

Landwirtschaft im Klimawandel –

Erkenntnisse und Strategien zum Umgang mit Wasser

ZUSAMMENFASSUNG.

Der bis zum Jahr 2050 und darüber hinaus projizierte Klimawandel birgt auch für die schweizerische Landwirtschaft zahlreiche Herausforderungen. Zentrale Punkte sind dabei eine ausreichende Wasserverfügbarkeit in der Vegetationsperiode und eine effiziente Wassernutzung.

Von Manuel Fischer



In der Broye-Region wird teilweise mit Beregnungsmaschinen gearbeitet, um den Wasserbedarf der Kulturen zu decken. (mf)

An die Nutzung der Kulturlandschaft werden vielfältige Ansprüche gestellt. Land- und Forstwirtschaft, Trinkwassergewinnung und -schutz, Natur- und Gewässerschutz, Fischerei, Siedlungserweiterungen, Infrastrukturmassnahmen, Wirtschaft, Tourismus und Erholung konkurrieren um begrenzte Flächen. Oft stehen sich diese Ansprüche diametral gegenüber. Jüngste Forschungsarbeiten zum Einfluss des Klimawandels auf die Beanspruchung von Wasser und Boden geben zur gut begründeten Vermutung Anlass, dass sich bestehende Nutzungskonflikte noch verschärfen könnten.

Deswegen müssen zukunftsfähige Kulturlandschaften geschaffen werden, in denen unterschiedliche Ansprüche und Bedürfnisse im Einklang miteinander berücksichtigt werden können und in denen eine klimaangepasste Land-

nutzung längerfristig möglich sein wird. Die im Juli dieses Jahres erlebten Rekordniederschläge mögen den Blick auf die Zukunft verstellen. Die Klimaforscher lassen sich aber von diesen Einzeleignissen nicht beirren. Der bis zum Jahr 2050 und darüber hinaus projizierte Klimawandel birgt für die Landwirtschaft zahlreiche Herausforderungen. Denn die von einem schweizerischen Forschungskonsortium publizierten Klimaszenarien erwarten eine Verschiebung der Niederschlagsmuster im Jahresverlauf: In den Monaten Juni bis August wird im Mittelland und im Jura bis zur Mitte des Jahrhunderts mit einer Abnahme der mittleren Sommerniederschlagsmenge von durchschnittlich rund 17 Prozent gerechnet¹. Zentrale Punkte aus Sicht der pflanzlichen Produktion sind dabei eine ausreichende Wasserverfügbarkeit in der Vegetati-

onsperiode und eine effiziente Wassernutzung. Das Risiko der Bodendegradation, der Übernutzung der Ressource Wasser, die Fragen nach einer nachhaltigen Betriebsführung, aber auch neue Krankheiten und Schädlinge sind Aspekte, die durch multidisziplinäre Forschungsarbeiten beleuchtet werden.

¹ CH2011, Swiss Climate Change Scenarios
CH2011, Zürich 2011

Inhalt

Landwirtschaft im Klimawandel – Erkenntnisse und Strategien zum Umgang mit Wasser	1
1. Klimafolgeforschung in Europa	4
1.1 Weniger Niederschlag im Sommer, mehr Verdunstung	4
1.2 Teil eines Nationalfonds-Programms	4
2. Intensive Landwirtschaft in der Broye-Ebene	5
2.1 Kartoffeln, Mais, Zuckerrüben werden bewässert	5
2.2 Wasserkonflikte – auch in der Schweiz	6
3. Ein ambitioniertes Forschungsprojekt	6
3.1 Ein Wettergenerator simuliert das Klima 2050	6
3.2 Gegenläufige Einflussgrößen (Trade-Offs)	7
3.3 Drei Landnutzungsstrategien zur Auswahl	7
4. Handlungsoptionen für die nächsten Jahrzehnte	9
4.1 Austausch zwischen Wissenschaft und Praxis	9
4.2 Rasche Veränderungen – ohne Chance	9
5. In drei Schritten in die Agrarzukunft	10
6. Bewässerung als Thema der Agrarpolitik	11
7. Interview: «Bewässerungsbedarf könnte um Faktor 5 zunehmen...»	12

1. Klimafolgeforschung in Europa

Die anspruchsvolle Anpassung der Kulturlandnutzung in mittleren Breiten durch den Klimawandel wird vielerorts in Europa zum Thema. Ein aktuelles Beispiel: unter dem Titel „Klimzug-Nord“ veranlasste die Landwirtschaftskammer Niedersachsen (Deutschland) ein gross angelegtes Forschungsprojekt, um mögliche Anpassungsmassnahmen an den Klimawandel zu untersuchen². Dabei wurden insbesondere die Wirkungszusammenhänge zwischen Witterung, Vegetation und Landnutzungsmustern in intensiven Agrarzonent entlang dem Unterlauf der Elbe erörtert und Lösungsstrategien vorgestellt.

Ein Teil des durch Klimzug-Nord untersuchten Areal ist eines der grössten geschlossenen Obstanbaugebiete Europas, das so genannte „Alte Land“ südwestlich von Hamburg. Aus längeren Beobachtungsreihen der örtlichen Obstbauversuchsanstalt seit 1975 kann man herleiten, dass die durchschnittliche Obstblüte pro Jahrzehnt um circa 5 Tage früher beginnt – bei steigenden Lufttemperaturen von 0,3 °C pro Jahrzehnt. Diese Trends haben direkte Auswirkungen auf den Obstbau. Mit dem Beginn des verfrühten Vegetationsbeginns steigt das Risiko von Spätfrost zur Obstblüte. Zudem befürchten die Obstbauern der Region wirtschaftlich relevante Schäden durch eine verfrühte Bildung von Larven bereits bekannter Schädlinge (Apfelwickler) und die Ausbreitung neuer Schaderreger.

1.1 Weniger Niederschlag im Sommer, mehr Verdunstung

Die publizierten Resultate aus dem Projekt „Klimzug“ für Norddeutschland wie auch diejenigen der hier nachfolgend dargestellten schweizerischen Forschungsarbeit AGWAM basieren auf ähnlichen Voraussa-

gen hinsichtlich Witterungs- und Vegetationsverhältnissen ab 2050:

- Die Niederschlagsmengen verschieben sich tendenziell von den Sommer- in die Wintermonate.
- Der Anstieg der mittleren Jahrestemperatur steigt in den nächsten Jahrzehnten um mehrere Grad Celsius an.

Wo weniger Regen eine höhere Verdunstung nicht mehr kompensiert, muss in den Sommermonaten vielen Kulturen zusätzliche Mengen Wasser zugeführt werden. Gleichzeitig sinken in den tiefer gelegenen Einzugsgebieten des Alpenvorlandes die Gebietsabflüsse, da die Speisung der Fliessgewässer über Niederschläge und Schneeschmelze zurückgehen wird. Damit entsteht eine gegenläufige Bewegung: Der Bewässerungsbedarf, der bis anhin aus Fliessgewässern und Grundwasser gedeckt wurde, steigt an und sieht sich einem knapper werdenden Dargebot an Gebietsabflussmengen gegenüber.

