

Arealveränderungen der Buche infolge von Klimaänderungen

Von Bernd Felbermeier, Freising *)

Nach den Befunden einer auf Bayern beschränkten Untersuchung ist die Buche gegenüber wärmeren Klimabedingungen stabiler als angenommen. Dieses Resultat sowie Ergebnisse aus europaweiten Pollenanalysen lassen den Schluß zu, daß der Lebensbereich dieser Baumart unterschätzt wird. Eine Ableitung quantitativer Grenzwerte für die klimatische Belastbarkeit dieser Baumart ist nur durch Untersuchungen an ihren Verbreitungsgrenzen möglich.

Wald, Klimaänderung und Waldbau

Das Vorkommen von Wäldern auf der Erde ist durch das Klima bestimmt. Ändert sich dieses, so muß es zu Verschiebungen in der Waldverteilung kommen. Aus globalen Betrachtungen der Geobotanik sind diese Zusammenhänge seit Mitte des 19. Jahrhunderts bekannt (1, 11, 15). Prognosen über das Ausmaß von Klimaänderungen, die aufgrund erhöhter Treibhausgaskonzentrationen zu erwarten sind, und über deren Wirkung auf den Wald divergieren jedoch beträchtlich (16). Dies liegt daran, daß die Menschheit keine Aufzeichnungen vergleichbarer Vorgänge besitzt, woran sich der Wahrheitsgehalt ihrer Modellvorstellungen überprüfen ließe.

Aus diesem Grunde kann sich Waldbau nicht nach Klimaprognosen richten, sondern muß auf eintretende Klimaänderungen reagieren können. Planvolle Eingriffe in den Wald sind dann allerdings erst möglich, wenn man zum gegebenen Zeitpunkt die Waldentwicklung einschätzen kann. Hierfür muß die klimatische

Belastbarkeit der Bäume bekannt sein. Diese Belastbarkeit kann nur aus dem Verhalten der Baumarten unter den verschiedenen klimatischen Bedingungen gewonnen werden, denen sie heute in ihrem Verbreitungsgebiet ausgesetzt sind. Ein Beitrag dazu wird hier am Beispiel der Buche gegeben.

Die Situation des mitteleuropäischen Waldes

Das heutige Waldbild ist das Ergebnis der Rückwanderungen der Baumarten aus ihren eiszeitlichen Refugien. Die Buche gelangte erst sehr spät nach Mitteleuropa und ist heute in diesem Raum meist die konkurrenzkräftigste Baumart. Ihre Ausbreitung ging einher mit der Entwicklung erster bäuerlicher Kulturen. Die Wanderung der Buche nach Norden war

noch nicht abgeschlossen, als sie bereits im Mittelalter in zahlreichen Gebieten Rodungen zum Opfer fiel (2, 3, 4, 5, 9).

Daraus ergeben sich folgende Konsequenzen für die klimatologische Betrachtung des mitteleuropäischen Waldes:

1) Die Buche nimmt als konkurrenzkräftigste Baumart Mitteleuropas eine Schlüsselstellung ein. Überall dort, wo sie vorkommt, bestimmt sie die natürliche Waldentwicklung. Veränderungen in diesem Geschehen sind dann zu erwarten, wenn die Buche in ihrer Vitalität massiv beeinträchtigt wird oder sogar ausstirbt. Die Dynamik der Wälder Mitteleuropas unter sich verändernden klimatischen Bedingungen kann infolgedessen nur dann eingeschätzt werden, wenn man die klimatische Belastbarkeit der Buche kennt.

2) Es muß das Verhalten der Buche in ihrem Verbreitungsgebiet untersucht werden. Die Dichte ihres Vorkommens ist hierfür wenig geeignet, da sie vorwiegend historisch bestimmt ist. Grenzen ihrer klimatischen Belastbarkeit können nur an den Rändern der Verbreitung gefunden werden. Die hier mitgeteilten Befunde aus dem Zentrum des natürlichen Areals können daher nur ein erster Schritt zur Klärung der Fragestellung sein.

