

# KUP-Scout jetzt online

Bayernweite Flächeninformation zu Ertragspotenzialen für Pappeln im Kurzumtrieb

**Elke Dietz, Ute Bachmann-Gigl, Nele Sutterer, Jutta Gerlach, Frank Burger und Stephan Millitzer**

»KUP-Scout« heißt die bayernweite digitale Ertragspotenzialkarte für Pappeln im Kurzumtrieb. Kurzumtriebsplantagen sind ein wertvoller Beitrag zu einer nachhaltigen Energiegewinnung. Mit KUP-Scout ist nun eine bayernweite flurstückscharfe Ertragsschätzung für Pappeln im Kurzumtrieb möglich. Die Daten und Informationen wurden in das Bayerische Waldinformationssystem (BayWIS) integriert und sind nun für die forstlichen Berater an den Ämtern für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten abrufbar. Die Bereitstellung im Informationssystem der Landwirtschaftsverwaltung (iBalis) für die landwirtschaftlichen Berater folgt in Kürze. Die Informationen kann man auch zusammengefasst auf Gemeindeebene über das Internet abrufen.



1 Kurzumtriebsplantagen leisten einen wichtigen Beitrag zu einer nachhaltigen Energieversorgung. Foto: F. Burger, LWF

Das Projekt KUP-Scout zielte darauf ab, Holz aus Kurzumtriebsplantagen (KUP) in lokale und (über-)regionale Energieversorgungskonzepte Bayerns einfacher einzubinden. Im Teilprojekt KUP-Scout I (Burger et al. 2012) hat man an drei Landkreisen in Bayern eine standortbasierte Ertragsschätzung nach dem Modell von Murach et al. (2008), das ursprünglich für Brandenburg entwickelt wurde, getestet. Dieser Modellansatz lieferte in Bayern auf Böden mit sehr guter Wasserversorgung zum Teil extrem hohe Erträge, die selbst für leistungsstarke Standorte zu hoch erschienen. Im Teilprojekt KUP-Scout II wurden daher die Ergebnisse dieses und weiterer Ertragsmodelle mit der Zuwachsleistung auf bayerischen Praxisflächen für Pappeln im Kurzumtrieb verglichen. Aufbauend auf diesen Resultaten wurde ein auf bayerische Standortverhältnisse angepasstes Ertragsmodell entwickelt. Mit Hilfe eines GIS konnten potenzielle Pappel-Erträge auf Landwirtschaftsflächen berechnet und in Kartenform dargestellt werden. Die Herausforderung hierbei war, die regional unterschiedlichen standörtlichen Verhältnisse (Boden und Klima) in Bayern möglichst zutreffend abzubilden, um daraus realistische Ertragsschätzungen zu erhalten.

## Verschiedene Wege zum Ziel

Für die bayernweite Abschätzung von Ertragspotenzialen müssen flächig Standortdaten zum Beispiel zu Temperatur, Niederschlag und Bodeneigenschaften vorliegen. Um bayerische landwirtschaftliche Flächen mit Bodeninformationen zu belegen, wurden zunächst etwa 60.000 Einzeldaten von 3.000 Bodengruben (Bodeninformationssystem LFU) fachlich geprüft, vervollständigt und weiterverarbeitet (s. Infokasten). Zur Modellerstellung schlug man im Projekt KUP-Scout II zwei unterschiedliche Wege ein: Zum einen griff man auf bereits vorhandene Modelle zurück und testete diese an Praxisflächen. Die berechneten Erträge wurden mit den tatsächlichen Erträgen der Praxisflächen verglichen und geprüft, ob die Modelle, beispielsweise durch schrittweise Anpassungen bzw. Änderungen, verbessert werden können. Zum anderen entwickelte man auf der Grundlage der Daten aus bayerischen Praxisflächen zwei eigene Ertragsmodelle. Die verwendeten Praxisflächen setzten sich aus den Versuchsflächen der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (LWF), des Bayerischen Amtes für forstliche Saat- und Pflanzenzucht (ASP) und den Untersuchungsflächen der Hochschule Weihenstephan-Triesdorf (HSWT) zusammen.

