

GIS-Modell für Wachstum und Ertrag am Grünland unter Berücksichtigung von Trockenperioden

A. SCHAUMBERGER¹, J. EITZINGER², M. TRNKA³ und H. FORMAYER²

1. Einleitung

Grünland hat sowohl für die österreichische Landwirtschaft als auch für die Gesellschaft eine große Bedeutung. Es stellt die Grundfuttersversorgung des Raufutter verzehrenden Viehs sicher, hat eine weit reichende ökologische Funktion und prägt die für den Alpenraum typische Kulturlandschaft. Mit einer Fläche von 1,61 Millionen ha bedeckt das Grünland mehr als 50 % der gesamten landwirtschaftlichen Nutzfläche in Österreich. In *Abbildung 1* ist die geographische Verteilung des Grünlandes dargestellt, dessen Visualisierung auf einer entsprechenden Klassifizierung der Digitalen Katastralmappe (DKM) mit Daten aus dem Integrierten Verwaltungs- und Kontrollsystem (INVEKOS) basiert.

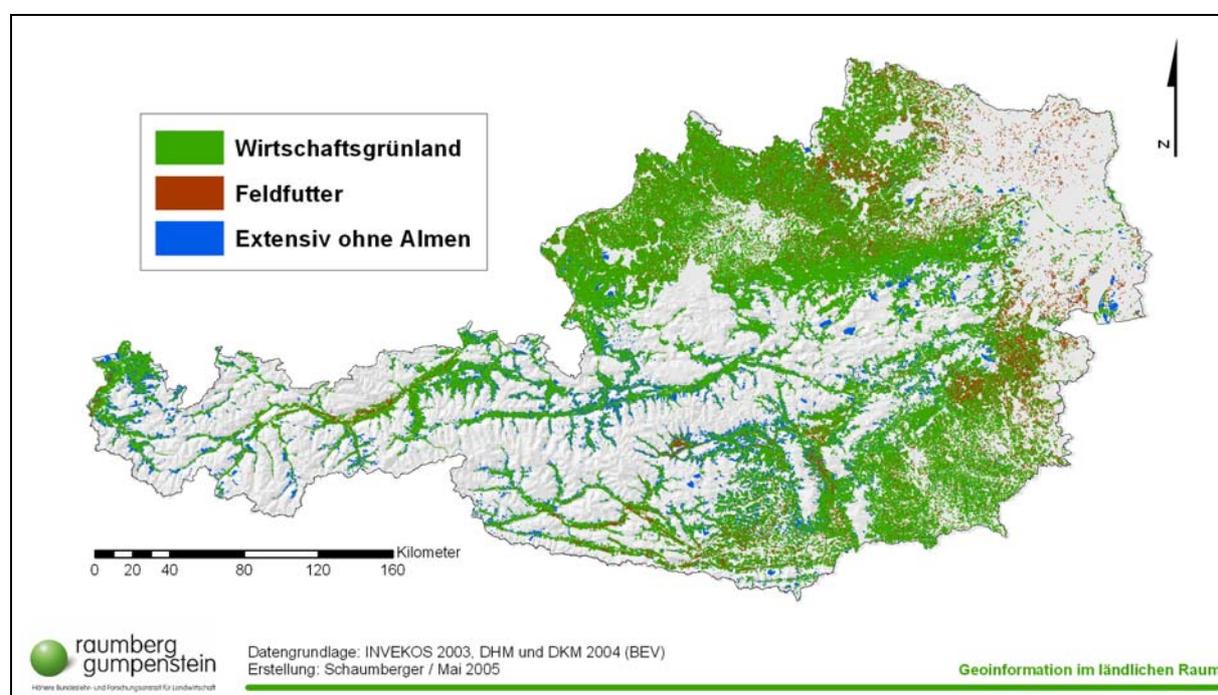


Abbildung 1: Verteilung des österreichischen Grünlandes

Wie auf alle landwirtschaftliche Kulturen, hat die Wetterlage gerade auch im Grünland eine entscheidende Auswirkung auf die Ertragssituation, die von existentieller Bedeutung für die Grünland- und Viehbauern ist. Die Zunahme von extremen Wettersituationen, welche auf einen globalen Klimawandel schließen lassen, verursachen teilweise hohe bis totale Ernteausfälle. Besonders im Grünland wirken sich lang anhaltende Trockenperioden negativ auf den Ertrag aus. Die Dürre im Frühjahr und Sommer 2003 in großen Teilen Österreichs hat dies mit einem Schaden von rund 300 Millionen Euro sehr deutlich gezeigt. Es handelt sich hier zwar um ein Extremereignis, die Klimaprognosen zeigen jedoch, dass wir in Zukunft öfter mit

¹ Höhere Bundeslehr- und Forschungsanstalt für Landwirtschaft Raumberg-Gumpenstein, Referat für Geoinformation im ländlichen Raum, A-8952 Irdning

² Institut für Meteorologie, Universität für Bodenkultur, Peter-Jordan-Straße 82, A-1190 Wien

³ Institute of Agrosystems and Bioclimatology, Mendel University of Agriculture and Forestry Brno (MUAFF), Zemedelska 1, CZ-61300 Brno

derartigen Situationen rechnen müssen. Die Entwicklung eines Bewertungsmodells für Trockenschäden ist daher von großer Bedeutung und ermöglicht eine genaue Analyse der ertragsmäßigen Auswirkung derartiger Katastrophen und ist hinsichtlich der Absicherung des Risikos die Grundlage für eine etwaige Versicherung (BUCHGRABER et al., 2004).

Die Modellierung wurde im Rahmen eines mehrjährigen Forschungsprojektes des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft unter Einbeziehung zahlreicher Projektpartner entwickelt. Auf 27 Standorten in ganz Österreich wurden zur Kalibrierung eines Wachstumsmodells Ertragsmessungen im Rahmen von wissenschaftlichen Exaktversuchen durchgeführt. Mit Hilfe eines Geographischen Informationssystems (GIS) wurde ein Bodenwasserbilanzmodell erstellt und im Wachstumsmodell weiterverarbeitet. Die drei wesentlichen Komponenten und Informationsflüsse sind in *Abbildung 2* schematisch dargestellt, wobei sich die vorliegende Arbeit auf die Implementierung des Bodenwasserbilanz- und Wachstumsmodells bezieht (SCHAUMBERGER, 2005).

