



Karte 1a: Landnutzungsverteilung Referenz (1996-2005)  
Karte 1b: Landnutzungsverteilung Szenario (2049-2058)

Landnutzung (Anteil an der Ackerfläche) [%]

	Hackfrüchte
	Ackerfutter
	Wintergetreide
	Sommergetreide
	Sonstiges

Landkreise

	Landsberg a. Lech
	Dingolfing
	Günzburg
	Ostallgäu

Diagramme 2a-d: Änderungen der landwirtschaftlichen Erträge relativ zur Referenz (1996-2005)

Die Berechnungen fanden unter dem Klimatrend *REMO regional*, der Klimavariante *Baseline* und dem Gesellschaftsszenario *Baseline* statt.

GLOBAL CHANGE ATLAS  
EINZUGSGEBIET OBERE DONAU

Herausgeber:  
GLOWA-Danube-Projekt, Ludwig-Maximilians-Universität München

3.3.1 Teilprojekte Pflanzenökologie und Agrarökonomie  
Ertragsentwicklung und Landnutzungs-  
änderung unter Klimawandel

Rastergröße: 1 x 1 km<sup>2</sup>  
Maßstab: 1: 3.800.000

**Datengrundlage:**  
Voll dynamisch gekoppelter Modelllauf der DANUBIA-Komponenten *Biological*, *SNT*, *DeepFarming* und *NaturalEnvironment* (PROMET) für die Jahre 2011 bis 2059.  
Ergebnisse des statistischen Klimaantriebs-Generators (siehe Kapitel S3): Klimatrend *REMO regional*, Klimavariante *Baseline*

**Autoren:**  
T. Krimly, J. Apfelbeck, M. Huigen, S. Dabbert  
Institut für Landwirtschaftliche Betriebslehre der Universität Hohenheim  
T.G. Reichenau, V.I.S. Lenz-Wiedemann, C.W. Klar, K. Schneider  
Geographisches Institut der Universität zu Köln

**Grafik:**  
V. Falck  
Lehrstuhl für Geographie und geographische Fernerkundung, Ludwig-Maximilians-Universität München



3.3.1 Teilprojekte Pflanzenökologie und Agrarökonomie - Auswirkungen zukünftiger klimatischer Entwicklungen auf die Erträge, die Landnutzung und das Einkommen in der Landwirtschaft

1. Einleitung

Klimatische Standortfaktoren haben einen wesentlichen Einfluss auf die Anbaueignung landwirtschaftlicher Kulturen sowie auf ihr Wachstums-, Entwicklungs- und Reproduktionsvermögen und damit auch auf das Ertragspotenzial (Chmielewski, 2007). Die Variabilität der jährlich erzielten Erträge wird dabei wesentlich von den jeweiligen Witterungsverhältnissen beeinflusst. Auch die pflanzenbauliche Bewirtschaftung hängt stark vom Klima und der Witterung ab. Klimatisch bedingte Ertragsänderungen bei den Kulturarten können zu Verschiebungen in deren Wirtschaftlichkeit führen, die aus ökonomischer Sicht Änderungen in der agrarischen Landnutzung sowie beim Einkommen nach sich ziehen können.

Ziel der hier vorgestellten Studie ist es, mithilfe der dynamischen Kopplung der DANUBIA-Komponenten *Biological*, *SNT* (Klar et al., 2008), *NaturalEnvironment* und *DeepFarming* die Wirkung von Klimaänderungen und Wettervariabilität auf die Erträge der landwirtschaftlichen Kulturarten sowie die dadurch bedingten Änderungen in der agrarischen Landnutzung und der Einkommenssituation in der Landwirtschaft abzuschätzen.

2. Szenarioannahmen

Den hier vorgestellten Szenarioergebnissen liegt folgendes GLOWA-Danube Szenario zugrunde:

- Klimatrend *REMO regional*: Temperaturanstieg 5.2°C, Niederschlagsänderung -4.9% im Winter und -31.4% im Sommer (siehe Kapitel S1 und S2).
- Klimavariante *Baseline*: Kriterium ist die mittlere Jahrestemperatur zwischen 2011 und 2035 (siehe Kapitel S3 und S4).
- Gesellschaftsszenario *Baseline: business as usual* Szenario, das den Status Quo weiterführt (siehe Kapitel S6).

