



MINISTERIUM
FÜR EIN
LEBENSWEITERES
ÖSTERREICH

HBLFA RAUMBERG - GUMPENSTEIN
LANDWIRTSCHAFT

5. UMWELTÖKOLOGISCHES SYMPOSIUM

LANDWIRTSCHAFT 2030 -
AUSWIRKUNGEN AUF BODEN,
WASSER UND LUFT

05. und 06. April 2016

Veranstaltungsort:

HBLFA Raumberg-Gumpenstein,
Schlossgebäude, großer Seminarraum
A-8952 Irdning -Donnersbachtal

raumberg-gumpenstein.at

BERICHT

5. Umweltökologisches Symposium

am 05. und 06. April 2016
an der HBLFA Raumberg-Gumpenstein

Organisation

- Höhere Bundeslehr- und Forschungsanstalt für Landwirtschaft Raumberg-Gumpenstein



Impressum

Herausgeber

Höhere Bundeslehr- und Forschungsanstalt für Landwirtschaft
Raumberg-Gumpenstein, A-8952 Irnding-Donnersbachtal
des Bundesministeriums für Land- und
Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft

Direktor

HR Mag. Dr. Anton Hausleitner

Für den Inhalt verantwortlich

die Autoren

Redaktion

Brigitte Marold

Druck, Verlag und © 2016

Höhere Bundeslehr- und Forschungsanstalt für Landwirtschaft
Raumberg-Gumpenstein, A-8952 Irnding-Donnersbachtal
ISBN-13: 978-3-902849-36-6
ISSN: 1818-7722

Dieser Band wird wie folgt zitiert:

5. Umweltökologisches Symposium, 05.-06.4.2016, Bericht HBLFA Raumberg-Gumpenstein 2016

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	5
Herausforderung Klimawandel	7
H. Formayer	
Wirtschaftliche Herausforderungen für die Landwirtschaft	11
F. Sinabell	
Landwirtschaft 2030 - Herausforderungen für die Biologische Landwirtschaft in Österreich	15
A. Steinwider und W. Starz	
Landwirtschaft 2030 und die besonderen Herausforderungen an die Pflanzenzüchtung	21
J. Vollmann	
Landwirtschaft 2030 - Auswirkungen auf Boden, Wasser und Luft: Herausforderung Pflanzenschutz	25
S. Steinkellner	
Anpassung von Kulturpflanzen an den Klimawandel	29
G. Bodner	
Bodenschutz in Österreich - Entwicklungen und Herausforderungen am Beispiel der Bodenerosion	35
P. Strauss	
Bodenschutz und Erosionsschutzprojekte in der Steiermark	39
K. Mayer	
EPIC - Beratungstool - Beispiele aus der Praxis	41
P. Cepuder, R. Nolz, J. Maßwohl und A. Beichler	
Auswirkungen möglicher agrarpolitischer Entwicklungen auf die Nährstoffeinträge in die Gewässer der Schweiz sowie zukünftiger Bewässerungsbedarf	45
V. Prasuhn und A. Möhring	
Auswirkungen möglicher agrarpolitischer Entwicklungen auf die Nährstoffeinträge in die Gewässer von Bayern	53
M. Wendland und F. Nüßlein	
Drainagemonitoring - eine ergänzende Methode zur Evaluierung von Maßnahmenwirksamkeiten zur Reduktion von Nitratemissionen in das Grund- und Oberflächenwasser?	57
O. Gabriel, H. Brielmann, F. Humer und J. Grath	
Grundwasser-Risikobewertung von Pflanzenschutzmittelwirkstoffen im europäischen und nationalen Kontext - Anforderungen, Erwartungen und Limitierungen	65
M. Stemmer, E. Paul und A. Bergmann	
Gewässerschonender Pflanzenschutz in der Landwirtschaft - ist das zukünftig überhaupt vereinbar? Erfahrungsbericht aus OÖ	71
Th. Wallner und S. Friedl	
Emissionen aus der landwirtschaftlichen Produktion	75
A. Pöllinger	

Vorwort

Am 5. und 6. April 2016 findet das 5. Umweltökologische Symposium an der HBLFA Raumberg-Gumpenstein statt. Das Generalthema lautet: Landwirtschaft 2030 – Auswirkungen auf Boden, Wasser und Luft.

Die österreichische Landwirtschaft befindet sich zurzeit in einer schwierigen Situation. Die Zahl der landwirtschaftlichen Betriebe nimmt kontinuierlich ab, das landwirtschaftliche Einkommen sinkt und die Entwicklung der künftigen Agrarpreise ist ungewiss. Die Bevölkerung in Österreich wird in den kommenden Jahren weiter zunehmen. Gleichzeitig gehen täglich rund 22 Hektar an fruchtbaren Böden für die Lebens- und Futtermittelproduktion durch Versiegelung verloren. Um diesen Verlust an landwirtschaftlichen Flächen auszugleichen, wären erhebliche Produktivitätssteigerungen erforderlich. Dies hat Auswirkungen auf Boden, Wasser und Luft.

Der globale Klimawandel ist ein Faktum. Der Alpenraum und die Landwirtschaft sind davon überproportional betroffen. Durch den Klimawandel entstehen für die österreichische Landwirtschaft nicht nur Risiken, sondern auch Chancen. Die österreichische Landwirtschaft wird somit in den nächsten 15 Jahren mit zahlreichen Herausforderungen konfrontiert. Rechtzeitige Anpassungsmaßnahmen an den Klimawandel sowie an die geänderten agrarpolitischen und sozioökonomischen Rahmenbedingungen sind notwendig. Mit dem 5. Umweltökologischen Symposium wollen wir im Rahmen unserer Möglichkeiten einen Beitrag dazu leisten.

Wir wünschen allen Teilnehmerinnen und Teilnehmern ein interessantes Symposium sowie einen schönen Aufenthalt in der Gemeinde Irnding-Donnersbachtal.

Dr. Anton Hausleitner
Direktor

Dr. Johann Gasteiner
Leiter für Forschung und Innovation

der Höheren Bundeslehr- und Forschungsanstalt für Landwirtschaft
Raumberg-Gumpenstein (HBLFA)

Herausforderung Klimawandel

Herbert Formayer^{1*}

Zusammenfassung

Die letzten Jahrzehnte haben den Klimawandel bei uns in Mitteleuropa für alle Menschen, greifbar gemacht. Der Temperaturanstieg von mehr als 1 °C seit den 1970er Jahren, mit den damit verbundenen Extremereignissen hat sich bereits auf unseren Alltag ausgewirkt.

Der Klimawandel ist also ein Faktum und er wird sich auch weiter fortsetzen, wobei das Ausmaß der Veränderung sehr stark vom weiteren Verhalten der Menschen abhängen wird. Neben Klimaschutzmaßnahmen ist nun aber auch die Anpassung an den Klimawandel das Gebot der Stunde. In den Gebirgsregionen Österreichs, wo derzeit häufig die Temperatur der limitierende Faktor ist, kann eine weitere Erwärmung sogar zu gesteigerten Erträgen bzw. zusätzlichen Anbauoptionen führen, aber nur wenn die Wasserverfügbarkeit gesichert ist.

Ein weiterer Temperaturanstieg in der Größenordnung von zwei Grad kann sicherlich durch rechtzeitige und geplante Anpassung verkräftet werden. Alles was darüber hinaus geht führt zu deutlich dramatischeren Veränderungen. Daher muss auch die Land- und Forstwirtschaft ihren Beitrag zum Klimaschutz leisten, damit die in Paris beschlossenen Klimaschutzziele auch wirklich erreicht werden.

Schlagwörter: Klimafolgen, Anpassung, Erwärmung, Klimaschutz

Summary

The last four decades made climate change visible for the people in central Europe. The temperature increase of more than 1 °C with the corresponding extreme events even had influence of our daily life.

Climate change is a fact and it will continue. But the extent of the change is highly depending on the behaviour of mankind. Beside mitigation measures, climate change adaptation has to take place now. In the mountainous regions of Austria, often temperature is the limiting factor. Here an additional warming may even increase the yield or broaden the cultivation options, but only if the water availability is given.

A further temperature increase in the order of 2 °C can surely be handled with appropriate adaptation measures. But everything that exceeds this threshold will lead to much more dramatic changes. Thus also agriculture and forestry have to contribute to mitigation, to implement the promised mitigation targets of Paris into daily life.

Keywords: climate change impact, adaptation, warming, mitigation

Einleitung

Die letzten Jahrzehnte haben den Klimawandel bei uns in Mitteleuropa für alle Menschen, aber besonders für in der Land- und Forstwirtschaft Tätige greifbar gemacht. Der Temperaturanstieg von mehr als einem Grad seit den 1970er Jahren, mit den damit verbundenen Extremereignissen hat sich bereits auf unseren Alltag ausgewirkt.

Wissenschaftliche Arbeiten wie der „Österreichische Sachstandsbericht Klimawandel 2014“ (APCC 2014) haben diese Veränderungen für Österreich systematisch dokumentiert und auch aufgezeigt, dass diese Veränderungen nur durch die Aktivitäten der Menschen – vorwiegend durch die Verbrennung von fossiler Energie und damit der Freisetzung von Treibhausgasen – erklärt werden können. Es zeigt sich auch, dass vom Klimawandel alle Wirtschaftssektoren betroffen sind und weiter sein werden, die Land- und Forstwirtschaft aber jener Sektor ist, der am unmittelbarsten die Auswirkungen zu spüren bekommt.

Der Klimawandel ist also ein Faktum und er wird sich auch weiter fortsetzen, wobei das Ausmaß der Veränderung

sehr stark vom weiteren Verhalten der Menschen abhängen wird. Neben Klimaschutzmaßnahmen ist nun aber auch die Anpassung an den Klimawandel das Gebot der Stunde. Das österreichische Forschungsprojekt COIN (Steininger et al. 2015) hat sich intensiv mit den Kosten des Klimawandels in den verschiedenen Wirtschaftssektoren auseinandergesetzt. Dabei hat sich gezeigt, dass der österreichischen Land- und Forstwirtschaft nicht nur Herausforderungen, sondern durchaus auch Chancen durch den Klimawandel entstehen. Aber auch auf diese muss man vorbereitet sein, um sie optimal nutzen zu können. Eine Beschäftigung mit den möglichen Entwicklungen durch den Klimawandel ist daher für jeden Sektor, aber insbesondere für die Land- und Forstwirtschaft, sinnvoll.

Klimawandel: Vergangenheit und Zukunft

Als Maß für den Klimawandel wird häufig die globale Mitteltemperatur verwendet. Diese kann seit etwa der Mitte des 19. Jahrhunderts berechnet werden, davor war die Stationsdichte der Messungen speziell auf der Südhemisphäre

¹ Institut für Meteorologie, Universität für Bodenkultur Wien, Türkenschanzstraße 18, A-1180 Wien

* Ansprechpartner: Ass.Prof. Mag. Dr. Herbert Formayer, herbert.formayer@boku.ac.at

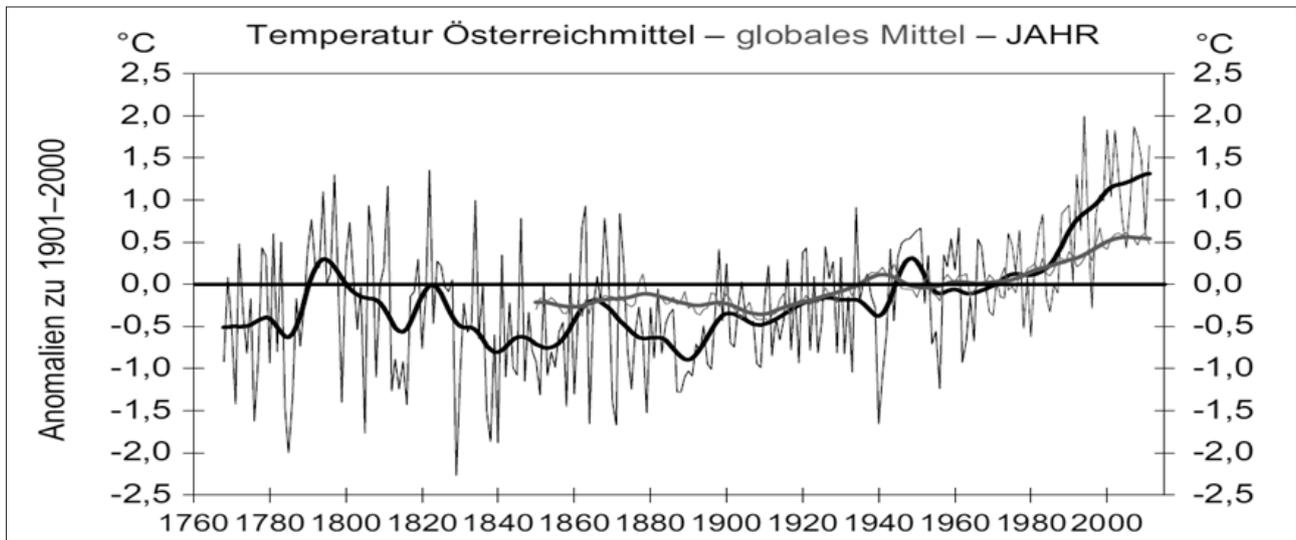


Abbildung 1: Entwicklung der Globalen Mitteltemperatur (graue, kurze Linie) sowie der österreichischen Mitteltemperatur (schwarze, lange Linie) als Anomalie bezogen auf den Mittelwert des 20. Jahrhunderts. Seit Mitte des 19. Jahrhunderts ist die globale Mitteltemperatur um nicht ganz ein Grad gestiegen, die Österreichische hingegen um mehr als 2 Grad (Quelle: APCC 2014).

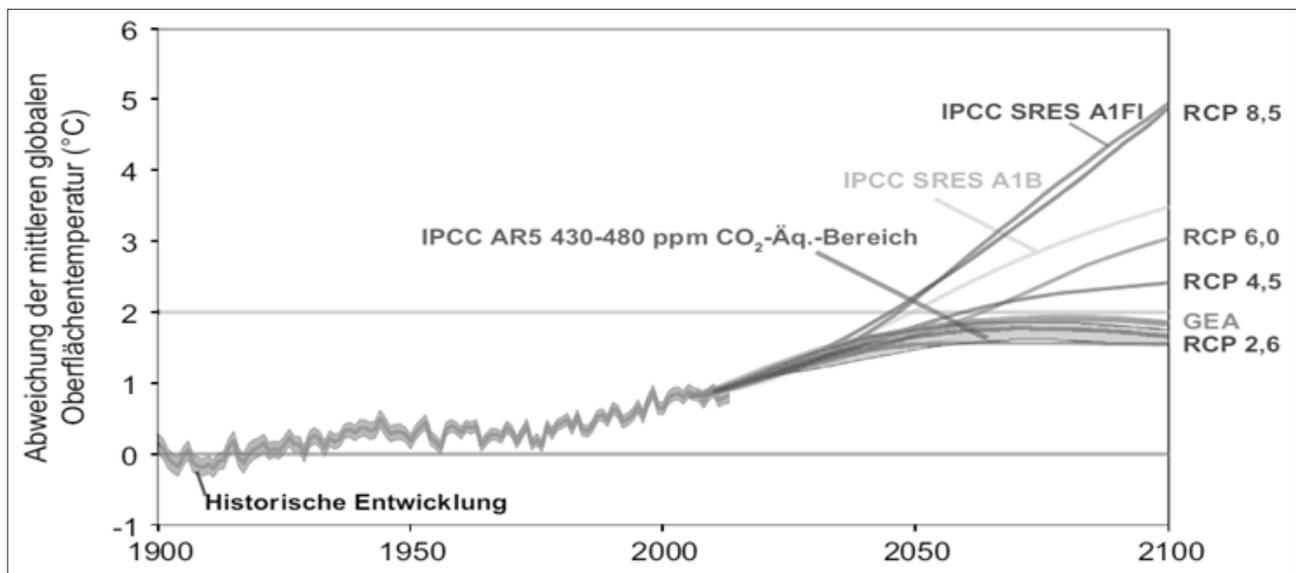


Abbildung 2: Die weitere Entwicklung der globalen Mitteltemperatur hängt sehr stark vom Verhalten der Menschheit ab. Noch ist es möglich die globale Erwärmung unter 2 Grad gegenüber Vorindustriell zu halten (RCP 2.6 bzw. GEA). Gelingt es aber nicht weltweite Klimaschutzmaßnahmen umzusetzen, kann die Erwärmung sogar bis zu 5 Grad am Ende des 21. Jahrhundert betragen. (Quelle: APCC 2014).

zu gering. Seit Beginn dieser Messreihe ist die globale Mitteltemperatur um etwa 0.9 °C angestiegen. Dies klingt sehr wenig, jedoch ergibt sich durch die Mittelung über die ganze Erde und das ganze Jahr eine sehr stabile Kenngröße deren Schwankung von Jahr zu Jahr nur etwa 0.1 °C beträgt (siehe *Abbildung 1*). Im Vorjahr wurde ein neuer Rekordwert bei der globalen Mitteltemperatur erreicht, wobei 2015 um 0.16 °C wärmer als das bisherige Rekordjahr 2014 war (NOAA 2016).

Im gleichen Zeitraum ist die Temperatur bei uns in Österreich um etwa 2 Grad angestiegen. Dies liegt einerseits

darin, dass in der Mitte des 19. Jahrhunderts die Temperatur bei uns aufgrund des letzten Höhepunktes der „kleinen Eiszeit“ besonders niedrig war, andererseits müssen wir davon ausgehen, dass der Temperaturanstieg bei uns in Österreich deutlich stärker ausfallen wird als im globalen Mittel. Dies liegt daran, dass die Ozeane und die tropischen Regionen sich geringer erwärmen als die Landmassen und die mittleren und hohen Breiten. In etwa kann man einen Faktor von 1.25 bis 1.5 zwischen dem globalen und dem österreichischen Temperaturanstieg annehmen. 2014 und 2015 waren auch in Österreich mit Abstand die wärmsten

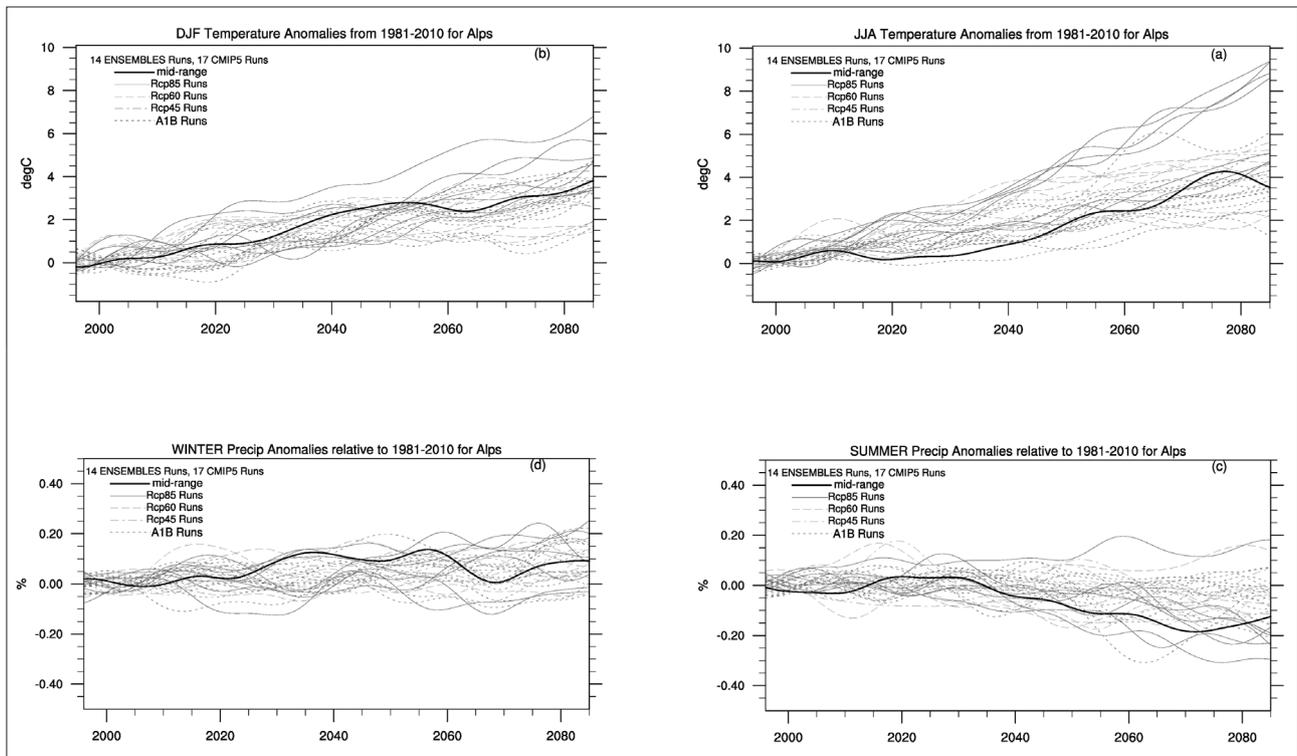


Abbildung 3: Ensemble der möglichen klimatischen Entwicklung im Alpenraum. a: Wintertemperatur (DJF) b: Sommertemperatur (JJA) c: Winterhalbjahresniederschlag (Okt-Mar) d: Sommerhalbjahresniederschlag (Apr-Sep). Alle Szenarien zeigen einen weiteren Temperaturanstieg in allen Jahreszeiten. Beim Niederschlag zeigt eine Mehrzahl der Modelle ab der Mitte des Jahrhunderts eine Zunahme des Winterniederschlags, sowie eine Abnahme des Sommerniederschlags (Quelle: Formayer et al. 2015).

Jahre seit Messbeginn Mitte des 18. Jahrhunderts (ZAMG-HISTALP 2016).

Die weitere Entwicklung des Klimas hängt sehr stark vom menschlichen Verhalten ab. In *Abbildung 2* ist die globale Erwärmung in Abhängigkeit zum unterstellten Emissionsszenario dargestellt. Wenn wir so weitermachen wie bisher und keine umfassenden weltweiten Klimaschutzmaßnahmen ergreifen (Emissionsszenario RCP 8.5), müssen wir von einem Temperaturanstieg von global 5 Grad im Vergleich zu Vorindustriell ausgehen. Für Österreich würde dies eine Erwärmung von etwa 6.25 bis 7.5 Grad bedeuten. Aber wir können es auch noch schaffen, die Erwärmung unter 2 Grad zu halten (RCP 2.6) und dies wurde auch bei den Klimaverhandlungen im Dezember 2015 in Paris von allen UNO Mitgliedsstaaten beschlossen. Um dies zu erreichen, müssen jedoch sofort umfassende Maßnahmen gesetzt werden.

In *Abbildung 3* ist die Bandbreite der möglichen Entwicklung der Temperatur und des Niederschlags für Österreich basierend auf 31 verschiedenen Global- und Regional-szenarien und vier unterschiedlichen Emissionsszenarien zusammengefasst. Bei der Temperatur zeigt sich in allen Jahreszeiten und Emissionsszenarien ein weiterer Anstieg. Dieser reicht von etwa 2 Grad verglichen mit dem Referenzzeitraum 1981-2010 bei einem sehr klimaschonenden Verhalten, bis zu 9 Grad in Extremszenarien im Sommer, wenn wir weitermachen wie bisher.

Beim Niederschlag sind die Ergebnisse nicht so eindeutig, jedoch zeigt die Mehrzahl der Modelle eine Nieder-

schlagsreduktion im Sommerhalbjahr und eine Zunahme im Winterhalbjahr, wobei die Jahresniederschlagsmenge in etwa konstant bleibt. Die meisten Modelle zeigen diese Entwicklung jedoch erst in der zweiten Hälfte des Jahrhunderts.

Auswirkungen auf die Landwirtschaft

Der in Österreich zu erwartende Temperaturanstieg führt direkt zu einer Verlängerung der Vegetationsperiode und damit zu einem früheren Einsetzen und einem späteren Ende der Transpiration der Pflanzen. Diese Effekte werden besonders im Bergland, wo auch ein stärkerer Temperaturanstieg möglich sein könnte, relevant. Der Temperaturanstieg führt ebenfalls zu einem geringeren Schneeanteil in tiefen und mittleren Lagen. Durch die Erwärmung erfolgt eine Verschiebung des letzten Spätfrostes. Da sich aber auch der Beginn der Vegetationsphase verschiebt wird sich das Frostisiko pflanzenspezifisch unterschiedlich entwickeln.

Beim Niederschlag muss man von einer Verlagerung der Niederschläge vom Sommerhalbjahr ins Winterhalbjahr ausgehen. Die Jahresniederschlagssumme bleibt in etwa konstant, wobei nördlich des Alpenhauptkamms im Westen von einer leichten Zunahme und südlich des Alpenhauptkamms und im Osten von einer leichten Abnahme ausgehen muss. Das ganze Jahr hindurch ist mit einer Zunahme der Niederschlagsintensität zu rechnen. Während der Sommermonate ist mit einer Abnahme der Niederschlagshäufigkeit zu rechnen und die Häufigkeit von Trockenperioden wird zunehmen. Es gibt auch einige Anzeichen, dass die Nieder-

schlagsvariabilität von Jahr zu Jahr im Sommer zunehmen wird. Also generell eher deutlich trockenere Sommer, aber dazwischen immer wieder „verregnete“ Sommer.

Aufgrund der Zunahme der Niederschlagsintensität und der Abnahme der Schneedecke ist mit einer Abnahme der Infiltration des Niederschlags in den Boden zu rechnen. Gleichzeitig erfolgt durch den Temperaturanstieg direkt und durch die Verlängerung der Vegetationsperiode eine Zunahme der Transpiration. Gemeinsam mit der generellen Niederschlagsabnahme im Sommer muss man von einer starken Abnahme des Bodenwassergehaltes und damit erhöhtem Trockenstress in der zweiten Sommerhälfte rechnen. Die Wahrscheinlichkeit für extreme Trockenperioden im Sommer wird stark zunehmen. In Kombination mit neuen Temperaturmaxima mit mehr als 40 °C im Flachland können direkte Hitzeschäden bei Pflanzen ausgelöst werden.

Die sich ändernden thermischen Verhältnisse werden zu einem weiteren Eindringen von Neobiota – also fremden Tier- und Pflanzenarten – führen. Darunter werden sich auch Schädlinge, Krankheitserreger sowie unerwünschte Beikräuter befinden. Gleichzeitig werden vor kurzem eingewanderte Arten wie etwa die allergieauslösende Ambrosia (Ragweed) weiter ins Alpenvorland und die Alpentäler vorstoßen.

Durch sich veränderndem Schädlingsdruck, stärkere Schwankungen beim Sommerniederschlag, häufigeren Trockenstress und höherer Intensität von Gewittern muss man in Zukunft von stärker schwankenden Erträgen in der Landwirtschaft ausgehen. Dies kann sogar in Regionen mit im Mittel steigenden Erträgen, zu einer Reduktion der Einkommen der Bauern führen.

Die Land- und Forstwirtschaft ist aber nicht nur betroffen durch den Klimawandel sondern auch Mitverursacher. Um die in Paris beschlossenen Klimaziele zu erreichen, wird auch dieser Sektor seinen Beitrag bei der Emissionsreduktion leisten müssen.

Schlussfolgerungen

Der Klimawandel ist ein Faktum und seit den 1970er Jahren hat er sich sowohl global als auch bei uns in Österreich beschleunigt. Für die alpine Landwirtschaft in Österreich kann dies durchaus auch ein Vorteil sein, da in den Gebirgs-lagen oft die Temperatur als limitierender Faktor auftritt. Die Wasserverfügbarkeit – Niederschlagsverhältnisse, Bodenspeicherkapazität, Bewässerungspotenzial – wird letztlich entscheiden, ob das höhere Temperaturniveau für eine bessere Ertragslage genutzt werden kann.

Bei der Anpassung an den Klimawandel sind die Optionen im Ackerbau bedeutend größer als bei Dauerkulturen, Grünland oder Wald, da hier jährlich Entscheidungen zur Fruchtfolge getroffen werden können. Durch die reduzier-

ten Anpassungsoptionen ist die alpine Landwirtschaft mit geringem Anteil an Ackerbau besonders verwundbar und Anpassungsstrategien müssen über viele Jahre verfolgt und frühzeitig gesetzt werden.

Eine Land- und Forstwirtschaft in der heutigen Form kann in Österreich durch sinnvolle Anpassungsmaßnahmen sichergestellt werden – ja es können teilweise sogar Ertragssteigerungen erzielt werden – solange der Klimawandel nicht zu stark und zu rasch erfolgt. Ein weiterer Temperaturanstieg in der Größenordnung von zwei Grad kann sicherlich durch rechtzeitige und geplante Anpassung verkraftet werden. Alles was darüber hinaus geht führt zu deutlich dramatischeren Veränderungen und mögliche Extremszenarien mit bis zu 9 Grad Temperaturanstieg im Sommer bis zum Ende des Jahrhunderts, würde die Landschafts- und Lebensformen im Alpenraum komplett umstellen und zu Verhältnissen führen, wie wir sie derzeit nur aus Spanien kennen.

Deshalb müssen wir Alle dazu beitragen, dass die Verpflichtungen die alle UNO Mitgliedsländer in Paris eingegangen sind auch umgesetzt werden. Für die Land- und Forstwirtschaft bedeutet dies:

- Effizienzsteigerung bei landwirtschaftlichen Maschinen
- Verstärkte Nutzung von erneuerbarer Energie
- Maßnahmen zur Reduktion des Energieaufwandes für Düngemittel
- Maßnahmen zur Reduktion der Methanemissionen
- Maßnahmen zur Reduktion der Lachgasemissionen.

Literatur

- APCC (2014) Österreichischer Sachstandsbericht Klimawandel 2014 (AAR14). Austrian Panel on Climate Change (APCC), Verlag der Österreichischen Akademie der Wissenschaften, Wien, Österreich, 1096 Seiten. ISBN 978-3-7001-7699-2.
- Formayer H., Nadeem I. & Anders I. (2015) Climate Change Scenario: From Climate Model Ensemble to Local Indicators. In: Steininger K., König W., Bednar-Friedl B., Loibl W., Kranzl L., Prettenhaler F. (Ed), Economic Evaluation of Climate Change Impacts. Springer Climate, Hamburg; ISBN 978-3-319-12456-8.
- Nadeem I. & Formayer H. (2015) Regionales Klimaszenario basierend auf dem GFDL-CM3 RCP 8.5 Lauf. [16. Österreichischer Klimatag, Wien, APR 28-30, 2015] In: Climate Change Center Austria, Tagungsband 16. Klimatag Aktuelle Klimaforschung in Österreich, http://www.ccca.ac.at/fileadmin/00_DokumenteHauptmenue/03_Aktivitaeten/Klimatag/Klimatag2015/Programm/Tagungsband_Klimatag2015_redGroesse.pdf.
- NOAA (2016) <http://www.ncdc.noaa.gov/sotc/global/201512>.
- Steininger K., König W., Bednar-Friedl B., Loibl W., Kranzl L., Prettenhaler F. (Ed) (2015) Economic Evaluation of Climate Change Impacts. Springer Climate, Hamburg; ISBN 978-3-319-12456-8.
- ZAMG-HISTALP (2016) http://www.zamg.ac.at/cms/de/dokumente/klima/dok_news/dok_histalp/jahresbericht-2015.

Wirtschaftliche Herausforderungen für die Landwirtschaft

Franz Sinabell^{1*}

Einleitung und Problemstellung

Das Jahr 2030 scheint weit entfernt, liegt aber in absehbarer Zukunft, wenn man an typische Investitionszyklen in der Landwirtschaft denkt. Ställe werden meist zumindest zwei Jahrzehnte genutzt und auf typischen österreichischen Betrieben haben selbst viele Maschinen eine Lebensdauer von 15 und mehr Jahren.

Wie nahe das Jahr 2030 ist, ist allen schon etwas Älteren klar, die noch eine gute Erinnerung an die Jahre um den Jahrhundertwechsel und die Euro-Einführung haben. Daher werden in diesem Beitrag aus den Beobachtungen während der letzten 15 Jahre Schlussfolgerungen gezogen, die in einen Ausblick auf die Herausforderungen in der Zukunft überleiten.

Ein Blick in die Vergangenheit

Entwicklung der landwirtschaftlichen Produktion in Österreich

Die Produktion in der österreichischen Landwirtschaft hat sich seit 2000 deutlich verändert. Produktion wird hier so verstanden, wie dies in der Ökonomie üblich ist, also Umsatz (Preis mal Menge) und nicht wie in der Landwirtschaft häufig lediglich bezogen auf die Produktionsmenge. Die Umsatz-Betrachtung hat verschiedene Vor- und Nachteile, für die hier angestellte ökonomische Sichtweise ist sie zweckmäßig, weil dadurch ein Vergleich von Änderungen leichter möglich ist.

Im Bereich der pflanzlichen Produktion zeigt der Vergleich von 2015 mit dem Jahr 2000, dass der Wert der Getreideerzeugung praktisch stagniert hat. In den Jahren 2005 und 2009 ist der Wert um 40% gegenüber 2000 gesunken und nach einer deutlichen Zunahme im Jahr 2012 neuerlich deutlich gesunken. Anders hat sich die Produktion im Gemüse- und Gartenbau, im Weinbau und im Obstbau entwickelt (Statistik Austria 2016a). In diesen Bereichen kam es zu einer deutlichen Ausweitung. In der Tierproduktion und Veredlung zeigt sich ebenfalls ein unterschiedliches Bild. Jene Produktionssparten mit einem hohen Anteil an der Gesamtproduktion wie Schweine- und Rindfleisch sind 2015 nahe am Produktionswert des Jahres 2000. Steigerungen gab es bei Milch, Geflügelfleisch und Eiern.

Die Bruttowertschöpfung, ein Maß, das mit dem Deckungsbeitrag vergleichbar ist, hat sich im selben Zeitraum kaum geändert. Die Zunahme betrug lediglich 8%. Da die Abschreibungen jedoch deutlich zugenommen haben, vergrößerte

sich der Abstand zur Netto-Wertschöpfung, die 2015 um ein Viertel unter dem Wert von 2000 lag. Die Entlohnung der Produktionsfaktoren (Arbeit, Kapital, Boden) aus den Markterlösen hat sich also deutlich verschlechtert.

Struktur- und Einkommensentwicklung

Eine Folge dieser Entwicklung war, dass der Trend einer abnehmenden Beschäftigung in der österreichischen Landwirtschaft und der Strukturwandel, also die Betriebsaufgabe, anhält. Die Zahl der Arbeitskräfte in der Landwirtschaft nahm zwischen 2000 und 2015 um annähernd 45.000 Vollzeitäquivalente ab, die Zahl der Betriebe sank zwischen 1999 und 2013 um über 50.000. Hier sind zwei Entwicklungen bemerkenswert (Statistik Austria 2016b):

- Der Strukturwandel und die Rate der Abwanderung aus der Landwirtschaft sind vor allem in Gunstregionen besonders hoch. In diesen Gebieten finden qualifizierte Arbeitskräfte aus der Landwirtschaft Beschäftigungsmöglichkeiten und verlassen daher den Sektor. In den Berggebieten mit schlechter Anbindung an den Arbeitsmarkt fällt die Stilllegung von Betrieben deutlich geringer aus.
- Es nahm nicht nur die Beschäftigung in der Landwirtschaft insgesamt kontinuierlich ab, auch die Beschäftigungsstruktur veränderte sich kontinuierlich. Während die Zahl der selbständig Erwerbstätigen seit 2000 um ein Drittel abgenommen hat, ist die Zahl der unselbständig Beschäftigten um die Hälfte gewachsen. Es gibt also Segmente in der Landwirtschaft in denen die Beschäftigungsmöglichkeiten ausgebaut werden.

Die Entwicklung der Einkommen in der Landwirtschaft wird in der Regel in Bezug gesetzt auf eine Vollarbeitskraft und in realen Größen ausgewiesen (also bereinigt um die Inflation - genannt Indikator A gemäß LGR). Ein starker Rückgang der Netto-Wertschöpfung des gesamten Sektors schlägt nicht unbedingt auf die Einkommensentwicklung durch, da diese ja auf die Personen bezogen wird. Und diese Zahl hat stark abgenommen. Somit zeigt die vorläufige Auswertung auf Basis der Landwirtschaftlichen Gesamtrechnung (LGR) eine leichte Zunahme des realen Einkommens zwischen 2000 und 2015. Dieser Zuwachs muss allerdings im Kontext gesehen werden: seit 2011 waren jedes Jahr Rückgänge im landwirtschaftlichen Einkommen zu verzeichnen. Vom Einkommensniveau her betrachtet sind die Einkommen landwirtschaftlicher Haushalte niedriger als jene der Haushalte insgesamt (Sinabell und Fensl 2013).

¹ WIFO - Österreichisches Institut für Wirtschaftsforschung, Arsenal Objekt 20, A-1030 Wien

* Ansprechpartner: Dr. Franz Sinabell, franz.sinabell@wifo.ac.at

Absatzentwicklung und Konsum

Österreich ist eine kleine, offene Volkswirtschaft und eng in internationale Wertschöpfungsketten eingebunden. Die Entwicklung der vergangenen Jahre hat gezeigt, dass sowohl Importe als auch Exporte von Lebensmitteln und Agrargütern beständig zugenommen haben, mit einem leichten Überschuss der Exporte, der tendenziell jedoch kleiner wird (AMA-Marketing 2015). Hohen Anteil an dieser Entwicklung hat vor allem die heimische Getränkeindustrie. Zuletzt hat die Beschäftigung im Nahrungsmittel verarbeitenden Bereich zugenommen. Dies kann als Indiz für die starke Wettbewerbsfähigkeit gewertet werden. Die Lieferung von Agrargütern an Verarbeiter, die teils im Eigentum bäuerlicher Betriebe sind, gestattet leichte Preisaufschläge im internationalen Vergleich (Sinabell, Morawetz und Holst 2014).

Detaillierte Auswertungen der Konsumententwicklung zeigen, dass die Preise ähnlicher Konsumgüter sehr stark streuen. Verbraucher sind bereit für frische Milch aus biologischer Erzeugung um fast doppelt so hohe Preise zu bezahlen im Vergleich zu Haltbarmilch. Gleichzeitig gibt es Entwicklungen, die zeigen, dass der Spielraum für höhere Margen begrenzt ist. Die Entwicklung der Einkommen der Beschäftigten ist verhalten und die Arbeitszeit, die nötig ist, um typische Lebensmittel zu kaufen ist seit Jahren auf annähernd dem gleichen Niveau. Gleichzeitig ändern sich die Ernährungsgewohnheiten und infolgedessen nimmt der Pro-Kopf Verbrauch von Schweine- und Rindfleisch ab (Statistik Austria 2016c).

Eine wichtige Größe bei der Betrachtung der Konsumententwicklung ist die Zahl der Bevölkerung. Da jeder Mensch essen muss, gibt es einen unmittelbaren Zusammenhang zwischen Bevölkerungswachstum und der Nachfrage nach Lebensmitteln. Die Bevölkerung weltweit (+20%) aber auch in Österreich (+7%) ist in den letzten 15 Jahren deutlich gewachsen, infolge auch der Verbrauch von Nahrungsmitteln. Da die Produktion der österreichischen Landwirtschaft mengenmäßig stagnierte, wurde der Mehrverbrauch von anderen Produzenten gedeckt.

Absehbare Entwicklungen in der Zukunft

Landwirtschaftliche Produktion in Österreich bis 2030

Die Entwicklung der landwirtschaftlichen Produktion hängt vor allem von den eingesetzten Ressourcen und von Preisentwicklungen ab. Zu beiden Größen gibt es Anhaltspunkte, die eine Abschätzung für die Zukunft erlauben:

- Die knappste Ressource in der landwirtschaftlichen Produktion ist geeigneter Boden für die pflanzliche Erzeugung. Es wird erwartet, dass in Österreich die Bevölkerung bis 2030 auf 9,2 Millionen wächst. Da mit zunehmendem Wohlstand der Wohnraumbedarf überproportional steigt, ist zu erwarten, dass der Druck landwirtschaftliche Flächen umzuwidmen, weiter zunehmen wird. Folglich wird die Produktionsfläche abnehmen. Im besten Fall ist es möglich, das Produktionsvolumen annähernd gleich zu halten. Dafür

sind allerdings erhebliche Produktivitätssteigerungen erforderlich, um den Verlust an landwirtschaftlichen Flächen auszugleichen.

- Die Entwicklung künftiger Agrarpreise ist mit hohen Unsicherheiten verbunden. Neben der Entwicklung der Rohölpreise sind auch die Änderungen des globalen Wirtschaftswachstums und der Handelspolitiken wichtiger Erzeugerländer ungewiss. Aktuelle Prognosen von OECD und FAO (2015) zu Folge, dürfte eine leichte Zunahme nomineller Preise zu erwarten sein. In realer Betrachtung wird jedoch mit einer Abnahme gerechnet. - Es wird also davon ausgegangen, dass sich der bisherige langfristige Trend fortsetzt.

Treffen die beiden genannten Entwicklungen und Rahmenbedingungen zu, so ist zu erwarten, dass der Produktionswert der österreichischen Landwirtschaft bis 2030 annähernd gleich bleiben wird. Es sei denn, die Produktion verlagert sich in jene Segmente, in denen eine Abkopplung von der Weltmarktpreisentwicklung möglich ist, und es gelingt den Bodenverbrauch einzudämmen.

Steigender Nahrungsmittelbedarf durch eine wachsende Bevölkerung

Nicht nur die Bevölkerung weltweit, sondern auch die Bevölkerung in Österreich wird in den kommenden Jahren weiter zunehmen. Die bedeutet wachsende Absatzchancen. Die Herausforderung liegt vor allem darin, die begrenzten Produktionsmöglichkeiten so zu nutzen, dass eine möglichst hohe Wertschöpfung erzielt wird. Dazu gibt es zwei Strategien, die sich nicht notwendigerweise ausschließen. Die Erzeugung gut abgrenzbarer Produkte mit Attributen, die von den Verbrauchern Wertschätzung erfahren, ist die einzige Möglichkeit, etwas höhere Preise zu erzielen als dem allgemeinen Preisniveau entspricht. Diese Strategie kann entweder eigenständig im Unternehmen verfolgt werden und im Direktabsatz der Produkte beim Kunden münden oder in Verbindung mit einer Erzeugergemeinschaft oder einem anderen Abnehmer von Agrargütern. Vor allem die Bevölkerung in den Städten wird in den kommenden Jahren zunehmen. Die Konsumenten dort sind nicht selten leichter durch den Weltmarkt zu versorgen als durch das eigene Hinterland.

Zum Gütermix aus österreichischer Produktion zählen Lebensmitteln die frei von Gentechnik sind, die biologisch erzeugt werden und spezifische regionale Charakteristika haben, die auch im Geschmack zum Ausdruck kommen. Für die Produzenten von Konsumgütern sind jene Konsumenten von besonderem Interesse, die bereit sind mehr für hochqualitative Nahrungsmittel auszugeben. Daher ist es wichtig, Zugang zu diesen Kundenschichten zu gewinnen. Das Abkommen TTIP würde den Zugang zu solchen Kundenkreisen deutlich erleichtern, es besteht aber die Gefahr, dass es nicht zustande kommt. Neben solchen Maßnahmen, die außerhalb der Kontrolle einzelner Landwirte liegen, sind auch betriebliche Anpassungen nötig. Dazu sind Vorleistungen zu erbringen, die - wenn es etwa höhere Tierschutzstandards sind - teilweise mit hohen Investitionen verbunden sind.

Betriebliche Herausforderungen und Resümee

Aus diesen Einschätzungen lassen sich unmittelbar einige Herausforderungen für landwirtschaftliche Betriebe ableiten. Falls zutrifft, dass die Förderungen der Landwirtschaft durch die öffentliche Hand im günstigsten Fall nominell gleich bleiben und Agrarpreise allenfalls leicht steigen, sind Kostensenkungen und - sofern möglich - Produktionsausweitungen nötig, um die Einkommenssituation zu verbessern. Für Betriebe in Berggebieten sind die physischen Produktionsbedingungen begrenzend, für Betriebe in Gunstgebieten ist es die zunehmende Knappheit von Flächen. Damit ist eine Zunahme der Pachtpreise verbunden.

Daher werden die Anforderungen steigen, mit Grundeigentümern Arrangements zu finden, die den Zugang zu Flächen ermöglichen. Es wird zunehmend erforderlich sein, auch mit Abnehmern Modelle zu entwickeln wie Preisrisiken auf der Absatzseite gemeinsam besser bewältigt werden können. Alternativ oder ergänzend sind für manche Landwirte auch Standardprodukte zur Erlösabsicherung, wie sie von Versicherungen angeboten werden, in Erwägung zu ziehen. Diese nur beispielhaft genannten Herausforderungen zeigen, dass die Anforderungen an Managementfähigkeiten und betriebswirtschaftliches Wissen steigen werden.

Viele Betriebe haben sich bereits in den vergangenen Jahren an veränderte Witterungsbedingungen angepasst. Eine Erhöhung der Temperatur und die Verlagerung von Niederschlägen in das Winterhalbjahr sind auch in den kommenden Jahren zu erwarten (Strauss, Moltachova und Schmid 2013). Mit der Anpassung von Saat- und Ernteterminen alleine wird es nicht möglich sein, klimaänderungsbedingte Ertragsausfälle zu vermeiden. Änderungen von Sorten, Pflanzenarten, bodenwassererhaltende Anbaupraktiken und Investitionen in Bewässerungssysteme werden notwendiger werden (Mitter et al. 2015).

Die Landwirtschaft ist nicht nur vom Klimawandel betroffen, die Landwirtschaft trägt auch signifikant zum Klimawandel bei. Gemessen an der Wertschöpfung sogar überproportional. Betrachtet man die Ziele der österreichischen und europäischen Klimapolitik und vergleicht diese zu den aktuellen und künftig erwarteten Emissionen wird ein deutliches Auseinanderklaffen sichtbar (Sinabell,

Schönhart und Schmid 2015). Stärker als bisher werden daher von der Landwirtschaft Anstrengungen eingefordert werden, die Emissionen zu senken. Die Ausgangslage in Österreich ist an sich günstig, eine radikale Senkung der Emissionen wie sie bis 2050 angestrebt wird, wird jedoch nur mit erheblichen Anstrengungen möglich sein.

Literatur

- AMA-Marketing (2015) Österreichs Agrar-Außenhandel. Alle Länder. Online verfügbar unter: http://www.ama-marketing.at/home/groups/4/Charts_Anuga_2015.pdf (abgerufen 15. Jänner 2016).
- Mitter H., Schönhart M., Meyer I., Mechtler K., Schmid E., Sinabell F., Bachner G. & Bednar-Friedl B. (2015) Agriculture. In: Steininger K.W., König M., Bednar-Friedl B., Kranzl L., Loibl W., Prettentahler F. (Eds.), *Economic Evaluation of Climate Change Impacts. Development of a Cross-Sectoral Framework and Results for Austria*, 123-146; Springer International Publishing, Switzerland; ISBN 978-3-319-12456-8.
- OECD und FAO (2015) *OECD-FAO Agricultural Outlook 2015-2024*. OECD, Paris.
- Sinabell F. & Fensl F. (2013) Das Einkommen in der Landwirtschaft und Forstwirtschaft auf Haushaltsebene. In: BMLFUW, *Grüner Bericht 2013*, Eigenverlag, Wien.
- Sinabell F., Morawetz U. & Holst C. (2014) *Auslandskomponente des Lebensmittelmarktes in Österreich*. WIFO Monographien, Eigenverlag, Wien.
- Sinabell F., Schönhart M. & Schmid E. (2015) *Austrian Agriculture 2010-2030. Consequences of Measures to Mitigate Greenhouse Gases*. WIFO Monographien, Eigenverlag, Wien.
- Statistik Austria (2016a) *Landwirtschaftliche Gesamtrechnung*; siehe: http://www.statistik.at/web_de/statistiken/wirtschaft/land_und_forstwirtschaft/gesamtrechnung/landwirtschaftliche_gesamtrechnung/index.html (abgerufen 15. Jänner 2016).
- Statistik Austria (2016b) *Agrarstrukturerhebung*, http://www.statistik.at/web_de/statistiken/wirtschaft/land_und_forstwirtschaft/agrarstruktur_flaechen_ertraege/index.html (abgerufen 15. Jänner 2016).
- Statistik Austria (2016c) *Versorgungsbilanzen*, http://www.statistik.at/web_de/statistiken/wirtschaft/land_und_forstwirtschaft/preise_bilanzen/versorgungsbilanzen/index.html (abgerufen 15. Jänner 2016).
- Strauss F., Moltchanova E. & Schmid E. (2013) *Spatially Explicit Modeling of Long-Term Drought Impacts on Crop Production in Austria*. *American Journal of Climate Change*, 2, 1-11. <http://dx.doi.org/10.4236/ajcc.2013.23A001>.

