

Biomasseproduktion [kg/m²] in der Vegetationsperiode 1994/1995



GLOBAL CHANGE ATLAS
EINZUGSGEBIET OBERE DONAU

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

2.8.2 Teilprojekt Pflanzenökologie
Pflanzenwachstum und Biomasseproduktion

Rastergröße: 1 x 1 km²
Maßstab: 1: 3.800.000
Maßstab: 1: 7.700.000

Datengrundlage:
Dynamisch gekoppelter Modelllauf basierend auf:
DANUBIA-Bodenarten
DANUBIA-Landbedeckung und Landnutzung (subskalige Karte),
Bewirtschaftungsinformationen (KTBL Kuratorium für Technik und
Bauwesen in der Landwirtschaft (2000/01): Taschenbuch Land-
wirtschaft 2000/01. Landwirtschaftsverlag GmbH, Münster, und
Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und
Forsten (Hrsg.) (1996): Bayerischer Agrarbericht 1996, München)

Autoren:
V.I.S. Lenz-Wiedemann, T.G. Reichenau, C.W. Klar, K. Schneider
Geographisches Institut der Universität zu Köln

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

2.8.2 Teilprojekt Pflanzenökologie - Pflanzenwachstum und Biomasseproduktion

1. Einleitung

Pflanzenwachstum und Biomasseproduktion steuern wesentlich den Wasser- und Stoffhaushalt im Einzugsgebiet der Oberen Donau. Insbesondere in agrarisch geprägten Ökosystemen sind die Biomasseproduktion und der erwartete Ertrag von zentraler Bedeutung für Entscheidungen über Landnutzung und Bewirtschaftung. Die Modellkomponente *Biological* simuliert die Auswirkungen geänderter Umweltbedingungen und Landnutzung auf Pflanzenwachstum und Biomasseproduktion für naturnahe und landwirtschaftlich genutzte Ökosysteme sowie deren Auswirkungen auf Wasser-, Kohlenstoff (C)- und Stickstoff (N)-flüsse.

Grundlage der Modellierung des Pflanzenwachstums und der Biomasseproduktion ist die Berechnung der CO_2 -Aufnahme und der Transpiration (siehe Kapitel 2.8.1). Bei einer Analyse der Auswirkungen von veränderten Umweltbedingungen auf Pflanzenwachstum und Biomasseproduktion ist es erforderlich, neben der CO_2 -Aufnahme und Transpiration zahlreiche andere Prozesse zu betrachten. So werden z.B. die Biomasseproduktion und damit der Ernteertrag nicht nur maßgeblich von der phänologischen Entwicklung beeinflusst, sondern auch von der Verteilung des produzierten C und des aufgenommenen N auf die unterschiedlichen Pflanzenorgane (Allokation).

Klimaänderungen führen daher zur Anpassung landwirtschaftlicher Entscheidungen sowohl hinsichtlich der Wahl der Nutzungsform als auch der Bewirtschaftung (z.B. Saattermin, Düngung). Die enge Wechselwirkung zwischen natürlichen und sozioökonomischen Prozessen wird durch die Kopplung von *Biological* mit dem Akteurmodell *Farming* (siehe Kapitel 2.9.1) hergestellt. Die von *Farming* bereitgestellten Entscheidungen zur Bewirtschaftung beeinflussen die Biomasseproduktion. Der resultierende Ertrag beeinflusst wiederum die Entscheidung über die anzubauenden Feldfrüchte.

2. Datenaufbereitung

Siehe Kapitel 2.8.1.

3. Modellbeschreibung

Innerhalb von DANUBIA modelliert *Biological* die Wasser- und Stoffflüsse der Vegetation naturnaher und agrarisch geprägter Ökosysteme. Zahlreiche Wechselwirkungen bestimmen die Wasser-, C- und N-flüsse im System Boden-Pflanze-Atmosphäre. So ist z.B. die Photosynthese durch die Blattstickstoffkonzentration beeinflusst. Eine höhere Konzentration an Blattstickstoff steigert die Photosynthese. Wird mehr C aufgenommen, so findet mehr Biomasseproduktion statt, welche einen erhöhten N-Bedarf bedeutet. Die N-Aufnahme ist an die Wasseraufnahme gekoppelt und von der Wurzellängendichte (Wurzellänge pro Bodenvolumen) abhängig. Um diese Zusammenhänge zu berücksichtigen, ist ein ökohydrologischer Modellansatz für die Pflanzenwachstumsmodellierung erforderlich. Auf diese Weise kann die Reaktion der Pflanzen auf meteorologische Bedingungen sowie auf Wasser- und N-Verfügbarkeit abgebildet werden.

