

Projekt FOREXCLIM: Wälder und extreme Wetterereignisse

Das europäische Forschungsprojekt FOREXCLIM untersucht die Frage nach nachhaltigen Bewirtschaftungsstrategien für europäische Wälder unter Berücksichtigung der Risiken extremer Wetterereignisse. Um Szenarien für nachhaltiges Waldmanagement im Klimawandel zu entwickeln, wird das finanzielle Optimierungsmodell YAFO mit dem prozessbasierten Vegetationsmodell LPJ-GUESS gekoppelt. Erste Ergebnisse zeigen die Möglichkeiten von LPJ-GUESS zur realistischen Wachstumssimulation von Beständen.



Foto: Johannes Urban

Durch den Klimawandel sollen Extremereignisse wie z. B. Stürme in Europa häufiger werden. Waldfläche nördlich von Ljubljana in Slowenien.

Claudia Chreptun

Schneller Überblick

- Beim Projekt FOREXCLIM geht es um nachhaltige Bewirtschaftungsstrategien für Europa unter Berücksichtigung von extremen Wetterereignissen
- Dabei wird das prozessbasierte Vegetationsmodell LPJ-GUESS mit dem ökonomischen Optimierungsmodell YAFO kombiniert
- Erste Simulationsergebnisse zeigen realistische Wachstumsverläufe und Potenzial für weitere Forschung

Bis zum Jahr 2100 wird prognostiziert, dass klimatische Extremereignisse wie z. B. Trockenheit und Stürme in Europa in deutlich größerer Zahl und Stärke auftreten werden. Allgemein geht man davon aus, dass der Klimawandel nicht nur bestehende Risiken in der Forstwirtschaft verstärken, sondern auch neue hervorrufen wird [7].

Gesteigerte Risiken für die Forstwirtschaft in der Zukunft

Der planerische Umgang mit Unsicherheiten und Risiken ist in der Forstwirtschaft nicht neu: allein durch die Länge

FOREXCLIM

der Planungsperiode über mehrere Jahre bis Jahrzehnte müssen Aspekte wie Einschlagszeitpunkt und Baumartenwahl auch gegen langfristige Entwicklungen wie Holzpreisschwankungen und Störungsanfälligkeit abgewogen werden [2].

Modelle können gute Anhaltspunkte bieten, um Anpassungsmöglichkeiten aufzuzeigen und damit Entscheidungen zu unterstützen [8]. Doch auch Modellergebnisse sind mit Ungenauigkeiten behaftet, welche bei der Interpretation der Ergebnisse berücksichtigt werden müssen. Gerade in der

Forstwirtschaft sind es oft kleinräumige Faktoren, welche die Entwicklung eines Waldbestands steuern. Diese Details können mit überregionalen (Klima-) Modellen kaum abgebildet werden.



Eis Sturm im Jahr 2014 verursacht große Schäden in Slowenien: Fläche westlich von Ljubljana nach der Aufarbeitung im Jahr 2018

Auch haben Witterungsextreme wie Stürme, Dürren oder Kälteperioden einen größeren Einfluss auf Wälder als Änderungen, welche als klimatische Durchschnittswerte (wie z. B. Jahresmitteltemperaturen) darstellbar sind [9].

Europäisches Forschungsprojekt FOREXCLIM

An diesem Punkt setzt das europäische Forschungsprojekt FOREXCLIM (Forests and extreme weather events: Solutions for risk resilient management in a changing climate) an, das von 2017 bis 2020 durch das FP7 ERA-NET (European Research Area Networks) „Sumforest“ (Sustainable forest management, Multifunctional forestry, European forest policy) und der Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung finanziert wird. Der Forschungsschwerpunkt von FOREXCLIM liegt auf der Frage nach nachhaltigen Bewirtschaftungsstrategien für europäische Wälder der Zukunft unter Berücksichtigung der Risiken extremer Wetterereignisse.

Forschergruppen dreier europäischer Universitäten sind in dieses Projekt ein-

gebunden, welches unter der Koordination von Prof. Anja Rammig (Professur für „Land Surface-Atmosphäre Interactions“) von der Technischen Universität München steht. Im Rahmen ihrer Promotion an der Professur führt Ekaterina Sycheva Simulationen mit LPJ-GUESS durch und entwickelt forstliche Management-Szenarien, welche von Prof. Ben Smith und Dr. Mats Lindeskog der Universität Lund (Schweden) in LPJ-GUESS implementiert werden. Prof. Andrej Ficko von der Universität Ljubljana (Slowenien) koordiniert den Austausch mit der forstlichen Praxis über die Einbindung von Interessengruppen wie der European State Forest Association (EUSTAFOR) und dem Forest Stewardship Council (FSC). Am Fachgebiet für Waldinventur und nachhaltige Nutzung der Technischen Universität München wird der finanzielle Aspekt der möglichen Bewirtschaftungsstrategien von Prof. Thomas Knoke und Claudia Chreptun untersucht.