1.2 Teil eines Nationalfonds-Programms

Das Forschungsvorhaben AGWAM (Water Demand in Swiss Agriculture and Sustainable Adaptive Options for Land and Water Management to mitigate Impacts of Climate Change) wurde im Rahmen des vom schweizerischen Nationalfonds finanziell unterstützten und koordinierten Forschungsprogramms „Nachhaltige Wassernutzung“ (NFP 61) zwischen 2010 und 2013 durchgeführt. Ein Team aus Wissenschaftlern von Agroscope und der ETH Zürich stellte sich die Frage, wie durch nachhaltige

Anpassungsstrategien die Landwirtschaft unter veränderten klimatischen Bedingungen ihren Auftrag weiterhin erfüllen kann. Dies am Beispiel zweier unterschiedlicher Regionen A) das Einzugsgebiet der Broye mit 598 km² und B) die Region Greifensee/ Einzugsgebiet der oberen Glatt mit 164 km². Der inzwischen vorliegende Forschungsbericht präsentiert Entscheidungsgrundlagen für eine nachhaltige Wasser- und Bodennutzung durch die Landwirtschaft im Kontext einer spezifischen Region. Hierzu wurden sowohl die Handlungsoptionen einzelner Agrarbetriebe wie auch die mögliche Raumgestaltung und die Bewirtschaftungsmethoden auf der regionalen Ebene betrachtet. Akteure aus Politik, Planung und Praxis wurden in das zeit- und ressourcen-aufwändige Forschungsprojekt einbezogen. Damit wollten die Forscher u.a. Hinweise aus der Praxis für ihr Forschungsdesign berücksichtigen, aber auch herzuleitende Empfehlungen des im Dezember 2013 veröffentlichten Schlussberichts einem interessierten Fachpublikum näher bringen.

Aufgrund anderer klimatischer Voraussetzungen und der unterschiedlichen Landnutzung ist in der von AGWAM untersuchten Region Greifensee der Bewässerungsbedarf – unter allen Szenarien – weit geringer als in der Broye-Region. Die vorliegende Schrift konzentriert sich deswegen auf die Herausforderungen und Schlussfolgerungen für die Broye-Ebene, einer Region intensiver pflanzlicher Produktion, die sich von Moudon bis zur Mündung der Broye in den Murtensee erstreckt.

² Landwirtschaft im Klimawandel: Wege zur Anpassung; publiziert durch Landwirtschaftskammer Niedersachsen, Mai 2014

³ ART-Schriftenreihe 19 / Dezember 2013; Water Demand in Swiss Agriculture – Sustainable Adaptive Options for Land and Water Management to Mitigate Impacts of Climate Change

2. Intensive Landwirtschaft in der Broye-Ebene

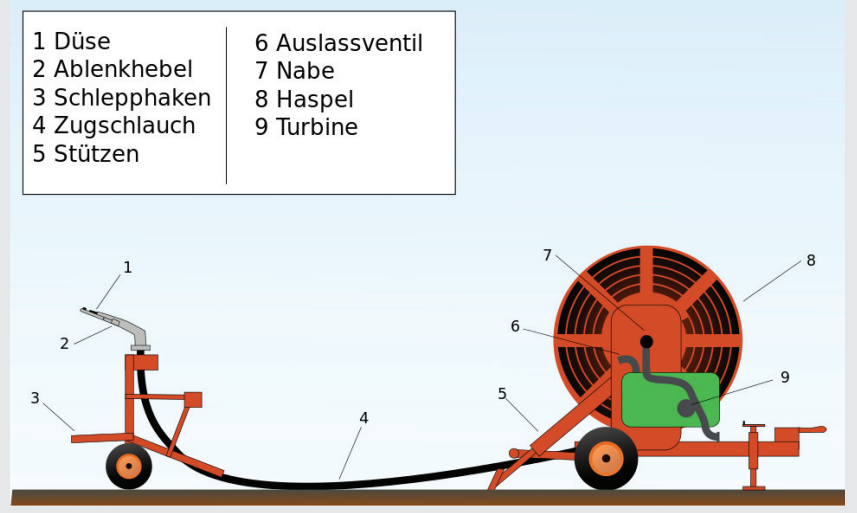
2.1 Kartoffeln, Mais, Zuckerrüben werden bewässert

Topfeben präsentiert sich die Broye-Ebene. Mit dem Auto in der Fahrtrichtung von Payerne nach Grandcour und Saint-Aubin unterwegs wechseln sich Zuckerrüben-, Mais- und Kartoffelfelder ab. Da und dort wird auch Tabak angepflanzt. Ende Juni 2014 wurde bereits bewässert, Niederschläge waren dieses Frühjahr zeitweise rar. Hie und da trifft man auf Beregnungsmaschinen, die über Zugschläuche das Wasser aus der Haspel zur Regenkanone leiten. Der erzeugte Wasserstrahl wird durch den Ablenkhebel periodisch unterbrochen, um so das Wasser über ein bestimmtes Kreissegment grosszügig zu verteilen. Diese Beregnungsmaschinen sind nahe den kanalisierten Flussläufen von Broye und Petite-Clâne aufgestellt. Die rationelle Beregnung grosser Freilandflächen benötigt viel Wasser. Bereits heute werden im Jahresdurchschnitt 1,13 Mio. m³ Flusswasser für die Bewässerung der Broye-Ebene verwendet, damit werden zu 50% Kartoffel-, zu je 15% Mais- und Tabak- und zu 8% Zuckerrübenfelder besprengt. Die Wasserentnahme ist üblicherweise kostenlos. Zudem wird der fixe Teil der Bewässerungsinfrastruktur subventioniert.

Die flache Ebene rund um Payerne bis zur Mündung des begradigten Broye-Kanals und weiterer Fliessgewässer in den Murtensee gilt als sehr fruchtbar, vorausgesetzt der Wasserbedarf kann gedeckt werden. Die regelmässige Bewässerung gehört hier zu den üblichen Methoden der Ertragssicherung, zumal das Broye-Gebiet – als Teil des westlichen Mittellands – bereits heute schon ein eher trockenes Klima aufweist. Hier be-

Die Beregnungsmaschine ist ein in der Landwirtschaft häufig eingesetztes Gerät zur Bewässerung grösserer Freilandflächen. Üblicherweise ist der auf einem Wägelchen montierte Regner im Feld nur mit einem Zugschlauch mit der eigentlichen Beregnungspumpe am Feldrand verbunden. Das Wasser wird über eine (ortsfeste oder bewegliche) Leitung auf der Druckseite der Pumpe über eine Turbine geleitet. Die Turbine treibt über ein Getriebe die Haspel an, welche mit dem Zugschlauch den Regnerwagen langsam über das Feld in Richtung Maschine zieht. Hierbei wird das Wasser, nachdem es die Turbine passiert hat, über die Nabe (der Haspel) in den Zugschlauch geleitet. Vom Zugschlauch (auch soweit er aufgewickelt ist) gelangt das Wasser zum eigentlichen Regner, in dem es durch die Düse verspritzt wird. Der erzeugte Wasserstrahl wird durch einen Ablenkhebel periodisch unterbrochen. So wird der kompakte Wasserstrahl über die zu beregnende Fläche verteilt. Durch einen Mechanismus auf den Ablenkhebel kann die Wurfrichtung des Wasserstrahls um einen gewissen Winkel über ein Kreissegment hin und her streichend verändert werden. Das Beregnungswasser trifft nicht als harter Strahl, sondern in grossen und kleinen Tropfen auf den Boden und kann sich durch die grössere Kontaktfläche mit der Luft auch ein wenig erwärmen.

