

WIFO

1030 WIEN, ARSENAL, OBJEKT 20
TEL. 798 26 01 • FAX 798 93 86

ÖSTERREICHISCHES INSTITUT FÜR WIRTSCHAFTSFORSCHUNG



Universität für Bodenkultur Wien

Maisanbau in Österreich Ökonomische Bedeutung und pflanzenbauliche Herausforderungen

**Franz Sinabell, Rita Kappert, Hans-Peter Kaul,
Kurt Kratena, Mark Sommer**

Wissenschaftliche Assistenz: Dietmar Weinberger

Mai 2015



Maisanbau in Österreich Ökonomische Bedeutung und pflanzenbauliche Herausforderungen

**Franz Sinabell, Kurt Kratena, Mark Sommer (WIFO),
Rita Kappert, Hans-Peter Kaul (BOKU)**

Mai 2015

Österreichisches Institut für Wirtschaftsforschung, Universität für Bodenkultur Wien

Im Auftrag des Ökosozialen Forums Österreich

Begutachtung: Daniela Kletzan-Slamanig (WIFO) • Wissenschaftliche Assistenz: Dietmar Weinberger (WIFO)

Inhalt

Mais ist eine der wichtigsten Kulturpflanzen weltweit und in Österreich. Aufgrund seiner Eigenschaften ist Mais nicht nur in der Landwirtschaft von Bedeutung, sondern auch als Rohstoff für die Industrie und die Lebensmittelverarbeitung. Die vorliegende Analyse der ökonomischen Bedeutung des Maisanbaues in Österreich bezieht neben der Landwirtschaft auch die Unternehmen in der Verarbeitung und der Saatgutproduktion ein. Sie beleuchtet Aspekte des Pflanzenbaues umfassend und führt Herausforderungen für eine nachhaltige Maisproduktion in Österreich an.

Rückfragen: Franz.Sinabell@wifo.ac.at

2015/146-1/S/WIFO-Projektnummer: 8114

© 2015 Österreichisches Institut für Wirtschaftsforschung, Universität für Bodenkultur Wien

Medieninhaber (Verleger), Herausgeber und Hersteller: Österreichisches Institut für Wirtschaftsforschung,
1030 Wien, Arsenal, Objekt 20 • Tel. (+43 1) 798 26 01-0 • Fax (+43 1) 798 93 86 • <http://www.wifo.ac.at> • Verlags- und Herstellungsort: Wien

Verkaufspreis: 50,00 € • Download 40,00 €: <http://www.wifo.ac.at/www/pubid/58147>

Maisanbau in Österreich – ökonomische Bedeutung und pflanzenbauliche Herausforderungen

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung und Problemstellung	1
2	Ökonomische Analyse	3
2.1	<i>Mais in der österreichischen Landwirtschaft</i>	3
2.1.1	Anbau und Produktion von Körnermais, CCM und Silomais in Österreich	3
2.1.2	Preisentwicklung von Körnermais in der Vergangenheit und erwartete Preise	11
2.1.3	Produktionswert von Mais und ausgewählte Kennzahlen der LGR	14
2.1.4	Ausgewählte betriebswirtschaftliche Aspekte der Maisproduktion	16
2.1.5	Saatmais: Züchtung und Vermehrung	18
2.2	<i>Mais in der österreichischen Nahrungs- und Futtermittelwirtschaft und in der industriellen Verwertung</i>	19
2.2.1	Befunde der österreichischen Versorgungsbilanz	19
2.2.2	Die gewerbliche und industrielle Verwertung von Mais in Österreich zu Lebensmitteln, Futter, Industriegütern und Energie	22
2.3	<i>Eine Abschätzung der volkswirtschaftlichen Bedeutung der Maisproduktion in Österreich</i>	24
2.3.1	Methodische Einführung zur Ermittlung der volkswirtschaftlichen Wechselwirkungen der Maisproduktion in Österreich	24
2.3.2	Daten, Annahmen, Szenario und Ergebnisse zu den volkswirtschaftlichen Wechselwirkungen	27
2.3.3	Schlussfolgerungen und Diskussion der Ergebnisse	29
3	Pflanzenbauliche Analyse	31
3.1	<i>Historisches zum Mais</i>	31
3.2	<i>Verschiedene Nutzungen von Mais und Anbauflächen</i>	32
3.3	<i>Physiologie der Pflanze– Ansprüche an Boden und Klima</i>	33
3.4	<i>Züchtungsarbeit und Saatguterzeugung</i>	34
3.5	<i>Pflanzenschutzmaßnahmen im Mais</i>	37
3.6	<i>Nährstoffbedarf von Mais</i>	43
3.7	<i>Hoher Mechanisierungsgrad der Arbeit</i>	48
3.8	<i>Mais als Futtermittel</i>	48
3.9	<i>Mais als Energiepflanze</i>	50
3.10	<i>Mais in technischen Anwendungen</i>	51

3.11	<i>Mais in der menschlichen Ernährung</i>	52
3.12	<i>Mais und die Agro-Biodiversität</i>	54
3.13	<i>Bodenerosion unter Mais und Möglichkeiten der Vermeidung</i>	57
3.14	<i>Humuspflege unter Mais</i>	59
3.15	<i>Mais im direkten Vergleich mit anderen Kulturpflanzen</i>	62
3.16	<i>Fazit und Diskussion</i>	65
3.17	<i>Schlussfolgerungen und Empfehlungen</i>	66
	Literaturhinweise	68
	Tabellen- und Abbildungsanhang	73
	Anhang Modellbeschreibung	83

Verzeichnis der Übersichten

Übersicht 1: Entwicklung der Anbaufläche und der Ernte von Körnermais und CCM	5
Übersicht 2: Kennzahlen der Landwirtschaftlichen Gesamtrechnung (LGR)	15
Übersicht 3: Deckungsbeiträge und Kalkulationsdaten Körnermais und Mahlweizen	16
Übersicht 4: Erzeugung und Verwendung von Körnermais	20
Übersicht 5: Verwendung von Körnermais	20
Übersicht 6: Kennzahlen zum Verarbeitungsbereich Mahl- und Schälmmühlen, Herstellung von Stärke	22
Übersicht 7: Unternehmenskennzahlen in Branchen zur Herstellung von Stärke, Nahrungs- und Futtermitteln im Jahr 2013	23
Übersicht 8: Transpirationskoeffizienten verschiedener Kulturarten in l H ₂ O je kg TM	34
Übersicht 9: Einteilung der Reifegruppen nach Reifezahlen für Silo- und Körnermais und deren Temperaturansprüche	35
Übersicht 10: Vergleich Silomais vs. Welsches Weidelgras: bei gleicher Trockenmasse, unterschiedlichem Rohprotein-Gehalte und N-Aufnahmen	44
Übersicht 11: Düngeempfehlung der AGES bei mittlerem Ertragsniveau	45
Übersicht 12: Verbotzeiträume bzgl. N-Düngung	46
Übersicht 13: Düngeempfehlung für Phosphor und Kalium bei Gehaltsstufe C für verschiedene Kulturarten	47
Übersicht 14: Vereinfachte Darstellung möglicher Hauptkultur-Fruchtfolgen	57
Übersicht 15: Humusbilanzsaldo in Abhängigkeit von der Nutzung und dem Ertrag (in kg/ha Humus-C)	60
Übersicht 16: Vergleich verschiedener Kulturpflanzen in Bezug auf Ertrag und Inhaltsstoffe	62
Übersicht 17: Spezifische Methanausbeute verschiedener Substrate	62
Übersicht 18: Entwicklung der Anbaufläche und der Ernte von Futtermais (Silo- und Grünmais)	74
Übersicht 19: Deckungsbeiträge und Kalkulationsdaten Silomais- und Grassilage	76
Übersicht 20: Verwendung von Getreide insgesamt (einschließlich Körnermais)	77
Übersicht 21: Erzeugung und Verwendung von Getreide insgesamt (einschließlich Körnermais)	78
Übersicht 22: Gesamtwirtschaftliche Effekte im Szenario "Weizen ersetzt Rohproteinkomponente von Mais"	81

Verzeichnis der Abbildungen

Abbildung 1: Langfristige Entwicklung der Hektarerträge	4
Abbildung 2: Entwicklung der Fläche für Körnermais (inkl. CCM) und Futtermais	6
Abbildung 3: Anteil der Fläche für Körnermais, CCM, Silomais und Grünmais an der Ackerfläche insgesamt, 2010	7
Abbildung 4: Ertragsniveaus für Körnermais (inkl. CCM) nach Bezirken, Abweichung vom Durchschnitt für Österreich, Ø 2009-2013 (5 Jahre)	7
Abbildung 5: Anteil von Körnermais (inkl. CCM) und Futtermais laut Futtermittelbilanz	8
Abbildung 6: Die Produktion von wirtschaftlich nutzbarer Biomasse (nach Abzug von Verlusten in Werbung, Lagerung und Verfütterung) in der österreichischen Landwirtschaft in Millionen Tonnen Trockensubstanz	9
Abbildung 7: Preisentwicklung von Körnermais	11
Abbildung 8: Preisvolatilität international und in Österreich	12
Abbildung 9: Ausblick Preisentwicklung von Weizen und anderem Getreide – real	13
Abbildung 10: Tauschverhältnis von Körnermais zu Stickstoffdünger (bezogen auf N-Gehalt)	17
Abbildung 11: Selbstversorgungsgrade von Getreide insgesamt, Weizen und Körnermais	21
Abbildung 12: Schematische Darstellung der Input-Output-Tabelle	25
Abbildung 13: Verbreitungsgebiet von <i>Diabrotica virgifera</i> in Europa im Jahr 2012	40
Abbildung 14: Wachstumsdiagramm von Mais von der Aussaat bis zur Vollreife und prozentuale Nährstoffaufnahme (Hauptnährstoffe)	44
Abbildung 15: Anbauspezifische Veränderung (nach Arten) der Humusvorräte von Böden in Humusäquivalenten ($\text{kg Humus-C/ha}^{-1}\text{a}^{-1}$)	59
Abbildung 16: Entwicklung der Hektarerträge seit 1990	73
Abbildung 17: Ertragsniveaus für Futtermais (Silo- und Grünmais) nach Bezirken, Abweichung vom Durchschnitt für Österreich, Ø 2009-2013 (5 Jahre)	75
Abbildung 18: Ausblick Preisentwicklung – nominell	75
Abbildung 19: Einfuhren und Ausfuhren von Getreide laut Versorgungsbilanz	79
Abbildung 20: Auszug aus der Input-Output-Tabelle des Jahres 2010 zu laufenden Preisen	80

Executive Summary

Die vorliegende Studie beschäftigt sich mit einer der bedeutendsten Kulturpflanzen, dem Mais, dessen Produktion und ökonomischer Bedeutung in Österreich. Das Ziel ist eine umfassende Analyse der Bedeutung des Maisanbaus für die Wirtschaft und die Darstellung von pflanzenbaulichen Aspekten, vor allem im Hinblick auf die Umweltauswirkungen des Maisanbaues.

Mais ist weltweit und in Österreich eine der wichtigsten Kulturpflanzen. Verschiedene Faktoren erklären, warum Mais gegenüber anderen Ackerkulturen eine besondere Bedeutung hat. Die hohen und nach wie vor steigenden Erträge und der vergleichsweise geringe Arbeitsbedarf zeichnen diese Kulturpflanze aus. Die herausragende Bedeutung als Nutzpflanze ist mit einer besonderen wirtschaftlichen Bedeutung verbunden.

Mais kann als ganze Pflanze in der Rinderhaltung oder in Biogasanlagen genutzt werden (als Silomais), Teile des Maiskolbens mit dem Korn werden als CCM (corn cob mix) in der Schweinehaltung eingesetzt, das Korn von "Körnermais" wird für die menschliche Ernährung, als Tierfutter oder als Rohstoff zur industriellen Verwertung genutzt. Einige Sorten eignen sich zur Herstellung von Gemüse, Popcorn oder besonders nachgefragten Inhaltsstoffen in der Lebensmittelindustrie.

Dieses breite Einsatzspektrum hat dazu beigetragen, dass Mais in großem Umfang produziert wird. Der derzeitige Anbauumfang ist zwar um ca. 10 % größer als zur Jahrtausendwende, aber schon Mitte der 1980er Jahre wurde Körnermais und CCM im selben Umfang wie zuletzt auf 216.000 ha produziert. Die Anbaufläche von Futtermais ist mit aktuell 83.000 ha um etwa ein Drittel niedriger als Mitte der 1980er Jahre. Vor allem der Ertragssteigerung von Mais ist es zu verdanken, dass die Biomasseproduktion der österreichischen Landwirtschaft annähernd konstant ist, obwohl seit Beginn der 1980er Jahre die Ackerfläche um etwa 100.000 ha abgenommen hat.

Die besondere Bedeutung von Mais zeigt sich sowohl im Bereich der Vorleistungen (Saatzucht) als auch im Verarbeitungsbereich (industrielle Verwertung als Stärke, Rohstoff für die Treibstoffproduktion und chemische Produkte). Die mit der Maisproduktion im Zusammenhang stehende Wertschöpfung und damit Beschäftigung geht somit weit über den engen Bereich der Landwirtschaft im Pflanzenbau und der Tierhaltung hinaus.

Die wirtschaftliche Bedeutung der Maisproduktion für die Volkswirtschaft wird mit Hilfe einer Modellsimulation verdeutlicht. Im Rahmen einer Input-Output-Analyse wurde in einem Szenario untersucht, welche Folgen der völlige Verzicht auf den Maisanbau in Österreich hätte. Dabei wurde angenommen, dass die frei werdende Fläche stattdessen für die Weizenproduktion herangezogen würde. Die Differenz der erwarteten Erntemengen von Weizen und Mais ist bedeutend: Je nachdem, ob die Differenz auf den Rohproteingehalt oder den Energiegehalt bezogen wird, müsste mit Produktionseinbußen zwischen 141 und 305 Mio. € pro Jahr gerechnet werden. Zudem würden um 134 Mio. € weniger Vorleistungen bezogen werden. Die-

se Werte geben einen mehrjährigen Durchschnitt wieder, da sowohl Preise als auch Mengen starken Schwankungen unterliegen.

Diese Output- und Nachfrageeffekte hätten zur Folge, dass die Wertschöpfung - und damit der Beitrag zum BIP - in der österreichischen Volkswirtschaft zwischen 246 bis 411 Mio. € abnehmen würde. Die damit in Verbindung stehende Zahl der Beschäftigten beträgt 8.000 bis 15.000. In diesen Berechnungen sind die direkten Effekte der Produktionsminderung sowie die indirekten Effekte berücksichtigt, die sich wegen der verringerten Nachfrage nach Vorleistungen ergeben. Auch die Auswirkungen auf die Änderung des Gesamteinkommens werden berücksichtigt, das wegen des Produktionsrückgangs geschmälert würde.

Der Vergleich von Mais mit anderen Kulturpflanzen zeigt, dass Mais als C4-Pflanze eine besonders effiziente Photosynthese-Leistung betreibt und dadurch letzten Endes mit absolut geringeren Wassermengen und weniger Stickstoff auskommt. Die mittlerweile 214 in Österreich zugelassenen Maissorten geben Landwirten eine breite Auswahl an standortgerecht adaptiertem Saatgut mit unterschiedlichen Reifezahlen.

Da gentechnikfrei, wird österreichisches Saatgut zunehmend auch im Ausland nachgefragt. Bis heute ist Mais eine relativ gesunde widerstandsfähige Kulturart, die mit vergleichsweise geringen Mengen Pflanzenschutzmitteln auskommt. Allerdings hat in den letzten Jahren der Befallsdruck von Maiszünsler, Maiswurzelbohrer sehr zugenommen. Hier wirken spezifische Maßnahmen der Fruchtfolgegestaltung entgegen, welche auch in österreichischen Programmen gefördert werden. Fruchtfolgemaßnahmen dienen auch der Beikrautunterdrückung, der Verringerung des Erosionsrisikos und dem Humusaufbau. Details hierzu werden anhand von Literatur näher dargelegt und begutachtet.

Mehr als die Hälfte der Landwirte führen ihre Betriebe im Nebenerwerb. Für sie sind arbeitssparende Verfahren daher besonders wichtig, da es eine starke Konkurrenz um den Faktor Arbeit gibt. Darüber hinaus wird eine größere Nachhaltigkeitsstudie in Bezug auf Mais dargestellt, welche zu überraschenden Ergebnissen kommt. Insbesondere Fruchtfolgemaßnahmen und Zwischenfruchtanbau reduzieren deutlich die potentiellen Umweltrisiken des Maisanbaues. Ein Vergleich von Mais mit anderen Kulturpflanzen zeigt deutlich, dass die Präferenz, welche dem Maisanbau zukommt, direkt in seiner besonderen Physiologie und Zusammensetzung der Inhaltsstoffe liegt.

1 Einleitung und Problemstellung

Mais ist weltweit und in Österreich eine der wichtigsten Kulturpflanzen. Verschiedene Faktoren zeichnen Mais gegenüber anderen Ackerbaukulturen aus. Die hohen und nach wie vor steigenden Erträge und der vergleichsweise geringe Arbeitsbedarf zählen zu den Besonderheiten dieser Kulturpflanze. Die herausragende Bedeutung als Nutzpflanze ist mit einer besonderen wirtschaftlichen Bedeutung verbunden. Auch wenn Mais ursprünglich aus Südamerika stammt, so ist diese Feldfrucht für die österreichische Landwirtschaft und darüber hinaus für die gesamte Agrar- und Ernährungswirtschaft wichtig. Die besondere Bedeutung zeigt sich sowohl im Bereich der Vorleistungen (Saatzucht) als auch im Verarbeitungsbereich (Lebensmittelerzeugnisse, Futtermittelherstellung, industrielle Verwertung der Stärke, Rohstoff für die Treibstoffproduktion und chemische Produkte). Die mit der Maisproduktion im Zusammenhang stehende Wertschöpfung und damit Beschäftigung geht also über den engen Bereich der Landwirtschaft hinaus.

Das erste Ziel der Untersuchung ist, die wirtschaftliche Bedeutung der Maisproduktion für die österreichische Volkswirtschaft zu beschreiben und anhand geeigneter Indikatoren (Beschäftigung und Wertschöpfung) zu quantifizieren.

Der erste Teil der vorliegenden Analyse widmet sich diesem Thema.

Mais als leistungsfähige Kulturpflanze stellt hohe pflanzenbauliche Anforderungen und gedeiht daher nicht überall gleich. Bedingt durch die heterogenen Produktionsbedingungen in der österreichischen Landwirtschaft und aufgrund der Erwartungen bezüglich der Produktqualität, sind diese Anforderungen sehr unterschiedlich. Um das Produktionspotential auszunutzen, werden moderne Verfahren eingesetzt und Betriebsmittel (z.B. Dünger, Pflanzenschutz, Bewässerung) verwendet. Die Wahl der Produktionsmittel ist einerseits durch gesetzliche Auflagen begrenzt (z.B. Höchstmengen bei Düngemitteln, Festlegung zugelassener Pflanzenschutzmittel, Verbot gentechnisch veränderter Sorten) und andererseits beeinflusst durch die Teilnahme von Landwirten am freiwilligen Agrarumweltprogramm ÖPUL, in dem unter anderem die biologische Wirtschaftsweise gefördert wird. Die spezifischen pflanzenbaulichen Verfahren, die in der Maisproduktion zur Anwendung kommen, und die Maßnahmen, die gesetzt werden, um die Produktion im Einklang mit der Natur zu gestalten, sind der breiten Öffentlichkeit nicht bekannt. Allenfalls Teilaspekte werden breit diskutiert, wodurch dem Systemansatz, der dem modernen Pflanzenbau zugrundeliegt, nicht ausreichend Rechnung getragen wird.

Das zweite Ziel der Untersuchung ist, die pflanzenbaulichen Maßnahmen zur Minderung der Umweltwirkung durch den Maisanbau in Österreich zu beschreiben. Der Maisanbau in Österreich wird dabei im Bezug auf internationale Referenzsysteme betrachtet. Diesen Fragestellungen widmet sich der zweite Teil der Studie.

Die gemeinsame Betrachtung der wirtschaftlichen und pflanzenbaulichen Befunde gibt Aufschluss über den Stellenwert und die Herausforderungen im Zusammenhang mit dem Mais-

anbau in Österreich. Die günstigen Produktionsbedingungen für Mais und das dadurch mögliche Produktionspotential muss vor dem Hintergrund möglicher Beschränkungen durch die Umwelt oder wirtschaftliche Bedingungen betrachtet werden.

2 Ökonomische Analyse

Franz Sinabell, Mark Sommer und Kurt Kratena

2.1 Mais in der österreichischen Landwirtschaft

2.1.1 Anbau und Produktion von Körnermais, CCM und Silomais in Österreich

In der landwirtschaftlichen Produktion in Österreich kommt Mais eine hervorragende Bedeutung zu. Die pflanzenbaulichen Aspekte werden in einem gesonderten Teil dieser Studie ausführlich behandelt, daher wird hier nur kurz auf die wichtigsten Vorteile dieser Nutzpflanze aus ökonomischer Sicht hingewiesen:

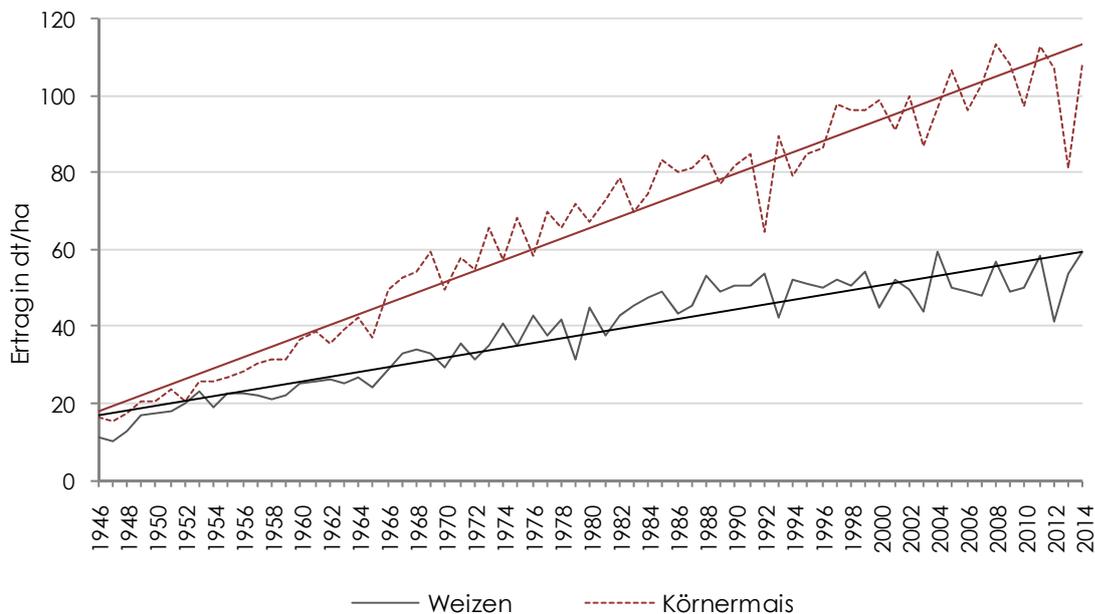
- Hohe Ertragsleistung: Mais ist überaus ertragreich und verglichen mit anderen Kulturen kann mit geringerem Flächen-, Arbeits- und Betriebsmittelaufwand die gleiche Menge an Ernteprodukten erzeugt werden.
- Breite Anwendung durch vielfältige Nutzungsmöglichkeiten: Mais kann als ganze Pflanze als Silomais in der Rinderhaltung oder in Biogasanlagen genutzt werden, Teile des Maiskolbens mit dem Korn werden als CCM (corn cob mix) in der Schweinehaltung eingesetzt, das Korn von "Körnermais" wird für die menschliche Ernährung, als Tierfutter oder als Rohstoff zur industriellen Verwertung genutzt. Einige Sorten eignen sich zur Herstellung von Gemüse, Popcorn oder besonders nachgefragten Inhaltsstoffen (z.B. Amylopektin).
- Produktivitätszuwächse durch laufende Verbesserungen der Sorten: Aufgrund der spezifischen Art der Vermehrung und Züchtung und wegen physiologischer Charakteristika ist die Zucht neuer Sorten lukrativer als für andere Kulturpflanzen. Dies führt - auch ohne den Einsatz gentechnisch veränderter Organismen - zu laufenden Steigerungen der Erträge und vergrößert den Abstand zu anderen Kulturen mit geringerer oder stagnierender Ertragssteigerung.

Vor allem die zuletzt genannte Eigenschaft erklärt, warum Mais in immer stärkerem Umfang angebaut wird und somit unsere Kulturlandschaft prägt. Abbildung 1 zeigt anhand einer Zeitreihe, die unmittelbar nach dem 2. Weltkrieg beginnt, dass zu Beginn der betrachteten Periode sowohl von Weizen als auch Mais ein Ertrag von zwei Tonnen je Hektar (= 20 dt/ha) erzielt werden konnte. Mit der allmählichen Verwendung von Hybridsaatgut kamen immer leistungsfähigere Sorten zum Einsatz und bereits nach einem Jahrzehnt waren die Hektarerträge von Mais deutlich höher als von Weizen. Durch die Entwicklung von speziellen Maschinen und Verfahren (Einzelkornsämaschine, Maiskolben-Vorsatz für Mähdrescher, Feldhäcksler, luftdichte Silos zur verlustfreien Lagerung) wurden die Voraussetzungen geschaffen, die es Betrieben erlauben, Mais mit dem gleichen Arbeitsaufwand zu kultivieren wie andere Getreidearten.

Auch wenn sich die Eigenschaften von Mais und Weizen im Detail stark unterscheiden, so sind die beiden Kulturen dennoch in vielen Aspekten ähnlich. In dem vorliegenden Abschnitt wird daher durchwegs ein Vergleich zwischen den beiden Kulturen angestellt. Erst durch den Vergleich mit einem geeigneten Substitut wird deutlich, welche Vor- und Nachteile mit der Maisproduktion verbunden sind.

Die in Abbildung 1 eingefügten Trendlinien deuten an, dass die Ertragspotentiale von Mais und Weizen auch in Zukunft weiter gesteigert werden können. Ein genauerer Blick auf eine kürzere Zeitperiode macht aber deutlich, dass die langfristige Betrachtung vom Sachverhalt ablenkt, dass in Österreich der durchschnittliche Weizenertrag seit zwei Jahrzehnten de facto stagniert (deutlich sichtbar im Anhang an Abbildung 16), während die Maiserträge laufend gesteigert werden konnten.

Abbildung 1: Langfristige Entwicklung der Hektarerträge



Q: Statistik Austria, Erntestatistik.

Zu den Gründen, warum die Hektarerträge von Weizen und Mais sich in Österreich unterschiedlich entwickelten, zählen:

- Ertragreichere Sorten von Körnermais kommen mit deutlich höherer Frequenz auf den Markt und der Züchtungsfortschritt von Weizen hinkt jenem von Mais hinterher. Ein wesentlicher Grund ist der Umstand, dass Maissaatgut von Landwirten nicht nachgebaut werden kann und daher aus Sicht der Züchter höhere Umsätze erzielbar sind. Starke Konkurrenz unter Saatgutzüchtern hält die Saatgutkosten für die Landwirte dennoch in Grenzen.

- Die vermehrte Produktion von Weizen gemäß den Bestimmungen der Biologischen Landwirtschaft hat zur Folge, dass die Durchschnittserträge gemindert werden. Die Hektarerträge sind im Durchschnitt jeweils um etwa ein Drittel geringer. Bio-Weizen wird aber in deutlich höherem Umfang (2013: ca. 32.000 ha) angebaut als Bio-Körnermais (ca. 13.000 ha), daher fällt dieser Effekt stärker ins Gewicht. Verglichen mit dem Umfang des Anbaus von Weizen und Körnermais insgesamt (ca. 290.000 ha bzw. 200.000 ha) hat der Bio-Anbau nur eine untergeordnete Rolle. Der Effekt auf die Durchschnittserträge durch die Biolandwirtschaft ist daher nur relativ gering.

Übersicht 1: Entwicklung der Anbaufläche und der Ernte von Körnermais und CCM

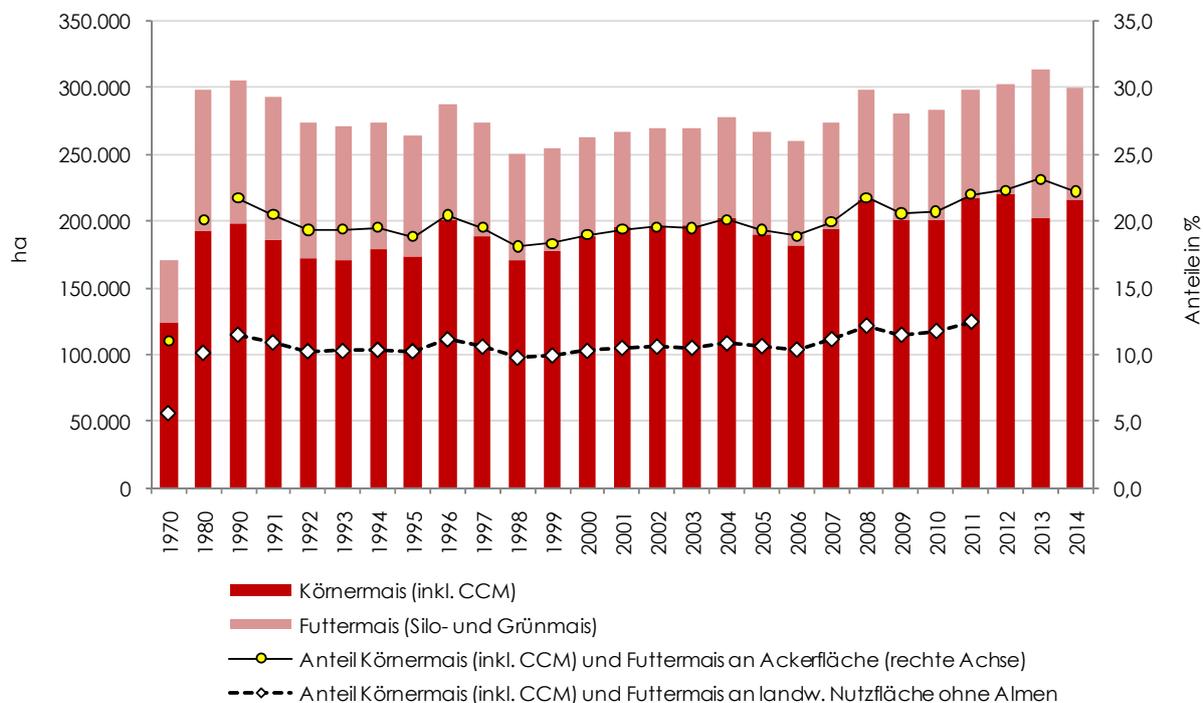
	1970	1980	1990	2000	2010	2011	2012	2013	2014
	Fläche (ha)								
Burgenland	14.596	18.895	25.755	21.499	21.363	24.704	24.982	23.000	24.024
Kärnten	11.250	14.513	16.782	15.503	16.789	17.113	16.412	13.500	14.973
Niederösterreich	26.028	53.014	53.173	49.053	56.783	63.582	66.653	70.056	71.586
Oberösterreich	21.651	38.925	37.460	43.360	48.145	50.932	52.142	45.116	53.084
Salzburg	14	61	25	100	59	59	99	105	87
Steiermark	49.697	66.850	64.465	57.917	57.747	60.461	59.176	50.000	52.363
Tirol	164	64	162	67	44	42	41	36	39
Vorarlberg	107	116	110	53	50	48	47	34	14
Wien	420	509	141	249	156	160	151	70	147
Österreich	123.927	192.947	198.073	187.801	201.137	217.100	219.702	201.917	216.316
	Ernte (t)								
Burgenland	68.887	116.436	220.919	188.327	188.284	264.824	246.576	138.460	238.558
Kärnten	62.875	101.646	153.760	162.319	126.123	194.741	183.322	84.105	181.620
Niederösterreich	118.316	336.637	393.588	429.706	547.301	686.683	639.200	587.071	737.336
Oberösterreich	118.364	282.965	313.192	440.012	455.461	574.513	587.639	387.546	560.037
Salzburg	66	331	211	953	450	594	1.105	798	835
Steiermark	239.470	450.383	535.407	627.127	636.147	729.158	691.173	440.000	614.214
Tirol	916	378	1.329	516	397	454	424	266	396
Vorarlberg	609	656	940	474	463	483	486	231	134
Wien	2.066	3.313	891	2.216	1.363	1.682	1.444	542	1.253
Österreich	611.569	1.292.745	1.620.237	1.851.651	1.955.989	2.453.133	2.351.370	1.639.019	2.334.385

Q: Statistik Austria, Erntestatistik.

In Übersicht 1 wird Anbau und Ernte von Körnermais und CCM im langjährigen Vergleich in den Bundesländern dargestellt. Gegenüber 1970 wird nun auf etwas weniger als der doppelten Fläche fast die vierfache Menge an Mais geerntet. Diese Gegenüberstellung zeigt die enormen Steigerungen der Leistungsfähigkeit von Mais. Im Anhang findet sich eine analoge Zusammenstellung von Flächen und Erntemengen für Grün- und Silomais (siehe Übersicht 18). Anders als im Fall von Körnermais und CCM ist bei Grün- und Silomais eine kontinuierliche Ausweitung der Fläche nicht zu beobachten. Im Gegenteil, zur Mitte der 1980er Jahre wurde

in Österreich in deutlich größerem Umfang Silo- und Grünmais produziert. Verantwortlich für den Rückgang ist in erster Linie ein geringer Bestand Raufutter verzehrender Nutztiere.

Abbildung 2: Entwicklung der Fläche für Körnermais (inkl. CCM) und Futtermais



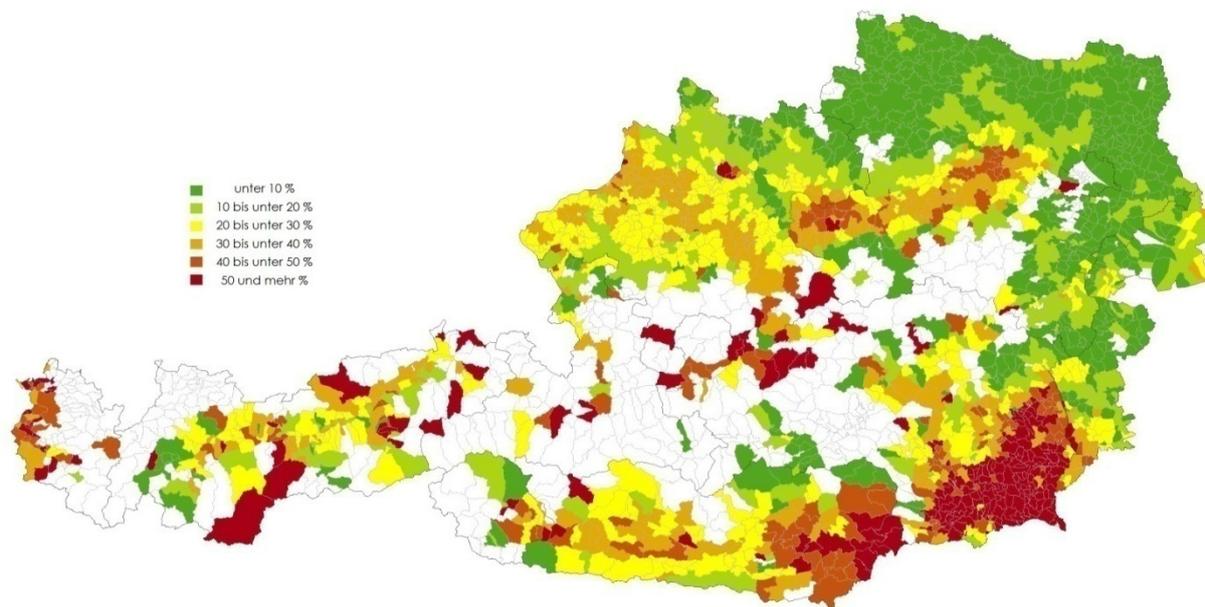
Q: Statistik Austria, Ernteerhebung, diverse Jahre; Statistik Austria, StatCube; WIFO.

In Abbildung 2 ist die Flächenentwicklung im langjährigen Überblick dargestellt. Ab 1990 werden die jährlichen Beobachtungen gezeigt, davor die Flächen im Jahr 1970 und 1980 (siehe linke Skala). Auf der rechten Skala ist mit Hilfe der durchgezogenen Linie (und den gelben Punkten) dargestellt, welcher Anteil des Ackerlandes für Mais verwendet wird. Die Übersicht zeigt, dass nach einem relativ hohen Anteil zu Beginn der 1990er Jahre der Maisanbau zurückging. Seit 2007, dem Jahr in dem die Preise von Agrargütern stark angestiegen sind, ist nun wieder eine Ausdehnung zu beobachten.

Wegen der guten pflanzenbaulichen Eigenschaften von Mais wird in Österreich Körnermais (und CCM) und Silomais fast überall angebaut, wo Ackerbau betrieben wird. Speziell in Grünlandgebieten mit relativ geringem Ackeranteil an der landwirtschaftlichen Nutzfläche wird (Silo-)Mais in starkem Umfang produziert. Silomais ist ein ausgezeichnetes Ergänzungsfutter für Rinder, die überwiegend in Grünlandgebieten gehalten werden (siehe Abbildung 3).

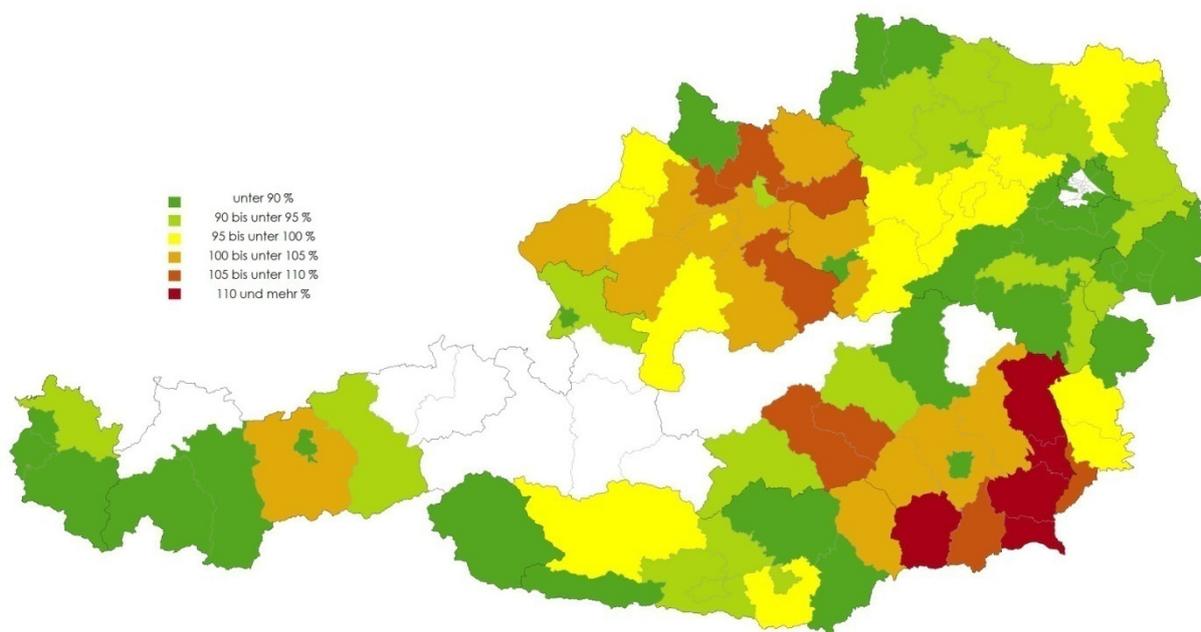
Der Anteil von Mais am Ackerland ist auch in den intensiven Veredelungsgebieten hoch, in denen die Mastschweinproduktion bedeutend ist. In den östlichen Anbauregionen Österreichs wird Mais in eher geringem Umfang produziert (siehe Abbildung 3).

