

Konzept zur Erstellung neuer hochaufgelöster Klimakarten für die Wälder Bayerns als Bestandteil eines forstlichen Standortinformationssystems

Lothar Zimmermann¹, Thomas Rötzer², Uwe Hera³, Harald Maier⁴, Christoph Schulz¹ und Christian Kölling¹

¹Bay. Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft, ²Waldwachstumskunde-TU München, ³geoKlim, ⁴DWD

Zusammenfassung

Das Klima ist neben dem Boden der entscheidende forstliche Standortsfaktor. Zur klimatischen Charakterisierung von Waldstandorten wurde bisher der Bayerische Klimaatlas (1996) herangezogen, der nun unter Nutzung neu vorliegender Information (Digitales Höhenmodell DGM25, Zeitraum 1971-2000) aktualisiert werden soll. Angesichts des Klimawandels ist eine möglichst genaue Kenntnis der aktuellen Standortseigenschaften nötig, um die Empfindlichkeit der Standorte für zukünftige Veränderungen abzuschätzen und Anpassungsschwerpunkte hinsichtlich Baumarteneignung zu definieren. Diese höher aufgelösten und aktuelleren Klimakarten sind ein wichtiger Baustein um die Wasserhaushaltsansprache in der forstlichen Standortskartierung zu einem objektivierten und modellbasierten Verfahren zu verbessern.

Abstract

Climate is beside soil the decisive factor for forest sites. Till now for characterizing forest sites the Bavarian Climate Atlas (1996) was used. Maps from this atlas will now be updated with new information (digital elevation model DGM25, time series 1971-2000). Before the background of climate change, knowledge of the actual site properties is essential, in order to determine the sensitivity of sites for future changes and to define adaptation foci for tree species selection. These highly resolved and more up-to-date climate maps are an important modul to improve water budget classification in forest site mapping with an objective and model-based approach.

Problemstellung

Das Klima ist neben dem Boden der entscheidende forstliche Standortsfaktor. Zur klimatischen Charakterisierung von Waldorten wurde bisher der Bayerische Klimaatlas (ENDERS ET AL., 1996) herangezogen. Die Karten arbeiten mit durchschnittlichen Klimadaten aus den Zeiträumen 1951 bis 1980 (Temperatur) bzw. 1961 bis 1990 (Niederschlag) und mit einer räumliche Auflösung von 400 m x 400 m. Die Werte sind in groben Klassen wiedergegeben. Diese Art der Darstellung (grobes Raster, weite Klassen) lässt eine Verwendung des Atlas nur auf der größten Maßstabsebene zu (kleiner als 1: 200 000). Die Verwendung von 1°C-Klassen bei der Jahrestemperatur (Abb. 1) führt beispielsweise dazu, dass 63 % der Landesfläche Bayerns in die Klasse 7-8 °C fallen. Innerhalb dieser Klasse kann bislang nicht weiter differenziert werden. Die räumliche Auflösung mit einem Raster von 400 x 400 m führt auf niedrigeren Maßstabsebenen zu einer unbefriedigenden Darstellung des Geländeform und aller daraus abgeleiteten klimatischen Parameter (Abb. 3 u. 4). Ein weiterer Nachteil des Klimaatlas ist seine mangelnde Aktualität. Es fehlen zwei warme Dekaden (1981-1990 und 1991-2000) in denen sich der Klimawandel möglicherweise bereits abzeichnet.

