

# Wald, Wachstum, Umwelt

Großes Gemeinschaftsprojekt »WP-KS-KW« verschneidet die Bundeswaldinventur mit Boden- und Umweltdaten

Tobias Mette und Christian Kölling

**Wie wirkt sich der Klimawandel auf die Produktivität und Kohlenstoffspeicherung unserer Wälder aus? In einer länderübergreifenden Kooperation stellen zehn Ressortforschungsanstalten und zwei Universitäten einheitliche Boden- und Klimadaten (»Umweltvektor«) für insgesamt 26.450 Traktecken der Bundeswaldinventur (BWI) zusammen. Wachstumsmodelle werden weiterentwickelt und neu geeicht, um das Wachstum der BWI-Bestände unter Verwendung der neu gewonnenen Umweltdaten vorherzusagen. Auf diese Weise bekommt man Aufschluss über die weitere Entwicklung der Wälder Deutschlands, die Höhe des potenziellen Rohholzaufkommens und das Kohlenstoffbindungsvermögen unter den veränderten Bedingungen des Klimawandels.**

»Es ist allgemein bekannt, dass sich das Klima und mit ihm Wachstum und Verbreitung des Waldes langsam ändern«. Mit diesem Satz leitet Mitscherlich schon 1971 den zweiten Band seines berühmten Werkes »Wald, Wachstum, Umwelt« ein. Seit den frühen 1980er Jahren wissen wir, dass wir uns in einer Phase eines unerhört rasanten globalen Temperaturanstiegs befinden, und dass der anthropogen forcierte Ausstoß von Kohlendioxid und anderen Treibhausgasen wesentlichen Anteil daran hat. Dies hat auch die Sichtweise auf unseren Wald und seine Bewirtschaftung in zwei Kernfragen beeinflusst:

- Wie wirkt sich der Klimawandel auf die Produktivität unserer Wälder aus?
- Wie wirkt sich der Klimawandel auf die Kohlenstoffspeicherung unserer Wälder aus?

Seit Anfang 2014 arbeiten insgesamt zwölf Projektpartner aus ganz Deutschland daran, eine umfassende Datenbasis und methodische Grundlagen zur Beantwortung dieser Frage zu schaffen (s. Kasten). Das Projekt mit dem Kürzel »WP-KS-KW« (für: Waldproduktivität – Kohlenstoffspeicherung – Klimawandel) wird mit Bundesmitteln aus dem Waldklimafonds des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) und des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB) gefördert.

## Die Bundeswaldinventur bekommt Umweltdaten

In Deutschland ist die Bundeswaldinventur (BWI) aufgrund der einheitlichen Erhebung und statistischen Repräsentativität die bedeutendste Grundlage zur Abschätzung der Produk-

## Waldklimafonds und WP-KS-KW

Mit dem Beschluss zur Einrichtung des Waldklimafonds unterstreicht die Bundesregierung die Bedeutung unserer Waldökosysteme sowie die positiven Effekte einer nachhaltigen Waldbewirtschaftung und Holzverwendung für den Schutz des Klimas. Der Waldklimafonds ist Programmbestandteil des Sondervermögens Energie- und Klimafonds und ist auf der Grundlage eines Beschlusses des Deutschen Bundestages unter gemeinsamer Federführung des Bundeslandwirtschafts- und des Bundesumweltministeriums errichtet. Projektträger ist die Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung in Bonn (BLE). Nähere Informationen: [www.waldklimafonds.de](http://www.waldklimafonds.de).

Das Verbundprojekt WP-KS-KW (Waldproduktivität – Kohlenstoffspeicherung – Klimawandel) wird von zwölf Ressortforschungsanstalten und Universitäten in ganz Deutschland bearbeitet (s. Karte). Das Vorhaben hat eine Laufzeit von 3 ½ Jahren (2014–2017). Ziel des Projekts ist die verbesserte Beschreibung, Erklärung und Vorhersage des Waldwachstums aus Umweltgrößen in Deutschland und ihre Anwendung auf die Problematik des Klimawandels. Die Daten sollen an 26.450 Traktecken der Bundeswaldinventur BWI als »Umweltvektor« hinterlegt werden.



