



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für  
Wirtschaft, Bildung und Forschung WBF

Achim Walter, Bruno Studer, Andreas Hund, Christoph Grieder,  
Luisa Last und Beat Keller | ETH Zürich

**01. April 2014**

---

# Umfeldanalyse zur Schweizer Pflanzenzüchtung

## Strategie Pflanzenzüchtung 2050

---

Aktenzeichen: BLW-551.00-6653/11/2/3/115

*Diese Studie wurde im Auftrag des Bundesamtes für Landwirtschaft, BLW für das Projekt «Strategie Pflanzenzüchtung 2050» in den Jahren 2013 und 2014 angefertigt und wurde vom Herausgeber editiert.*



BLW-D-AB633401/403

## Impressum

### Herausgeber

Bundesamt für Landwirtschaft BLW  
Schwarzenburgstrasse 165  
CH-3003 Bern  
[www.blw.admin.ch](http://www.blw.admin.ch)

### Lektorat / Edition

Hans Dreyer (BLW), Peter Latus (BLW), Christine Zundel (BLW), Arnold Schori (Agroscope), Michael Winzeler (Agroscope), Benno Graf (Agroscope), Willy Kessler (Agroscope) und Bruno Arnold (Agridea)

### Auftragnehmer

ETH Zürich  
Institut für Agrarwissenschaften (IAS)  
Gruppe Kulturpflanzenwissenschaften  
Prof. Dr. Achim Walter  
Universitätstrasse 2  
CH-8092 Zürich  
Tel. +41 44 632 32 72  
[achim.walter@usys.ethz.ch](mailto:achim.walter@usys.ethz.ch)

### Autoren

Prof. Dr. Achim Walter		ETH Zürich, Professur für Kulturpflanzenwissenschaften
Prof. Dr. Bruno Studer		ETH Zürich, Professur für Futterpflanzengenetik
PD. Dr. Andreas Hund		ETH Zürich, Gruppe Kulturpflanzenwissenschaften
Dr. Christoph Grieder		ETH Zürich, Gruppe Kulturpflanzenwissenschaften
Dr. Luisa Last		ETH Zürich, Gruppe Kulturpflanzenwissenschaften
Beat Keller		ETH Zürich, Gruppe Kulturpflanzenwissenschaften

# Inhaltsverzeichnis

<b>Abbildungsverzeichnis</b> .....	<b>7</b>
<b>Tabellenverzeichnis</b> .....	<b>8</b>
<b>Glossar</b> .....	<b>9</b>
<b>1 Einleitung</b> .....	<b>12</b>
1.1 Allgemeine Dynamik in der Züchtung und im Pflanzenbau .....	12
1.2 Motivation, Ziel, Rahmenbedingungen und Inhalt dieser Umfeldanalyse.....	12
<b>2 Situation des landwirtschaftlichen Pflanzenbaus heute und in Zukunft</b> .....	<b>14</b>
2.1 Übersicht der Hauptkulturen (Welt, EU, Schweiz).....	14
2.2 Nahrungsmittelproduktion und Ernährungssicherheit.....	15
2.2.1 <i>Produktionsintensität</i> .....	16
2.2.2 <i>Nahrungsmittelqualität und Gesundheit</i> .....	16
2.3 Ausgewählte Kulturen mit Bedeutung für die Schweiz .....	17
2.3.1 <i>Getreide</i> .....	17
2.3.2 <i>Hülsenfrüchte</i> .....	20
2.3.3 <i>Ölsaaten</i> .....	22
2.3.4 <i>Futterpflanzen</i> .....	24
2.3.5 <i>Obst</i> .....	25
2.3.6 <i>Gemüse</i> .....	26
2.3.7 <i>Kartoffeln</i> .....	28
2.3.8 <i>Medizinal- und Aromapflanzen</i> .....	28
2.3.9 <i>Weinbau</i> .....	29
2.4 Energiepflanzen.....	30
2.5 Alternative Kulturen .....	31
2.6 Prognose der zukünftigen Entwicklung .....	31
<b>3 Bestehende und zukünftige Züchtungsstrategien und wichtigste Zuchtprogramme</b> .....	<b>33</b>
3.1 Was ist Züchtung? .....	33
3.2 Züchtungsstrategien auf europäischer Ebene .....	34
3.3 Züchtungsstrategien auf nationaler Ebene .....	35
3.3.1 <i>Deutschland</i> .....	35
3.3.2 <i>Frankreich</i> .....	38
3.3.3 <i>Italien</i> .....	40
3.3.4 <i>Schweiz</i> .....	40
3.4 Wichtige Kulturpflanzen und ihre Züchtung.....	42
3.4.1 <i>Weizenzüchtung</i> .....	42
3.4.2 <i>Futterpflanzenzüchtung</i> .....	46
3.4.3 <i>Sojzüchtung</i> .....	49
3.4.4 <i>Apfelzüchtung</i> .....	50
3.4.5 <i>Gemüsezüchtung</i> .....	51
3.4.6 <i>Kartoffelzüchtung</i> .....	53
3.4.7 <i>Medizinalpflanzenzüchtung</i> .....	53

3.4.8	Ölsaatenzüchtung.....	54
3.4.9	Energiepflanzenzüchtung .....	55
3.4.10	Bio-Züchtung .....	56
3.5	Züchtungsmethoden.....	59
3.6	Abgeschlossene Programme – Erfahrungen.....	61
3.6.1	Fallbeispiel Weizenzüchtung in England.....	62
3.7	Schlussfolgerungen .....	63
<b>4</b>	<b>Ökoeffizienz .....</b>	<b>65</b>
4.1	Ökoeffizienz messen .....	65
4.2	Effizienz durch Praktiken der Bewirtschaftung .....	66
4.2.1	<i>Precision Farming</i> .....	66
4.2.2	<i>Mischkulturen</i> .....	66
4.2.3	<i>Gründüngung</i> .....	66
4.2.4	<i>Bio vs. konventionelle Produktion</i> .....	66
4.3	Wiederverwertung von Biomasse.....	67
4.3.1	<i>Hofdünger</i> .....	67
4.3.2	<i>Food waste</i> .....	67
4.3.3	<i>Komposteinsatz gegen bodenbürtige Pilzkrankheiten</i> .....	67
4.4	Nährstoffeffizienz und Züchtung.....	68
4.4.1	<i>Stickstoff</i> .....	68
4.4.2	<i>Phosphor</i> .....	69
4.4.3	<i>Symbiosen für verbesserte Nährstoffeffizienz</i> .....	69
4.4.4	<i>Effiziente Sorten züchten und nutzen</i> .....	69
4.4.5	<i>Resistenzzüchtung</i> .....	70
4.4.6	<i>Wurzelforschung</i> .....	70
4.5	Schlussfolgerung .....	71
<b>5</b>	<b>Herausforderung Klimawandel .....</b>	<b>73</b>
5.1	Regionale Prognosen für die Schweiz.....	73
5.1.1	<i>Nordschweiz</i> .....	74
5.1.2	<i>Südschweiz</i> .....	74
5.2	Konsequenzen für Kulturen .....	75
5.2.1	<i>Nordostschweiz</i> .....	75
5.2.2	<i>Westschweiz</i> .....	76
5.3	Vergleichbare klimatische Gebiete .....	77
5.4	Trockenheitstolerante Kulturpflanzen .....	77
5.5	Krankheiten, Schädlinge und Nützlinge.....	78
5.6	Konsequenzen für die Schweizer Landwirtschaft.....	78
<b>6</b>	<b>Technologische Entwicklung in Anbau und Verarbeitung .....</b>	<b>80</b>
6.1	Maschinelle Entwicklungen .....	80
6.1.1	<i>Direktsaat</i> .....	80
6.1.2	<i>Bewässerung</i> .....	81

6.1.3	<i>Automatisierte Ernte</i> .....	81
6.1.4	<i>Bodenverdichtung</i> .....	82
6.2	Verarbeitung von Nahrungsmitteln .....	82
6.2.1	<i>Proteine für die Backqualität</i> .....	82
6.2.2	<i>Verarbeitung von Teigprodukten</i> .....	82
6.2.3	<i>Einsatz von Nanotechnologie</i> .....	83
6.3	Rückgewinnung von Nährstoffen: Beispiel Phosphat-Recycling .....	83
<b>7</b>	<b>Entwicklung der Agrarmärkte</b> .....	<b>84</b>
7.1	Anbau in Zukunft .....	84
7.2	Entwicklung der globalen und regionalen Anbauflächen .....	85
7.2.1	<i>Internationaler Handel</i> .....	85
7.2.2	<i>Entwicklung Nahrungsmittelpreise</i> .....	86
7.2.3	<i>Fleisch</i> .....	86
7.2.4	<i>Milch</i> .....	86
7.2.5	<i>Hülsenfrüchte</i> .....	86
7.3	Rolle der Schweizer Landwirtschaft .....	86
7.4	Branchenentwicklung der Bio-Produktion .....	87
7.5	Schlussfolgerung für die Pflanzenzüchtung .....	88
<b>8</b>	<b>Konsum und Kaufkraft</b> .....	<b>89</b>
8.1	Entwicklung der Kaufkraft in der Schweiz .....	89
8.2	Konsumverhalten .....	89
8.3	Lebensmittelproduktion und Selbstversorgungsgrad .....	90
8.4	Was ist dem Schweizer Konsumenten wichtig .....	91
8.4.1	<i>Vertrauen und Preise</i> .....	91
8.4.2	<i>Konsumenten und die Wertschöpfungskette</i> .....	92
8.4.3	<i>Konsumenten und die Gesundheit</i> .....	92
8.5	Der zukünftige Konsum von Lebensmitteln in der Schweiz .....	92
<b>9</b>	<b>Kooperationsmodelle in der Züchtung</b> .....	<b>94</b>
9.1	Forschungsprogramme .....	95
9.2	Innovations- und Technologieplattformen .....	95
9.3	Wissens- und Technologietransfer .....	96
9.4	Nutzung von Synergien durch Kooperationen .....	96
9.4.1	<i>Nutzung von Synergien durch den Austausch von Zuchtmaterial</i> .....	96
9.4.2	<i>Nutzung von Synergien durch gemeinsame Biotechnologielabors</i> .....	97
9.4.3	<i>Nutzung von Synergien durch gemeinsame Vermarktung</i> .....	97
9.5	Wissens- und Bildungsplattformen .....	98
9.6	Partizipative Züchtung .....	98
9.7	Ausbildung im Bereich Pflanzenzüchtung .....	99
9.8	Vom Kooperationsmodell zum integrierten Kompetenzzentrum .....	99
<b>10</b>	<b>Synthese</b> .....	<b>100</b>
<b>11</b>	<b>Literaturverzeichnis</b> .....	<b>102</b>

<b>12</b>	<b>Appendix I: Liste der befragten Personen .....</b>	<b>122</b>
<b>13</b>	<b>Appendix II: Übersicht Weizenprojekte .....</b>	<b>124</b>

## Abbildungsverzeichnis

<b>Abbildung 1</b> Flächenanteile in Prozent der Hauptkulturen global, in der Europäischen Union (EU) und in der Schweiz.....	14
<b>Abbildung 2:</b> Relative Entwicklung der Anbaufläche der Hauptkulturen in der Schweiz, Frankreich, Deutschland und Italien seit 1961 (Hülsenfrüchte Schweiz relativ zu 1973).....	15
<b>Abbildung 3</b> : Getreideanbaufläche in der Schweiz relativ zu 1961 (Triticale relativ zu 1987) und in absoluten Zahlen (Datenquelle: FAOSTAT (2012)).....	18
<b>Abbildung 4</b> : Hülsenfrüchteanbaufläche in der Schweiz relativ zu 1990 (Lupine relativ zu 2006) und in absoluten Zahlen (fehlende Daten für Ackerbohne von 1996-2008) (Datenquelle: FAOSTAT (2012)) .....	20
<b>Abbildung 5</b> : Entwicklung der Ertragsleistung und Rapssorten ( <i>Brassica napus</i> ) in Deutschland (Quelle: Brauer (2012)).....	23
<b>Abbildung 6:</b> Schematische Darstellung des Züchtungskreislaufs (Eigene Darstellung).....	34
<b>Abbildung 7</b> : Schematische Darstellung von Forschungsstrategien (‘Horizon 2020‘ und ‘Bioökonomie‘) und Förderprogrammen, welche über ‘private-public partnerships‘ (PPP) Einfluss auf die Züchtung nehmen und technologische Innovationen ermöglichen. ....	36
<b>Abbildung 8</b> Anteil der Züchtungsschwerpunkte an der Forschungsfinanzierung in Deutschland (6.7 Mio. Euro pro Jahr) (Quelle: ‘PLANT 2030‘ und ‘Wheat Initiative‘).....	43
<b>Abbildung 9</b> : Anteil der eingesetzten Methoden an der Forschungsfinanzierung in Deutschland (6.7 Mio. Euro pro Jahr) (Quelle: ‘PLANT 2030‘ und ‘Wheat Initiative‘).....	43
<b>Abbildung 10</b> : Namen der Züchtungs- bzw. Erhaltungseinrichtungen und Anzahl der Rotklee-Sorten, welche auf der Liste der CPVO (Community Plant Variety Office) registriert sind. Hinzu kommen 31 weitere Einrichtungen mit weniger als 3 registrierten Sorten seit 2000.....	47
<b>Abbildung 11</b> : Namen der Züchtungs- bzw. Erhaltungseinrichtungen und Anzahl der Italienisch-Raigras-Sorten, welche auf der Liste der CPVO (Community Plant Variety Office) registriert sind. Hinzu kommen 35 weitere Einrichtungen mit weniger als 5 registrierten Sorten.....	48
<b>Abbildung 12</b> : Namen der Züchtungs- bzw. Erhaltungseinrichtungen und die Anzahl der Raps-Sorten, welche auf der Liste der CPVO (Community Plant Variety Office) registriert sind. Hinzu kommen 19 weitere Einrichtungen mit weniger als zehn registrierten Sorten seit 2000.....	55
<b>Abbildung 13:</b> Züchtungswerkzeuge und deren Einfluss auf den Züchtungsprozess (Eigene Darstellung) .....	59
<b>Abbildung 14:</b> Prognostizierte Änderungen der Temperatur und Niederschlagsmenge in der Nordostschweiz relativ zu den Werten von 1980-2009 unter Verwendung der drei Klimaszenarien A2, A1B und RCP3PD (Quelle: CH2011 (2011)). ....	74
<b>Abbildung 15</b> : Ohne Herbizideinsatz wird die Direktsaat in eine stehende Gründüngungsmischung angewendet (Quelle: Dierauer and Böhler (2012)).....	81
<b>Abbildung 16</b> : Ein Wasserstrahl schneidet den Salat, danach wird der Salat auf ein Förderband abtransportiert (Quelle: ramsayhighlander.com).....	81
<b>Abbildung 17</b> : Zunahme der wichtigsten Agrargüter von 2005/2007 bis 2050 (Quelle: Alexandratos and Bruinsma (2012)).....	85
<b>Abbildung 18</b> : Veränderungen des durchschnittlichen Verbrauches unterschiedlicher Lebensmittelgruppen zwischen 1980 und 2008 in der Schweiz. Angaben in kg pro Kopf und Jahr, inklusive prozentualer Veränderung. (Datenquelle: BAG (2012)).....	90
<b>Abbildung 19:</b> Schematische Darstellung von Form und Inhalt erfolgreicher Kooperationsmodelle in der Pflanzenzüchtung.....	94

## Tabellenverzeichnis

<b>Tabelle 1:</b> Anzahl angesiedelter Projekte, zusammengefasste jährliche Investitionen sowie verfolgte Forschungsansätze und wichtigste Einzelprojekte für die wichtigsten Forschungsfelder in der Weizenzüchtung.....	45
<b>Tabelle 2 :</b> Ergebnisse der Befragung eines Expertenpanels zum Einsatz von modernen Züchtungstechnologien in der Pflanzenzüchtung .....	61
<b>Tabelle 3 :</b> Wichtige Herausforderungen im Bereich der Ökoeffizienz und des Klimawandels sowie Ansätze zu deren Lösung im Bereich der Technik (siehe auch Kapitel 5) und der Züchtung .....	72
<b>Tabelle 4 :</b> Erwartete Änderungen des Schweizer Klimas bis 2050 und deren Effekte auf Erträge der Kulturpflanzen (Quellen: CH2011 (2011), Torriani, Calanca et al. (2007a), Finger and Schmid (2008), Finger, Lazzarotto et al. (2010), Lehmann, Briner et al. (2013)) .....	77

## Glossar

ANR	Agence Nationale de la Recherche
AWEL	Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft
BBSRC	Biotechnology and Biological Sciences Research Council
BLW	Bundesamt für Landwirtschaft
BÖLN	Bundesprogramm für ökologischen Landbau und andere Formen nachhaltiger Landwirtschaft
BDP	Bundesverband Deutscher Pflanzenzüchter e.V.
BMBF	Bundesministerium für Bildung und Forschung
BMELV	Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz
CIMMYT	Centro Internacional de Mejoramiento de Maiz y Trigo
CIRC	Crop Improvement Research and Technology Club
CMS	cytoplasmatic male sterile
COBRA	Coordinating organic plant breeding activities for diversity
CPVO	Community Plant Variety Office
CSIRO	Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization
dt/ha	Dezitonne pro Hektare
DEFRA	Department for Environment, Food, and Rural Affairs
DFG	Deutsche Forschungsgemeinschaft
DOK	Dynamisch, Organisch, Konventionell
DPPN	Deutsches Pflanzen-Phänotypisierung Netzwerk
DSP	Delley Samen und Pflanzen AG
ETP	European Technology Plattform
EU	Europäische Union
FACCE – JPI	Joint Programming Initiative on Agriculture, Food Security and Climate Change
LfL	Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft
MAP	Ministère de l’Agriculture et de la Pêche
MAS	Marker-gestützte Selektion (Marker Assisted Selection)
Mia.	Milliarde
Mio.	Million
N	Stickstoff
NAP	Nationaler Aktionsplan
NFP	Nationaler Forschungsplan
NIAB	National Institute of Agricultural Botany

NordGen	Nordic Genetic Resource Center
NUE	Nitrogen use efficiency, Stickstoffnutzungseffizienz
P	Phosphor
PBI	Plant Breeding Institute
PGREL	Pflanzengenetischen Ressourcen für Ernährung und Landwirtschaft
PLANT-KBBE	Transnational Plant Alliance for Novel Technologies – Towards Implementing the Knowledge-Based Bio-Economy in Europe and beyond
PINA/PINB	Puroindoline a und b
PPP	Private-Public Partnerships
QTL	Quantitative Trait Loci
REDES	Ressourceneffizienz im Dienste der Ernährungssicherheit
SNF	Schweizer Nationalfond für Forschung
SNP	Single Nucleotide Polymorphism
SOLIBAM	Strategies for Organic and Low-input Integrated Breeding and Management
SSR	Simple Sequence Repeats
SÖL	Stiftung Ökologie & Landbau
t	Tonne
FAO	Food and Agriculture Organization
FIBL	Forschungsinstitut für biologischen Landbau
FNR	Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V.
FSOV	Fonds de soutien à l'obtention végétale
F&E	Forschung und Entwicklung
FP7/RP7	Seventh Framework Programme/Siebtes Rahmenprogramm
GFP	Gemeinschaft zur Förderung der privaten deutschen Pflanzenzüchtung e. V.
GPZ	Gesellschaft für Pflanzenzüchtung e.V.
GABI	Genomanalyse im biologischen System Pflanze
GIS BV	Scientific Group of Interest "Plant Biotechnologies"
GVO/GMO	Genetisch Veränderter Organismus/Genetisch Modifizierter Organismus
GWP	Global Warming Potential
GZPK	Getreidezüchtung Peter Kunz
ha	Hektare
HOLL	High Oleic Low Linolenic
ILVO	Institute for Agricultural and Fisheries Research
INRA	Institut national de la recherche agronomique

IPAS	Innovative Pflanzenzüchtung im Anbausystem
IPK	Leibniz-Institut für Pflanzengenetik und Kulturpflanzenforschung
ISP	Eis-strukturierende Proteine
JGI	Joint Genome Institute
JKI	Julius Kühn-Institut
KAMEL	Kamille, Baldrian und Melisse
KMU	Kleine und mittlere Unternehmen
LCA	Life Cycle Assessment
TILLING	Targeting Induced Local Lesions in Genomes
UFOP	Union zur Förderung von Öl- und Proteinpflanzen e.V.
UFS	Union Française des Semenciers
USB	United Soybean Board
USDA	United States Department of Agriculture
WISP	Wheat Improvement Strategic Programme
WYC	Wheat Yield Consortium
ZUEFO	Züchtung feuerbrandrobuster Obstsorten

## 1 Einleitung

### 1.1 Allgemeine Dynamik in der Züchtung und im Pflanzenbau

Die Bedeutung von einzelnen Kulturarten im heutigen Pflanzenbau kann sich sehr schnell verändern. Hierfür verantwortlich ist eine Vielzahl von Faktoren, die unterschiedliche räumliche und zeitliche Auswirkungen haben. So kann sich die Nachfrage nach speziellen Inhaltsstoffen, die Anbauhäufigkeit oder Verbreitung bestimmter Kulturen verändern. Auch der technische Fortschritt eröffnet neue Möglichkeiten für den Anbau von bis *dato* nicht berücksichtigten, aber wirtschaftlich interessanten Kulturen (Stamp, Messmer et al. 2012). Zusätzlich haben die kontinuierliche Züchtung neuer Sorten oder politische Regulationen, z.B. Direktzahlungen, Preisstützung bei Soja oder die Gentechnikregulierung, starken Einfluss auf die Anbauhäufigkeit einer Kultur (Schori, Charles et al. 2003). Beispiele hierfür sind die Züchtung auf Kälteadaptation für Soja an hiesige klimatische Bedingungen oder der Aufstieg von Raps zu einer wichtigen Anbaukultur in Europa innerhalb von nur 50 Jahren. Langfristige Investitionen sind jedoch notwendig, da eine Adaption einer Nischenkultur an moderne Produktionsbedingungen mindestens 25 Jahre dauert (Stamp, Messmer et al. 2012).

### 1.2 Motivation, Ziel, Rahmenbedingungen und Inhalt dieser Umfeldanalyse

Diese Umfeldanalyse zur Schweizer Pflanzenzüchtung wurde im Rahmen der „Strategie Pflanzenzüchtung Schweiz“ erarbeitet, ein Projekt des Direktionsbereiches Landwirtschaftliche Produktionsmittel (DB LP) des Bundesamtes für Landwirtschaft (BLW) in Bern. Die „Strategie Pflanzenzüchtung Schweiz“ soll zu einer nachhaltigen Land- und Ernährungswirtschaft in der Schweiz im Zeithorizont 2050 beitragen.

Ziel dieser Umfeldanalyse ist die Beschreibung der aktuellen und künftigen Situation des Pflanzenbaus im nationalen und internationalen Umfeld. Sie beleuchtet die wichtigsten Pflanzenzüchtungsprogramme in Europa und anderen für die Schweiz relevanten Regionen und zeigt insbesondere die Interaktionen zwischen den Akteuren auf. Sie weist weiter auf technische, klimatische, wirtschaftliche, soziale und institutionelle Entwicklungen hin, welche im Hinblick auf die „Strategie Pflanzenzüchtung Schweiz“ relevant und zu berücksichtigen sind.

Die folgende Ausarbeitung der Umfeldanalyse berücksichtigt diese Entwicklungen auf der Basis der aktuellen politischen Rahmenbedingungen der landwirtschaftlichen Produktion und der Pflanzenzüchtung in der Schweiz und in Europa. Es soll explizit darauf hingewiesen werden, dass sich dieser politische Rahmen durch einzelne Faktoren in kurzer Zeit massgeblich verändern kann. Ein besonderes Augenmerk im Zusammenhang mit der Pflanzenzüchtung muss hier auf die Sonderstellung Europas und der Schweiz bezüglich des Anbaus und der Nutzung gentechnisch veränderter Kulturen (GVO) gelegt werden. Durch den politisch motivierten Verzicht auf die Nutzung dieser Technologie unterscheidet sich die Schweiz (und Europa) massgeblich vom Rest der Welt. Die Aufhebung des Verzichts könnte das Europäische Züchtungsumfeld der Schweiz massgeblich verändern.

Die anschliessende Arbeit basiert auf dem Inhalt von über 40 Experteninterviews und 300 Literaturstudien und ist in folgende Kapitel gegliedert: Nach einer Einführung in den aktuellen Stand und die Trends im Anbau wichtiger Kulturen (Kapitel 1) stellt sich die Frage nach den übergeordneten Züchtungsstrategien (Kapitel 2), die ein Staat oder auch ein Unternehmen verfolgt. Diese berücksichtigen die Anforderungen an die zukünftigen Kulturen unter Berücksichtigung weiterer Faktoren, z.B. Ressourcenknappheit, Effizienz- oder Qualitätssteigerung und klimatische Anpassungen. Diese Strategien sind sehr variabel und beinhalten auch die Art und Weise mit der Züchtung bzw. Züchtungsfortschritte erreicht werden. Ein wichtiger Punkt, insbesondere im Hinblick auf Ressourcenknappheit bei gleichzeitigem Streben nach Ertragssteigerung, ist die Ökoeffizienz im Pflanzenbau (Kapitel 3). Neben

der Steigerung der Effizienz ist auch ein schonender Umgang mit der Umwelt, z.B. die Reduzierung der Umweltwirkung durch landwirtschaftliche Produktion, in den Fokus einer nachhaltigen Landwirtschaft gerückt. Für eine nachhaltige Nahrungsmittelproduktion sind auf lange Sicht der Erhalt und die Erweiterung der Agro-Biodiversität notwendig und auch durch einen Teil der Bevölkerung erwünscht (Pretty 2008). Auch der Klimawandel (Kapitel 4) kann und wird, je nach Region, einen Einfluss auf die Züchtung und den Anbau verschiedenster Kulturen in der Schweiz haben. Wichtige Veränderungen der Zuchtziele und der Anbauhäufigkeit erfolgen auch durch technische Entwicklungen in der Anbau-, Verarbeitungs- und Produktionstechnik, welche unterschiedliche gezüchtete Merkmale bzw. die Anpassung der Kultur in ihrem Anbau erfordern (Kapitel 5). Ein Faktor, welcher auch auf globaler Ebene die Züchtung beeinflusst, ist die Entwicklung auf den Agrarmärkten (Kapitel 6). Änderungen wie zum Beispiel die Preisanpassung an europäisches Niveau sind auch im züchterischen Umfeld relevant (Lehmann, Briner et al. 2013). Hinzu kommen die Bedürfnisse und finanziellen Möglichkeiten (Kaufkraft) der Konsumenten (Kapitel 7), welche durch ihren Konsum und ihr Ernährungsverhalten zu einer gewissen Dynamik in der Pflanzenzüchtung und in der Lebensmittelproduktion beitragen. In Kapitel 8 sollen Kooperationsmodelle vorgestellt und erläutert werden. Den Abschluss dieser Arbeit bildet eine Synthese der wichtigsten Punkte, welche im Zusammenhang mit dieser Studie noch einmal hervorgehoben werden sollen.

## 2 Situation des landwirtschaftlichen Pflanzenbaus heute und in Zukunft

Soll die Landwirtschaft einen wesentlichen Beitrag zur Versorgung des Landes leisten, muss sie quantitativ und qualitativ verfügbar sein und ihr Potential ausschöpfen. Hierbei kommt der Züchtung und Entwicklung von Produktionssystemen eine Schlüsselrolle zu (Kopainsky, Flury et al. 2013). Effizienzsteigerungen durch die Wahl und Züchtung der richtigen Arten und deren Integration in geeignete Produktionssysteme werden für die Zukunft unumgänglich sein. Dies ist umso wichtiger unter dem Aspekt einer bis 2050 prognostizierten weiter abnehmenden landwirtschaftlichen Nutzfläche und Inlandsproduktion, steigender Stickstoffverluste und Ammoniakemissionen (Kopainsky, Flury et al. 2013) und dem Einfluss des Klimawandels (Mba, Guimaraes et al. 2012).

Im folgenden Kapitel soll die Situation des heutigen Pflanzenbaus aufgezeigt werden. Anhand wichtiger Kennzahlen wie Anbauflächen und Wertschöpfung soll gezeigt werden, welchen Stellenwert die einzelnen Kulturen in der Welt, in der EU und in der Schweiz einnehmen. Des Weiteren werden für die Kulturen allgemeine und für die Schweiz spezifische Problemfelder aufgeführt. Sofern Trends ersichtlich sind, werden Prognosen für die Zukunft gemacht.

### 2.1 Übersicht der Hauptkulturen (Welt, EU, Schweiz)

Global sind von den 1'216 Mio. ha Ackerfläche 58% mit Getreide bebaut, dahinter folgen die Ölsaaten mit 23% und Hülsenfrüchte mit 6.5%. In der Europäischen Union (EU-27) beträgt die Ackerfläche 80 Mio. ha, wovon 70.8% mit Getreide und 21.3% mit Ölsaaten bebaut sind (Abb. 1). In der Schweiz sind von den 0.204 Mio. ha 72% mit Getreide und 13.2% mit Ölsaaten bebaut. Im Vergleich mit der EU und der Welt ist in der Schweiz ein grösserer Anteil der Fläche mit Gemüse (7.6%) und Wurzel- und Knollenfrüchte (5.4%) bebaut (FAOSTAT 2012).

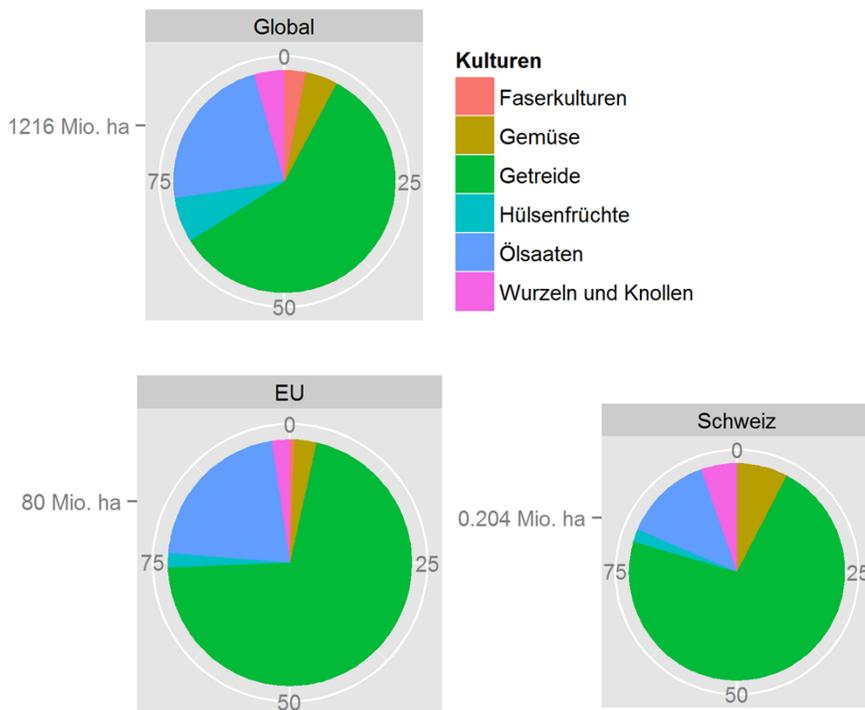
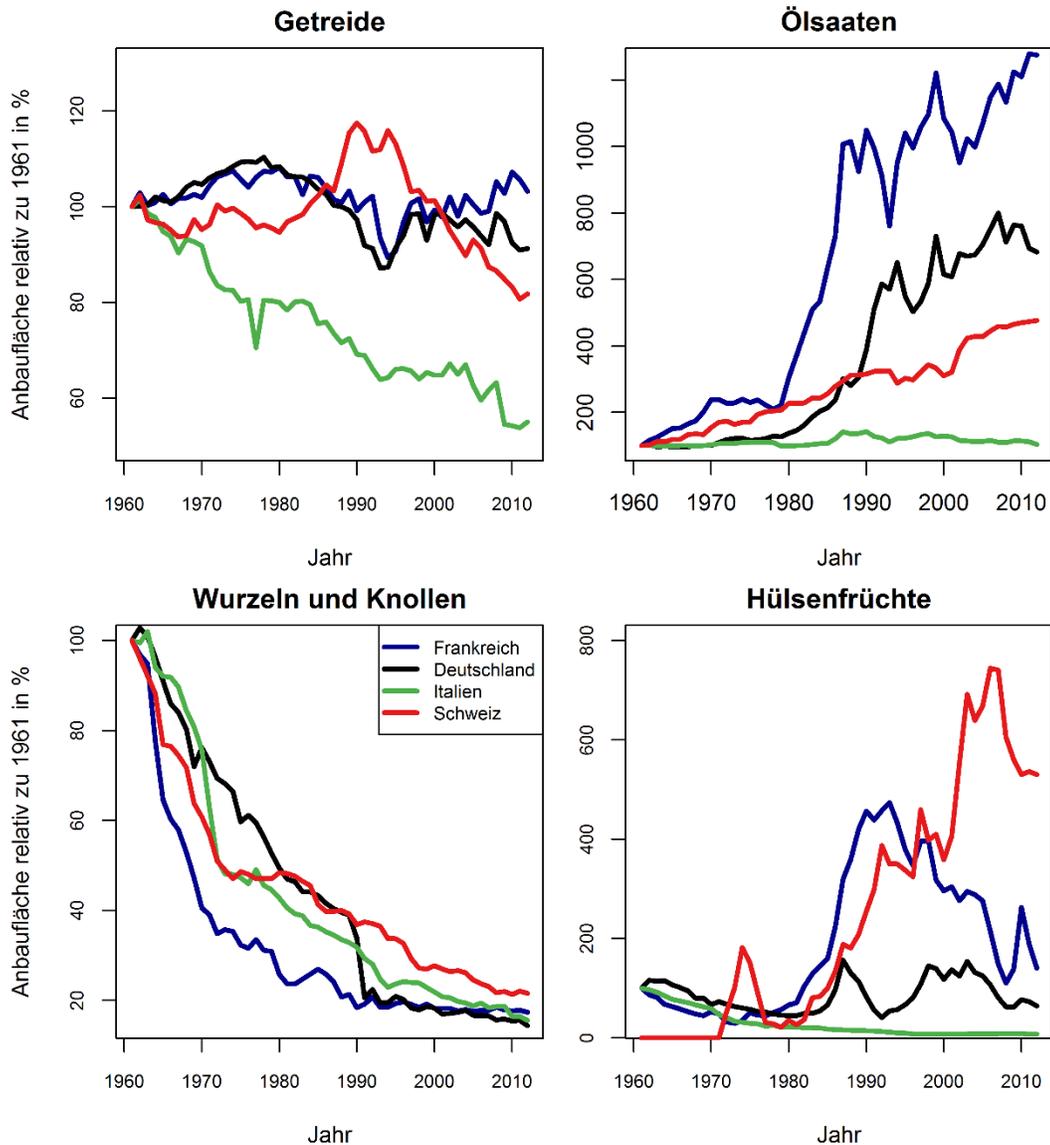


Abbildung 1 Flächenanteile in Prozent der Hauptkulturen global, in der Europäischen Union (EU) und in der Schweiz

Um Aussagen über den Zustand und die zukünftige Entwicklung zu machen, lohnt sich ein Blick auf die Entwicklung der wichtigsten Kulturartengruppen in der Vergangenheit (Abb. 2). Im Allgemeinen folgte die Schweiz dem Trend der Nachbarländer: leichte Reduktion der Getreideflächen (bei zunehmender Produktion), starker Rückgang der Flächen mit Wurzel- und Knollenfrüchten und Anstieg bei den Ölsaaten (FAOSTAT 2012). Relativ gesehen steigerte die Schweiz vor allem die Gemüse- und Hülsenfrüchteproduktion auf kleiner Fläche. Die Ausdehnung der Ölsaatenproduktion ging hauptsächlich auf Kosten der Getreideproduktion (LID 2010, FAOSTAT 2012).



**Abbildung 2:** Relative Entwicklung der Anbaufläche der Hauptkulturen in der Schweiz, Frankreich, Deutschland und Italien seit 1961 (Hülsenfrüchte Schweiz relativ zu 1973)

## 2.2 Nahrungsmittelproduktion und Ernährungssicherheit

Die wichtigste Aufgabe der Landwirtschaft ist die Produktion von Lebensmitteln zur Sicherstellung der Ernährung der Bevölkerung. Eine landwirtschaftliche Produktion muss einer steigenden Bevölkerungszahl, einer veränderten Nachfrage als auch zahlreichen sozialen, wirtschaftlichen und auch ökologischen Aspekten gerecht werden, um auch zukünftig bestehen zu können.

Nicht immer können die verschiedenen Aspekte gleich gewichtet sein. So hat sich die landwirtschaftliche Nutzfläche der Schweiz (1'051'063 ha, 2012) in den letzten 20 Jahren auf Kosten der Siedlungsfläche um ca. 6% reduziert. Während offenes Ackerland (-7.9%), Dauerwiesen (-3.9%), Rebbau (-0.9%) und der Obstbau (-6.5%) seit der Jahrtausendwende einen abnehmenden Trend zeigen, haben Nutzflächen wie Kunstwiesen (+15.6%), extensive Wiesen (+3.4%), Streue und Torfland (+10.1%) sowie das übrige Kulturland (+24.8%) zugenommen (BFS 2012). Die Bevölkerung wächst und der Druck auf Biodiversität und bearbeitete Böden nimmt zu. Zudem ist in diversen Ländern Europas seit 2000 eine Stagnation der Erträge in den Hauptkulturen zu beobachten (Kirschke, Häger et al. 2011). Der Selbstversorgungsgrad der Schweiz von derzeit 60% brutto (inklusive der Produktion basierend auf importierten Futtermitteln) und 54% netto wird deshalb voraussichtlich weiter abnehmen (BLW 2010, Kopainsky, Flury et al. 2013).

### **2.2.1 Produktionsintensität**

In den letzten 50 Jahren ist die weltweite Produktion der Hauptkulturen (Getreide, Wurzeln und Knollen, Hülsenfrüchte und Ölsaaten) von 1.8 Mia. auf 4.8 Mia. t pro Jahr (+162%) angestiegen. Der relative Anstieg war generell höher in sich entwickelnden Regionen (z.B. Afrika +303% und Asien +254%) als in Industrieländern (Europa +34%), wobei in der Schweiz die Produktion sogar leicht gesunken ist (-0.3%) (FAOSTAT 2012). Wird der Rückgang oder die Erweiterung der landwirtschaftlichen Nutzfläche mit einbezogen und die Flächenerträge beachtet, ergibt sich für Asien eine Steigerung um fast 150%, für Nordamerika mehr als eine Verdoppelung und für Europa eine Steigerung um 82%. Dabei wurden jeweils die Erträge über 3 Jahre gemittelt. Die Schweiz liegt mit einer Ertragsteigerung pro Fläche von 90% in den letzten 50 Jahren leicht über dem europäischen Durchschnitt (FAOSTAT 2012). Die Produktionszuwächse wurden folglich in den Industrieländern vor allem durch Produktionssteigerungen, in den Entwicklungsländern durch Flächenausdehnung erreicht. Der Stickstoffdüngerverbrauch als wichtiger Indikator für die Produktionsintensität ist zwischen 2002 und 2010 weltweit um über 20% gestiegen. Dieser Anstieg war in Industrieländern mit bereits hoher Produktionsintensität wie Europa und Nordamerika jedoch geringer (FAOSTAT 2012). In der Schweiz stieg der Verbrauch in dieser jüngsten Periode um 25% an, während er verglichen zu 1990 um 20% gesunken ist (FAOSTAT 2012).

### **2.2.2 Nahrungsmittelqualität und Gesundheit**

Qualitativ hochwertige, nachhaltig produzierte und sichere Produkte sollen auch zukünftig ein Schwerpunkt der Produktion in der Schweiz sein (BLW 2010, BLW 2012). Die Prävention und positive Verlaufsbeeinflussung ernährungsassoziierter Krankheiten, wie z.B. Diabetes, Allergien, Krebs sowie Herz- und Kreislauf-Erkrankungen, sollen schon frühzeitig in der Nahrungsmittelproduktion einen wichtigen Platz einnehmen (BMBF 2010, BLW 2012)<sup>12</sup>. Für Stoffe, welche heute immer häufiger eine allergene Wirkung auf den Konsumenten haben (z.B. Gluten), soll durch die Nutzung alternativer Kulturen (z.B. Pseudocerealien wie Buchweizen oder Amaranth) eine Ausweichmöglichkeit geboten werden. Alternative Kulturarten wie z.B. verschiedene Pseudocerealien können zudem höhere Gehalte an sekundären Inhaltsstoffen (Polyphenole, Phytosterole, Anthocyane,...) besitzen, welche einen positiven Einfluss auf die Gesundheit (Krebsprävention, Herz-Kreislauf Erkrankungen, etc.) haben können (Stintzing and Carle 2004, Alvarez-Jubete, Arendt et al. 2010, Fiorda, Soares et al. 2013, van Dam,

<sup>1</sup> <http://www.plantetp.org> (Zugriff am 20.10.2013)

<sup>2</sup> <http://www.plantetp.org> (Zugriff am 20.10.2013)

Naidoo et al. 2013, Venskutonis and Kraujalis 2013). Jedoch ist die positive Wirkung der sekundären Inhaltsstoffe, besonders in Langzeitstudien, noch nicht bestätigt.

Die Züchtung kann den ernährungsphysiologischen Nutzen der Pflanze gezielt durch die Produktion bestimmter Inhaltsstoffe erhöhen (BMBF 2010, BLW 2012)<sup>3</sup>. Gleichzeitig ist eine verbesserte Lagerfähigkeit und Reduktion von Toxinen und anderen gesundheitsgefährdenden Komponenten wünschenswert (BLW 2012). Möglichkeiten bieten vor allem biotechnologische Methoden betreffend Protein-, Kohlenhydrat-, Fettsäuren- und Vitaminmodifikation. Hinzu kommen die züchterische und biotechnologische Bearbeitung des Gehaltes an Antioxidantien und Mineralien sowie die Reduktion von allergenen Stoffen (Uncu, Doganlar et al. 2013). Zum Beispiel wurde in gentechnisch verändertem Raps, Soja und Mais durch Fett-Denaturasen und die Produktion von Omega-3-Fettsäuren sowie den längeren ungesättigten Fettsäuren (Kinney, Cahoon et al. 2002, Napier and Graham 2010) das produzierte Öl wertvoller für die menschliche Ernährung. Ein weiteres Beispiel ist die Kartoffelsorte ‚Innovator‘, die speziell für die Qualitätsanforderungen von Pommes Frites entwickelt wurde und nur unter Vertragsanbau für McDonalds produziert wird.<sup>4</sup> Neben der züchterischen Verbesserung spielen auch die Prozesstechnik sowie die Optimierung der Anbaufähigkeit und Bearbeitbarkeit von zum Beispiel Pseudocerealien, Nischen- oder auch Sonderkulturen eine wichtige Rolle.

## 2.3 Ausgewählte Kulturen mit Bedeutung für die Schweiz

Auch in der Schweiz führen Züchtungserfolge und politische Lenkung zu einer Dynamik im Anbau. Während die Preise für Ölsaaten eher steigen, stagnieren sie für Eiweisspflanzen und Getreide (seit 2009) (Swissgranum 2012). Dies schlägt sich auch auf die Anbaufläche nieder.

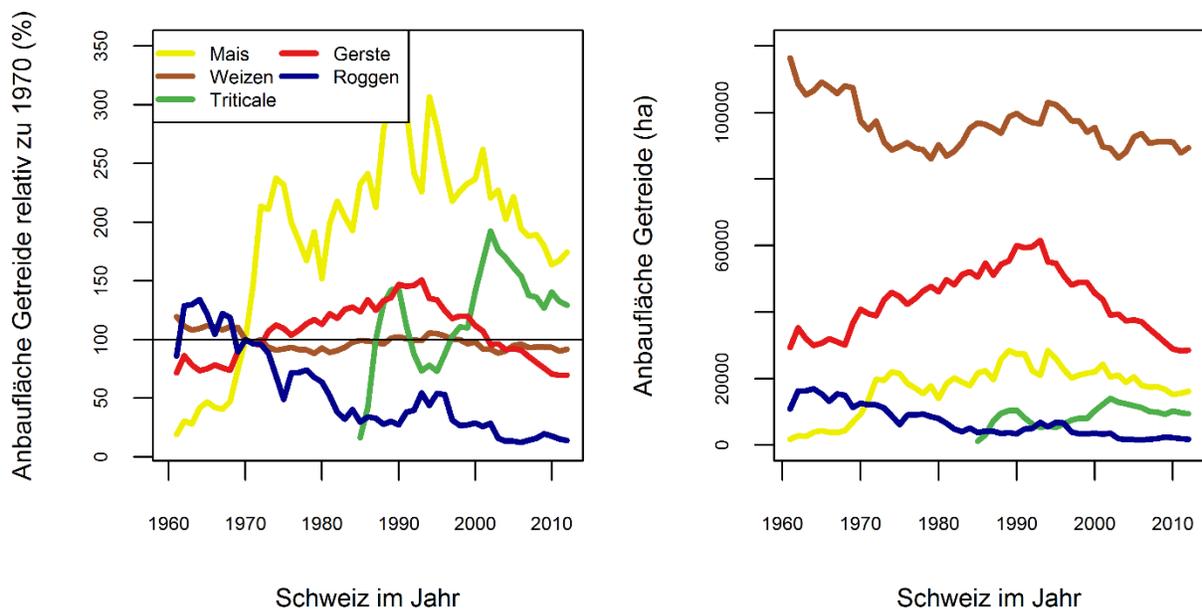
### 2.3.1 Getreide

In den letzten 20 Jahren schwankte die weltweite Anbaufläche von Getreide zwischen 660 und 707 Mio. ha, die produzierte Tonnage konnte jedoch konstant gesteigert werden (FAOSTAT 2012). Gründe für zunehmende Erträge auf annähernd gleichen Flächen können zum einen stetige Verbesserungen der Kultur durch Züchtung, aber auch eine intensivere oder effektivere Bewirtschaftung der landwirtschaftlichen Nutzfläche sein. Steigende Bevölkerungszahlen, die Getreide-basierte Treibstoffherstellung und der vermehrte Bedarf an Futtermitteln aufgrund des steigenden Fleischkonsums steigern die Nachfrage nach Getreide auf der ganzen Welt.

In der Schweiz hat sich die Anbaufläche von Getreide seit 1996 um 26% auf ca. 145'000 ha verringert (Abb. 3). Ein Grund war die Marktliberalisierung und der damit verbundene Preisrückgang im Jahr 2001 (SGPV 2013). 2011 wurden noch 16'000 ha Mais (exklusive Silomais), 83'000 ha Brotgetreide und 63'000 ha Futtergetreide angebaut (FAOSTAT 2012, BFS 2013). Wintergetreide mit 90.5% Anteil am Saatgetreideverkauf macht dabei den Grossteil der Produktion aus. Generell dominieren Wintergetreide während Sommergetreide einen Anteil von 4.5% am Saatgetreideverkauf hat (persönliche Mitteilung Meinrad Müller, swisssem).

<sup>3</sup> <http://www.plantetp.org> (Zugriff am 20.10.2013)

<sup>4</sup> [http://www.fenaco.com/deu/meldung\\_26321.shtml](http://www.fenaco.com/deu/meldung_26321.shtml) (Zugriff am 25.11.2013)



**Abbildung 3** : Getreideanbaufläche in der Schweiz relativ zu 1961 (Triticale relativ zu 1987) und in absoluten Zahlen (Datenquelle: FAOSTAT (2012))

Der Produktionswert des Schweizer Landwirtschaftssektors (Wert aller in der Landwirtschaft produzierten Waren und Dienstleistungen zu laufenden Preisen) lag im Jahr 2012 bei 9.9 Mia. CHF (BFS 2012). Der Anteil des Getreidebaus betrug dabei 3.7% bzw. 372.6 Mio. CHF. Der grösste Anteil an dieser Wertschöpfung wird wiederum durch den Anbau von Weizen generiert (58.1%), gefolgt von Gerste (19.4%), Körnermais (11%), Triticale (6.4%) und übrigen Getreiden (4%) (BFS 2012). Es ist jedoch anzumerken, dass der landwirtschaftliche Produktionswert die Wertschöpfung der verarbeiteten Produkte (z.B. aus Getreide produziertes Brot) nicht berücksichtigt und somit die Bedeutung von Getreide als Rohstoff für die gesamte Ernährungsindustrie wieder zunimmt.

### 2.3.1.1 Weizen

Wie für den gesamten Getreideanbau blieb die weltweite Weizenanbaufläche zwischen 1960 und 2012 relativ stabil, während die produzierte Menge kontinuierlich von 222 Mio. t auf 674 Mio. t angestiegen ist. Die grössten Anbauflächen finden sich heute in Indien (29.9 Mio. ha), China (24.1 Mio. ha) und Russland (21.2 Mio. ha) (FAOSTAT 2012). Auch die Schweizer Weizenanbaufläche blieb in den letzten 50 Jahren relativ konstant (Abb. 3). Der Anteil Schweizer Züchtungen beim Mahlweizen beträgt im Durchschnitt 92%. Der Anteil variiert zwischen den Qualitätsgruppen und beträgt 100% für die Klassen Top (ca. 8'500 t) und 1 (5'870 t), und ca. 30% für die Klasse 2 (1'537 t) (CPVO 2013). Im Gegensatz dazu stammen sämtliche Futterweizensorten (1'700 t) aus dem Ausland (persönliche Mitteilung Meinrad Müller, swisssem). Dies ist darauf zurückzuführen, dass in der Schweiz (durch Agroscope) hauptsächlich Sorten mit hoher Backqualität und kein Futterweizen gezüchtet werden.

### 2.3.1.2 Gerste

Die weltweite Anbaufläche erreichte zum Ende der 70er Jahre mit ca. 83 Mio. ha ihren Höhepunkt und liegt heute mit ca. 49 Mio. ha sogar noch unter dem Niveau von vor 50 Jahren (54 Mio. ha, 1961). Nichtsdestotrotz wird heute auf vergleichsweise weniger Fläche eine höhere Produktivität erreicht (132 Mio. t, 2012). Die grössten Anbauflächen befinden sich heute in Russland (15.5%), Australien (7.5%) und der Ukraine (6.7%) (FAOSTAT 2012). Dem weltweiten Trend folgend wird

auch in der Schweiz heute (ca. 28'000 ha) knapp weniger Gerste angebaut als noch vor 50 Jahren, wobei sich die Produktion jedoch verdoppelt hat (ca. 184'000 t, 2012). Der grösste Anteil der produzierten Gerste wird als Futtermittel verbraucht und nur ein marginaler Anteil wird als Braugerste verwendet. Da in der Schweiz keine Gerste gezüchtet wird, stammen die meisten Sorten der empfohlenen Sortenliste für das Jahr 2013 aus dem benachbarten Ausland von den Züchtungsunternehmen KWS und Limagrain (Agroscope 2012).

### 2.3.1.3 Mais

Die weltweite Anbaufläche von Mais ist kontinuierlich von ca. 105 Mio. ha (1961) auf 178 Mio. ha (2012) angestiegen. Im gleichen Zeitraum hat sich die produzierte Menge von heute 884 Mio. t mehr als vervierfacht. Die grössten Maisanbauflächen befinden sich in den USA (ca. 35 Mio. ha), China (ca. 35 Mio. ha), Brasilien (ca. 14 Mio. ha) und Indien (8.4 Mio. ha) (FAOSTAT 2012). Mais ist nicht nur ein wichtiger Bestandteil der Humanernährung, sondern er bildet in Form von Körnermais (Krafffutter) und von Silomais eine wichtige Grundlage der Tierernährung. Obwohl Mais heute auch verbreitet als Energiepflanze propagiert wird, zeigt sich immer deutlicher, dass Mais mit seinem hohen Stickstoffbedarf, der starken Beanspruchung des Bodens und der erforderlichen Behandlung mit Pflanzenschutzmitteln keine Quelle für eine nachhaltige Energieproduktion darstellt<sup>5</sup>.

Die Maisanbaufläche in der Schweiz setzt sich zusammen aus Körnermais (2012, 16'162 ha) und Silomais (46'783 ha). Seit 2005 ist ein konstanter Anstieg der bewirtschafteten Flächen mit Silomais zu verzeichnen, während im gleichen Zeitraum die Fläche für Körnermais abgenommen hat (BFS 2012). Bei Silomais stammt ungefähr 10% des Saatguts aus inländischer Zucht der Delley Samen und Pflanzen AG (DSP) (persönliche Mitteilung Meinrad Müller, swissem). Die weiteren empfohlenen Silomaisorten für 2013 stammen aus ausländischen Züchtungen, z. B. Beispiel von den Firmen Limagrain (FR), KWS (DE) oder RAGT (FR). Keine der empfohlenen Körnermaissorten für 2013 stammte aus inländischer Zucht (Agroscope 2013).

### 2.3.1.4 Triticale

Seit ihrer Einführung hat die weltweite Anbaufläche von Triticale von 467 ha (1975) konstant auf 3.7 Mio. ha (2012) zugenommen. Die grössten Anbauflächen finden sich heute in Polen (991'797 ha), Weissrussland (409'478 ha) und Frankreich (415'719 ha). Auch die produzierte Menge wurde zwischen 1975 und 2012 von 1'200 t auf 13,7 Mio. t gesteigert (FAOSTAT 2012). In der Schweiz schwankten die Flächen in den letzten 10 Jahren zwischen 10'000 und 14'000 ha (FAOSTAT 2012). Fast ein Drittel des Triticale Saatgetreideverkaufs stammt aus Schweizer Züchtungen von Agroscope Changins-Wädenswil (ACW)/ Agroscope Reckenholz-Tänikon (ART) und DSP (persönliche Mitteilung Meinrad Müller, swissem). Andere empfohlene Sorten stammen von der Pflanzenzucht Oberlimburg (DE), KWS Lochow (DE) oder Saatbau Linz (AT). Das 40 jährige Triticale Züchtungsprogramm der ACW wurde 2011/2012 von der Getreidezüchtung Peter Kunz übernommen, welche neu v.a. auf langstrohige und standfeste Sorten für den biologischen und extensiven Anbau sowie ertragsreiche Sorten für den intensiven Anbau züchtet.<sup>6</sup>

### 2.3.1.5 Problemfelder

Die Qualität der Getreideernten ist heterogen, da die bewirtschafteten Parzellen klein sind. Dies ist vor allem beim Brotweizen ein Problem, bei dem der Proteingehalt in Abhängigkeit von Region und Be-

---

<sup>5</sup> [http://www.bund-niedersachsen.de/service/bundmagazin/22005/mais\\_keine\\_energiepflanze\\_der\\_zukunft/](http://www.bund-niedersachsen.de/service/bundmagazin/22005/mais_keine_energiepflanze_der_zukunft/) (Zugriff am 30.10.2013)

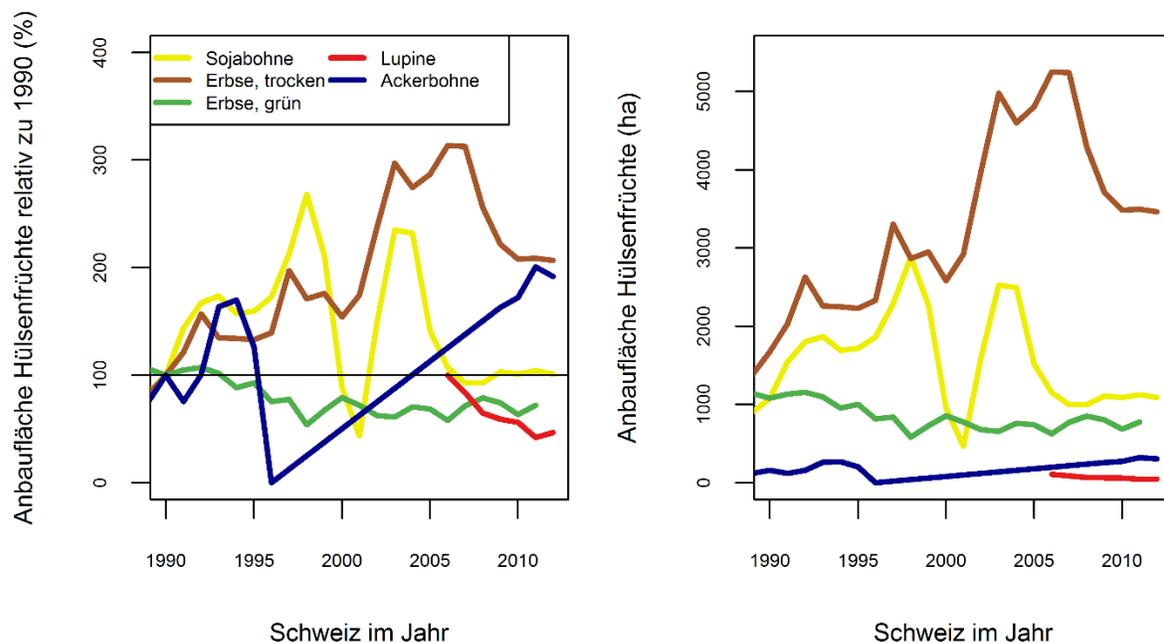
<sup>6</sup> [http://www.getreidezuechtung.ch/index.php?article\\_id=3](http://www.getreidezuechtung.ch/index.php?article_id=3) (Zugriff am 11.9.2013)

wirtschaftung stark variiert und genügende Backqualität nicht immer garantiert werden kann. Eine Arbeitsgruppe mit Vertretern von Züchtung, Handel und Verarbeitung versucht diese Problematik zurzeit genauer zu analysieren. Beim Anbau herrschen Probleme mit Fusarien und Mykotoxinen vor, was die gezielte Züchtung auf Resistenzen, v.a. bei Weizen, unerlässlich macht. Verschiedene Studien konnten jedoch genetische Marker für Fusariumresistenz in Weizen finden und deren Einsatz in der Praxis dürfte den Züchtungsfortschritt beschleunigen. Genetische Resistenzen helfen nicht nur die Qualität und Quantität der Getreideernten zu verbessern, sondern auch den Einsatz von Pflanzenschutzmitteln zu reduzieren.

