durch Feldanbau oder mit Hilfe von *In-vitro*-Kultur durchgeführt wird. Diese Differenzierung spiegelt sich auch in der Struktur der Sammlung wider: 86% der in der Gaterslebener Sammlung enthaltenen Arten sind durch weniger als 11 Akzessionen repräsentiert (Abb. 2). Hierbei handelt es sich vielfach um Arten, die an unser Klima nicht angepasst sind und die daher nur unter Gewächshausbedingungen reproduziert werden können oder um Arten, die in Mitteleuropa züchterisch bisher nicht bearbeitet wurden.

Tab. 1: Sortimentsumfänge wichtiger Kulturarten

Tab. 1: Selected collections of important crop species

Art	Bestand	Anbaufläche*
<i>Triticum aestivum</i>	12.238	2.597
<i>Hordeum vulgare</i>	11.711	2.212
<i>Zea mays</i>	1.338	1.560
<i>Brassica napus</i>	793	1.201
<i>Secale cereale</i>	1.682	747
<i>Beta vulgaris</i>	361	488
<i>Triticosecale</i>	1.071	387
<i>Solanum tuberosum</i>	2.136	302
<i>Avena sativa</i>	2.090	267
<i>Pisum sativum</i>	3.103	164

* Deutschland 1999, in 1.000 ha, Quelle: Beschreibende Sortenliste

Intraspezifische Diversität

Welchen Beitrag können genetische Ressourcen für die Sicherung unserer Ernährung, die nachhaltige Nutzung unserer Kulturlandschaft und die Erhaltung der Natur leisten? In Anbetracht des hohen Leistungsstands aktueller Sorten würde die direkte Nutzung genetischer Ressourcen z.B. in Form des Anbaus alter Landrassen unter den gegenwärtigen Produktionsbedingungen zu starken Mindererträgen führen. Stehen jedoch definierte Eigenschaften, wie z.B. Krankheitsresistenzen im Zentrum des Interesses leisten Landrassen und in neuerer Zeit vor allem Wildformen einen wichtigen Beitrag zur züchterischen Verbesserung der Kulturpflanzen. Voraussetzung hierfür ist die systematische Evaluierung auf Merkmalsebene. Die Grundlage hierfür stellen umfangreiche Sortimente dar, in welchen sich ein hohes Maß der intraspezifischen Diversität wiederfindet (Tab. 1).

Dies ist nicht zuletzt durch den großen Umfang (20%) an original Sammelmaterial am Gesamtbestand der IPK-Genbank gewährleistet (GÄDE 1998).

Aufgrund der ständigen Anpassung pilzlicher Pathogene an vorhandene Resistenzen geht der Vorrat an gegen bestimmte Krankheitserreger brauchbaren Majorresistenzgenen in verschiedenen Kulturarten zur Neige. So konnten trotz umfangreicher Evaluierungsprogramme im Genpool der Kulturgerste in jüngerer Zeit keine wirksamen Resistenzgene gegen den Mehltau (*Erysiphe graminis*) und den Zwergrost (*Puccinia hordei*) identifiziert werden. Dementsprechend kommt bei der Suche nach neuen Resistenzen den Wildformen und Wildarten eine besondere Bedeutung zu, da diese ein bisher weitgehend ungenutztes Allelreservoir beherbergen (WALTHER et al. 1999). Die anschließende Einlagerung entsprechender Resistenzen aus der Wild- in die Kulturform

kann zeitsparend mit Hilfe der markergestützten Selektion erfolgen (GRANER et al. 2000).

Während für die Schaffung nutzbarer Diversität bei der Gerste vor allem Wildformen aus dem primären Genpool von Interesse sind, erstrecken sich die Arbeiten beim allopolyploiden Weizen auch auf eine Reihe von Arten aus dem sekundären Genpool. Aus diesem verfügt die IPK-Genbank gegenwärtig über insgesamt 1.241 Akzessionen aus 23 Arten der Gattung *Aegilops*. Darin enthalten sind viele Arten, in welchen Resistenz gegen den Schwarzrost, Braunrost, Gelbrost, Mehltau und die Halmbrechkrankheit nachgewiesen wurde (ZELLER 1998, Tab. 2).

Ohne Zweifel stellt der Wert einer genetischen Ressource für die Pflanzenzüchtung eine Funktion der über sie verfügbaren Information dar. Entsprechende Daten lassen sich im Zuge von Evaluierungsprogrammen verhältnismäßig einfach nutzen, wenn der Wert der Akzession aus ihrer *per se* Leistung abgeleitet werden kann, wie es z.B. im Fall von Krankheitsresistenzen der Fall ist. Schwieriger ist die Lage bei der Bewertung quantitativer Eigenschaften. Auch hier kann davon ausgegangen werden, dass die Genome von Wildformen in vielen Fällen positive Allele enthalten. Dies spiegelt sich jedoch nicht in der Eigenleistung (z.B. Ertrag) wider, da diese durch eine Vielzahl zusätzlich vorhandener, negativ wirkender Allele in der Regel nur unzureichend ist. Darüber hinaus erfordert die Einkreuzung von Wildformen langwierige Rückkreuzungsprogramme. Beide Faktoren standen bisher einer systematischen Nutzung von Wildformen in der Pflanzenzüchtung weitgehend im Weg. Heute bieten markergestützte Verfahren die Möglichkeit, quantitativ wirksame Allele in Wildformen zu identifizieren und innerhalb weniger Rückkreuzungsgenerationen in Zuchtlinien einzulagern (TANKSLEY und MC COUCH, 1997).

Der vermehrte Rückgriff auf Wildarten zur Identifizierung neuer, wirksamer Resistenzgene oder quantitativer Merkmalskomponenten weist deren Erhaltung in Genbanken eine zentrale Bedeutung zu. Unter Berücksichtigung der durch markergestützte Züchtungsverfahren möglichen Fortschritte bei der gezielten Einlagerung definierter Chromosomensegmente in jeden erwünschten genetischen Hintergrund, könnte sich der Schwerpunkt der *Ex-situ*-Konservierung vieler Kulturarten von dem Erhalt günstiger Allelkombinationen in einem Genotyp (= angepasste Sorte) zur möglichst umfassenden Erfassung einzelner Allele durch die Ausweitung von Wildkollektionen verschieben. In diesem Zusammenhang ist es von großer Bedeutung, den künftigen Zugang zu den Diversitätszentren sowie den dort angesiedelten nationalen und internationalen Genbanken zu sichern.

Tab. 2: Resistenzträger aus dem sekundären Genpool des Weizens (nach Zeller 1998)

Tab. 2: Sources of disease resistance from the secondary gene pool of wheat (according to Zeller 1998)

Art	Bestand	<i>Puccinia recondita</i>	<i>Puccinia striiformis</i>	<i>Puccinia graminis</i>	<i>Erysiphe graminis</i>	<i>Pseudocercospora sp</i>	<i>Heterodera avenae</i>
<i>Aegilops triuncialis</i>	191						+
<i>Aegilops tauschii</i>	169	+	+	+	+	+	+
<i>Aegilops cylindrica</i>	90	+		+			
<i>Aegilops speltoides</i>	76	+		+	+		
<i>Aegilops ventricosa</i>	46	+	+		+	+	+
<i>Aegilops longissima</i>	40			+	+		
<i>Aegilops umbellulata</i>	26	+					
<i>Aegilops columnaris</i>	11		+				
<i>Aegilops kotschyi</i>	9				+		
<i>Aegilops mutica</i>	8				+		
<i>Aegilops uniaristata</i>	5	+		+			
<i>Triticum monococcum</i>	148	+		+	+	+	
<i>Triticum turgidum</i>	135	+	+	+	+		
<i>Triticum urartu</i>	53	+					
<i>Triticum timopheevii</i>	15	+		+	+		
<i>Secale cereale</i>	1682	+	+	+	+		+

Ausblick

Angesichts der weltweiten Bevölkerungsentwicklung wird um das Jahr 2020 die 8-Milliarden Grenze überschritten sein. Darüber hinaus wird der Nahrungsmittelproduktion langfristig durch den Anbau nachwachsender Rohstoffe Konkurrenz erwachsen. Für die Industrieländer zeichnet sich ein Rückgang beim Einsatz chemischer Pflanzenschutzmittel ab. Drohende Ertragsverluste müssen durch pflanzenzüchterische und durch anbautechnische Maßnahmen ausgeglichen werden. Zukünftige Klimaänderungen werden unter Umständen sehr schnell erfolgen und können, auch in den gemäßigten Regionen, dramatische Auswirkungen auf die Leistungsfähigkeit der im Anbau befindlichen Kulturpflanzen nach sich ziehen.

Inwieweit solchen Veränderungen durch eine Veränderung des Kulturartenspektrums oder durch die verbesserte Nutzung des genetischen Potenzials auf intraspezifischer Ebene zu begegnen ist, bleibt abzuwarten. In beiden Fällen stellen *Ex-situ*-Genbanken die entscheidende Schnittstelle zur züchterischen Nutzung pflanzengenetischer Ressourcen dar. Ihnen fällt die Aufgabe zu, ausreichend genetische Vielfalt zu bevorraten, um das gesamte Anpassungsspektrum innerhalb einer Kulturart und deren verwandter

Wildarten nutzen zu können. Aufgrund ihres großen Artenreichtums ermöglicht die Gaterslebener Sammlung die züchterische Bearbeitung von gegenwärtig unbedeutenden Pflanzenarten und bietet somit die Voraussetzung dafür, deren Anbau in Zukunft attraktiver zu gestalten.

Damit *Ex-situ*-Genbanken ihren umfangreichen Aufgaben ausreichend gerecht werden können, bedürfen die Sortimente einer stetigen Weiterentwicklung. Eine systematische Inwertsetzung genetischer Ressourcen erfordert auch in Zukunft umfangreiche Aktivitäten zur weiteren Vervollständigung der Sammlungen und den Abgleich sowie die Sicherung der Bestände auf internationaler Ebene. Parallel hierzu muss jedoch auch die weitere Erforschung genetischer Grundlagen erfolgen, um das in den Genbanken lagernde Kapital in Zukunft möglichst gezielt nutzen zu können.

Literatur

- ALLARD, R.W. (1996): Genetic basis of the evolution of adaptedness in plants. *Euphytica* **92**, 1-11.
- FISCHBECK, G. (1992): Barley cultivar development in Europe - success in the past and possible changes in the future. In: Barley Genetics VI, Munk, L. (ed.), Mungaard Intl., Copenhagen, pp. 885-901.
- GÄDE, H.H. (1998): Die Kulturpflanzenbank Gatersleben, Ruth Gerig Verlag, Quedlinburg, 365 S.
- GRANER, A., W. MICHALEK and S. STRENG (2000): Molecular Mapping of Genes Confering Resistance to Viral and Fungal Pathogens. 8th International Barley Genetics Symposium, Vol. I, invited papers (S. Logue, ed.) Dept. of Plant Science, Waite Campus, Adelaide University, Glen Osmond, 5064, Australia, pp. 45-52.
- HAMMER, K. (1998): Agrarbioidiversität und pflanzengenetische Ressourcen – Herausforderung und Lösungsansatz. *Schriften zu Genetischen Ressourcen* **10**, 1-98.
- RUSSELL, J.R., R.P. ELLIS, W.T.B. THOMAS, R. WAUGH, J. PROVAN, A. BOOTH, J. FULLER, P. LAWRENCE, G. YOUNG and W. POWELL (2000): A retrospective analysis of spring barley germplasm development from 'foundation genotypes' to currently successful cultivars. *Mol. Breed.* **6**, 553-568.
- TANKSLEY, S.D. and S.R. MCCOUCH (1997): Seed banks and molecular maps: unlocking genetic potential from the wild. *Science* **277**, 1063-1066.
- TREWAVAS, A.J. (2001): The population/biodiversity paradox. Agricultural efficiency to save wilderness. *Plant Physiology* **125**, 174-179.
- WALTHER, U., D. KOPAHNKE, A. HABEKUSS, R. SCHLIEPHAKE und G. PROESELER (1999): Aussichten der Nutzung von Wild- und Primitivformen der Gerste in der Resistenzzüchtung. *Votr. Pflanzenzüchtg.* **46**, 30-44.
- ZELLER, F.J. (1998): Genetische Ressourcen von Wildpflanzen beleben die Kulturpflanzenzüchtung. *Biologie in unserer Zeit* **28**, 371-380.