## Vielfalt der Böden am BWI-Trakt 1399

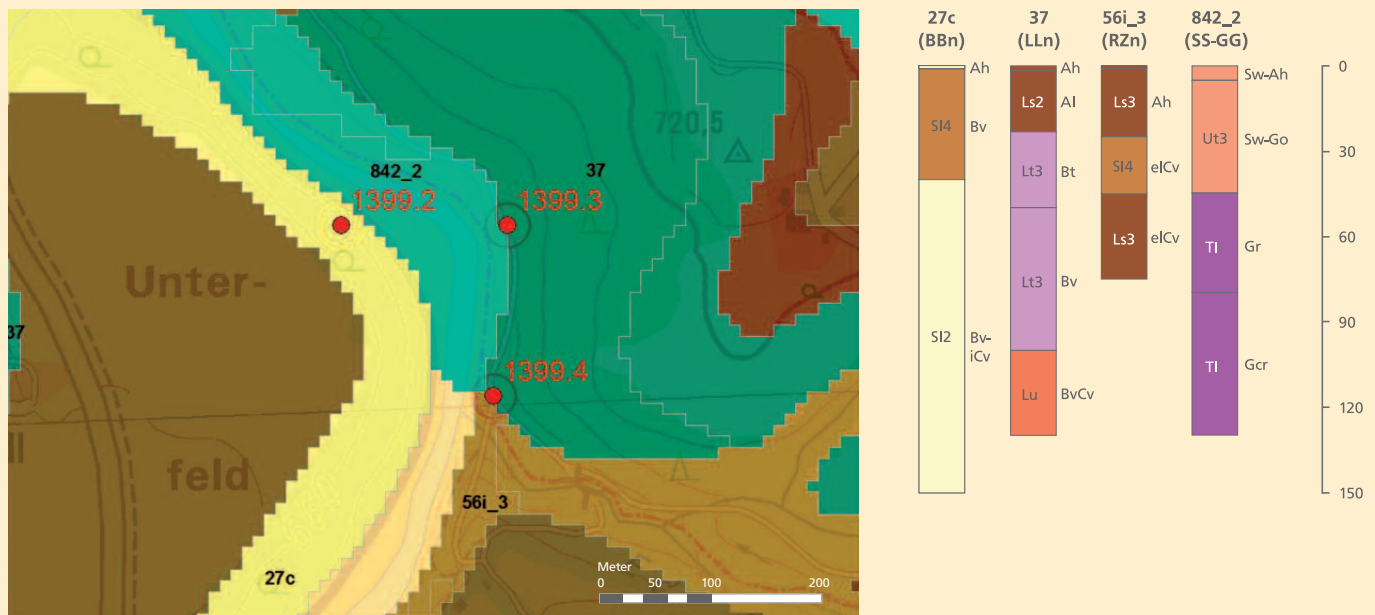


Abbildung 1: Boden-Standortsinformation für die Traktecken 1399.2-1399.4 der Bundeswaldinventur im Trauntal nördlich von Ruhpolding (Traktecke 1399.1 ohne Wald). Die Bodeneinheiten des Bayerischen Standortinformationssystems weisen ein Mosaik von Böden fluviatiler und glazialer Ablagerungen teilweise mit äolischer (Löss-)Deckschicht aus. Entsprechend heterogen sind die Böden:

Traktecke 1399.2 liegt auf einer Braunerde (Einheit 27c), Traktecke 1399.3 am Übergang zwischen Gley und Parabraunerde (Einheit 842\_2 und 37), Traktecke 1399.4 am Übergang zwischen einer Rendzina und Parabraunerde. Beim Waldtyp handelt es sich um vorratsreiche 80–120 Jahre alte Bergmischwälder aus Buche, Tanne, Fichte und Ahorn.

tivität und Kohlenstoffspeicherung unserer Wälder. Die kürzlich veröffentlichten Ergebnisse der dritten Bundeswaldinventur BWI 3 belegen, dass in Deutschland bei einem derzeitigen Vorrat von 3,7 Milliarden Festmetern 1,2 Milliarden Tonnen Kohlenstoff (C) gespeichert werden (BMEL 2014). In Bayerischen Wäldern stehen davon 987 Millionen Festmeter bzw. 300 Millionen t C. Abgesehen von Änderungen des gespeicherten Kohlenstoffs im Wald und in Holzprodukten vermeiden allein in Bayern Holzprodukte und -energie pro Jahr den Verbrauch von circa zwölf Millionen t Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) fossiler Brennstoffe (LWF 2014; Klein und Schulz 2011).