Verarbeitete Produkte mit Verwendung von Rohstoffen aus der Schweiz profitieren durch das 'Schoggi-gesetz' von einer Exportförderung. So werden jährlich 45'000 t Mehl exportiert. Dieses Gesetz könnte in Zukunft wegfallen, zusammen mit einer Reduktion des Grenzschatzes. Zusätzlich wird befürchtet, dass sich die Agrarpolitik 2014 negativ auf die Getreideproduktion auswirkt. Zunehmende Konkurrenz für im Inland produziertes Mehl und auch Backwaren entsteht durch den Import von Teiglingen und fertigen Backwaren aus dem Ausland (SGPV 2013). Die Einfuhr von Backwaren erhöhte sich von 2002 bis 2012 um 175 Mio. CHF (BLW 2013).

### 2.3.2 Hülsenfrüchte

Hülsenfrüchte bilden eine wichtige Grundlage der Futtermittelindustrie. Auch in der Schweiz sind Eiweisserbsen, Ackerbohne, Lupine und Soja ein wachsender Bestandteil der Eiweissversorgung von Nutztieren. Der Anteil des Anbaus von Eiweisspflanzen am landwirtschaftlichen Produktionswert beträgt jedoch nur 0.09% (BFS 2012).



**Abbildung 4 :** Hülsenfrüchteanbaufläche in der Schweiz relativ zu 1990 (Lupine relativ zu 2006) und in absoluten Zahlen (fehlende Daten für Ackerbohne von 1996-2008) (Datenquelle: FAOSTAT (2012))

#### 2.3.2.1 Soja

Weltweit wurden 2012 auf einer Fläche von 107 Mio. ha ca. 253 Mio. t Soja angebaut, wobei die USA (28.9%), Brasilien (23.4%), Argentinien (18.1%) und Indien (10.1%) die grössten Flächenanteile hatten (FAOSTAT 2012). 2011 wurde geschätzt, dass ca. 75% der weltweiten Anbaufläche mit gentech-

nisch veränderten Sorten bestellt sind (BMELV 2012). Der Hauptanteil der Weltermte geht in die Ölherstellung (Speiseöl oder Biodiesel). Der dort anfallende Reststoff (Sojakuchen) geht zu 98% in die Tierfütterung (Hartman, West et al. 2011). Ein geringer Anteil der Sojaproduktion wird für die direkte menschliche Ernährung verwendet, z.B. als Tofu, Tofu oder Sojamilch (ACW 2012).

Obwohl es in der Schweiz in den letzten zwei Jahrzehnten starke Schwankungen in Bezug auf die Anbaufläche gab, ist diese in den letzten fünf Jahren stabil und liegt auch 2012 bei ca. 1'000 ha und 3'000 produzierten t (Abb. 4). Die Liberalisierung der Ölsaatenpreise führte 2000 zu einem Preiszerfall und dem Einbruch der Sojaproduktion, welcher sich nur geringfügig durch Preisstützungsmassnahmen erholt (Schori, Charles et al. 2003). Die für die Produktion genutzten Sorten stammen zum grössten Teil aus Schweizer Züchtung (siehe Kapitel 2). Aufgrund des Verbots der Verfütterung von Tiermehlen hat sich der jährliche Import von Sojaschrot seit 1990 auf 250'000 t verzehnfacht (Baur 2011, FAOSTAT 2012). Die Importe von Sojabohnen sind hingegen stark zurückgegangen.

Mit Proteingehalten bis zu 50% (Schori, Bétrix et al. 2013) produzieren Sojabohnen mindestens doppelt so viel Protein pro ha wie irgendeine andere Hauptkulturpflanze<sup>7</sup>.

Um die Selbstversorgung an Protein zu steigern, haben Anfang 2013 Bosnien und Herzegowina, Kroatien, Österreich, Serbien, Slowenien Ungarn und die Schweiz die Donau Soja Erklärung zur Förderung des Sojaanbaus unterschrieben. Diese definiert die Rahmenbedingungen für gentechnikfreie Soja-Anbauprogramme im Donauebiet. Ziel ist, die Anbaufläche von einer auf fünf Mio. ha auszubauen und dabei 17% der Maisanbaufläche zu substituieren (Schori, Bétrix et al. 2013, SOJA 2013). Verschiedene Organisationen wie zum Beispiel der Sojafördering in Deutschland<sup>8</sup> fördern Anbau und Forschung von Soja dabei auf nationaler Ebene.

Für die Humanernährung werden der Sojabohne verschiedene positive Eigenschaften wie beispielsweise der hohe Gehalt an essentiellen Aminosäuren, ungesättigten Fettsäuren, Nahrungsfasern, Vitaminen und Mineralien zugeschrieben (Sacks, Lichtenstein et al. 2006). Dies macht sie vor allem für die fleischlose Ernährung interessant (Esteves, Duarte Martino et al. 2010). Weitere sekundäre Inhaltsstoffe (z.B. Isoflavone) können positive Effekte auf die Gesundheit haben, deren Wirkung ist aber noch umstritten (Sacks, Lichtenstein et al. 2006, Lee, Ahn et al. 2007, EFSA 2010, Paucar-Menacho, Amaya-Farfan et al. 2010).

### **2.3.2.2 Eiweisserbsen, Ackerbohnen, Lupinen**

Im Anbau sind Eiweisserbsen nach wie vor die wichtigste Hülsenfrucht der Schweiz (Abb. 4), der Import ist jedoch rückläufig (FAOSTAT 2012). Durch das Fehlen von entsprechenden Programmen werden keine Eiweisserbsen aus Schweizer Zucht angebaut (CPVO 2013), ein Erbsenzuchtprogramm bei Getreidezüchtung Peter Kunz (GZPK) ist jedoch in Bearbeitung (Ist-Analyse). Für die Ackerbohnen sind nur drei Sorten aus Deutschland und Frankreich für den Anbau empfohlen (Agroscope 2012). Für Lupinen stehen zwei empfohlene Sorten, ebenfalls aus Deutschland und Frankreich, zur Verfügung.

### **2.3.2.3 Problemfelder**

Neben natürlichen Problemfeldern wie z. B. der Verunkrautung oder dem Krankheits- und Schädlingsbefall von Sojabohnen sind es vor allem wirtschaftliche und politische Vorgänge, die den Sojaanbau in der Schweiz kontrollieren. Zum einen sind die Anbauflächen in der Schweiz durch Anbauverträge begrenzt. Zum anderen ist die Nachfrage nach Soja durch die Ölwerke auf Mengen ausgerichtet, wel-

<sup>7</sup> [http://www.nsr1.uiuc.edu/soy\\_benefits.html](http://www.nsr1.uiuc.edu/soy_benefits.html) (Zugriff am 9.12.2013)

<sup>8</sup> <http://www.sojafoerderrig.de/pages/forschung.php> (Zugriff am 9.12.2013)

che nur durch ausländische Sojaimporte konstant gedeckt werden können (Baur 2011). Des Weiteren ist der Sojaanbau für den Landwirt derzeit nur durch die Nutzung zusätzlicher Preisstützung interessant (Schori, Charles et al. 2003). Eiweisserbsen und Ackerbohnen haben vergleichsweise geringe Eiweissgehalte, hohe Anteile an Nicht-Protein-Stickstoff (wenig geeignet für Monogastrier) sowie teilweise unbefriedigende Aminosäuremuster und unerwünschte Inhaltsstoffe (Baur 2011), was sie für den Anbau und Nutzung weniger attraktiv macht. Durch die geringe züchterische Bearbeitung und damit nachteilige Eigenschaften ist die Lupine noch keine Alternative im Anbau.

### 2.3.3 Ölsaaten

#### 2.3.3.1 Fallbeispiel Raps

Die weltweite Anbaufläche von Raps wurde zwischen 1960 und 2012 von 6.3 auf 34.2 Mio. ha gesteigert, wobei die EU-27 (30%), Kanada (24%) und China (21%) die wichtigsten Produzenten sind (FAOSTAT 2012). In der Schweiz hat sich die Anbaufläche von 1960 (5'600 ha) bis 2012 (22'000 ha) fast vervierfacht (FAOSTAT 2012), wobei die Produktion dank verbesserter Sorten und Anbautechniken um den Faktor 8 zugenommen hat (9'100 t in 1960, 68'977 t in 2012). Die Produzentenpreise liegen bei 200 CHF/dt bei einem angestrebten Ertrag von 20-25 dt/ha<sup>9</sup>. Da die Schweiz weder staatliche noch private Rapszüchtung betreibt, ist ein vielseitiger Anbau von ausländischen Importen und Saatgutbeständen abhängig<sup>10</sup>, wobei die empfohlenen Sorten für 2011-2014 ausschliesslich von den Europäischen Nachbarn (D, F, A, S) stammen.

Raps ist ein gutes Beispiel, um den Einfluss von Schlüsseltechnologien und politischen Zielsetzungen auf die Verbreitung einer Kulturpflanze zu illustrieren. Die Bereitstellung von erucasäurefreien Sorten („0-Raps“, 1970er) und die Reduktion des Glucosinolatgehaltes („00-Raps“, 1980er) spielten dabei eine wichtige Rolle. Durch diese beiden technischen Schlüsselereignisse konnte das bis *dato* ungeeignete Öl auch für die Humanernährung, resp. der Presskuchen für die Tierfütterung eingesetzt werden. So ist Rapsöl dank des hohen Anteils an Linolsäure (Omega-6-Fettsäure) und Alpha-Linolensäure (Omega-3-Fettsäure) sowie Vitamin E heute eines der gesündesten Speiseöle mit positivem Effekt auf das Herz- Kreislauf-System<sup>11</sup>. Die kürzlich entwickelten HOLL-Sorten (High Oleic Low Linolenic), deren Öl hitzestabiler ist, werden das mögliche Einsatzgebiet von Rapsöl noch weiter vergrössern. Obwohl die Einbringung der neuen Qualitätseigenschaften jeweils mit einem Leistungseinbruch einherging, konnte dieser Verlust durch Züchtung nach weniger als fünf Jahren wieder kompensiert werden (Gallais 2011). Als weitere Schlüsseltechnologie ist die Einführung eines Hybridmechanismus (1990er) zu nennen, da durch die Züchtung von Hybridsorten der Zuwachs im Ertragsniveau nochmals gesteigert werden konnte (Abb. 5).

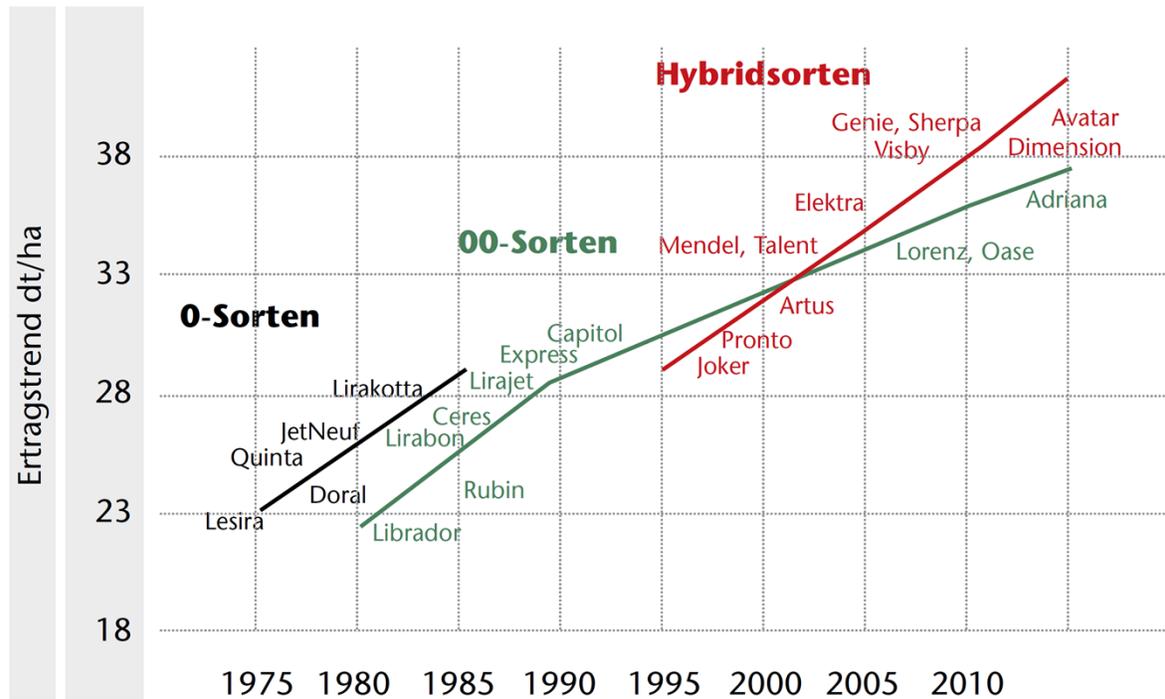
Durch die Einführung neuer Qualitätseigenschaften konnte also das Einsatzgebiet und der Absatz von Raps stark vergrössert werden. Zusätzlich zum Bedarf an Rapsölen und -schroten hat die steigende Nachfrage nach Biodiesel zum Anstieg des Rapsanbaus (13% der globalen Ölsaatenproduktion) beigetragen. Da die Hybridzüchtung zudem erlaubte, die Züchterrechte (kein Nachbau möglich) besser wahrzunehmen, wurden Investitionen in die Züchtung rentabler und Raps ist innert weniger Jahre zu einer der wichtigsten Kulturpflanzen aufgestiegen.

<sup>9</sup> <http://www.agrigate.ch/de/pflanzenbau/ackerbau/835/836/844/> (Zugriff 6.9.2013)

<sup>10</sup> [http://www.parlament.ch/d/suche/seiten/geschaefte.aspx?gesch\\_id=20114202](http://www.parlament.ch/d/suche/seiten/geschaefte.aspx?gesch_id=20114202) (Zugriff 6.9.2013)

<sup>11</sup> <http://www.bdp-online.de/de/Branche/> (Zugriff 7.9.2013)

GV-Raps spielt vor allem in Nord-Amerika und Australien eine wichtige Rolle, wird in der EU aber auch in Zukunft nur in geringem Masse angebaut werden.<sup>12,13,14</sup> Das in der Schweiz angebotene Rapsöl wurde zu 84% aus Schweizer Rapssamen hergestellt (BLW 2012). 2012 wurden zusätzlich 6'828 t Rapsöl für den Verzehr und weitere 39'595 t als Rapsschrot importiert (Swissgranum 2012).



**Abbildung 5 :** Entwicklung der Ertragsleistung und Rapsorten (*Brassica napus*) in Deutschland (Quelle: Brauer (2012))

### 2.3.3.2 Weitere Ölsaaten

Eine weitere Ölsaatenkultur ist der Kürbis. Mit wenig ökonomischer Relevanz und geringer Anbaufläche (412 ha) hat sich der Anbau in der Schweiz seit 2000 jedoch fast verdoppelt (+45.1%) (FAOSTAT 2012). Zur Produktion von Öl aus Kürbissen entfallen hierauf 46 ha (BLW 2013). Reich an Vitamin A, C, D und E sowie Kalium, Kalzium und Zink, erfreut sich der Kürbis wachsender Beliebtheit. Der hohe Gehalt an ungesättigten Fettsäuren (Omega-9-, Omega-6- und Omega-3-Fettsäuren) macht Kürbisöl zu einem beliebten Speiseöl<sup>15</sup>.

Leinsamen wird auf 160 ha angebaut, was seit 2000 einer Steigerung um 17.6% entspricht (FAOSTAT 2012). In der Schweiz unterstützt die Vereinigung Tradilin den Anbau von Leinsamen vor allem für die Tierfütterung<sup>16</sup>. Kornertrag und Produzentenpreis sind jedoch deutlich unter demjenigen von Raps. Zusätzlich ist das Leinöl schlecht haltbar und von intensivem Eigengeschmack (Frick 2005). Ähnlich dem

<sup>12</sup> <http://www.transgen.de/zulassung/gvo/> (Zugriff am 6.9.2013)

<sup>13</sup> [http://www.transgen.de/anbau/eu\\_international/199.doku.html](http://www.transgen.de/anbau/eu_international/199.doku.html) (Zugriff am 6.9.2013)

<sup>14</sup> <http://www.biosicherheit.de/forschung/raps/276.zulassungen-anbau.html> (Zugriff am 6.9.2013)

<sup>15</sup> <http://www.pflanzenoel.ch/speiseoel/oelsorten/kuerbiskernoel> (Zugriff am 3.12.2013)

<sup>16</sup> <http://www.tradilin.ch/chapitre/5/50/TradiLin-Produkte> (Zugriff am 25.11.2011)

Raps gibt es jedoch auch bei den Leinsamen eine für die Ölherstellung optimierte gezüchtete Sorte (Linola™)<sup>17</sup>.

Der Anteil der Ölsaaten und Ölfrüchte am landwirtschaftlichen Produktionswert beträgt 0.9% bzw. 90 Mio. CHF (BFS 2012).

### 2.3.3.3 Problemfelder

Bei den natürlichen Problemfeldern im Rapsanbau sind hauptsächlich die Anfälligkeit für Pilzkrankheiten, die Wurzeln und Stängel angreifen (König, Steck et al. 1999), zu nennen. Durch die bedingte Selbstunverträglichkeit sind Anbaupausen von mindestens drei Jahren nötig, welche die theoretische Anbaufläche minimieren. Auswinterung, Frost und tierische Schädlinge können situativ einen grösseren Schaden anrichten (König, Steck et al. 1999)<sup>18</sup><sup>19</sup>. Im Hinblick auf qualitativ hochwertige Speiseöle sind sauber getrennte Produktions- und Verarbeitungswege einzuhalten, um eine Vermischung zwischen HOLL- und konventionellen Sorten zu verhindern (Scheuner 2013).

Eines der politischen Problemfelder im Rapsanbau ist die aktuelle und zukünftige Agrarpolitik, da eine angemessene Unterstützung des Bundes (z.B. Einzelkulturbeiträge) erforderlich ist, um weiterhin wettbewerbsfähig zu bleiben (Scheuner 2013). Einen wichtigen Einfluss haben aber auch die internationalen Ölpreise, welche den Rapsanbau für Schweizer Ölsaatenproduzenten mehr oder weniger attraktiv machen, sowie der zukünftige Zugang zu GVO-freiem Saatgut aus dem Ausland. Hier besteht eine 100%ige Abhängigkeit von ausländischem Saatgut, welche sich zukünftig durch den vermehrten Einsatz von Hybridsorten verstärken wird (persönliche Mitteilung Jürg Hiltbrunner, Agroscope).

Da viele ackerbauliche Möglichkeiten (Pflanzenschutz, Düngung) ausgeschöpft sind, wird der Ertragsfortschritt bei Raps stärker von der Züchtung leistungsfähigerer Sorten und der Beizausstattung des Saatguts abhängig sein. Da Raps mittlerweile aber durch ein breites Anwendungsgebiet (ermöglicht durch züchterische Meilensteine wie 00- oder HOLL Raps), ein vorhandenes Hybridzüchtungsverfahren sowie günstige Marktbedingungen (Ölsaatenförderung in der CH, Bioenergieförderung in der EU) eine attraktive Kulturpflanze ist, werden sich für die Züchter weitere Investitionen in verbesserte Sorten lohnen.

## 2.3.4 Futterpflanzen

### 2.3.4.1 Futterpflanzenanbau Schweiz

In der Schweiz sind knapp 70% der landwirtschaftlichen Nutzfläche (1'051'063 ha) Grünflächen, wobei der Anteil in Bergkantonen bis 98% betragen kann (BFS 2012). Der Anteil Kunstwiesen (aktuell 133'564 ha) und extensive Wiesen (aktuell 92'097 ha) nahm im ‚Grasland Schweiz‘ seit 2000 zu, während die übrigen Dauerwiesen und Weiden (519'135 ha) weiterhin abnehmen. Die Anbaufläche von Silomais beträgt 46'782 ha und von Futterrüben 712 ha (BFS 2012).

Neben Lebensraum für Tiere und Pflanzen spielt das Grünland eine wichtige Rolle für die landschaftliche bzw. touristische Attraktivität der Schweiz und bildet die Grundlage der Vieh- und Fleischwirtschaft.

<sup>17</sup> <http://www.dpi.vic.gov.au/agriculture/grain-crops/crop-production/growing-linseed-linola> (Zugriff am 28.11.2013)

<sup>18</sup> [http://www3.syngenta.com/country/de/de/Kulturen/Raps/Seiten/Unkraeuter\\_Krankheiten\\_und\\_Schaedlinge.aspx](http://www3.syngenta.com/country/de/de/Kulturen/Raps/Seiten/Unkraeuter_Krankheiten_und_Schaedlinge.aspx) (Zugriff am 6.9.2013)

<sup>19</sup> <http://www.rapool.de/> (Zugriff am 6.9.2013)

schaft, der wichtigsten landwirtschaftliche Einkommensquelle (BLW 2012). Der Produktionswert des Futterpflanzenbaus beläuft sich jährlich auf ca. 900 Mio. CHF, wobei Grasland (86%) neben Futtermais (13.0%) sowie Hackfrüchten (0.5%) den grössten Anteil hat (BFS 2012). Das aus dem mehrjährigen Futterbau auf Wiesen und Weiden stammende Grünfutter ist die wichtigste Futterquelle für Tiere und liefert bis zu 70% der Trockensubstanz, 70% der Bruttoenergie und ca. 2/3 des Rohproteins für die Tierernährung (Baur 2011, BFS 2012).

Die totale Inlandproduktion von Gras- und Kleesamen zur Futterproduktion beträgt 200 t (140 t Gras, 60 t Klee). Zusätzlich werden ca. 1'000 t im Ausland produziertes Grassaatgut importiert. In 80-90% der Samenmischungen im Schweizer Futterbau ist mindestens eine Schweizer Sorte enthalten (IST-Analyse, Futterpflanzenzüchtung, Beat Boller, Franz Schubiger und Willy Kessler). Die wichtigsten, in der Schweiz gezüchteten Futterpflanzen sind Bastard-Raigras, Englisches Raigras, Italienisches Raigras, Knaulgras, Rohrschwengel, Rotschwengel, Wiesenrispengras und Wiesenschwengel sowie Esparsette, Rotklee, Schotenklee und Weissklee.

#### **2.3.4.2 Problemfelder**

Ein spezifisches Problemfeld für den Schweizer Futterbau ist das stetige Auseinanderklaffen zwischen Tier- und Futterpflanzenzüchtung. Die steigende Leistungsfähigkeit, z.B. von Milchkühen, erfordert einen steigenden Einsatz von meist importierten Kraftfuttermitteln (hauptsächlich Protein), womit die Versorgung aus der inländischen Futtermittelproduktion sinkt und die Abhängigkeit vom Ausland steigt. Um diesem Trend entgegenzuwirken, könnte einerseits der Protein- und Energiegehalt der hiesigen Futterpflanzen züchterisch erhöht werden, was jedoch nicht reichen würde, um den Fortschritten der Tierzucht zu entsprechen. Zum anderen könnte die Tierzüchtung mit der Züchtung auf an die hiesigen Gegebenheiten angepasste Rassen reagieren. Dies gäbe die Möglichkeit, lokale Futtermittel effizienter auszuschöpfen, Standorte schonend zu bewirtschaften, Überproduktion (z. B. Milch) zu vermeiden und den Import an Futtermitteln zu reduzieren (persönliche Mitteilung Beat Boller, Agroscope).

Auch im Futterpflanzenbau bilden Krankheiten ein Problemfeld. Krankheiten wie Anthracnose bei Rotklee oder die bakterielle Welke von Weidelgras könnten auch in der Schweiz für grössere Schwierigkeiten im Futterpflanzenanbau sorgen. Aktuelle Sorten und Projekte zur Resistenzzüchtung sind zurzeit jedoch sehr gut aufgestellt und helfen diese Krankheiten zu verstehen und grösseren Verlusten entgegenzuwirken (persönliche Mitteilung Beat Boller, Agroscope) (Jacob, Hartmann et al. 2013, Kölliker, Wichmann et al. 2013). Stärkere Konkurrenz durch Unkräuter und trockenheitsbedingte Ertragsverluste durch den Klimawandel sind weitere Handlungsfelder (Zwicke, Alessio et al. 2013).

#### **2.3.5 Obst**

Der weltweite Anbau von auch in der Schweiz angebauten Obstkulturen hat in den letzten 50 Jahren stetig zugenommen. So steigerte sich etwa die Anbaufläche für Äpfel von 1.5 auf 6.05 Mio. ha, für Birnen von ca. 500'000 auf 1.6 Mio. ha, für Zwetschgen von ca. 400'000 auf 2.5 Mio. ha, für Kirschen von 160'000 auf 605'000 ha und für Aprikosen von ca. 213'000 auf 490'000 ha. Auch die produzierte Menge ist während dieser Zeit stetig gewachsen (Apfel: von 17 auf 75 Mio. t; Birne: von 5 auf 24 Mio. t; Zwetschgen: von 6 auf 11 Mio. t; Aprikosen: von 1.3 auf 4 Mio. t, und Kirschen: von 1.8 auf 3.5 Mio. t).

In der Schweiz wurden 2012 auf insgesamt 6'544 ha Obstkulturen angebaut. Mehr als zwei Drittel (4'137 ha) der Obstbestände waren auch in diesem Jahr Äpfel, gefolgt von Birnen (791 ha, 12%), Apri-

kosen (694 ha, 11%), Kirschen (530 ha, 8%) und Zwetschgen (332 ha, 5%) (BLW 2012). Trotz der Dominanz des Apfelanbaus ist seit 1997 ein Trend weg von Kernobst hin zu Steinobst und Beeren zu beobachten (Bravin, Leumann et al. 2008, BLW 2012).

Clubsorten, d.h. eine Obstsorte welche einer zentralen Kontrolle unterliegt und nur von einer begrenzten Zahl von Produzenten (dem 'Club) unter einem eigenen Markennamen in den Handel gebracht wird, werden zunehmend wichtiger. Seit 2007 ist eine Zunahme dieser Sorten im Anbau zu verzeichnen und 2012 wurden sie auf 8.4% der gesamten Schweizer Obstbaufläche angebaut (Stehr, Guerra et al. 2011, BLW 2012). Dieser Trend ist in ganz Europa zu verzeichnen (Schwartau 2010). Beim Anbau von Clubsorten ist eine kostenpflichtige Lizenz nötig. Ziel ist die limitierte Produktion von Qualitätsäpfeln in einem höheren Preissegment (Helfenstein 2005, Schwartau 2010).

Der Anteil des Obstbaus am landwirtschaftlichen Produktionswert beträgt ungefähr 5.3% und liegt damit knapp über dem des Getreideanbaus (BFS 2012).

### 2.3.5.1 Problemfelder

Durch die lange Züchtungsdauer bei Obstkulturen müssen Züchtungsziele sehr langfristig ausgelegt sein. Krankheiten wie Feuerbrand können den Obstbau beeinträchtigen, wobei die Bereitstellung resistenter Sorten meistens länger dauert. Auch veränderte Konsumgewohnheiten können sich schnell auf den Anbau auswirken (Bravin, Leumann et al. 2008) und es ist schwierig, diese im Hinblick auf eine züchterische Anpassung früh genug zu antizipieren.

### 2.3.6 Gemüse

Die weltweite Fläche für den Gemüseanbau hat sich in den letzten 50 Jahren verdoppelt (56.7 Mio. ha im 2011), während die produzierte Menge verfünffacht wurde (ca. 1 Mia. t im 2011). Die grössten Anbauflächen befinden sich in China (42.9%), Indien (13.3%) und Nigeria (3.2%). Innerhalb Europas sind Italien (ca. 508'000 ha), Spanien (ca. 338'000 ha) und Rumänien (ca. 263'000 ha) die grössten Produzenten. Die grössten Flächen für den Gemüseanbau in Europa werden für die Produktion von Tomaten (ca. 278'000 ha), Zwiebeln (ca. 187'000 ha) und Kohl (ca. 170'000 ha) genutzt (FAOSTAT 2012).

In der Schweiz steigerte sich der Gemüseanbau in den letzten 50 Jahren von 8'000 (FAOSTAT 2012) auf ca. 14'500 ha (inkl. 4'500 ha durch Mehrfachanbau<sup>20</sup>) im Jahr 2012. Dies entspricht einer Produktionsmenge von 400'000 t Gemüse, unterteilt in 66% Frischgemüse, 22% Lagergemüse (wie Erbsen, Bohnen, Spinat) und 12% Verarbeitungsgemüse (wie Karotte, Zwiebel, Sellerie)<sup>21</sup>. Rund 400 ha Gemüse werden im Hochglas oder Hochtunnel angebaut<sup>22</sup>. Insbesondere der Freilandanbau nimmt stetig zu (BFS 2013), wobei die Anbaufläche (ohne zusätzliche Flächen durch Mehrfachanbau) heute ca. 1% der landwirtschaftlichen Nutzfläche der Schweiz entspricht.

<sup>20</sup> <http://www.gemuese.ch/de/markt-politik/statistik/anbauflaechen> (Zugriff am 25.10.2013)

<sup>21</sup> <http://www.szg.ch/kulturen/gemuese/ueberblick/> (Zugriff am 25.10.2013)

<sup>22</sup> <http://www.gemuese.ch/de/markt-politik/statistik/anbauflaechen> (Zugriff am 25.10.2013)

Wichtigste Kulturen im Schweizer Freilandanbau sind Karotten (ca. 1'400 ha), Spinat (ca. 1'000 ha), Erbsen (ca. 1'000 ha) gefolgt von den Bohnen (800 ha)<sup>23</sup>. Beim Frischgemüse werden am häufigsten Tomaten (38'000 t) und Karotten (19'000 t) produziert (LID 2010). Knapp 55% des Inlandbedarfs wird durch Schweizer Produktion abgedeckt<sup>24</sup>. Gemüseimporte stammen vor allem aus der EU (Spanien, Italien und Niederlande)<sup>25</sup>.

Der Anteil des Gemüseanbaus am landwirtschaftlichen Produktionswert beträgt mit 1.4 Mia. CHF ca. 14% und übertrifft damit trotz der geringen Anbaufläche den Futterbau (BFS 2012). Mit 714.7 Mio. CHF liegt die Wertschöpfung der Erzeugnisse aus dem Gartenbau knapp über der des Frischgemüses mit 673.7 Mio. CHF (BFS 2012).

### 2.3.6.1 Problemfelder

Die öffentliche und private Gemüsezüchtung wurde während den letzten 20-30 Jahren in der Schweiz stark vernachlässigt, wodurch das Wissen und die Kompetenzen in der Züchtung abgewandert sind. Ausgaben in die Gemüsebauforschung wurden ebenfalls reduziert und Fachstellen empfehlen durch den zielgerichteten Einsatz von Geldmitteln, zumindest die bestehenden Kompetenzen in der Schweizer Gemüsebauforschung zu unterstützen und zu erhalten. Dieses Vorgehen wird z.B. durch das ‚Forum Forschung Gemüse‘ unterstützt und koordiniert<sup>26</sup>.

Nichts desto trotz stehen dem Schweizer Gemüsebau heute sehr gute Sorten zur Verfügung, welche hauptsächlich von privaten ausländischen Firmen gezüchtet und auf den Markt gebracht werden. Mit Besorgnis verfolgt die Gemüsebaubranche jedoch die Diskussionen um die Patentierung von Saatgut, durch welche sie die freie Sortenwahl des Produzenten aus verschiedenen Anbietern in Zukunft bedroht sieht. Im Bio-Bereich wird die Verfügbarkeit von CMS-freien Züchtungslinien eine Herausforderung darstellen.

Mit dem Klimawandel ist auch mit einem erhöhten Schädlingsbefall und Verunkrautungsdruck zu rechnen, deren konkretes Ausmass aber noch schwierig abzuschätzen ist. Samenbürtige Krankheiten stellen eine weitere Herausforderung dar, welche bis *dato* durch die Schweizer Gesetzgebung im Hinblick auf Saatgut-Qualität nicht widerspiegelt wird. Aufgrund von strengeren Auflagen in der Zulassung ist auch eine abnehmende Tendenz der Verfügbarkeit von adäquaten Pflanzenschutzmitteln, welche beim Konsumenten zudem auf schwindende Akzeptanz treffen, zu verzeichnen. Die Verfügbarkeit von mehrfach resistenten Sorten wird somit für die Zukunft immer wichtiger (persönliche Mitteilung Simone Meyer, Verband Schweizer Gemüseproduzenten).

Generell werden den Gemüseproduzenten die Konditionen (Preis, Qualität, Form) u.a. durch die Grossverteiler vorgegeben (persönliche Mitteilung Amadeus Zschunke, Sativa Rheinau), wobei sich der Preisdruck verschärft hat (LID 2010). Bei Abschluss der Doha-Runde müsste der Grenzschutz für Gemüse stark reduziert werden (BLW 2010), was einen zusätzlichen Preisdruck für die Gemüseproduktion bringen wird.

<sup>23</sup> <http://www.gemuese.ch/de/markt-politik/statistik/anbauflaechen> (Zugriff am 25.10.2013)

<sup>24</sup> <http://www.szg.ch/kulturen/gemuese/ueberblick/> (Zugriff am 25.10.2013)

<sup>25</sup> <http://www.gemuese.ch/de/markt-politik/statistik/importe> (Zugriff am 25.10.2013)

<sup>26</sup> <http://www.szg.ch/dienstleistung/forum-forschung-gemuese/> (Zugriff am 3.12.2013)

### 2.3.7 **Kartoffeln**

Weltweit war der Anbau von Kartoffeln relativ stabil und lag in den letzten 20 Jahren zwischen 18 und 20 Mio. ha, wobei China (28.1%) und Russland (11.4%) 2012 die grössten Anbauflächen hatten (FAO-STAT 2012). Die Anbaufläche in der Schweiz ist über die letzten Jahrzehnte stark zurückgegangen, bleibt aber seit 2010 stabil (FAOSTAT 2012). Die aktuelle Anbaufläche von 11'000 ha reicht grundsätzlich, um die Selbstversorgung sicherzustellen. Auch der Pro-Kopf-Konsum ist seit 1997 relativ stabil. Speisekartoffel und Veredlungskartoffeln machen den grössten Teil der Verwendung der Schweizer Ernte aus<sup>27</sup>.

Die Importe von Kartoffeln bewegen sich zwischen 25'000 t (2001) und 65'000 t (2013) (Mindest-Marktzutritt seit 2000 = 22'250 t). Ca. 70% der importierten Kartoffeln dienen dem Verzehr oder der Veredelung, 20% sind neues Pflanzgut oder werden für die Herstellung von Fertigprodukten genutzt. Die restlichen 10% setzen sich zusammen aus importierten halbfertigen Produkten mit Kartoffelanteil<sup>28</sup>.

Der Anteil des Kartoffelanbaus am landwirtschaftlichen Produktionswert beträgt mit 180 Mio. CHF ca. 1% (BFS 2012).

#### 2.3.7.1 **Problemfelder**

Klimatische Veränderungen (zunehmende Bewässerung notwendig) und Krankheiten (Viren) sind die wichtigsten Herausforderungen im Kartoffelanbau. Bei Kartoffeln könnte es in Zukunft schwierig werden, für die Schweiz angepasste Sorten zu finden. Dabei könnte zum einen die Anpassung an das Schweizer Klima nicht optimal sein, das jedoch grössere Problem ist die Vergebung von Exklusivrechten von neu entwickelten Sorten an private Unternehmen (persönliche Mitteilung Meinrad Müller, swissem). Ein Beispiel dafür ist die Sorte ‚Innovator‘, die unter Vertragsanbau für McDonalds produziert wird<sup>29</sup>. Bereits heute stammen alle Sorten der empfohlenen Sortenliste aus europäischer Züchtung (Agroscope 2013).

### 2.3.8 **Medizinal- und Aromapflanzen**

Weltweit werden ca. 50'000 bis 70'000 Medizinal- und Aromapflanzen genutzt. Erst seit 1981 werden in der Schweiz wieder kleinere Flächen mit Gewürz-, Medizinal- oder Heilpflanzen, aber auch Pflanzen für die Produktion von ätherischen Ölen und Kosmetika, bewirtschaftet. Sinkende Preise, das Synthetisieren sowie die günstigere Deckung des Bedarfs durch ausländische Produktion hatten seit dem Zweiten Weltkrieg die Schweizerische Produktion fast gänzlich zum Erliegen gebracht (Agroscope 2004). Das enorme Potential der Schweiz für den Anbau diverser Aroma-/Heilmittel-Pflanzen (Ricola Kräuter etc.) ist bekannt, wird jedoch nur sehr marginal genutzt. Es besteht tendenziell eine steigende Nachfrage der Pharma- und Kosmetikindustrie<sup>30</sup>. Derzeit werden diese Kulturen auf nur ca. 250 ha angebaut und von 150 Produzenten bewirtschaftet. Zum Vergleich: In Österreich wird der Anbau auf 6'000 ha (persönli-

<sup>27</sup> <http://www.kartoffel.ch/index.php?id=76&L=0> (Zugriff am 25.10.2013)

<sup>28</sup> <http://www.blw.admin.ch/themen/01423/01433/01506/index.html?lang=de> (Zugriff am 25.10.2013)

<sup>29</sup> [http://www.fenaco.com/deu/meldung\\_26321.shtml](http://www.fenaco.com/deu/meldung_26321.shtml) (Zugriff am 25.11.2013)

<sup>30</sup> <http://www.agroscope.admin.ch/agrimontana/00069/04221/04223/index.html?lang=de> (Zugriff am 31.10.2013)

che Mitteilung Bernd Büter, breeding botanicals international AG); in Deutschland auf 13'000 ha<sup>3132</sup> betrieben.

Um den Anschluss an den internationalen Markt wieder zu gewinnen, müssen Rentabilität und Produktqualität bei diesen Pflanzen durch Forschungs- und Entwicklungsarbeiten verbessert sowie der Anbau intensiviert werden. Finanzielle und anbautechnische Unterstützung wird hierfür u.a. durch Unternehmen wie Ricola oder Mediplant<sup>3334</sup> geleistet. Medizinal- und Aromapflanzen können vielseitig eingesetzt werden. Zum Beispiel in Lebensmitteln (Tee, Gewürze, Süssigkeiten, etc.), Kosmetik und Parfümerie, Humanmedizin (Pharmazeutika, Pflanzenheilkunde, Homöopathie, Aromatherapie), Wellness (Massageöle, Badezusätze) und auch in der Tiermedizin.

### 2.3.8.1 Problemfelder

Für den Anbau in der Schweiz spielen nicht nur die hohen Kosten für Arbeitskräfte und die Rentabilität eine grosse Rolle, sondern auch die Anpassung an die hiesigen klimatischen Bedingungen (z.B. Winterhärte). Wie bei allen Kulturen führen Krankheiten, Schädlinge und Verunkrautung auch beim Anbau von Gewürz- und Medizinalpflanzen zu Verlusten in der Produktion. Da dieser Sektor noch sehr klein ist, sind zugelassene Pflanzenschutzmittel schwer bis kaum erhältlich. Die Pharma- und Gewürzmittelindustrie haben grundsätzlich einen grossen Bedarf an guter Rohware der verschiedensten Heil- und Gewürzpflanzen. Um die Homogenität grosser Mengen einer Ware zu gewährleisten, werden

z. B. in Deutschland Anbau- und Lieferverträge mit Grossbetrieben bevorzugt. Während die maschinelle Ernte oft eine Anpassung herkömmlicher Geräte erfordert, müssen auch zusätzliche Geräte für die Verarbeitung (z.B. Trocknung, Reinigung) einkalkuliert werden<sup>35</sup>.

### 2.3.9 Weinbau

Weltweit werden 69 Mio. t Weintrauben auf einer Fläche von ca. 7 Mio. ha angebaut. Die grössten Flächenanteile befinden sich in Spanien (13.6%), Frankreich (10.8%) und Italien (10.3%), die grössten Weinproduzenten (Anteil produzierter t an der Weltproduktion) sind jedoch China (13.3%), Italien (10.3) und die USA (9.8%). Über die letzten zwanzig Jahre hat die weltweite Weinbaufläche um 800'000 ha abgenommen, wobei aber regionale Unterschiede bestehen: so hat die Fläche in der EU um 1 Mio. ha abgenommen, sich aber im gleichen Zeitraum in China auf 600'000 ha vervierfacht (FAO-STAT 2012).

In der Schweiz hat sich die Weinbaufläche kaum verändert und beträgt heute 14'915 ha (BLW 2013). Biologischer Weinanbau wird auf ca. 2% der Flächen betrieben. Weltweit einzigartig ist die Tatsache, dass 85% unter ‚integrierter Produktion‘, also einer naturnahen Produktion, stattfindet (persönliche Mitteilung Olivier Viret, Agroscope). Es zeigt sich eine grössere Anbaufläche von weissen (6'200 ha) im Vergleich zu roten Rebsorten (8'600 ha) (BFS 2012). Die wichtigsten roten Sorten im Schweizer Rebau sind Pinot Noir (Blauburgunder, Clevner, Spätburgunder), Gamay und Merlot. Die wichtigsten weissen Sorten sind Chasselas (Fendant, Gutedel), Müller-Thurgau (Riesling-Sylvaner) und Sylvaner

<sup>31</sup> [http://www.europam.net/index.php?option=com\\_content&view=article&id=6&Itemid=11](http://www.europam.net/index.php?option=com_content&view=article&id=6&Itemid=11) (Zugriff am 31.10.2013)

<sup>32</sup> <http://veranstaltungen.fnr.de/arzneipflanzen2013/> (Zugriff am 4.11.2013)

<sup>33</sup> <http://www.mediplant.ch/en/welcome> (Zugriff am 31.10.2013)

<sup>34</sup> <http://www.agroscope.admin.ch/baies-plantes-medicinales/01297/index.html?lang=de> (Zugriff am 31.10.2013)

<sup>35</sup> <http://www.lfl.bayern.de/ipz/heilpflanzen/030497/index.php> (Zugriff am 31.10.2013)

(Johannisberg, Rhin, Grüner Silvaner)<sup>36</sup>. Die Grösse der Rebanbauflächen reicht von ca. 5'000 ha im Kanton Wallis, dem Bündnerland oder dem Lavaux-Gebiet am Genfer See, bis hin zu vereinzelt, kleinen Parzellen von wenigen ha im Kanton Uri. Insgesamt werden ca. 40 verschiedene Rebsorten von nicht weniger als 6'500 Betrieben bzw. Winzern angebaut<sup>37,38</sup>. Die häufigste Rebsorte ist Pinot Noir mit ca. 4'300 ha. Allein 80% der Schweizer Weinbaufläche ist mit den Sorten Pinot Noir (29%), Chasselas (27%), Gamay (10%) und Merlot (7%) bebaut (BLW 2013).

Der Anteil des Weinbaus am landwirtschaftlichen Produktionswert beträgt ungefähr 6.3%. Davon entfallen ca. 2% auf die Produktion von Tafeltrauben und 4% auf die Weinproduktion (BFS 2012).

### 2.3.9.1 Problemfelder

Eine Erweiterung des Weinbaugebietes in der Schweiz ist zukünftig nicht absehbar. Zusätzliche Anbauflächen, welche optimale klimatische Anbaubedingungen gewährleisten, werden auch in Zukunft nicht verfügbar sein. Anbauflächen werden auf Kantonebene durch das Wein-Kataster limitiert. Hinzu kommen eine stetig wachsende Bevölkerung und der zunehmende Bedarf an Siedlungsfläche, welche oft und gern die schönen Hanglagen der Weinbaugebiete in Anspruch nehmen. Auch der Schweizer Weinbau unterliegt dem nationalen aber vor allem internationalen Wettbewerb. Der Preisdruck aufgrund zunehmender Billigproduktionen im Ausland steigt. Neben den topographischen und anbaubedingten Limitierungen sind es auch die sehr fragmentierten Produktionsstrukturen, welche hohe Kosten verursachen und die Konkurrenz durch ausländische Produktionen erhöhen. Die Spezialität des Schweizer Weinbaus ist seine Vielfältigkeit. Durch den Anbau unterschiedlicher und einzigartiger Rebsorten schafft es der Schweizer Weinbau mit der Globalisierung Schritt zu halten (persönliche Mitteilung Olivier Viret, Agroscope).

## 2.4 Energiepflanzen

Der landwirtschaftliche Pflanzenbau ist heute nicht mehr nur die Grundlage zur Produktion von Lebens- oder Futtermitteln. Land- und forstwirtschaftlich erzeugte Produkte finden heute immer mehr Verwendung im Non-Food-Bereich. Zum einen werden diese pflanzlichen Produkte stofflich genutzt, um z.B. Naturfaserverbundwerkstoffe, biologisch abbaubare Verpackungsmaterialien, ökologische Bau- und Dämmstoffe oder natürliche Bindemittel herzustellen. Zum anderen werden sie energetisch genutzt, z.B. für die Gewinnung CO<sub>2</sub>-neutraler Bioenergie. Die Gewinnung erneuerbarer Rohstoffe im landwirtschaftlichen Pflanzenbau bietet neue Marktchancen für die Landwirtschaft, das Handwerk und die verarbeitende Industrie.

Energiegewinnung mittels Energiepflanzen erfolgt durch die Teilpflanzen- und Ganzpflanzennutzung (Meyer, Rösch et al. 2010). Bei der Teilpflanzennutzung wird nur ein Teil der Biomasse genutzt (z.B. der ölhaltige Samen von Raps), während bei der Ganzpflanzennutzung die gesamte Biomasse verwendet wird (z.B. Mais, Getreide, Grünland oder schnellwachsende Baumarten) (Meyer, Rösch et al. 2010). Neben der traditionellen Bioenergienutzung (Verfeuerung von Holz, Holzkohle, biogene Reststoffe und Dung, 90% der Bioenergienutzung weltweit) und der Nutzung biogener Abfall- und Reststoffe, ist der Anbau von Energiepflanzen nur ein Teilbereich (WBGU 2008).

<sup>36</sup> <http://www.swisswine.ch/german/cepag/principaux.asp> (Zugriff am 25.10.2013)

<sup>37</sup> [http://www.weinlandschweiz.ch/index.php?article\\_id=34&clang=0](http://www.weinlandschweiz.ch/index.php?article_id=34&clang=0) (Zugriff am 25.10.2013)

<sup>38</sup> <http://www.landwirtschaft.ch/de/wissen/pflanzen/rebbau/bedeutung/> (Zugriff am 25.10.2013)

In den USA werden heute ca. 40% der Maisernte in Biokraftstoffe umgewandelt, wobei auch in den nächsten Jahrzehnten nicht mehr als 10% des Treibstoffbedarfes gedeckt werden könnte<sup>39</sup>. In Deutschland bilden knapp drei Viertel der Rapsernte die Grundlage für die Biodieselproduktion<sup>40</sup>. Im Vergleich zu vielen Europäischen Ländern wird der Anbau von Pflanzen zur Energiegewinnung in der Schweiz nicht gefördert. Die Einspeisung von Energiepflanzen in Biogasanlagen wird durch die kostendeckende Einspeisevergütung (KEV) beschränkt. Ein spezieller Förderansatz zur Unterstützung des Pflanzenanbaus zur Energiegewinnung existiert nicht<sup>41</sup>.

Auch zukünftig wird die Gewinnung der Energie aus Energiepflanzen keinen nennenswerten Beitrag zu einer stabilen und auch nachhaltigen Energieversorgung der Schweizer Bevölkerung leisten. Trotz steigender Preise für die Erschliessung und Gewinnung fossiler Brennstoffe wird die Nutzung von Energie aus Energiepflanzen nur eine „Brückentechnologie“ für ein zukünftiges, nachhaltigeres System sein (WBGU 2008). Quellen erneuerbarer Energien werden voraussichtlich Wind, Sonne oder Wasser sein, welche nicht nur ein geringeres Konfliktpotenzial im Hinblick auf Landnutzung (Ernährungssicherheit, Lebensraum, Landschaftsschutz (Arten, Ökosysteme)) darstellen, sondern gleichfalls zum Klimaschutz beitragen können.

## 2.5 Alternative Kulturen

Pseudocerealien wie Buchweizen, Quinoa oder Amaranth können zur alternativen Stärkeproduktion oder Gründüngung verwendet werden. Dabei wird gleichzeitig die Fruchtfolge aufgelockert. Kulturen wie Lein und Hanf können als Öl- und Faserpflanzen genutzt werden. Die Hirse wie auch Sorghum zeigen eine hohe Wassernutzungseffizienz und könnten vom Klimawandel profitieren.

## 2.6 Prognose der zukünftigen Entwicklung

Verbreitung und Züchtung einer Kulturpflanze bedingen sich gegenseitig. Je verbreiteter eine Kulturart ist und je besser der Züchter seine Rechte an der von ihm gezüchteten Sorte wahrnimmt, desto eher lohnt es sich für ihn verbesserte Sorten zu züchten, welche den Anbau wieder attraktiver machen. Eine solche Situation herrscht derzeit bei Mais vor, wo der Züchtungsfortschritt nach wie vor bei jährlichen 2% liegt. Trotzdem ist es aber auch möglich, dass bis *dato* wenig genutzte Kulturarten innerhalb kurzer Zeit eine wichtige Stellung bekommen können. Dies zeigt das Beispiel Raps sehr schön auf: mit Hilfe öffentlich finanzierter Grundlagenforschung erlaubten Innovationen wie z.B. „00-Raps“ neue Nutzungsrichtungen, welche die Pflanze für den Anbau und somit auch für die private Züchtung sehr attraktiv machten. Des Weiteren zeigt das Beispiel Raps aber auch, wie stark der Anbau vom politischen Umfeld abhängig ist: so stieg die Anbaufläche durch die staatlich geförderte Biodieselproduktion in Deutschland nochmal stark an. Beides, die möglichen technischen Innovationen sowie das politische Umfeld, sind sehr schwer, wenn nicht unmöglich vorherzusagen, womit die Frage, welche Kulturarten für die Zukunft ein Marktpotential haben, sehr schwer zu beantworten ist. Dies trifft vor allem auf die Schweiz zu, wo die Preise pflanzlicher Erzeugnisse generell über dem Weltmarktniveau liegen und die angebauten Kulturen hauptsächlich vom Grenzschutz oder Stützungsmaßnahmen abhängen. Trotzdem lassen sich gewisse allgemeine Trends ableiten:

---

<sup>39</sup> <http://www.ers.usda.gov/topics/farm-economy/bioenergy/background.aspx#.UmYTsdnYWZV> (Zugriff am 21.10.2013)

<sup>40</sup> <http://www.energie-pflanzen.info/pflanzen/raps/> (Zugriff am 11.9.2013)

<sup>41</sup> <http://www.biomasseschweiz.ch/index.php/de/biomassenenergie-de/produktion-de> (Zugriff am 13.9.2013)

- Das hohe Bewusstsein der Konsumenten für Produkte schweizerischer Herkunft (siehe auch Kapitel 7) birgt Potential für Kulturen, die der direkten menschlichen Ernährung dienen, wie etwa Brotweizen, Gemüse und Früchte.
- Die hohe Nachfrage nach qualitativ hochwertigen und gesunden Nahrungsmitteln birgt ein hohes Potential für vergleichsweise hohe Investitionen in die Produktion und Bearbeitung von Pflanzen im Lebens- und Futtermittelbereich.
- Je flächendeckender gentechnisch veränderte Organismen weltweit angebaut werden, umso schwieriger wird es, gentechnikfreie Rohprodukte für die Schweiz auf dem Weltmarkt zu bekommen. Dies steigert die Abhängigkeit der Schweiz für importierte Proteine. Daraus resultiert ein wachsendes Potential für einheimische Hülsenfrüchte.

### 3 Bestehende und zukünftige Züchtungsstrategien und wichtigste Zuchtprogramme

Die Pflanzenzüchtung wird im internationalen Umfeld direkt oder indirekt vom Staat beeinflusst. Der direkte Einfluss beschränkt sich auf den Unterhalt staatlicher Zuchtprogramme wie z.B. an der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL)<sup>42</sup> für Weizen und an der Universität Stuttgart-Hohenheim für Weizen, Hartweizen,<sup>43</sup> Roggen, Triticale, Soja<sup>44</sup> und Sonnenblumen für die Biogasproduktion<sup>45</sup>.

Indirekt wird die Pflanzenzüchtung durch die Finanzierung öffentlicher Forschungsprogramme gestützt. Diese werden im europäischen Umfeld hauptsächlich über Rahmenprogramme und Forschungsstrategien geregelt. Die öffentlichen Ausgaben für Forschung und Entwicklung (F&E) im Agrarbereich sanken dabei seit den 1970er Jahren in den Industrieländern und wenden sich zunehmend weg von Produktivität hin zu erweiterten Bereichen wie z.B. Ökologie (Pardey and Pingali 2010, Kirschke, Häger et al. 2011). Insgesamt zeigen die öffentlichen Aufwendungen für F&E, zumindest für Deutschland, seit 2000 eine Stagnation (Noleppa and von Witzke 2013). Die Ausgaben der Privatindustrie steigen hingegen und erreichten 2006 bereits über 50% der Kosten für F&E im gesamten Agrarbereich in den Industrieländern (Pardey and Pingali 2010). Monsanto etwa investierte im Jahr 2007 1.2 Mia. US-Dollar und positionierte sich, in Bezug auf die Ausgaben für F&E, noch vor der US Regierung, welche für Agrarforschung im selben Jahr ca. 1.1 Mia. US-Dollar<sup>46</sup> investierte.

Kürzlich wurde eine Resolution über die zukünftige Pflanzenzüchtung im Fokus der Ernährungssicherung und nachhaltigen Entwicklung im Europäischen Parlament eingereicht. Finanzielle Ressourcen sollen dabei bereitgestellt werden, um eine strukturierte Pflanzenzüchtungsforschung auf europäischer Ebene zu erhalten und zu fördern. Ziel ist eine effektive Pflanzenzüchtungsindustrie, die in der Lage ist, angepasste, stresstolerante Sorten sowie Diversität für die Zukunft zu garantieren (EU 2013).

#### 3.1 Was ist Züchtung?

Züchtung beschreibt den Prozess der gezielten genetischen Verbesserung von Kulturpflanzen im Hinblick auf eine Vielzahl von Merkmalen. Unabhängig von den Merkmalen, der Kulturpflanzenart und der verwendeten Züchtungsmethodik bleibt das Grundschema jeweils dasselbe (Abb. 6). Ausgehend von einer Ausgangspopulation muss der Züchter erst das Material für seine Gesamtheit an Erscheinungsmerkmalen (Phänotyp) und evtl. auch noch für seine Erbeigenschaften (Genotyp) charakterisieren. Die erfassten Daten werden dann mittels verschiedener Verfahren verarbeitet, um die Pflanzen mit den besten Eigenschaften selektieren zu können. Die selektierten Pflanzen münden evtl. direkt in einer neuen, verbesserten Sorte oder dienen als Eltern (evtl. zusammen mit neuem Material welches in den Kreislauf eingeführt wird) von neuen Kreuzungen und somit als Basis für die nächste Runde des Kreislaufes.