Abbildung 3: Anteil der Fläche für Körnermais, CCM, Silomais und Grünmais an der Ackerfläche insgesamt, 2010



Q: Statistik Austria, Agrarstrukturerhebung 2010; WIFO-Berechnungen. Anmerkung: graue Linien sind Gemeindegrenzen (Stand 2010), schwarze Linien Bundesländergrenzen.

Abbildung 4: Ertragsniveaus für Körnermais (inkl. CCM) nach Bezirken, Abweichung vom Durchschnitt für Österreich, Ø 2009-2013 (5 Jahre)



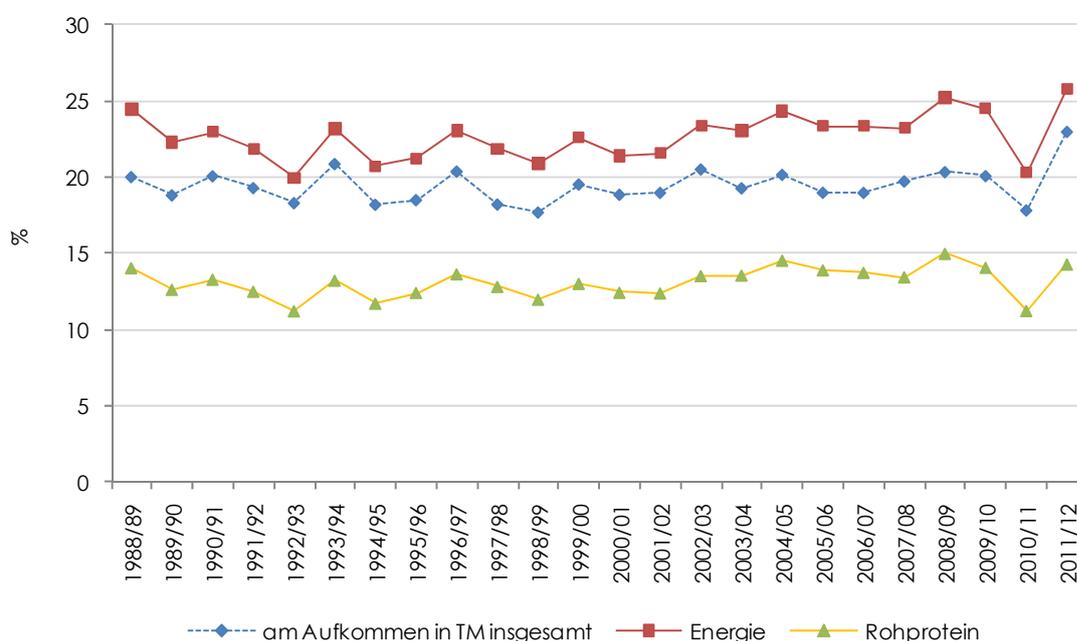
Q: Statistik Austria; WIFO-Berechnungen. Anmerkung: graue Linien sind Bezirksgrenzen, schwarze Linien Bundesländergrenzen. Anmerkung: Der Ertragsdurchschnitt 2009-2013 für Österreich je ha = 100.

Der Ertrag von Mais ist nicht nur jährlichen Schwankungen ausgesetzt, die vor allem von der Wasserverfügbarkeit beeinflusst werden (siehe Abbildung 1). Der Ertrag unterscheidet sich auch räumlich sehr stark. Gebiete mit sehr hohen Durchschnittserträgen sind vor allem im Südosten der Steiermark anzutreffen. Dort sind Wärme und Niederschläge optimal für den Maisanbau und die Hektarerträge erreichen weltweites Spitzenniveau. Aber auch in Oberösterreich sind die Maiserträge überdurchschnittlich hoch, wie die Karte zeigt, in der die Unterschiede im Ertragsniveau auf Bezirksebene dargestellt sind (Abbildung 4).

Ein Blick auf die Verteilung des Anbaues von Mais auf der Ackerfläche und das regionale Ertragsniveau zeigt, dass nicht allein das Ertragsniveau über den Anbau entscheidet. Andere Faktoren, wie z.B. die regionale Ausrichtung auf tierische Veredelung sind ebenfalls von Bedeutung.

Auch die Erträge von Silomais sind regional unterschiedlich (siehe Abbildung 17 im Anhang). Die Karte zeigt, dass hohe Silomaiserträge durchaus auch in inneralpinen Regionen zu beobachten sind. Dies verwundert nicht, da die besten Ackerstandorte in den tiefen Tallagen mit günstigen Temperaturbedingungen sind und diese sich daher für den (Silo-)Maisanbau besonders gut eignen. Da in diesen Regionen die Niederschläge nicht limitierend wirken, werden sehr hohe Biomasseerträge erzielt.

Abbildung 5: Anteil von Körnermais (inkl. CCM) und Futtermais laut Futtermittelbilanz



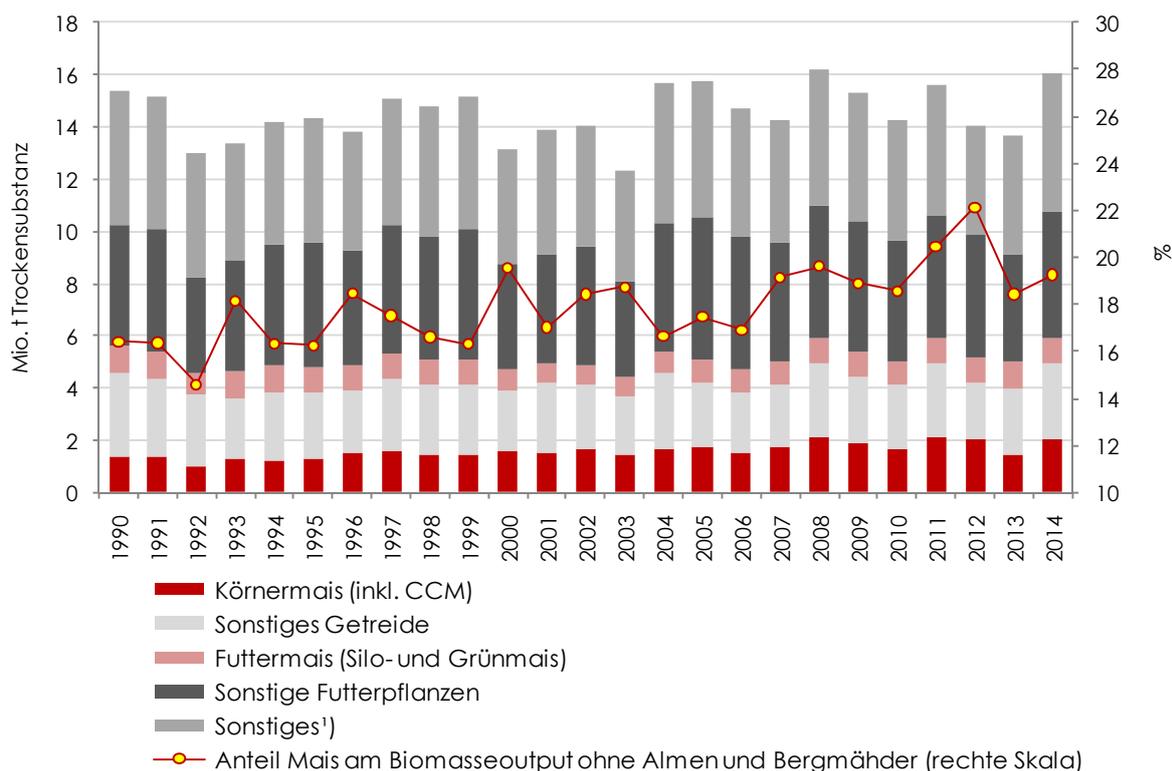
Q: Statistik Austria, Futtermittelbilanz. WIFO-Berechnungen.

Der Blick auf die regionale Verteilung des Maisanbaues in Österreich zeigt, dass eine enge Verflechtung zwischen Veredelungswirtschaft und Maisproduktion herrscht. Bei der Betrachtung

tung der Maisproduktion muss folglich bedacht werden, dass die tierische Veredelung (sei es Milch oder Fleisch) in starkem Maß von der Maisproduktion abhängt.

Dies wird deutlich, wenn man den Futtermiteinsatz von Mais in Österreich im Detail betrachtet. Die Futtermittelbilanz gibt darüber Aufschluss (siehe Abbildung 5). Sie zeigt, dass im langjährigen Durchschnitt etwa ein Fünftel der in der Fütterung eingesetzten Trockenmasse aus Mais (Körnermais, CCM, Grünmais und Silomais) stammt. Bezogen auf den Energiegehalt der Futtermittel, ist der Maisanteil deutlich höher. Nahezu ein Viertel der in der Tierhaltung in Österreich eingesetzten metabolischen Energie basiert auf Mais. Bezogen auf die landwirtschaftliche Nutzfläche ohne Almen und Bergmähder beträgt der Flächenanteil von Mais im langjährigen Durchschnitt etwa zwölf Prozent. Dies zeigt die Ertragskraft dieser Kultur sehr deutlich. Auch der Rohproteinanteil von Mais für die Fütterung ist bedeutend, wenngleich mit annähernd 15 % nicht so hoch wie jener der Trockenmasse und der Energie.

Abbildung 6: Die Produktion von wirtschaftlich nutzbarer Biomasse (nach Abzug von Verlusten in Werbung, Lagerung und Verfütterung) in der österreichischen Landwirtschaft in Millionen Tonnen Trockensubstanz



Q: Statistik Austria, Ernteerhebung, verschiedene Jahrgänge. Buchgraber et al., 2003; DLG Futterwerttabelle; Resch et al. 2006; Resch, R., 2007, Neue Futterwerttabellen für den Alpenraum. 34. Viehwirtschaftliche Fachtagung, HBLFA Raumberg-Gumpenstein; WIFO-Berechnungen. Hinweise: Stroh ist ein Nebenprodukt der Getreideerzeugung (ohne Mais); es wurde ein einheitliches Korn-zu-Stroh-Verhältnis von 1 zu 0,9 unterstellt. Verlustfaktoren gemäß Buchgraber et al., 2003 (Futterwirtschaft) und Statistik Austria (Versorgungsbilanzen); -¹) Obst, Gemüse, Erdäpfel, (Wein-)Gärten, Weiden, Bergmähder, Almen, Rohstoffe auf Bracheflächen und Getreidestroh; -²) Anteil der Biomasse aus Körnermais (inkl. CCM) und Futtermais (Silo- und Grünmais) an der Biomasse auf Ackerfläche.

Der Produktionswert der österreichischen Tierhaltung (tierische Erzeugung gemäß LGR) betrug im Mittelwert der letzten fünf Jahre über 3,1 Mrd. € (gegenüber 2,9 Mrd. € pflanzliche Erzeugung). Der Umstand, dass ein Fünftel der Futtermenge (gerechnet in Trockenmasse) von Mais stammt, unterstreicht die Bedeutung dieser Kulturpflanze für die österreichische Nutztierhaltung.

Mais ist nicht nur eine bedeutende Pflanze für die Fütterung, sondern bedeutend für die Biomasseproduktion insgesamt. Annähernd 20 % der Biomasseproduktion der österreichischen Landwirtschaft (gerechnet in Trockenmasse) basieren auf Mais (siehe Abbildung 6). Wie die Zeitreihe seit 1990 zeigt, steigt die Bedeutung kontinuierlich an.

Der Vergleich der Erträge von Biomasse (Abbildung 6) mit der Entwicklung der Flächen und Flächenanteile (Abbildung 2) gibt Aufschluss darüber, dass letztlich die Maisproduktion dafür verantwortlich ist, dass der Output von Biomasse in der österreichischen Landwirtschaft weitgehend auf dem gleichen Niveau wie zu Beginn der 1990er Jahre ist, obwohl die landwirtschaftlichen Flächen, insbesondere die Ackerflächen, seitdem deutlich abgenommen haben. Im Jahr 1980 waren in Österreich 1,45 Mio. ha Ackerland verfügbar, 1990 war die Ackerfläche auf 1,41 Mio. ha gesunken (BMLFUW, 2014 Tab. 3.1.5) und gemäß der letzten Agrarstrukturhebung verringerte sich das Ackerland auf 1,36 Mio. ha im Jahr 2013 (vgl. Statistik Austria, 2014). Innerhalb von 33 Jahren ist die Ackerfläche demgemäß um mehr als 90.000 ha (das entspricht 6,2 %) zurückgegangen.

In Bezug auf Anbau und Produktion lässt sich die Rolle bzw. Bedeutung von Mais für die österreichische Landwirtschaft wie folgt zusammenfassen:

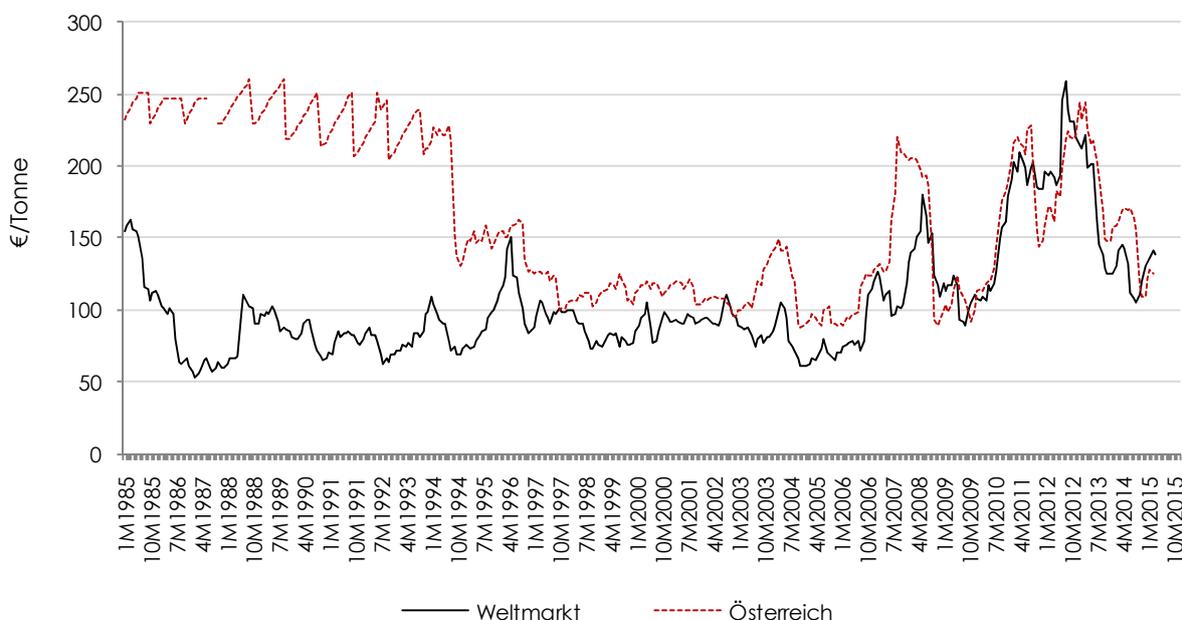
- Mais (Körnermais, CCM, Silomais, Grünmais) ist eine der wenigen Kulturen bei der auch in den letzten Jahren kontinuierliche Ertragssteigerungen beobachtet wurden;
- die Ertragszuwächse dieser Kultur sind ein wesentlicher Faktor, um trotz abnehmender Produktionsflächen die Menge an Biomasse annähernd konstant zu halten;
- auf einer vergleichsweise kleinen Fläche (ca. 12 % der landwirtschaftlichen Nutzfläche ohne Almen und Bergmähder) wird ein signifikanter Beitrag zur Biomasseproduktion (ca. 20 % ohne Almen und Bergmähder) geleistet;
- der Nährstoffgehalt von Mais - sowohl Korn, Kolben als auch ganze Pflanze - ist vergleichsweise hoch. Dies kommt dadurch zum Ausdruck, dass etwa ein Fünftel des Tierfutters (gerechnet in Trockenmasse) auf Mais basiert;
- der Maisanbau ist nicht zuletzt deshalb in Regionen, in denen auch die Viehwirtschaft eine bedeutende Rolle spielt, relativ stark verbreitet; neben der hohen Ertragskraft ist von Bedeutung, dass Mais sich vorzüglich eignet, die im Wirtschaftsdünger enthaltenen Nährstoffe in Biomasse umzuwandeln.

2.1.2 Preisentwicklung von Körnermais in der Vergangenheit und erwartete Preise

Körnermais ist ein international gehandelter Agrarrohstoff. Die Preisentwicklung im Inland folgt seit dem EU-Beitritt Österreichs den internationalen Tendenzen. Analysen zur Preistransmission (Sinabell, Morawetz und Holst, 2014) ergeben, dass die österreichische Preisentwicklung vor allem von den Entwicklungen in Frankreich und Italien abhängt.

Der langfristige Vergleich der Preisentwicklung in Österreich und auf dem Weltmarkt zeigt, dass seit dem Jahr 2007 jene Periode vorbei ist, in der die österreichischen Preise systematisch über den Weltmarktpreisen gelegen sind. Seit 2009 werden Perioden beobachtet, in denen die Preise in Österreich zum Teil deutlich unter dem Weltmarktpreisniveau liegen (vgl. Abbildung 7). Verantwortlich für solche Phasen sind vor allem regionale Faktoren wie hohe Ernten in unmittelbaren Nachbarländern (wie z.B. Ungarn) oder qualitätsbedingte Abschläge (z.B. hoher Mykotoxingehalt).

Abbildung 7: Preisentwicklung von Körnermais



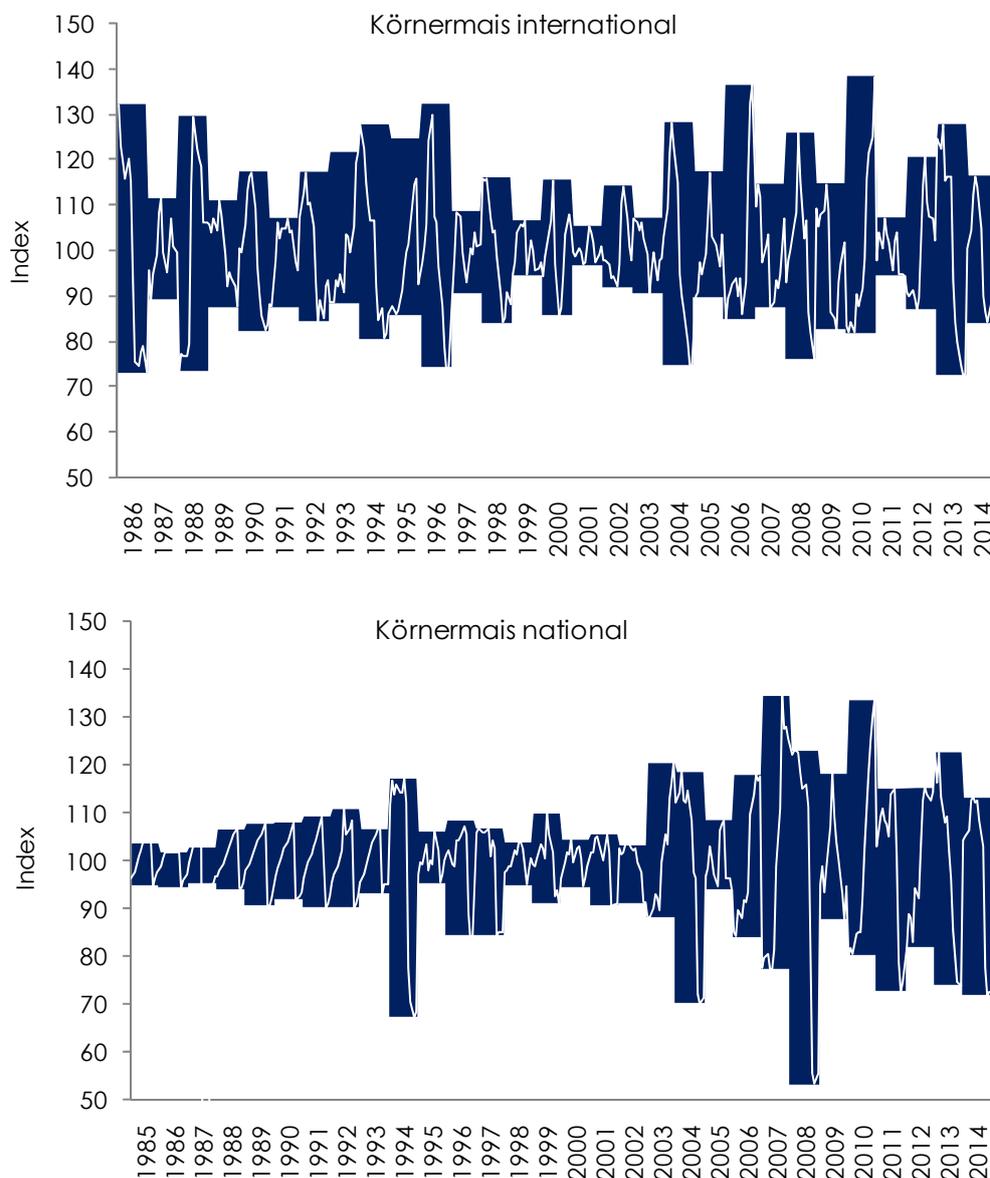
Q: Hamburgisches WeltWirtschaftsinstitut, HWWI-Rohstoffpreisindex; Statistik Austria, Erzeugerpreisstatistik; WIFO-Berechnungen. Anmerkung: Weltmarkt: US Nr. 2 gelb, erstnotierter Monat Chicago umgerechnet von bushel in Tonnen (1 bushel = 25 kg); Österreich: Erzeugerpreis Körnermais.

Maisproduzenten können sich folglich dem Einfluss der internationalen Märkte nicht entziehen. Auch wenn Mais direkt am Betrieb verfüttert wird und somit gar nicht auf den Markt kommt, sind die Preissignale für die Landwirte spürbar und zwar wegen der Opportunitätskosten bzw. der Kosten für vergleichbares Futter.

Die Profitabilität der Maisproduktion in Österreich entzieht sich folglich zu einem bedeutenden Teil der Kontrolle im Inland, da sich die Preise auf internationaler Ebene bilden und ein "Öster-

reichbonus" in Form von (geringen) systematischen Preisaufschlägen, so wie er etwa im Bereich der Milch zu beobachten ist, sich am Markt für Mais nicht durchsetzen lässt.

Abbildung 8: Preisvolatilität international und in Österreich

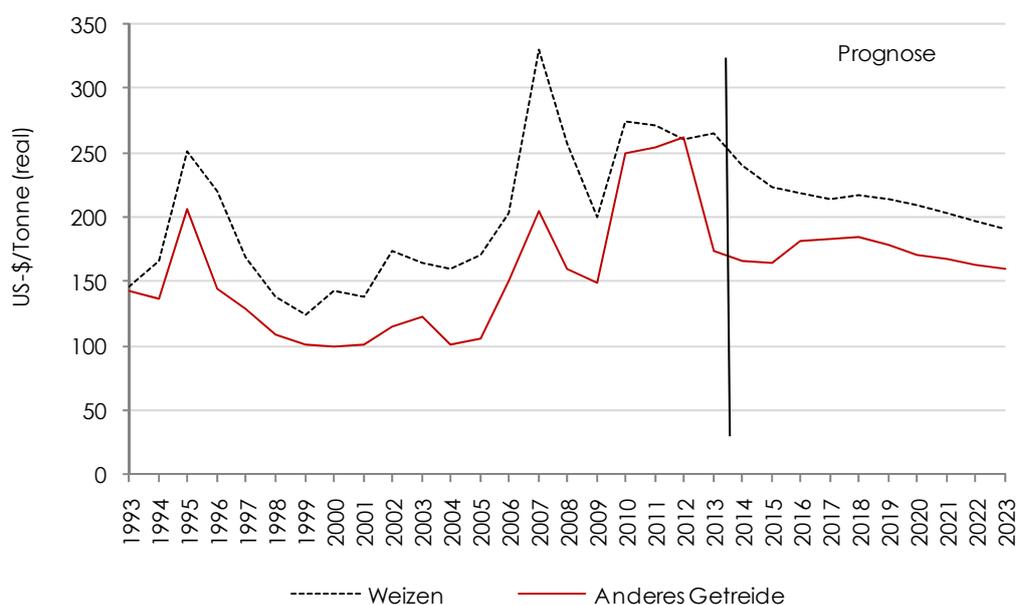


Q: Eigene Berechnungen auf Basis von: Hamburgisches WeltWirtschaftsinstitut, HWWI-Rohstoffpreisindex; Statistik Austria, Erzeugerpreisstatistik. Anmerkung: Weltmarkt: US Nr. 2 gelb, erstnotierter Monat Chicago umgerechnet von bushel in Tonnen (1 bushel = 25 kg); Österreich: Erzeugerpreis Körnermais.

Für die Rentabilität einer Kultur sind nicht nur die erwarteten Erträge und die erzielbaren Preise von Relevanz, sondern auch die Volatilität von geernteten Mengen und von Preisen. Eine einfache Veranschaulichung der Volatilität wird in Abbildung 8 gezeigt. Im vorgestellten In-

der jeweilige jährliche Durchschnittspreis auf 100 gesetzt und die monatlich beobachteten Preise werden dazu ins Verhältnis gesetzt. Die Gegenüberstellung der Indizes auf internationalen Märkten und in Österreich zeigt, dass bis etwa zum Jahr 2002 relativ geringe unterjährige Preisschwankungen beobachtet wurden. Ab 2003 hat sich das deutlich geändert mit Phasen, in denen die Preisschwankungen in Österreich stärker waren als am Weltmarkt. Aus betriebswirtschaftlicher Sicht ist das ein Indiz, dass das Preisrisiko in Österreich vergleichsweise hoch ist.

Abbildung 9: Ausblick Preisentwicklung von Weizen und anderem Getreide – real



Q: OECD-FAO, 2014.

Für die Produktionsentscheidung sind neben den Beobachtungen in der Vergangenheit vor allem die Preiserwartungen in der Zukunft von Bedeutung. Anhaltspunkte dafür liefern einerseits Notierungen von Futures an Börsen. Diese spiegeln aber im Wesentlichen lediglich die aktuelle Lage am Kassamarkt wider, korrigiert um Lager-, Transport- und Kapitalkosten. Einen Ausblick auf die längerfristige Entwicklung geben Preisprognosen von OECD und FAO, die jährlich aktualisiert werden.

Zuletzt wurden die Marktperspektiven bis 2023 im Sommer 2014 vorgelegt (vgl. OECD-FAO, 2014). Gemäß diesen Prognosen ist zwar damit zu rechnen, dass die erwarteten nominellen Preise von "anderem Getreide" (darunter fällt Körnermais) gegenüber dem Preisniveau der Vergangenheit leicht steigen werden (Abbildung 18). Die erwarteten realen Preise dürften sich den Markteinschätzungen zufolge jedoch auf ein niedrigeres Niveau einpendeln (siehe Abbildung 9).

Die Entwicklung, die sich abzeichnet, ist für Konsumenten erfreulich, da sie zu einer Dämpfung der Lebenshaltungskosten beiträgt. Für Landwirte bedeutet es allerdings, dass es weiterhin nötig ist, durch Steigerung der physischen Erträge den absehbaren Rückgang der realen Preise zu kompensieren, um zumindest die Erlöse je Hektar konstant zu halten.

In Bezug auf die Preisentwicklung von Mais in der österreichischen Landwirtschaft lässt sich die Situation wie folgt zusammenfassen:

- Die Entwicklung der Preise in Österreich wird auf dem Weltmarkt weitgehend determiniert;
- Preisabweichungen gegenüber dem Weltmarktpreis sind die Regel, sie gehen jedoch in beide Richtungen, es gibt längere Phasen, in denen die österreichischen Preise niedriger sind als am Weltmarkt;
- für die Rentabilität der Maisproduktion sind die physischen Erträge und die Preise relevant - beide Größen sind sehr volatil und dies bedeutet hohe Produktionsrisiken für die Erzeuger;
- die Preiserwartungen für Maisproduzenten sind gemischt: Nominell ist ein leicht steigendes Niveau zu erwarten, die realen Preise dürften aber im kommenden Jahrzehnt sinken; um zumindest die erwarteten realen Erlöse konstant zu halten, sind daher physische Ertragssteigerungen nötig.

2.1.3 Produktionswert von Mais und ausgewählte Kennzahlen der LGR

Ein umfassendes Bild über die Produktion des Agrarsektors gewinnt man aus einem Satellitenkonto der volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung, der Landwirtschaftlichen Gesamtrechnung (LGR). In dieser Statistik wird neben der Einkommensrechnung auch der Produktionswert der Landwirtschaft jährlich detailliert erfasst.

Der Produktionswert von Mais ist in zwei Positionen enthalten. Körnermais ist eine Teilposition von Getreide und wird auch extra ausgewiesen. Die Auswertungen zeigen, dass der Produktionswert von Körnermais im Durchschnitt der letzten Jahre über 360 Mio. € betrug. Die Zeitreihe (Übersicht 2) zeigt, wie volatil der Produktionswert ist. Im Jahr 2013 war der Produktionswert halb so hoch wie 2012, obwohl der Anbauumfang um weniger als 20 % abgenommen hat. 2013 war ein besonderes Jahr für den Maisanbau. Aufgrund widriger Witterung (vor allem Trockenheit) kam es zu hohen Ertragsausfällen (vgl. Übersicht 1). Um einen Totalausfall der Ernte zu vermeiden, wurden über 20.000 Hektar nicht als Körnermais geerntet, sondern als Silomais. In der Anbaustatistik ist im Jahr 2013 daher eine Ausweitung der Silomaisfläche gegenüber dem Vorjahr sichtbar, während die Körnermais- und CCM-Fläche deutlich abgenommen hat.

Mais, der unmittelbar zur Verfütterung in den Betrieben angebaut und geerntet wird, ist eine Teilkomponente der Position "Futterpflanzen" in der LGR. Der Produktionswert für Mais wird weitgehend analog wie für Marktfrüchte ermittelt, die Bewertung orientiert sich aber nicht am Marktwert, sondern an den Produktionskosten. Diese sind weniger volatil und tragen dem Umstand Rechnung, dass Futterpflanzen nur im geringen Umfang gehandelt werden, sondern

vor allem für die eigenen betrieblichen Zwecke produziert werden. In den letzten Jahren (mit Ausnahme der Sondereffekte im Jahr 2013) wurden meist auf etwas mehr als 80.000 ha Silomais produziert (Übersicht 18). Die Produktionskosten für Futter- und Silomais betragen in normalen Jahren annähernd 125 Mio. € also etwa ein Viertel des Produktionswerts der Futterpflanzen gemäß LGR. Bezogen auf die Trockenmasse entspricht der Ertrag von Silomais etwa einem Drittel des Ertrags der Futterpflanzen.

Übersicht 2: Kennzahlen der Landwirtschaftlichen Gesamtrechnung (LGR)

Jahr	1995	2000	2005	2010	2011	2012	2013
Position	Mio. € zu Erzeugerpreisen						
PFLANZLICHE ERZEUGUNG	2.027,24	2.024,09	2.065,35	2.770,60	3.267,56	3.239,99	2.917,65
GETREIDE (einschl. Saatgut)	511,74	470,28	404,76	789,82	882,88	1.004,42	699,4
Weizen (inkl. Dinkel)	139,47	141,70	109,13	273,38	286,96	262,76	238,58
Körnermais	198,78	200,03	176,82	330,24	356,53	509,27	253,23
Ölsaaten und Ölfrüchte	66,98	48,29	67,22	172,78	194,1	177,15	145,36
Sojabohnen	4,8	5,76	11,19	28,09	35,22	46,34	30,73
FUTTERPFLANZEN	484,37	442,09	456,38	493,94	559,47	573,84	512,78
TIERISCHE ERZEUGUNG	2.405,81	2.515,15	2.543,21	2.840,07	3.188,29	3.307,91	3.433,37
ERZEUGUNG LANDWIRT. GÜTER	4.433,05	4.539,23	4.608,57	5.610,67	6.455,29	6.547,91	6.351,02
LANDWIRT. DIENSTLEISTUNGEN	154,91	179,74	201,98	243,42	297,06	294	287,71
LANDWIRTSCHAFTLICHE ERZEUGUNG	4.587,96	4.718,97	4.810,54	5.854,08	6.752,35	6.841,91	6.638,73
NICHTLANDW. NEBENTÄTIGKEITEN	314,72	374,88	339,84	377,86	363,08	359,4	390,61
ERZ. D. LW. WIRTSCHAFTSBEREICHS	4.902,67	5.093,85	5.150,39	6.231,95	7.115,43	7.201,31	7.029,34

Q: Statistik Austria, Landwirtschaftliche Gesamtrechnung (LGR). Stand November 2014.

Die Maisproduktion nimmt aus ökonomischer Sicht einen großen Stellenwert in der österreichischen Pflanzenproduktion ein. Setzt man den Wert von Körnermais (und Silomais) in Relation zur gesamten pflanzlichen Erzeugung, so beträgt der Wertanteil 11 % (bzw. 16 %) im Durchschnitt der letzten fünf Jahre. In Bezug auf die Getreideproduktion betrug der Wertanteil von Körnermais 42 %.

In Bezug auf den Produktionswert von Mais in der österreichischen Landwirtschaft lässt sich die Situation wie folgt zusammenfassen:

- Körnermais ist jene Kultur unter den Getreidearten mit dem höchsten Anteil an der Produktion.
- Der Wert der Produktion unterliegt hohen jährlichen Schwankungen, da sowohl Anbau, Hektarerträge und Preise jährlichen Änderungen unterliegen.
- Silomais ist eine wichtige Futterpflanze und liefert im langjährigen Durchschnitt etwa ein Drittel der Biomasse, die Produktionskosten werden auf 125 Mio. € geschätzt.

2.1.4 Ausgewählte betriebswirtschaftliche Aspekte der Maisproduktion

Der hohe Anbauumfang von Mais und die herausragende Bedeutung in der österreichischen Pflanzenproduktion sind in erster Linie betriebswirtschaftlich begründet. Dies wird deutlich, wenn man die Deckungsbeiträge von Mais mit anderen Kulturen vergleicht. Mit Hilfe der Deckungsbeiträge kann die betriebswirtschaftliche Rentabilität von Aktivitäten verglichen werden. In Übersicht 3 wird ein solcher Vergleich zwischen Körnermais und Mahlweizen vorgestellt (einen Vergleich von Silomais und Grassilage zeigt Übersicht 19).

Übersicht 3: Deckungsbeiträge und Kalkulationsdaten Körnermais und Mahlweizen

Grundlegende Angaben	Einheit	Körnermais	Mahlweizen
Betrachtungszeitraum		2011-2013	2011-2013
Einschließlich MwSt.		Ja	Ja
Schlaggröße	ha	2	2
Feldarbeitsbedarf	AKh/ha	5,9	6,7
Anmerkung		Vermarktungsform trocken	ohne Strohbergung
Erntefeuchte	%	26,67	–
Endfeuchte	%	14,00	–
Ertrag (Korntrag)	dt/ha	100,40	51,60
Erzeugerpreise	€/dt	19,43	19,26
Leistungen			
Verkauf Korn	€/ha	1.950,80	993,80
sonstige marktfähige Leistungen	€/ha	0,00	0,00
Summe Leistungen	€/ha	1.950,80	993,80
Variable Kosten			
Saatgut	€/ha	171,50	76,20
Dünger	€/ha	360,70	231,90
Pflanzenschutz	€/ha	80,00	33,90
Variable Maschinenkosten	€/ha	346,00	335,70
Trocknung	€/ha	388,70	15,80
Lohnkosten für Saison-Arbeitskräfte	€/ha	0,00	0,00
Hagelversicherung	€/ha	24,40	24,40
Summe variable Kosten	€/ha	1.371,30	717,90
Deckungsbeitrag	€/ha	579,50	275,90

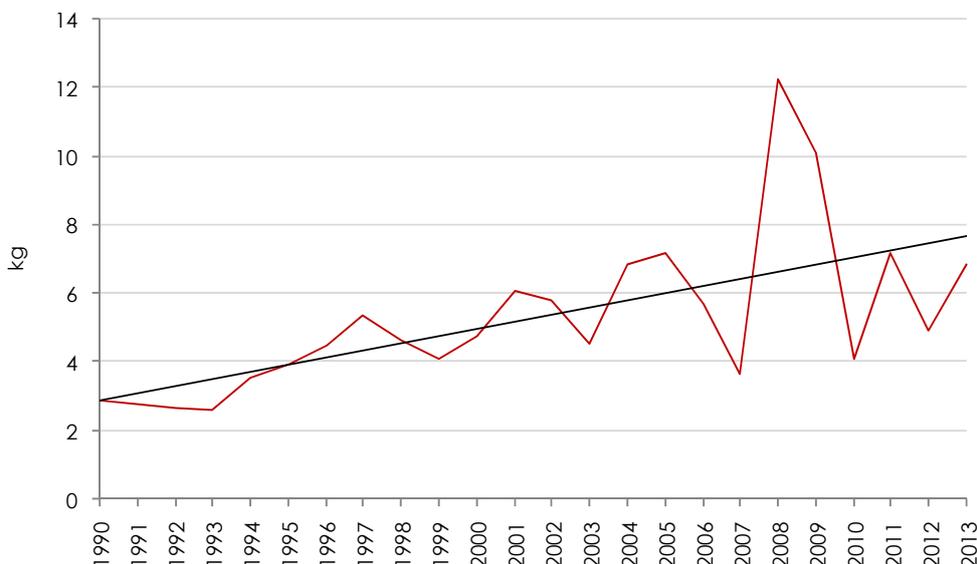
Q: Bundesanstalt für Agrarwirtschaft, AWI-Deckungsbeiträge und Kalkulationsdaten (im Internet verfügbar unter: <http://www.awi.bmlfuw.gv.at/idb/default.html>, abgerufen am 15.12.2014). Anmerkung: Mahlweizen = Winterweizen.

Die Übersicht zeigt, dass im Durchschnitt der Jahre 2011 bis 2013 auf einem typischen Standort in Österreich pro Hektar ein Deckungsbeitrag von 580 € erzielt werden konnte. Der Deckungsbeitrag von Mahlweizen betrug im selben Zeitraum weniger als die Hälfte. Die Produktionskosten von Körnermais waren fast doppelt so hoch. Dieser Nachteil wurde aber durch den mehr als doppelt so hohen Erlös je Hektar mehr als ausgeglichen. Besonders ins Auge fällt, dass Arbeitsaufwand (siehe Position Feldarbeitsbedarf) von Körnermais sogar geringer ist als jener von Weizen.