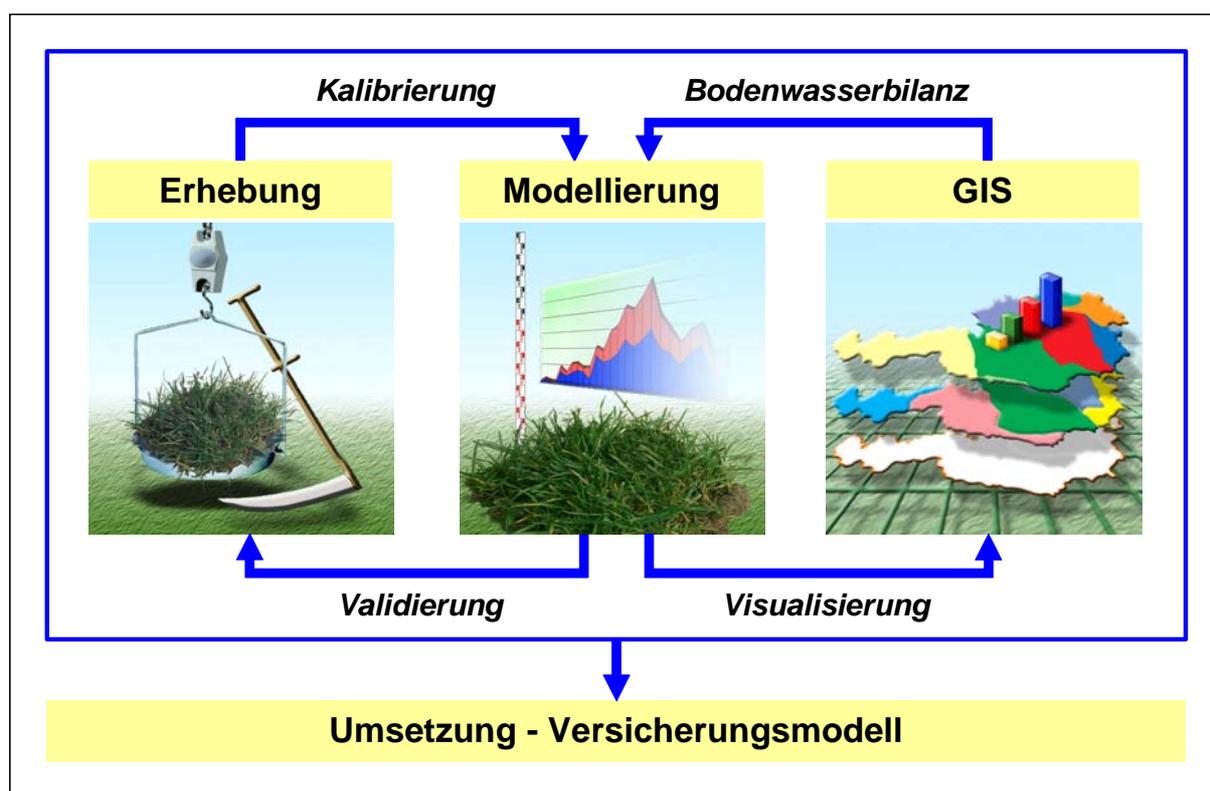


Abbildung 2: Grafische Darstellung der Projektteilbereiche und deren Zusammenhang

2. Material und Methoden

Für die flächendeckende Implementierung der zur Ermittlung des Ertrages notwendigen Modelle sind sämtliche Parameter in ein GIS zu integrieren. Nur so ist eine räumliche Analyse der verschiedenen Einflussgrößen wie Wetter, Boden und Bewirtschaftung möglich.

Als Software wurde für dieses Projekt ESRI ArcGIS 8.3 verwendet. Die Extension Spatial Analyst kam bei der Bearbeitung der Rasterdaten, Geostatistical Analyst bei der Wahl geeigneter Interpolationsverfahren zum Einsatz. Die Verarbeitung von Massendaten wurde mit Programmen vorgenommen, die in der in ArcGIS integrierten Entwicklerumgebung für Visual Basic for Applications (VBA) unter Verwendung der Klassenbibliothek von ArcObjects entwickelt wurden (ZEILER, 2001). Für die Berechnung eines Strahlungsmodells auf Grund-

lage des Digitalen Höhenmodells (DHM) wurde die ArcView-Extension Solar Analyst 1.0 verwendet.

2.1 Geobasis- und Sachdaten

Das **DHM** stand für dieses Projekt in einer Auflösung von 10 m zur Verfügung. Da für die Bearbeitung des gesamten Bundesgebietes ein blattschnittfreier und flächendeckender Datenbestand in einem Arbeitsgang verwendet wurde und die Rechenzeit in Grenzen gehalten werden musste, war es notwendig, die Auflösung auf 50 m zu verringern.

Zur Bestimmung der Grünlandflächen wurde die **DKM** für alle landwirtschaftlich genutzten Flächen benötigt. Darüber hinaus wurden zur Definition von administrativen Einheiten die **Verwaltungsgrenzen** für Österreich verwendet.

Die **Digitale Bodenkarte** bildet die Grundlage für die Berechnung der im Projekt verwendeten „nutzbaren Feldkapazität“, einer der wichtigsten Modellparameter, welcher die Charakteristik des Bodens im Kontext der Bodenwasserbilanzierung ausdrückt.

Die Landbewirtschaftung auf Parzellenebene kann mit Hilfe des **INVEKOS**-Datenbestandes ermittelt werden. Die Daten werden von den Landwirten im Zuge der Agrarförderung erhoben und geben eine detaillierte Auskunft über die Nutzungsart eines Grundstückes.

Sämtliche **meteorologische Daten** auf Tagesbasis wurden für die im Projekt untersuchte Periode 2003 von der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik (ZAMG) zur Verfügung gestellt. Um die problematische Interpolation des Niederschlags so gut wie möglich durchführen zu können, wurden zusätzlich zu den Stationsdaten der ZAMG weitere 600 Niederschlagsmessstationen der Hydrographischen Dienste der Länder verwendet.

Für sämtliche Daten und die daraus entstandenen Folgeprodukte wurde die Projektion „Lambert Conformal Conic“ verwendet.

2.2 Bodenwasserbilanzmodell

Die Modellierung bezieht sich auf eine von der FAO publizierte Methode von ALLEN et al. (1998) die auf der Berechnung der potentiellen Verdunstung (Evapotranspiration) nach PENMAN-MONTHEITH basiert (MONTEITH et al., 1990).

Die Voraussetzung für die Simulation von Wachstum unter den tatsächlichen Wetterbedingungen bildet die Bodenwasserbilanzierung. Hier wird dem Niederschlag die potentielle Evapotranspiration unter Berücksichtigung der Feldkapazität des Bodens gegenübergestellt.