---

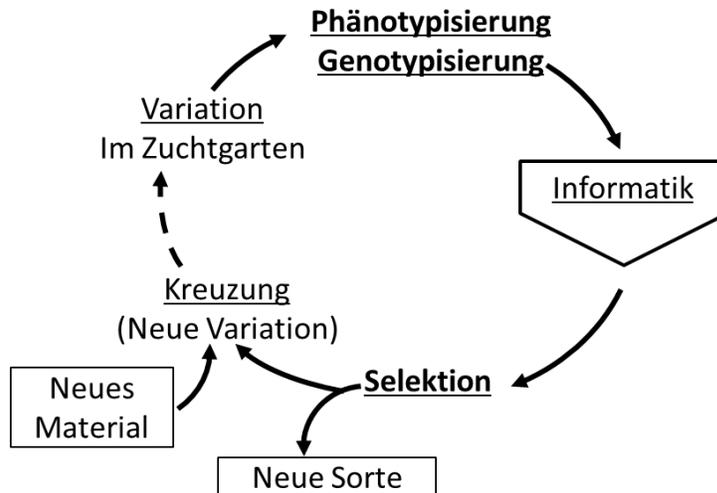
<sup>42</sup> <http://www.lfl.bayern.de/ipz/getreide/024940/index.php> (Zugriff am 10.10.2013)

<sup>43</sup> <https://www.uni-hohenheim.de/news/fleckige-nudeln-ohne-biss-forscher-nehmen-hartweizen-gene-unter-die-lupe-2> (Zugriff am 10.10.2013)

<sup>44</sup> <https://www.uni-hohenheim.de/projekt/ausweitung-des-sojaanbaus-in-deutschland-durch-zuechterische-anpassung-und-pflanzenbauliche-optimierung> (Zugriff am 10.10.2013)

<sup>45</sup> <https://www.uni-hohenheim.de/einrichtung/lsa-arbeitsgebiet-sonnenblumen-u-leguminosen> (Zugriff am 10.10.2013)

<sup>46</sup> <http://www.nature.com/news/2010/100728/full/466548a.html> (Zugriff am 8.11.2013)



**Abbildung 6:** Schematische Darstellung des Züchtungskreislaufs (Eigene Darstellung)

### 3.2 Züchtungsstrategien auf europäischer Ebene

Züchtungsstrategien können sowohl auf verschiedenen internationalen und nationalen Ebenen, als auch zwischen oder durch verschiedenste Partner festgelegt und angestrebt werden. Diese Form der Strategie wird zum Beispiel durch das Stakeholder Forum ‚European Technology Plattform‘ (ETP) verfolgt. Dieses vereint 1'000 Industrieunternehmen (darunter Nestlé, KWS und Limagrain), 270 wissenschaftliche Institutionen und 76 landwirtschaftliche Vereinigungen sowie über 40'000 landwirtschaftliche Kooperationen. Die ETP will die Innovation und strategische Forschung in Bereich Pflanzenzüchtung verstärken. Eine Forschungsagenda bis 2025 wurde im Jahr 2007 im Europäischen Parlament lanciert und beinhaltet die folgenden Ziele<sup>47</sup>:

- Schaffung von Nahrungsmittelvielfalt durch Erhalt von Kulturarten und Sorten (innerhalb von 5 Jahren), Verbesserung der Kulturen und Sorten durch Phäno- und Genotypisierung (innerhalb von 10 Jahren) sowie Sicherstellung von deren Vielfalt (innerhalb von 15 Jahren).
- Erhöhung der Produktqualität durch Verbesserung des Nährstoff- und Energiegehaltes sowie der Verarbeitbarkeit.
- Schaffung einer nachhaltigen Landwirtschaft durch Resistenzzüchtung, Ausnutzung von symbiotischen Interaktionen und anderen Methoden.

Diese Strategien sind jedoch vielmehr als Festlegung grundlegender Ziele denn als präzise Forschungs- bzw. Züchtungsansätze zu verstehen. Konkret soll die ausgearbeitete Forschungsagenda auf nationaler Ebene durch den Aufbau von Technologie-Plattformen implementiert werden<sup>48</sup>. Des Weiteren ist das ETP Mitglied der ‚Joint Programming Initiative on Agriculture, Food Security and Climate Change‘ (FACCE JPI) (FACCE-JPI 2012), welche unter anderem das Ziel einer nachhaltig intensivierten Landwirtschaft unter aktueller und zukünftiger Stabilität von Klima und Ressourcenverfügbarkeit anstrebt<sup>49</sup>. Das FACCE JPI hat z.B. eine internationale Projektfinanzierung von 19 Mio. Euro gestartet. Interdisziplinäre und innovative Projekte zur Adaption an den Klimawandel sollen un-

<sup>47</sup> <http://www.plantetp.org> (Zugriff am 20.10.2013)

<sup>48</sup> <http://www.plantetp.org/index.php/activities-54/atnationallevel/nationaltps> (Zugriff am 23.10.2013)

<sup>49</sup> <http://www.faccejpi.com/About-Us/What-is-FACCE-JPI> (Zugriff am 27.11.2013)

terstützt werden. Der ‚Schweizer Nationalfond für Forschung‘ (SNF) unterstützt diesen Projektauftrag mit 700'000 Euro (FACCE-JPI 2013).

Züchtungsstrategien werden vielfach indirekt über Forschungsprogramme festgelegt. Ein Beispiel hierfür ist das neue Rahmenprogramm ‚Horizon 2020‘ der Europäischen Union (EU), in welchem auch zukünftige Herausforderungen wie beispielsweise erneuerbare Energien, Nahrungsmittelsicherheit und Ernährungssicherung adressiert werden<sup>50</sup>. Im ‚Horizon 2020‘ setzte sich die ETP für Gelder im Bereich Ernährungssicherung innerhalb einer nachhaltigen Landwirtschaft ein (ETP 2013) und die EU bewilligte 4.1 Mia. Euro für den Zeitraum 2014 bis 2020 (Horizon2020 2013). Auch die Schweiz ist an diesem EU- Programm beteiligt, das nach dem SNF die wichtigste unabhängige Förderquelle für die Schweizer Wissenschaft darstellt<sup>51</sup>.

### **3.3 Züchtungsstrategien auf nationaler Ebene**

#### **3.3.1 Deutschland**

Der Bundesverband Deutscher Pflanzenzüchter e.V. (BDP) vertritt die Interessen von 130 Unternehmen, von denen 60 originäre Züchtungsprogramme unterhalten (18 in Futterpflanzen, 39 in Getreide, 9 in Gemüse) (BDP 2013). In Deutschland hat sich die Zahl kleiner Zuchtbetriebe stark reduziert, wobei sich die verbleibenden tendenziell mehr auf Nischenmärkte ausrichten werden (Franck 2007).

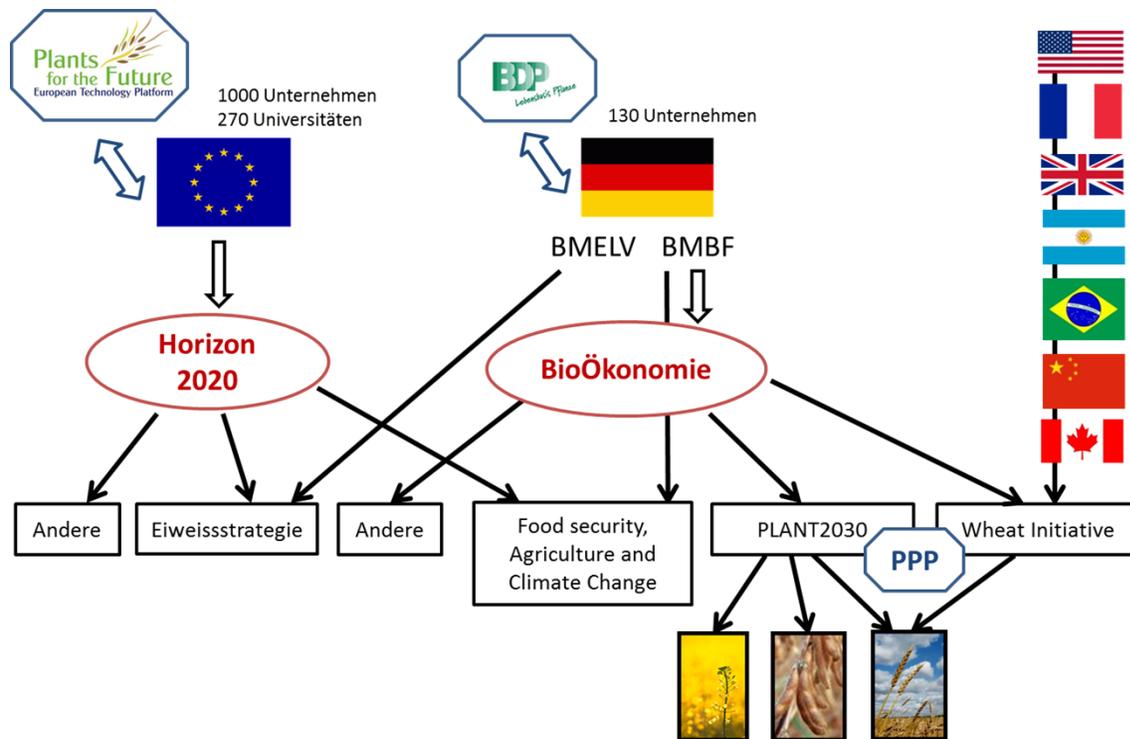
Der Anteil von Forschung und Entwicklung am Umsatz der Unternehmen beträgt über 16% (interne Befragung von BDP Mitgliedern im Jahre 2010, zitiert in Noleppa and von Witzke (2013)). Die privaten und öffentlichen Investitionen in die Pflanzenzüchtung betragen zusammen ca. 200 Mio. Euro und stagnieren seit der Jahrtausendwende. Der Anteil der öffentlichen Forschung liegt dabei nach Expertenmeinungen bei ca. 50-75% (Noleppa and von Witzke 2013). Der Anteil privater Finanzierung nimmt aber generell zu: In den ‚GABI‘-Initiativen (Genomanalyse im biologischen System Pflanze) und deren Nachfolge-Initiative ‚PLANT 2030‘ stieg er z.B. über die Jahre von 15% im 2004/07 (‚GABI 2- Projekte‘) auf aktuelle 23.5% (BioÖkonomieRat 2012).

##### **3.3.1.1 Strategien in der Pflanzenzüchtung**

Strategien, welche der Pflanzenzüchtung eine grobe Richtung geben, werden auf nationaler Ebene vorwiegend indirekt aufgestellt. So werden zum Beispiel durch das deutsche Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) und das Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV) Gelder zur Verfügung gestellt, um bestimmte Segmente der Pflanzenforschung abzudecken und zu unterstützen. Forschungseinrichtungen, Züchtungsunternehmen oder Kooperationen können sich mit entsprechenden Projekten um diese Gelder bewerben (Abb. 7). Die wichtigsten Programme und Ziele werden im Folgenden kurz erläutert.

<sup>50</sup> [http://ec.europa.eu/research/horizon2020/index\\_en.cfm?pg=h2020](http://ec.europa.eu/research/horizon2020/index_en.cfm?pg=h2020) (Zugriff am 24.10.2013)

<sup>51</sup> [https://www.ethlife.ethz.ch/archive\\_articles/130911\\_horizon\\_2020\\_mm/index](https://www.ethlife.ethz.ch/archive_articles/130911_horizon_2020_mm/index) (Zugriff am 12.9.2013)



**Abbildung 7 :** Schematische Darstellung von Forschungsstrategien („Horizon 2020“ und „Bioökonomie“) und Förderprogrammen, welche über „private-public partnerships“ (PPP) Einfluss auf die Züchtung nehmen und technologische Innovationen ermöglichen.

### PLANT 2030

Die ‚PLANT 2030‘-Projekte wurden 2011 mit der Förderphase ‚Pflanzenbiotechnologie der Zukunft‘ des BMBF gestartet. Dieses Nachfolgeprogramm von „GABI“ vereint 68 öffentliche Institutionen und 44 Wirtschaftspartner. Es ist mit 51.7 Mio. Euro Fördermitteln ausgestattet. 12.3 Mio. Euro bzw. 23.8% dieser Gelder werden durch die Wirtschaft beigetragen (BioökonomieRat 2012). Ziele sind<sup>52</sup>:

- Ausbau des Ertragspotentials.
- Verbesserung der Toleranz gegenüber biotischem und abiotischem Stress.
- Optimierung der Pflanzenarchitektur, Qualität und Inhaltstoffe.
- Erhöhung der Wasser- und Nährstoffnutzungseffizienz.
- Erhalt der biologischen Vielfalt in den Agrarökosystemen.

Zu den ‚PLANT 2030‘-Projekten gehört das Programm ‚Transnational Plant Alliance for Novel Technologies – Towards Implementing the Knowledge-Based Bio-Economy in Europe and beyond‘ (‚PLANT-KBBE‘). Von 2008 bis 2010 sind in bislang drei Ausschreibungen 54 transnationale Verbünde entstanden, die mit ca. 68 Mio. Euro öffentlichen Geldern unterstützt wurden (BMBF 2012).

<sup>52</sup> <http://www.bmbf.de/foerderungen/14639.php> (Zugriff am 27.11.2013)

## *BioÖkonomie 2030*

Mit der nationalen Forschungsstrategie ‚BioÖkonomie 2030‘ will das BMBF die Grundlagen für eine nachhaltige bio-basierte Wirtschaft festlegen und u.a. in den Fokus der privaten und öffentlichen Züchtung rücken. Das Programm verfügt über 2 Mia. Euro Fördermittel, dauert 6 Jahre und umfasst die Bereiche Ernährungssicherung, Landwirtschaft, Gesundheit und Energie. Im Rahmen der ‚BioÖkonomie 2030‘ sind u.a. folgende Ziele zur Pflanzenzüchtung formuliert:

*„In der Pflanzenzüchtung geht es vor allem um den Ausbau des Leistungspotenzials der Kulturpflanzen sowie um die Stabilisierung der Erträge durch verbesserte Resistenzen gegenüber Pathogenen und Toleranzen z.B. gegenüber Hitze, Trockenheit, Kälte und Versalzung sowie durch Anpassung an nachhaltige Bewirtschaftungsformen“ (BMBF 2010).*

Zusätzlich sollen lokal angepasste Sorten erhalten bleiben sowie das Kulturpflanzenpektrum erweitert werden, was auch für relevante Arten in den Entwicklungsländern gilt (BMBF 2010). Im Bereich der Pflanzenzüchtung sind u. a. folgende Massnahmen vorgesehen:

- Nutzung moderner Pflanzenbiotechnologie und deren Übertragung in die Züchtung.
- Regionale Anpassung von Sorten an die Bewirtschaftung in Entwicklungsländern durch partizipative Züchtung.
- Nutzung und Entwicklung von Phänotypisierungs-Technologien.
- Genetische Diversität in landwirtschaftlich genutzten Organismen und nahen, wildlebenden Verwandten soll Aufschluss über potentiell wichtige Merkmale geben.
- Förderung neuer Anbautechniken.
- Förderung von Nutzpflanzen mit neuartigen Eigenschaften.
- Erforschung internationaler Konzepte zum Schutz von Klima, Natur, Boden, Wasser, Luft und wichtigen Nährstoffen sowie der Ökosystemleistung der Biodiversität.

Die Ziele decken sich grundsätzlich mit den von der GFP formulierten Zielen (GFP 2011). In den lancierten ‚Förderprogrammen für Welternährung‘ (GlobE), ‚innovative Pflanzenzüchtung im Anbausystem‘ (IPAS), ‚Deutsches Pflanzen-Phänotypisierung Netzwerk‘ (DPPN), ‚Tierwohl und Tiergesundheit‘ (ANIHWA) und durch das FACCE-JPI (BioÖkonomieRat 2013) werden ausgearbeitete Züchtungsschwerpunkte gesetzt. Zum Beispiel werden im Rahmen der ‚IPAS-Projekte‘ neue pflanzenzüchterische Innovationen in verschiedenen Anbausystemen untersucht<sup>53</sup>.

## *Nachwachsende Rohstoffe*

Im Förderprogramm ‚Nachwachsende Rohstoffe‘ des BMELV liegt der Fokus auf der Effizienzsteigerung der Stärke-, Zucker- und Öl-/Fettproduktion von Energie- und Proteinpflanzen. Das Spektrum der Proteinpflanzen in Europa soll insgesamt erweitert werden, insbesondere im Hinblick auf Winterfestigkeit und Eignung als Winterzwischenfrucht (BMELV 2011).

## *Förderung Hülsenfrüchte*

In Deutschland sind Züchtungsprogramme für Erbsen weitgehend eingestellt worden<sup>54</sup>. Nun sollen durch die Unterstützung des BMELV Wettbewerbsnachteile heimischer Eiweisspflanzen z.B. durch die

<sup>53</sup> <http://www.ptj.de/biooekonomie> (Zugriff am 2.9.2013)

<sup>54</sup> <http://www.landwirtschaftskammer.de/landwirtschaft/ackerbau/eiweisspflanzen/futtererbsen-sv-2012.htm> (Zugriff am 2.9.2013)

Verbesserungen der Standfestigkeit und des Futterwertes (Specht 2010) wieder verringert werden. Dazu gehören die Festlegung entsprechender Züchtungsziele, angewandte und Grundlagenforschung im Anbau, Verbesserungen entlang der gesamten Wertschöpfungskette und die Abschätzung und Implementierung agrarpolitischer Massnahmen durch die ‚Eiweisspflanzenstrategie‘. Das staatlich geförderte Programm „Legume-Supported Cropping Systems for Europe“ (Legume Futures) sucht verbesserte Anbausysteme für Körner- und Futterleguminosen (BMELV 2012). Der Anbau und die Nutzung von Leguminosen soll dabei auch auf internationaler Ebene im Rahmen von ‚Horizon 2020‘ durch das BMELV unterstützt werden (BMELV 2012). Auch die Union zur Förderung von Öl- und Proteinpflanzen e.V. (UFOP) unterstützt Forschungsvorhaben in Deutschland (Specht 2010, UFOP 2012). Die Ziele der ‚Eiweisspflanzenstrategie‘ in Ackerbohne, Körnerfuttererbse, Lupine, Sojabohne, Klee und Luzerne sind (BMELV 2012):

- Erweiterung der genetischen Basis für neue Merkmalskombinationen.
- Die Etablierung von Pre-breeding Programmen.
- Entwicklung von Hybriden und Erhöhung der Stresstoleranz der Winterformen.
- Ertragserhöhung durch Züchtung auf Stresstoleranz, Resistenz und agronomische Eigenschaften.
- Entwicklung von Methoden für die nicht-destruktive Inhaltsstoff-Analyse.
- Die Entwicklung von Doppelhaploiden und Identifizierung von molekularen Markern.

### *Innovationsförderung*

Das BMBF unterhält zudem ein Programm zur Innovationsförderung, welches teilweise Pflanzenzüchtung beinhaltet. Darin sollen züchterische Methoden und Verfahrensweisen entwickelt werden und das Angebot und die Qualität von Kulturpflanzen unter sich verändernden Klima- und Standortbedingungen langfristig gesichert werden (BMBF 2012).

### **3.3.2 Frankreich**

Die wichtigste nationale Einrichtung, welche die französische Pflanzenzüchtung, Saatgutproduktion und Saatgutvermarktung zusammenführt, ist die Union Française des Semenciers‘ (UFS). Sie vereinigt 67 französische Pflanzenzüchter sowie Pflanzen- und Samenproduzenten und vertritt deren Interessen auf nationaler und internationaler Ebene<sup>55</sup>. Es gibt eine staatliche Strategie des ‚Ministère de l’Agriculture et de la Pêche‘ (MAP) zur nachhaltigen Landwirtschaft (MAP 2007, MAP 2009). Ziele sind z.B. die Fläche von Leguminosen von 2007 bis 2020 auf ca. 1 Mio. ha zu verdoppeln oder den Einsatz von Pflanzenschutzmittel bis 2018 um 50% zu verringern (MAP 2009). Wichtige Instrumente sind die Agrarpolitik und die staatlichen Forschungsanstalten (MAP 2009). So koordiniert z.B. das ‚Institut national de la recherche agronomique‘ (INRA) zahlreiche Projekte<sup>56</sup>.

#### **3.3.2.1 Strategie in der Pflanzenzüchtung**

Von staatlicher Seite wird Pflanzenzüchtung durch das Programm ‚Ecophyto‘ (40.5 Mio. Euro pro Jahr<sup>57</sup>) direkt unterstützt. Dieses Programm hat eine Reduzierung des Pflanzenschutzmitteleinsatzes zum Ziel, die Züchtung von resistenten Pflanzen spielt darin jedoch nur eine untergeordnete Rolle

<sup>55</sup> <http://www.ufs-semenciers.org/quisommesnous/Lists/pages/chiffrescles.aspx> (Zugriff 25.10.2013)

<sup>56</sup> <http://www4.clermont.inra.fr/umr1095/Equipes/Recherches/Rendement-et-Adaptation-du-Ble-aux-Contraintes-Abiotiques/Projets-de-recherche> (Zugriff am 6.12.2013)

<sup>57</sup> <http://agriculture.gouv.fr/budget-ecophyto-2013-ccg> (Zugriff am 21.10.2013)

(MAP 2008, INRA 2010). Die öffentlich-private Pflanzenzüchtung ist zum grossen Teil durch die nationale Technologieplattform der Interessengruppe ‚Plant Biotechnologies‘ (GIS BV) organisiert. Die GIS BV ist eine Partnerschaft von öffentlichen (z.B. INRA) und privaten Institutionen (z.B. Syngenta und Biogemma)<sup>58</sup>, deren Projekte nicht vom französischen Landwirtschaftsministerium (MAAPRAT) mitfinanziert werden (PNACC 2012).

### *Agence Nationale de la Recherche (ANR)*

Die ‚Agence Nationale de la Recherche‘ (ANR) soll neue Impulse in den Forschungssektor bringen. Sie organisiert im Auftrag des Ministeriums für höhere Bildung und Forschung einen Aktionsplan 2014. Diese Unternehmung ist an das ‚Horizon 2020‘ angelehnt und wird vor allem Projekte in den Bereichen Ernährungssicherung und demografische Herausforderungen, Gesundheit und Adaption an den Klimawandel fördern<sup>59</sup>.

### *Fonds de soutien à l'obtention végétale (FSOV)*

Der FSOV finanziert zweckgebundene Forschungsprogramme für eine nachhaltige Landwirtschaft im Sinne der Ressourceneffizienz. Projekte sollen auf die Entwicklung von Marktsorten ausgerichtet sein und müssen zwingend Kooperationen von Unternehmen und öffentlichen Forschungseinrichtungen beinhalten. Ziele sind die Züchtung und Entwicklung von stickstoffeffizienten Sorten, Kältetoleranz und Krankheitsresistenzen und die Steigerung der Produktqualität<sup>60</sup>. Zwischen 2012 und 2014 werden Projekte im Wert von ca. 19 Mio. Euro unterstützt, welche hauptsächlich der Erreichung der Ziele von ‚Ecophyto‘ (Resistenzzüchtung, 9 Mio. Euro) sowie der Adaption an den Klimawandel dienen (FSOV 2012).

### *GIS Plattform*

Ziel ist die Entwicklung von Technologien und die Erarbeitung von Wissen für eine innovative Pflanzenzüchtung (GIS 2013). Verschiedene Projekte sind bereits geplant oder gestartet und sollen zu den genetischen Grundlagen (klassische Genetik, Gentechnologie) die Ökophysiologie sowie moderne Phäno- und Genotypisierungsmethoden in die Züchtung einbringen. Zu den drei grössten GIS Projekten gehören ‚AMAIZING‘, ‚BREEDWHEAT‘ (34 Mio. Euro (WheatInitiative 2012)) und ‚Phénome‘ (56 Mio. Euro (WheatInitiative 2012)). Im Projekt ‚Phénome‘ werden z.B. 5 Hochleistungs- Phänotypisierungsplattformen aufgebaut, wobei auch Soft- und Hardware (z.B. Sensoren) für Saatgutunternehmen, technische Institutionen und öffentliche Forschungsgruppen entwickelt werden (GIS 2013). Die GIS BV Plattform hat folgende vier strategische Hauptziele formuliert, an denen sich ihre Projekte orientieren<sup>61</sup>:

- Die Anpassung der Kulturpflanzen an den Klimawandel.
- Steigerung der Wasser- und Nährstoffnutzungseffizienz.
- Steigerung von Ertrag und Qualität unter Berücksichtigung von Nachhaltigkeitsaspekten.
- Neue Anwendungen für Pflanzenprodukte.

<sup>58</sup> <http://gisbiotechnologiesvertes.com/en/presentation-du-gis-bv/8-presentation-of-the-gis-bv/3-members.html> (Zugriff am 18.9.2013)

<sup>59</sup> <http://www.agence-nationale-recherche.fr/en/funding-opportunities/major-societal-challenges/> (Zugriff am 7.11.2013)

<sup>60</sup> <http://www.fsov.org/fsov-recherche-varietes-agriculture-durable.html> (Zugriff am 31.10.2013)

<sup>61</sup> <http://gisbiotechnologiesvertes.com/en/presentation-du-gis-bv.html> (Zugriff am 18.9.2013)

Spezifische Ziele innerhalb der GIS Plattform wurden im Jahr 2012 und 2013 in drei Positionspapieren dargelegt und beinhalten:

- Erreichen einer Stickstofffixierung für Getreide durch Gentechnologie (GIS 2013).
- Optimierung der Photosynthese durch verbesserte Blattstellung, neue Agrikultursysteme (z.B. Mikroalgen) oder metabolische Effizienz der CO<sub>2</sub> Fixierung (Zhu, Long et al. 2010, GIS 2013).
- Wurzelforschung in den Bereichen Architektur, Interaktionen in der Rhizosphäre und nicht-destruktive Phänotypisierung (GIS 2012).

### 3.3.3 *Italien*

In Italien gibt es keine nennenswerte staatliche Züchtung und auch keine grossen Züchter mehr (persönliche Mitteilung Elisabetta Frascaroli, Universität Bologna). Öffentliche Einrichtungen wie die Universität Bologna betreiben Züchtungsforschung<sup>62</sup> und sollen als nationale Technologie-Plattformen auf diesem Gebiet fungieren<sup>63</sup>. Hinzu kommen private multinationale Konzerne wie Monsanto und Pioneer, welche Versuchsstationen in Italien unterhalten. Diese Standorte dienen weniger als Hauptquartiere, um Züchtung zu betreiben, sondern ermöglichen den Unternehmen die erforderliche, standortangepasste Prüfung ihrer Sorten in Europa. Die Züchtung findet dabei grösstenteils im mittleren Westen der USA statt, wo ähnliche klimatische Bedingungen herrschen.

Nichts desto trotz gibt es kleinere, private Züchter die sich auf italienische Spezialitäten wie z.B. Hartweizen zur Pasta Produktion konzentrieren. Diese Züchtungsprogramme werden weniger durch den Staat als durch die Lebensmittelindustrie gefördert. Ein prominentes Beispiel ist die Kooperation zwischen dem Pasta Hersteller Barilla und der ‚Società Produttori Sementi‘<sup>64</sup>. Bemerkenswert ist noch, dass unabhängige Teilgebiete innerhalb Italiens eine etwas andere Politik verfolgen. So fördert die Region Trentino – Südtirol die Apfelzüchtung, da diese Kultur dort eine sehr wichtige Rolle spielt (persönliche Mitteilung Elisabetta Frascaroli, Universität Bologna). Ein Teil der Arbeit zur Sequenzierung des Apfelgenoms (Velasco, Zharkikh et al. 2010) fand unter anderem dort statt.

### 3.3.4 *Schweiz*

In der Schweiz wird ein Grossteil der züchterischen Arbeit durch Agroscope geleistet. Hier werden 12 Arten von Futtergräsern, Weizen, Soja, Äpfel, Aprikosen, Reben sowie Medizinal- und Aromapflanzen (Salbei, Thymian, Ysop, Melisse, usw.) züchterisch bearbeitet (IST Analyse). Agroscope arbeitet in Kooperation mit der DSP. Diese übernimmt im Weizen und teilweise in den Futterpflanzen und Soja die Sortentests, sowie die Produktion des Basissaatgutes, die Erhaltungszüchtung und die Registrierung von Sorten. Das Unternehmen DSP züchtet selber Körner- und Silomais (DSP 2012). In Zusammenarbeit mit Produzenten werden diverse Gemüsesorten für den konventionellen und biologischen Anbau unterhalten. Darunter sind z.B. Amaranth- und Salatsorten sowie zwei BIO-Sonnenblumensorten (DSP 2011) der GZPK (Ist-Analyse).

Züchtung in der Schweiz:

- Agroscope (12 Futterpflanzenarten, Soja, Weizen, Äpfel, Aprikosen, Reben, Medizinal- und

<sup>62</sup> [http://www.almafood.unibo.it/AlmaFood/Research/Plant\\_food\\_production.htm](http://www.almafood.unibo.it/AlmaFood/Research/Plant_food_production.htm) (Zugriff am 24.10.2013)

<sup>63</sup> <http://www.plantetp.org/index.php/activities-54/atnationallevel/nationaltps> (Zugriff am 24.10.2013)

<sup>64</sup> <http://www.prosementi.com/news/psb-e-barilla-puntano-allinnovazione> (Zugriff am 24.10.2013)

- Aromapflanzen)
- DSP (Mais)
- GZPK (Dinkel, Erbsen, Mais, Sonnenblume, Triticale und Weizen)
- Sativa Rheinau AG (zwölf Gemüsearten)
- Breeding Botanicals International (mehrere Arten)
- Lubera (Obst, Beeren)
- Weitere private Züchter (Reben)

Zwecks Erhalt von Sorten unterhält die Zollinger Samen 350-400 Pflanzenarten- und Sorten<sup>65</sup>. Die ProSpeciaRara unterhält einige Arten und frischt diese genetisch für den Anbau auf. Des Weiteren findet Züchtungsforschung an Buchweizen, Futterpflanzen (beide ETH Zürich) und Weizen (Universität Zürich) statt. Raps, Kartoffel und Zuckerrübe werden in der Schweiz nicht züchterisch bearbeitet.

#### **3.3.4.1 Bisherige Position des BLWs zur Einwicklung der Pflanzenzüchtung**

Das BLW fordert eine Stärkung des Ackerbaus, um insbesondere Futtermittelimporte zu begrenzen (BLW 2010). Die Agrobiodiversität soll weiter gefördert werden und ihren Platz in einer nachhaltigen Schweizer Landwirtschaft einnehmen (BLW 2010, Kopainsky, Flury et al. 2013). Das ‚Landwirtschaftliche Wissenssystem‘ soll gestärkt werden. Hierzu sollen Spin-offs, d.h. Abspaltungen von Geschäftseinheiten aus Unternehmen oder auch Universitäten, mittels zur Verfügung gestelltem Risikokapital unterstützt werden (BLW 2010). Wissenschaftliche Erkenntnisse sollen schneller in die Praxis einfließen und Anwendung finden.

Pflanzen müssen an den Klimawandel und nachhaltige Anbausysteme angepasst sein. Dazu sollen sowohl konventionelle als auch moderne Züchtungsmethoden und Technologien ihren Beitrag leisten (inklusive Marker-gestützte Selektion (MAS), Doppelhaploide, Proteomics, Protoplastenfusion sowie Gentechnologie, falls sie einen deutlichen Mehrwert bringt). Im Zentrum des Interesses steht hier u.a. die Steigerung der Nährstoffeffizienz der Pflanzen. Ein Beispiel ist die züchterische und anbautechnische Berücksichtigung von Mykorrhiza-Symbiosen, welche zur Reduktion klimaschädlicher Emissionen beitragen können (BLW 2012).

Der Hitze- und Trockenstress von Kulturpflanzen soll durch Züchtung vermindert werden, um schon jetzt etwaigen klimatischen Veränderungen oder auch extremen Wetterereignissen die Wirkung auf die Grundlage der Lebens- und Futtermittelproduktion – die Landwirtschaft – zu nehmen (BLW 2011).

#### **3.3.4.2 Die REDES Studie**

Laut der Studie ‚Ressourceneffizienz im Dienste der Ernährungssicherheit‘ (REDES) des BLWs kommt der Produktivitätssteigerung im Hinblick auf Produktion und Ressourcenschonung eine zentrale Rolle zu. Dabei wurden im Bereich der Pflanzenzüchtung die Steigerungen in Ertrag und Nährstoffeffizienz als bedeutend ausgemacht (Kopainsky, Flury et al. 2013). Es wird angenommen, dass der Selbstversorgungsgrad bis 2050 auf ca. 50% fällt. Bis dahin wird nur Gras an Bedeutung gewinnen. Hülsenfrüchte, Früchte und Futtergetreide werden ihre Bedeutung beibehalten. Getreide, Ölsaaten, Gemüse sowie Wurzel- und Knollenfrüchte werden leicht an Bedeutung verlieren. Es wird mit einer leichten Verschiebung von der Pflanzenproduktion zur Tierhaltung gerechnet (Kopainsky, Flury et al. 2013).

<sup>65</sup> <http://www.zollinger-samen.ch/de/about/> (Zugriff am 27.11.2013)

### 3.4 Wichtige Kulturpflanzen und ihre Züchtung

Im Folgenden werden für wichtige Kulturpflanzen das internationale Umfeld, in dem die Züchtung stattfindet, beleuchtet, Zuchtziele und relevante Züchter für die Schweiz und, sofern möglich, deren Methoden vorgestellt.

#### 3.4.1 Weizenzüchtung

Im Gegensatz zu Mais ist der Ertragszuwachs in Weizen seit den 80er Jahren rückläufig (Long and Ort 2010). Man geht davon aus, dass Eliteweizensorten heute maximal 60% der Biomasse in das Korn bringen und 90% der Sonnenstrahlung während der Wachstumsperiode aufnehmen können (Zhu, Long et al. 2010). Eine weitere Optimierung stellt die Züchtung heute deshalb vor Herausforderungen. Eine der Möglichkeiten, die Optimierung des Photosynthese-Apparates, ist metabolisch komplex und schwierig zu erfassen (Zhu, Long et al. 2010, Murchie and Lawson 2013). Eine weitere Möglichkeit, die Entwicklung von Hybridweizen, wurde bis heute nicht konsequent verfolgt (Franck 2007).

##### 3.4.1.1 Weltweite und europäische Programme

Heute gibt es kaum mehr staatliche Züchtungsprogramme oder Züchtungsstrategien für Weizen. Auf internationaler Ebene wurde das ‚Wheat Yield Consortium‘ (WYC) geschaffen, in dem 31 Partnerorganisationen, u.a. das ‚Centro Internacional de Mejoramiento de Maiz y Trigo‘ (CIMMYT) und das ‚Biotechnology and Biological Sciences Research Council‘ (BBSRC), vertreten sind<sup>66</sup>. Das WYC soll Forschungsplattformen verlinken und deren Aktivitäten registrieren, um der Weizenforschung zu mehr Wirkung zu verhelfen (Reynolds, Bonnett et al. 2011). Darüber hinaus wurde die ‚Wheat Initiative‘ ins Leben gerufen, welche die Steigerung des Ertragsfortschrittes von heute unter 1% pro Jahr auf mindestens 1.7% unterstützen soll. Dies soll durch Nutzung von Synergien, z.B. in der Hart- und Brotweizenzüchtung, sowie globale Zusammenarbeit erreicht werden. Die Initiative wird von den G20 Nationen unterstützt. Beteiligte aus dem privaten Züchtungssektor sind u. a. Syngenta Crop Protection AG, KWS UK und Monsanto (WheatInitiative 2012).

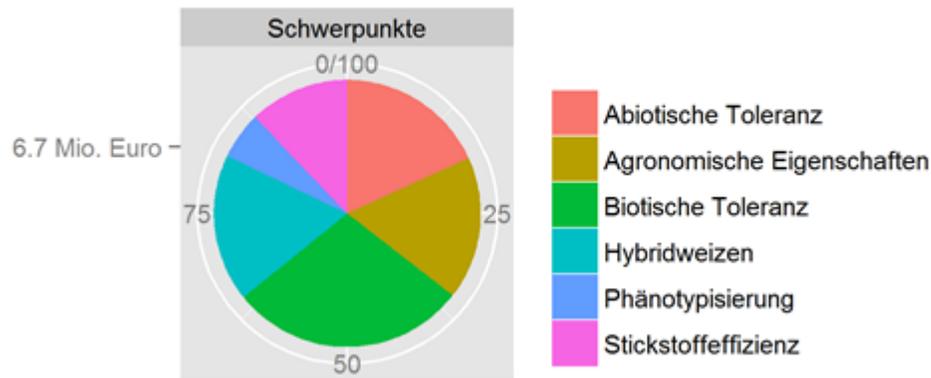
In Frankreich (GIS Plattform und FSOV), Italien (ISOCEM) und Deutschland (PLANT 2030) bestehen diverse öffentlich-private Projekte in der Weizenzüchtung (Appendix II).

##### 3.4.1.2 Deutschland: staatliche und private Züchtung

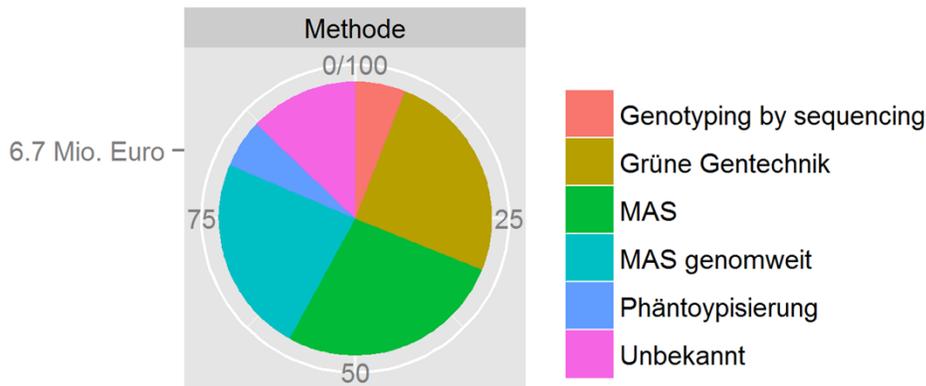
Die Weizenzüchtung wird in Deutschland intensiv vorangetrieben: 39 Unternehmen sind in der Getreidezüchtung tätig (BDP 2013) und 20.2% der Zuchtgartenflächen (ohne Futterpflanzen) sind der Weizenzüchtung vorbehalten (Noleppa and von Witzke 2013). Die in Deutschland aktuell laufenden Forschungsprojekte beinhalten z.B. die Entwicklung von Markern für agronomisch wichtige Eigenschaften in Weizen (2 Projekte, 3.5 Mio. Euro), N-Nachhaltigkeit in Getreiden (2 Projekte, 2.0 Mio. Euro), Frosttoleranz (1.1 Mio. Euro), Hybridweizen (2 Projekte 3.6 Mio. Euro) sowie Toleranz gegenüber biotischem (3 Projekte, 5.8 Mio. Euro) und abiotischem Stress (4 Projekte, 3.1 Mio. Euro)<sup>67</sup>. In diesen Forschungsprogrammen werden insgesamt pro Jahr 6.7 Mio. Euro investiert (Abb. 8), wobei es überwiegend um die Anwendung und Entwicklung moderner Züchtungsmethoden geht (Abb. 9). Die GFP hat zudem das Programm ‚ProWeizen‘ gestartet, das im Rahmen der globalen ‚Wheat Initiative‘ positioniert ist und die Themen Hybridzüchtung, molekulare Ertragsphysiologie und Phänotypisierung abdeckt.

<sup>66</sup> <http://blog.cimmyt.org/?p=7920> (Zugriff am 6.9.2013)

<sup>67</sup> <http://www.pflanzenforschung.de/de/plant-2030/fachinformationen/projektdatenbank> (Zugriff am 6.9.2013)



**Abbildung 8** Anteil der Züchtungsschwerpunkte an der Forschungsfinanzierung in Deutschland (6.7 Mio. Euro pro Jahr) (Quelle: ‚PLANT 2030‘ und ‚Wheat Initiative‘)



**Abbildung 9** : Anteil der eingesetzten Methoden an der Forschungsfinanzierung in Deutschland (6.7 Mio. Euro pro Jahr) (Quelle: ‚PLANT 2030‘ und ‚Wheat Initiative‘)

Die LfL unterhält ein Zuchtprogramm und partizipiert derzeit an Projekten wie ‚NoSprout‘ und ‚Efficient-Wheat‘<sup>68</sup>, welche eine Anpassung von Weizensorten an die Klimaänderung, die Vermeidung von Qualitätsverlusten und Krankheitsresistenz zum Ziel haben. Die Universität Hohenheim ist v.a. in der Hartweizenzüchtung aktiv. Die Zuchtziele sind die Verbesserung des Ertrages und der wichtigen Qualitätsmerkmale Farbpotential, Proteingehalt und Kochfestigkeit sowie der Winterhärte und der Fusariumresistenz. In einem von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) finanzierten Projekt mit 265‘000 Euro über 3 Jahre<sup>69</sup> sollen durch Anwendung moderner Methoden Tools für die Züchtung winterfester, robuster Hartweizensorten ohne Qualitätseinbußen entwickelt werden.

In Deutschland arbeiten 39 Unternehmen in der Weizenzüchtung (BDP 2013). In Österreich sind es deren vier<sup>70</sup>, in der Schweiz ist es ein Unternehmen. Die Zuchtziele wichtiger Unternehmen (Saaten

<sup>68</sup> <http://www.lfl.bayern.de/ipz/getreide/024940/index.php> (Zugriff am 6. 9.2013)

<sup>69</sup> <https://www.uni-hohenheim.de/news/fleckige-nudeln-ohne-biss-forscher-nehmen-hartweizen-gene-unter-die-lupe-2> (Zugriff am 6.9.2013)

<sup>70</sup> <http://www.saatgut-oesterreich.at/page.asp/1271.htm> (Zugriff am 6.9.2013)

Union GmbH, Strube, Deutsche Saatveredelung AG) sind die Entwicklung von Hybridweizen<sup>7172</sup> die Steigerung des Ertrages, die Optimierung von Inhaltsstoffen und Krankheitsresistenzen<sup>7374</sup> sowie die Erhöhung der Toleranz gegenüber abiotischem Stress<sup>757677</sup>.

### 3.4.1.3 Internationale Unternehmen

Grosse Unternehmen sehen auch heute noch grosses wirtschaftliches Potential in der Weizenzucht. So hat die KWS Lochow 2011 das Budget für die Ertragszüchtung im wachsenden Weizensektor<sup>78</sup> um 30% aufgestockt.<sup>79</sup> Neben der Ertragsteigerung soll auch die Pilzresistenz, z.B. durch den Einsatz von Gentechnologie, verbessert werden (KWS 2012). Bayer CropScience eröffnete 2012 ein neues Weizenforschungszentrum in Gatersleben und 2013 eine Weizenzuchtstation in der Nähe von Paris.<sup>80</sup> In den nächsten drei Jahren sollen über 7 Mio. Euro investiert werden.<sup>81</sup> Züchtungsziele sind vor allem höhere Erträge, Kornqualität, die effiziente Nutzung von Wasser, Hitzetoleranz sowie die Erhöhung der Widerstandsfähigkeit des Weizens gegenüber Pilzkrankungen.<sup>82</sup> Darüber hinaus sind N- sowie P-effizienz, Proteingehalt und Backqualität wichtige Merkmale im Fokus der Züchtung.<sup>8384</sup> Auch Monsanto hat 2009 Weizen ins Produktportfolio aufgenommen. Das Ziel ist es, eine bessere Toleranz gegenüber biotischem und abiotischem Stress zu erreichen.<sup>85</sup> In einer Kooperation mit BASF arbeitet Monsanto vor allem an der Ertragssteigerung sowie der Stress- und Herbizidtoleranz<sup>86</sup> durch Gentechnologie (CropLife 2012).

### 3.4.1.4 Wichtigste Forschungsfelder und Züchtungsziele

Nachfolgend werden die wichtigsten Forschungsfelder und Züchtungsziele sowie die Grösse relevanter Forschungsprogramme tabellarisch zusammengefasst (Tab. 1). Für eine detaillierte Beschreibung der einzelnen Projekte siehe Appendix II.

<sup>71</sup> <http://www.saaten-union.de/index.cfm/nav/132.html> (Zugriff am 9.9.2013)

<sup>72</sup> <http://www.strube-research.net/Pflanzenzuechtung/?n=7> (Zugriff am 9.9.2013)

<sup>73</sup> <http://www.dieckmann-seeds.de/forschung-entwicklung/zuechtung/> (Zugriff am 9.9.2013)

<sup>74</sup> [http://www.dsv-saaten.de/unternehmen/innovative\\_zuechtung/innovative\\_zuechtung.html](http://www.dsv-saaten.de/unternehmen/innovative_zuechtung/innovative_zuechtung.html) (Zugriff am 9.9.2013)

<sup>75</sup> <http://www.dieckmann-seeds.de/forschung-entwicklung/zuechtung/> (Zugriff am 09.09.2013)

<sup>76</sup> [http://www.dsv-saaten.de/unternehmen/innovative\\_zuechtung/innovative\\_zuechtung.html](http://www.dsv-saaten.de/unternehmen/innovative_zuechtung/innovative_zuechtung.html) (Zugriff am 9.9.2013)

<sup>77</sup> <http://www.strube-research.net/Strube%20Research/?n=9> (Zugriff am 9.9.2013)

<sup>78</sup> <http://www.kws.de/go/id/ercu/> (Zugriff am 10.9.2013)

<sup>79</sup> <http://www.kws-lochow.de/qualityplus1.html> (Zugriff am 10.9.2013)

<sup>80</sup> <http://www.cropscience.bayer.com/en/Magazine/Creating-Tomorrows-Commitment/Creating-Tomorrows-Wheat-Part-2.aspx> (Zugriff am 10.9.2013)

<sup>81</sup> <http://www.cropscience.bayer.com/en/Media/Press-Releases/2013/Bayer-CropScience-opens-Wheat-Breeding-Station-in-Milly-la-Fort-near-Paris-France.aspx?overviewId=D7EED097-06ED-444F-9333-27DCBE3D91F1&language=de-DE> (Zugriff am 10.9.2013)

<sup>82</sup> <http://www.cropscience.bayer.com/en/Media/Press-Releases/2013/Bayer-CropScience-opens-Wheat-Breeding-Station-in-Milly-la-Fort-near-Paris-France.aspx?overviewId=D7EED097-06ED-444F-9333-27DCBE3D91F1&language=de-DE> (Zugriff am 12.9.2013)

<sup>83</sup> <http://www.cropscience.bayer.com/en/Products-and-Innovation/Key-Crops/Wheat.aspx> (Zugriff am 12.9.2013)

<sup>84</sup> <http://www.cropscience.bayer.com/en/Magazine/Creating-Tomorrows-Commitment/Creating-Tomorrows-Wheat-Part-2.aspx> (Zugriff am 12.9.2013)

<sup>85</sup> <http://monsantoblog.com/2013/01/14/monsantos-2013-research-pipeline-update/> (Zugriff am 10.9.2013)

<sup>86</sup> <http://monsantoblog.com/2013/01/14/monsantos-2013-research-pipeline-update/> (Zugriff am 10.9.2013)

**Tabelle 1:** Anzahl angesiedelter Projekte, zusammengefasste jährliche Investitionen sowie verfolgte Forschungsansätze und wichtigste Einzelprojekte für die wichtigsten Forschungsfelder in der Weizenzüchtung.

<b>Eigenschaft/ Ziel</b>	<b>Anzahl Projekte</b>	<b>Investitionen (in Mio. Euro)</b>	<b>Verfolgte Ansätze</b>	<b>Wichtige Projekte</b>
Hybridweizen	11	1.28	- Nutzung synthetischer hexaploider Weizenlinien als Hybrideltern - Mechanismen zur männlichen Sterilität der Saatgutmutter - Verspricht Ertragssteigerung von 3.5-30%	- Hy-wheat - Hywheat
Ökoeffizienz	6	1.49	- Züchtung auf Nährstoffeffizienz - N-fixierendes Getreide durch Gentechnologie	- Diverse Projekte FSOV - Nitro Sus
Ertrag	6	1.51	- Nachhaltige Intensivierung - Erhöhung Photosynthesekapazität und -effizienz sowie Optimierung CO <sub>2</sub> - Fixierung	- SELECT - VALID
Biotische Resistenz	10	7.71	- Evaluation genetischer Ressourcen - Kartierung neuer Resistenzgene - Nutzung genetischer Marker zur pyramidisierung versch. Resistenzen	- Evaluierungsprogramm pflanzengenetischer Ressourcen (EVA) - ProtectWheat (EU)
Abiotische Toleranz	8	5.58	- Klassische Verbesserung Trocken- und Frosttoleranz - Nutzung von Mykorrhizasymbiosen - Identifizierung genetischer Marker für Stresstoleranz	- BREEDWHEAT - CORNET -Robust Wheat/NOS-PROUT - FroWheat
Qualität	5	1.0	- Verbesserung der Proteinqualität für Backeigenschaften in Weichweizen - Verbesserung Auswuchsresistenz - Verbesserung versch. Merkmale in Hartweizen	
Phänotypisierung allg.	5	8.82	- genauere Beschreibung von Pflanzen durch sensorgestützte nichtinvasive Methoden	- PHÉNOME - DPPN

<sup>a</sup> die Gesamtsumme der Investitionen beinhaltet nur die Projekte für welche Daten verfügbar waren. Für die Aufschlüsselung der Gelder auf einzelne Projekte siehe Appendix II

### 3.4.1.5 Weizenzüchtung in der Schweiz

Die Forschungsanstalt ACW setzte seit den 80er Jahren in der Weizenzüchtung vor allem auf Backqualität, Krankheitsresistenz und stabilen Ertrag (Fossati and Brabant 2003, BLW, ACW et al. 2008). Dies hat sich bis heute bewährt, denn Schweizer Sorten sind in den obersten Qualitätsklassen sehr beliebt und dominieren den Schweizer Markt (persönliche Mitteilung Meinrad Müller, swisssem). Im Jahr 2007 wurden Schweizer Sorten im Ausland auf ungefähr 110'000 ha, in 2013 sogar auf ca. 130'000 ha, angebaut, mehr als die Hälfte davon in den USA (Brabant 2008). 20% der Lizenzentnahmen stammen somit aus dem Ausland (Brabant 2008). Die ausländische Züchtung, vor allem in Österreich, holte in den letzten Jahren im Bereich Qualität jedoch stetig auf (persönliche Mitteilung Mi-

chael Winzeler, Agroscope). Die neu entwickelten Sorten erreichen heute eine Ertragssteigerung von +0.24 dt/ha pro Jahr.

Züchtungsziele der ACW in Brotweizen sind die Steigerung des Ertrages, der Qualität (Backfähigkeit), der Krankheitsresistenz (Gelb- und Braunrost, Mehltau, *Septoria nodorum* und *S. tritici*, Ährenfusariosen) sowie die Lagerresistenz und Klimabeständigkeit<sup>87</sup>.

Ziele der GZPK sind die Resistenz gegen Stinkbrand und Braunrost, ein erhöhter Gesundheitswert (z.B. Pigmentweizen) und die Verbesserung der Stickstoffeffizienz, der Standfestigkeit und der Unkrautunterdrückung. Die Resistenzen sollen mittels rekurrenter Selektion und gleichzeitiger Aufweitung der genetischen Basis eingezüchtet werden (Kunz, Becker et al. 2006)<sup>88</sup>. Anthocyane haben eine anti-oxidative Wirkung und könnten somit einen positiven Effekt auf die Gesundheit haben (Stintzing and Carle 2004).

#### 3.4.1.6 Schlussfolgerungen / Trends

- Öffentlich-private Forschung fokussiert auf Ertrag und Nachhaltigkeit durch Hybridweizen und genetische Verbesserungen. Dabei werden sehr innovative Projekte verfolgt, z.B. ‚RNA-guard‘.
- Private Forschung konzentriert sich auf Hybridproduktion und Gentechnik (bessere Wahrung von Eigentumsrechten (Kloppenburg 2005)).
- Kleine Züchtungsunternehmen stellen Qualität, Krankheitsresistenz und Inhaltsstoffe in den Vordergrund.
- In Deutschland und Frankreich laufen Projekte, um modernste Technologien in die Züchtung einzubringen. Es ist zu erwarten, dass Hybridweizensorten einen grossen Konkurrenzdruck erzeugen.
- Grosse Projekte in für die Schweiz relevanten Gebieten bestehen bereits, so etwa in Frankreich für die Resistenzzüchtung (FSOV, 3 Mio. pro Jahr) und zur Ökoeffizienz (Stickstoffeffizienz oder Unkrautunterdrückung, ‚FSOV/Ecopyhto‘, 0.66 Mio. Euro pro Jahr).

### 3.4.2 Futterpflanzenzüchtung

#### 3.4.2.1 Internationales Umfeld

Im gemeinsamen Sortenkatalog für landwirtschaftliche Pflanzenarten der Europäischen Kommission wurden in den letzten 20 Jahren fast 6'000 Sorten von 39 Arten ein- und mehrjähriger Futterpflanzen registriert. Ca. 50% dieser Sorten sind vor weniger als 10 Jahren registriert worden. Die häufigsten Registrierungen von mehrjährigen Futterpflanzen erfolgten durch Deutschland, Frankreich, Italien und Holland. Insgesamt finden wir 331 öffentliche und private Züchter bzw. Erhalter dieser Sorten im EU-Sortenkatalog. Ihre Anzahl pro Land ist sehr variabel und reicht von weniger als 10 (Belgien und Griechenland) bis 127 (Italien). Die meisten Sorten der letzten 20 Jahre gehörten zu Englischen Raigras (ca. 1600), Italienischem Raigras (ca. 600) und Rotschwingel (ca. 600). Die Spitzenreiter mit den meisten registrierten Sorten während der letzten 20 Jahre sind DLF-Trifolium (1'600 Sorten), Barenbrug Holland und Euro Grass Breeding (je ca. 540) und RAGT (Julier, Fournier et al. 2014).

#### 3.4.2.2 Zuchtmethoden in der Futterpflanzenzüchtung

Auch in der Futterpflanzenzüchtung (hier Gräser und Klee) sind die Zuchtmethoden stark von der Grösse des Unternehmens abhängig. Grosse Unternehmen wie DLF-Trifolium (Dänemark), mit einem

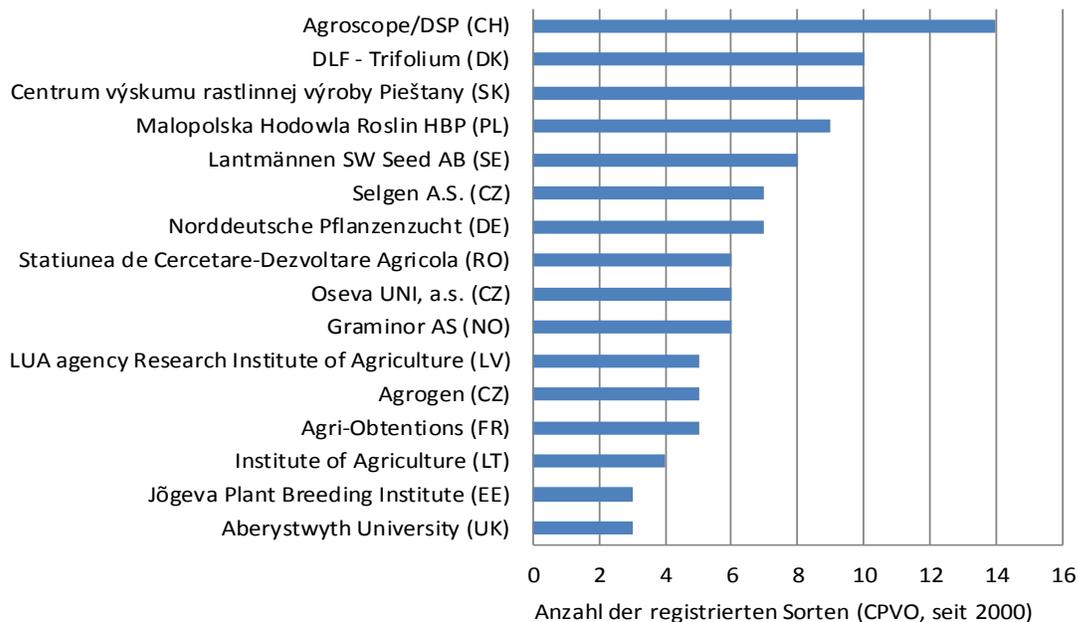
<sup>87</sup> <http://www.agroscope.admin.ch/amelioration-des-plantes/00713/index.html?lang=de> (Zugriff am 2. 9.2013)

<sup>88</sup> [http://www.getreidezuechtung.ch/index.php?article\\_id=3](http://www.getreidezuechtung.ch/index.php?article_id=3) (Zugriff am 15.10.2013)

weltweiten Marktanteil von bis zu 20%, nutzen sowohl konventionelle als auch DNA-Marker basierte Methoden zur Züchtung von Gräser- und Kleesorten. Konventionelle Züchtungsmethoden beinhalten Paarkreuzungen und Massenkreuzungen (polycrosses) sowie die Selektion unter Berücksichtigung verschiedener Standorte. Für den Einsatz von DNA-basierten Analysen werden Single Nucleotide Polymorphism (SNP) und Simple Sequence Repeats (SSR) Marker für die Marker-gestützte Selektion (MAS) angewendet (persönliche Mitteilung Klaus K. Nielsen, DLF-Trifolium). Züchtungsmethoden, welche eine gentechnische Modifizierung des Organismus erfordern, werden aus politischen und wirtschaftlichen Gründen nicht angewendet. Während MAS nur wenig und im Rahmen projektspezifischer Forschung angewendet wird, basiert der Grossteil der Züchtung auf konventionellen Züchtungsmethoden (persönliche Mitteilung Lukas Wolters, Euro Grass Breeding).