Biological kombiniert die beiden prozessbasierten Pflanzenwachstumsmodelle CERES (Jones & Kiniry, 1986) und GECROS (Yin & van Laar, 2005). Die wesentlichen modellierten Prozesse in *Biological* sind in Abbildung 2.8.2.1 dargestellt. Die Wasser- und N-Aufnahme wird nach CERES modelliert. Die Modellierung folgender Prozesse ist hingegen von GECROS übernommen worden: Photosynthese und Transpiration (siehe Kapitel 2.8.1), Allokation von C und N, Respiration (Abgabe von CO_2), N-Bedarf, N-Fixierung bei Leguminosen, Blattflächenentwicklung sowie Seneszenz (Absterben der Blätter und Wurzeln).

Die Bildung der Wurzelbiomasse sowie ihr Absterben werden nach GECROS berechnet. Die Entwicklung der Wurzellängendichte als bestimmende Größe für die Aufnahmefähigkeit von Wasser und N wird nach CERES modelliert. Die Wurzellängendichte wird ebenso wie die Wasser- und N-Aufnahme bodenschichtspezifisch modelliert. Hierbei gehen sowohl die von *Soil* und *SNT* (siehe Kapitel 2.1.1 und 2.8.3) dynamisch modellierten Bodenwasser-, Nitrat- und Ammoniumgehalte als bestimmende Größen ein als auch die bodenartspezifischen Kenngrößen Feldkapazität, Welkepunkt, Sättigungswassergehalt und La-

gerungsdichte. Bei der N-Aufnahme wird in Nitrat- und Ammoniumaufnahme differenziert.

Für die Modellierung der phänologischen Entwicklung wurde das Phänologie-Modell aus GECROS nach Streck et al. (2003) so erweitert, dass nicht nur die Temperatur und die Tageslänge als Einflussfaktoren berücksichtigt werden, sondern auch die für Wintergetreide und Wintergerste gerade im Kontext des Klimawandels wichtige Vernalisation. Zudem wurde die Modellierung der Keimung und des Auflaufens (Erscheinen des Sprosses bzw. Blattes an der Bodenoberfläche) nach CERES ergänzt. Somit ist gewährleistet, dass die Reaktion auf eine mögliche Anpassung des Saattermins (von Seiten des Akteurmodells *Farming*) an die prognostizierten Klimaänderungen adäquat abgebildet wird.

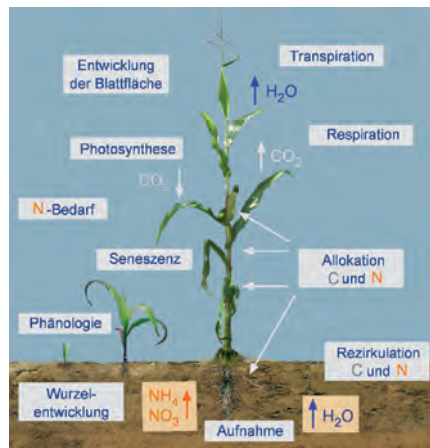


Abbildung 2.8.2.1: Modellierte Prozesse in *Biological*.