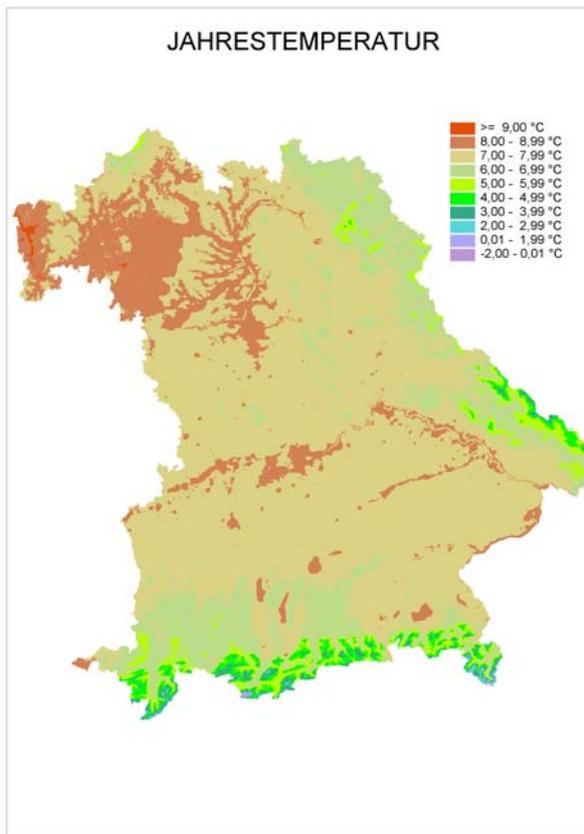


Abb. 1: Jahrestemperatur nach dem Klimaatlas für Bayern (ENDERS ET AL., 1996). Die Klasse 7-7,99 °C nimmt 63% der gesamten Landesfläche ein

Fig. 1: Annual air temperature acc. To the climate atlas of Bavaria (ENDERS et al., 1996). The class 7 to 7.99°C covers 63% of total state area

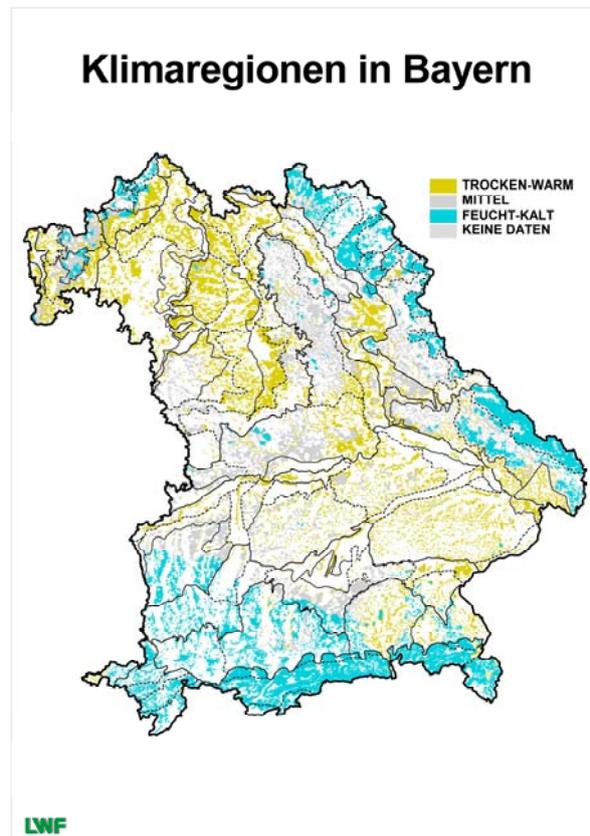


Abb. 2: Karte der Klimaregionen in Bayern (Borchert u. Kölling, 2004), basierend auf den Karten des Klimaatlas für Bayern (Enders et al.,1996)

Fig. 2: Map of climate regions in Bavaria (Borchert und Kölling, 2004), based on maps from the climate atlas of Bavaria (Enders et al.,1996)

Angesichts des Klimawandels ist eine möglichst genaue Kenntnis der aktuellen Standortseigenschaften nötig, um die Empfindlichkeit der Standorte für zukünftigen Veränderungen abzuschätzen und Anpassungsschwerpunkte zu definieren (KÖLLING UND AMMER 2006). Die für das Anpassungsprogramm WUKS (BAYSTMLF 2004) und für das Mittelfranken-Projekt (AMMER ET AL. 2006) verwendete Klimatypenkarte (Abb. 2, BORCHERT und KÖLLING 2004; KÖLLING 2005; KÖLLING 2006) basiert allein auf den Angaben des Bayerischen Klimaatlas, die grob klassiert sind und für Standortfragen eine zu geringe räumliche Auflösung aufweisen. Angesichts dieser dringenden Anforderungen ist eine Neubearbeitung des Atlas und die Konstruktion neuer, aktualisierter Klimakarten erforderlich.