Landwirtschaft 2030 - Herausforderungen für die Biologische Landwirtschaft in Österreich

Andreas Steinwidder^{1*} und Walter Starz¹

Zusammenfassung

Die Zeit der Bio-Pioniere liegt knapp 100 Jahre zurück. In Österreich hat sich die Biologische Land- und Lebensmittelwirtschaft im letzten Jahrhundert einen im internationalen Vergleich sehr bedeutenden Stellwert in der Landwirtschaft, am Markt und in der Gesellschaft erarbeitet. Der Bio-Sektor steht global betrachtet, aber auch in Österreich, vor zahlreichen Herausforderungen. Diese betreffen die Notwendigkeit, die ökologische, soziale und ökonomische Nachhaltigkeit weiter auszubauen. Gleichzeitig müssen aber auch die Versorgungssicherheit, Ressourceneffizienz und die ganzheitliche Produktqualität sowie die Erwartungen der Gesellschaft bzw. der KundInnen an Bio bestmöglich erfüllt werden. Die Herausforderungen wie Klimawandel, Energiewende, Biodiversitätsrückgang, Abhängigkeit der Landwirtschaft von Dritten (Saatgut, Zuchttiere etc.) betreffen auch Bio.

Der Bio-Sektor darf sich grundsätzlich neuen Technologien und Entwicklungen nicht verschließen. Eine stärkere Vernetzung aller Partner im Lebensmittelbereich, das Einbinden neuer Forschungsdisziplinen, die wissenschaftliche Bearbeitung von Fragen zu system- und standortangepassten Lösungsansätzen, sowie bessere und neue Kommunikationswege sind weitere wichtige Ansatzpunkte um den Stellenwert der Bio-Landwirtschaft weiter auszubauen.

Die Biologische Landwirtschaft ist heute der wichtigste Trendsetter in der Ausrichtung einer nachhaltigen Landwirtschaft und Qualitätslebensmittelproduktion. Sie wird sich auch in Zukunft verändern, den ganzheitlichen Ansatz in der Lebensmittelwirtschaft (bis hin zu „fair trade“) verfolgen und bestmöglich den Wünschen der KonsumentInnen entsprechen.

Schlagwörter: Ökologische Landwirtschaft, Bio, Zukunft, Herausforderungen

Summary

The time of the organic pioneers is almost 100 years ago. In the last century the Austrian organic agriculture and food industry has developed exceptionally. Today the organic sector is facing many challenges, at the global level as well as in Austria. There is a need to expand the ecological, social and economic sustainability. At the same time goals to secure the food supply, the holistic product quality, to improve resource efficiency and to fulfill the customer expectations have to be reached. Global challenges such as climate change, energy policy, biodiversity decline, dependence of agriculture on dominate companies (seeds, breeding etc.) also apply to organic agriculture. The organic sector needs to check and use new technologies and developments actively. A stronger networking of all partners in the food industry, the integration of new research disciplines, the scientific processing of questions about the whole agricultural system and site-specific solutions, as well as better and new ways of communication are other important starting points to secure and expand organic farming. Today organic farming is the most important trendsetter in sustainable agriculture development and quality food production in Europe and Austria. The organic movement of the future continues to lead change, believes in holistic approaches, and includes fair trade and fits best to the consumer expectations.

Keywords: organic farming, future, challenges

Entwicklung der Bio-Land- und -Lebensmittelwirtschaft bisher

Die Entwicklung der Biologischen Landwirtschaft nahm seinen Ausgangspunkt in der ersten Hälfte des vorigen Jahrhunderts. Bäuerliche und gesellschaftliche Gruppierungen bzw. Pionier-Persönlichkeiten (A. Howard, R.H. und A. Francè; R. Steiner, H. u. M. Müller, H.P. Rusch) setzten sich insbesondere für die Anliegen der Bodenfruchtbarkeit,

Umweltschonung, Vielfalt, gesunde Ernährung und eine bäuerliche nicht industrialisierte Landwirtschaft ein. Sie setzten damit einen Kontrapunkt zur einsetzenden chemisch-technischen Intensivierung in der Landwirtschaft (Danner et al. 2008, BMLFUW 2010, IFOAM 2015). Bereits 1925 gab es in Kärnten einige biologisch-dynamische Betriebe. In den frühen sechziger Jahren stellten die ersten Betriebe auf die organisch-biologische Wirtschaftsweise um. Rund um diese ersten Pioniere entstanden regionale Arbeitsgruppen,

¹ HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Institut für Biologische Landwirtschaft und Biodiversität der Nutztiere, A-8952 Irdning-Donnersbachtal

* Ansprechpartner: Priv.-Doz. Dr. Andreas Steinwidder, andreas.steinwidder@raumberg-gumpenstein.at

die die weitere Entwicklung vorantrieben. Die Biobauern der Pionierphase vermarkteten vorwiegend ab Hof bzw. führen auf Märkte. Erste bedeutende überregionale Hauszustellungen begannen Mitte des vorigen Jahrhunderts. Ab dem Jahr 1959 wurden in Österreich die ersten Bio-Verbände gegründet. Etwa zwanzig Jahre später waren etwa 200 Pioniere Mitglied bei den Verbänden (BMLFUW 2010, Bio-Austria 2015).

Mit der Gründung der IFOAM (Internationale Vereinigung biologischer-Landbauorganisationen), der Entwicklung von Mindeststandards sowie der gesetzlichen Verankerung von Bio auf nationaler- und internationaler Ebene startete Ende der 1960er beginnende 1970er Jahren **die zweite Phase der Bio-Landwirtschaftsentwicklung** (IFOAM 2015). Die Bio-Flächen wurden ausgeweitet und die Nachfrage stieg ebenfalls an, global betrachtet spielte dabei der europäische Raum eine große Rolle. Die erste europäische Bio-Verordnung wurde 1991 verabschiedet und hatte vor allem das Ziel die Bio-Landwirtschaft zu definieren und den Verbraucher zu schützen. Darüber hinaus beeinflussten auch die politischen Rahmenbedingungen (Förderungen, Forschung-Bildung-Beratung etc.) die positive Bio-Weiterentwicklung. In vielen Ländern der EU hat Bio bzw. wird Bio in den nächsten Jahren in der Produktion und am Markt die Nische (> 2-5 %) verlassen. In Österreich stiegen in den neunziger Jahren die großen Supermarktketten erstmals in die Vermarktung biologischer Produkte ein. Sie gründeten eigene Bio-Marken und begannen mit intensiver Bewerbung dieser Produkte. Gleichzeitig kam es mit dem EU-Beitritt Österreichs zu einem Anstieg auf knapp 20.000 Bio-Betriebe. Zu dieser Zeit gab es in Österreich viele Bio-Verbände. Zwei Dachverbände – die ARGE Biolandbau und die ÖIG – bündelten die Interessen der einzelnen Organisationen. Ziel war es, einen klaren Ansprechpartner für Politik, zivile Gesellschaft, Wirtschaft und Medien zu definieren. Diese Entwicklung mündete 2005 im Zusammenschluss von Verbänden unter BIO AUSTRIA (BMLFUW 2010, Bio-Austria 2015).

Wo steht die Bio-Land- und -Lebensmittelwirtschaft heute

Seit 2005 hat sich in Europa die Bio-Anbaufläche von 6,8 Millionen ha auf 11,5 Millionen ha im Jahr 2013 nahezu verdoppelt und stieg die Anzahl der Bio-Betriebe von 187.780 auf 334.870 an (IFOAM 2015). In der EU werden 5,7 % der LN-Fläche ökologisch bewirtschaftet. In der Nische befindet sich Bio nach wie vor flächenanteilmäßig in den USA bei 0,6 %, weltweit liegt der Bio-Anteil ebenfalls erst bei knapp 1 %. Der globale jährlich jedoch stark wachsende Markt für Bio-Produkte beträgt derzeit etwa 56-60 Milliarden, wovon etwa 43 % auf Europa und 47 % auf Nordamerika entfallen. Der Europäische Bio-Marktumsatz lag 2013 bei über 24 Milliarden Euro wobei in Dänemark, der Schweiz und Österreich die höchsten Bio-Marktanteile erreicht werden (IFOAM 2015). In Österreich wird derzeit der Bio-Marktanteil je nach Berechnungsmethode auf über 7-10 % (10 % inkl. Brot, Gebäck, Teigwaren) im Lebensmittelhandel angegeben. Besonders hervorzuheben ist der Bio-Absatz bei Milchprodukten (Bio-Trinkmilch 17 %, Weichkäse 14 %

des Umsatzes), Frischgemüse, Erdäpfeln und Eiern. Auch die Umsätze bei Bio-Fleisch steigen und liegen bei rund 4 % des Lebensmittel-Einzelhandel-Umsatzes, wobei hier Bio-Huhn und Rind die Hauptabsatzproduktgruppen sind (Grüner Bericht 2015). Es wirtschaften in Österreich derzeit etwa 21.000 landwirtschaftliche Betriebe biologisch. Der Bio-Flächen- bzw. Betriebsanteil an den landwirtschaftlichen Betrieben lag 2014 im internationalen Vergleich mit 20,0 bzw. 17,1 % auf höchstem Niveau (Grüner Bericht 2015). Aufgrund der Umweltschutzleistungen erhielten die Bio-Betriebe 2014 rund 1/3 der Mittel (ca. 159 Mio. Euro) aus dem Österreichischen Agrarumweltprogramm (Bio-Maßnahme davon rund 95 Mio. Euro). Die geförderte Bio-Ackerfläche lag 2014 bei rund 192.000 ha, der Anteil der Bio-Ackerfläche an der gesamten INVEKOS-Ackerfläche stieg auf 14,2 %. Seit dem Jahr 2000 wurde die Bio-Ackerfläche damit verdreifacht. Die wichtigsten Bio-Ackerkulturen sind derzeit Winterweizen (28.600 ha), Klee gras (15.900 ha), Roggen (14.200 ha), Ackerwiesen/Ackerweiden (14.000 ha) und Körnermais (11.500 ha). Zunahmen wurden 2014 u. a. bei Triticale (+1.600 ha), Ackerbohne und Sojabohne (je +1.000 ha) sowie bei Dinkel (+800) und Wintergerste (+700 ha) verzeichnet. Viele Feldfrüchte wie Wicken, Dinkel oder Luzerne werden zum überwiegenden Teil von Bio-Betrieben angebaut. Die geförderten Bio-Grünlandflächen (inkl. Almflächen) lagen 2014 bei rund 325.000 ha, der Anteil der Bio-Grünlandflächen an der INVEKOS Dauergrünlandfläche lag bei 26,7 %. 2014 wurde damit jeder vierte Grünland-Hektar biologisch bewirtschaftet. Die Bio-Weingarten- bzw. Obstflächen nahmen in den letzten Jahren ebenfalls zu und liegen derzeit bei rund 4.700 bzw. 2.300 ha im Wein- und Obstbau. In Summe wurden 2014 daher bereits 11,5 % der Weinfläche (INVEKOS-Fläche) und 18,8 % der Obstflächen biologisch bewirtschaftet (Grüner Bericht 2015). Auf rund 17.200 Bio-Betrieben werden in Summe rund 338.000 GVE Bio-Tiere gehalten. Die Zahl der Rinder liegt bei rund 380.000 Stück, darunter waren 2014 rund 97.000 Milchkühe (+1 % 2014) und 80.000 Mutterkühe (-1 %). Durchschnittlich wurden auf Bio-Betrieben 2014 rund 27 Rinder gehalten, die durchschnittlichen Tierzahlen pro Betrieb steigen weiter leicht an. Die Zahl der Bio-Schweine ist mit 68.000 Tieren jedoch leicht rückläufig, auch die Zahl der Bio-Schweinehalter geht dem allgemeinen Trend folgend weiter zurück. Die Zahl des Bio-Geflügels stieg an und erreichte mit 1,5 Mio. Tieren im Jahr 2014 einen neuen Höchststand (Grüner Bericht 2015) wobei aktuell der Bestand weiter ausgeweitet wird. Auch die KonsumentInnen in Österreich fragen verstärkt nach Bio-Qualität nach. Die landwirtschaftlichen Rahmenbedingungen (niedrige konventionelle Preise, sehr gute Bio-Nachfrage etc.) führen dazu, dass das Interesse zur Bio-Umstellung in der Österreichischen Landwirtschaft aktuell hoch ist.

Bio-Herausforderungen

Der Bio-Sektor steht global betrachtet vor zahlreichen Herausforderungen und es findet daher auf unterschiedlichsten Ebenen (Forschung, Verbände, Politik) ein intensiver Diskurs über notwendige Anpassungs- und Weiterentwicklungsstrategien statt. Diese betreffen die

Notwendigkeit, die ökologische, soziale und ökonomische Nachhaltigkeit auszubauen. Gleichzeitig müssen aber auch die Versorgungssicherheit, Ressourceneffizienz und die ganzheitliche Produktqualität sowie die Erwartungen der Gesellschaft bzw. der Kunden an Bio bestmöglich erfüllt werden. Schwachstellen in Wertschöpfungsketten aber auch Risikobereiche in der Bio-Produktion (Akzeptanz, externe Einflüsse etc.) müssen bearbeitet und verringert werden. Die globalen Herausforderungen wie Klimawandel, Energiewende, Biodiversitätsrückgang, Abhängigkeit der Landwirtschaft von Dritten (Saatgut, Zuchttiere etc.) betreffen auch die Bio-Landwirtschaft und müssen sich in der Weiterentwicklung widerspiegeln. Dort wo Bio die Nische verlassen hat, unterscheiden sich die Bio-Vermarktungswege bzw. die Rahmenbedingungen nicht wesentlich von den konventionellen Schienen. Dies birgt das Risiko, dass (kurzfristiges) ökonomisches Denken auf Kosten der Nachhaltigkeit (Boden-Tier-Mensch-Umwelt) in den Vordergrund rückt. Auch in der Kommunikation (zum Kunden, zwischen den Partnern in der Produktion, Verarbeitung und Vermarktung) sind umfassende Anstrengungen erforderlich, um die biologischen Prinzipien abzusichern und auch die breite Akzeptanz der Bio-Produktion auszubauen. Im Gegensatz zu Österreich, wo der Bio-Flächenanteil sehr hoch ist, befindet sich die globale Bio-Landwirtschaft nach wie vor in der Nischenposition. Wenn das Ziel einer breiten Ökologisierung der Landwirtschaft erreicht werden soll, dann darf sich der Bio-Sektor grundsätzlich auch neuen Technologien und Entwicklungen nicht verschließen. Bio muss diese – natürlich unter strenger Prüfung der Übereinstimmung mit den Bio-Zielen und -Werten – noch aktiver einsetzen. Eine stärkere Vernetzung zwischen Forschungsdisziplinen, zwischen Forschung-Beratung-Praxis-Handel, das Einbinden neuer Forschungsdisziplinen, die wissenschaftliche Bearbeitung von Fragen zu system- und standortangepassten Lösungsansätzen sind weitere wichtige Schritte dabei.

In Österreich hat sich die Biologische Landwirtschaft in der Produktion, am Markt und in der Gesellschaft einen festen und bedeutenden Platz erarbeitet. Wie bereits dargestellt, liegt die Bioflächenquote in Österreich weltweit nach den Falkland-Inseln und Liechtenstein an 3. Stelle, trotz der im Vergleich zu anderen Ländern kleinen Bevölkerungszahl zählt Österreich zu den 10 Ländern mit dem höchsten Bio-Lebensmittelumsatz (USA, Deutschland, Frankreich, Kanada, Großbritannien, Italien, Schweiz, Österreich). Der Bio-Sektor ist heute ein wesentlicher Taktgeber für Trends und Entwicklungen in der gesamten Österreichischen Land- und Lebensmittelwirtschaft geworden. Die gesellschaftliche Akzeptanz unterstützt diese Entwicklung. Wie Studien zu den landwirtschaftlichen Betriebsanzahlen zeigen, trägt die Ökologierungs- und Qualitätsstrategie der Landwirtschaft auch zur Verringerung der Betriebsaufgabezahlen und zur Stärkung der ländlichen Regionen und Wirtschaft bei (vergl. Steinwider et al. 2011). Die oben angeführten globalen Bio-Herausforderungen betreffen aber auch die Österreichische Bio-Land- und Lebensmittelwirtschaft. Darüber hinaus bedingt der beachtliche Bio-Anteil und die damit teilweise zu beobachtende Intensivierung, Expansion und Professionalisierung zusätzliche Risiken. Dazu sind

beispielsweise das Risiko der Konventionalisierung der Bio-Landwirtschaft, das Auftreten von Trittbrettfahrern in der gesamten Wertschöpfungskette und das „Verwässern der Bio-Werte und -Ziele“ zu nennen (vergl. Groier 2013, 2014). Wenn die Bio-Landwirtschaft ihr Profil als Premiumwirtschaftsform in Österreich ausbauen und schärfen will, dann reicht es jedenfalls nicht aus, sich auf die gesetzlich verordneten Bio-Mindestkriterien zurückzuziehen. Vielmehr braucht es das freie Suchen nach zukunftsfähigen Lösungen und Ideen, um die anstehenden Herausforderungen anzunehmen und im Sinne der biologischen Grundsätze notwendige Weiterentwicklungen einzuleiten. Dabei geht es nicht nur um ökologische und technologische sondern vor allem auch um soziale Innovationen - beispielsweise im Wissensmanagement bzw. der Zusammenarbeit aller Ebenen in der Lebensmittelbranche.

Basierend auf den 4 Bio-Prinzipien der IFOAM gilt es, den Bio-Bereich weiter zu entwickeln. Im folgenden Abschnitt wird versucht, zu den Bereichen Pflanzenproduktion und Tierhaltung, Lebensmittelwirtschaft und Kommunikation sowie Zusammenarbeit ausgewählte Handlungsfelder aufzuzeigen.

Pflanzliche Produktion und Tierhaltung

In der **pflanzlichen Produktivität** der Bio-Landwirtschaft wirken derzeit die Nährstoffversorgung (N und bei tierlosen Betrieben auch P), Krankheiten und Schädlinge sowie Unkräuter stark begrenzend (DAFA 2015). Eine engere Verbindung zwischen Pflanzenbau und Tierhaltung, die Rückführung unbelasteter Nährstoffe aus den Haushalten in die Landwirtschaft und der Einsatz neuer Technologien können dazu beitragen, Nährstofflücken zu schließen bzw. Nährstoffverluste (z.B. Eutrophierung) zu vermeiden. Dazu müssten in ackerbaubetonten Regionen teilweise wieder Viehhaltungsstrukturen aufgebaut werden, muss über neue Formen von Betriebskooperationen nachgedacht werden bzw. sind neue Techniken zur Gewinnung, Rückgewinnung und Rückführung von Nährstoffen (z.B. aus Klärschlamm, Kompost) notwendig. Aspekte der Praktikabilität, des Bodenschutzes, der Rückstandsfreiheit aber auch der Akzeptanz der Gesellschaft spielen dabei eine entscheidende Rolle.

Zur Vermeidung von Krankheiten und Schädlingen muss der Pflanzenzüchtung (z.B. Resistenzzüchtung) besonderes Augenmerk geschenkt werden. Nur eine Mindestvielfalt an Arten und Sorten gewährleistet eine standortangepasste Sortenwahl als Basis für die wichtige Produkt- und Angebotsvielfalt sowie eine möglichst geringe Abhängigkeit von marktbeherrschenden Anbietern. Vielfalt (Fruchtfolge, Buntbrachen, Untersaaten etc.) ermöglicht darüber hinaus auch abwechslungsreiche Fruchtfolgesysteme welche den Boden schonen, den Unkraut- und Schädlingsdruck verringern und auch bei Witterungsextremen stabilere Betriebserträge liefern können. Vielfalt ist bereits heute ein wesentliches Qualitätsmerkmal der Bio-Landwirtschaft. Sowohl das begrenzte Nachfragevolumen nach regional passenden Sorten, die bereits starke Marktkonzentration, Schwierigkeiten in der Biologischen Zucht und Vermehrung sowie die Kosten von Sorten- und Fruchtfolgeversuchen erschweren jedoch diese Strategien.

Der Verzicht auf chemisch-synthetische Pflanzenschutzmittel stellt einen wichtigen Wert der Bio-Landwirtschaft dar. Forschungen zu Alternativen zum Einsatz von z.B. Kupfer, zu neuen Pflanzenhilfsstoffen und natürlichen Herbiziden und Nützlingen (Schaderegerminimierung) bis hin zur Nanotechnologie sind notwendig. Ergebnisse daraus erfordern vor der Bio-Einführung aber auch eine kritische und umfassende (Risiko-)Bewertung. Es müssen in den nächsten Jahren aber auch Kulturen gezielt bearbeitet werden, wo nach wie vor mit immer noch relativ stark schwankenden Erträgen zu rechnen ist (z.B. Kartoffeln, Leguminosen etc.).

Die raschen Veränderungen im Bereich der Energie- und Rohstoffversorgung, dem Klima, den Wasserressourcen, den fruchtbaren Bodenressourcen aber auch die weitere Zunahme der Weltbevölkerung bleiben auch im Bio-Pflanzenbau nicht ohne Folgen. Begrenzte natürliche Ressourcen müssen durch Wissen, Erfahrungen und Entwicklung noch besser eingesetzt werden. Forschungs- und Bewirtschaftungsverfahren die Bodenfruchtbarkeit, Gesundheit, Qualität und Nachhaltigkeit fördern, müssen dazu auf eine möglichst standortangepasste Landwirtschaft mit minimiertem externen Ressourceneinsatz abzielen. Low-Input Strategien erfordern immer eine maximale Standortsangepasstheit. Einheitslösungen von der Stange – wie wir es in vielen Bereichen der Landwirtschaft sehen – greifen hier nicht oder nur bedingt! Darauf muss sicherlich auch die Forschungsstruktur und -finanzierung mehr Bedacht nehmen. Mit zunehmender Betriebsgröße nehmen die Herausforderungen, eine standortangepasste Landwirtschaft umzusetzen, sicherlich zu. Die Sicherung der Familienbetriebe muss uns daher ein wichtiger Wert in der Österreichischen Landwirtschaft bleiben.

In vielen **Bio-Tierhaltungsbereichen** führt das Regelwerk der Biologischen Landwirtschaft tatsächlich zu substanziellen Vorteilen hinsichtlich Tiergerechtigkeit und ökologischer Kriterien. Es gibt aber auch Aspekte, die unabhängig von der Wirtschaftsweise per se als Problembereiche einzustufen sind. Dies betrifft beispielsweise routinemäßige Eingriffe an Tieren (z.B. Ferkelkastration) oder Fragen zu Leistungsgrenzen, Tierhalteobergrenzen (Tiere pro Betrieb), zum Futterzukauf bzw. zur Tierzucht. Hier ist ein kritischer Diskurs notwendig und sind die Konsequenzen in der Praxis zu vertreten (vergl. Zollitsch et al. 2006).

Die auch in der Bio-Tierhaltung teilweise zu beobachtende Spezialisierung, Intensivierung und Expansion birgt Risiken für Tier, Mensch, Ökologie und damit auch die Bio-Akzeptanz. Die Ziele der Professionalisierung bzw. Intensivierung liegen in der Effizienz- und Produktionssteigerung bzw. ökonomischen Absicherung des Betriebes. Bei Intensivierung eines Betriebszweiges muss dennoch laufend die Prüfung erfolgen, ob der Grundsatz der Nachhaltigkeit nicht verlassen wird. Selbst auferlegte Beschränkungen und Standards (Fütterung, Düngung, Zukauf, etc.) werden gerade im Hinblick auf eine gewünschte Professionalisierung bzw. Intensivierung in der Praxis nicht selten als Hemmschuh empfunden. Vielfach werden auch neue Regelwerke einseitig von Handelsketten bzw. den Gesetzgebern erarbeitet und gehen dabei nicht selten an der herrschenden landwirtschaftlichen Praxis vorbei. Daher wird es eine wichtige Aufgabe sein, die Bio-Tierhaltung gemeinsam mit allen Partnern in der

Lebensmittelkette (Landwirtschaft-Vermarkter-Konsument) weiterzuentwickeln. Die Wissenschaft und Forschung kann dazu wertvolle Basisdaten liefern.

Natürlich ist auch das Ringen um einen fairen Preis eine alltägliche Notwendigkeit. Die rechtlichen Rahmenbedingungen als auch die Erwartungen der Käuferschaft lassen aber ein Verharren im Status quo nicht zu (vergl. Danner et al. 2008).

Daneben existieren Bereiche, wo der Vorsprung der Bio-Tierhaltung konsequent weiterentwickelt werden muss. Beispiele dafür sind der Weidegang der Wiederkäuer, die Umsetzung von konkreten Herdengesundheitsplänen zur Vorbeugung von Erkrankungen sowie gezielte Zucht- und Vermarktungsprogramme (vergl. Zollitsch et al. 2006).

In vielen Regionen Europas wächst derzeit der Bio-Absatz stärker als die Bio-Fläche bzw. Bio-Betriebsanzahl. Das schwächere Wachstum der landwirtschaftlichen Erzeugung ist auf unterschiedliche Gründe zurückzuführen. Je weiter sich konventionelle Produktionsverfahren von biologischen unterscheiden, desto aufwändiger bzw. schwieriger sind Betriebsumstellungen. Sowohl im Pflanzen- als auch in der Tierhaltung ist auch in Österreich eine zunehmende Differenzierung zu beobachten. Geringere Bio-Erträge, bei gleichzeitig begrenzten Bio-Zuschlägen und Fördersätzen und höherem (Arbeits)Aufwand, wirken sich ebenfalls negativ auf die Umstellungswilligkeit aus. In Regionen mit hoher Flächennachfrage sind darüber hinaus Betriebserweiterungen nur begrenzt möglich. Dies führt hier oft dazu, dass nur flächenunabhängigere bzw. intensivere Wirtschaftsweisen ein angemessenes Familieneinkommen ermöglichen. Diese Beispiele zeigen, dass ein weiterer deutlicher Ausbau des Bio-Anteils nur über ein Maßnahmenbündel, welches nach Möglichkeit alle Bereiche der landwirtschaftlichen Produktion und Vermarktung berührt (Praxis-Beratung-Forschung-Rahmenbedingungen-Absatz), erreicht werden kann. Wenn wir junge Menschen für die Bio-Landwirtschaft begeistern wollen, dann muss diese jedenfalls – auf der Basis der Bio-Prinzipien - mit der Zeit gehen und darf nicht stehen bleiben. Dazu brauchen wir Innovationen im ökologischen und ökonomischen Bereich, in der Produktionstechnik aber auch im sozialen Bereich.

Lebensmittelwirtschaft und Kommunikation

Die von den KundInnen geschätzte und erwartete hohe Prozessqualität in der Bio-Landwirtschaft (Umweltschutz, Tierschutz, Produktqualität, etc.) begründet einerseits die Bio-Nachfrage als auch die Bio-Preisaufschläge. Der Sicherung des Kundenvertrauens bzw. der Erfüllung der Erwartungen fällt daher eine zentrale Bedeutung im Bio-Sektor zu. Wir kämpfen auch im Bio-Bereich mit einer zunehmenden Distanz zwischen ProduzentInnen und KonsumentInnen. Das birgt das Risiko, dass falsche Bilder vermittelt und damit auch falsche Erwartungen geweckt werden. Dass kann einerseits zu Enttäuschungen bei den KundInnen oder aber auch zu Überregulierungen auf Produzentenebene führen. Die Kommunikation zum Verbraucher muss zielgruppen-gerechter und realitätsnaher werden und Verständnis für das moderne Bio-Konzept schaffen. Die „Partnerschaft“ zwischen ProduzentInnen und KonsumentInnen ist wichtig

und muss aktiv vorangetrieben werden. Eine Vernetzung aller Akteure auf der gesamten Wertschöpfungskette ist dazu notwendig, da jedes Glied in der Kette die hohe Bio-Qualität sichern, weiterentwickeln und zielgruppenorientiert richtig kommunizieren muss. Die Forschung kann dazu über die Bereitstellung objektiver Basiszahlen wesentlich beitragen.

Unbestritten ist, dass der Minimierung des Betrugsrisikos weiterhin großes Augenmerk geschenkt werden muss. Dies erfordert eine bestmögliche Kombination von Prozesskontrollen und lebensmittelanalytischen Kontrollen. Entscheidend dabei ist auch die Kommunikation – Kontrollen dürfen in der Lebensmittelkette nicht als Schikanen empfunden werden, sondern müssen als zentraler Beitrag zur Absicherung des Bio-Sektors gesehen werden.

Zusammenarbeit - Forschung, Beratung, Praxis und Markt

Es muss ein Ziel sein, den Stellenwert der Bio-Landwirtschaft in der Lebensmittelwirtschaft durch Innovationen zu erhöhen. Innovationen in der Bio-Landwirtschaft werden sehr effizient in Gemeinschaftsprojekten (Praxis, Beratung, Forschung und Markt) geschaffen. Eine wichtige Basis dabei ist, dass bestehende Erfahrungswissen zu heben, zu bewerten, zu bündeln und breiter umsetzbar zu machen. Dies erfordert eine neue Art der Zusammenarbeit welche man bisher - beispielsweise in der Forschung - nur bedingt kannte.

Für die Bio-Landwirtschaft sind Strategien entscheidend, welche die Landes-, Regional- und Betriebsbedingungen optimal berücksichtigen. Länderübergreifende Aktivitäten müssen darauf zukünftig sicherlich wesentlich stärker eingehen (z.B. intern. Forschungsprojekte). Gleichzeitig muss der Bio-Sektor offen bleiben für neue Technologien. Es ist wichtig, diese zu prüfen und dann zu bewerten wie und ob sie den Bio-Grundsätzen entsprechen. Eine teilweise in der Landwirtschaft zu beobachtende Technik-Verliebtheit darf jedoch nicht dazu führen, dass neue Abhängigkeiten geschaffen werden und Probleme nicht an der Ursache bekämpft werden.

In der Zusammenarbeit und Kommunikation müssen wir uns ständig bemühen möglichst auf einer Ebene zu kommunizieren. Es hilft z.B. die beste Forschung nicht, wenn die Praxis diese nicht anwenden kann. Oder, es braucht keine angewandte landwirtschaftliche Forschung, wenn wir damit

nicht die Herausforderungen und Probleme der Bäuerinnen und Bauern auf den Höfen lösen können.

Für Innovationen die nachhaltig sind, brauchen wir auch eine möglichst unabhängige Forschung und Beratung. Beispielsweise sind Geldquellen für Low-Input Themen oder für Systemforschungen in der freien Wirtschaft derzeit nicht oder nur bedingt erschließbar. Innovationen welche die Bio-Landwirtschaft für Bäuerinnen und Bauern auf globaler Ebene umfassend attraktiv machen, brauchen daher mehr Bio-Beratungs- und Forschungsgelder.

Literatur

- Bio-Austria (2015) Die Geschichte von Bio-Austria. <http://www.bio-austria.at/bio-austria/ueber-uns/geschichte/> (03.12.2015).
- BMLFUW (2010) Bio-Pioniere in Österreich. Grüne Reihe des Lebensministeriums. Band 21. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien.
- Danner M., Starz W. & Steinwider A. (2008) Netzwerk Biologische Landwirtschaft. Geschichte, Gründer, Konzept – Bio heute und morgen. ÖAG-Info 7/2008, 16 S.
- DAFA (Deutsche Agrarforschungsallianz) (2015) Fachforum Ökologische Lebensmittelwirtschaft - Forschungsstrategie der DAFA. Entwurf vom 27.11.2015. http://www.dafa.de/fileadmin/dam_uploads/images/Fachforen/FF_Oekolandbau/dafa-ffoe-2015-11-27-strategieentwurf.pdf (03.12.2015).
- Groier M. (2013) Wie weit darf Bio gehen? Analyse von Konventionalisierungsrisiken im Bereich der biologischen Landwirtschaft Österreichs. FB 69 der BA für Bergbauernfragen. Wien.
- Groier M. (2014) Konventionalisierungsrisiken in der österreichischen Biolandwirtschaft. Fact Sheet Nr. 8. Bundesanstalt für Bergbauernfragen, 5 S.
- Grüner Bericht (2015) Bericht über die Situation der Österreichischen Land- und Forstwirtschaft im Jahr 2014. 56. Auflage. Herausgeber: Die Republik Österreich, vertreten durch den Bundesminister für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Stubenring 1, 1010 Wien, 312 S.
- IFOAM (2015) Transforming food and farming: An organic vision for Europe in 2013. Herausgeber, IFOAM EU Group, Brüssel 31 S.
- Steinwider A., Schneider M.K., Wachendorf M., Starz W. & Pötsch E.M. (2011) The future of organic grassland farming in mountainous regions of Central Europe. In: Proc. EGF 2011 - Grassland Farming and Land Management Systems in Mountainous Regions. Grassland Science in Europe, Vol. 16, 286-296.
- Zollitsch W., Baumgartner J., Steinwider A. & Winckler C. (2006) Vorsprung für Bio in der Tierhaltung. Tagungsband 1. BIO AUSTRIA-Zukunftstage 2006, 29-33.

Landwirtschaft 2030 und die besonderen Herausforderungen an die Pflanzenzüchtung

Johann Vollmann^{1*}

Zusammenfassung

Pflanzenzüchtung generiert aus genetischen Ressourcen neue Sorten und ist das Bindeglied zwischen verschiedenen Wissenschaften bzw. Technologien und den vielfältigen Anforderungen des Marktes. In den kommenden Jahrzehnten wird die Pflanzenzüchtung vor besondere Herausforderungen gestellt: Infolge des Klimawandels werden Stressresistenz-Merkmale an Bedeutung gewinnen, während neue Anforderungen an die Lebensmittelsicherheit besondere Selektions-Strategien erfordern. Der Einsatz genomischer Techniken der Selektion und neuer Verfahren der Erzeugung genetischer Variabilität wie z.B. CRISPR-Cas9 wird weiter fortschreiten. Die Komplexität der künftigen Aufgaben und auch der neuen Methoden wird jedoch auch organisatorische Änderungen in der Pflanzenzüchtung erfordern, um zukünftige Züchtungsforschung finanzieren zu können.

Schlagwörter: Pflanzenzüchtung, Klimawandel, Stress-toleranz, Lebensmittelsicherheit, Nachbau

Summary

Plant breeding is generating new cultivars out of genetic resources, it is the interface between sciences/technologies and the diversity of agricultural market requirements. During the next decades, plant breeding will be exposed to various challenges: Due to climate change, stress resistance characters will gain in importance, whereas new food safety demands will also require specific selection strategies. Genome-based techniques of selection and novel procedures for inducing genetic variation such as CRISPR-Cas9 will increasingly be applied. As a consequence of the complexity of future tasks and technologies, there is also a need to re-organize plant breeding in order to secure future breeding research and development.

Keywords: plant breeding, climate change, stress tolerance, food safety, seed saving

Einleitung

Pflanzenzüchtung ist der Prozess, bei dem aus genetischen Ressourcen neue Sorten entstehen, die den Anforderungen von Landwirtschaft, Industrie und Konsumenten an pflanzliche Produkte besser entsprechen als die jeweils bereits vorhandenen (*Abbildung 1*). Die Pflanzenzüchtung bedient sich dabei einer Reihe unterschiedlicher Methoden und Techniken: Einerseits sind dies die klassischen Zuchtmethoden (siehe Becker 2011), die an der Vermehrungsweise und Saatgutproduktion der Kulturarten orientiert sind (i.e. Klonzüchtung, Linienzüchtung, Populationszüchtung und Hybridzüchtung), andererseits sind dies lange etablierte Techniken wie Selektion, Kreuzung, Induktion von Mutationen, Zell- und Gewebekulturtechniken, Polyploidie etc., zu denen neuerdings genetische und genomische Techniken hinzu kommen, die sowohl Selektion als auch genetische Veränderung auf der Ebene der DNA ermöglichen. Pflanzenzüchtung ist aber nicht nur ein biologischer, sondern auch ein wirtschaftlicher Prozess, dessen Ziele an den sich ändernden Anforderungen des Marktes an neue Sorten orientiert sein müssen, um längerfristig bestehen zu können. Diese Anforderungen werden unmittelbar vor allem von der Landwirtschaft und deren Produktionsbedingungen vorgegeben, immer stärker jedoch auch von den Konsumenten

und der verarbeitenden Industrie (*Abbildung 1*). Damit stellt die Pflanzenzüchtung im agrarischen Bereich eine Schnittstelle zwischen Wissenschaften bzw. daraus entwickelten Technologien und dem Markt dar.

Das Jahr 2016 ist für die Pflanzenzüchtung ein besonderer Meilenstein: Vor genau 150 Jahren, im Jahr 1866 erschien die Publikation „Versuche über Pflanzen-Hybriden“ von Gregor Mendel in den Verhandlungen des naturforschenden Vereins, Brünn. Etwa 30-40 Jahre nach ihrem Erscheinen hat diese Publikation nicht nur zum Entstehen der wissenschaftlichen Genetik geführt, sondern auch für die damalige Pflanzenzüchtung eine bis heute gültige systematische Grundlage geschaffen. In ähnlicher Weise werden die seit den 1980er und 1990er-Jahren entwickelten genomischen Techniken derzeit zunehmend stärker in Selektionsprogramme integriert, was in den kommenden Jahrzehnten relevante Auswirkungen auf die Sortenentwicklung haben wird. Der Horizont des Jahres 2030 bzw. der darauf folgenden Jahrzehnte stellt für die Pflanzenzüchtung in Österreich eine Reihe von Herausforderungen unterschiedlicher Art dar: Diese beziehen sich zunächst auf die Zuchtziele, welche vom globalen Wandel (Klimaveränderung und deren lokale Folgeerscheinungen, wirtschaftlicher und struktureller Wandel in der Landwirtschaft) und gesellschaftlichen

¹ Universität für Bodenkultur Wien (BOKU), Dept. Nutzpflanzenwissenschaften, Abt. Pflanzenzüchtung, Konrad Lorenz Str. 24., A-3430 Tulln an der Donau

* Ansprechpartner: Dr. Johann Vollmann, johann.vollmann@boku.ac.at



Abbildung 1: Pflanzenzüchtung als Schnittstelle zwischen Wissenschaften bzw. Technologien und den unterschiedlichen Anforderungen des Marktes.

Veränderungen stark beeinflusst werden, zweitens auf die komplexer und kostspieliger werdenden Methoden durch die Einführung genomischer Techniken und weiterer biotechnologischer Verfahren, und drittens auf die Organisation der Pflanzenzüchtung, die durch noch stärkere Konzentration und Fragen der Finanzierbarkeit geprägt sein wird. Diese drei Bereiche an Herausforderungen werden im Folgenden näher vorgestellt und diskutiert.

Veränderte Zuchtziele

Klimawandel

Nach derzeitigem Stand des Wissens und aufgrund von regionalisierten Modellrechnungen wird der Klimawandel bis zum Jahr 2040 in österreichischen Klimaklustern zu deutlichen Verschiebungen führen. Cluster mit geringeren Niederschlagsmengen und höheren Temperaturen breiten sich vom Nordosten Österreichs (i.e. Marchfeld, Weinviertel) nach Westen bzw. nach Süden (Südostösterreich) aus und betreffen v.a. die Ackerbauggebiete, während es im alpinen Raum je nach Szenario auch zu teils deutlichen Erhöhungen der Niederschlagsmengen kommen kann (Strauss et al. 2013). Diese Veränderungen führen bei einzelnen Kulturarten bis zum Jahr 2040 in allen Modellrechnungen zu geringeren Erträgen und deutlicher Abnahme der organischen Substanz im Oberboden, wie z.B. für die Ackerbauregion Marchfeld mittels EPIC-Simulationen für verschiedene Klimaszenarien gezeigt (Strauss et al. 2012).

Die Pflanzenzüchtung kann auf unterschiedliche Weise auf geänderte Bedingungen reagieren, um deren Auswirkungen abzumildern: Dabei sind Anpassungen v.a. an Temperatur, Trockenstress oder auch veränderten Krankheits- und Schädlingsdruck möglich. Bei Weizen führen hohe Temperaturen zur Blütezeit zu schlechter Befruchtung und damit zu verringertem Kornansatz und niedrigeren Erträgen. Temperaturstress-tolerante Formen von *Aegi-*

lops speltoides wurden beschrieben, die in das B-Genom des Weizens übergeführt werden könnten (Pradhan et al. 2012), um den Samenansatz bei höheren Temperaturen sicherzustellen. Trockenheitstoleranz kann u.a. über eine Selektion auf verändertes Wurzelwachstum erzielt werden, was in der Pflanzenzüchtung bisher kaum praktiziert wird. Beispiele für genetische Variabilität des Wurzelsystems bei Getreide können hier zukünftige Strategien aufzeigen (Nakhforoosh et al. 2013, Nakhforoosh 2014), es besteht aber weiterer Forschungsbedarf und z.B. eine Notwendigkeit zur Entwicklung von Screening-Methoden, die die Charakterisierung von Wurzeigenschaften in einer größeren Anzahl an Kreuzungsnachkommenschaften erlauben. Ein anderer Ansatz, der derzeit pflanzenzüchterisch verfolgt wird und auch erhebliche pflanzenbauliche Konsequenzen hat, stellt das off-season-cropping dar: Dabei werden verstärkt Winterungen eingesetzt (Winterhafer, Wintererbse, Winterackerbohne, Winterdurumweizen, Winterbraugerste, Winterzuckerrübe, Wintermohn) oder Anbauzeiten verschoben. Bei Sojabohnen können durch verfrühte Aussaat oder durch spätere Aussaat (Zweitfrucht nach Wintergetreide) Hitzestress-Perioden besser bewältigt werden. Wie *Abbildung 2* am Beispiel der Erträge der Sojabohne in Österreich zeigt, werden bei Sommerungen vor allem durch Trockenstress (z.B. Anbaujahre 2013 und 2015) erhebliche Ertragsverluste verursacht, die den jährlichen Ertragsfortschritt der Sojabohne in Österreich von bisher über 35 kg/ha und Jahr auf unter 25 kg/ha und Jahr verringern werden. Andererseits wird der geringere Ertragsfortschritt bei Sojabohnen in Österreich zumindest bis 2050 durch ansteigende CO₂-Konzentrationen der Atmosphäre und die damit verbundenen Ertragseffekte gemildert (Cajic 2003). Daneben bedingt der Klimawandel auch Veränderungen im Bereich von Pflanzenkrankheiten und Schädlingen, die jedoch schwierig zu prognostizieren sind, oft regional in großer Variabilität zu Tage treten und jeweils spezifische Maßnahmen der Resistenzzüchtung erfordern.

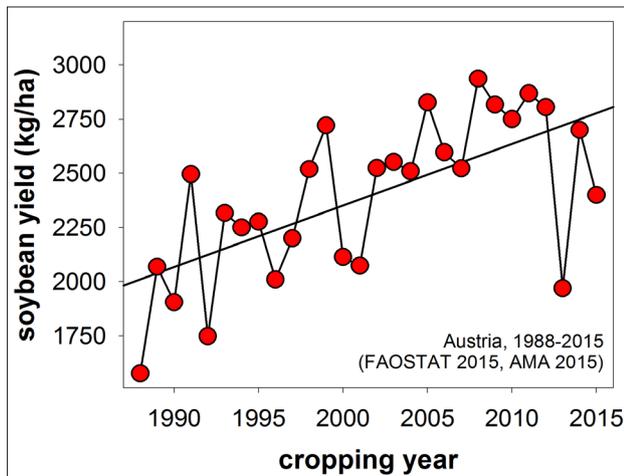


Abbildung 2: Ertragsentwicklung der Sojabohne in Österreich über den Zeitraum 1988-2015. Regressionskoeffizient $b = +28.4$ kg/ha und Jahr.

Nährstoffeffizienz

Die künftig vermutlich vermehrt erforderliche Selektion auf Wurzelmerkmale ist einerseits durch das Zuchtziel Trockenstress-Toleranz bedingt, andererseits aber auch durch veränderte Düngungsrichtlinien oder Gewässer-schutzmaßnahmen, die eine weitere Verbesserung der Nährstoffeffizienz von Sorten wünschenswert machen. Bei Winterraps z.B. konnte in Deutschland im Zeitraum von 1987 bis 2009 die Stickstoffeffizienz von 7.1 kg N/dt Kornertrag auf 4.7 kg N/dt Kornertrag durch züchterische Selektion verbessert werden (Frauen 2011). Bei Leguminosen kann darüber hinaus die Nährstoffeffizienz auch durch effektivere Stickstoff-Fixierung (Vollmann und Schweiger 2014) erreicht werden. Für den Fall der Verbesserung der Phosphoreffizienz ist ebenfalls eine Selektion auf veränderte Wurzelarchitektur ein züchterisch möglicher Weg (Manschadi et al. 2014).

Qualität der Produkte und Lebensmittelsicherheit

Die Qualitätsanforderungen an pflanzliche Ernteprodukte sind in stetigem Wandel begriffen und orientieren sich an den Bedürfnissen der Verarbeitungsindustrie, der Futtermittelhersteller oder der Konsumenten. Neben klassischen Qualitätsmerkmalen wie der Backfähigkeit von Brotgetreide, dem Protein-, Stärke-, Öl- oder Zuckergehalt treten im Lebensmittelbereich zunehmend Merkmale in den Vordergrund, die einen zusätzlichen Gesundheitswert für Konsumenten mit sich bringen (functional food) oder die Lebensmittelsicherheit erhöhen (z.B. Verminderung von Mycotoxinen, Allergenen, Schwermetallen).

Pflanzenzüchterische Ansätze zur Verbesserung des Gesundheitswertes von Lebensmitteln wie z.B. durch Erhöhung des Anthocyangehaltes in Weizen (Syed Jaafar et al. 2013) haben bereits zu neuen Produkten auf dem Markt (z.B. dunkle Vollkornbrote) geführt, eine Reihe weiterer derartiger Produkte ist in Entwicklung. Im Bereich der Lebensmittelsicherheit führte die Selektion auf Resistenz

gegenüber Ährenfusariosen zu verringerten Gehalten an Mycotoxinen im Getreide bzw. daraus hergestellten Lebensmitteln (Buerstmayr et al. 2009). Aufgrund des Inkrafttretens der EU-Verordnung zur Kennzeichnung von Lebensmittelallergenen dürfte auch die Verminderung von Allergenen in Zukunft stärker in den Fokus der Pflanzenzüchtung rücken. Bei Sojabohnen etwa kann das immunodominante Hauptallergen P34 durch Einkreuzung einer Null-Mutante beseitigt werden (Vollmann et al. 2015a), wodurch sich das allergene Potential von Lebensmitteln verringert. Sowohl bei Sojabohnen als auch in Durumweizen konnten durch Nutzung entsprechender QTL-Regionen Genotypen identifiziert werden, welche eine verminderte Cadmiumaufnahme aus dem Boden aufweisen (Vollmann et al. 2015b, Zimmerl et al. 2014). Dies sind bedeutende Fortschritte zu einer künftigen Verminderung der chronischen Cadmiumbelastung in Lebens- und Futtermitteln, die nicht nur für Cadmium-kontaminierte Böden, sondern auch für Standorte mit niedrigem Boden-pH-Wert relevant sind.