Zunächst wurde die potentielle Evapotranspiration für Grasoberflächen auf Tagesbasis und für das gesamte Bundesgebiet ermittelt. Die wichtigsten Parameter dieses Modells sind die Globalstrahlung bzw. die tägliche Strahlungsbilanz, das Sättigungsdefizit aus Temperatur und relativer Luftfeuchte, sowie der Wind. Die wichtigsten Formeln im Zusammenhang mit der Berechnung der potentiellen Evapotranspiration sind in (1) bis (5) angeführt.

$$\Delta = \frac{4098 * 0.6108^{\frac{17.27 * T}{T + 237.3}}}{(T + 237.3)^2} \quad (1)$$

$$\Gamma = 0.665 * 0.001 * 93 \quad (2)$$

$$T > 0 \rightarrow SVP = 6.1078^{\left(\frac{17.08085 * T}{234.175 + T}\right)} \quad T < 0 \rightarrow SVP = 6.1078^{\left(\frac{17.84362 * T}{245.425 + T}\right)} \quad (3)$$

$$VPD = SVP - AVP \quad (4)$$

$$ET_p = \frac{0.408 * \Delta * Rn + \left(\frac{\Gamma * 900 * W * VPD}{T + 273} \right)}{\Delta + (\Gamma * (1 + 0.34 * W))} \quad (5)$$

- T Temperatur in °C
- SVP Sättigungsdampfdruck in hPa
- AVP aktueller Dampfdruck in hPa
- VPD Sättigungsdefizit in hPa
- W Wind in m/s
- ETp Potentielle Evapotranspiration über Gras in mm
- Rn Tägliche Strahlungsbilanz in MJ/m² (Rn = Globalstrahlung in MJ/m² * 0,52)

Die Globalstrahlung wurde mit Hilfe des Solar Analyst (FU et al., 1999) in Abhängigkeit topographischer Bedingungen auf Tagesbasis erstellt und mit einem berechneten Wert für eine horizontale und unbeschattete Fläche normiert. Der daraus resultierende Globalstrahlungsfaktor als Repräsentation der topographiebedingten Änderungen korrigiert die an den Stationen berechnete potentielle Evapotranspiration und deren höhenabhängige Interpolation. Mittels Regressionsrechnung wurde die Höhenabhängigkeit der potentiellen Evapotranspiration ermittelt und die Ergebnisgleichung auf das Digitale Höhenmodell angewendet. Die an den Stationen ermittelten Residuen zwischen geschätzter und mit Hilfe der Messdaten berechneter Evapotranspiration wurden mittels Kriging interpoliert und anschließend mit dem höhenabhängigen Anteil der Evapotranspiration (modifiziertes DHM) kombiniert (BARTELME, 2005).

Das Ergebnis aus der Berechnung der potentiellen Evapotranspiration wurde in die Bodenwasserbilanzierung einbezogen. Zusammen mit der Feldkapazität konnte damit der Bodenwassergehalt und die aktuelle Evapotranspiration der Bodenschichten 0 bis 10 cm, 0 bis 20 cm und 20 bis 40 cm ermittelt werden. Für die Berechnung der verschiedenen Horizonte wurden auch die Änderungen der Bodenwasserbilanz gegenüber dem Vortag und eventuelle Drainagen aus den darüber liegenden Bodenschichten mit berücksichtigt. Der Evapotranspiration steht die Niederschlagsmenge gegenüber, die unter Berücksichtigung der Interzeption (Verdunstung des Niederschlags an der Pflanzenoberfläche) in die Bilanzrechnung einfließt. *Abbildung 3* zeigt eine vereinfachte Darstellung der wesentlichen an diesem Modell beteiligten Parameter.

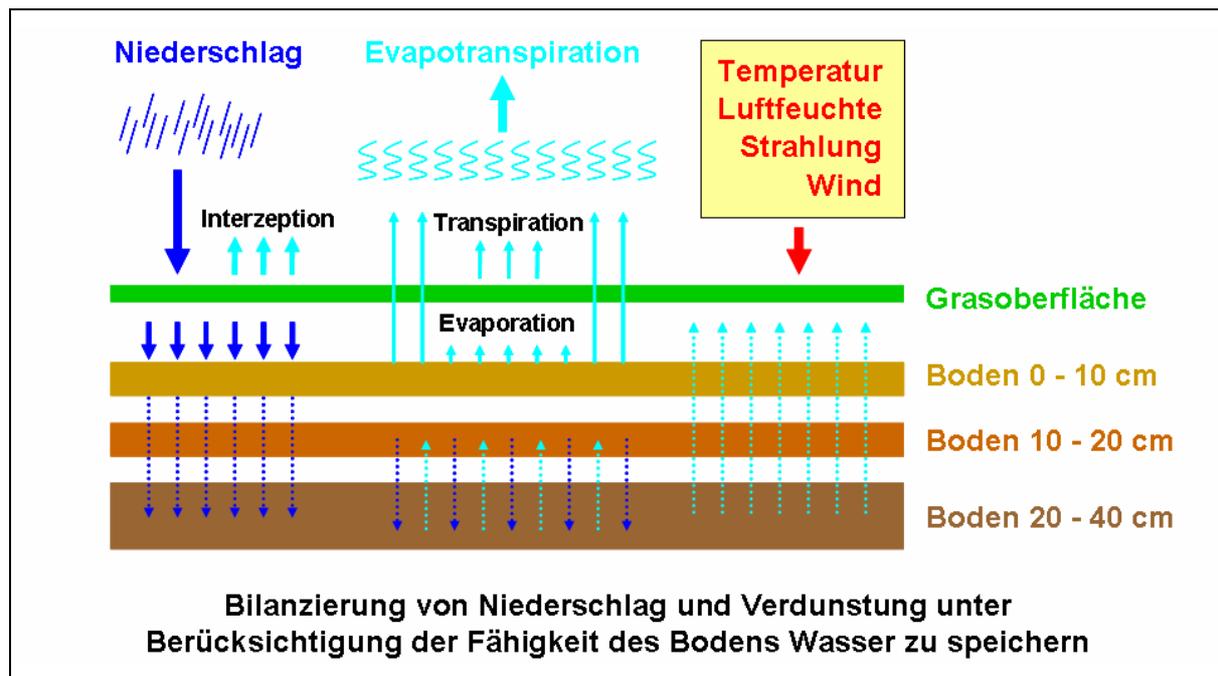


Abbildung 3: Schematische Darstellung der Bodenwasserbilanz

Alle Berechnungen dieses Modells wurden mit Hilfe des Rasterdatenmodells umgesetzt. Durch die laufende Berücksichtigung der Ergebnisse des Vortrages und der damit möglichen Akkumulation über eine bestimmte Zeit wird die Zu- bzw. Abnahme von Feuchtigkeit im Boden über einen längeren Zeitraum rechnerisch nachgebildet. Die Berücksichtigung der Bodeneigenschaft, Wasser speichern und den Pflanzen zur Verfügung stellen zu können, ist dabei von entscheidender Bedeutung.