*Business as usual* bedeutet für das Modell *DeepFarming*, dass die agrarpolitischen Bedingungen der EU-Agrarreform von 2003 (z.B. Entkopplung, Cross Compliance), die 2013 ihre Endstufe erreicht haben, im Szenariozeitraum bis 2060 beibehalten werden. Dies führt gegenüber dem Referenzzeitraum (1996-2005) zu deutlichen Änderungen der Prämienzahlungen aus der ersten Säule der Agrarpolitik. Tabelle 3.3.1.1 zeigt dies am Beispiel Bayerns. Im Zuge der Entkopplung der Prämienzahlungen von der Produktion sind ab 2013 deutlich höhere Prämienzahlungen bei Dauerkulturen, Hackfrüchten, Ackerfutter und Grünland zu finden.

	Ø Prämie 1996-2005 [Euro/ha]	Ø Prämie 2013-2059 [Euro/ha]
Dauerkulturen	30	340
Hackfrüchte (Mais, Zuckerrüben, Kartoffeln)	189	340
Ackerfutter (Silomais, Klee gras)	228	340
Wintergetreide (Winterweizen, Wintergerste, Roggen)	322	340
Sommergetreide (Sommergerste, Sommerweizen, Hafer)	322	340
Sonstiges (Leguminosen, Raps, Stilllegung)	426	370
Grünland	9	340

Tabelle 3.3.1.1: Prämienzahlungen aus der ersten Säule der EU-Agrarpolitik in Bayern.

3. Beteiligte Modelle

Die Berechnungen wurden mit den dynamisch gekoppelten DANUBIA-Komponenten *Biological*, *SNT*, *NaturalEnvironment* und *DeepFarming* durchgeführt. Hierbei liefert *NaturalEnvironment* die notwendigen meteorologischen und hydrologischen Standortfaktoren, die das Pflanzenwachstum und die Stickstoffflüsse und Stickstoffumsatzprozesse beeinflussen. *SNT* modelliert den pflanzenverfügbaren Stickstoff (siehe Kapitel 2.8.3). *Biological* simuliert das Pflanzenwachstum und berechnet die erzielten Erträge (siehe Kapitel 2.8.2). Hierbei findet auf täglicher Basis eine enge Kopplung der pflanzenbaulichen Managementmaßnahmen von *DeepFarming* mit den im Pflanzenwachstumsmodell erreichten Entwicklungsstadien der Kulturen statt (siehe Kapitel 2.9.2). In *DeepFarming* werden die infolge

von klimabedingten Ertragsänderungen zu erwartenden Landnutzungs- und Einkommensänderungen berechnet.

4. Darstellung der Ergebnisse

Die Ergebnisse der Szenariorechnung (Mittelwerte der Jahre 2012-2021 bzw. 2049-2058) werden mit dem Referenzzeitraum (Mittelwerte der Jahre 1996-2005) verglichen. Es werden vier ausgewählte Landkreise dargestellt, die unterschiedliche Standortverhältnisse im Einzugsgebiet repräsentieren (siehe Tabelle 3.3.1.2). Im Landkreis Dingolfing, der den höchsten Anteil an Ackerfläche sowie das höchste Ertragspotenzial aufweist, sind ca. 50% der Betriebe reine Marktf Fruchtbaubetriebe (Bayerisches Landesamt für Statistik und Datenverarbeitung, 2007). Mit zunehmendem Grünlandanteil nimmt der Anteil an Futterbaubetrieben mit Weidevieh zu und liegt im Landkreis Ostallgäu bei ca. 95%.