Zunehmend wird die BWI auch für praxisrelevante Aussagen zur Baumartenverbreitung und Standortsleistung herangezogen. Eine wesentliche Einschränkung dabei ist, dass die Standortdaten zu Boden und Klima für die BWI-Punkte vielerorts fehlen oder unbefriedigend sind. Herkömmliche Standortskarten besitzen nur lokale, allenfalls länderweite Gültigkeit und decken immer nur einen Ausschnitt aus dem Standortsspektrum einer Baumart ab. Ein primäres Ziel des Forschungsvorhabens ist es daher, das regionale Expertenwissen in einer länderübergreifenden Kooperation zu vereinen, um zu den 26.450 Datenpunkten der BWI einen einheitlichen Boden- und Klimadatensatz zu generieren. Es wird dabei das allen Ländern gemeinsame 4\*4 km Netz verwendet. Er hat die Form eines zu jedem BWI-Punkt zugeordneten Zahlenstrahls und wird daher auch als »Umweltvektor« bezeichnet. Im Umweltvektor sind die im Vorhaben zusammengetragenen, vereinheitlichten oder neu gewonnenen Daten zur Boden- und Klimaumwelt hinterlegt.

## Boden und Klima

Unter Anleitung des Kompetenzzentrums für Wald und Forstwirtschaft Graupa (Staatsbetrieb Sachsenforst) und des Forstlichen Forschungs- und Kompetenzzentrums Gotha (Thüringenforst) werden für jeden BWI-Punkt die Ergebnisse der verschiedenen traditionellen Standortkartierungsverfahren der Länder in einer Datenbank vereint und dokumentiert. Erstmals in der Geschichte der forstlichen Standortserkundung ist eine Einigung auf eine gemeinsame Ansprache von Wasser- und Nährstoffhaushalt und die Zuordnung von Leitprofilen zu den lokalen bis regionalen Standorteinheiten mit Erfolg zu Ende geführt worden. In Bayern stützen sich die Bodendaten auf die Profildatenbank des Bayerischen Standortinformationssystems BaSIS der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (LWF). Ein Beispiel für den Trakt 1399 ist in Abbildung 1 dargestellt.

Parallel dazu leitet die Forstliche Forschungs- und Versuchsanstalt Freiburg in Zusammenarbeit mit einem externen Dienstleister wichtige physikalische und chemische Eigenschaften des Bodens über geostatistische Ansätze ab. Als Stützstellen für diesen Regionalisierungsansatz dienen die Daten der Bodenzustandserhebung BZE 2 sowie länderspezifischer Bodeninformationssysteme, so auch des Bayerischen Standortinformationssystems.

Das Institut für physische Geographie der Universität Hamburg steht vor der größten rechentechnischen Herausforderung. Auch hier verwendet man geostatistische Regionalisierungsverfahren, um aus Klimastationsdaten die Klimahistorie Deutschlands 1961–2013 in einem 250 m x 250 m Raster

aufzulösen – und das mit täglich Werten! Die circa fünf Tera-Byte (1 TB=1.000 GB) großen Raster werden in der Datenbank nur für die BWI Traktecken hinterlegt – bei täglicher Auflösung immerhin 100 GB. Für die Prognose des Waldwachstums in der Zukunft werden Daten aus Klimamodellen für drei (RCP-)Klimapfade des 5. Berichts des IPCC (2014) aufbereitet.