Das Buchenvorkommen in Bayern und mögliche Konsequenzen einer Erwärmung

Methodik: Die Buche kommt in Bayern mit Ausnahme der Hochlagen und einiger Sonderstandorte - überall vor, wo es Wald gibt. Sie gedeiht damit bei Jahresmitteltemperaturen von 5,8 bis 9,6 °C und Jahresniederschlägen von 475 bis 2.300 mm. Die Betrachtung ihres Wachstumsverhaltens macht es möglich, Gebiete zu erkennen, in denen sie sensibel auf eine klimatische Erwärmung reagieren würde und eine Arealgrenze ausbilden könnte. Besonders geeignet für eine solche Betrachtung ist das Höhenwachstum von Buchenbeständen, da es von bestandeserzieherischen Eingriffen über einen weiten Bereich unabhängig ist und als Funktion des Alters das Verhältnis der Baumart zum Standort ausdrückt. Die Bayerische Staatsforstverwaltung hat dieses Merkmal - ausgedrückt als Relation zwischen Bestandeshöhe und Bestandesalter - durch Betriebsinventuren weitge-

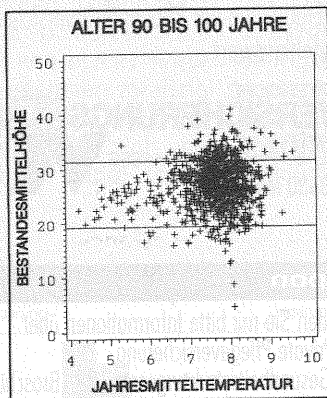


Abb1.: Bestandesmittelhöhen (m) für das Alter 90 bis 100 an Inventurpunkten (mit einem Kreisflächenanteil der Buche von mindestens 70 Prozent) und Tagesmittel der Lufttemperatur im Jahr (°C).

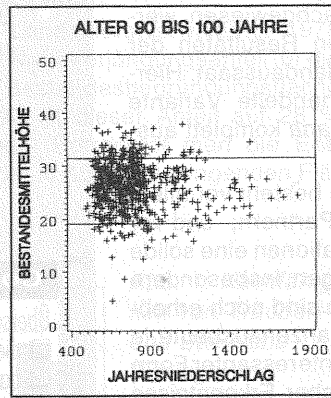


Abb2.: Bestandesmittelhöhen (m) für das Alter 90 bis 100 an Inventurpunkten (mit einem Kreisflächenanteil der Buche von mindestens 70 Prozent) und Summe des täglichen Niederschlages im Jahr (mm).

Horizontale Linien: Vergleichswerte der Bestandesmittelhöhe für die obere Altersklassengrenze, entnommen aus der Buchenertragstafel für mäßige Durchforstung (Schober, 1967). Obere Linie: I. Ertragsklasse; untere Linie: IV. Ekl.

*) Dr. B. Felbermeier ist wiss. Mitarbeiter am Lehrstuhl für Waldbau und Forsteinrichtung der LMU München. Der Bayerischen Staatsforstverwaltung wird für die Überlassung von Inventurdaten, welche die Basis dieser Studie bilden, gedankt. Das Projekt wurde aus den Mitteln des Bayerischen Klimaforschungsprogrammes finanziert.

Tab. 1: Klimatische Kennwerte und mögliche Zusammenhänge mit den Wachstumsvorgängen bei der Buche *)

Klimaelement	Bedeutung
mittleres Tagesmittel der Lufttemperatur im Jahr	Generelles Wärmeangebot
mittleres Tagesmittel der Lufttemperatur im Mai bis September	Wärmeangebot in der forstlichen Vegetationszeit
mittleres Tagesmittel der Lufttemperatur im Mai und Juni	Triebstreckungsphase und adaptive Modifikation des Blattes
mittleres Tagesmittel der Lufttemperatur im Juli und August	Einschränkung der Photosynthese durch Einengung des Bodenwasservorrates
mittleres Tagesmittel der Lufttemperatur im Juli	Einschränkung der Photosynthese durch geringe Luftfeuchtigkeit
mittleres Tagesmittel der Lufttemperatur im Januar	Winterliche Temperaturverhältnisse
Summe der Tagesmittel der Lufttemperatur über 5 °C ¹	Beginn der Lebensvorgänge
Summe der Tagesmittel der Lufttemperatur über 10 °C ¹	Beginn des optimalen Photosynthesebereiches
Anzahl der Tage mit einem Tagesmittel d. Lufttemp. von über 5 °C ¹⁾	Zeitraum aktiver Lebensvorgänge
Anzahl der Tage mit einem Tagesmittel d. Lufttemp. von über 10 °C ¹⁾	Zeitraum optimaler Photosyntheseleistung
Temperaturamplitude ²⁾	Kontinentalität
Summe des täglichen Niederschlages im Jahr	Generelles Niederschlagsangebot
Summe des täglichen Niederschlages von Mai bis September	Niederschlagsangebot in der forstlichen Vegetationszeit
Summe des täglichen Niederschlages im Mai und Juni	Triebstreckungsphase und adaptive Modifikation des Blattes
Summe des täglichen Niederschlages im Juli und August	Einschränkung der Photosynthese durch Einengung des Bodenwasservorrates
Q-Wert ³⁾	Kontinentalität, Feuchtigkeitsverhältnisse