Verwendete Methode für die finanzielle Untersuchung

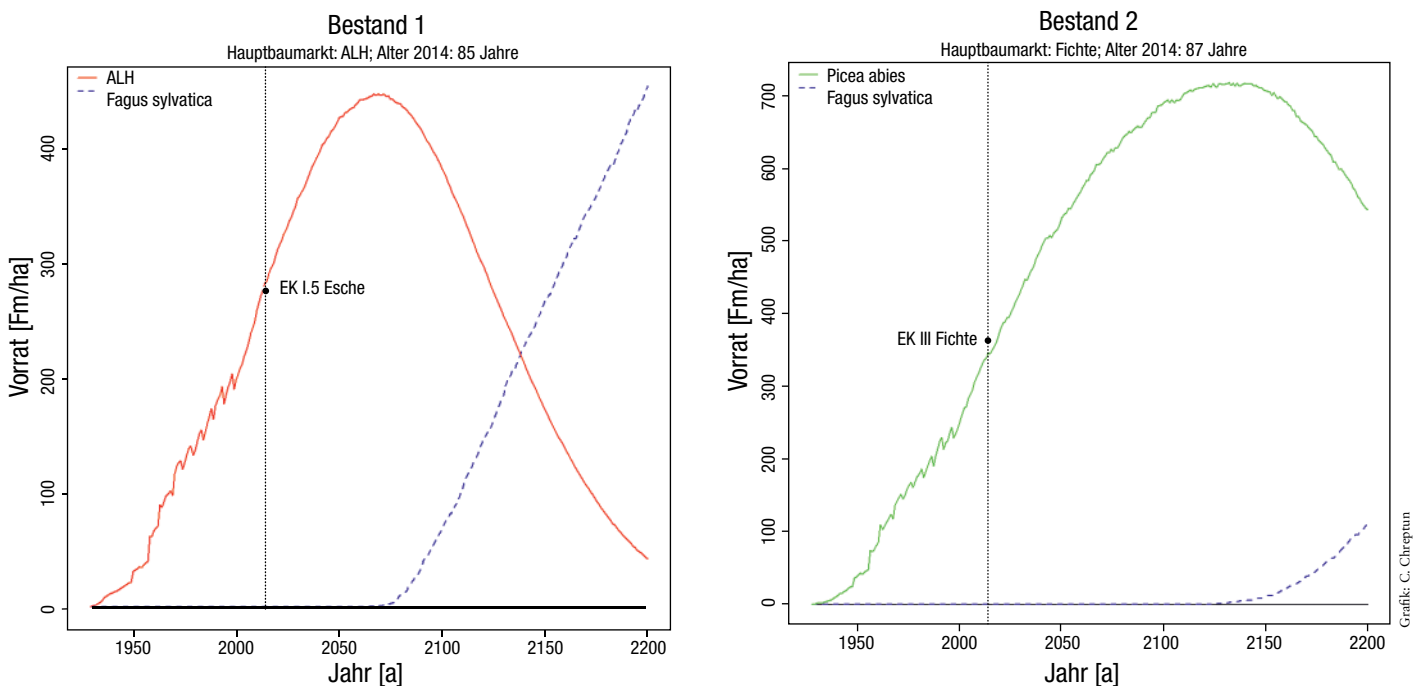
Für die wirtschaftliche Analyse wird das Programm YAFO verwendet, das es ermöglicht, finanzielle Optimierungen in Forstbetrieben unter Berücksichtigung des Risikos durchzuführen [2, 4].

Auch Ökosystemdienstleistungen wie Kohlenstoffspeicherung oder Totholzbereitstellung können in die Zielsetzung der Optimierung integriert werden [3, 5].

YAFO benötigt für die finanzielle Optimierung Eingangsdaten über die Wachstumsentwicklung der einzelnen Bestände eines Betriebes. Bisher wurden für die zukünftige Bestandsentwicklung statistische Daten verwendet. Ein einfaches Beispiel solcher Daten sind die Werte der Ertrags tafeln.