## Wachstum und Umwelt

Die Nordwestdeutsche Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Göttingen (NW-FVA) übernimmt die Federführung bei der Erklärung des Zusammenhangs zwischen Standort (in Form von Boden und Klima) und Standortleistung (in Form des Bestandszuwachses). Da traditionelle Ertragstafeln den geänderten Klimabedingungen und Anbaumethoden nicht gerecht werden, kommt hierbei der an der NW-FVA entwickelte Modellansatz von Albert und Schmidt (2010) zum Einsatz. Im Fokus stehen die vier klassischen Wirtschaftsbaumarten Fichte, Kiefer, Buche und Eiche. Zur Modellkalibrierung werden die Bestandsdaten der BWI + Umweltvektor um zwei Datensätze erweitert:

- Die Bodenzustandserhebung (BZE 2), die zwar eine geringere Dichte, aber sehr präzise Boden- und Bestandsinformationen aufweist, und
- Europaweite Daten des ICP-Forest Netzes.

Der Blick nach Europa hat einen wichtigen Grund: Deutschland deckt nur ein Teilgebiet der Verbreitung unserer Baumarten ab. Gerade der warme bzw. warm-trockene Verbreitungsrand von Kiefer, Buche und Eiche liegt in Frankreich, Italien und Spanien bzw. Ungarn und Rumänien. Genau dort ist allerdings heute schon das Klima realisiert, das Klimaszenarien für Deutschland in der zweiten Hälfte des 21. Jahrhunderts voraussagen.

## Waldwachstumssimulatoren

Die Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg in Freiburg koordiniert im letzten Schritt die modellbasierte Vorhersage der Waldentwicklung bis 2100. Dazu entwickelt man die drei führenden Wachstumssimulatoren Deutschlands (WEHAM, Waldplaner/TreeGroSS und SILVA) weiter und macht sie sensitiv für die Umweltgrößen, die das Wachstum beeinflussen. Die Simulatoren erlauben es, auf Basis des Umweltvektors und des Wirkungszusammenhangs zwischen Standort und Standortleistung das potenzielle Rohholzaufkommen und Kohlenstoffbindungspotenzial im Klimawandel zu prognostizieren. Die Berücksichtigung verschiedener Klimaszenarien und waldbaulicher Zielsetzungen inklusive eines möglicherweise notwendigen Baumartenwandels zeigen, wie vorausschauendes forstliches Handeln zur Sicherung eines stabilen Waldes und seiner Klimaschutzfunktion beitragen kann.