Anders als bei Körnermais im Vergleich zu Mahlweizen sind die betriebswirtschaftlichen Vorteile von Silomais im Vergleich zu Grassilage nicht augenfällig. Für typische Standorte in Österreich, für welche die Beispielkalkulation (Übersicht 19) zutrifft, zeigen sich keine besonderen Vorteile des Maisanbaus. Geringfügig niedrigere Kosten bezogen auf den Energiegehalt stehen höhere Kosten bezüglich des Rohproteingehalts gegenüber. Auch die Arbeitszeitbelastung ist identisch.

Diese Faktoren tragen wahrscheinlich zur Erklärung bei, warum der Silomaisanbau, der in den 1980er Jahren den Höhepunkt erreichte, deutlich abgenommen hat. Ein weiterer Grund dafür ist der starke Rückgang der Stierproduktion, jene Aktivität, bei der Maissilage als wichtigste Grundfutterkomponente eine große Rolle spielt. Im Jahr 1985 war der Bestand mit 323.000 Stieren und Ochsen am höchsten. Ende 2013 betrug der Bestand mit 164.000 Stück nur noch etwa die Hälfte.

Abbildung 10: Tauschverhältnis von Körnermais zu Stickstoffdünger (bezogen auf N-Gehalt)



Q: Statistik Austria, diverse Jahrgänge, WIFO-Berechnungen; Dünger: Kalkamonsalpeter (27%N)

Ein wichtiger Aspekt in der betriebswirtschaftlichen Beurteilung einzelner Aktivitäten ist die Entwicklung der Produktionskosten. Die Zusammenstellung in Übersicht 3 zeigt, dass 2011-2013 der Aufwand für Dünger eine der größten Ausgabepositionen in der Körnermaisproduktion war. Die langfristige Entwicklung der Kosten für Dünger ist exemplarisch am Beispiel Stickstoffdünger in Abbildung 10 dargestellt. Die rote Linie zeigt, wie viele Kilogramm Körnermais verkauft werden mussten, um 1 kg Stickstoffdünger (in Form von N) zu erwerben. Die schwarze Linie gibt die Trendentwicklung an. Zu Beginn der vorgestellten Zeitreihe, Anfang der 1990er Jahre, waren knapp 2,5 kg Körnermais erforderlich, um 1 kg Stickstoffdünger zu erwerben.

Zum Ende der Betrachtungsperiode verteuerte sich Dünger beträchtlich. Zuletzt waren annähernd 8 kg Körnermais nötig.

Dieser Sachverhalt hat wichtige Implikationen. Die Verteuerung des Betriebsmittels führt dazu, dass Landwirte zunehmend größere Sorgfalt aufwenden, um Dünger möglichst effizient einzusetzen. Die Düngung in Teilgaben ist lohnend, wenn die Effektivität dadurch gesteigert werden kann. Ein weiterer Aspekt ist, dass Wirtschaftsdünger wertvoller wird, wenn sich die Kosten für Mineraldünger erhöhen. Dies hat zur Folge, dass auch die Anreize steigen, Mist, Jauche und Gülle so einzusetzen, dass die Verluste möglichst gering gehalten werden. Verlustreduzierende Technologien (z.B. Schleppschlauchgüllefässer) werden daher vermehrt eingesetzt. Da dadurch die gasförmigen Emissionen und die Nährstoffverfrachtung in tiefere Bodenschichten und das Grundwasser tendenziell reduziert werden, ist mit einer Verringerung der Belastung durch Nährstoffe (vor allem Stickstoff) zu rechnen. Aus Sicht der Maisproduzenten läuft die Veränderung der Kostenrelationen letztlich allerdings auf eine Verringerung der Rentabilität hinaus. Denn die Umsetzung von Maßnahmen zur Erhöhung der Wirksamkeit des Düngers ist nur mit mehr Aufwand und mit höheren Kosten möglich.

In Bezug auf betriebswirtschaftliche Aspekte der Maisproduktion in der österreichischen Landwirtschaft lässt sich die Situation wie folgt zusammenfassen:

- Körnermais ist auf typischen Standorten in Österreich aus betriebswirtschaftlicher Sicht interessanter als Weizen. Bei ähnlichem Aufwand in der Kultivierung führt der deutlich höhere Ertrag zu besseren Deckungsbeiträgen.
- Die Silomaisproduktion ist aus betriebswirtschaftlicher Sicht dem alternativen Produktionsverfahren Grassilage auf typischen Standorten nicht eindeutig überlegen. Der beobachtete Rückgang in der Produktion ist vor allem auf die Verringerung der Stierbestände zurückzuführen.
- Immer mehr Mais ist nötig, um dieselbe Menge an Dünger eintauschen zu können. Stickstoffdünger wird dadurch immer kostbarer. Dadurch steigen die Anreize, die im Dünger (auch Wirtschaftsdünger) enthaltenen Nährstoffe möglichst effektiv einzusetzen. Zu erwarten ist, dass dadurch die produktionsbedingten Verluste von Nährstoffen, die in die Umwelt gelangen, verringert werden.

2.1.5 Saatmais: Züchtung und Vermehrung

In Österreich wird Saatmais sowohl gezüchtet als auch vermehrt. Maiszüchtung wird von vier Unternehmen durchgeführt (Neuhof Rohrau, Pioneer, Saatbau Linz und Saatzucht Gleisdorf; Saatgut Austria, 2014). Die wirtschaftliche Bedeutung dieser Unternehmen wird dadurch unterstrichen, dass es den klein- bzw. mittelständischen Unternehmen gelingt, in einem hoch kompetitiven Markt zu bestehen und vor kurzem getätigte Investitionen (vgl. Saatzucht Gleisdorf, 2013) legen nahe, dass die Saatgutzüchtung in Österreich eine Wachstumsperspektive hat. Es gibt keine Statistik über wirtschaftliche Aspekte der Maissaatgutzüchtung in Österreich. Über die Saatgutwirtschaft insgesamt ist bekannt, dass im Jahr 2013 der Umsatz 108 Mio. € betrug und dass etwa 650 Personen beschäftigt waren (BMLFUW, 2014). Anhaltspunkte über die rela-

tive Bedeutung der Maissaatgutzucht gewinnt man mit einem Blick auf die Statistiken zur Saatgutvermehrung.

Die Vermehrung von Mais wird von einer größeren Anzahl von Unternehmen in Kooperation mit Landwirten durchgeführt. Die Bedeutung von Maissaatgutvermehrung wird deutlich, wenn man die gesamten Anerkennungsflächen von Saatgutvermehrungen von Getreide (einschließlich Mais) von knapp über 28.000 ha im Jahr 2013 der Fläche für den Maisanbau von 8.926 ha gegenüberstellt (Bundesamt für Ernährungssicherheit, 2013a). Der Anbau von Saatmais wird überwiegend im Burgenland (2013: 3.487 ha), in Niederösterreich (3.037 ha), in der Steiermark (1.215 ha) und in Oberösterreich (1.182 ha) betrieben (Bundesamt für Ernährungssicherheit, 2013b). Insgesamt wurde in Österreich im Jahr 2013 auf 36.083 ha Saatgut erzeugt (Anerkennungsfläche laut BMFLUW, 2014, Tab. 1.2.1)

Innerhalb eines Jahrzehnts wurde die Fläche der Saatgutvermehrung vervielfacht. Im Jahr 2004 betrug die Fläche für Maissaatgut lediglich 2.248 ha. In der Saison 2013/2014 wurden durch die AGES 15.446 t Maissaatgut zertifiziert, das in Österreich vermehrt wurde. Die Menge des nicht in Österreich erzeugten Saatguts, das zertifiziert wurde, war etwas geringer, und zwar 13.790 t.

Da die Saatmaisproduktion profitabler (aber auch aufwendiger) ist als die Körnermaisproduktion, kann durch die Produktionsausweitung die Wertschöpfung gesteigert werden. Öffentlich verfügbare Deckungsbeitragskalkulationen dazu liegen nicht vor, um den Vorteil der Saatgutvermehrung gegenüber der Körnermaisproduktion zu quantifizieren.

In Bezug auf die Saatgutwirtschaft lässt sich die Situation wie folgt zusammenfassen:

- Maissaatgut wird in Österreich gezüchtet, vermehrt und international vermarktet.
- Die damit verbundene Wertschöpfung lässt sich nicht eindeutig beziffern. Anhaltspunkte liefert der Sachverhalt, dass in der österreichischen Saatgutwirtschaft ca. 650 Personen beschäftigt sind und Maissaatgut auf etwa einem Viertel der Vermehrungsfläche insgesamt vermehrt wird.
- Aus den Mengen des zertifizierten Maissaatguts kann auf die Herkunft rückgeschlossen werden. Etwas mehr als die Hälfte davon stammt in Österreich (die Zuchtlinien stammen dabei zum Teil aus dem Ausland).

2.2 Mais in der österreichischen Nahrungs- und Futtermittelwirtschaft und in der industriellen Verwertung

2.2.1 Befunde der österreichischen Versorgungsbilanz

Neben der Landwirtschaftlichen Gesamtrechnung ist die Versorgungsbilanz eine wichtige Statistik, die Aufschluss über die Bedeutung von Mais liefert. In die Versorgungsbilanz geht die heimische Erzeugung (in Mengen und nicht in Werten) neben Lageränderung sowie Importen und Exporten ein. Eine wichtige Kennzahl ist die Inlandsverwendung (Übersicht 4). Körnermais wird in der Versorgungsbilanz als eigene Position ausgewiesen. Die entsprechende Statistik ist Teil der Versorgungsbilanz für Getreide (Übersicht 21). Wie der Übersicht 4 zu entnehmen ist,

Überwiegen die Einfuhren von Körnermais die Ausfuhren in den letzten Jahren. In den meisten Jahren der Zusammenstellung war die Inlandsverwendung höher als die Erzeugung.

Übersicht 4: Erzeugung und Verwendung von Körnermais

	Erzeugung	+ Anfangsbestand	- Endbestand	+ Einfuhr	- Ausfuhr	= Inlandsverwendung
	1.000 t					
1995/96	1.474	57	94	375	123	1.688
2000/01	1.852	113	160	609	330	2.084
2005/06	2.021	249	211	471	587	1.943
2006/07	1.746	211	188	699	614	1.855
2007/08	1.995	188	212	354	552	1.773
2008/09	2.449	212	199	488	721	2.229
2009/10	2.169	199	150	658	667	2.208
2010/11	1.956	150	256	953	561	2.242
2011/12	2.453	256	244	807	701	2.570
2012/13	2.351	244	222	912	870	2.415
2013/14	1.639	222	183	1.225	624	2.279
2014/15	2.334	.	.	.	.	.

Q: Statistik Austria, Versorgungsbilanz für Getreide.

Übersicht 5: Verwendung von Körnermais

	Industrie	Saat	Futter	Verluste	Nahrung
	1.000 t				
1995/96	328	9	1.227	66	59
2000/01	649	8	1.223	72	132
2005/06	445	8	1.264	76	151
2006/07	541	9	1.074	61	171
2007/08	477	9	1.042	68	176
2008/09	641	9	1.318	83	178
2009/10	733	9	1.221	74	171
2010/11	949	9	1.042	68	174
2011/12	1.036	9	1.261	84	180
2012/13	866	10	1.281	72	186
2013/14	876	9	1.157	51	186

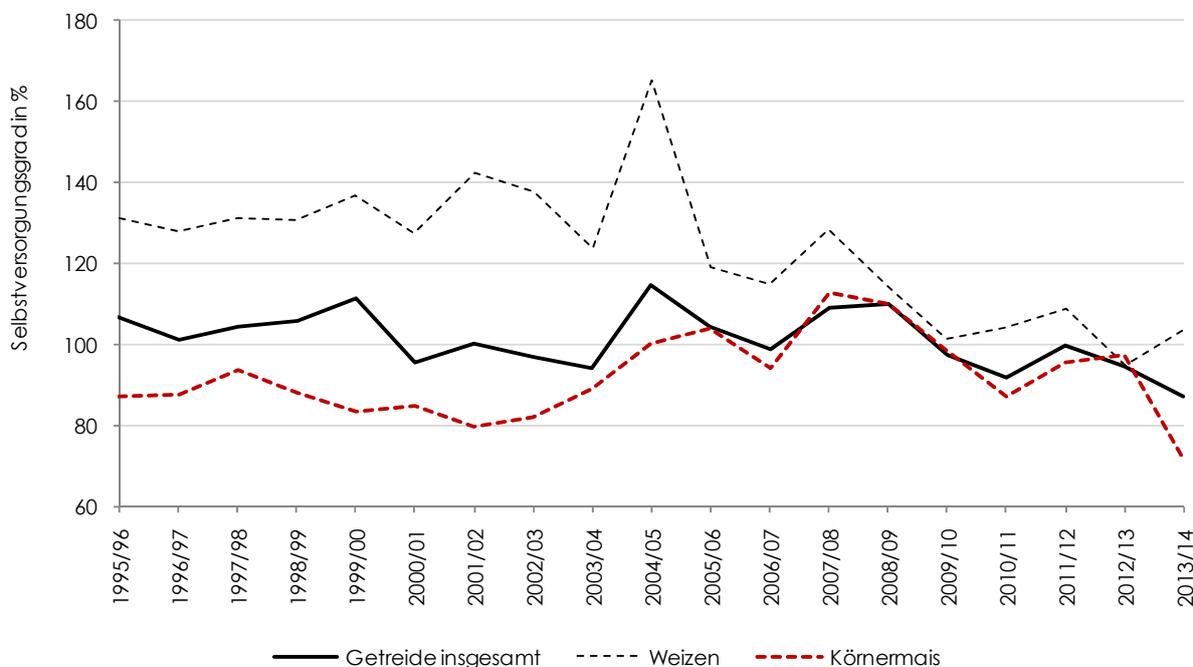
Q: Statistik Austria, Versorgungsbilanz für Getreide.

Die Versorgungsbilanz gibt nicht nur Aufschluss über Aufkommen und Inlandsverwendung insgesamt, sondern liefert differenzierte Daten zur Verwendung nach verschiedenen Einsatzzwecken. In Übersicht 5 werden die Einsatzmengen für Nahrung, Futter, Saat und Industrie gegenübergestellt. Der Verbrauch für Nahrungszwecke nahm - wie die Daten zeigen - kontinuierlich, aber nur leicht zu. Etwa die sechsfache Menge, eine Million Tonnen Körnermais, wurden im Durchschnitt der letzten Jahre in der Fütterung eingesetzt. Die Verwendung für industrielle Zwecke wurde im letzten Jahrzehnt kontinuierlich ausgeweitet und erreicht in der Zwischenzeit annähernd das Niveau des in der Fütterung eingesetzten Körnermaises.

Ein wichtiger Zweck der Versorgungsbilanz ist es, darüber Aufschluss zu geben, wie sich die Versorgungslage eines Landes im Zeitablauf entwickelt. Die systematische Gegenüberstellung von Erzeugung, Verbrauch sowie von Ein- und Ausfuhren liefert Hinweise. Auffällig ist, dass das Handelsvolumen in der Vergangenheit stetig gestiegen ist. Ein- und Ausfuhren dienen weniger als Puffer, um jährliche Ernteschwankungen auszugleichen, vielmehr unterliegt der Handel einem eigenen Trend, der kontinuierlich zunimmt (veranschaulicht in Abbildung 19), und zwar sowohl was Ausfuhren als auch Einfuhren betrifft. Da der Transport mit Kosten verbunden ist, gibt diese Entwicklung Aufschluss darüber, dass durch fortschreitende Spezialisierung, Unterschiede in der Qualität und im zeitlichen Verlauf in Verbindung mit regionalen Preisdifferenzen und Verwertungsmöglichkeiten zunehmend Märkte geschaffen werden.

Zusammengeführt werden die einzelnen Statistiken der Versorgungsbilanz in der Übersicht zur Selbstversorgung (siehe Abbildung 11). Die langjährige Auswertung zeigt, dass der Selbstversorgungsgrad von Weizen im zuletzt erhobenen Jahr (2012/13) fast 100 % betrug. Zur Mitte der 1990er Jahre lag der Grad der Selbstversorgung von Weizen noch bei annähernd bei 130 %. Der Grad der Selbstversorgung mit Mais konnte im gleichen Zeitraum im Gegensatz dazu erhöht werden. Im Durchschnitt der letzten beobachteten Jahre wurde in Österreich etwa so viel Körnermais produziert wie verwendet. Zu bedenken ist, dass diese Bilanzgrößen die tatsächlichen Warenströmen nicht vollständig wiedergeben. Österreichischer Körnermais wird in großen Mengen exportiert und ausländischer Körnermais wird annähernd im selben Umfang importiert (vgl. Übersicht 4).

Abbildung 11: Selbstversorgungsgrade von Getreide insgesamt, Weizen und Körnermais



Q: Statistik Austria, Versorgungsbilanz für Getreide.

2.2.2 Die gewerbliche und industrielle Verwertung von Mais in Österreich zu Lebensmitteln, Futter, Industriegütern und Energie

Gemäß der Versorgungsbilanz wurde in den zuletzt erhobenen Jahren jeweils etwas mehr als eine Million Tonnen Mais in der heimischen Industrie verwertet. Etwas mehr wurde in der Fütterung eingesetzt, der Großteil wird in der Futtermittelwirtschaft verwertet.

Die technische Umwandlung von Mais in Stärke und andere Komponenten spielt eine besondere Rolle in der österreichischen Maisverwertung. Die drei wichtigsten Standorte zur industriellen Verarbeitung (aiz vom 21.10.2010 und AGRANA AG, 2009 und 2014):

- Pischelsdorf im Tullnerfeld zur Herstellung von Ethanol, Trockenschlempe und CO₂ durch Agrana AG mit einer Kapazität von 620.000 t (jeweils etwa zur Hälfte Mais und Weizen);
- Aschach in Oberösterreich zur Herstellung von Stärke und Maiskleber durch die Agrana AG mit einer Kapazität von 360.000 t Mais;
- Pernhofen im nördlichen Niederösterreich, wo Mais zur Herstellung von Stärke und daraus weiter verarbeiteten Produkten wie Zitronensäure durch die Jungbunzlauer AG mit einer Kapazität von 350.000 t verarbeitet wird.

Die Versorgungsbilanz liefert Hinweise über die Verwendung von Körnermais. In welchen Verarbeitungs Kanälen Mais letztlich wie eingesetzt und umgesetzt wird, ist im Einzelnen statistisch nicht erfasst. Aus verschiedenen Datenquellen kann man jedoch Einblicke in die verschiedenen Verwertungskanäle gewinnen.

Die Leistungs- und Strukturstatistik gibt Aufschluss über die Zahl der Unternehmen, der Beschäftigten und zu wirtschaftlichen Kennzahlen in jenen Branchen, in denen Mais - aber auch andere Getreidearten und Marktfrüchte - verarbeitet werden. In der Position "Mahl- und Schäl- mühlen, Herstellung von Stärke" sind die oben angeführten Unternehmen der Stärkeverarbeitung enthalten, aber nicht extra ausgewiesen (Übersicht 6).

Übersicht 6: Kennzahlen zum Verarbeitungsbereich Mahl- und Schäl- mühlen, Herstellung von Stärke

Jahr	Unter- nehmen	Beschäftigte im Jahres- durchschnitt insgesamt	Personal- aufwand	Erlöse und Erträge ¹⁾	Umsatz- erlöse ¹⁾	Pro- duktions- wert ¹⁾	Bruttowert- schöpfung zu Faktorkost- en ¹⁾	Brutto- betriebs- über- schuss	Brutto- investi- tionen ¹⁾²⁾
	Anzahl					1.000 €			
2005	155	1.956	70.605	501.880	478.525	456.819	118.934	.	25.892
2010	133	2.330	94.922	850.829	821.254	646.620	179.298	84.376	46.903
2011	129	2.340	98.403	1.012.298	960.811	757.359	255.446	157.043	43.384
2012	123	2.324	105.786	1.092.771	1.070.285	832.897	241.979	136.193	33.942
2013	123	2.336	.	.	1.109.659	.	.	.	.

Q: Statistik Austria, Hauptergebnisse der Leistungs- und Strukturstatistik; -¹⁾ Ohne Umsatzsteuer; -²⁾ einschließlich Investitionen in geringwertige Wirtschaftsgüter.

Die Übersicht zeigt, dass die Zahl der Unternehmen seit 2005 stark zurückgegangen ist, die Zahl der Beschäftigten in den zuletzt ausgewiesenen Jahren, aber sehr stabil und deutlich

höher war als 2005. Dafür sind vor allem die in der Zwischenzeit getätigten Investitionen zur zusätzlichen Verwertung von Mais (zur Herstellung von Ethanol und Zitronensäure) um das Jahr 2008 mit verantwortlich. Der Ausbau der industriellen Verarbeitungskapazität ist auch auf Innovationen in der Maisproduktion zurückzuführen. Zur Stärkeproduktion kann Nassmais (mit einer Trockenmasse von annähernd 30 %) eingesetzt werden. Er verbleibt länger am Feld als Körnermais, der nach der Ernte getrocknet werden muss, um lagerfähig zu sein. Dadurch kann Energie eingespart und die Bodenbedeckung bis in den Winter hinein verlängert werden.

Mais wird nicht nur in der Mühlenwirtschaft und der Stärkeproduktion eingesetzt, sondern auch zur gewerblichen und industriellen Herstellung von Nahrungsmitteln und Futtermitteln (vergleiche Übersicht 7). Die in den einzelnen Branchen verarbeiteten Mengen sind in der Leistungs- und Strukturstatistik nicht enthalten.

Dazu sind gesonderte Statistiken nötig, die aber auch kein vollständiges Bild ergeben. Der Verband der Futtermittelindustrie und der Bundesverband der Müller und Mischfuttererzeuger veröffentlicht Statistiken zur Futtermittelproduktion in Gewerbe und Industrie. Ihnen zufolge wurden in den Jahren zwischen 2010 und 2013 jeweils 1,4 bis 1,5 Mio. t Futtermittel in Österreich produziert (BMLFUW, 2014, Tab. 1.2.10.). In welchem Umfang dabei Mais eingesetzt wird, ist jedoch nicht bekannt.

Übersicht 7: Unternehmenskennzahlen in Branchen zur Herstellung von Stärke, Nahrungs- und Futtermitteln im Jahr 2013

Bezeichnung	Unternehmen Anzahl	Beschäftigte Anzahl	Umsatzerlöse in 1.000 Euro
Mahl- und Schälmühlen, Herstellung von Stärke	123	2.336	1.109.659
Herstellung von Back- und Teigwaren	1.702	30.955	2.537.863
Herstellung von sonst. Nahrungsmitteln	206	7.663	2.515.640
Herstellung von Futtermitteln	61	2.075	1.079.103

Q: Statistik Austria, Hauptergebnisse der Leistungs- und Strukturstatistik; -¹) Ohne Umsatzsteuer; -²) einschließlich Investitionen in geringwertige Wirtschaftsgüter. Hinweis: Die in diesen Branchen eingesetzten Mengen von Körnermais und Nassmais sind statistisch nicht erfasst.

Neben der oben angeführten Verarbeitung zu Stärke und daraus abgeleiteten Produkten (z.B. Maiskleber, Ethanol, Zitronensäure, Xanthan, CO₂, Trockenschlempe) und zur Verarbeitung zu Futtermitteln ist die Umwandlung in Methan zur energetischen Verwertung von großer Bedeutung. Auf einer Fläche von ca. 15.000 ha wird Mais als Substrat für die Biogaserzeugung produziert (Stürmer, 2015). Etwa die Hälfte dieser Fläche wird zur Silomaisproduktion herangezogen, der Rest zur Erzeugung von Getreideganzpflanzensilage, Sudangras und CCM. Mais ist somit der wichtigste Rohstoff in der Biogaserzeugung. Insgesamt werden in Österreich auf einer Fläche von 25.500 ha Rohstoffe für die Biogasproduktion erzeugt, berücksichtigt man, dass davon bis zu 3.000 ha als Zweitnutzung verwendet werden, so beläuft sich der effektive Flächenbedarf auf ca. 22.000 ha (Stürmer, 2015).

2.3 Eine Abschätzung der volkswirtschaftlichen Bedeutung der Maisproduktion in Österreich

2.3.1 Methodische Einführung zur Ermittlung der volkswirtschaftlichen Wechselwirkungen der Maisproduktion in Österreich

Ein Ziel der vorliegenden Untersuchung ist, die volkswirtschaftliche Bedeutung der Maisproduktion in Österreich zu bestimmen. In den vorangegangenen Abschnitten wurde - so weit statistisches Material verfügbar ist - die Produktion und Verwendung von Mais ausführlich beschrieben. Auch Aspekte der Vorleistungen wurden dargestellt. Für eine umfassende Darstellung ist es aber erforderlich, alle Wechselwirkungen mit allen Sektoren der Volkswirtschaft darzustellen. Dazu wird die Methode der Input-Output-Analyse angewandt.

In dieser kurzen Einführung wird ein Kernelement etwas ausführlicher dargestellt, die Input-Output-Tabelle, die das Grundgerüst der Input-Output-Analyse darstellt. In einem ausführlichen methodischen Anhang wird das hier angewandte Modell näher ausgeführt und im Detail beschrieben (siehe "Anhang Methodenbeschreibung").

Mit der Input-Output-Rechnung gelingt es, die produktions- und gütermäßigen Verflechtungen einer Volkswirtschaft detailliert darzustellen. Dabei wird nicht nur die Wechselwirkung innerhalb wirtschaftlicher Aktivitäten eines Landes abgebildet, sondern auch der Güterstrom zwischen der Volkswirtschaft und der übrigen Welt. Im Mittelpunkt stehen insbesondere die Güterbewegungen, die den Produktionsprozess durchlaufen. Diese werden nicht in Form von Mengen, sondern wertmäßig erfasst. Die Volkswirtschaftliche Gesamtrechnungen (VGR) baut auf der Input-Output-Analyse als Kernelement auf. Eine schematische Darstellung dieses Rechenwerks ist in Abbildung 12 wiedergegeben.

Unter Input versteht man den in Geldwerten ausgedrückten Einsatz von Vorleistungen, also Gütern und Dienstleistungen, die im Zuge der Produktion verbraucht, verarbeitet oder umgewandelt (siehe Vorleistungsmatrix) werden. Auch die Produktionsfaktoren Arbeit und Kapital (primäre Inputs) gehen in die Rechnung ein (Matrix der Primärintputs), sie sind aber nicht Teil der Vorleistungen. Boden, der dritte primäre Produktionsfaktor, wird in der Input-Output-Rechnung nicht berücksichtigt.

Als Output wird der Wert der produzierten Güter, Waren und Dienstleistungen bezeichnet, der Produktionswert. Dazu wird die Menge der produzierten Güter mit dem Preis multipliziert. Je nachdem, ob die Marktpreise zur Berechnung herangezogen werden oder auch Gütersteuern und Gütersubventionen berücksichtigt werden, unterscheiden sich die Produktionswerte. Sofern die Einflussnahme des Staates auf die Preise berücksichtigt wird, spricht man von einer Bewertung zu Herstellungspreisen. Die Unterscheidung ist nötig, um die Faktorentlohnung (siehe Block Komponenten der Wertschöpfung) korrekt zu berechnen.

In den Spalten der Vorleistungsmatrix wird in jeder Zelle angegeben, wie viele Vorleistungsgüter aus inländischer Produktion und aus Importen von einem Produktionsbereich verbraucht

wurden. Ein Beispiel ist in der Abbildung mit dem Pfeil veranschaulicht: Der erste Sektor aus dem tertiären Produktionsbereich (Gaststätten und Beherbergung) bezog Vorleistungsgüter aus anderen Sektoren im Inland im Wert von insgesamt 7,6 Mrd. € (= 7.588 Mio. €; siehe Summe in der Zeile "Ges. Vorleistungen bzw. Endnachfrage"). Aus dem ersten Sektor im primären Produktionsbereich (Landwirtschaft) bezog er Güter im Wert von 80 Mio. €. Alle Sektoren der Volkswirtschaft sind in den Spalten nacheinander angeführt. Für jeden Sektor, in den die Landwirtschaft (erste Zeile im Block PB) Güter (und Dienstleistungen) liefert, sind die entsprechenden Beträge angeführt. Güter und Dienstleistungen jedes Sektors werden nicht nur an andere Sektoren geliefert, sondern werden auch direkt konsumiert, werden investiert oder auch exportiert (siehe Block "letzte Verwendung"). Die gesamte Verwendung muss gleich sein dem gesamten Aufkommen, damit die buchhalterische Ausgeglichenheit gegeben ist. Die Konsistenz stellt sicher, dass die Güterströme vollständig erfasst sind und der Wirtschaftskreislauf zur Gänze abgebildet ist.

Abbildung 12: Schematische Darstellung der Input-Output-Tabelle

Verwendung (Input)		Input der Produktionsbereiche			Letzte Verwendung			Gesamte Verwendung
		PB	SB	TB	Konsum	Investit.	Exporte	
Aufkommen (Output)		PB	SB	TB	Endnachfragematrix			Σ
Gütergruppen	PB	Vorleistungsmatrix			80	Σ	Σ		Σ
	SB							
	TB							
Ges. Vorleistungen bzw. Endnachfrage		Σ 7588						
Komponenten der Wertschöpfung	...	Matrix der Primärintputs			Gesamtes Aufkommen gleich gesamte Verwendung			
	...							
	...							
Importe								
Gesamtes Aufkommen		Σ						

Q: Destatis, 2010; modifiziert. Hinweis: PB primärer Wirtschaftsbereich, SB sekundärer Wirtschaftsbereich, TB tertiärer Wirtschaftsbereich.

Die vollständige Input-Output-Tabelle der österreichischen Volkswirtschaft ist auf der Website von EUROSTAT und Statistik Austria für jedermann zugänglich. Ein Auszug aus der Tabelle für das Jahr 2010 ist im Anhang in Abbildung 20 wiedergegeben (Statistik Austria, 2014a). In dieser Teildarstellung wurden jene Sektoren herausgegriffen, die in nennenswerter Weise Agrargüter als Vorleistungen beziehen (nachgelagerte Sektoren – siehe erste Zeile) und jene, die Vorleistungen in beträchtlichem Umfang für die Landwirtschaft bereitstellen (vorgelagerte Sektoren - siehe Zeilen unterhalb der Landwirtschaft).

Aus dieser Darstellung wird deutlich, dass die **direkten** Wechselwirkungen der Landwirtschaft mit den übrigen Sektoren der Volkswirtschaft auf eine überschaubare Zahl von Sektoren beschränkt sind. In Abbildung 20 sind nur die wichtigsten dargestellt, aber es ist eine Tatsache, dass die meisten Sektoren der Volkswirtschaft keine Agrargüter als Input verwenden und nicht alle Sektoren in Lieferbeziehungen stehen.

Die Input-Output-Tabelle zeigt aber alle Lieferverflechtungen aller Sektoren und es gibt keinen einzigen, der nicht in Verbindung mit anderen Sektoren steht. Auch wenn einzelne Sektoren nicht in direkter Wechselwirkung mit der Landwirtschaft stehen, so gibt es doch Wechselwirkungen vermittelt jener, mit denen Vorleistungs- bzw. Lieferbeziehungen mit der Landwirtschaft vorliegen. Diese **indirekten** Wechselwirkungen werden in der Input-Output-Tabelle nicht unmittelbar sichtbar, mit Hilfe der Input-Output-Analyse können sie aber bestimmt werden.

Zu den wesentlichen Vorteilen der Bewertung der volkswirtschaftlichen Wechselwirkungen mit Hilfe der Input-Output-Analyse zählen:

- die volkswirtschaftlichen Auswirkungen werden systematisch und in ihrer Gesamtheit erfasst, auch die Auswirkungen auf den Konsum werden quantifiziert;
- die verwendete Methode ist seit Jahren etabliert und wird sehr häufig in der Analyse von wirtschaftspolitischen Maßnahmen angewandt (solche Untersuchungen werden häufig Impact Analysen genannt);
- wegen der weiten Verbreitung dieses Zugangs können die Ergebnisse von einer großen Zahl von Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern reproduziert bzw. geprüft werden, die Analyse basiert daher nicht auf einem Black-Box-Modell wie in vielen anderen Fällen;
- die dem Modell zugrundeliegenden Annahmen sind einfach und transparent – eine zentrale Annahme ist jene zur Technologie (linear limitationale Produktionsfunktion).

Die zuletzt genannte Annahme wird häufig als ein wichtiger Nachteil der Methode ins Treffen geführt, da Produktionsanpassungen in vielen Fällen zuverlässiger mit Produktionsfunktionen anderer funktionaler Zusammenhänge abgebildet werden. Allfällige Fehler sind jedoch marginal, wenn die untersuchten Auswirkungen gering sind. Da der Anteil der österreichischen Landwirtschaft am Produktionswert der Volkswirtschaft ziemlich genau 1 % beträgt und die Maisproduktion davon nur etwa 3 bis 4 % ausmacht, ist diese Annahme gerechtfertigt.

Ein Nachteil, der möglicherweise schwerer ins Gewicht fällt ist, dass die spezifischen Wechselwirkungen der Maisproduktion nicht berücksichtigt werden, da in der vorliegenden Analyse der Agrarsektor nicht in der Detailliertheit dargestellt ist, wie dies der landwirtschaftlichen Gesamtrechnung der Fall ist. Dies ist jedoch nicht ein methodisches Problem, sondern eine Einschränkung, die durch detailliertere und weitergehende Analysen überwunden werden kann. In der Analyse der Auswirkungen dieses Szenarios wird unterstellt, dass das Gleichgewicht der Volkswirtschaft durch die angeführten Veränderungen gestört wird (es kommt zu Shocks, die den Output und die Nachfrage in unterschiedlicher Weise treffen).

In der Input-Output-Analyse mit dem im Anhang vorgestellten Modell werden die Gesamteffekte von Angebots- und Nachfrageänderungen berechnet:

- *Direkte Effekte* in diesem Kontext stehen für den Erstrundeneffekt einer exogenen Maßnahme innerhalb des betroffenen Sektors. Beispielsweise ist die reduzierte Nachfrage nach Treibstoffen direkt mit einer reduzierten Anzahl der Beschäftigten in der Mineralölindustrie verbunden.
- Weiter gedacht wird im Szenario eine Nachfrage-Kettenreaktion ausgelöst, die eine Reihe von anderen Sektoren betreffen kann. Das heißt, dass auch diese Sektoren ihre Produktion verändern und ihrerseits Nachfrageänderungen weiterer Güter auslösen. Dieser *indirekte* Folgeeffekt verringert sich nach jedem Durchlauf, bis sich ein neues Gleichgewicht einstellt. In der Input-Output-Analyse wird zum Berechnen dieser Effekte die sogenannte *Leontief-Inverse vom Typ I* angewandt. Diese Matrix bildet die gesamte Nachfrage-Kettenreaktion ab und erlaubt es, die Summe der *indirekten Effekte* zu berechnen.
- Ein weiterer Effekt ist der sogenannte *induzierte Effekt*, der mit Zuhilfenahme der *Leontief-Inversen vom Typ II* berechnet werden kann. In diesem Ansatz wird berücksichtigt, dass durch die Änderung der Produktion in den Sektoren auch die Einkommen betroffen sind. Da ein Teil des Einkommens für Konsum verwendet wird, verändert sich somit die Nachfrage nach Gütern, was wiederum die Produktion und Einkommen betrifft. Hier findet – wie bei den indirekten Effekten – eine Kettenreaktion statt, die von der Inversen erfasst wird.

Die Summe von *direkten*, *indirekten* und *induzierten* Effekt wird dann als *Gesamteffekt der exogenen Maßnahme* gewertet.

2.3.2 Daten, Annahmen, Szenario und Ergebnisse zu den volkswirtschaftlichen Wechselwirkungen

Die Datengrundlagen für die Ermittlung der volkswirtschaftlichen Wechselwirkungen der Maisproduktion stammen von der Statistik Austria und sind im Einzelnen:

- die Input-Output-Tabelle der österreichischen Volkswirtschaft von 2010 (*Statistik Austria, 2014a*);

- die Landwirtschaftliche Gesamtrechnung, wobei ein dreijähriger Durchschnitt über die Jahre 2010 bis 2012 ermittelt wurde (*Statistik Austria, 2015a*);
- die Anbau- und Erntestatistik (*Statistik Austria, 2013*);
- die Versorgungsbilanzen (*Statistik Austria, 2015b*).

Zur Quantifizierung der Bedeutung des Maisanbaus wird ein Szenario entwickelt. Da in Österreich der Maisanbau eine wichtige Rolle spielt, und zwar schon seit langer Zeit, kann die Situation ohne Maisanbau nicht beobachtet werden. Es ist daher nicht möglich, die volkswirtschaftlichen Wechselwirkungen, die durch die Maisproduktion entstehen, durch den Vergleich von empirischen Daten zu bestimmen. Mit Hilfe der Input-Output-Analyse wird eine konterfaktische Situation konstruiert, die ein solches Szenario in einem Modell der österreichischen Volkswirtschaft beschreibt. Dazu wird das Modell "geschockt", es wird also eine Veränderung eingeführt, die so in der Realität nicht beobachtet wird (bzw. gar nicht beobachtet werden kann).

Die Details des Untersuchungsszenarios sind:

- Es wird zunächst die Annahme getroffen, dass Mais in Österreich nicht angebaut wird.
- Eine weitere Annahme ist, dass die somit frei werdende Fläche zur Produktion von Alternativen verwendet wird, und zwar für Weizen (statt Körnermais und CCM) bzw. Grassilage (statt Silomais).
- Die physischen Auswirkungen eines Verzichts auf die Maisproduktion lassen sich quantifizieren als Änderung des Trockenmasseertrags, des Energieertrags und des Rohprotein-ertrags; bezogen auf die Trockenmasse führt ein Anbau von Weizen statt Körnermais zu einer Verringerung der Ernte um annähernd 1 Mio. t Körnertrag pro Jahr bzw. 0,7 Mio. t Trockenmasse Silage.
- Da Kulturpflanzen nicht wegen ihrer Trockenmasse produziert werden, sondern wegen ihrer Nährstoffe und sowohl Energie als auch Rohprotein essentielle Nahrungs- und Futtermittelbestandteile bzw. Industrierohstoffe sind, bieten sich beide Inhaltsstoffe als Vergleichsbasis an.
- Der monetäre Wert der Maisproduktion kann unmittelbar aus der Erlöspreisstatistik der Landwirtschaftlichen Gesamtrechnung abgeleitet werden (402 Mio. € im Durchschnitt der Jahre 2010 bis 2013), auch jener der Alternativkultur Weizen.
- Wäre auf der Körnermaisfläche Weizen statt Körnermais produziert worden, wäre der Produktionswert um 202 Mio. € geringer gewesen.
- Um die ertragsbedingt fehlende Energie- und Rohproteinmenge von Körnermais zu ersetzen, wird als weitere Annahme unterstellt, dass Weizen als Substitut gewählt wird; die erforderliche Weizenmenge bewertet zum jeweils beobachteten Weizenpreis für, Energie und Rohprotein ergibt die Obergrenze und die Untergrenze des Shocks, der in die Modellanalyse eingeht (227 bzw. 128 Mio. €); berücksichtigt man auch die Energie- und Rohproteinmenge von Silomais, so wäre insgesamt Weizen im Wert von 305 Mio. € bzw. 141 Mio. € nötig gewesen, um den Ertragsrückgang auszugleichen.