Neue Methoden in der Pflanzenzüchtung

Markergestützte Selektion und Selektion auf QTL (quantitative trait loci), die quantitative Merkmale beeinflussen, stellen bereits heute Routineanwendungen in der Pflanzenzüchtung dar. Darüber hinaus könnten Ansätze der genomischen Selektion ähnlich wie in der Tierzucht zukünftig v.a. in größeren Zuchtprogrammen zu einer Verbesserung der Effizienz der Züchtungsarbeit beitragen (Ametz 2015). Daneben werden derzeit häufig auch völlig neue Technologien zur Schaffung genetischer Variation wie z.B. CRISPR-Cas9 diskutiert (z.B. Müller-Röber 2015), ihr Einsatz ist mittelfristig zu erwarten. Mit dem CRISPR-Cas9-System ist ein sog. Gen-Editieren möglich, d.h. die zielgerichtete Veränderung eines einzelnen Nucleotids innerhalb eines Gens. Da solche Veränderungen im Vergleich zu bisher praktizierten gentechnischen Modifikationen (Übertragung artfremder Gene u.ä.) im Nachhinein nicht nachgewiesen werden können, sind sie eher mit induzierten Mutationen vergleichbar und ihr methodischer Status (z.B. im Kontext des Gentechnikgesetzes) bzw. Ansätze einer Risikoabschätzung bezüglich ihrer biologischen Sicherheit stehen noch in Diskussion (Agapito-Tenfen und Wikmark 2015).

Zukünftige Organisation der Pflanzenzüchtung

Die Pflanzenzüchtung ist in Österreich in mittelständischen Unternehmen sowie genossenschaftlich organisiert, daneben sind auch internationale Pflanzenzüchtungsunternehmen in Österreich tätig. Während die österreichischen Pflanzenzüchter auch und besonders im Bereich der regional angepassten Kulturarten neue Sorten entwickeln (z.B. auch für den Biolandbau), liegt das Augenmerk der internationalen Konzerne auf global vermarktbareren Arten bzw. Sorten, so etwa bei Mais, Sonnenblume, Sojabohne, Zuckerrübe usw. Durch die komplexer werdende Zuchtmethodik und die veränderten Zuchtziele steigt international die Konzentration der Betriebe auf immer weniger Unternehmen. Um in diesem Umfeld konkurrenzfähig zu bleiben, versuchen die österreichischen Pflanzenzüchter bislang sehr erfolgreich,

über lokale Kooperationen mit ähnlich strukturierten Partnern innerhalb Europas zu agieren. Eine bedeutende Frage, die vor allem regional angepasste Sorten und Spezialitäten und deren zukünftige Erhaltung bzw. Entwicklung betrifft (Käferbohne, Ölkürbis, Mohn usw.), ist die Frage der Wirtschaftlichkeit und damit der Finanzierbarkeit künftiger Züchtungsaktivitäten. Laut Saatgut Austria (2016) beträgt der Anteil an Nachbauseaatgut bei Weizen derzeit etwa 60%, bei anderen selbstbestäubenden Getreidearten ist er etwas geringer. Da in Österreich bislang keine Nachbauseaatgebühren eingehoben werden, werden durch diese Situation Forschungs- und Entwicklungsmöglichkeiten und Konkurrenzfähigkeit der österreichischen Pflanzenzüchter eingeschränkt. Das in Österreich vergleichsweise mangelhaft ausgeprägte Sortenbewusstsein bei den Landwirten wird daher zwangsweise zu weiteren Leistungseinschränkungen führen, die für die Landwirtschaft, die Agrobiodiversität insgesamt, aber besonders für den Biolandbau von Nachteil sind. Bei Weizen und einigen anderen Arten wird daher gegenwärtig vermehrt an der Einführung von Hybridsorten gearbeitet, wie dies z.B. bei Roggen, Ölkürbis oder Winterraps bereits in den vergangenen Jahren stattfand. Daneben hat die zu erwartende neue EU-Saatgutverordnung ebenfalls Einfluss auf die Organisation der Pflanzenzüchtung in Österreich. Internationale Diskussionsbeiträge zur Finanzierbarkeit der künftigen Leistungen der Pflanzenzüchtung oder der Rolle von Landwirte-Kooperativen im informellen Saatguttausch unterstreichen die zu erwartende Dynamik in diesem Bereich (Coomes et al. 2015, Kotschi und Wirz 2015).

Schlussfolgerungen

Die Pflanzenzüchtung steht vor besonderen Herausforderungen: Eine Anpassung von Sorten und Kulturarten an die regional sehr unterschiedlichen Erscheinungen des Klimawandels wird in den kommenden Jahrzehnten eine prägende Aufgabe darstellen. Daneben wird auch die Züchtung auf bessere Nährstoffeffizienz der Sorten eine wichtigere Rolle spielen als bisher. Neue Qualitätsmerkmale aus dem Bereich der Lebensmittelsicherheit können darüber hinaus zu einer weiteren Diversifizierung der Sortimente innerhalb einzelner Kulturarten führen. Schließlich stehen für die Pflanzenzüchtung neue Genom-basierte Methoden der Selektion bzw. der Generierung von genetischer Variabilität vor einer breiten Einführung, und die Frage der künftigen Organisation und Finanzierbarkeit der Pflanzenzüchtung haben Auswirkungen auf die gesamte Landwirtschaft.

Literatur

- Agapito-Tenfen S.Z. & Wikmark O.-G. (2015) Current status of emerging technologies for plant breeding: Biosafety and knowledge gaps of site directed nucleases and oligonucleotide-directed mutagenesis. Biosafety Report 2015/02, GenØk, Centre for Biosafety, Tromsø, Norway.
- AMA (Agrar Markt Austria) (2015) AMA Ertragshebung – Herbsthebung 2015. AMA, Wien. online: www.ama.at, 11. Jan. 2016.
- Ametz C. (2015) Genomic selection in bread wheat. Diss., Univ. f. Bodenkultur, Wien.
- Becker H. (2011) Pflanzenzüchtung. 2. Auflage. Eugen Ulmer Verlag, Stuttgart, Deutschland.
- Buerstmayr H., Ban T. & Anderson J.A. (2009) QTL mapping and marker-assisted selection for *Fusarium* head blight resistance in wheat: a review. *Plant Breed.* 128, 1-26.
- Cajic V. (2003) Response of soybean yield to climate change using CROPGRO crop simulation model. Diss., Univ. f. Bodenkultur, Wien.
- Coomes O.T., McGuire S.J., Garine E., Caillon S., McKey D., Demeulenaere E., Jarvis D., Aistara G., Barnaud A., Clouvel P., Empereire L., Louafi S., Martin P., Massol F., Pautasso M., Violon C. & Wencelius J. (2015) Farmer seed networks make a limited contribution to agriculture? Four common misconceptions. *Food Policy* 56, 41-50.
- FAOSTAT (2015) FAO Statistical Database. FAO, Rome. online: <http://faostat.fao.org>, 30. Dez. 2015.
- Frauen M. (2011) Qualität und Ertrag bei Winterraps. Bericht zur 61. Tagung der Vereinigung Österr. Pflanzenzüchter u. Saatgutkaufleute 2010, Lehr- und Forschungszentrum f. Landwirtschaft Raumberg-Gumpenstein, 109-113.
- Kotschi J. & Wirz J. (2015) Wer zahlt für das Saatgut? Gedanken zur Finanzierung ökologischer Pflanzenzüchtung. *Agrecol*, Göttingen, Deutschland.
- Manschadi A.M., Kaul H.-P., Vollmann J., Eitzinger J. & Wenzel W. (2014) Developing phosphorus-efficient crop varieties - An interdisciplinary research framework. *Field Crops Res.* 162, 87-98.
- Müller-Röber B. (2015) Es "crispert" in der Pflanzenzüchtung. *J. Verbr. Lebensm.* 10, 305-306.
- Nakhforoosh A. (2014) Wheat drought response strategies with special regards to root diversity. Diss., Univ. f. Bodenkultur, Wien.
- Nakhforoosh A., Schuhwerk D., Bodner G., Kutschka S. & Grausgruber H. (2013) Root characteristics of durum wheat and wheat relatives. Bericht zur 62. Tagung der Vereinigung Österr. Pflanzenzüchter u. Saatgutkaufleute 2011, Lehr- und Forschungszentrum f. Landwirtschaft Raumberg-Gumpenstein, 101-103.
- Pradhan G.P., Prasad P.V.V., Fritz A.K., Kirkham M.B. & Gill B.S. (2012) High temperature tolerance in *Aegilops* species and its potential transfer to wheat. *Crop Sci.* 52, 292-304.
- Saatgut Austria (2016) Informationen der Vereinigung der Pflanzenzüchter und Saatgutkaufleute Österreichs – Saatgut Austria. online: <http://www.saatgut-austria.at>, 11. Jan. 2016.
- Strauss F., Formayer H. & Schmid E. (2013) High resolution climate data for Austria in the period 2008-2040 from a statistical climate change model. *Int. J. Climatol.* 33, 430-443.
- Strauss F., Schmid E., Moltchanova E., Formayer H. & Wang X. (2012) Modeling climate change and biophysical impacts of crop production in the Austrian Marchfeld Region. *Climatic Change* 111, 641-664.
- Syed Jaafar S.N., Baron, J., Siebenhandl-Ehn S., Rosenau T., Böhmdorfer S. & Grausgruber H. (2013) Increased anthocyanin content in purple pericarp x blue aleurone wheat crosses. *Plant Breed.* 132, 546-552.
- Vollmann J., Watanabe D., Pachner M., Khudaykulov J. & Losak T. (2015a) Soybean quality: Adaptation to European needs. *Legume Perspectives (International Legume Society)* 8, 19-20.
- Vollmann J., Losak, T., Pachner M., Watanabe D., Musilova L. & Hlusek J. (2015b) Soybean cadmium concentration: validation of a QTL affecting seed cadmium accumulation for improved food safety. *Euphytica* 203, 177-184.
- Vollmann J. & Schweiger P. (2014) Effekte der symbiotischen Stickstoff-Fixierung der Sojabohne. 4. Umweltökologisches Symposium 2014, Lehr- und Forschungszentrum f. Landwirtschaft Raumberg-Gumpenstein, 105-108.
- Zimmerl S., Lafferty J. & Buerstmayr H. (2014) Assessing diversity in *Triticum durum* cultivars and breeding lines for high versus low cadmium content in seeds using the CAPS marker *usw47*. *Plant Breed.* 133, 712-717.

Landwirtschaft 2030 - Auswirkungen auf Boden, Wasser und Luft: Herausforderung Pflanzenschutz

Siegrid Steinkellner^{1*}

Zusammenfassung

Die Gesunderhaltung von Kulturpflanzenbeständen gilt seit Beginn des Ackerbaues als zentraler Erfolgsfaktor in der Pflanzenproduktion. Über die Zeit haben sich die Aufgaben und Möglichkeiten des Pflanzenschutzes deutlich verändert. Zeitgemäße Pflanzenschutzkonzepte basieren auf fundierten biologischen Grundlagen und neuen wissenschaftlichen Erkenntnissen in Kombination mit dem verantwortbaren technischen Fortschritt. Pflanzenschutz 2030 stellt eine große Herausforderung in der landwirtschaftlichen Produktion dar. Neben der Nutzung und Weiterentwicklung bestehender Möglichkeiten sind neue, innovative Lösungsansätze gefragt. Der Pflanzenschutz der Zukunft kann jedoch nicht aus dem alleinigen Sichtwinkel der ProduzentInnen erfolgen, sondern muss sich verstärkt mit den Erwartungen und Bedenken der Gesellschaft auseinandersetzen.

Schlagwörter: Pflanzenkrankheiten, Tierische Schädlinge, Klimawandel, Biologischer Pflanzenschutz, Pestizide

Summary

Since the beginning of agriculture maintaining the plant health is of primary importance in crop production. Over the centuries the tasks and possibilities of plant protection have changed significantly. Modern crop protection concepts are based on sound biological data, new scientific findings and the suitable technical progress. Plant protection in 2030 represents a major challenge in agricultural production. In addition to the use and development of existing opportunities novel solutions are needed. However, future plant protection cannot follow predominantly the needs of producers. In fact, the expectations and concerns of the society have to be considered.

Keywords: plant diseases, pests, climate change, biological control, pesticides

Bedeutung des Pflanzenschutzes

Die Gesunderhaltung von Kulturpflanzenbeständen gilt seit Beginn des Ackerbaues als große Herausforderung und zentraler Erfolgsfaktor in der Pflanzenproduktion. Über die Zeit haben sich die Aufgaben des Pflanzenschutzes deutlich verändert. Stand zu Beginn primär die quantitative Sicherung der Erträge im Fokus, war im letzten Jahrhundert zunehmend die qualitative Sicherung der Erträge unter den Aspekten Ernährungssicherheit, Umweltschutz und Nachhaltigkeit von Bedeutung. Daneben spielt der Pflanzenschutz aber auch eine wesentliche Rolle in der Erhaltung des Zierwertes, in der Landschaftserhaltung/-gestaltung und in der Bewahrung der Funktionalität von öffentlichen Flächen.

Eine Studie von Oerke et al. (2006) dokumentiert, dass die potentiellen Ertragsverluste bei den weltweit wichtigsten Ackerkulturen in Abhängigkeit von der Kultur zwischen 50 und 75 % liegen können. Die größte Gefahr geht dabei von Unkräutern aus, gefolgt je nach Kultur von Krankheits-erregern und tierischen Schädlingen. Durch Nutzung aller zur Verfügung stehenden Möglichkeiten, lassen sich die Ertragsverluste deutlich reduzieren.

Der Zugang zu einer vielseitigen Palette an hochwertigen Lebens- und Futtermitteln aus dem eigenen Land und aus den unterschiedlichsten Regionen der Welt wird in unseren Breiten als selbstverständliche Gegebenheit erachtet,

während die dahinter stehenden Produktionsprozesse vielfach einer agrarromantischen Vorstellung unterliegen. In Europa ist Hunger im Allgemeinen kein Thema, vielmehr stellt in unseren Breiten ein Nahrungsmittelüberangebot und die damit verbundene Fehlernährung das größere Gesundheitsproblem dar, als Nahrungsmittelmangel. Selbst in einem reichen Land wie Österreich sind 4 % der Bevölkerung materiell benachteiligt und leben unter dem Mindestlebensstandard, 19,2 % der Bevölkerung in Österreich (EU-Durchschnitt 24,8 %) sind armuts- oder ausgrenzungsgefährdet (Statistik Austria 2016). Weltweit ist selbst die Sicherung grundlegender Nahrungsmittel für die Bevölkerung keine Selbstverständlichkeit; über 793 Mio Menschen weltweit sind unterernährt (FAO 2016). Neben Krisensituationen und politischen Gegebenheiten liegen die Gründe dafür in einer wachsenden Weltbevölkerung, in veränderten und sich permanent ändernden Ernährungsgewohnheiten, witterungs- und schädlingsbedingten Katastrophen, Verlusten bei der Ernte, der Lagerung und beim Transport. Die Ernährungssicherung und die Bereitstellung leistbarer, hochwertiger Lebensmittel für alle ist daher eine essentielle Aufgabe des Pflanzenschutzes. Trotz der enormen Bedeutung ist der Begriff Pflanzenschutz in der Öffentlichkeit zumeist negativ besetzt, wird vielfach dem Einsatz chemischer Pflanzenschutzmittel gleichgesetzt und per se als Bedrohung für die menschliche Gesundheit angesehen.

¹ Abteilung Pflanzenschutz, Department für Nutzpflanzenwissenschaften, Universität für Bodenkultur Wien, Konrad-Lorenz-Straße 24, A-3430 Tulln

* Ansprechpartner: Univ. Prof. DI Dr. Siegrid Steinkellner, siegrid.steinkellner@boku.ac.at

Zeitgemäße Pflanzenschutzkonzepte

Zeitgemäße Pflanzenschutzkonzepte basieren auf fundierten biologischen Grundlagen und neuen wissenschaftlichen Erkenntnissen in Kombination mit dem verantwortbaren technischen Fortschritt. Pflanzenschutz stellt in seiner Gesamtheit einen systemaren Ansatz dar, der sowohl ökonomische, ökologische und soziale Aspekte in zum Wohle der Gesellschaft, d.h. von ProduzentInnen und KonsumentInnen zu vereinen hat. Der Begriff „Pflanzenschutz“ ist definiert „als die Gesamtheit der Bemühungen Schäden und Leistungsminderungen von Nutzpflanzen durch Ausnutzung aller einschlägigen wissenschaftlichen Erkenntnisse in einer ökologisch und ökonomisch angemessenen Weise zu verhindern oder zu mildern“ (Heitefuss 2000). Landwirtschaftliche Ökosysteme unterscheiden sich klar von natürlichen Ökosystemen. Alle landwirtschaftlichen Aktivitäten sind Eingriffe in die Natur und haben vielschichtige Einflüsse auf die Interaktionen zwischen den einzelnen Mitspielern im Gesamtsystem. Von den weltweit ca. 660 Pflanzenarten, die feldmäßig genutzt werden, ist jede einzelne einer Vielzahl von Schadorganismen ausgesetzt. Keine Kulturpflanze lässt sich mit einer realistischen und wirtschaftlich notwendigen Ertragerwartung längerfristig ohne Pflanzenschutzmaßnahmen produzieren.

Zeitgemäßer Pflanzenschutz strebt keine vollständige Bekämpfung von Schadorganismen an, geht es vielmehr um ein überlegtes Management, um die Reduzierung von Schadorganismen unter Berücksichtigung des ökologischen Gleichgewichts. Die Bausteine sind heute für alle Pflanzenproduktionssysteme eine Reihe von vorbeugenden und direkten Methoden, z.B. die Förderung natürlicher Gegenspieler, vielseitige Fruchtfolgen, der optimale Einsatz der möglichen Technik (von der Bodenbearbeitung bis zur Applikationstechnik), geeignete pflanzenbauliche Maßnahmen und die Fortschritte der Züchtung sind zentrale protektive Elemente. Die Erfahrungen aus den letzten Jahrzehnten haben jedoch gezeigt, dass sowohl vorbeugende Maßnahmen als auch der Einsatz von Pestiziden an ihre Grenzen stoßen.

Die seitens des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft entwickelte aktuelle österreichische Strategie in der Pflanzenproduktion räumt dem Pflanzenschutz einen großen Stellenwert ein (BMLFUW 2016). Als wesentliche Punkte sind der Ausbau des integrierten Pflanzenschutzes, die weitere Reduzierung des Einsatzes von Pflanzenschutzmitteln und klare und transparente Rahmenbedingungen für die Zulassung von Pflanzenschutzmitteln genannt. Aber auch die Förderung einer vielseitigen Fruchtfolge und Steigerung der Biodiversität, eine standortangepasste Züchtung und die richtige Sortenwahl, die Forcierung bodenschonender Produktionsmethoden und ein zielgerichtetes Umweltmonitoring spielen eine zentrale Rolle in einer nachhaltigen Pflanzenschutzstrategie.

Beobachtungen und Erfahrungen aus der Praxis, gepaart mit intensiven Forschungsarbeiten, haben dazu geführt, dass wir heute über ein umfangreiches Instrumentarium im Pflanzenschutz verfügen. Monitoring und Prognosesysteme bieten für zahlreiche Hauptschadfaktoren wertvolle Entscheidungshilfen und liefern die Grundlage für eine

erfolgreiche Reduktion des Pflanzenschutzmitteleinsatzes (auf Basis chemischer und natürlicher Substanzen). Die Optimierung dieser Systeme unter Berücksichtigung der sich ändernden Klimabedingungen, aktueller biologischer Grundlagen und der Nutzung einer optimalen Meßtechnik zur Erfassung lokaler Befallsereignisse sind dafür essentiell. Das Interesse sollte diesbezüglich nicht nur den aktuellen Hauptschadorganismen gelten, sondern auf ein breiteres Organismenspektrum ausgeweitet werden, um dem Auftreten von Kompensationskrankheiten und -schädlingen vorzeitig entgegen zu wirken. Der erfolgreiche Einsatz derartiger Systeme bedarf auch einer Neubewertung von Schadschwellen unter Berücksichtigung der aktuellen Produktionsgegebenheiten.

Der Mensch hat eine entscheidende Verantwortung für das Auftreten, Vorkommen und die Entwicklung von Schadorganismen. Viele Pflanzen und Pflanzenerzeugnisse, und damit verbunden Schadorganismen, werden aus ihrer ursprünglichen Heimat quer durch die Welt verbracht. Es ist eine wichtige Aufgabe des Pflanzenschutzes die Einschleppung und Verbreitung von Schadorganismen zu verhindern oder zu verlangsamen. Rechtlich geregelte Maßnahmen, wie Saatgutertifizierung, Zertifizierung von Pflanzmaterial, Quarantänemaßnahmen und Importbeschränkungen können hier als wesentliche Erfolgsfaktoren angesehen werden. Konsequente Kontrolle, strenge Einfuhrregelungen und strikte Vorschriften sind kein politischer Willkürakt sondern wesentliche Faktoren für einen nachhaltigen Pflanzenschutz und die Ernährungssicherung.

Pflanzenschutz wird auch in den nächsten Jahrzehnten nicht ohne den Einsatz von Pflanzenschutzmitteln längerfristig erfolgreich sein können. Wir stehen dabei vor der Herausforderung hohe Qualitäten und ausreichende Erträge mit den hohen Erwartungen des Umwelt- und Verbraucherschutzes in Einklang zu bringen. Es gilt selbstverständlich unerwünschte Nebenwirkungen z.B. gegen Mensch und Tier, gegen Bienen, nützliche Organismen, Fische, Fischnährtiere u.a. zu minimieren und Rückstandsprobleme in Lebens- und Futtermitteln sowie im Trinkwasser- und Grundwasser zu vermeiden. Vor dem Hintergrund bestehender und zu erwartender Änderungen in der EU-Gesetzgebung, die zunehmende Restriktionen bzw. Verbote von langjährig erfolgreich eingesetzten Pflanzenschutzmitteln mit sich bringen, müssen aktuelle Pflanzenschutzstrategien neu überdacht werden, um Krankheiten und Schädlinge gezielt in Schach zu halten, um Kompensationskrankheiten oder -schädlinge zu vermeiden, aber vor allem auch der Resistenzentwicklung durch die wiederholte Anwendung von wenigen zugelassenen Pflanzenschutzmitteln derselben Wirkstoffgruppe entgegenzuwirken. Der Wegfall zahlreicher Wirkstoffe schafft nicht nur für die konventionelle Landwirtschaft sondern für alle Produktionsformen, einschließlich der biologischen Wirtschaftsweise, neue Problemfelder. Auch nachhaltige Systeme brauchen eine ausreichende Auswahl an Wirkstoffen mit unterschiedlichen Wirkmechanismen, um ein effizientes Resistenzmanagement zu führen, bei bestmöglicher Risikominimierung für Umwelt, Mensch und Tier. Die Weiterentwicklung der Genehmigungskriterien für Pflanzenschutzmittel, Gewässerschutzauflagen, die Berück-

sichtigung von Mehrfachrückständen in Lebensmitteln und die Verbesserung der Rückstandanalytik tragen dazu bei.

Der Einsatz von biologischen Gegenspielern hat in den letzten Jahren enorm an Bedeutung gewonnen. Während der Nützlingseinsatz in Gewächshauskulturen vielfach als Standardbehandlung angesehen werden kann, beschränkt sich der Einsatz im Freiland auf wenige praxisrelevante Beispiele. Einen vergleichsweise geringen Anteil in der biologischen Kontrolle nahmen bislang Mikroorganismen ein. Trotz intensiver Forschungsarbeiten hinkt die Umsetzung in der Praxis deutlich nach. Die Zulassung von Mikroorganismen als Pflanzenschutzmittel und die Entwicklung von in der Praxis erfolgreichen Pflanzenschutzstrategien auf Basis von Mikroorganismen, auch in der konventionellen Produktion, stellen eine große Herausforderung für die nächsten Jahre dar.

Ein entscheidender Erfolgsfaktor für einen nachhaltigen Pflanzenschutz stellt die Optimierung der Applikationstechnik dar. Durch eine zielgerichtete, abdriftmindernde Applikationstechnik bis hin zur Recyclingtechnik kann ein reduzierter Pflanzenschutzmitteleinsatz bei gleichzeitig hoher Wirksamkeit erreicht werden. Diese Technik beschränkt sich nicht nur auf die konventionelle Bewirtschaftung, sondern ist auch für den Einsatz von Pflanzenschutzmitteln in der biologischen Landwirtschaft hochrelevant.

Als Meilenstein im Pflanzenschutz galt die Grüne Gentechnik. Bereits vor knapp dreißig Jahren erfolgten die ersten Feldversuche mit herbizidtoleranten Pflanzen. Mittels modernster Methoden gelang es verschiedenste Nutzpflanzen mit z.B. Herbizid- und/oder Schädlingsresistenz zu schaffen. Den zahlreichen Vorteilen, die diesen Pflanzen zugeschrieben werden, steht aber eine große Skepsis, u.a. der KonsumentInnen, gegenüber. Heute ist der Einsatz gentechnisch veränderter Pflanzen weltweit in 28 Ländern (Forum Bio- und Gentechnologie e.V. 2016) erlaubt, in Österreich und vielen anderen europäischen Ländern jedoch verboten.

Weitgehend unbestritten ist der Einsatz der modernen Methoden, die zur Entwicklung gentechnischer Pflanzen eingesetzt werden, in der Aufklärung molekularer Mechanismen in der Pflanze-Schadorganismus-Interaktion. Die Umsetzung dieses Wissens in Pflanzenschutzkonzepte bedarf zukünftig einer vernetzten Zusammenarbeit von WissenschaftlerInnen verschiedenster Fachdisziplinen und der landwirtschaftlichen Praxis.

Ausblick

Pflanzenschutz 2030 ist eine große Herausforderung in der landwirtschaftlichen Produktion. Neben der Nutzung und Weiterentwicklung bestehender Möglichkeiten sind neue, innovative Lösungsansätze gefragt. Der Pflanzenschutz der Zukunft kann jedoch nicht aus dem alleinigen Sichtwinkel der ProduzentInnen erfolgen, sondern muss sich verstärkt mit den Erwartungen und Bedenken der Gesellschaft auseinandersetzen.

Literatur

- BMLFUW (2016) <https://www.bmlfuw.gv.at/land/produktion-maerkte/pflanzliche-produktion/-strategiepflanzenbau.html> (Download 3.2.2016).
- FAO (2016) <http://www.fao.org/hunger/key-messages/en/> (download 3.2.2016).
- Forum Bio- und Gentechnologie e.V. (2016) <http://www.transgen.de/anbau/592.gentechnisch-veraenderte-pflanzen-anbauflaechen-2014.html> (Download 3.2.2016).
- Heitefuss R. (2000) Pflanzenschutz: Grundlagen der praktischen Phyto-mezizin. Thieme, 3. neubearb. u. erw. Aufl.
- Oerke E.-C. (2006) Crop losses to pests. *Journal of Agricultural Science*, 144, 31-43.
- Statistik Austria (2016) http://www.statistik.at/web_de/statistiken/menschen_und_gesellschaft/soziales/armut_und_soziale_eingliederung/index.html (Download 3.2.2016).

Anpassung von Kulturpflanzen an den Klimawandel

Gernot Bodner^{1*}

Zusammenfassung

Die österreichische Landwirtschaft muss besonders in den Ackerbaugebieten im Osten des Landes künftig mit vermehrten Stresssituationen für die Kulturpflanzen rechnen. Neben Wasserstress wirkt sich bei den Getreidearten besonders Hitze ertragsreduzierend aus. Dementsprechend gilt es stressresistente Arten, Sorten und Managementoptionen zu kombinieren. Ertragsdaten der Ackerbauarbeitskreise in Niederösterreich zeigen, dass Sonnenblume und Zuckerrübe am widerstandsfähigsten gegen Stress sind. Im Management kann ein früher Saattermin und reduzierte Bearbeitung in Stressjahren zu Ertragsvorteilen führen, kann jedoch in guten Jahren das Ertragsrisiko erhöhen. Der Zwischenfruchtbau kann als Fruchtfolgeelement mit geringem Ertragsrisiko unter Stressbedingungen eingestuft werden. Insgesamt sollte das Management der Nutzpflanzensysteme eine optimale Ressourcennutzung sichern, um so klimatische Stresssituationen optimal abzupuffern.

Schlagwörter: Klimawandel, Stressresistenz, Trockenheit, Fruchtfolge, Bodenbearbeitung

Summary

Austrian crop production is likely to face increased stress incidence in the Eastern parts of the country. Beside water stress, heat is the most relevant yield limiting factor particularly for cereals. Facing stress, a combination of resistant species, cultivars and adapted management measures is recommended. Data from the Chamber of Agriculture in Lower Austria show that sunflower and sugar beet are best adapted to resist environmental stresses. Earlier seeding and reduced tillage can provide yield advantages in stress years, while under favorable conditions these options tend to increase the yield risk. Cover cropping is a rotation element with low yield risk even under more stressful conditions. In summary crop production should strive to optimize resource use in order to better buffer the more frequent climatic stress situations.

Einleitung

In der wissenschaftlichen Gemeinschaft herrscht weitgehender Konsens über globale klimatische Veränderungen, die wesentlich anthropogener Ursache sind. Mittlerweile liegen künftige Klimaszenarien vor, die eine kleinräumige, regionale Abschätzung der Veränderungen in Temperatur und Niederschlag erlauben und damit eine vorausschauende Anpassung der betroffenen Sektoren unterstützen (Strauss et al. 2013).

Die Landwirtschaft stellt einen besonders sensiblen Sektor dar, da die Produktion weitgehend von natürlichen Umweltfaktoren abhängt. Der Großteil der Nutzpflanzenproduktion ist in seiner Ertragsleistung von klimatischen Wachstumsfaktoren abhängig, die der Landwirt nicht steuern kann.

Die wichtigsten mit dem Klimawandel direkt zusammenhängenden Stressfaktoren sind Wasser- und Hitzestress. Beide Stressfaktoren beeinflussen vielfältige Prozesse im Pflanzenwachstum, die in Summe zu signifikanten Ertragsminderungen führen können (Bodner et al. 2015). Wasserstress führt unmittelbar zu einem verringerten Wachstum aufgrund eines verringerten Turgordrucks, der die Zellstreckung herabsetzt. Um weiteren Wasserverlust des Gewebes zu verhindern, schließen die Pflanzen ihre Spaltöffnungen und schränken damit auch die Fähigkeit

zur Kohlenstoff-Assimilation ein. Dehydriert das Gewebe weiter, so kann es zu starken physiologischen Schädigungen der Pflanze kommen. Besonders sensitiv reagieren die meisten Nutzpflanzenarten bei Wassermangel während der Blüte. Eine gestörte Befruchtung führt zu signifikanten Ertragseinbußen, die bei Mais bis zu 50 % des Ertragspotentials betragen. Stress in der früheren vegetativen und späteren generativen (Kornfüllung) Phase geht ebenfalls mit Mindererträgen einher, die jedoch nicht so stark sind wie bei Stress während der Blüte.

Hitzestress wurde von verschiedenen Autoren als wesentlicher abiotischer Umweltstress für die Nutzpflanzenproduktion vor allem in gemäßigten Gebieten gefunden (Maracchi et al. 2005). Hitzestress ist ähnlich wie Wasserstress besonders bei der Befruchtung kritisch. Dazu kommt die Beschleunigung der phänologischen Entwicklung und damit, besonders bei Kulturen mit kurzer Vegetationszeit (Sommergerste), eine unzureichende Ausbildung von Pflanzenorganen für die Ausschöpfung des Ertragspotentials. Bei Kombination von Hitze- und Trockenstress kann es zu einer starken Schädigung des pflanzlichen Metabolismus kommen, indem aufgrund eines Überschusses an Strahlungsenergie reaktive Sauerstoffspezies gebildet werden, die etwa den Photosyntheseapparat angreifen.

¹ Department für Nutzpflanzenwissenschaften, Abteilung Pflanzenbau, Arbeitsgruppe Pflanzliche Produktionsökologie, Universität für Bodenkultur Wien, Konrad Lorenz Straße 24, A-3430 Tulln

* Ansprechpartner: Dr. Gernot Bodner, gernot.bodner@boku.ac.at

Die möglichen Abwehrstrategien von Pflanzen gegen Stress wurden von Levitt (1980) zusammengefasst. Diese umfassen (i) das zeitliche Entkommen, etwa durch angepasste Reifezeiten, (ii) das Vermeiden von Stress durch verbesserte Ressourcenaufnahme oder sparsame Ressourcennutzung, sowie (iii) das Tolerieren von Stress, etwa durch Schutzmechanismen des Metabolismus. Viele Stressreaktionen sind mit hohem Ertragspotential wenig kompatibel. So kann eine zu frühe Abreife Vegetationszeit kosten, in der noch ausreichend Wachstumsfaktoren zur Verfügung stehen. Eine übermäßig sparsame Ressourcenaufnahme, etwa eine kleine Blattfläche, kann zu einer unzureichenden Ausnutzung von Wachstumsfaktoren führen (z.B. schlechte Strahlungsnutzung) und Ressourcen ungenutzt lassen. Ziel der Stressresistenz in der Nutzpflanzenproduktion ist daher in erster Linie Anpassungsmechanismen zu finden, die eine optimale Ausnutzung der natürlich vorhandenen Ressourcen garantieren. Diese sind theoretisch kompatibel mit hohem Ertrag bei gleichzeitig hoher Stressresistenz.

Neben der Anpassung der Kulturpflanzen (Artenwahl in der Fruchtfolge, Sortenwahl) sind Managementfaktoren relevant, um die Pflanzenproduktion gegen klimatischen Stress zu rüsten. Dazu gehören Bodenbearbeitung, Bestandese-tablierung (Saatzeit, Saatstärke) und angepasste Düngung.

Der Beitrag diskutiert auf Grundlage empirischer Fakten aus dem österreichischen semi-ariden Produktionsgebiet wichtige Anpassungsstrategien der Kulturpflanzen an den Klimawandel und daraus folgende Zukunftsoptionen hinsichtlich Fruchtfolgen und ausgewählter Managementfaktoren.

Material und Methoden

Der Analyse liegt die Auswertung von Ertragsdaten von Ackerbauarbeitskreisen der Landwirtschaftskammer Niederösterreich zugrunde. Diese umfassen Kulturpflanzenerträge sowie detaillierte Angaben zum Management, die von Landwirten aufgezeichnet werden. Die hier verwendeten Daten stammen von den Arbeitskreisen Baden, Krems, Horn, Hollabrunn, Mistelbach und Wiener Neustadt und umfassen in etwa den Zeitraum 2002 bis 2014.

Neben den Ertrags- und Managementdaten werden Klimadaten der Wetterstationen der ZAMG verwendet, um (i) die verschiedenen Standorte zu differenzieren, sowie (ii) Zusammenhänge zwischen Ertrag und Witterung zu analysieren. Aus den Basisdaten wurden einige abgeleitete Indikatoren errechnet (Tabelle 1).

Die statistischen Analysen wurden mit dem Programm SAS durchgeführt. Die Zusammenhänge zwischen Ertrag und

klimatischen Indikatoren wurden mittels linearer Regression (PROC REG) ermittelt. Varianzanalytische Gegenüberstellungen erfolgten als paarweiser Vergleich mittels Welch-Zweistichprobentest, der besonders bei inhomogenen Varianzen stabile Ergebnisse sichert (PROC TTEST).

Ergebnisse und Diskussion

Witterung und Ertrag

Abbildung 1 zeigt die klimatischen Indikatoren der untersuchten Standorte als Boxplots.

Die stärkste Differenzierung zeigen der Niederschlag und dessen Verteilung. Am trockensten sind die Standorte Hollabrunn und Mistelbach, wobei in Mistelbach ein geringerer Anteil der Niederschläge in der Vegetationszeit fällt. Bei den Strahlungs- und Hitzeindikatoren fällt erwartungsgemäß der Bezirk Horn mit signifikant geringeren Werten auf. Die abgeleiteten Trockenindikatoren PDSI und CMI, die die Abweichung der Einzeljahre vom langjährigen (30 Jahre) Mittel zeigen, bringen keine signifikante Differenzierung der Standorte.

Abbildung 2 zeigt die Ergebnisse des Zusammenhangs zwischen den Erträgen der Kulturen Zuckerrübe, Körnermais, Winterweizen und Sommergerste und klimatischer Indikatoren. Die Abbildung gibt jene Indikatoren wieder, die den stärksten Zusammenhang mit den Jahreserträgen ergaben.

Die Getreideerträge zeigten den stärksten Zusammenhang mit der kumulativen Zahl an Hitzestunden, während Körnermais und Zuckerrübe als Kulturen mit langer Vegetationszeit stärker auf die verfügbaren Niederschläge (Verteilung bzw. kombinierter Index aus Hitze und Bodenfeuchte) ansprechen. Das weist darauf hin, dass besonders bei Getreide die Wirkung der Hitze sowohl auf Phänologie als auch Befruchtung stark den Ertrag beeinflusst. Es sei angemerkt, dass die Hitzeindikatoren in den meisten Fällen keinen signifikanten Zusammenhang mit den Niederschlagsindikatoren zeigen, also eine vom Niederschlag unabhängige Erklärungsvariable darstellen.

Kulturarten und Fruchtfolge

Im derzeitigen Fruchtartenverhältnis ist Winterweizen die klar dominante Kulturart, gefolgt von Körnermais und Sommergerste. Zuckerrübe, Winterraps, Silomais und Wintergerste folgen mit einem ähnlichen Flächenanteil um 10 % (Grüner Bericht 2013). Diese Kulturarten bilden damit die Stützpfeiler der derzeitigen Fruchtfolgen im Osten Österreichs.

Tabelle 1: Klimatische Indikatoren.

Kurzfristige Indikatoren (aktuelle Situation)	
Niederschlag	Höhe (Jahr, kritische Perioden, Monat), Verteilung (In- vs. off-season)
Referenzevapotranspiration	Höhe und Verteilung (s.o.), Verhältnis zu Niederschlagshöhe
Temperatur	Hitzetage und kumulierte Temperatur über 27°C
Hitze+Trockenheit	Multiplikativer Indikator aus Hitzetagen und Wasserdefizit (FAO56)
Langfristige Indikatoren (Abweichung vom Normalwert)	
Palmer Drought Severity Index	Niederschlag, Temperatur, Bodenspeicher
Crop Moisture Index	s. PDSI, aber wöchentlich

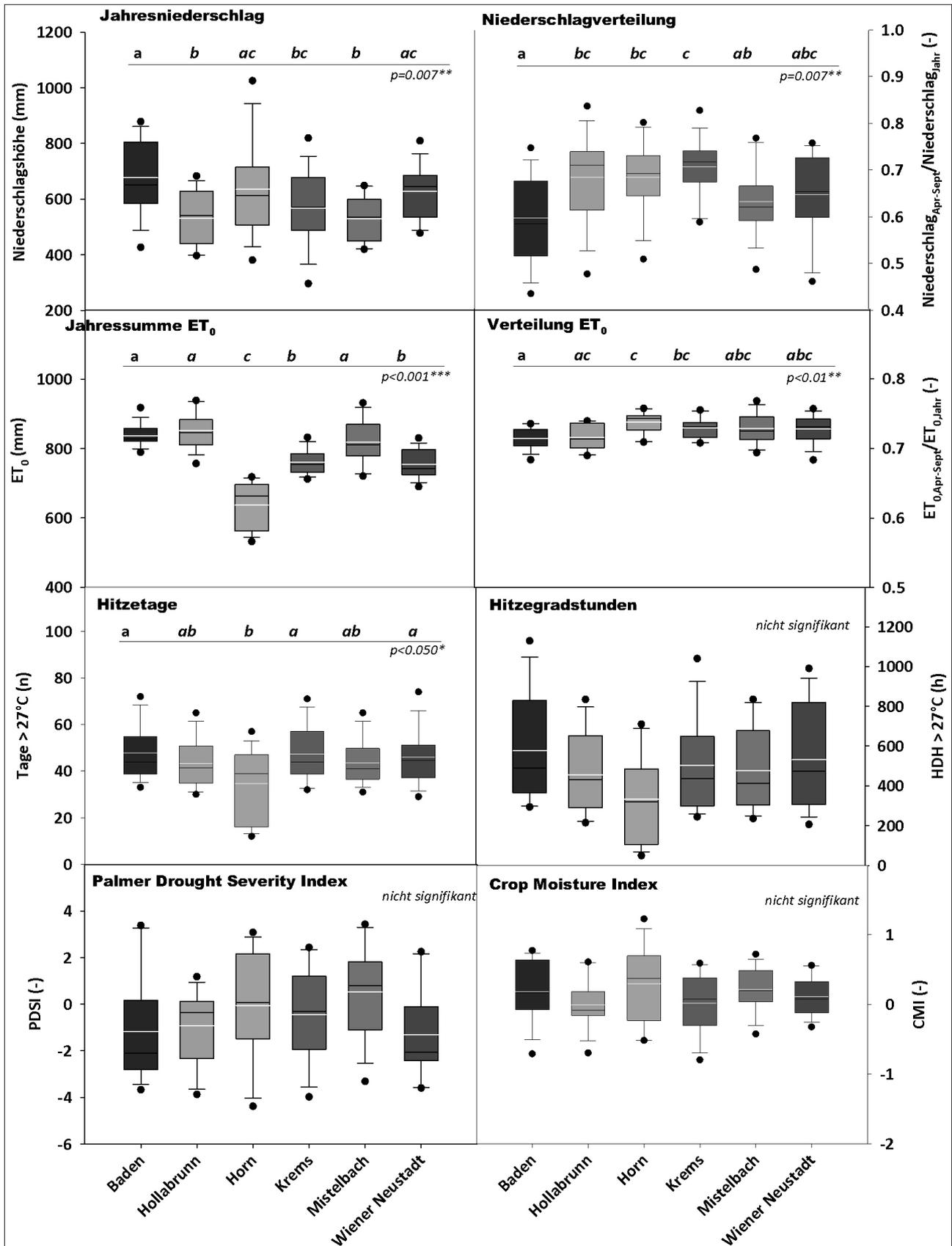


Abbildung 1: Meteorologische Standortcharakteristika (Boxplots der Jahre 2002-2014 mit Median und Mittelwert). Gleiche Buchstaben zeigen jene Fälle ohne signifikante Unterschiede ($p<0,05$).

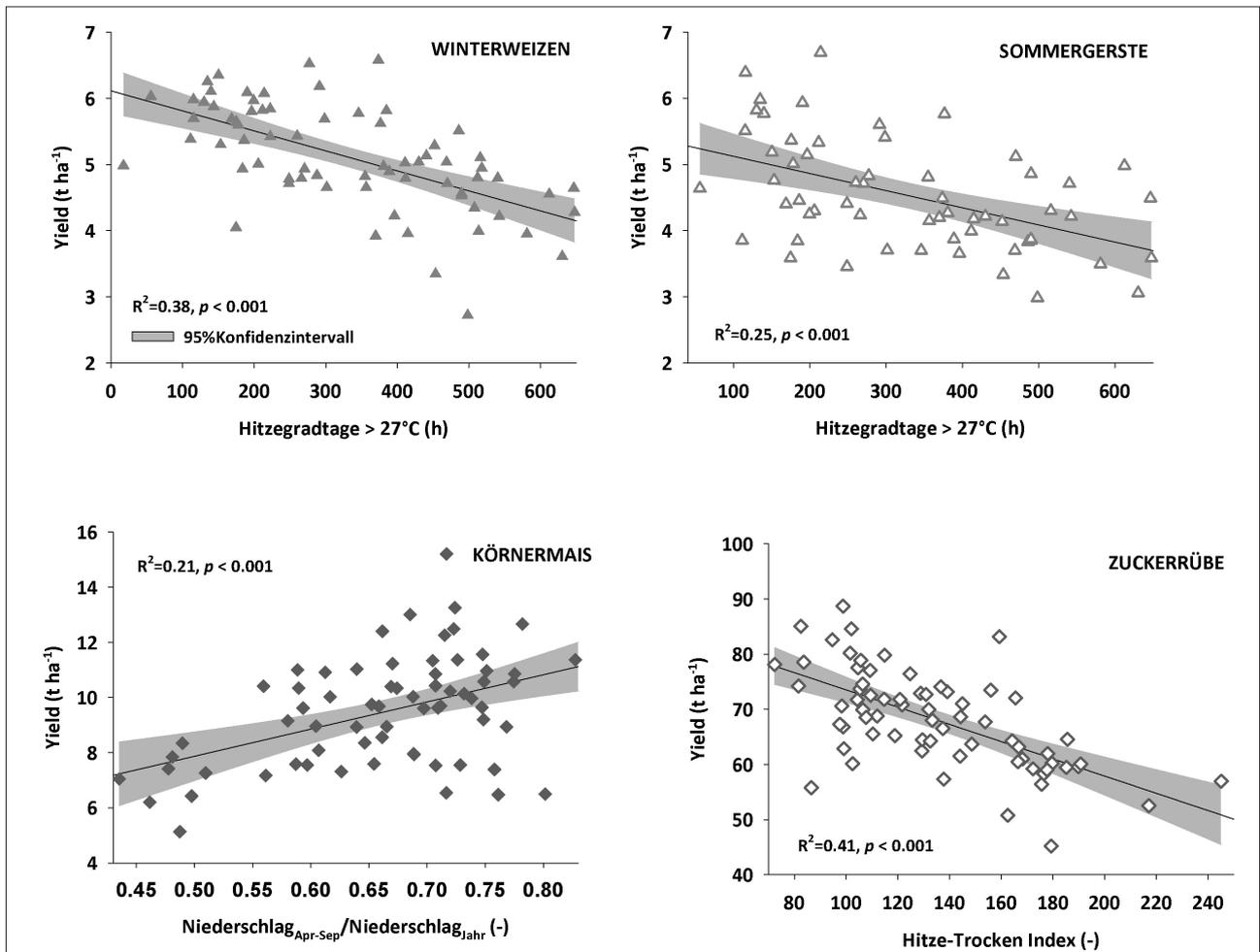


Abbildung 2: Lineare Regression von Erträgen ausgewählter Hauptfrüchte und klimatischer Indikatoren.

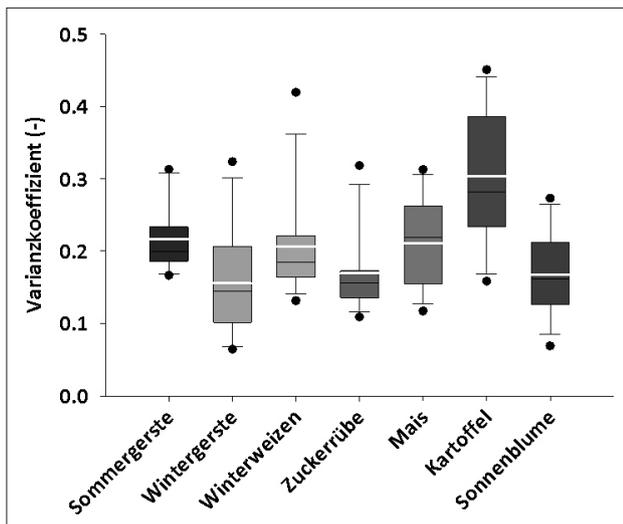


Abbildung 3: Ertragssensitivität ausgewählter Kulturpflanzen.