Danksagung

Der Autor dankt Dr. Helmut Knüpffer für die Unterstützung bei der Bereitstellung von Sammlungsdaten.

Unterscheidungsmerkmale der diploiden Weizenarten

Distinctive features characters of diploid wheat species

ANNA FILATENKO¹, MICHAEL GRAU², HELMUT KNÜPFER² und KARL HAMMER³

Zusammenfassung

Die umfangreiche Sammlung diploider Weizen der Genbank des IPK Gatersleben mit fast 500 Akzessionen wurde untersucht, um neue morphologische Unterscheidungsmerkmale zwischen den Arten zu finden. Besonders in größeren Sammlungen ist es wichtig, über sichere Unterscheidungskriterien zwischen *Triticum urartu*, *T. baеoticum* und *T. monococcum* zu verfügen. Die neu gefundenen Unterscheidungsmerkmale sind in einer Tabelle zusammengestellt.

Summary

*The large collection of diploid wheats of the genebank of IPK Gatersleben, comprising almost 500 accessions, has been investigated with the aim to find new morphological characters for the discrimination of the species. Especially in large collections it is important to have good criteria to distinguish between accessions of *Triticum urartu*, *T. baеoticum* and *T. monococcum*. The newly found discriminating characters are summarised in a table.*

Einleitung

Nach Angaben der „Germplasm Holdings Database“ (IPGRI 2000) gibt es weltweit über 710.000 Weizen-Akzessionen in Genbanken, darunter etwa 8.100 der kultivier-

¹ Institut für Pflanzenbau “N. I. VAVILOV”,
Bolshaya Morskaya Str. 42-44,
190 000 St. Petersburg, Russland

² Institut für Pflanzengenetik und Kulturpflanzenforschung (IPK)
Abt. Genbank
Corrensstr. 3
D-06466 Gatersleben

³ Universität Gh Kassel (GhK)
Institut für Nutzpflanzenkunde Witzenhausen
Fachgebiet Agrarbiодiversität
Steinstr. 19
D-37213 Witzenhausen

ten und wilden diploiden Arten (Tab. 1). Eine Orientierung in dieser Formenvielfalt ist nur dann möglich, wenn eine Klassifikation existiert, die auf der Diversität der Arten im gesamten Verbreitungsgebiet beruht, und die eine möglichst große Zahl von Merkmalen berücksichtigt. Auf diese Weise kann die Struktur einer jeden Art herausgearbeitet, und ihre Grenzen und ihr optimaler Umfang festgelegt werden.

Bislang sind die botanisch-geographischen Gesetzmäßigkeiten der Diversität der diploiden Weizenarten *Triticum urartu* Thum. ex Gandil., *T. baeoticum* Boiss. und *T. monococcum* L. noch nicht ausreichend untersucht worden. Hieraus erklärt sich, dass es keine einheitliche Auffassung über den Status dieser Arten gibt.

Tab. 1: Genbanksammlungen diploider Weizenarten. Quelle: IPGRI-Datenbank (IPGRI 2001), aktualisiert anhand von Online-Datenbanken einiger Institutionen. Die Angaben für das IPK schließen 184 im Rahmen der vorliegenden Arbeit neu bestimmte Akzessionen mit ein.

Tab. 1: Genebank collections of diploid wheat species. Source: IPGRI database (IPGRI 2001), updated according to the information from online databases of some institutions. The data for IPK include also 184 accessions newly determined in the frame of the present work.

Genbank	<i>T. urartu</i>	<i>T. monococcum</i>	<i>T. baeoticum</i>	Gesamt
Saskatoon, Kanada	163	284	1.180	1.627
USDA Aberdeen, USA	210	237	882	1.329
Riverside, USA	203	381	738	1.322
MPI Köln, BRD	44	193	796	1.033
IPK Gatersleben, BRD	85	173	215	473
Bari, Italien	139		318	457
BAZ Braunschweig, BRD	1	196	66	263
VIR St. Petersburg, Russland	44	109	93	246
EMBRAPA, Brasilien		196	27	223
Martonvasar, Ungarn	23	189	86	198
Winnipeg, Kanada		140		140
Bagdad, Irak			90	90
NGB Alnarp, Schweden		58	2	60
21 weitere Sammlungen	2 (1)	233 (18)	82 (10)	317
Gesamt Akzessionen (Sammlungen)	914 (10)	2.389 (29)	4.685 (22)	8.088 (34)

Tab. 2: Übersicht über das vorhandene Material der Genbank Gatersleben. Die Angaben schließen 184 im Rahmen der vorliegenden Arbeit neu bestimmte Akzessionen mit ein

Tab. 2: Overview of material of the Gatersleben genebank. The data for IPK include also 184 accessions newly determined in the frame of the present work.

Ursprungsland	<i>T. urartu</i>	<i>T. monococcum</i>	<i>T. baeoticum</i>	Gesamt
Albanien		40		40
Armenien	3		7	10
Aserbaidshan		1	4	5
Balkan		3		3
Bulgarien		8	1	9
Deutschland		5	1	5
Europa		39	4	43
Frankreich		1		1
Georgien		4		4
Griechenland		7	8	15
Großbritannien			1	1
Irak	1	1	52	54
Iran	2		9	11
Israel			1	1
Italien		6		6
Libanon	40		5	45
Marokko		2		2
Österreich		2		2
Portugal			1	1
Rumänien		8	1	9
Schweden		1		1
Schweiz		2		2
Spanien		5		5
Syrien	2	1		1
Türkei	33	30	87	150
ehem. UdSSR	3		6	9
(unbekannt)	1	6	27	34
gesamt	85	173	215	473

Material und Methoden

Untersucht wurden alle diploiden Akzessionen der Genbank des IPK sowie solche aus dem VIR St. Petersburg (88 *Triticum baeoticum*, 53 *T. urartu*, 146 *T. monococcum*) (Tab. 2). Da die Wildarten aus Vorderasien nicht ausreichend repräsentiert wa-

ren, wurden ca. 120 Akzessionen aus der USDA-Kollektion (überwiegend aus der Sammlung B. JOHNSONS) in die Untersuchung einbezogen, die anhand der GRIN-Datenbank (GRIN 2001) ausgewählt worden waren. Bei den Untersuchungen wurde VAVILOVS (1931) differenzielle Methode zur Systematik der Kulturpflanzen und ihrer verwandten Wildarten verwendet. Zahlreiches in den letzten Jahren gesammeltes Material (vgl. VALKOUN et al. 1998) muss noch in entsprechende Untersuchungen einbezogen werden.

Ergebnisse und Diskussion

Die an der Genbank des IPK durchgeführten Diversitätsuntersuchungen erlauben eine präzisere Beschreibung der diagnostischen Merkmale und eine Vergrößerung ihrer Anzahl.

Bisher wurden die wildwachsenden diploiden Weizenarten nach der Ausprägung des Kiel- und Seitenaderzahnes, der Antherenlänge sowie dem Typ der Blattspreitenbehaarung unterschieden. Dies ist, insbesondere bei der Arbeit mit umfangreichem Kollektionsmaterial, unzureichend.

Durch Untersuchung einer großen Merkmalsanzahl wurden solche Merkmalskomplexe ermittelt, die für alle Akzessionen aus dem gesamten Verbreitungsgebiet einer Art konstant sind. Merkmale des Blattes (Behaarungstyp, Bewimperung des Blattrandes, Öhrchenfarbe und -bewimperung, Blattspitzenform), der Nodien, der Ähre, der Ährchen, der Hüllspelzen u.a., gestatten es, die Arten in verschiedenen Entwicklungsstadien zu bestimmen.

Die Ähnlichkeit des Basalblattes (Öhrchenfarbe und -bewimperung, die kurze Behaarung oder ihr völliges Fehlen) aller diploider Weizen zeugt vom Vorhandensein gemeinsamer Vorfahren. Allerdings treten bei den Wildarten bereits im Jungpflanzenstadium xerophytische Blattmerkmale (geringere Größe der Blattspreite, starke Riefung, Kleinzelligkeit der Epidermis und der motorischen Zellen) im Vergleich mit der Kulturart *T. monococcum* auf (DOROFEEV und GRADCHANINOVA 1971). In der Entwicklungsstufe DC 25 erfolgt eine weitere Differenzierung der Arten nach dem Charakter der Behaarung: bei *T. baeoticum* erscheinen, neben der samtigen, gekrümmten kurzen Behaarung zusätzlich lange Härchen (1,2-1,6 mm), hauptsächlich entlang der Adern.

Bei *T. monococcum* fehlt die Blattbehaarung völlig oder das Blatt ist kurzzählig behaart und von vereinzelt kurzen zitzenförmigen Gebilden bedeckt. Jede Art behält den eigenen Behaarungstyp bis zur Entwicklung des Fahnenblattes bei, das eine geringere Behaarungsdichte aufweist.

Tab 3.: Vergleich der morphologischen Merkmale der diploiden Weizenarten.

Tab. 3: Comparison of morphological characters of diploid wheat species

Insgesamt lassen sich die Arten wie folgt unterscheiden:

T. monococcum trägt mesophytische Merkmale, die bei der allgemeinen Evolution der Gramineen ursprünglicher sind (mittlere oder fast fehlende Ährenbrüchigkeit, eine feine Granne je Ährchen, Spindelgliedbehaarung fehlend oder sehr schwach, schwächer ausgeprägter Kiel, Hüllspelzen schwach wulstig oder glatt, Blattspreiten weich und lang), im Vergleich zu den xerophytischen wilden Ursprungsarten sind sie jedoch abgeleitet.

T. baeoticum und *T. urartu*, als Xerophyten der trockenen Vorgebirge, weisen eine Verhärtung der mechanischen Halm- und Blattstrukturen sowie eine rigide Hüllspelze auf. Allerdings sind die xerophilen Merkmale bei *T. urartu* im Vergleich zu *T. baeoticum* etwas schwächer ausgeprägt: die weicheren und längeren Blätter mit samtiger Behaarung sind charakteristisch für Mesophyten. Möglicherweise erklärt dies die Besonderheit der Anordnung der Arten in einem Dendrogramm (KORZUN et al. 1998, HAMMER et al. 2000), das 76 diploide und polyploide Weizen Akzessionen umfasst, und das die genetische Diversität der diploiden Arten mit 25 Weizenmikrosatelliten widerspiegelt. Auch auf molekularem Niveau treten die Grenzen zwischen diesen Arten klar hervor, da jede Art einem eigenen Cluster entspricht.

Schlussfolgerungen

Jede der diploiden Weizenarten hat ihre eigenen Variabilitätsreihen. Dies zeugt, neben archäologischen Befunden, von ihrer bereits frühzeitig erfolgten Speziation. Solche natürlichen Gruppierungen verdienen eine eigene Artbezeichnung, deren Verwendung außerdem die Arbeit mit Sammlungen pflanzengenetischer Ressourcen und andere wissenschaftliche Untersuchungen, beispielsweise in der Biodiversitätsforschung, deutlich erleichtert.