- Nicht nur der Output verringert sich: Da in dem Alternativszenario eine andere Technologie eingesetzt wird, ändern sich auch die Produktionskosten; sie sind in dem unterstellten Szenario geringer, da sowohl Weizen als auch Grassilage pro Hektar zu deutlich niedrigeren Kosten produziert werden können (siehe dazu Übersicht 3 und Übersicht 19).
- Eine Implikation der Kosten-Ersparnisse in der Landwirtschaft ist allerdings eine verringerte Nachfrage nach Inputs in den vorgelagerten Sektoren im Umfang von 134 Mio. €¹ (vor allem Energie, Dünger, Pflanzenschutzmittel, Saatgut und Maschinenkosten).
- Eine für die Ergebnisse wesentliche Annahme betrifft die Auswirkungen auf die Verarbeitungsindustrie: In der Analyse wird unterstellt, dass die inländische Verarbeitung vom Outputrückgang *nicht direkt* erfasst wird. Diese Annahme stützt sich auf die Überlegung, dass bestehende Anlagenkapazitäten durch andere inländische Rohstoffe oder vermehrte Importe ausgelastet würden, wie dies etwa der Fall ist, wenn in Österreich die Maisernte schlecht ausfällt.

Das beschriebene Szenario besteht aus zwei Effekten, die zu Änderungen der Gleichgewichtssituation in der österreichischen Volkswirtschaft führen. Zum einen sinkt der Output im Agrarsektor und zudem wird durch die veränderte Technologie, die zur Bodenbewirtschaftung eingesetzt wird, die Nachfrage nach Vorleistungen im Inland reduziert. Die Produktion von Weizen und Grassilage benötigt auf der gleichen Fläche weniger Ressourcen.

Diese beiden Komponenten zusammen haben im Szenario, in dem unterstellt wird, dass kein Mais produziert wird, folgende **Gesamteffekte in der Volkswirtschaft** (direkte, indirekte und induzierte Effekte):

- der gesamtwirtschaftliche Output verringert sich um 558 bis 923 Mio. €, je nachdem ob die Rohprotein- oder die Energiekomponente als Bezugsrahmen gewählt wird;
- die Wertschöpfung der Volkswirtschaft nimmt um 246 bzw. 411 Mio. € ab;
- die gesamtwirtschaftliche Beschäftigung verringert sich in den untersuchten Szenarien um 8.000 bzw. 15.000 Beschäftigte (das entspricht 6.000 bis 11.000 Vollzeitäquivalenten).

Die Spannweite der Ergebnisse ergibt sich aus den unterschiedlich hohen Annahmen über die Substitution von Mais durch Weizen, je nachdem ob die Stärke- oder die Eiweißkomponente betrachtet wird. Die Detailergebnisse zu den sektoralen Auswirkungen für das Szenario in dem Rohprotein ersetzt wird, sind im Anhang dokumentiert (

¹ Die Schätzung der Kosten beruht auf den Berechnungen in Übersicht 3 und Übersicht 19. Es wurden jedoch geringere Trocknungskosten unterstellt, um dem Sachverhalt Rechnung zu tragen, dass in der Stärkeindustrie Nassmais im großen Umfang eingesetzt wird.

Übersicht 22).

2.3.3 *Schlussfolgerungen und Diskussion der Ergebnisse*

Mais ist eine leistungsfähige Kulturpflanze mit vielen betriebswirtschaftlichen Vorteilen. Verglichen mit Weizen oder Grassilage, die in der Praxis als Alternativen eingesetzt werden können, fallen in erster Linie die höheren Erträge ins Gewicht. Mit Körnermais bzw. Silomais kann deutlich mehr Trockenmasse, deutlich mehr Energie und etwas mehr Rohprotein auf der gleichen Fläche produziert werden. Der Arbeitseinsatz je Hektar ist bei den beiden Alternativen etwa annähernd gleich. Bei gleichem Einsatz der beiden Produktionsfaktoren Boden und Arbeit erzielt man also deutlich mehr Output. Diesem Sachverhalt wird in der Szenarienanalyse Rechnung getragen, indem unterstellt wird, dass weniger Output (Energie oder Rohprotein) zur Verfügung steht, wenn statt Körnermais Weizen und statt Silomais Grassilage produziert werden.

Pro Hektar ist zwar der Maisertrag deutlich höher als jener von Weizen und der Arbeitsbedarf ist praktisch identisch, allerdings benötigt man zur Produktion deutlich mehr andere Inputs: Saatgut, Düngemittel, Pflanzenschutzmittel und Maschinen. In dem untersuchten Szenario wird diesem Sachverhalt Rechnung getragen, indem die Nachfrage der Landwirtschaft nach diesen Gütern reduziert wird.

Die Ergebnisse eines Szenarios, in dem die Outputs reduziert werden und die Nachfrage nach Vorleistungen verringert wird, haben Auswirkungen auf den Agrarsektor und die vor- und nachgelagerten Sektoren. Die Gesamteffekte, in denen die direkten, indirekten und induzierten Wirkungen zusammengefasst werden, machen deutlich, dass in einem Szenario ohne Maisproduktion in Österreich die Wirtschaft Einbußen erleiden würde. Dies beträfe sowohl die Beschäftigung als auch die Wertschöpfung.

Die Input-Output-Analyse ist eine Methode, mit der kurzfristige Anpassungen innerhalb einer Volkswirtschaft analysiert werden können. Es werden strikte Annahmen getroffen, die in der Realität nicht immer erfüllt sind, aber es erlauben, isolierte Änderungen und deren Auswirkungen zu untersuchen. Ein wichtiger wirtschaftspolitischer Aspekt kann mit einem kurzfristigen Modell nicht analysiert werden: die Konsequenzen auf das Investitionsverhalten.

In Österreich wird in großem Umfang Nassmais verarbeitet, der zahlreiche Vorteile aufweist. Sein Transport lohnt sich aber nur über kurze Strecken. Ohne diese Rohstoffquelle wäre der Anreiz, hohe Verarbeitungskapazitäten in Österreich langfristig zu erhalten, geringer. Nicht nur die Qualitätssicherung, auch die Produktentwicklung und Forschung sind eng mit der Verarbeitung vor Ort verknüpft. Um diese Aktivitäten abzusichern, ist daher eine ausreichende und zuverlässige Versorgung aus heimischen Rohstoffen nötig, die eine Verarbeitung wirtschaftlich macht. Die Erhaltung von investitionsfreundlichen Standortvoraussetzungen (Bildungs- und Qualifikationssystem, Infrastruktur, effektive Rechtsprechung, ein entsprechendes Steuersystem) zählen ebenso dazu.

In der wirtschaftlichen Analyse werden nur Teilaspekte der Maisproduktion in Österreich analysiert und dargestellt. Eine über die Wirtschaft hinausgehende Betrachtung der pflanzenbaulichen Aspekte und der Umweltbelange wird im folgenden Abschnitt vorgestellt.

3 Pflanzenbauliche Analyse

Rita Kappert und Hans-Peter Kaul

3.1 Historisches zum Mais

Mais gehört zu den ältesten Kulturpflanzen der Welt. Von den meisten Wissenschaftlern wird heute vertreten, dass Teosinte *Zea parviglumis*, eine Gräserart (ursprünglich beheimatet in Mexiko), die noch heute existiert, der Urahn des Maises ist. Die Blüte ist dem Mais sehr ähnlich, der gesamte pflanzliche Habitus unterschiedlich, ebenso der Fruchtstand. An einer dünnen Ähre finden sich zwei Reihen mit rechteckigen Körnern. Vor ca. 5.700 Jahren hatte Mais noch sehr kleine Kolben von maximal 2,5 Zentimetern. Durch gezielte Auswahl und vermutlich auch durch Kreuzungen begannen die Indios den Mais zu kultivieren. Es wurden einige Kolben gefunden, die aus dieser Zeit konserviert sind, welche bereits acht Reihen mit sechs bis neun Körnern pro Reihe hatten. In Höhlen wurde jedoch auch Mais entdeckt, der wie die Teosinte nur über zwei Reihen verfügte. Funde aus späteren Epochen zeigten bereits größere Kolben, die einzelnen Körner noch von Spelzen bedeckt. Die Indios hatten schon Mais entwickelt, bei dem die Kolben gut das 50-fache Volumen des ursprünglichen Maises hatten.

Bereits im 16. Jahrhundert fand Mais auch Eingang in spanische und italienische Hausgärten (Röser, 1992/1993). Von dort gelangte Mais in den orientalischen Raum des Mittelmeeres. Im 17. Jahrhundert verdrängte der Mais in Westeuropa (über den damals osmanischen Balkan kommend) die Hirse. Der in Österreich gebräuchliche, aus dem Serbischen entlehnte Begriff „Kukuruz“, dokumentiert die Verbreitungsgeschichte des Maises vom Südosten in den Westen Europas. Im 17. Jahrhundert entstand bereits im Vorarlberger Rheintal der Maisanbau. Türggo Mehl bedeutet auf vorarlbergerisch Maismehl. In der Annahme, der Mais stamme vom Balkan bzw. aus der Türkei, nannte man das neue Getreide Türggen (Türken) oder Türggenkorn.

Weizen (Brot) und Fleisch waren lange Zeit Speisen, welche den höheren Ständen vorbehalten waren. Bauern und Landbevölkerung ernährten sich im Allgemeinen von Brei: im Norden von Gerste, Hafer, Buchweizen, im Süden von Hirse. Dennoch wurde der Mais mit seinem guten Ertrag auch auf kleinster Fläche eines der Hauptnahrungsmittel. Die einseitiger werdende Kost führte zu nicht vorhersehbaren Folgen. Die Pellagra-Krankheit forderte zwei Jahrhunderte ihre Opfer (Demenz, Dermatitis, Diarrhö). Ursache war, dass mit dem Mais nicht auch die in Mittelamerika übliche Zubereitungs-Kultur übersiedelt war. Die Indianer mahlten den Mais nicht in üblichen Mühlen, sondern weichten ihn ein und verkochten ihn zunächst in Kalklösung. Nach einer Rast und dem üblichen Abspülen wurde der Mais nass vermahlen; mit diesem Verfahren wurde die harte Schale des Maiskorns geöffnet und entfernt. Die Kalkbeigabe schließt die im Mais enthaltene Nikotinsäure, das Niacin, auf. Niacin wiederum setzt das lebenswichtige Vitamin B frei, das beim Mahlen des trockenen Maiskorns (wie in Mitteleuropa) nicht aktiv werden kann. Daher entstand ein beständiger Mangel an Vitamin B, welcher die Pellagra-Symptome hervorrief (Kaller-Dietrich, 2001).

3.2 Verschiedene Nutzungen von Mais und Anbauflächen

Mais ist, im Gegensatz zu den meisten anderen Kulturen, sehr vielseitig nutzbar. Er findet Verwendung als:

- **Frischfutter:** die gesamte Pflanze geerntet, gehäckselt
- **Silomais:** die gesamte Pflanze geerntet, gehäckselt und einsiliert. Haltbar wird die Silage durch milchsaurer Vergärung.
- **Korn-Spindel-Gemisch (CCM):** als Grundfutterkomponente für (Mast-)Schweine oder sog. Lieschkolbenschrot (LKS) als Kraftfutter für Rinder. Hierbei werden neben den Körnern die Kolbenspindel und Lieschblätter in unterschiedlichen Anteilen ebenfalls einsiliert.
- **Nahrungsmittel:** Maiskeimöl, Maisstärke, Backwaren, Cornflakes, Popcorn, Polenta, Glukosesirup.
- **Grundlage für technische Verwendungen:** z.B. in der Papierindustrie, für Verpackungen, essbares Geschirr, Ölbindemittel.
- **Energiemais:** zur Energiegewinnung in Biogasanlagen, Anbau wie Silomais .
- **Saatgut:** Bereitstellung von innovativen Sorten für den landwirtschaftlichen Einsatz und von untergeordneter Bedeutung als Zierpflanze.
- **Brennstoff:** die von speziell umgebauten Körnermais-Mähdreschern gesammelten Spindeln können in Holzbrennkesseln verbrannt werden.

Gerade diese Vielseitigkeit ist es, die den Anbau für den Landwirt so attraktiv macht. Der überwiegende Teil der österreichischen Maisernten wird in heimischen landwirtschaftlichen Betrieben als Futtermittel genutzt. Auf der Basis von Maisanbau und -verarbeitung sind Arbeitsplätze im ländlichen Raum entstanden. Und: 1 ha Maisanbau "liefert" den Jahressauerstoffbedarf für 50 bis 60 Menschen. Pro KStE (KiloStärkeEinheit) werden ca. 1 kg Sauerstoff gebildet und 1 ha Maisanbau "recycelt" den CO₂-Ausstoß von 60.000 km Autofahrt bzw. vier Pkw "Durchschnittsfahren" (DMK).

In Österreich sind traditionell Niederösterreich, Oberösterreich und Steiermark die Bundesländer mit den größten Maisanbauflächen (Übersicht 1). Rückblickend zeigte sich das Jahr 2013 als nicht repräsentativ. Im Jahr 2013 führten mehrere Extremwittersituationen zu starken Wachstumseinschränkungen, extreme Regenfälle Ende Mai/Anfang Juni führten zu Überflutungen und Staunässe im Boden. Im Sommer folgte dann eine extreme Hitzeperiode (vgl. ZAMG, 2013). Demgegenüber war das Jahr 2014 ausgeglichener, durchschnittlich fielen in Österreich um 16 % mehr Regen als im langjährigen Mittel und die Sonne schien um 11 % weniger als im langjährigen Mittel. Dennoch war es überdurchschnittlich warm. Hierin dürften die Gründe für den deutlichen Anstieg im Ertrag liegen und zwar für beide Nutzungsrichtungen des Maises.

In den letzten 10 Jahren blieben die Silomaisflächen österreichweit bei ca. 80.000 ha relativ konstant (weil der Tierbestand sich auch wenig veränderte) und die Körnermaisfläche stieg bis 2012 auf 220.000 ha stark an. Gründe hierfür war vor allem die Inbetriebnahme von großen

Verarbeitungskapazitäten in Niederösterreich (Stärke/Bioethanolwerk in Pischelsdorf und Zitronensäurefabrik bei Laa/Thaya) mit mehr als 500.000 Tonnen Maisnachfrage. Da der Ausbau dieser Kapazitäten spätestens seit 2012 beendet ist und aufgrund der Erlösverhältnisse von Mais zu Alternativen (v.a. Qualitätsweizen) in den Jahren 2012/13 sowie den Fruchtfolgeerfordernissen infolge des Maiswurzelbohrers wird davon ausgegangen, dass die Körnermaisflächen künftig nicht mehr das Niveau von 2012 erreichen werden.

3.3 Physiologie der Pflanze– Ansprüche an Boden und Klima

Bei C4-Pflanzen findet sich eine räumliche Trennung von der CO₂-Assimilation und dem Einbau im Calvinzyklus. Die CO₂-Fixierung in C4-Pflanzen findet in speziellen Zellen, den sogenannten Mesophyllzellen statt. Die darin enthaltenen Chloroplasten besitzen die hoch CO₂-affine Phosphoenolpyruvat-Carboxylase, kurz PEP-C. Diese bindet nur an CO₂. CO₂ wird an Phosphoenolpyruvat gebunden, und so entsteht ein C4-Körper, das Oxalacetat. Dies wird zu Malat (Äpfelsäure) gewandelt und an die Bündelscheidenzellen weitergegeben. Diese bilden eine kranzförmige Struktur um das Phloem. C4-Photosynthese ist also räumlich aufgetrennt, im Gegensatz zur C3-Photosynthese, bei der alles in einer Zelle stattfindet. Das Malat ist Transportmittel, es wandert zurück zu den Mesophyllzellen in Form von Pyruvat. Auch geringsten Mengen an CO₂ können von C4-Pflanzen noch zur Photosynthese genutzt werden. Die Effizienz steigt noch (im Vergleich zu C3-Pflanzen), wenn z.B. bei großer Hitze C3-Pflanzen die Stomata schließen müssen, um die Transpiration herabzusetzen. Daher ist der Wasserverbrauch der C4-Pflanzen deutlich geringer als bei C3-Pflanzen (Römpp, 1999).

In der Folge ergibt sich auch eine höhere N-Effizienz von C4-Pflanzen gegenüber C3-Pflanzen (Brown, 1978; Oaks, 1994; Rowan & Percy, 1987; Yuan et al., 2007). Die Stickstoffnutzungseffizienz kann in C3-Pflanzen niedriger sein als in C4-Pflanzen, insbesondere bei höheren Temperaturen, welche eine hohe Photorespiration und daher eine ineffiziente Verwendung des Stickstoffs begünstigen (Heldt & Piechulla, 2010; Ghannoum et al., 2011). Mais verbraucht mit 20 kg Stickstoff je 10.000 Megajoule (MJ) 20 bis 30 % weniger als andere Kulturpflanzen (DMK). Trotzdem ist es so, dass Mais empfindlich auf einen N-Mangel reagiert (Bennetzen & Hake, 2009).

Mais steht in hiesigen Breiten von April bis Oktober am Feld, im Vergleich Winterweizen von Oktober über den Winter bis Juli, also statt durchschnittlich mit 10 Monaten doppelt so lange wie Mais. Klimatisch stellt Mais höhere Ansprüche. Zur Keimung sind ca. 8° C Bodentemperatur erforderlich. Daher wird er in mitteleuropäischen Lagen eher spät (April, Anfang Mai) gesät, bei Gefahr von Spätfrösten sogar noch später. Optimale Temperatur für alle physiologischen Prozesse ist 30° C; Mais ist also eine ausgesprochen Wärme liebende Pflanze. Schon tageweises Absinken der Temperaturen unter 10° C kann zu Wachstumshemmungen führen. Höchster Wasserbedarf wird für die Zeit zwischen der Mitte des Längenwachstums und dem Ende der Kornfüllungsphase angegeben.

Übersicht 8: Transpirationskoeffizienten verschiedener Kulturarten in l H₂O je kg TM

Transpirationskoeffizient* (l H ₂ O / kg TM)	Kulturart
200 - 300	Hirsen
300 - 400 (250)	Mais , Beta-Rübe
400 - 500 (220-320)	Gerste, Roggen, Durum-Weizen
500 - 600 (350-400)	Kartoffel, Sonnenblume, Weichweizen
600 - 700	Raps, Erbse, Ackerbohne, Hafer
> 700	Luzerne, Soja, Lein

*TK oft sehr hoch angegeben aus alten Versuchsergebnissen in den USA; neuere Ergebnisse aus Deutschland **in rot**)

Q: Loiskandl, Vorlesung Bodenwasserwirtschaft.

Der sog. Transpirationskoeffizient ist eine Faustzahl, welche die Menge an verbrauchtem Wasser pro Einheit gebildeter Trockenmasse angibt (

Übersicht 8). Hirse, welche wie der Mais eine C₄-Pflanze ist, weist den geringsten Transpirationskoeffizienten auf. Für Mais zeigt die neuere Zahl des Transpirationskoeffizienten einen ähnlichen Wert. Von den C₃-Pflanzen besitzt lediglich die Beta-Rübe einen solch niedrigen Transpirationskoeffizienten.

Die Ansprüche von Mais an den Boden sind eher bescheiden. Für Mais besonders wichtig ist eine rasche Erwärmbarkeit des Bodens, er mag also „kalte“ Böden mit höheren Tongehalten nicht. Wichtig ist, dass die Bodenstruktur in Ordnung ist und es vor allem keine Verdichtungen gibt. Optimale bodenspezifische Lagerungsdichten sind wichtig, um ein tiefreichendes und dichtes Wurzelsystem ausbilden zu können. Wasserspeichervermögen und Nährstoffverfügbarkeit sind ebenfalls wichtige Eigenschaften des Standortes; sandige, flachgründige und grundwasserferne Standorte weisen größere Ertragsunsicherheiten auf.

3.4 Züchtungsarbeit und Saatguterzeugung

Als Pflanzenzüchtung lassen sich alle Aktivitäten zur Verbesserung der genetischen Eigenschaften einer Kulturpflanze beschreiben. Die Kunst der Pflanzenzüchtung besteht darin, in einer Kulturart neue positive Merkmalsausprägungen zu finden, die erblich sind, und diese mit anderen gewünschten Merkmalen zu kombinieren. Dabei gilt es für die große Anzahl an Zielmerkmalen den jeweils besten Kompromiss zu finden. Innerhalb der nächsten Generationen müssen nun die Pflanzen mit den am besten kombinierten Eigenschaften selektiert werden. Dabei muss sichergestellt werden, dass sich die Merkmalsausprägungen stabil auf die Nachkommen übertragen. Dazu braucht es oft 6 bis 10 Generationen. In der Praxis kommt im Maisanbau Hybridsaatgut zum Einsatz. Die modernen Hybridsorten sind im Allgemeinen alten Sorten, Landherkünften etc. in puncto Ertrag und oft auch in der Gesundheit überlegen. Andererseits zeigt der Nachbau von Hybriden nicht mehr die sortentypischen Eigenschaften der Hybridsorte in wichtigen Parametern wie z.B. Ertrag, Qualität, Resistenz.

Um allen mitteleuropäischen Anbau-Faktoren gerecht zu werden, ist Mais intensiv züchterisch bearbeitet worden; praktisch jeder Mais in Mitteleuropa ist eine Hybridzüchtung. Bei der Sortenwahl gibt die Angabe der Reifegruppe Entscheidungshilfe für Landwirte. Der Zusammenhang zwischen Sorten-Leistung, Reife und klimaabhängigen Größen, wie z. B. Wärmesumme, Durchschnittstemperatur und Sonnenscheindauer, ist bei Mais besonders ausgeprägt. In Deutschland wird neben dem Kolben für Silomais die Abreife der Restpflanze in Form des Trockensubstanzgehaltes der Gesamtpflanze berücksichtigt. Für Körnermais wird der Trockensubstanzgehalt des Kornes verwendet. Die Kennzeichnung zwischen den Nutzungsrichtungen erfolgt, indem der Reifezahl für Silomais ein S, und für Körnermais ein K vorangestellt wird. Bei allen anderen Sorten, die in keiner offiziellen Prüfung standen oder nur einjährig geprüft wurden, wird die Reifeangabe durch ein vorangestelltes "ca." ergänzt (DMK) <http://www.maikomitee.de/web/public/Produktion.aspx/Sorten/Reifebestimmung>.

Übersicht 9: Einteilung der Reifegruppen nach Reifezahlen für Silo- und Körnermais und deren Temperaturansprüche

Reifegruppe	Reifezahl	tägl. Durchschnittstemperatur (Mai-September)
früh	S bzw. K 170-220	14,0-15,0
mittelfrüh	S bzw. K 230-250	15,0-15,5
mittelspät	S bzw. K 260-290	15,6-16,4
spät	S bzw. K 300-350	16,5-17,4

Q: DMK, 2014.

Übersicht 9 zeigt die Einteilung in Reifegruppen mit wesentlicher Unterscheidung nach dem Zeitpunkt der Reife (früh/mittelfrüh/mittelspät/spät). Die Sorten benötigen nach Reifegruppe unterschiedliche durchschnittliche Temperaturen in der Zeit von Mai bis September.

In Österreich gibt die Webseite der AGES Auskunft über die Sorten und ihre Bewertung:

<http://www.baes.gv.at/de/pflanzensorten/oesterreichische-beschreibende-sortenliste/mais/pflanzenbauliche-eigenschaften/>

Die Unterscheidung in Österreich erfolgt nach Reifezeitraum zwischen sehr früh und sehr spät reifenden Sorten in sechs Reifegruppen sowie nach KM für Körnermais bzw. SM für Silomais. Darüber hinaus sind neben dem primären Züchter und Züchterland auch die Reifezahl (wie in D), das Zulassungsjahr, der Hybridtyp, der Korntyp, der Kornertrag, für Silomais-Nutzung der Trockenmasseertrag und Kolbenanteil sowie weitere agronomisch relevante Merkmale aufgeführt. Die Benotung reicht von 1 = sehr günstig bis 9 = sehr ungünstig (AGES 2014). In Österreich wird ausschließlich Körnermais zugelassen. Die Reifezahlen werden über die Kornfeuchtigkeiten ermittelt. Die Sorten stehen in der Reifegruppe, in der sie die Firmen für das Zulassungsverfahren anmelden. In Ausnahmefällen wird die Prüfsorte nach den Auswertungen des ersten Prüfsjahres in eine passendere Reifegruppe gegeben (schriftliche Mitteilung der AGES, 28.11.2014).

Neue Herausforderungen für die züchterischen Bemühungen stellen vor allem der wachsende Befallsdruck durch Maiswurzelbohrer und Maiszünsler dar sowie die potentiellen Auswir-

kungen des Klimawandels. Dieser kann bei erhöhten Temperaturen zu höherer Luftfeuchtigkeit führen, was wiederum pilzliche Krankheitserreger fördert. Darüber hinaus stehen Trockenheitsresistenz und Standfestigkeit in extremen Wetterereignissen (z.B. Sturm) im Fokus.

Der Zweig Saatgutentwicklung und Erzeugung ist ein wichtiger wirtschaftlicher Bereich für landwirtschaftliche Betriebe, gleichzeitig aber weit entfernt davon, den Feldanbau zu dominieren. Saatmais wird in Österreich auf ca. 12.000 ha angebaut. Für Landwirte ist der Saatmais-Anbau ein lukrativer Produktionszweig, er erfolgt im Vertragsanbau. Der Anbau unterliegt allerdings strengen Regeln wie bestimmten Abständen zu anderen Maiskulturen etc., doch ausgenommen ist er von der Maiswurzelbohrerverordnung und dem Verbot der Neonicotinoid-Beizung.

In der Zeit zwischen 1985-2005 sind die Erträge landwirtschaftlicher Nutzpflanzen (174 Arten gerechnet) weltweit durchschnittlich um 28 % gestiegen, bei Getreide, Ölsaaten, Früchten und Gemüse wird der Wert mit 47 % angegeben (Foley et al., 2011). Da der Großteil der mittlerweile angebauten Sorten inzwischen Hybridsorten sind, kann gefolgert werden, dass Züchtung einen wesentlichen Beitrag dazu geliefert hat. Im Jahr 1960 waren in Österreich 19 Maisorten zugelassen, mittlerweile sind es 214 (AGES, 2014).

Das Streben, heimisches gentechnikfreies Saatgut zu erzeugen, wird auch in den Nachbarländern zunehmend anerkannt und das Saatgut nachgefragt. Demgegenüber wird weltweit die Maiszüchtung von internationalen Unternehmen dominiert. Monsanto, Pioneer, Syngenta, Dow AgroScience, KWS und andere internationale Konzerne sind die Mitbewerber der österreichischen Unternehmen. Die drei weltweit größten Unternehmen Monsanto, DuPont/Pioneer und Syngenta kontrollieren 53 % des globalen proprietären Saatgutmarktes. Hierbei konzentrieren sich die Züchtungsanstrengungen auf wenige Pflanzenarten, die entsprechend umsatzstark sind (z.B. Weizen, Mais, Raps, Reis, Soja) und eine Amortisierung der Züchtungskosten erlauben. Mittlerweile gibt es eine starke Konzentration in Bezug auf den Besitz von Sortenrechten für die wichtigsten Kulturen (Weizen, Mais, Soja, Kartoffel, Weidelgras und Raps), vor allem in den entwickelten Ländern.

Weltweit teilen sich die Top-10 Unternehmen die Sortenschutzsertifikate von etwas mehr als 40 % bei Weizen und bis zu 70 % bei Ölraps und Mais. Hinzu kommt, dass die marktführenden Saatgutunternehmen verstärkt mit biotechnologischen Methoden (z.B. Protoplastenfusion und Cytoplastenfusion) arbeiten, welche zu einem großen Teil vom biologischen Landbau abgelehnt werden (Messmer et al., 2012). Die Broschüre des FiBL 2011 „Techniken der Pflanzenzüchtung – Eine Bewertung für den ökologischen Landbau“ gibt einen guten und verständlichen Überblick über Züchtungstechniken.

Die Verwendung einer Reihe von importierten GV-Produkten, z.B. gentechnisch veränderten Sojabohnen, ist in Österreich für viele Bereiche erlaubt. Der Anbau von GV-Produkten ist in Österreich aber verboten. Derartige GVO bzw. aus ihnen hergestellte Erzeugnisse werden überwiegend als Futtermittel für Nutztiere verwendet. Der anhaltend hohe Fleischkonsum in Österreich (2013: 65,5 kg pro Kopf und Jahr; in: Lebensmittel in Österreich 2013) zieht eine entsprechend ausgeweitete Tierhaltung nach sich. Diese Tiere müssen ernährt werden und dies

erfolgt in Österreich zum großen Teil durch bäuerliche Produktion der Futtermittel am Feld, da auf diesem Weg deutlich mehr Futter gewonnen (und Fleisch produziert) wird, als es z.B. extensive Weidehaltung erlaubt. Der Proteinbedarf kann derzeit allerdings nur durch den Import von Eiweißfuttermitteln gedeckt werden.

3.5 Pflanzenschutzmaßnahmen im Mais

Grundsätzlich ist Mais eine relativ gesunde, widerstandsfähige Feldfrucht, die traditionell geringer Pflanzenschutzaufwendungen bedarf. Die erhebliche Zunahme der Maisanbauflächen in den letzten 40 Jahren hat allerdings dazu geführt, dass einseitig eine Förderung von spezifischen Schaderregern/Schädlingen erfolgt ist. Im Dauermaisbau bzw. im Anbau mit deutlich reduziertem Anteil anderer Spezies stellt der Mais die Hauptwirtspflanze für spezifische Schaderreger und Schädlinge dar. Auch wird eine einseitige Beikrautflora gefördert. Nur die aktuell wichtigsten Schaderreger sollen hier kurz angesprochen sein:

Der **Westliche Maiswurzelbohrer** (*Diabrotica virgifera*) ernährt sich von Mais (*Zea mays*) als Hauptnahrungspflanze seiner Käferlarven. Der Käfer selbst geht auch an die Pollen von *Amaranthussp.*, *Chenopodium album*, aber auch an Sojabohne und Luzerne. Der Maiswurzelbohrer ist eine invasive Spezies, gehört also zu den Tieren oder Pflanzen, welche vom Menschen in Gebiete verbracht worden sind, in denen sie ursprünglich nicht vorkamen. Sein Auftreten war bis 2014 meldepflichtig. Ursprünglich in Zentralamerika beheimatet, breitete sich sein Vorkommen auf die USA und Kanada aus. In Europa ist er seit ca. 10 Jahren heimisch und seine Verbreitung ist nicht mehr aufzuhalten.

Eine direkte chemische Bekämpfung ist schlecht möglich; das vorsorgende Beizen des Saatgutes z.B. mit einem Neonicotinoid ist seit 2013 nur noch mit Biscaya (Wirkstoff Thiaclopid) erlaubt. Die Insektizid-Anwendung ist grundsätzlich schwierig aufgrund der verdeckten Lebensweise der Larven in Boden bzw. an der Stengelbasis; die gezielte Applikation wird aufgrund der groß wachsenden Biomasse des Mais erschwert. Nach dem Umbruch von Futterflächen (wie Mais) können noch Bodeninsektizide genutzt werden. Dafür ist momentan Agritox (Wirkstoff Chlorpyrifos) zugelassen.

Auf die zunehmenden Probleme hat der Gesetzgeber mit Landesverordnungen zum Maiswurzelbohrer reagiert. In Kärnten, der Steiermark und im Burgenland wurde das Jahr 2012 als Bezugsjahr gewählt. In allen anderen Ländern ist das Jahr 2011 als Bezugsjahr herangezogen worden. Demnach darf Mais auf einer Ackerfläche in vier aufeinander folgenden Jahren höchstens dreimal angebaut werden. D. h. nach max. drei Mal Mais muss ein Fruchtwechsel erfolgen.

Neben der Fruchtfolge steht als Bekämpfungsmöglichkeit der Schädlinge-Larven österreichweit die Behandlung mit einem Nematodenpräparat („Dianem“ bzw. das idente „Nematop“) und in besonders vom Maiswurzelbohrer betroffenen Gebieten die Behandlung mit einem chemischen Präparat („Belem 0,8 MG“, Wirkstoff Cypermethrin) zur Verfügung.

Gegen die Maiswurzelbohrer-Käfer kann eine Spritzbehandlung mittels Stelzentaktor mit "Biscaya" erfolgen (AGES Pflanzenschutzmittel).²

„Belem 0,8 MG“ wurde für den potenziellen Einsatz auf einer Fläche von 26.500 ha (ca. 8,8 % der Maisfläche in Österreich) beantragt und im Zuge einer Notfallzulassung mit strikten Auflagen für den Anwendungszeitraum 20.3.-20.5.2014 zugelassen. Ergänzend ist hierzu anzumerken, dass das nun regulär zugelassene Nematodenpräparat "Nematop" ("Dianem") im Jahr 2012 ebenfalls als Notfallzulassung verfügbar gemacht wurde.

Für Saatmais-Flächen gilt die Beschränkung in der Fruchtfolge sowie das Verbot neonicotinoider Saatbeizung nicht.

Der **Maiszünsler** (*Ostrinia nubilalis*) ist ein Kleinschmetterling und gehört zu den wirtschaftlich bedeutendsten Schädlingen an Mais. Sein ursprüngliches Areal erstreckte sich auf Süd- und Mitteleuropa, Nordafrika, Kleinasien und Westasien bis Turkestan, aber heute ist er im gemäßigten Europa weit verbreitet. Weitere Wirtspflanzen sind Beifuß und Hopfen. Zünslerlarven überwintern ähnlich denen des Maiswurzelbohrers in den Maisstoppeln oder im Wurzelbereich. Je kürzer die Stoppeln bei oder nach der Ernte über dem Boden abgeschnitten werden, umso geringer wird die Zahl der Zünslerlarven. Diese sitzen in der Mehrzahl tief unten im Stängel. Anschließendes tiefes Pflügen verringert die Gesamtzahl der Raupen und nimmt den verbliebenen Larven im nächsten Frühjahr die Futterbasis. Selbstverständlich sollte dann im Folgejahr auch nicht wieder Mais auf dem befallenen Feld angebaut werden (Glas&Löcher-Bolz, 2013). Auch das bayrische LfL empfiehlt tiefes Abhäckseln der Maispflanzen beim Silomaisanbau, Zerkleinern von Stoppel und Stroh durch Fräse oder Scheibenegge und (als am wirksamsten beurteilt) auf 25 cm Tiefe das Unterpflügen der Maisstoppel und des Maisstrohs (LfL Bayern). Die Biologie des Schädling erfordert wirklich tiefes und sauberes Unterpflügen, sodass die geschlüpften Schmetterlinge nicht mehr aus dem Boden entkommen können. Das Bodenbakterium *Bacillus thuringiensis* oder Schlupfwespen (*Trichogramma brassicae*) sind als biologische Gegenspieler bekannt.

² <http://www.baes.gv.at/pflanzenschutzmittel/pflanzenschutzmittelregister/>; abgerufen 10.9.2014.

Fakten zum Maiswurzelbohrer *Diabrotica virgifera virgifera*

Herkunft und Ausbreitung

Es handelt sich um eine invasive Spezies, die in den USA und Kanada weit verbreitet ist und sich in Europa seit dem Balkan-Krieg auf mittlerweile elf Länder verbreitet hat. 1992 wurden erste Käfer in Serbien gesichtet, seit 1999 wird die Verbreitung in Österreich durch Pheromonfallen systematisch beobachtet. In Mittel- und Südeuropa ist der Maiswurzelbohrer etabliert und pro Jahr vergrößert sich das Verbreitungsgebiet um ca. 40 km (siehe Abbildung 13). In einigen europäischen Gebieten ist die Verbreitung zu einem Halt gekommen. Nach Ausbrüchen in Belgien, den Niederlanden und im Pariser Becken kam es zu keiner Etablierung. In Österreich nimmt nicht nur die Verbreitung sondern auch der Befallsdruck rasch zu wie das Beispiel Niederösterreich zeigt: 2010 wurden 6.000 Käfer in Pheromonfallen gefunden, 2014 waren es 44.000.

Schäden

Im Herbst werden von einem Weibchen über 200 Eier gelegt, die in Maisfeldern in einer Tiefe bis 15 cm überwintern. Die im Frühjahr schlüpfenden Larven bohren sich in junge Maiswurzeln, die sie als Futter benötigen und schädigen so die ganze Pflanze. Ältere Larven fressen im Wurzelherz. Ende Mai bis Ende Juni schlüpfen die Käfer und fressen an den Narbenfäden der jungen Kolben und stören bzw. unterbinden die Fruchtbildung. Angelegte Körner werden (an-) gefressen und durch die Fraßstellen kommt es zu Folgeschäden durch Pilzinfektionen. In Österreich wurden 2014 massive Schäden bis zum Totalausfall in der Steiermark auf 10.000 ha registriert. Bei hoher Populationsdichte werden auch andere Kulturen wie Soja oder Kürbis und Hausgärten in Mitleidenschaft gezogen.

Schadensminderung und -bekämpfung

Der Maiswurzelbohrer hat keine natürlichen Feinde in Europa. Bereits ein Käfer pro Maispflanze reicht aus, um die Pflanze zu schädigen. Fruchtfolge, also der Anbau einer anderen Kultur auf der gleichen Fläche im Folgejahr, ist die wirksamste Maßnahme zur Schadensminderung. In Österreich darf Mais maximal drei Jahre hintereinander auf derselben Fläche angebaut werden (Saatmaisproduktion ausgenommen). In Gebieten mit hohem Maisanteil treten jedoch schon nach dem zweiten Jahr große Schäden auf, da die Käfer weite Strecken im Flug überbrücken. Die Auswahl wirksamer chemisch-synthetischer Mittel ist sehr beschränkt und der Bekämpfungserfolg durch biologische Antagonisten (z.B. Nematoden) bislang gering.

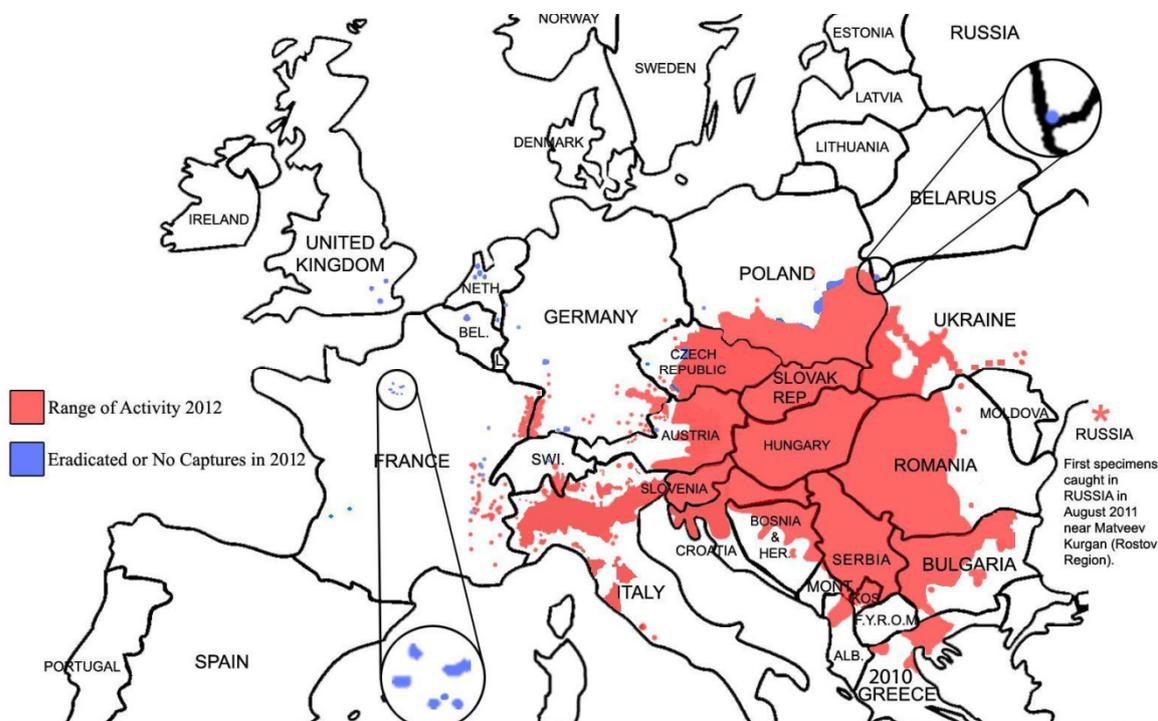
Q: www.pflanzenschutzdienst.at;

<http://www.bmlfuw.gv.at/land/produktion-maerkte/pflanzliche-produktion/pflanzenschutz/Maiswurzelbohrer.html>

Schuster, F., 2015, Kaum Chancen ohne Fruchtfolge. Die Landwirtschaft, Jänner 2015, Seite 27f.

www.iwgo.org.