Abbildung 3 zeigt eine Einschätzung der Stresssensitivität von Fruchtfolgegliedern, wobei hier auch Kartoffel und Sonnenblume als Extreme berücksichtigt wurden. Der Varianzkoeffizient zeigt das Ausmaß der Ertragsreaktion

einzelner Kulturen auf unterschiedliches Angebot an Wachstumsfaktoren. Die Boxplots fassen dabei immer Jahre und Standorte als Umwelten zusammen und zeigen den Median sowie das Mittel über die Umwelten als auch die gesamte Schwankungsbreite als Folge der unterschiedlichen Böden und Managementmaßnahmen auf den Einzelschlägen. Klar sind Zuckerrübe, Sonnenblume und Wintergerste am ertragsstabilsten, während Kartoffel am sensitivsten auf variable Umwelten reagiert. Sommergerste, Winterweizen und Körnermais liegen auf einem ähnlichen Niveau dazwischen.

Zuckerrübe und Sonnenblume können als Vermeider von Stress interpretiert werden. Sie sind in der Lage, vor allem den Wasserhaushalt des Bodens optimal auszunutzen. Zuckerrübe steht zumeist auf tiefgründigen Standorten, ist in der Lage den Boden entsprechend intensiv und tief zu durchwurzeln und reagiert bei Trockenheit mit osmotischer Anpassung im Blatt: Die Spaltöffnungen bleiben über längere Zeit geöffnet, auch bei reduziertem Blattwasserpotential (anisohydrisches Verhalten). Sonnenblume zeichnet sich ebenfalls durch ein sehr dichtes Wurzelsystem aus und weist sehr reißfeste Xylemelemente auf. D.h. selbst bei hohen Wasserpotentialgradienten kommt es erst spät zu einer Unterbrechung der Leitgefäße durch Luft-Embolien.

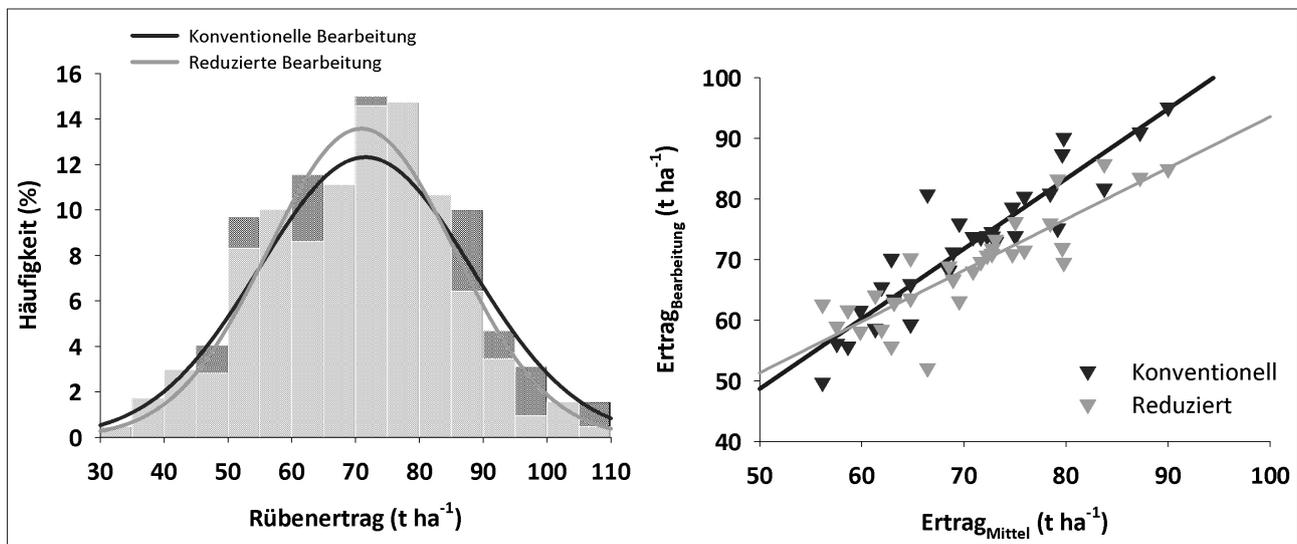


Abbildung 4: Ertragswirkung von konventioneller (Pflug) vs. reduzierter (nicht wendend) Grundbodenbearbeitung bei Zuckerrübe.

Zu den Kulturen, die dem Stress ausweichen gehören jene, die relativ früh abreifen. Wintergerste hat hier einen Vorteil gegenüber Sommergerste und Winterweizen. Insgesamt gelten Winterungen gegenüber Sommerungen als stressresistenter, da sie einen Teil der Vegetationszeit unter kühleren Bedingungen durchlaufen und im Frühjahr bereits Wurzeltiefe vorgebaut haben, um frühe Trockenklemmen abzapuffern. Dementsprechend ist es verwunderlich, dass die Daten ähnliche Stresssensitivität von Winterweizen und Sommergerste zeigen. Winterweizen ist möglicherweise deshalb relativ sensibel, da er über die Bestockung ein hohes Ertragspotential hat, das jedoch bei Stress stark reduziert werden kann. Dies kann zu einem entsprechend hohen Varianzkoeffizienten führen.

Die Kartoffel ist aufgrund des flachen Wurzelsystems und der starken Anfälligkeit der Knollenausbildung auf Trockenheit sehr ertragsinstabil. Die tendenziell eher leichteren Böden und das sehr wasserintensive Management (hohe Oberfläche der Dämme) erhöhen zusätzlich das Stressrisiko.

Die Auswertung zeigt, dass es in der Fruchtfolge durchaus Optionen von weniger stresssensitiven Kulturen gibt. Zu diesen würden auch neue Kulturen wie Hirse gehören, die unter Trockenbedingungen in Versuchen durchaus bessere Erträge als Silomais bringen können. Dennoch muss davon ausgegangen werden, dass die Stresssensitivität für die Fruchtfolgeentscheidung der Landwirte nur sekundäre Bedeutung gegenüber ökonomischen Überlegungen hat. Dementsprechend müssen auch Managementoptionen innerhalb der Kulturen selbst berücksichtigt werden.

Managementoptionen

Die wichtigste Managementoption stellt der Saattermin dar. Zahlreiche Versuche bei Getreide zeigen, dass Frühsaaten an leichteren Standorten, die regelmäßig an Trockenstress zur Kornfüllung leiden, im Ertrag besser abschneiden. Der Nachteil ist das erhöhte Krankheitsrisiko (z.B. Gelbverzwergung). Innerhalb eines optimalen Saatfensters (+/- 7

Tage) zeigen die Ertragsdaten der Ackerbauarbeitskreise, dass ein früherer Saattermin beinahe an allen Standorten und Jahren im Ertrag höher liegt (Abbildung nicht gezeigt). Dies kann auf eine frühere Blüte/Reife (Stress-Entkommen), aber auch eine bessere Nutzung des Wachstumsfaktors Strahlung in frühen Entwicklungsstadien zurückgeführt werden.

Eine zweite wichtige Managementoption bietet das Bodenbearbeitungssystem. Bodenbearbeitungsversuche zeigten, dass unter Trockenbedingungen reduzierte Bearbeitung tendenziell ertraglich besser abschneidet, unter feuchteren Bedingungen dagegen die stärker lockernde konventionelle Pflugbearbeitung höhere Erträge liefert (Lahmar 2010). Ein Beispiel dafür gibt auch *Abbildung 4* für Zuckerrübe.

In 83,3 % der Fälle (Jahr x Ort) zeigt sich bei Zuckerrübe in den untersuchten Bezirken kein signifikanter Ertragseffekt. In 16,7 % der Fälle liegen die Erträge bei reduzierter Bearbeitung niedriger. Jedoch schneidet reduzierte Bearbeitung in Stressjahren mit Mittelträgen unter 60 t ha⁻¹ besser ab. Die Zuckerrübe kann als sensibel gegenüber reduzierter Bearbeitung eingestuft werden. Trotzdem wird bei stärkerem Umweltstress eine wassersparende Bodenbearbeitung effektiv. Ähnliche Tendenzen zeigen sich auch bei Körnermais, ohne jedoch deutliche Ertragsnachteile für die höheren Ertragslagen (Abbildung nicht gezeigt).

Ein vom Umweltstandpunkt wichtiges Fruchtfolgeelement in Österreich ist der Zwischenfruchtbau. Im Zusammenhang mit Wasserknappheit steht die zusätzliche Kultur jedoch immer wieder zur Diskussion. Ertragsergebnisse zeigen aber, dass das Risiko eines negativen Ertragseffekts sehr gering ist (*Abbildung 5*). Bei Körnermais treten in 85,1 % der Fälle bei den untersuchten Umwelten keine signifikanten Ertragseffekte auf, bei Sommergerste in 73,5 % der Fälle. Ertragsnachteile können am ehesten bei Körnermais auftreten, der in Trockenjahren und im Falle von geringen Winterniederschlägen auf eventuell etwas geringere Unterbodenfeuchte nach Zwischenfrucht mit leichten Mindererträgen reagiert.

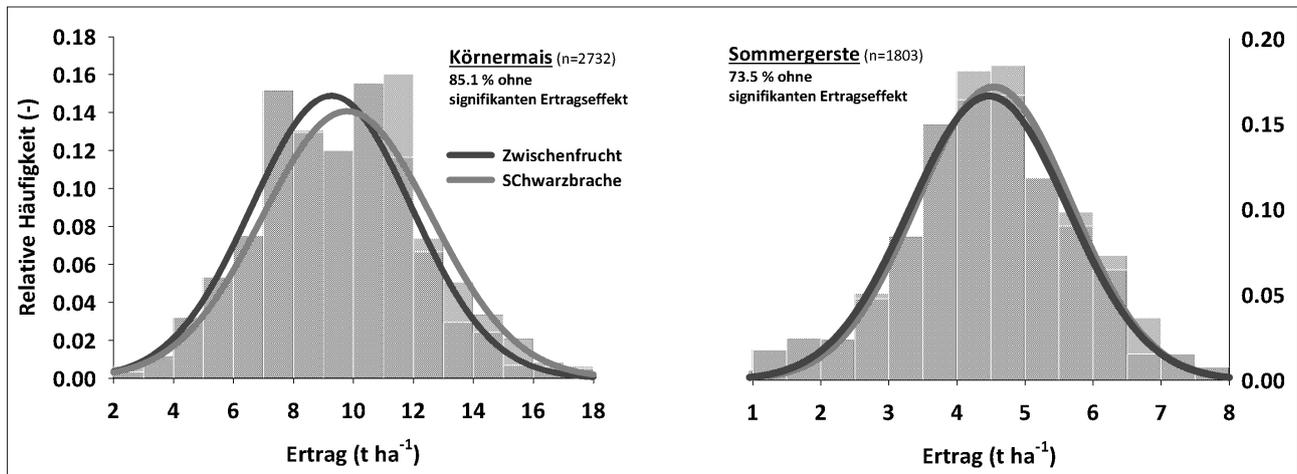


Abbildung 5: Ertragswirkung von Zwischenfrucht vs. Schwarzbrache bei Körnermais und Sommergerste.

Schlussfolgerung

Kulturpflanzen haben verschiedene Strategien auf Trockenheit und Hitzestress zu reagieren. Entscheidend ist eine optimale Nutzung der natürlichen (Boden)ressourcen. Dies kann durch stressresistente Fruchtfolgeglieder und Sorten erreicht werden. Ein wichtiger Beitrag ist jedoch auch ein angepasstes Management, das im Rahmen des bestehenden Arten- und Sortenspektrums die Ausnutzung der natürlich verfügbaren Ressourcen verbessern und über die Bodenfruchtbarkeit diese auch langfristig absichern kann.

Danksagung

Die Daten wurden im Rahmen des ACRP Projekts „Agro Drought Austria - Trockenheitsmonitoringssystem für die Landwirtschaft in Österreich“ ausgewertet. Wir bedanken uns für die Daten bei der Landwirtschaftskammer Nie-

derösterreich und für die finanzielle Unterstützung beim österreichischen Klimafonds.

Literatur

- Bodner G., Nakhforoosh A. & Kaul H.P. (2015) Management of crop water under drought: a review. *Agronomy for Sustainable Development*, 35(2), 401-442.
- Grüner Bericht (2013) www.gruenerbericht.at
- Lahmar R. (2010) Adoption of conservation agriculture in Europe: lessons of the KASSA project. *Land use policy*, 27(1), 4-10.
- Levitt J. (1980) Responses of plants to environmental stresses. Volume II. Water, radiation, salt, and other stresses (No. Ed. 2). Academic Press.
- Maracchi G., Sirotenko O. & Bindi M. (2005) Impacts of present and future climate variability on agriculture and forestry in the temperate regions: Europe. *Climatic Change*, 70(1-2), 117-135.
- Strauss F., Formayer H. & Schmid E. (2013) High resolution climate data for Austria in the period 2008–2040 from a statistical climate change model. *International Journal of Climatology*, 33(2), 430-443.

Bodenschutz in Österreich - Entwicklungen und Herausforderungen am Beispiel der Bodenerosion

Peter Strauss^{1*}

Zusammenfassung

Das Verständnis von Boden als Schutzgut hat sich in den letzten Jahrzehnten enorm verändert. Am Beispiel der Bodenerosion wird - auch im Vergleich mit den Nachbarstaaten Schweiz und Deutschland - gezeigt, welche gesetzlichen Schritte unternommen wurden, um Bodenerosion zu verringern und wo wir heute mit diesen Bemühungen stehen.

Schlagwörter: Bodenschutzgesetz

Summary

The understanding of soil as a subject of protection has undergone an enormous change during the last decades. At the example of soil erosion I am comparing the legal developments of Austria also with a side view to Germany and Switzerland. Some achievements and drawbacks of the present situation will be discussed.

Keywords: soil protection law

Entwicklung und wesentliche gesetzliche Instrumente zum Schutz vor Bodenerosion

Der Begriff „Bodenschutz“ ist heute im allgemeinen Bewusstsein von Politik und Verwaltung präsent. Ein Blick auf Zeiträume von wenigen Jahrzehnten zeigt jedoch, dass Bodenschutz ein modernes Konstrukt ist und sich die Sichtweise auf die Bandbreite an Funktionen, die der Boden für die Gesellschaft bereitstellt, sich im letzten Jahrhundert extrem erweitert hat. Zu Beginn der 1950-er Jahre nach Ende des Zweiten Weltkrieges wurde Boden vor allem in seiner Funktion als Standort für Nahrungsmittelproduktion gesehen. Die Industrialisierung der landwirtschaftlichen Produktion durch steigende Mechanisierung (Bruckmüller et al. 2002) und „bodenverbessernde“ Maßnahmen durch die großflächige Umsetzung von Maßnahmen zur Bodenentwässerung (Ramsauer 1949), waren hier treibende Kräfte. Ausdruck dieser Entwicklung ist der ständig steigende Mineraldüngerverbrauch in diesen Jahren (*Abbildung 1*).

In den 1970-er Jahren kam es zur Entwicklung eines steigenden Umweltbewusstseins in Österreich mit den bekannten politischen Entwicklungen (Stichwort „Zwentendorf – Hainburg“). Nicht nur das steigende Umweltbewusstsein sondern auch der kontinuierlich steigende Anschlussgrad an Abwasserreinigungsanlagen (1981 lag der Anschlussgrad der Abwasserreinigungsanlagen bei 58%, 1991 bei 71%) und die damit verbundene Frage „wohin mit dem Klärschlamm“ führte dann auch zu einer Diskussion um die Wiederverwertung von Klärschlamm auf landwirtschaftlich genutzten Flächen. Diese Diskussion mündete in der Etablierung von Bodenschutzgesetzen in den meisten Bundesländern. Da die Initiale der Bodenschutzgesetzgebung in der Klärschlammdebatte lag, war diesem Thema und auch der Frage nach chemischen Belastungen im Allgemeinen in den jeweiligen Landesgesetzen breiter Raum gewidmet. Die Frage unter welchen Bedingungen Klärschlamm auf

landwirtschaftlich genutzten Böden ausgebracht werden darf, wurde dabei recht deutlich geregelt. Es wurden aber auch andere Bodenschutzagenden angesprochen, z.B. das Thema Bodenerosion. Die Formulierungen dafür sind in den jeweiligen Landesgesetzen dabei recht ähnlich. Als Beispiel sind hier die entsprechenden Paragraphen des steirischen Bodenschutzgesetzes angeführt.

LGBl. Nr. 87/1987 (Bodenschutzprogrammverordnung)

§ 1 (1) Zur Schaffung der Grundlagen für die Beurteilung des durch Schadstoffeintrag, Erosion und Verdichtung gegebenen Belastungsgrades und der möglichen Belastbarkeit landwirtschaftlicher Böden mit Schadstoffen sind laufend Zustandskontrollen zu veranlassen.

.....

§ 5 (1) Die Bewirtschafter landwirtschaftlicher Böden haben in Lagen, die durch Bodenabtrag und Bodenverdichtung gefährdet sind, diese Gefährdung durch pflanzenbauliche, kulturtechnische und ackerbauliche Maßnahmen hintanzuhalten.

.....

§ 12 (1) Die Landesregierung hat zur Schaffung der Grundlagen für die Beurteilung des durch Schadstoffeintrag, Bodenabtrag und Verdichtung gegebenen Belastungsgrades und der möglichen Belastbarkeit landwirtschaftlicher Böden mit Schadstoffen laufend Zustandskontrollen zu veranlassen.

.....

1995 wurde dann das österreichische Umweltschutzprogramm ÖPUL ins Leben gerufen, das – im Rahmen einer freiwilligen Teilnahme – dazu gedacht ist, mit einer Reihe von Maßnahmen Bodenschutz in der landwirtschaftlichen Praxis umzusetzen. Neben anderen Bodenschutzbereichen werden auch Maßnahmen zum Schutz vor Bodenerosion gefördert. In der aktuellen Version des ÖPUL Programmes

¹ Institut für Kulturtechnik und Bodenwasserhaushalt, Bundesamt für Wasserwirtschaft, Pollnbergstraße 1, A-3252 Petzenkirchen

* Ansprechpartner: Dr. Peter Strauss, peter.strauss@baw.at

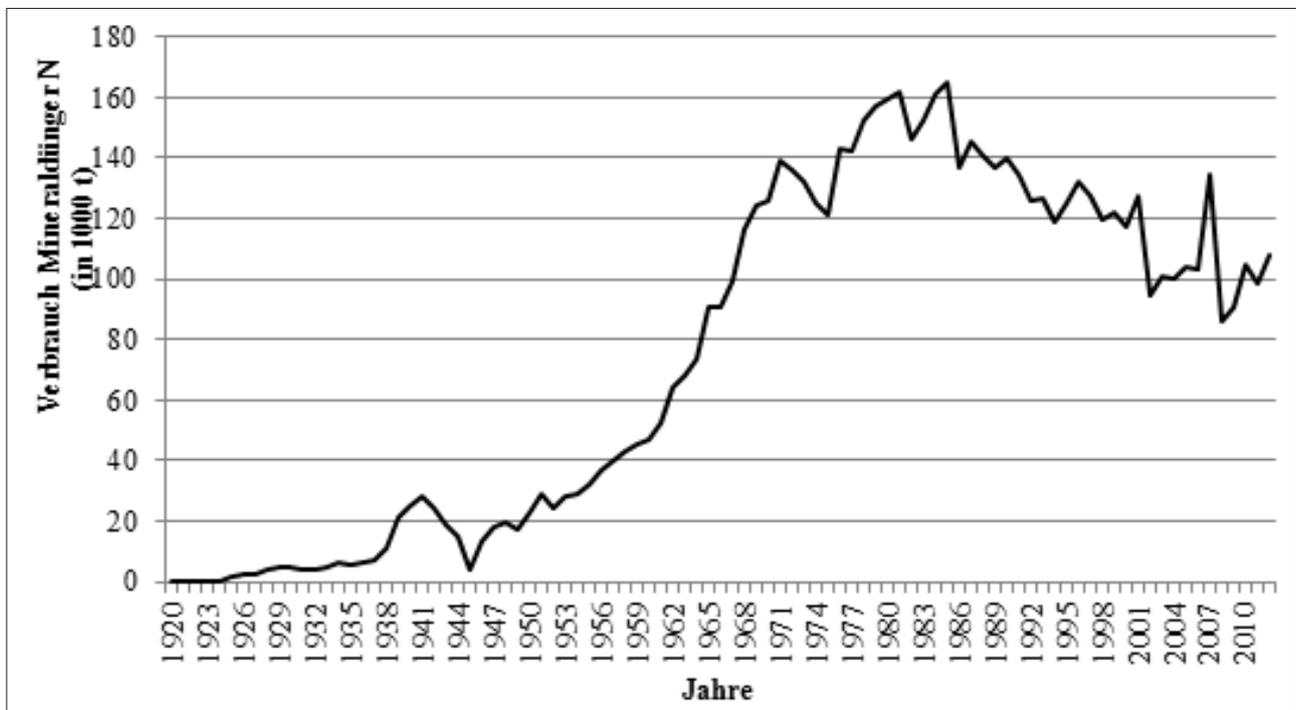


Abbildung 1: Änderung des Verbrauchs an mineralischem Stickstoff in Österreich seit 1920.

(BMLFUW 2015) z.B. mit der Maßnahme 2.8 Mulch und Direktsaat (inkl. Strip-Till), mit dem Ziel einer „Reduktion des Bodenabtrags durch den Verzicht auf wendende Bodenbearbeitung und Tiefenlockerung“.

Herausforderungen bei der Umsetzung der gesetzlichen Instrumente des Erosionsschutzes

Bei der Umsetzung der derzeit gesetzlich vorliegenden Instrumente eröffnen sich eine Reihe von Problemstellungen und es ist interessant, wie unsere unmittelbaren Nachbarn Deutschland und Schweiz in dieser Frage agieren:

1. Grenzwerte

Im Gegensatz zu tolerierbaren Obergrenzen von z.B. Schwermetallgehalten im Boden wurde auf die explizite Ausweisung tolerierbarer Bodenverluste in der österreichischen Bodenschutzgesetzgebung verzichtet. Damit finden sich Parallelen zur entsprechenden deutschen Gesetzgebung (BGBl. I S. 1554, 1999), die ebenfalls keine Grenzwerte vorsieht. Im Gegensatz dazu wird in der Schweizer Bodenschutzgesetzgebung (VBBO, 1998) eine Obergrenze des Bodenabtrags von zwischen 2 t/ha/Jahr und 4 t/ha/Jahr vorgesehen, abhängig von der Mächtigkeit des Oberbodens. In Deutschland wurden in gewisser Weise Grenzwerte durch die Regelungen der Cross Compliance getroffen, die vorsehen, dass ab einem bestimmten Erosionsrisiko Maßnahmen gesetzt werden müssen. Dabei wird nicht das aktuelle, sondern das potentielle Erosionsrisiko als kombiniertes Risiko von Hangneigung und Bodenempfindlichkeit bewertet.

2. Bewertung

Unmittelbar mit der Festlegung von Grenzwerten ist natürlich die Frage verbunden, wie Grenzwerte bestimmt werden

können. Die österreichischen Bodenschutzgesetze der Länder bieten hier erhebliche Auslegungsspielräume und lassen vor allem die Frage nach dem „Wie“ offen. Sowohl in der deutschen als auch in der schweizerischen Gesetzgebung wird auf die Anwendung von Modellen als auch die Vorort Messung von sichtbaren Erosionsformen (Rillen, Sedimentationsflächen) gesetzt. Beide Ansätze sind natürlich auch problembehaftet, bieten aber eine Handlungsanweisung.

3. Wirkung

Die Wirkung erosionsschützender Maßnahmen kann in Österreich im Wesentlichen über die Teilnahme an ÖPUL Maßnahmen abgelesen werden. *Abbildung 2* stellt den langjährigen Verlauf des Bodenverlustes durch Wassererosion unter Einbeziehung der angebauten Feldfrüchte und der Teilnahme an ÖPUL dar. Es handelt sich daher um sogenannte „aktuelle“ Bodenabträge im Sinne des Erosionsmodells RUSLE/USLE. Durch ÖPUL wurde in den letzten Jahren eine Reduktion des Bodenabtrags besonders erosionsgefährdeter Flächen erzielt. Für die Reduktion dieser Flächenanteile ist jedoch auch die Verringerung der Ackerflächen insgesamt einzubeziehen. Durch Erhöhung der Teilnehmeraten sind noch wesentliche Verbesserungen zu erzielen. Bei der Berechnung wurde außerdem eine optimale Wirkung der Erosionsschutzmaßnahme „Mulch- und Direktsaat“ unterstellt. Wie sich zeigte (Hösl and Strauss 2016, Liebhard et al. 2014), wird diese idealisierte Annahme aber nur in wenigen Fällen eingehalten.

Literatur

BMLFUW (2015) Sonderrichtlinie des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (BMLFUW) für das Österreichische Programm zur Förderung einer umweltgerechten, extensiven und den natürlichen Lebensraum schützenden Landwirtschaft. GZ BMLFUW-LE.1.1.8/0089-II/3/2014, BMLFUW, Wien.

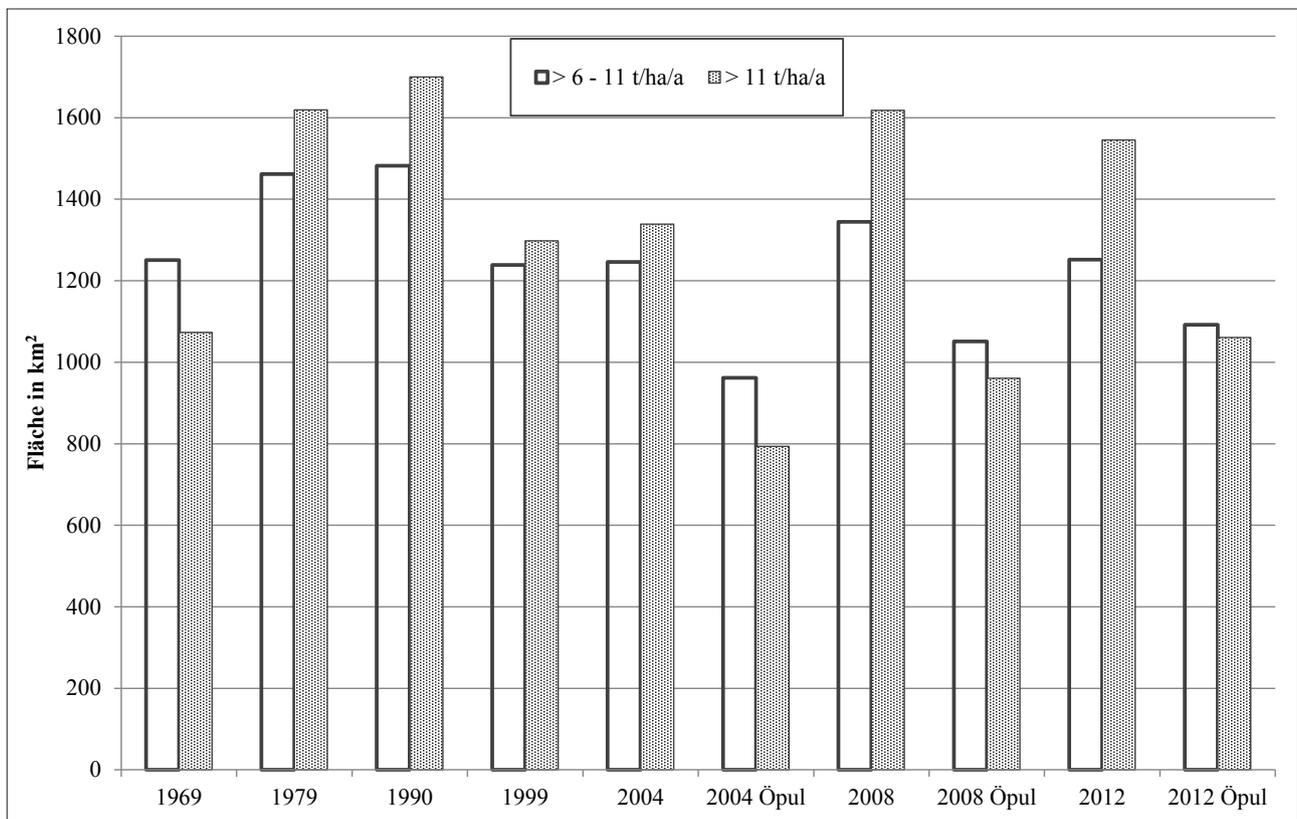


Abbildung 2: Theoretische Veränderung der durchschnittlichen Bodenabträge durch Wassererosion in Österreich seit 1969 mit und ohne Teilnahme am ÖPUL Programm.

Bruckmüller E., E. Honisch, R. Sandgruber (2002) Geschichte der österreichischen Land- und Forstwirtschaft im 20. Jahrhundert. Ueberreuter, Wien.

Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (1999) BGBl. I S. 1554, die zuletzt durch Artikel 102 der Verordnung vom 31. August 2015 (BGBl. I S. 1474) geändert worden ist, Bundesministeriums der Justiz und für Verbraucherschutz, Deutschland.

Hösl R., Strauss P. (2016) Conservation tillage practices in the alpine forelands of Austria - are they effective? CATENA 137, 44-51.

Liebhart P., Kamptner J. & Strauss P. (2014) Einfluss der Saatbettbereitung bzw. der Mulchsaat auf den Boden-Bedeckungsgrad mit organischer

Substanz zur Erosionsverminderung. ALVA-Jahrestagung, 19.-20.5.2014, 66-68.

Ramsauer B. (1949) Zukunftsaufgaben der kulturtechnischen Bodenverbesserung in Österreich. Jahrbuch der Hochschule für Bodenkultur in Wien, Band II, 317-321.

Verordnung über Belastungen des Bodens - VBBo (1998) Stand am 1. Juni 2012, Nr. 814.12, Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK).

Verordnung zur Einteilung landwirtschaftlicher Flächen nach dem Grad der Erosionsgefährdung (Erosionsschutzverordnung – ESchV) vom 26. November 2015, (GVBl S. 442), BayRS 7841-3-L.

Bodenschutz und Erosionsschutzprojekte in der Steiermark

Karl Mayer^{1*}

Zusammenfassung

Nicht nur das Steiermärkische Bodenschutzgesetz, die Pflanzenschutz- und Düngerichtlinien im Rahmen von CC (Cross-Compliance), der GAP 2014+ und der sachgerechten Düngung machen Erosionsschutzmaßnahmen erforderlich, sondern auch die Notwendigkeit, die Bodenfruchtbarkeit und die Bodenbildungsrate effektiv zu erhalten. Die Steiermark ist mit ihrer hügeligen Morphologie im Ackerbaugebiet ständig mit Bodenerosion konfrontiert und daher gefordert, alle pflanzenbaulichen und landtechnischen Maßnahmen zum Erosionsschutz zu ergreifen.

Einleitung

Die Tatsache, dass Reihenkulturen wie Ölkürbis, Mais und Sojabohne zu den relevanten Kulturen der Steiermark gehören, macht es notwendig, Maßnahmen zu etablieren, die ökonomisch und pflanzenbaulich im Einklang stehen und gleichzeitig dem Erosionsschutz gerecht werden. Die Landeskammer hat deshalb seit Jahren die Versuchstätigkeit in diesem Bereich gemeinsam mit wissenschaftlichen Institutionen - wie der Universität Graz, der UNI für Bodenkultur und dem BAKT Petzenkirchen - unterstützt und in die Praxis umgesetzt.

Material und Methoden

Ein in den Jahren 2012 bis 2015 angelegter Versuch am Standort Oberlimbach (Oststeiermark) auf einem Hangpseudogley hatte zum Gegenstand, mit landtechnischen Maßnahmen dem Erosionsschutz gerecht zu werden. Dabei wurden drei verschiedene Grubber (Horsch Terrano, Vogel&Noot Terracult und ein älteres Grubbermodell mit Flügelscharen der Fa. Hatzenbichler), eine Strip-Till-Variante und als Kontrolle der Pflug in dreifacher Wiederholung getestet. Der Versuch wurde in einer mittlerweile nicht mehr erlaubten

Maismonokultur gefahren, weil es auch Sinn und Zweck war, die Wirkung dieser Maßnahmen auf die Maiswurzelbohrerschäden zu eruieren.

Die Maßnahmen wurden auf ihre Erosionsschutztauglichkeit, Ertragsbildung und ihren Einfluss auf die Qualität des Erntegutes (Mykotoxine, DON-Gehalt µg/kg TS) geprüft.

Die Erosionsschutzwirksamkeit wurde im Rahmen eines zweiten Versuches mit der Universität Graz (Kasinger und Lazar 2014) in Kohlberg bei Gnas, ebenfalls auf einem Hangpseudogley, messtechnisch mit Erosionsschutzfallen (Messparzellen mit 10 m Länge und 1,5 m Breite) überprüft. Bei diesem Versuch wurden zwei Grubber der Firmen Regent und Kuhn und eine konventionelle Bodenbearbeitung mit Pflug einmal mit und einmal ohne winterharte Begrünung mit Grünroggen angelegt. Dieser Versuch wurde in den Jahren 2013 und 2014 in zweifacher Wiederholung ausgeführt.

Ergebnisse

Das Ergebnis des vierjährigen landtechnischen Versuches in Oberlimbach ist in *Tabelle 1* zusammengefasst.

Das Ergebnis der Erosionsmessungen ist in *Tabelle 2* dargestellt (Masterarbeit Kasinger 2014)

Diskussion

Sowohl der Versuch in Oberlimbach als auch jener in Kohlberg bei Gnas zeigt, dass der Maisertrag durch die nicht wendende Bodenbearbeitung mit dem Grubber im Vergleich zum Pflug nicht schlechter ausfallen muss. Entscheidend für den Ertrag ist allerdings die Ausprägung des Grubbers für die Grundbodenbearbeitung zu Mais. Einerseits muss sichergestellt sein, dass die Bearbeitungstiefe mindestens 22 bis 25 cm beträgt und andererseits soll die Lockerung über die gesamte Arbeitstiefe homogen verlaufen und keine wellige Zonierung aufweisen, bei der Abschnitte mit tieferer und seichterem Lockerung gebildet werden.

Tabelle 1: Zusammenfassung des Bodenbearbeitungsversuches in Oberlimbach (Oststeiermark) in den Jahren 2012 bis 2015, Landeskammer für Land- und Forstwirtschaft Steiermark.

Variante	Pflanzenzahl je Hektar				Wasser %			Ertrag t/ha			MW		
	2012	2013	2014	2015	2012	2013	2014	2015	2013	2014		2015	
Grubber Hatzenbichler	75.000	77.262	79.417	73.333	25,7	27,8	21,5	18,0	9.576	3.703	9.460	6.197	7.234
Horsch Tiger	72.333	82.381	76.333	73.810	26,2	24,6	22,4	18,0	11.256	4.540	10.732	5.918	8.112
Pflug	79.333	80.119	78.417	72.976	24,9	24,8	22,7	18,1	11.961	5.247	10.158	5.724	8.273
StripTill	61.333	71.905	66.167	66.548	27,4	30,0	20,6	18,4	6.199	2.730	7.113	4.973	5.254
Vogel & Noot Terracult	72.667	79.881	76.417	73.452	26,2	25,6	22,2	18,1	13.182	4.823	10.034	6.244	8.571
Gesamtergebnis	72.133	78.310	75.350	72.024	26,1	26,6	21,9	18,1	10.434	4.209	9.500	5.811	7.488

¹ Landeskammer für Land- und Forstwirtschaft Steiermark, Abteilung Pflanzenbau, Hamerlinggasse 3, A-8010 Graz

* Ansprechpartner: Dr. Karl Mayer, karl.mayer@lk-stmk.at

Tabelle 2: Zusammenfassung der Abtrags- und Abflussmessungen in Kohlberg bei Gnas, Kasinger 2014.

Variante	Anteil in % der Fracht an Abflussprobe	Abfluss l/ha gemessen	Suspensionsfracht trocken im Abfluss [kg/ha]	Fracht in % vom Abtrag	Bodenabtrag kg/ha	Abtrag Gesamt Abtrag + Suspensions- fracht [kg/ha]
Grubber Kuhn	2,727	155.460	1411,9	83,8	1.684,1	3096,0
Grubber Regent	2,776	178.080	588,6	35,4	1.662,3	2250,9
Pflug mit Gründecke	0,656	107.047	175,5	54,8	320,4	495,9
Pflug ohne Gründecke	5,411	272.287	4735,7	99,3	4.770,5	9506,2
Grubber Regent	1,626	81.300	168,1	35,0	480,2	648,3
Grubber Kuhn	2,934	73.553	607,6	54,9	1.106,8	1714,3
Pflug ohne Gründecke	5,187	88.573	233,6	6,5	3.584,2	3817,9
Pflug mit Gründecke	2,036	66.847	121,6	31,3	388,9	510,5

Tabelle 3: Darstellung der Maiserträge in Kohlberg bei Gnas in Abhängigkeit vom Erosionsschutzverfahren, Kasinger 2014.

Variante	Neigung	Hektarertrag 2013 kg/ha
Grubber Kuhn	9,5°	10.263,9
Grubber Regent	9,5°	10.323,5
Pflug mit Gründecke	9,5°	7.836,7
Pflug ohne Gründecke	9,5°	8.746,0
Grubber Regent	6°	7.077,8
Grubber Kuhn	6°	7.708,9
Pflug ohne Gründecke	6°	7.185,2
Pflug mit Gründecke	6°	7.119,5

Der Ertragsabfall bei Pflug mit Gründecke auf dem steileren Hangabschnitt (9,5 Grad) ist auf mehrere Faktoren zurückzuführen - einerseits auf die Bindung des wichtigen Nährstoffes Phosphor in der Jugendphase des Maises durch die Gründecke des Grünroggens und zweitens auf den erhöhten Verbrauch an Wasser auf dieser Parzelle mit der Gründecke. Aus diesem Grund muss Vorsorge getroffen werden, dass die Begrünung vor dem Maisanbau nicht zu üppig anwächst.

Bei den Bodenabtragsmessungen kann deutlich gezeigt werden, dass die Grubbervarianten dem konventionellen Pflug überlegen sind und die Gesamtabtragswerte (Abtrag und

Suspensionsabtrag) um 55 bis 83 % gesenkt werden können. Hervorzuheben ist jedoch die Wirkung einer winterharten Gründecke mit vorhergehender Grundbodenbearbeitung mit dem Pflug, womit die Gesamtabträge je nach Hangneigung um 87 % bis 93 % reduziert werden konnten.

Überraschend hoch können im Versuch Kasinger in Kohlberg die Suspensionsabträge dargestellt werden. Sie erreichen beispielsweise bei der Variante Pflug ohne Gründecke gleich hohe Werte wie der gewöhnliche Bodenabtrag.

Schlussfolgerungen

Mit den besprochenen Versuchen konnte dargestellt werden, dass auch in einer Mais-auf-Mais-Fruchtfolge, welche durch die Maiswurzelbohrerverordnung der Steiermark mittlerweile ohnedies auf maximal 66 % der Fruchtfolge beschränkt ist, ein effektiver Erosionsschutz sichergestellt werden kann. Selbst mit reinen landtechnischen Maßnahmen, wie der nicht-wendenden Grubber-Grundbodenbearbeitung, ist eine deutliche Reduktion der Bodenabträge unter das tolerierbare Ausmaß möglich.

Literatur

Kasinger R. (2014) Bodenerosion in der Steiermark am Beispiel Raum Gnas. Masterarbeit Karl-Franzens-Universität Graz 2014.

EPIC - Beratungstool - Beispiele aus der Praxis

Peter Cepuder^{1*}, Reinhard Nolz¹, Johannes Maßwohl² und Alexander Beichler²

Kurzfassung

Die Grundwasservorkommen im Grazer Feld, Leibnitzer Feld und im Unteren Murtal dienen für viele Bewohner als Trinkwasserressource. Eine Belastung des Grundwassers mit Stickstoff dürfte von den applizierten Stickstoffdüngemitteln ausgehen, was sich auf Grund von langjährigen Untersuchungen bestätigt. Daher wurde mit Jänner 2016 von Seiten des Landes Steiermark das Grundwasserschutzprogramm „Graz bis Bad Radkersburg“ verordnet (Landwirtschaftliche Umweltberatung Steiermark 2015). Dies beinhaltet strenge Auflagen, die auch außerhalb der bisherigen Schongebiete wirksam werden. In Voraussicht dieser Problematik wurde in den Jahren 2012 und 2013 ein Beratungstool von der Universität für Bodenkultur für die landwirtschaftlichen Berater im Untersuchungsgebiet südlich von Graz in Hinblick auf Ertrag, Sickerwassermenge und Stickstoffaustrag erarbeitet. Mit diesem können vor Ort gemeinsam mit dem Landwirt schlagbezogen Szenarien alternativer bzw. düngerreduzierender Bewirtschaftung und deren Auswirkung auf Ertrag und Stickstoffaustrag diskutiert werden.

Nach intensiver Schulung der Berater im Umgang mit dem Tool und Umsetzung im letzten Jahr werden die ersten Ergebnisse präsentiert und Optimierungen vorgeschlagen. Es werden die Bedienerfreundlichkeit des EPIC – Programmes, generelle Aussagen der Anwender zu den Beratungsergebnissen und die Reaktionen der Landwirte beschrieben als auch ein Ausblick gegeben. Anhand eines Beispiels werden die Beratungsergebnisse hinsichtlich Ertrag und Stickstoffaustrag präsentiert.

Einleitung

In Österreich zählt Wasser zu den besonders schützenswerten Ressourcen. Gerade Grundwasser ist in Hinblick auf die Trinkwassernutzung ein sensibler Bereich, der vor Kontaminationen verschont werden muss.

Die effiziente Umsetzung Grundwasser schonender Maßnahmen in der Landwirtschaft erfordert ein hohes Maß an Akzeptanz und Problembewusstsein bei den betroffenen Landwirten. Diese erreicht man durch zielwirksame, nachvollziehbare, möglichst unbürokratische, praktikable und in den Betriebsablauf integrierbare Maßnahmen. Zur Veranschaulichung von Grundwasserschutzmaßnahmen für den Landwirt wurde von der Landwirtschaftlichen Umweltberatung Steiermark und der BOKU Wien ein Beratungsinstrument entwickelt. Damit kann bei der

einzelbetrieblichen Düngeplanung eine Einschätzung hinsichtlich Ertragsersparnis und Stickstoffaustrag gegeben werden. Dieses Instrument wird in der Beratung am landwirtschaftlichen Betrieb eingesetzt, um gemeinsam mit dem Landwirt unter Berücksichtigung von Risikokulturen und -standorten, den bestmöglichen Konsens zwischen pflanzenbaulichen Ertrag und wasserwirtschaftlichen Erfordernissen zu erreichen. Die direkte Konfrontation des Landwirts mit den zu erwartenden Auswirkungen seiner geplanten Düngungsmaßnahmen und der Fruchtfolge soll vor allem die Akzeptanz für Grundwasserschutzmaßnahmen erhöhen (Cepuder et al. 2014).

Die Höhe sowie die Verteilung der jährlichen Niederschläge hat durch die Sickerwasserbildung einen nicht unbedeutenden Einfluss auf die Verlagerung von Stickstoff und somit dessen Konzentration im Grundwasser. Bei Überschreiten des in der Qualitätszielverordnung festgelegten Grenzwertes (QZV Chemie GW 2010) sind Maßnahmen zur Verringerung des Inhaltstoffes zu treffen. Die Lösungsansätze die Landwirtschaft betreffend sind sehr vielfältig: Änderungen der Bodenbearbeitung, der Fruchtfolge und damit verbunden der Einsatz von Düngemitteln, die Optimierung der Bewässerung, aber auch Flächenstilllegungen bzw. Aufforstungen. Anhand von Modellanwendungen mit verschiedenen Szenarien können einige dieser Lösungsansätze untersucht werden.

Die steirische Umweltberatung möchte durch diese Beratung ein besseres Verständnis in der landwirtschaftlichen Bevölkerung in Zusammenhang mit der Grundwasserbelastung erreichen. Dies soll mit Hilfe dieses Simulationstools erfolgen, welches gestattet, der bäuerlichen Bevölkerung den umweltbewussten Einsatz dieser Betriebsmittel zu verdeutlichen.

Material und Methoden

Das Projektgebiet „Grazer Feld, Leibnitzer Feld und Unteres Murtal“ liegt südlich von Graz und bezeichnet den weitläufigen Talraum der Mur von deren Austritt aus den Alpen bis zur Grenze. Das Untersuchungsgebiet umfasst eine landwirtschaftlich genutzte Fläche von ca. 28.000 ha. Der Talraum um die Mur besteht aus fluvialen und fluvio-glazialen Sedimenten, welche für die Grundwasserspeicherung bedeutend sind. Über den Schotterkörpern liegen meist braune Auböden. Das Untersuchungsgebiet hat vorwiegend gemäßigt-Übergangsklima, das vom niederschlagsarmen pannonisch- bzw. illyrisch-kontinentalen Klima mit heißen Sommern und kalten Wintern aber auch von den

¹ Institut für Hydraulik und landeskulturelle Wasserwirtschaft, Universität für Bodenkultur Wien, Muthgasse 18, A-1190 Wien

² Landwirtschaftskammer Steiermark, Hamerlinggasse 3, A-8010 Graz

* Ansprechpartner: Ass.Prof. DI Dr. Peter Cepuder, peter.cepuder@boku.ac.at

Mittelmeerniederschlägen beeinflusst wird. Beim Boden dominiert eine lehmig-sandige Feinsedimentdecke mit einer durchschnittlichen Mächtigkeit zwischen 60 und 80 cm. Rund 40 % der Ackerfläche werden als geringwertig, 30 % als mittelwertig und 30 % als hochwertiges Ackerland ausgewiesen (BMLFUW 2013).

Die flächenmäßig am häufigsten angebaute Kultur ist Mais, ein wesentlicher Bestandteil lokaler Fruchtfolgen. An zweiter Stelle folgt Ölkürbis aus dessen Kernen Öl gewonnen wird. Daher wurden für die Beratung vorerst von den rund 50 angebauten verschiedenen Kulturen Körnermais, Ölkürbis, Winterweizen und Sojabohne ausgewählt. Nach Winterweizen wird bereits als eine der ersten Maßnahmen zum Grundwasserschutz im Regelfall eine Zwischenbegrünung angebaut.

Für das Untersuchungsgebiet wird das mathematische Simulationsmodell EPIC (Environmental Policy Integrated Climate) (Sharpely und Williams 1990) eingesetzt. Mit diesem Modell können eine Reihe physikalischer und chemischer Prozesse simuliert werden. Es basiert im Wesentlichen auf Teilbereichen zur Beschreibung von Wasserhaushalt, Stoffverlagerung, Pflanzenwachstum und Erosion. Die Verknüpfung dieses Modells mit klimatischen, bodenphysikalischen, hydrologischen und pflanzenphysiologischen Daten ergibt somit auch die Möglichkeit der Darstellung der gesamten vertikalen Wasser- und Stickstoffverläufe in Verbindung mit dem Pflanzenwachstum (Williams 1986).

Die Verwaltung und Darstellung räumlicher Daten erfordert ein GIS. Durch Verknüpfung von EPIC mit ArcView-GIS ist eine einfache Handhabung aller notwendigen Daten und Parameter gewährleistet. Aus der digitalisierten Bodenkarte der Kartierungsbereiche Graz-Süd, Wildon, Leibnitz, Mureck und Bad Radkersburg (BMLFUW 2013) konnten alle erforderlichen Detaildaten wie Mächtigkeit, Bodenart, Speicherfähigkeit, Grobanteil, etc. für das EPIC-GIS Programm entnommen werden. Durch weitere Überlagerung mit dem Grundstückskataster können landwirtschaftliche Flächen exakt identifiziert werden und somit eine ackergenaue Beratung durchgeführt werden.

Der Einsatz des Simulationsmodells hat den Vorteil, dass für den jeweiligen Landwirt verschiedene Szenarien zusammengestellt und durch deren Berechnungen Prognosen über die Auswirkungen von geänderten Nutzungs- und Bewirtschaftungsformen unter Einbeziehung der Ertragslage auf die Grundwasserressourcen erstellt werden können. Körnermais, Winterweizen, Ölkürbis, Sojabohne wurden bearbeitet, aber es können auch andere Kulturen wie Sorghum, Gerste, Kartoffel, etc. eingebunden werden, auch unter Berücksichtigung von Zwischenbegrünungen und Untersaaten.