Die Ergebnisse aus der Bodenwasserbilanzierung fließen direkt in das Modell für Wachstum und Ertrag ein. Damit wird die Verbindung zu den meteorologischen Einflüssen und dem Boden hergestellt.

2.2 Wachstumsmodell

Das Wachstum wird grundsätzlich von Temperatur, Globalstrahlung und Wasserverfügbarkeit beeinflusst. Sobald ein Wasserdefizit eintritt und die Pflanze ihre biologischen Prozesse nur mehr eingeschränkt betreiben kann – es tritt Wasserstress auf – entstehen trockenheitsbedingte Ertragsrückgänge (KROMP-KOLB et al., 2004; TRNKA et al., 2005).

2.2.1 Bestimmung von Wasserstress auf Tagesbasis

Der langfristige Wasserstress (W_L) wird durch das Verhältnis von aktueller (ETa) und potentieller Evapotranspiration (ETp) berechnet. Als Grenzwert für das Auftreten von langfristigem Wasserstress (t_{CL}) wird auf Grund empirischer Untersuchungen 2.0 angenommen. ETa und ETp werden vom Beginn der Vegetationsperiode akkumuliert.

$$W_L = t_{CL} \frac{ETa}{ETp} \quad (6)$$

Der kurzfristige Wasserstress (W_S) wird wie W_L berechnet. Als Grenzwert für das Auftreten von kurzfristigem Wasserstress (t_{CS}) wird wiederum 2.0 angesetzt. ETa und ETp sind ebenfalls akkumulierte Werte, jedoch werden hier nur die letzten sechs Tage vom aktuellen Tag der Berechnung verwendet.

$$W_S = t_{CS} \frac{ETa}{ETp} \quad (7)$$

Die Wasserverfügbarkeit eines beliebigen Tages hängt sowohl vom lang- als auch vom kurzfristigen Wasserstress ab. Der Wasserverfügbarkeitsfaktor (W_A) ist also eine Funktion von W_L und W_S . Die in der Gleichung (8) verwendeten empirischen Koeffizienten C und M bringen die relative Bedeutung des Wasserverfügbarkeitsfaktors für die aktuelle Wasserverfügbarkeit zum Ausdruck. Die Koeffizienten wurden unter Berücksichtigung der Ertragserhebungen an den Standorten der Grünlandexaktversuche bestimmt. Für C wird der Wert 0.55 und für M der Wert 3.0 angesetzt.

$$W_A = \left[CW_L^M + (1-C)W_S^M \right]^{\frac{1}{M}} \quad (8)$$

Wasserstress und Wasserverfügbarkeitsfaktor werden mittels Rasteroperationen auf Tagesbasis berechnet. Für die Akkumulation bei der Berechnung von W_L mit Vegetationsbeginn werden temporäre Summenraster mitgeführt und für die täglichen Ergebnisse fortlaufend verwendet.

Bei der Berechnung von W_S fließen die Summen von ETa und ETp der zurückliegenden sechs Tage ebenfalls als Temporärraster in das Ergebnis ein. Die Auflösung der Raster beträgt bei allen Arbeitsschritten 50 m.

2.2.2 Berechnung des Wachstumsfaktors

Der Wasserverfügbarkeitsfaktor (W_A) zeigt die Wasserbilanz eines bestimmten Tages. Die Beziehung zwischen Wasserdefizit und Bestandesentwicklung ist nicht linear und wird durch die nachfolgende Gleichung ausgedrückt.

Der Wachstumsfaktor (g_s) wird auf Tagesbasis und mit Berücksichtigung des aktuellen Wasserverfügbarkeitsfaktors (W_A) ermittelt. Die empirischen Modellkoeffizienten α , β und γ werden mit -2.9, -2.1 und 8.0 angesetzt.

$$g_s = e^{\alpha * e^{\beta * W_A^\gamma}} \quad (9)$$

Die Gleichung (9) kann vollständig als Funktion in das Raster-Calculator-Script übernommen werden. Die Variablen α , β , γ und W_A werden als Konstante bzw. als Rasterdatensatz in die Berechnung integriert. Die Ergebnisse stehen auf Tagesbasis in einer Auflösung von 50 m zur Verfügung.

2.2.3 Schnittspezifische effektive Temperatur und Globalstrahlung

Für jeden Schnitt wird die tägliche Mitteltemperatur (T_{AVG}) sowie die tägliche Globalstrahlung (R_g) aufsummiert. Mit der Berücksichtigung des Wachstumsfaktors (g_s) wird eine so genannte „effektive“ Akkumulation definiert.

$$T_e = \sum_{i=1}^n T_{AVG} g_s \quad (10)$$

$$G_e = \sum_{i=1}^n R_g g_s \quad (11)$$

Im Falle eines ausgeglichenen Bodenwasserhaushalts sind T_e und G_e nur von der Akkumulation der täglichen Mitteltemperatur bzw. der Globalstrahlung abhängig. Beide Parameter fließen in die multiple Regression zur Bestimmung des Ertrages ein.

2.2.4 Schnittspezifische effektive Temperatur und Globalstrahlung

Der Ertrag auf den Grünlandflächen wird unter Einbeziehung sämtlicher Berechnungen in Form einer multiplen Regression (12) ermittelt. Als unabhängige Variablen werden die effektive Temperatur (T_e), die effektive Globalstrahlung (G_e), die Anzahl der Wachstumstage eines bestimmten Aufwuchses, die Bewirtschaftung hinsichtlich Düngung (Stickstoffdüngung) und die aktuelle Zahl des Aufwuchses berücksichtigt. Die abhängige Variable beschreibt den Ertrag und stellt somit das Ergebnis des Modells dar.

$$\begin{aligned} \text{Ertrag in dt TM/ha} = & \\ & 1.1542 - 0.0025 * N^2 - 0.0094 * D^2 + 0.4683 * cut^2 + 0.0065 * N * D - \\ & 0.0269 * N * T_e + 0.3043 * N * G_e - 0.0778 * D * cut + 0.2398 * T_e * cut + \\ & 0.0132 * D * T_e + 0.8454 * D - 4.3586 * cut + 0.1852 * N \end{aligned} \quad (12)$$

TM..... Trockenmasse
 N..... Stickstoffdüngung in kg/ha
 D..... Wachstumstage für einen Schnitt (vorhergehender Schnitt oder Vegetationsbeginn bis zum Schnitt)
 cut..... Anzahl des Schnittes
 T_e Akkumulierte effektive Mitteltemperatur in °C vom vorhergehenden Schnitt oder Vegetationsbeginn bis zum Schnitt (Berücksichtigung mit dem Faktor 1/100)
 G_e Akkumulierte effektive Globalstrahlung in GJ/m² vom vorhergehenden Schnitt oder Vegetationsbeginn bis zum Schnitt

Die im Modell berücksichtigte Stickstoffdüngung wird als Konstante in Abhängigkeit von Betriebsfläche und die auf einem Betrieb gehaltenen Großvieheinheiten (GVE) im Mittelwert GVE/ha angenähert. Die Bewirtschaftungsintensität (Schnittfrequenz) wurde mit Hilfe eines Modells der höhenabhängigen Wachstumsphasen für die einzelnen Schnitte sowie einer temperaturabhängigen Definition von Vegetationsbeginn und -ende umgesetzt.