Abbildung 13: Verbreitungsgebiet von *Diabrotica virgifera* in Europa im Jahr 2012



Q: IWGO, 2015.

Hinweis: Zugrunde liegende Quellen sind verfügbar unter: <http://www.iwgo.org/map2012.jpg>

Auch der **Drahtwurm** (Larven der *Elateridae*, Schnellkäfer) zählt zu den bedeutenden Schädlingen. Die seit 2013 EU-weit verbotenen Neonicotinoide wurden als Insektizid genutzt, also gegen Maiswurzelbohrer, Drahtwurm etc. Sie kamen auch als Saatgutbeizmittel zur Anwendung, aber auch diese Anwendung ist zur Zeit. verboten.

Bisher sind pilzliche Schaderreger von geringerer Bedeutung als die genannten Schädlinge. Der Vollständigkeit halber seien die wichtigsten pilzlichen Schaderreger genannt:

- *Anthraknose* (*Colletotrichum acutatum*, *Glomerella cingulata*)
- *Fusarium*
- *Ustilago maydis*
- *Rhizoctonia*

Durch den wiederholten Anbau von Kulturpflanzen werden in jedem Fall einseitig Schaderreger oder auch eine angepasste Beikrautflora gefördert. Organismen suchen sich entsprechend ihrer Biologie einen Ort, an dem sie optimal Nahrung und Unterschlupf finden und sich vermehren können. Im übertragenen Sinne tun dies auch Pflanzen, die als Beikraut am Feld auftreten.

Zu den wesentlichen **Beikräutern** im Mais gehören Gänsefuß-Arten (Weißer Gänsefuß), Hühnerhirse, Amarant-Arten, Kamille, Ampferarten, Rispengras etc. Eine Bekämpfung mit Herbizi-

den ist möglich; die in Österreich zugelassenen Mittel sind auf der Suchmaske der AGES ([http://pmg.ages.at/pls/psmlfrz/pmgweb2\\$.Startup](http://pmg.ages.at/pls/psmlfrz/pmgweb2$.Startup)) abzufragen. Vorteil des Herbizid-Einsatzes ist, dass maisverträgliche Herbizide den Boden weitgehend von Beikraut freihalten. Sofern eine bestimmte Schadschwelle überschritten ist, muss der Landwirt mit Ertragseinbußen der Leitkultur rechnen.

Auch trägt eine zu starke Beikrautflora zur Minderung der Ertragsqualität bei. Z.B. wird der Anteil des Maises in der Silage reduziert, daher kann nicht mehr mit dem potentiellen Futterwert gerechnet werden. Ein Gelingen der Silage ist dann oft fraglich. Dem Landwirt fordert der Herbizideinsatz einige Management-Qualität ab, denn er muss wissen, was er bekämpft und wann, er benötigt Kenntnisse über die gesetzlichen Regelungen der Anwendung und über die potentiell nachteiligen Folgen eines bestimmten Präparates auf das nächste Glied in der Fruchtfolge.

Bis zum Jahr 1995 war z.B. Atrazin als Wirkstoff gegen Beikrautflora (auch im Mais) in Österreich zugelassen und wurde in großem Umfang eingesetzt. Seit 2013 ist der Wirkstoff Terbutylazin in Wasserschutz- und Schongebieten verboten. Atrazin verfrachtete sich z.B. in größeren Mengen in Gewässer; auch wurde starke Resistenzbildung von Beikräutern beobachtet. Auch die jetzt zugelassenen Wirkstoffe stehen – wie alle Pflanzenschutzmittel - im Verdacht, Resistenzbildungen zu fördern. In den USA wurden 139 Biotypen gefunden, welche gegen eine oder mehrere Wirkstoffgruppen resistent sind. Australien hat 60, Canada 52, Frankreich und Spanien haben je 33, Brasilien hat 25, Deutschland 26, Israel 27, das Vereinigte Königreich 24 (Vencill *et al.*, 2012). Daher ist es günstig, weitere alternative oder begleitende Maßnahmen (neben dem Pflanzenschutzmitteleinsatz) zu prüfen und wieder zu fördern.

Im biologischen Anbau ist keine Anwendung von Pestiziden möglich, daher wird hier auf das alte System der mechanischen Unkrautbekämpfung zurückgegriffen. Dies ist allerdings auch in konventionellen Systemen möglich.

Der optimale Zeitpunkt, damit der Mais nicht geschädigt wird, ist für den Striegel ca. 10 Tage vor der Saat und dann unmittelbar vor der Saat sowie ab dem 3-4-Blatt-Stadium. Für die Hacke ist der erste Arbeitsgang im 2-4-Blatt-Stadium, der nächste im 6-8-Blatt-Stadium. Darüber hinaus soll der Boden nicht zu feucht und nicht zu fest sein, um optimale Wirkung zu erzielen. Beikraut in der Reihe wird durch Anhäufeln ab dem 2. Arbeitsgang bekämpft (Zwenger & Söchting, 2013).

Unterschiedliche Arbeitsgeräte kommen zum Einsatz zwecks Unkrautbekämpfung im Mais. Die Egge ist nur vor dem Auflaufen der Saat einsetzbar, Striegel und Netzegge ebenso. Die verschiedenen Hacken sind auch zu einem späteren Zeitpunkt einsetzbar. Darüber hinaus stehen Geräte mit Zapfwellenantrieb zur Verfügung, die oft in Kombination mit rein mechanischen Geräten eingesetzt werden.

Mechanische Bekämpfung führt allerdings zu häufigerer Befahrung des Ackerbodens, was ggf. zu Bodenverdichtungen durch zusätzliche Auflast führen kann; sie fördert u. U. auch den Humusabbau, wenn der Boden stärker belüftet wird. Wichtig ist es, für diese Maßnahmen den

richtigen Zeitpunkt wahrzunehmen. Gegenüber dem Herbizideinsatz ist ein zusätzlicher Arbeitsaufwand, sowie Investitionen in entsprechende Geräte erforderlich. Wobei anzumerken ist, dass auch durch landwirtschaftliche Maschinen und Geräte Krankheitserreger, Schädlinge oder Beikräuter verschleppt werden können. All dies sind Aspekte, die in den Entscheidungsprozess des Landwirtes über die Gestaltung der Pflanzenschutzmaßnahmen am Acker eingehen.

Die Unterdrückung der Beikräuter kann durch den Anbau von Zwischenfrüchten gefördert werden, insbesondere durch die verstärkte Konkurrenz um Licht. In einer vierfeldrigen Fruchtfolge und 50 % Maisanteil wird die Gesamtzeit der Bodenbedeckung durch Zwischenfruchtanbau von 32 auf 45 Monate verlängert. Diese Erhöhung der Gesamtzeit der Bodenbedeckung trägt zur Beikraut-Unterdrückung bei und reduziert gleichzeitig Erosion und N-Auswaschung (Lütke Entrup & Zerhusen, 1992). Als abfrierende Arten sind Phacelia, Senf, Alexandrinerklee und Hülsenfrüchte zu nennen; winterhart sind Winterraps, Weidelgras und Winterroggen. Eine Reduktion der Unkrautbiomasse von 92-99 % ist mit abfrierenden, aber auch mit winterharten Zwischenfrüchten erreichbar (Lütke Entrup & Zerhusen, 1992, S.192).

Zu benennen ist in Zusammenhang mit Mais auch die Kontamination mit Mykotoxinen, welche sekundäres Stoffwechselprodukt von Pilzen sind. Die bekanntesten Arten sind Aspergillus, Penicillium und Fusarium. Weltweit sind nach Schätzung der FAO etwa 25 % der Nahrungsmittel hiervon betroffen. Bereits am Feld können Getreide (Weizen, Hafer) sowie Mais mit Pilzen befallen und kontaminiert werden. Besonders Tiere sind gefährdet, wenn sie verschimmelttes Futter zu sich nehmen; eine akute Bedrohung ist Menschen z.Zt. nicht gegeben. Österreich betrifft die Problematik wegen vergleichsweise hoher Standards in der Nahrungsmittelproduktion kaum.

Lediglich bei Aflatoxin existiert auch eine grundsätzliche Bedrohung für Menschen, da schon bei einer Tagesdosis von 10 Mikrogramm pro Kilo Körpergewicht ein cancerogenes Risiko besteht. In der Verordnung (EG) Nr. 1881/2006 sind Höchstwerte für Aflatoxine festgelegt. Erzeugnisse, bei denen die Höchstwerte überschritten werden, dürfen in der EU nicht in Verkehr gebracht werden. Die Richtlinie 2002/32/EG gibt Höchstwerte für Aflatoxin B1 in Futtermitteln an. Aflatoxine kommen hauptsächlich in Importware nach Mitteleuropa. Es besteht wegen des Klimawandels aber das Risiko einer Zunahme in heimisch erzeugten Produkten³. Für Lebensmittel gelten Grenzwerte (abzurufen auf der Seite der AGES Kontaminanten), für Futtermittel Richtwerte. Diese liegen für Zuchtsauen bei 250 Mikrogramm Zearalenon (ZON), für Ferkel 100 Mikrogramm (jeweils gerechnet auf 1 kg Futter mit 88 % TS); der Richtwert für Vomitoxin (DON) ist 900 Mikrogramm für Zuchtsauen (Zahlen nach Empfehlung der Kommission (2006/576/EG)). Ergebnisse von Untersuchungen an Körnermaissorten sind auf der Internetpräsenz der AGES abrufbar⁴.

³ [http://www.ifa-tulln.ac.at/index.php?id=33&no_cache=1&tx_ttnews\[backPid\]=7&tx_ttnews\[tt_news\]=144](http://www.ifa-tulln.ac.at/index.php?id=33&no_cache=1&tx_ttnews[backPid]=7&tx_ttnews[tt_news]=144)

⁴ <http://www.baes.gv.at/de/pflanzensorten/oesterreichische-beschreibende-sortenliste/mais/mykotoxingehalte/>

Akute und latente Folgen einer Aufnahme von Mykotoxinen sind z.B. Leber- und Nierenschädigungen, Angriffe auf das zentrale Nervensystem, Haut- und Schleimhautschäden, Beeinträchtigung des Immunsystems oder hormonähnliche Effekte. Toxinmengen, die noch keine oder geringe Krankheitssymptome auslösen, können krebserzeugend sein, Erbschäden bewirken oder zu Missbildungen beim Embryo führen.

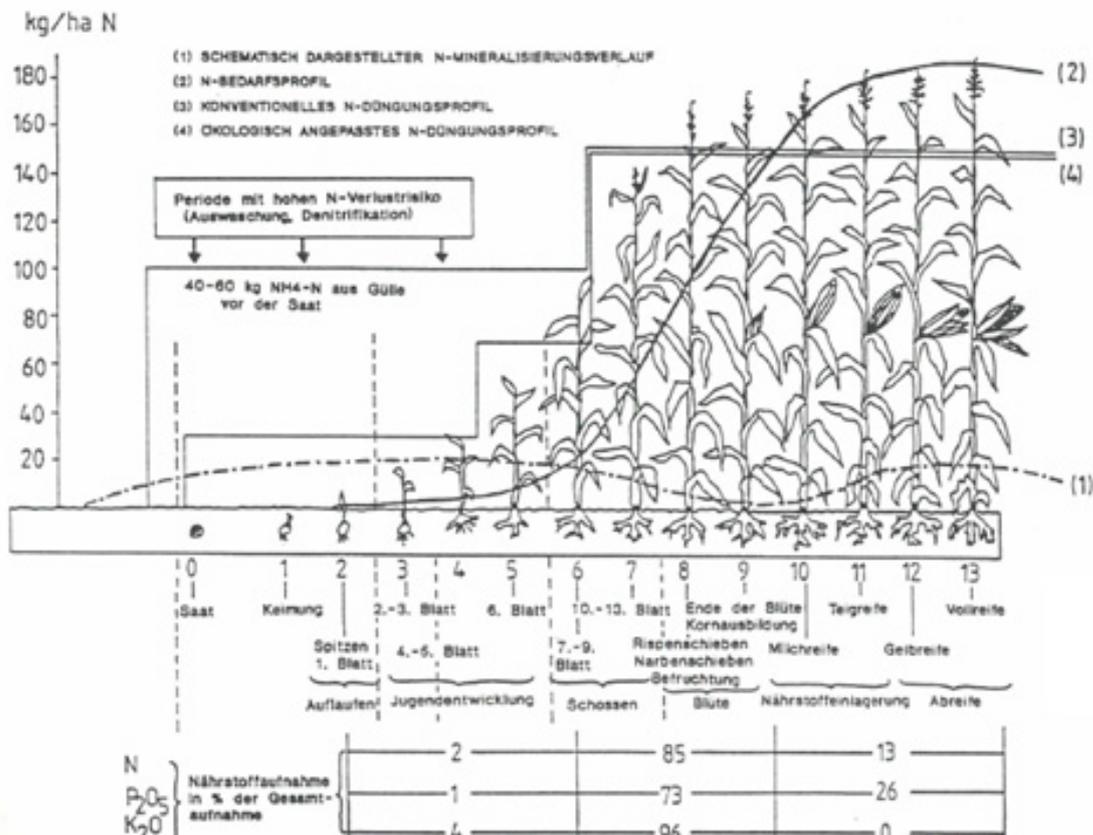
In Zusammenhang mit Mais sind folgende Punkte wichtig: Feucht-warmes Wetter (wie im Sommer 2014) fördert Infektionen, ebenso die Fraßschäden, welche durch die Raupe des Maiszünslers entstehen. In Maisstoppeln, welche über den Winter am Feld verbleiben, kann der Pilz überwintern. Auch die oft empfohlene nichtwendende Bodenbearbeitung ist ein begünstigender Faktor für die Entstehung bzw. Übertragung von Fusarien. Und selbstverständlich ist eine standortgerechte Wahl der Sorte ein wichtiger Faktor zur Reduktion von Infektionen⁵.

3.6 Nährstoffbedarf von Mais

Abbildung 14 zeigt die Entwicklungsphasen von Mais vom Saatkorn bis zur Vollreife. Ab dem 7.-9. Blatt geht der Mais in das Schossen (Längenwachstum) über und daher hat er einen deutlich steigenden Stickstoffbedarf (aber auch einen höheren Bedarf an Wasser und anderen Nährstoffen). Diesem N-Bedarfsprofil (Kurve 2) steht einerseits ein konventionelles (3), andererseits ein ökologisch angepasstes (4) Stickstoff-Düngungsprofil gegenüber, das dem Bedarf deutlich besser folgt. Bis zum Zeitpunkt des Schossens ist das Verlustrisiko an Stickstoff durch Auswaschung und Denitrifikation relativ hoch, der Bestand ist noch sehr licht.

⁵ <http://www.ages.at/ages/ernaehrungssicherheit/rueckstaende-kontaminanten/mykotoxine/>

Abbildung 14: Wachstumsdiagramm von Mais von der Aussaat bis zur Vollreife und prozentuale Nährstoffaufnahme (Hauptnährstoffe)



Q: Lütke Entrup und Zerhusen, 1992.

Übersicht 10: Vergleich Silomais vs. Welsches Weidelgras: bei gleicher Trockenmasse, unterschiedlichem Rohprotein-Gehalte und N-Aufnahmen

	TM-Produktion	RP-Gehalt	N-Aufnahme
Silomais	150 dt/ha TM	8 % RP-Gehalt	150-200 kg/ha N
Welsches Weidelgras	150 dt/ha TM	14 % RP-Gehalt	350 kg/ha N

Q: Lütke Entrup und Zerhusen, 1992.

Bezogen auf einen einheitlichen Ertragswert, in Form von TM (Trockenmasse) bei unterschiedlichen Rohproteingehalten, welche physiologisch bedingt sind, ist eine deutlich unterschiedene N-Aufnahme erkennbar (Übersicht 10). Demnach liegt Mais etwa bei 40-70 % der N-Aufnahme von Weidelgras.

Übersicht 11: Düngeempfehlung der AGES bei mittlerem Ertragsniveau

Körnermais	120-140 kg/ha N
Silomais	140-160 kg/ha N
Weizen	110-130 kg/ha N
Wintergerste	100-120 kg/ha N
gräserbetonter Feldfutterbau	140-180 kg/ha N

Q: Fachbeirat für Bodenfruchtbarkeit und Bodenschutz 2006.

Die Düngeempfehlung der AGES bei mittlerem Ertragsniveau (Übersicht 11) liegt deutlich unterhalb der in Übersicht 10 dargestellten Stickstoff-Aufnahme von Mais (vgl. auch Angaben des Nitratinformationsdiensts (NID)). Die Differenz zwischen Aufnahme und Düngung müssen Boden und Vorfrucht liefern.

Die Düngung nach N_{min} ist die empfohlene Methode, den Düngeraufwand (unabhängig ob organisch oder synthetisch) dem Bedarf besser anzupassen. Die Differenz zwischen einerseits dem im Boden vorhandenen mineralisierten sowie dem nachlieferbaren Stickstoff-Vorrat und andererseits dem spezifischen Bedarf der Pflanze bei gegebenem (erwarteten) Ertragsniveau wird errechnet. Hierbei wird auch der N-Beitrag aus der Vorfrucht einbezogen.

In zweijährigen mehrfaktoriellen Feldversuchen wurden die Auswirkungen verschiedener Stickstoff-Düngerformen untersucht. Es handelte sich zum Einen um ein Präparat (BASAMMON), das aus Schlempe aus der Bioethanol-Erzeugung hergestellt wird. Daraus wird Stickstoff langsam freigesetzt. Zum Anderen wurde Kalkammonsalpeter mit verschiedenen N-Dünger-Mengen (0, 60, 120, 180 kg N/ha) verwendet. Untersucht wurden Ertragsbildung und N-Aufnahme von Silo- und Körnermais sowie N_{min}-Rückstände zur Ernte. Dabei wurden bei bereits vor der Saat hohen N_{min}-Werten (50-70 kg N/ha) und hoher Stickstoffnachlieferung des Bodens (ungedüngt: 100-170 kg N/ha) kein Einfluss auf die Trockenmasseproduktion, Kornertrag und N-Aufnahme nachgewiesen. Es lagen auch keine Interaktionen der Düngerformen mit der Düngermenge vor. Ökonomisch optimale Gesamt- und Korntrockenmassen wurden bereits bei einem Aufwand von 60-120 kg N/ha erzielt. Jedoch zeigten die N_{min}-Gehalte des Bodens teils erhebliche Unterschiede in Abhängigkeit von Düngerform und -menge. Die N_{min}-Gehalte waren während der Anfangs-Entwicklung nach früher Schlempe- oder BASAMMON-Gabe sowie in der Reifeperiode nach einer hohen, späten Kalkammonsalpetergabe erhöht. Auch die Platzierung spielte eine Rolle, allerdings lag bei Reihendüngung der flächenbezogene N_{min}-Gehalt nicht deutlich niedriger. Die Ergebnisse waren geprägt vom generell hohen N-Nachlieferungsvermögens des Bodens (Aufhammer *et al.*, 1996). Bedeutsam sind diese Ergebnisse in der Hinsicht, dass mittels Schlempe ein Teil des Stickstoffs aus Rohstoffen der Ethanol-Gewinnung zurückgeführt werden kann. Gleichzeitig bestätigt die Studie die Notwendigkeit von Bodenuntersuchungen.

Tierhaltende Betriebe, in denen Mais zu Futterzwecken angebaut wird, bringen die tierischen Ausscheidungen in Form von Gülle oder Mist häufig als organische Düngung aus. Grundsätzlich ist dies im Sinne von Kreislaufwirtschaft positiv zu werten (Rückführung von Nährstoffen

sowie organischer Substanz aus der Tierhaltung). Aufgrund seiner im Vergleich zu Getreide längeren Vegetationszeit im Herbst und der größeren Biomasse-Mengen, nimmt Mais gern und leicht die verfügbaren Nährstoffe aus organischem Dünger auf. Allerdings sind die Nährstoffe in kompostierten organischen Düngern (z.B. kompostierter Stallmist) stabiler und weniger auswaschungsgefährdet als aus Gülle. Entscheidend ist auch die Witterung zum Zeitpunkt der Ausbringung; ruhiges, kühles und feuchtes (nicht nasses) Wetter ist günstig. Bodenmikroben, die den Aufschluss der stabileren organischen Substanz vornehmen, benötigen ein Minimum an Feuchtigkeit und haben zwischen 10-30° C ihr Wirkungsoptimum (Gisi et al., 1997). Wegen seiner besonderen Wachstumskurve und der insgesamt kurzen Vegetationsdauer hat der Mais eine Aufnahme von weniger als 10 % des Stickstoffs im ersten Fünftel der Vegetationsperiode. Der kurz vor oder zur Saat ausgebrachte Dünger ist besonders auswaschungsgefährdet. Unterfußdüngung, Reihendüngung (im Vergleich zu Flächendüngung), Gülle in Kombination mit Maismulchsaat reduzieren den Anteil des Nitrats, der mineralisiert und ausgewaschen werden kann. Winterweizen nutzt z.B. organischen Stickstoff zu 55 %, während Mais ihn zu 80 % ausnutzt. Voraussetzung ist immer, dass der Landwirt für seine Standortverhältnisse individuell angepasste N-Düngemengen (auch Gülle nach Nährstoffanalyse) ermittelt und bei der Ausbringung einhält.

In Österreich gibt es im Rahmen der Auflagen der Gemeinsamen Agrarpolitik (Cross Compliance Bestimmungen) zahlreiche Ge- und Verbote für den Landwirt bzgl. der N-Düngung. Die wichtigsten sind in Übersicht 12 zusammengefasst.

Übersicht 12: Verbotszeiträume bzgl. N-Düngung

Zeitraum	Düngearten	Betroffene Flächen
15. Oktober bis 15. Februar ¹⁾²⁾	Stickstoffhaltige Mineraldünger, Gülle, Biogasgülle, Gärrückstände, Jauche, Klärschlamm	gesamte landwirtschaftlich genutzte Fläche, die kein Dauergrünland oder Wechselwiese ist;
30. November bis 28. Februar		Dauergrünland und Wechselwiese
30. November bis 15. Februar ¹⁾	Stallmist, Kompost, entwässerter Klärschlamm, Klärschlammkompost	gesamte landwirtschaftlich genutzte Fläche

Q: AMA 2014; -¹⁾ Für früh anzubauende Kulturen (z.B. Durum, Sommergerste), für Gründecken mit frühem Stickstoffbedarf (z.B. Raps, Wintergerste) und für Feldgemüseanbau unter Vlies oder Folie ist eine Düngung bereits ab 1. Februar zulässig; -²⁾ Bei Ackerflächen, auf denen bis 15. Oktober eine Folgefrucht oder Zwischenfrucht angebaut worden ist, ist eine Düngung bis 14. November zulässig. Rasch wirksame stickstoffhaltige Düngemittel dürfen nur bei Bodenbedeckung oder unmittelbar vor der Feldbestellung oder zur Förderung der Strohrotte, diese bis höchstens 30 kg Stickstoff in feldfallender Wirkung je Hektar, ausgebracht werden. Bleibt das Stroh auf dem Feld und wird zusätzlich eine Folgefrucht oder Zwischenfrucht angebaut, können in Summe bis zu 60 kg/ha Gesamt-Stickstoff gedüngt werden. Die ausschließliche Düngung zur Strohrotte ist bis 14. Oktober möglich. Ferner ist die Düngung zu auf dem Feld verbliebenem Maisstroh ab den 1.1. 2017 verboten.

Durch das Aktionsprogramm-Nitrat 2012 werden darüber hinaus die Vorgaben der EU-Nitratrichtlinie umgesetzt. Düngeverbote und Sperrfristen sind auch Teil der Cross-Compliance-Bestimmungen und müssen im Zuge der Vor-Ort-Kontrollen bei einem bestimmten Anteil der Betriebe auf Einhaltung überprüft werden. In Österreich ist nach Mais generell auf eine Stickstoffdüngung im Herbst zu verzichten. Bis Ende 2016 können höchstens 30 kg/ha N feldfallend zur Maisstrohrotte bis zum 14.10. gedüngt werden (Wallner et al., 2013). Ab 2017

ist eine N-Ausgleichsdüngung zu Maisstroh verboten, dann sind 30 kg/ha N-Ausgleichsdüngung nur mehr zum Getreidestroh erlaubt. Getreidestroh ist sehr arm an Stickstoff, während die Bodenmikroben, welche das Stroh mineralisieren sollen, jedoch Stickstoff und Kohlenstoff in einem bestimmten Verhältnis benötigen, um daraus Körpermasse aufbauen zu können. Das Kohlenstoff-Stickstoff-Verhältnis liegt bei $C/N = 100/1$ bei Getreidestroh, bei Maisstroh beträgt es $60/1$, während die Bodenmikroben ein optimales Verhältnis für die Mineralisation von $10/1$ benötigen.

Übersicht 12 gibt die Zeiträume an, in welchen nicht oder nur mit Einschränkungen Stickstoffdünger ausgebracht werden darf. Ein generelles Ausbringungsverbot für stickstoffhaltige Düngemittel gilt bei wassergesättigten, überschwemmten, schneebedeckten oder durchgefrorenen Böden. Zwischen 30. Nov. und 15. Feb., der winterlichen Kernzeit, in der mit Durchfrieren und Nässe der Böden gerechnet werden muss, ist eine N-Ausbringung verboten, egal in welcher Form. Dies gilt auch in der Bio-Verordnung (BIO-AUSTRIA-Richtlinien). Selbstverständlich unterliegen Landwirte der Auflage, bei der Düngung jeden direkten Eintrag von Nährstoffen in ein Oberflächengewässer zu vermeiden. Es müssen Abstände eingehalten werden (Wallner et al., 2013).

Phosphor wird immer wieder in Zusammenhang insbesondere mit Gewässer-Eutrophierung gebracht. Die Düngeempfehlung für Phosphor und Kalium basiert auf der Einstufung der pflanzenverfügbaren Gehalte im Boden. Bei Bodenuntersuchungen auf Phosphor-Gehalt werden die Böden in Gehaltsklassen eingeteilt. Zusätzlich ist bei der Orientierung für eine potentielle Phosphor-Düngung der erwartete Ertrag einzurechnen, sowie 2 zusätzliche wichtige Bodenparameter, z.B. Humusgehalt oder mineralische Körnung des Bodens. Danach sind die allgemeinen Düngeempfehlungen zu berichtigen (Richtlinien für die sachgerechte Düngung, BMLFUW 2006). Übersicht 13 gibt den Phosphorbedarf für Silo- und Körnermais nur unwesentlich höher an als für verschiedene andere Getreide-Arten. Hingegen ist der K_2O -Bedarf für Körnermais um das 2,5-Fache höher als für Getreide, für Silomais um das 2,7-Fache.

Übersicht 13: Düngeempfehlung für Phosphor und Kalium bei Gehaltsstufe C für verschiedene Kulturarten

Empfehlung für die Düngung mit Phosphor und Kalium bei Gehaltsstufe C

Kultur	P_2O_5 kg/ha/Jahr	K_2O kg/ha/Jahr
Getreide (Weizen, Durum, Roggen, Wintergerste, Dinkel, Triticale, Hafer, Sommergerste (Futter- u. Braugerste))	55	80
Mais (CCM, Körnermais)	85	200
Silomais	90	225

Q: BMLFUW 2006.

Überschüssiges Phosphat wird normalerweise im Boden reversibel gebunden und erhöht den Bodenphosphatgehalt. Eine besondere Rolle spielt hierbei die Bodenstruktur; überwiegen Makroporen (0,1-0,5 mm) im Boden, werden bis zu 17 % der Jahresfracht ausgetragen. Kalium wird von den Pflanzen nur in Ionen-Form aufgenommen, daher ist es wichtig, dass ausrei-

chend Kalium zur Verfügung gestellt wird. Ein Teil des zugeführten Kaliums wird immer auch irreversibel in Tonmineralien fixiert; ein anderer Teil wird nur locker gebunden und bildet damit die pflanzenverfügbare Reserve im Boden.

Langjährige Düngung von Schweine- und Geflügelgülle führt oft zu einer Anreicherung und Verlagerung von Phosphat in tiefere Bodenschichten. Für Stickstoff-, Phosphor- und Kaliumdüngung gilt, dass Bodenuntersuchungen immer wichtiger werden (absolute Gehalte der Nährstoffe in löslicher Form). Gleichzeitig ist es notwendig diese Ergebnisse im Düngeplan miteinander zu verbinden und dies für die gesamte Fruchtfolge unter Berücksichtigung von Ertragsersparnis, Gehaltsklassen des Bodens, Wasserverhältnissen am Schlag, Bodenstruktur, Humusgehalten, pH-Wert des Bodens etc.

3.7 Hoher Mechanisierungsgrad der Arbeit

Die Aussaat von Mais wird üblicherweise im April oder Anfang Mai vorgenommen. Die Grundbodenbearbeitung vorher besteht in Pflugfurche oder pflugloser, reduzierter Bodenbearbeitung. Mulchsaaten sind möglich, bergen aber die Gefahr von verzögertem Jungendwachstum und stärkerem Unkrautdruck aufgrund späterer Erwärmung des Bodens. Das Saatbett soll nicht zu fein sein, da hiermit Verschlammungen und Bodenabtrag Vorschub geleistet wird. Der Pflanzenschutz erfolgt mit Herbiziden (gebeiztem Saatgut; eingeschränkt) oder, wie bereits beschrieben, mit mechanischen Geräten zu unterschiedlichen Zeitpunkten. Letzteres findet derzeit hauptsächlich im biologischen Anbau statt. Die Ernte erfolgt mit Häcksler oder im Mähdruschverfahren. Silage-Bereitung erfolgt durch Einfüllen in meist befahrbare Silos, Verdichtung und Abdichten mit Folie.

3.8 Mais als Futtermittel

Mais ist die wichtigste Futtergrundlage in der Schweineproduktion, Geflügelproduktion, Rindermast und teilweise auch in der Milchviehhaltung. In der Bewertung von Mais als Futtermittel ist der Trockenmassegehalt des Futtermittels entscheidend, da sich alle organischen und anorganischen Nährstoffe in der Trockenmasse eines Futtermittels befinden. Er ergibt sich nach Bestimmung des Wassergehaltes. Der Trockensubstanzgehalt der Maisfuttermittel schwankt in erheblichem Umfang. So enthält Maissilage 27 bis 38 % Trockensubstanz, trockene Maiskörner ca. 86 %, Lieschkolbenschrot (LKS) und Corn-Cob-Mix (CCM) jeweils ca. 60 %. Maiskörner enthalten etwa 9,8-10,5 % Rohprotein in der Trockensubstanz. Der Rohproteingehalt wird aus dem analysierten Stickstoffgehalt berechnet. Allerdings zeigt er nicht wirklich den Proteingehalt, sondern eben nur den Stickstoffgehalt an, der nur beschränkt aussagekräftig ist. Es lässt sich daran aufzeigen, dass Maisfuttermittel generell einen sehr niedrigen Eiweißgehalt haben. Daher werden i. d. R. Eiweißfuttermittel wie z.B. Soja-Extraktionsschrot zugefüttert. Die essentiellen Aminosäuren Lysin und Tryptophan sind in Mais nur in geringen Mengen enthalten und begrenzen den ernährungsphysiologischen Wert des Eiweißes, daher wird die Proteinqualität von Mais als niedrig beschrieben. Dennoch sind Leucin und einige andere essentielle Aminosäuren mit hohen Gehalten vorhanden. Der Rohfettgehalt des Mais-

korns liegt bei 4-5 % in der Trockensubstanz. Das Fett ist hauptsächlich im Maiskeimling gespeichert. Das Maiskorn ist reich an Linolsäure sowie Ölsäure, dagegen ist der Anteil Linolensäure niedrig. Es gibt aber auch Sorten mit höheren Gehalten von 7-8 % Fett in der Trockensubstanz. Bei diesen findet sich eine veränderte Zusammensetzung der genannten Fettsäuren, aber auch eine geringe Erhöhung des Rohproteingehaltes und eine geringe Abnahme des Stärkegehaltes (Schwarz 2013).

Maissilage liefert insbesondere die Energie für die Grundfütterationen der Milchkühe und Mastrinder. Lieschkolbenschrot (LKS) und Corn-Cob-Mix (CCM) werden in der Schweinehaltung eingesetzt. Von 1 ha Körnermais können 30 bis 35 Mastschweine gemästet werden, und 1 ha Corn-Cob-Mix (CCM) nährt 35 bis 40 Mastschweine. Es werden nur noch zusätzliches Eiweiß- und Mineralfutter benötigt. Von 1 ha Silomais kann der Jahresgrundfutterbedarf für 3 bis 4 Kühe bereitgestellt werden (1 ha Mais steht für 15.000 kg Milch). Von 1 ha Silomais können alternativ auch 6 Masttiere mit einem Lebendgewicht von 600 kg gemästet werden (was umgerechnet 2.000 kg reinem Stierfleisch entspricht), zuzüglich werden noch 10 dt Kraftfutter benötigt (DMK). Da Schweine und Rinder grundsätzlich verschiedene Verdauungssysteme besitzen, sind ihre Ansprüche an das Grundfutter verschieden:

- Rinder: Der Energiegehalt einer Maissorte wird stark vom Stärkegehalt beeinflusst. Maisstärke ist anders zu bewerten als die Stärke sonstiger Futtermittel. Aufgrund ihrer speziellen Struktur wird ein schneller Abbau durch die Pansenbakterien verhindert und die Stärke passiert die Vormägen teilweise unverdaut. Im Dünndarm wird dann dieser Teil der Stärke als Energiequelle aufgenommen. Diese Fraktion heißt „beständige“, „pansenstabile“ oder auch „Bypass-Stärke“.
- Schweine: Für Schweine spielt die biologische Wertigkeit des Proteins die entscheidende Rolle. Besonders die Zusammensetzung des Rohproteins und die Gehalte der essentiellen Aminosäuren wie Lysin, Methionin und Cystin, Threonin und Tryptophan sind entscheidend. Die verschiedenen Maisfuttermittel (Lieschkolbenschrot (LKS) und Corn-Cob-Mix (CCM)) besitzen einen Fettanteil, der beinahe doppelt so hoch ist wie in Weizen und Gerste. Bei der Fütterung von Corn-Cob-Mix (CCM) und Körnern für Schweine ist allerdings zu beachten, dass Mais einen sehr hohen Anteil an ungesättigten Fettsäuren besitzt. Dies kann zur unerwünschten weichen Konsistenz des Speckes führen (Weiss, Pabst und Granz, 2011).

Darüber hinaus findet Mais Eingang in die Fütterung von Geflügel (sowohl in der Mast als auch von Legehennen) und von Pferden.

Für die Tierfütterung werden meist Silagen bereitet, die entweder auf Bergung der Ganzpflanze (Silomais) oder Silage der Kolben (mit oder ohne Lieschen -> LKS oder CCM) beruhen. Für die Silagebereitung grundsätzliche Parameter sind der Gehalt an Gärsubstrat (vergärbare Kohlehydrate), die Pufferkapazität und die Zahl der siliertauglichen Milchsäurebakterien. Für eine erfolgreiche Silierung gibt es Silierhilfsmittel im Handel, die auch unter ungünstigen Bedingungen eine sichere Silagebereitung ermöglichen. Für die Ernte des Silomaises gilt der Zeitpunkt der Teigreife als optimal. Der Kolben hat dann einen Trockensubstanzgehalt von 50-

60 % erreicht, die Pflanze insgesamt 30-35 %. Die Häcksellänge liegt bei 6-8 mm, wird in längere Stücke gehäckselt, lässt sich die Masse im Silo schlecht verdichten. Wird noch kürzer gehäckselt, kann es wegen zu starker Verdichtungen (Agroscope; Nussbaum, 2013) zu anaeroben Fehlgärungen kommen. Für die Werbung von CCM ist der optimale Erntetermin, wenn die Körner einen Trockensubstanzgehalt von ca. 60 % erreicht haben. Bei der Ernte wird mit dem Mähdescher mit einem Pflückvorsatz geerntet; CCM enthält die Maiskörner und etwa 30-80 % der Maisspindel. Mittels Mühlen wird auf eine Vermahlung von unter 2 mm erreicht; diese Fraktion soll 80 % der Gesamtmenge ausmachen. CCM kann auch als Krafffutter für Kühe eingesetzt werden (Schwarz, 2013, S. 285). Wichtig ist jedoch für alle Arten der Silagebereitung, dass die Körner angeschlagen und damit die harte Schale des Maiskornes aufgebrochen, wodurch die Inhaltsstoffe verfügbar gemacht werden. Der Landwirt kann über Sortenentscheidung, als auch durch die Art der Futterwerbung (Futtermittel) entscheiden, wie die Zusammensetzung des Futters ausfällt. Bleiben größere Anteile des Stängels und der Blätter in der Silage, sinken naturgemäß Fett-, Eiweiß- und Stärkegehalt.

3.9 Mais als Energiepflanze

Energiemais wird zur Gewinnung von Energie in Biogasanlagen angebaut. Wie bereits erwähnt, findet sich im Anbau am Acker sowie in den konkreten pflanzenbaulichen Maßnahmen kein Unterschied zur Nutzung als Silomais. Der Energieertrag, gemessen als m³ Methan pro Hektar, setzt sich aus dem Biomasseertrag und der Methanausbeute zusammen. Der Methanflächenertrag wird primär durch den Biomasseertrag bestimmt. Das Erntegut wird in der Biogasanlage zwecks Aufschluss in einem Fermenter belassen. Hier werden organische Verbindungen unter anaeroben Bedingungen abgebaut und zwar zu Methan (CH₄), Kohlendioxid (CO₂) und Restgasen wie Ammoniak (NH₃), Schwefelwasserstoff (H₂S) und Wasserdampf. Der Prozess verläuft als mikrobiologischer Abbauprozess, in dem hauptsächlich Bakterien und Archaeen (Archaeobakterien, Archebakterien oder Urbakterien) arbeiten. Die Gärtemperatur liegt optimal im oberen mesophilen Bereich, also bei 38-40° C, als Verweildauer werden mindestens 80 Tage angegeben. Bei steigender Raumbelastung (tägliche Zufuhr an organischer Trockenmasse je Kubikmeter Rauminhalt) sinkt aufgrund abnehmender Verweilzeit die Methanausbeute. Außerdem wächst die Gefahr von Prozessinstabilitäten. In landwirtschaftlichen Biogasanlagen werden die Substrate durchmischt, um Temperatur- und Konzentrationsunterschiede auszugleichen, Feststoffe und Flüssigkeit besser zu durchmischen sowie den Wärmeaustausch zu intensivieren (Dahlhoff et al., 2013). Das Gas wird in der Regel in einem Blockheizkraftwerk so verwertet, dass je nach Technik aus 30-40 % der im Gas steckenden Energie Strom und aus 40-45 % Wärme erzeugt werden. Neue Techniken, die noch mehr Energie – insbesondere Strom – erzeugen können, werden in den nächsten Jahren marktreif.