(Grafik: Marlus Gancher/cc by-sa 2.0)



findet sich quasi ein Hot Spot der pflanzlichen Agrarproduktion der Schweiz. So gehört das Broyetal zu den wichtigsten Anbaugebieten von Kartoffeln in der Schweiz.

Über die künftigen Jahrzehnte hinweg wird hier der Anpassungsdruck an neue Klimabedingungen zunehmen. Denn die Pro-

jektionen der Klimaforschung rechnen mit dem häufigeren Auftreten von Jahrhundertssommern ähnlich wie derjenige von 2003, die Mensch und Natur mit ausgeprägten Hitzeanomalien oder hitzebedingter Dürre heimsuchen werden. Einige Klimaszenarien gehen für die Jahrzehnte ab 2050 von einer Abweichung von über +3 °C gegenüber der

jetzt bekannten langjährigen Jahresmitteltemperatur aus. Eine Herausforderung für eine Region wie die Broye-Ebene, wo viele Ackerkulturen heute schon regelmässig bewässert werden.

2.2 Wasserkonflikte – auch in der Schweiz

Infolge von Nutzungskonflikten um das Wasser (Gewässerschutz, Fischerei usw.) tritt der Staat in den letzten Jahren immer häufiger als Wasserregulator auf. Infolge der trockenen Bedingungen verbot der Kanton Waadt die Entnahme von Wasser in sieben Fällen im Sommer während der Periode 1998 bis 2011. Zwischen den kantonalen Behörden (Kte. Freiburg, Waadt) und den Landwirten, die regelmässig in den Sommermonaten bewässern, greift eine Art Katz-und-Maus-Spiel um sich. Die Behörden unterbinden die Wasserentnahme, wenn die Restwassermenge einen

kritischen Schwellenwert unterschreitet. Dies tun sie mit dem Argument, die Biodiversität der Fliessgewässer zu erhalten, andernfalls ganze Fischpopulationen in kürzester Zeit aussterben würden. Die Landwirte kennen im Voraus den Zeitpunkt nicht, wann die Behörden die Wasserentnahme verbieten. Während des Hochsommers, in Vorahnung dass dies in wenigen Tagen geschehen könnte, neigen viele Landwirte dazu, ihre Kulturen möglichst intensiv zu bewässern – bevor die Behörden das Verbot aussprechen. Mit der durchgehenden Nutzung des noch vorhandenen Oberflächenwassers in maximal kurzer Zeit spitzt sich die Situation der Wasserknappheit aber erst recht zu.

Ein weiteres Problem: Im Vergleich zu modernsten Bewässerungsmethoden muss das in der Region übliche und kostengünstige Verfahren mit Beregnungskanonnen als ineffizient bezeichnet werden. Denn durch

das grossräumige Besprengen der Felder verbleibt viel Wasser auf der Krone der Kulturpflanzen und gelangt so nicht ans Wurzelwerk; so entstehen tagsüber grosse Verluste durch Verdunstung. Dazu kommt: Es fehlt an einer regulierenden Instanz, welche den vorsorglichen Gebrauch der begrenzten Ressource Wasser anmahnt oder fördert.

Für die Zukunft wird befürchtet, dass infolge des Klimawandels die Abflussmengen in vielen Fliessgewässern des Mittellandes im Hochsommer abnehmen werden. Eine gleichzeitige Zunahme des Bewässerungsbedarfs um ein Mehrfaches – als Fortsetzung der bisherigen Praxis und ohne griffige Regulierung – führt zwangsläufig zu einer Übernutzung der Ressource Wasser.

3. Ein ambitiöses Forschungsprojekt

3.1 Ein Wettergenerator simuliert das Klima 2050

Was die Zukunft der landwirtschaftlichen Landnutzung in einer Region angeht, gibt es keine Gewissheit, nur modellgestützte Szenarien, die ihrerseits u.a. auf Projektionen für die künftige Klimaentwicklung gründen. Zukünftige Landwirtschaft und deren Bedingungen (Erosion, Wasserbedarf usw.) in einer Region vorauszusagen, ist ein äusserst komplexes Vorhaben. Gemäss AGWAM-Projektleiter Jürg Fuhrer, Leiter Klima/Lufthygiene am Institut für Nachhaltigkeitswissenschaften (INH) am Agrarforschungszentrum Agroscope in Zürich, ist das mathematische Modell eines der ambitiösesten seiner Art, das in der Schweiz bisher eingesetzt wurde.

Die AGWAM-Forscher bedienen sich eines komplexen Modells, in welches Klimadaten, aber auch Daten zur Struktur des Bodens, zur Wahl der Fruchtfolgen, zu den Bodenbearbeitungsarten und zur Bewässerung durch Sprinkleranlagen Eingang gefunden haben. Grob vereinfacht sei hier das Zusammenspiel zwischen den Teilmodellen des Systems geschildert: Ein sogenannter Wettergenerator, der das regionale Wettergeschehen aufgrund historischer Daten bereits kennt, kreiert das lokale, tägliche Wetter für die Jahre 2036–2065 ausgehend von Ergebnissen zweier grossräumiger Klimamodelle, die im Rahmen eines europäischen Verbundprojektes zur Klimaforschung erarbeitet worden sind. Das eine Szenario stammt von

der ETH Zürich (ETHZ) und das zweite von einem schwedischen Institut (SMHI); die beiden Klimaszenarien sind nur zwei aus einem Bündel von Szenarien innerhalb des Verbundprojektes. Faktoren wie Niederschlag und Temperatur (aber auch andere wie beispielsweise die Hangneigung) fliessen in das so genannte Crop-Modell ein, das für entsprechenden Boden (hauptsächlich sandiger Lehm oder lehmiger Boden) und für ausgewählte Ackerkulturen u.a. Ertrag, Wasserbedarf und Stickstoff(N)-Haushalt errechnet. Ackerkulturen sind nicht ortsbeständig, sondern folgen einer Fruchtfolge. Ein Algorithmus (eine Rechenvorschrift) liefert eine Auswahlendung von rund fünfzig erlaubten Ackerkultur-Rotationen, die wiederum in das Modell einfliesst.