3. Ergebnisse

Sämtliche Zwischen- und Endergebnisse sind in Form von Rasterdaten meist auf Tagesbasis gerechnet worden. Die nachfolgenden Abbildungen zeigen einzelne Ergebnisse deshalb nur beispielhaft für einen bestimmten Tag in der untersuchten Vegetationsperiode des Jahres 2003. Die potentielle Evapotranspiration als Repräsentant für die Integration sämtlicher meteorologischer Parameter wird in *Abbildung 4* am Beispiel des 30. April 2003 dargestellt.

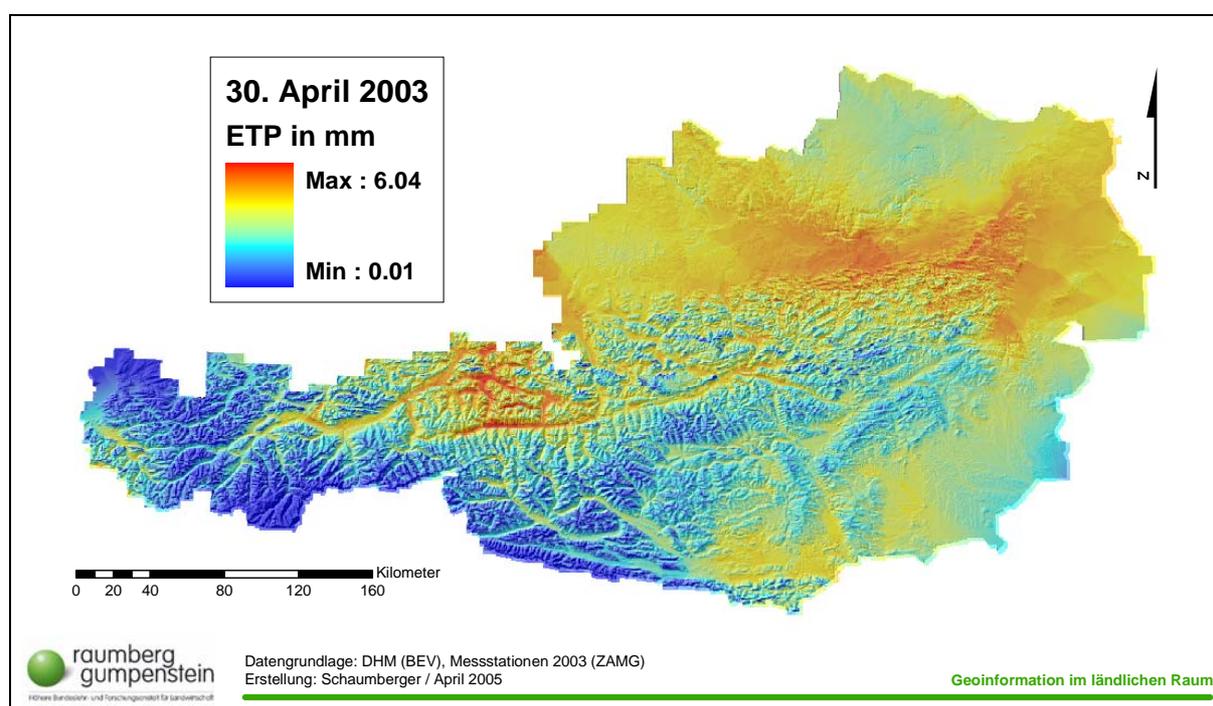


Abbildung 4: Höhenabhängige Interpolation der potentiellen Evapotranspiration am 30. April 2003

An diesem Tag herrschte im südlichen Hochalpenraum eine Wetterlage, welche sich auf die Evapotranspiration negativ auswirkte (Ursache können z.B. niedrigere Temperaturen oder Wolkenbedeckung sein), im Nordosten hingegen erreichen die Werte ein für diese Jahreszeit beachtliches Maximum um die 6 mm, was auf einen schönen und warmen Frühlingstag schließen lässt. Die hohen Werte in den Kitzbühler Alpen weisen ebenfalls auf gute Wetterbedingungen hin. In den Alpentälern sind die Werte im mittleren Bereich zu finden. Der Zusammenhang zwischen Seehöhe und Evapotranspiration ist sehr gut ausgeprägt und kann aus der Beispielabbildung gut abgelesen werden.

Der potentiellen Evapotranspiration kann die aktuelle Evapotranspiration gegenübergestellt werden. Diese berücksichtigt auch Niederschlag und Boden, d.h. sie stellt die Bilanzierung von potentieller Verdunstung und den Eintrag von Wasser in den Boden dar, wobei auch die Situation der vorhergehenden Tage mit einbezogen wird. *Abbildung 5* stellt die tägliche aktuelle Evapotranspiration am Beispiel des 30. April 2003 dar.