Von Bedeutung in der Nutzung pflanzlicher Ressourcen für die Energiegewinnung ist die gekoppelte Nutzung vegetativer und generativer Teile von ein- und derselben Pflanze, z.B. die Nutzung von Maiskörnern zur Stärkegewinnung und Verwendung der Restpflanze für die Biogaserzeugung; oder die Primärnutzung von Sonnenblumenkernen zur Ölgewinnung und Ver-

wendung der Restpflanze und des Presskuchens zur sekundären Biogasnutzung. Auch schließt dies die Nutzung von Misch- und Mehrkulturanbausystemen wie z.B. von Gemischen aus Sonnenblumen, Mais und Sudangras oder dem Anbau von Winterroggen vor Mais ein. Zusätzlich ist die Auswahl geeigneter Arten und Sorten zu beachten (bzw. noch ein Forschungsthema) (Amon *et al.*, 2006). In den nächsten Jahren werden spätreife Energiemaissorten mit deutlich verbesserter Jugendentwicklung auf den Markt kommen. Sortenunterschiede in der Verdaulichkeit für die Methangasbildung sind vorhanden (LK NRW). Ziel ist hierbei die Erhöhung der gesamten Biomasse, gekoppelt mit ausreichender Abreife im Herbst.

Auch in der Bioethanol-Erzeugung spielt Mais eine Rolle. Hierbei wird aus pflanzlicher Stärke durch Zugabe von Enzymen (Amylasen) Zucker hergestellt, der dann durch Hefen fermentiert und zu Alkohol umgesetzt wird. Reststoffe dieses Prozesses sind Eiweiß, Fett und Faserbestandteile, die wiederum als nährstoffreiche Futtermittel eingesetzt werden können (Dahlhoff und Maierhofer, 2013). Diese wird als Trockenschlempe oder DDGS (Dried Distillers Grains with Solubles) bezeichnet.

Bioethanol wird aktuell in Österreich im Rahmen der gesetzlichen Substitutionsverpflichtung bereits zu 5,75 % dem Benzin beigemischt. Außerdem wird er als Kraftstoff SuperEthanol E85, der aus bis zu 85 % Bioethanol und zum Rest aus Benzin besteht, verwendet. Ziel der EU-Richtlinie ist, 10 % der im Transportwesen eingesetzten Energieträger aus erneuerbaren Quellen zu speisen. Mittlerweile erzeugt eines der größten Werke in Österreich neben 210.000 m³ Bioethanol auch 175.000 Tonnen gentechnikfreies Eiweißfutter (DDGS) aus ursprünglich kohlenhydrat-betonten Getreiden (Weizen, Mais); außerdem wird mittels CO₂-Rückgewinnungsanlage das in der Bioethanolproduktion entstehende CO₂ für weitere Verwendungen in der Getränke-Industrie genutzt (Agrana, abgerufen 20.11.2014).

3.10 Mais in technischen Anwendungen

Grundlage für diverse technische Anwendungen sind stärkereiche Getreide (auch Mais) sowie Kartoffeln. Die enthaltene Stärke wird extrahiert und dann für weitere Anwendungen aufbereitet. Sie ist Rohstoff in der Papierindustrie und in der papierverarbeitenden Industrie (z.B. für Wellpappe). In der Papierindustrie werden modifizierte Stärkeether und -ester auf Maisbasis verwendet. Diese Produkte sind heiß- oder kaltwasserlöslich und eignen sich für den Papierstrich und als Basis für Beschichtungen.

Stärke ist das dominierende Produkt für die Schlichte von Stapelfasergarnen (textiles Garn) aus Baumwolle, Zellwolle, Wolle, Leinen und für Mischungen dieser Fasern mit synthetischen Fasern. Sie sind biologisch abbaubar, spezielle Stärken sind in Ultrafiltrationsanlagen auch in Kombination mit synthetischen Schichten rückgewinnbar. Stärkeprodukte finden Verwendung für Gewebe und Gewirke aus Baumwolle, Viskose, synthetische und Mischgespinste. Sie dienen der Andickung der Farbpasten, verbunden mit der Erzielung von Farbbrillanz und scharfen Konturenständen. Ferner gibt Maisstärke bzw. ihre Produkte Textilien Appretur.

Auch Kosmetikprodukte pudriger Konsistenz haben Stärke als Grundstoff, sogar in Haarpflege- und Sonnenschutzmittel, After Shave usw. wird Maisstärke eingesetzt. In der Baustoffchemie wird die Wirkung der üblichen Wasserretentionsmittel unterstützt und gesteigert sowie die Haftkraft der Baustoffgemische auf schwierigen Untergründen verbessert. Der Einsatz von Luftporenbildnern kann optimiert werden. Die ersten Produkte aus Maisschrot als Kunststoffersatz sind Extrudate unterschiedlicher Schüttdichte, Porosierungsmittel in Tonziegeln und Formteilen.

Maisspindeln fielen in Österreich üblicherweise als Nebenprodukt der Saatmaisproduktion an und wurden meist verfeuert. Inzwischen wurden in den vergangenen Jahren weitere Verwendungen der Maisspindeln z.B. als Zusatz zu Spanplatten, in Ölbindemitteln und als Einstreu für Heimtiere entwickelt. Aus den Spindeln von entkörnten Maiskolben wird durch Zerkleinern, Sieben und Entstauben Granulat gewonnen, von welchem 1 Kilogramm bis zu 1,2 Liter Dieselöl binden kann. Maisspindeln gehen mittlerweile auch in größerem Umfang in Biogasanlagen oder werden zu Blumendünger unter Beimischung von adaptiertem Hühner- oder Schweinemist.

Eine weitere wesentliche Wertschöpfung auf der Basis von Mais ist die Herstellung von Zitronensäure. Sie erfolgt praktisch im Zuge der Maisstärkegewinnung. Zitronensäure ist eine der am weitesten verbreiteten Säuren in der Natur. Sie kommt extrem häufig natürlicherweise vor, weil sie (namengebend) als Zwischenprodukt im Citrat-Zyklus auftritt. Sie ist damit Stoffwechselprodukt aller Organismen. Zitronensaft enthält beispielsweise 5–7 % Zitronensäure. Sie kommt aber auch in Äpfeln, Birnen, im Wein und sogar in der Milch vor. Zitronensäure wird in der Lebensmittelindustrie zur Haltbarmachung und Stabilisierung von Speisen (zugelassen als E 330) eingesetzt und Putzmitteln zugesetzt. Das Citrat (Salz der Zitronensäure) wird in der Medizin, der Lebensmitteltechnik (E332) sowie in der Kosmetik- und Pharmaindustrie eingesetzt.

Bei Laa im Weinviertel wird seit wenigen Jahren Maisstärke und Zitronensäure produziert. Zur Anlage werden pro Jahr rund 220.000 Tonnen Nassmais geliefert. Dies entspricht einer Anbaufläche von etwa 25.000 Hektar Ackerland. In der Anlage werden täglich durchschnittlich 600 Tonnen Mais verarbeitet. Dabei entstehen gleichzeitig rd. 200 Tonnen eiweißhaltige Futtermittel, die den Import von Eiweißfutter auf Sojabasis ersetzen können (Industriellen-Vereinigung Niederösterreich).

3.11 Mais in der menschlichen Ernährung

Mais wird auch in der menschlichen Ernährung sehr geschätzt. Einerseits bieten die Kohlenhydrate Energie; 1 g Kohlenhydrate und somit auch 1 g Stärke liefern ebenso viel Energie wie 1 g Eiweiß und zwar 4 kcal (17 kJ). Andererseits liefert der Maiskeimling das geschätzte Maiskeimöl. Lediglich die Eiweißkomponenten im Mais sind nicht so wertvoll, denn es fehlen die essentiellen Aminosäuren Lysin und Tryptophan (essentiell deswegen, da der Körper sie nicht selbst produzieren kann).

Die wichtigste Eigenschaft von Stärke ist die Fähigkeit zur Verkleisterung. Wird ein Stärke-Wasser-Gemisch erhitzt, kann Stärke ein Vielfaches ihres Eigengewichtes an Wasser physikalisch binden. Kohlenhydrate sind Hauptnährstoff bzw. Energielieferant neben Eiweiß und Fett. Im Vergleich dazu liegt der Energiegehalt von 1 g Fett bei 9 kcal (37 kJ) und somit bei mehr als dem Doppelten der Energie von Eiweiß und Kohlenhydraten. Die über die tägliche Nahrung zugeführten Kohlenhydrate werden im menschlichen Körper zu Glukose zerlegt bzw. in Glukose umgewandelt. Vom Körper können Kohlenhydrate nur in Form von einzelnen Glukosemolekülen über den Darm aufgenommen werden. Allerdings fehlt Maisprodukten Gluten, daher muss Maismehl zum Backen mit Weizenmehl gemischt werden. Gleichzeitig ist Maismehl gerade dadurch sehr bekömmlich, insbesondere für Menschen mit Unverträglichkeitsreaktionen (=Zöliakie) auf Gluten.

Die bekanntesten Produkte in der menschlichen Ernährung dürften Popcorn und Cornflakes sein. Weitere Lebensmittelprodukte, die die vielfältigen Einsatzmöglichkeiten von Mais illustrieren, sind z. B. die Frischmaiskolben (von Zuckermaisarten), die Mini-Maiskölbchen (süß-sauer eingelegt) oder Maiskörner auf der Pizza oder im Salat. Maismehl und Maisgrieß ("Polenta") lassen sich zu Aufläufen, Brei, Klößen und Tortillas verarbeiten. Mais findet sich außerdem auch in Babynahrung, in Gummi- und Geleeartikeln, Schaumzuckerwaren und Hartkaramellen, in Puddingpulver, Desserts, Saucen, Suppen oder auch diversen Fertiggerichten und Gebäck.

Das Maiskeimöl wird entweder durch Pressung oder Raffination aus dem Keimling extrahiert. Dabei ist der Gehalt im Korn sehr gering. Für einen Liter Öl benötigt man 100 kg Mais. Es enthält 59 % Linolsäure (mehrfach ungesättigte Fettsäure), 24 % einfach ungesättigte und 13 % gesättigte Fettsäuren. Maiskeimöl enthält viele Omega-6 Fettsäuren, aber geringe Mengen Omega-3-Fettsäuren. Die wichtigsten Omega-6-Fettsäuren sind die Linolsäure und die Arachidonsäure. Der Körper kann die Linolsäure in Arachidonsäure umwandeln. Diese Fettsäuren steuern indirekt den Blutdruck und Entzündungsreaktionen. Ein erhöhter Konsum von Omega-3- und Omega-6-Fettsäuren senkt das Risiko, an Arteriosklerose und koronaren Herzkrankheiten zu leiden. Maiskeimöl enthält in der nativen Form etwa 35 mg Vitamin E auf 100 ml. Es eignet sich zur Prophylaxe und begleitenden Behandlung bei Gallensteinen (*Holub et al., 1976*). Das raffinierte Maiskeimöl hat einen Rauchpunkt bei 200° C und kann daher gut zum Braten genutzt werden. Es ist hitzebeständig und daher entstehen beim Braten keine schädlichen Kohlenwasserstoffverbindungen.

Insgesamt betrachtet ist Mais eine wertvolle Nutzpflanze. Neben zahlreichen Mineralstoffen und Spurenelementen wie Kalium, Kalzium, Phosphor, Zink, Eisen, Fluor, Magnesium, Natrium, Kieselsäure, Selen, dazu B-Vitamine, Phenolsäuren fanden Forscher folgendes interessantes Phänomen: Thermische Verarbeitung von Zuckermais bei 115° C für 25 Minuten erhöhte die gesamte antioxidative Aktivität signifikant um 44 % und erhöhte die phytochemischen Gehalte wie die Ferulasäure um 550 % und die Gesamtphenole um 54 %, wobei allerdings ein Vitamin-C-Verlust von 25 % beobachtet wurde (*Dewanto et al. 2002*).

Das Ergebnis zeigt, dass gekochter Mais – egal, ob gedünstet, als Brei oder am Kolben gegart – seine antioxidative Aktivität um bis zu 53 % erhöht. Antioxidantien schützen die Zellen vor

Schäden durch so genannte Freie Radikale und können so das Risiko für Krebs oder Herzleiden sowie altersbedingte Leiden wie Alzheimer oder Grauen Star verringern. Auch Ferulinsäure kann ebenfalls vor Erkrankungen wie Krebs schützen. Ferulinsäure ist an Zellwände des Maiskorns gebunden. Doch bereits nach zehnminütigem Kochen bei 115 Grad steigt der Ferulinsäure-Gehalt um 240 %, nach 25 Minuten um 550 % und nach 50 Minuten sogar um 990 %. Diese Säure schützt vor Dickdarmkrebs, indem sie den Krebszellen die Wachstumsenzyme entzieht. Außerdem bindet sie Enzyme, die Kohlenhydrate abbauen. Dadurch lässt sich zum einen der Insulinwert im Blut senken und zum anderen lässt es Fettdepots leichter reduzieren. Ferner schützen die im Mais enthaltenen Karotine das Auge vor freien Radikalen, die durch das UV-Licht der Sonne gebildet werden.

Stärke in der Nahrungsmittelwirtschaft und der Industrie

Wo Stärke aus Mais nach der Herstellung verwendet wird, ist statistisch nicht erfasst. Stärke wird in großem Maßstab nicht nur aus Mais hergestellt, sondern auch aus Weizen und Erdäpfeln. Das Ausgangsmaterial und der Herstellungsprozess bestimmen Qualitätsaspekte, die eine breite Palette von Anwendungsmöglichkeiten eröffnen. Das Einsatzspektrum ist sehr groß und Statistiken, die vom VDGS veröffentlicht werden, liefern Anhaltspunkte, in welchen Anwendungsbereichen Stärke zum Einsatz kommt:

- etwa 60% in der Nahrungsmittelindustrie, besonders in Süßwaren (ca. 17%); der Rest (43%) in vielfältigen anderen Produkten der Lebensmittelwirtschaft;
- etwa 40% in technischen Anwendungen, vor allem Papier (28%), Wellpappe (6%) und der chemischen Industrie / der Fermentation (6%).

Q: Verband der deutschen Getreideverarbeiter und Stärkehersteller - VDGS e.V. (2012), Agrana (2014)

3.12 Mais und die Agro-Biodiversität

Definition Agro-Biodiversität:

Darunter versteht man Varietäten von tierischen, pflanzlichen und Mikroorganismen auf der Erde, die für die Ernährung und die Landwirtschaft Bedeutung haben. Ein wichtiger Teil der Biodiversität, der die Basis für die Nahrungssicherung ist. Umfasst alle direkt oder indirekt in der Ernährung und Landwirtschaft zur Verwendung kommenden Arten: Nahrungsmittel für den Menschen, Futtermittel für Haustierrassen und Lieferanten von Rohstoffen und Leistungen, wie Faserstoffe, Düngemittel, Treibstoffe und Pharmazeutika. Umfasst unter anderen Pflanzenarten, wie Futterpflanzen und Bäume, Tierarten, wie Fisch, Mollusken, Vögel und Insekten, sowie Pilze, Hefe und Mikroorganismen wie Algen und diverse Bakterien.

Q:(iufro-archive.boku.ac.at)

Wird auf einer gegebenen Fläche, beispielsweise 100 ha, statt 25 % der Fläche nun 60 % der Fläche mit Mais bebaut, müssen zwangsläufig andere Arten im Anbau reduziert werden. Letztendlich ist es immer noch die individuelle Entscheidung des Landwirtes, was er wann anbauen will und hier sind bevorzugt die betriebswirtschaftlichen und arbeitswirtschaftlichen Gründe ausschlaggebend. Aus betriebswirtschaftlichem Blickwinkel müssen Alternativen zum Mais äquivalenten Ertrag bringen, sei es monetär bei der Vermarktung, sei es in der Menge an Rohstoffen für die innerbetriebliche Verwendung.

Leider gab es im Jahr 2013 eine weitere Reduktion der Fläche von Rotklee und sonstigen Kleearten um –8,4 % (=839 ha); auch Klee gras wurde um 1.198 ha (–1,9 %) weniger. Luzerne wuchs auf 13.454 ha, das sind um 191 ha (–1,4 %) weniger als im Vorjahr. Der sonstige Feldfütterbau verzeichnete mit 17.326 ha eine Abnahme um 720 ha (–4,0 %). Die Steigerung bei Silomais ging Großteils zurück auf die Flächenzunahme – um 28.444 ha (+34,5 %) auf 110.818 ha – aufgrund der Umwidmung von rd. 29.500 ha Körnermais, die wegen Hitze und Trockenheit nur mehr als Silomais genutzt werden konnten. Beim Körnermais (einschließlich Corn-Cob-Mix) standen für die Körnernutzung nur 201.917 ha (–17.785 ha oder –8,1 %) zur Verfügung (Statistik Austria, 2013).

Bedeutend an dieser Meldung ist der Rückgang des Anbaues von Klee, Luzerne u.a. Futterpflanzen, welche – je nach Nutzung – Alternativen zum Maisanbau darstellen können. Allerdings sind diese Alternativen eingeschränkt, die absoluten Erträge liegen deutlich unter dem von Mais und der Nutzungsrahmen ist nicht so weit gefächert wie beim Mais. Hier ist Österreich kein Einzelfall; weltweit geht der Anbau reiner Futterpflanzen zurück (–18 %; *Foley et al.*, 2011).

Bedauerlich ist dieser Rückgang auch deshalb, weil Klee und Luzerne (auch in Gemengen) als Pflanzen aus der Familie der Schmetterlingsblüter (Fabaceae) Luftstickstoff mittels symbiotischer Knöllchenbakterien binden und in den Boden bringen. Sie leisten mithin einen wichtigen Beitrag zur Reduktion der Anwendung synthetischer Mineraldünger sowie im Aufbau der organischen Bodenmasse. Da Luzerne, aber auch Lupine ausgesprochene Tiefwurzler sind, können sie dazu beitragen, die Bodenstruktur gerade bei Verdichtungen wieder herzustellen bzw. zu verbessern. Für Luzerne schwanken die Ertragsangaben zwischen etwa 50-60 dt/ha Trockenmasse/ha und Jahr (*Pietsch*, 2006; *LfL Bayern*, 2013) und 80–130 dt TM/ha, (entspricht 17–28 dt Rohprotein/ha).

Unterm Strich führen ökonomische Zwänge zu einem Vordringen des Maisanbaues auf Kosten des Anbaues arbeits- und betriebswirtschaftlich ungünstiger bewerteter Pflanzen wie Klee, Luzerne, Klee gras etc. (*Ruppert*, 1982; *Henning*, 1988).

Gemäß den Bestimmungen von Cross Compliance ist der Umbruch von Grünland verboten, bzw. erst nach Antragstellung ggf. genehmigt. Das ergänzende heimische ÖPUL-Programm strebt die Förderung ökologisch sinnvoller Maßnahmen in der Landwirtschaft an. Neu im ÖPUL 2015 ist, dass bei den Maßnahmen "Begrünung von Ackerflächen - Zwischenfruchtanbau" und "Begrünung von Ackerflächen - System Immergrün" die Mindestteilnahmegröße im ersten Teilnahmehjahr von 3,00 ha auf 2,00 ha reduziert wird. D.h. auch auf kleinen Betriebsflächen

sind diese wichtigen Maßnahmen zur Begrünung förderbar (AIZ, 2014). Im Programm „Immergrün“ wird eine ganzjährige flächendeckende Bodenbedeckung auf zumindest 85 % der Ackerfläche im Verpflichtungszeitraum umgesetzt. Es gelten sowohl Hauptkulturen (Mais, Ackerfutter, Raps, Getreide ...) als auch Zwischenfrüchte als Bodenbedeckung. Die Dauer unvermeidbarer unbestellter Zeiträume zwischen Hauptkulturen beziehungsweise zwischen Haupt- und Zwischenkulturen ist limitiert. Neben diesen zeitlichen Vorgaben müssen die Zwischenfrüchte mindestens 35 Tage Bestand (von Anbau bis Umbruch) haben; es dürfen keine mineralische Stickstoffdüngung und kein Einsatz von Pflanzenschutzmitteln vom Anbau bis zum Umbruch vorgenommen werden. Im Begrünungszeitraum ist eine Bodenbearbeitung untersagt (ausgenommen Strip-Till-Verfahren).

Die neue GAP 2020 etabliert ein „greening“-Segment in der landwirtschaftlichen Förderung. 30 Prozent der nationalen Obergrenze werden für die Ökologisierungsprämie insgesamt verwendet. Die vollständige Gewährung der Ökologisierungsprämie und der Basisprämie erfolgt nur bei Einhaltung der Greening-Anforderungen bzw. bei Teilnahme an äquivalenten Maßnahmen aus dem österreichischen Agrarumweltprogramm (ÖPUL). Die Greening-Anforderungen umfassen die Anbaudiversifizierung (Fruchtfolge) und ökologische Vorrangflächen auf Ackerflächen sowie den Dauergrünlanderhalt. Für biologisch wirtschaftende Betriebe gelten die Greening-Anforderungen als automatisch eingehalten.

Mais gilt als selbstverträgliche Kultur, die nur geringe Ansprüche an die Fruchtfolge stellt. In vielen Ländern wird Mais zum Teil fünf, zehn und 15 Jahre lang auf 2/3 bis 4/5 der Ackerfläche angebaut. Mais bringt hohe Erträge und im Anbau sind alle Arbeiten mechanisierbar. Fruchtfolgen wieder zu etablieren anstelle von Mais-Monokulturen oder anstelle von Fruchtfolgen mit mehr als 50 % Maisanteil (AGES, 2014) ist nicht nur entscheidend im Kampf gegen den Maiswurzelbohrer, sondern dient auch der Erhaltung der Biodiversität. Der Hirse kommt hier eine sehr wichtige Rolle zu. Zwischenfrucht-Anbau ab Spätsommer oder Herbst bis zum Anbau von Mais im Frühjahr bindet den Rest-Stickstoff aus der Vorkultur und bewahrt ihn im Winter vor Auswaschung aus dem durchwurzelteten Bodenraum. Erst in den Folgejahren wird er mit der Mineralisation der organischen Substanz langsam freigesetzt und kommt den Folgekulturen zugute. Fruchtfolgegestaltung pflegt den Boden und unterdrückt einschlägige Unkräuter, Krankheitserreger und -schädlinge. Klee gras in der Fruchtfolge bietet eine Gunststellung für Mais in unmittelbarer Folge, denn es erfüllt optimal die Vorfruchtansprüche von Mais. Auch Untersaaten bieten einen optimalen Beitrag zur Fruchtfolge-Gestaltung, zum Bodenschutz und zur Nährstoffkonservierung im Boden. Gras- oder Leguminosen-Grasgemenge unter Mais sind gute Fruchtfolge-Glieder, erfordern vom Landwirt aber ein sehr genaues Management. Die Aussaat darf nicht zu früh erfolgen, aber auch nicht zu spät. Im einen Fall ist die Untersaat zum Mais-Bestandesschluss bereits zu groß und konkurriert mit dem Mais um Licht, Wasser und Nährstoffe, im anderen Fall wird die Untersaat vom Mais unterdrückt. Grundsätzlich können Untersaaten eingesät werden bis der Mais 60 cm Höhe erreicht hat; der Zeitpunkt ist begrenzt durch die Achsenhöhe des Schleppers, sodass der Mais beim Durchfahren des Bestandes keinen Schaden nimmt. Der Saatzeitpunkt ist der Entwicklung des Mais anzupassen. Meist

wird die Aussaat im 2-3-Blatt-Stadium empfohlen. Als frühe Untersaaten kommen Rotschwengel, Deutsches Weidelgras und Knaulgras in Frage. Für spätere Aussaaten eignet sich das Welsche Weidelgras, auch mit Deutschem Weidelgras als Mischungspartner. Die Aussaat zu spätem Termin kann auch mit der letzten mechanischen Unkrautbekämpfung kombiniert werden. Klee-Reinsaaten oder Klee-Grasmischungen speichern zusätzlichen Luft-Stickstoff und stabilisieren die Bodenkrume. Bei Untersaaten ab dem 2-3-Blattstadium des Maises sind keine Ertragsrisiken zu befürchten (Lütke Entrup und Zerhusen, 1992).

Eine echte Fruchtfolge mit Mais kann so aussehen:

Übersicht 14: Vereinfachte Darstellung möglicher Hauptkultur-Fruchtfolgen

max. Maisanteil i. d. Fruchtfolge	Sand u. lehmiger Sand	Lehm- u. Tonböden
66 %	Mais-Mais-Wintergerste	
33 %	Mais-Winterweizen-Wintergerste	
50 %		Mais-Mais-Winterweizen-Wintergerste
33 %		Mais-Winterweizen-Wintergerste

Q: Laurenz, 1984.

Demnach folgt max. in 2 Jahren Mais auf Mais, danach wird wieder eine andere Getreideart angebaut. Der Mais unterstützt das Getreide durch die Unterdrückung der Fußkrankheiten, das Getreide den Mais, indem es die Nahrungskette für den Maiswurzelbohrer durchbricht. Darüber hinaus hat Getreide einen erheblichen Eintrag an Wurzel- und Stoppelrückständen, welche humusmehrend wirken und damit einen Beitrag zur Bodenstabilität leistet.

3.13 Bodenerosion unter Mais und Möglichkeiten der Vermeidung

Erosion bezeichnet den Abtrag von Boden durch Wasser oder Wind. Mais wird in hiesigen Breiten erst spät ausgesät, daher ist im Frühjahr der Boden lange nicht bedeckt.

Allerdings steht dem gegenüber: Nach der sommerlichen Getreideernte ist der Mais die Frucht, welche neben Zuckerrüben noch am längsten im Herbst den Boden bedeckt; geerntet wird erst ca. im Oktober (je nach Witterung und Nutzungsrichtung des Maises) oder später. In dieser Zeit haben neue Ansaaten von Wintergetreide noch keine volle Bodenbedeckung erreicht. Die Bodenbedeckung fängt die kinetische Energie von Regentropfen auf und ist umso stärker, je dichter die Bodenbedeckung am Boden ist (also bei gleichem Bedeckungsgrad Getreide > Mais), am stärksten wirkt Pflanzenmulch (Schwertmann et al., 1981, 1987). Die empfohlene durchschnittliche Bestandesdichte für Mais liegt bei 9 Pflanzen/m², zum Vergleich bei Winterweizen in Spätsaat 380-550 Pflanzen/m².

Auf einem zu 50 % mit Pflanzenresten bedeckten Boden gegenüber unbedecktem Boden wird der Bodenabtrag auf 28 % reduziert. Stehender Mais mit 90 % Bodenbedeckung vermindert den Bodenabtrag auf lediglich 27 %. Erst gegen Ende Juli erreicht Mais einen Bedeckungsgrad von ca. 80 %. Besonders in der Phase zwischen Saatbettbereitung und dem Erreichen von 50 % Bodenbedeckung ist der Mais eine erosionsfördernde Kultur (Schwertmann

und Vogl, 1986); zu geringe Bodenbedeckung vor dem Anbau, nach der Aussaat und während der Jugendentwicklung sowie bei Silomais nach der Ernte lassen Mais als erosionsfördernde Kultur auftreten.

In der Begutachtung ganzer Fruchtfolgen ist der Bodenabtrag bei reiner Monokultur mit Silomais um den Faktor 5 erhöht. Die Ausweitung des Maisanteils in der Fruchtfolge führt zu einer fast linearen Steigerung des Faktors. Monokultur mit Körnermais führt zu 10 % geringerem Bodenabtrag als mit Silomais; wird Klee gras mit einem Anteil von 33 % in der Fruchtfolge durch Silomais ersetzt, so steigt die Gefahr um das 10fache (Auerswald und Kainz, 1989). Allerdings wird der Bodenabtrag durch Mulchsaat oder Direktsaat um 75 % reduziert (Strauss und Schmid, 2004)

Die späte Ernte führt häufig zum Befahren von zu nassen Böden und erhöhte Viehbesätze bedingen die Ausbringung großer Mengen an Gülle; beides führt u. a. zu Strukturschäden im Boden. Die Wasseraufnahmefähigkeit wird reduziert, mehr Wasser muss oberflächlich abfließen. So wird auch mehr Bodenmaterial abgetragen und der Boden degradiert zunehmend. Stärkere Niederschläge oder Wind können nennenswerte Mengen (fruchtbaren) Bodens verfrachten, ganz besonders, wenn sich die Maisflächen in Hanglage befinden. Hier gilt, je stärker die Hanglage, umso stärker und rascher kann die Wassererosion stattfinden; Winderosion trifft alle Flächen.

Zwischenfruchtanbau (mit anschließender Mulchsaat) schafft Abhilfe. Aussaaten quer zum Hang schränken den raschen Abfluss von Wasser mit suspendierten Bodenpartikeln ein. Eine weitere Methode, Erosion einzuschränken, liegt in einem veränderten Verfahren der Unkrautbekämpfung. Statt im Voraufbau im Nachaufbauverfahren behandelt, reduzieren sich der Bodenabtrag (und Blattherbizide, da die Beikräuter gezielter behandelt werden können) auf 30 % (Alkämper, 1988).

Auch Untersaaten zum Mais sind ein Mittel der Wahl; Gras ist möglich, ggf. in Koppelung mit Leguminosen. Sie tragen zur Verminderung der Nitratauswaschung, Verbesserung der Humusbilanz und der Bodentragfähigkeit sowie zur Verminderung von Bodenerosion bei. Das Maßnahmenprogramm ÖPUL 2007, (ab 1.1.2015 das neue ÖPUL 2015) - Untersaat bei Mais (UM) zielt auf die Anlage von Untersaaten bei Mais ab und soll dem erhöhten Erosionsrisiko besonders bei Mais entgegenwirken. Auf Maisflächen muss eine flächige Untersaat mit Gräsern oder Mischungen aus Gräsern und Leguminosen erfolgen. Reine Leguminosenbestände sind nicht zulässig. Als Gräser gelten alle Süßgräser, wobei Getreide nicht zulässig ist. Es sind daher anerkannte Wiesengräser (Raygras, Schwingel) zu verwenden. Die Untersaat muss spätestens 8 Wochen nach der Aussaat von Mais mit geeigneten Methoden durchgeführt werden. Ein Umbruch der Untersaat im Jahr der Anlage ist nicht erlaubt.

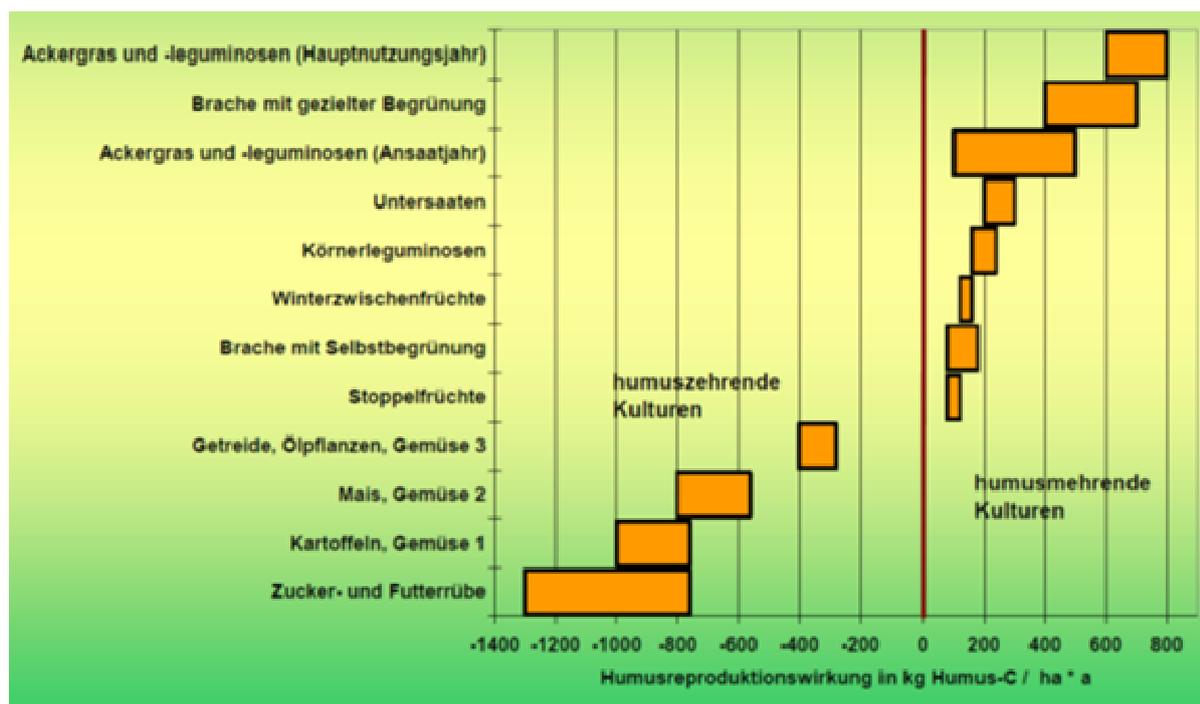
Die Anlage von Hecken zum Brechen der Windgeschwindigkeit ist ein probates Mittel, Winderosion zu reduzieren. In Norddeutschland sind sie landschaftsgestaltendes Element und als „Knicks“ bekannt. Angelegt quer zu Hauptwindrichtung bei Abständen von 200-300 m (Geisler, 1980; Hassenpflug, 1990) mit einer Durchblasbarkeit von 50 %, können sie die Windgeschwindigkeit bis zu 60 % herabsetzen. Ferner tragen sie zu erhöhter Taubildung, verringerter

Verdunstung und der Förderung von Niederschlag, respektive der Speicherung von Niederschlagswasser und zur Einschränkung von Wind- und Wassererosion bei. Allerdings führen Knicks im Beschattungsbereich ganz besonders bei Mais zu Ertragsminderungen; dies insbesondere durch Einschränkung der Lichteinstrahlung. Ferner spielen Wasser- und Nährstoffbedarf in der Nähe der Knicks eine deutliche Rolle, da sie gleichzeitig in Konkurrenz zur Feldfrucht stehen. Sonnenblumen als Windschutz brachten lediglich 11 % Ertragseinbußen bei Mais, werden aber in der Praxis nicht genutzt (Capell, 1996).

3.14 Humuspflge unter Mais

Auch Humus, die mehr oder weniger stabile, abgestorbene Fraktion der gesamten organischen Masse in einem Boden, kann unter den in Kap. 3.12. geschilderten Bedingungen des Maisanbaues erodiert werden. Darüber hinaus gilt der Mais, zumindest als Silomais, als humuszehrende Frucht; auch die mechanische Alternative zum Einsatz von Herbiziden gilt als humuszehrend.

Abbildung 15: Anbauspezifische Veränderung (nach Arten) der Humusvorräte von Böden in Humusäquivalenten ($\text{kg Humus-C/ha}^{-1}\text{a}^{-1}$)



Q: Reinhold, 2009.

Abbildung 15 zeigt den unterschiedlichen Beitrag von Kulturpflanzen auf die Humusvorräte im Boden. Danach ist Silomais (und Gemüse) ein Humuszehrer mit einem Minus in den Humusäquivalenten zwischen -800 und -600 kg Humus-C pro Anbaujahr. Ackergras- und Leguminosen im Hauptnutzungsjahr sind Humusmehrer. Silo- oder Grünmais hinterlässt eine Wurzel- und

Stoppeltrockenmasse von ca. 20-25 dt/ha. Wird Mais als Körner- oder CCM-Mais angebaut, verbleiben zusätzlich 80-100 dt/ha Trockenmasse aus der Ganzpflanze (ohne Körner) am Feld. Das entspricht einer Humuszufuhr von 250-350 dt/ha Stallmist (Webseite Deutsches Maiskomitee, 2014).

Übersicht 15: Humusbilanzsaldo in Abhängigkeit von der Nutzung und dem Ertrag (in kg/ha Humus-C)

Nutzungsart	Humusbedarf	Ertrag dt/ha	Verhältnis Erntegut Ernterest	Ernterest dt/ha	Humuslieferung	Saldo
Silomais	-560	beliebig	-	-	0	-560
CCM-Mais (62 % TM)	-560	120	1:0,7	84	840	+280
CCM-Mais (62 % TM)	-560	150	1:0,7	105	1050	+490
Körnermais (86 % TM)	-560	90	1:1	90	900	+340
Körnermais (86 % TM)	-560	110	1:1	110	1100	+540

Q: Jacobs und Remmersmann, 2013.

In die Bilanz der Humusreproduktionsleistung gehen die Erntereste ein, die von Nutzungsrichtung und Ertragsniveau bestimmt werden. Daher ergibt sich gegenüber den Richtwerten nach Reinhold (Abbildung 15) ein deutlich geändertes Bild in Übersicht 15. Bei Druschnutzung ergeben sich hohe bis sehr hohe Saldenüberhänge, also ein Humusaufbau, sowohl für CCM Mais als auch Körnermais, sofern die Restpflanze am Feld verbleibt.

Durch Auflockerung von Maisfruchtfolgen mit Getreide und Gründüngungspflanzen kann ein positiver Einfluss auf den Humuserhalt genommen werden. Mais selber trägt aufgrund seines C/N-Verhältnisses von 60:1 im Maisstroh eher als Nährhumus bei, denn als Dauerhumus, welcher der eigentliche Strukturbildner des Bodens ist. Zeiten längerer Bodenruhe wie etwa durch den Anbau von Klee gras oder Luzerne, Verzicht auf wendende Bodenbearbeitung, Direktsaatverfahren stellen demgegenüber humusschonende bzw. aufbauende Maßnahmen dar. Auch die streifenweise Bearbeitung des Bodens im sogenannten „Strip Tillage-“ oder „Strip Till“-Verfahren gilt als humusschonend. Hier wird nur der Boden bearbeitet, in den später das Saatgut abgelegt wird. Somit bleiben je nach System 50 % bis 70 % des Bodens unbearbeitet, was für die Erosionsminderung ein wichtiger Aspekt ist. Auch diese Bearbeitungsform wird im „ÖPUL Begrünung Zwischenfrüchte“ gefördert (neben Direktsaat).

In einer neueren Studie zur Nachhaltigkeit des Maisanbaues (Lütke Entrup et al., 2011) zeigen Humussalden und Erosionsgefährdung eher keinen Zusammenhang zum Maisanteil in der Fruchtfolge. Die hierfür untersuchten Betriebe zeichneten sich durch eine beachtliche Variabilität aus, was folgende Fakten belegen:

- 58-2.600 ha Landwirtschaftliche Nutzfläche
- 2-15 Kulturarten im Anbau (inkl. Grünland)
- 14-85 % Maisanteil an der Ackerfläche, bezogen auf die gesamte landwirtschaftliche Nutzfläche 11-85 % (Lütke Entrup et al., 2011, S. 15).