Die Ergebnisse beider Vorgehensweisen wurden anhand statistischer Größen, unter anderem Verzerrung (Bias), Präzision, Treffergenauigkeit (Pretsch und Dursky 2001), Root Mean Square Error (RMSE), verglichen und beurteilt, wie gut die Modelle für die Praxisflächen zutreffen (Modellgüte). In welchem Umfang die Ergebnisse der Modelle auf die Fläche Bayerns übertragbar sind (Gültigkeitsbereiche), wurde an Hand der sogenannten »Flächenabdeckung der Eingangsdaten« überprüft. Das heißt: Wo in Bayern kommen die Standortbedingungen vor, die für die Erstellung der Modelle verwendet wurden? Und welchen Flächenanteil machen diese in Bayern aus? Für die über Bayern verteilten Praxisflächen erfolgte dieselbe Auswertung. Sie sollte zeigen, ob die Ergebnisse aus den Tests an den Praxisflächen repräsentativ für Bayern sind.

## Sechs Ertragsmodelle auf dem Prüfstand

Die Ertragspotenziale sollten für die gesamte landwirtschaftliche Fläche Bayerns berechnet werden. Daher wurde zunächst für alle Modelle geprüft, ob die benötigten Eingangsparameter flächendeckend vorhanden sind oder aus anderen, verfügbaren Datengrundlagen berechnet werden können und ob in jedem Modell die Verknüpfung der Parameter für das Pappel-

Variable		Murach (2008)	Ali (2009)	Aust (2012)	Amthauer Gallardo (2014) <sup>1</sup>	Bayern Modell 1 (2015)	Bayern Modell 2 (2015) <sup>1</sup>
Standort	Niederschlag	Mai–September	Mai–Juni <sup>2</sup>	–	–	Mai–September	Mai–September
	Interzeption	Niederschlag * 0,35	–	–	–	–	–
	Klimatische Wasserbilanz <sup>3</sup>	–	–	Mai–Oktober, reliefkorrigiert	–	–	–
	Nutzbare Feldkapazität	0,5 m	eff. Wurzelraum	1 m	0,6 m	0,5 m	0,5 m
	Kapillarer Aufstieg	x	–	–	–	–	–
	Bodenart	–	–	–	–	–	Schluffgehalt
	Temperatur	–	April–Juli <sup>2</sup>	–	–	–	–
	Trockenheitsindex <sup>4</sup>	–	–	–	Mai–Juli	–	–
Bestand	Ackerzahl	–	x	–	–	–	–
	Sproßalter	–	x	–	–	x	–
	Umtrieb	–	–	–	–	x	–
	Pflanzdichte	–	–	–	–	x	–

2 Darstellung der im Projekt KUP-Scout getesteten Ertragsmodelle mit ihren Eingangsparametern

1 Klonspezifisch nur Max-Klone 2 Zeitraum: Kurzzeitiges Monatsmittel – Bestandesetablierung bis Ernte 3 Niederschlag abzüglich potenzieller Evapotranspiration 4 Nach De Martonne (1926): TI = Niederschlagssumme [mm] / (Temperaturmittel [°C] + 10)

wachstum plausibel ist. Vier der gesichteten Modelle erfüllten alle Anforderungen: Murach et al. (2008), Ali (2009), Aust (2012) und Amthauer Gallardo (2014) (Abbildung 2). Das Modell von Murach et al. (2008) stammt aus dem DENDROM Projekt und wurde für das Land Brandenburg entwickelt. Die anderen drei Ertragsmodelle entstanden im Rahmen von Dissertationen. Bei allen Modellen ist die Wasserverfügbarkeit der entscheidende Faktor für das Wachstum der Pappel, die Herleitung erfolgt jedoch über unterschiedliche Eingangsgrößen und Berechnungsverfahren.