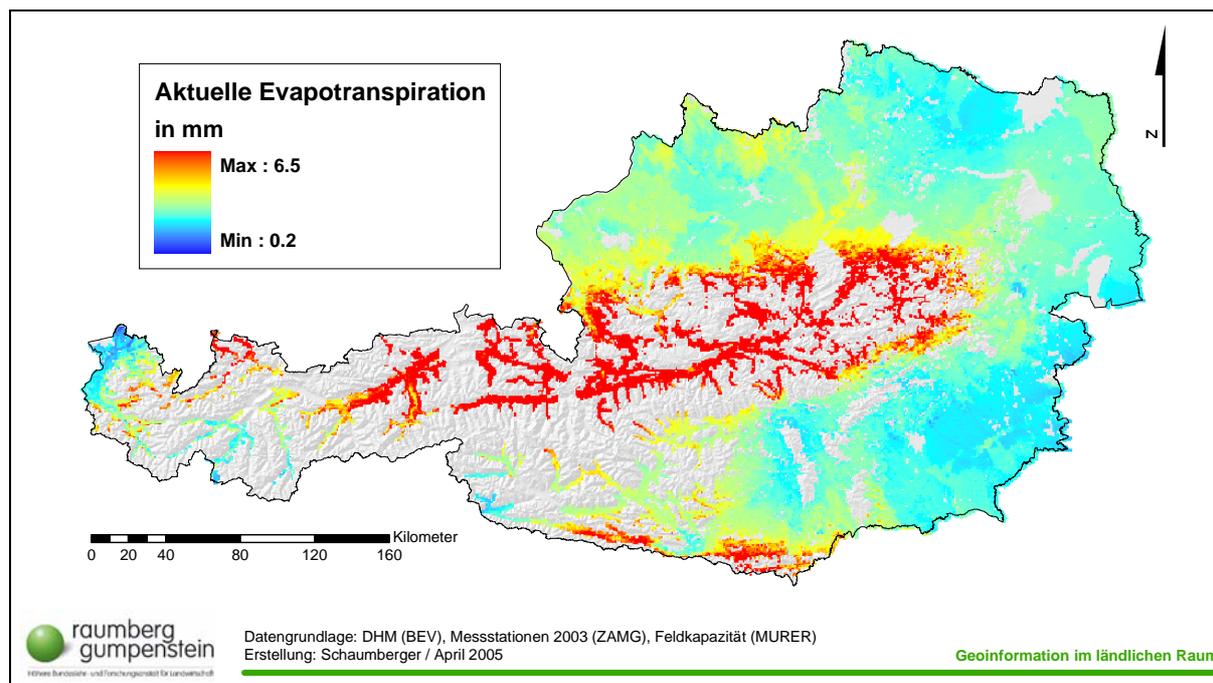


Abbildung 5: Aktuelle Evapotranspiration als Summe aus Evaporation und Transpiration der verschiedenen Bodenschichten am 30. April 2003 in mm

Die Tatsache, dass in den nördlichen, östlichen und südlichen Gebieten die aktuelle Evapotranspiration im Vergleich zum Alpenhauptkamm so gering ausfällt ist damit begründet, dass durch die anhaltende Trockenheit diese Gebiete bereits im Frühjahr 2003 sehr trocken waren und daher nicht in dem Maße verdunstet werden kann, wie es auf Grund der Wetterbedingungen notwendig wäre. In den Alpen ist der Boden gut mit Wasser versorgt – die Verdunstung liegt daher im Maximum.

Die einzelnen Schritte des Wachstumsmodells werden nachfolgend mit Beispielkarten für den 11. Juni 2003 dargestellt.

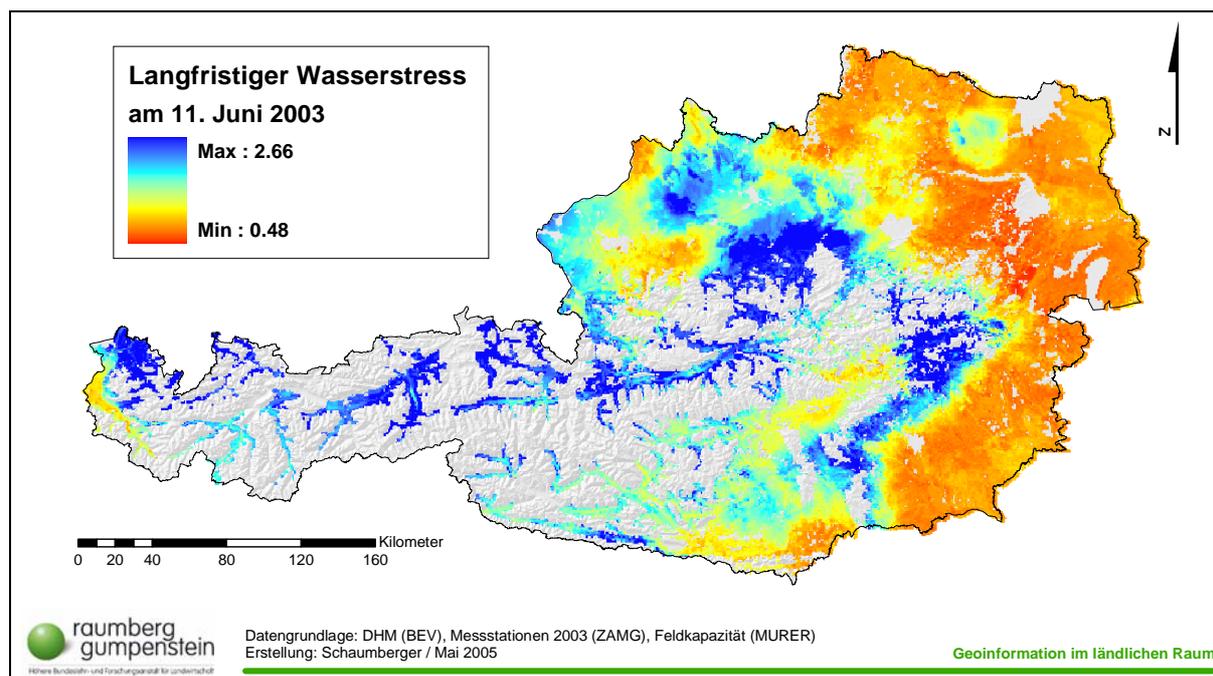


Abbildung 6: Langfristiger Wasserstress am Beispiel des 11. Juni 2003

Der langfristige Wasserstress (*Abbildung 6*) zeigt das Verhältnis von aktueller und potentieller Evapotranspiration vom Beginn der Vegetationszeit bis zum 11. Juni 2003. Der Wasser- bzw. Trockenstress beschreibt jene Situation, in der den Grünlandpflanzen nicht genügend Wasser für ihren Transpirationsvorgang zur Verfügung steht. Der kurzfristige Wasserstress (*Abbildung 7*) berücksichtigt eventuelle Stressbedingungen, die sich aus der Einbeziehung der Verhältnisse der letzten sechs Tage für die Grünlandpflanzen ergeben. In beiden Fällen sind die trockengefährdeten Gebiete im Osten des Landes deutlich erkennbar.