Für diese räumliche Modellierung wurden die Agrarregionen der beiden Untersuchungsregionen in Quadrate von 500 × 500 Meter unterteilt. Für jedes dieser Quadrate offeriert das Modell einen Mix möglicher Fruchtfolgen und rechnet dazu die vier Teilgrössen (Produktivität, Erosion, N-Auswaschung, Wasserbedarf) jeder Option aus. Das Modell berücksichtigt zudem zwei unterschiedliche Arten der Bodenbearbeitung, einerseits a) die konventionelle Flurbearbeitung mit dem Pflug und andererseits b) pfluglose Saatverfahren, wobei Rückstände des Pflanzenmaterials der Vorkultur als Mulch auf dem Acker verbleiben. Bei b) verspricht man sich eine generell bessere Feuchtkonservierung des Bodens. Das Rechenprogramm braucht für diese Arbeit mehrere Stunden.

In einem zusätzlichen Schritt wurden mithilfe eines Entscheidungsmodells auf Stufe Landwirtschaftsbetrieb Handlungsalternativen offengelegt. Dabei sind auch weitere Variablen wie etwa unterschiedliche Preise für Betriebsmittel (Saatgut, Pflanzenschutz, Maschinenkosten pro Fr./ha) und Preise für Produkte (Raps, Winterweizen, Kartoffeln, Mais usw.) sowie Direktzahlungen berücksichtigt worden. Schliesslich wurden die Handlungsoptionen auf Stufe Region und Betrieb einer Ökobilanzanalyse unterworfen, welche zusätzliche Umweltwirkungen wie z.B. die Auswirkungen der Wasserentnahme auf die Gewässertemperatur und damit auf die aquatische Biodiversität berücksichtigte.

3.2 Gegenläufige Einflussgrössen (Trade-Offs)

Im zentralen Teil des räumlichen Modells geht es darum, die vier Teilgrössen, nämlich (maximale) Produktivität, (minimaler) Bewässerungsbedarf, (minimale) Erosion

und (minimale) N-Auswaschung pro Hektare, miteinander zu verbinden und eine optimale Kombination zu finden. Um ein möglichst breites Spektrum an Varianten zu erhalten, wurden die Teilgrössen verschieden gewichtet.

Das Forscherteam liess nun durch ein Computerprogramm 258 Kombinationen dieser Gewichtungen testen. Mithilfe einer statistischen Clusteranalyse wurden anschliessend daraus 16 Cluster aus einzelnen Lösungen gebildet, die hinsichtlich ihres Ergebnisses (Produktivität, Erosion usw.) zueinander ähnlich sind. In einem weiteren Schritt wählten die Forscher aus diesem überschaubaren Bündel an Lösungen drei idealtypische Strategien zukünftiger Landnutzung aus, a) eine mit dem Hauptziel maximaler Produktivität, b) eine mit dem Hauptziel negative Umwelteinflüsse zu minimieren und c) eine Art Kompromisslösung.

Dabei ist immer vor Augen zu halten, dass die mathematische Gleichung gegenläufige Beziehungen modelliert, welche in der realen Welt auch existieren und mehrfach beobachtet wurden: Setzt ein Land-

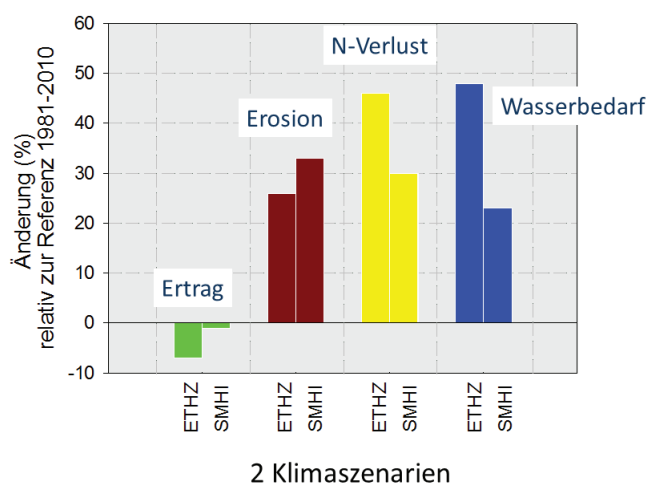
wirtschaftsbetrieb oder eine ganze Agrarregion auf möglichst hohe Produktivität, wird die Stickstoff-(N)-Auswaschung, die Erosion (die Abtragung fruchtbaren Bodens) oder der Wasserbedarf in die Höhe schnellen. Sollen negative Umwelteinflüsse wie Bodenerosion oder Stickstoffauswaschung möglichst minimiert werden, geht dies einher mit einem spürbaren Rückgang der allgemeinen Flächenproduktivität.

3.3 Drei Landnutzungsstrategien zur Auswahl

Ohne Veränderungen führt der Klimawandel zu einem mehr oder weniger (je nach Szenario) grossen Rückgang der Erträge und einer Zunahme von Erosion, N-Auswaschung und Wasserbedarf (Abbildung A). Das Modell offeriert als Alternativen einen passenden Mix aus diversen Ackerbaukulturen inklusive Flächenanteile aus Weiden und Dauergrünland, die den drei ausgewählten Landnutzungsstrategien entsprechen (Abbildung B):

- Steht hohe Produktivität als gewählte landwirtschaftliche Praxis im Fokus würden grosse Anteile des Ackerlandes

A Mittlere Veränderungen in Ertrag, Bodenerosion, N-Verlust und Wasserbedarf in der Broye-Region unter der Annahme von zwei Klimaszenarien für den Zeithorizont um 2050, relativ (in %) zur Bezugsperiode 1981–2010 (Grafik: T. Klein, Agroscope).

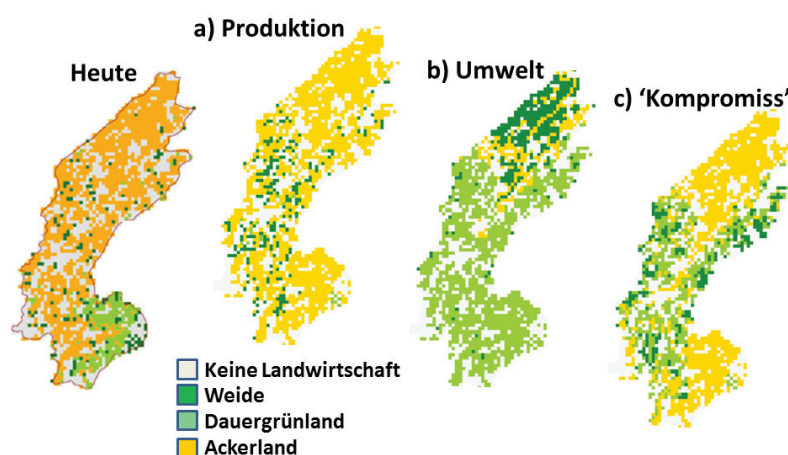


für Zuckerrübe und Silomais (beide mit hohem Bewässerungsbedarf in der Region Broye) verwendet und der Ackerbau in höhere Lagen ausgedehnt. Nebst dem Anbau von Winterweizen und Wintergerste bleibt weniger Land übrig für Weide- und Grasland. Diese Option ist ökologisch ungünstig (Cluster 13), da sie mit starker Erosion, bedeutenden Stickstoffauswaschung und hohem Bewässerungsbedarf einher geht.