Danksagung

Die Arbeiten von A. FILATENKO wurden im Rahmen des vom BML finanzierten Programms der Zusammenarbeit zwischen der Russischen Föderation und der Bundesrepublik Deutschland auf dem Gebiet der Agrarforschung durchgeführt.

Literatur

- DOROFEEV, V. and O. GRADCHANINOVA (1971): Anatomical studies in the stem and leaf of the wheat. *Tr. prikl. bot., genet. i sel.* **44** (1), 57-75.
- GRIN (2001): Database, Genetic Resources Information Network, USDA, <http://www.ars-grin.gov/npgs/searchgrin.html>.
- HAMMER, K., A. A. FILATENKO and V. KORZUN (2000): Microsatellite markers - a new tool for distinguishing diploid wheat species. - *Genet. Resour. Crop Evol.* **47**, 497-505.
- IPGRI (2001): 'Germplasm Holdings Database', <http://www.ipgri.cgiar.org/>, Januar 2001.
- KORZUN, V., M. RÖDER, M. GANAL, K. HAMMER and A. FILATENKO (1998): Genetic diversity and evolution of the diploid wheats *T. urartu*, *T. boeoticum* and *T. monococcum* revealed by microsatellite markers. - *Schr. Genet. Ressourcen* **8**, 244-247.
- VALKOUN, J., J. GILES WAINES and J. KONOPKA (1998): Current geographical distribution and habitat of wild wheats and barley. - In: A. B. DAMANIA, J. VALKOUN, G. WILLCOX & C. O. QUALSET (eds.), *The Origin of Agriculture and Crop Domestication*, ICARDA, Aleppo, Syria, pp. 293-299.
- VAVILOV, N. I. (1931): The Linnean species as a system. *Tr. prikl. bot., genet. i sel.* **26**(3), 109-134.
- VIR (2001): Akessionsdatenbank des Vavilov-Institutes St. Petersburg unter: <http://www.genres.de/vir/>.

Tab 3.: Vergleich der morphologischen Merkmale der diploiden Weizenarten.

Tab. 3: Comparison of morphological characters of diploid wheat species

Organ	Merkmal	<i>Triticum urartu</i>	<i>Triticum monococcum</i>	<i>Triticum baеoticum</i>
Ähre	Länge	6-12 cm	6-12 cm	6-12 cm
	Ahrchenzahl	16-29	25-28	16-30
	Spindelbrüchigkeit	stark, über die gesamte Ähre	schwach bis mittel	stark
	Spindelgliedlänge	3,5-4 (5) mm	2-3 mm	(3) 4-5 mm
	Spindelgliedbehaarung	s. stark, stark	fehlend, sehr schwach, schwach	stark bis sehr stark
	Grannen je Ährchen	2 (gespreizt)	1	1-2 (parallel)
	Antherenlänge	3-4 mm	5-6 mm	6-7 mm
Hüllspelze	Länge des Kielzahns	1,3-3,0 mm	1,0-1,3 mm	1,0-2,5 mm
	Länge des seitlichen Aderzahns	0,2-0,5 (1) mm	0,2-0,5 mm	0,3-1,0 (1,5) mm
Fahnenblatt-spreite	Länge	(6) 12-18 cm; (kurz) mittel, lang	7-18 cm; kurz, lang	5-13 cm; sehr kurz bis mittellang
	Breite	6-11 mm; schmal, mittel	7-14 mm; schmal bis breit	4-9 mm; sehr schmal bis mittelbreit
	Behaarung	samtig	kurzzählig	2 Haartypen; samtige, kurze und zusätzlich lange Härchen
	Haardichte	mitteldicht	(fehlend) sehr gering	gering, mitteldicht, dicht
	Haarlänge	0,05-0,1; 0,3 mm	0,03-0,06 mm	(0,01) 0,03-1,0 (1,6) mm
	Öhrchenfarbe	blassgrün	blassgrün	blassgrün, grünviolett, violett
	Wimpern	keine	fehlend oder lang	mittellang und sehr lang
oberer Knoten	Form	zylindrisch, schwach konvex	kugelförmig	zylindrisch bis schwach konvex
	Länge	1-3 mm	1,5- 4,0 mm	2,0 bis 6,0 (8,0) mm
	Dichte der Behaarung	mittel oder stark	gering bis mittel	gering bis stark
	Haarlänge	gleichmäßig sehr kurz bis gleichmäßig mittel	gleichmäßig, sehr kurz bis kurz	lang, oben länger als unten
	Farbe des Knotens	grün	grün, braun	braun, grün, violett
	Farbring unter dem Knoten	schwach ausgeprägt	schwach oder gut ausgeprägt	vorhanden
	Farbe des Farbrings	fehlend oder hellbraun	braun	violett, braun
Basalknoten	Form	schwach konvex bis zylindrisch	kugelförmig	schwach konvex bis kugelförmig
Basalblatt	Form der Spitze (DC 11)	länglich spitz	stumpf	länglich spitz bis zugespitzt
Wuchsform	(DC 50-59)	liegend, halbliegend, mittel, halbaufrecht	aufrecht	liegend, halbliegend, kniend, selten mittel, halbaufrecht, aufrecht
	(DC 25)	liegend, halbliegend, mittel, halbaufrecht, aufrecht	halbaufrecht, mittel	liegend, halbliegend, aufrecht, halbaufrecht

Die Verbreitung von *Aegilops*-Arten auf 37 Inseln der Ägäis

The distribution of Aegilops species on 37 Aegean islands

VEIT SCHUBERT und ANKE SCHUBERT¹

Zusammenfassung

Im Verlauf von drei Sammelreisen in den Jahren 1995 bis 1997 wurde die Verbreitung von *Aegilops*-Arten auf 17 Inseln der Kykladen, Ostkreta und 18 Inseln der Dodekanes untersucht. Acht verschiedene *Aegilops*-Arten wurden gefunden: *Aegilops biuncialis* Vis. (auf 35 Inseln), *Ae. markgrafii* (Greuter) Hammer (auf 26 Inseln), *Ae. triuncialis* L. (auf 15 Inseln), *Ae. umbellulata* Zhuk. (auf neun Inseln), *Ae. comosa* Sm. in Sibth und Sm. (auf sieben Inseln), *Ae. peregrina* Maire et Weiller (auf sechs Inseln), *Ae. geniculata* Roth (auf fünf Inseln) and *Ae. neglecta* Req. ex Bertol. (nur auf Samos). Mit Ausnahme von *Aegilops biuncialis* Vis., diese Art trat auf fast sämtlichen Inseln auf, zeigten die Arten eine spezifische Verbreitung. In 49 Fällen wurden die *Aegilops*-Arten erstmals auf der entsprechenden Insel nachgewiesen. In 55 Fällen konnten die Literaturergebnisse bestätigt werden, jedoch nicht in 40 Fällen. Die Ergebnisse zeigen, dass es die Konzentration auf eine bestimmte Gattung erlaubt, sogar in einem solch gut untersuchten Gebiet wie der Ägäis, die chorologische Beschreibung einer Art deutlich zu verbessern. Das differenzierte Auftreten von *Aegilops*-Arten auf eng benachbarten Inseln verdeutlicht eine effektive Isolation durch Inselbildung.

Summary

During three collecting missions from 1995 to 1997 the distribution of Aegilops species has been investigated on 17 islands of the Cyclades, East Crete and 18 islands of the Dodekanese. Eight different Aegilops species were found: Aegilops biuncialis Vis. (on 35 islands), Ae. markgrafii (GREUTER) HAMMER (on 26 islands), Ae. triuncialis L. (on 15 islands), Ae. umbellulata Zhuk. (on nine islands), Ae. comosa Sm. in Sibth und Sm. (on seven islands), Ae. peregrina Maire et Weiller (on six islands), Ae. geniculata Roth (on five islands) and Ae. neglecta Req. ex Bertol. (only on Samos). With exception of Aegilops biuncialis Vis. which occurred on nearly all islands the species showed an island specific distribution. In 49 cases Aegilops species were proved for the first time on the respective islands. In 55 cases literature results could be confirmed, but not in 40 cases. The results show, that the concentration on a spe-

¹ Dr. Schubert Pflanzenzucht (DSP)
August-Bebel-Str. 1
D-06188 Schwerz

cific genus allows to improve considerably the chorological description of a species also in such a well investigated area like the Aegean. The differential occurrence of Aegilops species on tightly neighboured islands indicates the effectiveness of the isolation by island formation.

Einleitung

Inseln sind ausgezeichnete Objekte zur Untersuchung der Biodiversität (ADSERSEN 1995; ELIASSON 1995). Häufig tritt auf Inseln eine sehr schnelle Evolution von Immigranten ein, die zu hoher Variabilität zwischen den Inseln und zu Endemismus führt. Verstärkt auftretende Fremdbefruchtungsraten und damit verbunden erhöhte Hybridisierungsfrequenzen ermöglichen eine schnelle Zirkulation von genetischem Material innerhalb kleiner Populationen auf eng begrenzten Arealen (CARLQUIST 1974).

Arten der Gattung *Aegilops* bilden ein wertvolles Genreservoir zur züchterischen Verbesserung kultivierter Weizen (vgl. HAMMER 1980). Das natürliche Verbreitungsgebiet dieser Arten beinhaltet u.a. die griechische Ägäis (EIG 1936). Das Gebiet ist von besonderem Interesse für die Evolution der Gattung, da es sich durch hohe Variabilität auszeichnet. Der Kenntnisstand zur Chorologie von Triticeae-Arten ist vergleichsweise gering, obwohl dieses Gebiet in der Vergangenheit intensiven botanischen Untersuchungen unterzogen wurde.

RECHINGER (1943a) listet bereits 135 verschiedene Sammelreisende für die Ägäis. Erste Untersuchungen von P. BELON (1548) und O. BELLI (1594-96) konzentrierten sich auf Kreta. Weitere Reisen folgten dann erst im 18. Jahrhundert durch J. P. TOURNEFORT (1700: Kreta und die Kykladen; 1702: Samos), P. FORSSKAL (1761: Rodos) und J. SIBTHORP (1775-94: Kreta und Dodekanes). Eine intensive botanische Sammeltätigkeit setzte im 19. Jahrhundert ein und reicht bis in die Mitte des 20. Jahrhunderts. Besonders umfassende chorologische Forschungen wurden durch K. H. RECHINGER auf der Basis von neun Reisen im Zeitraum von 1927 bis 1958 realisiert (RECHINGER 1950; RECHINGER 1961). Es schlossen sich in den folgenden Jahren Untersuchungen von RUNEMARK et al. (1960) und GREUTER (1979) an. Inseln der östlichen Ägäis wurden in neuerer Zeit im Zusammenhang mit botanischen Untersuchungen in der Türkei erfasst (DAVIS et al. 1985). Verstärkte Aufmerksamkeit wurde den griechischen Gebirgsregionen sowohl des Festlandes als auch der Inseln gewidmet, da hier erwartungsgemäß eine besonders hohe Variabilität auftritt. Umfassende Informationen hierzu findet man bereits in Hayek's „Prodromus Florae Peninsulae Balcanicae“ (HAYEK 1924-33). Eine kritische Neubearbeitung der griechischen Gebirgsflora wurde von STRID (1989) vorgelegt. Neben diesen allgemeinen floristischen Werken erschienen in der jüngeren Vergangenheit Publikationen, die sich auf einzelne Inseln oder Inselgruppen der Ägäis konzentrierten, wobei eine allgemeine Erfassung der Florenelemente erfolgte. Beispiele hierfür sind neben Kreta und Kar-

pathos (JAHN AND SCHÖNFELDER 1995; SFIKAS 1995; TURLAND et al. 1993), Euboea (RECHINGER 1961), Levkas (HOFMANN 1968), Ikaria (CHRISTODOULAKIS 1996), Gavdos (BREGMEIER et al. 1997) und die Sporaden (PHITOS 1967). Dagegen gibt es aber auch Arbeiten, die detailliert einzelne Gattungen und Gattungsgruppen im Verbreitungsgebiet behandeln. So konnte STRID (1970) weitreichende taxonomische und evolutionäre Schlussfolgerungen aus gezielten Kreuzungsexperimenten, morphologischen und cytogenetischen Analysen bei *Nigella* ziehen. PHITOS (1964) konzentrierte sich auf *Campanula*-Arten. Der Gattung *Aegilops* wurde besondere Aufmerksamkeit im Verlauf der wissenschaftlichen Expedition der Universität Kyoto in das südwestliche Eurasien gewidmet, wobei die großen Inseln Kreta, Rhodos, Samos und Lesbos besucht wurden (OHTA 1995). SCHOLZ (1989) analysierte Poaceae-Arten von Rhodos und Symi.