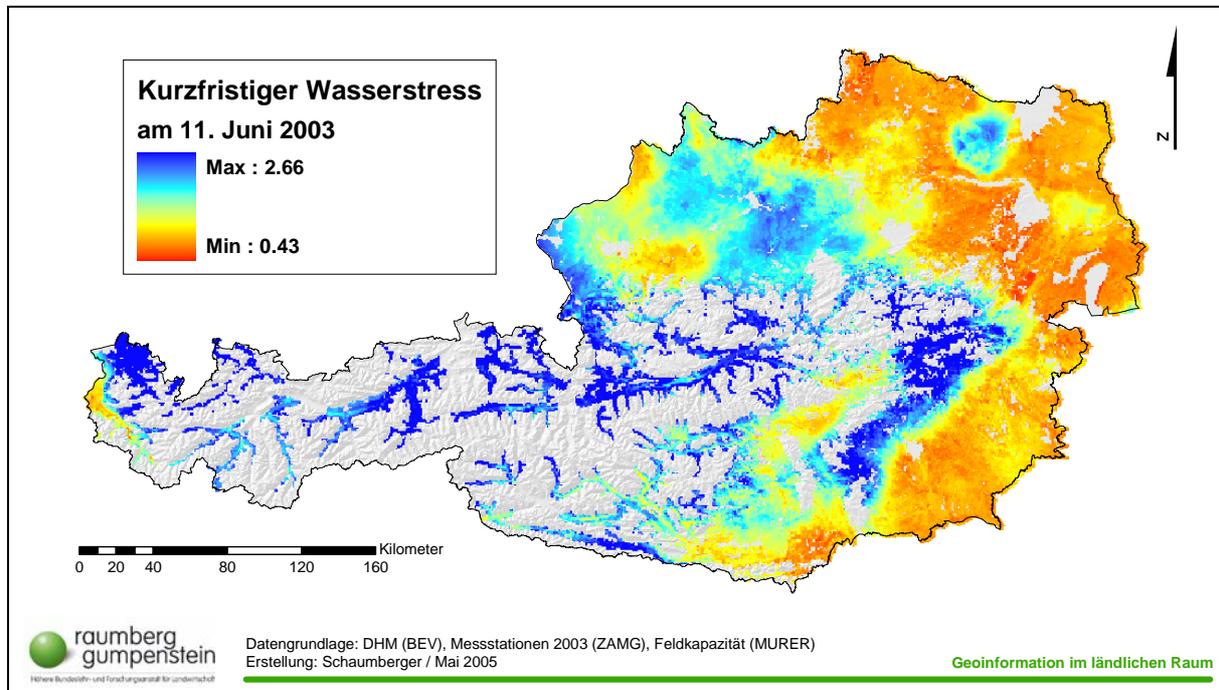


Abbildung 7: Kurzfristiger Wasserstress am Beispiel des 11. Juni 2003

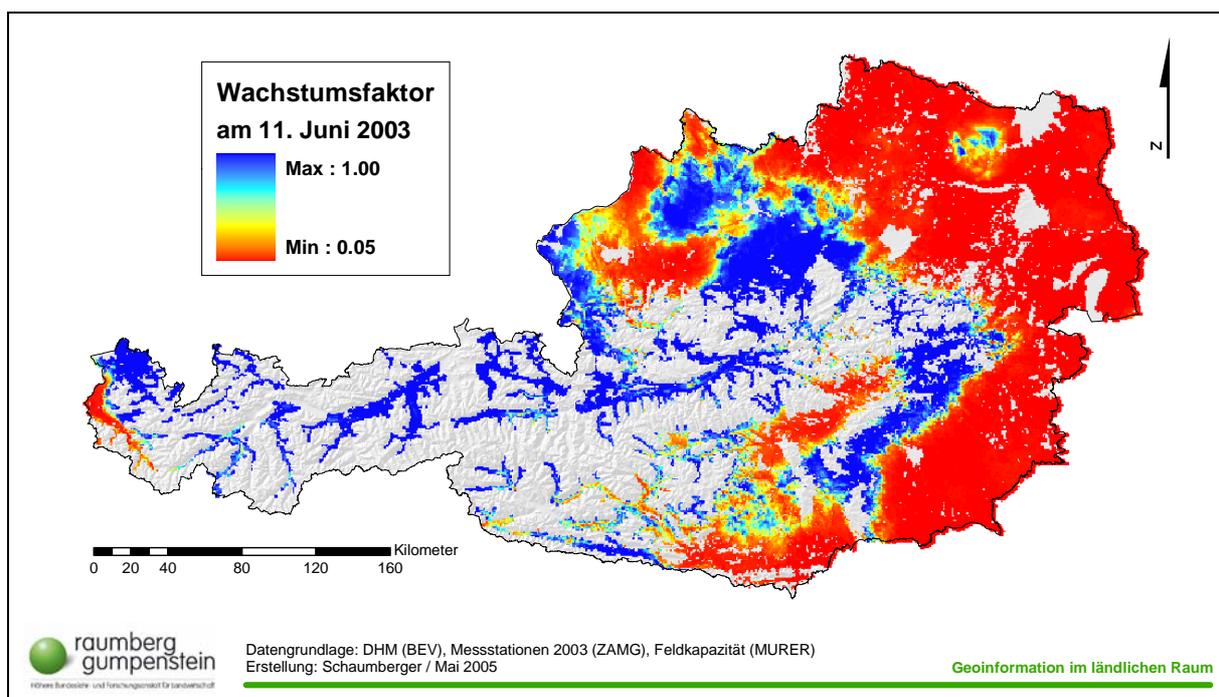


Abbildung 8: Wachstumsfaktor am Beispiel des 11. Juni 2003

Der Wachstumsfaktor in *Abbildung 8* stellt die Bedingungen für Wachstum auf Grund der Wasserverfügbarkeit dar. Die Gebiete mit minimalen Werten stellen negative Bedingungen dar – sie befinden sich in jenen Gebieten, in der massiver Wasserstress auftritt. Gute Verhältnisse findet man in den Alpen, also in jenen Gebieten, in denen die Wasserversorgung in ausreichendem Maße gegeben ist.

Die Zusammenführung aller Ergebnisse führt letztendlich zu einer Aussage über den Ertrag im Jahr 2003. *Abbildung 9* stellt die geographische Verteilung dieses Endergebnisses dar.