Damit können aber nur Entwicklungen abgebildet werden, welche auch in der Vergangenheit beobachtet wurden. Die durch den Klimawandel hervorgerufenen neuen Bedingungen können jedoch mit den Daten der Vergangenheit nicht sicher nachvollzogen werden.

Eine Lösung dieses Problems ist die Verwendung von prozessbasierten Wachstumsmodellen. Bei solchen Ansätzen wird das Gesamtverhalten des Ökosystems,



z. B. das Wachstum des Waldes, durch die mathematische Beschreibung der zugrunde liegenden biologischen Prozesse und deren Interaktion mit den Umweltfaktoren abgebildet. Eine erhöhte Temperatur führt zum Beispiel zu einer höheren Photosyntheseleistung, die wiederum ein vermehrtes Wachstum der Pflanze und eine erhöhte Produktivität des gesamten Ökosystems zur Folge hat. Andererseits wird dieser Effekt bei geringerer Wasserverfügbarkeit oder zu hohen Temperaturen abgeschwächt. Somit kann mit einem prozessbasierten Modell die Reaktion des Waldes auf eine derartige, möglicherweise bisher unbekannte Änderung der Wachstumsbedingungen abgeleitet werden.

Ein etabliertes Modell dieser Art ist das prozess-basierte Vegetationsmodell LPJ-GUESS [10]. Damit wurden bisher zum Beispiel Veränderungen innerhalb der potenziellen natürlichen Vegetation Europas untersucht [6].

Prozessbasierte Wachstumsdaten

Im Folgenden werden Auszüge aus den Ergebnissen gezeigt, welche die Möglichkeiten des prozessbasierten Vegetationsmodells LPJ-GUESS testen, die tatsächliche Bestandesentwicklung in einem bayerischen Forstbetrieb nachzuvollziehen. Als Vorgabe für die Wachstumssimulationen dienten die Angaben auf Bestandesebene für Hauptbaumart und Alter aus der Forstbetriebsinventur 2014. Bisher bildet LPJ-GUESS die Entwicklung der natürlichen Vegetation und deren Sukzession über mehrere Jahrhunderte nach. Für dieses Projekt wird aber nun versucht, keine natürliche, sondern vom Menschen geformte Vegetation zu modellieren. Dafür wurde ein neues Managementmodul eingebaut, welches die Entwicklung der Vegetation über Pflanzung und Ernteeingriffe steuert.

Die Ernteeingriffe werden in einem Turnus von fünf Jahren ab Pflanzung bis zu einem Bestandesalter von 70 Jahren vorgegeben. Dabei werden jeweils 10 % der Biomasse entnommen. Diese Durchforstung soll zunächst alle Arten außer der vorgegebenen Hauptbaumart betreffen. Können damit keine 10 % der Biomasse erreicht werden, wird auch die Hauptbaumart vom schwachen Ende her entnommen. Zusätzlich wird der Ausfall von

unterständigen Bäumen durch Lichtmangel (self-thinning) im Modell durch einen Mortalitätsanteil pro Jahr berücksichtigt.

Bei den verwendeten Klimadaten wurden die Werte der bisherigen Verhältnisse extrapoliert. In einem nächsten Schritt ist geplant, das Vegetationsmodell mit unterschiedlichen Klimaszenarien für die Zukunft zu testen.

Realistische Abbildung genereller Wachstumsverläufe

Die beiden simulierten Bestände in Abb. 1 zeigen, dass es möglich ist, realistische Wachstumsverläufe zu generieren. Auch der Einwuchs der Buche entspricht den Beobachtungen in der Praxis.

Mit der Simulation in LPJ-GUESS erreicht der Bestand 1 (Vorgaben für die Simulation: Hauptbaumart „Anderes Laubholz hoher Lebenserwartung (ALH)“, Alter 85 Jahre) 284 Efm o. R. Dies entspricht annähernd den Ertragsstapelwerten der Esche (als ein Beispiel einer ALH-Baumart) in der Ertragsklasse I.5 von 277 Efm Derbholzmasse im Alter 85 (Wimmenauer/Schwappach 1919/1929).

Das Volumen für Bestand 2 mit der Hauptbaumart Fichte (Alter 87) wird mit der LPJ-Guess-Simulation auf 343 Efm o. R. geschätzt. Damit wird das Niveau der Ertragsklasse III (mäßige Durchforstung nach Wiedemann) erreicht [1]. Vermutlich wird hier das wahre Potenzial des Standortes unterschätzt.