Ziel des Vorhabens

Um für Waldstandorte Klimainformationen zur Verfügung zu haben, müssen punktuell an Klima- oder Niederschlagsmessstationen gewonnene Klimadaten auf die Fläche übertragen, d.h. regionalisiert werden. Die forstliche Standortserkundung benötigt bei der klassischen Ansprache der Wasserhaushaltsstufe solche Information auf Bestandesebene (bspw. BOKU-INSTITUT FÜR WALDBAU 2005). Um die Wasserhaushaltsansprache im Sinne eines modernen forstlichen Standortinformationssystems künftig auf eine verbesserte, quantitative und objektive Basis zu stellen, wurde von SCHULTZE et al. (2005) ein Konzept vorgeschlagen, das mit

Hilfe von Modellrechnungen mit dem Wasserhaushaltsmodell LWF-BROOK90 für ausgewählte Standorte eine Regionalisierung der Modellzielgröße Transpirationsdifferenz T_{diff} (Potentielle Transpiration – aktuelle Transpiration) erlaubt. Hierzu wird eine multiple Regression der Wasserhaushaltsgrößen zu den langjährigen klimatischen Größen wie auch zu topographischen Parametern verwendet. Entscheidend für die Auflösung der regionalisierten Zielgröße des Wasserhaushalts ist jedoch die räumliche Auflösung der verwendeten Klimainformation. Diese war bisher limitiert durch die Auflösung von $400 * 400 \text{ m}^2$ im Bayerischen Klimaatlas (ENDERS ET AL. 1996, vgl. Abb. 3), in dem die Klimagrößen zudem nur klassifiziert wiedergegeben wurden, was die Genauigkeit weiter einschränkte (vgl. Abb. 1). Durch die Verwendung des mittlerweile von der Bayerischen Landesvermessungsverwaltung flächendeckend erarbeiteten digitalen Höhenmodells DGM 25 und aktualisierter Witterungsdaten des Deutschen Wetterdienst können nun deutlich verbesserte Klimakarten erstellt werden. Als Ergebnis des Vorhabens werden Karten erstellt, die sich durch folgende Merkmale auszeichnen:

- eine Auflösung von $50 \text{ m} \times 50 \text{ m}$,
- aktualisierte Klimawerte für den Zeitraum von 1971 bis 2000
- unklassierte (kontinuierliche) Werte

Die im Verfahren erarbeiteten Regionalisierungsmethoden können darüber hinaus künftig auch für die Regionalisierung regionaler Klimaszenarien (z.B. JACOB ET AL. 2006, SPEKAT ET AL. 2006) verwendet werden, um die Auswirkungen der aktuell deutlicher werdenden Klimaänderung für den Wald regional höher aufgelöst abschätzen zu können. Darüber hinaus stellt diese Klimaregionalisierung eine wichtige Datengrundlage für weitere forstliche Fragestellungen wie bspw. im Waldschutz dar.

Geplante Vorgehensweise

Die Regionalisierung der klimatischen Größen soll analog zum Agrar- und Umweltklimatologischen Atlas Bayerns (RÖTZER ET AL. 1997) bzw. Klimaatlas von Bayern (ENDERS ET AL. 1996) unter Nutzung der vorliegenden Erfahrungen über die Art des Regressionsansatzes und der verwendeten Regressoren durchgeführt werden.

Bisher ist man davon ausgegangen, dass die forstliche Standortserkundung weitgehend unveränderliche Umweltgrößen erfasst. Die Klimaentwicklung der letzten Jahrzehnte zeigt jedoch einen deutlichen Wandel, so dass aktuellere Bezugsperioden verwendet werden sollten, um eine Anpassung der klimatischen Grundlagen in der Standortserkundung zu ermöglichen. Zielgrößen sind daher die langjährigen Mittelwerte der aktuellen Klimanormalperiode 1971-2000.

Folgende meteorologische Größen sollen flächenhaft berechnet werden:

- Jahrestemperatur (Klimaatlas Bayern Karte Nr. 2)
- Monatsmitteltemperatur Januar (Klimaatlas Bayern Karte Nr. 3)
- Monatsmitteltemperatur Juli (Klimaatlas Bayern Karte Nr. 5)
- Temperatur Vegetationsperiode (Klimaatlas Bayern Karte Nr. 7)
- Dauer der Vegetationszeit (Klimaatlas Bayern Karte Nr. 17)
- Jahresniederschlagssumme (Klimaatlas Bayern Karte Nr. 25)
- Niederschlag Vegetationsperiode (bislang nicht vorhanden im Klimaatlas Bayern, dort wurde die Periode Mai-Oktober verwendet)
- Häufigkeit extremer Trockenperioden in der Vegetationsperiode

Zum Abschluss des Projektes sollen Rasterdaten für die genannten Klimagrößen als Rasterdaten für ganz Bayern vorliegen. Im Gegensatz zu den früheren bayerischen Klimaatlantent ist dabei die räumliche Auflösung um den Faktor 64 verbessert (siehe Abb. 4). Die Information einer jeden Rasterzelle wird nicht als Klasse, sondern als absoluter, stetig verteilter Wert ausgegeben.