Besonders wenige Informationen liegen jedoch für die kleineren ägäischen Inseln vor, die daher zusätzlich in die eigenen Sammelreisen in der südlichen und südöstlichen Ägäis einbezogen wurden.

Die eigenen Forschungsreisen

In drei aufeinander folgenden Sammelreisen von 1995 bis 1997 wurden 17 Inseln der Kykladen (23.06. bis 21.07.1995), Ostkreta mit der eng benachbarten Insel Chrissi (07.07. bis 14.07.1996) und 18 Inseln der Dodekanes (25.06. bis 23.07.1997) bereist. Dabei wurde versucht, möglichst viele verschiedene Regionen der Inseln aufzusuchen, um eine repräsentative chorologische Beschreibung von *Aegilops*-Arten zu erzielen.

Ergebnisse und Schlussfolgerungen

Insgesamt wurden acht verschiedene *Aegilops*-Arten nachgewiesen (Tab. 1), wobei die Variabilität auf den Dodekanes deutlich höher als auf den Kykladen war. Häufig ist zu beobachten, dass auf Inseln die Anzahl von Arten und ihre Variabilität von der Inselgröße und der Entfernung der Inseln zum Ursprungsgebiet dieser Arten abhängt (VAN BALGOOY 1969). Die Nähe des türkischen Festlandes verursacht offensichtlich die höhere Variabilität auf den Dodekanes. Erstaunlicherweise konnten auf Ostkreta nur drei Arten gefunden werden, obwohl in der Literatur für die gesamte Insel neun Arten beschrieben sind. Ob diese hohe Vielfalt möglicherweise für Westkreta zutreffend ist, bleibt zu prüfen. In 49 Fällen wurden *Aegilops*-Arten erstmalig auf den entsprechenden Inseln nachgewiesen. In 55 Fällen konnten die Literaturbefunde nach RECHINGER (1943a,b), DAVIS et al. (1985) und VAN SLAGEREN (1994) bestätigt werden, in 40 Fällen jedoch nicht (SCHUBERT 1999). Diese Ergebnisse zeigen, dass es die Konzentration der Forschungen auf eine spezielle Gattung ermöglicht, die detaillierte

Erfassung der geographischen Verbreitung einer Art, selbst in einem solch gut untersuchten Gebiet wie der Ägäis, deutlich zu verbessern. Die Unterschiede im Vergleich zu den Literaturbefunden können jedoch auch durch die Immigration oder das Aussterben von Arten innerhalb weniger Jahre, wie dies insbesondere für kleine Inseln der Fall sein kann, zustande kommen (D'ANTONIO und DUDLEY 1995). *Ae. biuncialis* wurde mit Ausnahme sehr kleiner vorgelagerter Inseln auf sämtlichen Inseln beobachtet und ist damit die häufigste *Aegilops*-Art. Im Gegensatz dazu kommt diese Art in Spanien nur lokal vor, während *Ae. geniculata* sehr verbreitet ist (RUIZ-FERNANDEZ et al. 1995).

Tab. 1: Das Vorkommen von *Aegilops*-Arten auf den Kykladen, Ostkreta und den Dodekanes

Tab. 1: The occurrence of Aegilops species on the Cyclades, East Crete and the Dodekanese

Insel	<i>Ae. biuncialis</i>	<i>Ae. co-mosa</i>	<i>Ae. geniculata</i>	<i>Ae. markgrafii</i>	<i>Ae. neglecta</i>	<i>Ae. triuncialis</i>	<i>Ae. peregrina</i>	<i>Ae. umbellulata</i>
Kykladen								
Andiparos	•	•	---	---	---	---	---	---
Andros	•	---	---	•	---	•	---	---
Delos	•	---	---	---	---	•	---	---
Folegandros	•	•	---	---	---	---	---	---
Ios	•	---	---	•	---	---	•	
Kea	•	---	---	•	---	---	---	---
Kithnos	•	---	---	•	---	---	---	---
Milos	•	---	•	•	---	•	•	---
Mykonos	•	---	---	-	---	•	---	---
Naxos	•	---	---	•	---	•	•	---
Paros	•	•	---	•	---	---	•	---
Santorini	•	---	---	---	---	---	---	---
Serifos	•	---	---	---	---	•	---	---
Sifnos	•	•	---	•	---	---	---	---
Sikinos	•	•	---	•	---	---	---	---
Siros	•	---	---	•	---	---	---	---
Tinos	•	---	---	---	---	•	---	---
? Inseln	17	5	1	10	0	7	5	0

Tab. 1: Fortsetzung

Tab. 1: continuation

Insel	<i>Ae. Biuncialis</i>	<i>Ae. co-mosa</i>	<i>Ae. geni-culata</i>	<i>Ae. markgra-fii</i>	<i>Ae. negle-cta</i>	<i>Ae. triunci-alis</i>	<i>Ae. pe-regrina</i>	<i>Ae. umbel-lulata</i>
Kreta								
Ostkreta	•	---	---	•	---	---	---	• -
Chrissi	---	---	---	---	---	---	---	---
? Inseln	1	0	0	1	0	0	0	1
Dodekanes								
Arki	•	•		•				•
Chalki	•	---	---	•	---	---	---	---
Fourni	•	---	---	•	---	•	---	•
Ikaria	•	---	---	•	---	•	---	---
Kalymnos	•	---	---	•	---	•	•	•
Karpathos	•	---	---	•	---	---	---	---
Kos	•	---	•	•	---	•	---	•
Leros	•	---	---	•	---	---	---	---
Lipsi	•	---	---	•	---	---	---	---
Nissiros	•	---	---	•	---	•	---	---
Patmos	•	---	•	---	---	•	---	---
Plati		---	---	---	---	---	---	---
Pserimos	•	---	---	---	---	---	---	---
Rodos	•	---	•	•	---		---	•
Samos	•	---	•	•	•	•	---	•
Symi	•	---	---	•	---	---	---	•
Telendos	•	---	---	•	---	•	---	---
Tilos	•	•	---	•	---	---	---	•
? Inseln	17	2	4	15	1	8	1	8
?? Inseln	35	7	5	26	1	15	6	9

• vorhanden - fehlend

 erstmaliger Nachweis

An zweiter Stelle steht *Ae. markgrafii*. Diese Species wurde auf insgesamt 26 Inseln nachgewiesen. Auf Sifnos und Kea war *Ae. markgrafii* sogar vor *Ae. biuncialis* die verbreitetste Art. *Ae. markgrafii* ist verhältnismäßig gleichmäßig im analysierten Gebiet verbreitet, wobei die Art jedoch insbesondere auf einigen Inseln der Kykladen fehlt. Obwohl das Verbreitungsgebiet von *Ae. triuncialis* im Vergleich zu *Ae. markgrafii* insgesamt bedeutend umfangreicher ist (EIG 1936), wurde diese Art auf nur 15 Inseln der nördlichen Kykladen und Dodekanes nachgewiesen.

Ae. umbellulata findet man auf Kreta und acht Inseln der Dodekanes, aber nicht auf den Kykladen. Dieses Ergebnis stimmt gut mit der von EIG (1936) publizierten Verbreitungskarte überein. Danach liegt auf den Dodekanes für *Ae. umbellulata* die östliche Grenze des Verbreitungsgebietes.

Eine ähnlich differenzierte Verbreitung zeigt *Ae. comosa*. Hier gibt es Vorkommen auf fünf eng benachbarten Inseln der zentralen Kykladen und entfernter auf Arki und Tilos. Obwohl nur auf sieben Inseln anzutreffen, fällt aber gerade bei *Ae. comosa* auf, dass die Vorkommen auf diesen relativ kleinen Inseln trotzdem sehr verbreitet sind.

Ähnlich wie bei *Ae. comosa* konzentriert sich das Vorkommen von *Ae. peregrina* auf fünf Inseln der zentralen Kykladen und daneben auf Kalymnos. *Ae. geniculata* findet man nur auf vier Inseln der Dodekanes und weit entfernt davon auf der Kykladen-Insel Milos. *Ae. neglecta* tritt nur auf Samos auf, ist hier jedoch z. T. stark verbreitet. Die aus der Literatur noch bekannten Arten *Ae. cylindrica*, *Ae. columnaris*, *Ae. tauschii* und *Ae. uniaristata* konnten nicht nachgewiesen werden.

Das differenzierte Vorkommen der *Aegilops*-Arten auf eng beieinander liegenden Inseln, bei ähnlichen Standortbedingungen und klimatischen Verhältnissen verdeutlicht die Wirksamkeit der Isolation durch Inselbildung. Trotz regen Warenaustauschs und starker touristischer Frequentierung der meisten ägäischen Inseln sind diese Effekte offenbar auch heute noch weitgehend erhalten geblieben.

RECHINGER (1950) stellte fest, dass der Anteil der Pflanzenarten, die über die gesamte Ägäis verbreitet sind, im Vergleich zu Arten, die nur lokal vorkommen, vergleichsweise gering ist. Er unterschied als selbständige floristische Gebiete: die Kykladen, die östliche Ägäis (nördliche Inseln der Dodekanes) und die südlichen ägäischen Inseln (Rodos, Chalki, Karpathos, Kreta). Kreta besitzt mit ca. 2.000 Arten, gefolgt von Euboea (ca. 1.200 Arten) die größte Artenvielfalt in der Ägäis (RECHINGER 1961). Eine gewisse Artenverarmung ist dagegen auf den Kykladen festzustellen (RECHINGER und RECHINGER-MOSER 1951). Diese Einteilung bzw. Beobachtungen werden durch die Unterschiede des Auftretens von *Aegilops*-Arten zwischen den Kykladen und Dodekanes bekräftigt.