**Vier »externe« Modelle**

Das Modell von Murach et al. (2008) basiert auf 18 Flächen in Sachsen, Brandenburg, Mecklenburg-Vorpommern, Bayern, Hessen und Niedersachsen. Der für den Ertrag relevante Parameter ist hier das sogenannte »Transpirationswasserangebot«, das Wasser, welches den Pappeln für die Transpiration in der Vegetationsperiode zur Verfügung steht.

In die Funktion von Ali (2009) zur Schätzung des Ertrags über die Bestandsoberhöhe flossen Daten aus sechs in Sachsen gelegenen Versuchsarealen ein. Die Modellparameter sind Sproßalter, Niederschlagssumme, Ackerzahl sowie die nutzbare Feldkapazität. Diese gibt die Wassermenge an, die sich im Wurzelraum der Pappel befindet, gegen die Schwerkraft im Boden gehalten wird und von der Pappel genutzt werden kann.

Das Modell von Aust (2012) nutzt Daten von 47 Flächen aus Baden-Württemberg, Rheinland-Pfalz und Frankreich und verwendet als Eingangsgröße die Wasserverfügbarkeit in der Vegetationszeit, in die mittels Reliefkorrektur auch der Wasserzu- und -abfluss mit eingehen.

Amthauer Gallardo (2014) entwickelte unter anderem klonspezifische Ertragsfunktionen aus einem Datenpool von 33 deutschlandweiten Versuchsflächen (PROLOC Projekt) mit ähnlichen Bestandsdaten. Als Modellvariablen verwendete er die nutzbare Feldkapazität und den Trockenheitsindex nach De Martonne (1926), der sich aus Niederschlagssumme und Temperaturmittel zusammensetzt.

**Zwei bayerische Modelle**

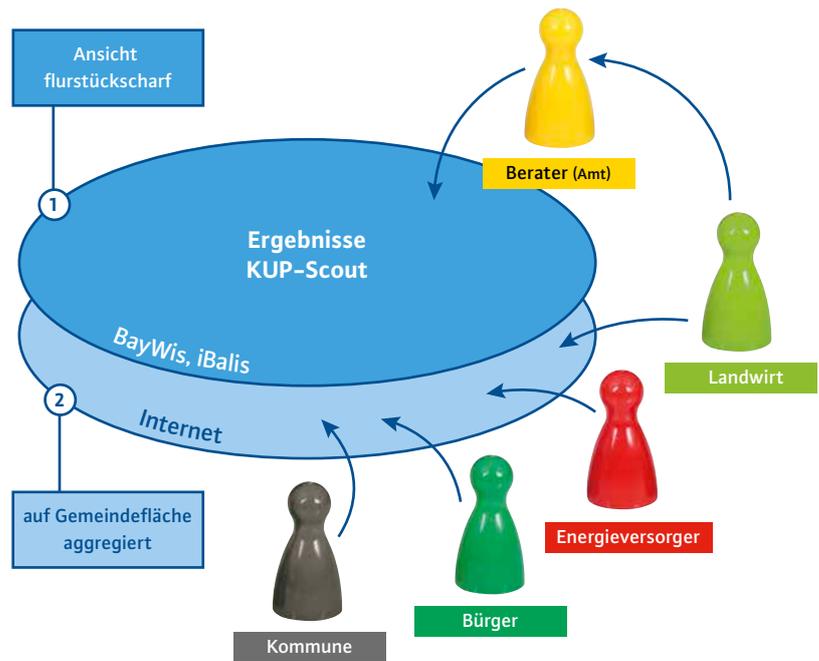
Die zwei eigenen bayerischen Modelle wurden auf Grundlage der 44 bayerischen Praxisflächen erstellt. Zur Anwendung kamen multiple lineare sowie schrittweise lineare (»stepwise forward«) Regressionsverfahren. Der eine Modellansatz (multiple lineare Regression) umfasst eine einfache Wasserbilanz aus Niederschlagssumme und nutzbarer Feldkapazität, das Bestandsalter, die Pflanzdichte sowie den Umtrieb als Faktor. Der Nachteil dieses Modells war, dass 68% der Zuwachs-Varianz durch die Umtriebszeit erklärt werden. Das zweite bayerische Modell greift einen von Amthauer Gallardo (2014) entwickelten Ansatz auf, der die Körnung des Bodens (Hauptbodenart) als signifikanten Einflussfaktor auf den Zuwachs berücksichtigt. Für das Modell wurden