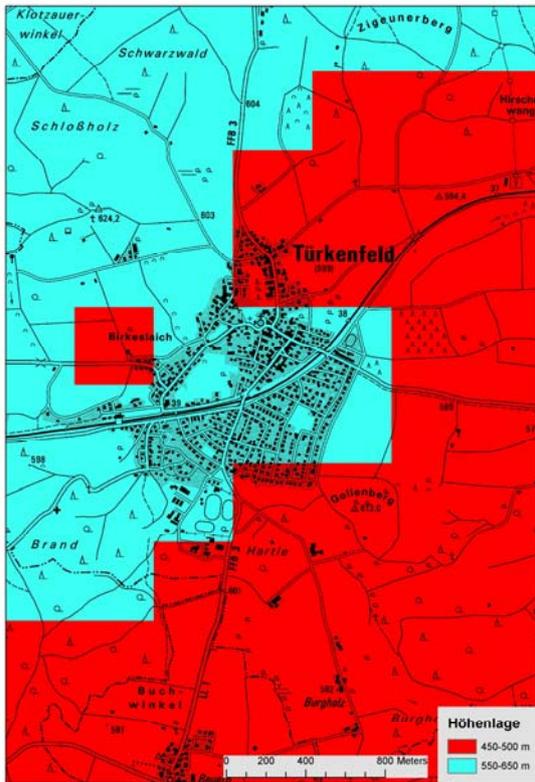


Abb 3: Grob aufgelöste ($400 \times 400 \text{ m}^2$) und weit klassierte Darstellung (100 m-Stufen) der Höhenlage im Klimaatlas für Bayern (ENDERS et al., 1996)

Fig. 3: Coarsely resolved ($400 \times 400 \text{ m}^2$) and widely classified representation (100 m steps) of altitude in the climate atlas of Bavaria (ENDERS et al., 1996)

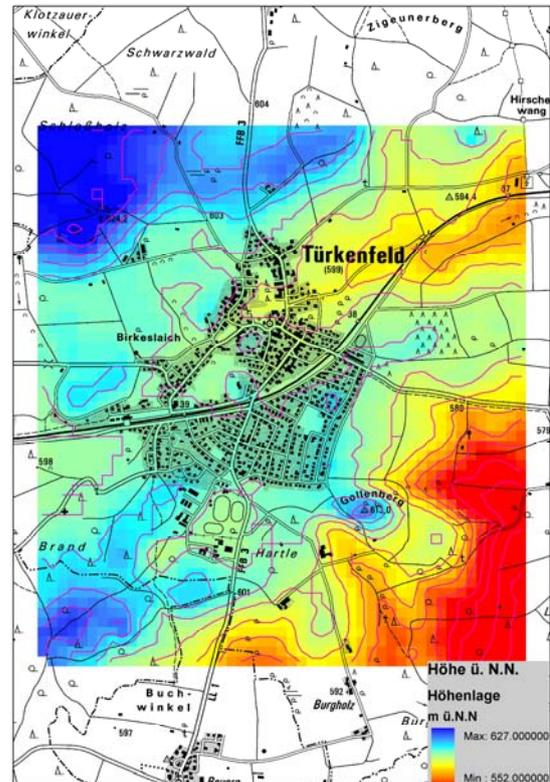


Abb 4: Fein aufgelöste ($50 \times 50 \text{ m}^2$) und unklassierte Darstellung der Höhenlage im DGM 25

Fig. 4: Highly resolved ($50 \times 50 \text{ m}^2$) and unclassified representation of altitude in the DEM 25

Meteorologische Größen, die in Karten- oder Rasterform wiedergegeben werden sollen, basieren auf unregelmäßig verteilten Stationswerten. Die Ermittlung von Flächenwerten (Regionalisierung) soll mit einem objektiv nachvollziehbaren, mathematischen Verfahren erfolgen. Für die Übertragung von punktuellen Klimadaten von Stationen auf die Fläche (Regionalisierung) gibt es unterschiedliche Ansätze: Isolinienkonstruktion, Gradientmethode, Interpolationsverfahren (Methode der inversen Abstandsquadrate (IDW), Kriging) bzw. Regressionsverfahren (FELBERMEIER, 1993; GOLDBERG, 1999). Da jedoch meteorologische Elemente stark von anderen raumbezogenen Parametern beeinflusst werden, ist eine reine Interpolationsmethode nur selten zulässig. So überlagert bei Temperaturwerten die Höhenlage die Nachbarschaftswirkung erheblich. Würde sich z.B. ein Berg zwischen zwei Temperaturmessstationen