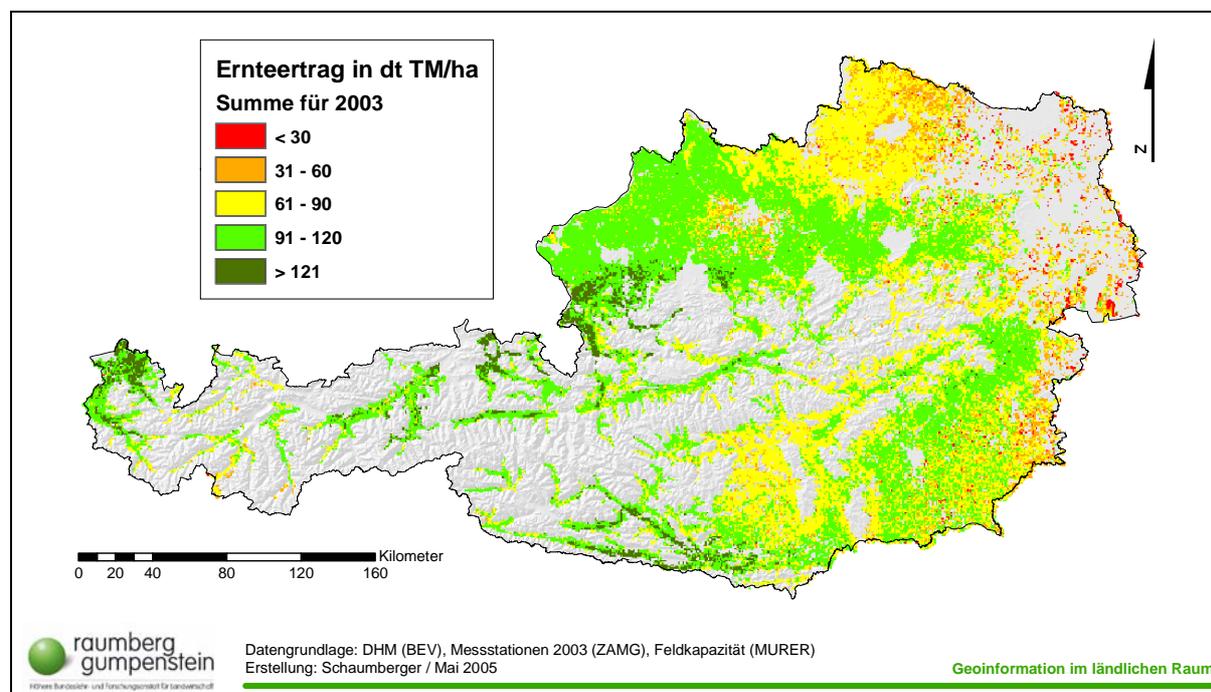


Abbildung 9: Gesamtsumme des Ernteertrages im Jahr 2003

In den östlichen Trockengebieten kam es im Jahr 2003 zu deutlichen Ertragsrückgängen und -ausfällen. Die Ergebnisse sind durch die Trockenheit dieses Jahres nicht mit Normaljahren vergleichbar und zeigen deshalb nur ein realistisches Bild der speziellen Situation des Jahres 2003. Der Vergleich zwischen Modellergebnissen und gemessenen Erträgen an den Versuchsstellen zeigen einen durchaus guten Zusammenhang von ca. 70 %.

Die vorliegende Arbeit stellt durch die Verwendung von Modellen naturgemäß eine Annäherung an die tatsächlichen Bedingungen dar und weist in manchen Bereichen ein Verbesserungspotential auf. In einem dreijährigen Folgeprojekt werden die Ergebnisse einem umfangreichen Evaluierungs- und Weiterentwicklungsprozess unterzogen und damit die Basis für eine Versicherung gegen Trockenschäden im Grünland geschaffen.

4. Zusammenfassung

Der Ertrag im Grünland wird von zahlreichen Faktoren beeinflusst und kann durch Modelle, die bestimmte natürliche Vorgänge vereinfacht abbilden, näherungsweise bestimmt werden. Die Voraussetzung für eine möglichst flächendeckende Analyse hinsichtlich des Ertrages auf Grünlandflächen ist die Integration der Modelle in einem Geographischen Informationssystem (GIS). Das Grünland weist eine Fläche von 1,61 Millionen ha auf, das sind immerhin über 50 % der landwirtschaftlichen Nutzfläche in Österreich.

Eine in den letzten Jahren erkennbare Veränderung des globalen Klimas wirkt sich in Teilen Österreichs besonders stark im Auftreten von intensiven Trockenperioden aus. Diese Arbeit

beschäftigt sich mit der Implementierung von Modellen im GIS, die das Wachstum auf Grünlandflächen simulieren und letztendlich die Bestimmung des Ertrages ermöglichen. Die Grundlage für die Wachstumssimulation bildet die Bodenwasserbilanz. Dem Niederschlag wird die potentielle Verdunstung gegenübergestellt und mit Berücksichtigung des Bodens ein Bodenwasserbilanzmodell entwickelt.

Die Ertragsmodellierung baut auf diesen Ergebnissen auf und führt über die Ermittlung eines Wachstumsfaktors, der aus einer Berechnung der Wasserverfügbarkeit über Wasserstressfaktoren resultiert, zu einer Aussage über die Quantität des Grünlandertrages.

Als Software wurde ArcGIS 8.3 mit diversen Extensions eingesetzt und durch individuelle Programmierung in VBA erweitert. Sämtliche Berechnungen wurden mit Rasterdaten in einer Auflösung von 50 m und auf Tagesbasis durchgeführt.

5. Literatur

- ALLEN, G.A., L.S PEREIRA, D. RAES and M. SMITH (1998): Crop Evapotranspiration – guidelines for Computing Crop Water Requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper 56. FAO, Rome, Italy, 78-86.
- BARTELME, N. (2005): Geoinformatik. Modelle, Strukturen, Funktionen. 4. Auflage, Springer Verlag.
- BUCHGRABER, K., R. RESCH und A. SCHAUMBERGER (2004): Auswirkungen von Trockenschäden für Grünland und Viehwirtschaft. Kurzfassungen der Vorträge anlässlich der 10. Wintertagung in Aigen/Ennstal, 12. und 13. Februar 2004.
- FU, P. and P.M. RICH (1999a): Design and Implementation of the Solar Analyst: an ArcView Extension for Modeling Solar Radiation at Landscape Scales. Abruf am 18.08. 2004 unter <http://gis.esri.com/library/userconf/proc99/proceed/papers/pap867/p867.htm#method>.
- KROMP-KOLB, H., J. EITZINGER, H. FORMAYER, M. TRNKA, W. LAUBE, G. GRUSZCZYNSKI, E. STENITZER und L. GASSNER (2004): 2. Zwischenbericht zum Forschungsprojekt „Bestimmung der Auswirkungen von Trockenperioden im Grünland mittels Wachstumsmodellen und klimatologische Analysen österreichischer Daten“, BOKU, Institut für Meteorologie und Physik, Wien.
- MONTEITH, J.L. and M. UNSWORTH (1990): Principles of Environmental Physics. Second Edition. Arnold, 193-195.
- SCHAUMBERGER, A. (2005): Ertragsanalyse im österreichischen Grünland mittels GIS unter besonderer Berücksichtigung klimatischer Veränderungen. Veröffentlichungen der HBLFA Raumberg-Gumpenstein, A-8952 Irdning, Heft 42, 66 Seiten.
- TRNKA, M., J. EITZINGER, G. GRUSZCZYNSKI, K. BUCHGRABER, R. RESCH und A. SCHAUMBERGER (2005): Simple method for modelling permanent grassland yields in Austria. In Druck.
- ZEILER, M. (2001): Exploring ArcObjects. Vol. I – Application and Cartography, Vol. II – Geographic Data Management. ESRI, Redlands, USA.