Informationen betreffend Düngermenge, Düngerart und Düngezeitpunkt sind in der Beratung mit dem Landwirt abzuklären. Eine für Düngemittel ebenfalls vorhandene Datenbank hilft dem Berater die am Markt verfügbaren Düngemittel zu verwenden. Ebenso wird zwischen Rinder- und Schweinegülle unterschieden. Diesbezügliche Analysedaten können ebenso rasch angepasst werden.

Ergebnisse

Das Beratungstool soll eingesetzt werden, um die bestmögliche Übereinstimmung zwischen wasserwirtschaftlichen Erfordernissen und pflanzenbaulichen Ertrag zu erreichen. Die Zielgruppe dieses Beratungsprogrammes sind Landwirte in den Grundwasserschongebieten des Murtales in den Bezirken Graz-Umgebung, Leibnitz und der Südoststeiermark.

Die Beratung erfolgte vor Ort mit den von den Landwirten zur Verfügung gestellten Bewirtschaftungsdaten. Die Ergebnisse des Beratungstools wurden mit den vom Landwirt gemessenen Erträgen abgeglichen. Danach konnten verschiedene Szenarien über mehrere Jahre simuliert werden. Szenarien können entweder eine Simulation mit einer um z.B. 10 % geringeren Düngeaufwandmenge zu allen Kulturen oder nur ausgewählten Kulturen oder auch alternative Fruchtfolgen (z.B. weniger Maisanteil in der Fruchtfolge) sein. Auf Basis der tatsächlichen Fruchtfolgen und der Szenarien wurden die Erträge, die Sickerwassermengen und die Stickstoffausträge simuliert. Damit kann eine Einschätzung der Ertragssituation (Einkommen) und des Stickstoffaustrages (Grundwasserbelastung) durchgeführt werden. Speziell bei geringwertigen Bodenverhältnissen kann eine prägnante Beeinflussung der Grundwasserbelastung z.B. bei Änderung der Düngermenge rasch erkannt und eine Optimierung angeboten werden.

Die Bedienung des Beratungstools setzt eine intensive Auseinandersetzung mit den Programmstrukturen und Inhalten voraus. Die Vorbereitungszeiten für die Beratung sind für Berater und Landwirt unterschiedlich und im Wesentlichen von den Fruchtfolgegliedern des Betriebes abhängig. Eine nicht unwesentliche Zeitkomponente im gesamten Beratungsprozess nimmt die Darstellung der technischen Möglichkeiten des Programms ein. Die verwendete Programmversion stößt hinsichtlich der von den Landwirten genannten Fruchtfolgegestaltung sehr oft an die Grenzen. Die Auswahl der Kulturen sollte daher erweitert werden. Zweit- und Zwischenfrüchte sind nur sehr eingeschränkt in die Wunschfruchtfolgen der Landwirte einzubauen. Entsprechende Adaptierungen der Fruchtfolge im Beratungstool sollten möglich sein, um die Beratung effizienter umsetzen zu können.

Die Präsentation der Ergebnisse setzt eine ausführliche Interpretation des Beraters und eine Aufarbeitung der Daten in komplexeren Grafikprogrammen voraus.

Im Folgenden werden generelle Aussagen aus der Beratungspraxis zu den Simulationsergebnissen wiedergegeben: Sojabohne und/oder Kürbis in der Fruchtfolge erhöhen die Stickstoffausträge und die Nitratkonzentrationen der gesamten simulierten Fruchtfolge. Die Erträge bei Kürbis und Weizen scheinen bei der verwendeten Version und den durchgeführten Simulationen nicht ausreichend abgebildet zu werden. Ertragsunterschiede zwischen Düngeungsstufen und Böden erscheinen nur marginal. Extreme Ertragsunterschiede einzelner Jahre, wie sie insbesondere bei Ölkürbis in der Praxis vorkommen, finden sich in den Berechnungen nicht wieder, da das Simulationsmodell immer von einer gesunden Pflanzenentwicklung ausgeht. (Mais-)erträge, Stickstoffausträge und Nitratkonzentrationen reagieren

relativ ausgeprägt auf die Klimaverhältnisse in den drei untersuchten Regionen.

Mit einer Gülledüngung von 130 kg Stickstoff (feldfallend) pro Hektar zu Mais auf seicht- und mittelgründigen Böden ist in der Regel der wirtschaftlich optimale Ertrag erreicht. Höhere Stickstoffgaben bringen kaum höhere Erträge, erhöhen aber die Stickstoffauswaschungsverluste aus der Wurzelzone und die Nitratkonzentrationen im Sickerwasser relativ stark. Das Düngungsoptimum hinsichtlich Grundwasserschutz und landwirtschaftlichem Ertrag für die Kultur Mais dürfte zwischen 130 und 160 kg Reinstickstoff pro Hektar liegen.

Den größten Einfluss auf die Erträge bzw. auf die Stickstoffverluste in dem Beratungsgebiet der Standortfaktor haben. Der Einfluss der Witterung insbesondere auf seichtgründigen, leichten Böden wirkt sich vor allem beim Anbau von Mais sehr stark auf den Ertrag aus.

Generelle Aussagen zur Optimierung der Bewirtschaftung hinsichtlich Ertragshöhe der Kulturen und Nitratkonzentrationen im Sickerwasser sind nicht möglich. Die Auswirkungen der einzelnen Parameter (Witterung, Standort, Düngung und Fruchtfolge) sind zu komplex, um eine Standardaussage für die Bewirtschaftung formulieren zu können. Die Optimierung der Düngung und der Fruchtfolge muss für jede Ackerfläche individuell gesucht werden. Diese Vorgangsweise ist allerdings derzeit noch sehr zeitaufwendig und in der Beratungspraxis daher nur exemplarisch umsetzbar.

Die Landwirte zeigen grundsätzliches Interesse an den Beratungen. Die direkten Darstellungen der Ergebnisse aus dem Beratungstool sind für Landwirte schwierig zu erfassen, aber es war auch für die Berater ein längerer Schulungsprozess erforderlich. Die Ergebnisse werden oftmals angezweifelt, insbesondere wenn steigende Stickstoffdüngergaben keine entsprechenden Ertragsauswirkungen zeigen. Die teilweise fehlende Nachvollziehbarkeit der errechneten Erträge, insbesondere bei der Kultur Ölkürbis, in Kombination mit hohen Auswaschungsverlusten dieser Kultur erzeugt bei den Landwirten Skepsis. Eine, aus wasserwirtschaftlicher Sicht, sinnvolle Abänderung der Fruchtfolgen stößt bei den Landwirten auf Grund anderwärtiger Bestimmungen wie z.B. Maiswurzelbohrerverordnung, ÖPUL, Greeningbestimmungen sowie aus ökonomischen Gründen eher auf Ablehnung.

Im gewählten Beispiel wurde eine Maismonokultur ohne Begrünung auf 2 unterschiedlichen Böden betrachtet. Die

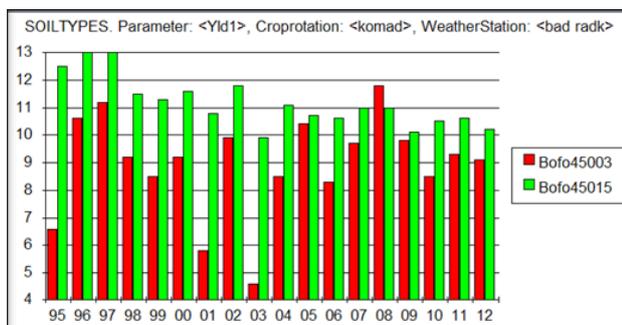


Abbildung 1: Maiserträge in t/ha.

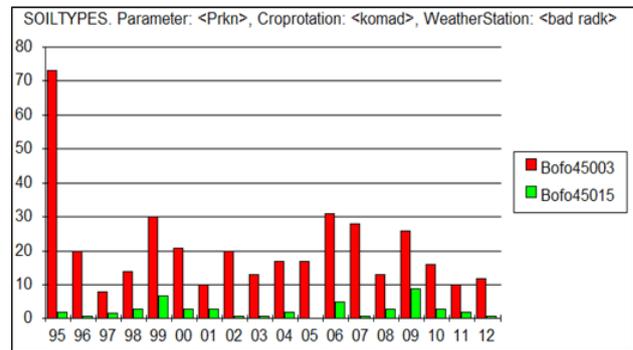


Abbildung 2: N-Auswaschungsverluste in kg/ha.

zugehörigen Böden wurden aus der digitalen Bodenkarte ausgewählt. Die Bodenform 45003 (Bofo45003, rote Säulen) entspricht einem seicht- bis mittelgründigem Braunem Auboden mit der Bodenart lehmiger Sand auf Schotter. Die Bodenform 45015 (Bofo 45015, grüne Säulen) ist ein tiefgründiger Brauner Auboden mit der Bodenart lehmiger Schluff. Die Simulationen wurden für die Jahre 1995 bis 2012 mit den Witterungsdaten der Station Bad Radkersburg und einer Düngungshöhe von 130 kg N/ha durchgeführt. Das Startjahr (im Beispiel 1995, mit sehr hohen N-Auswaschungsverlusten der Bofo 45003) wird generell verworfen, da sich das System erst „einpendeln“ muss.

Zusammenfassung

Grundsätzlich geben die Ergebnisse des Beratungstools die Komplexität des Stickstoffkreislaufes im System Boden-Pflanze-Wasser sehr eindrücklich wieder. Für einfache Fruchtfolgen und Düngungsfragen ist die aktuell verwendete Programmversion ausreichend.

Für eine bessere Akzeptanz bei den Landwirten müssten aber jedenfalls komplexere Fruchtfolgeberechnungen und weitere Kulturen in das Beratungstool aufgenommen werden.

Zusätzlich könnte durch Adaptierungen im Bereich der Bedienerfreundlichkeit und der grafischen Darstellungen dieses Beratungstool auch eine einfachere Handhabung für die Berater ermöglichen.

Mit diesen Ergänzungen könnte dieses Tool in der Beratungspraxis der „Landwirtschaftlichen Umweltberatung Steiermark“ hinsichtlich grundwasserschonender Bewirtschaftung von Ackerflächen noch besser angewendet werden.

Literatur

- Cepuder P., Nolz R., Aus der Schmitt V., Maßwohl J. & A. Bernsteiner (2014) Einsatz eines Stickstoffaustragsmodells in der landwirtschaftlichen Grundwasserschutzberatung. 4. Umweltökologisches Symposium 2014, 101-104. ISBN: 978-3-902849-02-1.
- BMLF (2013) Auszug aus der Österreichischen Bodenkartierung. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Bundesforschungs- und Ausbildungszentrum für Wald, Naturgefahren und Landschaft, Wien.
- Landwirtschaftliche Umweltberatung Steiermark (2015) Grundwasserschutzprogramm Graz bis Bad Radkersburg. Wasserschutzblatt 4-2015. Landwirtschaftskammer Steiermark.

QZV Chemie GW (2010) Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft über den guten chemischen Zustand des Grundwassers (Qualitätszielverordnung Chemie Grundwasser – QZV Chemie GW).

Sharpley A.N. & Williams J.R. (eds) (1990) EPIC-erosion/productivity impact calculator, model documentation. US Dep. Agric. Tech. Bull. 1768.

Williams J.R. (1986) Effect of erosion productivity EPIC water erosion model. Proc. 4th Fed. Interagency Sediment Conf. Vol. 2 6/1-6/8.

Auswirkungen möglicher agrarpolitischer Entwicklungen auf die Nährstoffeinträge in die Gewässer der Schweiz sowie zukünftiger Bewässerungsbedarf

Volker Prasuhn^{1*} und Anke Möhring²

Zusammenfassung

Vier verschiedene Maßnahmenkombinationen zur Verminderung der diffusen Nährstoffeinträge in die Gewässer der Schweiz wurden für den Zeitraum 2010 bis 2025 analysiert. Mit dem Agrarsektormodell SWISSland wurden zunächst die ökonomischen und strukturellen Auswirkungen und der Einfluss auf das Direktzahlungsbudget und das sektorale Einkommen bei einer Umsetzung der emissionsmindernden Maßnahmen untersucht. Mit dem Stoffflussmodell MODIFFUS wurden anschließend die diffusen Stickstoff- und Phosphoreinträge in die Gewässer modelliert. Abschließend sollen noch Ökobilanzen mit der Methode SALCA erstellt werden. Alle vier Szenarien führen - in unterschiedlichem Maße - zu einer Extensivierung im Acker- und Futterbau. Die Stickstoffeinträge aus der landwirtschaftlichen Nutzfläche nehmen je nach Szenario zwischen 5% und 25% bis zum Jahr 2025 gegenüber 2010 ab, die Phosphorverluste zwischen 7% und 20%.

Der Wasserbedarf für Bewässerung in der Landwirtschaft wird das verfügbare Wasserangebot in Zukunft in verschiedenen Regionen der Schweiz übersteigen

Schlagwörter: diffuse Quellen, Stickstoff, Phosphor, agrar-ökonomische Auswirkungen, Wasserknappheit

Summary

For the period 2010 to 2025 four different combinations of mitigation measures for reducing diffuse nutrient inputs into surface waters of Switzerland were compared. With the agricultural sector model SWISSland the economic and structural effects and the impact on the budget of direct payments and the sectoral income were examined. With the substance flow model MODIFFUS the diffuse nitrogen and phosphorus losses into surface waters were modeled. Finally, life cycle assessments with the method SALCA should be done. All four scenarios lead to an extensification of arable crops and forage production. Until 2025 the nitrogen inputs from agricultural land decrease between 5% and 25% compared to 2010, depending on the scenario. The phosphorus losses decrease between 7% and 20%.

In future the water demand for irrigation of agricultural land will exceed the available water supply in various regions of Switzerland.

Keywords: diffuse sources, nitrogen, phosphorus, agro-economic impacts, water scarcity

Einleitung

In der Schweiz unterliegen nach wie vor viele Gewässer hohen stofflichen Belastungen, wie die Analyse der Daten der Oberflächengewässer- und Grundwasser-Messstellen des Bundes und der Kantone zur Beobachtung der Wasserqualität zeigt. Mit dem Stoffflussmodell MODIFFUS wurden die diffusen Stickstoff- (N) und Phosphor- (P) -einträge in die Gewässer für das Jahr 2010 berechnet, um die Eintragsquellen und -pfade räumlich zu identifizieren und zu quantifizieren. MODIFFUS ermöglicht aber auch, die Nährstoffeinträge unter zukünftigen Bedingungen zu berechnen. Mit dem agrarökonomischen Modell SWISSland können die Auswirkungen von Maßnahmen zur Reduktion der Nährstoffeinträge auf die Produktion, das landwirtschaftliche Einkommen, die Strukturen und das Agrarbudget bestimmt werden. Für die Verbindung der beiden Modelle wurden Maßnahmenkombinationen definiert, welche das

Modell SWISSland in Richtung einer Flächennutzung mit geringeren Nährstoffeinträgen steuern. Die resultierenden Flächennutzungen und Tierbestände wurden in MODIFFUS übernommen. Um ein umfassendes Bild der Auswirkungen der verschiedenen Szenarien zu erhalten, sollen zusätzlich noch Ökobilanzen mit der Methode SALCA gerechnet werden. Ziel des Projektes war es nicht, politisch relevante Maßnahmenkombinationen (Szenarien) abzubilden, sondern die Auswirkungen der Maßnahmenkombinationen im Sinne des Systemverständnisses ganzheitlich zu analysieren. Die Untersuchungen wurden im Auftrag der Bundesämter für Umwelt (BAFU) und Landwirtschaft (BLW) durchgeführt.

Die Auswirkungen des prognostizierten Klimawandels lassen für die schweizerische Landwirtschaft einen zunehmenden Bewässerungsbedarf erwarten. Die derzeitige Situation und mögliche Auswirkungen in der Zukunft werden im zweiten Teil des Beitrages kurz dargestellt.

¹ Agroscope, Reckenholzstraße 191, CH-8046 Zürich

² Agroscope, Tänikon 1, CH-8356 Ettenhausen

* Ansprechpartner: Dr. Volker Prasuhn, volker.prasuhn@agroscope.admin.ch

Das Stoffflussmodell MODIFFUS

Das statistisch-empirische Modell MODIFFUS (**Modell zur Abschätzung diffuser Stoffeinträge in die Gewässer**) ist ein für schweizerische Verhältnisse entwickeltes mesoskaliges Emissionsmodell (Hürdler et al. 2015a und b); vergleichbar mit den Modellen MONERIS für Deutschland (Fuchs et al. 2010) und STOBIMO für Österreich (Zessner et al. 2011). Die Berechnung der N- und P-Einträge aus diffusen Quellen in die Gewässer mit MODIFFUS 3.0 erfolgt überwiegend mit dem Geoinformationssystem ArcGIS 10.2. Mit Hilfe einer Geodatenbankstruktur werden Eingangsdaten, Teilergebnisse und Endergebnisse differenziert bereitgehalten. In zwischengeschalteten, eigenständigen und anpassungsfähigen Berechnungsmodulen werden die Grundlagendatenraster mit verschiedenen Faktoren verrechnet. Durch dieses modulare Konzept besteht die Möglichkeit, auf Änderungen in der landwirtschaftlichen Nutzung oder in gesetzlichen Vorgaben einzugehen (Szenarienberechnung).

Grundlage aller Berechnungen bildet die Landnutzung. Sie liegt im Hektarraster vor und wurde zu 16 Klassen aggregiert. Alle anderen Grundlagendaten wurden ins Hektarraster transformiert, auch wenn sie feiner (z. B. Erosionsrisikokarte im 2-Meter-Raster) oder gröber (z. B. Bodenkarten als Polygone oder Hofdüngeranfall auf Gemeindeebene) aufgelöst vorliegen. In einem ersten Schritt werden die Wasserflüsse für jedes Hektar berechnet. Im zweiten Schritt werden mit MODIFFUS sieben verschiedene Eintragspfade bzw. Prozesse für jede Landnutzung separat berechnet:

- Abschwemmung gelöster Stoffe mit dem Oberflächenabfluss,
- Bodenerosion (= Transport partikulär gebundener Stoffe mit dem Oberflächenabfluss auf Ackerflächen),
- sonstige Erosion (= Transport partikulär gebundener Stoffe über Verwitterung, Rutschungen, Bachbetterosion etc.),
- Deposition von Stoffen auf die Gewässeroberflächen,
- diverse Direkteinträge (Laub- und Streueintrag, weiden des Vieh am Gewässer, Einträge von Hofflächen und durch Weidetrieb auf entwässerten Strassen etc.),
- Drainageverluste auf drainierten landwirtschaftlich genutzten Flächen,
- Auswaschung mit dem Sickerwasser aus dem Wurzelraum ins Grundwasser.

Mit MODIFFUS 3.0 wurden die diffusen N- und P-Einträge in die Gewässer der Schweiz flächendeckend im Hektarraster für das Jahr 2010 berechnet (Hürdler et al. 2015a und b). Insgesamt betragen die Stoffeinträge 51'493 t Stickstoff, 3'490 t Gesamt-Phosphor und 909 t gelöster Phosphor. Beim Stickstoff liefert die Auswaschung unter Ackerland die größte Belastung, beim Gesamt-Phosphor die natürliche Erosion auf Geröll, Fels und Gletschern und beim gelösten Phosphor die Abschwemmung von Dauergrünland. Schwerpunktgebiete mit hohen Stickstoffverlusten befinden sich im Mittelland und den großen Flusstälern auf intensiv bewirtschafteten (z.B. Gemüse-, Kartoffel- oder Maisanbau) oder drainierten Flächen. Eintragungsschwerpunkte für gelösten Phosphor liegen in der von Grasland dominierten voralpinen Region mit gleichzeitig erhöhten Tierzahlen. Die mittleren

flächenspezifischen Einträge betragen schweizweit 12 kg/ha Stickstoff, 0,85 kg/ha Gesamt-Phosphor und 0,22 kg/ha gelöster Phosphor, wobei es zu deutlichen regionalen und landnutzungsspezifischen Unterschieden kommt.

Das Agrarsektormodell SWISSland

SWISSland (= **StrukturWandel InformationsSystem Schweiz**) ist ein agentenbasiertes Agrarsektormodell der Schweiz, das sowohl das sektorale Angebot als auch die sektorale Nachfrage an Rohprodukten modelliert (www.swissland.org) (Möhring et al. 2015). SWISSland liefert die Basisinformationen zur Flächen- und Tierbestandsentwicklung, zur Entwicklung der inländischen Produktion sowie zu den Import- und Exportmengen für die Modelle MODIFFUS und SALCA. Über eine Datenschnittstelle fließen die Resultate aus SWISSland in die beiden anderen Modellsysteme ein. Sämtliche Flächennutzungs- und Tierkategoriedaten von SWISSland wurden vorgängig mit den entsprechenden Eingangsdaten von MODIFFUS und SALCA harmonisiert, um einen reibungslosen Transfer zu gewährleisten.

Das Modellsystem SWISSland besteht aus einem Angebotsmodul, das mit einem Nachfragemodul verknüpft ist. Die exogenen Inputgrößen bilden zum einen die inländische Agrar- und Handelspolitik (Direktzahlungssystem, Zollsystem), die makroökonomischen Rahmenbedingungen (Bevölkerungs- und Wirtschaftswachstum, Wechselkurse) sowie die Weltmarktpreis- und Inputpreisentwicklung (EU- bzw. Weltmarktpreise und Kosten für Vorleistungen und Investitionen) ab, welche für die Entscheidungen der Marktakteure relevant sind. Zum anderen umfassen die exogenen Inputgrößen auch die Datengrundlage zur Kalibrierung des Angebotsmoduls (u. a. Buchhaltungsdaten, GIS-Daten) und die Datengrundlagen zur Modellierung des Produktivitätswachstums (Annahmen zur Naturalertrags- und Kostenentwicklung). Das Angebotsmodul bildet die Entscheidung der Produzenten ab, während das Nachfragemodul die Entscheidung der Konsumenten (Großhandel, Endverbraucher) modelliert. Die Modellannahmen beruhen auf den im Januar 2015 vorhandenen Daten und Informationen zur wirtschaftlichen Entwicklung in der EU und auf den Weltmärkten, den makroökonomischen Prognosen für die Schweiz sowie der aktuell geltenden Schweizer Agrarpolitik (AP14-17) (Möhring 2016).

Insgesamt werden vier Maßnahmenkombinationen im Zeitraum von 2010 bis 2025 verglichen (REF, EXT, ZOLL, GRAS). Für deren Formulierung wurden verschiedene politische Instrumente betrachtet und unterschiedlich starke Eingriffe definiert (*Tabelle 1*). Das Szenario REF bildet das Basisszenario und stellt die Fortschreibung der AP14-17 dar. Beim Szenario EXT wurden die Direktzahlungsbeiträge für extensive Nutzungen ab 2018 jährlich um 10% erhöht. Damit soll eine Steigerung der Extensivierung von Futter- und Ackerbau erzielt werden. Beim Szenario ZOLL erfolgte bei den Futtermitteln eine Schwellenpreiserhöhung um jährlich 10% von 2018 bis 2025. Weiterhin erfolgte eine Zollsenkung des Kontingentszollansatzes für Kartoffeln um jährlich 10% und eine Importpreissenkung für Kartoffeln um jährlich 10%. Bei Gemüse wurde der Produzentenpreis

Tabelle 1: Charakterisierung der vier Szenarien.

	REF	EXT	ZOLL	GRAS
Maßnahme	Status Quo	Erhöhung Direktzahlungsbeiträge für extensive Nutzungen	Zollerhöhung für Futtermittel und Zollsenkung für intensive Ackerkulturen	Umwandlung von Acker- in Grünland / Aufstockungsverbot für Tierbestände
Ziel	Basis-Szenario	Verminderung der Nährstoffeinträge in Gewässer durch Extensivierung von Futter- und Ackerbau	Verminderung der Nährstoffeinträge in Gewässer durch verstärkten Anbau von auswaschungs- und erosionsärmeren Kulturen	Verminderung der Nährstoffeinträge in Gewässer durch Umwandlung von Acker- in Grünland sowie Vermeidung höherer Stoffverluste aufgrund eines größeren Tierbestandes
Beginn	ab 2014	ab 2018	ab 2018	ab 2018
Umfang	-	jährlich 10 %	jährlich 10 %	jährlich 5 %

Tabelle 2: Veränderungen der Landnutzung in den vier Szenarien gegenüber den Ausgangswerten im Jahr 2010.

Landnutzung	(ha) 2010	Szenarien Fläche (ha)				Differenz zu 2010 (ha)				Veränderung zu 2010 (%)			
		Ref25	Ext25	Zoll25	Gras25	Ref25	Ext25	Zoll25	Gras25	Ref25	Ext25	Zoll25	Gras25
Ackerland	407.309	392.201	387.282	386.959	250.971	-15.109	-20.027	-20.351	-156.339	-3,7	-4,9	-5,0	-38,4
Dauergrünland	482.142	483.992	485.579	481.235	524.335	1.850	3.437	-907	42.193	0,4	0,7	-0,2	8,8
Weiden	130.686	137.331	137.210	134.866	155.546	6.644	6.524	4.180	24.860	5,1	5,0	3,2	19,0
Reb-, Obstbau	20.578	17.527	17.871	17.056	16.854	-3.051	-2.706	-3.522	-3.724	-14,8	-13,2	-17,1	-18,1
LN	1.040.716	1.031.050	1.027.943	1.020.116	947.705	-9.666	-12.773	-20.600	-93.011	-0,9	-1,2	-2,0	-8,9

jährlich um 10% gesenkt. Für Zucker wurde eine jährliche 10%ige Senkung des obligatorischen Zolls für das Zuckerpflanzgebiet eingesetzt. Mit dem Szenario ZOLL soll der Anbau besonders auswaschungs- und/oder erosionsgefährdeter Kulturen verringert werden. Im Szenario GRAS sollen jährlich ab 2018 5% der Ackerfläche in Grasland (oder eine nicht landwirtschaftliche Nutzung) überführt werden, da von Ackerflächen im Mittel die größten Stoffverluste ausgehen. Gleichzeitig besteht ein Aufstockungsverbot für Tiere, um nicht andere Verlustpfade (Abschwemmung, Ammoniakverflüchtigung) zu erhöhen.

Für alle vier Szenarien wurde das aktuell gültige Direktzahlungssystem AP 14-17 modelliert. Es wurden die Direktzahlungssätze angenommen, die im Jahr 2014 gelten (Versorgungssicherheitsbeiträge, Kulturlandschaftsbeiträge, Biodiversitätsbeiträge der Qualitätsstufe 1, Produktionssystembeiträge (Bio, Extenso sowie BTS- und RAUS) sowie die Übergangsbeiträge). Nicht in SWISSland abgebildet sind die projektbezogenen Landschaftsqualitätsbeiträge, ein Teil der Biodiversitätsbeiträge (Qualitätsstufe 2 und Vernetzung), die Beiträge für graslandbasierte Milch- und Fleischproduktion sowie die Ressourceneffizienzbeiträge. Die im SWISSland-Angebotsmodul verwendeten Produzentenpreise (nominal) basieren auf den in der Buchhaltung erhobenen betriebsindividuellen Preisen. Die Futterbilanzen sind „basisjahr-basiert“ und anhand des Trockensubstanzgehalts (TS) modelliert. Die Nachfrage nach Futtermitteln ist in SWISSland durch den Tierbestand und das inländische Angebot an Futtermitteln determiniert. Es wurde angenommen, dass die Nährstoffreduktion im Grundfutter durch die zunehmende Extensivierung dazu führt, dass jährliche Milchleistungssteigerungen bei den Szenarien EXT, ZOLL und GRAS nicht mehr realisiert werden können.

Den Strukturwandel modelliert SWISSland mittels eines Zupachtalgorithmus, der die parzellenweise Zuteilung von Flächen hofaufgebender Betriebe auf die verbleibenden Betriebe ermöglicht, die in unmittelbarer Nähe wirtschaften (Plot-by-Plot Bieterverfahren). Es wurde sichergestellt, dass die in der Vergangenheit beobachteten Strukturwandelraten hinreichend gut in die Zukunft fortgeschrieben werden können (Möhring 2016).

Ergebnisse SWISSland - Flächennutzungsänderungen

Die mit SWISSland berechnete Entwicklung der landwirtschaftlich genutzten Flächen zeigt für alle Szenarien einen Rückgang (Tabelle 2). In den Szenarien REF, EXT und ZOLL sinkt die landwirtschaftliche Nutzfläche (LN) im Zeitraum vom Basisjahr 2010 bis 2025 um ca. 1 bis 2% bzw. rund 10'000 bis 20'000 ha. Im Szenario GRAS nimmt die LN dagegen mit knapp 9% bzw. gut 90'000 ha deutlich stärker ab. Die Umwandlung von Ackerland in Dauergrünland kann im Modell hier nicht überall gewinnbringend realisiert werden, entsprechend fallen zahlreiche Flächen aus der landwirtschaftlichen Nutzung. Innerhalb der LN nehmen die Ackerflächen und der Reb- und Obstbau bei allen Szenarien stark ab, während die Dauergrünland- und Weideflächen fast überall zunehmen. Im GRAS-Szenario führt die Umwandlung von Acker- in Dauergrünland zu einer massiven Abnahme der Ackerfläche von 38% bzw. 156'000 ha und zu einer Zunahme der Dauergrünland- und Weideflächen von 67'000 ha.

Innerhalb der Ackerflächen gibt es außer beim Szenario GRAS meist nur kleinere Verschiebungen, bedingt durch den hohen Außenschutz insbesondere auf den Getreide-

Tabelle 3: Veränderungen von düngbarer Fläche, Großvieheinheiten und Nährstoffanfall aus Hofdüngern in den vier Szenarien gegenüber den Ausgangswerten im Jahr 2010.

Hofdünger	2010	Szenarien Werte				Differenz zu 2010				Veränderung zu 2010 (%)			
		Ref25	Ext25	Zoll25	Gras25	Ref25	Ext25	Zoll25	Gras25	Ref25	Ext25	Zoll25	Gras25
düngbare Fläche (DF) (km ²)	9.698	9.299	9.250	9.244	7.896	-398	-448	-454	-1.802	-4,1	-4,6	-4,7	-18,6
GVE (in Tausend)	1.323	1.237	1.250	1.210	1.071	-86	-73	-113	-252	-6,5	-5,5	-8,5	-19,1
N-Anfall (t N)	131.323	126.491	122.092	118.243	104.982	-4.831	-9.231	-13.080	-26.340	-3,7	-7,0	-10,0	-20,1
P-Anfall (t P)	21.564	20.820	20.168	19.474	17.291	-745	-1.396	-2.090	-4.273	-3,5	-6,5	-9,7	-19,8
N-Anfall (kg/ha DF)	135,4	136,0	132,0	127,9	133,0	0,6	-3,4	-7,5	-2,5	0,4	-2,5	-5,5	-1,8
P-Anfall (kg/ha DF)	22,2	22,4	21,8	21,1	21,9	0,2	-0,4	-1,2	-0,3	0,7	-1,9	-5,3	-1,5

märkten und den weiterhin hohen flächenbezogenen Direktzahlungsbeiträgen. Generell sinkt der Zuckerrübenanbau wegen der Kopplung des Zuckerpreises an den sinkenden EU-Preis. Ebenfalls in allen Szenarien ist ein Rückgang des Ackerfutterbaus wegen der Abnahme der Tierbestände zu verzeichnen. Im ZOLL-Szenario sinkt der Kartoffel- und Gemüseanbau wegen der Senkung des Kontingentszollansatzes und steigt der Futtergetreideanbau wegen der Erhöhung des Schwellenpreises. Beim Dauergrünland und den Weiden steigt bei allen Szenarien der Anteil extensiv oder wenig intensiv genutzter Flächen deutlich.

Die düngbare Fläche nimmt in allen Szenarien wegen des Rückgangs der LN und der Zunahme extensiv genutzter Wiesen und Weiden ab, im Szenario GRAS um knapp 19% (Tabelle 3). Die Tierbestände bzw. Großvieheinheiten (GVE) sinken in allen Szenarien, damit nimmt auch der Nährstoffanfall über Hofdünger in allen Szenarien ab. Ursache hierfür ist einerseits das Aufstockungsverbot ab 2018 (Szenario GRAS), andererseits die Abnahme der Ackerfutterfläche und der Strukturwandel in der Schweizer Landwirtschaft allgemein. Im Szenario REF nimmt die düngbare Fläche stärker ab als der Hofdüngeranfall, so dass hier der flächenspezifische Nährstoffanfall leicht zunimmt, in den anderen Szenarien nimmt er dagegen leicht ab (Prasuhn et al. 2016).

Ergebnisse SWISSland - Ökonomische Auswirkungen

Inlandproduktion und Importmengen ändern sich je nach Szenario und Produkt unterschiedlich. So nimmt z. B. im Szenario ZOLL die Futtergetreideproduktion im Inland zu, was bei abnehmenden Tierbeständen zu geringeren Futtermittelimporten führt. Bei den anderen drei Szenarien sinkt die Inlandproduktion leicht, so dass die Nachfrage an Futtergetreide steigt, was die Importmenge erhöht. Bei Kartoffeln dagegen nimmt die Inlandproduktion in den Szenarien ZOLL und GRAS ab, dadurch steigen die Importmengen an Kartoffeln deutlich an.

Der in der Vergangenheit beobachtete Strukturwandel mit einer Aufgaberrate von durchschnittlich rund 2% der Landwirtschaftsbetriebe pro Jahr wird sich voraussichtlich auch in Zukunft fortsetzen. Bis zum Ende des Projektionszeitraumes im Jahr 2025 wird gemäß den Modellrechnungen die Anzahl der Betriebe im Mittel der Szenarien um rund 15'000 abnehmen. Das Budget für produktunabhängige

Direktzahlungen ändert sich bei den Szenarien REF und ZOLL kaum, während sich eine Mehrbelastung des Direktzahlungsbudgets im Szenario EXT von ca. 8% im Vergleich zu Basisjahr 2010 ergibt. Die starke Flächenreduktion im Szenario GRAS wirkt sich dagegen eher entlastend auf diese Position (-5,5%) aus. Das Nettounternehmenseinkommen des Gesamtsektors liegt in allen Szenarien über dem Ausgangswert von 2010. Die konstante landwirtschaftliche Erzeugung, sinkende Aufwendungen für Vorleistungen durch sinkende Betriebsmittelkosten und steigende Erträge aus Direktzahlungen führen im Szenario EXT zu einem deutlich höheren Anstieg des Nettounternehmenseinkommens im Vergleich zu den anderen Szenarien. Das ZOLL-Szenario hat mit Abstand den geringsten Einkommensanstieg, da durch die Abnahme der Flächen mit wirtschaftlich lukrativen Ackerkulturen (Gemüse, Kartoffeln, Zuckerrüben) die monetären Leistungen aus der landwirtschaftlichen Erzeugung, insbesondere in der pflanzlichen Produktion, deutlich sinken (Möhring 2016).

Verknüpfung SWISSland-Modellergebnisse mit Stoffflussmodell MODIFFUS

Die oben aufgeführten Veränderungen von Landnutzung und Tierbeständen fließen in die Modellberechnungen der Stoffverluste mit MODIFFUS ein. Die größte Veränderung bewirken Flächen, die aus der landwirtschaftlichen Nutzung herausgefallen sind und anderweitig genutzt werden (Siedlung, Wald etc.). Sie haben keine landwirtschaftsbedingten Stoffverluste mehr, außer eventuell Einflüsse von Ammoniakemissionen, die hier aber nicht berücksichtigt werden konnten. Umnutzungen innerhalb der LN (z. B. Ackerland in Grasland) oder bei der Kulturartenzusammensetzung (Anteile Gemüse, Kartoffeln etc. oder Anteile intensiv oder extensiv genutztes Grasland) sowie der veränderte Nährstoffanfall über Hofdünger beeinflussen die Höhe der berechneten Stoffverluste über Auswaschung, Abschwemmung und Erosion positiv oder negativ.

Mit Hilfe eines Hochrechnungsverfahrens (Zimmermann et al. 2015) können die mit SWISSland berechneten einzelbetrieblichen Resultate auf den ganzen Agrarsektor der Schweiz hochgerechnet werden. SWISSland ist nicht räumlich explizit. Es liegen daher keine lagegetreuen bzw. georeferenzierte Daten vor. MODIFFUS rechnet dagegen GIS-basiert auf Hektarrasterebene. Landumnutzungen wurden in MODIFFUS nach dem Zufallsprinzip durchgeführt. Sollen also z. B. 10% der Ackerfläche in Grasland überführt

Tabelle 4: Veränderungen der Stickstoff- und Gesamt-Phosphoreinträge aus landwirtschaftlich genutzten Flächen in die Gewässer der Schweiz in den vier Szenarien gegenüber den Ausgangswerten im Jahr 2010.

Stickstoff	(t N) 2010	Szenarien N-Eintrag (t N)				Differenz zu 2010 (t N)				Veränderung zu 2010 (%)			
		Ref25	Ext25	Zoll25	Gras25	Ref25	Ext25	Zoll25	Gras25	Ref25	Ext25	Zoll25	Gras25
Ackerland	19.449	18.185	18.059	17.282	11.557	-1.264	-1.390	-2.167	-7.891	-6,5	-7,1	-11,1	-40,6
Dauergrünland	4.044	3.979	3.962	3.947	4.475	-65	-82	-97	431	-1,6	-2,0	-2,4	10,7
Weiden	3.664	3.717	3.712	3.647	4.146	52	48	-18	482	1,4	1,3	-0,5	13,1
Rebbau, Obstbau	1.087	988	991	971	961	-99	-96	-116	-126	-9,1	-8,9	-10,7	-11,6
LN	28.244	26.868	26.723	25.847	21.140	-1.376	-1.521	-2.397	-7.104	-4,9	-5,4	-8,5	-25,2

Gesamt-Phosphor	(t P) 2010	Szenarien P-Eintrag (t P)				Differenz zu 2010 (t P)				Veränderung zu 2010 (%)			
		Ref25	Ext25	Zoll25	Gras25	Ref25	Ext25	Zoll25	Gras25	Ref25	Ext25	Zoll25	Gras25
Ackerland	364,4	329,4	325,8	319,5	200,9	-35,0	-38,6	-44,9	-163,5	-9,6	-10,6	-12,3	-44,9
Dauergrünland	254,6	242,9	241,1	239,9	259,4	-11,7	-13,5	-14,7	4,8	-4,6	-5,3	-5,8	1,9
Weiden	142,1	145,1	145,0	144,0	153,7	3,1	2,9	1,9	11,6	2,1	2,0	1,4	8,2
Rebbau, Obstbau	54,6	42,2	42,3	41,2	40,1	-12,4	-12,3	-13,4	-14,5	-22,7	-22,6	-24,6	-26,5
LN	815,7	759,6	754,1	744,6	654,2	-56,1	-61,6	-71,2	-161,5	-6,9	-7,5	-8,7	-19,8

werden, wurden 10% der bestehenden schweizweiten Ackerflächenpixel zufällig ausgewählt und in Grasland überführt. Anschließend wurden alle Wasser- und Stoffflüsse mit den Annahmen für Graslandnutzung für diese Pixel neu gerechnet. Kulturartenzusammensetzung und Tierzahlen liegen in MODIFFUS auf Gemeindeebene vor. Hat z. B. die Kartoffelfläche gemäß SWISSland-Berechnungen schweizweit um 10% abgenommen, wurde in MODIFFUS angenommen, dass sich die Kartoffelfläche aus dem Jahr 2010 in jeder Gemeinde um 10% reduziert hat.

Für die Berechnungen der vier Szenarien REF, EXT, ZOLL und GRAS für das Jahr 2025 mit MODIFFUS wurden nur die oben aufgeführten Veränderungen gemäß der Resultate aus SWISSland verwendet (Landnutzung, Kulturarten, Tierbestände) und deren direkte Auswirkungen auf die Wasser- und Stoffflüsse berechnet. Es wurden die gleichen klimatischen Eingangsdaten wie für das Jahr 2010 verwendet. Ziel des Vergleiches war nicht, mögliche Auswirkungen des Klimawandels aufzuzeigen. Somit bilden für beide Jahre der mittlere Niederschlag und die mittlere nutzungsspezifische Evapotranspiration der Periode 1999-2009 die Grundlage. Die Annahmen zur nutzungsspezifischen Aufteilung der Wasserflüsse in Oberflächenabfluss, Drainageabfluss und Sickerwasser wurden beibehalten. Die Werte der N- und P-Deposition von 2010 wurden weiterhin verwendet. Die Anzahl und Lage der drainierten Flächen, die aufgrund von Bodendaten vorgenommene Bewertung der Abschwemmungs- und Auswaschungsgefährdung, die Erosionsgefährdungs- und Gewässeranschlusskarte und sämtliche Berechnungsformeln für die Wasser- und Stoffflüsse wurden beibehalten.

Ergebnisse MODIFFUS - Stickstoffverluste

Knapp 70% der diffusen N-Verluste aus landwirtschaftlich genutzten Flächen im Jahr 2010 resultieren aus dem Ackerland und hier vor allem aus der Nitratauswaschung. In allen Szenarien nimmt die Nitratauswaschung unter Ackerland deutlich ab, am stärksten mit über 40% im Szenario GRAS (Tabelle 4). Ursache für die Abnahme ist vor allem der Rückgang der Ackerfläche in allen Szenarien.

Die flächenspezifischen Nitratauswaschungswerte unter Ackerland (kg/ha) gehen im Szenario ZOLL mit gut 6% am stärksten zurück, da hier die Kartoffel- und Gemüseanbaufläche mit sehr hoher Auswaschung stark abgenommen hat. In den anderen Szenarien nehmen die flächenspezifischen Verluste aufgrund der jeweils veränderten Kulturartenzusammensetzung leicht ab (REF = -3%, EXT = -4%; GRAS = -3%). Die N-Verluste unter Dauergrünland nehmen bei den Szenarien REF, EXT und ZOLL um 1-2% ab, auch die flächenspezifischen N-Verluste nehmen bei diesen Szenarien um 2% ab. Die Zunahme der Dauergrünlandfläche bei REF und EXT wird durch die starke Extensivierung der Dauergrünlandnutzung mehr als kompensiert. Im Szenario GRAS nehmen die N-Verluste unter Dauergrünland wegen der deutlichen Zunahme der Dauergrünlandfläche trotz Extensivierung um knapp 11% zu. Die N-Verluste unter Weiden nehmen in den Szenarien REF und EXT leicht, im Szenario GRAS deutlich zu, und im Szenario ZOLL leicht ab. Die Zunahme der Weidefläche in allen Szenarien wird durch die starke Extensivierung der Weidefläche in allen Szenarien nur teilweise kompensiert. Beim Reb- und Obstbau erfolgt bei allen Szenarien ein deutlicher Rückgang der N-Verluste, bedingt durch die starke Abnahme der Reb- und Obstbauflächen (Prasuhn et al. 2016).

Bezieht man die mit den vier berechneten Szenarien erzielten N-Reduktionen auf die gesamten diffusen N-Verluste der Schweiz (inklusive Verluste von nicht landwirtschaftlich genutzten Flächen), fallen die Ergebnisse eher bescheiden aus (Abbildung 1). Bei den Szenarien REF und EXT werden rund 3%, bei ZOLL 4% Reduktion erreicht. Selbst mit den drastischen Maßnahmen im Szenario GRAS gehen die diffusen N-Einträge nur um rund 13% zurück.

Ergebnisse MODIFFUS - Phosphorverluste

Auch beim Phosphor spielen im Jahr 2010 die diffusen P-Verluste von Ackerlandflächen mit 47% der gesamten diffusen Verluste von landwirtschaftlich genutzten Flächen eine wichtige Rolle, allerdings tragen hier die Pfade Abschwemmung, Auswaschung und Erosion maßgeblich bei. In allen Szenarien nehmen die P-Verluste von Ackerland deutlich

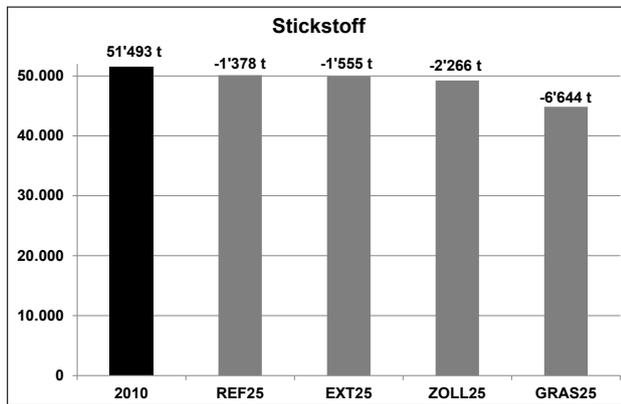


Abbildung 1: Diffuse Stickstoffeinträge (t N) in die Gewässer der Schweiz für das Jahr 2010 sowie für die vier berechneten Szenarien 2025 und erzielte Reduktionen.

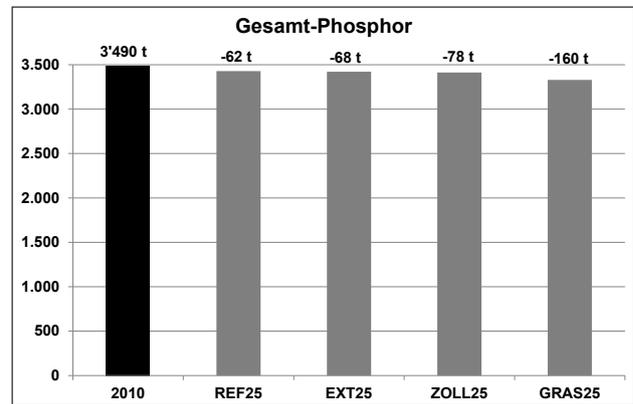


Abbildung 2: Diffuse Gesamt-Phosphoreinträge (t P) in die Gewässer der Schweiz für das Jahr 2010 sowie für die vier berechneten Szenarien 2025 und erzielte Reduktionen.

und prozentual stärker als beim Stickstoff ab (Tabelle 4). Neben der Abnahme der Ackerfläche in allen Szenarien modifizieren andere Faktoren die P-Verluste von Ackerland. Die Veränderung bei der Kulturartenzusammensetzung hat den C-Faktor der Bodenerosionsberechnung verändert. Dies führt vor allem beim Szenario ZOLL wegen der geringeren Kulturanteile von erosionsanfälligen Kulturen wie Kartoffeln und Gemüse zu einer deutlichen Abnahme der P-Verluste durch Bodenerosion. Weniger Klee graswiesen (Klee graswiesen sind Teil der Fruchtfolge und zählen zum Ackerland, machen in der Schweiz rund 33% der Ackerkulturen aus und werden häufig gegüllet) in allen Szenarien sowie geringerer P-Anfall pro Hektar düngbarer Fläche in den Szenarien EXT, ZOLL und GRAS führen zu geringeren P-Verlusten durch Gülleabschwemmung. Höherer P-Anfall pro Hektar düngbarer Fläche im Szenario REF erhöht dagegen die P-Verluste durch Gülleabschwemmung von Ackerland. Beim Dauergrünland gibt es eine Abnahme von 5-6% bei den Szenarien REF, EXT und ZOLL sowie eine leichte Zunahme beim Szenario GRAS. Die Zunahme der Dauergrünlandfläche bei REF, EXT und ZOLL wird durch die starke Extensivierung der Dauergrünlandnutzung mehr als kompensiert. Die Extensivierung und die Abnahme des Hofdüngeranfalls führen hier zu einer Abnahme der P-Verluste durch Gülleabschwemmung. Im Szenario GRAS nehmen die P-Verluste unter Dauergrünland wegen der deutlichen Zunahme der Dauergrünlandfläche trotz Extensivierung und abnehmender Tierzahlen um knapp 2% zu (Prasuhn et al. 2016).