befinden, so würden bei einer reinen Interpolation der Werte zwischen den beiden Stationen zu hohe Werte für die dazwischenliegenden Rasterpunkte ermittelt werden. Die Abhängigkeit der Temperatur von der Höhenlage muss folglich berücksichtigt werden. Gut geeignet sind statistische Verfahren wie die Regressionsanalyse, mit der ein numerischer Wert für die jeweilige Abhängigkeit ermittelt werden kann. Letztere versuchen Klimagrößen in Abhängigkeit von Geofaktoren wie bspw. Geländehöhe darzustellen (ENDERS, 1979). Die Regionalisierung der klimatischen Größen erfolgte im Agrar- und Umweltklimatologischen Atlas Bayerns (RÖTZER et al., 1997) bzw. Klimaatlas von Bayern (ENDERS et al. 1996) mittels einer multiplen Regression der Stationsdaten mit ihren zugehörigen Geofaktoren. Als Geofaktoren wurden die

- Höhe über NN,
- geographische Länge und Breite,
- Geländeneigung,
- Strahlungsexposition,
- Landnutzung (Bebauungsindex),
- relative Lage zu Gebirgen (Luv-/Lee-Effekt),
- Größe von Kaltlufteinzugsgebieten und
- Nebelhäufigkeit

für die verschiedenen Klimagrößen in Betracht gezogen. Da zumeist mehrere dieser Geofaktoren gleichzeitig zu berücksichtigen waren, musste die Abhängigkeit der meteorologischen Größen von diesen Geofaktoren über eine multiple Regressionsanalyse ermittelt und die Signifikanz der einzelnen Faktoren über statistische Tests bestimmt werden. Bei Verwendung einer rein statistischen Methode wie der Regressionsanalyse entstanden an den Stationen teilweise deutliche Abweichungen zwischen den gemessenen Werten und den statistisch bestimmten Werten. Diese Abweichungen oder Residuen waren jedoch nicht ausschließlich auf Beobachtungsfehler zurückzuführen, sondern beruhten auch auf in der Regressionsanalyse nicht berücksichtigten, weiteren Geofaktoren bzw. enthielten charakteristische, kleinräumige Einflüsse auf die Stationen. Mit Hilfe einer Interpolation der durch Regression nicht erklärten Abweichungen (Residuen) und anschließender Glättung konnten auch diese Einflüsse bei den bayerischen Klimaatlantanten berücksichtigt werden (RÖTZER UND WÜRLÄNDER 1994). Die Addition der aus der Regressionsanalyse und der Residueninterpolation erhaltenen Werte ergab das endgültige Raster mit den Werten der klimatischen Größen.

Schlussfolgerungen

Vergleichbare Ansätze zur Regionalisierung von klimatologischen Größen wie langjährigen Mittelwerten von Niederschlag und Temperatur wurden bereits für die forstliche Anwendung in Niedersachsen (MUES, 2000) und für das Osterzgebirge (GOLDBERG, 1999) wie auch allgemein in gröberer Auflösung (1 km²) im Klimaatlas Deutschland (MÜLLER-WESTERMEIER 1995, 1999, 2001) angewendet. Derzeit werden in Sachsen im ENFORCHANGE-Projekt Meteorologie („Regionalisierung und Modellierung von Klimagrößen in den Modellregionen Dübener Heide und Oberlausitz“) regionalisierte Klimadaten für andere Teilprojekte sowie als Input für Waldwachstumsmodelle (GOLDBERG, 2006) über vergleichbare Verfahren bereitgestellt. Für die Regionalisierung von Strahlung oder Wind müssen komplexere Modelle eingesetzt werden.