Literatur

- ADSERSEN, H. (1995): Research on islands: classic, recent, and prospective approaches. In: VITOUSEK, P.M., L.L LOOPE and H. ADSERSEN (eds.) Islands. Biological diversity and ecosystem function. Vol. 115. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 7-21.
- BREGMEIER, E., R. JAHN and A. JAGEL (1997): Flora and vegetation of Gavdos (Greece), the southernmost European island. I. Vascular flora and chorological relations. *Candollea* **52**, 305-358.
- CARLQUIST, S. (1974): Island biology. Columbia University Press, New York, 660 S.
- CHRISTODOULAKIS, D. (1996): The flora of Ikaria (Greece, E. Aegean Islands). *Phyton* **36**, 63-91.
- DAVIS, P.H., R.R. MILL and K. TAN (1985): Flora of Turkey and the East Aegean islands. Vol. **9**. *Gramineae*. Edinburgh University Press, Edinburgh.
- D'ANTONIO, C.M. and T.L. DUDLEY (1995): Biological invasions as agents of change on islands versus mainlands. In: VITOUSEK, P.M., L.L LOOPE and H. ADSERSEN (eds.) Islands. Biological diversity and ecosystem function. Vol. **115**. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 103-121.
- EIG, A. (1936): *Aegilops*. In: E. HANNIG und H. WINKLER (Hrsg.) Die Pflanzenareale. Vol. **4**, Heft 4, Fischer-Verlag, Jena, 43-50.
- Eliasson, U. (1995): Patterns of diversity in island plants. In: VITOUSEK, P.M., L.L LOOPE and H. ADSERSEN (eds.) Islands. Biological diversity and ecosystem function. Vol. **115**, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 35-50.
- Greuter, W. (1979): The origin and evolution of islands floras as exemplified by the Aegean Archipelago. In: D. BRAMWELL (ed.) Plants and Islands. Academic Press, London, New York, Toronto, Sydney, San Francisco, 87-106.
- HAMMER, K. (1980): Vorarbeiten zur monographischen Darstellung von Wildpflanzensortimenten: *Aegilops* L., Kulturpflanze 28, 33-180.
- HAYEK, A. (1924-33): Prodrromus florum peninsulae Balcanicae. Feddes Repert. Beih. **30**.
- HOFMANN, U. (1968): Untersuchungen an Flora und Vegetation der Ionischen Insel Levkas. Vierteljahresschrift der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich **113**, 209-256.
- JAHN, R. UND P. SCHÖNFELDER (1995): Exkursionsflora für Kreta. Ulmer, Stuttgart, 446 S.
- OHTA, S. (1995): Morphological differentiation and geographical distribution of *Aegilops biuncialis* Vis. in the Aegean region. Proc. 8th Intern. Wheat Genet. Symp, Beijing, China, 99-104.
- PHITOS, D. (1964): Trilokuläre *Campanula*-Arten der Ägäis. Österr. Bot. Zeitschr. **111**, 208-230.
- PHITOS, D. (1967): Florula sporadum. *Phyton* **12**, 102-149.
- RECHINGER, K.H. (1943a): Flora Aegaea. Flora der Inseln und Halbinseln des Ägäischen Meeres. Denkschr. Akad. Wiss. Wien **105,1**, 1-921.

- RECHINGER, K.H. (1943b): Neue Beiträge zur Flora von Kreta (Ergebnisse einer biologischen Forschungsreise nach dem Peloponnes und nach Kreta 1942, im Auftrage des Oberkommandos der Wehrmacht und des Reichsforschungsrates, Nummer 6). Denkschr. Akad. Wiss. Wien, **105,2**, 1-184.
- RECHINGER, K.H. (1950): Grundzüge der Pflanzenverbreitung in der Ägäis. *Vegetatio* **2**, 55-119, 239-308 und 365-386.
- RECHINGER, K.H. (1961): Die Flora von Euboea. *Bot. Jb.* **80**, 294-465.
- RECHINGER, K.H. und F. Rechinger-Moser (1951): *Phytogeographia aegaea*. Denkschr. Akad. Wiss. Wien **105,3**, 1-208.
- RUIZ-FERNANDEZ, J., C. CASANOVA and C. SOLER (1995): Collecting Spanish populations of the genus *Aegilops* L. *Genet. Res. Crop Evol.* **42**, 339-345.
- RUNEMARK, H., S. SNOGERUP and B. NORDENSTAM (1960): Studies in the Aegean flora. I. Floristic notes. *Botaniska Notiser*.
- SCHOLZ, H. (1989): Floristisches und Taxonomisches über einige *Gramineae* von Rhodos und Symi (Ost-Ägäis, Griechenland). *Willdenowia* **9**, 105-110.
- SCHUBERT, V. (1999): Die Sammlung und Charakterisierung pflanzlicher genetischer Ressourcen und ihre Nutzung im Rahmen der Züchtungsforschung bei Weizen. Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Habilitationsschrift, 122 S.
- SFIKAS, G. (1995): Die wilden Blumen Kretas. *Efstathiadis Group S. A., Anixi*, 320 S.
- STRID, A. (1970): Studies in the Aegean Flora. XVI. Biosystematics of the *Nigella arvensis* Complex. With special reference to the problem of non-adaptive radiation. *Opera Botanica* **28**:1-169.
- STRID, A. (1989): Mountain flora of Greece. Vol. 1-2. Cambridge Univ. Press, Cambridge, New York, Port Chester, Melbourne, Sydney, 822 pp., 974 pp.
- TURLAND, N.J., L. CHILTON and J.R. PRESS (1993): Flora of the Cretan area. Annotated checklist and atlas. London, 439 pp.
- VAN BALGOOY, M.M. (1969): A study on the diversity of island floras. *Blumea* **17**, 139-178.
- Van Slageren, M.W. (1994): Wild wheats: a monograph of *Aegilops* L. and *Amblyopyrum* (JAUB. et SPACH) Eig (*Poaceae*). Wageningen Agricultural University Papers, 512 pp.

Danksagung

Die Forschungsreisen in den Jahren 1995 und 1997 wurden im Rahmen eines Habilitanden-Stipendiums (Schu 762/5-1/5-3) durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft finanziert.

Variabilität von Basilikum (*Ocimum basilicum* L.)

Variability of sweet basil (Ocimum basilicum L.)

SABINE B. WETZEL¹, HANS KRÜGER² und KARL HAMMER³

Zusammenfassung

Die Labiate *Ocimum basilicum* L. ist eine sehr alte Kulturpflanze, die auf Grund von Hybridisierungsereignissen mit nahe verwandten Arten und innerhalb der Art eine extrem hohe Variabilität entwickelte. Um diese Variabilität genau zu charakterisieren und nutzbar zu machen, wurden umfangreiche morphologische, chemische, karyologische und molekulare Untersuchungen durchgeführt. Die größte morphologische Variabilität zeigt sich in der Kotyledonengröße, Pflanzengröße, in Charakteristika des Habitus, in Blattspreitengröße, -farbe, -oberfläche und -rand sowie in Längen und Farben verschiedener Blütenorgane. Der Gehalt an ätherischen Ölen variiert zwischen 0,07-1,37 ml/100 g getrocknete Droge. 18 verschiedene Inhaltsstoffe wurden im ätherischen Öl gefunden, die sehr unterschiedliche Chemotypen bilden.

Summary

Ocimum basilicum L. (*Lamiaceae*) is a long cultivated plant, with very high morphological variability due to hybridization between closely related species and subspecies. In order to characterize and utilize this variation, several morphological, chemical, karyological and molecular investigations were carried out.

The most variable characters were length of cotyledons, plant height and diameter, habitus, leaf length and width, colour, surface and margin of the leaves and length and

¹ Institut für Pflanzengenetik und Kulturpflanzenforschung (IPK)
Corrensstr. 3
D-06466 Gatersleben

² Bundesanstalt für Züchtungsforschung an Kulturpflanzen (BAZ)
Neuer Weg 22/23
D-06484 Quedlinburg

³ Univ. Gh Kassel (GhK)
Steinstr. 19
D-37213 Witzenhausen

colour of the inflorescences and single flowers. The essential oil content varies between 0,07 and 1,37 ml/100 g. 18 different compounds of the essential oil were found, which result in very different chemotypes.

Einleitung

Ocimum basilicum L. (Basilikum) gehört nicht nur zu den wichtigsten Gewürz-pflanzen, sondern zeigt auch aufgrund seiner hohen morphologischen und chemischen Variabilität vielfältige weitere Nutzungsmöglichkeiten: Das ätherische Öl stellt wichtige Aroma- und Duftstoffe für die Lebensmittel-, Kosmetik- und Genussmittelindustrie zur Verfügung. Durch Inhaltsstoffe wie Linalool und Estragol wirkt es antimikrobiell auf Bakterien, Hefen und Schimmelpilze (WAN et al. 1998), wodurch es auch als biologisches Pflanzenschutzmittel nutzbar wäre. Häufig ist im ätherischen Öl Eugenol enthalten, welches als Anästhetikum bzw. Insektenrepellent wirkt (FUGMANN 1997; OBENG et al. 1997).

Die ganze Pflanze wird in der Naturheilkunde zur Behandlung von Bronchitis, Lungenbeschwerden (LUBINI 1990), Rheuma und Entzündungen (GIRACH 1992) verwendet. Zahlreiche verschiedene Anthocyane machen die roten Varietäten von Basilikum nicht nur zu einer schönen Zierpflanze, sondern können auch in der Lebensmittelindustrie zum Färben von Lebensmitteln verwendet werden (PHIPPEN und SIMON 1998).

Die hohe Variabilität von Basilikum beruht auf der Tatsache, dass Basilikum sowohl autogam (DARRAH 1980), als auch allogam ist (NATION et al. 1992) und im Laufe von 4000 Jahren Kultivierung zahlreiche Polyploidiestufen entwickelt hat (SINGH und SHARMA 1981; KHOSLA 1995). Dies ist nicht nur auf Kreuzungen zwischen verschiedenen Varietäten von *Ocimum basilicum* zurückzuführen (PATON und PUTIEVSKY 1996), sondern auch auf Hybridisierungsereignisse mit nahe verwandten Arten, die fertile Nachkommen hervorbrachten.

Leider führte dies zu viel Verwirrung bei der Benennung und Beschreibung der verschiedenen Unterarten, Varietäten, Chemotypen und Sorten. Umfangreiche morphologische, chemische, karyologische und molekulare Untersuchungen sollen unter anderem einen Überblick über die vielen Varietäten von Basilikum verschaffen und eine Einteilung entwickeln, welche das ökonomische und medizinische Potenzial voll nutzbar macht. Im Rahmen dieser Präsentation wird zunächst die große morphologische und chemische Variabilität vorgestellt.

Material und Methoden

1999 wurden 257 Akzessionen von Basilikum und nahe verwandten Arten der Genbank in Gatersleben in einem Feldanbau verglichen (vgl. HAMMER 1995). Die Akzessionen stammen von Sammelreisen und einem Samenaustausch von und mit 39 Ländern der Welt. 14 Pflanzen jeder Akzession wurden im 30 cm x 30 cm-Abstand Anfang Juni vom Gewächshaus ins Feld gesetzt. Eine Standardakzession wurde mit 20 Wiederholungen angebaut. Insgesamt wurden 39 verschiedene Parameter im Laufe der Vegetationsperiode gemessen und evaluiert. Aus Blattproben wurde ätherisches Öl isoliert und mittels gekoppelter GC/MS-Analyse identifiziert.

Ergebnisse

Variabilität der Keimung und der Kotyledonen:

Die Basilikum-Akzessionen keimten epigäisch nach 5-7 Tagen. Die beiden Keimblätter sind in der Regel gleich groß. Die Kotyledonenbreite variierte zwischen 0,68 und 1,49 cm, bei einem Median von 0,9 cm; die Kotyledonenlänge variierte zwischen 0,5 und 1,03 cm, bei einem Median von 0,7 cm.

Variabilität des Habitus:

Basilikum ist ein einjähriges Kraut mit Pfahlwurzel.