Die Autoren stellten fest, dass eine sinkende Kulturarten-Diversität auftrat, aber fanden auch ökologische Vorteile.

- a) Energiegewinn der Fläche ist Indikator der Effizienz des Pflanzenbausystems und der Bodenfruchtbarkeit. Es wird ein möglichst hoher Energiegewinn angestrebt. Untersucht wurden Silomaisanteile zwischen 0-85 % in der Fruchtfolge (ebenda S. 15). Während der Energie-Input in Form von Dünger, Treibstoff, Saatgut etc. weitestgehend unberührt vom Maisanteil blieb, zeigte sich bei gar keinem oder geringem Maisanteil eine hohe Streuung in den Energiesalden. Die Autoren führen dies auf die hohe biologische Leistungsfähigkeit von Mais als C4-Pflanze zurück.
- b) Die Autoren fanden, dass Silomais hauptsächlich dort angebaut wird, wo es eine betriebliche Verwertung über Tiere oder Biogasanlagen gibt. Der Stickstoff-Saldo liegt bei der Mehrzahl der Betriebe zwischen -30 und +100 kg/ha N bei einem sehr geringen Bestimmtheitsmaß. Die Autoren interpretieren dies, dass die Auswirkungen des betrieblichen Düngungsmanagement auf das betriebliche Ergebnis maßgeblicher sind als Angaben zur Betriebs- oder Anbaustruktur. Der Zusammenhang gilt unabhängig vom Maisanteil in der Fruchtfolge.
- c) Von den 10 geprüften Kulturarten sind in Summe aller Pflanzenschutzmaßnahmen bei Mais die geringsten und bei Kartoffeln die höchsten Aufwendungen festzustellen. Die Autoren führen dies auf den fast ausschließlichen Gebrauch von Herbiziden im Mais zurück; der Herbizideinsatz zeigt wiederum keine deutliche Abhängigkeit vom Maisanteil an der landwirtschaftlichen Nutzfläche.
- d) 651 ausgewertete Humusbilanzen zeigten keinen deutlichen Zusammenhang zum Anteil von Mais in der Fruchtfolge. Nur 3 % der Betriebe wiesen einen negativen Saldo auf.

Hohe Maisanteile in der Fruchtfolge basieren oft auf umfänglicher Tierhaltung. Steigende Phosphor-Salden ergeben sich aus der oft nicht genau untersuchten und kalkulierten Phosphorgesamtmenge in Gülle/Mist und einer nicht gezielten mineralischen Phosphordüngung zu Mais als Startgabe, welche letzten Endes zu ungünstigen Effekten führen kann.

Hohe Flächenanteile einer einzigen Kulturart an der landwirtschaftlichen Nutzfläche bedeuten immer eine Einschränkung der Biodiversität. Dies ist nicht eine spezifische Eigenschaft von Mais. Erforderlich sind hier kompensatorische Maßnahmen wie Zwischenfruchtanbau, die Anlage von Rand- und Zwischenstrukturen als „Biodiversitäts-Streifen“. Auch vorhandene Strukturelemente wie Hecken, Randsäume, Gehölze etc. sind zu berücksichtigen und zu erhalten.

Bei 14-85 % Mais in der Fruchtfolge zeigte sich, dass bei allen wichtigen Indikatoren in sechs Kategorien (Nährstoffhaushalt, Bodenschutz, Pflanzenschutz, Landschafts- und Artenvielfalt, Energiebilanz, Treibhausgase) nicht zwangsläufig negative Wirkungen auf die Schutzgüter Boden, Luft und Wasser bei steigendem Maisanteil zu verzeichnen sind (Lütke Entrup et al., 2011). Die Autoren folgern, dass die Landwirte in der Mehrzahl gezielt Aktivitäten (Zwischenfruchtanbau, Mulchsaat, organische Düngung) setzen, die den zu erwartenden negativen Auswirkungen ausreichend entgegenwirken.

3.15 Mais im direkten Vergleich mit anderen Kulturpflanzen

Bislang ist keine Pflanze bekannt, die ähnlich wie der Mais hohe Biomasse-Erträge, hohe Energieausbeute, vielseitige Verwendbarkeit – am Hof wie in Technik und Ernährung – zu bieten hat.

Übersicht 16: Vergleich verschiedener Kulturpflanzen in Bezug auf Ertrag und Inhaltsstoffe

Kulturart	Ertrag in dt/ha ¹⁾	Gehalt an wertgebenden Inhaltsstoffen % d. TM		
		Stärke	Eiweiß	Öl
Kartoffel ²⁾	340-390	15-21	1,2-3,2	unbedeutend
W.Erbesen ²⁾	ca. 26-31 (Stroh: 40-50)	53,7	25,7	1,40
Winterweizen	80	59-64	10-15	1,9-2,6
Zuckerrübe	400-900	(Zucker) 17-20	unbedeutend	unbedeutend
Körnermais ³⁾	90-110	69-73	9-10	4- 5
Silomais ³⁾	370-480	28-36	7-8	3,00

Q: Eigene Zusammenstellung nach verschiedenen Quellen (vgl. Fußnoten); ⁻¹⁾ Statistik Austria; ⁻²⁾ Souci, Kraut und Fachmann, 2008; ⁻³⁾ Schwarz, 2013.

Beim Körnermais handelt es sich um das gedroschene Korn, ebenso wie beim Winterweizen sowie den Erbsen. Zuckerrüben verstehen sich ohne Blatt, Kartoffel ohne Kraut. Höchste Flächenerträge liefert die Zuckerrübe, aber auch die Kartoffel kann der Höhe nach einen vergleichbaren Ertrag (gegenüber dem Silomais) liefern. Beim Winterweizen ist ein hoher Gehalt an Stärke zu finden; dagegen enthält die Zuckerrübe anstelle von Stärke große Anteile Zucker. Winterweizen enthält kaum Öl, ebenso die Erbse, Zuckerrübe und Kartoffel. Höchsten Eiweißgehalt liefert der Erbsensamen, auch in der Kartoffel ist etwas Eiweiß enthalten. Dieses gilt als hochwertig (Römpp, 1999). Alle der genannten Pflanzen lassen sich als Energiepflanze (nachwachsender Rohstoff zur Bioenergie-Erzeugung) nutzen. Bei dieser Nutzung wird häufig entweder sofort die gesamte Pflanze (z.B. GPS-Weizen) genutzt oder Teile der Pflanze nach technischer Abscheidung von anderen Bestandteilen.

Übersicht 17: Spezifische Methanausbeute verschiedener Substrate

Ausgangspflanze	Substratsbezeichnung	spez. Methanausbeute NI/kg oTM
Mais	Mais Restpflanze grün	488
Körnermais	Maiskornsilage	708
Silomais	Mais Silage	586
Winterweizen	Winterweizen GPS	271
Wintergerste	Gerste grün i. Ährenschieben	611,3
Hirse Sorghum bicolor	Sorghum-Zucker-Hirse	562,6
Sojabohne	Sojabohnen Samen dampferhitzt	732,9
Kartoffel	Kartoffel, roh mittl. Stärkegehalt	727
W. Erbsen	Futtererbse (bis Mitte Blüte)	572
Zuckerrübe	Zuckerrübe frisch	696

Q: LfL Bayern, Keymer.

Übersicht 17 zeigt die spezifische Methanausbeute ausgewählter Substraten. „Substratbezeichnung neu“, die mittlere Spalte, musste zugefügt werden, da jede Pflanze mehrere unter-

schiedliche Möglichkeiten zur Nutzung als Substrat in der Biogasproduktion bietet. Kartoffeln und Zuckerrüben (frisch) erreichen demnach die Methanausbeute aus Maiskornsilage bzw. die Kartoffel übertrifft sie sogar; Mais Restpflanze grün und Mais Silage zeigen Werte unterhalb dieser beiden. Mais als Hauptfrucht zeigt sich gegenüber Winterweizen und Erbsen in der Biogasproduktion deutlich überlegen. Der Methanertrag ist gegenüber Winterweizen beinahe doppelt so hoch. Wintergerste als ganze Pflanze grün im Ährenschieben bringt nur eine geringfügig geringere Methanausbeute als Mais Silage, ebenso Hirse. Hirse ist wie Mais eine C4-Pflanze und noch etwas stärker wärmebedürftig, aber auch etwas stärker an Trockenheit angepasst. Dennoch zeigt sie nicht den Ertrag und die Zusammensetzung der Inhaltsstoffe von Mais. Sojabohnen in der spezifischen Nutzung „Samen dampferhitzt“ erzielen nochmals deutlich höhere Werte als die anderen angeführten Substrate. In Österreich geht jedoch der Großteil der hier angebauten Sojabohnen in die Lebensmittelproduktion (z.B. Sojamilch und Tofu).

Mais ist eine relativ unkompliziert anzubauende Frucht, die (bislang) nicht viel Pflanzenschutz (und damit höhere Kosten) benötigt. Sie ist mit sich selbst verträglich. Kartoffeln, Erbsen, Zuckerrüben verlangen demgegenüber einen relativ hohen Pflegeaufwand, da sie nicht besonders resistent gegen eine Vielzahl von Krankheiten und Schädlingen sind. Sie sind nicht selbstverträglich im Anbau und daher müssen Anbaupausen eingehalten werden.

Mittlerweile werden auch Projekte durchgeführt, die z.B. die Nutzung von Zwischenfrüchten für Bioenergie zum Inhalt haben. Diese Vorhaben decken sich mit dem Erfordernis, verstärkt Zwischenfrüchte in Maisfruchtfolgen einzuführen. Auch der Kreis der potentiell nutzbaren alternativen Pflanzen wird immer mehr erforscht; die nachfolgende kurze Vorstellung erfolgt nach Klimm (2013).

Durchwachsende Silphie

Dauerkultur (10-15 Jahre; auch 20)

23-27 % TM

100-180 dt/ha TM im 1. Anbaujahr

170-200 dt/ha TM im 2. Anbaujahr

300 bis 350 IN CH₄/kg oTM

Energieertrag 42000 kWh je Hektar

Sorghumhirse

Zeitige Hauptfrucht, Zweitfrucht nach Ganzpflanzengetreide oder Sommerzwischenfrucht

26-31 % TM

120-160 dt TM/ha

280-400 IN CH₄/kg oTM

Energieertrag 33000 kWh je Hektar (bei Zweitfruchtanbau)

Wildpflanzenmischungen

Blütenreiche Bestände

Kombinationen von bis zu 25 Arten

Aussaat im Herbst u. Frühjahr

Ertragsschwankungen je nach Arten u. Nutzungsdauer

28 % TM

50-120 dt TM/ha

Im 2. Jahr meist höhere Erträge

Leindotter

Ölgehalte bis zu 40 %, Feuchte 9 %

Gute Vorfruchtwirkung

Kornertrag 20-25 dt/ha

Leindotteröl: hohe Energiedichte: 9,2 kWh/l

Fließverhalten bei tiefen Temperaturen günstiger als bei Rapsöl

Nur in Mischungen einsetzbar

Sonnenblume

Ganzpflanze

Hauptfrucht, Zwischenfrucht, Mischfruchtanbau möglich

24-28 % TM

80-150 dt TM/ha (Hauptfrucht)

50-70 dt TM /ha (Zwischenfrucht)

295-310 IN CH₄/kg oTM

Energieertrag: 30.000 kWh/ha

Ölnutzung:

44 % Ölgehalt, 9 % Feuchte

Ölgehalt mit Schale: 35-52 %

Ölgehalt ohne Schale: 55-60 %

High oleic-Sorten: 80-90 %

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die alternativen Nutzpflanzen zur Verschönerung des Landschaftsbildes beitragen und daher eine steigende Akzeptanz in der Bevölkerung erleben. Fruchtfolgen werden aufgelockert, die Biodiversität am Acker wird gefördert. In der Biogasproduktion liegt hier noch ein Potential. Allerdings erreichen die Alternativen derzeit nicht die Wirtschaftlichkeit von Mais und Raps. Bei den alternativ nutzbaren Pflanzen ist der Status züchterischer Bearbeitung (z.T.) weit geringer als bei Mais oder anderen alten Kulturpflanzen.

3.16 Fazit und Diskussion

Mais ist eine leistungsfähige Kulturpflanze, die nicht zuletzt aufgrund ihres Wachstumspotentials und ihrer vielseitigen Nutzbarkeit in großem Maße angebaut wird. Die bisher zunehmenden Maisflächen in der Landschaft und zunehmende Probleme mit Schaderregern etc. führen dazu, dass Maisanbau sehr kritisch hinterfragt und in Teilen der Bevölkerung sogar abgelehnt wird.

Je nach Nutzungsrichtung und Bezugsgröße ist der Einsatz betrieblicher Mittel wie Düngemittel, Wasser, Arbeitszeit geringer als für andere Nutzpflanzen. Insbesondere ist festzuhalten, dass der Mais eine vergleichsweise kurze Standzeit am Acker hat. In dieser Zeit benötigt Mais allerdings alle Faktoren in hohem Maße. Demgegenüber stehen andere Kulturen viel länger auf dem Feld; dieselbe Fläche kann also bereits wieder für den Anbau von Zwischenfrüchten genutzt werden. Eine relativ große Anzahl von Studien aus den 1980er und 1990er Jahren zeigte negative Auswirkungen von Missmanagement, aber auch Möglichkeiten zur Vorbeugung bzw. für den sachgerechten Anbau. Die starke Abhängigkeit der Veredelungsbetriebe vom Mais als Grundfutter in der Tierhaltung führt zu eigentlich positiv zu bewertender Rückführung von organischen Reststoffen auf den Acker.

- Mais in Kombination mit Soja ist die wichtigste Grundlage für eine kostengünstige Fleischproduktion. Beim Verzicht auf den Maisanbau müssten in noch viel größerem Umfang Futtermittel importiert werden mit der Konsequenz, dass wahrscheinlich in noch größerem Ausmaß GVO nach Österreich importiert würden (vgl. Kap. Nutzung als Tierfutter).
- Für den Umgang mit Gülleüberschüssen in Regionen mit hohem Maisanbau und starker Veredelungswirtschaft wird von Fachleuten empfohlen, Flächen aufzustocken, Güllegemeinschaften zu gründen sowie die Etablierung von Güllebörsen/Güllebanken und anderen Verwertungsschienen.
- Die Gefahr einer Phosphorüberdüngung lässt sich auf betrieblicher Ebene durch die Untersuchung betriebseigener Dünger sowie der Ackerböden und einer angepassten Düngung reduzieren.
- Energiegewinnung aus Pflanzenteilen, die menschlicher oder tierischer Ernährung dienen könnten, ist eine politische Entscheidung, die gewollt war (und ist). Diese führt dazu, dass nur der Proteinteil verfüttert wird, während der Stärkeanteil zu Energie (Bioethanol, Zitronensäure, Isoglucose, Biogas) verarbeitet wird. In Österreich wurde hierfür nun der Maisanbau im östlichen Trockengebiet stark ausgebaut und in den Gunstlagen des Maisanbaus (Steiermark, Westbahn) kleinregional rund um Biogasanlagen intensiviert.
- Allerdings zeigte diese Entwicklung auch Vorteile: Je nach Arbeitssystem der Biogaserzeugungsbetriebe wird die Beschäftigungswirkung mit zwischen 3.000 und 15.000 Arbeitsplätzen insgesamt angegeben (Amon *et al.*, 2006). Dies ist, insbesondere für den ländlichen Raum als beachtliche Größe zu betrachten.

- Im Reststoffmanagement von Biogasanlagen ist auf die Akkumulierung von Nährstoffen Bedacht zu nehmen. Um Überdüngungen im direkten Umfeld von Anlagen zu vermeiden, muss Substrat teils über größere Distanzen transportiert werden. Hohe Frachtkosten zur Ver- und Entsorgung setzen einer zu dichten Konzentration von Anlagen wirtschaftliche Grenzen.
- Da im Maisanbau hauptsächlich Herbizide als Pflanzenschutzmittel Anwendung finden, ist der Einsatz von Pflanzenschutzmitteln in Relation zur Maisanbaufläche niedrig. Sofern die Befallsentwicklung von Maiszünsler und Maiswurzelbohrer mittels mechanischer Maßnahmen eingedämmt werden kann und der Befallsdruck anderer Schadereger relativ niedrig bleibt (hier ist der Einfluss des Klimawandels eine unsichere Kenngröße), so ist zu erwarten, dass weiterhin ein relativ geringer Pflanzenschutzmitteleinsatz im Mais notwendig ist.
- Fruchtfolge, also der Anbau einer anderen Kultur auf der gleichen Fläche im Folgejahr, ist die wirksamste phytosanitäre Maßnahme zur Schadenminderung. In Österreich darf Mais maximal drei Jahre hintereinander auf derselben Fläche angebaut werden. In manchen Regionen mit starkem Schädlingsdruck ist eine Unterbrechung des Maisanbaus bereits nach zwei Folgejahren aus wirtschaftlicher Sicht angezeigt. Der Planungs- und Administrationsaufwand sowie der Arbeitszeitbedarf am Acker nehmen hierdurch zu. Wenn man bedenkt, dass von 173.300 landwirtschaftlichen Betrieben 93.900 als Nebenerwerbserwerbsbetriebe geführt werden (*Statistik Austria, 2014b, Zahlen auf Basis 2010*), so wird der zurückhaltende Einsatz beim Faktor „Arbeit“ – auch in Bezug auf Mais – verständlich.
- Für das Management am Acker stehen viele gut untersuchte Verfahren zur Verfügung, die in verschiedenen Programmen (ÖPUL, Cross Compliance, GAP 2020) gefördert werden. Insbesondere zu nennen sind die Förderung von Zwischenbegrünungen, Untersaaten, Blüh- und Grünstreifen.
- Eine Alternative bieten auch Futterpflanzen, Hirse und untergeordnet Klee gras, Landsberger Gemenge, Luzerne etc. als Hauptkultur. Interessant wäre dies auch im Hinblick auf die Versorgung mit heimischen Eiweiß-Futterpflanzen. In Deutschland gibt es hierzu inzwischen einen bundesweiten Forschungsschwerpunkt, ähnliches wäre für Österreich interessant.

3.17 Schlussfolgerungen und Empfehlungen

Bislang ist keine Pflanze bekannt, die ähnlich wie der Mais hohe Biomasse-Erträge, hohe Energieausbeute, vielseitige Verwendbarkeit – am Hof wie in Technik und Ernährung – zu bieten hat. Aufgrund der günstigen Produktionsbedingungen in Österreich ist Mais eine essentielle Kulturpflanze. Um die Maisproduktion und die damit verbundenen wirtschaftlichen Aktivitäten weiterhin absichern zu können empfehlen wir folgende Maßnahmen:

1. Striktes Einhalten von Fruchtfolgesystemen zur Bekämpfung von Schadorgansimen, zur Erhöhung der Biodiversität und zur Auflockerung des Landschaftsbildes.

2. Besonderes Augenmerk muss auf das Management von Wirtschaftsdüngern und die Ausbringung von Gärückständen von Biogasanlagen gerichtet sein, um negative Umweltwirkungen durch Nährstoffüberschüsse zu vermeiden.
4. Unterstützung von pflanzenbaulichen Maßnahmen wie Mulch-, Direkt- und Streifensaat-systemen zur Vermeidung von Erosion.
3. Verstärkte Forschung in bisher kaum in der Landwirtschaft verbreiteten C4- und Eiweiß-pflanzen, um Alternativen mit ähnlichem Leistungsspektrum wie Mais zu entwickeln.
6. Verstärkte Forschungs- und Züchtungsanstrengungen, um die Entwicklung von Sorten und Pflanzenschutzsystemen voranzutreiben, um die Mykotoxinbelastung von geerntetem Mais zu senken.

Literaturhinweise

- Auerswald, K., Kainz, M. 1989: Verminderung der Bodenerosion im Maisanbau, Zeitschrift Mais Nr. 2, S 24-26.
- AGES (Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit GmbH), 2013a, Konventionelle und Bio-Anerkennungsflächen von Saatgutvermehrungen der Saison 2012/2013 (Ernte 2013) in Österreich, gegliedert nach beantragten sowie zertifizierten Flächen (inkl. Flächen mit Auflage) in ha unter Berücksichtigung der Arten, Sorten und Kategorien. Selbstverlag, Wien.
- AGES (Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit GmbH), 2013b, Konventionelle und Bio-Anerkennungsflächen von Saatgutvermehrungen der Saison 2012/2013 (Ernte 2013) in Österreich, gegliedert nach Bundesländern und beantragten sowie zertifizierten Flächen (inkl. Flächen mit Auflage) in ha unter Berücksichtigung der Arten, Sorten und Kategorien. Selbstverlag, Wien.
- AGES (Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit GmbH), 2004, Anerkennungsflächen von Saatgutvermehrungen der Saison 2003/2004 (Ernte 2004) in Österreich, gegliedert nach Bundesländern und beantragten sowie zertifizierten Flächen in ha unter Berücksichtigung der Arten, Sorten und Kategorie.
- AGES: Pflanzenschutzmittelregister ([http://pmg.ages.at/pls/psmlfrz/pmgweb2\\$.Startup](http://pmg.ages.at/pls/psmlfrz/pmgweb2$.Startup)).
- AGRANA AG, 2009, Bioethanol. Jetzt tankt die Umwelt auf. Informationsbroschüre. Selbstverlag, Wien.
- AGRANA AG, 2014, <http://www.agrana.at/de/ueber-uns/agrana-staerke-gmbh/maisstaerkefabrik-aschach/>; abgerufen am 2. Dez. 2014.
- AIZ-PRESSEDIENST 2014: LANDWIRTE-TAGESZUSAMMENFASSUNG VON AIZ-PRESSEDIENST, AUSGABE Nr. 13563, Dienstag, 09. September 2014.
- AIZ-PRESSEDIENST, AUSGABE Nr. 13563, Dienstag, 09. September 2014.
- Alkämper, J. 1988: Einfluss der Unkrautbekämpfung auf Erosionsvorgänge im Mais. Zeitschr. Pflanzenkrankheiten und Pfl.Schutz, Sonderheft XI, S. 211-218.
- Alkämper, M. 1988: Einfluss der Unkrautbekämpfung auf Erosionsvorgänge im Mais. Gesunde Pflanzen 40. S. 171-175.
- AMA 2014: Cross ComplianceEinhaltung anderweitiger Verpflichtungen, Merkblatt 2014.
- Amon, T., Kryvoruchko V., Hopfner-Sixt K., Amon B., Bodirzoa V., Ramusch M., Hrbek R., Friedel J.K., Zollitsch W., Boxberger J. 2006: Biogaserzeugung aus Energiepflanzen, Forschungsbericht Department für nachhaltige Agrarsysteme, Universität für Bodenkultur Wien.
- Aufhammer, W., Kübler, E. und Kaul H.-P. 1996: Untersuchungen zur Anpassung des Stickstoff-Angebots aus unterschiedlichen N-Quellen an den Verlauf der N-Aufnahme von Maisbeständen, Z. Pflanzenernähr. Bodenkunde 159, 471-478 (1996).
- Bayer, 2014: Produktdatenblatt Biscaya®.
- Bennetzen, J.L., Hake, C. (Eds.) 2009: Handbook of Maize Its Biology, New York ISBN 978-0-387-79417-4.
- BMLFUW (Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft), 2014, Grüner Bericht 2014. Ministerium für ein Lebenswertes Österreich. Selbstverlag, Wien.
- BMLFUW (Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft), 2014: Grüner Bericht 2013. Selbstverlag, Wien.
- BMLFUW (Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft), 2012: Grüner Bericht 2012. Selbstverlag, Wien.
- BMLFUW (Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft), 2013: Lebensmittel in Österreich Zahlen Daten Fakten. Selbstverlag, Wien.
- BMLFUW (Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft), 2006. Richtlinien für die sachgerechte Düngung 6. Auflage; abgerufen auf: http://oebg.boku.ac.at/files/rl_sgd.pdf.
- Boller, T. 2012: Biochemische und zellphysiologische Aspekte der Anpassung an Standortfaktoren; Botanisches Institut Universität Basel.
- Brown, R.H. 1978: A difference in N useefficiency in C3 and C4 plants and its implications for adaptation and evolution. Crop Sci 18:93-98.

- Capell, H.-A. 1996: Einfluss der Knickvegetation auf Ertragsbildung und N-Bilanz Diplomarbeit Christian Albrechts Universität Kiel.
- Dahlhoff, A. und Maierhofer, H. 2013: Bioethanol in: Handbuch Mais, Hrsg. LütkeEntrup N.; Schwarz F.J.; Heilmann H. Frankfurt a.M. 2013.
- Deiglmayr, K., Maendy, F., Heimler, F. und Widmann, B. 2009: Entwicklung und Optimierung von standortangepassten Anbausystemen für Energiepflanzen im Fruchtfolgeregime – Teilvorhaben Bayern; Forschungsbericht S. 19.
- DESTATIS, 2012, Input-Output-Rechnung im Überblick. Statistisches Bundesamt, Selbstverlag, Wiesbaden.
- Dewanto, V., Wu, X. & Liu, R.H. 2002: Processed Sweet Corn Has Higher Antioxidant Activity, J. Agric. Food Chem. 2002, 50 4959-4964.
- European Commission, 2012, Innovating for Sustainable Growth: A Bioeconomy for Europe. Online verfügbar unter: http://ec.europa.eu/research/bioeconomy/policy/strategy_en.htm [abgerufen 29. Juli 2014].
- Foley, J.A., Ramankutty, N., Brauman, K.A., Cassidy, E.S., Gerber, J.S., Johnston, M., Mueller, N.D., O'Connell, C., Ray, D.K., West, P.C., Balzer, C., Bennette, E.M., Carpenter, S.R., Hill, J., Monfreda, C., Polaskys, S., Rockström, J., Sheehan, J., Sieberts, S., Tilman, D. und Zaks D.P.M. 2011: Solutions for a cultivated planet, Nature 2011, Vol 478, 337-342.
- Gehring, K. 2014: Gute fachliche Praxis zur Verminderung von Run-off und Erosion im Maisanbau; Landespflanzen-schutztag Oberösterreich; BLfL.
- Geisler, G. 1980: Pflanzenbau, biologische Grundlagen und Technik der Pflanzenproduktion ISBN 3489604105, Verlag Parey.
- Ghannoum, O., Evans, J.R., v. Caemmerter, S. 2011: Nitrogen and Water Use Efficiency of C4 Plants Chapter 8 in: C4 Photosynthesis and Related CO2 Concentrating Mechanisms Advances in Photosynthesis and Respiration Volume 32, 2011, pp 129-146.
- Gisi U., Schenker R., Schulin R., Stadelmann F.X. und Sticher H. 1997: Bodenökologie; Stuttgart New York ISBN 3-13-747202-4.
- Glas M. und Löcher-Bolz S. 2013: Tierische Schaderreger in: Handbuch Mais, Hrsg. LütkeEntrup N.; Schwarz F.J.; Heilmann H. Frankfurt a.M. 2013.
- Hassenpflug, W. 1990: Winderosion in: Blume, H.-P. Handbuch des Bodenschutzes, Landsberg/Lech ISBN-13: 978-3609658537.
- Heldt, H.W. und Piechulla, B. 2010: Plant Biochemistry, Academic Press ISBN: 978-0-12-384986-1.
- Henning, F.W. 1988: Landwirtschaft und ländliche Gesellschaft von 1750 bis 1986, S. 263ff, Stuttgart ISBN-13: 978-3825207748.
- Herring, E.-M. 2013: Biopatentierung und Sortenschutz; Internat. Verlag der Wissenschaft, Frankfurt, ISBN 978-3-631-62766-2.
- Holub, K., J. Leibetseder, J., Scalicky, M. und Thalmann P. 1976: Die Beeinflussung der Löslichkeit von Cholesterin in menschlicher Lebergalle durch Maiskeimöl und Pyridoxin; Acta Chir Austriaca, 1976, Volume 8, Issue 4, pp 86-88. <http://www.lfl.bayern.de/iba/energie/049711/>.
- IWGO (International Working Group of Ostrinia and other Maize Pests - A Global IOBC Working Group), 2015, Distribution Map of Western Corn Rootworm Europe 2012; online verfügbar unter: <http://www.iwgo.org/map2012.jpg> (abgerufen 28. April 2015).
- Jacobs, G. und Remersmann, T. 2013: Nährstoffversorgung und Düngung in: Handbuch Mais, Hrsg. LütkeEntrup N.; Schwarz F.J.; Heilmann H. Frankfurt a.M. 2013.
- Kaller-Dietrich, 2001, Mais – Ernährung und Kolonialismus; In: Daniela Ingruber, Martina Kaller-Dietrich (Hg): Mais - Geschichte und Nutzung einer Kulturpflanze (=Historische Sozialkunde/ Internationale Entwicklung 18). Wien/ Frankfurt am Main: Südwind/ Brandes & Apsel, 13-42.
- Klimm, L. 2013: Höhere Biodiversität im Nutzpflanzenanbau durch Alternativen zu den Energiepflanzen Mais und Raps? Poster am Soester Agrarforum 2013.
- Landwirtschaftskammer Oberösterreich, 2013, Zahlen, Daten, Fakten. Selbstverlag, Linz.
- Laurenz, L. 1984: Wieviel Mais vertragen unsere Böden? Dlz 03/1984.

- LfL Bayern & KEYMER U.: Biogasausbeute verschiedener Substrate; Webseiten-Rechner:
- LfL BAYERN 2013: Luzerne, Anbau – Konservierung – Verfütterung, Bayrische Landesanstalt für Landwirtschaft, Stand 27.08.2013, Version 2.
- Loiskandl, W., 2012/13: Vorlesung Bodenwasserwirtschaft.
- LütkeEntrup, N., Breitschuh, T. & Messner, H. 2011: Nachhaltigkeit landwirtschaftlicher Betriebe mit Maisanbau; Hrsg. Deutsches Maiskomitee Bonn.
- LütkeEntrup, N. und Zerhusen, P. 1992: Mais und Umwelt. Eine Studie über die Umweltverträglichkeit des Maisanbaues, Probleme und Lösungsansätze; Hamburg, ISBN 3-86064-071-2.
- Messmer, M., Wilbois, K.P., Baier, C., Schäfer, F., Arncken, C., Drexler, D. und Hildermann, I., 2012: Techniken der Pflanzenzüchtung – Eine Bewertung für den ökologischen Landbau; FiBL (Hrsg.Forschungsinstitut für biologischen Landbau FiBL, CH-5070 Frick), 2. Auflg.
- Nussbaum, H. 2013: Futterkonservierung in: Handbuch Mais, Hrsg. LütkeEntrup N.; Schwarz F.J.; Heilmann H. Frankfurt a.M. 2013.
- Oaks, A. 1994: Efficiency of Nitrogen Utilization in C3 and C4 Cereals, *Plant Physiol.* (1994) 106: 407-414.
- OECD und FAO, 2014, OECD-FAO Agricultural Outlook 2014-2023, OECD Publishing. Verfügbar unter: <http://www.oecd.org/site/oecd-faoagriculturaloutlook/>.
- OECD, 2009, The Bioeconomy to 2030: designing a policy agenda. OECD, Paris.
- ÖPUL 2007: Untersaat bei Mais.
- ÖVAF und BIOS science Austria, Bioeconomy Policy Paper; online verfügbar unter: http://www.boku.ac.at/fileadmin/data/H01000/H10090/H10400/H10420/Biooekonomie/Folder_Biooekonomie_engl_1.pdf [abgerufen 29. Juli 2014]
- Peyker, W., Degner, J., Kerschberger, M. und Hahn, K.-A. 2000: Leitlinie zur effizienten und umweltverträglichen Erzeugung von Silomais, 2. Auflage, Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft Jena.
- Pietsch, G. 2006: Ergebnisse aus Luzerne-Versuchen in Raasdorf 2000-2006, Praktikerseminar, Institut für Ökologischen Landbau, Department für Nachhaltige Agrarsysteme, Universität für Bodenkultur.
- Reinhold, J. 2009: Humuswirtschaft und Kompost, Sächsische Interessengemeinschaft Ökologischer Landbau e.V. Fortbildungskurs am 5. März 2009 in Bad Dübau.
- Römpp, 1999: Lexikon Biotechnologie und Gentechnik, Thieme Verlag Stuttgart 2. Auflage ISBN-13: 978-313736423.
- Röser, M., 1992/93, Die Maispflanze, Kulturgeschichte und Entstehung. Kataloge des OÖ Landesmuseums, Neue Folge Nr. 61 Amerika „Leben mit dem Regenwald“ ISBN 3-900746-53-2, S. 181-188
- Rowan, F. und Percy, R.W. 1987: The Nitrogen Use Efficiency of C3 and C4 Plants, *Plant Physiol.* (1987) 84, 959-963.
- Ruppert, W. 1982: Betriebliche Zwänge als auslösendes Moment der Bodenerosion. Arbeiten der DLG, Bd 174 „Bodenerosion“, S. 44-57.
- Saatgut Austria, 2014, <http://www.saatgut-austria.at/page.asp/1269.htm>; abgerufen 2. Dez. 2014.
- Saatzucht Gleisdorf, 2013, 60 Jahre Saatzucht Gleisdorf. Informationsbroschüre. Selbstverlag, Gleisdorf.
- Schwarz, F.J. 2013: Futterwert von Maisprodukten, in: Handbuch Mais, Hrsg. LütkeEntrup N.; Schwarz F.J.; Heilmann H. Frankfurt a.M. 2013.
- Schwertmann U., Vogl, W. und Kainz, M. 1987: Bodenerosion durch Wasser – Vorhersage des Abtrages und Bewertung von Gegenmaßnahmen, Stuttgart 2. Auflg. ISBN-13: 978-3800130887.
- Schwertmann U. u. Mitarbeiter 1981: Die Vorausschätzung des Bodenabtrages durch Wasser in Bayern (Verfahren von Wischmeier und Smith), München.
- Sinabell, F., Analyse der Warenströme - Getreide. Vortrag im Rahmen der Internationalen Getreidewirtschaftstagung, 10.-12. Mai 2012, Salzburg.
- Sinabell, F., U. Morawetz, C. Holst, Auslandskomponente österreichischer Lebensmittel (import component of the Austrian food market). Studie des Österreichischen Instituts für Wirtschaftsforschung im Auftrag des Bundesministeriums für Bundesministeriums für Wirtschaft, Jugend und Familie und des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft. Wien 2014.

- Schwertmann U. und Vogl W. 1986: Landbewirtschaftung und Bodenerosion; VDLUFA-Schriftenreihe, Kongressband S. 7-17.
- Statistik Austria, 2013: Anbau auf dem Ackerland.
- Statistik Austria, 2014a: Input-Output-Tabelle inklusive Aufkommens- und Verwendungstabelle. Eigenverlag, Wien.
- Statistik Austria, 2014b, Agrarstrukturerhebung 2014. Betriebsstruktur. Schnellbericht 1.17. Selbstverlag, Wien.
- Statistik Austria, 2015a, Landwirtschaftliche Gesamtrechnung. Online verfügbar unter: http://www.statistik.at/web_de/statistiken/land_und_forstwirtschaft/gesamtrechnung/landwirtschaftliche_gesamtrechnung/ (abgerufen 9. Jänner 2015).
- Statistik Austria, 2015b, Versorgungsbilanzen. Online verfügbar unter: http://www.statistik.at/web_de/statistiken/land_und_forstwirtschaft/preise_bilanzen/versorgungsbilanzen/ (abgerufen 9. Jänner 2015).
- Strauss P. und Schmid G. 2004: Einfluss von Saattechnik und Zwischenfrucht auf den Oberflächenabfluss und die Bodenerosion im Zuckerrübenbau. Schriftenreihe des Bundesamtes für Wasserwirtschaft, 20, 91-109.
- Stürmer, B., 2015: persönliche Auskunft zum Anbau von Mais zur Biogasnutzung; mimeo.
- Taiz L., und Zeiger, E. 2007: Plant Physiology Das Original mit Übersetzungshilfen, 4. Auflage, Berlin Heidelberg, ISBN 978-3-8274-1865-4.
- Vencill, W.K., Nichols, R.L., Webster, T.M., Soteris, J.K., Mallory-Smith, Burgos, N.R., Johnson, W.G. und McClelland, M.R. 2012: Herbicide Resistance – Toward an Understanding of Resistance Development and the Impact of Herbicide-Resistant Crops; Weed Science 2012, Special Issue 2-30.
- Verband der deutschen Getreideverarbeiter und Stärkehersteller - VDGS e.V., 2012, Zahlen und Fakten zur Stärke-Industrie 2012. Eigenverlag, Berlin.
- Wallner, T., Trautendorfer, J. und Hölzl, F.X. 2013: Verantwortungsvolle Düngung, in: Der Bauer, 13.02.2013, Sonderthema Mais und Soja.
- Weber A., Dahlhoff, A., Dandikas, V., Effenberger, M. und Nesper, S. 2013: Energetische Verwertung in: Handbuch Mais, Hrsg. LütkeEntrup N.; Schwarz F.J.; Heilmann H. Frankfurt a.M. 2013.
- Weiss, J., Pabst, W. und Granz S. 2011: Tierproduktion, Stuttgart, ISBN 978-3-8304-1122-2; S. 211 ff.
- Yuan, Z., Liu, W., Niu, S. und Wan, S. 2007: Plant Nitrogen Dynamics and Nitrogen-use Strategies under Altered Nitrogen Seasonality and Competition, Annals of Botany 100: 821–830, 2007.
- Zwinger, P., und Söchting, H.-P. 2013: Unkräuter im Maisanbau, in: Handbuch Mais, Hrsg. LütkeEntrup N., Schwarz F.J., Heilmann H. Frankfurt a.M. 2013.