Literatur

- AMMER, C., BOSCH, T., DULLY, I., FAIBT, G., IMMLER, T. KÖLLING, C., MARX, N., SEIDL, G., SEITZ, R., WOLF, M. WOLFERSTETTER, T., 2006: Hinweise zur waldbaulichen Behandlung von Borkenkäferkalamitätsflächen in Mittelfranken. - LWF Wissen 54, 60 S.
- BAYER. STMLF, 2004: Waldumbau: Bayern spurtet in Richtung Mischwald "Waldumbau-programm Klimawandel im Staatswald" (WUKS) vorgestellt - Sonderprogramm startet an sieben Forstämtern. Pressemitteilung vom 3.5.2004.
- BOKU-INSTITUT FÜR WALDBAU, 2005: Bioklimatischen Charakterisierung der forstlichen Wuchsgebiete Österreichs. Eine bioklimatische Ergänzung zur Wuchsgebietgliederung nach Kilian et al. (1994). CD, Institut für Waldbau, BOKU Wien.
- BORCHERT, H., KÖLLING, C., 2004: Waldbauliche Anpassung an den Klimawandel jetzt beginnen. - LWF aktuell 43, 28 – 30.
- ENDERS, G., 1979 : Theoretische Topoklimatologie. Nationalpark Berchtesgaden: Forschungsbericht 1, 92 S.
- ENDERS, G. ET AL. (Hrsg.), 1996: Klimaatlas von Bayern / Bayerischer Klimaforschungsverbund, BayFORKLIM. München, 48 S., 57 Bl. : graph. Darst., zahlr. Kt., ISBN 3-00-000638-9.
- FELBERMEIER, B., 1993: Der Einfluß von Klimaänderungen auf die Areale von Baumarten : Methodenstudie und regionale Abschätzung für die Rotbuche (*Fagus sylvatica* L.) in Bayern. Forstliche Forschungsberichte München, 134, 214 S.
- GOLDBERG, V., 2006: http://tu-dresden.de/die_tu_dresden/fakultaeten/fakultaet_forst_geo_und_hydrowissenschaften/fachrichtung_wasserwesen/ifhm/meteorologie/forschung/ag/folder.2006-08-03.9074079748/TUD_Meteorologie2006-A2.pdf
- GOLDBERG, V., 1999: Zur Regionalisierung des Klimas in den Hochlagen des Osterzgebirges unter Berücksichtigung des Einflusses von Wäldern. - Tharandter Klimaprotokolle Bd. 2, 193 S.
- JACOB, D., LORENZ, P., GÖTTEL, H., MÖLLER, M., KOTLARSKI, S., 2006: Klimaänderungen in Deutschland, Österreich und der Schweiz bis 2100: erste Analysen des regionalen Klimamodells REMO - Mittelwerte und Extrema. <http://www.umweltbundesamt.de/klimaschutz/veranstaltungen/04jacob2.pdf> .
- KÖLLING, C., 2005: Waldbau im Klimawandel. Mit Mischwald nachhaltig die Zukunft gestalten. Festschrift 20 Jahre VfS. Hrsg.: Verein für Standortserkundung e.V., München , 20 - 23
- KÖLLING, C., 2006: Waldbau im Klimawandel - eine Herausforderung für die Forstliche Standortserkundung. - Forstinfo 3, 1 - 4
- KÖLLING, C., AMMER, C., 2006: Waldumbau unter den Vorzeichen des Klimawandels. Zahlen der Bundeswaldinventur zeigen Anpassungsschwerpunkte. - AFZ/DerWald 61.
- MÜLLER-WESTERMEIER, G., 1995: Numerisches Verfahren zur Erstellung klimatologischer Karten. - Berichte des Deutschen Wetterdienstes Nr. 193, Offenbach.
- MÜLLER-WESTERMEIER, G.; KREIS, A.; DITTMANN, E., 1999: Klimaatlas der Bundesrepublik Deutschland, Teil 1, Deutscher Wetterdienst, Offenbach.
- MÜLLER-WESTERMEIER, G.; KREIS, A.; DITTMANN, E., 2001: Klimaatlas der Bundesrepublik Deutschland, Teil 2, Deutscher Wetterdienst, Offenbach.

- MUES, V., 2000: GIS-gestützte Regionalisierung von Klima- und Depositionsdaten in Niedersachsen. Diss. Uni Göttingen 223 S. <http://webdoc.sub.gwdg.de/diss/2000/mues>
- RÖTZER, T., WÜRLÄNDER, R., 1994: Neuartige phänologische Karten von Bayern und deren Anwendungsmöglichkeiten in der Landschaftsökologie und Landschaftsplanung. Ber. d. Bay. Akademie für Naturschutz und Landespflege, Kirchzarten 18: 131-145.
- RÖTZER, T. ET AL. (Hrsg.) (1997): Agrar- und umweltklimatologischer Atlas von Bayern : (1961 - 1990), 1 CD-ROM ; 12 cm , Dateiverzeichnis (13 S.) Zolling : Deutscher Wetterdienst, Weihenstephan, ISBN 3-88148-334-9.
- SCHULTZE, B., KÖLLING, C., DITTMAR, C., RÖTZER, T., UND ELLING, W. (2005) Konzept für ein neues quantitatives Verfahren zur Kennzeichnung des Wasserhaushalts von Waldböden in Bayern: Modellierung – Regression – Regionalisierung. - Forstarchiv 76, 155 – 163.
- SPEKAT, A., ENKE, W., KREIENKAMP, F., 2006: Neuentwicklung von regional hoch aufgelösten Wetterlagen für Deutschland und Bereitstellung regionaler Klimaszenarios auf der Basis von globalen Klimasimulationen mit dem Regionalisierungsmodell WETTREG auf der Basis von globalen Klimasimulationen mit ECHAM5/MPI-OM T63L31 2010 bis 2100 für die SRES-Szenarios B1, A1B und A2. Projektbericht im Rahmen des Forschungs- und Entwicklungsvorhabens: “Klimaauswirkungen und Anpassungen in Deutschland - Phase I: Erstellung regionaler Klimaszenarios für Deutschland” des Umweltbundesamtes. Förderkennzeichen 204 41 138