Um Aussagen über das zukünftige Pflanzenwachstum und die Biomasseproduktion treffen zu können, ist eine dynamische Modellierung der Allokation von C und N erforderlich. Daher wird die Allokation gemäß GECROS auf Basis des funktionalen Gleichgewichtes berechnet. So wird bei einem nicht ausreichenden Wasser- oder N-Angebot in die Bildung von Wurzelbiomasse investiert und entsprechend bei einer knappen Verfügbarkeit von Strahlung in Bildung der oberirdischen Biomasse. Die Modellierung der Blattflächenentwicklung und der Seneszenz ist entsprechend GECROS physiologisch basiert. Die Blattfläche wird in Abhängigkeit der dynamischen Allokation von C und N in die Blätter berechnet. Die Seneszenz wird ausgelöst, wenn die N-Konzentration in den Blättern bzw. Wurzeln auf einen kritischen Wert sinkt.

Sämtliche Prozessbeschreibungen in *Biological* sind für alle Vegetationsklassen gleichermaßen gültig. Eine Differenzierung wird durch die Zuweisung zu funktionalen Gruppen (z.B. Winter- oder Sommergetreide) sowie durch die spezifische Parametrisierung von Modellgrößen erreicht.

Biological bildet das Pflanzenwachstum für insgesamt 22 verschiedene Vegetationsklassen ab. Bisher (Stand 31.01.09) sind prozessbasierte Wachstumsmodelle für Winterweizen (stellvertretend für Wintergetreide), Sommergerste (für Sommergetreide), Wintergerste (für Ölfrüchte), Erbsen (für Leguminosen), Mais, Kartoffeln, Zuckerrüben und bewirtschaftete Wiesen implementiert. Die Ernteerträge der übrigen Nutzpflanzen werden aus empirisch abgeleiteten Regressionsbeziehungen zu den modellierten Ernteerträgen von Pflanzen mit vergleichbarer Phänologie und Bewirtschaftung abgeleitet. So wird z.B. der Sommerweizenenertrag von dem für Sommergerste modellierten abgeleitet. Grundlage für die Regressionsbeziehungen bilden langjährige landkreisspezifische Agrarstatistiken (BLSD, 2008 und SLBW, 2008). Für Wälder werden lediglich Transpiration und Nettoassimilation bei einem definierten Verlauf des Blattflächenindex (LAI) modelliert.

Die Validierung der Modellergebnisse wird skalenübergreifend durchgeführt. Für mehrere Testfelder, welche ein breites Spektrum an meteorologischen und pedologischen Bedingungen abdecken, werden Messwerte mit Modellergebnissen verglichen. Die Messdaten umfassen LAI (Blattfläche pro Grundfläche) sowie Biomasse, C- und N-Gehalte der einzelnen Pflanzenorgane für verschiedene Pflanzenarten. Sie stammen teils aus eigenen Messkampagnen der Arbeitsgruppe (z.B. Lenz, 2007), teils aus der Literatur (Kenter, 2003 und McVoy et al., 1995). Auf der Skala von Landkreisen werden Agrarstatistiken für die Validierung eingesetzt. Neben der zentralen Aufgabe

der Transpirationsmodellierung erfüllt *Biological* innerhalb von DANUBIA die Funktion, Ernteerträge an das Akteurmodell *Farming* zu liefern. Die Modellergebnisse, welche die Interaktion von Boden und Pflanzen betreffen (Wurzelwachstum, Wasser- und N-Aufnahme, Rückführung von organischem C und N in den Boden), werden von *Soil* und *SNT* verwendet. Resultate, welche die Interaktion von Atmosphäre und Vegetation betreffen (LAI, Blatttemperatur, Wuchshöhe), werden von *RadiationBalance* und *Surface* importiert.

4. Darstellung der Ergebnisse

Der Vergleich von gemessener und modellierter Biomasse- und Blattflächenentwicklung wird in Abbildung 2.8.2.2 exemplarisch anhand eines Zuckerrübenfeldes gezeigt. Zu Beginn des Wachstums überschätzt das Modell die photosynthetisch aktive Blattfläche nur leicht, später ergeben sich größere Abweichungen. Die mittlere quadrierte Abweichung zwischen modelliertem und gemessenem LAI beträgt $0,54 \text{ m}^2/\text{m}^2$. Messwerte und Modellergebnisse der grünen Blattbiomasse stimmen an einigen Messterminen gut überein, weisen jedoch an anderen Terminen deutliche Abweichungen auf. Somit ergibt sich eine mittlere quadrierte Abweichung von 147 g/m^2 . Die modellierte Biomasse der abgestorbenen, braunen Blätter (44 g/m^2) entspricht nahezu dem letzten Messwert (46 g/m^2). Für die Rübenkörper ergibt sich eine mittlere quadrierte Abweichung von 86 g/m^2 . Eine entsprechende Validierung mit vergleichbaren Resultaten wurde für 6 weitere Zuckerrüben-, 3 Sommergerste-, 3 Mais-, 3 Winterweizen- und 2 Kartoffelfelder durchgeführt (Lenz, 2007).