**Bodeninformation für landwirtschaftliche Fläche**

Für Bayern liegt eine bodenkundliche Kartierung im Maßstab 1:25.000, die Übersichtsbodenkarte des LFU, vor. Diese wurde von der LWF über entscheidungsbaum-basierte Modelle entsprechend den Reliefgegebenheiten verfeinert und in etwa 5.000 Bodeneinheiten aufgeteilt. Jede dieser Bodeneinheiten wird in einer Legendeneinheit beschrieben. Diese Beschreibungen nutzt man, um den Legendeneinheiten sogenannte Leitprofile, das sind typische Böden, zuzuweisen. Sie stammen aus dem Bodeninformationssystem des LFU und sind mit chemischen und physikalischen Daten hinterlegt. Zum einen müssen die Leitprofile in der Fläche der entsprechenden Legendeneinheit verortet sein, zum anderen die Beschreibungen der Legendeneinheiten und der Leitprofile zum Beispiel bezüglich Korngrößenverteilung, Bodenhorizonten und Ausgangsmaterial übereinstimmen. Einer Legendeneinheit können mehrere Leitprofile zugeordnet werden. Durch die Zuordnung der Leitprofile zu den Legendeneinheiten hat man den Flächen der Legendeneinheit gleichzeitig chemische und physikalische Daten zugeordnet, mit denen man nun in einem GIS flächige Berechnungen, beispielsweise mit Ertragsmodellen, durchführen kann.

**3** Schematische Darstellung der anwenderspezifischen Bereitstellung der Ergebnisse von KUP-Scout für Nutzer auf verschiedenen Ebenen. Ebene (1) gibt ein Beispiel für die persönliche Beratung am AELF. Ebene (2) zeigt die Zugriffsmöglichkeit für den interessierten Nutzer, Energieversorger oder die Kommunen.

Foto Spielfiguren: T. Reckmann, pixelio.de



Ertragsdaten der Praxisflächen von Max-Klonen (Alter 5 und 6 Jahre) verwendet. Der schrittweise Ansatz bezieht zunächst die einfache Wasserbilanz und in einem zweiten Schritt (Residuen) den Schluffgehalt mit ein. So konnte die Erklärungsgüte des Modells von 49% auf 64% erhöht werden. Neben dieser Modellgüte waren für die Auswahl des Modells auch Kriterien wie unter anderem die Flächenabdeckung der Eingangsparameter (Gültigkeitsbereiche) relevant.

**Vom Basismodell zur bayerischen Ertragspotenzialkarte**

Nach umfangreichen statistischen Tests zur Modellgüte, Sensitivitätsanalysen, dem Prüfen der Gültigkeitsbereiche sowie der Experteneinschätzung und Validierung der Modellergebnisse an weiteren Praxisflächen wurde das Modell nach Ali (2009) in seiner ursprünglichen Variante als sogenanntes »Basismodell« für Bayern ausgewählt. Darauf aufbauend nahm man eine standörtlich-klimatische und regionale Anpassung an bayerische Verhältnisse über Korrekturfaktoren nach Petzold (2013) sowie aus Erfahrungswerten von Experten (u.a. Workshop) vor. Ziel war es, auf diese Weise wachstumshemmende bzw. unterstützende Einflussfaktoren, zum Beispiel niedrige Temperatur,

Trockenstress und Grundwasser, auf die tatsächlichen Erträge besser abzubilden und so ein für bayerische Verhältnisse bestmöglich zutreffendes Ertragsmodell, die bayerische Ertragspotenzialkarte für KUP, zu schaffen.