Adressen der Autoren:

Dr. Lothar Zimmermann, Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft, SG 2.2 Klima und Wasserschutz, Am Hochanger 11, 85354 Freising, Tel. 08161-71-4914

Dr. Thomas Rötzer, Lehrstuhl für Waldwachstumskunde, TU München, Am Hochanger 13, 85354 Freising, Tel. 08161-71-4665

Dr. Uwe Hera, GeoKLIM, Birkenstraße 33a, 85757 Karlsfeld, Tel.08131-998276

Dr. Harald Maier, DWD-Abt. Agrarmeteorologie, Außenstelle Weihenstephan, Alte Akademie Nr. 16, Weihenstephaner Berg, 85354 Freising

Christoph Schulz, Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft, SG 2.2 Klima und Wasserschutz, Am Hochanger 11, 85354 Freising

Dr. Christian Kölling, Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft, SG 2.1 Boden und Standortkunde, Am Hochanger 11, 85354 Freising

Konzept für die Erstellung neuer hochaufgelöster Klimakarten für die Wälder Bayerns als Bestandteil eines forstlichen Standortinformationssystems

Lothar Zimmermann¹, Thomas Rötzer², Uwe Hera⁴, Harald Maier³, Christoph Schulz¹, Christian Kölling¹

¹Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft
³Deutscher Wetterdienst, Abt. Agrarmeteorologie

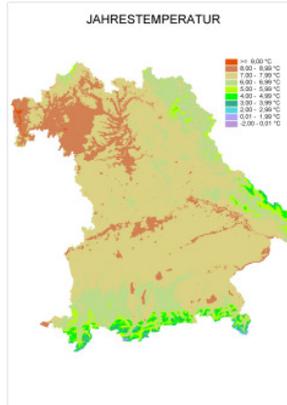
²Lehrstuhl für Waldwachstum TU München
⁴GeoKLIM consulting

Ziel

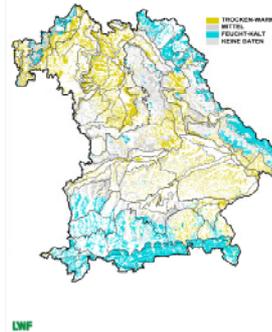
Aktuelle, hoch aufgelöste Klimakarten für Niederschlag und Temperatur als entscheidende forstliche Standortinformation

Bisher

- Bayerische KlimaAtlas (Enders/BayFORKLIM 1996), Agrar- und Umweltatlas von Bayern (Rötzer et al. 1997)
- Bezug 1951 bis 1980 (Temperatur) bzw. 1961 bis 1990 (Niederschlag)
- räumliche Auflösung von 400 m x 400 m.
- klassierte Daten (bspw. 1 °C-Klassen bei der Jahrestemperatur)



Klimaregionen in Bayern



Nachteile

- Geringe Differenzierung bei der Ableitung von forstlichen Klimaregionen
- 63 % der Landesfläche Bayerns fallen in die Klasse 7-8 °C
- In niedrigeren Maßstabsebenen unbefriedigende Berücksichtigung der Geländeform.
- zwei warme Dekaden (1981-1990 und 1991-2000) fehlen



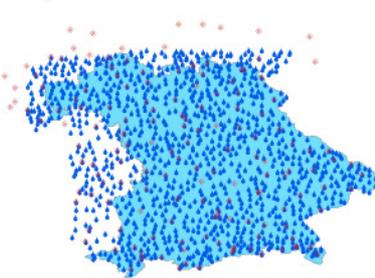
mangelnde Aktualität vor dem Hintergrund Klimawandel