Auch bei Vergleich mit den Vorratswerten der Inventur wird deutlich, dass die Bestände noch nicht getreu ihrer einzelstandörtlichen Entwicklung korrekt abgebildet werden können. Ein Grund hierfür ist die momentan noch starke Vereinfachung der Inventurangaben zu einer Hauptbaumart und einem Durchschnittsalter, welche als Eingangsdaten für die Simulation verwendet werden. Ein weiterer möglicher Grund ist, dass das vorgegebene, vereinfachte Durchforstungsregime zu weit von den tatsächlich durchgeführten Maßnahmen entfernt ist.

Untersuchung der Auswirkung von Klimawandel und Extremereignissen

Die vorgestellten Ergebnisse zeigen die Schwierigkeit einer detaillierten, standortgetreuen Wachstumssimulation mit einem großräumig angelegten Vegetati-

onsmodell. Damit ist auch die Präzision der nachfolgenden finanziellen Optimierung für den betrachteten Forstbetrieb eingeschränkt.

Die Untersuchung von generellen Zusammenhängen mit Wachstumsdaten, welche auf diese Weise generiert wurden, kann aber durchgeführt werden. Daher ist für den nächsten Schritt geplant, die Wachstumssimulationen mit verschiedenen Klimaszenarien anzutreiben, um damit den Einfluss des prognostizierten Klimawandels abzuschätzen und diesen finanziell zu bewerten.

Die Folgen der häufigeren Extremereignisse bzw. der damit verbundenen Kalamitäten können zunächst direkt in YAFO über die Zufallsintegration in der finanziellen Optimierung abgebildet werden.

Für die Übertragung in die forstliche Praxis müssen dann anschließend diese generellen Zusammenhänge auf die kleinräumigen Verhältnisse vor Ort angepasst werden.

Literaturhinweise:

- [1] Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (Hrsg.) (1990): Hilfsstabeln für die Forsteinrichtung. [2] HAHN, A.; HÄRTL, F. et al. (2014): Financially optimized management planning under risk aversion results in even-flow sustained timber yield. *Forest Policy and Economics* 42, S. 30-41. [3] HÄRTL, F.; HÖLLERL, S. et al. (2016): A new way of carbon accounting emphasises the crucial role of sustainable timber use for successful carbon mitigation strategies. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change* (doi: 10.1007/s11027-016-9720-1). [4] HÄRTL, F.; HAHN, A. et al. (2013): Risk-sensitive planning support for forest enterprises. *Computers and Electronics in Agriculture*, 94, S. 58-70. [5] HÄRTL, F.; LANGHAMMER, P. et al. (2018): Strategien zur Minimierung von Opportunitätskosten der Holzherstellung. *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen*, 169(1), S. 9-17. [6] HICKLER, T.; VOHLAND, K. et al. (2012): Projecting the future distribution of European potential natural vegetation zones with a generalized, tree species-based dynamic vegetation model. *Global Ecology and Biogeography*, 21(1), S. 50-63. [7] IPCC (2012): *Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation*. A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change (Field, C. B.; Barros, V.; Stocker, T. F.; Qin, D.; Dokken, D. J.; Ebi, K.L.; Mastrandrea, M. D.; Mach, K.J.; Plattner, G.-K.; Allen, S.K.; Tignor, M.; Midgley P.M. (eds.)). Cambridge University Press, Cambridge, UK, and New York, NY, USA, 582 S. [8] KALLRATH, J. (2013): *Gemischt-ganzzahlige Optimierung*, 2. Aufl. Springer, Wiesbaden. [9] LINDNER, M.; FITZGERALD, J. et al (2014) *Climate change and European forests*. *J Environ Manage*, 146, S. 69-83. [10] SMITH, B.; WÄRLIND, D. et al. (2014): Implications of incorporating N cycling and N limitations on primary production in an individual-based dynamic vegetation model. *Biogeosciences*, 11, S. 2.027-2.054.

Claudia Chreptun,
chreptun@mytum.de,
ist seit 2017 wissenschaftliche Mitarbeiterin am Lehrstuhl für Waldinventur und nachhaltige Nutzung unter der Leitung von Professor Thomas Knoke. Sie promoviert im Projekt FOREXCLIM über die finanziellen Auswirkungen der Extremereignisse auf die forstbetriebliche Planung.