Die Pflanzenhöhe der verschiedenen Akzessionen variierte unter gleichen Umweltbedingungen zwischen 12,2 cm und 69,6 cm, bei einem Median von 44,1 cm. Der Pflanzendurchmesser variierte zwischen 11 cm und 37,6 cm, bei einem Median von 26,9 cm. Basilikum verzweigt sich bis zum dritten Verzweigungsgrad. Die Anzahl der Nodien lag zur Vollblüte zwischen 4 und 12, bei einem Median von 7. Die Verholzung des Sprosses reichte vom vierten bis zum zwölften Nodus, der Median liegt beim fünften Nodus.

Variabilität der Blüte:

Die typische Infloreszenz ist ein Thyrsus. Die einzelnen Wirtel bestehen aus zwei 3-blütigen Zymen. Man unterscheidet die Hauptfloreszenz von den Cofloreszenzen, wobei letztere aus den Verzweigungen hervorgehen. Die Blüte begann im Feldversuch 4-6 Wochen nach der Keimung. Der Blühhorizont war bei einigen Akzessionen uneinheitlich, d.h. einzelne Individuen blühten später. Die Länge der Hauptfloreszenz variierte zwischen 4,6 cm und 30,8 cm, bei einem Median von 19,2 cm. Die Anzahl der Wirtel der Hauptfloreszenz variierte zwischen 7 und 19, bei einem Median von 14. Die Anzahl der Cofloreszenzen variierte zwischen 20 und 190, bei einem Median von 50.

Folgende Einzelblütenmerkmale erwiesen sich ebenfalls als variabel: Länge der Corolla und des Calyx, sowie Länge des vorderen und hinteren Staminapaars.



Abb. 1: Infloreszenz von *Ocimum basilicum*

*Fig. 1: Inflorescence of *Ocimum basilicum**

Variabilität der Blattspreiten:

Die Blattspreite ist flach bis hin zu stark konkav, d.h. die Blattränder sind so stark verkürzt, dass die Blätter die Form eines umgedrehten Bechers annehmen. Bei manchen Akzessionen sind die Blattränder auch nach oben gebogen. Der Blattrand kann ganzrandig bis stark gesägt sein mit vier definierten Zwischenstufen. Die Oberfläche variiert zwischen den Extremen glatt und stark blasig. Die Länge der Blätter aus der Mitte der Hauptachse variierten zwischen 3,2 und 8,1 cm, bei einem Median von 5,2 cm, die Blattbreite zwischen 1,3 und 5,8 cm, bei einem Median von 2,7 cm. Die Blattstiellänge variierte zwischen 0,9 cm und 3,0 cm, bei einem Median von 1,7 cm.



Abb. 2: Variabilität der Blattspreiten von *Ocimum basilicum*

*Fig. 2: Leaf-Variabilty of *Ocimum basilicum**

Folgende Pflanzenorgane in Basilikum können unterschiedlich intensive Grün- bis Rotfärbungen aufweisen, welche einzeln erfasst wurden:

Kotyledonen, Blattober- und -unterseite, Hauptfloreszenz, Corollaober- und -unterlippe, Calyxober- und -unterlippe, Fruchtcalyxober- und -unterlippe.

Variabilität sekundärer Pflanzenstoffe:

Der Ölgehalt der luftgetrockneten Pflanzen variierte zwischen 0,07-1,37 ml/100 g Droge. 18 verschiedene Inhaltsstoffe des ätherischen Öls konnten nachgewiesen und identifiziert werden. Die Variabilität der einzelnen Inhaltsstoffe ist in Tabelle 1 aufgeführt.

Tab. 1: Variabilität der Inhaltsstoffe im ätherischen Öl (in %)

Tab. 1: Variability of compounds of the essential oil (in %)

Inhaltsstoff	N	Minimum	Median	Maximum	Mittelwert
Ocimen	134	0	0,0	6,2	0,0
1,8-Cineol	134	0	6,8	17,9	7,2
γ -Terpinen	134	0	0,0	0,2	0,0
Linalool	134	0	31,3	71,0	29,9
Campher	134	0	0,3	3,3	0,6
Estragol	134	0	2,6	84,4	21,0
Neral	134	0	0,0	34,2	0,4
Geraniol	134	0	0,0	15,5	0,4
Geranial	134	0	0,0	44,2	0,5
Thymol	134	0	0,0	2,7	0,0
Zimtsäuremethylester-Z	134	0	0,0	12,2	1,6
Eugenol	134	0	2,1	47,3	10,5
Zimtsäuremethylester-E	134	0	0,0	67,0	10,7
Eugenolmethylether	134	0	0,0	36,7	1,5
β -Elemen	134	0	0,9	5,7	0,9
α -Bergamoten	134	0	3,4	9,6	3,5
β -Caryophyllen	134	0	0,0	12,6	0,5
β -Bisabolen	134	0	0,0	13,6	0,1
Unbestimmt RT 17.48	134	0	0,0	1,8	0,0

Literatur

- DARRAH, H.H. (1980): The cultivated basils. Buckeye Printing, Independence, Missouri.
- FUGMANN, B., S. LANG-FUGMANN und W. STEGLICH (1997): Römp Lexikon Naturstoffe. Thieme Verlag, Stuttgart, New York.
- GIRACH, R.D. (1992): Medicinal plants used by Kondh tribe of District Phulbani (Orissa) in Eastern India. J. Ethnobot. **4**, 3-66.
- HAMMER, K. (1995): Die großen Sammlungen von Arznei- und Gewürzpflanzen in Deutschland – eine vergleichende Sichtung. Drogenreport **8**, 11-16.
- KHOSLA, M.K. (1995): Study of inter-relationship, phylogeny and evolutionary tendencies in genus *Ocimum*. Indian J. Genet. **55**,1, 71-83.
- LUBINI, A. (1990): Les plantes utilisees en medicine traditionnelle per les Yansi de L'Entre Kwuilu-Kamtsha (Zaire). Mitteilung Institut Allgemeine Botanik Hamburg 23 b, 1007-1020.
- NATION, R.G., J. JANICK and J.E. SIMON (1992): Estimation of outcrossing in basil. Hortscience **27**, 1121-1222.
- OBENG O.D. and C. REICHMUTH (1997): Bioactivity of eugenol, a major component of essential oil of *Ocimum suave* (Wild.) against four species of stored-product Coleoptera. Int. J. Pest-Manage. **43**, 89-94.
- PATON, A. and E. PUTIEVSKY (1996): Taxonomic problems and cytotoxic relationships between and within varieties of *Ocimum basilicum* and related species (Labiatae). Kew Bulletin **51**,3, 509-524.
- PHIPPEN, W.B. and J.E. SIMON (1998): Anthocyanins in basil (*Ocimum basilicum* L.). J. Agr. Food Chem. **46**, 1734-1738.
- SINGH, T.P. and A.K. SHARMA (1981): Chromosome analysis as correlated with the chemical content and status of two species of *Ocimum*. Agron. Lusit. **40**, 287-298.
- WAN J., A. WILCOCK and M.J. COVENTRY (1998): The effect of essential oils of basil on the growth of *Aeromonas hydrophila* and *Pseudomonas fluorescens*. J. Appl. Microbiol. **84**,2, 152-158.

Bericht über die Kartoffelsammelexpedition in Peru 1999

Report from the potato collecting expedition Peru 1999

KONRAD SCHÜLER¹

Zusammenfassung

Während der Reise wurden 101 Proben von 30 Kartoffel-Arten gesammelt. Darunter befinden sich Muster von 18 Wildkartoffelarten, die bisher in keiner Kollektion *ex situ* lebend erhalten werden.

Summary

During the mission 101 accessions of 30 potato species were collected. 18 crop related wild potato species were integrated into ex situ collections for the first time.

In Kooperation mit dem

- Peruanischen Landwirtschaftsministerium
- Nationalinstitut für landwirtschaftliche Forschung Peru (INIA)
- National Research Support Program-6 der USA (NRSP-6)
- International Potato Center Peru (CIP)
- Centre for Genetic Resources der Niederlande (CGN)
- IPK Gatersleben

wurde 1999 die zweite einer auf 5 Jahre konzipierten Serie von Sammelreisen in Peru durchgeführt, an deren ersten Teil, vom 8. März bis 5. April 1999, der Leiter der Genbank-Außenstelle Groß Lüsewitz beteiligt war.

¹ IPK Gatersleben
Außenstelle Groß Lüsewitz
Institutsplatz
D-18190 Groß Lüsewitz

Expeditionsziel

Von 216 Wildkartoffelarten sind 103 in Peru beheimatet. Davon sind 69 in keiner Kartoffelgenbank verfügbar und 16 mit weniger als 3 Herkünften vertreten. Dies unterstreicht die Bedeutung Perus für den Kartoffel-Genpool und den enormen Nachholbedarf an Sammlungsaktivitäten, die bis vor wenigen Jahren durch Terrorismus unmöglich waren.

Schwerpunkt der gegenwärtigen Peru-Expeditionen ist die Suche nach den bisher nur durch die Beschreibungen ihrer Entdecker und durch Herbarexemplare bekannten und den in Genbanken unterrepräsentierten Arten sowie deren Sammlung.

In diesem Jahr standen die Andenregionen der in der Mitte des Landes gelegenen Departements Huancavelica, Lima, Ancash und La Libertad auf dem Programm.

Teilnehmer

<i>Alberto Salas López</i>	Taxonom, Leiter der Expedition, CIP Lima, Peru
<i>David M. Spooner</i>	Taxonom, Hauptorganisator der Expedition, University of Wisconsin, USA
<i>Rafael V. Torres Maita</i>	Kartoffelzüchter, Instituto Nacional de Investigacion Agraria (INIA), Peru
<i>Konrad Schüler</i>	Kartoffelgenbank-Curator, IPK Genbank-Außenstelle Groß Lüsewitz, Deutschland
<i>Roel Hoekstra</i>	Kartoffelgenbank-Curator, CPRO/CGN Wageningen, Niederlande

Politische Rahmenbedingungen

Die Sammelreisen werden vorbereitet und durchgeführt unter strikter Beachtung des Übereinkommens über die biologische Vielfalt (CBD, Rio de Janeiro, 1992). Das heißt, Kooperation zum gegenseitigen Nutzen und Zugang zu den genetischen Ressourcen für alle beteiligten Partner. Einige Länder, wie Peru, befinden sich im Prozess der Umsetzung der CBD in ihre eigene Gesetzgebung. Zu Beginn der 1999er Expedition stellte sich heraus, dass die bisherigen Absprachen mit der falschen Abteilung im peruanischen Landwirtschafts-Ministerium getroffen wurden (INIA - verantwortlich für Landwirtschaft). Am Ende der Expedition wurde die Ausfuhr des gesammeltem Materials zunächst untersagt, bis neue Verhandlungen mit der zuständigen Abteilung für Natur (INRENA) im gleichen Ministerium zu einer entsprechenden Vereinbarung geführt haben.

Methodisches Vorgehen

Kartoffelsammelreisen sind keine Fahrten ins Blaue, sondern erfordern eine gewissenhafte Planung. Ausgangspunkt sind die Orte, an denen eine Art erstmalig gefunden wurde (type locality). Auf der Grundlage aller bisherigen Kartoffel-Forschungs- und Sammelreisen und unter Berücksichtigung der in den verschiedensten Einrichtungen vorhandenen Herbare wird eine umfassende Übersicht erstellt, wo und wann die bisher beschriebenen Kartoffelarten gefunden worden sind.