	Dingol- fing	Günz- burg	Lands- berg	Ost- allgäu
Höhenlage [m ü. NN]	330- 450	440- 517	540- 740	582- 2000
Jahresnieder- schlag [mm/a]	650- 750	660- 910	972	1000- 1400
Mittlere Jahreslufttem- peratur [°C]	7,0-8,0	7,5	6,0-7,5	6,4-7,4
Anteil Ackerfläche an LF* [%]	89,9	61,0	52,3	9,2
Anteil Grünland an LF* [%]	10,1	39,0	47,4	90,8

\* Landwirtschaftlich genutzte Fläche

Tabelle 3.3.1.2: Kenngrößen der ausgewählten Landkreise im Referenzzeitraum (Quelle: Amt für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten Landau a. d. Isar, Krumbach (Schwaben), Fürstenfeldbruck, Kaufbeuren, 2009).

Im Allgemeinen ergibt sich unter den Szenariobedingungen ein Anstieg der landwirtschaftlichen Erträge im Vergleich zum Referenzzeitraum (siehe Karte 2 und Diagramme 2a-2d). Zum Ende des Szenariozeitraums (2049-2058) ist der Anstieg gegenüber dem Beginn (2012-2021) nochmals erhöht. Zwischen den einzelnen Kulturen und Landkreisen fällt der Anstieg unterschiedlich stark aus. Im Landkreis Landsberg treten zu Beginn der Szenarioperiode (2012-2021) für Winter- und Sommergetreide insgesamt Ertragsrückgänge auf. Auch in Dingolfing und im Ostallgäu treten innerhalb der in Tabelle 3.3.1.1 aufgeführten Gruppen für einzelne Kulturen (z.B. Sommergerste) sinkende Erträge auf. Im Gruppenmittel bilden sich diese jedoch nicht ab. In Dingolfing ist ein solcher Rückgang des Ertrags bei Mais auch im Zeitraum 2049-2058 der Fall. Für Günzburg wurde kein Ertragsrückgang simuliert. Im Vergleich der Landkreise ergibt sich der stärkste Anstieg im Mittel über alle landwirtschaftlichen Kulturen in Dingolfing, gefolgt vom Ostallgäu, Günzburg und Landsberg. Dies gilt für beide ausgewerteten Perioden des Szenariozeitraums. Der in der zweiten Szenarioperiode über alle Landkreise geringste Anstieg des Ertrags findet sich im Mittel mit 16% bei Ackerfutter. Die Erträge für Grünland und Sommergetreide steigen um rund 30%, die für Hackfrüchte, Wintergetreide und die sonstigen Kulturen um rund 40% an. Die größten Unterschiede in der Ertragsentwicklung zwischen den Landkreisen finden sich beim Mais. Während sich die Klimaänderung im Ostallgäu mit den aktuell ungünstigen ackerbaulichen Bedingungen deutlich ertragssteigernd für den Mais auswirkt, ist in Dingolfing, einem für den Ackerbau heute günstigen Landkreis, ein leichter Rückgang des Ertrags zu verzeichnen.

Generell führt das Szenario unter der Annahme konstanter Preise in allen untersuchten Landkreisen zu einer Verbesserung der Einkommenssituation (siehe Tabelle 3.3.1.3). Die Einkommensanstiege in Günzburg, Landsberg und im Ostallgäu im Zeitraum 2012-2021 sind wesentlich auf die Erhöhung der Prämienzahlungen zurückzuführen (siehe Tabelle 3.3.1.3) und hierbei insbesondere auf die Prämienzahlungen für die Ackerfutter- und Grünlandflächen. In Dingolfing wirken sich zudem die im Gegensatz zu den anderen

drei Landkreisen bereits deutlich höheren Ertragsanstiege insbesondere bei Hackfrüchten und Wintergetreide positiv auf das Einkommen aus. Die weiteren Einkommensverbesserungen in den Jahren 2049-2058 sind auf die klimatisch bedingten Ertragssteigerungen bei den Ackerfrüchten zurückzuführen und sind daher in Landkreisen mit einem großen Anteil an Ackerflächen (Dingolfing) deutlich höher als in Landkreisen mit einem hohen Grünlandanteil (Ostallgäu).

Deckungs- beitrags- änderung	Dingol- fing	Günz- burg	Lands- berg	Ost- allgäu
2012-2021 zur Referenz [%]	30	13	19	20
2049-2058 zur Referenz [%]	43	17	24	21

Tabelle 3.3.1.3: Entwicklung der Deckungsbeiträge in den Landkreisen.