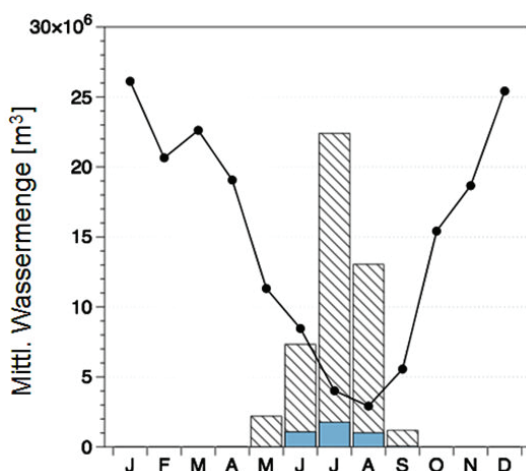
- Anders bei der maximal umweltschonenden Variante (Cluster 4): Bewässerungsbedürftige Kulturen wie Zuckerrübe, Silomais usw. werden nur noch auf rund einem Viertel der Fläche angebaut. Kulturen, die nicht bewässert werden müssen, wie Wintergetreide und Raps gewinnen an Bedeutung. Diese Option bedingt aber auch viel mehr Flächenanteile von Grasland.
- Eine Kompromiss-Variante (Cluster 16) erlaubt weiterhin den Anbau von Kartoff-

feln, eine Kultur, die in dieser Region bewässert werden muss. Bemerkenswert: Bei dieser Variante wird mehr als die Hälfte der Ackerflächen mit nicht-bewässerungsbedürftigen Kulturen (Wintergetreide, Raps) genutzt und der Boden wird vermehrt schonend bearbeitet (Abbildung C). Der berechnete Bedarf an Bewässerungswasser wird im Gegensatz zur Produktions-Variante durch den Gebietsabfluss gedeckt (Abbildung D).

B Anordnung der Flächen mit Weide, Dauergrünland und Ackerland im 500 × 500 m Raster in der Region der Broye. Situation heute (v.l.n.r.) im Vergleich zu den Varianten «Produktion», «Umwelt» und einer «Kompromisslösung» um 2050 (Grafik: A. Holzkämper, Agroscope).



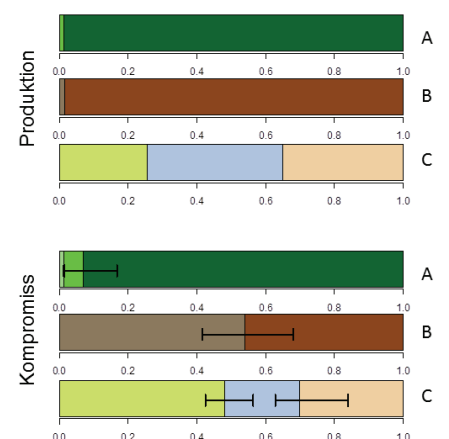
D Monatlicher Bewässerungsbedarf in der Broye-Region um 2050 für die Produktions- und Kompromiss-Variante, in Bezug zum regionalen Wasser-Dargebot (Abflussmenge) (Grafik: T. Klein, Agroscope).



Linie: Potenziell verfügbares Wasser aus der Broye (Modellrechnung)

Wasserverbrauch:
Gestreift: 'Produktivität'
Blau: Kompromiss

C Veränderung der relativen Flächenanteile mit unterschiedlicher Nutzungsintensität, Art der Bodenbearbeitung und Hauptgruppen der Kulturarten. Daten für die Produktions- (oben) und Kompromiss-Variante (unten) um 2050 für die gesamte Broye-Region (Grafik: A. Holzkämper, Agroscope).



(A) Nutzungsintensität

Niedrig
Mittel
Hoch

(B) Bodenbearbeitung

Reduziert
Konventionell

(C) Kulturarten

Grünland
Winterkulturen
Sommerkulturen

Sämtliche Grafiken sind online in Farbe auf www.lid.ch abrufbar.

4. Handlungsoptionen für die nächsten Jahrzehnte

4.1 Austausch zwischen Wissenschaft und Praxis

Im Vorfeld der Erarbeitung des Forschungsdesigns und der Auswahl der wissenschaftlichen Methoden nahm das AGWAM-Forschungsteam auch Kontakt zu den örtlichen Landwirten, Behörden und privaten Organisationen auf. Gemäss AGWAM-Forschungsleiter Jürg Fuhrer diente der Austausch vor Ort in einer ersten Phase der Anpassung des Modells hinsichtlich einer genauen Erfassung des Referenzzeitraums 1981–2010: Welche Kulturen werden regelmässig auf welchen Arealen angepflanzt? Welche Bodenbearbeitungsmethoden kamen bislang zum Zug? Welche Kulturen werden wie häufig bewässert?

Eine wichtige Anlaufstelle zum Thema Wasser in der Region ist die Interessengemeinschaft „Broye – Source de Vie“. Diese dient als Plattform, wo regelmässig Fragen des Gewässerschutzes, der Renaturierung der Gewässer, aber auch des Bewässerungsbedarfs der Landwirtschaft erörtert werden. „Broye – Source de Vie“ nennt auch die häufige Erwärmung in den kanalisierten Flussläufen mit Spitzen über 26° Celsius als eine der Ursachen für die Schwächung der Vielfalt von Fischen und weiteren Lebewesen in den Gewässern. Die Vereinigung ist insofern in der Region anerkannt, da unterschiedliche Interessen der Naturschützer und Landwirte auch in der Zusammensetzung des Vorstandes berücksichtigt sind. Gewisse Vorschläge sind auch schon reif für die Umsetzung: Bereits mit einfachen Massnahmen wie dem Setzen von Bäumen und Hecken kann die Temperaturerhöhung in den Flüssen und Kanälen gedrosselt werden.

Einen weiteren Workshop veranstalteten die AGWAM-Forscher zusammen mit Vertretern von Bund und Kantonen für die interessierten Kreise vor Ort, um die Resultate hinsichtlich der zu wählenden Landnutzungsmuster und der adäquaten Anpassungsstrategien zu diskutieren. Dabei wurde erkennbar, dass einige strategische Optionen aus heutiger Sicht an Grenzen der Machbarkeit stossen könnten.