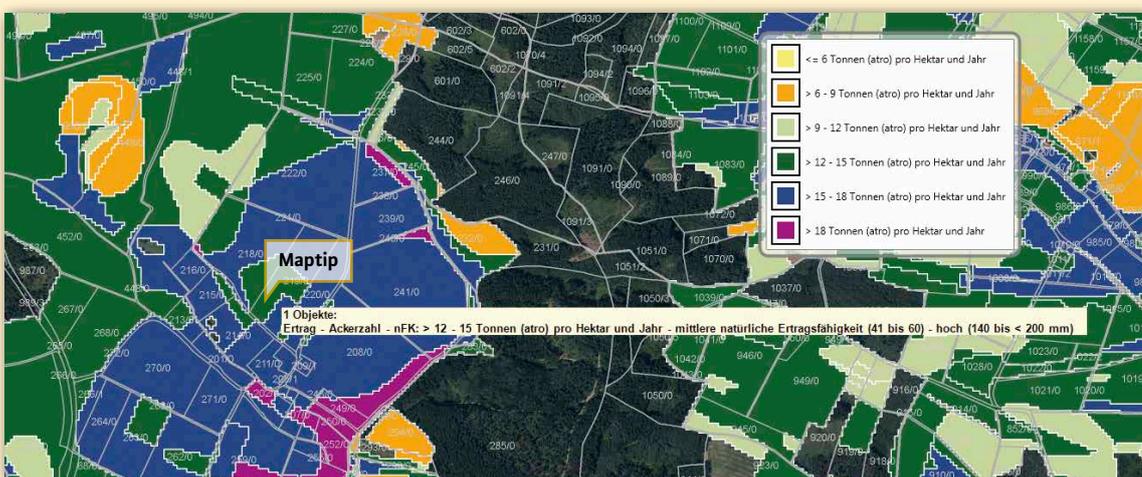
Das Ergebnis von KUP-Scout, die bayerische Ertragspotenzialkarte für KUP, liegt im Maßstab 1:10.000 vor und gibt das langfristige Ertragspotenzial für Pappel im Kurzumtrieb an. Um der in Bayern derzeit gängigen Anbaupraxis Rechnung zu tragen, beziehen sich die Berechnungen auf die weitverbreiteten Max-Klone bei einer mittleren Bestandsdichte von 7.400 (5.100–9.500) im zweiten Umtrieb mit einer Umtriebszeit von sechs Jahren.

**Bereitstellung der Daten**

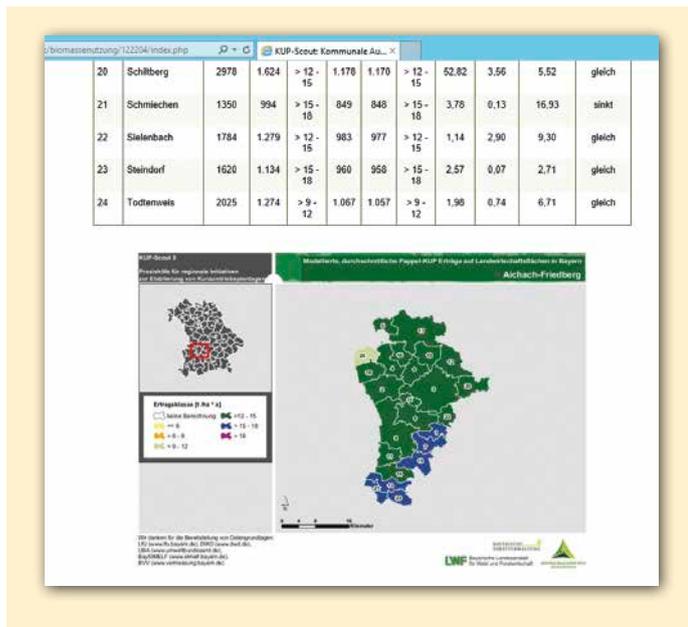
Das Ergebnis von KUP-Scout wird auf zwei Informationsebenen anwenderspezifisch (Abbildung 3) bereitgestellt:

- über behördeninterne Informationssysteme flurstückscharfe, detaillierte Informationen zu Beratungszwecken
- im Internet in aggregierter Form für interessierte Bürger, Kommunen, Planer (z. B. im Rahmen der regionalen Energieversorgung)

Die behördeninterne Version, beispielsweise im BayWIS, bietet zwei Betrachtungseinstellungen an: KUP Ertrag »Basis« kombiniert digitale Luftbilder (Orthofotos), Ertragspotenzialkarte, digitale Flurkarte und Grundstückseigentümerinformation (Abbildung 4). KUP Ertrag »Kulisse« kombiniert das Ertragspotenzial mit digitaler Flurkarte und verschie-



**4** Flurstückscharfe Kartendarstellung des Ertragspotenzials »KUP-Basis« im BayWIS (behördenintern); mit der Funktion »Maptip« können die Informationen zu Ertragspotenzial, Ackerzahl und Wasserspeicherfähigkeit angezeigt werden. Nach Aktivierung wird die vollständige Kartenlegende zum Ertragspotenzial angezeigt.



5 Aggregierte Darstellung der Ertragspotenziale (Karte und zugehörige Daten-Tabelle) im Internet am Beispiel des Landkreises Landshut; die Bayernkarte im linken Bereich gibt die Lage des ausgewählten Landkreises wieder (rotes Rechteck), im rechten Teil ist die Potenzialdarstellung des Landkreises für die einzelnen Gemeinden wiedergegeben.

denen thematischen Ebenen wie zum Beispiel Naturdenkmäler, geschützte Landschaftsbestandteile, Naturschutzgebiete, Vorranggebiete, Hochwasserschutz, Informationen zur tatsächlichen Nutzung, Exposition und Hangneigung. Die Berater können somit schnell Informationen zu Lage und Größe der Fläche, dem zu erwartenden Ertrag, der Entfernung vom Hof und rechtlichen Einschränkungen wie zum Beispiel durch Schutzgebiete abrufen. Alle Flächen sind zudem mit ihren Ackerzahlen hinterlegt, sodass gezielt solche Flächen für Kurzumtriebsplantagen ausgewählt werden können, die eine geringe Ackerzahl aufweisen und somit weniger für die Nahrungsmittelproduktion geeignet sind. Ebenfalls hinterlegt sind Luftbilder und Wege, daher können vom Hof schlecht zu erreichende oder vom Zugschnitt her ungünstige Flächen gezielt für KUP ausgewählt werden. In den BayWIS-Metadaten sind unter anderem Information zur Berechnung des Energiegehaltes angegeben, sodass über Flächengröße und Ertrag schnell die potenzielle Energieausbeute abzuschätzen ist. Informationen zu Schutzgebieten und Flächen, bei denen möglicherweise ein Vorbehalt gegenüber der Nutzung als KUP bestehen könnte, werden auf der Karte dargestellt und durch Informationen in den Metadaten ergänzt. Hinzu kommen Informationen zur Einstufung der Wasserverfügbarkeit (nutzbare Feldkapazität), Datenqualität sowie die Nutzungsbedingungen und der Verwendungszweck der Daten.