*berechnet aus Beobachtungen des DEUTSCHEN WETTERDIENSTES; ¹⁾ durch lineare Interpolation aus den Monatsmittelwerten des Tagesmittels der Lufttemperatur berechnet; ²⁾ Differenz zwischen mittleren Tagesmitteln der Lufttemperatur im Januar und Juli; ³⁾ Berechnet aus: mittleres Tagesmittel der Lufttemperatur im Juli x 1000/Summe des täglichen Niederschlages im Jahr (nach 5).

hend repräsentativ für den Staatswald und damit umfassend für ganz Bayern erhoben. Mit Hilfe eines für diesen Zweck entwickelten topoklimatologischen Modells wurden in dieser Untersuchung langjährig gemittelte Beobachtungen klimatologischer Meßstationen des Deutschen Wetterdienstes auf die Inventurpunkte übertragen. Damit konnten beobachtete Bestandeswerte mit simulierten klimatologischen Kennwerten verknüpft und daraus das Verhalten der Buche hinsichtlich klimatischer Parameter für ganz Bayern studiert werden (Tab. 1).

Ergebnisse

1) Mit zunehmender Temperatur steigt das Wachstum der Buchen an (s. Abb. 1). Gegenüber dem Niederschlag verhält es sich unabhängig (Abb. 2). Diese Resultate gelten analog für Temperatursummen bzw. Dauer der Vegetationszeit und sind unabhängig davon, ob Temperatur und Niederschlag für die Vegetationszeit, Abschnitte daraus oder für das ganze Jahr berechnet wurden. Q-Wert (s. Tab. 1) und Temperaturamplitude zeigen keinen Einfluß auf das Buchenwachstum.

Die Streuung der gemessenen Mittelhöhen läßt sich nicht wesentlich durch die betrachteten klimatischen Faktoren erklären.

Fazit: Die Buche erreicht in den trockenen-warmen Gebieten Bayerns ihre höchste Produktivität, die oft deutlich über den Werten der Ertragstafeln liegt. Untersuchungsergebnisse, die aus der Dichte ihres Vorkommens in diesen Gebieten eine Belastungsgrenze ableiten (4, 8), werden hierdurch widerlegt.

2) In den trockensten und wärmsten Ge-

bieten Bayerns (Jahresmitteltemperatur > 8 °C, Jahresniederschlag < 700 mm) wurde der Einfluß der lokalen pedogenen und topographischen Standortverhältnisse untersucht. Von den bei der Standortserkundung nominal ausgedehnten Merkmalen (Exposition, Geländeform, Neigung, Muttergestein, Bodenart/Schichtung, Trophie-merkmale, Wasserhaushalt, Bodenstörung) zeigen nur Wasserhaushalt und lokale topographische Verhältnisse signifikanten Einfluß auf das Höhenwachstum. Die große Streuung der gemessenen Bestandeshöhen konnte jedoch auch hier nicht geklärt werden (Tab. 2).

Fazit: In den Ergebnissen der Betriebsinventuren spiegeln sich die Befunde der Standortserkundung nur andeutungsweise wider.

Konsequenzen

Für die Forstinventur: Daten aus Forstinventuren sind eine ergiebige Datengrundlage für die umfassende geobotanische Auswertung des Waldwachstums. Für den hier festgestellten Mangel an Übereinstimmung von Standortseinheit und Produktivität der Buche gibt es die folgenden Erklärungen:

- Inventurdaten sind im Vergleich zu wissenschaftlichen Versuchsflächen aufgrund geringerer Meßgenauigkeit mit einem ungerichteten Meßfehler behaftet,

Tab. 2 Ergebnisse der Varianzanalysen zur Aufdeckung lokaler Einflüsse von Boden und Topographie auf das Höhenwachstum von Buchenbeständen

(Signifikanzniveau: *** p<0.001, ** p<0.01, * p<0.05)

Standortsmerkmal	Stichprobenanzahl	DF	F-Wert	Signifikanzniveau	Erklärter Varianzanteil
Alter 20 bis 30					
Geländeform x Neigung	127	15	4.36	***	0.37
Alter 40 bis 50					
Neigung	252	3	9.39	***	0.10
Alter 70 bis 80					
Exposition	225	1	23.78	***	0.09
Alter 90 bis 100					
Wasserhaushalt x Exposition	87	6	4.02	**	0.23

der die Streuung der Werte künstlich erhöht und damit zu einem Informationsverlust führt.