Gutes Kartenmaterial zu bekommen ist oft ein Problem. Um so wichtiger ist hier die Zusammenarbeit mit Experten aus dem Land. Im Falle von Peru ist das Robert J. Hijmans, der Spezialist für Geografische Information am CIP. Von unschätzbarem Wert für den Erfolg der Expedition war die Teilnahme von Alberto Salas. Er hat zahlreiche Sammelreisen mit dem wohl bekanntesten peruanischen Taxonomen Prof. Carlos Ochoa oder allein durchgeführt und kennt die peruanischen Kartoffeln und das Land wie kein anderer. Oft sind die Ortsbeschreibungen früherer Forscher und Sammler sehr ungenau, so dass man, wenn überhaupt, nur durch Befragung der einheimischen Bevölkerung weiterkommt. Auch hier war A. Salas durch seine Beherrschung der alten Inkasprache, des Quechua, die in abgelegenen Bergdörfern der Anden noch gesprochen wird, unentbehrlich. Ohne die Hinweise von einheimischen Bauern und anderen Leuten, manchmal sogar von Kindern hätten wir oft lange oder vergebens suchen müssen. Dieser Aspekt ist für alle Sammelreisen nicht zu unterschätzen.

Es ist nicht so, dass man nur irgendwo anhalten braucht, um dann Wildkartoffeln zu finden. Selbst bei genauer Kenntnis der Habitate, in denen bestimmte Arten zu erwarten sind, sucht man oft vergebens, manchmal aber auch mit bescheidenem Erfolg oder in einer überwältigenden Fülle einer großen Population. Ein großes Problem ist die allgegenwärtige Beweidung, die an vielen Stellen zur Verarmung der Wildflora führt. Entdeckerfreude und Enttäuschung liegen oft beieinander, die Kartoffeln müssen heute wirklich systematisch gesucht werden.

Ergebnis

Während der 11.000 km langen Sammelreise wurden in Höhenlagen zwischen 2.000 und 4.300 m 101 Wildkartoffelherkünfte gesammelt, darunter solche von 18 der in keiner Genbank bisher lebend vorhandenen Arten (siehe Tab. 1). Das Klimaphänomen „El Niño“ hatte auch erhebliche Auswirkungen auf die Niederschläge in den Bergen. Einerseits waren nicht wenige Wege durch Erdrutsche oder zerstörte Brücken unpassierbar, andererseits zu wenig Niederschläge in der letzten Regenzeit, die auch das Wachstum der Wildflora beeinträchtigten. So war das Vorkommen von Früchten bei den Kartoffeln vor allem in der ersten Hälfte der Reise eher die Aus-

nahme, so dass wir Knollen oder lebende Pflanzen sammeln mussten, die zur Zeit in der Versuchsstation Huancayo des CIP für die Samenerzeugung kultiviert werden.

Nach den Quarantänetests, erfolgreicher Samenerzeugung (und Zustimmung von INRENA) wird dieses Material allen Interessenten zur Verfügung stehen. Vor der züchterischen Nutzung steht die Evaluierung auf wichtige Merkmale. Es ist ein langer Weg, bis zum ersten Mal ein messbarer Nutzen aus solchen Sammelreisen gezogen werden kann. Das darf jedoch kein Grund sein, diese zu vernachlässigen. Das dafür ausgegebene Geld ist eine wichtige Investition in die Zukunft.

Tab. 1: Gesammelte Taxa und Akzessionen

Tab. 1: Collected taxa and accessions

Taxa	Series	Akzessionen	
<i>S. albicans</i> (Ochoa) Ochoa	ACA	4	
<i>S. amayanum</i> Ochoa	TUB	1	neu
<i>S. anamatophilum</i> Ochoa	CUN	1	neu
<i>S. ancophilum</i> (Corell) Ochoa	TUB	4	neu
<i>S. arahuayum</i> Ochoa	TUB	1	neu
<i>S. augustii</i> Ochoa	TUB	1	neu
<i>S. bill-hookeri</i> Ochoa	TUB	1	neu
<i>S. blanco-galdosii</i> Ochoa	PIU	2	
<i>S. brevicaule</i> Bitter (= <i>hapalosum</i>)	TUB	2	
<i>S. cantense</i> Ochoa	PIU	4	neu
<i>S. chiquidenum</i> Ochoa	TUB	2	neu
<i>S. chomatophilum</i> Bitter	CON	4	
<i>S. chomatophilum</i> Bitter var. <i>subnivale</i> Ochoa	CON	2	neu
<i>S. dolichocremastrum</i> Bitter	TUB	3	
<i>S. gracilifrons</i> Bitter	TUB	1	neu
<i>S. hastiforme</i> Corell	MEG	3	
<i>S. huancavelicae</i> Ochoa	TUB	1	neu
<i>S. huarochiriense</i> Ochoa	TUB	2	neu
<i>S. hypacrarthrum</i> Bitter	PIU	5	
<i>S. immite</i> Bitter	TUB	3	
<i>S. jalcae</i> Ochoa var. <i>jalcae</i>	PIU	5	neu
<i>S. medians</i> Bitter	TUB	14	
<i>S. multiinterruptum</i> Bitter var. <i>multiinterruptum</i>	TUB	15	
<i>S. multiinterruptum</i> Bitter var. <i>machaytambinum</i> Ochoa	TUB	1	
<i>S. orophilum</i> Ochoa	TUB	1	neu
<i>S. peloquinianum</i> Ochoa	CUN	2	neu
<i>S. simplicissimum</i> Ochoa		2	neu
<i>S. sogarandinum</i> Ochoa	MEG	6	
<i>S. taulisense</i> Ochoa	TUB	1	neu
<i>S. wittmackii</i> Bitter	TUB	7	
30 Taxa		101 Akzessionen	

Einige Bilder von der Kartoffel-Expedition nach Peru 1999

Some pictures of the potato collecting expedition Peru 1999



Sammler-Team in Cerro Botica

Team of collectors in Cerro Botica



***Solanum chiquidenum* 7321, Cerro Botica**



***Solanum bukasovii* 7305**

Wilhelm Ahlheim

Bundessortenamt
Postfach 610440
D-30604 Hannover
Tel.: 0511-9566758
Fax: 0511-563362
Email:
wilhelm.ahlheim@bundessortenamt.de

Solomon Assefa

Universität Göttingen
Institut für Pflanzenpathologie und
Pflanzenschutz
Griesebachstr. 6
D-37077 Göttingen
Tel.: 0551-39-37 00
Fax: 0551-39-41 87
Email: ssolomon@gwdg.de

Sieglinde Auer

Institut für Pflanzengenetik und
Kulturpflanzenforschung (IPK)
Corrensstr. 3
D-06466 Gatersleben
Tel.: 039482-5161
Fax: 039482-5155
Email: auer@ipk-gatersleben.de

Ana Gloria Badani

Universität Giessen
Institut für Pflanzenbau und
Pflanzenzüchtung I
Interdisziplinäres Forschungszentrum
(IFZ)
Heinrich-Buff-Ring 26-32
D-35392 Giessen
Tel.: 0641-9937421
Fax: 0641-9937429
Email: Ana-Gloria.Badani@agrar.uni-
giessen.de

Andrea Bahr

Universität Gh Kassel
FB 11
Institut für Nutzpflanzenkunde (INK)
Steinstr. 19
D-37213 Witzenhausen
Tel: 05542-98-1213
Fax: 05542-98-1230
Email: abahr@wiz.uni-kassel.de

Susanne Barth

Gotthard-Müller-Str. 57
D-70794 Filderstadt
Tel.: 0711-7359805
Email: susanne_barth@yahoo.de

Heiko Becker

Universität Göttingen
Inst. für Pflanzenbau und -züchtung
Von-Siebold-Str. 8
D-37075 Göttingen
Tel. 0551-39-4381
Fax: 0551-39-4601
Email: hbecker1@gwdg.de

Ulrike Bellin

Universität Göttingen
Inst. für Pflanzenbau und -züchtung
Von-Siebold-Str. 8
D-37075 Göttingen
Tel.: 0551-39-4352
Fax: 0551-39-4601
Email: ubellin@gwdg.de

Wolf Dieter Blüthner

N.L. Chrestensen
Samenzucht u. Produktion GmbH
Witterdaer Weg
D-99092 Erfurt
Tel.: 0361-2245-250
Fax: 0361-2245-251
Email: n.l.c@t-online.de

Ernst Buschbeck

Schillerstr. 38
D-06556 Artern
Tel.: 03466-320530
Fax: 03466-320530

Georg Emmert

Pajbjergfonden
Gersdorffskundvej 1, Hon
DK-8300 Odder
Tel.: +45 865-56229

Dirk Enneking

Inst. für Pflanzengenetik und
Kulturpflanzenforschung (IPK)
Correnstr. 3
D-06466 Gatersleben
Tel.: 039482-5157
Fax: 039482-5155
Email: enneking@ipk-gatersleben.de

Katrin Esser-Mönning

Hermann-Löns-Str. 30
D-31224 Peine
Tel.: 05171-71404
Email: Jecke.Moenning@t-online.de

Ute Fellenberg

Niedersächsische Forstliche
Versuchsanstalt
Abt. Forstpflanzenzüchtung und
waldgenetische Ressourcen
Forstamtstr. 6
D-34355 Staufenberg-Escherode
Tel.: 05543-694010
Fax: 05543-6940160
Email: nfv-abtc@t-online.de

Anna A. Filatenko

199 043 St. Peterburg
13 Linija, 12, kw. 7.
Russia
Tel.: +7-812218-0714

Maria R. Finckh

Universität Gh Kassel
FB 11
Fachgebiet Ökologischer
Pflanzenschutz
Nordbahnhofstr. 1a
D-37213 Witzenhausen
Tel.: 05542-98-1561
Fax: 05542-98-1564
Email: finckh@wiz.uni-kassel.de

Stefanie L. Franck

Uni Kassel, FB 11
Steinstr. 11
D-37213 Witzenhausen
Tel.: 05542-98-1229
Fax: 05542-98-1230
Email: ink@wiz.uni-kassel.de

Herbert Geißendörfer

Landwirtschaftliche Lehranstalten
Triesdorf
D-91746 Weidenbach
Tel.: 09826-18162
Fax: 09826-18106

Thomas Gladis

Universität Gh Kassel
FB 11
Institut für Nutzpflanzenkunde (INK)
Steinstr. 19
D-37213 Witzenhausen
Tel: 05542-98-1257
Fax: 05542-98-1230
Email: gladis@wiz.uni-kassel.de

Marie-Luise Graichen

Institut für Pflanzengenetik und
Kulturpflanzenforschung (IPK)
Corrensstr. 3
D-06466 Gatersleben
Tel: 039482-5162
Fax: 039482-5155
Email: graichen@ipk-gatersleben.de

Andreas Graner

Inst. für Pflanzengenetik und
Kulturpflanzenforschung (IPK)
Correnstr. 3
D-06466 Gatersleben
Tel.: 039482-5521
Fax: 039482-5155
Email: graner@ipk-gatersleben.de

Thilo Hamann

Saatzucht Hadmersleben GmbH
Kroppenstedter Str.
D-39398 Hadmersleben
Tel.: 039408-9139-11
Fax: 039408-237

Karl Hammer

Universität Gh Kassel
FB 11
Institut für Nutzpflanzenkunde (INK)
Steinstr. 19
D-37213 Witzenhausen
Tel: 05542-98-1214
Fax: 05542-98-1230
Email: khammer@wiz.uni-kassel.de

Hans Hemann

Universität Gh Kassel
FB 11
Tropenzentrum
Steinstr. 19
D-37213 Witzenhausen
Tel: 05542-98-1216
Fax: 05542-98-1230
Email: hemann@wiz.uni-kassel.de