Bezieht man die mit den vier berechneten Szenarien erzielten P-Reduktionen auf die gesamten diffusen P-Verluste der Schweiz (inklusive Verluste von nicht landwirtschaftlich genutzten Flächen), sind die erzielten Reduktionen nur gering (Abbildung 2). Bei den Szenarien REF, EXT und ZOLL werden rund 2%, beim Szenario GRAS rund 5% Reduktion gegenüber dem Ausgangswert von 2010 erreicht.

Die Ökobilanzmethode SALCA

Die Ökobilanzmethode von Agroscope SALCA (Swiss Agricultural Life Cycle Assessment) quantifiziert und bewertet die potenziellen Umweltwirkungen eines Produkts oder

einer Dienstleistung (Baumgartner et al. 2015, Bystricky und Nemecek 2015, Bystricky et al. 2015). Durch die Analyse des gesamten Lebenszyklus, von der Gewinnung der Rohstoffe bis zur Entsorgung oder Wiederverwertung der Abfälle, werden alle mit einem Produktsystem verbundenen Umweltwirkungen erfasst. Dabei wird eine möglichst vollständige Erfassung aller Umweltwirkungen angestrebt, damit allfällige Verschiebungen von Umweltbelastungen erkannt werden können. Dadurch werden z. B. auch Umweltwirkungen, die durch den Import von Nahrungs- oder Futtermitteln im Ausland entstehen, erfasst. Für alle vier Szenarien sollen Ökobilanzen gerechnet werden. SWISSland und MODIFFUS liefern die Eingangsdaten dafür. Erst wenn auch die Ökobilanzen gerechnet sind, kann eine umfassende Beurteilung der vier ausgewählten Szenarien erfolgen.

Zukünftiger Bewässerungsbedarf in der Schweiz

In der Schweiz werden bisher insgesamt etwa 43'000 ha regelmäßig und zusätzlich ca. 12'000 ha in Trockenjahren bewässert (Weber und Schild 2007). Die Nachfrage nach Bewässerung bzw. Bewässerungsanlagen steigt und wird im Rahmen des prognostizierten Klimawandels weiter ansteigen. Mit steigenden Temperaturen nimmt der Wasserbedarf der Kulturpflanzen zu, bei gleichzeitig sinkendem Wasserangebot im Sommer. Der steigende Bewässerungsbedarf verursacht nicht nur ökonomische und ökologische Probleme, er stellt auch ein Konfliktpotential für Landwirtschaft, Wirtschaft, Naturschutz und Gesellschaft dar. Fuhrer und Jasper (2009) haben mit einem hydrologischen Modell (WaSim) die schweizweite Bewässerungsbedürftigkeit berechnet. Dabei wurden die klimatischen Bedingungen, die Topographie und Bodenverhältnisse sowie die Ansprüche von Ackerkulturen und Grasland berücksichtigt. Insgesamt besteht auf 26% der landwirtschaftlichen Nutzfläche (ca. 400'000 ha) bzw. 41% der Ackerfläche (275'000 ha) heute bereits ein Bewässerungsbedarf. Berechnungen auf Einzugsgebietsebene zeigen, dass der Bewässerungsbedarf das verfügbare Wasserangebot in Oberflächengewässern schon heute in einzelnen Regionen und Jahren übersteigen kann

und dass je nach verwendetem Klimaszenario die Wasserknappheit in den Sommermonaten in Zukunft zunehmen wird (Fuhrer 2012).

Literatur

- Baumgartner D.U., Bystricky M. & Nemecek T. (2015) Konzept der betrieblichen Ökobilanzierung. In: Bericht Abschlusstagung des Projektes FarmLife. Höhere Bundeslehr- und Forschungsanstalt Raumberg-Gumpenstein, 13-22.
- Bystricky M. & Nemecek T. (2015) SALCA-Emissionsmodelle: Anwendung in Österreich. In: Bericht Abschlusstagung des Projektes FarmLife. Höhere Bundeslehr- und Forschungsanstalt Raumberg-Gumpenstein, 23-32.
- Bystricky M., Alig Ceesay M., Nemecek T. & Gaillard G. (2015) Ökobilanz von Schweizer Landwirtschaftsprodukten im Vergleich zum Import. Agrarforschung Schweiz 6, 264-269.
- Fuchs S., Scherer U., Wander R., Behrendt H., Venohr M., Opitz D., Hiltenbrand T., Marscheider-Weidemann F. & Götz T. (2010) Berechnung von Stoffeinträgen in die Fließgewässer Deutschlands mit dem Modell MONERIS. Nährstoffe, Schwermetalle und Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe. UBA-Texte 45/2010, 177 S.
- Fuhrer J. (2012) Bewässerungsbedarf und Wasserdargebot unter heutigen und künftigen Klimabedingungen. Interner Bericht Agroscope, Zürich, 48 S.
- Fuhrer J. & Jasper K. (2009) Bewässerungsbedürftigkeit von Acker- und Grasland im heutigen Klima. Agrarforschung 16, 396-401.
- Hürdler J., Prasuhn V. & Spiess E. (2015a) Abschätzung diffuser Stickstoff- und Phosphoreinträge in die Gewässer der Schweiz – MODIFFUS 3.0. Bericht im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU), Agroscope, Zürich, 117 S.
- Hürdler J., Spiess E. & Prasuhn V. (2015b) Diffuse Nährstoffeinträge in Gewässer. Aqua & Gas 9, 66-78.
- Möhring A. (2016) Schlussbericht SWISSland-Modiffus - Ökonomische Auswirkungen bei der Verminderung von Nährstoffeinträgen in die Oberflächengewässer der Schweiz. Interner Bericht, Agroscope, Ettenhausen, 60 S.
- Möhring A., Mack G., Ferjani A., Kohler A. & Mann S. (2015) Swiss Agricultural Outlook 2014–2024. Pilotprojekt zur Erarbeitung eines Referenzszenarios für den Schweizer Agrarsektor. Agroscope Science, Nr. 23.
- Prasuhn V., Kupferschmid P., Spiess E. & Hürdler J. (2016) Szenario-Berechnungen für das Projekt zur Verminderung diffuser Nährstoffeinträge in die Gewässer der Schweiz mit MODIFFUS. Bericht im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU), Agroscope Zürich.
- Weber M. & Schild A. (2007) Stand der Bewässerung in der Schweiz. Bericht zur Umfrage 2006. Interner Bericht Bundesamt für Landwirtschaft, Bern.
- Zessner M., Gabriel O., Kovacs S., Thaler S., Hochedlinger G., Schilling C. & Windhofer G. (2011) Stoffbilanzmodellierung für Nährstoffe auf Einzugsgebietsebene als Grundlage für Bewirtschaftungspläne und Maßnahmenprogramme (STOBIMO-Nährstoffe). Endbericht, Institut für Wassergüte, Ressourcenmanagement und Abfallwirtschaft der TU Wien in Zusammenarbeit mit dem Umweltbundesamt Wien, Wien, 190 S.
- Zimmermann A., Möhring A., Mack G., Ferjani A. & Mann S. (2015) Pathways to truth: Comparing different upscaling options for an agent-based sector model. Journal of Artificial Societies and Social Simulation (JASSS).

Auswirkungen möglicher agrarpolitischer Entwicklungen auf die Nährstoffeinträge in die Gewässer von Bayern

Matthias Wendland* und Friedrich Nüßlein¹

Zusammenfassung

Auf rund 40 % der Landesfläche Bayerns sind die Grundwasserkörper mit dem Risiko belegt, die Ziele der Wasserrahmenrichtlinie bis 2021 nicht zu erreichen. Nur 17 % der Oberflächenwasserkörper sind 2015 in einem guten ökologischen Zustand. Bei 503 von 961 Oberflächenwasserkörpern sind ergänzende landwirtschaftliche Maßnahmen geplant. Der Schutz der Oberflächengewässer vor Nährstoffeintrag beruht derzeit zum großen Teil auf freiwilligen Maßnahmen. Das Bayerische Kulturlandschaftsprogramm (KULAP) bietet dazu eine finanzielle Unterstützung an. Bei einer konsequenten Umsetzung der novellierten Düngeverordnung werden vor allem im Grundwasserbereich Verbesserungen erwartet.

Schlagwörter: Wasserrahmenrichtlinie, Düngeverordnung, Greening, Kulturlandschaftsprogramm, Wasserberater

Einleitung

Mit der im Dezember 2000 auf europäischer Ebene verabschiedeten Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) sollen europaweit einheitliche Standards im Gewässerschutz erreicht werden. Sie schreibt für die Erstellung der Bewirtschaftungspläne einen strukturierten Planungsprozess vor, der alle sechs Jahre zu wiederholen ist. Das in diesem Rahmen regelmäßig laufende Monitoring liefert Daten für die Überprüfung und Fortschreibung der Zustandsbewertung der Grund- und Oberflächenwasserkörper. Derzeit befinden wir uns am Beginn der zweiten Bewirtschaftungsperiode, die bis 2021 dauert. In der ersten Periode von 2009 bis 2015 wurden sowohl für Oberflächengewässer als auch für das Grundwasser trotz zahlreicher Maßnahmen kaum Verbesserungen erreicht. Eine Ursache liegt in regional konzentrierten hohen Viehbesätzen auch in Verbindung mit zahlreichen Biogasanlagen und dem damit verstärkten Anbau von Reihenkulturen. Klimatische Bedingungen mit niedrigen Niederschlägen sind vor allem in Nordbayern für schlechte Qualitäten verantwortlich. Zahlreiche kritische Presseartikel erhöhen den Druck der Öffentlichkeit auf die Politik, mit geeigneten Maßnahmen eine Verbesserung der Gewässerqualität herbeizuführen. Dabei wird zunehmend vom bisher geltenden Prinzip der Freiwilligkeit (ergänzende Maßnahmen) zu ordnungspolitischen Maßnahmen übergegangen (grundlegende Maßnahmen).

Stand der Gewässerqualität

Hinsichtlich der Abschätzung der Zielerreichung im Rahmen der Risikoanalyse 2013 für das Grundwasser, ist ein Anstieg der gefährdeten Grundwasserkörper gegenüber der Risikoanalyse 2004 zu verzeichnen. Auf rund 40 % der Landesfläche sind die Grundwasserkörper mit dem Risiko belegt, die Ziele der WRRL aufgrund von Nitrat bzw. Pflanzenschutzmittel bis 2021 nicht zu erreichen, sofern nicht weitere Maßnahmen ergriffen werden (*Abbildung 1*).

Die Auswirkungen der Belastungen der Oberflächengewässer durch Pflanzennährstoffe, organische Belastungen, Bodeneinträge und hydromorphologische Veränderungen auf den Zustand der Flusswasserkörper werden durch Untersuchung der biologischen Qualitätskomponenten Makrophyten & Phytobenthos, Phytoplankton, Makrozoobenthos und Fische erfasst. Wie der *Tabelle 1* zu entnehmen ist, befinden sich nur 17 % der Oberflächenwasserkörper im sehr guten bzw. guten Zustand. Die Bewertungskomponente mit dem schlechtesten Ergebnis bestimmt den ökologischen Zustand des jeweiligen Wasserkörpers.

Zur Bestimmung der Eutrophierung durch Pflanzennährstoffe werden vor allem die Ergebnisse der Qualitätskomponente Makrophyten & Phytobenthos zu Grunde gelegt. Besonders negativ wirkt sich die meist durch Bodeneinträge verursachte Kolmation auf das Makrozoobenthos und auf kieslaichende Fische aus. Landwirtschaftliche Maßnahmen sind daher überall dort notwendig, wo signifikante Phosphoreinträge durch diffuse Quellen vorliegen und Eutrophierung durch Makrophyten & Phytobenthos nachgewiesen ist sowie signifikante Bodeneinträge durch Erosion ermittelt wurden.

Bei den Oberflächengewässern wurde an 503 von 961 Oberflächenwasserkörpern der Bedarf an ergänzenden landwirtschaftlichen Maßnahmen ermittelt (*Abbildung 2*).

Agrarpolitische Maßnahmen

Novellierung der Düngeverordnung

Derzeit wird die Düngeverordnung, die die EU-Nitratrichtlinie umsetzt, novelliert. In der Neufassung werden zahlreiche, weitgehende Maßnahmen zum Schutz der Gewässer enthalten sein.

Maßnahmen zum Schutz des Grundwassers:

- Schriftliche Düngebedarfsermittlung mit ertragsabhängigen Sollwerten

¹ Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL), Institut für Ökologischen Landbau, Bodenkultur und Ressourcenschutz, Lange Point 12, D-85354 Freising

* Ansprechpartner: Dr. Matthias Wendland, matthias.wendland@lfl.bayern.de

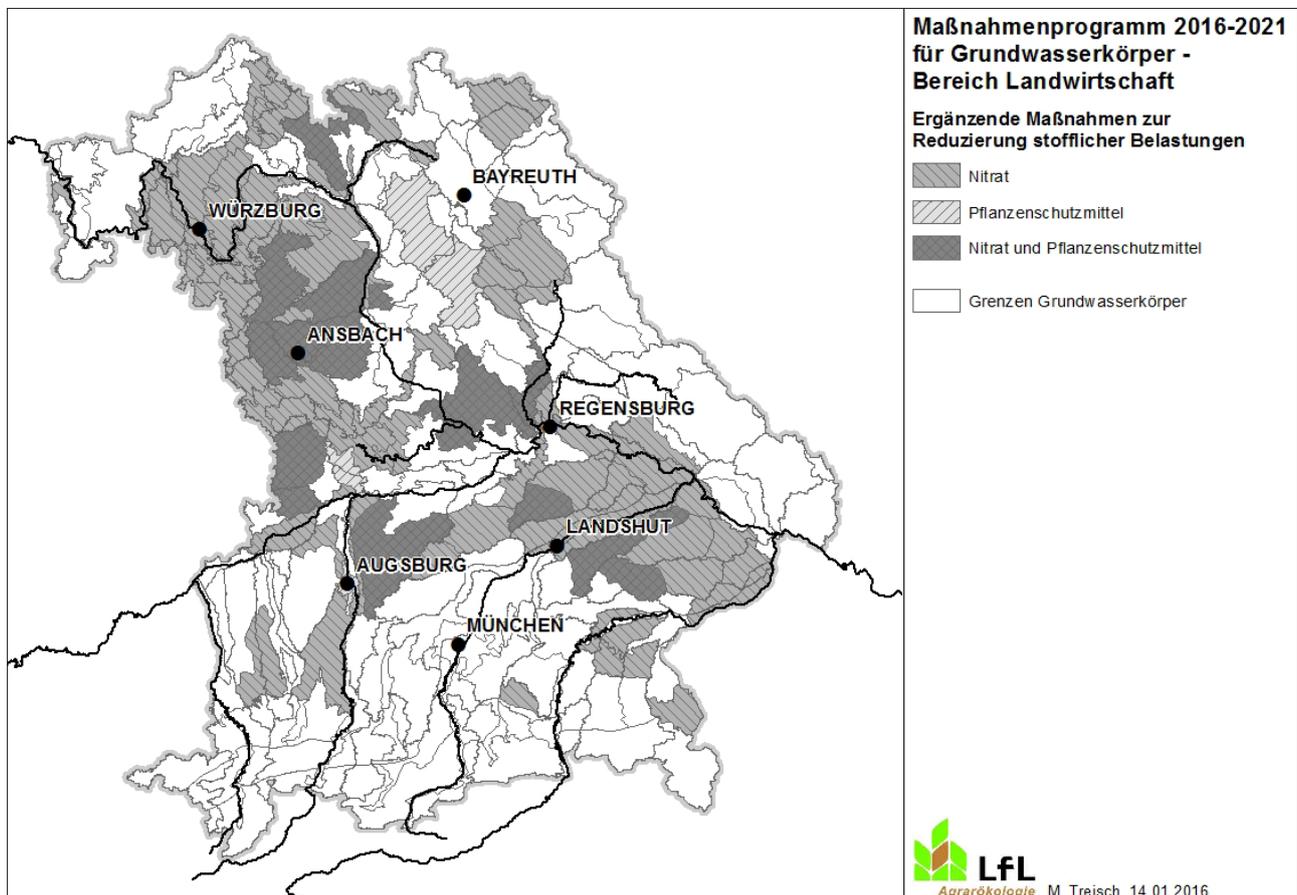


Abbildung 1: Maßnahmenprogramm 2016 - 2021 für Grundwasser – Bereich Landwirtschaft, Ergänzende Maßnahmen zur Reduzierung stofflicher Belastungen.

Tabelle 1: Ökologische Zustandsklasse für die biologischen Qualitätskomponenten in Bayern: Anteil der bewerteten Oberflächenwasserkörper (OWK) je Zustandsklasse in Prozent.

	Sehr gut	Gut	Mäßig	Unbefriedigend	Schlecht	Keine Information, nicht bewertet	Anzahl OWK
Makrozoobenthos	12%	41%	25%	13%	4%	6%	913
Fischfauna	1%	23%	41%	19%	6%	10%	913
Makrophyten & Phytobenthos (Flusswasserkörper)	4%	36%	49%	8%	3%		913
Makrophyten & Phytobenthos (Seewasserkörper)	8%	50%	25%	15%	2%		48
Ökologischer Zustand Gesamtbewertung	1%	16%	43%	30%	9%	1%	961

- Begrenzung der Ausbringung organischer Düngemittel auf 170 kg Gesamtstickstoff je ha und Jahr im Betriebsdurchschnitt
 - Verlängerung der Sperrfristen: Auf Ackerland nach Ernte der letzten Hauptfrucht bis 31. Januar, bei Anbau von Zwischenfrüchten, Winterraps, Feldfutter und Wintergerste nach Getreide Beginn der Sperrfrist am 1. Oktober. Sperrfrist auf Grünland und bei mehrjährigem Feldfutterbau: 1. November bis 31. Januar
 - Reduzierung der Ausbringmenge im Herbst auf 60 kg N/ha
 - Reduzierung des zulässigen Überschusses (Kontrollwertes) beim Nährstoffvergleich von 60 auf 50 kg N/ha und Jahr ab dem Jahr 2018, bei Überschreitung Teilnahme an einer Düngeberatung
 - In Gebieten mit mehr als 40 mg NO₃ und steigender Tendenz oder mehr als 50 mg NO₃ muss mindestens eine zusätzliche Maßnahme vorgeschrieben werden (z. B. N_{min}-Untersuchungen, weitere Absenkung des Kontrollwertes um 10 kg).
- Bei konsequenter Umsetzung und Kontrolle der Vorgaben ist zu erwarten, dass sich die Grundwasserqualität in Gebieten mit hohem Anfall an Wirtschaftsdüngern in absehbarer Zeit z. T. deutlich verbessert. Dazu tragen besonders die Grenzen von 170 kg N/ha und Jahr für alle organischen Dünger und die damit notwendige flächigere Verteilung der Wirtschaftsdünger sowie die stark eingeschränkten Ausbringmöglichkeiten im Herbst bei.
- Maßnahmen zum Schutz von Oberflächengewässern:
- Abstand zu Oberflächengewässern bei Ausbringung 4 Meter

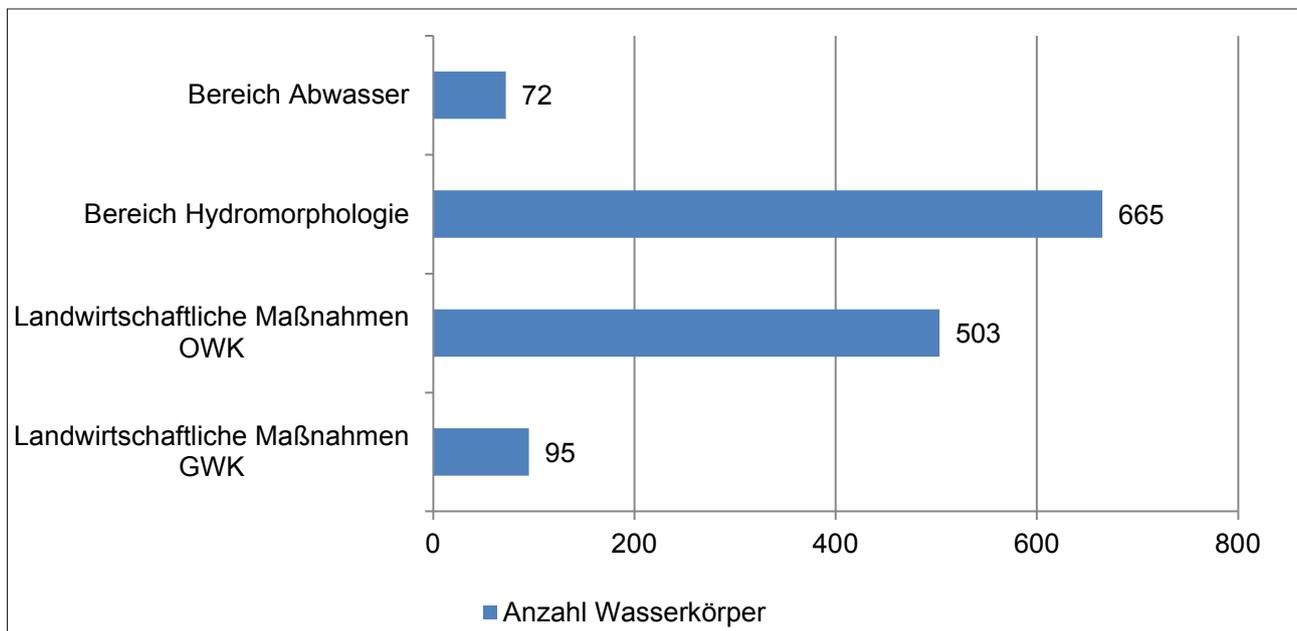


Abbildung 2: Maßnahmenplanung der ergänzenden Maßnahmen 2016 - 2021 in Bayern.

Tabelle 2: Maßnahmen zum Gewässerschutz im Bayerischen Kulturlandschaftsprogramm, Förderperiode 2015 bis 2020.

Extensive Grünlandnutzung entlang von Gewässern und in sonstigen sensiblen Gebieten	350 €/ha
Gewässer- und Erosionsschutzstreifen	920 €/ha Grünstreifen
Winterbegrünung mit Zwischenfrüchten	70 €/ha
Winterbegrünung mit Wildsaaten	120 €/ha
Mulchsaatverfahren bei Reihenkulturen	100 €/ha
Streifen/Direktsaatverfahren bei Reihenkulturen	150 €/ha
Verzicht auf Intensivfrüchte in wasserwirtschaftlich sensiblen Gebieten	250 €/ha

- Einarbeitung organischer Düngemittel spätestens innerhalb von 4 Stunden
- Auf bestelltem Ackerland ab 2020 nur noch streifenförmige Ablage oder direktes Einbringen in Boden, Grünland ab 2025
- Sperrfrist für Festmist, feste Gärrückstände, Komposte vom 15. November bis 31. Januar
- Kontrollwert für Phosphat 20 kg/ha, ab 2018 10 kg unabhängig von der Bodenversorgung.

Diese Maßnahmen können durch die schnelle Einarbeitung ausgebrachter organischer Dünger und die zu erwartende Abnahme der Bodengehalte zu einer Minderung der Belastung von Oberflächengewässern beitragen.

Ausbau des Bayerischen Kulturlandschaftsprogrammes (KULAP)

Derzeit setzt Bayern auf die freiwillige Umsetzung der nach Wasserrahmenrichtlinie notwendigen zusätzlichen Maßnahmen. Die Akzeptanz soll durch Fördermaßnahmen unterstützt werden. Der Freistaat stellt dafür in der Förderperiode 2015 bis 2020 insgesamt 1,2 Mrd. € zur Verfügung. Das Kulturlandschaftsprogramm wurde 2015 neu aufgelegt und bietet im Wesentlichen Maßnahmen zum Schutz der Oberflächengewässer an (Tabelle 2).

Die zur Verfügung stehenden Mittel waren bereits im ersten Antragsjahr für den 5-jährigen Verpflichtungszeitraum ausgeschöpft, im Jahr 2016 wird nur noch ein eingeschränktes Maßnahmenpaket angeboten, das die Winterbegrünung und die Mulchsaat nicht mehr enthält. Im Vergleich zum Jahr 2014 hat sich die Fläche mit geförderten Zwischenfruchtmaßnahmen deutlich reduziert, wurde jedoch durch die ökologischen Vorrangflächen des Greenings bei weitem kompensiert (Tabelle 3).

Greening

Die im Greening vorgesehenen Verpflichtungen zu ökologischen Vorrangflächen (öVF) können über mehrere Alternativen erfüllt werden, z. B. durch die Anlage von Untersaaten zu Mais oder den Anbau von Zwischenfrüchten.

Weiterhin sind für den Gewässerschutz Kombinationen von öVF und dem KULAP möglich. Dabei müssen sowohl die Greening- als auch KULAP-Vorgaben eingehalten werden. Beispiele sind die jeweils festgelegten Mindest-/Höchstbreiten beim Gewässerrandstreifen oder die Anforderungen an das Saatgut beim Zwischenfruchtanbau. Eine mineralische Stickstoffdüngung der öVF-Zwischenfrüchte ist zudem nicht erlaubt. Aufgrund des Verbots der Doppelförderung kann beim KULAP nur ein gekürzter Förderbetrag gewährt werden.

Tabelle 3: Vorläufige Bilanz der 2014 und 2015 beantragten „Zwischenfruchtmaßnahmen“ über KULAP und Greening (ÖVF-Zwischenfrüchte); Stand Oktober 2015, LfL.

"Zwischenfruchtmaßnahme"	KULAP 2014 Umfang (ha)	KULAP 2015, öVF-ZF Umfang (ha)
Winterbegrünung mit Zwischenfrüchten	50.481	16.903
Winterbegrünung mit Wildsaaten		577
Mulchsaatverfahren bei Reihenkulturen	91.861	68.565
Streifen-/Direktsaat bei Reihenkulturen		1.301
Summe KULAP	142.342	87.346
ökologische Vorrangfläche (öVF)-Zwischenfrüchte		166.609
Summe „beantragte ZWF-Maßnahmen“	142.342	253.955

Die Anlage von Gewässerschutzstreifen kann mit dem Faktor 1,5 als öVF angerechnet und zugleich mit 540 €/ha über das KULAP gefördert werden. Hierbei gilt u. a. eine maximale Breite von 20 Metern, ansonsten wird die gesamte Fläche nicht für das Greening berücksichtigt.

Es können auch brachliegende Flächen als öVF mit dem Faktor 1,0 angerechnet und dann mit den Maßnahmen Gewässer- und Erosionsschutzstreifen oder Blühflächen ergänzt werden. Dasselbe gilt für den Zwischenfruchtanbau mit dem Gewichtungsfaktor 0,3, der zusammen mit der Winterbegrünung mit Wildsaaten gefördert wird.

Zusammen mit den weiteren Fördermaßnahmen für eine extensive Wirtschaftsweise stehen damit Maßnahmen zur Verfügung, sowohl im Bereich Grundwasserschutz das Auswaschungsrisiko als auch den für die Oberflächengewässer schädlichen Stoffeintrag zu minimieren.

Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie

Mit der Aktualisierung der Bewirtschaftungspläne für die Flussgebiete – in Bayern insbesondere Donau, Rhein, Elbe – wird nun eine neue Runde in der Umsetzung der europäischen Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) für den Zeitraum 2016 bis 2021 eingeläutet. Die ergänzenden Maßnahmen im Bereich der Landwirtschaft sollen auch in der zweiten Bewirtschaftungsperiode ausschließlich auf freiwilliger Basis erfolgen. Die wichtigsten vorgeschlagenen Maßnahmen sind wie bisher

- Zwischenfruchtanbau mit Umbruch im Frühjahr
- Grünstreifen zum Gewässer- und Bodenschutz
- Mulchsaat, Streifen-/Direktsaatverfahren bei Reihenkulturen
- Bewirtschaftung nach Kriterien des ökologischen Landbaus
- Verzicht auf Intensivfrüchte in wasserwirtschaftlich sensiblen Gebieten
- Stilllegung mit gezielter Begrünung
- Anpassung und Optimierung der Düngung.

Als wichtigster Faktor für die Umsetzung hat sich in der ersten Maßnahmenperiode die Beratung der Landwirte herausgestellt. Eine sorgfältige Planung ist aufgrund der umfangreichen Bestimmungen bei der Beantragung von Fördermaßnahmen notwendig. Die bayerische Staatsregierung unterstützt die Landwirte mit dem Beratungsangebot der vor Ort an den Ämtern für Ernährung, Landwirtschaft

und Forsten tätigen Wasserberatern. Sie informieren über die regionalspezifischen Gewässerqualitäten, gezielte acker- und pflanzenbauliche Gewässerschutzmaßnahmen sowie deren betriebsbezogene Optimierung. Wichtig ist es hierbei, möglichst praxisnahe Lösungskonzepte zu entwickeln. Um die verfügbaren Beratungskapazitäten möglichst effizient einsetzen zu können und Maßnahmen besser aufeinander abzustimmen, werden prioritäre Gebiete im Bereich Grund- und Oberflächenwasserschutz festgelegt.

Schlussfolgerungen

Die geplante Novellierung der Düngeverordnung wird bei konsequenter Umsetzung der Inhalte und ausreichender Kontrolle für eine wesentliche Verbesserung der Grundwasserqualität in Regionen mit hohem Anfall an organischen Düngern beitragen. Die Absenkung des Kontrollwertes für Stickstoff auf 50 kg N/ha wird sich nicht wesentlich auf die Nitratgehalte im Sickerwasser der marktfruchtbetonten Trockengebiete Frankens auswirken. Hier müssen Fördermaßnahmen die Umstellung auf extensive Fruchtarten unterstützen sowie Vermarktungswege für diese Kulturen gefunden werden.

Einen nicht kalkulierbaren Faktor stellt die Reaktion der Agrarpolitik auf die Zukunft der Biogasanlagen nach Auslaufen der Förderungen dar. Werden die Förderungen nach dem Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) nicht verlängert, werden einige Biogasanlagen schließen müssen.

Der Schutz der Oberflächengewässer beruht derzeit zum großen Teil auf freiwilligen, durch Förderungen unterstützten Maßnahmen. Diese werden gut angenommen, ob sie ausreichen, die Gewässerqualität in ausreichendem Maß zu verbessern, ist abzuwarten. Der prognostizierte Klimawandel mit zunehmenden Starkregenereignissen kann hier viele erfolgreiche Bemühungen überlagern.

Voraussetzung für die Verbesserung der Gewässerqualität ist die Bereitschaft der Politik, weiterhin Mittel für eine qualifizierte Beratung der Landwirte zur Verfügung zu stellen.

Literatur

- Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz (2015) Bewirtschaftungsplan für den bayerischen Anteil am Flussgebiet Donau/Rhein, Bewirtschaftungszeitraum 2016-2021.
- Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz (2015) Maßnahmenprogramm für den bayerischen Anteil am Flussgebiet Donau/Rhein, Bewirtschaftungszeitraum 2016-2021.

Drainagemonitoring - eine ergänzende Methode zur Evaluierung von Maßnahmenwirksamkeiten zur Reduktion von Nitratemissionen in das Grund- und Oberflächenwasser?

Oliver Gabriel^{1*}, Heike Brielmann², Franko Humer² und Johannes Grath²

Zusammenfassung

Die Anlage von Drainagen dient der Verkürzung der Verweilzeit des infiltrierenden Wassers im Boden. Drainagen wirken dabei wie große flächenhafte „Sickerwassersammler“. Sie erfassen das Bodensickerwasser einschließlich des sich rapide bewegenden Sickerwassers in präferentiellen Fließwegen. Aufgrund dieser Eigenschaften enthält das Drainagewasser unmittelbare Informationen über die aktuelle Nährstoff- und Schadstoffbelastung landwirtschaftlicher Böden. Dagegen unterliegen die an Grund- oder Fließgewässermessstellen erzielten Messergebnisse immer einer Vielzahl von Einflüssen verschiedener räumlicher, zeitlicher sowie prozessbezogener Skalen, bei der die eindeutige Rückführung eines Signals (Messwert) auf bestimmte Ursachen nur unter sehr großem Aufwand möglich ist. Das Monitoring von Drainagen in belasteten Gebieten stellt somit eine wertvolle, ergänzende, flächenbezogene Methode zur Erfassung von (klar definierten) Einflüssen auf die Qualität von Grund- und Oberflächenwassern dar. Zudem erlaubt es die zeitnahe Beurteilung der Wirksamkeit von Maßnahmen auf landwirtschaftlichen Flächen.

Einleitung

Zur Verringerung der durch Nitrat aus landwirtschaftlichen Quellen verursachten oder ausgelösten Gewässerverunreinigung und zur Vorbeugung weiterer Gewässerverunreinigung dieser Art verlangt die Richtlinie 91/676/EWG, Artikel 5 des Rates der Europäischen Union (Nitratrichtlinie) die Festlegung eines Aktionsprogramms für die als gefährdet ausgewiesenen Gebiete oder für das gesamte Gebiet eines Mitgliedstaates. Ziel des Aktionsprogramms Nitrat beziehungsweise der Richtlinie ist es, die durch Nitrat aus landwirtschaftlichen Quellen verursachte oder ausgelöste Gewässerverunreinigung zu verringern und gegen weitere Gewässerverunreinigung dieser Art vorzubeugen. Gemäß Artikel 5 Ziffer 6 der Nitratrichtlinie haben die Mitgliedsstaaten für die Aufstellung und Durchführung geeigneter Überwachungsprogramme zu sorgen, damit die Wirksamkeit der Aktionsprogramme beurteilt werden kann. Österreich hat ein Aktionsprogramm zur Anwendung auf seinem gesamten Territorium aufgestellt. Die Maßnahmen des Aktionsprogramms gehören zu den grundlegenden Maßnahmen

nach Artikel 11 der Wasserrahmenrichtlinie (RL 2000/60/EG). Die Kontrolle der Wirksamkeit der Maßnahmen des Aktionsprogramms und der Zielerreichung erfolgt derzeit über die Überwachung der Oberflächengewässer und des Grundwassers im Rahmen der GZÜV. Änderungen in der Bewirtschaftung aufgrund von Maßnahmen des Aktionsprogramms können sich aufgrund der Aufenthaltszeiten des Grundwassers zum Teil nur mit deutlicher zeitlicher Verzögerung auf die Beschaffenheit des Grundwassers und der Oberflächengewässer auswirken. Darüber hinaus ist die Interpretation der Ergebnisse aus einem Grundwasser- und Oberflächengewässer-Monitoring häufig schwierig, da sie von verschiedenen Prozessen beeinflusst werden und somit nicht immer eindeutig auf die Wirksamkeit von Maßnahmen vor Ort zurückgeführt werden können. In einigen Mitgliedsstaaten der Europäischen Gemeinschaft werden deshalb seit Jahren Methoden zur Überwachung des Bodenwassers sowie von Drainagen erfolgreich eingesetzt.

Das Ziel der nachfolgend angeführten Arbeiten, die aus einem Pilot-Projekt stammen, ist es

- i) grundsätzlich zu klären, **ob** ergänzende Untersuchungen an Drainagewässern als Instrument zur zeitnahen Beurteilung der Wirksamkeit von Maßnahmen des Aktionsprogramms (insbesondere in kleinen Einzugsgebieten) geeignet sind,
- ii) aufzuzeigen, **wo** in Österreich ein Drainagemonitoring sinnvoll und machbar sein könnte,
- iii) zu erheben, **wie** ein Drainagemonitoring praktisch umzusetzen wäre.

Dazu sollte unter anderem die Frage nach:

- der räumlichen Konzeption der Probenahme,
- der nötigen zeitlichen Auflösung einer Probenahme,
- der möglichen Konzipierung eines praktikablen Monitorings geklärt werden.

Die vorgestellten Ergebnisse stammen aus dem vom BMLFUW finanzierten Projekt „Grundwasserpilotprojekt Nitrat-Effektmonitoring“ (UBA 2014).

Material und Methoden

Um der Fragestellung gerecht zu werden und unter Berücksichtigung des zeitlichen und finanziellen Rahmens der Untersuchungen sollten neben Literaturlauswertungen

¹ Umweltbundesamt GmbH, Abteilung für Oberflächengewässer, Spittelauer Lände 5, A-1090 Wien

² Umweltbundesamt GmbH, Abteilung für Grundwasser, Spittelauer Lände 5, A-1090 Wien

* Ansprechpartner: Dr. Oliver Gabriel, oliver.gabriel@umweltbundesamt.at

verschiedene Testgebiete eingerichtet werden, um unterschiedliche methodische Ansätze und Beprobungsintervalle zu testen.

Testgebietsauswahl

Ziel der Flächenauswahl war es, in den Gebieten Österreichs, in denen es hinsichtlich der Nährstoffparameter Stickstoff und Phosphor zur Überschreitung der Umweltqualitätsziele für das Grund- und Oberflächengewässer kommt und in denen Maßnahmen zur Verbesserung dieser Situation durchgeführt werden, für ein Drainagemonitoring geeignete Gebiete auszuweisen. In diesen Gebieten wurden anhand von vorhandenen räumlichen Daten und GIS Kartenwerken in einem ersten Schritt Hintergrundinformationen (u.a. Wasserkörper mit Zielverfehlung Nitrat; Meliorationskataster; Landnutzung- und Bodentypenkarten sowie Informationen zum N-Überschuss und einzugsgebietsspezifischen N-Emissionen) ausgewertet. Der zweite Schritt, die Auswahl spezifischer Testfelder, stellte sich als komplex und zeitaufwändig heraus, was insbesondere der Beteiligung unterschiedlicher administrativer Ebenen und verschiedener Interessengruppen geschuldet war. Aus den gesammelten Erfahrungen wurde eine praktikable Vorgehensweise für die Auswahl von Testfeldern für Drainageuntersuchungen abgeleitet. Diese beinhaltet im Wesentlichen:

- Information der Landwirtschaftskammern durch das BMLFUW,
- Information weiterer zuständiger Landesbehörden (Wasserwirtschaft, Grundwasserschutz, Gewässerschutz),
- Organisation von Gesprächsrunden zur Information über das Vorhaben sowie zur Konkretisierung von Anforderungen bezüglich geeigneter Gebiete (Bürgermeister, Betreiber, Drainageobmänner),
- Kontaktaufnahme zu den benannten Ansprechpartnern (Klärung der Bedingungen vor-Ort – Bewirtschaftung; pedologische und hydrologische Bedingungen),
- Lokalaugenschein (Drainagekartierung; Klärung der Belastungs- und Einleitsituation),
- Installation der Messgeräte, Beginn der Probenahme.

Zu Überschreitungen der Umweltqualitätsziele in Bezug auf Nitrat im Grundwasser kommt es vor allem in Regionen mit intensiver landwirtschaftlicher Bewirtschaftung und häufig auf Standorten mit seichten Böden (Schenker und

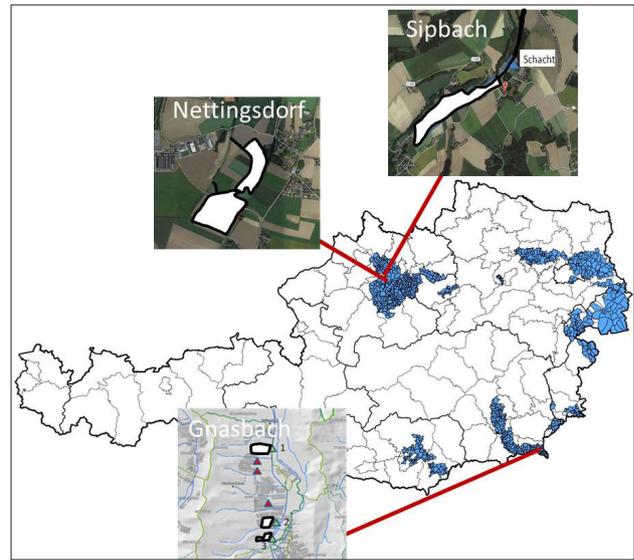


Abbildung 1: Gebietskulisse „Vorbeugender Grundwasserschutz“ (Protokoll AG „ÖPUL-Wasser“, Stand Nov. 2013) und Testgebiete Nettingsdorf (OÖ), Sipbach (OÖ) und Gnasbach (Stmk).

Fenz 2010). Dies betrifft überwiegend Gebiete im Norden (z.B. Weinviertel), Osten (z.B. Marchfeld) und Südosten Österreichs (z.B. Ikvatal), wo zugleich ungünstig geringe Niederschlagsmengen (= geringe Verdünnung) der Regelfall sind. Aber auch in anderen Regionen mit intensiver Landwirtschaft, wie der Traun-Enns-Platte, kommt es zu Schwellenwertüberschreitungen hinsichtlich des Nitrats. Diese Problemgebiete spiegeln sich auch in der aktuellen Gebietskulisse „Vorbeugender Grundwasserschutz“ für ÖPUL wider. Letztlich konnten drei Testgebiete in zwei Schwerpunktregionen der Gebietskulisse eingerichtet werden (siehe *Abbildung 1*).

In den drei Testgebieten konnten an insgesamt sechs Drainagen Untersuchungen durchgeführt werden. Entsprechende Hintergrundinformationen sind in *Tabelle 1* zusammengestellt.

Generell wurden auf den Untersuchungsflächen Messungen in Form von manuellen Stichproben mit kontinuierlich aufzeichnenden Sonden verglichen. Die parallele Beprobung von Drainagen, Grundwasser und Oberflächenwasser an verschiedenen Standorten ermöglichte den Vergleich

Tabelle 1: Kurzcharakterisierung der Untersuchungsflächen.

	Nettingsdorf (zwei einzelne Drainagestränge)	Sipbach (Hauptsammler)	Gnasbach (drei einzelne Drainagestränge)
Fläche [ha]	4,7; 2,9	ca. 25,0	2,0; 2,3; 4,5
Bodentyp	Gley	Braunerde	Pseudogley
Bodengründigkeit	tiefgründig	mittel - tiefgründig	tiefgründig
Maßnahmenprogramm	ja	ja	nein
Kulturart/Fruchtfolge*	Raps - Winterweizen - Zuckerrübe; Mais - Winterweizen	Silomais - Wintergetreide - Silomais - Ackerbohne - Kümmel	Brache - Zwischenfrucht; Kürbis; Mais
Düngaufbringung**	Harnstoff - Schweinegülle - Mineraldünger; Putenmist - Mineraldünger - Harnstoff	Rindergülle, Mineraldünger	keine; Schweinegülle, Mineraldünger; Schweinegülle, Mineraldünger

*, ** Genaue Angaben zur Kultur sowie Mengen und Zeitpunkte der Düngaufbringung wurden von den Betreibern bereitgestellt

ihrer Ansprechempfindlichkeit gegenüber durchgeführten Maßnahmen bzw. von vorherrschenden äußeren Randbedingungen.

Im Einzelnen wurden an den Untersuchungsstandorten:

(1) Monatliche bzw. 14-tägige Stichproben für die Parameter N_{Ges} , NO_3 , NO_2 , NH_4 , P_{Ges} und PO_4 entnommen, bei gleichzeitiger Erfassung der Vor-Ort-Parameter Leitfähigkeit, pH, Wassertemperatur und O_2 sowie der Bestimmung der Abflüsse. Diese Vorgehensweise erlaubte den Vergleich der Aussagekraft von reinen Konzentrationsmessungen versus Frachterhebungen. Die Messkampagne erstreckte sich an allen Standorten über einen Jahresgang - bzw. am Standort Dietersdorf a. G., über die Vegetationsperiode für Mais.

(2) Kontinuierlich wurden die Parameter Leitfähigkeit, Wassertemperatur und z.T. Wasserdruck über festinstallierte Sonden erfasst. Die Messkampagne erstreckte sich über einen Jahresgang am Standort Nettingsdorf, sowie über die Vegetationsperiode am Standort Gnasbach. Diese Vorgehensweise erlaubt Rückschlüsse auf die Ansprechzeit der Drainagen, die Evaluierung möglicher Beeinflussungen der Drainagen durch den Vorfluter sowie die näherungsweise Bestimmung der Drainageabflüsse.

(3) Kontinuierlich wurden außerdem die Parameter NO_3 , Cl und Wassertemperatur über eine festinstallierte Sonde erfasst. Die Messkampagne erstreckte sich von April – September am Standort Gnasbach, um die Auswirkungen der Düngung zu Anbau und Aufwuchs zu erfassen. Die Sonde wurde dann zum Standort Nettingsdorf umgesetzt, um von Oktober – Dezember etwaige Auswirkungen der Herbsdüngung zu erfassen. Die kontinuierlichen Messungen erlauben die Darstellung der Konzentrationsdynamik in den Drainagen.

Die Kombination von Stichproben und kontinuierlichen Messungen ermöglichte Aussagen zur Genauigkeit von Einzelmessungen unterschiedlicher Frequenz. Darüber gibt eine kontinuierliche Messung der Nitratkonzentrationen in Drainagen Aufschluss über die Konzentrationsdynamik, die

durch Stichproben kaum zu erheben ist. In Kombination mit Abflussmessungen und -berechnungen der täglichen Drainageschüttung konnten über bestimmte Zeiträume genaue Emissionen berechnet werden. Ein Vergleich gleicher und unterschiedlicher Nutzungen an verschiedenen Standorten erlaubt einen Einblick in die generelle Repräsentativität der Untersuchungen und ihre Aussagekraft.

Ergebnisse und Diskussion

Räumliche Konzeption der Probenahme

Ein Monitoring von Drainagen ist unter Berücksichtigung der räumlichen Situation grundsätzlich in unterschiedlichen Varianten denkbar:

- Beprobung von Drainageauslässen mit dem Anschluss einzelner/weniger Flächen,
- Beprobung von Hauptsammlern mit dem Anschluss vieler Flächen,
- Beprobung von Gewässern mit hohen Drainageflächenanteilen.

Entsprechend wurden die verschiedenen Möglichkeiten im Probenahmekonzept berücksichtigt. Alle genannten Varianten haben Vor- und Nachteile, die in *Tabelle 2* mit anderen Möglichkeiten des Monitorings zusammengefasst werden.

Die Projektergebnisse zeigten, dass bereits die Ergebnisse aus einem Monitoring von Drainage-Hauptsammlern, die in diesem Fall eine Fläche von ca. 25 ha mit verschiedenen Betreibern und Nutzungsarten integrierte, nicht mehr rein auf Aspekte, wie landwirtschaftliche Nutzung und Maßnahmenwirksamkeiten zurückgeführt werden konnten. Der Einfluss möglicher anderer Einflussfaktoren, wie die mögliche Beeinflussung durch eine kleine Fischzucht oder kommunale Abwässer etc. ist schwer eindeutig ermittelbar und führt zu erheblichen Unsicherheiten bei der Interpretation der Ergebnisse. Noch höhere Unsicherheiten bei der Interpretation der Messergebnisse ergeben sich bei einer

Standort	Messpunkt	Art d. Probenahme	Zeitraum																		
			2012				2013														
			9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12			
Nettingsdorf	Drän 1	Stichproben															2	2	2		
		kontinuierlich (LF, T, p)																			
		kontinuierlich (NO3)																			
	Drän 2	Stichproben																2	2	2	
		Aubach																	2	2	2
		kontinuierlich (LF, T, p)																			
	Grundwasser	Stichproben																			
Allhaming/Sipbach	Sammler	Stichproben																	2		
Dietersdorf a. Gnasbach	Drän 1	Stichproben							2	2	2	2		2	2	2					
		Stichproben								2	2	2	2		2	2	2				
	kontinuierlich (LF, T, p)																				
	kontinuierlich (NO3)																				
	Drän 3	Stichproben (LF, T, p)							2	2	2	2		2	2	2					
	Gnasbach	Stichproben							2	2	2	2		2	2	2					
		kontinuierlich																			
	Grundwasser	Stichproben																			

Abbildung 2: Probenahmekonzept des Drainagemonitoring-Pilotprojektes (2 = vierzehntägige Probenahme). LF=Leitfähigkeit, T=Temperatur und p=Wasserdruck.

Tabelle 2: Vor- und Nachteile eines Monitorings in unterschiedlichen Kompartimenten.