4.2 Rasche Veränderungen – ohne Chance

Die Weiterverfolgung oder gar die Akzentuierung der Option „maximale Produktivität“ in der Broye-Region unter den Klimabedingungen 2030–2065 wird dazu führen, dass der Ackerbau in Zonen ausgedehnt würde, die bis anhin der Grünlandwirtschaft vorbehalten war. Für die bewässerungsintensiven Kulturen (Mais, Kartoffeln, Zuckerrübe) auf den geeigneten Böden der Ebene müsste aber die Bewässerungsinfrastruktur massiv ausgebaut werden.

Daraus folgt als weitere Konsequenz: Der politische Wille müsste greifbar sein, den Ausbau von Wasserleitungen für die Landwirtschaft zusätzlich zu subventionieren, ein wenig realistisches Szenario. Zudem sind die natürlichen Wasserressourcen limitiert, nicht nur im Einzugsgebiet der Broye. So ist die Vorstellung trügerisch, beispielsweise den Neuenburgersee als Reservoir eines weitverzweigten Bewässerungssystems ad libitum nutzen zu dürfen. Denn eine sehr intensive Wasserentnahme hätte unabhsehbare Folgen für die Biodiversität in Ufernähe und hinsichtlich der Provozierung von Nutzungskonflikten (Binnenschifffahrt

usw.), auch wenn der Seespiegel nur wenig sinkt.

In den von AGWAM-Forschungsteams durchgeführten Workshops mit Praktikern wurde klar, dass rasche Veränderungen eingespielter Landnutzungsmuster kaum eine Chance auf Verwirklichung haben. Die Ausrichtung auf Pflanzenbau wird im Selbstverständnis der waadtländischen Agrikultur als wichtiger Beitrag zur Selbstversorgung der Schweiz angesehen. Die Umweltstrategie als eine Option aus dem Optimierungsmodell hätte zur Folge, dass der Anteil Grasland in der Region ausgeweitet würde – möglicherweise mit einschneidenden Folgen für einzelne Landwirtschaftsbetriebe. Je nach geografischer Lage und Ausstattung eines Hofes müssten sich einige Betriebsleiter entscheiden, vermehrt auf Viehwirtschaft umzustellen oder diesen bereits bestehenden Betriebszweig deutlich auszubauen. Eine Entscheidung, die nicht nur von äusseren Einflussgrössen (Absatzpreise für Milch, Fleisch usw.), sondern auch vom Verhältnis eingesetzter Arbeitszeit zum Einkommen und gewünschtem Lebensstil abhängig gemacht wird. In den Workshops legten einige Landwirte dar, dass mit der Umstellung auf Viehwirtschaft eine Verminderung der Lebensqualität (wegen der wenig flexiblen Einteilung der Arbeitszeit) einhergehen könnte. Zudem wäre der Einstieg in die Viehwirtschaft nicht ohne beträchtlichen Kapitaleinsatz zu verwirklichen.

Schrittweise Anpassung an den Klimawandel, etwa die Einführung trockenheitsresistenter Sorten oder die Effizienzsteigerung der Bewässerung, betrachten die Landwirte der Region indessen als gangbaren Weg.

Grundsätzlichere Anpassungsschritte auf Betriebsebene sind zwar noch wenig im Fokus. Es ist aber durchaus möglich, dass diese zu einer grundsätzlicheren Umstellung motiviert wären – in der Folge guter Erfahrungen mit ersten kleinen Schritten zu mehr sparsamer Wassernutzung.

5. In drei Schritten in die Agrarzukunft

In der Synthese der AGWAM-Forschungsarbeit wird eine Kompromiss-Strategie als vielversprechender Weg der Anpassung empfohlen: Zwar wird auch mit dieser Option die Menge an Bewässerung infolge der Klimaerwärmung noch steigen. Mit dem Einsatz moderner sparsamer Bewässerungstechnologie und einem ausgewogenen Mix an Ackerkulturen und schonender Bodenbearbeitung sollte es gelingen, den zusätzlichen Wasserbedarf in Grenzen zu halten.

Mit der vorliegenden Forschungsarbeit soll die Diskussion angeregt werden, wie die Anpassung der Landwirtschaft auf neue klimatische Gegebenheiten strategisch vorzubereiten ist. AGWAM-Forschungsleiter Jürg Fuhrer spricht von Handlungsspielräumen, welche die Praktiker und die Politik nutzen sollten: Notwendige Schritte seien vorausdenken, angepasste Fördermassnahmen müssten jetzt schon vorbereitet werden. Die Anpassung könne nur schrittweise erfolgen. Jedes Bündel an Massnahmen ist eine Annäherung in Stufen an eine Umwelt mit erhöhten Klimarisiken:

- **Anpassung in kleinen Schritten (auf Betriebsebene):** In einer ersten Stufe sollen Massnahmen umgesetzt werden, die mit Ausbildung und Anpassungen an betriebliche Abläufe zu meistern sind. Das kann mit der Einführung von schonenden Bodenbearbeitungsmethoden wie etwa der Direkt- oder Mulchsaat geschehen. Ebenso erfolgversprechend ist der Einsatz neuer trockenresistenter Sorten oder Umstellungen bei der Abfolge der Fruchtfolgen (mehr Winterkulturen). Zentral ist auch die Verbesserung der bestehenden Bewässerungstechnologie, u.a. durch eine sensorgestützte Steuerung und einem schonenden Umgang mit der Ressource Wasser vor Ort.
- **Systemische Anpassung (auf Betriebsebene):** In einer zweiten Stufe müssten Massnahmenbündel zum Einsatz kommen, die nicht mehr ohne Investitionen in die Infrastruktur möglich sein werden. Damit einher geht allenfalls der Verzicht auf bewässerungsbedürftige Kulturen (Tabak, Zuckerrüben,

Mais) und die Umstellung auf Kulturen mit wenig zusätzlichem Bewässerungsbedarf (Wintergetreide). Zur systemischen Anpassung gehören auch die Schaffung von Reservoirien und der Einsatz moderner Bewässerungstechnologie. Es sind Verfahren zu wählen, die effizienter sind als die bis jetzt üblicherweise eingesetzten Beregnungskanonen.

- **Grossflächige, überbetriebliche Anpassung (auf regionaler Ebene):** Schliesslich wird es unausweichlich, auf überbetrieblicher Ebene die Landnutzung neu zu organisieren. Durch Zusammenlegen und Neuausrichtung der Fluren wird in die Entscheidungsautonomie der Landwirte eingegriffen. Nutzungsmuster für die Landwirtschaftszonen der Region werden grossräumig neu organisiert werden müssen. Vorstellbar ist auch der Umzug spezialisierter Betriebe an eine neue klimatische Gunstlage.

6. Bewässerung als Thema der Agrarpolitik

In Ländern, wo üblicherweise Regenfeldbau vorherrscht, waren bislang Fragen zu den wirksamsten Methoden zusätzlicher Bewässerung in der Landwirtschaft kein drängendes Thema in der Politik oder in der landwirtschaftlichen Beratung und Schulung. Anders verhält es sich heute schon in südlichen Ländern wie Griechenland, Spanien, Portugal oder Israel, wo ein Gross-
 teil des verfügbaren Wassers (59–88%) zur Bewässerung von Agrarflächen verwendet wird.