## Wald, Wachstum und Umwelt: Wohin geht die Reise?

Wie schon die Bestandsdaten, so soll auch der Umweltvektor für die BWI am Projektende 2017 als »WP-KS-KW«-Datenbank über die Geodateninfrastruktur des Thünen-Instituts für Waldökosysteme in Eberswalde öffentlich verfügbar gemacht werden. Mit dieser Datensammlung liegen dann für jeden Punkt der Waldinventur die bestverfügbaren Informationen zu Boden und Klima vor. So können auch weitere bestehende Modellansätze verbessert werden, die die Abhängigkeit des Wachstums von Umweltgrößen zahlenmäßig beschreiben (z. B. Brandl et al. 2015; Kölling et al. 2015). In Abbildung 2 ist aufbauend auf Kölling et al. (2015) ein solches vergleichsweise einfaches Modell dargestellt. Wie die Schalen einer Zwiebel geben die gebogenen Flächen unterschiedliche Höhenbonitäten (Standortindices SI) der Fichte wieder. Das Minimum der Höhenwuchsleistung liegt in den kalten und feuchten Gebirgslagen links im Bild, das Maximum findet sich in niederschlagsreichen und sommerwarmen Klimaten, die rechts oben in der Grafik liegen. Tatsächlich befinden sich die besten bei der BWI erfassten Höhenbonitäten der Fichte in der Bodenseeregion, die genau diesem Klimatyp entspricht. Wenn es im Vorhaben gelingt, solche Modelle verlässlich zu kalibrieren, dann ist mit dieser Erklärung des Wuchsverhaltens aus Umweltdaten bereits ein wichtiger Meilenstein erreicht. Im nächsten Schritt kann man dann in Form einer Vorhersage (Prädiktion) die Auswirkungen einer durch den Klimawandel veränderten Umwelt auf das Wachstum abschätzen. In der Grafik ist beispielhaft als gelbe Kugel die gegenwärtige klimatische Position des BWI Trakts 18670 eingetragen. Dieser Trakt weist derzeit eine vom Modell geschätzte Höhenbonität (SI) von etwa 32 m auf. Die verschiedenen möglichen Ausprägungen des Klimawandels führen zwangsläufig zu einer Verlagerung der klimatischen Position des Trakts und der auf ihm stockenden Bäume im Klimaraum. 63 mögliche Realisationen des Klimawandels sind als rotes Strahlenbündel dargestellt. Es wird sommer- und winterwärmer (im Mittel um 3,5 bzw. 2,9 °C), während die Niederschläge keine gerichtete Tendenz zeigen (im Mittel nur 11 mm weniger). Interessant ist nun, wie sich im Klimawandel die Höhenbonität und damit auch die Produktionsleistung entwickeln werden. Wie man der Grafik entnehmen kann, steigt sie an diesem Trakt in vielen Fällen an, in einigen Fällen bleibt sie mehr oder weniger konstant und nur in wenigen Fällen nimmt sie deutlich ab. Dies scheint zunächst eine gute Nachricht zu sein, jedoch darf man nicht übersehen, dass am betrachteten Trakt die Entwicklung zu klimatischen Bedingungen führt, die bislang in Deutschland überhaupt nicht verwirklicht sind und die auch von dem bisher nur an deutschen Daten entwickelten Modell nicht bedient werden. Nun kommt es darauf an, zu prüfen, ob es in anderen Regionen Europas Fichten gibt, die unter den Bedingungen wachsen, die als Zielpunkte des Klimawandels künftig wahrscheinlich herrschen werden. Nur dann könnte man mit entsprechenden Daten das Modell in diesen Zukunftsbereich hin erweitern. Häufig wird man jedoch feststellen, dass aber die Regionen, in denen das zukünftig erreichte Klima schon heute verwirklicht ist, nirgends von Fichten besiedelt werden

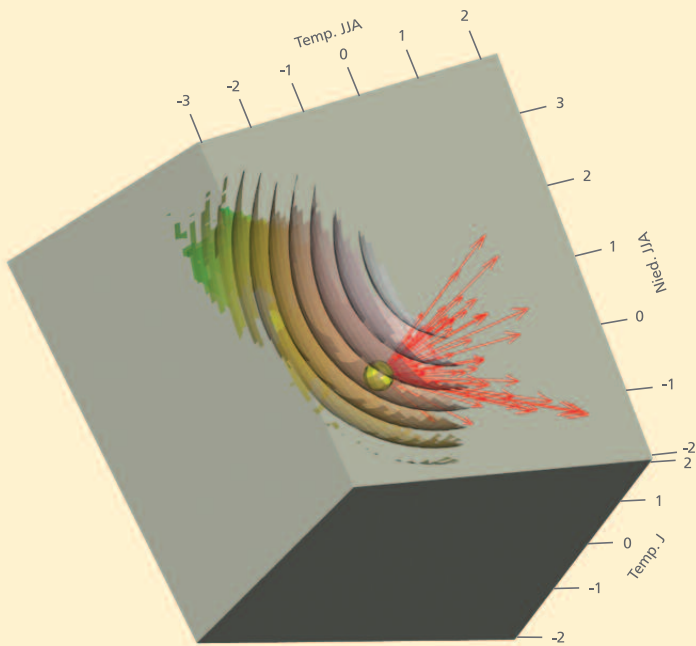


Abbildung 2: Darstellung eines einfachen Höhenbonitätsmodells (Standortsindex SI) für die Fichte im dreidimensionalen Klimaraum aus den Klimagrößen Sommertemperatur (Temp. JJA), Sommer- und Herbstniederschlag (Nied. JJA) und Wintertemperatur (Temp. J), basierend auf den Daten der BWI. Die schwächsten Höhenbonitäten sind grün, die stärksten grau eingefärbt. Der gelbe Punkt stellt die derzeitige klimatische Position des BWI-Trakts 18670 dar, das rote Strahlenbündel 63 mögliche Klimaentwicklungen im Klimawandel. Die drei Klimaachsen sind relativ und dimensionslos skaliert.

und dass diese Baumart dort auch gar nicht angebaut wird. Dann ist das Mortalitätsrisiko offensichtlich so hoch und der Anbauerfolg so niedrig, dass sich die Frage nach dem Wachstum erübrigt: Tote Fichten können nicht wachsen. In diesen Fällen erscheint dann ein Wechsel der Baumart angezeigt.