Webseiten:

ZAMG:

<http://www.zamg.ac.at/cms/de/klima/klima-aktuell/monatsrueckblick/wetterrueckblick?x=1&y=4&monat=07&jahr=2013>

<http://www.zamg.ac.at/cms/de/klima/klima-aktuell/monatsrueckblick/wetterrueckblick?monat=07&jahr=2014&x=1&y=2>

AGES:

<http://www.baes.gv.at/de/pflanzensorten/oesterreichische-beschreibende-sortenliste/mais/pflanzenbauliche-eigenschaften/> abgerufen 20.11.2014

[http://www.ages.at/ages/landwirtschaftliche-sachgebiete/pflanzenschutzmittel/aktuelles/zugelassene-pflanzenschutzmittel-zur-maiswurzelbohrerbehaempfung/http://pmg.ages.at/pls/psmlfrz/pmgweb2\\$.Startup](http://www.ages.at/ages/landwirtschaftliche-sachgebiete/pflanzenschutzmittel/aktuelles/zugelassene-pflanzenschutzmittel-zur-maiswurzelbohrerbehaempfung/http://pmg.ages.at/pls/psmlfrz/pmgweb2$.Startup)

<http://www.ages.at/ages/landwirtschaftliche-sachgebiete/pflanzengesundheit/empfehlungen-amtliche-massnahmen/diabrotica-virgifera-virgifera-westlicher-maiswurzelbohrer/>

LfL Bayern:

<http://www.lfl.bayern.de/ips/blatfruechte/030323/index.php>

Nitratinformationsdienst:

<http://www.bwsb.at/?+Nitratinformationsdienst++NID++-+Ergebnisse+und+Empfehlungen+zu+Mais+2014+&id=2500%2C2163678%2C%2C%2C>

OEBG:

http://oebg.boku.ac.at/files/rl_sgd.pdf

Bio-Austria:

<http://www.biola.at/de/bio-austria-richtlinien-biola-wissensdatenbank-fuer-den-biologischen-landbau.html>

Agroscope:

<http://www.agroscope.admin.ch/futtermittel/03795/03813/index.html?lang=de>

Industriellenvereinigung NÖ iv-niederoesterreich:

http://www.iv-niederoesterreich.at/newsletter/nl_beitrag.php?id=162

Deutsches Maiskomitee:

<http://www.maiskomitee.de/web/public/Produktion.aspx/Anbau/Fruchtfolge>

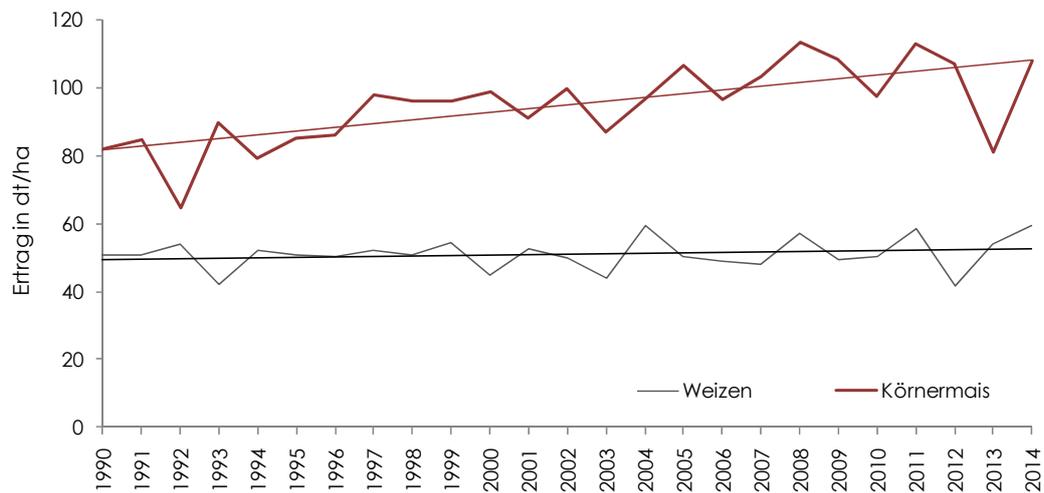
Sonstige:

www.isip.de/isip/servlet/contentblob/.../12954,property=Dokument.pdf

http://iufro-archive.boku.ac.at/silvavoc/glossary/2_1de.html

Tabellen- und Abbildungsanhang

Abbildung 16: Entwicklung der Hektarerträge seit 1990



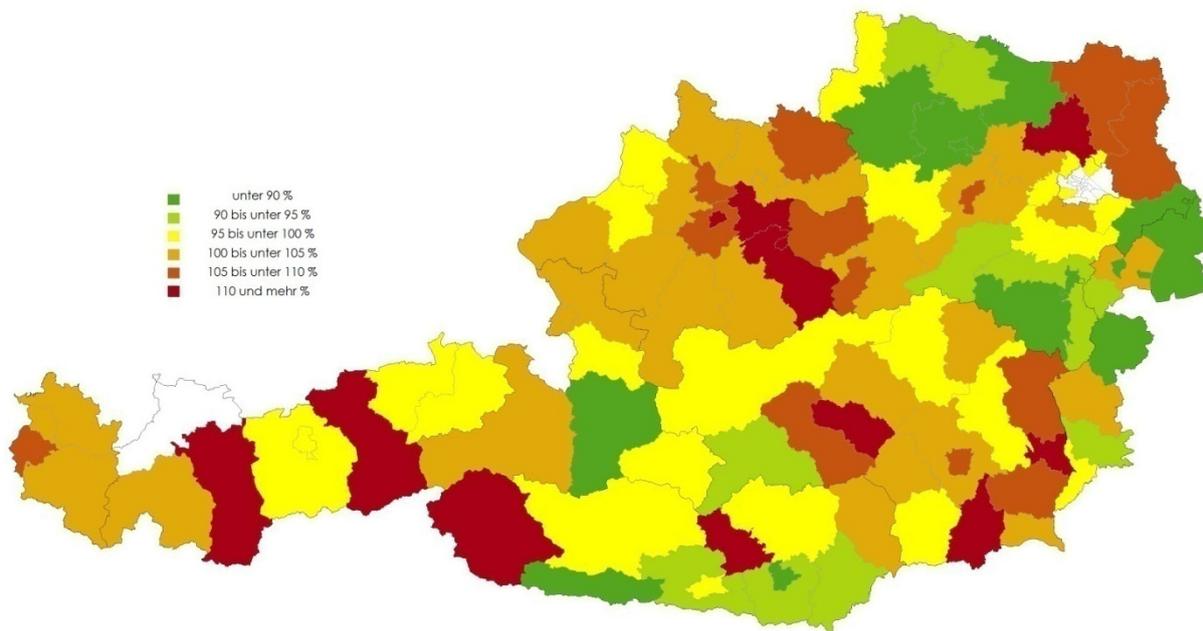
Q: Statistik Austria, Erntestatistik. 2014 vorläufig.

Übersicht 18: Entwicklung der Anbaufläche und der Ernte von Futtermais (Silo- und Grünmais)

	1970	1980	1990	2000	2010	2011	2012	2013	2014
	Fläche (ha)								
Burgenland	3.716	4.524	4.519	2.825	3.182	3.177	3.191	6.671	3.041
Kärnten	8.731	12.581	12.974	8.375	9.165	8.850	9.201	11.444	8.851
Niederösterreich	15.479	33.648	38.213	25.121	28.148	27.991	28.152	34.785	28.469
Oberösterreich	10.141	34.360	29.289	22.648	25.763	26.197	26.538	33.587	28.334
Salzburg	82	779	646	412	627	638	601	576	639
Steiermark	6.042	14.299	16.281	10.187	10.435	10.600	10.664	19.766	10.126
Tirol	1.974	4.024	3.994	3.014	2.505	2.572	2.618	2.582	2.580
Vorarlberg	344	812	1.192	1.377	1.401	1.418	1.408	1.368	1.418
Wien	21	15	26	0	13	2	2	40	2
Österreich	46.530	105.042	107.134	73.960	81.239	81.444	82.375	110.818	83.460
	Ernte (t)								
Burgenland	.	245.091	183.284	108.687	133.043	154.782	148.714	201.180	135.732
Kärnten	.	665.248	558.966	440.687	374.423	431.066	449.972	356.135	439.229
Niederösterreich	.	1.638.429	1.315.981	1.055.031	1.194.118	1.347.230	1.335.857	1.390.929	1.353.360
Oberösterreich	.	1.766.097	1.257.345	1.202.842	1.168.379	1.315.961	1.314.686	1.319.423	1.387.424
Salzburg	.	29.582	25.765	17.574	20.381	31.801	32.756	30.488	30.368
Steiermark	.	752.090	732.919	475.713	487.381	527.919	515.347	731.864	463.595
Tirol	.	217.108	166.750	158.698	115.963	127.397	133.717	111.204	132.207
Vorarlberg	.	37.675	47.352	71.440	63.095	70.242	72.040	56.228	71.157
Wien	.	635	895	0	547	97	91	1.406	105
Österreich	2.396.822	5.351.955	4.289.257	3.530.673	3.557.330	4.006.495	4.003.181	4.198.856	4.013.177
	geschätzte Produktionskosten im Mio. €								
Österreich					121	122	123	n.v.	125

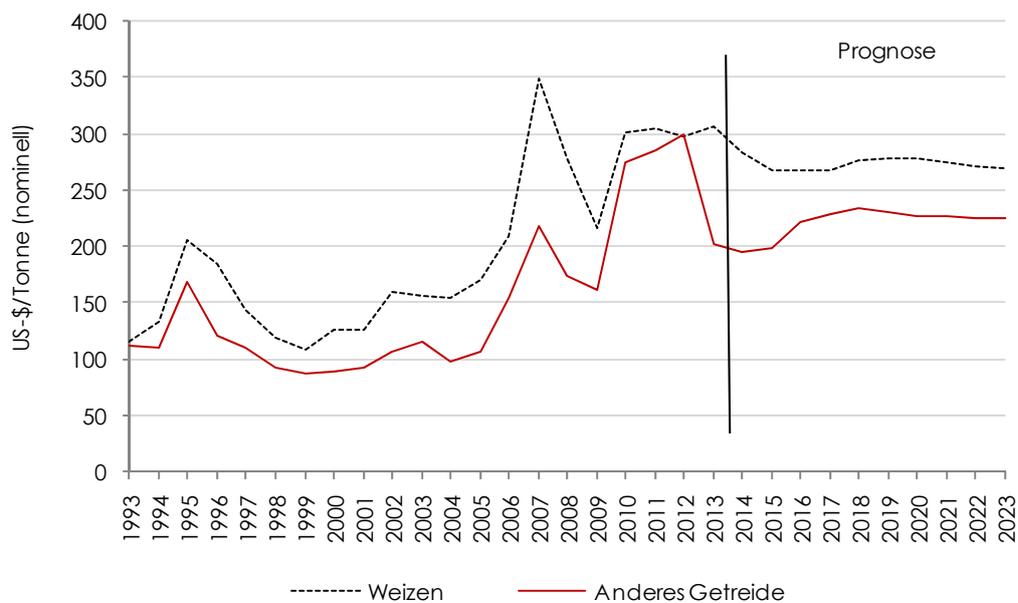
Q: Statistik Austria, Erntestatistik. 2014 vorläufig; BAWI; eigene Berechnungen. Hinweis: im Jahr 2013 spielten Sondereffekte eine große Rolle, daher werden die Produktionskosten für dieses Jahr nicht ermittelt.

Abbildung 17: Ertragsniveaus für Futtermais (Silo- und Grünmais) nach Bezirken, Abweichung vom Durchschnitt für Österreich, Ø 2009-2013 (5Jahre)



Q: Statistik Austria; WIFO-Berechnungen. Anmerkung: Graue Linien sind Bezirksgrenzen, schwarze Linien Bundesländergrenzen. Anmerkung: Der Durchschnitt 2009-2013 für Österreich insgesamt für den Ertrag je ha = 100.

Abbildung 18: Ausblick Preisentwicklung – nominell



Q: OECD-FAO, 2014.

Übersicht 19: Deckungsbeiträge und Kalkulationsdaten Silomais- und Grassilage

	Einheit	Silomais	Grassilage
Erzeugung		für eigenen Betrieb	für eigenen Betrieb
Produkt		Silage zur Entnahme	Silage zur Entnahme
Ernteverfahren		ganze Pflanze	Ladewagen
Körneranteil		mittel	-
Reifegrad		Wachsreife	-
Verwertungsform		Futter (MJ NEL)	Futter (MJ NEL)
Betrachtungszeitraum		3 Jahre (2011-2013)	3 Jahre (2011-2013)
Einschließlich MwSt.		Ja	Ja
Schnittzeitpunkt		-	volles Rispenschieben
Schnitthäufigkeit		-	4
Schlaggröße	ha	2,0	2,0
Feldarbeitsbedarf	AKh/ha	7,4	7,4
Erträge			
Frischmasseertrag Silomais	dt FM/ha	452,0	-
Trockenmasseertrag Anwelkgut	dt TM/ha	-	73,8
Frischmasseertrag Anwelkgut	dt FM/ha	-	210,9
Trockenmasseertrag Silage	dt TM/ha	146,0	67,0
Frischmasseertrag Silage	dt FM/ha	417,0	191,0
Energieertrag Silage	MJ NEL/ha	98.404,0	39.463,0
Eiweissertrag Silage	kg XP/ha	1.197,0	1.097,0
Variable Kosten			
Saatgut	€/ha	188,1	27,7
Dünger	€/ha	559,5	383,7
Pflanzenschutz	€/ha	80,0	6,8
Siliermittel	€/ha	0,0	0,0
Silounterhalt	€/ha	46,7	23,4
Variable Maschinenkosten	€/ha	593,7	220,7
Lohnkosten für Saison-Arbeitskräfte	€/ha	0,0	0,0
Hagelversicherung	€/ha	24,4	0,0
Sonstige variable Kosten	€/ha	0,0	0,0
Summe variable Kosten	€/ha	1.492,4	662,3
Variable Kosten je dt Frischmasse Silage	€/dt FM	3,6	3,5
Variable Kosten je dt Trockenmasse Silage	€/dt TM	10,2	9,9
Variable Kosten je Energieeinheit	€/1000 MJ NEL	15,2	16,8
Variable Kosten je kg Rohprotein	€/kg XP	1,3	0,6

Q: Bundesanstalt für Agrarwirtschaft, AWI-Deckungsbeiträge und Kalkulationsdaten (im Internet verfügbar unter: <http://www.awi.bmlfuw.gv.at/idb/default.html>, abgerufen am 15.12.2014). Anmerkung: Mahlweizen = Winterweizen.

Übersicht 20: Verwendung von Getreide insgesamt (einschließlich Körnermais)

	Industrie	Saat	Futter 1.000 t	Verluste	Nahrung
1995/96	509	122	2.734	147	673
1996/97	576	126	2.859	153	724
1997/98	563	127	3.145	155	769
1998/99	645	121	2.732	144	787
1999/00	689	122	2.486	138	805
2000/01	830	119	2.673	140	845
2001/02	826	118	2.789	143	839
2002/03	810	118	2.842	144	869
2003/04	794	117	2.450	136	888
2004/05	664	116	2.801	158	893
2005/06	650	115	2.858	148	922
2006/07	748	118	2.577	132	944
2007/08	702	119	2.439	139	967
2008/09	1.097	120	2.873	164	983
2009/10	1.314	116	2.740	150	976
2010/11	1.441	113	2.576	144	980
2011/12	1.531	113	2.916	170	994
2012/13	1.583	111	2.324	146	999

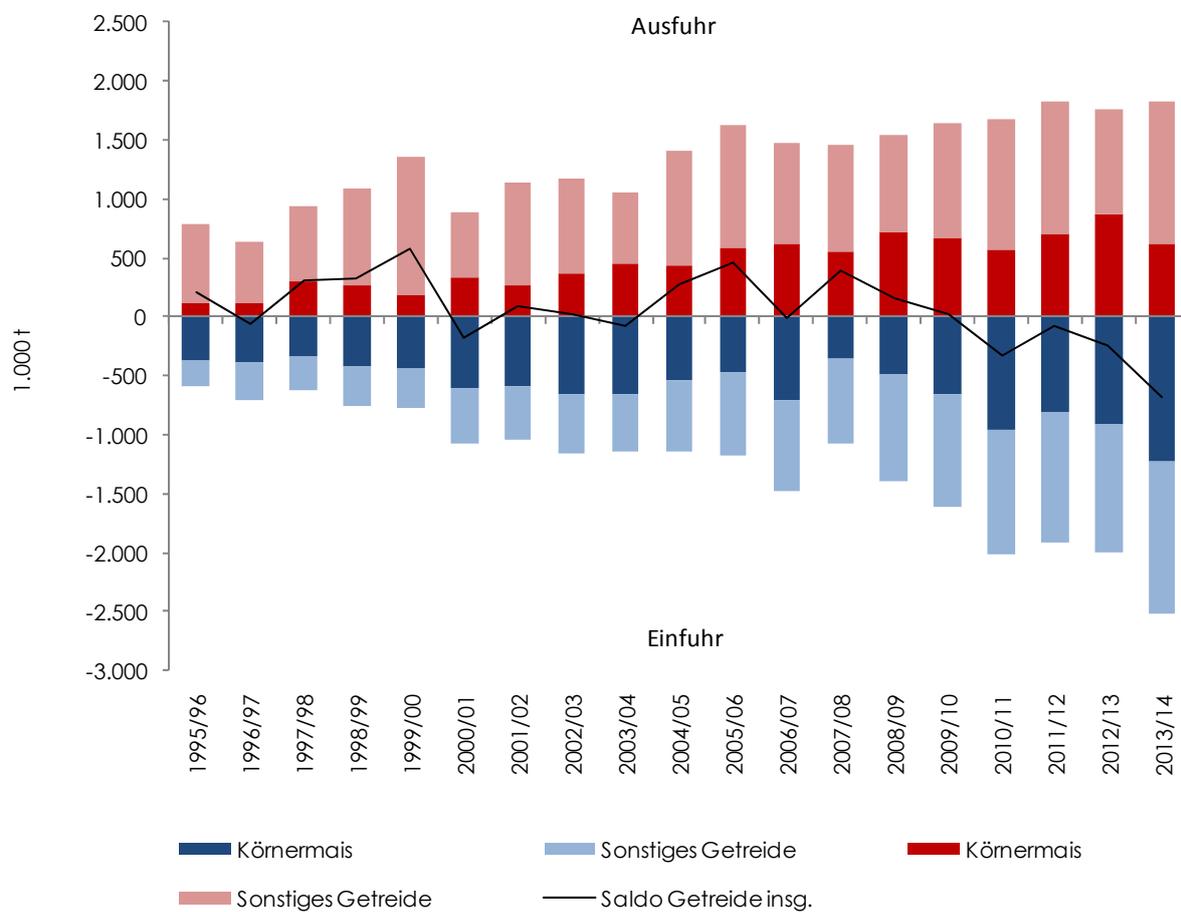
Q: Statistik Austria, Versorgungsbilanz für Getreide.

Übersicht 21: Erzeugung und Verwendung von Getreide insgesamt (einschließlich Körnermais)

	Erzeugung	+ Anfangsbestand	-Endbestand	+ Einfuhr	- Ausfuhr	= Inlandsverwendung
	1.000 t					
1995/96	4.455	211	280	590	792	4.185
1996/97	4.497	280	405	701	636	4.437
1997/98	5.013	405	355	627	930	4.759
1998/99	4.776	355	383	763	1.084	4.428
1999/00	4.814	383	374	781	1.363	4.240
2000/01	4.498	374	440	1.069	894	4.607
2001/02	4.834	440	462	1.050	1.147	4.715
2002/03	4.757	462	422	1.162	1.177	4.782
2003/04	4.264	422	382	1.145	1.064	4.385
2004/05	5.315	382	796	1.144	1.413	4.632
2005/06	4.898	796	543	1.175	1.634	4.692
2006/07	4.460	543	488	1.487	1.482	4.519
2007/08	4.758	488	494	1.074	1.459	4.366
2008/09	5.748	494	853	1.396	1.548	5.237
2009/10	5.144	853	680	1.617	1.638	5.295
2010/11	4.815	680	578	2.008	1.671	5.254
2011/12	5.704	578	634	1.912	1.836	5.725
2012/13	4.876	634	589	2.002	1.760	5.163
2013/14	4.581	589	.	.	.	.
2014/15	5.696	.	.	.	.	.

Q: Statistik Austria, Versorgungsbilanz für Getreide, Agrarmarkt Austria.

Abbildung 19: Einfuhren und Ausfuhren von Getreide laut Versorgungsbilanz



Q: Statistik Austria, Versorgungsbilanz für Getreide.

Abbildung 20: Auszug aus der Input-Output-Tabelle des Jahres 2010 zu laufenden Preisen

in current prices	Products of agriculture, hunting and related services x1	Food products, beverages and tobacco products x5	Chemicals and chemical products x11	Accommodation and food services x36	Final consumption expenditure by households	Gross fixed capital formation	Changes in inventories and valuables	Exports	Total output
A01	1206	2633	21	80	693	118	86	704	5575
C10-C12	381	1756	98	1928	5145	0	53	6591	16441
C19	114	42	24	58	1056	0	(91)	1025	3886
C20	22	203	773	12	113	4	1	5186	7506
C33	204	110	68	13	0	1876	0	1127	7141
D	95	273	395	311	3790	0	(18)	1640	28929
F	49	176	83	520	1366	23150	6	670	44468
G46	139	772	497	666	5876	2036	188	9546	31250
K64	88	195	60	242	2257	0	0	3073	13906
M74_M75	110	53	0	25	313	0	0	205	2095
N77	49	36	112	141	1138	0	0	613	7043
Total intermediate consumption	3278	11770	6315	7588					
taxes less subsidies on products	45	(0)	27	331					
Value added at basic prices	2252	4671	1164	12628					
Domestic Output at basic prices	5575	16441	7506	20547					
Direct IMPORTS	2287	6504	7498	1625					
Total Supply at Basic Prices	7862	22945	15004	22172					
Value Added Detail									
Compensation of employees	225	2325	656	4463					
Wages and salaries	184	1927	555	3836					
Other net taxes on production	(1383)	(181)	2	(127)					
Consumption of fixed capital	1402	782	174	789					
Operating surplus, net	2007	1745	332	7503					
Value Added at Basic Prices	2252	4671	1164	12628					

Q: EUROSTAT, 2014. Hinweis: In dieser Übersicht sind die meisten Zeilen und Spalten der Input-Output-Tabelle ausgeblendet. Die Werte in den Spalten und Tabellen beinhalten die Werte der ausgeblendet Zeilen.

Übersicht 22: Gesamtwirtschaftliche Effekte im Szenario "Weizen ersetzt Rohprofeinkomponente von Mais"

	output		employment jobs		employment FTE		value added	
	indir.	indu.	indir.	indu.	indir.	indu.	indir.	indu.
	mio €	mio €	numbers	numbers	numbers	numbers	mio €	mio €
Agriculture, Hunting, Forestry and Fishing	-195	-198	-5,494	-5,582	-3,810	-3,872	-83	-85
Mining and Quarrying	-1	-1	-1	-2	-1	-2	-0	-0
Food, Beverages and Tobacco	-9	-15	-39	-67	-34	-58	-2	-4
Textiles and Textile Products	-0	-0	-1	-2	-1	-2	-0	-0
Leather, Leather and Footwear	-0	-0	-0	-0	-0	-0	-0	-0
Wood and Products of Wood and Cork	-1	-2	-5	-8	-4	-7	-0	-0
Pulp, Paper, Paper, Printing and Publishing	-3	-5	-12	-19	-10	-16	-1	-1
Coke, Refined Petroleum and Nuclear Fuel	-27	-27	-10	-10	-9	-9	-2	-2
Chemicals and Chemical Products	-44	-45	-130	-132	-118	-119	-16	-16
Rubber and Plastics	-1	-1	-4	-6	-3	-5	-0	-0
Other Non-Metallic Mineral	-2	-2	-9	-12	-8	-11	-1	-1
Basic Metals and Fabricated Metal	-3	-5	-11	-17	-10	-15	-1	-1
Machinery, Nec	-3	-5	-16	-22	-14	-20	-1	-2
Electrical and Optical Equipment	-1	-1	-4	-7	-4	-6	-0	-1
Transport Equipment	-0	-0	-1	-1	-1	-1	-0	-0
Manufacturing, Nec; Recycling	-0	-1	-3	-9	-3	-8	-0	-0
Electricity, Gas and Water Supply	-14	-24	-14	-24	-13	-22	-3	-5
Construction	-7	-12	-48	-85	-43	-78	-3	-5
Sale, Maintenance and Repair of Motor Vehicles and Motorcycles; Retail Sale of Fuel	-48	-52	-529	-567	-450	-483	-25	-27
Wholesale Trade and Commission Trade, Except of Motor Vehicles and Motorcycles	-16	-25	-112	-168	-95	-143	-10	-15
Retail Trade, Except of Motor Vehicles and Motorcycles; Repair of Household Goods	-11	-17	-202	-315	-163	-254	-7	-11
Hotels and Restaurants	-1	-12	-12	-156	-10	-126	-1	-7
Inland Transport	-3	-6	-25	-54	-20	-43	-1	-2
Water Transport	-0	-0	-0	-0	-0	-0	-0	-0
Air Transport	-0	-1	-1	-3	-1	-3	-0	-0
Other Supporting and Auxiliary Transport Activities; Activities of Travel Agencies	-2	-6	-14	-37	-12	-33	-1	-2
Post and Telecommunications	-2	-5	-12	-30	-11	-27	-1	-2
Financial Intermediation	-12	-19	-63	-102	-53	-87	-6	-10
Real Estate Activities	-6	-25	-11	-46	-8	-33	-4	-17
Renting of M&Eq and Other Business Activities	-17	-25	-151	-227	-110	-165	-9	-13
Public Admin and Defence; Compulsory Social Security	-0	-1	-5	-11	-5	-10	-0	-0
Education	-0	-2	-7	-34	-6	-28	-0	-2
Health and Social Work	-2	-8	-42	-135	-34	-109	-2	-5
Other Community, Social and Personal Services	-2	-10	-30	-130	-24	-104	-1	-6
Private Households with Employed Persons	-	-0	-	-7	-	-3	-	-0
total	-434	-558	-7,016	-8,028	-5,086	-5,901	-182	-246

Q: eigene Berechnungen.

Anhang Modellbeschreibung

An Extended Input-Output Model for Impact Analyses

Kurt Kratena

1. Impact analysis with an input-output model

The model set up follows the traditional impact analysis with input-output analysis, where a new industry is introduced (see chapter 13 in: Miller and Blair, 2009). There are two different methodologies to deal with a new activity (new plant or new industry) in impact analysis (according to Miller and Blair, 2009), namely (i) the final demand approach, and (ii) the full inclusion in the input-output matrix. The differences between the two methodologies are minor and the final demand approach is much more straightforward to implement and slightly less data demanding (the delivery structure of the new activity needs not to be known). Given that the focus in this project is on deepening the macroeconomic feedback mechanisms of an input-output model by introducing additional model features, the decision for the simpler basic model framework, i.e. the final demand approach, was taken.

As West (1995) and Kratena and Streicher (2009) have shown, there are different characteristics that differentiate simple static input-output (IO) models from full econometric IO models and Computable General Equilibrium (CGE) models. Given these characteristics there are several steps that can be taken building a full model (econometric IO or CGE) starting from a static IO model. The milestones in this process can be described by endogenizing demand categories and taking into account price/quantity interactions in both directions. An impact of prices on quantities is usually part of a demand specification, whereas an impact of given quantities on (equilibrium) prices is usually part of the factor market clearing mechanism. The final step in this procedure are fully fledged Computable General Equilibrium (CGE) models or dynamic macroeconomic IO models (Kratena, et al., 2013).

The philosophy applied in this project is to have some important features implemented, additionally to the static model, as the static IO model gives biased results in a certain sense. The static IO model underestimates the short run effects of the introduction of a new industry as it does not take into account macroeconomic income multipliers. Given the fact that consumption does not simply follow a Keynesian income mechanism, but also has dynamic (life cycle) properties, these income multipliers will be applied very carefully. On the other hand, the static IO model is supposed to overestimate employment effects, as increased labor demand will not match perfectly with higher labor supply, therefore wage reactions will occur. These two important features (endogenous consumption, wage feedbacks) will be taken into account in the augmented IO model applied in this project.

Another important issue in augmenting the static IO model is the price-quantity relationship. This is dealt with in this project in the following way: The quantity model is set up in values (current prices) and the price model in unitary prices of the base year. For the demand reaction to prices in consumption (both at the aggregate as well as at the commodity level), it is assumed that nominal values stay constant with changing prices. That corresponds to unitary elasticities, as in simple demand systems like those usually applied in CGE models. In the case of labor demand, the nominal values increase half the magnitude of the wage rate, which roughly (depending on the underlying functional form of the demand function) corresponds to a priceelasticity of -0.5. It has been shown that a priceelasticity of -0.5 is the standard case for demand systems where the output elasticity is unitary (Clements, 2008). This is the assumption for the employment-to-output reaction here: the output elasticity is unitary and labor demand reactions are driven by the price of labor, which – in turn – reacts to the situation in the labor market.

2. The model framework

The model framework is therefore designed for impact analysis including the following model mechanisms:

(A) Indirect effects (including direct effects)

(AB) Indirect & induced effects (including direct effects)

(ABC) Indirect & induced effects & labor market response (including direct effects)

(ABCD) Indirect & induced effects & labor market response & feedback from financing of investment (including direct effects)

This order describes an additive structure of effects, where each model version from A to ABCD incorporates everything of the model version below plus one additional feature.

The results of the model simulations are presented in two ways:

Aggregate results:

GDP, disposable income, total production, public net savings (all at current as well as constant prices), and employment. Additionally, private consumption, exports and imports (all at current as well as constant prices) are displayed.

Results by industry:

Production (at current as well as constant prices), and employment

These different model versions are based on several model solution loops, which run in the background and can be controlled from one central sheet, where the VBA macros are represented by different buttons.

The basic IO equation for the case of a symmetric input-output table is:

$$\mathbf{x} = \mathbf{A}^d \mathbf{x} + \mathbf{c}p + \mathbf{f}^* + \mathbf{f}^{new} \quad (1)$$

In (1) \mathbf{x} is the column vector of gross output, $\mathbf{c}p$ is the column vector of private consumption (that is to be endogenized), \mathbf{f}^* is the column vector of other (exogenous) final demand and \mathbf{f}^{new} is the column vector of demand from the new activity, comprising intermediate demand (operation) as well as investment (construction). The matrix \mathbf{A}^d is derived by dividing the elements of domestic intermediate demand by the column sum of output, \mathbf{x} . Another matrix \mathbf{A}^m can be derived for imported intermediate demand. This treatment of imports assumes that all imports are – in principle – non-competitive. Dealing with competitive imports could still be introduced by specifying the import shares of demand (intermediate as well as final) as endogenous.

In the “baseline” case with the original IO table, \mathbf{f}^{new} only contains zero elements. Equation (1) describes the basic “output loop” of the model: inserting the basic data of a new investment (construction or operation) into \mathbf{f}^{new} gives a new output vector \mathbf{x} , which in turn is inserted into $\mathbf{A}^d \mathbf{x}$ to derive again a new output vector \mathbf{x} , and so on. This methodology converges to the same solution for the output vector \mathbf{x} , as the solution using the Leontief-inverse, $[\mathbf{I} - \mathbf{A}^d]^{-1}$ (see: Miller and Blair, 2009). Therefore equation (1) serves to quantify the *direct* (\mathbf{f}^{new}) as well as the *indirect effects* via the IO linkages.

In (1) all variables are defined in current prices. The “output loop” runs indirectly (‘stand alone’) and solves the quantity model. The general philosophy for price/quantity interactions in this model is that both models are solved independently without taking into account *additional* repercussions of simultaneous changes. The quantity model is solved with nominal values (= current prices) and it is assumed that nominal values stay constant when prices change. That involves demand reactions of unitary elasticity due to price changes. The impact on output volumes (= output by industry deflated by the corresponding output price) can be directly derived by dividing the nominal output values by the output prices determined below. All aggregate deflators (e.g. of total output) are calculated by applying the Divisia price index, assuming the concept of chained price indices over time. No specific accounting for the impact of structural change on relative prices is assumed, though.

Endogenous private consumption

The first enlargement of this static IO model is treating private consumption as endogenous. The information about value added components in the IO table which determine the income components of households have to be matched with data about households’ disposable income from National Accounts. The minimum disaggregation in the value added part of the IO table comprises wages, operating surplus and taxes net subsidies which are linked to output by technical coefficients like in the case of intermediate demand: $\mathbf{l}w$ is a row vector containing the employment per output coefficients (\mathbf{l}) multiplied with the industry wage rates, w , and s is a row vector of operating surplus per unit of output.

There might be a difference between wages in the IO table and wages in National Accounts, so that an adjustment factor $f_{w,hh}$ is introduced. Only part of the operating surplus enters the

disposable income of households and a large part stays in the firms, this is captured by the adjustment factor $f_{s,hh}$. The household taxes and transfers are dealt with an average tax rate t_{hh} on disposable income, YD . Besides that, there are other components of disposable household income YD_{oth} (net income from abroad, profit and rent income) that shall be dealt with as exogenous in this model. The basic linkage to the IO model is via wages and operating surplus. The definition of disposable income of households therefore is:

$$YD = \mathbf{l}w f_{w,hh} (1 - t_{hh}) \mathbf{x} + \mathbf{s}f_{s,hh} (1 - t_{hh}) \mathbf{x} + YD_{oth} \quad (2)$$

In (2) $\mathbf{l}w f_{w,hh} (1 - t_{hh}) \mathbf{x}$ represents gross wages minus corresponding net taxes and minus social security contributions) and $\mathbf{s}f_{s,hh} (1 - t_{hh}) \mathbf{x}$ represents gross operating surplus accruing to households minus corresponding net taxes (including social security contributions).

Once disposable income (YD) is determined, total private consumption is calibrated from a simple Keynesian consumption function with a fixed marginal propensity of consumption (mpc). The consumption vector \mathbf{cp} is determined by multiplying total consumption by a column vector of domestic budget shares, \mathbf{w}_{hh}^d :

$$\mathbf{cp} = [\exp(const_{cp} + mpc(\log(YD)))] \mathbf{w}_{hh}^d \quad (3)$$

The full "output loop" of the model now consists of the three equations:

$$\mathbf{x} = \mathbf{A}^d \mathbf{x} + \mathbf{cp} + \mathbf{f}^* + \mathbf{f}^{new} \quad (1)$$

$$YD = \mathbf{l}w f_{w,hh} (1 - t_{hh}) \mathbf{x} + \mathbf{s}f_{s,hh} (1 - t_{hh}) \mathbf{x} \quad (2)$$

$$\mathbf{cp} = [\exp(const_{cp} + mpc(\log(YD)))] \mathbf{w}_{hh}^d \quad (3)$$

Once values for \mathbf{f}^{new} have been inserted, the new output vector \mathbf{x} determines new disposable income YD in (2), which in turn determines a new consumption vector \mathbf{cp} in (3) that is inserted into (1), where the new output vector \mathbf{x} also determines new intermediate demand. As in the simple quantity model above, the model solution converges to one stable new output vector \mathbf{x} . The system of equations (1) to (3) therefore serves to quantify the *induced effects* including the IO linkages as well as endogenous consumption.

Feedback from the labor market

Total employment L is given by $L = \mathbf{l}x^r$, i.e. the matrix product of the row vector of employment coefficients with the new equilibrium vector of real output (in volumes), x^r . The elements of x^r are derived by dividing the elements of the output vector at current prices, x_i , by the corresponding output price, p_i , determined in the IO price model (see below).

This static employment effect can only be realized, if labor force in the same region, qualification, etc. is available. In CGE models where full employment is assumed, all the potential employment effects materialize in higher wages in order to clear the labor market. The underlying labor market philosophy in this model corresponds to a wage bargaining or a wage curve model of the labor market. In these models a parameter value for the impact of the unemployment rate on wage formation exists (β_{ur}), relating both variables in an inverse rela-

tionship. In the case of full employment (e.g. 3% of unemployment rate) in the "baseline" situation, high repercussions from wage formation to an employment shock are expected. The opposite holds for a "baseline" situation with high unemployment.

Without specifying in detail all the wage setting mechanisms, a negative elasticity from $\log(\text{unemployment rate})$ on $\log(w)$, i.e. the industry wage rate is assumed, where the unemployment rate is given as one minus the employment rate (with a given labor force, LF):

$$w = \exp(const_w + \beta_w \log(1 - L/LF)) \quad (4)$$

The higher industry wage in turn has a repercussion on employment. Assuming that the nominal wage coefficients lw would stay constant with rising wage rates, would imply a unitary elasticity. In this model it is assumed that the nominal wage coefficients lw rise half as much as the wage increase would imply. The new value for total employment is therefore given with:

$$L = [lw / (0.5 * w_{base} + 0.5 * w_{new})] x^r \quad (5)$$

The new coefficients for employment per output (l) also change disposable household income according to (2), which in turn has an impact on consumption (equation (3)).

A new aspect that is also linked to the wage feedback is a possible change in output prices. The basic equation of the IO price model is:

$$p = pA^d + p^m A^m + lw + s \quad (6)$$

Like in the case of the quantity model this equation is not solved in the model context via the application of the Leontief inverse, $[I - A^d]^{-1}$, but in a loop. The new coefficients for employment per output (l) yield a new output price vector, which ceteris paribus gives a new vector of output at constant prices, x^r and therefore changes employment again. The "employment loop" therefore comes very close to a simultaneous model with demand and supply (represented here by the price side) interactions. The full "employment loop" consists of the following equations:

$$L = [lw / (0.5 * w_{base} + 0.5 * w_{new})] x^r \quad (7)$$

$$w = \exp(const_w + \beta_w \log(1 - L/LF)) \quad (8)$$

$$YD = (lw / (0.5 * w_{base} + 0.5 * w_{new})) f_{w, hh} (1 - t_{hh}) x + s f_{s, hh} (1 - t_{hh}) x + YD_{oth} \quad (9)$$

$$cp = [\exp(const_{cp} + mpc(\log(YD)))] w_{hh}^d \quad (3)$$

$$x = A^d x + cp + f^* + f^{new} \quad (1)$$

$$p = pA^d + p^m A^m + lw / (0.5 * w_{base} + 0.5 * w_{new}) + s \quad (10)$$

A new vector of x^r is calculated by dividing the solution for output at current prices from (1) by the new price vector from (6). The full "employment loop" results in a new equilibrium solution for all endogenous variables in the model.

Feedback from balanced public budget restrictions

The full “output loop” of the model, including the “employment loop” describes a scenario with external financing of a plant either via existing funds in the new industry or allowing for a higher public budget deficit. Additionally the case of partial revenue-neutral public financing shall be considered. This is implemented by adjusting the households’ tax rate t_{hh} in an *ex ante* revenue-neutral manner. This scenario of public financing shall be assumed only relevant in the case, where the vector f^{new} contains the expenditure for the construction of a plant. Once the share of public financing of total construction cost, r_{pub} , is determined, the new tax rate t_{hh}^{new} can be calculated for the value of disposable household income of the “baseline” case (j in (11) is the unitary column vector):

$$t_{hh}^{new} = \frac{r_{pub} \mathbf{i}' \mathbf{f}^{new}}{YD} \quad (11)$$

This methodology of determining the new tax rate corresponds to the assumption of *ex ante* revenue-neutral financing. As YD changes due to induced effects of the construction of a plant (equation (9)), the final result of the public budget is different. With the new tax rate, the full “output loop” for the *induced effects* as well as the “employment loop” can be implemented.

References

Clements, K., W. (2008) Price Elasticities of Demand are Minus One-Half, *Economic Letters*, 99, 409–493.

Kratena, K., and G. Streicher, 2009, Macroeconomic Input-Output Modelling – Structures, Functional Forms and Closure Rules, *Working Papers in Input-Output Economics*, WPIOX 09-009, International Input-Output Association.

Kratena, K., G. Streicher, U. Temurshoev, A. F. Amores, I.Arto, I. Mongelli, F. Neuwahl, J. M. Rueda-Cantucho, V. Andreoni (2013), FIDELIO 1 – Fully Interregional Dynamic Econometric Long-term Input-Output Model for the EU27, JRC Scientific and Policy Reports, JRC81864 , Joint Research Center/Institute for Prospective Technology Studies, European Commission 2013.

Miller, R., and P.D. Blair, 2009, *Input-Output Analysis. Foundations and Extensions*, Cambridge University Press, New York.

West, G., 1995, Comparison of Input-Output and Computable General Equilibrium Impact Models at the regional level, *Economic Systems Research*, 7 (2), 1995, 209 – 226.