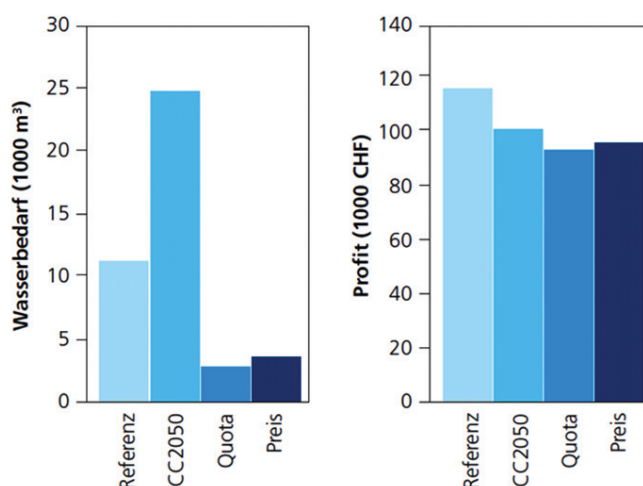
Der Forderung nach sparsamer und intelligenter Nutzung der Ressource Wasser werden sich die Akteure der Landwirtschaft hierzulande nicht entziehen können. Im betriebswirtschaftlichen Teil der AGWAM-Studie wurde untersucht, wie die Einführung eines Wassermanagements den Bruttogewinn eines landwirtschaftlichen Betriebs (unter den Klimabedingungen um 2050) beeinflusst. Sowohl die Einführung eines Wasserpreises wie auch mit der Einführung einer Mengenbeschrän-

kung (Kontingent) hätten einen unmittelbaren Einfluss auf die Entnahme von Oberflächenwasser der Betriebe in der Region, mit geringen Einbussen beim Profit (Abbildung E). Ohne regulierende Massnahmen würde bei weiterhin intensiver Landnutzung fünf Mal so viel Wasser (aus Oberflächengewässer, teilweise aus Grundwasser) für Beregnungszwecke entzogen wie heute.

Die Instrumente Mengenbegrenzung oder Preis entfalten im Modell durchaus ihre Wirkung. Bei Einführung eines Wasserpreises würde Produktion von Zuckerrüben reduziert und in demselben Ausmass der Anbau von Raps ausgeweitet, der ohne Bewässerung auskommt. Eine parallel laufende Forschungsarbeit an der ETH kommt zum Schluss, dass die Erträge beim Kartoffel-Anbau aufgrund einer Mengenbeschränkung mit weniger häufiger und intensiver Bewässerung als mit der jetzigen Praxis nur geringfügig zurückfallen würden.

Das Rad müsste nicht neu erfunden werden. Denn agrarpolitische Steuerungsmassnahmen haben generell einen starken Einfluss auf die Wahl der Kulturen (Grenzschutz) sowie auf die landwirtschaftliche Praxis (hinsichtlich dem Einsatz von Düngemitteln, Pestiziden usw. und bezüglich Pflege von Ökoausgleichsflächen). In der Schweiz ist die Ausrichtung von Direktzahlungen an Anforderungen an den ökologischen Leistungsnachweis gekoppelt. So muss ein Hof beispielsweise eine ausgeglichene Düngerbilanz vorweisen können. Einem ähnlichen Vorsorge- und Verursacherprinzip müsste das Wassermanagement zumindest in saisonal wasserarmen Regionen unterworfen werden.

E Wasserbedarf (links) und Profit (rechts) eines Modell-Ackerbetriebs in der Umgebung von Payerne für den heutigen Bedingungen (Referenz) und den Zeitraum um 2050 ohne Anpassung (CC2050) oder mit einer festgelegten Quote von 4000 m³/Jahr, oder einem Wasserpreis von 1 Fr/m³ (Grafik: N. Lehmann, ETHZ)



7. Interview: „Bewässerungsbedarf könnte um Faktor 5 zunehmen“

Die Herausforderungen der Broje-Ebene, einer der intensiven Agrarregionen der Schweiz, werden zum Testfall für die ganze Schweiz hinsichtlich ökonomischen Wassermanagements im Spannungsfeld zwischen Landwirtschaft und Gewässerschutz. AGWAM-Forschungsleiter Jürg Fuhrer skizziert im Interview den politischen Handlungsspielraum der nächsten Jahrzehnte.

Interview: Manuel Fischer

LID: Ihre Forschungsarbeit basiert auf einem komplexen Optimierungsmodell, das Pro und Contra künftiger Landnutzungsstrategien prognostiziert. Rechtfertigen die Resultate den grossen Aufwand an Mathematik?

Jürg Fuhrer: In der Tat steckt sehr viel Arbeit im Modell, um zu aussagekräftigen Resultaten zu kommen. Ich gehe davon aus, dass die globalen Klimaszenarien von immer weniger Leuten im Grundsatz angezweifelt werden. Die Prognose „Es wird wärmer und trockener“ genügt aber nicht, um sich zu orientieren. Unser Erkenntnisinteresse war ein sehr spezifisches. Wir wollten die Klimaszenarien in einen regionalen Handlungsraum umlegen. Denn was heisst jetzt das für ein bestimmtes Gebiet? Was ist das Potenzial der Landwirtschaft vor Ort? Wir wollten zeigen, dass mit Anpassungen hinsichtlich Betriebsführung, Technik und Raumordnung viele negative Effekte der Klimaerwärmung abgemildert werden können. Damit liefern wir auch Entscheidungs-



Professor Jürg Fuhrer ist bei Agroscope Leiter der Gruppe Lufthygiene und Klima. (mf)

grundlagen für die Raumplanung und die Politik.

Was ist ihre Motivation, sich diesem Thema zu widmen?

Das Bundesamt für Landwirtschaft (BLW) bekundete Interesse, bessere Grundlagen für den Bewässerungsbedarf von Kulturen in gewissen Regionen zu erhalten. Für Agroscope war dies eine Chance, einen innovativen Forschungsansatz anzuwenden, der aber auch Umsetzungspotenzial haben soll, Optionen für die Agrarpraxis aufzuzeigen. Ich hatte bereits Erfahrung mit hydrologischen Modellen sammeln können. Zudem sagte ich mir: Der nachhaltige Umgang mit der Ressource Wasser wird auch im vermeintlichen Wasserschloss Schweiz mit dem Klimawandel zu einem gesellschaftlich relevanten Thema. Jetzt ist die Zeit reif, dies anzupacken.

Was kommt auf die Landwirtschaft zu, die heute schon von saisonaler Trockenheit be-

troffen ist – wie in der Broje-Region? Wie muss sie sich anpassen?