Für jeden BWI-Punkt und die wichtigsten Baumarten werden im Vorhaben Entwicklungslinien, wie sie in Abbildung 2 beispielhaft dargestellt sind, konstruiert. Mit ihrer Hilfe ist es dann möglich, die Wachstumssimulatoren so anzupassen und zu betreiben, dass man eine Vorstellung über die zukünftige Produktionsleistung unserer Waldbestände im Klimawandel bekommt. Überall dort, wo zukünftig widrige Umweltbedingungen die vorhandene Baumart über ihre Existenzgrenzen treiben, wird man auch den dann nötigen Baumartenwandel in die Entwicklungslinien einbauen müssen (Kölling et al. 2015).

## Gemeinsam geht es besser

Das Vorhaben WP-KS-KW ist ein gutes Beispiel dafür, dass große Probleme wie die Anpassung der Wälder an den Klimawandel nur als Gemeinschaftsaufgabe gelöst werden können. Kein Bundesland besitzt für sich genommen ausreichend Daten, um zu verlässlichen Modellen zu gelangen. Erst mit zusammengeführten Datensätzen und vereinter Fachkompetenz ist die Chance gegeben, zu vernünftigen und für die Forstwirtschaft nützlichen Ergebnissen zu kommen.

## Literatur

Albert, M.; Schmidt, M. (2010): Climate-sensitive modelling of site-productivity relationships for Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) and common beech (*Fagus sylvatica* L.). *ForEcoMan* 259, 739–749

BMEL - Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (2014): Der Wald in Deutschland. Ausgewählte Ergebnisse der dritten Bundeswaldinventur. BMEL, Berlin ([www.bundeswaldinventur.de](http://www.bundeswaldinventur.de))

Brandl S.; Falk W.; Klemmt, H.-J.; Stricker, G.; Bender, A.; Rötzer, T.; Pretzsch, H. (2014): Possibilities and Limitations of Spatially Explicit Site Index Modelling for Spruce Based on National Forest Inventory Data and Digital Maps of Soil and Climate in Bavaria (SE Germany). *Forests* 5.11 (2014): 2626-2646

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change (2014): Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 S.

Klein, D.; Schulz, C. (2011): Wald nutzen heißt Klimaschutz maximieren. *LWF aktuell* 85, S. 51–53

Kölling, C.; Mette, T.; Knoke, T. (2015): Waldertrag und Anbaorisiko in einer ungewissen Klimazukunft. *Swiss Forestry Journal*. akzeptiert

LWF - Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (2014): Nachhaltig und naturnah. Ergebnisse der dritten Bundeswaldinventur. Freising, ISSN 1865-8709, 32 S.

Mitscherlich, G. (1971): Wald, Wachstum, Umwelt. Band 2: Waldklima und Wasserhaushalt. 1. Auflage. Sauerländer, Frankfurt

Rüter, S. (2011): Welchen Beitrag leisten Holzprodukte zur CO<sub>2</sub>-Bilanz? *AFZ-DerWald* 15, S. 15–18

Dr. Tobias Mette und Dr. Christian Kölling (Abteilung »Boden und Klima« der LWF) koordinieren das Waldklimafonds-Projekt Waldproduktivität – Kohlenstoffspeicherung – Klimawandel »WP-KS-KW« (2014–2017). Das Projekt wird gefördert durch das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) und des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB).

Korrespondierender Autor: Dr. Tobias Mette,  
[Tobias.Mette@lwf.bayern.de](mailto:Tobias.Mette@lwf.bayern.de)