In Bezug auf die Landnutzung zeigt sich für den Zeitraum 2049-2058 gegenüber der Referenzsituation in allen Landkreisen eine Abnahme beim Anbau von Ackerfutter für die Rinderhaltung (siehe Karten 1a und 1b). Diese ist besonders ausgeprägt im Ostallgäu (-8.2 Prozentpunkte) und in Günzburg (-5.4 Prozentpunkte) und geht hauptsächlich zu Lasten des Silomaisanbaus, dessen Ertrag sich kaum ändert, wohingegen sich die Grünlanderträge verbessern. In Landsberg geht der Ackerfutterbau weniger stark zurück, da hier die Ertragssteigerung beim Grünland deutlich geringer ist. In Dingolfing spielt der Futterbau bereits in der Referenzsituation eine untergeordnete Rolle. Der Anbau von Winter- und Sommergetreide nimmt in allen Landkreisen zu. Die stärkste Zunahme zeigt sich in Dingolfing, das die höchsten Ertragszuwächse bei Getreide aufweist. Der Anbau von Hackfrüchten nimmt hingegen nur in den bisher kühleren und feuchteren Landkreisen zu, während er in Dingolfing annähernd gleich bleibt. Am höchsten ist der Anstieg mit +5.9 Prozentpunkten in Landsberg. Hier nimmt insbesondere der Anbau von Kartoffeln zu, deren Ertrag sich deutlich erhöht. In der Kategorie „Sonstiges“, in der der Anbau von Leguminosen und Raps sowie die Stilllegung zusammengefasst sind, zeigt sich besonders in Dingolfing mit -8.4 Prozentpunkten, aber auch in Landsberg mit -4.9 Prozentpunkten ein Rückgang der Anbaufläche. In Dingolfing ist dies insbesondere auf den Rückgang der Stilllegung, aber auch des Rapsanbaus, der im Vergleich zu anderen Kulturen einen geringeren Ertragsanstieg aufweist, zurückzuführen. Dies ist auch die Ursache für die verringerte Anbaufläche in Landsberg.

Die Szenarioergebnisse zeigen, dass sich die Auswirkungen des betrachteten GLOWA-Danube Szenarios in verschiedenen Teilen des Einzugsgebietes der Oberen Donau unterschiedlich darstellen. Von den Ertragssteigerungen profitieren insbesondere Landkreise mit hohen Anteilen an Ackerfläche, da Ackerbaubetriebe durch die Möglichkeit der Anpassung ihrer Fruchtfolge an veränderte Ertragsbedingungen deutlich flexibler sind als Betriebe, die hauptsächlich Grünland bewirtschaften. Insgesamt deuten die Ergebnisse der Simulationsrechnung darauf hin, dass sowohl hinsichtlich der Produktivität der landwirtschaftlichen Flächen als auch der Einkommenssituation der landwirtschaftlichen Betriebe bis zur Mitte des Jahrhunderts keine negativen Auswirkungen zu erwarten sind.

Literatur

Amt für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten Landau a.d. Isar, Krumbach (Schwaben), Fürstenfeldbruck, Kaufbeuren (2009): Daten und Fakten, Unser Dienstgebiet, Natürliche Standortverhältnisse.  
Bayerisches Landesamt für Statistik und Datenverarbeitung (2007): Agrarstrukturhebung; Betriebstypen, betriebswirtschaftliche Ausrichtung, Anzahl der landwirtschaftlichen Betriebe, München.  
Chmielewski, F.-M. (2007): Folgen des Klimawandels für die Land- und Forstwirtschaft. In: Endlicher, W. & Gerstengarbe, F.-W. (Hrsg.): Der Klimawandel – Einblicke, Rückblicke und Ausblicke, S. 75-85.  
Klar, C.W., Fiener, P., Neuhaus, P., Lenz-Wiedemann, V.I.S. & Schneider, K. (2008): Modelling of soil nitrogen dynamics within the decision support system DANUBIA. Ecological Modelling 217, 181-196.