### 3.4.2.3 Rotklee: Züchter und Sorten

Im Bereich des Rotkleees ist die Schweizerische Züchtung der Agroscope in Kooperation mit der DSP im heimischen als auch im Europäischen Futterpflanzenbau sehr gut aufgestellt (Abb. 10). Die empfohlene Sortenliste 2013/2014 für die Schweiz wird vor allem von den Sorten der Agroscope/DSP dominiert (Agroscope 2013). Der empfohlene Mattenklee stammt ausschliesslich aus Schweizer, der Ackerklee grössten Teils aus ausländischen Züchtungsunternehmen, wie z. B. Freudenberger (DE), Agrogen (CZ), EURO GRASS (DE), Carneau (FR), Agri Obtentions (FR), Norddeutsche Pflanzenzucht (NPZ, DE), Centrum výskumu rastlinnej výroby Piešťany (CVRV, SK) und der Saatzucht Steinach (DE).



**Abbildung 10** : Namen der Züchtungs- bzw. Erhaltungseinrichtungen und Anzahl der Rotklee-Sorten, welche auf der Liste der CPVO (Community Plant Variety Office) registriert sind. Hinzu kommen 31 weitere Einrichtungen mit weniger als 3 registrierten Sorten seit 2000.

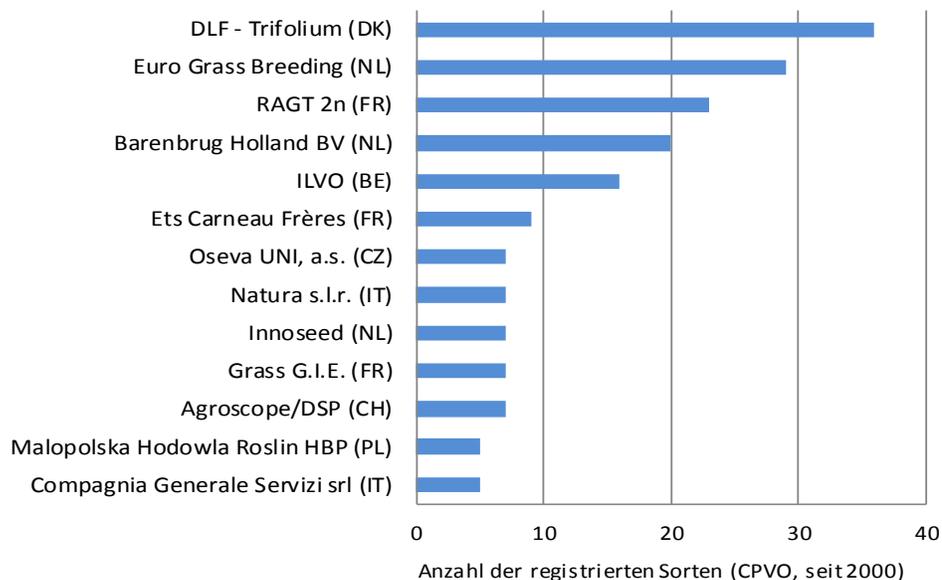
### 3.4.2.4 Rotklee: Forschungsfelder und Züchtungsziele

Ein wichtiges Zuchtziel ist die Steigerung des Ertrages und der Qualität. Eine hohe Schmackhaftigkeit und ein hoher Eiweissgehalt stehen hier im Vordergrund, wobei hierzu der Krankheitsresistenz, z.B. gegen *Fusarium* oder *Sclerotinia* (*Sclerotinia trifoliorum*), eine wichtige Rolle zukommt. Eine bessere

Wasser- und Nährstoffeffizienz helfen Ressourcen effizienter zu nutzen sowie den Anbau in trockeneren Gebieten zu ermöglichen. Insgesamt wird die Züchtung solcher Sorten angestrebt, welche an vielen Standorten und unter unterschiedlichen Stressbedingungen angebaut werden können (DLF-Trifolium<sup>89</sup>).

### 3.4.2.5 Italienisches Raigrass: Züchter und Sorten

Züchtungsunternehmen wie DLF- Trifolium, Euro Grass Breeding, RAGT Seeds, Barenbrug Holland und dem belgischen ‚Institute for Agricultural and Fisheries Research‘ (ILVO) liessen seit 2000 die meisten Italienisch Raigras-Sorten auf der Liste der CPVO registrieren (Abb. 11). Nichts desto trotz sind nur wenige dieser Sorten für den Schweizer Anbau empfohlen. Wie auch beim Rotklee, Wiesen-schwingel oder auch dem Bastard Raigras dominieren auf dieser Liste (2013/2014) die Sorten der Agroscope/DSP (Agroscope 2013). Ausschliesslich 2 der 13 empfohlenen Sorten stammen aus Züchtungen ausländischer Unternehmen wie DLF- Trifolium oder öffentlichen Einrichtungen wie dem ILVO.



**Abbildung 11** : Namen der Züchtungs- bzw. Erhaltungseinrichtungen und Anzahl der Italienisch-Raigras-Sorten, welche auf der Liste der CPVO (Community Plant Variety Office) registriert sind. Hinzu kommen 35 weitere Einrichtungen mit weniger als 5 registrierten Sorten

### 3.4.2.6 Italienisches Raigrass: Forschungsfelder und Züchtungsziele

Wichtige Zuchtziele sind die Steigerung des Ertrages und der Qualität. Eine hohe Verdaubarkeit sowie die Optimierung der Inhaltsstoffe, z.B. die Erhöhung des Zuckergehaltes, stehen hier im Vordergrund. Der Ertrag sowie die Qualität der Futterpflanzen soll zudem durch die Reduzierung der Krankheitsanfälligkeit, z.B. bakterielle Welke (*Xanthomonas translucen pv. Graminis*), Rost (*Puccinia* spp.) und Schneeschimmel (*Microdochium nivale*), gewährleistet werden. Hinzu kommen eine Verbesserung der Wachstumszyklen, der Persistenz und der Frosttoleranz sowie ein reduziertes Stängelwachstum.

<sup>89</sup> [http://www.dlf.com/R\\_D/Grass\\_seeds\\_Forage\\_Breeding.aspx](http://www.dlf.com/R_D/Grass_seeds_Forage_Breeding.aspx) (Zugriff am 13.11.2013)

### 3.4.3 Sojazüchtung

#### 3.4.3.1 Internationales Umfeld

Soja gehört heute zu den wichtigsten Futterpflanzen weltweit und wird zu einem grossen Teil im Hauptanbaugebiet, den USA, gezüchtet. Die Forschungsaktivitäten in Soja sind sehr ausgeprägt. In den USA wurden 2012/2013 über 700 Forschungsprojekte bei der ‚United Soybean Board‘ (USB) mit einem Volumen von 63 Mio. US-Dollar gemeldet, welche durch die ‚state checkoff boards‘ (verlangen 0.5% des Marktpreises der geernteten Soja als Anbaugelb) finanziert werden (USB 2013). Im Vergleich zu anderen Kulturen wurde in kürzester Zeit viel Geld und Zeit in die Genomsequenzierung der Sojabohne investiert, welches 2008 durch das ‚Joint Genome Institute‘ (JGI) veröffentlicht wurde<sup>90</sup>. Zur Nutzung genetischer Marker wurden 2012 zudem alle 19'798 Sojabohnen-Akzessionen der Genbank des ‚United States Department of Agriculture‘ (USDA) mit einem 50'000 SNP Chip sequenziert, um z.B. Marker für den Ölgehalt (Cregan, Song et al. 2012) zu finden und diese später in der Züchtung einzusetzen.

In Europa züchtet das ‚Agricultural Institute Osijek‘ in Kroatien mit konventionellen und marker-gestützten Methoden innerhalb der 00 und II Reifegruppen (Sudarić and Vrataric 2008). Über 100 Sorten der 0 bis III Reifegruppen wurden vom ‚Institute of Field and Vegetable Crops‘ in Novi Sad (Serbien) registriert (Miladinovic, Burton et al. 2011). Das INRA erstellte eine Kernkollektion von 50 Genotypen mit der Reifegruppe 000 bis III (Tavaud-Pirra, Sartre et al. 2009).

#### 3.4.3.2 Züchter und Sorten

80% der Anbaufläche in der Schweiz ist mit Sorten der Agroscope bebaut (Ist-Analyse, (FAOSTAT 2012)). Die DSP verzeichnet steigende Absätze im Export von Versuchssaatgut (interne Statistik DSP). Neben den Agroscope-Sorten haben die folgenden Züchter empfohlenen Sorten für den Anbau in der Schweiz: Euralis Saaten GmbH (140 Mio. Euro Umsatz im Bereich Seeds), RAGT (341 Mio Euro Umsatz im Bereich Seeds), Saat-zucht Donau, Prograin Inc. (aktiv im Humanernährungs Bereich mit Fokus auf Qualität<sup>91</sup> sowie im GVO Bereich mit Fokus auf Ertrag). Des Weiteren existiert Sojazüchtung an diversen Universitäten wie Hohenheim (DE), Wien (AT), Hongrie (KRO), Minnesota (USA), Guelph und Ottawa (Kanada) (persönliche Mitteilung Claude-Alain Béatrix, Agroscope).

#### 3.4.3.3 Wichtigste Forschungsfelder und Züchtungsziele

Im Rahmen der in Kapitel 1 beschriebenen Förderprogramme wurden verschiedene Förderschwerpunkte für Hülsenfrüchte allgemein gesetzt. Neben der Soja wird z.B. das Projekt ‚PlantsProFood‘: Lebensmittelzutaten aus Blauer Süßlupine‘ mit 4.2 Mio. Euro vom BMBF gefördert (UFOP 2012). Wichtigste Forschungsfelder bei Soja sind:

##### *Frühreife und Kältetoleranz*

Innerhalb der Eiweissstrategie in Deutschland wurde ein Züchtungsprogramm an der Universität Hohenheim für die Ausweitung des Sojaanbaus finanziert, in dem frühreife, tagneutrale, kältetolerante,

<sup>90</sup> <http://www.nature.com/news/2008/081210/full/news.2008.1294.html> (Zugriff am 23.9.2013)

<sup>91</sup> <http://www.semencesprograin.com> (Zugriff am 24.9.2013)

ertragreiche und qualitativ hochwertige Sojasorten entwickelt werden<sup>92</sup>. Diese Züchtungsbemühungen sollen in Zukunft mit molekularen Markern unterstützt werden (Hahn 2012).

### *Resistenzzüchtung*

2010 wurde ein dreijähriges Programm (1.2 Mio. Euro) mit 12 führenden europäischen Leguminosezüchtern abgeschlossen. Unter anderem sollten DNA marker assays entwickelt werden, welche MAS für Resistenzgene in Hülsenfrüchten erleichtert<sup>93</sup>.

### *Stickstofffixierung*

An der INRA wird an der Reduktion von N<sub>2</sub>O-Emissionen durch gentechnisch veränderte, stickstofffixierende Bakterien geforscht<sup>94</sup>. Die Stickstofffixierung bei Trockenstress<sup>95</sup> und in kälterem Klima sind weitere Forschungsgebiete, an denen auch das ‚Forschungsinstitut für biologischen Landbau‘ (FiBL) involviert ist<sup>96</sup>.

#### **3.4.3.4 Züchtungsmethoden in der Sojazüchtung**

Während in den USA weitgehend genomisch selektiert wird, wird in Europa vorwiegend noch konventionell selektiert und nur vereinzelt MAS angewendet. Die Methoden der privaten Firmen wie z.B. Euralis Saaten GmbH und RAGT sind dabei jedoch nicht bekannt.

#### **3.4.4 Apfelzüchtung**

Die Apfelsorte Gala hat mit 20.8% den grössten Flächenanteil in der Schweiz, gefolgt von Golden Delicious (15.9%) (BLW 2012). Erst 2007 eingeführt, wird Braeburn 2012 bereits auf 8.4% der Fläche angebaut (Bravin, Leumann et al. 2008, BLW 2012).

##### **3.4.4.1 Relevante Züchter für die Schweiz**

Apfelsorten von Agroscope (Maigold, Milwa (Diwa®), La Flamboyante (Mairac®), Galmac sowie neu CH101-Galiwa®) werden in der Schweiz auf 9% (371 ha) der gesamten Apfelanbaufläche angebaut (BLW 2012). Agroscope partizipiert im internationalen Projekt ‚FruitBreedomics‘<sup>97</sup>, welche mit modernen Methoden wie MAS oder genomweiten Assoziationskartierungen die genetische Basis erweitern und die Markerdichte in Genomkartierungen erhöhen. Gleichzeitig soll die Lücke zwischen Forschung und Anwendung geschlossen werden. Des Weiteren kollaboriert Agroscope mit diversen Partnern, z.B. dem Julius Kühn-Institut (JKI) für die Evaluierung von Triebanfälligkeit, der Privatinitiative ‚Fruture‘ in Bezug auf genetische Ressourcen und der VariCom<sup>98</sup>, welche für Sortentests und Vermarktung zuständig ist (Kellerhals, Baumgartner et al. 2012). Das JKI arbeitet an der Pyramidisierung von Resis-

<sup>92</sup> <https://www.uni-hohenheim.de/projekt/ausweitung-des-sojaanbaus-in-deutschland-durch-zuechterische-anpassung-und-pflanzenbauliche-optimierung> (Zugriff am 24.9.2013)

<sup>93</sup> <http://www.pflanzenforschung.de/de/plant-2030/fachinformationen/projekt Datenbank/nutzung-genetischer-vielfalt-resistenzgenen-der-wichtig-388> (Zugriff am 24.9.2013)

<sup>94</sup> <http://www.inra.fr/en/Partners-and-Agribusiness/Results-Innovations-Transfer/All-the-news/Legume-inoculants-soil-nitrous-oxide> (Zugriff

<sup>95</sup> [http://www.bioforschung.at/Stickstofffixierung-von-Soja.240.0.html?&L=0&no\\_cache=1&sword\\_list\[0\]=soja](http://www.bioforschung.at/Stickstofffixierung-von-Soja.240.0.html?&L=0&no_cache=1&sword_list[0]=soja) (Zugriff am 25.9.2013)

<sup>96</sup> <http://www.sojainfo.de/849.html> (Zugriff am 25.9.2013)

<sup>97</sup> <http://www.fruitbreedomics.com/index.php/the-project>

<sup>98</sup> <http://www.varicom.ch/cms/index.php?kat=29> (Zugriff am 13.10.2013)

tenzgenen mittels MAS<sup>99</sup>. Eine neue Partnerschaft wurde kürzlich mit dem Südtiroler Versuchszentrum Laimburg eingegangen. Hier soll u.a. der Austausch von Zucht-Sorten sowie die gemeinsame Entwicklung von modernen Züchtungsmethoden und Molekularen Markern vorangetrieben werden<sup>100</sup>.

Wichtige Züchter für in der Schweiz angebaute Apfelsorten

- **Plant & Food Research:** das staatliche Forschungsinstitut aus Neuseeland beherbergt das Apfel- und Birnenzüchtungs- Joint Venture Unternehmen *Prevar*<sup>TM101</sup>, welches die Hauptkonkurrenz für die Apfelzüchtung am Agroscope darstellt (persönliche Mitteilung Markus Kellerhals, Agroscope). Das Apfelzüchtungsprogramm hat ca. 3 Mio. US-Dollar pro Jahr zur Verfügung<sup>102</sup>. Die entwickelte Club-Sorte Jazz<sup>103</sup> hat mit 1.8% (7.4 ha) der gesamten Apfelanbaufläche etwa gleichviel Marktanteil wie die Agroscope-Clubsorte ‚La Flamboyante‘ (Mairac®). Gleich dahinter folgt die australische Cripps Pink (Pink Lady®), welche im Jahr 1973 entwickelt wurde<sup>104</sup> (BLW 2012).
- **Lubera:** Für Obst und Beeren betreibt das Unternehmen nach eigenen Angaben das breiteste private Zuchtprogramm in Europa<sup>105</sup>.

#### 3.4.4.2 Methoden und Zuchtziele

*Prevar*<sup>TM</sup> entwickelte Marker für rotes Fruchtfleisch sowie die Resistenzen gegen Schorf, echten Mehltau (*Blumeria graminis*) und gegen Läuse. Eine Methode zur Blühverfrühung unter optimalen Bedingungen wird angewendet<sup>106</sup>. Die Steigerung der Qualität, des Ertrages, und der Resistenz<sup>107</sup> sowie die züchterische Bearbeitung bestimmter Inhaltsstoffe und allergener Stoffe sind zunehmend Zuchtziele bei Agroscope (persönliche Mitteilung Markus Kellerhals, Agroscope). In der Forschung der Agroscope wird die MAS für die Verbesserung der Feuerbrandresistenz, die Blühverfrühung durch optimale Umweltbedingung und die gentechnische Methode der Blühverfrühung angewendet (Kellerhals, Baumgartner et al. 2012). Eine erste feuerbrandrobuste und schorfresistente Apfelsorte wurde im Rahmen des Projektes ‚ZUEFOS‘ (Züchtung feuerbrandrobuster Obstsorten) erfolgreich gezüchtet (Leumann, Baumgartner et al. 2013).

#### 3.4.5 Gemüsezüchtung

In der Gemüsezüchtung ist ein starker Konzentrationsprozess mit Fokussierung auf wenige Arten zu beobachten. Weltweit existieren z.B. nur wenige Züchter für Zuckermais (Nickerson, Sativa Rheinau), Kohlrabi und Karotten (persönliche Mitteilung Amadeus Zschunke, Sativa Rheinau). In unseren Nachbarländern gibt es wenig öffentliche Züchtung im Bereich Gemüse, wobei die Aktivitäten der Univer-

<sup>99</sup> [http://www.jki.bund.de/no\\_cache/de/startseite/institute/zuechtung-gartenbau-obst/arbeitsgruppen/apfelzuechtung.html](http://www.jki.bund.de/no_cache/de/startseite/institute/zuechtung-gartenbau-obst/arbeitsgruppen/apfelzuechtung.html) (Zugriff am 15.10.2013)

<sup>100</sup> <http://www.agroscope.admin.ch/aktuell/00198/05306/index.html> (Zugriff am 15.10.2013)

<sup>101</sup> <http://www.plantandfood.co.nz/growingfutures/horticulture/how-we-deliver/pipfruit> (Zugriff am 15.10.2013)

<sup>102</sup> <http://www.prevar.co.nz/prevar-news/press-releases/the-pipfruit-breeding-equation/> (Zugriff am 15.10.2013)

<sup>103</sup> <http://www.plantandfood.co.nz/page/our-research/breeding-genomics/key-crops/pipfruit> (Zugriff am 15.10.2013)

<sup>104</sup> <http://www.pinklady.ch/Erfolgsstory.aspx> (Zugriff am 15.10.2013)

<sup>105</sup> <http://www.lubera.com/ch/shop/zuechtung.html> (Zugriff am 14.10.2013)

<sup>106</sup> <http://www.plantandfood.co.nz/page/our-research/breeding-genomics/key-crops/pipfruit> (Zugriff am 15.10.2013)

<sup>107</sup> <http://www.news.admin.ch/message/index.html?lang=de&msg-id=50316> (Zugriff am 14.10.2013)

sität Hohenheim<sup>108</sup>, der Staatsschule für Gartenbau und Landwirtschaft in Hohenheim<sup>109</sup>, und der Universität Göttingen (biologische Züchtung)<sup>110</sup> zu erwähnen sind. Weitere Universitäten<sup>111112</sup> sowie die Abteilung zu Systemmodellierung Gemüsebau an der Universität Hannover<sup>113</sup> bearbeiten vereinzelte, kleine Projekte im Bereich der Gemüsezüchtung.

### 3.4.5.1 Relevante Züchter, Zuchtziele und Methoden

Die grösste private Konkurrenz für Schweizer Sorten (Sativa Rheinau, Zollinger Samen und ProSpeciaRara) kommt aus den Niederlanden. Daneben sind grosse multinationale Unternehmen wie Monsanto und Syngenta sowie Nickerson Zwaan (Limagrain Gruppe)<sup>114</sup> im Geschäft. Allgemein sind bei diesen Firmen hohe technologische Standards bereits Alltag. So wird die Identifizierung von Resistenzgenen und die Resistenzzüchtung unter Anwendung von Markern standardmässig praktiziert. Gewebekulturen für die Hybridzüchtung werden z.B. von den Firmen Rijk Zwaan und Bejo Zaden angewendet. Während in einigen kleineren Firmen neben der Qualität dem Geschmack eine hohe Wichtigkeit beigemessen wird (persönliche Mitteilung Amadeus Zschunke, Sativa Rheinau), setzen andere lediglich voraus, dass der Geschmack nicht atypisch ist. Wichtige Züchter für den Schweizer Markt sind:

- **Bejo Zaden:** setzt ihre Schwerpunkte in den Bereichen Resistenzzüchtung, Gewebekultur, Zellbiologie, DNA-Markertechnologie und gesundheitsfördernde Inhaltsstoffe. Insgesamt beschäftigen sich allein 70 Projekte mit züchterischen Arbeiten im Bereich der Resistenzzüchtung. Das Unternehmen bietet nebst den konventionellen Sorten auch ein Bio- Sortiment an<sup>115</sup>.
- **Enza Zaden:** züchtet in Zusammenarbeit mit Vitalis<sup>116</sup> auch Sorten für den biologischen Anbau. In biotechnologischer Richtung bestehen Kollaborationen mit den Unternehmen KeyGene und Westcape Biotech Pty., um innovative Züchtung mit fortschrittlichsten Methoden zu praktizieren. Neu ist die Entwicklung von Sorten für den Anbau von Hydrokulturen (Enza 2013).
- **Rijk Zwaan:** ist an dem Unternehmen KeyGene beteiligt und wendet Doppelhaploide, MAS sowie weitere moderne Technologien zur Bestimmung von Inhaltsstoffen an. Das Unternehmen bietet ebenfalls Bio-Sorten an<sup>117</sup>.
- **Sativa Rheinau:** wendet MAS in der Resistenzzüchtung an. Dabei übernehmen externen Firmen die genetische Analyse. Projekte zum Einsatz von MAS im Bereich der Gemüsezüchtung erfolgen in Zusammenarbeit mit der Universität Göttingen und dem FiBL. Im Bereich Tomatenzüchtung bestehen Kooperationen mit italienischen und im Bereich Zuckermais mit US-amerikanischen Partnern. Weitere Zusammenarbeit auf internationaler Ebene besteht vor allem bei der Methodenentwicklung und dem Austausch von genetischen Ressourcen (persönli-

<sup>108</sup> <https://www.uni-hohenheim.de/index.php?jssessionid=EBE714C1EB38033AD62F499D4C556757?id=1597&state=wsearchv&search=13&einrichtung.eid=17#sftabs-4> (Zugriff am 19.9.2013)

<sup>109</sup> <http://www.staatsschule.uni-hohenheim.de/> (Zugriff am 19.9.2013)

<sup>110</sup> <http://www.uni-goettingen.de/en/48392.html> (Zugriff am 19.9.2013)

<sup>111</sup> <http://www.pflanzenforschung.de/de/plant-2030/fachinformationen/projekt Datenbank/poptimierung-von-inulinertrag-und-polymerisationsgrad-c-326> (Zugriff am 19.9.2013)

<sup>112</sup> <http://www.pflanzenforschung.de/de/plant-2030/fachinformationen/projekt Datenbank?suchtext=&p2030=1&bios=1&aktuelle=1&abgelaufene=1&pflanze=5127&programm=leer&anzahlpflanzen=1&summevon=0&summebis=0&pfilter=1> (Zugriff am 19.9.2013)

<sup>113</sup> [http://www.gem.uni-hannover.de/wir\\_ueber\\_uns.html](http://www.gem.uni-hannover.de/wir_ueber_uns.html) (Zugriff am 19.9.2013)

<sup>114</sup> <http://www.nickerson-zwaan.com/site/home-germany-de> (Zugriff am 20.9.2013)

<sup>115</sup> <http://www.bejo.ch/> (Zugriff am 19.9.2013)

<sup>116</sup> <http://www.biovitalis.eu/> (Zugriff am 19.9.2013)

<sup>117</sup> <http://www.rijkszwaan.de/wps/wcm/connect/RZ+DE/Rijk+Zwaan/Company/Activities/Research> (Zugriff am 20.9.2013)

che Mitteilung Amadeus Zschunke, Sativa Rheinau).

### 3.4.6 Kartoffelzüchtung

Die wichtigsten Sorten in Schweiz zeigen folgenden Anbauflächenanteil: Agria 22% (Züchter: Böhm KG, Deutschland 1988), Charlotte 14% (Züchter: Germicopa SA, Frankreich), Victoria 7% (Züchter: ZPC, Holland) und Innovator 6% (Züchter: HZPC, Holland) (Agroscope 2013)<sup>118</sup>.

#### 3.4.6.1 Relevante Züchter, Methoden und Zuchtziele

Die Schweiz unterhält weder öffentliche noch private Kartoffelzüchtungsprogramme. Somit stammen sämtliche in der Schweiz empfohlene und angebaute Sorten aus dem Europäischen Ausland (Agroscope 2013). Die Kartoffelzüchtung für das Schweizer Klima wird vor allem von mittelgrossen Unternehmen in Frankreich, Deutschland und Holland praktiziert. Bezüglich Technologien setzen viele Züchter auf konventionelle Selektion von Klonsorten aus einer Vielzahl von Kreuzungen, die marker-gestützte Selektion nimmt aber zu (z.B. HZPC, Europlant). Spezifisch ist bei der Kartoffel die *in-vitro* Vermehrung zu nennen, welche z.B. von der Europlant zur schnellen, vegetativen Vermehrung von Sorten eingesetzt wird. Wichtige Züchter für die Schweiz sind.

- **Germicopa:** betreibt eine Forschungsstation in Châteauneuf-du-Faou (Bretagne, Frankreich). Pro Jahr werden ca. 1'500 Hybride kreiert und 70'000 Samen gesät. 900 Elite-Klone und Sorten werden in der eigenen Genbank unterhalten<sup>119</sup>.
- **HZPC:** entstand 1999 aus den Unternehmen Hettema und De ZPC. Die HZPC testet den Anbau verschiedener Kartoffelsorten in verschiedenen Klimazonen. Spezielle Merkmale sollen schneller durch den Einsatz der MAS ausfindig gemacht werden<sup>120</sup>. Das Unternehmen beschäftigt ca. 200 Mitarbeiter und erwirtschaftet einen Umsatz von ca. 225 Mio. Euro pro Jahr<sup>121</sup>.
- **Europlant:** ist ein Zusammenschluss der Böhm KG mit der Nordkartoffel Zuchtgesellschaft GmbH und verfügt über drei Zuchtstationen in Deutschland, die über 100 Kreuzungen pro Jahr evaluieren. Technologien wie die *in-vitro* Pflanzenvermehrung (bis 450'000 pro Jahr durch Firma BIOPLANT) und MAS werden angewendet. Es werden zudem Sorten für den biologischen Anbau entwickelt<sup>122</sup>. Die Europlant beschäftigt 105 Mitarbeiter und wies 2011 einen Umsatz von ca. 131 Mio. Euro auf<sup>123</sup>. Zwei neue Sorten werden auch für den Anbau in der Schweiz empfohlen (Agroscope 2013).

### 3.4.7 Medizinalpflanzenzüchtung

In der Schweiz werden aktuell auf ca. 120 ha Medizinal- und Aromapflanzen angebaut (Ist-Analyse).

<sup>118</sup> <http://www.kartoffel.ch/index.php?id=76> (Zugriff am 20.9.2013)

<sup>119</sup> <http://www.germicopa.fr/search,our-methods.htm> (Zugriff am 20.9.2013)

<sup>120</sup> <http://www.hzpc.com/r-d/research---development?stelD=7&catID=819&page=1> (Zugriff am 20.9.2013)

<sup>121</sup> [http://de.wikipedia.org/wiki/HZPC\\_Holland](http://de.wikipedia.org/wiki/HZPC_Holland) (Zugriff am 20.9.2013)

<sup>122</sup> <http://europlant.biz/kompetenz/> (Zugriff am 20.9.2013)

<sup>123</sup> <http://wer-zu-wem.de/firma/europlant.html> (Zugriff am 20.9.2013)

### 3.4.7.1 Relevante Züchter, Methoden und Zuchtziele

Wichtige Ziele der Züchtung sind hohe Gehalte und Qualitäten der aktiven Pflanzeninhaltsstoffe (Drogen) sowie die Verbesserung der agronomischen Eigenschaften. Des Weiteren möchte man den Züchtungsprozess beschleunigen und die genetischen Ressourcen möglichst gut erhalten (Carlen 2013). Im Bereich der Medizinal- und Heilpflanzen wird international mit modernsten Technologien geforscht und gezüchtet. Derzeit liegen von 10 Medizinalpflanzen sequenzierte Transkriptome vor, welche in zahlreichen Identifikationen von molekularen Markern resultierten (Hao, Chen et al. 2012). Im Bereich der Pflanzenzüchtung des KAMEL (Kamille, Baldrian und Melisse) -Programmes bestehen u.a. Projekte zur Erzeugung von doppelhaploiden Melissen, triploiden Kamillen und Erhöhung der Drogenqualität in Baldrian. Die wichtigsten Züchter sind:

- **Agroscope:** Für die von der Agroscope gezüchteten Medizinalpflanzen gibt es zurzeit wenig Konkurrenz im In- und Ausland. Mit ausländischen Züchtern tauscht man Pflanzenmaterial aus und es bestehen Kollaborationen mit diversen Universitäten (persönliche Mitteilung José Vouillamoz, Agroscope). Durch die Selektion aus hoher genetischer Variabilität werden in kurzer Zeit Fortschritte erzielt. Durch die Züchtung und Kultivierung dieser Pflanzen kann der Druck auf Wildpflanzen verringert werden (Carlen 2013).
- **Breeding Botanicals International:** Das Unternehmen Breeding Botanicals International unterhält die züchterische Bearbeitung einer Vielzahl von Medizinal- und Aromapflanzen. Zum Beispiel *Vitex agnus castus* (Mönchspfeffer) oder *Coleus forskohlii* (Buntnessel)<sup>124</sup>.
- **KAMEL in Deutschland:** In Deutschland wird die züchterische und anbautechnologische Optimierung von Kamille, Baldrian und Melisse (KAMEL) mit jährlich 1.5 Mio. Euro vom BMELV über die Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR) gefördert. Ziel ist, die Anbaufläche von 13'000 auf 20'000 ha bis 2020 zu steigern<sup>125</sup>.

### 3.4.8 Ölsaatenzüchtung

Obwohl in der Schweiz keine Rapssorten gezüchtet werden, ist er eine wichtige Kulturart. Die empfohlene Sortenliste zeigt, dass vor allem den Hybridsorten einen besonderen Stellenwert beigemessen wird (Swissgranum 2012, Agroscope 2013). In der Schweiz und auch in weiteren Ländern Europas liegt der Einsatz von Hybriden heute zwischen 55% (Slowakei) und 95% (Bulgarien) (Frauen 2013). Die sehr guten Anbaueigenschaften und die hohen erwirtschafteten Gewinne aus der Ernte und hohen Ölsaatenpreisen führen zu einer sehr schnellen Rückgewinnung der investierten Züchtungskosten, welche kontinuierlich für weitere Züchtungen eingesetzt werden (persönliche Mitteilung Lukas Aebi, FENACO). Im Vergleich zu anderen Ländern in Europa ist der flächenmässige Anbau von HOLL-Sorten von über 30% in der Schweiz schon sehr fortgeschritten. Liniensorten werden noch in die Liste der empfohlenen Sorten aufgenommen, liegen aber im gesamten Schweizerischem Anbau bei unter 5% der Fläche. Nur wenige Rapssorten werden derzeit zur Sortenprüfung in der Schweiz angemeldet (persönliche Mitteilung Jürg Hiltbrunner, Agroscope).

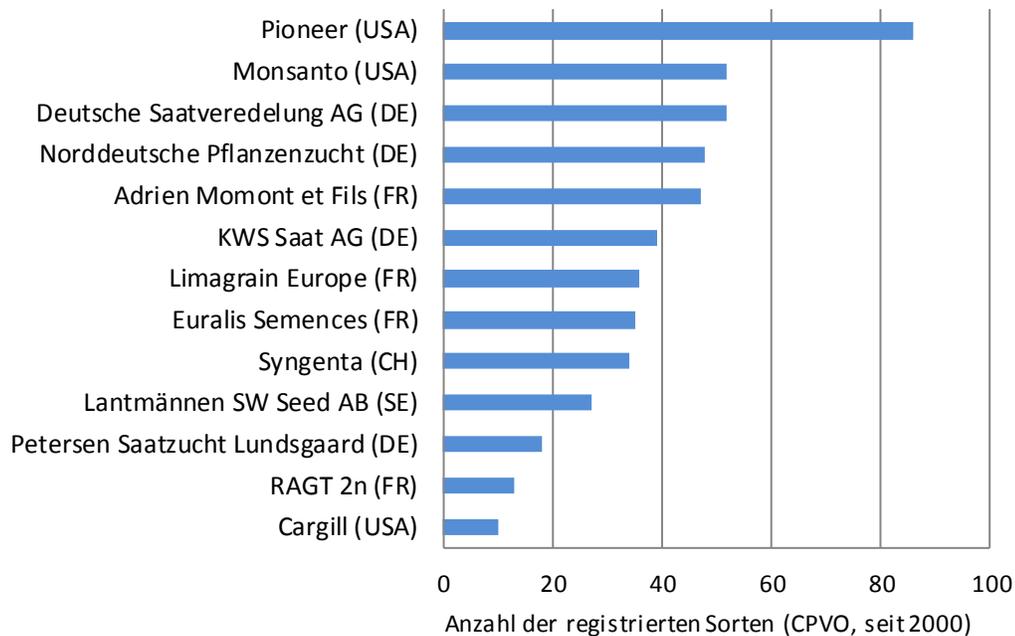
#### 3.4.8.1 Relevante Züchter für die Schweiz

Die nach dem Jahr 2000 in der CPVO Datenbank eingetragenen Rapssorten zeigen, dass neben den beiden US-Grosskonzernen Pioneer (ca. 14% Anteil aller registrierten Sorten) und Monsanto (ca. 10%) vor allem deutsche, z.B. Deutsche Saatveredelung AG (ca. 12%), und französische Rapszüchter, z.B. SARL Adrien Momont et Fils (ca. 10 %), den Grossteil der ca. 700 Rapssorten registrieren liessen

<sup>124</sup> <http://www.bb-international.ch/our-plant-materials.html> (Zugriff am 11.12.2013)

<sup>125</sup> <http://veranstaltungen.fnr.de/arzneipflanzen2013/> (Zugriff am 4.11.2013)

(Abb. 12). Aufgelistete Sorten mit einem Anteil von ca. 1% und weniger stammen auch aus Österreich, der Tschechischen Republik, Dänemark, Holland, Spanien und Grossbritannien.



**Abbildung 12** : Namen der Züchtungs- bzw. Erhaltungseinrichtungen und die Anzahl der Raps-Sorten, welche auf der Liste der CPVO (Community Plant Variety Office) registriert sind. Hinzu kommen 19 weitere Einrichtungen mit weniger als zehn registrierten Sorten seit 2000.

Eine weitere wichtige Ölsaart, die Sonnenblume, wird in der Schweiz ausschliesslich mittels biologischer Züchtungsmethoden durch die GZPK bearbeitet (Ist-Analyse). Die in der Schweiz empfohlenen und somit auch angebauten Sorten der letzten drei Jahre stammen allesamt aus Züchtungen der Firmen Syngenta, Limagrain, Euralis und Pioneer (Agroscope 2013).

### 3.4.9 Energiepflanzenzüchtung

Im Rahmen der Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emissionen setzen viele Staaten auf den Einsatz von Bioenergie. So hat etwa die EU das Ziel, den Anteil von Biotreibstoffen für Transport bis 2020 auf 10% zu heben. Durch die verschiedenen Förderprogramme werden der Anbau von Kulturpflanzen zur Energieproduktion und somit auch deren spezielle Züchtung interessant. Wichtige Beispiele im europäischen Kontext sind Ölsaaten für die Biodieselproduktion (z.B. Raps) und diverse Feldfrüchte für die Biogasproduktion (v.a. Silomais, neu auch Zuckerrüben). Aus Körnermais und Zuckerrohr gewonnenes Bioethanol wird vorwiegend importiert. Hinzu kommen Energiepflanzen der zweiten Generation, bei welchen Bioethanol direkt aus der Gesamtbiomasse (nicht nur Stärke) gewonnen werden kann und die somit eine bessere Ökobilanz aufweisen.

#### 3.4.9.1 Förderungen durch die Europäische Kommission

Wichtige Gelder für solche Projekte wurden durch das 'Siebte Rahmenprogramm' (RP7) der Europäischen Kommission zur Verfügung gestellt. Wichtige Projekte waren:

- **‘Renewall‘** (2008-2012; 5.7 Mio. Euro): ein Projekt mit Ausrichtung auf züchterische Verbesserung der Energieeffizienz bzw. der Biomasse, welche die Grundlage der Energieproduktion darstellen. Schwerpunkt war die Optimierung der Zellwände von *Brachypodium* und Rohr-Schwingel für die Gewinnung von Biotreibstoffen der 2. Generation (Bioethanol)<sup>126</sup>.
- **‘SWEETFUEL‘** (2009-2013; 2.9 Mio. Euro) ist ein Projekt welches das Potential von Zuckerhirse, einer alternativen Energiepflanze zur Bioethanolherstellung, insbesondere in temperierten, semi-ariden und sub-tropischen Regionen untersucht<sup>127</sup>.

### 3.4.9.2 Förderungen in Deutschland

Um die Potentiale der Bioenergie aus Pflanzen stärker zu nutzen, zielt die Fördermassnahme des BMBF ‘BioEnergie 2021’ (27 Projekte; 50 Mio. Euro) darauf ab, die Bioenergie-Nutzung in den verschiedenen Wertschöpfungsketten weiter zu entwickeln und auszubauen. Auch Projekte mit züchterischen Ansätzen sollen dazu beitragen Grundlagen zu verstehen und die Bioenergie aus Pflanzen weiter zu optimieren. Weitere Massnahmen auf deutscher Bundesebene sind die KMU-innovativ<sup>128</sup>, sowie die nationale Förderinitiativen ‚Pflanzenbiotechnologie der Zukunft‘ und ‚PLANT-KBBE‘<sup>129</sup>.

## 3.4.10 Bio-Züchtung

### 3.4.10.1 Strategie der Biozüchtung

Die positive Entwicklung der Bio-Brache auf globaler, europäischer und auch nationaler Ebene stärkt den biologischen Landbau mit seinem Fokus auf nachhaltige, umweltschonende und GVO-freie Produktion nach definierten Richtlinien (EU, (EU 2007); CH (Bund), (Bundesrat 1997); CH (Bio Suisse), (BioSuisse 2013)). Die Implementierung biologischer Züchtung und die Zertifizierung der daraus entstandenen Produkte werden dabei als eine wichtige Strategie zum Erhalt des Zugangs zu gentechnikfreiem und angepasstem Saatgut gesehen. Diese nach speziellen Richtlinien gezüchteten (veröffentlichten und vermarkteten) Bio-Sorten bedienen nicht nur einen wachsenden Nischenmarkt (BLW 2012), sondern führen auch zur Differenzierung von Unternehmen und Züchtungsprogrammen über einen eigenen unabhängigen Saatgutmarkt (FiBL 2011, Messmer, Hildermann et al. 2011).

Für die Zukunft sollte vermehrt auf komplexere Anbausysteme (z.B. Nutzung des Potentials von Mischkulturen) und für ganze Produktionssysteme (z.B. Berücksichtigung der Fruchtfolge) unter Praxisbedingungen gezüchtet werden. Wurzelmorphologie und Rhizosphäreninteraktionen sollten dabei stärker miteinbezogen werden. Partizipative Züchtungsansätze (Einbezug der Produzenten) könnten ebenfalls helfen den Fortschritt zu steigern (persönliche Mitteilung Monika Messmer, FiBL).

### 3.4.10.2 Zuchtziele

Eines der wichtigsten Zuchtziele für die Entwicklung biologischer Sorten liegt in der Berücksichtigung der natürlichen Ressourcen, d.h. der pflanzlichen, genetischen Ressourcen und Bodenressourcen (Bodenfruchtbarkeit) sowie der Anbaubedingungen. Wichtige Eigenschaften wie z.B. die Resistenz gegen samenbürtige Krankheiten, Nährstoffeffizienz oder das natürliche Unkrautunterdrückungsvermögen müssen berücksichtigt werden, um stabile Erträge von hoher Qualität zu erreichen (Lammerts van

<sup>126</sup> <http://www.renewall.eu/> (Zugriff am 15.9.2013)

<sup>127</sup> <http://www.sweetfuel-project.eu/> (Zugriff am 15.9.2013)

<sup>128</sup> <http://www.bmbf.de/de/20635.php> (Zugriff am 15.9.2013)

<sup>129</sup> <http://www.research-in-germany.de/dachportal/en/Research-Areas-A-Z/Biotechnology/Programmes-and-Initiatives/GABI-FUTURE-and-PLANT-KBBE.html> (Zugriff am 15.9.2013)

Bueren and Myers 2012, Messmer, Wilbois et al. 2012). Die Wahrung der Integrität der Pflanzen, der Erhalt oder die Erhöhung der genetischen Diversität, die Berücksichtigung natürlicher Artbarrieren sowie die Einbindung der Pflanze in den Lebensraum und das lokale Klima sind weitere wichtige Komponenten der biologischen Pflanzenzüchtung (Vogt-Kaute 2002, FiBL 2011, Messmer, Hildermann et al. 2011). Weitere Ansätze aus der Biozüchtung sind die Züchtung für Biodiversität, Züchtung von GVO-freien Leguminosen innerhalb der Eiweisspflanzenstrategie (BMELV 2012) oder Züchtung für Mischkultureignung (Lithourgidis, Dordas et al. 2011).

### 3.4.10.3 Förderansätze für biologische Pflanzenzüchtung

Auf europäischer und auch nationaler Ebene wird biologische Pflanzenzüchtung indirekt über Forschungsförderung (EU- bzw. Bundesprogramme) oder direkt über Kooperationen gefördert. Die Europäische Kommission fördert internationale Projekte, welche u.a. über das ‚Siebte Rahmenprogramm‘ Schwerpunkte auf die Aspekte der biologischen Züchtung und eine nachhaltige Landwirtschaft legen. Eines der wichtigsten EU-Projekte mit Fokus auf biologische Züchtung ist hier das Projekt ‚Strategies for Organic and Low-input Integrated Breeding and Management‘ (SOLIBAM; 7.7 Mio. Euro, davon 5.9 Mio. Euro bereitgestellt durch EU)<sup>130</sup>.<sup>130</sup> Des Weiteren werden Projekte im Rahmen der CORE Organic II ERA NET PLUS‘ (European Research Area Network), einer transnationalen Europäischen Forschungskooperation aus 26 Partnern und 21 EU-Ländern, direkt gefördert. Dazu gehört beispielsweise das Projekt ‚Coordinating organic plant breeding activities for diversity‘ (COBRA)<sup>131</sup>. In beiden erwähnten Projekten sind Schweizer Forschungseinrichtungen beteiligt (SOLIBAM, Agroscope ART; COBRA, FiBL). Meist jedoch wird die Biozüchtung sowohl in der Schweiz als auch im europäischen Ausland über Stiftungen, z.B. die Stiftung Ökologie & Landbau (SÖL)<sup>132</sup>, oder den Saatgutfonds der Alternativen GLS Bank unterstützt<sup>133</sup>.

Biologische Pflanzenzüchtung ist neben Forschungsprojekten auch immer wieder Mittelpunkt internationaler Kongresse grosser Organisationen (EUCARPIA (Goldringer, Dawson et al. 2010), ASA- CS-SA-SSSA Organic Symposium 2003 (Lammerts van Bueren and Myers 2012), 7<sup>th</sup> Organic Seed Growers Conference (USA)), Forschungseinrichtungen und Universitäten. Eine weitere Organisation, welche biologische Pflanzenzüchtung unterstützt und einen Beitrag zur Regulierung des EU-Saatgutmarktes leistet, ist das ‚ECO-PB‘ (Europäisches Konsortium für ökologische Pflanzenzüchtung)<sup>134</sup>.

Staatliche Investitionen in den Bereich biologische Pflanzenzüchtung werden auch über die Etablierung von entsprechenden Lehrstühlen gemacht (NL; Prof. Edith Lammerts van Buren, Universität Wageningen, DE; Prof. Gunter Backes, Universität Kassel oder PD. Bernd Horneburger, Universität Göttingen).

### 3.4.10.4 Ausland

In den USA können biologische Züchtungsprogramme durch einen weiten Kreis von Interessengruppen (z.B. USDA, Landwirte, Unternehmen für biologische Lebensmittel, private Stiftungen oder Saatgutunternehmen) finanziert werden. Seit 1996 bietet das USDA ein Programm zur Finanzierung von

<sup>130</sup> <http://www.solibam.eu/modules/addresses/viewcat.php?cid=1> (Zugriff am 5.12.2013)

<sup>131</sup> [http://www.organicresearchcentre.com/?go=Research%20and%20development&page=Plant%20breeding&i=projects.php&p\\_id=42](http://www.organicresearchcentre.com/?go=Research%20and%20development&page=Plant%20breeding&i=projects.php&p_id=42) (Zugriff am 5.12.2013)

<sup>132</sup> [http://www.soel.de/ueber\\_die\\_soel/foerderung/index.html#fg](http://www.soel.de/ueber_die_soel/foerderung/index.html#fg) (Zugriff am 5.12.2013)

<sup>133</sup> <http://www.saatgutfonds.de/saatgutfonds/sgf-spenden/> (Zugriff am 5.12.2013)

<sup>134</sup> <http://www.ecopb.org/> (Zugriff am 5.12.2013)

biologischer Forschung, die ‚Organic Agriculture Research and Extension Initiative—OREI‘, an (Alliance 2013, Luby, Lyon et al. 2013).

Neben Fördergeldern aus EU-Mitteln (z.B. durch das ‚ECO-PB‘) finanziert die Bundesrepublik Deutschland biologische Pflanzenzüchtung über das BÖLN<sup>135</sup> (Budget: 16 Mio. Euro jährlich). Darin werden auch Projekte zur biologischen Züchtung unterstützt.

#### **3.4.10.5 Schweiz**

In der Schweiz wird die biologische Sortenzucht, im Vergleich zu konventionellen Züchtungsprogrammen, nicht staatlich gefördert. Die Anbauflächen, auch die im Europäischen Ausland, sind jedoch nicht gross genug um biologische Pflanzenzüchtung und Saatgutproduktion autark zu finanzieren. Finanzielle Mittel stammen vor allem aus Stiftungen, z.B. der Fond für Nachhaltigkeit von Coop<sup>136</sup> oder die Software AG - Stiftung<sup>137</sup>, und von privaten Spenden. Vor allem der Verein Bioverita<sup>138</sup>, getragen durch z.B. Bio Suisse, Demeter CH, FiBL, Coop, GZKP und Sativa Rheinau, setzt sich für die Vermarktung von Biosaatgut über ein Qualitätslabel für biologische Züchtung in der Schweiz ein. Biozüchtungsprogramme sind im Vergleich zu konventionellen Programmen sehr klein. Die Vollkosten betragen zwischen <10'000 und 1 Mio. CHF pro Züchtungsprogramm (IST-Analyse; persönliche Mitteilung Markus Johann, Bioverita).

---

<sup>135</sup> <http://www.bundesprogramm.de/das-programm/> (Zugriff am 5.12.2013)

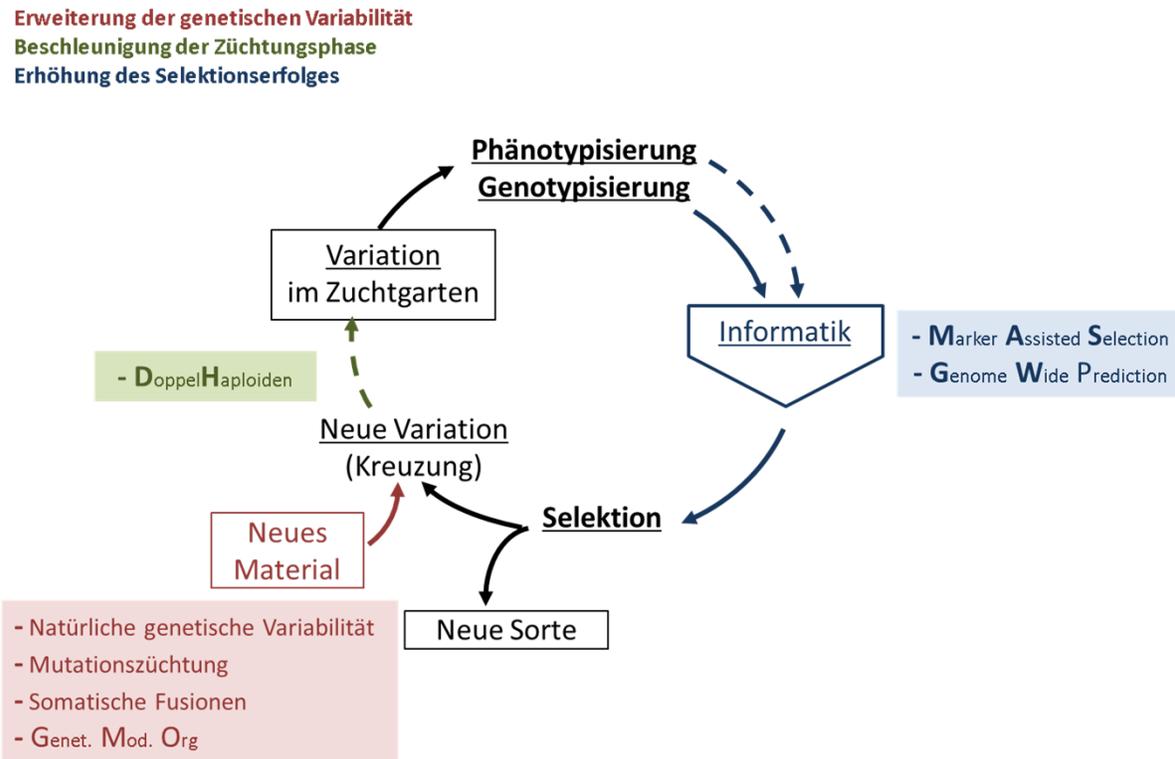
<sup>136</sup> <http://www.coop.ch/pb/site/nachhaltigkeit/node/64228509/Lde/index.html> (Zugriff am 5.12.2013)

<sup>137</sup> <http://www.software-ag-stiftung.com/de/projekte/naturhilfe/biologischer-landbau.html> (Zugriff am 5.12.2013)

<sup>138</sup> <http://www.bioverita.ch/> (Zugriff am 5.12.2013)

### 3.5 Züchtungsmethoden

Um den Prozess der Pflanzenzüchtung (Abb. 6) effizienter zu gestalten und damit einen grösseren jährlichen Züchtungsfortschritt zu erreichen, stehen dem Züchter heutzutage verschiedene biotechnologische Tools zur Verfügung. Abbildung 13 gibt einen zusammenfassenden Überblick über die wichtigsten Tools und wo diese eingesetzt werden können.



**Abbildung 13:** Züchtungswerkzeuge und deren Einfluss auf den Züchtungsprozess (Eigene Darstellung)

**Züchtungskategorien:** Kulturarten können in ihrer natürlichen genetischen Form sehr verschieden sein, wobei man hauptsächlich zwischen Selbstbefruchtern (genetisch reinerbig durch natürliche Inzucht, z.B. Weizen) und Fremdbefruchtern (nicht reinerbig, z.B. Roggen, Mais) unterscheidet. Der Züchter hat nun die Wahl, ob er die Kulturart in seiner natürlichen Form züchtet (z.B. Populationssorten bei Mais, Liniensorten bei Weizen), oder aber die Züchtungskategorie ändert. Wichtigstes Beispiel ist hier die Hybridzüchtung, welche am Beispiel Mais (natürlich eine Populationssorte) illustriert wird: aus zwei divergenten Pools werden durch künstliche Inzucht reinerbige Elternlinien erzeugt, deren direkte Nachkommen (die Hybride) durch das Phänomen der Heterosis eine verbesserte Leistung zeigen. Auch bei selbstbefruchtenden Kulturarten wie Weizen sind Hybridsysteme möglich. Hier stellt sich aber das Problem bei der Erstellung der Hybride, da nun eine Fremdbefruchtung von der einen durch die andere Elternlinie erzwungen werden muss. Verschiedene Lösungsansätze werden aber bei vielen Kulturen erprobt und für die Zukunft ist mit weiteren Hybridsystemen in anderen Kulturen zu rechnen.

**Doppelhaploiden:** Bei Hybrid- und Linienzüchtung müssen Kreuzungsnachkommen durch künstliche Inzucht wieder reinerbig gemacht werden. Die DH-Technologie ermöglicht durch natürliche (z.B. in Mais) oder Laborverfahren (Gerste, Weizen) in einem Schritt 100% reinerbige Nachkommen zu erzeugen und somit 6-7 Jahre für Inzucht einzusparen.

**Marker Assisted Selection (MAS):** In relativ aufwendigen Studien (QTL-Kartierung, Assoziationskartierung) kann die Assoziation zwischen einzelnen genetischen Markern und (qualitativen) Pflanzenmerkmalen hergestellt werden. Diese Marker können dann zur Auswahl von Kreuzungspartnern oder zur effizienteren Selektion von Nachkommen aus einer Kreuzung genutzt werden.

**Genome Wide Prediction (GWP):** Basiert auf einem ähnlichen Prinzip wie MAS. Allerdings werden hier nicht einzelne Marker verwendet, sondern die Gesamtheit der genetischen Information benutzt, um mittels multivariater Verfahren die (quantitativen) Merkmale vorherzusagen.

**Weite Kreuzungen, Fusionsbastarde:** Verschiedene Techniken können genutzt werden, um eine erhöhte genetische Variabilität zu erzeugen. Gene werden so zwischen Pflanzen, die sich natürlich nicht mehr kreuzen lassen würden (z.B. erweiterter Genpool oder andere Art), neu kombiniert.

**Mutationsauslösung:** Sie dient auch der Schaffung neuer Variabilität durch künstlich (chemisch, physikalisch) erzeugte Veränderungen im Erbgut (z.B. Halbblattlose Erbse). Durch **TILLING** (Targeting Induced Local Lesions In Genomes) können so gezielt Mutationen für züchterisch wertvolle Gene identifiziert werden.

**Genetisch modifizierte Organismen (GVO, GMO):** Die durch die GVO-Technologien gegebenen Möglichkeiten sind sehr gross und können die klassische Pflanzenzüchtung vielfältig ergänzen. Möglichkeiten sind z.B. die gezielte Einbringung von Genen mit bestimmten Eigenschaften für Qualität und agronomische Eigenschaften. Aufgrund der kontroversen Diskussion spielen diese Technologien im europäischen Pflanzenbau aber noch keine wesentliche Rolle.