Art des Monitoring	Ansprechzeit	Maßnahmenbewertung	Einfluss anderer Prozesse	Aufwand
Bodenwasser	kurz	hoch	klein	erheblich
Drainagewasser				
Hauptsammler	kurz	mittel - hoch	klein - mittel	mittel - erheblich
Sammler	kurz	hoch	klein	mittel - erheblich
oberflächennahes Grundwasser	kurz - mittel	mittel - hoch	klein - mittel	mittel
tiefes Grundwasser	mittel - lang	niedrig - mittel	mittel - erheblich	mittel
Gräben und Bäche	kurz - mittel	mittel	mittel	mittel
Flüsse	lang	niedrig	erheblich	mittel

Beprobung der Oberflächengewässer. Hier können kaum verlässlich Aussagen zu den möglichen Beeinflussungen von (gereinigten) kommunalen Abwässern oder Fehlan-schlüssen und weiteren Nutzungen im Einzugsgebiet der Gewässer getroffen werden, so dass die Konzentrations-dynamik auch in kleinen Fließgewässern, wie Gräben und Bächen nicht ausschließlich auf landwirtschaftliche Nutzungen und Maßnahmenwirksamkeiten zurückgeführt werden kann.

Flächenspezifische Nitrat-Frachten

Im Gegensatz zu einer reinen Ermittlung der Drainagekonzentrationen (qualitativer Vergleich) ermöglicht die Erhebung von flächenspezifischen Frachten die Ermittlung der tatsächlichen direkten Nitratemissionen in das Oberflächengewässer. Diese ermöglichen einen quantitativen Vergleich verschiedener Flächen mit unterschiedlichen Kulturarten, unterschiedlichen landwirtschaftlichen Praktiken und lassen letztlich Aussagen über die Wirksamkeiten von Maßnahmen zu.

Im Zuge der Untersuchungen wurden die Stichtagsbeprobungen ausgewertet, in denen Abflüsse und Konzentrationen ermittelt wurden und zum Anderen die kontinuierlichen Erhebungen dazu genutzt, um Tagesfrachten zu berechnen. Betrachtet man exemplarisch die Ergebnisse aus den Stichproben, so ließen sich an den sechs Testflächen Tagesfrachten von $<0,01$ bis $>0,6$ kg/ha ermitteln. Die flächenspezifischen Nitratfrachten zeigten sowohl in Abhängigkeit der Nutzung, als auch im zeitlichen Verlauf deutliche Schwankungen. In der Steiermark kam es aufgrund eines sehr trockenen Julis zu einem langfristigen Erliegen der Dränspende zwischen Juli und November, was sich auch durch vereinzelte starke Niederschläge nicht änderte. Die vergleichsweise kleinsten Nitrat-N-Frachten wurden im steirischen Untersuchungsgebiet an Dränauslass 1 bestimmt (*Abbildung 3, oben*). Hierbei handelt es sich um eine, durch einen Biobetrieb bewirtschaftete 2 ha große Fläche, die im Jahr 2013 zum Teil brach lag, zum Teil mit einem Getreide-/Erbsengemenge als Zwischenfrucht bepflanzt war; gedüngt wurde nicht. Am Auslass der Dränfläche 2 (2,3 ha) (*Abbildung 3, Mitte*), welche im Jahr 2013 ab Ende April/Anfang Mai mit Ölkürbis bepflanzt wurde, sind im Vergleich die größten flächengewichteten Nitrat-N-Frachten mit bis zu 0,53 kg/ha gemessen worden. Die höchsten durch die Stichproben bestimmten Frachten fallen auf dieser Fläche mit der (beobachteten) Frühjahrsernte von Schweinegülle und gleichzeitig auftretenden Schneeschmelz- bzw.

Starkregenereignissen zusammen. Hier führte die Stickstoff-Frühjahrsdüngung zu einer deutlichen Nitratspitze, die sich in Tageskonzentrationen von mehr als 30 mg $\text{NO}_3\text{-N/l}$ in der Drainage niederschlug und weniger extrem auch für die dritte Dränfläche mit späterem Maisanbau ermittelt wurde.

Notwendige zeitliche Auflösung der Probenahme

Um die Wirksamkeit von landwirtschaftlichen Maßnahmen gezielt ausweisen zu können, müssen (zumindest) die jährlichen N-Austräge aus den Flächen über Drainagen mit einer hohen Genauigkeit bestimmt werden und die Ergebnisse im Lichte wesentlicher Einflussfaktoren (wie Niederschläge) interpretiert oder auf Normalbedingungen korrigiert werden. Im Zuge des Projektes wurde geprüft, welche Frequenz der Probenahme nötig ist, um eine hohe Genauigkeit der N-Jahresfrachten aus den einzelnen Flächen bestimmen zu können. Dazu wurden für verschiedene Zeiträume Stichprobenmessungen und kontinuierliche Messungen verglichen. In einem zweiten Schritt wurden aus den Stichproben Gesamtfrachten ermittelt und diese mit den aus kontinuierlichen Messungen ermittelten Gesamtfrachten für denselben Zeitraum verglichen.

Wie nicht anders zu erwarten war, zeigt sich an den Drainagen eine in Abhängigkeit der Bodenwassersättigung und der Niederschläge mehr oder weniger ausgeprägte, zeitverzögerte Abflussdynamik mit der Ausprägung deutlicher Abflussspitzen. Dabei folgt die aus den kontinuierlichen Messungen abgeleitete $\text{NO}_3\text{-N}$ -Konzentrationsdynamik in den Drainagen der Abflussdynamik mit zunehmenden Konzentrationen bei erhöhten Abflüssen, während die gelöste Gesamtmenge der gelösten Stoffe (Leitfähigkeit) in den Drainagen durch Verdünnungsprozesse grundsätzlich abnimmt. Bei erhöhten Grabenwasserständen kommt es schließlich auch vereinzelt zu einer Beeinflussung der Drainagen durch das Grabenwasser, die durch Sternchen in *Abbildung 4* gekennzeichnet sind. Betrachtet man den Beprobungszeitraum von etwa drei Monaten, so zeigen sich alleine im Monat November drei deutliche Spitzen, die durch die Stichproben (viereckige Symbole) nicht erfasst werden.

In beiden Testflächen mit kontinuierlichen Messungen wurde eine deutliche Beeinflussung der Konzentrations- und Frachtdynamik mit vereinzelt durch Niederschlag und/oder Düngeinsatz induzierten Spitzen deutlich.

In Zeiträumen, die durch „Basisabflüsse“ gekennzeichnet sind und in denen es zu keinen zusätzlichen Düngegaben

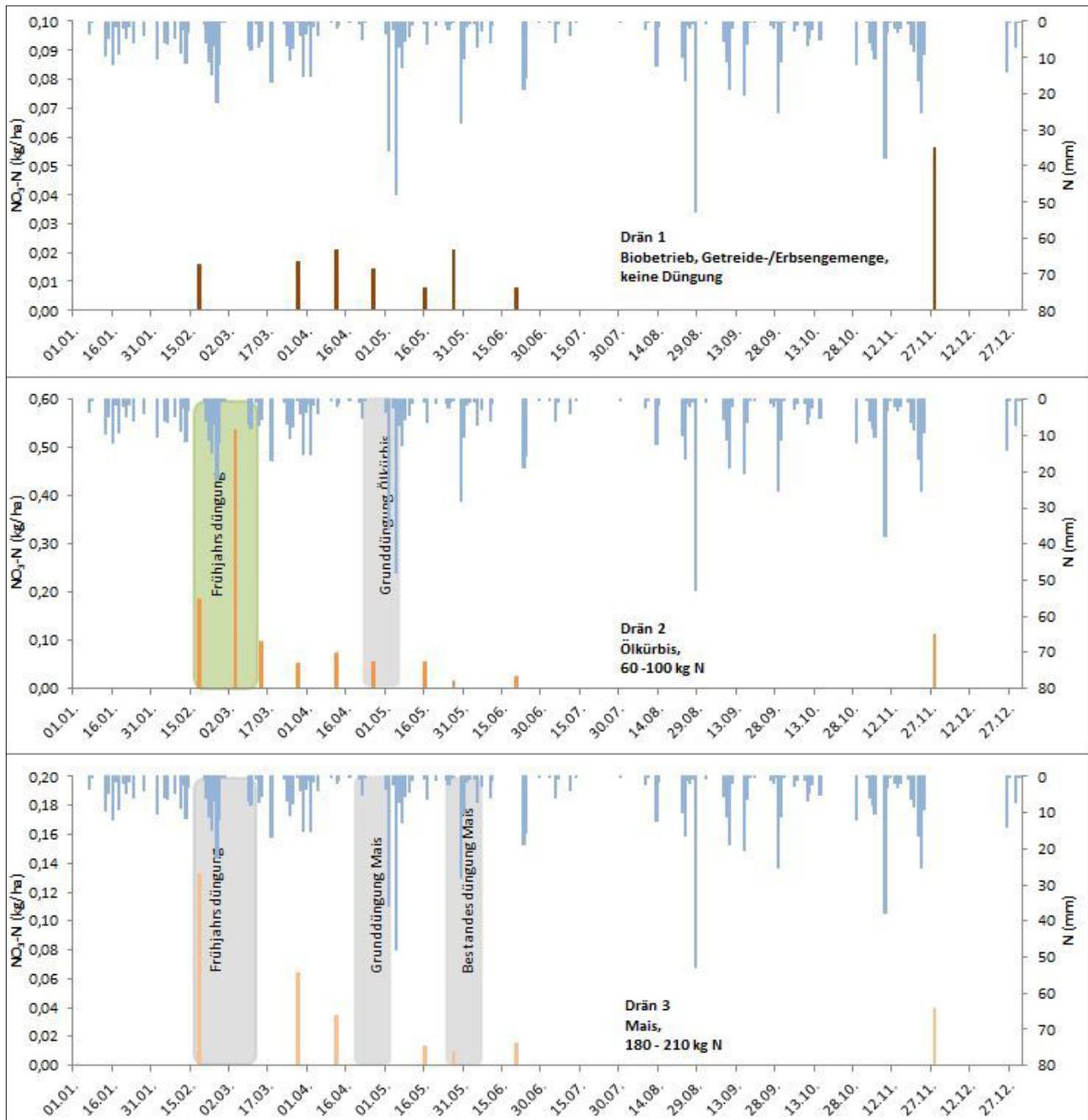


Abbildung 3: Auf Stichproben basierende Nitrat-N-Tagesfrachten der Drainagen am Standort Gnasbach. (Nitrat-N-Achsen sind aus Gründen der Darstellbarkeit unterschiedlich skaliert! Grau hinterlegte Flächen = Düngenzeiträume entsprechend Auskünfte durch die Umweltberatung Steiermark, oder selbst beobachtet.

kommt (z.B. Oktober 2013 in Nettingsdorf – Düngung erfolgte im August) sind Stichproben in der Regel repräsentativ.

In Zeiträumen mit erhöhter Niederschlagsdynamik führen Stichproben zu Unter- und Überschätzung der Ergebnisse unbestimmter Größenordnung. Stichproben können die tatsächliche Dynamik der Dränspenden insbesondere von Abflussereignissen nicht widerspiegeln. Eine Ermittlung der Jahresfrachten aus Stichproben ist somit unpraktikabel, da die (Un)genauigkeit der Frachtberechnung maßgeblich von der Zufälligkeit der Probenahmeterminale abhängt.

Entsprechend können anhand von Stichproben auch keine gesicherten Aussagen zu Maßnahmenwirksamkeiten getroffen werden.

Konzipierung eines praktikablen Monitorings

Bei einem dauerhaften Monitoring sollten folgende Vorgaben eingehalten werden:

1. Ermittlung flächenspezifischer N-Frachten,
2. ermittelt auf Grundlage von kontinuierlichen Messungen,

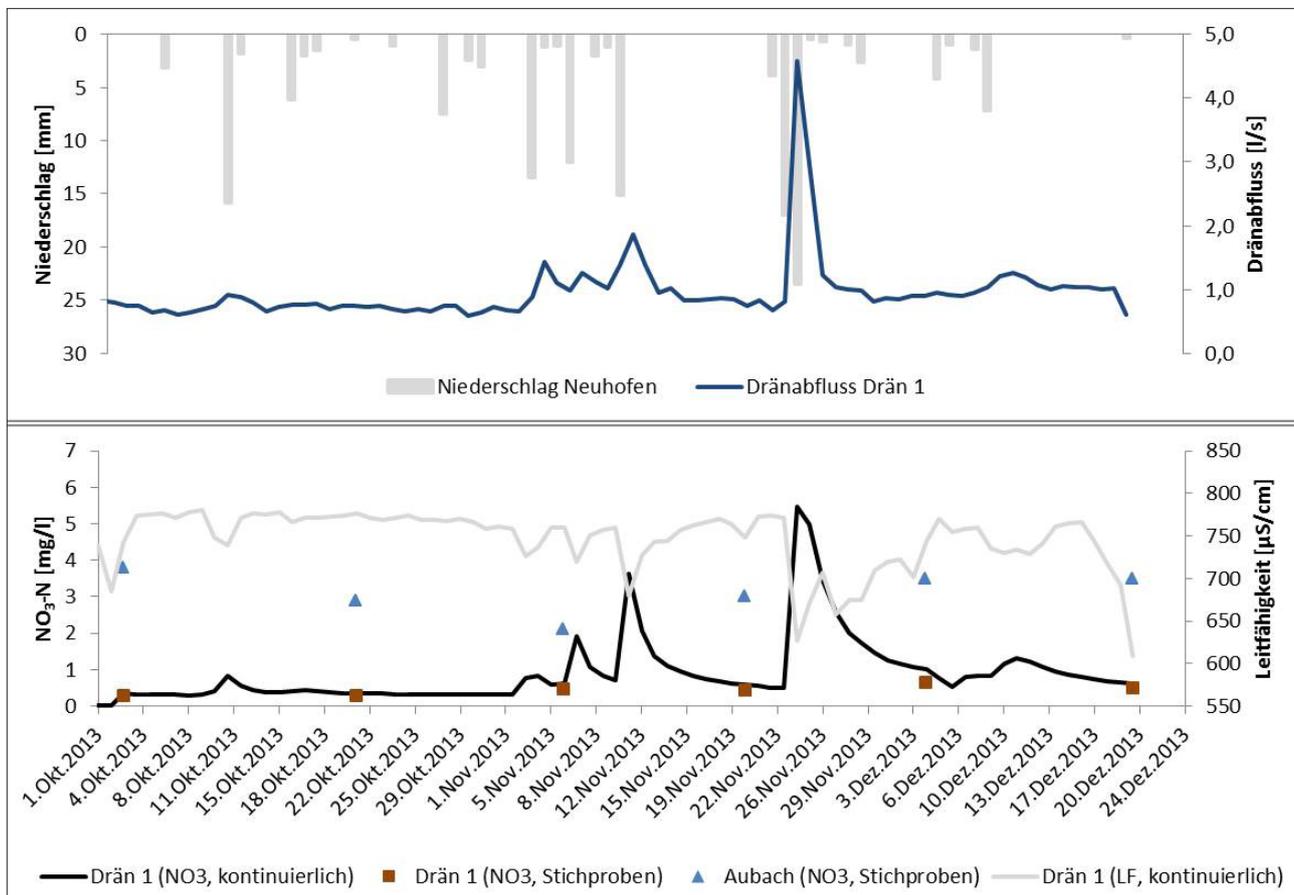


Abbildung 4: Vergleich der kontinuierlichen Messungen Leitfähigkeit und NO₃-N in Drän 1 mit manuellen Messungen in Drän 1 und im Aubach in Abhängigkeit vom Niederschlag (Nettingsdorf).

3. über eine mehrjährige Monitoring Periode.

Grundlegend könnte die Konzipierung eines praktikablen Monitorings folgendermaßen aussehen:

- 3 – 4 Untersuchungsgebiete in Österreich,
- mindestens 4 Drainageflächen je Untersuchungsgebiet,
- 3 Drainageflächen mit ähnlichen Bedingungen, eine Referenzfläche ohne Maßnahmen,
- kontinuierliche Messung des Dränabflusses und der Nitratkonzentrationen,
- mehrjährige Messkampagne mit einer Mindestlaufzeit von drei Jahren,
- Beschränkung des jährlichen Untersuchungszeitraums auf die Monate Oktober/November bis Mai/Juni (bewirtschaftungsabhängig),
- Kombination von kontinuierlichen Messungen (eine Drainagefläche) und Stichproben für die anderen Flächen eines Untersuchungsgebietes,
- Wartung der kontinuierlichen Messeinrichtung und Entnahme der Stichproben im 2- bis 4-Wochen-Rhythmus,
- Ausführung der kontinuierlichen Messeinrichtung als Onlinesonden für Nitrat oder in Form automatischer Probenehmer,
- bauliche Abgrenzung der kontinuierlichen Messeinrichtung vom Oberflächengewässer und Einrichtung von Abflussmessungen,

- zusätzliche kontinuierliche Erhebung der Wassertemperaturen, Leitfähigkeit und/oder Chloridkonzentrationen,
- Stichproben Parameter: N_{Ges}, NH₄-N, NO₂-N sowie o-PO₄-P und P_{Ges} analysiert,
- Erhebung zusätzlicher Daten (Wetter, Drainagen, Düng- und Bewirtschaftungsdaten, N_{min}-Erhebungen),
- Einbeziehen von GZÜV-Daten des Grund- und Fließgewässermonitorings.

Schlussfolgerung

Drainagen wirken wie große flächenhafte „Sickerwassersammler“. Sie erfassen das Bodensickerwasser einschließlich des sich rapide bewegenden Sickerwassers in präferentiellen Fließwegen. Aufgrund dieser Eigenschaften enthält das Drainagewasser unmittelbare Informationen über die aktuelle Nährstoff- und Schadstoffbelastung landwirtschaftlicher Böden. Messergebnisse aus Grund- oder Fließgewässermessstellen unterliegen immer einer Vielzahl von Einflüssen verschiedener räumlicher, zeitlicher sowie prozessbezogener Skalen. Das Monitoring von Drainagen in belasteten Gebieten stellt somit eine wertvolle, ergänzende, flächenbezogene Methode zur Erfassung von (klar definierten) Einflüssen auf die Qualität von Grund- und Oberflächengewässern dar. Es erlaubt die zeitnahe Beurteilung der Wirksamkeit von Maßnahmen auf landwirtschaftlichen Flächen.

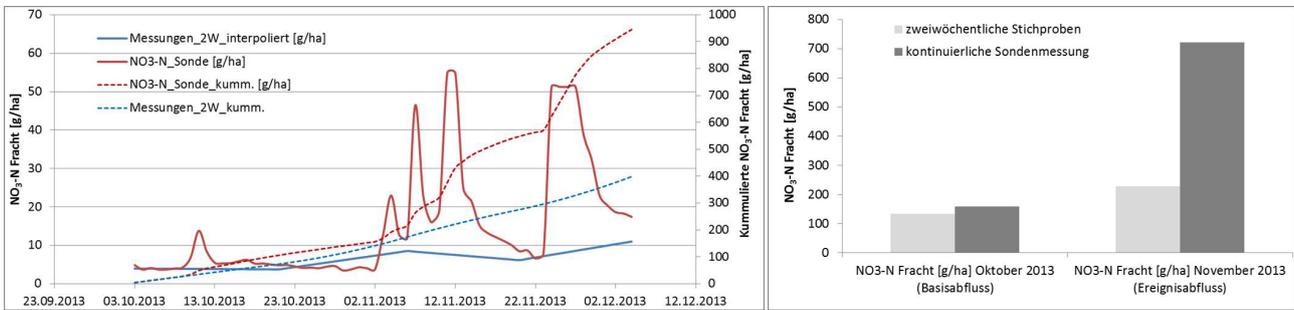


Abbildung 5: Vergleich täglicher und kumulierter Nitrat-N-Frachten auf Grundlage von Stichproben- und kontinuierlichen Messungen, Standort Nettingsdorf (links) und Vergleich der ermittelten aggregierten Monatsfrachten (Nitrat-N) auf Basis unterschiedlicher Probenahmehäufigkeiten (zweiwöchentlich vs. kontinuierlich) für Basis- und Ereignisabflussbedingungen.

Literatur

Schenker P. & Fenz R. (2010) Die Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie in Österreich - Bedeutung für die Landwirtschaft. In: Lehr- und Forschungszentrum für Landwirtschaft Raumberg-Gumpenstein (Hrsg.): Boden- und Gewässerschutz in der

Landwirtschaft - 2. Umweltökologisches Symposium am 2. und 3. März 2010 am LFZ Raumberg-Gumpenstein. Irdning: Selbstverlag, 5-7.

UBA (2014) Grundwasserpilotprojekt Nitrat-Effektmonitoring. Berichte des BMLFUW, 76S..

Grundwasser-Risikobewertung von Pflanzenschutzmittelwirkstoffen im europäischen und nationalen Kontext - Anforderungen, Erwartungen und Limitierungen

Michael Stemmer^{1*}, Eveline Paul¹ und Albert Bergmann¹

Zusammenfassung

Die Grundwasser-Risikobewertung im Rahmen der Wirkstoffgenehmigung auf europäischer Ebene sowie im Rahmen der Pflanzenschutzmittelzulassung auf nationaler Ebene basiert im Wesentlichen auf europaweit standardisierten Bewertungsvorgaben unter Einbindung akkordierter Versickerungsmodelle (FOCUS-Grundwasserszenarien) als ersten Bewertungsschritt. Mit Einführung des europäischen Leitliniendokuments SANCO/13144/2010 sind im Rahmen der Grundwasser-Risikobewertung nun auch zusätzliche Verfeinerungsschritte, wie z.B. georeferenzierte Modellberechnungen unter Berücksichtigung regionaler Boden- und Witterungsbedingungen sowie die Einbindung von Grundwassermonitoringstudien möglich, um eine sichere Anwendung eines Pflanzenschutzmittels im vorgesehenen Verwendungsgebiet demonstrieren zu können.

Schlagwörter: Pestizide, Grundwasser, Risikobewertung

Summary

The groundwater risk assessment for approval of active substances at European level and for subsequent authorization of plant protection products at national level is based on highly standardized assessment tools applying leaching models (FOCUS groundwater scenarios) at first tier. Following the European guidance document SANCO/13144/2010 refined higher tier risk assessments, e.g. spatial exposure modelling accounting for regional soil and weather conditions assessments as well as groundwater monitoring studies may now be applied as well to demonstrate “save” use conditions for a plant protection product for the proposed use areas.

Keywords: pesticides, groundwater, risk assessment

Einleitung

Die Genehmigung eines Wirkstoffes auf europäischer Ebene sowie die nachfolgende Zulassung eines diesen Wirkstoff enthaltenen Pflanzenschutzmittels (PSM) auf nationaler Ebene sind in der EU-Verordnung 1107/2009 (EU, 2009) geregelt. Demgemäß geht jeder nationalen Zulassung eines PSM ein 3stufiges Bewertungsverfahren voraus: i) die Wirkstoffgenehmigung auf europäischer Ebene, ii) die PSM-Bewertung auf zentraler Ebene sowie schlussendlich iii) die PSM-Bewertung auf nationaler Ebene. Sind die nationalen Anforderungen hinsichtlich einer möglichen Grundwassergefährdung durch den PSM-Wirkstoff bzw. durch seine Stoffwechsel-, Abbau- und Reaktionsprodukte (Metaboliten) erfüllt, kann eine Zulassung prinzipiell unterstützt werden. Die mit der EU-Verordnung 1107/2009 zusätzlich eingezogene Bewertung auf zentraler Ebene (entsprechend einer Nördlichen, Zentralen sowie Südlichen Zone in der EU) soll Doppelarbeit und Verwaltungsaufwand für Industrie und Mitgliedstaaten verringern und eine einheitlichere Verfügbarkeit von PSM sicherstellen. Die EU-Verordnung 1107/2009 selbst legt das Risikobewertungsverfahren für PSM nicht fest, sie verweist lediglich auf den Umstand, dass Stoffe oder Produkte, die erzeugt oder in Verkehr gebracht werden, keine schädlichen Auswirkungen auf die

Gesundheit von Mensch oder Tier oder keine unannehmbaren Auswirkungen auf die Umwelt haben dürfen. Die Umweltziele für Oberflächengewässer und Grundwasser sind in der EU-Richtlinie 2000/60/EG (Wasserrahmenrichtlinie; EU, 2000) definiert. In Ergänzung dazu ist in der EU-Richtlinie 2006/118/EG (Grundwasserrichtlinie; EU, 2006) festgelegt, dass „Wirkstoffe in Pestiziden, einschließlich relevanter Stoffwechselprodukte, Abbau- und Reaktionsprodukte“ 0,1 µg/l (0,5 µg/l insgesamt) im Grundwasser nicht überschreiten dürfen.

Die Grundwasser-Risikobewertung von PSM-Wirkstoffen im europäischen Genehmigungsverfahren basiert weitestgehend auf Erkenntnissen und Ergebnissen der Arbeitsgruppe „Forum for co-ordination of pesticide fate models and their use“, kurz FOCUS. Die FOCUS-Arbeitsgruppe, eine Initiative der Europäischen Kommission, bestand aus Vertretern wissenschaftlicher Institutionen, Behörden und der Industrie, und war von 1993 bis etwa 2010 mit der Aufgabe betraut, Bewertungsansätze zur Expositionsabschätzungen von PSM-Wirkstoffen und deren Metaboliten im Boden, Grundwasser, Oberflächengewässern sowie in der Luft zu erarbeiten, standardisieren und zu harmonisieren (FOCUS, 1997, 2000, 2001, 2008, 2009). Mittlerweile werden diese Agenden zur Gänze von der Europäischen Lebensmit-

¹ AGES - Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit GmbH, Institut für Pflanzenschutzmittel, Spargelfeldgasse 191, A-1220 Wien

* Ansprechpartner: Dr. Michael Stemmer, michael.stemmer@ages.at

telbehörde (EFSA) bewerkstelligt. Der zuletzt veröffentlichte Bericht der FOCUS-Arbeitsgruppe hinsichtlich der Grundwasser-Risikobewertung (FOCUS, 2009) ist eine grundlegende Überarbeitung des ersten FOCUS-Grundwasserberichts (FOCUS, 2000) und wurde nach Adaptierung durch die EFSA von den Europäischen Mitgliedstaaten als europäisches „Leitliniendokument“ SANCO/13144/2010 (EU, 2014) „zur Kenntnis“ genommen. Somit hat mit Mai 2015 jede Wirkstoff-Genehmigung auf europäischer Ebene diesem Dokument zu folgen (zuvor FOCUS, 2000).

Grundwasser-Risikobewertung im europäischen Genehmigungsverfahren von PSM-Wirkstoffen

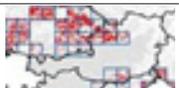
Dem Leitliniendokument SANCO/13144/2010 entsprechend setzt sich die Grundwasser-Risikobewertung im europäischen Wirkstoff-Genehmigungsverfahren aus einem mehrstufigen Bewertungsverfahren zusammen, wobei die erste Bewertungsstufe weitgehend standardisierte Berechnungen unter Zuhilfenahme akkordierter Versickerungsmodelle vorsieht. Grundlage dieser Modellberechnungen sind einerseits die im Rahmen des EU-Genehmigungsverfahrens festgelegten Stoffeigenschaften (wie Abbaugeschwindigkeit oder Adsorption im Boden) sowie die neun FOCUS-Grundwasserszenarien, die weite Teile der landwirtschaftlichen Fläche Europas abdecken und in Bezug auf Boden- und Witterungsbedingungen „realistische Worst-Case“-Bedingungen darstellen sollen (Tabelle 1 und 2). Diese neun FOCUS-Grundwasserszenarien wurden bereits mit FOCUS (2000) in das Bewertungsverfahren eingeführt.

Unter Annahme einer alljährlichen Anwendung des PSM auf ein und derselben Fläche über 20 Jahre hindurch werden für

jedes einzelne FOCUS-Grundwasserszenario die zu erwartenden Jahresmittelkonzentrationen des PSM-Wirkstoffes bzw. seiner Metaboliten im Sickerwasser in 1 m Bodentiefe berechnet, wobei schlussendlich das 80ste Perzentil der 20 Jahresmittelkonzentrationen als finales Berechnungsergebnis betrachtet wird. Die alljährliche Anwendung sowie eine Berechnungstiefe von lediglich 1 m Bodentiefe direkt unter dem behandelten Feld sollen in diesem ersten Bewertungsschritt eine vergleichsweise „konservative“, d.h. vorsichtige Abschätzung der Grundwassergefährdung gewährleisten. Für Kulturen, die typischerweise in Fruchtfolge angebaut werden wie z.B. Kartoffeln oder Raps, sind auch mehrjährige Anwendungszyklen möglich. Man spricht schlussendlich von einer „sicheren“ Anwendung, wenn ein PSM-Wirkstoff und seine „relevanten“ Metaboliten in den Modellberechnungen den in der Grundwasserrichtlinie festgelegten Schwellenwert von 0,1 µg/l nicht überschreiten.

Für sogenannte „nicht-relevante“ Metaboliten werden im europäischen Wirkstoff-Genehmigungsverfahren in Abhängigkeit der zur Verfügung stehenden Daten zu deren humantoxikologischen Eigenschaften Jahresmittelkonzentrationen bis zu 10 µg/l in den Modellberechnungen und folglich im Grund- und Trinkwasser akzeptiert. Die Bewertung der „Relevanz“ eines Metaboliten im Hinblick auf die Grundwasser-Risikobewertung ist in dem zusätzlichen europäischen Leitfadendokument SANCO/221/2000 (EU, 2003) geregelt. Demnach gilt ein Metabolit als „nicht-relevant“, wenn er i) biologisch nicht aktiv ist (also keine Pestizidwirkung besitzt) und ii) humantoxikologisch unbedenklich ist, d.h. weder toxisch (T oder T+), genotoxisch, kanzerogen, mutagen oder reproduktionstoxisch ist. Im Gegensatz zum Wirkstoff und „relevanten“ Metaboliten, für die unabhängig ihrer humantoxikologischen Eigenschaften

Tabelle 1: Pedo-klimatische Eigenschaften der für Österreich als repräsentativ erachteten FOCUS-Grundwasserszenarien.

FOCUS-Grundwasserszenarium	Châteaudun	Hamburg	Kremsmünster	Okehampton
Deckungsgrad für österreichische Boden- und Witterungsbedingungen (FOCUS, 2009) ^a				
Jahresmitteltemperatur (°C)	11,3	9,0	8,6	10,2
Mittlere Jahresniederschlagssumme (mm)	650	790	900	1040
Bewässerung	Ja	Nein	Nein	Nein
Mittlere jährliche Grundwasserneubildung in 1 m Bodentiefe (mm) ^b	270* / 150	260 / 270	330 / 440	430 / 350
Bodentyp ^c	Schluffig-toniger Lehm	Sandiger Lehm	Lehm / Schluffiger Lehm	Lehm
Ton (%), 0 – 30 cm	30	7	14	18
pH (KCl), 0 – 30 cm	7,3	5,7	7,0	5,1
Organischer Kohlenstoff (%), 0 – 30 cm	1,3	1,5	2,1	2,0
Organischer Kohlenstoff (%), 30 – 60 cm	0,80	1,0	0,5	0,6
Organischer Kohlenstoff (%), 60 – 100 cm	0,17	0,05	0,29	0,21
K _{sat} (m/d), 0 – 30 cm / 30 – 60 cm	2,0 / 2,0	2,0 / 2,6	0,2 / 0,2	0,3 / 0,4
Nutzbare Feldkapazität (mm), 1 m Bodentiefe	160	200	200	200

^a Rasterzelle: Klimazone des FOCUS-Szenariums; dunkelgraue Flächen: durch das FOCUS-Szenarium abgedeckt; weiße Flächen: durch das FOCUS-Szenarium nicht abgedeckt; hellgraue Flächen: nicht landwirtschaftlich genutzte Fläche; ^b Mais / Wintergetreide, Dauerkultur (ohne Zwischenfrucht), Berechnungsmodell FOCUS-PEARL 4.4.4; ^c USDA Bodentextur; * Bewässert

Table 2: Pedo-klimatische Eigenschaften der für Österreich als nicht repräsentativ erachteten FOCUS-Grundwasserszenarien.

FOCUS-Grundwasserszenarium	Jokioinen	Piacenza	Porto	Sevilla	Thiva
Deckungsgrad für österreichische Boden- und Witterungsbedingungen (FOCUS, 2009)	Keine Deckung	Keine Deckung	Keine Deckung	Keine Deckung	Keine Deckung
Jahresmitteltemperatur (°C)	4,1	13,2	14,8	17,9	16,2
Mittlere Jahresniederschlagssumme (mm)	640	860	1150	500	500
Bewässerung	Ja	Ja	Nein	Ja	Ja
Mittlere jährliche Grundwasserneubildung in 1 m Bodentiefe (mm) ^a	210 / 330	350* / 330	640* / 510	66* / 0	100* / 50
Bodentyp ^b	Lehmiger Sand	Lehm	Lehm	Schluffiger Lehm	Lehm
Ton (%), 0 – 30 cm	4	15	10	14	25
pH (KCl), 0 – 30 cm	6,2	6,3	4,2	6,6	7,0
Organischer Kohlenstoff (%), 0 – 30 cm	4,1	1,3	1,4	0,93	0,74
Organischer Kohlenstoff (%), 30 – 60 cm	0,84	0,73	0,89	0,70	0,66
Organischer Kohlenstoff (%), 60 – 100 cm	0,35	0,31	0,78	0,58	0,25
K _{sat} (m/d), 0 – 30 cm / 30 – 60 cm	0,4 / 0,5	0,4 / 0,5	0,6 / 0,4	0,4 / 0,4	0,3 / 0,2
Nutzbare Feldkapazität (mm), 1 m Bodentiefe	160	220	230	250	140

^a Mais / Wintergetreide, Dauerkultur (ohne Zwischenfrucht), Berechnungsmodell FOCUS-PEARL 4.4.4; ^b USDA Bodentextur; * Bewässert

ein Vorsorgewert von 0,1 µg/l im Grund- und Trinkwasser zum Tragen kommt, werden für „nicht-relevante“ Metaboliten stoffspezifische maximal tolerierbare Konzentrationen im Trinkwasser abgeleitet, die bei einer lebenslangen und ausschließlichen Konsumation dieses Trinkwassers ohne gesundheitliche Besorgnis aufgenommen werden können. Die so ermittelten maximal tolerierbaren Konzentrationen für „nicht-relevante“ Metaboliten liegen in der Regel deutlich über dem Vorsorgewert von 0,1 µg/l.

Dem Leitliniendokument zur Grundwasser-Risikobewertung gemäß ist ein einziges „sicheres“ FOCUS-Grundwasserszenarium ausreichend um eine Genehmigung des Wirkstoffes auf europäischer Ebene zu unterstützen. Allerdings stimmen nach Veröffentlichung des Bewertungsberichtes zu einem Wirkstoff durch die EFSA die 28 Mitgliedsstaaten der EU unter Berücksichtigung der gesamten Risikobewertung (inkl. Humantoxikologie, Ökotoxikologie, Rückstandsbeurteilung, etc.) und unter Einbindung von Risikomanagementoptionen in einem Ständigen Ausschuss der Europäischen Kommission über die Genehmigung eines Wirkstoffes auf europäischer Ebene ab. Die Grundwasser-Risikobewertung auf nationaler Ebene unter Berücksichtigung regionaler pedo-klimatischer Umweltbedingungen obliegt im Rahmen der PSM-Zulassung schlussendlich den einzelnen Mitgliedsstaaten.

Kann mit Hilfe des ersten konservativen Bewertungsschrittes (im Englischen „Tier 1“) eine „sichere“ Anwendung des PSM-Wirkstoffes nicht demonstriert werden, können entsprechend dem Leitliniendokument SANCO/13144/2010 zusätzliche Verfeinerungsschritte im Rahmen der Grundwasser-Risikobewertungen (im Englischen „higher Tiers“) durchgeführt werden. Diese zusätzlichen Verfeinerungsschritte wurden mit Überarbeitung des ersten FOCUS-Grundwasserreports (FOCUS, 2000) eingeführt

und zeichnen sich im Vergleich zur ersten Bewertungsstufe (sprich den neun FOCUS-Grundwasserszenarien) durch eine deutlich höhere Komplexität sowie durch eine höhere Realitätsnähe aus. Nachfolgende Möglichkeiten sind im Leitliniendokument angeführt: Modellierung mit „verfeinerten“ (also realistischeren) Stoffeigenschaften (Tier 2A), Modellierung mit verfeinerten (realistischeren) Szenarien-Annahmen (Tier 2B), Modellierung mit verfeinerten Stoffeigenschaften sowie verfeinerten Szenarien-Annahmen (Tier 3A), georeferenzierte Modellrechnungen unter Berücksichtigung regionaler Boden- und Witterungsbedingungen (Tier 3B), Einbindung von Ergebnissen von Versickerungsexperimenten (Lysimeter- und Feldversickerungsstudien) in der Modellierung (Tier 3C) sowie andere, nicht näher ausgeführte Modellierungsmöglichkeiten (z.B. 2/3-D-Modellierung und ähnliches) (Tier 3D). Schlussendlich können dem Leitfadendokument gemäß als letzter und realitätsnächster Bewertungsschritt Ergebnisse von Grundwassermonitoringstudien (Tier 4) herangezogen werden, um eine „sichere“ Anwendung eines PSM in Bezug auf eine mögliche Grundwassergefährdung in bestimmten Regionen in der EU zu demonstrieren.

Grundwasser-Risikobewertung im nationalen Zulassungsverfahren von PSM

Im nationalen Zulassungsverfahren von PSM folgt die Grundwasser-Risikobewertung im Wesentlichen den Vorgaben des europäischen Leitfadendokuments SANCO/13144/2010, allerdings beschränkt sich die Grundwasser-Risikobewertung bis dato auf die erste, konservative Bewertungsstufe (Modellberechnungen unter Tier 1) unter Verwendung jener vier FOCUS-Grundwasserszenarien (Châteaudun, Hamburg, Kremsmünster und Okehampton, siehe *Table 1*), die gemäß dem Leitfadendokument im

Hinblick auf regionale Boden- und Witterungsbedingungen für die landwirtschaftlich genutzte Fläche in Österreich als repräsentativ erachtet werden können. Eine nationale Zulassung eines PSM kann allerdings nur dann unterstützt werden, wenn alle der oben genannten vier FOCUS-Grundwasserszenarien eine „sichere“ Anwendung des PSM demonstrieren. Die Differenzierung hinsichtlich „relevanter“ und „nicht-relevanter“ Metaboliten erfolgt auch im nationalen PSM-Zulassungsprozess entsprechend den Vorgaben des europäischen Leitliniendokuments SANCO/13144/2010.

Die derzeitige nationale Grundwasser-Risikobewertung geht von dem Ziel aus, (potentiell vorhandenes) Grundwasser unter der gesamten landwirtschaftlich genutzten Fläche Österreichs zu schützen. So sieht die nationale Zulassungspraxis zurzeit auch keine „bedingten“ PSM-Zulassungen vor, also z.B. PSM-Zulassungen unter der Voraussetzung, dass bestimmte vulnerable Regionen (z.B. Gebiete mit seichtgründigen oder humusarmen Böden) von der Anwendung auszunehmen sind.

Die Anwendung zusätzlicher Verfeinerungsschritte, wie im europäischen Leitfadendokument SANCO/13144/2010 angeführt, bis hin zur Verwendung von Ergebnissen von Grundwassermonitoringstudien zur Abschätzung einer „sicheren“ Anwendung eines PSM steht national zurzeit zur Diskussion.

Anforderungen, Erwartungen und Limitierungen

Hinweise darauf, dass die zurzeit durchgeführte Grundwasser-Risikobewertung im Rahmen der nationalen PSM-Zulassung, basierend auf den vier oben genannten FOCUS-Grundwasserszenarien, für die landwirtschaftliche Fläche in Österreich als im Wesentlichen ausreichend erachtet werden kann, ergeben sich aus den Ergebnissen der Grundwassermonitoring-Messkampagnen, die im Rahmen der Gewässerzustandsüberwachungsverordnung (GZÜV) vom Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (BMLFUW) durchgeführt werden (z.B. „Wassergüte in Österreich, Jahresbericht 2014“, BMLFUW, 2014). Mit Ausnahme des in Österreich seit 1995 nicht mehr zugelassenen Wirkstoffes Atrazin und Bentazon, dessen Wiedergenehmigung auf europäischer Ebene aufgrund der Grundwasserbelastung zur Zeit in Diskussion steht, sind Detektionen von Wirkstoffen über 0,1 µg/l im Grundwasser selten. Lediglich für die Wirkstoffe Terbutylazin und s-Metolachlor konnten Überschreitungen des Schwellenwerts von 0,1 µg/l im Grundwasser in über 0,5 % (jedoch in weniger als 1 %) der im Jahre 2013 knapp 2000 untersuchten Messstellen in Österreich festgestellt werden (BMLFUW, 2014). Der Umstand, dass in den GZÜV-Messkampagnen der letzten Jahre ein zusätzlicher Fokus auf Metaboliten von PSM-Wirkstoffen gesetzt wurde, führte in der Fachöffentlichkeit vielfach zur Annahme, die Grundwasser-Risikobewertung im Rahmen der nationalen PSM-Zulassung sei nicht ausreichend konservativ, da manche Metaboliten von PSM-Wirkstoffen tatsächlich in Konzentrationen über 0,1 µg/l im Grundwasser detektiert werden. Diese Annahme ist insofern irreführend, als dass es sich in der weitaus überwiegenden Mehrheit dieser Substan-

zen um „nicht-relevante“ Metaboliten handelt, für die wie oben erläutert aus Sicht der PSM-Zulassung bis zu 10 µg/l im Grund- und folglich im Trinkwasser akzeptabel sind. Die Problematik hinsichtlich divergierender Betrachtung „nicht-relevanter“ Metaboliten in der Fachöffentlichkeit wurde mit Veröffentlichung des Erlasses des Bundesministeriums für Gesundheit (BMG, 2010) insofern entschärft, als dass für eine Reihe „nicht-relevanter“ Metaboliten auf Basis von humantoxikologischen Gutachten der AGES stoffspezifische „Aktionswerte“ von bis zu 3 µg/l im Grund- und Trinkwasser veröffentlicht wurden. Bei Überschreitung des Aktionswertes ist die Ursache zu prüfen und festzustellen, ob bzw. welche Maßnahmen zur Wiederherstellung einer einwandfreien Wasserqualität erforderlich sind.

In ihren Gutachten (EFSA, 2013a, 2013b) zum FOCUS-Grundwasserbericht 2009 (der letztendlich in das europäische Leitfadendokument SANCO/13144/2010 übergeführt wurde) unterstützt die EFSA im Wesentlichen die Verwendung der neun FOCUS-Grundwasserszenarien als ersten Bewertungsschritt (Tier 1), führt aber auch dessen Limitierungen an. Insbesondere wird kritisiert, dass präferentielle Versickerungsprozesse (z.B. über Schwundrisse in schweren Böden) sowie die hohe regionale Variabilität in den Stoffeigenschaften von PSM-Wirkstoffen und deren Metaboliten in den bestehenden FOCUS-Grundwasserszenarien nicht ausreichend berücksichtigt werden (die Modellberechnungen basieren auf „mittleren“ Stoffeigenschaften). Zum Teil kritisch äußert sich die EFSA auch zur Anwendung zusätzlicher Verfeinerungsschritte (higher Tiers) im Rahmen der Grundwasser-Risikobewertungen, da unzureichend detaillierte Anleitungen bzw. fehlende standardisierte Werkzeuge (Modelle) ein hohes Maß an Expertise voraussetzen und somit eine objektive und akkordierte Risikobewertung erschweren. Grundsätzlich spricht sich die EFSA in ihren Gutachten aufgrund unzureichender Kenntnis zur Grundwasserhydrologie gegen die Verwendung von Grundwassermonitoring auf europäischer Ebene aus, fügt aber an, dass in einzelnen Mitgliedstaaten sehr wohl ausreichend Wissen vorhanden ist, um die Verwendung von Grundwassermonitoring auf nationaler Ebene zu rechtfertigen.

Literatur

- BMG (2010) Aktionswerte bezüglich nicht relevanter Metaboliten von Pflanzenschutzmittel Wirkstoffen in Wasser für den menschlichen Gebrauch. Veröffentlicht mit Erlass: BMG-75210/0010-II/B/13/2010 vom 26.11.2010, Änderungen, Ergänzungen: BMG-75210/0008-II/B/13/2011 vom 16.8.2011, BMG-75210/0011-II/B/13/2011 vom 9.11.2011, BMG-75210/0021-II/B/13/2011 vom 25.1.2012, BMG-75210/0022-II/B/13/2014 vom 14.7.2014.
- EFSA Panel on Plant Protection Products and their Residues (2013a) Scientific Opinion on the report of the FOCUS groundwater working group (FOCUS, 2009): assessment of lower tiers. EFSA Journal 2013;11(2):3114.
- EFSA Panel on Plant Protection Products and their Residues (2013b) Scientific Opinion on the report of the FOCUS groundwater working group (FOCUS, 2009): assessment of higher tiers. EFSA Journal 2013;11(6):3291.
- EU (2003) Guidance document on the assessment of the relevance of metabolites in groundwater of substances regulated under Council Directive 91/414/EEC, SANCO/221/2000, rev. 10 (final), 25. Februar 2003.

- EU (2000) Richtlinie 2000/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2000 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik.
- EU (2006) Richtlinie 2006/118/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 12. Dezember 2006 zum Schutz des Grundwassers vor Verschmutzung und Verschlechterung.
- EU (2009) Verordnung (EG) Nr. 1107/2009 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 21. Oktober 2009 über das Inverkehrbringen von Pflanzenschutzmitteln und zur Aufhebung der Richtlinien 79/117/EWG und 91/414/EWG des Rates.
- EU (2014) Assessing Potential for Movement of Active Substances and their Metabolites to Ground Water in the EU” Report of the FOCUS Ground Water Work Group, EC Document Reference: SANCO/13144/2010 version 3.
- FOCUS (1997) Soil persistence models and EU registration. The final report of the work of the Soil Modelling Work group of FOCUS (Forum for the Co-ordination of pesticide fate models and their Use).
- FOCUS (2000) FOCUS groundwater scenarios in the EU review of active substances. Report of the FOCUS Groundwater Scenarios Workgroup, EC Document Reference SANCO/321/2000, revision 2.
- FOCUS (2001) FOCUS Surface Water Scenarios in the EU Evaluation Process under 91/414/EEC. Report of the FOCUS Working Group on Surface Water Scenarios, EC Document Reference SANCO/4802/2001, revision 2.
- FOCUS (2008) Pesticides in Air: Considerations for Exposure Assessment. Report of the FOCUS Working Group on Pesticides in Air, EC Document Reference SANCO/10553/2006, revision 2.
- FOCUS (2009) Assessing Potential for Movement of Active Substances and their Metabolites to Ground Water in the EU. Report of the FOCUS Ground Water Work Group, EC Document Reference SANCO/13144/2010, version 1.

Gewässerschonender Pflanzenschutz in der Landwirtschaft - ist das zukünftig überhaupt vereinbar? Erfahrungsbericht aus OÖ

Thomas Wallner^{1*} und Sebastian Friedl¹

Zusammenfassung

Die Boden.Wasser.Schutz.Beratung (LK OÖ) beschäftigt sich mit der Umsetzung von Maßnahmen, die eine Verringerung bzw. Vermeidung der Gewässerbelastung mit Pflanzenschutzmittelwirkstoffen und -metaboliten zum Ziel haben. Im Rahmen der 55 Arbeitskreise Boden.Wasser.Schutz und bei Informationsveranstaltungen mit Ortsbauernschaften, Fachtagungen sowie in Fachartikeln wird in enger Zusammenarbeit mit den Experten des Landes OÖ über problematische Wirkstoffe von Pflanzenschutzmitteln und deren Abbauprodukte (z.B. Bentazon, Terbutylazin, Metazachlor, Chloridazon) informiert. Alternative Unkrautregulierungsstrategien werden anhand zahlreicher Versuchsergebnisse aufgezeigt.