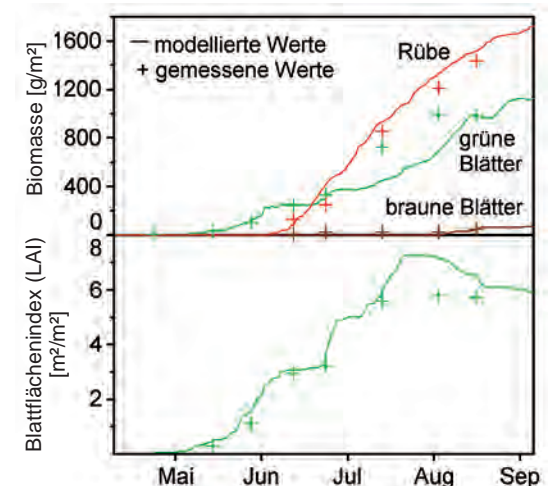


Abbildung 2.8.2.2: Vergleich von gemessener und modellierter Biomasseentwicklung (in g Trockenmasse pro m^2) und Blattflächenentwicklung (m^2 grüne Blattfläche pro m^2 Grundfläche) von Zuckerrüben (2005 in Feienberg, eigene Messungen).

Das Kartenblatt zeigt die räumliche Verteilung der Biomasseproduktion im Jahr 1995 für das Einzugsgebiet der Oberen Donau. Die Modellergebnisse sind für ausgewählte Feldfrüchte (gesamte Biomasse ohne Wurzeln) und bewirtschaftete Wiesen (kumulierte Biomasse der Schnittermine) dargestellt. Die Karten lassen deutlich den Einfluss der Bodeneigenschaften auf die Biomasseproduktion erkennen. So zeigen die intensiven Anbauggebiete auf Lössboden im Naturraum Dunggau eine hohe Biomasseproduktion, während die landwirtschaftlich weniger günstigen Gebiete im Allgäu eine geringere Biomasseproduktion aufweisen.

Literatur

- BLSD (2008): *Datenbank GENESIS online*. Bayerisches Landesamt für Statistik und Datenverarbeitung, München.
- Jones, C.A. & Kiniry, J.R. (Hrsg.) (1986): *CERES-Maize. A simulation model of maize growth and development*. Texas A&M University Press, College Station, Texas.
- Kenter, C. (2003): *Ertragsbildung von Zuckerrüben in Abhängigkeit von der Witterung*. PhD thesis, Georg-August-Universität Göttingen, Cuvillier, Göttingen.
- Lenz, V.I.S. (2007): *A process-based crop growth model for assessing Global Change effects on biomass production and water demand - A component of the integrative Global Change decision support system DANUBIA*. PhD thesis, University of Cologne.
- McVoy, C.W., Kersebaum, K.C., Arning, M., Kleeberg, P., Othmer, H. & Schröder, U. (1995): *A data set from north Germany for the validation of agroecosystem models: documentation and evaluation*. Ecological Modelling 81, 265-300.
- SLBW (2008): *Struktur- und Regionaldatenbank*. Statistisches Landesamt Baden-Württemberg, Stuttgart.
- Streck, N.A., Weiss, A. & Baenziger, P.S. (2003): *A generalized vernalization function for winter wheat*. Agronomy Journal 95, 155-159.
- Yin, X. & van Laar, H. (2005): *Crop Systems Dynamics. An ecophysiological simulation model for genotype-by-environment interactions*. Wageningen Academic Publishers.