Der Einsatz einzelner Technologien kann sehr kostspielig sein, weshalb deren Implementierung vor allem bei kleineren Firmen schwierig und der Einsatz von der Firmengrösse abhängig ist. Zum anderen ist der Einsatz aber auch von der Kulturart abhängig, da die Implementierung z.T. schwieriger ist oder aber für gewisse Kulturarten weniger Grundlagenforschung betrieben wird. Um einen Überblick zu gewinnen, ist ein Panel von Experten zum Technologieeinsatz in einzelnen Kulturarten befragt worden (Tab. 2).

**Tabelle 2** : Ergebnisse der Befragung eines Expertenpanels zum Einsatz von modernen Züchtungstechnologien in der Pflanzenzüchtung

Kulturart	Züchtungskategorie <sup>a</sup>			Nutzung von Züchtungstechniken <sup>a</sup>									
	Klonzüchtung	Populations-/Linienzüchtung	Hybridzüchtung	Doppelhaploiden	Blühverfrüherung/Fast Track Breeding	Marker assisted selection	Genomic prediction	Wechsel der Ploidiestufe	Mutationszüchtung/TILLING	Somatische Fusion	Genetisch Modifizierte Organismen	Apomixis	
Weizen	0.0	2.0	5.0	2.5	0.0	1.8	4.8	0.0	1.5	0.0	5.3	0.0	
Gerste	0.0	2.0	3.0	2.0	0.0	2.0	6.0	0.0	2.0	0.0	0.0	6.0	
Roggen	0.0	2.0	2.3	0.3	0.3	1.7	5.0	0.0	0.3	0.0	0.0	6.0	
Mais	0.0	1.0	2.0	2.7	5.0	2.3	3.3	0.0	2.0	0.0	4.0	6.0	
Soja	0.0	2.0	5.5	5.5	5.0	2.0	4.0	0.0	4.0	0.0	3.5	6.0	
Kichererbsen	0.0	2.0	0.0	1.0	0.0	5.0	5.0	0.0	5.0	0.0	0.0	0.0	
Raps	0.0	2.0	2.5	2.5	0.0	2.0	3.5	0.0	3.0	3.0	3.0	6.0	
Sonnenblume	0.0	0.0	2.0	6.0	0.0	2.0	4.0	0.0	1.0	1.0	5.0	0.0	
Kartoffel	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.5	6.0	3.0	3.0	2.0	2.5	0.0	
Zuckerrübe	0.0	0.5	2.0	5.0	5.0	2.0	4.5	3.0	6.0	0.0	5.0	6.0	
Apfel	2.0	0.0	0.0	0.0	2.0	3.0	6.0	0.0	3.0	0.0	4.0	0.0	
Rotklee	0.0	2.0	1.0	0.0	0.0	3.0	5.0	2.0	5.0	0.0	0.0	0.0	
Weissklee	0.0	2.0	1.0	0.0	0.0	3.0	5.0	2.0	5.0	0.0	0.0	0.0	
Raigräser	0.0	2.0	5.0	0.0	0.0	3.0	4.0	2.0	4.0	0.0	6.0	6.0	

<sup>a</sup> Noten des Ratings:

- 0 Spielt keine Rolle
- 1 Nicht mehr/selten in Gebrauch
- 2 Standardmässig bei kleinen und grossen Firmen
- 3 Standard bei grossen Firmen, wird von kleinen Firmen langsam implementiert
- 4 Nur bei grossen Firmen
- 5 Kurz- bis mittelfristig bei grossen Firmen zu erwarten
- 6 Erst langfristig zu erwarten

### 3.6 Abgeschlossene Programme – Erfahrungen

In Frankreich bestand von 1999 bis 2005 und von 2005 bis 2010 das Programm ‚GENOPLANTE‘. Ziele waren Produktesicherheit und Qualität, Minimierung von Umweltbelastungen hauptsächlich durch Inputreduktion und Anpassungen an den Klimawandel<sup>139</sup>. Daraus sind vier bioinformatische Methoden entstanden, weitere Resultate sollen folgen<sup>140</sup>.

Das ‚GABI‘-Programm bestand aus der Förderphase ‚GABI 1‘ (ca. 40 Mio. Euro für 5 Jahre), Förderphase ‚GABI 2‘ (22.4 Mio. Euro für 3 Jahre) und Förderphase ‚GABI FUTURE‘ (60 Mio. Euro für 3 Jahre). Dabei haben die Investitionen, wie auch die Partner aus Wirtschaft und öffentlichen Institutionen laufend zugenommen (BioÖkonomieRat 2012). Als erfolgreich wurden Verbünde bezeichnet, die:

- Eine klar umrissene, wissenschaftliche Thematik bearbeiteten, welche die Expertise aller beteiligten Partner erforderte.
- Eine Verbundgröße von drei bis fünf Partnern aufwies (und grössere Konsortien in Substrukturen organisierten).
- Eine effiziente Projektkoordination und vertrauensvolle, intensive Kommunikation aufwies.

Aus den ‚GABI‘-Projekten in Deutschland sind hunderte Publikationen<sup>141</sup> und einige Patentanmeldungen (weniger als erwartet) entstanden (BioÖkonomieRat 2012). Das Programm hat sich des Weiteren als Vernetzungswerkzeug erwiesen, das eine wichtige übergeordnete Funktion zur Steuerung und Koordination übergreifender Forschungsprojekte darstellt und weiter ausgebaut werden soll (BioÖkonomieRat 2012, Alliance 2013). Der direkte Technologietransfer (z.B. Entwicklung molekularer Marker) wurde vereinfacht und Synergien geschaffen. Zwei Datenbanken (‚GABI PD‘, ‚GABI KAT‘) mit internationaler Relevanz und zwei frei zugängliche Bio-Informatik Tools (MAPMAN und ARAMEMNON) wurden erarbeitet. Daneben wurden Nachwuchsgruppen speziell gefördert und die Website (pflanzenforschung.de) im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit erstellt (BioÖkonomieRat 2012).

#### 3.6.1 Fallbeispiel Weizenzüchtung in England

1964 wurde das ‚Plant Breeding Institute‘ (PBI) in England gegründet. Seine Zwergsorten hatten Anteil an der grünen Revolution und erreichten 80% Marktanteil in England. Die private Konkurrenz bestand aus einigen kleinen Züchtern. 1987 wurde das staatliche Züchtungsprogramm des PBI an Unilever verkauft<sup>142</sup>. Staatliche Züchtungskompetenzen wurden unter zwei Universitäten und zwei Forschungsinstituten aufgeteilt. Diese werden durch die Departemente ‚Biotechnology and Biological Sciences Research Council‘ (BBSRC) und ‚Department for Environment, Food, and Rural Affairs‘ (DEFRA) finanziert. Seit 2003 fördert das DEFRA den Austausch zwischen Wissenschaftlern und privaten Züchtern. Das BBSRC lanciert öffentlich-private Finanzierung (CIRC, 7 Mio. Pfund) und Programme (LO-LA/WISP), die Innovation in der Pflanzenzüchtung bringen (14 Mio. Pfund jährlich, ‚Wheat Initiative 2012‘)<sup>143</sup>. Es fehlt jedoch eine längerfristige konstante Strategie. Eine Befragung von sechzehn Personen, die in der Weizenforschung oder -züchtung im privaten und öffentlichen Sektor tätig sind, ergab, dass durch die nötigen ungeplanten Restrukturierungen nach der Privatisierung die englische Weizen-

<sup>139</sup> <http://www.genoplante.com/content.php?idcontent=objectifs&lg=en> (Zugriff am 15.9.2013)

<sup>140</sup> <http://www.genoplante.com/content.php?idcontent=outils&lg=en> (Zugriff am 15.9.2013)

<sup>141</sup> <http://www.gabipd.org/information/about.shtml> (Zugriff am 12.10.2013)

<sup>142</sup> <http://www.jic.ac.uk/corporate/about/history.htm> (Zugriff am 11.10.2013)

<sup>143</sup> <http://www.wheatisp.org/Consortium/WISP.php> (Zugriff am 11.9.2013)

züchtung 10-15 Jahre verloren hat (Galushko and Gray 2012). So ist z.B. das WISP Pre-breeding Programm des BBSRC das erste dieser Art seit 20 Jahren<sup>144</sup>.

Galushko and Gray (2012) identifizierten sieben Schlussfolgerungen, die aus dem Fall England zu ziehen sind:

1. Gesicherte Finanzierung der Forschung: England kennt dafür die Möglichkeit über direkte Verträge zwischen Züchter und Anbauer oder deren Assoziationen.
2. Support kleiner Züchtungsunternehmen durch öffentliche Forschung.
3. Implementierung von Mechanismen, um öffentliche Forschung in Züchtung einzubringen.
4. Die fünfjährigen Programme erschweren eine langfristige Züchtungsstrategie.
5. Wissensplattformen sind unerlässlich bei dezentral aufgesplitteter Forschung.
6. Effiziente Gestaltung der Sortenprüfung und -empfehlung notwendig.
7. Ausbildung von Pflanzenzüchtern und Kulturpflanzenwissenschaften gewährleisten.

Im Jahre 2009 schlug die Royal Society u.a. folgende Massnahmen vor (The Royal Society 2009):

- 2 Mia. Pfund über 10 Jahre für die globale Ernährungssicherung. Allgemein sollen Forschungsaufträge regelmässig und in kleinen Abständen erfolgen.
- Überarbeitung des Patentschutzes, um nicht die öffentliche Forschung, landwirtschaftliche Innovation oder Anstrengungen zur Armutsreduktion zu gefährden.
- Öffentlich-private Partnerschaften, um die Grundlagenforschung in die Praxis einzubringen.
- Unterstützung der öffentlichen Pflanzenzüchtung durch Charakterisierung von genetischen Ressourcen und Ausbildung der nächsten Pflanzenzüchtergeneration. Die Pflanzen haben in absteigender Reihenfolge folgende Priorität: Weizen, Gerste, Raps, Kartoffel, *Brassica*-Gemüse und andere Hortikulturen.
- Forschung soll zum einen das ganze Ökosystem betrachten, zum anderen langfristige Versuche zur Verbesserung des Photosystems oder der Stickstofffixierung durchführen. Die Universitäten sollen in Disziplinen im Bereich der nachhaltigen Intensivierung die rückläufige Finanzierung aufhalten.

### 3.7 Schlussfolgerungen

Die öffentliche Finanzierung der Pflanzenzüchtung stagniert, während die Investitionen in die private Züchtung zunehmen. Dies birgt die Gefahr, dass nur noch solche Kulturarten züchterisch bearbeitet werden, welche am Markt den nötigen Return on Investment bringen, und sich somit das Spektrum von gezüchteten Kulturarten verkleinert. Der Staat kann hier direkt eingreifen, indem er Züchtungsprogramme von Kulturen, welche nicht profitabel züchterisch bearbeitet werden können, finanziert. Staatliche Investitionen in die Züchtung von Nischenkulturen können sich gut verzinsen lassen (Maredia, Bernstein et al. 2010). Es ist jedoch essentiell, solche Programme längerfristig zu betreiben, um die Kontinuität zu sichern.

Indirekt kann die Züchtung über Förder- und Forschungsprogramme gestützt werden. Grosse Forschungsinitiativen zur Pflanzenzüchtung, wie z.B. in Deutschland (‘PLANT 2030’ und ‘Wheat Initiative’ von über 6.7 Mio. Euro pro Jahr für Weizen) oder Frankreich (‘BREEDWHEAT’: 34 Mio. Euro über 9 Jahre, ‘FSOV/ECOPYHTO’ Weizenprojekte: 9 Mio. für Resistenzzüchtung und ca. 2 Mio. Euro für Ökoeffizienz über 3 Jahre), sind gute Beispiele dafür. Oft haben solche grossen Programme zum Ziel, in-

<sup>144</sup> <http://www.wheatisp.org/Consortium/WISP.php> (Zugriff am 11.9.2013)

novative und kostenintensive Technologien für die Pflanzenzüchtung zu entwickeln. Davon können im Wesentlichen mittlere bis kleinere Züchtungsunternehmen profitieren, welche so Zugang zu diesen Technologien bekommen. Der Einsatz modernster Technologien und molekularer Methoden in der Pflanzenzüchtung hat sehr stark zugenommen, und es ist zu erwarten, dass der Technologieentwicklung eine Schlüsselrolle in der zukünftigen Entwicklung der Pflanzenzüchtung zukommt.

Züchtungsziele, sofern diese in Förder- und Forschungsprogrammen genannt werden, gehen heute vielfach in Richtung Ökoeffizienz mit dem Ziel der nachhaltigen Intensivierung der landwirtschaftlichen Produktion (The Royal Society 2009, Nature 2010, Noleppa and von Witzke 2013)

Generell ist der Nutzen der Gesellschaft vom Einsatz der ökonomischen Ressourcen in die Pflanzenzüchtung gross und wird auf eine Verzinsung von 20-40% kalkuliert. Werden nicht nur Markteffekte betrachtet, sondern auch der positive Einfluss auf das Klima durch gesteigerte Pflanzenproduktion mit einbezogen, dann werden sogar 40-80% erreicht (Bank 2008, Noleppa and von Witzke 2013). Noleppa und von Witzke heben hervor, dass die Pflanzenzüchtung unterfinanziert ist und der Abbau öffentlicher Agrarforschung rückgängig gemacht werden muss (Noleppa and von Witzke 2013).

## 4 Ökoeffizienz

Die Jahre nach der ‚Grünen Revolution‘ haben gezeigt, dass eine nachhaltige Nutzung der bestehenden Ressourcen wichtig ist, um auch in Zukunft effiziente Landwirtschaft zu betreiben. Eine effiziente Nutzung der Ressourcen (Wasser, Nährstoffe, Land) ist deshalb unerlässlich, um die Lebensmittelversorgung in 40 Jahren um mindestens 60% zu steigern und somit 9 Mia. Menschen zu versorgen (FAO 2009, Tilman, Balzer et al. 2011). Ökoeffizienz entstammt dem allgemeinen Ziel, einen ökonomischen Wert (z.B. Ernteerträge) mit möglichst geringen Auswirkungen auf die Umwelt (z.B. Verlust der Biodiversität, Zunahme der Eutrophierung oder Schadstoffeinträge) zu erzielen (Huppel and Ishikawa 2008). Systeme, welche sich durch hohe Ökoeffizienz auszeichnen, basieren auf der Nutzung eines optimalen Inputs von Stoffen und Energie statt auf minimalen oder maximalen Einträgen in das System (Kulak, Nemecek et al. 2013). Die Steigerung der Ökoeffizienz in einem bestehenden System kann zum einen durch eine Reduzierung des Inputs (z.B. Nährstoffe, Wasser oder Energie (Treibstoff)), zum anderen aber auch durch eine Steigerung des Ertrages (z.B. verbesserte Kulturen (Sorten) oder angepasste Bewirtschaftungsstrategien) erreicht werden (Kulak, Nemecek et al. 2013). Neben Profitabilität, Wettbewerbsfähigkeit, Nachhaltigkeit und Belastbarkeit müssen ökonomische, soziale und umweltrelevante Bedürfnisse in Betracht gezogen werden (Mateo and Ortiz 2013).

Die Ökoeffizienz eines landwirtschaftlichen Systems kann durch eine Vielzahl von Optionen gesteigert werden. Die wichtigste und auch grundlegendste Strategie ist die Züchtung und Nutzung an den Standort angepasster Kulturen und Sorten. Die Anwendung bestimmter Produktionstechniken (z.B. minimale Bodenbearbeitung oder verschiedene ‚Precision Farming‘-Methoden) kann zum Erhalt der Funktionalität des Bodens und somit zu dessen nachhaltiger Nutzung führen (Kopainsky, Flury et al. 2013). Des Weiteren spielt die Ausgestaltung des Produktionssystems (z.B. Ersetzung von Minereraldünger durch Hofdünger (Kopainsky, Flury et al. 2013), Anpassung der Fruchtfolge, Wiederverwertung von durch Biomasse eingebrachten Nährstoffen, Nutzung von Mischkulturen) eine wichtige Rolle, um negative Auswirkungen der Landwirtschaft auf die Umwelt zu vermindern und dabei die Ökoeffizienz zu steigern (Kulak, Nemecek et al. 2013). Die Effizienz der Produktion kann jedoch nur dann gewährleistet werden, wenn eine Interaktion bzw. die Berücksichtigung aller Ebenen erfolgt. So muss die Züchtung einer Sorte sowohl auf das Produktionssystem als auch auf die Bewirtschaftung abgestimmt werden. Selbst die beste Sorte kann nicht in jedem System die besten Erträge liefern.

### 4.1 Ökoeffizienz messen

Ein wichtiges Instrument, um die Ökoeffizienz eines Systems zu bestimmen, stellt die Ökobilanzierung (engl. LCA – Life Cycle Assessment) dar. Dies ist die systematische Analyse der Umweltwirkung entlang der gesamten Wertschöpfung eines Produktes. Dabei wird, neben der Produktion, auch die Umweltwirkung durch Nutzung und Entsorgung eingeschlossen. Positive und negative Wirkungen landwirtschaftlicher Systeme auf die Umwelt können so detektiert und allenfalls durch entsprechende Massnahmen bearbeitet werden. Diese Methode wird zudem genutzt, um Entscheidungen unter Berücksichtigung der Umwelt zu treffen bzw. zu legitimieren. Zum einen kann so die landwirtschaftliche Praxis und Produktion systematisch optimiert werden. Zum anderen besteht die Möglichkeit, eine einheitliche Informationsbasis für Behörden und auch die Öffentlichkeit zu schaffen. Wichtige internationale Projekte zur Ökobilanzierung von landwirtschaftlichen Produktionssystemen sind z.B., ‚SOLIBAM‘<sup>145</sup> und ‚CONTOGETHER‘<sup>146</sup>. Ein Schweizer Projekt ist ‚Ecobil.ch‘<sup>147</sup>.

<sup>145</sup> <http://www.solibam.eu/modules/addresses/viewcat.php?cid=1> (Zugriff am 20.11.2013)

<sup>146</sup> <http://www.fp7cantogether.eu/index.php> (Zugriff am 20.11.2013)

<sup>147</sup> <http://www.ecobil.ch/gesellschaftlicherkontext.asp> (Zugriff am 20.11.2013)

## **4.2 Effizienz durch Praktiken der Bewirtschaftung**

Das Management ist ein wichtiger Faktor zur Steigerung der Ökoeffizienz. Je nach Situationen sind verschiedene Massnahmen aus dem Bereich des ‚Precision Farming‘ oder alternative Ansätze in der Düngung sinnvoll.

### **4.2.1 Precision Farming**

Eine wichtige Rolle kommt dem ‚Precision Farming‘ bei der Optimierung der Applikation von Düngemitteln oder Pflanzenschutzmitteln mittels Sensortechnik zu. Bei der N-Düngung kann die Stickstoffnutzungseffizienz bei einer auf Feldabschnitten angepassten Düngung (Klassifizierung der Abschnitte nach Bodeneigenschaften, Ertragspotential, Informationen über den Vegetationszustand) gegenüber dem Standardverfahren ohne Ertragseinbussen um bis zu 368% gesteigert werden (Diacono, Rubino et al. 2013). Systeme, die während der Applikation die Düngemenge über ‚remote‘ Sensoren in Echtzeit regulieren, sind eine Alternative zur Feldkartierung. Studien zeigten, dass auch solche Systeme die Menge an N-Dünger bei gleichem Ertrag reduzieren konnten (Diacono, Rubino et al. 2013).

### **4.2.2 Mischkulturen**

Mischkulturen können einen positiven Effekt haben auf Ertrag und Umweltbelastung (Kulak et al., 2013). Der Anbau von Mischkulturen bzw. die landwirtschaftliche Nutzung komplexerer Anbausysteme stellt den Pflanzenbau vor neue Herausforderungen. Während u.a. in der Schweizer Futterpflanzenzüchtung schon Erfolge zu verzeichnen sind, ist das Potential dieser Anbauform in anderen Produktionssystemen noch kaum ausgeschöpft. Ein ausgewogener Anbau mit optimalen Partnern (Reifezeitpunkt, Nährstoff- und Wasserbedarf) ermöglicht eine ausgewogene Nutzung der Anbaufläche (Nährstoffaufnahme, Beschattung, Durchwurzelung, etc.) und kann den Gesamtertrag erhöhen. Des Weiteren kann durch den Anbau unterschiedlicher Kulturen einem massiven Schädlingsbefall vorgebeugt und der Einsatz von Pflanzenschutzmitteln reduziert werden (Leung, Zhu et al. 2003). Bestimmte Anbauformen wie beispielsweise Mischanbau, Streifenanbau, ‚Kontur-farming‘ oder Agroforstwirtschaft bieten so interessante Möglichkeiten mit viel Potential sowohl im konventionellen als auch im ökologischen Landbau (persönliche Mitteilung Monika Messmer, FiBL).

### **4.2.3 Gründüngung**

Leguminosen als Gründüngung erhöhen die Energieeffizienz durch Ersetzung des mineralischen Stickstoffdüngers (Williams, Audsley et al. 2006). Stickstoffverluste sind jedoch ein Problem bei Gründüngungen, da die Stickstoffverfügbarkeit schwer mit dem Pflanzenbedürfnis zu synchronisieren ist (Stenberg, Ulen et al. 2012, Quemada, Baranski et al. 2013). Körnerleguminosen können nur dann als Gründüngung verwendet werden, wenn das Korn auf dem Feld verbleibt (Oberson, Nanzer et al. 2007).

### **4.2.4 Bio vs. konventionelle Produktion**

Studien aus England haben gezeigt, dass die biologische Weizenproduktion ca. 27% weniger Energie im Vergleich zum konventionellen Anbau benötigt. Dies resultiert u.a. aus der Nutzung symbiotischer Stickstofffixierung anstelle der Verwendung mineralischer Dünger (Williams, Audsley et al. 2006). Diesem Vorteil steht jedoch der erhöhte Flächenverbrauch für die gleiche Produktionsmenge (+65% für Milch, +160% für Kartoffeln und +200% für Brotweizen) gegenüber (Williams, Audsley et al. 2006). Die Stickstoffauswaschung und Stickstoffemissionen der biologischen Produktion in Europa sind pro Fläche generell kleiner, aber pro Produktionseinheit grösser (Tuomisto, Hodge et al. 2012). Eine Meta-Analyse mit 66 Studien ergab, dass die biologische Produktion von Leguminosen und mehrjährige Kulturen durchschnittlich 34% (unter optimalen Bedingungen ca. 5%) weniger Ertrag lieferte (Seufert, Ramanakuty et al. 2012).

Das Global Warming Potential (GWP) von biologischen Produktionen liegt 2-7% unter dem der konventionellen Produktion, wie eine Studie in England zeigte (Williams, Audsley et al. 2006). Der Vergleich dieser zwei Produktionsansätze zeigt auch, dass sich der Anteil von Kohlenstoff im Oberboden unter Nutzung von Hofdünger nicht wesentlich unterscheidet und zwischen 1977 und 2004 im DOK-Versuch (Dynamisch, Organisch, Konventionell)<sup>148</sup> insgesamt leicht zurückgegangen ist (Leifeld, Reiser et al. 2009). Auch eine Produktion unter maximalem Ertrag in Kombination mit un bebauter Landkonservierung kann die Biodiversität erhalten (je nach Korrelation von Ertrag und Populationsdichte) (Green, Cornell et al. 2005).

### 4.3 Wiederverwertung von Biomasse

Die Wiederverwertung von Biomasse, sei es Hofdünger oder nicht verwendete Lebensmittel, kann einen wichtigen Beitrag zur Steigerung der Ökoeffizienz leisten.

#### 4.3.1 Hofdünger

Nährstoffe aus hofeigenen, organischen Materialien können eingesetzt werden, um den Bedarf an externen Düngemitteln zu verringern. Organische Materialien können direkt in den Boden eingearbeitet, aber auch über diverse Kompostierungsprozesse verarbeitet und anschliessend genutzt werden. Auch die Nutzung der anaeroben Gärung, z.B. mittels Verwertung hofeigener Materialien in der Biogasanlage, kann die Ökoeffizienz eines Betriebs bzw. einer Produktion verbessern (Kulak, Nemecek et al. 2013). Hier resultiert eine höhere Effizienz allerdings vielmehr aus dem Ersatz fossiler Brennstoffe durch erneuerbarer Energieressourcen als aus einer Steigerung der Produktivität bei gleichbleibender Umweltwirkung (Kulak, Nemecek et al. 2013). Durch die Schliessung der Biomassekreisläufe auf dem Hof entstehen kurze Transportwege und etwaige Anfahrtskosten entfallen (Kulak, Nemecek et al. 2013).

#### 4.3.2 Food waste

Das Unternehmen Organic Matters Inc. in Florida prozessiert aus Nahrungsmittelresten hochwertiges Tierfutter für Hühner und Rinder<sup>149</sup>. Die Nahrungsmittelreste werden bei 800°C zentrifugiert und dehydriert. Resultat ist ein steriles, trockenes Pulver reich an Proteinen und Kohlenhydraten<sup>150</sup>. Auch eine Studie der Universität Georgia zeigte, dass Nahrungsmittelnebenprodukte nach anaerober und aerober Stabilisierung ein Futter mit 14% Protein und 82% verdaubaren Nährstoffen mit guter Eignung für die Rinderproduktion ergeben<sup>151</sup>. Auch die Verwertung von Schlachtabfällen mit geeigneter Prozessierung ist denkbar (Lin 2009), dabei muss jedoch das Problem von übertragbaren Krankheiten (EFSA 2010) gelöst werden.

#### 4.3.3 Komposteinsatz gegen bodenbürtige Pilzkrankheiten

Untersuchungen der Universität Kassel, Fachbereich Ökologische Agrarwissenschaften haben gezeigt, dass die Beimischung von Grüngutkomposten zum Substrat befallsmindernd auf verschiedene Pilzkrankheiten von Kartoffeln und auch Erbsen wirkt (Bruns, Heß et al. 2009, Bohne, Hensel et al.

<sup>148</sup> <http://www.fibl.org/de/medien/medienarchiv/medienarchiv06/medienmitteilung06/article/europas-aeltester-langzeitversuch-im-bio-ackerbau-wird-weitergefuehrt.html> (Zugriff am 11.12.2013)

<sup>149</sup> <http://www.organicmatters.com/> (Zugriff am 22.11.2013)

<sup>150</sup> <http://www.allaboutfeed.net/Process-Management/Management/2012/6/Going-green-Recycling-food-waste-into-livestock-feed-AAF013293W/> (Zugriff am 22.11.2013)

<sup>151</sup> [http://www.caes.uga.edu/Applications/ImpactStatements/index.cfm?referenceInterface=IMPACT\\_STATEMENT&subInterface=detail\\_main&PK\\_ID=4359](http://www.caes.uga.edu/Applications/ImpactStatements/index.cfm?referenceInterface=IMPACT_STATEMENT&subInterface=detail_main&PK_ID=4359) (Zugriff am 22.11.2013)

2013, Brunc, Werren et al. 2013). Für die Realisierung der Einbringung entsprechender Mengen an Kompost ist die Entwicklung technischer Lösungen erforderlich, z.B. eine Sämaschine mit Kompostbunker und entsprechenden Applikationsaggregaten<sup>152</sup>. Auch die Ausbringung von pelletiertem Kompost, welcher gemeinsam mit dem Saatgut ausgebracht werden kann, steht im Fokus des Interesses.

#### 4.4 Nährstoffeffizienz und Züchtung

Die Züchtung auf Ertrag und Nährstoffeffizienz ist zentral im Hinblick auf einen ressourcenschonenden Anbau (Kopainsky, Flury et al. 2013).

##### 4.4.1 Stickstoff

Die optimale Menge des Eintrages von Nährstoffen kann ein wichtiges Instrument zur Steigerung der Ökoeffizienz einer Produktionseinheit (z.B. eines Betriebes) sein (Kulak, Nemecek et al. 2013). In der Schweiz konnte das Ziel der Reduzierung des Überschusses an Stickstoff (N) in der Landwirtschaft von 110'000 t in den Jahren 1990/92 auf 67'000 t im 2005 nicht erreicht werden (Spiess 2005). Vielmehr stagniert der Überschuss seit den 90er Jahren auf einem Level von ca. 100'000 t. Vor allem witterungsbedingte Ertragseinbussen führen bei konstantem Input zu hohen Stickstoffverlusten<sup>153</sup>.

Eine Meta-Analyse von 217 Feldstudien aus Nordamerika und Europa, welche die <sup>15</sup>N Wiederfindungsmethode nutzte, identifizierte die wichtigsten Bewirtschaftungsfaktoren zur Erhöhung der N-Effizienz. Wichtig für die optimale Aufnahme von N in die Pflanze waren der Zeitpunkt, die Applikation nahe der Wurzel und die Verwendung von mineralischem Dünger (Gardner and Drinkwater 2009). Organische Düngung und Fruchtfolge vermindert zwar kurzfristige N-Verluste (Gardner and Drinkwater 2009), Stickstoffauswaschung oder Transport in tiefere Bodenschichten ist längerfristig jedoch möglicherweise grösser bei organischem Dünger als bei mineralischem (Bosshard, Sorensen et al. 2009). Zusätzlich ist die Wirkung von organischem Dünger auf das nächste Jahr gering (Sorensen and Thomsen 2005). Eine nicht-leguminöse Zwischenfrucht kann anstelle einer Brache die Stickstoffverluste bis zu 50% reduzieren und gleichzeitig die Erosion verkleinern (Quemada, Baranski et al. 2013). Stickstoffeffizienz kann zusätzlich durch Züchtung gesteigert werden. Seit 1926 registrierte Schweizer Weizensorten zeigen tendenziell eine gesteigerte Stickstoffnutzungseffizienz in den neueren Sorten. Ein signifikanter Unterschied in der Stickstoffnutzungseffizienz (NUE) besteht jedoch nur zwischen der Sorte MC 245 (ca. 55 g<sup>-1</sup>) aus dem Jahr 1926 und Caphorn (ca. 90 g<sup>-1</sup>) aus dem Jahr 2001 (Hategekimana, Schneider et al. 2012). Aktuell beschäftigen sich mehrere Forschungsprojekte mit der NUE von Weizen (Tab. 1). Das Projekt 'Efficient Wheat' setzt sich das Ziel, die genetische Variabilität der NUE in Weizen unter Trockenstress zu evaluieren. Es sollen sowohl phänotypische Screening-Methoden als auch molekulare Marker für identifizierte Genregionen entwickelt werden (WheatInitiative 2012). Bei Bewässerung ist im Hinblick auf Stickstoffverluste das Wassermanagement (Anpassung Wassermenge, Technologie) vor dem Düngungsmanagement entscheidend (Quemada, Baranski et al. 2013). Nitrifikationsinhibitoren sind primär kein Mittel, um die Stickstoffeffizienz zu erhöhen (Gardner and Drinkwater 2009, Kim, Saggart et al. 2012, Quemada, Baranski et al. 2013).

##### 4.4.2 Phosphor

Phosphor (P) ist ein lebenswichtiges Element für Mensch und Natur. Man spricht heute von einer Phosphorknappheit, da qualitativ hochwertige und mit heutiger Technik abbaubare Ressourcen schon jetzt

<sup>152</sup> [http://www.innovations-report.de/html/berichte/agrar\\_forstwissenschaften/komposteinsatz\\_gegen\\_bodenbuertige\\_pilzkrankheiten\\_178169.html](http://www.innovations-report.de/html/berichte/agrar_forstwissenschaften/komposteinsatz_gegen_bodenbuertige_pilzkrankheiten_178169.html) (Zugriff am 24.10.2013)

<sup>153</sup> <http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/de/index/themen/02/06/ind13.indicator.130509.137.html> (Zugriff am 24.10.2013)

begrenzt sind. In der Schweiz ist die Reduzierung des P-Überschusses gelungen: Das Ziel, den Überschuss von 1990/92 um 50% auf unter 10'000 t zu senken, wurde bereits 1996 durch die Einführung des ökologischen Leistungsnachweises erreicht. Durch die Reduzierung des Mineraldüngeraufwandes ist die Tendenz weiter abnehmend und belief sich auf 3'300 t P-Überschuss im Jahr 2010<sup>154</sup>. Die Phosphorreserven im Boden werden weiterhin langsam, aber kontinuierlich abnehmen (Oehl, Ober-son et al. 2002). Probleme bleiben in Regionen mit hohen Tierbestandsdichten, da dort der Phosphorkreislauf kaum oder gar nicht besteht<sup>155</sup>. Alternative Quellen für mineralischen P-Dünger könnte u.a. die Wiedergewinnung aus Klärschlamm sein (siehe Kapitel 5) sowie eine effizientere Nutzung von Siedlungsabfällen sowie Abfällen der Nahrungsmittelindustrie. Die Züchtung P-effizienter Sorten, z.B. Soja oder Gerste, unterstützt die bessere Nutzung der vorhandenen Ressourcen im Boden (Singh Gahoonia and Nielsen 2004, Wang, Yan et al. 2010, BMELV 2011). Unterschiede in der P-effizienz verschiedener Sorten konnten u.a. für Mais, Karotten oder Weizen ermittelt werden (Sattelmacher, Becker et al. 1990, Hagel 1997, Li, Pang et al. 2003).

#### **4.4.3 Symbiosen für verbesserte Nährstoffeffizienz**

Sowohl Nährstoffaufnahme als auch Krankheitsdruck werden wesentlich durch Bodenmikroorganismen beeinflusst. Pflanzen-Rhizosphären-Interaktionen durch Mykorrhiza-Pilze und deren Optimierung stellen für die Züchtungsforschung ein wichtiges Thema dar (Carvalho, Ferreira et al. 2012). Verschiedene Feld- sowie Gewächshausstudien an Reis und Cassava zeigten einen positiven Effekt verschiedener arbuskulärer Mykorrhiza-Pilze auf das Pflanzenwachstum (Angelard, Colard et al. 2010, Ceballos, Ruiz et al. 2013). Vor allem die Phosphoraufnahme der Pflanze kann durch die Berücksichtigung symbiotischer Interaktionen verbessert werden (Sudova, Rydlova et al. 2010). Für künstliche Inokulationen im Feld mit ausgewählten Pilzen müssen diese günstig herstellbar und konkurrenzfähig sein (Ceballos, Ruiz et al. 2013).

Neben der Bewirtschaftung (z.B. N-Düngung, reduziert, Monokulturen begünstigen das Vorkommen und die Effektivität der Pilze (Antoninka, Reich et al. 2011)) hat auch die Auswahl der Kultur sowie der Sorte einen Einfluss auf die Effektivität der Mykorrhiza-Pilze. Ein interessanter Aspekt für die Züchtung ist, dass Interaktionen mit Mykorrhiza-Pilzen abhängig vom Genotyp, z.B. beim Weissklee, sowie von der Ploidie einer Population sein kann (Eason, Webb et al. 2001, Sudova, Rydlova et al. 2010). Für Kulturen der Familie *Brassicaceae* sind keine solchen Symbiosen bekannt (persönliche Mitteilung, Cameron Wagg, Universität Zürich).

#### **4.4.4 Effiziente Sorten züchten und nutzen**

Eine wichtige und die zugleich grundlegendste Methode zur Steigerung der Effizienz im Pflanzenbau ist die Züchtung und Nutzung von angepassten Sorten. So wurde z.B. in Weizen gezeigt, dass Sorten mit 20% gesteigertem Ertrag gleichzeitig bei gleicher Produktionsmenge den Energiebedarf um 9%, die Bodenversauerung um 10% und das Eutrophierungspotential um 16% reduziert (Williams, Audsley et al. 2006, Tuomisto, Hodge et al. 2012, Kulak, Nemecek et al. 2013). Die Auswahl der Sorten an einem bestimmten Standort entscheidet über die Produktivität und den Ertrag (Hartell, Smale et al. 1997, Di Falco and Perrings 2003). Durch eine effizientere Nutzung von Wasser- und Nährstoffreserven können bestimmte Genotypen weniger anfällig für standort- oder klimabedingte Stressfaktoren sein (Akhtar, Oki et al. 2008). Ob speziell unter Stressbedingungen und Low-Input gezüchtet werden muss, ist jedoch umstritten (Kulak, Nemecek et al. 2013). Generell reduziert die Züchtung auf Ertrag den Energieverbrauch und das GWP (Williams, Audsley et al. 2006, Tuomisto, Hodge et al. 2012).

<sup>154</sup> <http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/de/index/themen/02/06/ind13.indicator.130508.137.html> (Zugriff am 24.10.2013)

<sup>155</sup> <http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/de/index/themen/02/06/ind13.indicator.130508.137.html> (Zugriff am 24.10.2013)

#### 4.4.5 Resistenzzüchtung

Pyramidisierung von Resistenzgenen, d.h. die Einzüchtung verschiedener Resistenzgene gegen eine Krankheit in eine Sorte, ist eine effiziente Methode, um Kulturpflanzen langfristig gegen Krankheiten zu schützen (Landjeva, Korzun et al. 2007). Die züchterische Bearbeitung von Pflanzen im Hinblick auf krankheitsresistente Eigenschaften kann den bei Krankheitsbefall notwendigen Eintrag von Pflanzenschutzmitteln reduzieren und so Ressourcen wie Boden und Wasser entlasten. Darüber hinaus kann durch eine genetische Resistenz die Grundlage für stabilere Erträge geschaffen werden. Es ist unumstritten, dass sich auch die Krankheitserreger kontinuierlich weiterentwickeln und somit auch in Zukunft die Resistenzzüchtung von grosser Wichtigkeit sein wird.

Erhebungen und Bewertungen zum „Fungizidresistenz-Risiko“ werden in der Entwicklung von Fungiziden seit über 20 Jahren standardmässig durchgeführt<sup>156</sup>. Für die Zulassung von Fungiziden wird in der EU eine Evaluation des Risikos von Resistenzbildungen verlangt. Das ‚Fungicide Resistance Action Committee‘ (FRAC) unterhält eine Liste mit potentiell (je nach Region und Population) resistenten Pathogenen. Allgemein erhöhen viele und kurze Krankheitszyklen pro Saison, hohes Verbreitungspotential der Sporen und notwendige sexuelle Rekombination das Risiko von Resistenzbildung<sup>157, 157</sup>

#### 4.4.6 Wurzelforschung

Die Züchtung effizienterer, tief reichender Wurzelsysteme ist der Schlüssel zu vielen Zuchtzielen wie beispielsweise einer verbesserten Nährstoffaufnahme bei extensiver Düngung sowie einer Vermeidung von Wasserstress bei Dürre. Dennoch gibt es nicht viele Beispiele für eine erfolgreiche direkte Züchtung auf effiziente Wurzelsysteme. Bisher konnte nur für etwa sieben Wurzelmerkmale eine enge Beziehung mit dem Ertrag im Feld nachgewiesen werden. Von diesen Merkmalen wurden nur drei in kommerzielle Züchtungsprogramme übernommen (Palta and Watt 2009). Dies ist der Schutz vor Aluminiumtoxizität in sauren Böden durch die Ausscheidung komplexbildenden Säuren an den Wurzelspitzen (Fisher and Scott 1987), die Resistenz gegen das Eindringen von Nematoden in die Wurzelzelle (Ogbonnaya, Subrahmanyam et al. 2001) sowie ein flacheres Wurzelsystem für eine verbesserte Aufnahme von Phosphor, der vor allem im Oberboden angereichert ist (Liao, Yan et al. 2004). Ein Grund für die geringe Nutzung von Wurzelmerkmalen in der Züchtung ist, dass selbst einfache Selektionsverfahren noch nicht einfach und effizient genug sind, um sie in der Züchtung einzusetzen. Um diese Lücke zu schliessen, investiert die öffentliche und private Forschung vermehrt in technische Anlagen, in denen Wurzeln unter unterschiedlichen Wuchsbedingungen angezogen und vermessen werden können. Die betreibenden Institutionen solcher Anlagen in Europa, mit der Spezialisierung auf die Wurzelsysteme von Getreidearten, sind zum Beispiel im Rahmen des siebten Rahmenprogramms der EU zum ‚EURoot Konsortium‘<sup>158</sup> zusammengefasst. Für Züchter könnten weitere, indirekte Selektionsverfahren sehr attraktiv sein. Zum Beispiel können tiefere Wurzelsysteme mit einer besseren Wasseraufnahme und Kühlungsleistung im Feld mittels Thermographie identifiziert werden (Lopes and Reynolds 2010). Es gibt weiterhin Anstrengungen im Bereich der Genomkartierung mit dem Ziel, eine Marker gestützte Selektion auf Wurzelmerkmale zu ermöglichen (Courtois, Ahmadi et al. 2009, Hund, Reimer et al. 2011). Ökoeffizienz aus Sicht zweier Interessengruppen

**Syngenta** Technologien gehen heute über den klassischen Pflanzenschutz hinaus, indem sie Möglichkeiten bieten, um die maximale Leistung der Pflanzen in einer immer variableren Umwelt zu realisieren. Proaktive Ansätze im Bereich Chemie und Genetik werden verfolgt, um die Palette an Lösungen für abiotisches Stressmanagement zu erweitern. Fünf Schlüsselfaktoren wurden dabei identifi-

<sup>156</sup> <http://www.pesticides.gov.uk/guidance/industries/pesticides/advisory-groups/Resistance-Action-Groups/frag#Aims> (Zugriff am 31.10.2013)

<sup>157</sup> <http://www.frac.info/> (Zugriff am 31.10.2013)

<sup>158</sup> [www.EURoot.eu](http://www.EURoot.eu) (Zugriff am 4.12.2013)

ziert: Wassermanagement bei Überschuss oder Mangel soll durch positive Effekte chemischer Produkte, Präzisionsphänotypisierung (v.a. Mais) und gentechnische Ansätze verbessert werden. Bei durch Temperatur oder Sonnenlicht bedingtem Stress können vor allem chemische Produkte positive Effekte haben, wobei bei letzterem v.a. auf eine Verzögerung der Seneszenz gesetzt wird. Die Verbesserung des Nährstoffmanagements soll ebenfalls mit chemischen Produkten erreicht werden. In Brasilien z.B. werden einige Produkte eingesetzt, die zusätzliche Nährstoffe in die Blüte transportieren und so den Ertrag erhöhen. Landwirtschaftliche Produktion unter lokalen Extremen wie Wind, Hagel, Bodenversalzung und mechanischen Stressfaktoren soll v.a. durch Produkte, welche das Wurzelsystem und die Standfestigkeit vergrößern, effizienter werden (persönliche Mitteilung Sven Bisang, Syngenta).

**FiBL** erforscht und fördert die Steigerung der Ökoeffizienz basierend auf biologischen Züchtungsmethoden. Über gezielte Selektion soll trotz biotischer (Krankheiten und Schädlinge) und abiotischer (Hitze, Trockenheit, Staunässe, Kälte oder erhöhte CO<sub>2</sub> Gehalte) Einflussfaktoren ein effizienter und standortangepasster Pflanzenbau ermöglicht werden. Zudem gilt es, die Agrobiodiversität zu erhöhen und das Risiko von Ertragsausfällen bei ungünstigen Bedingungen zu vermindern. Verschiedene Teilbereiche spielen dabei eine Rolle: Züchtung auf (1) Unkrautunterdrückungsvermögen (Verzicht auf Herbizide), (2) Resistenz gegen samenbürtige Krankheiten (Verzicht auf Beizmittel), sowie (3) Erhöhung der Nährstoffnutzungseffizienz durch Züchtung N-effizienter Sorten unter Bio-Bedingungen (z.B. Raps), standortangepasster Leguminosen (z.B. für Mischkulturen) und effizienter Rhizobien, (4) Reduktion der Nachernteverluste durch Verbesserung der Produktqualität sowie (5) Prüfung und Empfehlung von Sorten für Bio-Bedingungen. Das FiBL sieht sich dabei als Facilitator. Es fördert den Austausch und strebt enge Kooperationen mit Züchtern an (persönliche Mitteilung Monika Messmer, FiBL).

#### 4.5 Schlussfolgerung

Bei abnehmender Verfügbarkeit von landwirtschaftlich genutzter Fläche sowie dem erschwerten Zugang zu Ressourcen, z. B. durch Knappheit der Ressourcen und/oder dem stetigen Preisanstieg auf dem Weltmarkt, ist ökologisch-effizienter Landbau eine wichtige und zukunftsorientierte Strategie um bei gleichem Input mehr zu produzieren (Kulak, Nemecek et al. 2013). Ökoeffizienz bedeutet in diesem Zusammenhang nicht nur schädliche Umwelteinwirkungen zu reduzieren und effizient zu produzieren, sondern vielmehr die lokalen Gegebenheiten und die Möglichkeiten innerhalb einer bestimmten Produktion zu berücksichtigen. Bei der biologischen Produktion ist eine Ertragsreduktion von ca. 30% zu beachten (Seufert, Ramankutty et al. 2012). Wichtige Handlungsfelder im Bereich der Ökoeffizienz sind u.a. die Steigerung der Stickstoffeffizienz oder auch die Reduzierung des Einsatzes von Pflanzenschutzmitteln (Tab. 3). Handlungsansätze in diesen Bereichen sind z.B. das ‚Precision Farming‘, die Verbesserung des Einsatzes von Zwischenfrüchten oder die Resistenzzüchtung (Tab. 3).

**Tabelle 3 :** Wichtige Herausforderungen im Bereich der Ökoeffizienz und des Klimawandels sowie Ansätze zu deren Lösung im Bereich der Technik (siehe auch Kapitel 5) und der Züchtung

<b>Herausforderung</b>	<b>Technische Lösungen</b>	<b>Beitrag Züchtung</b>
Stickstoff	„Precision Farming“  Zwischenfrucht statt Brache	Stickstoffeffizienz  Wurzelsystem  Verbesserung Zwischenfrüchte
Phosphor	Rückgewinnung aus Klärschlammasche	Phosphoreffizienz  Mykorrhiza-Symbiosen
Bodenerosion	Direktsaat  Gründüngung anstelle Brache	Leistungsstarke Gründünger
Trockenheit / Hitze	(Sensorgesteuerte) Bewässerung	Trockenheits- und hitzetolerante Sorten
Minimierung Herbizid-Einsatz	Direktsaat in Gründüngung  „Precision Farming“	Auflaufstarke Sorten in Gründüngung oder schnelle Unkrautunterdrückung
Minimierung Pflanzenschutzmittel	„Precision Farming“	Resistenzzüchtung

## 5 Herausforderung Klimawandel

Auf ca. zwei Drittel der globalen Landfläche lassen sich für die Zukunft signifikant stärkere Hitzeextreme voraussagen. In Europa werden Starkniederschläge in den nächsten 50 Jahren zunehmen. Insbesondere die Häufigkeit und die Lokalisierung von Extremereignissen lassen sich auf Grundlage derzeitiger Erkenntnisse schwer voraussagen und können regional auch gegenläufige Trends aufweisen (Fischer, Beyerle et al. 2013). Prognosen für den zukünftigen Pflanzenbau zeigen, dass bedingt durch den Klimawandel die potentiellen globalen Anbauflächen von Perlhirse (*Pennisetum glaucum* L., +31%), Sonnenblume (*Helianthus annuus* L., +18%), Hirse (*Panicum miliaceum* L., +16%), Kichererbse (+15%), Soja (+14%), Sorghum (+9%) und Mais (+7%) zunehmen werden. Abnehmen wird die potentielle Anbaufläche bis dato typischer Kulturen kalter Klimaregionen wie z.B. Erdbeere (-32%), Weizen (-18%), Roggen (-16%), Apfel (-12%) und Hafer (-12%) (Lane and Jarvis 2007). Für Nordeuropa geht man heute grundsätzlich von einem positiven Effekt des Klimawandels auf die Landwirtschaft aus, durch längere Vegetationsperioden, neue Anbaumöglichkeiten, z.B. ein neues Kulturspektrum, sowie eine erhöhte Photosyntheserate und CO<sub>2</sub>-Düngung (Lavalle, Micale et al. 2009, Iglesias, Garrote et al. 2012). Im Gegensatz dazu wird in Südeuropa aber vor allem die Produktivität von Weizen, Mais und Soja abnehmen. Dies ist u.a. zurückzuführen auf einen Temperaturanstieg, welcher zu einem erhöhten Wasserbedarf bei gleichzeitig längeren Perioden des Wassermangels führt. Hinzu kommt eine Änderung des Schädlingsaufkommens in verschiedenen Regionen und des daraus resultierenden Bedarfs an Pflanzenschutzmitteln (Fritsche-Neto and Borém 2012, Iglesias, Garrote et al. 2012).

### 5.1 Regionale Prognosen für die Schweiz

Die mittleren Temperaturen werden im Laufe des 21. Jahrhundert sehr wahrscheinlich in allen Regionen und Jahreszeiten ansteigen. Sommerniederschläge werden abnehmen und im Winter wird der Niederschlag zwar etwas weniger, dafür variabler werden (Hohmann, Thalmann et al. 2007, CH2011 2011). Im Bericht ‚Szenarien zur Klimaänderung in der Schweiz CH2011‘ werden drei Klimaszenarien mit unterschiedlichen Emissionsmengen untersucht. Dabei drückt die Referenzeinheit (CO<sub>2</sub>eq) andere Treibhausgase als CO<sub>2</sub> in Einheiten von CO<sub>2</sub> aus.

- **A2:** Es werden keine Interventionen zur Vermeidung von Klimagasemissionen getätigt und die Emissionen steigen kontinuierlich bis ins Jahr 2100 von ca. 50 auf ca. 140 GtCO<sub>2</sub>eq pro Jahr.
- **A1B:** Auch in diesem Szenario werden keine Interventionen angenommen, jedoch sinkt der Emissionsausstoss ab 2050 auf ca. 60 GtCO<sub>2</sub>eq pro Jahr im Jahr 2100.
- **RCP3PD:** Ziel ist die Verminderung des globalen Treibhausgasausstosses bis 2050 um mindestens 50% zum Referenzjahr 1990. Für das Jahr 2100 werden so weniger als 10 GtCO<sub>2</sub>eq Emissionsausstoss pro Jahr erwartet.

Ohne Reduktion der Treibhausgasemissionen ist nach Szenario A2 und A1B mit 2.7-4.8°C höheren Temperaturen am Ende des Jahrhunderts zu rechnen. Bei Erreichung des CO<sub>2</sub> Zieles im Szenario RCP3PD könnte sich die Temperaturerwärmung bei 1.2–1.8°C stabilisieren (CH2011 2011). Der zu erwartende Temperaturanstieg wird sich stärker im Sommer als im Winter bemerkbar machen (Hohmann, Thalmann et al. 2007). Insbesondere im Sommer wird mit längeren Wärmeperioden und Hitzeperioden zu rechnen sein (CH2011 2011).

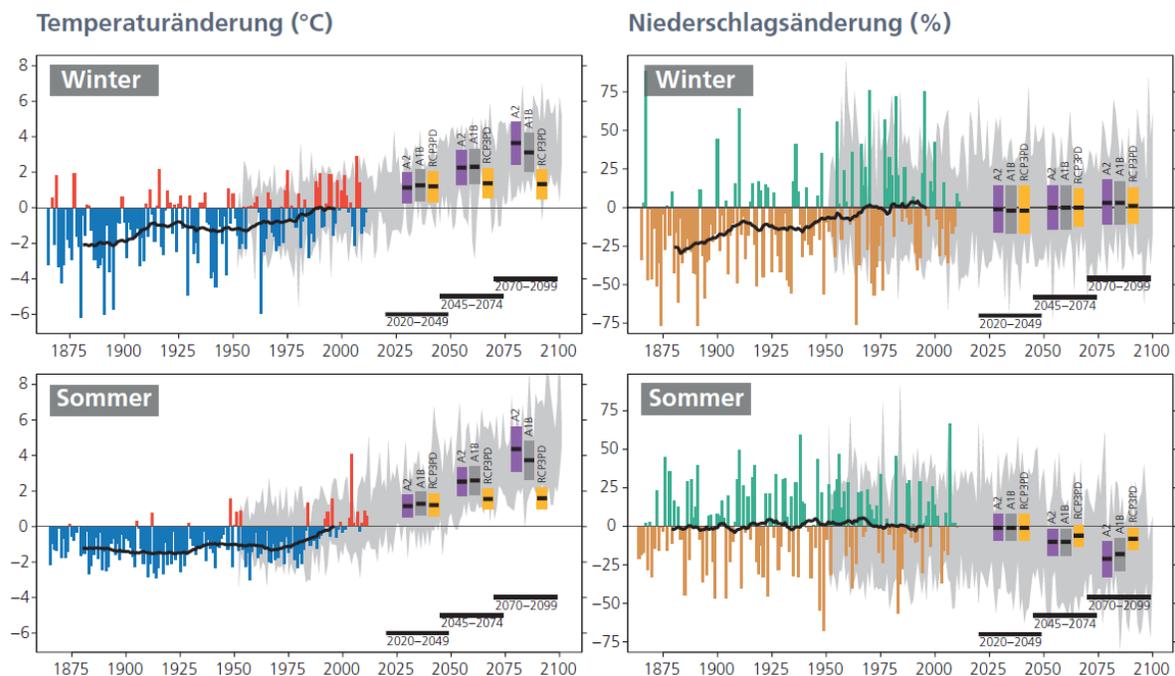
Im 20. Jahrhundert stieg die Temperatur in der Westschweiz um 1.6 °C, in der Deutschschweiz um 1.3 °C und auf der Alpensüdseite um 1.0 °C (OcCC/ProClim 2007). Ein deutlicher Anstieg war bei den Maximaltemperaturen zu verzeichnen, während die Minimaltemperaturen relativ stabil blieben (Jürg Fuhrer, PSC Symposium 2013). Sehr wahrscheinlich wird bis 2050 jeder zehnte Sommer im Durchschnitt

wärmer als 21°C sein. Die Häufigkeit solcher extrem warmer Sommer könnte jedoch deutlich zunehmen, wenn durch die Klimaänderung auch die Variabilität des Klimas noch weiter zunimmt (OcCC/ProClim 2007). Im Winter werden die kalten Wintertage und -nächte abnehmen (CH2011 2011).

Starkniederschlagsereignisse werden bis 2050 häufiger (alle 5 Jahre statt 7-10 Jahre) zu erwarten sein (OcCC/ProClim 2007). Bei der Niederschlagsverteilung wird generell mit einer Zunahme der Trockenheit im Sommer um 8-10% gerechnet (CH2011 2011).

### 5.1.1 Nordschweiz

Die durchschnittliche Sommertemperatur wird in der Nordschweiz bis 2050 um 2.7°C zunehmen. Im Winter ist mit +1.8°C wärmeren Temperaturen zu rechnen. Jährlich wird weniger Niederschlag (z.B. – 50 mm in Bern Liebefeld) erwartet, was im Sommer einer Abnahme von rund 17% entspricht (Hohmann, Thalman et al. 2007). Winterniederschläge werden in ihrer Menge zukünftig stärker variieren, wobei die Niederschlagsmenge tendenziell gleich bleiben wird (Abb. 14) (CH2011 2011).



**Abbildung 14:** Prognostizierte Änderungen der Temperatur und Niederschlagsmenge in der Nordostschweiz relativ zu den Werten von 1980-2009 unter Verwendung der drei Klimaszenarien A2, A1B und RCP3PD (Quelle: CH2011 (2011)).

### 5.1.2 Südschweiz

Die Sommererwärmung bis 2050 ist in der Südschweiz mit +2.8°C vergleichbar mit jener der Nordschweiz (Hohmann, Thalman et al. 2007). Die Winter werden wie in der Nordschweiz um +1.8°C wärmer. Besonders im Tessin ist im Sommer verstärkt mit Hitzewellen und Dürren zu rechnen (CH2011 2011). Im Jahr 2050 wird weniger Niederschlag (-20 mm in Sion, -150 mm in Lugano) pro Jahr erwartet, was für die Sommerzeit einer Abnahme um rund 19% entspricht (Hohmann, Thalman et al. 2007). Winterniederschläge werden in der Südschweiz wahrscheinlich um 11% zunehmen (CH2011 2011).