Schlagwörter: Wasserschutz, Bodenschutz, Arbeitskreise, Pflanzenschutzmittel

Summary

The counsel for soil and water protection of the Upper Austrian chamber of agriculture (Boden.Wasser.Schutz.Beratung) has been working for the implementation of measures to reduce or prevent the pollution of water pesticides and their metabolites. Particular problems in Upper Austria are caused by chemical agents Bentazon, Terbutylazin, Metazachlorine, Chloridazon and s-Metolachlorine. Within 55 working teams for soil and water protection and information sessions with local farming communities, symposiums and in professional articles the information is given. All of it is done in close cooperation with the experts of the State of Upper Austria on problematic ingredients of pesticides and their degradation products. Alternative weed control strategies are illustrated by numerous experimental results.

Keywords: water protection, soil protection

Gewässerschutz in der Landwirtschaft ist vor dem Hintergrund der europäischen Gewässerschutzbestimmungen (EU Wasserrahmenrichtlinie Nr. 2000/60/EG), die zu den strengsten der Welt zählen, notwendiger denn je. Oberflächen- und Grundwasser werden in der EU regelmäßig von Aufsichtsbehörden sowie Trinkwasserproduzenten auf Rückstände von Pflanzenschutzmitteln untersucht. Wiederholte Grenzwertüberschreitungen bedrohen Zulassungen etablierter Pflanzenschutzmittel und können zu eingeschränkten Möglichkeiten des Resistenzmanagements sowie zu erhöhten Produktionskosten führen.

Durch die Aufbringung von Pflanzenschutzmitteln können verschiedene Substanzen bzw. deren Abbauprodukte, sogenannte Metaboliten, ähnlich wie Nitrat über Auswaschungsprozesse in das Grundwasser gelangen. Ungünstige Stoffeigenschaften (z.B. hohe Wasserlöslichkeit, hohes Versickerungspotential, lange Halbwertszeit) in Kombination mit hohen Niederschlägen und durchlässigen Bodentypen können zu Einträgen in das Grundwasser führen. Daher ist für Pflanzenschutzmittel ein umfassendes Zulassungsverfahren gesetzlich vorgeschrieben. Voraussetzung für die Zulassung ist die Minimierung des Risikos für die Gesundheit von Mensch, Tier und Umwelt.

Erst Anfang bis Mitte der 80er-Jahre erlangte man Kenntnis vom Auftreten pestizider Wirkstoffe im Grundwasser. Nach dem Bekanntwerden solcher Belastungen wurden schwerpunktmäßig in verschiedenen Regionen

Untersuchungen durchgeführt, vor allem dort, wo Verunreinigungen am ehesten vermutet wurden. Nunmehr wird bereits eine Fülle von bekannten Pestiziden und deren Metaboliten im Rahmen des Messprogramms der Gewässerzustandsüberwachungsverordnung (GZÜV, BGBl II 2006/479 idF BGBl II 2010/465) laufend beobachtet bzw. auch neu eingesetzte Wirkstoffe in eigenen Sondermessprogrammen schwerpunktmäßig untersucht und bei Notwendigkeit in weiterer Folge in das reguläre GZÜV-Programm integriert.

Wasser ist kostbar: Schon wenige Tropfen unverdünnter Pflanzenschutzmittel können zu einer Überschreitung des Trinkwasser-Grenzwertes von 0,1 µg/l führen. Der aktuelle Grenzwert für Pestizide und relevante Metaboliten ist sowohl in der Qualitätszielverordnung Chemie Grundwasser (QZV Chemie GW, BGBl II 2010/98 i.d.g.F.) als auch in der Trinkwasserverordnung (TWV; BGBl II 2001/304 i.d.g.F.) mit 0,1 µg/l festgelegt. Für nicht relevante Metaboliten werden Aktionswerte für Trinkwasser festgelegt, die mittels Erlass vom Bundesministerium für Gesundheit (BMG) veröffentlicht werden.

Zur praktischen Veranschaulichung: 1 g Wirkstoff verunreinigt einen Bach von 2 m Breite, 50 cm Tiefe und 10 km auf den Grenzwert von 0,1 µg/l. Wird eine Grenzwertüberschreitung festgestellt, können Anwendungseinschränkungen die Folge sein. Im Rahmen der Zulassung von Pflanzenschutzmitteln behilft man sich

¹ Landwirtschaftskammer OÖ, Boden.Wasser.Schutz.Beratung, Auf der Gugl 3, A-4021 Linz

* Ansprechpartner: DI Thomas Wallner, bwsb@lk-ooe.at

hier mit der Adaptierung der Anwendungsbestimmungen hinsichtlich Aufwandmenge, Anzahl der Anwendungen, Anwendungszeitpunkt (Herbst/Frühjahr, wobei der Herbst immer kritischer zu sehen ist) und zeitlicher Abstand mit produktspezifischen Auflagen (Limitierung der maximalen Gesamtaufwandmenge für Pflanzenschutzmittel mit einem bestimmten Wirkstoff pro Jahr und Kultur, Festschreibung eines zeitlichen Mindestabstandes für Anwendungen auf derselben Fläche, spezifischen Abstandsauflagen bezüglich Oberflächengewässer), mit flächenspezifischen Auflagen (Einschränkungen hinsichtlich Bodentyp, keine Anwendung: bei Gefahr einer Abschwemmung in Gewässer, auf drainierten und versiegelten Flächen) und Auflagen bezüglich Handhabung (z.B. nicht in die Kanalisation gelangen lassen, Ausbringungsgeräte nicht in unmittelbarer Nähe von Oberflächengewässern reinigen). Die letztmögliche Konsequenz ist das Verbot von bestimmten Wirkstoffen. So geschehen in Oberösterreich (Enns), wo im Rahmen einer Schongebietsverordnung in einem Gebiet, wo die Wirkstoffe Bentazon, Terbutylazin, s-Metolachlor und Chloridazon gefunden wurden, ein Anwendungsverbot erlassen wurde.

Einen Schritt weiter geht die Oberösterreichische Pestizidstrategie mit aktiven Vermeidungs- und Minimierungsmaßnahmen, deren Umsetzung seit dem Jahr 2011 erfolgt. Die Oberösterreichische Pestizidstrategie wurde 2015 neu überarbeitet. Die neu überarbeitete Pestizidstrategie 2015 für OÖ enthält folgende acht Punkte:

1. Beratungsinitiative

Beratungen zum gewässerschonenden Pflanzenschutz für eine freiwillige Reduktion des Pflanzenschutzmitteleinsatzes

Handelnde: Boden.Wasser.Schutz.Beratung, LK OÖ, in Kooperation mit Handel

- Genereller Verzicht auf die Wirkstoffe Bentazon, Chloridazon, s-Metolachlor, Terbutylazin
- Minimierung des Einsatzes von Metazachlor
- Weiterentwicklung von Alternativstrategien zu problematischen Pflanzenschutzmitteln
- Initiierung der Kooperation zwischen Wasserversorgern und Landwirtschaft

2. Wassermaßnahmen im ÖPUL-Programm

Breite Umsetzung der Wassermaßnahmen im ÖPUL-Programm „Vorbeugender Grundwasserschutz“ (GRUNDWasser 2020) und „Vorbeugender Oberflächengewässerschutz auf Ackerflächen“

Handelnde: Boden.Wasser.Schutz.Beratung, LK OÖ

Verzicht auf die Wirkstoffe Bentazon, Chloridazon, Metazachlor, s-Metolachlor und Terbutylazin in den Kulturen Soja, Mais, Zuckerrübe und Raps

3. Gewässeraufsicht

Schwerpunktaktionen bei landwirtschaftlicher Gewässeraufsicht

Blatt- und Bodenproben zur Kontrolle der Ausbringungsverbote in Problemgebieten sowie in Schutz- und Schongebieten

4. Reaktive Maßnahmen

Anwendungsverbot der jeweiligen problematischen Pflanzenschutzmittel im Einzugsgebiet belasteter Wasserversorgungsanlagen

5. Wasserrechtliche Bewilligungspflicht

Prüfen einer möglichen wasserrechtlichen Bewilligungspflicht des Pflanzenschutzmittel-Einsatzes folgender Wirkstoffe: Terbutylazin, s-Metolachlor

6. Nachhaltige Anwendung

Umsetzung des „Aktionsplans des Landes Oberösterreich zur nachhaltigen Anwendung von Pflanzenschutzmitteln“

Verbote bzw. Anwendungseinschränkungen gemäß § 18 Abs. 2 Oö. Bodenschutzgesetz in belasteten Gebieten

7. Einschränken oder Aufheben der Zulassung

Hinwirken auf bundes-/EU-weite Einschränkung oder Aufhebung der Zulassung von problematischen Pflanzenschutzmitteln bei den Zulassungsstellen für folgende Wirkstoffe: Bentazon, Terbutylazin, Metazachlor (in Abhängigkeit des Auftretens von Metaboliten im Grundwasser)

8. Monitoring

Pflanzenschutzmittel - und Metaboliten-Monitoring im Grund- und Trinkwasser

Die Beratung boden- und gewässerschonender Pflanzenschutzmaßnahmen in der Landwirtschaft erfolgt in Oberösterreich durch das Referat Boden.Wasser.Schutz.Beratung der Abteilung Pflanzenproduktion der Landwirtschaftskammer Oberösterreich. Es besteht aus einem Referatsleiter und neun Boden.Wasser.Schutz.BeraterInnen. Die Besonderheit an der Organisationsstruktur der Boden.Wasser.Schutz.Beratung besteht darin, dass praktizierende Landwirte („Wasserbauern“) als Arbeitskreisleiter der Arbeitskreise Boden.Wasser.Schutz eingesetzt werden.

Diese Arbeitskreise haben in der Boden.Wasser.Schutz.Beratung eine besondere Bedeutung. Durch den dreistufigen Aufbau „Boden.Wasser.Schutz.Berater - Arbeitskreisleiter - Arbeitskreismitglieder“ wird ein fruchtbares Miteinander und ein optimaler Austausch zwischen Beratung und Landwirten ermöglicht. Derzeit gibt es 55 Arbeitskreise mit über 2.000 Mitgliedern.



Abbildung 1: Titelblatt Broschüre OÖ. Pestizidstrategie 2015.

Tabelle 1: Anzahl der Arbeitskreise "Boden.Wasser.Schutz" und Anzahl der Wasserbauern, die diese Arbeitskreise leiten; Arbeitskreise ohne Wasserbauern werden von den Mitarbeitern der Boden.Wasser.Schutz.Beratung in Kooperation mit den Ortsbauernschaften betreut.

Bezirk	Wasserbauern	Arbeitskreise
Eferding	4	5
Kirchdorf/Krems	7	9
Wels-Land	8	8
Steyr-Land	8	9
Perg	4	10
Linz-Land	12	14
Summe	43	55



Abbildung 2: Feldbegehung im Frühjahr zum Thema gewässerschonende Zuckerrübenproduktion.

Der Wasserbauer fungiert als Arbeitskreisleiter und managt die Weiterbildung der im Arbeitskreis mitwirkenden Bäuerinnen und Bauern. Der Wasserbauer ist somit Bindeglied zwischen dem Referat Boden.Wasser.Schutz.Beratung und den Mitgliedern seines Arbeitskreises. Er steht den Arbeitskreisteilnehmern für Fragen des Boden- und Gewässerschutzes zur Verfügung. Die Weiterbildung der Wasserbauern erfolgt u.a. durch eigene Arbeitskreise „Wasserbauern“.

Im Rahmen der Arbeitskreise Boden.Wasser.Schutz und bei Informationsveranstaltungen mit Ortsbauernschaften sowie auf Fachtagungen wird in enger Zusammenarbeit mit den Experten des Landes OÖ über problematische Wirkstoffe von Pflanzenschutzmitteln und deren Abbauprodukte umfassend informiert. Alternative Unkrautregulierungsstrategien werden anhand zahlreicher Versuchsergebnisse aufgezeigt. Ein weiterer Themenbereich, der in diesen Veranstaltungen abgehandelt wird, sind die rechtlichen Vorgaben im Pflanzenschutz, z.B. Anwendung in Wasserschutz- und Wasserschongebieten, Aufzeichnungsverpflichtung, Sachkundigkeit, Abstandsaufgaben zu Oberflächengewässern und die verpflichtende Geräteüberprüfung.

Bei Feldbegehungen im Frühjahr werden jährlich - den Entwicklungsbedingungen der Kulturen angepasst - aktuelle gewässerschonende Pflanzenschutzstrategien erarbeitet. Dies erfolgt anlassbezogen in Abstimmung mit den aktu-

ellen Warndienstmeldungen (www.warndienst.at), um den Vorgaben einer integrierten Produktion Rechnung zu tragen.

Im Rahmen des neuen ÖPUL 2015 ist in Oberösterreich bei Teilnahme an der Maßnahme „Vorbeugender Grundwasserschutz auf Ackerflächen“ erstmals auch eine Einschränkung beim Einsatz von Pflanzenschutzmitteln festgeschrieben. Für teilnehmende Betriebe ist auf Ackerflächen im Projektgebiet der Einsatz der Wirkstoffe s-Metolachlor, Chloridazon, Terbutylazin, Metazachlor und Bentazon (mittlerweile keine Zulassungen) bei den Kulturen Soja, Mais, Zuckerrübe und Raps nicht erlaubt. Eine Lagerung bzw. Anwendung der betroffenen Pflanzenschutzmittel am Betrieb ist nicht generell verboten. In diesem Fall muss die Verwendung der Mittel schlüssig nachgewiesen werden können (z.B. Flächen außerhalb des Projektgebietes, Kulturen, die vom Anwendungsverbot nicht betroffen sind, etc.).

Um einen flächendeckenden Schutz der Gewässer vor Pflanzenschutzmitteln zu gewährleisten, ist es unabdingbar, den Landesproduzentenhandel mit in die Verantwortung zu nehmen. Aus diesem Grund werden regelmäßig Informationsveranstaltungen mit den betreffenden Institutionen durchgeführt.

Einzelberatungen vor Ort

Die Boden.Wasser.Schutz.Beratung bietet auch umfassende Betriebsberatungen an. Mehr als 150 Betriebe wurden bereits umfassend beraten. Diese kostenlose Beratung direkt am Hof kann von jenen Betrieben in Anspruch genommen werden, deren Schwerpunkt in der Veredelungswirtschaft (Rinder-, Schweine- und Geflügelproduktion) liegt.

Hinsichtlich Pflanzenschutz wird die ordnungsgemäße Ausführung des Pflanzenschutzmittellagers, des Befüll- und Reinigungsplatzes der Feldspritze bei einem gemeinsamen Betriebsrundgang besprochen. Auf Wunsch wird die Pflanzenschutzmitteldokumentation besprochen und Fragen zur Pflanzenschutzausbringung entlang von Gewässern (Abstandsaufgaben, Ausbring- und Düsenteknik) werden bei einer Begehung direkt am Schlag diskutiert und erläutert.

Ein Schwerpunkt liegt auch in der Beratung von Alternativprodukten von auswaschungsgefährdeten Pflanzenschutzmittelwirkstoffen (oö. Pestizidstrategie 2015).

Bei der Beratung wird auch über die aktuellsten Neuerungen und Änderungen informiert.

Die Erfahrungen zeigen, dass häufig Beratungsbedarf bei Abständen zu Oberflächengewässern, abgelaufene Zulassungen und Dokumentation besteht.

Versuche zur gewässerschonenden Pflanzenschutzmittelanwendung wurden bzw. werden von der Boden.Wasser.Schutz.Beratung seit 2009 in den Kulturen Mais, Soja und Raps angelegt. Ziel ist es, zu den gewässerbelastenden Wirkstoffen Bentazon, Terbutylazin, Metazachlor und s-Metolachlor praktikable gewässerschonende Alternativstrategien zu entwickeln. Auf mehreren Versuchsstandorten in Oberösterreich werden jährlich Streifenversuche durchgeführt und mittels optischer Bonitur sowie ertraglich ausgewertet. Die schriftliche Veröffentlichung der Ergebnisse erfolgt im jährlich erscheinenden Versuchsbericht, in diversen Fachzeitschriften und über die Homepage der Boden.Wasser.Schutz.Beratung (www.bwsb.at).

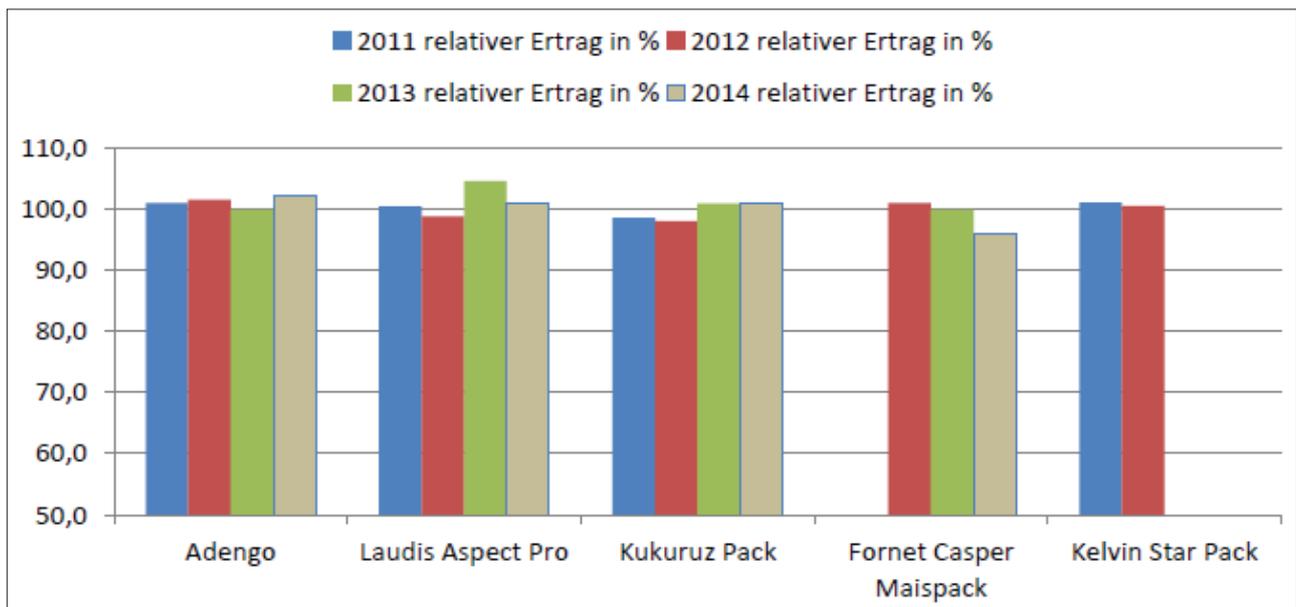


Abbildung 3: Ergebnis der Herbizidversuche 2011 bis 2014 (14 Standorte) zur gewässerschonenden Pflanzenschutzmittelanwendung im Mais. Das Vergleichsprodukt Laudis Aspect Pro enthält den auswaschungsgefährdeten Wirkstoff Terbutylazin. Es hat sich gezeigt, dass auch mit Alternativprodukten gleiche Erträge erzielt werden können.



Abbildung 4: Praktischer Veranstaltungsteil einer Fachtagung zum Thema gewässerschonende Pflanzenschutztechnik.

Die Versuchsergebnisse dienen als Informationsgrundlage für Fachvorträge bei Arbeitskreistreffen, Ortsbauernschaften, Tagungen und weiteren Veranstaltungen. Im Versuchszeitraum dienen die Versuchsflächen als Veranstaltungsort für Feldbegehungen und Feldtage. Vor Ort werden die jeweiligen Versuchsvarianten vorgestellt, besichtigt und diskutiert.

Fachtagungen der Boden.Wasser.Schutz.Beratung zum Thema Pflanzenschutztechnik sind immer eine Verknüpfung aus Theorie und Praxis. Im Theorieteil erhalten die Teilnehmer Informationen zu aktuellen Themen wie beispielsweise Messwerte von Pflanzenschutzmitteln in Grund- und Trinkwasser, Alternativstrategien zu Problemwirkstoffen sowie gewässerschonende Spritzen- und Düsenteknik.

Im praktischen Teil der Veranstaltungen präsentieren verschiedene Firmen aus dem Bereich der Pflanzenschutztechnik ihre Neuerungen zum gewässerschonenden Pflan-

zenschutz. Vorgestellt werden unter anderem Neuerungen in der Düsenteknik, besonders im Bereich der Abdriftminderung, Reinigungs- und Befülltechnik und die Steuerung der Randdüsen sowie GPS-Technik und Teilbreitensteuerung.

Schlussfolgerungen

Ein gewässerschonender Pflanzenschutz in der Landwirtschaft ist nur dann möglich, wenn es ein gemeinsames Miteinander aller Akteure gibt. Es bedarf einer Bereitschaft zur Zusammenarbeit von öffentlichen Behörden, der Beratung, dem Handel und Produzenten von Pflanzenschutzmitteln sowie ganz besonders mit den praktizierenden Bäuerinnen und Bauern. Die Bewusstseinsbildung muss hier bei allen Beteiligten verstärkt in den Mittelpunkt der Diskussion gerückt werden.

Die Erfahrungen der Boden.Wasser.Schutz.Beratung zeigen, dass die Thematik des boden- und gewässerschonenden Pflanzenschutzmitteleinsatzes in der Praxis von großer Bedeutung ist. Jedoch besteht noch in manchen Bereichen deutliches Optimierungspotential.

Aus Sicht der Beratung sind folgende Maßnahmen zur Umsetzung des gewässerschonenden Pflanzenschutzes notwendig:

- Einhaltung gesetzlicher Vorgaben - Gewässeraufsicht
- Umfassende Beratung und Wissensvermittlung in Form von Arbeitskreisen, Informationsveranstaltungen und in Form von Einzelberatungen vor Ort
- Umsetzung des integrierten Pflanzenschutzes (Ausbau und Optimierung von Warndienstsystemen, www.warndienst.at)
- Sachkundeausweis (Sachkundigkeit), permanente Weiterbildung
- Optimierung und laufende Weiterentwicklung von Pflanzenschutzgeräten (Gerätetechnik).

Emissionen aus der landwirtschaftlichen Produktion

Alfred Pöllinger^{1*}

Zusammenfassung

Die Landwirtschaft ist in Österreich an der Entstehung von Treibhausgasemissionen zu einem geringen Anteil (8,6 %) mitbeteiligt und zu einem wesentlich größeren Anteil von der Klimaveränderung betroffen. Die Land- und Forstwirtschaft sind zudem die einzigen Produktionszweige die auf eine bedeutende Kohlendioxid-Senke hinweisen können. Von den 8,6 % Anteil an Treibhausgasemissionen entstammen 5,2 % aus der Wiederkäuerverdauung (Methan) und 2,2 % aus der Düngung landwirtschaftlich genutzter Böden. Die restlichen 1,1 % sind dem Wirtschaftsdüngermanagement zuzuordnen. Eine effektive Reduktion der Emissionen ist derzeit nur durch abnehmende Tierbestände oder eine verstärkte Biogasnutzung aus Wirtschaftsdünger zu erzielen.

Ein anderes Bild ergibt sich bei den ökosystemrelevanten Ammoniakemissionen. Über 90 % der Ammoniakemissionen stammen aus der landwirtschaftlichen Tierhaltung. Die Höchstmengenbegrenzung für Österreich von 66 kt NH₃ Emissionen pro Jahr (NEC Richtlinie) wurde bis dato nicht oder nur geringfügig überschritten. Derzeit werden Verhandlungen um eine Herabsetzung der Höchstmengen geführt. Unabhängig davon ist es sinnvoll und notwendig, über mögliche Reduktionsmaßnahmen zu diskutieren, da Stickstoff einen wichtigen betriebsinternen Produktionsfaktor darstellt.

Die Palette an Reduktionsmaßnahmen ist groß, wirklich finanziell sinnvoll und technisch einwandfrei umsetzbar sind bisher nur wenige Maßnahmen. Eine hohe Reinigungsqualität der Entmistungstechniken, die Multiphasenfütterung in der Schweinemastfütterung, die Güllelagerabdeckung bei Gülle ohne natürliche Schwimmdecke und die bodennahe Gülleausbringung sind in der Regel sinnvoll umzusetzende Maßnahmen.

Forschung, Beratung und Praxis sind in diesem Zusammenhang auch weiterhin gefordert nach weiteren finanziell leistbaren und technisch einwandfrei funktionierenden und verfügbaren Maßnahmen zu suchen und diese auch umzusetzen.

Schlagwörter: Landwirtschaft, Emissionen, Treibhausgase, Ammoniak

Summary

The share of agriculture in greenhouse gas production in Austria is low. Only 8.6 % of the greenhouse gases are caused by agriculture; however, agriculture is most affected by climate change. Moreover, agriculture and forestry are the only sectors showing a reduction of carbon dioxide. From the 8.6 % agricultural caused GHG emissions, 5.2 % are caused by the enteric fermentation, 2.2 % by agricultural soils and 1.1 % by the manure management. Currently, an effective reduction of emissions can be achieved by a decreasing number in livestock or enhanced biogas production from manure, only.

Regarding ammonia the situation appears to be distinct from other GHG emissions. 94 % of the ammonia is caused by animal husbandry. Hitherto, the Austrian ceiling of 66 kt NH₃ emissions per year (NEC directive) has not been exceeded. Negotiations concerning a reduction of the ceiling are conducted. Nevertheless, it makes sense and it is necessary to discuss different reduction measures for ammonia, because nitrogen is a very important factor of production in agriculture.

There are a lot of reduction measures, but only a small number of them can usefully be applied. Perfect cleaning of the walking area or feeding gear, multiphase feeding for fattening pigs, slurry tank covering or bandspreading of slurry are worth to be mentioned in this context.

Research, agriculture advisers and farmers have to find further solutions and measures in order to reduce ammonia emissions. The measures must be affordable, perfect in function and, of course, they have to be implemented, as well.

Keywords: agriculture, emissions, greenhouse gases, ammonia

Einleitung

Die Landwirtschaft ist Hauptbetroffener der voranschreitenden Klimaveränderung. Der Anteil an der Produktion klimaschädlicher Gase aus der Landwirtschaft liegt in

Österreich bei 8,6 % (UMWELTBUNDESAMT 2015a). Über 91 % der Treibhausgasemissionen entstammen den Sektoren Energie (Verkehr und Wärmeproduktion – 69,2 %), Industrie (20,1 %) und Abfall (2,1 %). Demnach ist die Diskussion um die „Klimakiller-Kuh“ eine Ablenkung von

¹ HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Raumberg 38, A-8952 Irdning-Donnersbachtal

* Ansprechpartner: DI Alfred Pöllinger, alfred.poellinger@raumberg-gumpenstein.at

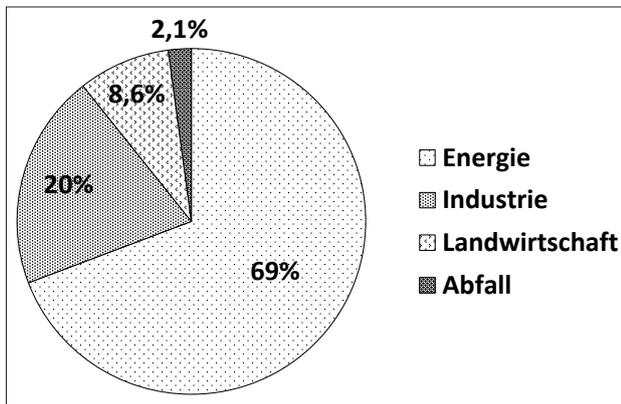


Abbildung 1: Prozentuelle Verteilung der Treibhausgasemissionen aus den einzelnen Sektoren im Jahr 2014, berechnet auf Basis CO₂eq. (Quelle: UMWELTBUNDESAMT 2016).

den tatsächlich relevanten Quellen wie Verkehr, Industrie und die Erzeugung von Wärmeenergie für die Raumheizung aus nicht nachwachsenden Rohstoffen (siehe *Abbildung 1*). Die verdauungsbedingten Methanemissionen („Kuh der Klimakiller“) liegen nach offiziellen Berechnungen des Umweltbundesamtes (UMWELTBUNDESAMT 2016) bei 5,2 %. Aus landwirtschaftlich genutzten Böden entstammen 2,2 % und aus dem Wirtschaftsdüngermanagement 1,1 % der gesamten Treibhausgasemissionen in Österreich. In den Emissionsberechnungen ab 2015 wurde mit geänderten Emissionsfaktoren aus den IPCC Guidelines kalkuliert, weshalb sich im Wesentlichen die Verteilung zwischen den Sektoren verändert hat. Der „Global Warming Factor“ für Methan wurde erhöht und der für Lachgas verringert, bzw. der „Leaching“ Anteil für Stickstoff – wichtig für die indirekte N₂O Emissionen – von 30 auf 15 % verringert. Deshalb haben sich die Methanemissionen von 3,8 auf 5,2 % erhöht, während sich die Lachgasemissionen von 3,7 auf 2,2 % verringert haben (vergleiche dazu Austria’s National Inventory Report 475/2014 und 552/2015).

Bezüglich der möglichen Reduktionsmaßnahmen im Sinne der internationalen Klimaschutzabkommen (Kyotoprotokoll) besteht in der Landwirtschaft kein besonders großer Spielraum, will man die landwirtschaftliche Produktion in Österreich mit den derzeit gültigen Marktregeln nicht massiv gefährden. Zudem ist das Potenzial deutlich geringer im Vergleich zu den anderen Wirtschaftsbereichen.

Weiter stellt die Landwirtschaft neben der Forstwirtschaft den einzigen Wirtschaftsbereich dar, der gleichzeitig auch CO₂ wieder einzubinden vermag. Neben dem Wald stellt das Grünland eine wesentliche Senke für klimarelevante CO₂ Emissionen dar. IDEL kommt 2012 sogar zum Schluss, dass graslandbasierte Wiederkäuerproduktionssysteme den Kohlenstoffkreislauf nicht negativ belasten, sondern im Gegenteil, einen Beitrag zum Klimaschutz leisten. Das Dauergrünland stellt mit 40 % der Landfläche einen enormen Kohlenstoffspeicher dar – mindestens so groß wie der der Wälder.

Bezogen auf die ökosystemrelevanten Ammoniakemissionen stellt sich das Gesamtbild etwas anders dar. Beinahe 94 % der Ammoniakemissionen sind der Landwirtschaft

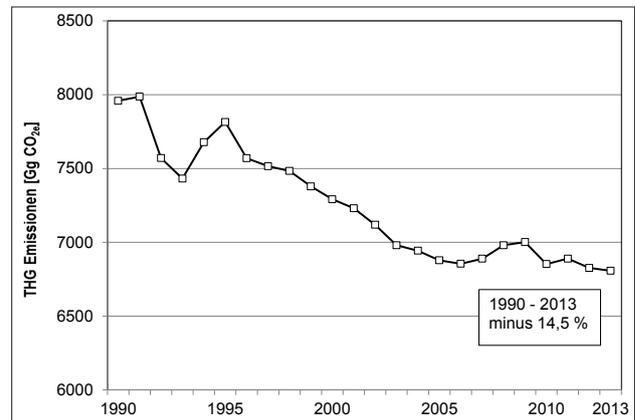


Abbildung 2: Trend der THG Emissionen aus dem Sektor Landwirtschaft von 1990 bis 2013 (Quelle: UMWELTBUNDESAMT 2016).

zuzuordnen. In der NEC Richtlinie (EU-Richtlinie in der die länderbezogenen Höchstmengen für versauernde Gase geregelt sind) wird Österreich ein Grenzwert von 66 kt Ammoniakemissionen pro Jahr zugestanden. Bisher wurde dieser Höchstwert knapp unterschritten bzw. nur einmal leicht überschritten. Dadurch wurden bis dato noch keine verpflichtenden Ammoniakreduktionsmaßnahmen verordnet (UMWELTBUNDESAMT 2015b).

Bei einer Fortschreibung der derzeit stattfindenden Entwicklung in der Landwirtschaft – zunehmende Laufstallhaltung, zunehmende Güllewirtschaft, etc. – würde es bereits in wenigen Jahren eine Überschreitung der derzeit gültigen Höchstmengenbegrenzung geben. Derzeit laufen Verhandlungen darüber in welchem Ausmaß diese Emissionsgrenzwerte herabgesetzt werden sollen. Umso wichtiger erscheint es zum jetzigen Zeitpunkt über mögliche Reduktionsmaßnahmen im Zusammenhang mit den landwirtschaftlichen Produktionsverfahren nachzudenken bzw. diese intensiv mit der Landwirtschaft zu diskutieren.

Treibhausgasemissionen aus der Landwirtschaft

In der *Abbildung 2* ist der Trend der landwirtschaftlich bedingten THG Emissionen dargestellt. Demnach haben sich die Emissionen von 1990 bis 2013 (Beobachtungszeitraum) um beinahe 15 % reduziert. Maßgeblichen Anteil an den abnehmenden Emissionen aus der Landwirtschaft hatten die Abnahme der Anzahl an Rinder in Österreich und der gesunkene Aufwand an stickstoffhaltigen Mineraldüngern. Im Beobachtungszeitraum 2013-14 ist allerdings eine leichte Zunahme von 1,7 % zu verzeichnen. Das ist in erster Linie auf den gestiegenen Einsatz stickstoffhaltiger Mineraldünger und auf die verstärkte Einarbeitung von Ernterückständen zurück zu führen.

Die wichtigsten Quellen an THG Emissionen aus der Landwirtschaft sind die verdauungsbedingten Methanemissionen (60 %) und die Lachgasemissionen aus landwirtschaftlich gedüngten Böden (26 %). Die Emissionen aus dem Wirtschaftsdüngermanagement liegen mit 12,4 % deutlich dahinter (siehe *Abbildung 3*).

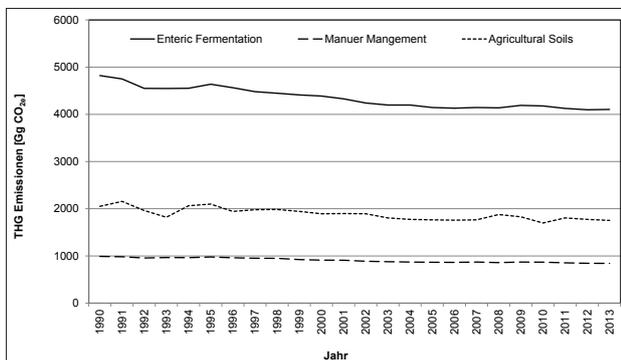


Abbildung 3: Trend der Treibhausgasemissionen aus der Landwirtschaft von 1990 bis 2013, getrennt nach Kategorien (Quelle: UMWELTBUNDESAMT 2016).

Zum Thema „verdauungsbedingte Methanemissionen“ wurden auf internationaler Ebene bisher zahlreiche Versuche durchgeführt und Publikationen dazu erarbeitet. Effektive und in der Praxis umsetzbare Minderungsmaßnahmen lassen sich daraus bisher allerdings nicht oder nur sehr bedingt ableiten. Graslandbasierte Rinderhaltung wird immer mit Methanemissionen in Verbindung stehen. Dem gegenüber steht allerdings auch die CO₂ Senke durch das genutzte Grünland. Bezüglich der Lachgasemissionen gibt es einen engen Zusammenhang mit dem Mineralstickstoffeinsatz, wengleich bei allen stickstoffhaltigen Wirtschaftsdüngern und organischen Reststoffen ebenfalls Lachgasemissionen im Zuge der Umsetzungsprozesse zu erwarten sind.

Die wirtschaftsdüngermanagementbedingten Treibhausgasemissionen machen nur rund 860 Gg CO₂ eq. und damit 12,4 % der durch die Landwirtschaft bedingten THG Emissionen aus. Das ist allerdings der einzige Sektor, in dem eine Reduktion durch gezielte Biomethanisierung der Wirtschaftsdünger sinnvoll im Sinne eines Mehrfachnutzens (Reduktion von THG Emissionen und Energienutzung) umzusetzen wäre. Aufgrund der dafür notwendigen Rahmenbedingungen, wie sehr hohen Einspeisetarif für Kleinstbiogasanlagen aus reinem Wirtschaftsdünger bei gleichzeitig reduzierter Sicherheitstechnik (kostengünstiges Bauen) ist derzeit eine Umsetzung nicht realistisch.

Ammoniakemissionen aus der Landwirtschaft

Die Ammoniakemissionen sind zu 94 % der Landwirtschaft zuzuordnen. Die wesentlichen Quellen sind demnach die Tierhaltung mit den Aktivitäten „Stallhaltung - Lagerung – Ausbringung“. Die Aufteilung auf diese Sektoren liegt bei rund 30 – 20 – 50 %. 56 % der gesamten österreichweiten Ammoniakemissionen sind der Rinderhaltung zuzuordnen, 17 % der Schweine- und 9 % der Geflügelhaltung (UMWELTBUNDESAMT 2013). Die restlichen 12 % auf 94 % landwirtschaftlich bedingter Emissionen verteilen sich auf die verbleibenden Tierkategorien (Pferde, Schafe, Ziegen und Kleintiere). Im Gegensatz zu den Treibhausgasemissionen ist hier die Landwirtschaft klarer Hauptverursacher. Ammoniak trägt nicht nur zur Versauerung von Ökosystemen bei (z.B. in Moorlandschaften und auf

„stickstoffempfindlichen“ Waldstandorten), sondern wird auch vermehrt im Zusammenhang mit der Feinstaubproblematik diskutiert. Daraus resultierend hat beispielsweise das Land Steiermark die verpflichtende Güllelagerabdeckung in Feinstaubsanierungsgebieten vorgeschrieben (LGBl. Nr. 2/2012). Weitere verpflichtende Maßnahmen zur Reduktion von Ammoniakemissionen könnten aus der konsequenten Umsetzung einer neuen Höchstmengenbegrenzung durch die sogenannte NEC Richtlinie entstehen (-19%). Die Reduktion von Ammoniakemissionen liegt grundsätzlich auch im Interesse der Landwirtschaft selbst. Stickstoff stellt einen wichtigen Produktionsfaktor in der Landwirtschaft dar, den es so effizient wie möglich einzusetzen gilt. Deshalb sind Reduktionsmaßnahmen immer auch im Konnex zum möglichen Einsparungspotenzial an zugekauftem Mineraldüngerstickstoff zu betrachten.

Mögliche Reduktionsmaßnahmen zu Ammoniakemissionen

In der Betrachtung der Verfahrenskette „Stallhaltung – Lagerung – Ausbringung“ lassen sich die größtmöglichen Einsparungen bei der Wirtschaftsdüngerenausbringung erzielen. Dennoch ist eine kleinräumige Betrachtung aller Sektoren sinnvoll und wichtig. In der Stallhaltung beginnen die Reduktionsmaßnahmen mit der Fütterung. Dabei gilt es in der Rinder- wie in der Schweinefütterung die Stickstoffeffizienz hoch und damit die N-Ausscheidungen so gering wie möglich zu halten. In der Schweinemast ist dazu die mehrphasige, an den Rohproteinbedarf angepasste Fütterung eine gute und sehr effiziente Ammoniakreduktionsmaßnahme. Einige Futtermittelhersteller bieten spezielle Futtermischungen mit Zuschlagsstoffen an und versprechen geringere Ammoniakemissionen. In wenigen Fällen wurden bereits positive Wirkungen dahingehend gemessen.

In der Stallhaltung von Rindern konzentrieren sich Forschung und Industrie auf die Erhöhung der Reinigungsqualität der Laufgangoberflächen, sowohl für planbefestigte Böden, wie auch für mit Spaltenböden ausgeführte Lauf- und Fressgänge. Dazu werden beispielsweise planbefestigte Laufflächen bis zu 3 % zur Mitte hin geneigte Gefälle mit Abflusssrinne kombiniert mit einem hohen Entmüsstungsintervall (6 bis 10x/Tag) empfohlen. Ein klarer, messbarer Emissionsminderungserfolg dazu steht noch aus. Im neuen Emissionsforschungsstall der Schweiz in Tänikon sind dazu alsbald belastbare und gesicherte Erkenntnisse zu erwarten.

In der Schweine- und Geflügelhaltung werden aufgrund der in der Regel geschlossenen Stallbauweise in Kombination mit der mechanischen Entlüftung Stallluftreinigungsanlagen diskutiert und bereits vielfach bei Baugenehmigungsverfahren von sensibilisierten Anrainern gefordert. Die Angebotspalette dazu ist bereits sehr umfangreich, die Langzeit-Kosten-Nutzeneffizienz allerdings noch nicht ausreichend geklärt. Diese Fragestellung sollte im neu zu errichtenden Schweineforschungsstall an der HBLFA Raumberg-Gumpenstein in den kommenden Jahren bearbeitet werden. Es ist davon auszugehen, dass diese Techniken in Zukunft bei größeren Betriebseinheiten (BAT Betriebe) verpflichtend einzubauen sein werden.

Die Lagerung von Wirtschaftsdüngern sollte aus der Sicht möglichst geringer Ammoniakabgasung in geschlossenen oder abgedeckten Behältern erfolgen. Bei immer größer werdenden Betriebseinheiten und der in bestimmten Gebieten notwendigen Erhöhung der Lagerzeiten (z.B. in starken Maisanbaugebieten) steigen allerdings auch die Behältergrößen und somit überproportional die Kosten für eine fixe Abdeckung der Güllegruben. Rund 1/3 Mehrkosten ist für den Bau eines Güllelagers mit Betondecke im Vergleich zu einem Güllelager ohne Betondecke zu kalkulieren.

Bei Rindergülle ist eine Abdeckung in der Regel nicht notwendig. Mit einer natürlichen Schwimmdecke erreicht man beinahe die gleiche Ammoniakreduktion wie mit fixen Abdeckungen. Nur zu Zeiten der Güllehomogenisierung – Vorbereitung zur Ausbringung – sind höhere Emissionsraten gegeben, während in den Zwischenzeiten (gesamter Winter und zwischen den Schnitten) kaum Ammoniak aufgrund der sich sofort bildenden Schwimmdecken emittieren kann. Bei der Mastschweinegülle bildet sich in der Regel keine Schwimmdecke, damit sind während der gesamten Lagerungsperiode Stickstoffverluste durch Ammoniakemissionen gegeben. Damit ist das jener Anwendungsbereich bei dem eine Abdeckung aus N-Einsparungsgründen auch aus der Sicht der Landwirtschaft sinnvoll sein kann. Schwimmkörper, Perlite oder leichte Kuppeldächer ohne Mittelsäule sind dabei für bestehende Güllelager einsetzbar (Van Caenegem et al. 2005). LECA-Kugeln haben sich leider nicht bewährt und Schwimmfolien können aus praktischer Sicht ebenfalls noch nicht uneingeschränkt empfohlen werden (Montage, Handling mit Niederschlagswasser und Schnee, Funktion beim Homogenisieren,...). In diesem Segment ist in den kommenden Jahren mit einer restriktiveren Vorgehensweise seitens der Genehmigungsbehörde zu rechnen. Inwieweit auch bestehende Behälter betroffen sein werden wird von der Festlegung der Höchstmengenbegrenzung abhängen.

Den wesentlichsten Anteil an der Ammoniakabgasung aus der Landwirtschaft hat in der Verfahrenskette die Gülleausbringung. Managementbedingte Möglichkeiten zur Reduktion der Emissionen sind die Gülleverdünnung und die Ausbringung bei „idealem Güllewetter“ (feucht und kühle Witterung). Geschätzte 50 % der gesamten Güllemenge können entweder verdünnt (1:1) oder bei feucht-kühler Witterung ausgebracht werden. Damit können die ausbringungsbedingten Ammoniakemissionen um bis zu 70 % im Vergleich zur Ausbringung bei ungünstigen Bedingungen verringert werden.

Aus technischer Sicht betrachtet gibt es die Möglichkeiten der bodennahen Gülleausbringung mittels Schleppschlauch, der Injektion (seicht – Schleppschuh, tief – Schlitztechnik) und für Ackerflächen die direkte Gülleearbeitung mittels Grubber. Nur rund 15 % der Gülle (Rinder und Schweine) werden derzeit in Österreich bodennah oder mittels Injektionstech-

nik ausgebracht. In einer ersten Abschätzung wird davon ausgegangen, dass 40 % der gesamten Güllemenge auf topographisch geeigneten Flächen mittels emissionsmindernder Technik ausgebracht werden können (Amon et al. 2007). Für die restlichen 60 % bedürfte es hoher bis extrem hoher technischer und finanzieller Aufwendungen um Gülle bodennah ausbringen zu können. Auf einigen Grünlandflächen ist eine bodennahe Ausbringung auch aus technischer Sicht nicht möglich.

Literatur

- Amon B., Fröhlich M., Weißensteiner R., Zablatnik B. & Amon T. (2007) Tierhaltung und Wirtschaftsdüngermanagement in Österreich. Endbericht Projekt Nr. 1441 Auftraggeber: Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt- und Wasserwirtschaft. http://www.dafne.at/dafne_plus_homepage/index.php?section=dafneplus&content=result&come_from=&&project_id=680.
- Idel A. (2012) Klimaschützer Kuh: Kritische Anmerkungen zu einer aktuellen Debatte. Der kritische Agrarbericht 2012, 227-232.
- UMWELTBUNDESAMT (2013) Köther T., Anderl M., Haider S., Jobstmann H., Pazdernik K., Poupa S., Schindlbacher S., Stranner G., Wieser M., Zechmeister A.: Austria's Informative Inventory Report 2013. Submission under the UNECE Convention on Long-range Transboundary Air Pollution. Reports, Bd. REP-0414 Umweltbundesamt, Wien.
- UMWELTBUNDESAMT (2015a) Anderl M., Haider S., Lampert C., Moosmann L., Pazdernik K., Pinterits M., Poupa S., Purzner M., Schmid C., Schmidt G., Schodl B., Stranner G., Schwaiger E., Schwarzl B., Weiss P., Wieser M., Zechmeister A.: AUSTRIA'S NATIONAL INVENTORY REPORT 2015. Submission under the United Nation Framework Convention on Climate Change. REP-0552, Vienna 2015. ISBN 978-3-99004-364-6.
- UMWELTBUNDESAMT (2015b) Anderl M., Gangl M., Haider S., Mandl N., Moosmann L., Pazdernik K., Poupa S., Purzner M., Schieder W., Stranner G., Tister M., Zechmeister A.: Emissionstrends 1190 – 2013. Ein Überblick über die österreichischen Verursacher von Luftschadstoffen (Datenstand 2015). REP-0543, Vienna 2015. ISBN 978-3-99004-354-7.
- UMWELTBUNDESAMT (2016) Anderl M., Gangl M., Haider S., Lampert C., Moosmann L., Pazdernik K., Pinterits M., Poupa S., Purzner M., Schmid C., Schmidt G., Schodl B., Schwaiger E., Schwarzl B., Seuss K., Stranner G., Weiss P., Wieser M., Zechmeister A.: AUSTRIA'S ANNUAL GREENHOUSE GAS INVENTORY 1990–2014. Submission under Regulation (EU) No 525/2013. REP-0559, Vienna 2016. ISBN 978-3-99004-371-4.
- LGBl. Nr. 2/2012 Stück 2 20.1.2012: Verordnung des Landeshauptmannes von Steiermark vom 17. Jänner 2012, mit der Maßnahmen zur Verringerung der Emission von Luftschadstoffen nach dem Immissionsschutzgesetz-Luft angeordnet werden (Stmk. Luftreinhalteverordnung 2011).
- Van Caenegem L., Dux D. & Steiner B. (2005) Abdeckungen für Güllesilos – Technische und finanzielle Hinweise. FAT Bericht Nr. 631. Agroscope FAT Tänikon, Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarwirtschaft und Landtechnik, CH-8356 Ettenhausen.