Marina Hethke

Universität Gh Kassel
FB 11
Institut für Nutzpflanzenkunde (INK)
Steinstr. 19
D-37213 Witzenhausen
Tel.: 05542-981231
Fax: 05542-981230
Email: hethke@wiz.uni-kassel.de

Heidi Jaiser

Pajbjergfonden
Gersdorffskundvej 1, Hon
DK-8300 Odder
Tel.: +45-8655-6229

Ute Kastirr

Bundesanstalt für Züchtungsforschung
an Kulturpflanzen (BAZ)
Institut für Epidemiologie und
Resistenz
Theodor-Roemer-Weg 4
D-06449 Aschersleben
Tel.: 03473-879112
Fax: 03473-2709
Email: U.Kastirr@bafz.de

Joachim Keller

Institut für Pflanzengenetik und
Kulturpflanzenforschung (IPK)
Corrensstr. 3
D-06466 Gatersleben
Tel.: 039482-5267
Fax: 039482-5155
Email: keller@ipk-gatersleben.de

Gisbert Kley

Deutsche Saatveredelung (DSV)
Weissenburger Str. 5
D-59557 Lippstadt
Tel.: 02941-2960
Fax: 02941-296100
Email: Kley@dsv-saaten.de

Helmut Knüpffer

Institut für Pflanzengenetik und
Kulturpflanzenforschung (IPK)
Corrensstr. 3
D-06466 Gatersleben
Tel.: 039482-5283
Fax: 039482-5155
Email: knupffer@ipk-gatersleben.de

Renate Kurch

Institut für Pflanzengenetik und
Kulturpflanzenforschung (IPK)
Corrensstr. 3
D-06466 Gatersleben
Tel.: 039482-5154
Fax: 039482-5155
Email: kurch@ipk-gatersleben.de

Wolfgang Link

Universität Göttingen
Institut für Pflanzenbau und -züchtung
Von-Siebold-Str. 8
D-37075 Göttingen
Tel.: 0551-39-4353
Fax: 0551-39-4601
Email: wlink@gwdg.de

Wilfried Lühs

Universität Giessen
Institut für Pflanzenbau und
Pflanzenzüchtung I
Interdisziplinäres Forschungszentrum
(IFZ)
Heinrich-Buff-Ring 26-32
D-35392 Giessen
Tel.: 0641-9937446
Fax: 0641-9937429
Email: Wilfried.luehs@agrار.uni-
giessen.de

Kathrin Merx

Universität Gh Kassel
FB 11
Steinstr. 19
D-37213 Witzenhausen
Tel.: 05542-98-1229
Fax: 05542-98-1230
Email: ink@wiz.uni-kassel.de

Karl-Josef Müller

Darzau Hof
D-29490 Neu Darchau
Tel. 05853-1397
Fax: 05853-1397
Email: gfgf.kjm@t-online.de

Eberhard Münch

Zentralstelle für Agrardokumentation
und -information (ZADI)
Informationszentrum Genetische
Ressourcen (IGR)
Villichgasse 17
D-53177 Bonn
Tel.: 0228-9548-145
Fax: 0228-9548-220
Email: muench@zadi.de

Karl-J. Neddenriep

3 P Consult International
Ruppertshainer Str. 5 A
D-61440 Oberursel
Tel.: 06171-52255
Fax: 06171-580482
Email: mail@3pconsult.de

Johannes Novak

Veterinärmedizinische Universität Wien
Inst. für Angewandte Botanik
Veterinärplatz 1
A-1210 Wien
Email: johannes.novak@vu-wien.ac.at

Franz Oeynhausen

Saatzucht Donau
A-4981 Reichersberg/Inn
Email: franz.oeynhausen@saatzucht-
donau.at

Klaus Pistrick

Institut für Pflanzengenetik und
Kulturpflanzenforschung (IPK)
Corrensstr. 3
D-06466 Gatersleben
Tel.: 039482-5278
Fax: 039482-5155
Email: pistrick@ipk-gatersleben.de

Sibylle Pistrick

Institut für Pflanzengenetik und
Kulturpflanzenforschung (IPK)
Corrensstr. 3
D-06466 Gatersleben
Tel.: 039482-5278
Fax: 039482-5155
Email: pistriks@ipk-gatersleben.de

Matthias Plewa

Pharmaplant Arznei- u.
Gewürzpflanzen
Forschungs- u. Saatzucht GmbH
Am Westbahnhof 4
D-06556 Artern-Unstrut
Tel.: 03466-3256-0
Email: info@pharmaplant.de

Gerhard Proeseler

Bundesanstalt für Züchtungsforschung
an Kulturpflanzen (BAZ)
Inst. für Epidemiologie und Resistenz
Neuer Weg 22/23
D-06484 Quedlinburg
Tel.: 03473-879112
Email: G.Proeseler@bafz.de

Christian Richter

Universität Gh Kassel
FB 11
Institut für Nutzpflanzenkunde (INK)
Steinstr. 19
D-37213 Witzenhausen
Tel.: 05542-98-1229
Fax: 05542-98-1230
Email: chricht@wiz.uni-kassel.de

Gerhard Röbbelen

Universität Goettingen
Institut für Pflanzenbau und
Pflanzenzüchtung
Von-Siebold-Str. 8
D-37075 Göttingen
Tel.: 0551-394361/36
Fax: 0551-39-4601

Mechtild Rommel

Eichsfelder Str. 33
D-37213 Witzenhausen
Tel.: 05542-2267

Konrad Scheffer

Universität Gh Kassel
FB 11
Institut für Nutzpflanzenkunde (INK)
Steinstr. 19
D-37213 Witzenhausen
Tel.: 05542-98-1545
Fax: 05542-981230
Email: ink@wiz.uni-kassel.de

Regina Schenk

Humboldt-Universität zu Berlin
Landwirtschaftliche Fakultät
Inst. für Pflanzenbauwissenschaften
Versuchsstation
Albrecht-Thaer-Weg 5
D-14195 Berlin (Dahlem)
Tel.: 030-31471 206
Fax.: 030-31471 211
Email: regina.schenk@agrar.hu-berlin.de

Antje Schierholt

Universität Göttingen
Institut für Pflanzenbau und -züchtung
Von-Siebold-Str. 8
D-37075 Göttingen
Tel.: 0551-39-4360
Fax: 0551-39-4601
Email: aschier@gwdg.de

Bärbel Schmidt

Institut für Pflanzengenetik und
Kulturpflanzenforschung (IPK)
Corrensstr. 3
D-06466 Gatersleben
Tel.: 039482-5158
Fax: 039482-5155
Email: schmidt@ipk-gatersleben.de

Veit Schubert

Bioforschung Schubert (BFS)
August-Bebel-Str. 1
D-06188 Scherz
Tel.: 034604-21012
Fax: 034604-21012
Email: veit.schubert@t-online.de

Konrad Schüler

Institut für Pflanzengenetik und
Kulturpflanzenforschung (IPK)
Genbank-Außenstelle Nord
Parkweg 3
D-18190 Groß Lüsewitz
Tel.: 038209-80525
Fax: 038209-80525
Email: Genbank.Luesewitz@t-online.de

Fatih Seyis

Universität Giessen
Institut für Pflanzenbau und
Pflanzenzüchtung I
Interdisziplinäres Forschungszentrum
(IFZ)
Heinrich-Buff-Ring 26-32
D-35392 Giessen
Tel: 0641-9937432
Fax: 0641-9937429
Email: Fatih.Seyis@agrار.uni-giessen.de

Marlis Sonnenschein

Pharmaplant Arznei- u.
Gewürzpflanzen
Forschungs- u. Saatzucht GmbH
Am Westbahnhof 4
D-06556 Artern-Unstrut
Tel.: 03466-3256-0
Fax: 03466-3256-20
Email: info@pharmaplant.de

Berthold Soppa

Niedersächsische Forstliche
Versuchsanstalt
Abt. Forstpflanzenzüchtung und
waldgen. Ressourcen

Forstamtstr. 6

D-34355 Staufenberg-Escherode
Tel.: 05543-694010
Fax: 05543-6940160
Email: nfv-abtc@t-online.de

Rüdiger Stegemann

Verein zur Erhaltung der
Nutzpflanzenvielfalt (VERN)
Am oberen Kirchweg 3
D-79258 Hartheim
Tel.: (07633-929854
Fax: 07633-929854
Email: rstg@gmx.de

Ramona Thieme

Bundesanstalt für Züchtungsforschung
an Kulturpflanzen (BAZ)
Institut für landwirtschaftliche Kulturen
Rudolf-Schick-Platz 3a
D-18190 Groß Lüsewitz
Tel.: 038209-45-200
Fax: 038209-45-222
Email: r.thieme@batz.de

Ralf Uptmoor

Universität Giessen
Institut für Pflanzenbau und
Pflanzenzüchtung I
Interdisziplinäres Forschungszentrum
(IFZ)
Heinrich-Buff-Ring 26-32
D-35392 Giessen
Tel: 0641-9937471
Fax: 0641-9937429
Email: Ralf.Uptmoor@agrار.uni-giessen.de

Rudolf Vögel

Landesanstalt für Großschutzgebiete
Schorfheide-Chorin (LAGS)
Haus am Stadtsee 1-4
D-16225 Eberswalde-Finow
Tel.: 03334-5822-311
Fax: 03334-5822-44
Email: rudi.voegel@lags.brandenburg.de

Werner Vogt-Kaute

Naturlandberatung e.V.
Steingrund 27
D-97797 Wertmannsroth
Tel.: 09357-99952
Fax: 09357-99953
Email: w.vogt-kaute@naturland.de

Knut Weißleder

Kleinwanzlebener Saatzucht AG
(KWS)
Grimsehlstr. 31
D-37555 Einbeck
Tel.: 05561-311-0
Fax: 05561-311-322
Email: k.weissleder@kws.de

Sabine Wetzel

Institut für Pflanzengenetik und
Kulturpflanzenforschung (IPK)
Corrensstr. 3
D-06466 Gatersleben
Tel.: 039482-5268
Fax: 039482-5155
Email: wetzel@ipk-gatersleben.de

Cornelia Wiethaler

NABU-Landesverband Baden-
Württemberg (NABU)
Rauensteinstrasse 69
D-88662 Überlingen
Tel.: 07551-91200
Fax: 07551-91201
Email: NABU.kulturpflanzenvielfalt@t-
online.de

Holger Wildhagen

Universität Gh Kassel
FB 11
Institut für Nutzpflanzenkunde (INK)
Steinstr. 19
D-37213 Witzenhausen
Tel.: 05542-98-1605
Fax: 05542-98-1230
Email: wildhagn@wiz.uni-kassel.de

Kurt Wittboldt-Müller

Baumschulen
Weitzmühlener Str. 59
D-27283 Verden-Eitze
Tel.: 04231-61077
Fax: 04231-63895

Sabine von Witzke-Ehbrecht

Universität Göttingen
Inst. für Pflanzenbau und -züchtung
Von-Siebold-Str. 8
D-37075 Göttingen
Tel.: 0551-39-4352
Fax: 0551-39-4601
Email: switzke@gwdg.de

Anke Wortmann

Verein Sozialökologie
Donandtstr. 4
D-28209 Bremen
Tel.: 0421-3499077
Email: anke_wortmann@web.de

Ralf Zimmermann

Pharmaplant Arznei- u.
Gewürzpflanzen
Forschungs- u. Saatzucht GmbH
Am Westbahnhof 4
D-06556 Artern-Unstrut
Tel.: 03466-3256-0
Email: info@pharmaplant.de