## 5.2 Konsequenzen für Kulturen

Die Tabelle 4 fasst die zu erwartenden Klimaänderungen bis 2050 und deren Konsequenzen auf die Kulturpflanzen zusammen. Bei Winterweizen und Körnermais ist mit eher weniger Ertrag und mit Einbussen von minimal 7% (Körnermais in der Westschweiz) bis maximal 25% (Winterweizen in Nordostschweiz) im landwirtschaftlichen Einkommen zu rechnen (Lehmann, Finger et al. 2013). In der Studie von Lehmann, Finger et al. (2013) wurden Produktionsintensität (N Düngung), Bewässerung und zwei verschiedene Klimamodelle (ETHZ-CLM und SMHI-Had sind beide auf das A1B Emissionsszenario gestützt unter Verwendung eines Klimamodelles der ETH respektive eines Schwedischen Institutes) für das Jahr 2050 berücksichtigt, jedoch kein CO<sub>2</sub>-Düngungseffekt (Lehmann 2013). Ein einbezogener CO<sub>2</sub>-Düngungseffekt kann in Ertragssteigerungen bei Winterweizen (Torriani, Calanca et al. 2007a), Grasland (Finger, Lazzarotto et al. 2010) und Körnermais (Finger and Schmid 2008) resultieren und die negativen Folgen des Klimawandels reduzieren. Davon würden die C3 Pflanzen mehr profitieren als die C4 Pflanzen (z.B. Mais). Die Stickstoffdüngung kann im Mais leicht reduziert werden, ebenfalls im Winterweizen, wo nur noch eine Stickstoffgabe infolge der verkürzten Wachstumsphase nötig wird. Im Winterweizen ist keine signifikante Änderung in der Ertragsvariabilität zu erwarten (Lehmann, Finger et al. 2013). Trockenheitsbedingte Ertragsverluste für Acker- und Grasland von 1980-2006 wurden über die relative Evapotranspiration aufgrund von Klimadaten, Wassereinzugsgebieten, Topographie, Bodeneigenschaften und kulturspezifischen Vegetationsparametern berechnet (Fuhrer and Jasper 2009). Risikogebiete sind vor allem die Westschweiz, das Unterwallis und inneralpine Täler. In der Zentral- und Ostschweiz ist ein Trend zu längeren Trockenheitsperioden sichtbar (Fuhrer and Jasper 2009). Grasland reagiert sensibel auf Trockenheit mit bis zu 78% Biomasseverlust durch extreme Sommerereignisse basierend auf dem A1B Emissionsszenario gemessen in Saint-Genès-Champanelle (Frankreich, 880 m über Meer) (Zwicke, Alessio et al. 2013). Zusätzlich können Unkräuter sich eher durchsetzen, wie z.B. der stumpfblättrige Ampfer (*Rumex obtusifolius*) (Stampfli and Zeiter 2004, Gilgen, Signarbieux et al. 2010).

### 5.2.1 Nordostschweiz

Im Mittelland wird 2050 mit einer um 40 Tage längeren Vegetationsperiode verglichen mit dem Jahr 1970 gerechnet (Calanca and Holzkaemper 2010).

#### 5.2.1.1 Mais: Ertragsabnahme

Unter der Annahme eines Temperaturanstiegs um 5°C und 30% geringerer Sommerniederschläge (zu erwartender Trend nach 2050) sinkt der Körnermais- und Rapserttrag bei geringerer Ertragsstabilität um ca. 15%, optimale N-Düngung und Bewässerung vorausgesetzt. Unter optimalen Managementbedingungen wird auch von Lehmann et al. (2013) tendenziell ein geringerer Körnermaisertrag prognostiziert. Unter Einbezug eines zusätzlichen CO<sub>2</sub>-Düngungseffektes fällt der Ertragsverlust schwächer aus, wobei Finger und Schmid (2008) bis 2050 sogar eine Ertragszunahme prognostizieren. Die Ertragsvariabilität wird vorerst zunehmen. Sollte, nach den Berechnungen klimatischer Modelle, jedoch eine zusätzliche Bewässerung aufgrund steigender Temperaturen notwendig sein, könnte die Variabilität der Erträge zunehmen (Lehmann, Finger et al. 2013). Zudem kann unter Einbezug eines variablen Saatzeitpunktes der Verlust an Ertragsstabilität minimiert werden (Torriani, Calanca et al. 2007b). Zusätzlich kann durch Nutzung von später reifenden Sorten (höhere FAO-Zahl, Massstab für die Reifezeit<sup>159</sup>) ein möglicher Ertragsverlust kompensiert werden. Eine Differenz von 100 in der FAO-Zahl entspricht etwa 10 Tagen Unterschied in der notwendigen Vegetationszeit. Zurzeit werden in der Schweiz nördlich der Alpen Maissorten bis FAO-Zahl 270 und südlich der Alpen bis zu 550 empfohlen

<sup>159</sup> [http://www.inaro.de/deutsch/generic\\_frame.html?Allgemei/Glossa.htm?gloss\\_cont.htm#F](http://www.inaro.de/deutsch/generic_frame.html?Allgemei/Glossa.htm?gloss_cont.htm#F) (Zugriff am 20.11.2013)

(Agroscope 2013). Sorten ab FAO-Zahl 500 werden z.B. von Semilla Fito<sup>160160</sup> oder Pioneer gezüchtet (Agroscope 2013).

### **5.2.1.2 Winterweizen und Grasland: Ertragszunahme**

In Winterweizen steigen Ertrag und Ertragsstabilität, wenn ein Düngeneffekt des verdoppelten CO<sub>2</sub>- Gehaltes angenommen wird (Torriani, Calanca et al. 2007a). Auch Lehmann et al. (2013) gehen tendenziell von einer Abnahme der Ertragsvariabilität in Winterweizen aus. Im Grasland sind ebenfalls steigende Erträge zu erwarten, jedoch nur wenn ein positiver Effekt der erhöhten CO<sub>2</sub>-Düngung einkalkuliert wird (Finger, Lazzarotto et al. 2010). Die Variation der Graslanderträge nimmt unter den angenommenen klimatischen Änderungen ebenfalls zu und verstärkt sich mit zunehmender Stickstoffdüngung. Risikoaverse Landwirte werden darum eher die Stickstoffdüngung reduzieren, um die Stabilität der Erträge zu erhöhen (Finger, Lazzarotto et al. 2010).

### **5.2.1.3 Kartoffel: Bewässerung**

In der Nordschweiz wird voraussichtlich nur für die Kartoffel eine Bewässerung notwendig (Lehmann, Finger et al. 2013).

## **5.2.2 Westschweiz**

Generell ist ohne spezielle Anpassungen an den Klimawandel mit 0-10% Produktivitätsverlust durch erhöhte Bewässerung, was zu 25-35% höherem Bodenverlust und einer erhöhter Stickstoffauswaschung von 30-45% beiträgt, zu rechnen (Klein, Holzkämper et al. 2013). Um diese negativen Auswirkungen zu minimieren, testeten Klein et al. (2013) unter Einbezug von Boden-, Wetter- und Hangneigungskarten sowie denselben zwei Klimamodellen aus Lehmann et al. (2013) verschiedene Managementoptionen. Ein optimaler Mix in der Region Broye entspräche demzufolge einer Reduktion von 60% an Kartoffel, 75% an Zuckerrübe und 20% an Körnermais im Vergleich zum Status quo. Stattdessen würde die Bedeutung von Wintergerste, Raps und in Hangregionen vor allem Graslandzunehmen (Klein, Holzkämper et al. 2013). Mais, Kartoffeln, Zuckerrübe und Futtergräser bräuchten zudem eine zunehmend flexible Bewässerung, um rentable Erträge zu erzielen (Finger and Schmid 2008, Lehmann, Briner et al. 2013).

### **5.2.2.1 Mais: Könnte durch Wintergerste ersetzt werden**

Für Körnermais sind Ertragseinbussen sowie daraus resultierende, finanzielle Einbussen von ca. 7% des landwirtschaftlichen Einkommens zu erwarten. Optimale Managementbedingungen vorausgesetzt, nimmt die Variabilität der Erträge in Mais eher zu. Die Profitmarge nimmt eher ab, während sich die Variabilität des Profites erhöht (Lehmann, Finger et al. 2013). Dies geschieht hauptsächlich wegen der beschleunigten Entwicklung von Mais, der sein Endstadium bis zu einem Monat früher erreichen könnte. Durch an wärmeres Klima angepasste Sorten müsste die Ertragsvariabilität minimiert werden können. Bewässerung ist notwendig und mit wirtschaftlichen Einbussen verknüpft, wodurch der Mais ganz von der Ackerfläche verschwinden könnte. Nach ökonomischen Kriterien würden Wintergerste und bewässerte Kartoffeln (Lehmann, Briner et al. 2013), nach ökologischen Kriterien Wintergerste, Winterraps und Grasland an seine Stelle treten (Klein, Holzkämper et al. 2013).

### **5.2.2.2 Winterweizen und Raps: Keine Bewässerung notwendig**

Winterweizen und Winterraps werden sehr wahrscheinlich an Bedeutung gewinnen, da sie ohne Bewässerung auskommen (Finger and Schmid 2008, Lehmann, Briner et al. 2013). Bei Winterweizen ist mit einer reduzierten Stickstoffdüngung und leichten Einbussen in Ertrag und Profit zu rechnen, wobei

<sup>160</sup> <http://www.semillasfito.com/gcmaiz.php#1> (Zugriff am 21.11.2013)

die Entwicklung der Variabilität von Erträgen und Profit im Weizen vom gewählten Klimamodell abhängig sein wird (Lehmann, Finger et al. 2013). Der Winterraps kann durch die Klimaerwärmung früher geerntet werden und so möglicher Sommertrockenheit und Hitze ausweichen (Lehmann, Briner et al. 2013).

### 5.2.2.3 Zuckerrübe und Kartoffel: Rentabel aber nicht ökologisch

Die Zuckerrübe und die Kartoffel können trotz Klimawandel auch noch in Zukunft rentabel angebaut werden, unter der Voraussetzung, dass sie bewässert werden, wobei vor allem die Zuckerrübe von den hohen Direktzahlungen profitiert (Lehmann, Briner et al. 2013). Um Boden- und Stickstoffverluste vor allem in Hanglagen und unter Bewässerung künftig zu minimieren, müsste sich die Anbaufläche von Zuckerrübe und Kartoffel verringern (Klein, Holzkämper et al. 2013).

Agronomische Studien, die Bedingungen der Südschweiz berücksichtigen, sind nicht bekannt. Die Situation dürfte mit jener der Westschweiz vergleichbar sein.

**Tabelle 4** : Erwartete Änderungen des Schweizer Klimas bis 2050 und deren Effekte auf Erträge der Kulturpflanzen (Quellen: CH2011 (2011), Torriani, Calanca et al. (2007a), Finger and Schmid (2008), Finger, Lazzarotto et al. (2010), Lehmann, Briner et al. (2013))

	Sommer		Winter		Kulturen		
	Temperatur	Niederschläge	Temperatur	Niederschläge	Positive Effekte auf Ertrag	Bewässerung notwendig	Negative Effekte auf Ertrag
	°C	%	°C				
Nordostschweiz	19.9 (+2.7)	-17%	+1.7	Variabel	Grasland, (Winterweizen)	Kartoffel, (Mais)	(Mais), Raps
Westschweiz	-	-	-	Variabel		Kartoffel, Mais, Grasland, Zuckerrübe	
Südschweiz	20 (+2.8)	-19%	+1.7	Zunahme		-	

### 5.3 Vergleichbare klimatische Gebiete

Die klimatischen Bedingungen werden sich dahin wandeln, wie sie heute bereits in Südfrankreich und Norditalien vorherrschen. Klimatisch ähnliche Gebiete wie Nordosteuropa sind die Grenzregion der USA und Kanada (40–55°N, 52–115°W) sowie Russland und Kasachstan (47–59°N, 50–90°E) (EP-PO 2010).

### 5.4 Trockenheitstolerante Kulturpflanzen

Europäische Projekte wie ‚DROPS‘<sup>161</sup> und ‚EUROOT‘<sup>162</sup> nehmen sich den Herausforderungen steigender Trockenheit in der Landwirtschaft an. ‚DROPS‘ will Ertragsverbesserungen unter Trockenheit und

<sup>161</sup> <http://www.dropsproject.eu/> (Zugriff am 7.10.2013)

<sup>162</sup> <http://www.euroot.eu> (Zugriff am 7.10.2013)

Steigerung der Wassernutzungseffizienz auf genetischer Basis erreichen. ‚EUROOT‘ zielt auf die Verbesserung der Wasser- und Nährstoffaufnahme durch die Wurzeln ab. Am Projekt ‚EUROOT‘ sind 20 Gruppen, darunter die ETH Zürich, beteiligt, welche Auswirkungen von Stickstoff- und Trockenstress auf das Wurzelsystem verschiedener Genotypen untersuchen. Die Umstellung auf alternative Kulturpflanzen ist eine weitere Möglichkeit; so wird z.B. in Deutschland im Bereich der Energiepflanzen Sorghum für die besonders von Trockenheit befallenen Regionen von der KWS gezüchtet.<sup>163</sup>

## 5.5 Krankheiten, Schädlinge und Nützlinge

Ein wärmeres Klima beschleunigt u.a. die Entwicklung von Insekten, erhöht die Generationen und die Anzahl aktiver Phasen pro Jahr und ermöglicht geografische Expansion und Wirtswechsel. Trockenheit ändert Physiologie und Fressverhalten, was Schädlinge und Nützlinge beeinflussen könnte. Wärmere Winter vermindern den Druck auf Schädlingspopulationen. Eine Modellierungsstudie mit zwei wichtigen Schädlingen, dem Kartoffelkäfer (*Leptinotarsa decemlineata*) und dem Maiszünsler (*Ostrinia nubilalis*), nimmt an, dass sich diese zwei Insekten bis 2050 in Europa stärker vermehren und ausbreiten (Kocmankova, Trnka et al. 2011). Für Pathogene ist die Feuchtigkeit wichtiger als für Insekten (Singh, Prasad et al. 2013), wodurch gewisse Pilzkrankheiten je nach ihren Bedürfnissen abnehmen dürften.

## 5.6 Konsequenzen für die Schweizer Landwirtschaft

Bewässerung wird in der Westschweiz in Grasland, Mais- sowie Kartoffelanbau und in der Nordostschweiz im Kartoffelanbau zunehmen (Finger and Schmid 2008, Klein, Holzkämper et al. 2013, Lehmann, Briner et al. 2013). Mais könnte in der Westschweiz infolge höherer Kosten durch die Bewässerung aus Rentabilitätsgründen aus der Fruchtfolge verdrängt werden (Lehmann, Briner et al. 2013). Adaptierungen in der Fruchtfolge hin zu mehr Winterfrüchten sind zu erwarten (Klein, Holzkämper et al. 2013, Lehmann, Briner et al. 2013).

Die erwarteten Erträge werden tendenziell (aber nicht signifikant) ein tieferes Niveau als heute erreichen (Lehmann, Finger et al. 2013). Unklar bleibt jedoch der Effekt einer erhöhten CO<sub>2</sub>-Konzentration, welcher sich auf den Ertrag positiv auswirken könnte. Ist die Erwärmung stärker als prognostiziert, muss auch in der Nordostschweiz durch die verkürzte vegetative Entwicklung mit negativen Effekten auf die Kulturen gerechnet werden (Hohmann, Thalmann et al. 2007). Die Ertragsvariabilität nimmt unter Bewässerung ab, ansonsten eher zu (Lehmann, Finger et al. 2013). Um die Effekte des Klimawandels zu minimieren, können entweder alternative Kulturpflanzen verwendet werden (z.B. Sorghum) oder Sorten auf wärmeres Klima adaptiert werden. In der Schweiz sind die optimalen Managemententscheide jedoch stärker von Preisanpassungen auf EU-Niveau geprägt als durch den Klimawandel (Lehmann, Briner et al. 2013). Der Klimawandel wiederum könnte die Nahrungsmittelpreise global erhöhen (Tran, Welch et al. 2012).

Konservierende Bodenbearbeitung und künstliches Grasland wurden in einer Modellierungsstudie von Klein, Holzkämper et al. (2013) als wichtigste Faktoren zur optimalen Adaptierung an den Klimawandel in der Westschweiz ausgemacht. Direktsaatverfahren könnten bei zunehmender Trockenheit an Bedeutung gewinnen, da das Wasserhaltevermögen der Böden erhöht wird (Chervet, Ramseier et al. 2006, Soane, Ball et al. 2012, Klein, Holzkämper et al. 2013). Grasland in den Voralpen (über 700 m über Meer) kann aufgrund der höheren Temperaturen teilweise zu Ackerland umgenutzt werden (Klein, Holzkämper et al. 2013). Der Anbau von alternativen, besser an Hitze- und Trockenstress angepassten Kulturarten könnte interessanter werden.

<sup>163</sup> <http://www.kws.de/aw/KWS/germany/Produkte/Energie/Fachinformationen/~dijf/Sorghum/> (Zugriff am 20.11.2013)

Der Krankheitsdruck, vor allem durch Insekten wie den Kartoffelkäfer (*Leptinotarsa decemlineata*) und den Maiszünsler (*Ostrinia nubilalis*), könnte zunehmen (Kocmankova, Trnka et al. 2011, Singh, Prasad et al. 2013). Reduzierte Schneedecke, extreme Niederschläge und Trockenheitsperioden bringen zusätzlich neue Herausforderungen im Bereich Nährstoffauswaschung (Phosphor- und Stickstoffeffizienz). Bei Kartoffel und Zuckerrübe nehmen vor allem in Hanglagen die Verluste von Boden und Stickstoff zu. Vor allem bei der Stickstoffauswaschung spielt der Bodentyp dabei zusätzlich eine wichtige Rolle (Klein, Holzkämper et al. 2013).

## 6 Technologische Entwicklung in Anbau und Verarbeitung

Die strategische Ausrichtung der Züchtung mit ihren Züchtungszielen hängt in Zukunft auch zu einem Teil von der im Pflanzenbau genutzten Technologie sowie den Anforderungen der Prozesse im Bereich der Verarbeitung ab. Die Anpassung der Bewirtschaftungstechnik (z.B. Direktsaat), der Bewässerungstechnik, sowie eine zielgerichtete Automatisierung der Technik (z.B. Erntemaschinen) sind wichtige Aspekte, die bei der Entwicklung einer ökonomisch und ökologisch nachhaltigen Landwirtschaft eine Rolle spielen. Sie sollen die Landwirtschaft effizienter und umweltschonender machen und gleichzeitig die knapper werdenden Ressourcen schützen. Nicht zu vernachlässigen ist auch der Einfluss der Abnehmer landwirtschaftlicher Produkte. Die Ernte muss neben den Ansprüchen hinsichtlich Qualität auch Anforderungen der Verarbeitungsprozesse genügen, um ein bedarfsgerechtes Produkt zu erhalten. Diese Anforderungen stellen neue Herausforderungen an den Pflanzenbau und insbesondere an die Pflanzenzüchtung, z.B. an die Züchtung hinsichtlich bestimmter Inhaltsstoffe oder Wuchseigenschaften.

### 6.1 Maschinelle Entwicklungen

Der technologische Fortschritt wird auch in Zukunft Erleichterungen bei Saat, Feldmanagement und Ernte mit sich bringen, aber auch zu Problemen wie z.B. Bodenverdichtung führen.

#### 6.1.1 *Direktsaat*

Die Nutzung des Direktsaatverfahrens ermöglicht den Erhalt einer intakten Bodenstruktur und die maximale Bodenbedeckung der Ackerfläche. Dies hat vorwiegend folgende positive Auswirkungen:

- Für Wasser wird die Infiltration verbessert, der Verlust durch Evaporation verringert und somit der Gehalt in den obersten 30 cm erhöht (Chervet, Ramseier et al. 2006, Chervet, Schwarz et al. 2008).
- Reduzierte Auswaschung von Phosphor und teilweise auch Stickstoff (Kulak, Nemecek et al. 2013).
- Reduzierte Bodenerosion.
- Anreicherung von sequestrierten CO<sub>2</sub> im Oberboden, z.B. in Form von Humus. Trotzdem wird, verglichen zu konventionellen Systemen, im gesamten Bodenprofil wahrscheinlich nicht mehr CO<sub>2</sub> gespeichert (Kulak, Nemecek et al. 2013).
- Reduktion des Diesel- und Arbeitseinsatzes um 50% gegenüber dem Anbau mit Pflug<sup>164</sup>.

Negative Effekte der Direktsaat sind erhöhte Gewässertoxizität durch den bedingten, höheren Einsatz von Herbiziden und Insektiziden. Trotzdem wird angenommen, dass Direktsaatsysteme eine leichte Reduzierung der Umweltbelastung erzielen (Williams, Audsley et al. 2006, Kulak, Nemecek et al. 2013). Optimierte Systeme wie z.B. ‚Cross Slot‘ verbessern das Auflaufen der Kultur und applizieren die Düngung während dem Säen gezielt (Ritchie, Baker et al. 2003). Ansätze in der biologischen Produktion wenden die Direktsaat zusammen mit einer vorhergehenden Gründüngung an (Abb. 15). Mit dem Ziel, Unkraut zu unterdrücken, wird die Gründüngung dabei normalerweise nach der Saat niedergewalzt, wobei erste Resultate mit Mais in Kombination mit der optimalen Gründüngung vielversprechend sind (Dierauer and Böhler 2012). Da die Pflanzen durch die gewalzte Gründüngung wachsen, müssen die Jungpflanzen sehr wuchsstark sein.

<sup>164</sup> <http://www.crossslot.com/better-way-testimonials> (Zugriff am 04.12.2013)



**Abbildung 15** : Ohne Herbizideinsatz wird die Direktsaat in eine stehende Gründüngungsmischung angewendet (Quelle: Dierauer and Böhler (2012))



**Abbildung 16** : Ein Wasserstrahl schneidet den Salat, danach wird der Salat auf ein Förderband abtransportiert (Quelle: ramsayhighlander.com).

### 6.1.2 Bewässerung

Die Tröpfchenbewässerung wurden in den 60er Jahren in Israel entwickelt und fand schnell weltweite Verbreitung<sup>165</sup>. Im Gegensatz zur Beregnung gelangt das Wasser in Leitungen auf die Bodenoberfläche oder direkt in den Wurzelraum, wodurch Verluste durch Evaporation, rasches Versickern oder Oberflächenabfluss minimiert werden. Zusätzlich können Dünger und Pflanzenschutzmittel durch diese Systeme direkt appliziert und somit reduziert werden (Shock 2013). Neueste Systeme sind mit Bodensensoren kombiniert und erlauben dadurch eine bedarfsgerechte Bewässerung und Pflanzenschutz<sup>166</sup>. Eine andere Strategie ist die abwechselnde Bewässerung von nur der Hälfte der Boden- bzw. Wurzelfläche, da so durch die natürlichen Trockenstressreaktionen der Pflanze die Wassernutzungseffizienz gesteigert werden kann (Wang, Liu et al. 2010). Die Nährstoffeffizienz ist dabei jedoch umstritten (Wang, Liu et al. 2010, Sun, Yan et al. 2013). Effiziente Bewässerungstechnologien können, zusammen mit der Entwicklung und dem Einsatz trockenheitstoleranter Sorten, einen wichtigen Beitrag zur schonenden Nutzung der Ressource Wasser leisten.

### 6.1.3 Automatisierte Ernte

Zukünftig werden Erntemaschinen, welche automatisch die reifen Pflanzenorgane erkennen und ernten können, eine wichtige Rolle spielen, dies vor allem bei Gemüse und Früchten. Mit Kameraaugen ausgestattete Ernteroboter werden in den nächsten Jahren bereits erwartet. So wird z.B. bereits an verbesserten Systemen für die Orangenernte gearbeitet, bei welchen ein Roboterarm die Orangen erkennt und einzeln erntet, anstelle des Schüttelns des ganzen Baumes<sup>167</sup>. Für die Erdbeerernte ist bereits ein Roboter auf dem Markt, der reife Beeren erkennt und pflückt<sup>168</sup>. Auch die Salaternte wird zunehmend automatisiert (Abb. 16)<sup>169</sup>.

<sup>165</sup> <http://online.wsj.com/article/SB10000872396390443855804577602930583558076.html> (Zugriff am 5.11.2013)

<sup>166</sup> <http://www.syngenta.com/global/corporate/en/goodgrowthplan/commitments/Pages/make-crops-more-efficient.aspx> (Zugriff am 5.11.2013)

<sup>167</sup> <http://online.wsj.com/article/SB10000872396390444273704577637461944396668.html> (Zugriff am 5.11.2013)

<sup>168</sup> <http://roboticharvesting.com/tech.html> (Zugriff am 5.11.2013)

<sup>169</sup> <http://www.ramsayhighlander.com/products/romaine/green-leaf-lettuce-harvester.htm> (Zugriff am 5.11.2013)

#### 6.1.4 **Bodenverdichtung**

Mit zunehmender Mechanisierung und Einsatz schwererer Maschinen wird das Problem der Bodenverdichtung eine immer wichtigere Stellung einnehmen. Einerseits bietet sich die Möglichkeit verdichtete Böden mit dem Anbau dikotyler Pflanzen, welche eine starke Pfahlwurzel besitzen (z.B. Blaue Lupine, Schneckenklee, Ackerbohne), wieder teilweise zu lockern (Materchera, Dexter et al. 1991, Schmidt, Gregory et al. 2013). Dies setzt jedoch voraus, dass diese Pflanzen auch ökonomisch interessant sind und Bedarf wahrscheinlich derer weiteren züchterischen Bearbeitung. Andererseits wird auch die Entwicklung von Sorten, welche auf verdichteten Böden besser wachsen, erforderlich sein. In diesem Bereich besteht noch grosser Forschungsbedarf (Bengough, McKenzie et al. 2011), da z.B. nicht bekannt ist, ob und in welchem Ausmass genetische Variation für die Reaktion auf Bodenverdichtung innerhalb einer Kulturart vorhanden ist. Dieser Bereich bedarf deshalb noch weiterer Grundlagenforschung, wie sie etwa zurzeit im Nationalen Forschungsprogramm (NFP) 68 geschieht.

### 6.2 **Verarbeitung von Nahrungsmitteln**

Neue Verarbeitungsprozesse gehen dahin, dass weniger Proteine durch thermische Sterilisationstechniken denaturiert werden müssen. Eine Idee ist, Nahrungsmittel zu pulverisieren, zu trocknen und dann wieder zu rekonstituieren, womit die Haltbarkeit unter Wahrung der Produktesicherheit vergrössert werden kann<sup>170</sup>. So gibt es bereits Lösungen, die gebrochenen Reis als Rohmaterial mit Vitaminen und Mineralien anreichern und wieder als Reiskorn rekonstituieren<sup>171</sup>. Techniken, welche eine schonende Verarbeitung des Produktes von der Ernte bis zum fertigen Produkt gewährleisten, können zur Verbesserung der Qualität der Lebensmittel aber auch zur Reduzierung von Abfällen in der Produktion beitragen.

#### 6.2.1 **Proteine für die Backqualität**

Wasserunlösliche Speicherproteine wie z.B. Gliadin und Glutenin stammen aus dem Mehlkörper des Weizenkorns und funktionieren als Klebereiweisse. Sie beeinflussen die Dehnbarkeit sowie die Elastizität des Teiges und können die Backqualität entscheidend beeinflussen (Becker 1993).

Die Berücksichtigung bzw. Bearbeitung eis-strukturierender Proteine (ISP) in der Züchtung, kann die Qualität von gefrorenem Teig verbessern (Panadero, Ranz-Gil et al. 2005, Kontogiorgos, Goff et al. 2008, Lingling, Yangsoo et al. 2010). Diese Proteine können direkt vom Getreide (Weizen) stammen, aber auch technisch substituiert und durch modifizierte Hefen eingebracht werden (Panadero, Ranz-Gil et al. 2005, Lingling, Yangsoo et al. 2010). Auf die menschliche Ernährung sind bisher keine negativen Auswirkung von ISP bekannt (Hassas-Roudsari and Goff 2012).

Fettbindende Proteine wie z.B. Puroindoline a (PINA) und b (PINB) sind verantwortlich für die Textur bzw. Härte des Endosperm in Weizen (Morris 2002). Sie haben somit einen Einfluss auf die Mahleigenschaften, das Mehl und die Qualität des Endproduktes z.B. Brot, Kuchen und Pasta (Pauly, Pareyt et al. 2013). Erst kürzlich konnten mehrere Gene, welche für die Bildung von PINA und PINB verantwortlich sind, mit molekularen Markern markiert werden (Chen, Li et al. 2013).

#### 6.2.2 **Verarbeitung von Teigprodukten**

Neuerungen in der Produktionstechnologie und Veränderungen der Konservierungsansätze haben dazu geführt, dass Produktion und Vermarktung von Brot aneinandergebunden sind und Teiglinge zum Aufbacken das Brot aus der klassischen Backstube langsam verdrängen. Durch ökonomische Vortei-

<sup>170</sup> <http://www.lsfm.zhaw.ch/de/science/zle/vtk/forschungsdienstleistungen/forschungsschwerpunkte/verfahrenstechnik.html> (Zugriff am 30.10.2013)

<sup>171</sup> <http://www.buhlergroup.com/global/en/services/nutrition-solutions/nutririce.htm> (Zugriff am 30.10.2013)

le (grössere Stückzahlen, günstigere Tagarbeitsstunden) haben Teiglinge, also die Verbackung mit Gärunterbrechung oder Kälteführung, heute einen grossen Marktanteil eingenommen (Meyer 2003, Sywottek 2007) (persönliche Mitteilung Lilia Levy, Agroscope). Dieser Prozess stellt jedoch höhere Ansprüche an die Teiglinge, da vor allem die Glutenstruktur stärker beansprucht wird. Neben dem Bedarf an einer höheren Feuchtglutenmenge ist auch der Einsatz von Vitamin C in Form von Acerola wichtig. Laufende Studien untersuchen derzeit, inwiefern Glutenmenge durch Glutenqualität substituiert werden kann. Prinzipiell gilt aber, dass der Glutenmenge und dem Proteingehalt in der Züchtung von Brotweizen eine stärkere Aufmerksamkeit geschenkt werden muss (persönliche Mitteilung Lilia Levy, Agroscope). Eine weitere Möglichkeit zur Verlängerung der Haltbarkeit des Produktes wird sowohl durch die Lagerung und den Transport im tiefgekühlten Zustand als auch die Pasteurisation von Verpackungsbrot erreicht (Meyer 2003). Neben Gastro-Betrieben oder anderen Servicestellen, welche frische Backwaren anbieten (z.B. Tankstellen, Discount-Märkte, etc.), nutzen auch herkömmliche Backbetriebe die Tiefkühlung ihrer Produkte für effizientere Produktionsabläufe (persönliche Mitteilung Daniel Jakob, Schweizerischer Bäcker-Konditorenmeister-Verband SBKV).

### **6.2.3 Einsatz von Nanotechnologie**

Nanotechnologie birgt Potential zum Einsatz in verschiedenen Bereichen der Lebensmittelindustrie. Systeme, die bereits aus der Pharmaindustrie bekannt sind, können etwa verwendet werden, um bioaktive Stoffe zu schützen (z.B. durch Einkapselung), sie zum gewünschten Reaktionsort zu bringen und dort kontrolliert freizusetzen. Auch qualitative Eigenschaften wie Textur oder Viskosität eines Stoffes können verändert werden (Sozer and Kokini 2009, Lopes, Fernandes et al. 2013). Spezielle Nanobeschichtungen wurden entwickelt, die z.B. das Kleben von Ketchup an der Flasche oder die Oxidierung von Schokolade verhindern<sup>172</sup>. Durch Nanotechnologie beschichtete Verpackungen, deren Sicherheit jedoch noch schlecht untersucht ist, können die Haltbarkeit von Produkten erhöhen. Die Nahrungsmittelsicherheit könnte von Nanosensoren und nanotechnischen Methoden profitieren, welche z.B. Mikroorganismen detektieren oder filtrieren (Lopes, Fernandes et al. 2013).

### **6.3 Rückgewinnung von Nährstoffen: Beispiel Phosphat-Recycling**

Phosphor ist, neben Stickstoff und Kalium (NPK), eines der wichtigsten Elemente der Pflanzenernährung und kann nicht synthetisch gestellt werden. Insbesondere für die Landwirtschaft war die Ausbringung von Klärschlamm eine wichtige Quelle für die Versorgung der Pflanzen mit Phosphat. Die zunehmende Menge an Schadstoffen, z.B. Schwermetalle, im aus den Haushalten stammenden Klärschlamm, führte 2006 zu einem gesetzlichen Verbot der Nutzung von Klärschlamm in der Schweizer Landwirtschaft. Trotz des Verbotes soll das Phosphat im Klärschlamm wieder direkt nutzbar gemacht werden. Aus diesem Grund wird eine wirtschaftliche Phosphorrückgewinnung zur Schliessung der Phosphorkreisläufe angestrebt. In der Schweiz ist die im Klärschlamm gebundene Menge an Phosphor gleich gross wie die importierte Menge an Mineraldünger. Die Strategie des Kantons Zürich (Baudirektion Kanton Zürich, Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft (AWEL)) ist es, den wertvollen Rohstoff aus dem Klärschlamm zu extrahieren. Dies soll zukünftig nicht nur die Unabhängigkeit vom globalen Rohstoffmarkt bedeuten, sondern auch einer etablierte Fachkompetenz lokaler Unternehmen den frühzeitigen Zugang zu einem stark wachsenden Markt ermöglichen (AWEL 2009, BAFU 2009). An der ETH Zürich zielte ein Projekt darauf ab, toxische Schwermetalle wie Kupfer und Cadmium aus der phosphorreichen Klärschlammasche zu extrahieren. Danach kann die Asche als Pflanzendünger verwendet werden<sup>173</sup>. Eine weitere Möglichkeit der Rückgewinnung von Phosphor sowie Stickstoff und

<sup>172</sup> [http://www.sdu.dk/en/om\\_sdu/institutter\\_centre/c\\_nanosyd/forskning/forskningsprojekter/nanofood](http://www.sdu.dk/en/om_sdu/institutter_centre/c_nanosyd/forskning/forskningsprojekter/nanofood) (Zugriff am 4.12.2013)

<sup>173</sup> <http://www.plantnutrition.ethz.ch/pk/project> (Zugriff am 26.11.2013)

Kalium wäre die Separierung und anschliessende Extrahierung aus Urin. Forschungen dieser Art werden an der EAWAG durchgeführt (Montangero, Schertenleib et al. 2006, Bryner 2010).

## **7 Entwicklung der Agrarmärkte**

Bis in das Jahr 2050 wird nicht nur die ökonomische Verteilung der Nahrungsmittel ein zentrales Problem darstellen, sondern auch die reine Produktionsmenge, welche nötig ist, um ca. 9 Mia. Menschen zu versorgen (BMELV 2012). Dabei werden vorwiegend fehlende Investitionen sowie nicht vorhandene natürliche Ressourcen oder Ertragszuwächse die limitierenden Faktoren für den Produktionsanstieg sein (Alexandratos und Bruinsma 2012).

### **7.1 Anbau in Zukunft**

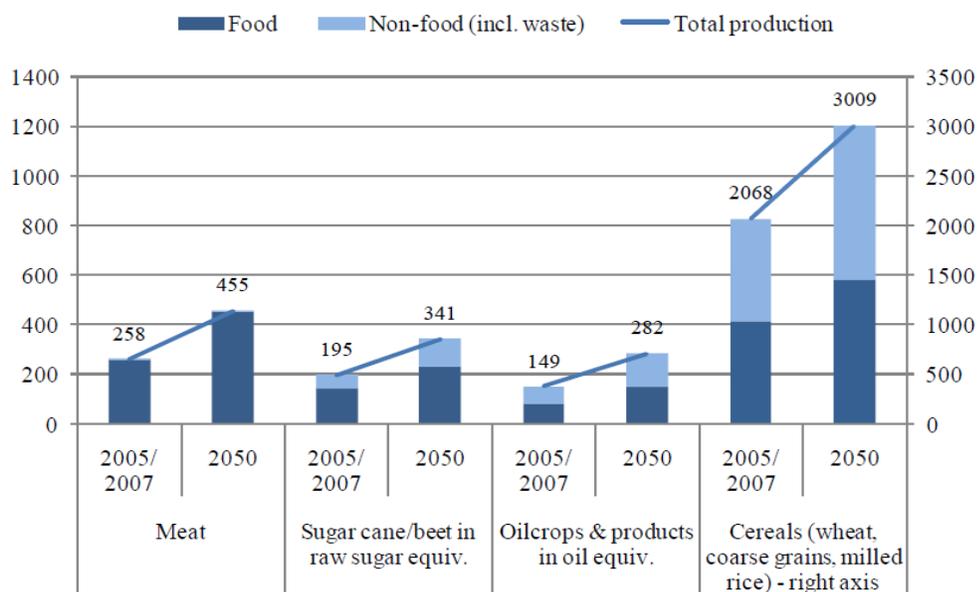
Zur Sicherstellung der Ernährungssicherung muss die globale Produktion von 2005/2007 bis 2050 um mindestens 60% erhöht werden. Die ‚Food and Agriculture Organization‘ (FAO) der Vereinten Nationen nimmt dabei an, dass der globale Konsum aller landwirtschaftlichen Produkte jährlich um 1.1% steigen wird (bisher waren es 2.2%). Trotz dieser Steigerung wird angenommen, dass ca. 2.7 Mia. Menschen mit 2'700 kcal pro Tag und 800 Mio. davon mit weniger als 2'700 kcal pro Tag auskommen müssen (Alexandratos and Bruinsma 2012). Es wird erwartet, dass die Fleischproduktion mit 1.3% pro Jahr stärker zunehmen wird als die von Getreide (0.9%) (Abb. 17). Diese Produktionssteigerung ist jedoch nur möglich, wenn die nötigen Investitionen in der gesamten Produktionskette getätigt werden und die politischen Rahmenbedingungen gegeben sind. Unsicherheitsfaktoren, welche diese Prognose erschweren, sind das Wachstum der Bevölkerung in Sub-Sahara Afrika, der Klimawandel und die Nachfrage und Produktion von Bio-Energie (Alexandratos and Bruinsma 2012).

Die öffentlichen Ausgaben für Agrarforschung, welche einen wichtigen Beitrag für die Effizienz und die Entwicklung zukünftiger Agrarsysteme leistet, stagnieren oder sinken im grössten Teil der Welt. Die grosse Ausnahme ist China, welches im letzten Jahrzehnt (2000-2010) die Ausgaben mehr als verdoppelte. Das gleiche, jedoch weniger stark ausgeprägt, gilt für Brasilien und Indien<sup>174</sup>. China und Brasilien haben bereits heute ein grosses Gewicht, betrachtet man die Import- und Exportstatistiken (Alexandratos and Bruinsma 2012). Der weltweite Hauptexporteur für Soja, die USA, wird zunehmend von der grössten Konkurrenz Brasilien eingeholt, dessen Sojaproduktion von 2009 bis 2019 voraussichtlich um 40% zunehmen wird<sup>175</sup>.

---

<sup>174</sup> <http://www.nature.com/nature/journal/v466/n7306/full/466531a.html> (Zugriff 4.11.2013)

<sup>175</sup> <http://www.nature.com/news/2010/100728/full/466554a.html> (Zugriff 4.11.2013)



**Abbildung 17** : Zunahme der wichtigsten Agrargüter von 2005/2007 bis 2050 (Quelle: Alexandratos and Bruinsma (2012)).

## 7.2 Entwicklung der globalen und regionalen Anbauflächen

Aufgrund von Klimamodellen wird erwartet, dass bis zum Jahr 2050 die potentielle landwirtschaftliche Anbaufläche in Nordamerika, Kanada und grösstenteils in Europa zu-, diejenige in der Sahelzone, im südlichen Afrika, Indien und im Norden von Australien jedoch abnimmt. Noch unklar sind die Auswirkungen des Klimawandels auf die Regionen des östlichen Brasiliens, Zentralamerikas, des Himalayagebirges und auf Südwest-Afrika (Lane and Jarvis 2007).

Die FAO rechnet in den Industrieländern mit einer absoluten Abnahme der Anbaufläche um ca. 63 Mio. ha und mit einer Zunahme von ca. 132 Mio. ha vor allem in Lateinamerika und Sub-Sahara Afrika (Alexandratos and Bruinsma 2012). Netto wird gerechnet, dass die Erntefläche infolge der Reduzierung von Brachland und durch Mehrfachanbau um ca. 140 Mio. ha zunimmt. Dabei verbleibt im Jahr 2050 noch immer 1.3 Mia. ha unbebautes, landwirtschaftlich nutzbares Land (Alexandratos and Bruinsma 2012). Für die Schweiz wird prognostiziert, dass jährlich maximal 1% der landwirtschaftlichen Nutzfläche im Berggebiet durch den Klimawandel ackerfähig wird (Kopainsky, Flury et al. 2013). Eine weitere Studie erstellte ökonomische Landnutzungsmodelle (Wald und Sömmerungsweide) in der alpinen Region um Visp für das Jahr 2080, unter Annahme von EU-Preisen. Diese Studie kam zu dem Schluss, dass die Produktivität von Sömmerungsweiden zunimmt, die Bewirtschaftung aber weniger profitabel ist. Somit muss mit abnehmender Sömmerungsweidefläche gerechnet werden, die jedoch weniger durch eine andere Agrarproduktion sondern vielmehr durch Wald ersetzt wird (Briner, Elkin et al. 2012).

### 7.2.1 Internationaler Handel

Die Netto-Importe für Getreide werden sich in den Entwicklungsländern nahezu verdoppeln und von 116 Mio. t in den Jahren 2005/2007 auf 196 Mio. t im Jahr 2050 ansteigen. Der Selbstversorgungsgrad dieser Länder sinkt in dieser Periode von 92.3% auf 90.2% (Alexandratos and Bruinsma 2012). Exporte von Lebensmitteln werden im Jahr 2050 v.a. aus Lateinamerika (25 Mio. t), Europa und Nordamerika zu erwarten sein. Südasien erreicht etwa eine ausgeglichene Handelsbilanz. Ostasien wird

Reis exportieren können, jedoch auf Import von Weizen und sonstigen Getreiden angewiesen sein (Alexandratos and Bruinsma 2012).

### **7.2.2 Entwicklung Nahrungsmittelpreise**

Der Klimawandel wird die Nahrungsmittelpreise bis 2050 weiter erhöhen. Es wird mit Zunahmen von bis zu 105% für Mais, 30-80% für Reis und 40-60% für Weizen gerechnet (Nelson, Rosegrant et al. 2010). Bei perfekten Massnahmen zur Adaption an den Klimawandel würden die Preise trotzdem noch um ca. 19% für Reis und ca. 33% für Mais ansteigen (Nelson, Rosegrant et al. 2010). Verschiedene Faktoren beeinflussen dabei die Preisentwicklung und den Agrarhandel: Für das Angebot an Mais und Soja ist die Produktion in den USA zentral. Aber auch eine anhaltende Dürre z.B. in Südostasien könnte das Angebot von Weizen, Reis und Mais verknappen und die Preise erhöhen (Nelson, Rosegrant et al. 2010). Preistreiber werden auch die Produktionskosten sein, so werden z.B. bei den Düngemitteln (Stickstoff und Phosphor) mit Steigerungen in Preis und Preisvolatilität gerechnet (BLW 2010).

### **7.2.3 Fleisch**

Fleischproduktion und -konsum werden global um ca. 1.3% pro Jahr ansteigen. Dieser Trend wird in den Entwicklungsländern mit 1.7% Produktionssteigerung beziehungsweise 1.8% Konsumptionssteigerung pro Jahr stärker ausfallen als in anderen Ländern. Rechnet man Brasilien und China, welche ihren Fleischkonsum bereits in der Vergangenheit gesteigert hatten, nicht zu den Entwicklungsländern, dann werden Fleischproduktion und -konsum sogar um 2.4% pro Jahr ansteigen (Alexandratos and Bruinsma 2012). Auch 2050 werden, wie bereits 2005/2007, die Industrieländer zusammen mit Brasilien die grössten Nettoexporteure von Fleisch sein. Ausnahmen der Industrieländer sind Japan und Russland, welche noch immer Fleisch importieren werden (Alexandratos and Bruinsma 2012).

### **7.2.4 Milch**

Der Milchkonsum wird global um 1.1%, in den Entwicklungsländern um 1.7% pro Jahr steigen. Die grösste Konsum- und Produktionssteigerung wird in Sub-Sahara Afrika und in Süd- und Ostasien mit über 2% Wachstum pro Jahr bis 2030 zu verzeichnen sein. Die Industrieländer werden weiterhin Nettoexporteure und die Entwicklungsländer (vor allem Ostasien, ausser Lateinamerika) Nettoimporteure sein (Alexandratos and Bruinsma 2012).

### **7.2.5 Hülsenfrüchte**

Es wird prognostiziert, dass sich die durchschnittlichen Erträge der Hülsenfrüchte von 0.8 t/ha (2005/2007) auf 1.6 t pro ha im Jahr 2050 verdoppeln. Der weltweite Pro-Kopf-Konsum wird bis ins Jahr 2050 voraussichtlich um 15% steigen. Diese Entwicklung wird stärkere Ausmasse in den Entwicklungsländern, vor allem Sub-Sahara Afrika, als in den Industrieländern zeigen. Die Entwicklungsländer werden im Jahr 2050 ca. 70% des weltweit angebauten Sojas produzieren. Den grössten Anteil (90%) an dieser Produktion werden die Länder Brasilien, Argentinien, China und Indien ausmachen (Alexandratos and Bruinsma 2012).

## **7.3 Rolle der Schweizer Landwirtschaft**

Die Schweizer Bevölkerung wird von 8.6 Mio. (2025) auf ca. 9 Mio. Menschen (2050) anwachsen (BLW 2010). Gleichzeitig nimmt die landwirtschaftliche Nutzfläche zugunsten der Siedlungsfläche ab. Die REDES-Studie geht davon aus, dass die Nahrungsmittelimporte um fast 30% zunehmen werden. Dabei wird der Selbstversorgungsgrad auf ca. 50% sinken. Eine Verschiebung vom Pflanzenbau zur Tierhaltung (vor allem Geflügelproduktion) wird im Inland prognostiziert. Dabei vermindern sich die Stickstoffverluste, Emissionen von Ammoniak und der Ausstoss von CO<sub>2</sub>-Äquivalenten. Die totale Emission von CO<sub>2</sub>-Äquivalenten (inklusive CO<sub>2</sub>-Äquivalente der Importe) wird jedoch zunehmen. Beim Er-

tragspotential wird bei gleich bleibendem Mineraleinsatz eine Steigerung von 0.5% pro Jahr für alle Kulturen erwartet (Kopainsky, Flury et al. 2013). Insgesamt wird gefordert, dass die Landwirtschaft einen Beitrag zur Versorgungssicherheit leistet. In der Vision für das Jahr 2025 sollen folgende Aspekte berücksichtigt werden:

*„Die Schweizer Land- und Ernährungswirtschaft erfüllt mit einer ökonomisch erfolgreichen, ökologisch optimalen und sozial verantwortungsbewussten Nahrungsmittelproduktion die Bedürfnisse der Konsumentinnen und Konsumenten und die Erwartungen der Bevölkerung.“* (BLW 2010).

Darüber hinaus ist die Lebensgrundlage für die Menschen zu sichern, das Tierwohl zu beachten, sowie die dezentrale Besiedlung des Landes und der Kulturlandschaften zu erhalten (BLW 2010).

Eine Vielzahl von Exportmöglichkeiten besteht für qualitativ hochwertige Produkte, welche repräsentativen Charakter für die Schweiz haben. Durch das ausgehandelte Freihandelsabkommen mit China könnten neue Exportmöglichkeiten für landwirtschaftliche Qualitätsprodukte eröffnet werden. Ein Beispiel für den erfolgreichen Export von Schweizerischer Qualitätsware ist der weltweite Handel mit Käse. Dieser stieg von 2002 bis 2012 um 70 Mio. CHF (+15%) (BLW 2013). Bei Abschluss der Doha-Runde müssten jedoch Exporterstattungen für verarbeitete Produkte („Schoggigesetz“) abgeschafft und der Grenzschutz stark reduziert werden (BLW 2010). Daneben spielt die Entwicklung der Weltwirtschaft eine entscheidende Rolle. Das BLW hat in seinem Bericht ‚Land- und Ernährungswirtschaft 2025‘ drei Szenarien ausgearbeitet, welche unter Berücksichtigung der weltweiten Wirtschaftsentwicklung die Einflüsse auf einzelne Bereiche der Schweizer Landwirtschaft bewerten.

**Szenario 1: Kontinuierliches Wachstum:** Ein kontinuierliches Wachstum der globalen Wirtschaft setzt stärkere Massnahmen in den Bereichen natürliche Lebensgrundlagen, Landschaft und Tierwohl voraus. Die Nachfrage und Zahlungsbereitschaft für diese Leistungen ist erhöht und die Versorgungssicherheit durch Importe gewährleistet. Die Wettbewerbsfähigkeit ist unter Druck, da die Preise international sinken, was gesteigerte Finanzierung für Begleitmassnahmen nötig macht (BLW 2010).

**Szenario 2: Bewältigbare Knappheit:** Werden Rohstoffe auf dem Weltmarkt eher knapp, müssen Massnahmen im Bereich der Versorgungssicherheit getroffen werden. Das internationale Preisniveau und somit die Wettbewerbsfähigkeit der Schweizer Landwirtschaft ist höher als bei Szenario 1 (BLW 2010).

**Szenario 3: Permanente Instabilität:** Bei einer permanenten Instabilität der internationalen Märkte durch Krisen und Katastrophen müssen Massnahmen im Bereich der Versorgungssicherheit im Vergleich zu Szenario 2 nochmals verstärkt werden. Durch Verknappung und Erhöhung der Preise für Rohstoffe, Produktionsmittel und Ressourcen ist die Importabhängigkeit zu reduzieren. Der Grenzschutz würde reduziert werden, um die Konsumentenpreise nicht zu belasten. Für die Bereiche natürliche Lebensgrundlagen, Landschaft und Tierwohl würden geringere finanzielle Mittel verfügbar sein (BLW 2010).

#### 7.4 Branchenentwicklung der Bio-Produktion

Einen wichtigen Anteil am Schweizer Markt für landwirtschaftliche Produkte hat der Bio-Sektor. In 160 Ländern, auf einer Fläche von 37 Mio. ha, wurde 2010 zertifizierter, biologischer Landbau betrieben. Führende Länder im biologischen Anbau sind Australien (12 Mio. ha, 2009), Argentinien (4.2 Mio. ha,

2009) und die USA (19 Mio. ha, 2008) (FiBL and IFOAM 2012). In der Schweiz werden ca. 11.6% (121'788 ha) der landwirtschaftlichen Nutzfläche biologisch bewirtschaftet (BFS 2012). 11.3% aller Landwirtschaftsbetriebe in der Schweiz sind Biobetriebe (BioSuisse 2013). Mit einem Pro-Kopf-Konsum von ca. 230 CHF gehört die Schweizer Bevölkerung zu den führenden Konsumenten von biologisch angebauten Produkten weltweit (FiBL and IFOAM 2012, BioSuisse 2013). Auch 2012 wurden ein Wachstum von 5.3% und ein Gesamtumsatz von 1.8 Mia. CHF im Schweizer Detailhandel verzeichnet. Schon jetzt kann der Bedarf von Bioprodukten, basierend auf Ackerkulturen, nicht mehr durch inländische Produktion gedeckt werden (BLW 2012). Der Anteil der biologischen Produktion an der landwirtschaftlichen Nutzfläche der Schweiz steigt kontinuierlich an und erreichte im Jahr 2012 ca. 12% (BLW 2013).

## **7.5 Schlussfolgerung für die Pflanzenzüchtung**

Die Notwendigkeit einer gesteigerten Produktion auf nur marginal zunehmender landwirtschaftlicher Fläche erfordert global eine nachhaltige Produktionssteigerung (The Royal Society 2009, Nature 2010, Noleppa and von Witzke 2013). Dabei wird die Pflanzenzüchtung eine grundlegende Rolle spielen. Auch die Ansprüche an die Schweizer Landwirtschaft sind gross: Neben einer effizienten, ökologischen Produktion von qualitativ hochwertigen Produkten rückt auch die Versorgungssicherheit in den Fokus. Importe von Nahrungs-, Dünge- und Futtermitteln sind je nach Entwicklung der Weltwirtschaft Preisschwankungen unterworfen. Vor allem die Nahrungsmittelpreise dürften sich verteuern (Nelson, Rosegrant et al. 2010). Je nach Szenario ist es von Interesse, die Abhängigkeit und Menge dieser Importgüter zu reduzieren (BLW 2010). Auch hierbei können nährstoffeffiziente Sorten einen Beitrag leisten. Seitens der Exporte dürfte für die Schweiz der steigende Konsum von Milch- und Fleischprodukten interessant sein (Alexandratos and Bruinsma 2012).

## 8 Konsum und Kaufkraft

Die beiden wichtigsten den Konsum beeinflussenden Faktoren sind die Bevölkerungsgrösse sowie das Einkommen der Konsumenten. Bedingt durch das Wachstum der Bevölkerung, ist mit der Erhöhung des Pro-Kopf-Konsums insgesamt und einer Zunahme des Fleischkonsums (Nachfrage +1.1% pro Jahr) in der ersten Hälfte des 21. Jahrhunderts zu rechnen (Alexandratos and Bruinsma 2012). Die Zunahme des Konsums an Getreide, Knollen, Zucker, Pflanzenölen, Fleisch und Milch von bis zu 20 kg pro Person und Jahr wird dabei vielmehr durch eine Steigerung in den Entwicklungsländern als in den Industrieländern vorangetrieben (Alexandratos and Bruinsma 2012).

Trotz sinkender Wachstumsraten in Bezug auf den Bevölkerungszuwachs wird auch die Schweizer Wohnbevölkerung von heute 7.8 auf 8.6 Mio. ansteigen (BFS). Dem prognostizierten weltweiten Trend folgend, wird auch die Schweizer Wirtschaft bis mindestens 2025 zunehmen (BLW 2012). Bei steigender Kaufkraft wird jedoch der Anteil, welcher für Lebensmittel aufgewendet wird, geringer. Der Konsument wird zukünftig vermehrt Wert auf vielfältige und qualitativ hochwertige Nahrungsmittel legen.

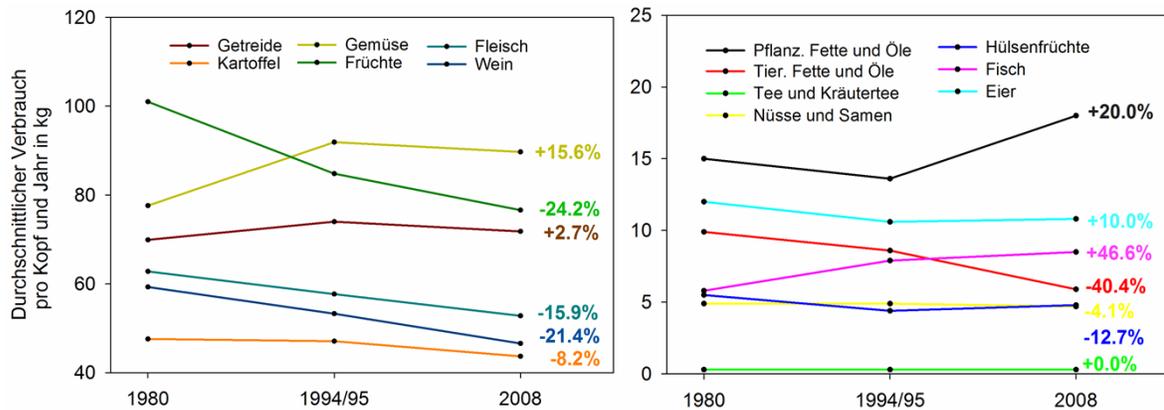
### 8.1 Entwicklung der Kaufkraft in der Schweiz

Die Kaufkraft gibt an, welche Dienstleistungen in Anspruch genommen bzw. welche Güter mit einem bestimmten Einkommen gekauft werden können (ICONOMIX 2013). Laut internationalem Lohnvergleich stiegen die Bruttolöhne seit 2009 weltweit an. Gleich zwei Schweizer Städte (Zürich und Genf) befinden sich auf den ersten beiden Rängen, gefolgt von Luxemburg, und widerspiegeln das hohe Lohnniveau der Schweiz (UBS 2012). Trotz der hohen Löhne zeigt der Europäische Vergleich der Kaufkraft aufgrund des gleichzeitig hohen Preisniveaus von Konsumgütern (+15% bis 50%) nur eine Positionierung auf dem sechsten Rang (Schöchli 2012). Trotz der steigenden Preise für Dienstleistungen und Produkte hat die Kaufkraft der Schweizer Bevölkerung in den letzten 100 Jahren stetig zugenommen. Lag der Anteil der Haushaltsausgaben für Nahrungsmittel 1921 noch bei 38.8%, beträgt er heute nur noch 6.8% (ICONOMIX 2013).

Für die Zukunft weisen Prognosen auf eine weitere Steigerung der Kaufkraft in der Schweiz hin. Betrachten wir die drei vom BLW berücksichtigten und diskutierten Zukunftsszenarien („Bewältigbare Knappheit“, „Permanente Instabilität“ und „kontinuierliches Wachstum“, siehe Kapitel 6), dann geht man auch in der Zukunft nicht von einem Rückgang der Kaufkraft der Konsumenten in der Schweiz aus (BLW 2012). Sie wird weiterhin steigen (Szenario 1 und 2) bzw. stagnieren (Szenario 3).