### KUP-Scout im Internet

Die Internetversion kann aus datenschutzrechtlichen Gründen nur in aggregierter Form bereitgestellt werden, d.h. die Informationen zu den Ertragspotenzialen sind auf Gemeindeebene zusammengefasst. Auf [www.kupscout-bayern.de](http://www.kupscout-bayern.de) mit dem Titel »KUP-Scout: Ein Pappel-Ertragsmodell für Bayern« wird neben allgemeinen Informationen zu Kurzumtriebsplantagen auch beschrieben, wie KUP-Flächen mithilfe des KUP-Scouts geplant werden können und was hierbei zu beachten ist. Gleich zu Seitenbeginn findet der eilige Nutzer Verlinkungen zu den kommunalen Auswertungen mit Ertragspotenzialen in Karten- und Tabellenform (Abbildung 5) für die sieben bayerischen Regierungsbezirke. Die Erläuterungen zu den Tabellen sind zunächst verborgen und können per Mausklick auf das vorangestellte Plus-Zeichen ausgeklappt werden. Der mittlere Bereich der Einstiegsseite beschreibt den fachlichen Hintergrund des KUP-Scouts und gibt einen Überblick über die einzelnen Projektphasen und die Modellierung der Erträge. Hier erhalten auch Nutzer mit wissenschaftlichem Interesse vertiefte Informationen zu den verwendeten Daten und den Ergebnissen des KUP-Scouts.

### Zusammenfassung

KUP-Scout ist online. Mit KUP-Scout steht nun erstmals ein bayernweites digitales Informations- und Beratungswerkzeug zu Ertragspotenzialen von Kurzumtriebsplantagen zur Verfügung. Die Datenbereitstellung erfolgte auf die jeweiligen Zielgruppen zugeschnitten: Über behördeninterne Informationssysteme für den forst- bzw. landwirtschaftlichen Berater/in an den Ämtern für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten oder per Internet für den interessierten Bürger.

### Literatur

- Burger, F.; Schumann, C.; Gisder, F. (2012): GIS-basierte Standort-suche für KUPs. Grüne Energie im Aufwind. LWF aktuell 90, S.12–14
- De Martonne, E. (1926): Une nouvelle fonction climatologique: L'indice d'aridité. La Meteorologie 8, S. 449–458
- Ali, W. (2009): Modelling of Biomass Production Potential of Poplar in Short Rotation Plantations on Agricultural Lands of Saxony, Germany. Dissertation Fachrichtung Forstwissenschaften. TU Dresden
- Amthauer Gallardo, D. (2014): Standortbasierte Ertragsmodellierung von Pappel- und Weideklonen in Kurzumtriebsplantagen. Dissertation an der Fakultät Umweltwissenschaften. TU Dresden
- Aust, C. (2012): Abschätzung der nationalen und regionalen Biomassepotenziale (Bd. Dissertation). Freiburg i. Brsg.
- Murach, D.; Murn, Y.; Hartmann, H. (2008): Ertragsermittlung und Potentiale von Agrarholz. Forst und Holz 63 (6), S. 18–23
- Petzold, R. (2013): Standortsökologische Aspekte und Anbaupotenziale von Kurzumtriebsplantagen in Sachsen. Dissertation Fakultät Umweltwissenschaften. TU Dresden
- Pretzsch, H.; Dursky, J. (2001): Evaluierung von Waldwachstums-simulatoren auf Baum- und Bestandesebene. Allg. Forst- u. J.-Ztg. 172 (8–9), S. 146–150

### Autoren

Dr. Elke Dietz war Projektleiterin des Projekts »KUP-Scout II« in der Abteilung »Forsttechnik, Betriebswirtschaft und Holz« der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft und ist dort unter anderem für GIS-Modellierung und standörtliche Fragen zuständig.

Ute Bachmann-Gigl und Nele Sutterer bearbeiteten als Mitarbeiterinnen der Abteilung das Projekt.

Jutta Gerlach arbeitet als Mitarbeiterin der Abteilung im Projekt Energiewende und Öffentlichkeitsarbeit.

Dr. Frank Burger ist in der Abteilung für den Themenbereich Kurzumtriebsplantagen und Agroforst zuständig und war stellvertretender Projektleiter.

Stephan Millitzer arbeitet in der Abteilung »Informationstechnologie« und ist dort stellvertretender Projektleiter und Anforderungsanalytiker für das Bayerische Waldinformationssystem (BayWIS).

**Kontakt:** [Elke.Dietz@lwf.bayern.de](mailto:Elke.Dietz@lwf.bayern.de)

### Links

[www.kupscout-bayern.de](http://www.kupscout-bayern.de)