Vorgehensweise

Bisherige Regionalisierungsmethoden

- **KlimaAtlas Bayern:** Gebietsabhängige Regressionen, Übergänge geglättet
- **Agrar- und Umweltatlas:** Multiple Regressionsanalyse mit Interpolation der Residuen, Faktoren: Höhe, Breite, Länge, Luv/Lee-Effekt, Bebauungsindex; Kaltlufteinfluss, Nebelhäufigkeit

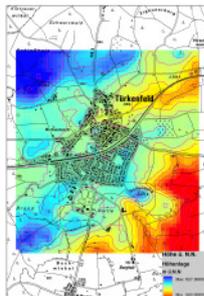
154 Klima- und 1117 Niederschlagsstationen



Vorteil DGM 25

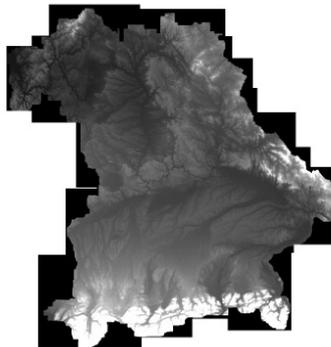


Grob (400*400 m) aufgelöste und weit klassierte Darstellung (100 m-Stufen) der Höhenlage im KlimaAtlas für Bayern



Fein (50*50 m) aufgelöste und unklassierte Darstellung der Höhenlage im DGM25

DGM 25 (LVA Bayern)



Geplante Ergebnistrasterkarten

- Jahrestemperatur
- Monatsmitteltemperatur Januar
- Monatsmitteltemperatur Juli
- Temperatur Vegetationsperiode
- Dauer der Vegetationszeit
- Jahresniederschlagssumme
- Niederschlag Vegetationsperiode
- Häufigkeit Trockenperioden

Anwendung

- Klimatische Basisinformation in digitalem forstlichen Standortinformationssystem
- Regionalisierung des Stressindicators Transpirationsspannungsdifferenz (Tpot-Takt.) aus der Wasserhaushaltsmodellierung mit LWF-BROOK90 (Schultze et al. 2005)
- Downscaling regionaler Klimaszenarien

Gewählte Regionalisierungsmethode

- Multiple Regressionsanalyse mit Interpolation der Residuen, Faktoren: Höhe, Breite, Länge, Luv/Lee-Effekt, Bebauungsindex;
- Verknüpfung mit Digitalem Höhenmodell DGM 25 (50 m*50 m horizontale Auflösung)
- Verknüpfung mit tägl. Zeitreihen aller verfügbaren bayerischen und angrenzenden Klima- und Niederschlagsstationen (1971-2000)

Ausgangspunkt: unregelmäßig über Bayern

verteilte Beobachtungen oder berechnete Werte

Lösung: Regionalisierung mittels multipler Regressionsanalyse

$$W(\varphi, \lambda) = c + a_1 \cdot \varphi + a_2 \cdot \mu + a_3 \cdot z + a_4 \cdot \sigma \dots + r$$

und Interpolation der Residuen r

gewählte Regressoren für Niederschlagskarten:

- > geografische Länge
- > geografische Breite
- > Höhe
- > Luv/Lee-Index

Literatur

- Enders, G. et al. (Hrsg.) (1996): KlimaAtlas von Bayern / Bayerischer Klimaforschungsverbund, BayFORKLIM. München, 48 S., 57 Bl. : graph. Darst., zahlr. Kt., ISBN 3-00-000638-9.
- Rötzer, T., Würländer, R. (1994): Neuartige phänologische Karten von Bayern und deren Anwendungsmöglichkeiten in der Landschaftsökologie und Landschaftsplanung. Ber. d. Bay. Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege, Kirchzarten 18: 131-145.
- Rötzer, Thomas et al. (Hrsg.) (1997): Agrar- und umweltsystemökologischer Atlas von Bayern : (1961 - 1990), 1 CD-ROM ; 12 cm , Dateiverzeichnis (13 S.) Zolling : Deutscher Wetterdienst, Weißenstephan, ISBN 3-88148-334-9.
- Schultze, B., Kölling, C., Dittmar, C., Rötzer, T., und Elling, W. (2005) Konzept für ein neues quantitatives Verfahren zur Kennzeichnung des Wasserhaushalts von Waldböden in Bayern: Modellierung – Regression – Regionalisierung. Forstarchiv 76, 155 – 163.