### 8.2 Konsumverhalten

Untersuchungen zum Konsum der Schweizer Bevölkerung haben gezeigt, dass sich die Gesamtmenge an verzehrten Lebensmitteln in den letzten 30 Jahren wenig verändert hat. Betrachtet man jedoch einzelne Lebensmittelgruppen und den durchschnittlichen Verbrauch pro Kopf und Jahr sind durchaus Veränderungen im Konsumverhalten aufgetreten (Abb. 18).



**Abbildung 18** : Veränderungen des durchschnittlichen Verbrauches unterschiedlicher Lebensmittelgruppen zwischen 1980 und 2008 in der Schweiz. Angaben in kg pro Kopf und Jahr, inklusive prozentualer Veränderung. (Datenquelle: BAG (2012)).

Getreide als Grundnahrungsmittel spielt bei konstantem Konsum nach wie vor eine wichtige Rolle als Ernährungsgrundlage, wobei es auf der Basis der verwertbaren Nahrungsmittelenergie sogar die wichtigste Nahrungsmittelgruppe vor Gemüse bildet (SBV 2012). Der Konsum von Gemüse hat in den letzten 30 Jahren zugenommen (+15.6%). Insbesondere der Konsum von Pilzen (+30.0%), importierten Gemüsekonserven (+30.7%), Fruchtgemüse (+26.5%), Blattstiel- und Blattgemüse, Salaten (+20.7%), Zwiebel- (18.2%) und Kohlgewächsen (13.5%) ist bis heute deutlich gestiegen, während der Konsum von Wurzel- und Knollengewächsen um 23.5% abgenommen hat. Der reduzierte Konsum von Früchten betrifft vor allem lokal angebaute Früchte wie z.B. Äpfel (-45.5%), Birnen (-51.5%) und Kirschen (-87.0%). Der Verzehr von im Ausland produzierten Früchten wie z.B. Bananen (+5.7%) und Ananas (+57.1%) hat hingegen zugenommen (BAG 2012). Der Anstieg des Verbrauches an Ölen und Fetten ist hauptsächlich auf einen erhöhten Konsum der Öle und Fette pflanzlichen Ursprungs zurückzuführen, während der Konsum tierischer Fette stetig abgenommen hat. Gründe für diesen Trend können zum einen die gesundheitlichen Vorteile von pflanzlichen, ungesättigten Fettsäuren in der Humanernährung sein (siehe Fallbeispiel Raps in Kapitel 1). Zum anderen sind pflanzliche Fette eine günstigere Alternative mit gleicher Qualität im Bereich der industriellen Lebensmittelproduktion (z.B. Geschmack, Haltbarkeit, Vielfältigkeit der Anwendung, Schmelzpunkt, etc.).

### 8.3 Lebensmittelproduktion und Selbstversorgungsgrad

Der Grad der Selbstversorgung der Schweiz liegt zwischen 50 und 60% (BLW 2012). Nach verschiedenen aktuellen politischen Vorstößen besteht der Wunsch, ihn noch weiter zu erhöhen. Der Grad der Selbstversorgung ist sehr stark vom jeweiligen Produkt abhängig. Während die inländische Käse- und Milchproduktion eine flächendeckende Versorgung und sogar zusätzlichen Export ermöglichen, kann der Bedarf an Gemüsen, Früchten, Eiern, Öl und anderen Lebensmitteln sowie Rohstoffen nicht gedeckt werden. Bei der Versorgung mit Fisch ist die Schweiz fast gänzlich von ausländischen Märkten abhängig, kann den Bedarf an Fleisch jedoch zu 94% selbst decken (2010). Obwohl die Schweiz über eine starke Futtermittelproduktion im Inland verfügt, wird die Abhängigkeit von Futtergetreide und Hülsenfrüchten zukünftig weiter steigen (SBV 2012).

Obwohl zwischen 2000 und 2010 eine Zunahme des Verbrauchs (Energieäquivalente) bei fast allen pflanzlichen Lebensmittelgruppen zu verzeichnen war, schlug sich dieser Effekt nicht in der inländischen Produktion nieder, wodurch deren Anteil abgenommen hat (SBV 2012). Der Anteil der Nah-

rungsmittelgruppe am Gesamtverbrauch (Energieäquivalente) wird in Prozent angegeben. Die Inlandproduktion (Energieäquivalente) im Bereich Getreide hat um 1% abgenommen. Die der pflanzlichen Fette und Öle zeigte keine Veränderung. Verglichen mit dem Jahr 2000 stammen heute 26% der Energieäquivalente der konsumierten Früchte nicht mehr aus dem Inland (SBV 2012). Im Vergleich dazu hat die inländische Produktion (Energieäquivalente) der konsumierten, tierischen Lebensmittel von 2000 bis 2010 im Durchschnitt um 3% zugenommen. Die inländische Produktion von Fleisch und Milchprodukten stieg um 3 bzw. 6%, wohingegen keine Veränderung der inländischen Eier-, Fisch- und Meeresfrüchteleproduktion zu verzeichnen war. Die grösste Abnahme fand bei der inländischen Produktion von tierischen Fetten statt (-51%, 2000-2010) (SBV 2012).

## **8.4 Was ist dem Schweizer Konsumenten wichtig**

Die Vorstellungen der Kriterien des Konsumenten bezüglich seiner Lebensmittel sind wahrscheinlich so vielfältig wie die Konsumenten selbst. Neben der Herkunft, der finanziellen Voraussetzung, Bildung und Alter, spielen auch persönliche Wertschätzung bzw. Wertschöpfung eines jeden einzelnen eine Rolle in der Bewertung des Konsums von Lebensmitteln (SBV 2012). Die drei wichtigsten Kriterien beim Kauf von Lebensmitteln sind der Preis, die Herkunft und die Qualität, welche je nach Produkt unterschiedlich gewichtet werden (SBV 2012). Ein wesentlicher Aspekt beim Kauf von Nahrungsmitteln ist darüber hinaus die Haltbarkeit des Produktes. Auch der Geschmack spielt eine nicht unwesentliche Rolle bei der Produktwahl und übertrifft nicht selten den Gesundheitsaspekt (SGE 2012). Der Geschmack wird in der Züchtung heute wieder stärker berücksichtigt, um den Anforderungen des Kunden gerecht zu werden, z.B. bei Tomaten<sup>176</sup>.

### **8.4.1 Vertrauen und Preise**

Betrachtet man die Verbraucherstimmung in Deutschland, Österreich und der Schweiz im Allgemeinen, so liegt diese trotz schwacher Konjunktur, verlangsamer Produktionsleistung Asiens oder auch der Schuldenkrise in Europa auf einem relativ hohen Niveau und über dem europäischen Durchschnitt. Während in allen drei Ländern zunehmendes Vertrauen des Konsumenten zu verzeichnen sind, ist es vor allem der Schweizer Konsument, der das grösste Vertrauen in die dort produzierten und von ihm konsumierten Produkte zeigt (The Nielson Company 2010, The Nielson Company 2011).

Die Lebensmittelpreise sind ein wichtiger Faktor im Haushaltsbudget. Während die Sorge um etwaige Wirtschaftskrisen weniger prominent wird, zeigte sich, dass die Sorge um steigende Lebensmittel-, Treibstoff- und auch Betriebskosten (Strom, Gas, etc.) weltweit zunimmt, insbesondere im Asiatischen und im Pazifikraum (The Nielson Company 2011). Studien haben gezeigt, dass der Konsument von heute vermehrt kritisch mit dem Lebensmittelangebot und den Produktpreisen umgeht. Preissenkungen tragen nicht zwangsläufig zum Vertrauen oder der Zufriedenheit des Konsumenten bei. Zum einen lassen die Preissenkungen trotz steigender Energie- und Rohstoffpreise in den letzten Jahren vermuten, dass schlussendlich Lebensmittel von geringerer Qualität produziert und angeboten werden. Zum anderen wird aber auch vermutet, dass höhere Lebensmittelpreise nicht zwangsläufig einen Mehrwert für den Kunden bedeuten, sondern vielmehr die Gewinnspanne des Produzenten oder Händlers erweitern sollen (Hauser 2012). Das Preis-Leistungs-Verhältnis muss deshalb für den Konsumenten angemessen und nachvollziehbar sein. Nur dann ist er bereit, einen entsprechenden Preis für ein Produkt zu zahlen. Trotz der im Vergleich zum Europäischen Ausland hohen Produzenten- und Konsu-

<sup>176</sup> <http://online.wsj.com/article/SB10000872396390443507204578020282552652210.html> (Zugriff am 25.11.2013)

mentenpreise von +40 bis 50% ist der Konsument bereit diese Kosten zu tragen, sofern die Qualität hochwertig ist und den Wünschen des Konsumenten entspricht (BLW 2012).

Nachhaltiger Konsum beinhaltet auch die Vermarktung und Nutzung regionaler Produkte. Ressourcen, z.B. Treibstoff, und lange Transportwege können so eingespart werden. Schon jetzt haben Schweizer Produkte einen hohen Stellenwert bei den hiesigen Konsumenten. In einer Umfrage gaben mehr als die Hälfte der Befragten an, dass sie bereit wären, einen höheren Preis für Schweizer Produkte oder andere qualitativ hochwertige Produkte zu bezahlen. Die meisten würden einen Aufpreis von bis zu 20% für ein entsprechendes Produkt tolerieren (Abele and Imhof 2009).

#### **8.4.2 Konsumenten und die Wertschöpfungskette**

Die Konsumenten haben durch den Verbrauch von Konsumgütern einen direkten Einfluss auf die Lebensmittelproduktion und die Produktionssysteme welche im In- und Ausland angesiedelt sind. Diese wiederum können somit durch gezielte Strategien bzw. Anforderungen durch den Konsumenten beeinflusst und auch nachhaltig verändert werden (BLW 2012).

Neben der Herkunft ‚regional‘ und den Anbaubedingungen ‚Bio‘ bzw. einer ökologisch ausgerichteten Landwirtschaft, rücken auch immer mehr globale Aspekte der Wertschöpfungskette, z.B. die Arbeitsbedingungen der Angestellten unter dem Siegel ‚Fair Trade‘, in den Fokus der Konsumenten (BLW 2012, Hauser 2012). So hat etwa der Umsatz von fair gehandelten Produkten des Labels Max Havelaar von 84 Mio. CHF (2001) auf 375 Mio. CHF (2012) zugenommen (Max Havelaar-Stiftung 2001, Max Havelaar-Stiftung 2012). Die bewusste Wahrnehmung der Wertschöpfungskette beim Konsumenten ist jedoch stark vom Produkt und dessen Verarbeitungsgrad abhängig. So wird beim Ei sehr stark auf die Herkunft geachtet, während diese Sensibilität bei verarbeiteten Produkten (z.B. Nudeln) stark zurück geht (SBV 2012).

#### **8.4.3 Konsumenten und die Gesundheit**

Neben einer umweltbewussten, wirtschaftlichen und sozialen Nachhaltigkeit spielt auch die Gesundheit beim Konsum von Lebensmitteln eine wichtige Rolle. Hier stellt sich dem Konsumenten nicht nur die Frage nach der Herkunft, Produktion und Zusammensetzung gesunder Lebensmittel. Auch die Art und Weise des Verzehrs soll einer gesunden Ernährungsweise entgegenkommen und gleichzeitig gut in den Tagesablauf integrierbar sein (Hauser 2012). Die Beliebtheit von industriellen und frischen Fertiggerichten, Light-Produkten sowie funktionellen Lebensmitteln (‚Functional Food‘, mit zusätzlichen Inhaltsstoffen angereicht) hat in der Schweiz und Deutschland bis in die 90er Jahre stark zugenommen (Hauser 2012). Zumindest für die industriell hergestellten Fertiggerichte zeichnet sich aber seitdem der Trend ab, dass diese immer weniger Bestandteil einer gesunden Esskultur sein werden. Insbesondere für die schnelle Nahrungsaufnahme, z.B. für unterwegs, bilden ‚Fertiggerichte‘ auf Grundlage frischer Rohstoffe und zeitnahe Produktion einen wichtigen Produktkreis. Gesunde und ‚fast‘ frische Gerichte sollen möglichst effizient in den Tagesablauf eingliedert werden können. Durch das BLW angenommene Konsumtrends gehen davon aus, dass der Ausserhauskonsum und die Versorgung mit Fertigprodukten jeglicher Art zunehmen oder zumindest stagnieren werden (Hauser 2012).

### **8.5 Der zukünftige Konsum von Lebensmitteln in der Schweiz**

Der auch zukünftig hohe finanzielle Wohlstand der Schweizer Bevölkerung wird neben steigendem Kalorienkonsum und Nahrungsmittelbedarf auch eine zunehmende Nachfrage nach Futtermitteln und pflanzlichen Rohstoffen zur Folge haben. Der hohe Pro-Kopf-Konsum von Fleisch- und Milchprodukten wird weiterhin durch den Einsatz leistungsstarker Rassen gewährleistet werden, deren Energiebe-

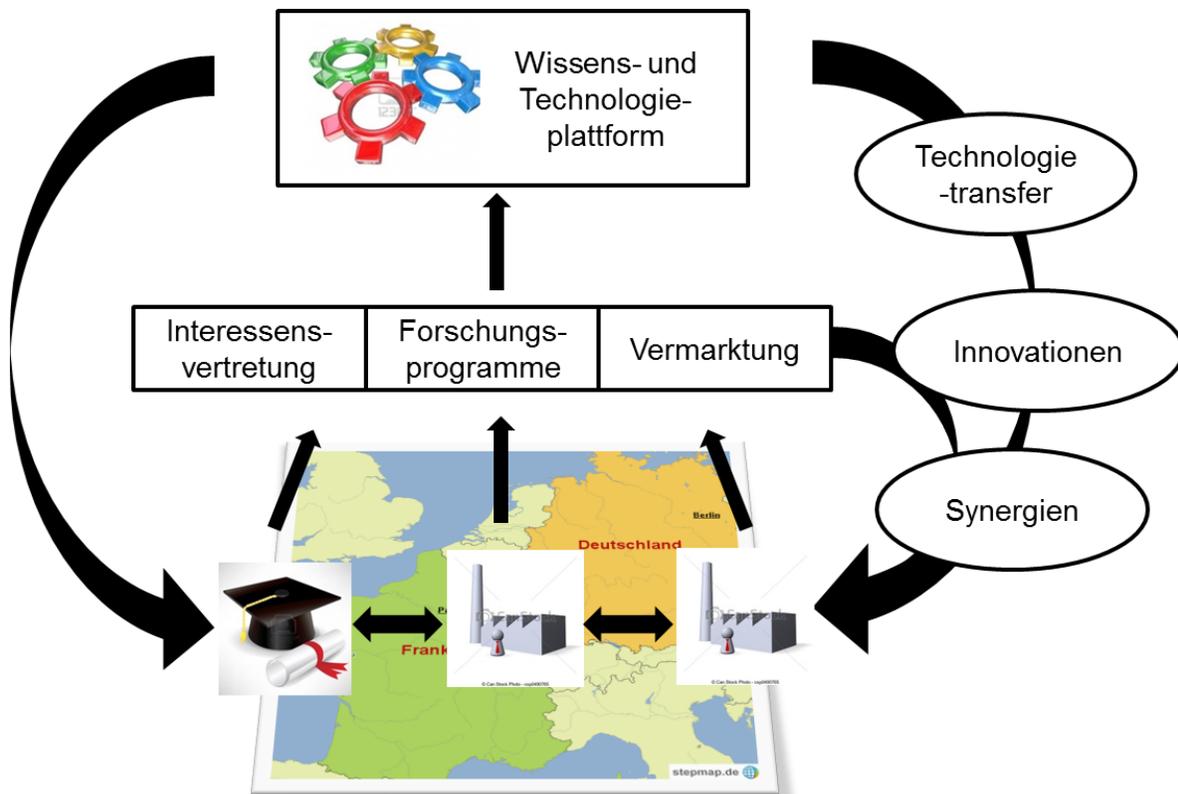
darf mit hochwertigen, proteinhaltigen Futtermitteln gedeckt werden muss. Die Züchtung sowie der Pflanzenbau werden alternative Kulturen, wie z.B. Soja, zukünftig stärker in Betracht ziehen, um den inländischen Protein- und Futtermittelbedarf wieder vermehrt durch die eigene Produktion abdecken zu können. Der Konsum von Getreide wird auch in Zukunft relativ konstant bleiben. Die Ansprüche an eine hohe Qualität und eine bedarfsgerechte Eignung in der verarbeitenden Industrie werden wichtige Anforderungen sein, die Züchter und Pflanzenbauer zu berücksichtigen haben. Im Bereich Gemüse wird neben hochstehender Qualität auch eine gewisse Vielfalt erwartet werden.

Um dem Anstieg der Bevölkerung und der Erhaltung des Selbstversorgungsgrades gerecht zu werden, müssen nachhaltige Produktions-, aber auch Konsumverhaltensmuster entwickelt werden. Dies erfordert die aktive und konsumbewusste Beteiligung der Bevölkerung. Für eine Änderung des Konsumverhaltens ist es wichtig, dass der Konsument die wirtschaftlichen, sozialen und ökologischen Auswirkungen des eigenen Konsums kennt bzw. einschätzen kann. Nur sofern der Konsument in der Lage ist, die Wertschöpfung eines Produktes zu verstehen, kann er einen Beitrag zu deren Verbesserung leisten und ist auch von sich aus bereit, Mehrkosten zu tragen.

## 9 Kooperationsmodelle in der Züchtung

Kooperationsmodelle in der Pflanzenzüchtung in Form von mutualistischer Arbeitsteilung zwischen staatlichen und privaten Akteuren einerseits und internationaler Arbeitsteilung andererseits, tragen massgeblich dazu bei, Innovation, Fortschritt und Erfolg in der Züchtung langfristig sicherzustellen. Sie sind deshalb zentrale Elemente zur Sicherung der Ernährungsgrundlage einer wachsenden Weltbevölkerung. Aus diesem Grund soll im Folgenden dargestellt werden, welche Arten von Kooperationsmodellen im internationalen Umfeld existieren, welche Rolle den einzelnen Akteuren zukommt und in welcher Form diese von Kooperationen profitieren können.

Die organisatorische Form von Kooperationen ist sehr vielfältig und reicht von Projekten zwischen privatwirtschaftlichen Unternehmen (privat-privat) oder Forschungseinrichtungen (öffentlich-öffentlich) bis hin zu komplexen internationalen Gebilden mit zahlreichen Beteiligten aus Züchtungsunternehmen, Forschungseinrichtung und anderen Projektpartnern, deren ‚Know-how‘ gebündelt und optimal eingesetzt wird. Inhaltliche Ziele von Kooperationsmodellen sind hauptsächlich die Förderung von Forschung und Innovationen in der Pflanzenzüchtung, Transfer von Technologie und ‚Know-how‘ von den Grundlagenwissenschaften in die angewandte Züchtung, Nutzung von Synergien und der Schaffung von Bildungs- und Wissensplattformen (Abb. 19). Es ist festzustellen, dass es vor allem kleinere und mittlere Unternehmen sind, welche durch geeignete Kooperationen ihre Wettbewerbsfähigkeit gegenüber den Schlüsselakteuren auf dem Markt stärken können.



**Abbildung 19:** Schematische Darstellung von Form und Inhalt erfolgreicher Kooperationsmodelle in der Pflanzenzüchtung.

## 9.1 Forschungsprogramme

Die wohl grundlegendste Kooperation bildet der Zusammenschluss von öffentlichen und privaten Institutionen zur Förderung von Forschung im Bereich der Pflanzenzüchtung. Diese Form der Zusammenarbeit entstand aus der zunehmenden Kommerzialisierung der Landwirtschaft und der Privatisierung der dazugehörigen Forschung. Heute bildet sie ein wichtiges Modell zur Teilfinanzierung öffentlicher Forschung, Technologietransfer und Methodenentwicklung. Sie findet auf nationaler und internationaler Ebene statt (van Elsen, Ayerdi Gotor et al. 2013).

In Deutschland konzentriert sich die öffentlich-private Züchtungsforschung in den ‚GABI‘-Initiativen und nun in den ‚PLANT 2030‘ Projekten. In Frankreich war in den letzten 10 Jahren das ‚GENOPLANTE‘-Programm die wichtigste Schnittstelle zwischen staatlicher Grundlagenforschung, Biotechnologie und privater Züchtung<sup>177</sup>. Es gab auch gemeinsame ‚GABI‘ - ‚GENOPLANTE‘ Projekte. ‚GENOPLANTE‘ wird neu durch die ‚GIS BV‘-Plattform ersetzt<sup>178</sup>. ‚AMAIZING‘ und ‚BREEDWHEAT‘ gehören zu den GIS-Projekten. Dies sind öffentlich-private Projekte, welche 24, respektive 26 Partner aus mehreren öffentlichen Forschungsstationen, privaten Unternehmen und einigen technischen Instituten vereinen<sup>179</sup>. In einem öffentlich-privaten Projekt des ‚FSOV‘ kooperieren Institutionen wie die CETAC (Caussade Semences, Ets Lemaire Deffontaines, Sarl Adrien Momont et fils, Saaten Union Recherche, Secobra Recherches) und das NIAB für die Leistungsstabilität von Hybridweizen<sup>180</sup>.

## 9.2 Innovations- und Technologieplattformen

Die ‚PLANT-KBBE‘-Förderinitiative ‚Lebens- und Futtermittel: Nutzpflanzenenerträge und Lebensmittelsicherheit im Kontext des Klimawandels‘ soll weitere transnationale Forschungsprojekte zwischen Deutschland, Frankreich, Portugal und Spanien initiieren. Zudem sollen bereits bestehende Kooperationen zwischen Wirtschaft und Wissenschaft vertieft und weiterentwickelt werden (BMBF 2012). Ein Beispiel hierfür ist das ‚RNAguard‘-Konsortium. Es besteht aus dem IPK Gatersleben, Martin-Luther-University Halle-Wittenberg, KWS Saat AG, INRA Rennes/Ploudaniel, INRA, Bayer CropScience und der University of Cordoba. Die vom IPK Gatersleben und Bayer CropScience patentierte Innovation ‚host-induced gene silencing‘ erforscht neue Abwehrmöglichkeiten von Pflanzen gegen diverse Pilze und Oomyceten. Das Projekt wird hauptsächlich durch PLANT-KBBE finanziert (WheatInitiative 2012).

Des Weiteren hat z.B. der Bioökonomierat in Deutschland die Schaffung von Technologieplattformen für Genomforschung, Phänotypisierung und zur Integration hochdimensionaler Daten sowie die Bildung von Kompetenzzentren angeregt (BioÖkonomieRat 2010).

Auch die Zusammenarbeit zwischen Tier- und Pflanzenzucht ist möglich: ‚Synbreed‘ ist ein Innovationscluster, welches Wissen in der Genetik und neue Technologien in der Tier- und Pflanzenzucht entwickelt. Initiiert wurde das Netzwerk vom BMBF<sup>181</sup> und es wird von der Technischen Universität München geleitet<sup>182</sup>.

---

<sup>177</sup> <http://www.genoplante.com/> (Zugriff am 1.11.2013)

<sup>178</sup> <http://gisbiotechnologiesvertes.com/en/> (Zugriff am 3.12.2013)

<sup>179</sup> <http://breedwheat.fr/> und <http://amaizing.fr/> (Zugriff am 3.12.2013)

<sup>180</sup> <http://www.fsov.org/utilisation-selection-bles-synthetiques.html> (Zugriff am 1.11.2013)

<sup>181</sup> <http://www.synbreed.tum.de/> (Zugriff am 1.11.2013)

<sup>182</sup> <http://www.synbreed.tum.de/> (Zugriff am 1.11.2013)

### 9.3 Wissens- und Technologietransfer

So wichtig wie die Forschung und Technologieentwicklung selbst, ist der Transfer von Wissen und Technologie inter- und transdisziplinär zwischen verschiedenen Kooperationspartnern. Dies ist ein wichtiger Beitrag, um die erlangten Kenntnisse in die praktische Anwendung einfließen zu lassen und weitere Fortschritte zu erzielen. Die britische Regierung investiert ca. 60 Mio. Pfund für eine Plattform zur Unterstützung von praxisnahen Innovationen und Spin-off Projekten (HM Government UK 2013). Dabei soll qualitativ hochwertige Forschung in praktischer Anwendung und ökonomischem Nutzen resultieren. So will man die Lücke zwischen Industrie und Forschung schliessen und die Zusammenarbeit fördern (The Plant Innovation 2009, HM Government UK 2013). Auch in Deutschland laufen diesbezüglich Anstrengungen. Projekte, welche die Auswirkungen unterschiedlicher pflanzenzüchterischer Innovationen in verschiedenen Anbausystemen untersuchen, werden z.B. durch die IPAS-Förderinitiative unterstützt<sup>183</sup>. Einen anderen Weg geht die Michigan State University, welche seit 1980 ein Bohnenzüchtungsprogramm betreibt. Durch Nutzbarmachung von Technologie in der Züchtung, wie z.B. über das ‚BeanCAP-Projekt‘<sup>184</sup>, wurde kalkuliert, dass die Investition in 0.7 bis 2.2-fachen Profit mündet (Maredia, Bernsten et al. 2010).

### 9.4 Nutzung von Synergien durch Kooperationen

#### 9.4.1 Nutzung von Synergien durch den Austausch von Zuchtmaterial

Die Zusammenarbeit von privaten Unternehmen mit Universitäten und anderen öffentlichen Institutionen beinhaltet auch die Sammlung, Beschreibung, Austausch und die Konservierung von genetischen Ressourcen für die Züchtung<sup>185,186</sup>. Ein eindrückliches Beispiel hierfür ist die skandinavische Kooperation ‚Nordic Genetic Resource Center‘ (NordGen). Im Jahre 2010 identifizierten die skandinavischen Länder nach einer Analyse ihrer Pflanzenzüchtung eine ungenügende Berücksichtigung von Pre-breeding (Nilsson and von Bothmer). Wie in der Schweiz existierten in Skandinavien zu diesem Zeitpunkt keine öffentlich-privaten Forschungsprogramme zur Unterstützung der Züchtung. Im NordGen-Konsortium soll nun mit einer umfangreichen öffentlich-privaten Kooperation (4 Universitäten, 9 Unternehmen, skandinavische Agrarministerien) die Entwicklung von Pflanzenmaterial, welches an nördliches Klima angepasst ist, unterstützt werden (Rasmussen). In einer ersten Phase (2011-2013) wurden Projekte für Gerste, Apfel und Raigras initiiert. Dafür stehen 1.28 Mio. CHF (8 Mio. Dänische Kronen zu 50% privat finanziert) zur Verfügung. Eine Plattform für die Früchte- und Beerenzüchtung soll aufgebaut werden. Als erstes Projekt werden Apfelkrankheiten mittels phäno- und genotypischer

Evaluierungen untersucht. Bei der Gerste stehen die Verbesserung der Krankheitsresistenz und die Entwicklung von molekularen Markern im Zentrum des Interesses. In Raigras ist das Ziel, die genetische Diversität in bestehenden Zuchtprogrammen zu erweitern. Zu diesem Zweck wird Zuchtmaterial und verschiedene Akzessionen von Genbanken phänotypisiert, mit genetischen Markern assoziiert und unter den Kooperationspartnern ausgetauscht (Rasmussen 2013).

#### 9.4.2 Nutzung von Synergien durch gemeinsame Biotechnologielabors

Durch das Auslagern der Entwicklung und Anwendung von molekularen Markern und anderen biotechnologischen Verfahren an spezialisierte Unternehmen, können oftmals direkte Synergien zwi-

<sup>183</sup> <http://www.bmbf.de/foerderungen/20210.php> (Zugriff am 10.10.2013)

<sup>184</sup> <http://www.beancap.org/> (Zugriff am 4.12.2013)

<sup>185</sup> <http://www.cropscience.bayer.com/en/Magazine/Creating-Tomorrows-Commitment/Creating-Tomorrows-Wheat-Part-2.aspx> (Zugriff am 29.10.2013)

<sup>186</sup> <http://www.monsanto.com/products/Pages/wheat.aspx> (Zugriff am 29.10.2013)

schen Kooperationspartnern genutzt werden. Aktivitäten wie z.B. Identifikation von QTL und Genen<sup>187</sup>, Produktion von Doppelhaploiden<sup>188</sup> oder Kreierung von Kreuzungen<sup>189</sup> können als Service- Aufträge an spezialisierte Unternehmen, welche oftmals den Züchtungsunternehmen angegliedert sind, abgegeben werden. Im Folgenden werden einige Beispiele für die Nutzung von direkten Synergien in der Pflanzenzüchtung vorgestellt:

Die Saaten Union GmbH wurde 1984 von sieben mittelständischen deutschen Pflanzenzüchtungsunternehmen gegründet, um ein gemeinsames Resistenzlabor zu betreiben. 2009 wurde dieses in die Saaten Union Biotec GmbH umbenannt und bietet heute Service in molekularer Genetik und Gewebekulturen. Die Saaten Union GmbH vertreibt die Sorten ihrer Gesellschafter und bietet nach eigenen Angaben ein Vollsortiment<sup>190</sup>.

Das israelische Unternehmen Evogene identifiziert in Zusammenarbeit mit Bayer CropScience Genregionen, die auf externen Stress reagieren. Die australische ‚Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization‘ (CSIRO) ist bei Bayer CropScience für die Stickstoff- und Phosphoreffizienz verantwortlich<sup>191</sup>.

Holländische Unternehmen in der Gemüsezüchtung, darunter Enza Zaden und Rijk Zwaan, haben 1989 das Unternehmen Keygene gegründet, um Aktivitäten im Bereich der molekularen Genetik auszuführen<sup>192</sup>.

### 9.4.3 ***Nutzung von Synergien durch gemeinsame Vermarktung***

Kooperationen zur gemeinsamen Sortenvermarktung sind meistens international und tangieren häufig auch die Schweiz. Beispielsweise vermarktet in der Schweiz die Varicom im Rahmen einer Vereinbarung mit dem BLW die Apfel-, Birnen- und Aprikosensorten von Agroscope. International wird die Vermarktung durch deutsche (Artevos), französische (Mondial Fruit Selection) und italienische Kooperationspartner (Konsortium Südtiroler Baumschulen) gewährleistet<sup>193</sup>.

In Deutschland wurde die Rapool 1974 als Gemeinschaft der mittelständischen Pflanzenzüchtern NPZ, Deutsche Saatveredelung AG (DSV) und Gebrüder Dippe (ab 1978 mit W. von Borries-Eckendorf GmbH & Co. KG) gegründet. Ziel ist die Entwicklung und gemeinsame Vermarktung von Rapsybridsorten in allen Qualitätssegmenten des Marktes<sup>194</sup>.

Clubsysteme und Interessensgemeinschaften im heutigen Apfelanbau- und Verkauf werden genutzt, um bestimmte Sorten mittels Markennamen und einer exklusiven Strategie zu vermarkten. Jeder Schritt der Wertschöpfungskette, von der Züchtung bis zum Verkauf, wird durch den Sortenclub geregelt. Über Vertragsproduktionen und Lizenzverträge werden Markenname und -sorte geschützt. Durch

---

<sup>187</sup> <http://www.keygene.com/products-tech/> (Zugriff am 29.10.2013)

<sup>188</sup> <http://www.saaten-union.de/index.cfm/nav/496/article/952.html> (Zugriff am 29.10.2013)

<sup>189</sup> <http://europlant.biz/kompetenz/> (Zugriff am 29.10.2013)

<sup>190</sup> <http://www.saaten-union.de/index.cfm/action/wueu/nav/46.html> (Zugriff am 1.11.2013)

<sup>191</sup> <http://www.cropscience.bayer.com/en/Magazine/Creating-Tomorrows-Commitment/Creating-Tomorrows-Wheat-Part-2.aspx> (Zugriff am 29.10.2013)

<sup>192</sup> <http://www.keygene.com/about-us/> (Zugriff am 1.11.2013)

<sup>193</sup> <http://www.varicom.ch/cms/index.php?kat=24> (Zugriff am 13.12.2013)

<sup>194</sup> <http://www.rapool.de/> (Zugriff am 1.11.2013)

diesen Schutz können Züchtungsprogramme finanziert und erhalten werden<sup>195</sup>. Produzenten und Händler haben in Holland mit staatlicher Unterstützung die Firma Inova Fruit gegründet. Diese hat in einem ersten Schritt Konsumpräferenzen analysiert, in einem zweiten Schritt geeignete Sorten getestet und drittens vier Sorten ausgewählt, welche konsequent über das Clubsystem angebaut werden (Helfenstein 2005). Das Clubsystem ist ein relativ neues Kooperationsmodell, das durch Mengensteuerung und Qualitätssicherung eine langfristige, wirtschaftliche Apfelproduktion zu angemessenen Preisen ermöglichen soll.

## 9.5 Wissens- und Bildungsplattformen

Zur Bildung von Interessens- und Wissensplattformen, haben sich die Pflanzenzuchtunternehmen in Deutschland im Umfeld des BDP zu weiteren Verbänden zusammengeschlossen. Die Gemeinschaft zur Förderung der privaten deutschen Pflanzenzüchtung e. V. (GFP) übernimmt eine Schlüsselfunktion in der deutschen Pflanzenzüchtung: Sie ist verantwortlich für die Organisation und Koordination nationaler und europäischer Forschungsprojekte im vorwettbewerblichen Raum. Sie vertritt ebenfalls die Interessen der Pflanzenzüchter auf nationaler und europäischer Ebene (GFP 2011). Die Gesellschaft für Pflanzenzüchtung e.V. (GPZ) ist eine wissenschaftliche Fachgesellschaft mit über 800 Mitgliedern. Alle zwei Jahre wird ein wissenschaftlicher Fachkongress zu aktuellen pflanzenzüchterischen Themen organisiert. Dazwischen finden Tagungen und Workshops statt, die spezifische Fragen in Bereichen wie Biometrie, Genomanalyse, Resistenzzüchtung oder Geschichte der Pflanzenzüchtung bearbeiten<sup>196</sup>.

## 9.6 Partizipative Züchtung

Eine spezielle Form von Kooperation zwischen Lokalpartnern entlang der Wertschöpfungskette landwirtschaftlicher Produkte stellt die partizipative Pflanzenzüchtung dar. Partizipative Züchtung integriert lokale Pflanzenbauansprüche und soziale Aspekte, vor allem in marginalen Regionen oder Entwicklungsländern. Die Berücksichtigung pflanzenbaulicher und sozialer Bedürfnisse spielt insbesondere bei der Bewirtschaftung kleiner Bewirtschaftungseinheiten eine besondere Rolle (Murphy, Lammer et al. 2005). Dieser Ansatz der Kooperation soll dazu beitragen, dass durch die Nutzung lokal angepasster Sorten und durch genetische Vielfalt die Wirtschaftlichkeit von Landwirten und Regionen gestärkt wird (Desclaux 2005, Wolfe, Baresel et al. 2008). Konventionelle Sorten eignen sich häufig nicht für den Anbau im biologischen, aber auch extensiven konventionellen Landbau, da erforderliche pflanzenbaulichen Massnahmen wie Düngung und Pflanzenschutz nicht eingesetzt werden können (Murphy, Campbell et al. 2007). Indem man züchterisches ‚Know-how‘ öffentlicher und privater Eichrichtungen mit demjenigen der Landwirte und weiterer Beteiligter der Wertschöpfungskette verbindet, möchte man den Anforderungen aller Beteiligten und der lokalen Standorte gerecht werden. (Desclaux, Nolot et al. 2008, Wilbois 2011). Ein Beispiel ist die partizipative Züchtung von Durumweizen in Frankreich (INRA Montpellier), welche neben dem Landwirt und den Verbraucher auch weitere Organe der Vermarktungskette einschliesst (Desclaux, Ceccarelli et al. 2012) sowie das Kartoffelzüchtungsprojekt für Phytophthora-resistenz in Holland (persönliche Mitteilung Monika Messmer, FiBL).

## 9.7 Ausbildung im Bereich Pflanzenzüchtung

Um auch in Zukunft professionelle Züchtung für einen zukunftsorientierten und nachhaltigen Pflanzenbau betreiben zu können, ist eine gezielte Ausbildung im Bereich der Pflanzenzüchtung unerlässlich. Gut ausgebildete Fachkräfte bilden einen der Grundpfeiler für eine weltweit wettbewerbsfähige Pflan-

<sup>195</sup> <http://www.lid.ch/de/medien/mediendienst/artikel/infoarticle/11559/> (Zugriff am 12.12.2013)

<sup>196</sup> <http://gpz-online.de/home/portrait/> (Zugriff am 1.11.2013)

zenproduktion. Nichts desto trotz fehlt es schon heute vermehrt an konventionellen Pflanzenzüchtern, welche in Zusammenarbeit mit Agrarwissenschaftlern und Biologen züchterische Fortschritte erarbeiten (GFP 2011, Singh, Prasad et al. 2013). Wichtig ist dabei, dass die Ausbildung an die Anforderungen der modernen Pflanzenzucht angepasst ist (The Royal Society 2009, BioÖkonomieRat 2010, Tester and Langridge 2010).

## 9.8 Vom Kooperationsmodell zum integrierten Kompetenzzentrum

Durch geeignete Kooperationsmodelle lassen sich nationale und internationale, sowie öffentliche und private Kräfte bündeln, um die Pflanzenzüchtung noch schlagkräftiger und effizienter zu machen. Offen bleibt jedoch, ob die Zukunft der Pflanzenzüchtung, welche verstärkt durch technologischen Fortschritt geprägt sein wird, nicht flexiblere und ganzheitlichere Ansätze verlangt. Ansätze, welche Forschung, Technologieentwicklung und Anwendung, praktische Pflanzenzüchtung und die Ausbildung in Kompetenzzentren integrieren. Erfolgreiche Beispiele für solche „Zentren“ kommen bisher meist aus den USA<sup>197</sup><sup>198</sup>. Das aktuellste Beispiel ist jedoch das Kompetenzzentrum „Crop Innovation Denmark - from Genes to Seeds (CID)“ aus Dänemark, dessen pflanzenzüchterisches Umfeld durchaus mit der Schweiz vergleichbar ist. Solche Zentren bieten eine ideale Plattform, um inter- und transdisziplinäre Ansätze in der Pflanzenzüchtung erfolgreich zu initiieren und umzusetzen. Zudem kann schneller und effizienter auf exogene Einflussfaktoren (neue Kulturarten, neue Zuchtziele, neue Methoden und Technologien) reagiert werden. Die kritische Masse an multidisziplinären Experten in solchen Zentren ist Voraussetzung für Wissensaustausch und Ausbildung, so dass gut ausgebildete künftige Generationen sich den Herausforderungen in der Pflanzenzüchtung stellen können.

---

<sup>197</sup> <http://www.plantbreedingcenter.ncsu.edu/index.html>

<sup>198</sup> <http://plantbreeding.illinois.edu>

## 10 Synthese

Die Anbauflächen der schweizerischen Hauptkulturarten stagnieren; der Anbau von Futterpflanzen und hier insbesondere von Graslandsystemen gewinnt an Bedeutung. Innerhalb der Hauptkulturen nimmt Weizen eine herausragende Rolle ein - vor allem durch die in schweizerischen Züchtungsprogrammen entwickelte hohe Backqualität für Brotweizen. Die ausserordentliche Bedeutung der Produktqualität – im Gegensatz zum Ertrag - kann am Beispiel von Raps veranschaulicht werden, der durch gezielte Anstrengungen in der Züchtung binnen kurzer Zeit von einer weniger bedeutenden zu einer der wichtigsten Kulturarten in Mitteleuropa wurde. Der Anbau von Gemüse, Obst, Leguminosen, Wein und Spezialkulturen generiert in der Schweiz eine im Vergleich zu den Hauptkulturen hohe Wertschöpfung. Am Beispiel der Soja ist zu erkennen, dass vorausschauende schweizerische Züchtungsprogramme es geschafft haben, die pflanzliche Qualität so zu verändern, dass ein auf europäischer Ebene interessantes Sortenprogramm aufgebaut werden konnte. Ähnliche Entwicklungen sind in der Schweiz für eine Vielzahl anderer, ebenfalls nicht im grossen Umfang angebaute Kulturarten denkbar. Vor dem Hintergrund des zunehmenden Qualitätsbewusstseins der Kunden, vor dem Hintergrund der Nachfrage nach lokal und umweltschonend produzierten Nahrungs- und Genussmitteln sind dies günstige Voraussetzungen für eine verstärkte Förderung nationaler Züchtungsanstrengungen.

Fortschritte auf sehr unterschiedlichen technologischen Bereichen – von der Anbautechnik bis hin zur Verarbeitung von Lebensmitteln – bewirken eine dynamische Veränderung von Züchtungszielen. Es gilt, in den kommenden Jahrzehnten vor allem effizientere pflanzliche Produktionssysteme zu generieren. Das heisst, es gilt Kulturpflanzen zu realisieren, die mit geringeren Mengen an Düngemitteln, Herbiziden und Bewässerung einen hohen und relativ sicheren Ertrag erzielen können. Dieser Herausforderung könnte sich die Schweiz in einem ganz besonderen Masse stellen, da sie durch die im Zug des globalen Klimawandels zu erwartenden Veränderungen der Anbaubedingungen ohnehin gefordert ist, das Spektrum der national angebauten Sorten weiterzuentwickeln. Die absolute Höhe des Ertrages wird in Zukunft in Züchtungsprogrammen weniger relevant sein als die Sicherheit, in klimatischen Extremsituationen – insbesondere Hitze und Dürre – einen vergleichsweise hohen Ertrag zu erzielen. Ein effizienterer Umgang mit Nährstoffen und Wasser wird daher zu einem wichtigen Komplex der Ziele von Pflanzenzüchtungsprogrammen werden. Selbstverständlich wird die Resistenz gegenüber Krankheiten und Schadorganismen nach wie vor ebenfalls eine herausragende Rolle spielen, zumal sich das Spektrum von Schädlingen und Krankheitserregern mit dem verändernden Klima ebenfalls wandeln wird.

Diesen Herausforderungen stellen sich auch die europäischen Nachbarländer; vor allem im Bereich der Züchtung von Weizen und Mais. Auch für die Schweiz wird es in den kommenden Jahrzehnten von Bedeutung sein, bei der Weiterentwicklung dieser und/oder anderer Kulturarten proaktiv tätig zu werden und das Bedürfnis der Landwirte nach einem verlässlichen Einkommen zu decken und gleichermassen dem Bedürfnis der Kunden nach qualitativ hochwertigen Nahrungsmitteln, die nach hohen Standards produziert werden, entgegenzukommen. Eine Wertschöpfung kann dann nicht nur durch Anbau der Kulturen im eigenen Land entstehen, sondern in einem erheblichen Masse auch durch den Absatz des Saatgutes und durch den Transfer von Wissen über die Erzeugung dieses Saatgutes ins Ausland. Da für die schweizerische Landwirtschaft auch in Zukunft die Tierproduktion eine herausragende Rolle spielen wird, sind gerade Futterpflanzensysteme hier von enormer Bedeutung.

Die öffentliche Finanzierung der Pflanzenzüchtung stagniert weltweit, während die Investitionen in die private Züchtung zunehmen. Dies birgt die Gefahr, dass nur noch solche Kulturarten züchterisch bearbeitet werden, welche am Markt den nötigen Return on Investment bringen, und sich somit das Spektrum von gezüchteten Kulturarten verkleinert. Der Staat kann hier direkt eingreifen, indem er Züchtungsprogramme von Kulturen, welche nicht profitabel züchterisch bearbeitet werden können, finan-

ziert. Staatliche Investitionen in die Züchtung von Nischenkulturen können sich gut verzinsen lassen; Es ist jedoch essentiell, solche Programme längerfristig zu betreiben, um die Kontinuität zu sichern.

Eine Stützung der Züchtung erfolgt im benachbarten Ausland v.a. in indirekter Art und Weise über Förder- und Forschungsprogramme. Beispiele hierfür sind im Text für Förderprogramme in Deutschland, Frankreich und auf europäischer Ebene genannt (PLANT 2030, Wheat Initiative, BREEDWHEAT u.a.). Oft haben solche grossen Programme zum Ziel, innovative und kostenintensive Technologien für die Pflanzenzüchtung zu entwickeln. Davon können im Wesentlichen mittlere bis kleinere Züchtungsunternehmen profitieren, welche so Zugang zu diesen Technologien bekommen. Der Einsatz modernster Technologien und molekularer Methoden in der Pflanzenzüchtung hat sehr stark zugenommen, und es ist zu erwarten, dass der Technologieentwicklung eine Schlüsselrolle in der zukünftigen Entwicklung der Pflanzenzüchtung zukommt.

Durch geeignete Kooperationsmodelle lassen sich nationale und internationale, sowie öffentliche und private Kräfte bündeln, um die Pflanzenzüchtung noch schlagkräftiger und effizienter zu machen. Offen bleibt jedoch, ob die Zukunft der Pflanzenzüchtung, welche verstärkt durch technologischen Fortschritt geprägt sein wird, nicht flexiblere und ganzheitlichere Ansätze verlangt. Ansätze, welche Forschung, Technologieentwicklung und Anwendung, praktische Pflanzenzüchtung und die Ausbildung in Kompetenzzentren integrieren. Solche Zentren bieten eine ideale Plattform, um inter- und transdisziplinäre Programme in der Pflanzenzüchtung erfolgreich zu initiieren und die Entwicklung neuer Sorten umzusetzen. Zudem kann schneller und effizienter auf exogene Einflussfaktoren (neue Kulturarten, neue Zuchtziele, neue Methoden und Technologien) reagiert werden. Die kritische Masse an multidisziplinären Experten in solchen Zentren ist Voraussetzung für Wissensaustausch und Ausbildung, so dass gut ausgebildete künftige Generationen sich den Herausforderungen in der Pflanzenzüchtung stellen können.

## 11 Literaturverzeichnis

Abele, M. and S. Imhof (2009). Univox Landwirtschaft 2009. Schlussbericht einer repräsentativen persönlichen Bevölkerungsbefragung im Auftrag des Bundesamtes für Landwirtschaft. Zürich, Schweiz, gfs-Zürich und Bundesamt für Landwirtschaft (BLW).

ACW (2012). Sojazüchtung bei Agroscope – Erfolge und Perspektiven. Medienmitteilung. Nyon, Schweiz, Forschungsanstalt Agroscope Changins-Wädenswil (ACW).

Agroscope (2004). INICA: Interactive European network for Industrial crops an their applications: Forming part of the INECA-INTERFORRM project: Report from the state of Switzerland. Zurich, Switzerland, Agroscope

Agroscope (2012). Liste der empfohlenen Ackerbohnsensorten für die Ernte 2013, Forschungsanstalt Agroscope Changins-Wädenswil (ACW) und Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon (ART).

Agroscope (2012). Liste der empfohlenen Getreidesorten für die Ernte 2013. J. Hiltbrunner, M. Anders,

L. Levy Häner et al., Forschungsanstalt Agroscope Changins-Wädenswil (ACW) und Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon (ART).

Agroscope (2013). Liste der empfohlenen Maissorten für die Ernte 2013. J. Hiltbrunner, U. Buchmann, A. Baux and M. Bertossa, Forschungsanstalt Agroscope Changins-Wädenswil (ACW) und Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon (ART).

Agroscope (2013). Liste der empfohlenen Sonnenblumensorten für die Ernte 2013. D. Pellet, Forschungsanstalt Agroscope Changins-Wädenswil (ACW).

Agroscope (2013). Liste der empfohlenen Sorten von Futterpflanzen 2013 – 2014. D. Suter, H.-U. Hirschi, R. Frick and M. Bertossa, Forschungsanstalt Agroscope Changins-Wädenswil (ACW) und Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon (ART).

Agroscope (2013). Liste der empfohlenen Winterrapssorten für die Ernte 2014. J. Hiltbrunner and D. Pellet, Forschungsanstalt Agroscope Changins-Wädenswil (ACW) und Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon (ART).

Agroscope (2013). Schweizerische Sortenliste für Kartoffeln 2013. T. Hebeisen, T. Ballmer, T. Musa, J.-M. Torche and R. Schwärzel, Forschungsanstalt Agroscope Changins-Wädenswil (ACW) und Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon (ART).

Akhtar, M. S., Y. Oki and T. Adachi (2008). "Genetic diversity of *Brassica* cultivars in relation to phosphorus uptake and utilization efficiency under P-stress environment." Archives of Agronomy and Soil Science **54**(1): 93-108.

Alexandratos, N. and J. Bruinsma (2012). World agriculture towards 2030/2050: The 2012 revision. ESA Working paper No. 12-03. Rome, Italy, Food and Agriculture Organization (FAO).

Alliance, O. S. (2013). State of organic seed report. Port Townsend, WA, USA, Organic Seed Alliance.

Alvarez-Jubete, L., E. K. Arendt and E. Gallagher (2010). "Nutritive value of pseudocereals and their increasing use as functional gluten-free ingredients." Trends in Food Science and Technology **21**(2): 106-113.

Angelard, C., A. Colard, H. Niculita-Hirzel, D. Croll and I. R. Sanders (2010). "Segregation in a mycorrhizal fungus alters rice growth and symbiosis-specific gene transcription." Current Biology **20**(13): 1216-1221.

Antoninka, A., P. B. Reich and N. C. Johnson (2011). "Seven years of carbon dioxide enrichment, nitrogen fertilization and plant diversity influence arbuscular mycorrhizal fungi in a grassland ecosystem." New Phytologist **192**(1): 200-214.

AWEL (2009). Phosphor im Klärschlamm – Informationen zur künftigen Rückgewinnung. Zürich, Schweiz, Baudirektion Kanton Zürich, Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft (AWEL).

BAFU (2009). Rückgewinnung von Phosphor aus der Abwasserreinigung - Eine Bestandesaufnahme. Bern, Schweiz, Bundesamt für Umwelt (BAFU). **29/9**.

BAG (2012). Sechster Schweizerischer Ernährungsbericht. Bern, Schweiz, Bundesamt für Gesundheit (BAG).

Bank, T. W. (2008). World development report 2008: Agriculture for development. Washington DC, USA.

Baur, P. (2011). Sojaimporte Schweiz: Möglichkeiten und Grenzen der Reduktion/Vermeidung von Sojaimporten in die Schweiz, Eine Untersuchung im Auftrag von Greenpeace. Frick, Schweiz, Agrofutura AG.

BDP (2013). Geschäftsbericht. Bonn, Deutschland, Bundesverband Deutscher Pflanzenzüchter e.V. (BDP).

Becker, H. (1993). Pflanzenzüchtung. Stuttgart, Deutschland, Verlag Eugen Ulmer.

Bengough, A. G., B. M. McKenzie, P. D. Hallett and T. A. Valentine (2011). "Root elongation, water stress, and mechanical impedance: A review of limiting stresses and beneficial root tip traits." Journal of Experimental Botany **62**(1): 59-68.

BFS (2012). Statistik Schweiz. Bundesamt für Statistik (BFS). Neuchâtel, Schweiz.

BFS (2013). Taschenstatistik 2013 - Schweizer Landwirtschaft. Neuchâtel, Schweiz, Bundesamt für Statistik (BFS).

BioÖkonomieRat (2010). Berichte aus dem BioÖkonomieRat. Pflanzenforschung für eine nachhaltige Bioökonomie. Berlin, Deutschland, BioÖkonomieRat.

BioÖkonomieRat (2012). Weiterentwicklung des Förderinstrumentariums von öffentlicher und privater Forschung im Hinblick auf die Anforderungen der Bioökonomie. Empfehlungen des BioökonomieRats. Berlin, Deutschland, BioÖkonomieRat.

BioÖkonomieRat (2013). Eckpunktepapier des Bioökonomierates: Auf dem Weg zur biobasierten Wirtschaft, (Politische und wissenschaftliche Schwerpunkte 2013–2016). Berlin, Deutschland, BioÖkonomieRat.

BioSuisse (2013). Bio Suisse Jahrsmedienkonferenz (10. April) - Landwirtschafts- und Marktzahlen. Basel, Schweiz, Bio Suisse.

BioSuisse (2013). Richtlinien für die Erzeugung, Verarbeitung und den Handel von Knospe-Produkten. Basel, Schweiz, Bio Suisse.

BLW (2010). Land- und Ernährungswirtschaft 2025. Diskussionspapier des Bundesamtes für Landwirtschaft zur strategischen Ausrichtung der Agrarpolitik. Bern, Schweiz, Bundesamt für Landwirtschaft (BLW).

BLW (2011). Klimastrategie Landwirtschaft. Bern, Schweiz, Bundesamt für Landwirtschaft (BLW).

BLW (2012). Agrarbericht 2012. Bern, Schweiz, Bundesamt für Landwirtschaft (BLW).

BLW (2012). Forschungskonzept Land- und Ernährungswirtschaft 2013–2016. Bern, Schweiz, Bundesamt für Landwirtschaft (BLW).

BLW (2012). Marktbericht Ölsaaten - Mittlere und grosse Betriebe wachsen. Bern, Schweiz, Bundesamt für Landwirtschaft (BLW).

BLW (2012). Obstkulturen der Schweiz 2012. Bern, Schweiz, Bundesamt für Landwirtschaft (BLW).

BLW (2013). Agrarbericht 2013. Bern, Schweiz, Bundesamt für Landwirtschaft (BLW).

BLW (2013). Das Weinjahr 2012 - Weinwirtschaftliche Statistik. Bern, Schweiz, Bundesamt für Landwirtschaft (BLW).

BLW, ACW and ART (2008). Sorten, Saat- und Pflanzgut in der Schweiz. Bern, Schweiz, Bundesamt für Landwirtschaft (BLW), Forschungsanstalt Agroscope Changins-Wädenswil (ACW), Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon (ART).

BMBF (2010). Nationale Forschungsstrategie BioÖkonomie 2030. Bonn, Berlin, Deutschland, Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF).

BMBF (2012). Lebens- und Futtermittel: Nutzpflanzenerträge und Lebensmittelsicherheit im Kontext des Klimawandels. Bundesanzeiger. Bundesministerium der Justiz. Berlin, Deutschland, Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF).

BMBF (2012). Programm zur Innovationsförderung. Bonn, Deutschland, Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF).

BMELV (2011). Nachhaltiger Umgang mit der begrenzten Ressource Phosphor durch Recycling und Erhöhung der Phosphoreffizienz der Düngung. Berlin, Deutschland, Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV).

BMELV (2011). Züchtungsstrategie nachwachsende Rohstoffe. Berlin, Deutschland, Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV).

BMELV (2012). Eiweißpflanzenstrategie des BMELV. Berlin, Deutschland, Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV).

BMELV (2012). Stellungnahme Ernährungssicherung und nachhaltige Produktivitätssteigerung. Wissenschaftlicher Beirat für Agrarpolitik. Berlin, Deutschland, Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV).

Bohne, B., O. Hensel and C. Brunc (2013). Reihenapplikation von Komposten zur Kontrolle bodenbürtiger Krankheiten - technische Lösungen für Kartoffeln und Körnerleguminosen. Ideal und Wirklichkeit: Perspektiven ökologischer Landbewirtschaftung. Beiträge zur 12. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau. D. Neuhoff, C. Stumm, S. Ziegler et al. Berlin, Deutschland, Verlag Dr. Köster 68-71.

Bosshard, C., P. Sorensen, E. Frossard, D. Dubois, P. Mader, S. Nanzer and A. Oberson (2009). "Nitrogen use efficiency of N-15-labelled sheep manure and mineral fertiliser applied to microplots in long-term organic and conventional cropping systems." Nutrient Cycling in Agroecosystems **83**(3): 271-287.

Brabant, C. (2008). Schweizer Sommerweizen hält weiter weltweit Einzug. Nyon, Schweiz, Forschungsanstalt Agroscope Changins-Wädenswil (ACW).

Brauer, D. (2012). Das Gespür für praxisgerechte Sorten. Praxisnah - Fachinformationen für die Landwirtschaft, Getreidezüchtung: Ertragsfortschritt ungebrochen! **3/2012**.

Bravin, E., M. Leumann, R. Matter and S. Jaun-Pfander (2008). Die Dauerkulturen sind dauernd im Wandel. Schweizer Bauer Dossier. Bern, Schweiz. **26. April**.

Briner, S., C. Elkin, R. Huber and A. Gret-Regamey (2012). "Assessing the impacts of economic and climate changes on land-use in mountain regions: A spatial dynamic modeling approach." Agriculture Ecosystems and Environment **149**: 50-63.