Je nach Szenario erleben wir in der zweiten Jahrhunderthälfte extrem trockene und heisse Sommer wie 2003 und zwar viel häufiger als heute, möglicherweise jedes zweite oder dritte Jahr. Nicht nur die landwirtschaftliche Praxis wird sich ändern müssen, denn die Gesellschaft wird kaum bereit sein, Direktzahlungen oder andere stützende Massnahmen zu gewähren, für Gegenden, die ständig Ertragsausfälle haben, da es zu wenig Wasser zur Bewässerung hat. Da wird der politische Druck kommen, das Land auf eine andere Art und Weise zu nutzen.

Je nach gewählter Anpassungsstrategie weichen die Landnutzungsmuster im Modell stark von der heutigen Praxis ab. Die Landwirte werden sich radikale Änderungen kaum vorstellen können. Wie soll das gehen?

Eine Anpassung wird man nie abrupt realisieren können, sondern wir müssen uns stufenweise an eine Zukunft annähern, ja strategisch diese vordenken. Wir postulieren eine Anpassung in drei Stufen: Zuerst geschieht eine Anpassung der landwirtschaftlichen Praxis. Die Landwirte werden vermehrt Bodenbearbeitungstechniken wie Direktsaat oder Mulchsaat anwenden, Methoden, welche die Feuchtigkeit besser konservieren. Da und dort werden neue Kulturen angepflanzt, die trockenresistenter sind. Auch werden neue Bewässerungstechniken Einzug halten. Auch unabhängig von den Klimaszenarien sind dies alles Methoden mit vielen Vorteilen für die Umwelt. Dann wird in einer zweiten Phase eine systemische Änderung unausweichlich. Die Landwirte werden ihre Betriebe umstellen müssen, damit der Hof noch profitabel bleibt. Andere Kulturen müssen angebaut werden, vor allem müssen vermehrt Wintergetreide angebaut und die Sommerkulturen stark reduziert werden – mit Ausnahme der Kartoffeln, da es sich um ein sehr wertvolles Produkt für die einheimischen Konsumenten handelt. Schliesslich kommt die grossflächige Anpassung der Landnutzungsmuster, die überbetrieblich organisiert werden muss. Gewisse Kulturen können nur noch am Standort x angepflanzt werden, weil sie nur noch dort gedeihen, dafür wird am Standort y etwas anderes ausgesät usw. Die beiden letzteren Stufen richten sich auch an die lokalen, kantonalen und nationalen Behörden, die den langfristigen Wandel begleiten müssen.

Viele Praktiker und Politiker bleiben skeptisch und werden sich sagen: So arg wird es wohl nicht kommen, wir machen so weiter wie bisher.

Mit dieser Haltung wird uns das Klima früher oder später vor die Wahl stellen nach dem Motto „Vogel friss oder stirb“. Entweder wird in der Region Broye noch weiterhin Landwirtschaft betrieben werden können oder man schlittert in nicht kontrollierbare Situationen. Mit der Fortsetzung der bisherigen Praxis könnte der Bewässerungsbedarf im Broye-Gebiet bis fünf Mal höher ausfallen als heute. Es ist keine akzeptable Perspektive, die Oberflächengewässer bis zum letzten Tropfen leer zu pumpen.

Es wird schwierig, langfristig alle Anliegen unter einen Hut zu bringen.

Als weitere Option könnte die Bewässerungsinfrastruktur massiv ausgebaut werden – mit Anschluss an die Binnenseen.

Wenn die Politik und die Steuerzahler eine Fortentwicklung der Landwirtschaft in diesem Sinne unterstützen würde, wäre das zwar auch eine Option, aber sie ist sicher wenig nachhaltig. Unsere Binnenseen können nicht als riesiges Reservoir für Bewässerungszwecke dienen; die Vorstellung von einem See, den man einfach wie eine Badewanne anzapfen kann, ist falsch. Biotop- und Gewässerschutz verhindern – zu Recht – eine unbegrenzte Wassernutzung aus den Binnenseen. Ausserdem ist der Einbezug dieser Option „Ausbau“ wissenschaftlich völlig uninteressant. Wir zeigen mit unserer Arbeit ja eben auf, dass es genug alternativen Handlungsspielraum gibt auf der Seite der Agromonie und des Wassermanagements.

Wie kann denn die Agrarpolitik nachhaltiges Wassermanagement fördern?

Hierzu gibt es grundsätzlich zwei Steuerungsinstrumente: Man könnte den Wasserpreis höher setzen, das ist aber heikel, denn damit verteuert man die Produktion. Oder man könnte die Wassernutzung an den ökologischen Leistungsausweis (ÖLN) koppeln, d.h. eine Art Kontingentslösung. Dem Betrieb wird entsprechend seinen Landverhältnissen eine bestimmte Menge Wasser zugeteilt, womit er sparsam umgehen muss. Und über das Direktzahlungs-System würden parallel Kulturen stärker unterstützt, die weniger Wasser brauchen.

Wäre es nicht am wirksamsten, wenn der Bezug von Wasser bezahlt werden muss?

Der Preis ist schon Anreiz, mit Ressourcen effizient umzugehen. Nur habe ich meine Skepsis gegenüber dem simplen Mechanismus: Wir müssen nur einen Preis einführen und die ganze Ökonomie funktioniert entsprechend einwandfrei.

Besteht bei einem rigorosen Regime mit Wasserquoten ein höheres Risiko eines Ernteausfalls?

Dies ist durchaus möglich. Zu diskutieren wäre eine Versicherungslösung gegen Trockenheit, eine Einrichtung, die es in anderen Ländern wie den USA bereits gibt. Man müsste sich einig werden, nach welchem Kriterium, beispielsweise dem Unterschreiten eines Niederschlagswertes, der Schadensfall auftritt. Aber im Unterschied zur Hagelversicherung werden sehr viele Betriebe von der Trockenheit betroffen sein, da haben wir möglicherweise ein Deckungsproblem. Klimapolitik betrifft die ganze Gesellschaft. Wer haftet für welche Risiken der Klimaerwärmung?

In der Schweiz werden Unterschriften für Volksinitiativen gesammelt, die u.a. den Eigenversorgungsgrad der

Schweiz stabilisieren wollen. Ist dieses Anliegen im Licht der von AGWAM dargelegten Szenarien überhaupt realistisch?

Die Bevölkerungszahl der Schweiz steigt seit rund einem Jahrzehnt und damit der Nahrungsmittelbedarf. Das bedeutet bei einem stabilen Eigenversorgungsgrad mehr inländische Produktion. Um diesen auch weiterhin aufrecht zu erhalten ohne umweltbelastende Intensivierung, braucht es den guten landwirtschaftlichen Boden, einen effizienten Ressourceneinsatz und gute Agrartechnik, aber auch Anpassung an die klimabedingten Veränderungen der Anbaubedingungen. Am Beispiel der Broye-Region zeigt das AGWAM-Projekt auf: Es wird schwierig, langfristig alle Anliegen unter einen Hut zu bringen.



Die Broye-Region wird landwirtschaftlich stark genutzt.
(Jean-Claude Zahno/landwirtschaft.ch)