Brunc, C., D. Werren, J. Bacanovic, J. Fuchs, J. Hess and M. R. Finckh (2013). Kontrolle bodenbürtiger Krankheiten des Fusskrankheitenkomplexes an Erbsen mit Komposten. Ideal und Wirklichkeit: Perspektiven ökologischer Landbewirtschaftung. Beiträge zur 12. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau. D. Neuhoff, C. Stumm, S. Ziegler et al. Berlin, Deutschland, Verlag Dr. Köster 248-251.

Bruns, C., J. Heß, M. R. Finckh, O. Hensel and E. Schulte-Geldermann (2009). Komposteinsatz gegen *Rhizoctonia solani* im Ökologischen Kartoffelbau. Kartoffelbau. **3/2009**: 84-88.

Bryner, A. (2010). Urin als Rohstoff der Zukunft? Medienmitteilung. Dübendorf, Schweiz, Eawag.

Bundesrat (1997). Verordnung über die biologische Landwirtschaft und die Kennzeichnung biologisch produzierter Erzeugnisse und Lebensmittel (Bio-Verordnung, 910.18). Bern, Schweiz, Bundesamt für Landwirtschaft (BLW).

Calanca, P. and A. Holzkaemper (2010). "Agrometeorological conditions on the Swiss Plateau from 1864 to 2050." Agrarforschung Schweiz **1**(9): 320-325.

Carlen, C. (2013). Breeding and cultivation of medicinal plants. Conthey, Schweiz, Agroscope Changins- Wädenswil Research Station (ACW).

Carvalho, T. L. G., P. C. G. Ferreira and A. S. Hemerly (2012). Plant growth promoting rhizobacteria and root architecture. Root Genomics and Soil Interactions. M. Crespi. Oxford, UK, Wiley-Blackwell.

Ceballos, I., M. Ruiz, C. Fernandez, R. Pena, A. Rodriguez and I. R. Sanders (2013). "The *in vitro* mass-produced model mycorrhizal fungus, *Rhizophagus irregularis*, significantly increases yields of the globally important food security crop cassava." Plos One **8**(8).

CH2011 (2011). Swiss Climate Change Scenarios CH2011. T. Corti, A. M. Fischer, A. Kress and P. Pall. Zurich, Berne, Switzerland, C2SM, MeteoSwiss, ETH, NCCR Climate, und OcCC, Zurich: 88.

Chen, F., H. H. Li and D. Q. Cui (2013). "Discovery, distribution and diversity of Puroindoline-D1 genes in bread wheat from five countries (*Triticum aestivum* L.)." Bmc Plant Biology **13**.

Chervet, A., L. Ramseier, W. G. Sturny, P. Weisskopf, U. Zihlmann, M. Müller and R. Schafflützel (2006). "Bodenwasser bei Direktsaat und Pflug." Agrarforschung **13**(4): 162-169.

Chervet, A., R. Schwarz and W. G. Sturny (2008). Trotz Fusarien: Direktsaat zum nachhaltigen Bodenschutz. Fusarien-Tagung - Agroscope Reckenholz-Tänikon (ART). Zürich, Schweiz.

Courtois, B., N. Ahmadi, F. Khowaja, A. H. Price, J.-F. Rami, J. Frouin, C. I. Hamelin and M. Ruiz (2009). "Rice root genetic architecture: Meta-analysis from a drought QTL database." Rice **2**(2-3): 115-128.

CPVO (2013). Statistics 2012, Meeting of the Administrative Council. Angers, France, Community Plant Variety Office (CPVO).

Cregan, P. B., Q. Song, D. L. Hyten, E.-Y. Hwang, R. L. Nelson and J. E. Specht (2012). A soybean haplotype map and the initial application of association analysis in soybean germplasm. Vision for a Sustainable Planet, ASA, CSSA and SSSA International Annual Meetings, Cincinnati, OH, USA.

CropLife (2012). Plant Biotechnology Pipeline. Brussels, Belgium, CropLife International.

Desclaux, D. (2005). Participatory plant breeding methods for organic cereals. Proceedings of the COST SUSVAR/ECO-PB Workshop on Organic Plant Breeding Strategies and the Use of Molecular Markers. E. T. Lammerts van Bueren and H. Østergård: 17-23.

Desclaux, D., S. Ceccarelli, J. Navazio, M. Coley, G. Trouche, S. Aguirre, E. Weltzien and J. Lancon (2012). Centralized or decentralized breeding: The potentials of participatory approaches for low-input and organic agriculture. Organic crop breeding. E. T. Lammerts van Bueren and J. R. Myers. Oxford, UK, Wiley-Blackwell: 99-124.

- Desclaux, D., J. M. Nolot, Y. Chiffolleau, E. Gozé and C. Leclerc (2008). "Changes in the concept of genotype × environment interactions to fit agriculture diversification and decentralized participatory plant breeding: Pluridisciplinary point of view." Euphytica **163**(3): 533-546.
- Di Falco, S. and C. Perrings (2003). "Crop genetic diversity, productivity and stability of agroecosystems: A theoretical and empirical investigation." Scottish Journal of Political Economy **50**: 207-216.
- Diacono, M., P. Rubino and F. Montemurro (2013). "Precision nitrogen management of wheat. A review." Agronomy for Sustainable Development **33**(1): 219-241.
- Dierauer, H. and D. Böhler (2012). Direktsaat Mais im Biolandbau. Frick, Scheiz, Forschungsinstitut für biologischen Landbau (FiBL).
- DSP (2011). Liste of varieties 2011-2012 - Vegetables. Delley, Switzerland, Delley Seeds and Plants Ltd (DSP).
- DSP (2012). Sortenliste Mais 2012/2013. Delley, Schweiz, Delley Samen und Pflanzen AG (DSP).
- Eason, W. R., K. J. Webb, T. P. T. Michaelson-Yeates, M. T. Abberton, G. W. Griffith, C. M. Culshaw, J. E. Hooker and M. S. Dhanoa (2001). "Effect of genotype of *Trifolium repens* on mycorrhizal symbiosis with *Glomus mosseae*." Journal of Agricultural Science **137**: 27-36.
- EFSA (2010). Scientific opinion on the substantiation of a health claim related to soy protein and reduction of blood cholesterol concentrations pursuant to Article 14 of the Regulation (EC) No 1924/2006. Parma, Italy, European Food Safety Authority (EFSA).
- Enza (2013). The power of vegetable breeding, Enza Zaden.
- EPPO (2010). Comparable climates on a global level, European and Mediterranean Plant Protection Organization (EPPO).
- Esteves, E. A., H. S. Duarte Martino, F. C. Esteves Oliveira, J. Bressan and N. M. Brunoro Costa (2010). "Chemical composition of a soybean cultivar lacking lipoxygenases (LOX2 and LOX3)." Food Chemistry **122**(1): 238-242.
- ETP (2013). The Common Strategic Framework for Research & Innovation 2014-2020, European Technology Platform 'Plants for the Future' (ETP).
- EU (2007). Verordnung (EG) Nr. 834/2007 des Rates - über die ökologische/biologische Produktion und die Kennzeichnung von ökologischen/biologischen Erzeugnissen und zur Aufhebung der Verordnung (EWG) Nr. 2092/91. Brüssel, Belgien, Europäische Kommission, Landwirtschaft und ländliche Entwicklung.
- EU (2013). DRAFT REPORT on plant breeding: What options to increase quality and yields? Committee on Agriculture and Rural Development. Brussels, Belgium European Parliament.
- FACCE-JPI (2013). Pre-announcement of call for proposals on climate smart agriculture. FACCE-JPI: Joint Programming Initiative on Agriculture, Food Security and Climate Change, The Joint Programming Initiative on Agriculture, Food Security and Climate Change (FACCE-JPI).

FACCE-JPI (2012). "A European strategy to tackle the great challenges of agriculture and food security under climate change."

FAO. (2009). "How to feed the world in 2050." Retrieved 21. Oktober, 2013, from [http://www.fao.org/fileadmin/templates/wsfs/docs/expert\\_paper/How to Feed the World in 2050.pdf](http://www.fao.org/fileadmin/templates/wsfs/docs/expert_paper/How_to_Feed_the_World_in_2050.pdf).

FAOSTAT. (2012). "FAO statistic." Retrieved 14. August, 2013, from <http://faostat.fao.org/>.

FiBL (2011). Grundlagenpapier zur ökologischen Pflanzenzüchtung. Frick, Schweiz, Forschungsinstitut für biologischen Landbau (FiBL).

FiBL and IFOAM (2012). The world of organic agriculture. Statistics and emerging trends 2012. H. Willer and L. Kilcher, Forschungsinstitut für biologischen Landbau (FiBL) and International Federation of organic agricultural movements (IFOAM).

Finger, R., P. Lazzarotto and P. Calanca (2010). "Bio-economic assessment of climate change impacts on managed grassland production." *Agricultural Systems* **103**(9): 666-674.

Finger, R. and S. Schmid (2008). "Modeling agricultural production risk and the adaptation to climate change." *Agricultural Finance Review* **68**(1): 25-41.

Fiorda, F. A., M. S. J. Soares, F. A. d. Silva, L. R. F. Souto and M. V. E. Grosmann (2013). "Amaranth flour, cassava starch and cassava bagasse in the production of gluten-free pasta: Technological and sensory aspects." *International Journal of Food Science & Technology* **48**(9): 1977-1984.

Fischer, E. M., U. Beyerle and R. Knutti (2013). "Robust spatially aggregated projections of climate extremes." *Nature Clim. Change* **3**(12): 1033-1038.

Fisher, J. A. and B. J. Scott (1987). Response to selection for aluminium tolerance. *Priorities in soil/plant relations: Research for plant production*. P. G. E. Searle and B. G. Davey. Sydney, Australia, The University of Sydney.

Fossati, D. and C. Brabant (2003). "Die Weizenzüchtung in der Schweiz." *Agrarforschung* **10**: 447-458.

Franck, S. (2007). Wer züchtet in Zukunft noch Getreide? Festakt zum 80-jährigen Jubiläum der I.G. Pflanzenzucht, Würzburg, Deutschland.

Frauen, M. (2013). *An overview on breeding of winter oilseed rape varieties in Europe*. GCIRC Technical Meeting, Nyon, Schweiz.

Frick, C. (2005). "Vielfältig nutzbar: Lein wird wiederentdeckt." *Die Grüne* **17**: 18-19.

Fritsche-Neto, R. and A. Borém (2012). Challenges for plant breeding to develop biotic-resistant cultivars. *Plant breeding for biotic stress resistance*. R. Fritsche-Neto and A. Borém. Berlin, Germany, Springer: 166.

FSOV (2012). Appel a proposition. Paris, France, Le Fonds de soutien à l'obtention végétale (FSOV).

Fuhrer, J. and K. Jasper (2009). "Irrigation needs for arable land and grassland under current climatic conditions." Agrarforschung **16**(10): 396-401.

Gallais, A. (2011). Méthodes de création de variétés en amélioration des plantes. Versailles Cedex, France, Éditions Quæ.

Galushko, V. and R. Gray (2012). The privatization of British wheat breeding: What can Canada learn? Saskatchewan, Canada, Canadian Triticum Advancement through Genomics (CTAG). **34**: 58.

Gardner, J. B. and L. E. Drinkwater (2009). "The fate of nitrogen in grain cropping systems: a meta- analysis of N-15 field experiments." Ecological Applications **19**(8): 2167-2184.

GFP (2011). Schlüsseltechnologie Pflanzenzüchtung - Herausforderungen für Wirtschaft, Wissenschaft und Politik im 21. Jahrhundert. Bonn, Deutschland, Gemeinschaft zur Förderung der privaten deutschen Pflanzenzüchtung e. V. (GFP): 19.

Gilgen, A. K., C. Signarbieux, U. Feller and N. Buchmann (2010). "Competitive advantage of *Rumex obtusifolius* L. might increase in intensively managed temperate grasslands under drier climate." Agriculture Ecosystems and Environment **135**(1-2): 15-23.

GIS (2012). Plant roots: Major scientific challenges – Key areas of research of relevance to the French public-private research community. The Scientific Group of Interest "Plant Biotechnologies".

Montpellier, France, GIS Biotechnologies Vertes (GIS BV).

GIS (2013). Cereals benefiting from nitrogen fixation: Strategies for the French public-private research community. The Scientific Group of Interest "Plant Biotechnologies" Paris, France, GIS Biotechnologies Vertes (GIS BV). **2013**.

GIS (2013). Improving crop photosynthesis for yield: assets of the French public and private research community and new research opportunities. The Scientific Group of Interest "Plant Biotechnologies" Paris, France, GIS Biotechnologies Vertes (GIS BV). **2013**.

GIS. (2013). "The plants for tomorrow will have to meet the needs of a productive, competitive and sustainable agriculture, for the food and feed industry and for the sector of renewable carbon sources." Retrieved 22. August, 2013, from <http://www.gisbiotechnologiesvertes.com/en/>.

Goldringer, I., J. Dawson, F. Rey and A. Vettoretti (2010). Breeding for resilience: A strategy for organic and low-input farming systems? EUCARPIA 2nd Conference of the "Organic and Low-Input Agriculture" Section, Paris, France.

Green, R. E., S. J. Cornell, J. P. W. Scharlemann and A. Balmford (2005). "Farming and the fate of wild nature." Science **307**(5709): 550-555.

Hagel, I. (1997). "Bauen wir die falschen Sorten an? Zur Qualität von Möhren aus biologisch-dynamischem und konventionellem Anbau des Erntejahres 1995." Ökologie und Landbau **1**: 42-43.

- Hahn, V. (2012). Neue Sojasorten für den heimischen Anbau. Sojtag 2012. Frankfurt, Deutschland.
- Hao, D. C., S. L. Chen, P. G. Xiao and M. Liu (2012). "Application of high-throughput sequencing in medicinal plant transcriptome studies." Drug Development Research **73**(8): 487-498.
- Hartell, J., M. Smale, P. W. Heisey and B. Senauer (1997). The contribution of genetic resources and diversity to wheat productivity: A case from the Punjab of Pakistan. CIMMYT Economics Working Paper. Mexico, CYMMIT: 35.
- Hartman, G. L., E. D. West and T. K. Herman (2011). "Crops that feed the World 2. Soybean-worldwide production, use, and constraints caused by pathogens and pests." Food Security **3**(1): 5-17.
- Hassas-Roudsari, M. and H. D. Goff (2012). "Ice structuring proteins from plants: Mechanism of action and food application." Food Research International **46**(1): 425-436.
- Hategekimana, A., D. Schneider, D. Fossati and F. Mascher (2012). "Performance and nitrogen efficiency of Swiss wheat varieties from the 20th century." Agrarforschung Schweiz **3**(1): 44-51.
- Hauser, M. (2012). Wie Konsumenten in Zukunft essen wollen. Consumer Value Monitor Food. Zürich, Schweiz, Gottlieb Duttweiler Institute (GDI). **GDI-Studie Nr. 38**.
- Helfenstein, S. (2005). "Clubsorten: Schliesslich entscheidet der Kunde." Schweizer Zeitschrift für Obst- und Weinbau **6**: 22-23.
- HM Government UK (2013). A UK strategy for agricultural technologies. Industrial strategy: Government and industry in partnership. London, UK, Department for Business, Innovation and Skills.
- Hohmann, R., E. Thalmann, G. Müller-Ferch, U. R. Neu, Christoph and C. Kull (2007). "Klimaänderung und die Schweiz 2050 - Erwartete Auswirkungen auf Umwelt, Gesellschaft und Wirtschaft." OCC / ProClim.
- Horizon2020 (2013). Breakdown of the Horizon 2020 budget. H.-T. f. p. f. r. a. innovation, European Commission (EC).
- Hund, A., R. Reimer and R. Messmer (2011). "A consensus map of QTLs controlling the root length of maize." Plant and Soil **344**(1-2): 143-158.
- Huppes, G. and M. Ishikawa (2008). "Eco-efficiency and its terminology." Journal of Industrial Ecology **9**(4): 43-46.
- ICONOMIX (2013). Kaufkraft - 1921 bis heute. Zürich, Schweiz, Swiss National Bank.
- Iglesias, A., L. Garrote, S. Quiroga and M. Moneo (2012). "A regional comparison of the effects of climate change on agricultural crops in Europe." Climatic Change **112**(1): 29-46.
- INRA (2010). Ecophyto R&D - Quelles voies pour réduire l'usage des pesticides?, Institut national de la recherche agronomique (INRA).

Jacob, I., S. Hartmann, F. X. Schubiger and C. Struck (2013). Verbesserung der Resistenz von Rotklee gegen *Colletotrichum trifolii* durch rekurrente Selektion. Ideal und Wirklichkeit: Perspektiven ökologischer Landwirtschaft. Beiträge zur 12. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau. D. Neuhoff, C. Stumm, S. Ziegler et al. Berlin, Deutschland, Verlag Dr. Köster: 68-71.

Julier, B., S. Fournier and M. Straebler (2014). "Panorama de l'offre variétale des graminées et légumineuses fourragères et non fourragères en Europe." Fourrages in press.

Kellerhals, M., I. Baumgartner, L. Leumann, L. Lussi, D. Christen, A. Patocchi, P.-M. Le Roux, S. Egger and

R. Leumann (2012). "Züchtung feuerbrandrobuster Obstsorten." Obstbau **10**: 530-532.

Kim, D. G., S. Saggari and P. Roudier (2012). "The effect of nitrification inhibitors on soil ammonia emissions in nitrogen managed soils: A meta-analysis." Nutrient Cycling in Agroecosystems **93**(1): 51-64.

Kinney, A. J., E. B. Cahoon and W. D. Hitz (2002). "Manipulating desaturase activities in transgenic crop plants." Biochemical Society Transactions **30**: 1099-1103.

Kirschke, D., A. Häger and S. Noleppa (2011). Rediscovering productivity in European agriculture. Berlin, Germany Humboldt Forum for Food and Agriculture e.V. (HFFA).

Klein, T., A. Holzkämper, P. Calanca and J. Fuhrer (2013). "Adaptation options under climate change for multifunctional agriculture: a simulation study for western Switzerland." Regional Environmental Change: 1-18.

Klein, T., A. Holzkämper, P. Calanca, R. Seppelt and J. Fuhrer (2013). "Adapting agricultural land management to climate change: a regional multi-objective optimization approach." Landscape Ecology: 1-19.

Kloppenborg, J. R. (2005). First the seed: The political economy of plant biotechnology. Madison, WI; USA, University of Wisconsin Press.

Kocmankova, E., M. Trnka, J. Eitzinger, M. Dubrovsky, P. Stepanek, D. Semeradova, J. Balek, P. Skalak, A. Farda, J. Juroch and Z. Zalud (2011). "Estimating the impact of climate change on the occurrence of selected pests at a high spatial resolution: A novel approach." Journal of Agricultural Science **149**: 185- 195.

Kölliker, R., F. Wichmann, F.-J. Vorhölter, C. Conradin, S. Reinhard, B. Boller and F. Widmer (2013). "Bakterienwelke - Eine rätselhafte Krankheit von Futtergräsern." Agrarforschung Schweiz **4**(1): 32-39.

König, K., U. Steck and M. Zellner (1999). Integrierter Pflanzenschutz - Rapskrankheiten. Freising, Deutschland, Bayerisch Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL) und Institut für Pflanzenschutz IPZ.

Kontogiorgos, V., H. D. Goff and S. Kasapis (2008). "Effect of aging and ice-structuring proteins on the physical properties of frozen flour-water mixtures." Food Hydrocolloids **22**(6): 1135-1147.

- Kopainsky, B., C. Flury, M. Pedercini, L. Sorg and A. Gerber (2013). Ressourceneffizienz im Dienste der Ernährungssicherheit, Teilprojekt Modellierung – Schlussbericht (REDES). Washington/Zürich, Flury&Giuliani; GmbH/Millennium Institute.
- Kulak, M., T. Nemecek, E. Frossard and G. Gaillard (2013). "How eco-efficient are low-input cropping systems in Western Europe, and what can be done to improve their eco-efficiency?" Sustainability **5**: 3722-3743.
- Kunz, P., M. Becker, M. Buchmann, C. Cuendet, J. Müller and U. Müller (2006). Bio-Getreidezüchtung in der Schweiz. Österreichische Fachtagung für biologische Landwirtschaft. Inrdning, Österreich.
- KWS (2012). Innovation durch Pflanzenzüchtung - gentechnische verbesserte Sorten und ihr Beitrag zum Erfolg des Landwirts. InnoPlanta Forum 2012, KWS Saat AG.
- Lammerts van Bueren, E. T. and J. R. Myers (2012). Organic crop breeding. Oxford, UK, Wiley-Blackwell.
- Landjeva, S., V. Korzun and A. Borner (2007). "Molecular markers: Actual and potential contributions to wheat genome characterization and breeding." Euphytica **156**(3): 271-296.
- Lane, A. and A. Jarvis (2007). "Changes in climate will modify the geography of crop suitability: Agricultural biodiversity can help with adaptation." SAT eJournal **4**(1).
- Lavalle, C., F. Micale, T. D. Houston, A. Camia, R. Hiederer, C. Lazar, C. Conte, G. Amatulli and G. Genovese (2009). "Climate change in Europe. 3. Impact on agriculture and forestry. A review (Reprinted)." Agronomy for Sustainable Development **29**(3): 433-446.
- Lee, S.-J., J.-K. Ahn, T.-D. Khanh, S.-C. Chun, S.-L. Kim, H.-M. Ro, H.-K. Song and I.-M. Chung (2007). "Comparison of Isoflavone concentrations in soybean (*Glycine max* (L.) merrill) sprouts grown under two different light conditions." Journal of Agricultural and Food Chemistry **55**(23): 9415-9421.
- Lehmann, N. (2013). How climate change impacts on local cropping systems: A bioeconomic simulation study for Western Switzerland Dissertation, ETH Zurich.
- Lehmann, N., S. Briner and R. Finger (2013). "The impact of climate and price risks on agricultural land use and crop management decisions." Land Use Policy **35**: 119-130.
- Lehmann, N., R. Finger, T. Klein, P. Calanca and A. Walter (2013). "Adapting crop management practices to climate change: Modeling optimal solutions at the field scale." Agricultural Systems **117**: 55-65.
- Leifeld, J., R. Reiser and H. R. Oberholzer (2009). "Consequences of conventional versus organic farming on soil carbon: Results from a 27-year field experiment." Agronomy Journal **101**(5): 1204-1218.
- Leumann, L., I. Baumgartner, L. Lussi, L. Frey, M. Nölly, M. Kellerhals and M. Weber (2013). "Ladina, die neue feuerbrandrobuste Apfelsorte." Schweizer Zeitschrift für Obst- und Weinbau **1**: 10-13.

- Leung, H., Y. Zhu, I. Revilla-Molina, J. X. Fan, H. Chen, I. Pangga, C. V. Cruz and T. W. Mew (2003). "Using genetic diversity to achieve sustainable rice disease management." Plant Disease **87**(10): 1156-1169.
- Li, C.-J., X. Pang and F.-S. Zhang (2003). "Comparison on responses of different phosphorus-efficient wheat varieties to phosphorus-deficiency stress." Acta Botanica Sinica **45**(8): 936-943.
- Liao, H., X. L. Yan, G. Rubio, S. E. Beebe, M. W. Blair and J. P. Lynch (2004). "Genetic mapping of basal root gravitropism and phosphorus acquisition efficiency in common bean." Functional Plant Biology **31**(10): 959-970.
- LID (2010). Gemüsemarkt Schweiz. Bern, Schweiz, Landwirtschaftlicher Informationsdienst (LID).
- Lin, Z. (2009). Processing waste meat into powdered meat for feed comprises decomposing the waste meat under high pressure, separating, adding collagen, pressing the processed meat into cake, and grinding the cake to obtain powdered meat, LIN Z (LINZ-Individual).
- Lingling, L., K. Yangsoo, H. Weining, J. Chunli and X. Baocai (2010). "Effects of ice structuring proteins on freeze-thaw stability of corn and wheat starch gels." Cereal Chemistry **87**(5): 497-503.
- Lithourgidis, A. S., C. A. Dordas, C. A. Damalas and D. N. Vlachostergios (2011). "Annual inter-crops: An alternative pathway for sustainable agriculture." Australian Journal of Crop Sciences **5**(4): 396-410.
- Long, S. P. and D. R. Ort (2010). "More than taking the heat: Crops and global change." Current Opinion in Plant Biology **13**(3): 241-248.
- Lopes, C. M., J. R. Fernandes and P. Martins-Lopes (2013). "Application of nanotechnology in the agro- food sector." Food Technology and Biotechnology **51**(2): 183-197.
- Lopes, M. S. and M. P. Reynolds (2010). "Partitioning of assimilates to deeper roots is associated with cooler canopies and increased yield under drought in wheat." Functional Plant Biology **37**(2): 147-156.
- Luby, C., A. Lyon and A. Shelton (2013). "A new generation of plant breeders discovers fertile ground in organic agriculture." Sustainability **5**(6): 2722-2726.
- MAP (2007). La Stratégie de Développement Durable du Ministère de l'agriculture et de la pêche, Ministère de l'agriculture et de la pêche (MAP).
- MAP (2008). Écophyto 2018, Ministère de l'agriculture et de la pêche (MAP).
- MAP (2009). Objective Lands 2020 -Towards a new French model for agriculture, Ministère de l'Agriculture et de la Pêche (MAP).
- Maredia, M. K., R. Bernsten and C. Ragasa (2010). "Returns to public sector plant breeding in the presence of spill-ins and private goods: The case of bean research in Michigan." Agricultural Economics **41**(5): 425-442.

Mateo, N. and R. Ortiz (2013). Resource use efficiency revisited. Eco-Efficiency: From vision to reality. C.H. Hershey and P. Neate. Cali, Colombia, International Center for Tropical Agriculture (CIAT).

Materechera, S. A., A. R. Dexter and A. M. Alston (1991). "Penetration of very strong soils by seedling roots of different plant species." Plant and Soil **135**(1): 31-41.

Max Havelaar-Stiftung (2001). Fair trade. Jahresbericht. Basel, Schweiz, Max Havelaar-Stiftung. **2001**.

Max Havelaar-Stiftung (2012). Wir sind Fairtrade. Jahresbericht. Basel, Schweiz, Max Havelaar-Stiftung. 2012.

Mba, C., E. P. Guimaraes and K. Ghosh (2012). "Re-orienting crop improvement for the changing climatic conditions of the 21st century." Agriculture and Food Security **1**(1): 1-17.

Messmer, M., I. Hildermann, C. Arncken, D. Drexler and K.-P. Wilbois (2011). Chancen und Potenziale verschiedener Züchtungsmethoden für den Ökolandbau. Frick und Frankfurt am Main, Forschungsinstitut für biologischen Landbau (FiBL).

Messmer, M., K.-P. Wilbois, C. Baier, F. Schäfer, C. Arncken, D. Drexler and I. Hildermann (2012). Techniken der Pflanzenzüchtung - Eine Einschätzung für den ökologischen Landbau. Frick, Forschungsinstitut für biologischen Landbau (FiBL).

Meyer, R. (2003). Potenziale zur Erhöhung der Nahrungsmittelqualität - Endbericht zum TA-Projekt „Entwicklungstendenzen bei Nahrungsmittelangebot und -nachfrage und ihre Folgen“. Arbeitsbericht. TAB. Berlin, Deutschland, Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag (TAB). **87**.

Meyer, R., C. Rösch and A. Sauter (2010). Chancen und Herausforderungen neuer Energiepflanzen. TAB- Arbeitsbericht Nr. 136. Berlin, Deutschland, Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag (TAB).

Miladinovic, J., J. W. Burton, S. B. Tubic, D. Miladinovic, V. Djordjevic and V. Djukic (2011). "Soybean breeding: Comparison of the efficiency of different selection methods." Turkish Journal of Agriculture and Forestry **35**(5): 469-480.

Montangero, A., R. Schertenleib and H. Belevi (2006). Den Phosphorkreislauf schliessen. Eawag News **62d**. Dübendorf, Schweiz, Eawag.

Morris, C. F. (2002). "Puroindolines: The molecular genetic basis of wheat grain hardness." Plant Molecular Biology **48**(5): 633-647.

Murchie, E. H. and T. Lawson (2013). "Chlorophyll fluorescence analysis: A guide to good practice and understanding some new applications." Journal of Experimental Botany **64**(13): 3983-3998.

Murphy, K., K. G. Campbell, S. T. Lyon and S. S. Jones (2007). "Evidence of varietal adaptation to organic farming systems." Field Crops Research **102**: 172-177.

Murphy, K., D. Lammer, S. Lyon, B. Carter and S. J. Stephen (2005). "Breeding for organic and low-input farming systems: An evolutionary-participatory breeding method for inbred cereal grains." Renewable Agriculture and Food Systems **20**: 48-55.

Napier, J. A. and I. A. Graham (2010). "Tailoring plant lipid composition: Designer oilseeds come of age." Current Opinion in Plant Biology **13**(3): 330-337.

Nature (2010). "How to feed a hungry world." Nature **466**(7306): 531-532.

Nelson, G. C., M. W. Rosegrant, A. Palazzo, I. Gray, C. Ingersoll, R. Robertson, S. Tokgoz, T. Zhu, T. B. Sulser, C. Ringler, S. Msangi and L. You (2010). Food security, farming, and climate change to 2050. Washington, D.C.; USA, Food Policy Research Institute (IFPRI).

Nilsson, A. and R. von Bothmer (2010). Measures to promote Nordic plant breeding. TemaNord. Nordic Council of Ministers. Copenhagen, Denmark, Nordic cooperation. **518**.

Noleppa, S. and H. von Witzke (2013). Die gesellschaftliche Bedeutung der Pflanzenzüchtung in Deutschland. Einfluss auf soziale Wohlfahrt, Ernährungssicherung, Klima- und Ressourcenschutz. HFFA Working Paper 02/2013. Berlin, Deutschland, Humblodt Forum for Food and Agriculture e.V. (HFFA).

Oberson, A., S. Nanzer, C. Bosshard, D. Dubois, P. Mader and E. Frossard (2007). "Symbiotic N-2 fixation by soybean in organic and conventional cropping systems estimated by N-15 dilution and N-15 natural abundance." Plant and Soil **290**(1-2): 69-83.

OcCC/ProClim (2007). Klimaänderung und die Schweiz 2050 - Erwartete Auswirkungen auf Umwelt, Gesellschaft und Wirtschaft. Bern, Schweiz, ProClim- Forum für Klima und Global Change.

Oehl, F., A. Oberson, H. U. Tagmann, J. M. Besson, D. Dubois, P. Mader, H. R. Roth and E. Frossard (2002). "Phosphorus budget and phosphorus availability in soils under organic and conventional farming." Nutrient Cycling in Agroecosystems **62**(1): 25-35.

Ogbonnaya, F. C., N. C. Subrahmanyam, O. Moullet, J. de Majnik, H. A. Eagles, J. S. Brown, R. F. Eastwood, J. Kollmorgen, R. Appels and E. S. Lagudah (2001). "Diagnostic DNA markers for cereal cyst nematode resistance in bread wheat." Australian Journal of Agricultural Research **52**(11-12): 1367-1374.

Palta, J. and M. Watt (2009). Chapter 13 - Vigorous crop root systems: Form and function for improving the capture of water and nutrients. Crop Physiology. V. Sadras and D. Calderini. San Diego, CA, USA, Academic Press: 309-325.

Panadero, J., F. Randez-Gil and J. A. Prieto (2005). "Heterologous expression of type I antifreeze peptide GS-5 in baker's yeast increases freeze tolerance and provides enhanced gas production in frozen dough." Journal of Agricultural and Food Chemistry **53**(26): 9966-9970.

Pardey, P. G. and P. L. Pingali (2010). Reassessing international agricultural research for food and agriculture. Global Conference on Agricultural Research for Development (GCARD), Montpellier, France.

Paucar-Menacho, L. M., J. Amaya-Farfan, M. A. Berhow, J. M. Gontijo Mandarin, E. G. de Mejia and Y. K. Chang (2010). "A high-protein soybean cultivar contains lower isoflavones and saponins but higher minerals and bioactive peptides than a low-protein cultivar." Food Chemistry **120**(1): 15-21.

Pauly, A., B. Pareyt, E. Fierens and J. A. Delcour (2013). "Wheat (*Triticum aestivum* L. and *T. turgidum* L. ssp durum) kernel hardness: II. Implications for end-product quality and role of puroindolines therein." Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety **12**(4): 427-438.

PNACC (2012). Base de données des projets et programmes de recherche en cours concernant l'agriculture et la forêt abordant spécifiquement ou indirectement l'adaptation au changement climatique. P. N. d. A. a. C. C. (PNACC).

Pretty, J. (2008). "Agricultural sustainability: Concepts, principles and evidence." Philosophical Transactions of the Royal Society B-Biological Sciences **363**(1491): 447-465.

Quemada, M., M. Baranski, M. N. J. Nobel-de Lange, A. Vallejo and J. M. Cooper (2013). "Meta-analysis of strategies to control nitrate leaching in irrigated agricultural systems and their effects on crop yield." Agriculture Ecosystems and Environment **174**: 1-10.

Rasmussen, M. (2013). Pre-breeding in Nordic countries. Alnarp, Sweden, Nordic Genetic Resource Center (NordGen).

Reynolds, M., D. Bonnett, S. C. Chapman, R. T. Furbank, Y. Manes, D. E. Mather and M. A. J. Parry (2011). "Raising yield potential of wheat. I. Overview of a consortium approach and breeding strategies." Journal of Experimental Botany **62**(2): 439-452.

Ritchie, W. R., C. J. Baker and M. Hamilton-Manns (2003). "The development and transfer of a new no-tillage technology." Conservation Agriculture: Environment, Farmers Experiences, Innovations, Socio-Economy, Policy: 485-488.

Sacks, F. M., A. Lichtenstein, L. Van Horn, W. Harris, P. Kris-Etherton, M. Winston and C. Amer Heart Assoc Nutr (2006). "Soy protein, isoflavones, and cardiovascular health - An American heart association science advisory for professionals from the nutrition committee." Circulation **113**(7): 1034-1044.

Sattelmacher, B., H. C. Becker and H. Brück (1990). Genotypic differences in the P efficiency of maize (*Zea mays* L.). Bericht über die Arbeitstagung 1990 der "Arbeitsgemeinschaft der Saatzuchtler" im Rahmen der "Vereinigung österreichischer Pflanzenzüchter". Gumpenstein, Österreich.

SBV (2012). Wie ernährt sich die Schweiz? Situationsbericht 2012. Brugg, Schweiz, Schweizerischer Bauernverband (SBV).

Scheuner, S. (2013). Rapsanbau. Schweizer Bauer Dossier. Bern, Schweiz. **22. Juni**.

Schmidt, S., P. J. Gregory, D. V. Grinev and A. G. Bengough (2013). "Root elongation rate is correlated with the length of the bare root apex of maize and lupin roots despite contrasting responses of root growth to compact and dry soils." Plant and Soil **372**(1-2): 609-618.

- Schöchli, H. (2012). Starke Schweizer Kaufkraft. Neue Zürcher Zeitung (NZZ). Zürich, Schweiz. **3. November**.
- Schori, A., C.-A. Bétrix, J.-C. De Groote and O. Moullet (2013). "La sélection du soja à Agroscope."
- Schori, A., R. Charles and D. Peter (2003). Sojabohne: Züchtung, Agronomie und Produktion in der Schweiz. Bern, Schweiz, Eidgenössische Forschungsanstalt für Pflanzenbau Changins.
- Schwartau, H. (2010). "Liegt die Zukunft in den Club-Sorten?" European Fruit Magazine (EFM) **5**: 20-22.
- Seufert, V., N. Ramankutty and J. A. Foley (2012). "Comparing the yields of organic and conventional agriculture." Nature **485**(7397): 229-U113.
- SGE (2012). Die gesunde Lebensmittelwahl - Was wissen wir über den Konsumenten und die Konsumentin in der Schweiz? Bern, Schweiz, Schweizerische Gesellschaft für Ernährung (SGE).
- SGPV (2013). Aktualitäten des Getreidemarktes. Bern, Schweiz, Schweizerischer Getreideproduzentenverband (SGPV).
- Shock, C. C. (2013). Drip irrigation: An introduction. Sustainable Agriculture Techniques. Corvallis, OR; USA, Oregon State University.
- Singh Gahoonia, T. and N. E. Nielsen (2004). "Root traits as tools for creating phosphorus efficient crop varieties." Plant and Soil **260**(1-2): 47-57.
- Singh, R. P., P. V. V. Prasad and K. R. Reddy (2013). "Impacts of changing climate and climate variability on seed production and seed industry." Advances in Agronomy **118**: 49-110.
- Soane, B. D., B. C. Ball, J. Arvidsson, G. Basch, F. Moreno and J. Roger-Estrade (2012). "No-till in Northern, Western and South-Western Europe: A review of problems and opportunities for crop production and the environment." Soil and Tillage Research **118**: 66-87.
- SOJA (2013). Schweiz unterzeichnet Donau Soja Erklärung. Basel, Schweiz, Soja Netzwerk Schweiz (SOJA).
- Sorensen, P. and I. K. Thomsen (2005). "Separation of pig slurry and plant utilization and loss of nitrogen-15-labeled slurry nitrogen." Soil Science Society of America Journal **69**(5): 1644-1651.
- Sozer, N. and J. L. Kokini (2009). "Nanotechnology and its applications in the food sector." Trends in Biotechnology **27**(2): 82-89.
- Specht, M. (2010). "Anbau von Körnerleguminosen in Deutschland-Situation, limitierende Faktoren und Chancen." Journal für Kulturpflanzen **61**(9): 302-305.
- Spieß, E. (2005). Die Stickstoffbilanz der Schweiz. Schriftenreihe der FAL. Zürich, Schweiz, Agroscope Reckenholz-Tänikon ART. **57**: 26-31.

Stamp, P., R. Messmer and A. Walter (2012). "Competitive underutilized crops will depend on the state funding of breeding programmes: An opinion on the example of Europe." Plant Breeding **131**(4): 461-464.

Stampfli, A. and M. Zeiter (2004). "Plant regeneration directs changes in grassland composition after extreme drought: A 13-year study in southern Switzerland." Journal of Ecology **92**(4): 568-576.

Stehr, R., W. Guerra, L. Berra, I. Iglesias, S. Codarin, T. Rühmer and S. Egger (2011). "Entwicklung des Apfel- und Birnensortiments in Europa." Schweizer Zeitschrift für Obst- und Weinbau **21**: 8-11.

Stenberg, M., B. Ulen, M. Soderstrom, B. Roland, K. Delin and C. A. Helander (2012). "Tile drain losses of nitrogen and phosphorus from fields under integrated and organic crop rotations. A four-year study on a clay soil in southwest Sweden." Science of the Total Environment **434**: 79-89.

Stintzing, F. C. and R. Carle (2004). "Functional properties of anthocyanins and betalains in plants, food, and in human nutrition." Trends in Food Science and Technology **15**(1): 19-38.

Sudarić, A. and M. Vrataric (2008). "Importance, achievements and trends in soybean breeding at the Agricultural Institute Osijek." Sjemenarstvo **25**(3-4): 207-216.

Sudova, R., J. Rydlova, Z. Munzbergova and J. Suda (2010). "Ploidy-specific interactions of three host plants with arbuscular mycorrhizal fungi: Does genome copy number matter?" American Journal of Botany **97**(11): 1798-1807.

Sun, Y. Q., F. Yan and F. L. Liu (2013). "Drying/rewetting cycles of the soil under alternate partial root-zone drying irrigation reduce carbon and nitrogen retention in the soil-plant systems of potato." Agricultural Water Management **128**: 85-91.

Swissgranum (2012). Importe von Eiweissträgern und Ölsaaten in Tonnen. Bern, Schweiz, Schweizerische Branchenorganisation Getreide, Ölsaaten und Eiweisspflanzen.

Swissgranum (2012). Jahresbericht 2012. Bern, Schweiz, Schweizerische Branchenorganisation Getreide, Ölsaaten und Eiweisspflanzen.

Sywottek, C. (2007). Nach der Generation Teigling. brandeins Wirtschaftsmagazin. Hamburg, Deutschland, brand eins Verlag GmbH & Co. oHG. **Ausgabe 11/2007**.

Tavaud-Pirra, M., P. Sartre, R. Nelson, S. Santoni, N. Texier and P. Roumet (2009). "Genetic diversity in a soybean collection." Crop Science **49**(3): 895-902.

Tester, M. and P. Langridge (2010). "Breeding technologies to increase crop production in a changing world." Science **327**(5967): 818-822.

The Nielson Company (2010). 2nd Quarter, 2010 - Global online consumer confidence, concerns and spending intentions. Nielson Report. Root Längenbold, Schweiz, The Nielson Company. **July 2010**.

The Nielson Company (2011). 1st Quarter, 2011 - Global online consumer confidence, concerns and spending intentions. Nielson Report. Root Längenbold, Schweiz, The Nielson Company. **May 2011**.

The Plant Innovation (2009). Petersberg declaration on the future of plant research, Forum for Plant Innovation.

The Royal Society (2009). Reaping the benefits: Science and the sustainable intensification of global agriculture. London, UK.

Tilman, D., C. Balzer, J. Hill and B. L. Befort (2011). "Global food demand and the sustainable intensification of agriculture." Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America (PNAS) **108**(50): 20260–20264.

Torriani, D. S., P. Calanca, M. Lips, H. Ammann, M. Beniston and J. Fuhrer (2007b). "Regional assessment of climate change impacts on maize productivity and associated production risk in Switzerland." Regional Environmental Change **7**(4): 209-221.

Torriani, D. S., P. Calanca, S. Schmid, M. Beniston and J. Fuhrer (2007a). "Potential effects of changes in mean climate and climate variability on the yield of winter and spring crops in Switzerland." Climate Research **34**(1): 59-69.

Tran, A. N., J. R. Welch, D. Lobell, M. J. Roberts and W. Schlenker (2012). Commodity prices and volatility in response to anticipated climate change. Seattle, USA, AAEA Annual Meeting.

Tuomisto, H. L., I. D. Hodge, P. Riordan and D. W. Macdonald (2012). "Comparing global warming potential, energy use and land use of organic, conventional and integrated winter wheat production." Annals of Applied Biology **161**(2): 116-126.

Tuomisto, H. L., I. D. Hodge, P. Riordan and D. W. Macdonald (2012). "Does organic farming reduce environmental impacts? - A meta-analysis of European research." Journal of Environmental Management **112**: 309-320.

UBS (2012). Ein Kaufkraftvergleich rund um die Welt. Preise und Löhne. Zürich, Schweiz, CIO Wealth Management Research. **Ausgabe 2012**.

UFOP (2012). Geschäftsbericht 2011/2012. Berlin, Deutschland, Union zur Förderung von Oel- und Proteinpflanzen e.V. (UFOP).

Uncu, A. O., S. Doganlar and A. Frary (2013). "Biotechnology for enhanced nutritional quality in plants." Critical Reviews in Plant Sciences **32**(5): 321-343.

USB (2013). Soybean checkoff- Funded research database. Chesterfield, MO; USA, United Soybean Board (USB).

van Dam, R. M., N. Naidoo and R. Landberg (2013). "Dietary flavonoids and the development of type 2 diabetes and cardiovascular diseases: Review of recent findings." Current Opinion in Lipidology **24**(1): 25-33.

van Elsen, A., A. Ayerdi Gotor, C. di Vicente, D. Traon, J. Gennatas, L. Amat, V. Negri and V. Chable (2013). Plant breeding for an EU bio-based economy. The potential of public sector and public/private partnerships. E. Rodríguez Cerezo. Seville, Spain, European Commission (EC).

Velasco, R., A. Zharkikh, J. Affourtit, A. Dhingra, A. Cestaro, A. Kalyanaraman, P. Fontana, S. K. Bhatnagar, M. Troggio, D. Pruss, S. Salvi, M. Pindo, P. Baldi, S. Castelletti, M. Cavaiuolo, G. Coppola, F. Costa, V. Cova, A. Dal Ri, V. Goremykin, M. Komjanc, S. Longhi, P. Magnago, G. Malacarne, M. Malnoy, D. Micheletti, M. Moretto, M. Perazzolli, A. Si-Ammour, S. Vezzulli, E. Zini, G. Eldredge, L. M. Fitzgerald, N. Gutin, J. Lanchbury, T. Macalma, J. T. Mitchell, J. Reid, B. Wardell, C. Kodira, Z. Chen, B. Desany, F. Niazi, M. Palmer, T. Koepke, D. Jiwan, S. Schaeffer, V. Krishnan, C. Wu, V. T. Chu, S. T. King, J. Vick, Q. Tao, A. Mraz, A. Stormo, K. Stormo, R. Bogden, D. Ederle, A. Stella, A. Vecchiatti, M. M. Kater, S. Masiero, P. Lasserre, Y. Lespinasse, A. C. Allan, V. Bus, D. Chagne, R. N. Crowhurst, A. P. Gleave, E. Lavezzo, J. A. Fawcett, S. Proost, P. Rouze, L. Sterck, S. Toppo, B. Lazzari, R. P. Hellens, C.-E. Durel, A. Gutin, R. E. Bumgarner, S. E. Gardiner, M. Skolnick, M. Egholm, Y. Van de Peer, F. Salamini and R. Viola (2010). "The genome of the domesticated apple (*Malus x domestica* Borkh.)." Nature Genetics **42**(10): 833-839.

Venskutonis, P. R. and P. Kraujalis (2013). "Nutritional components of amaranth seeds and vegetables: A review on composition, properties, and uses." Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety **12**(4): 381-412.

Vogt-Kaute, W. (2002). Pflanzenzüchtung für den ökologischen Landbau am Beispiel wichtiger ackerbaulicher Kulturen. Hinreichende Wirksamkeit von Pflanzenschutzmitteln im ökologischen Landbau, Saat- und Pflanzgut für den ökologischen Landbau; Berichte aus der Biologischen Bundesanstalt. S. Kühne and B. Friedrich. Ribbesbüttel, Deutschland, Saphir Verlag.

Wang, X., X. Yan and H. Liao (2010). "Genetic improvement for phosphorus efficiency in soybean: A radical approach." Annals of Botany **106**(1): 215–222.

Wang, Y. S., F. L. Liu, M. N. Andersen and C. R. Jensen (2010). "Improved plant nitrogen nutrition contributes to higher water use efficiency in tomatoes under alternate partial root-zone irrigation." Functional Plant Biology **37**(2): 175-182.

WBGU (2008). Welt im Wandel: Zukunftsfähige Bioenergie und nachhaltige Landnutzung. Berlin, Deutschland, Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen (WBGU).

WheatInitiative (2012). Wheat Research Projects.

Wilbois, K.-P. (2011). Ökologisch-partizipative Pflanzenzüchtung. Frick, Schweiz, Forschungsinstitut für biologischen Landbau (FiBL).

Williams, A. G., E. Audsley and D. L. Sandars (2006). Determining the environmental burdens and resource use in the production of agricultural and horticultural commodities. Main Report: Defra Research Project IS0205. Bedford, UK, Cranfield University and Defra.

Wolfe, M. S., J. P. Baresel, D. Desclaux, I. Goldringer, S. Hoad, G. Kovacs, F. Löschenberger, T. Miedaner, H. Østergård and E. T. Lammerts van Bueren (2008). "Developments in breeding cereals for organic agriculture." Euphytica **163**(3): 323-346.

Zhu, X. G., S. P. Long and D. R. Ort (2010). "Improving photosynthetic efficiency for greater yield." Annual Review of Plant Biology **61**: 235-261.

Zwicke, M., G. A. Alessio, L. Thiery, R. Falcimagne, R. Baumont, N. Rossignol, J. F. Soussana and C. Picon- Cochard (2013). "Lasting effects of climate disturbance on perennial grassland above-ground biomass production under two cutting frequencies." Global Change Biology **19**(11): 3435-3448.

## 12 Appendix I: Liste der befragten Personen

Datum (2013)	Befragte Person	Institution	Tätigkeitsfeld	Interviewer
15.7	Bernadette Julier	INRA, Unité de Recherche Pluridisciplinaire Prairies et Plantes Fourragères (URP3F)	Projektleiterin	B. Studer
20.8	Emmanuel Guiderdoni	CIRAD-INRA-SUPAGRO	Team Leader Pflanzenzüchtung	A. Hund
20.8/31.1	Beat Boller	Agroscope, EUCARPIA	Futterpflanzen	A. Hund/L. Last
20.8	Elisabetta Frascaroli	Università di Bologna	Pflanzenzüchtung	A. Hund
9.9	Meinrad Müller	swisssem	Geschäftsführer	B. Keller
11.9	Hans Winzeler	DSP	Weizen	B. Keller
19.9	Monika Messmer	FiBL	Bio Züchtung	A. Hund
29.8	Lukas Aebi	FENACO		L. Last
Sep	Simon Briner	BLW		Ch. Grieder
1.1	Markus Kellerhals	Agroscope	Apfel	B. Keller
3.1	Amadeus Zschunke	Sativa Rheinau	Gemüse	B. Keller
7.1	José Vouillamoz	Agroscope	Medizinal- und Aromapflanzen	B. Keller
2.1	Peter Latus	BLW	Zertifizierung, Pflanzen- und Sortenschutz	L. Last
2.1	Thomas Nemecek	Agroscope	Ökobilanzierung	L. Last
3.10	Jürg Hiltbrunner	Agroscope	Sortenprüfung	L. Last
7.10	Robbie Girling (FP7, COBRA)	Organic Research Centre	Feldfrüchte und Agroforstwirtschaft	L. Last
8.1	Fabian Birbaum	ETHZ	Food Process Engineering	B. Keller
10.1	EU Direct Contact Centre	EU	EU-Sorten katalog	L. Last
10.1	Markus Johann	Bioverita	Bio Züchtung	L. Last
15.1	Emmanuel Frossard	ETHZ	Pflanzen-ernährung	L. Last, B. Keller
15.1	Claude-Alain Bétrix	Agroscope	Soja	B. Keller
15.1	Lilia Levy Häner	Agroscope	Sortenprüfung	L. Last
31.1	Bernd Bütter	Maisadour	Züchter	A. Walter
Oktober		BDP	Verband	Ch. Grieder

<b>Datum (2013)</b>	<b>Befragte Person</b>	<b>Institution</b>	<b>Tätigkeitsfeld</b>	<b>Interviewer</b>
16.1	Daniel Jakob	Schweizerischer Bäcker- und Konditorenmeister- verband (SBKV)	Qualitätssicherung	L. Last
16.1	Carole Bonneau	CPVO (Gemeinsamer Sortenkatalog)		L. Last
22.1	Kilian Greter	BLW	Zollverwaltung	L. Last
23.1	Sabrina Strochenegger	Gottfried-Duttweiler Insti- tut (GDI)	Trendanalyse Kon- sum	L. Last
23.1	Michael Siegrist	ETHZ, Professur Konsu- mentenverhalten	Konsum	L. Last
24.1	Cameron Wagg	Universität Zürich		L. Last
12.11	Klaus K. Nielson	DLF-Trifolium	Futterpflanzen-züch- tung	L. Last
20.11	Lukas Wolters	Euro Grass Breeding	Futterpflanzen-züch- tung	L. Last
22.11	Simone Meyer	Verband Schweizer Ge- müseproduzenten	Bereichsleiterin An- bautechnik	L. Last
3.12	Tobias Eschholz	Maisadour	Züchter	Ch. Grieder
3.12	Roland Peter	KWS Saat AG	Züchter	Ch. Grieder
3.12	Peter Langridge	Australian Centre for Plant Functional Genom- ics	Professur Pflanzen- züchtung	Ch. Grieder
3.12	Christian Jung	Universität Kiel	Professur Pflanzen- züchtung	Ch. Grieder
3.12	Volker Hahn	Universität Hohenheim	Züchter	Ch. Grieder
3.12	Thomas Miedaner	Universität Hohenheim	Professur Pflanzen- züchtung	Ch. Grieder
3.12	Susanne Kohls	KWS Saat AG	Züchter	Ch. Grieder
3.12	Vanessa Windhausen	Saaten Union	Züchter	Ch. Grieder
3.12	Vanessa Prigge	Saka-Pflanzenzucht	Züchter	Ch. Grieder
3.12	Felix Dreyer	Norddeutsche Pflanzen- zucht	Züchter	Ch. Grieder

### 13 Appendix II: Übersicht Weizenprojekte

Eigenschaft / Ziel	Land	Projekt / Unternehmen	Investition (Mio. Euro pro Jahr)	Methode	Quelle
Hybridweizen	DE	Hy-wheat	0.34	GMO	PLANT 2030
Hybridweizen	DE	Hywheat	0.85	SNP chip	PLANT 2030
Hybridweizen	DE	IPK Gatersleben			
Hybridweizen	FR	Projekt FSOV	0.09		FSOV
Hybridweizen		CIMMYT	-		
Hybridweizen		Bayer CropScience	-		
Hybridweizen		Monsanto	-		
Hybridweizen		Syngenta	-		
Hybridweizen		KWS Lochhow	-		
Hybridweizen		Du Pont Pioneer	-		
Hybridweizen		Saaten Union GmbH	-		
N-Effizienz	DE	Efficient Wheat	0.45	MAS	Wheat Initiative
N-Effizienz	DE	Nitro Sus	0.36		PLANT 2030
N-Effizienz	FR	Diverse Projekte (FSOV)	0.37		
N-Effizienz		Bayer CropScience	-		
Ökoeffizienz	FR	Diverse Projekte (FSOV)	0.31		FSOV
Ökoeffizienz		Bayer CropScience	-		
Abiotische Toleranz	FR	BREEDWHEAT	3.78		
Abiotische Toleranz	DE	Securing yield and quality of cereals under drought stress	0.30		Wheat Initiative
Abiotische Toleranz	DE	FroWheat	0.35	SNP chip	PLANT 2030 / Wheat Initiative
Abiotische Toleranz	DE	Robust Wheat / NOSP-ROUT	0.50	MAS	Wheat Initiative
Abiotische Toleranz	DE	Mycorrhizaton	0.06	SNP chip	Wheat Initiative
Abiotische Toleranz	FR	Diveres Projekte (FSOV)	0.59		
Abiotische Toleranz		Monsanto	-		
Abiotische Toleranz		Bayer CropScience	-		
Biotische Toleranz	DE	dsRNAguard	1.33	GMO	Wheat Initiative
Biotische Toleranz	DE	EVA I & II; JKI			
Biotische Toleranz	DE	ProtectWheat			
Biotische Toleranz	DE	Blossom midge	0.08	MAS	Wheat Initiative

Eigenschaft / Ziel	Land	Projekt / Unternehmen	Investition (Mio. Euro pro Jahr)	Methode	Quelle
Biotische Toleranz	DE	Cereal root	0.50		PLANT 2030
Biotische Toleranz	CH	Agroscope	2.7		Ist-Analyse
Biotische Toleranz	FR	Diveres Projekte (FSOV)	3.10		FSOV
Biotische Toleranz	FR	(BREEDWHEAT)	0.00		
Biotische Toleranz		Monsanto	-		
Biotische Toleranz		KWS Lochhow	-		
Qualität	IT	High quality durum wheat production	-		prosementi.com
Qualität	FR	(BREEDWHEAT)	0.00		
Qualität	FR	Diveres Projekte (FSOV)	1.00		
Qualität	CH	(Agroscope)			
Qualität		Bayer CropScience	-		
Ertrag / agronomi- sche Eigenschaften	DE	SELECT	0.39	NGS	PLANT 2030 / Whe- at Initiative
Ertrag / agronomi- sche Eigenschaften	DE	VALID	0.76	MAS	PLANT 2030 / Whe- at Initiative
Ertrag / agronomi- sche Eigenschaften	DE	Localization and verific- ation of wild wheat QTL		SNP chip	Wheat Initiative
Ertrag / agronomi- sche Eigenschaften	FR	Diveres Projekte (FSOV)	0.36		FSOV
Ertrag / agronomi- sche Eigenschaften		Bayer CropScience	-		
Ertrag / agronomi- sche Eigenschaften		Monsanto / BASF	-		
Herbizidtoleranz		Monsanto / BASF	-		
Phänotypisierung	DE	High-throughput pheno- typing of wheat	0.20	Phänotyp-isie- rung	Wheat Initiative
Phänotypisierung	DE	Phenotyping Salz- und Trockenheitstoleranz	0.18	Phänotyp-isie- rung	Wheat Initiative
Phänotypisierung	FR	Phénome	8.00		Wheat Initiative
Phänotypisierung	FR	Diveres Projekte (FSOV)	0.44		FSOV
Phänotypisierung			-		
Geno- Phenotyping	IT	Innovation for sustainab- ility and competitiveness (ISCOCEM)	-		