- Die Standortserkundung vermag die für das Buchenwachstum relevanten Faktoren nicht zu erfassen.

Soll die geobotanische Auswertung des Waldwachstums zu lokal gültigen Aussagen gelangen, dann muß bei der Inventur die Genauigkeit der Höhenmessung verbessert und das Konzept der Standortserkundung möglicherweise der Standortamplitude der Buche angepaßt werden.

Für die Geobotanik: Aus den Inventurdaten kann (auch bei einer durch ungerichtete Meßfehler erhöhten Streuung) abgeleitet werden, daß die Buche in den wärmsten und trockensten Gebieten ihres Vorkommens am besten wächst und damit im Falle einer Erwärmung von 1 bis 2 °C Grad bei sonst vergleichbaren klimatischen Verhältnissen in weiten Teilen Bayerns ihre Produktivität beibehalten bzw.

in den kühlen Regionen sogar erhöhen könnte.

Pollenanalysen - und das unterstreicht diese Aussage - weisen für das mittelalterliche Wärmehoch um 1000 n. Chr. hohe Pollenniederschläge für die Buche in Mitteleuropa nach. Daraus kann zumindest geschlossen werden, daß die Fruktifikation durch höhere Temperaturen nicht beeinträchtigt wurde. Ein Optimum der Pollendichte ist in Südosteuropa zu beobachten, das sich bis heute erhalten hat, während der Niederschlag an Buchenpollen in Mitteleuropa stark zurückgegangen ist (9). Interpretiert man die Pollendichte als ein Maß für die Dichte des Vorkommens und für die Vitalität einer Baumart, so muß man folgern, daß die Buche auch gut gedeiht unter wärmeren Bedingungen als den gegenwärtig in Bayern vorherrschenden.

Diese Befunde stehen in grundsätzlichem Widerspruch zur Vorstellung von der Buche als Baumart der kühl-feuchten Gebiete (7, 8, 10, 12). Die Ergebnisse zeigen jedoch Übereinstimmung mit den Ökogrammen ELLENBERGS. Darin werden den Baumarten Mitteleuropas unter

Ausschluß der Konkurrenz Lebensbereiche hinsichtlich Feuchtigkeit und Bodenazidität zugeordnet. Diese unterscheiden sich für die Hauptbaumarten nur geringfügig (5). Die Standortsamplitude der Buche ist in dieser Beziehung kaum von den als trocken- und wärmetolerant eingestufteten Baumarten verschieden.

Für die Forstwirtschaft: Die Holzproduktion mit Buche ist auch im Falle einer Erwärmung von 1-2 °C stabil, wenn nicht Pathogene zum maßgeblichen Faktor der Waldentwicklung werden. Die Buche besitzt gute Voraussetzungen für eine genetische Anpassung an sich verändernde Klimaverhältnisse, da es auf großen Flächen autochthone Bestände gibt, die im allgemeinen natürlich verjüngt werden. Sie ist damit in der Lage, aus der natürlichen Vielfalt ihrer Anlagen angepaßte Populationen zu erhalten bzw. aufzubauen.

Für die weitere Forschung: Definitive klimatische Belastungsgrenzen für die Buche sind aus der Untersuchung in Bayern allein nicht abzuleiten. Hierzu sind Forschungen an den Arealgrenzen der Baumart notwendig.

Literaturhinweise:

- 1) BECK, H. (1969): Alexander von Humboldt: Reisen in den Tropen Amerikas. Stuttgart: Deutsche Verlagsanstalt.
- 2) BEHRE, K.-E. (1988): The role of man in European vegetation history. IN: HUNTLEY, B.; WEBB, T. (Hrsg.): Vegetation history. Kluwer Academic Publishers. S. 633-672.
- 3) BIRKS, H.J.B. (1989): Holocene isochrone maps and patterns of tree-spreading in the British Isles. Journal of Biogeography 16 (6): 503-540.
- 4) BURGER, D. (1969): Wald- und Forstwirtschaft in den Niederlanden. Allgemeine Forstzeitschrift 24 (33/34): S. 652-664.
- 5) ELLENBERG, H. (1986): Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen (4. Auflage). Stuttgart: Eugen Ulmer Verlag. 989 S.
- 6) FELB-ERMEIER, 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.
- 7) HOFMANN, G.; ANDERS, S.; BECK, W.; CHRZON, S.; MATTHES, B. (1991): Buchenwälder und ihr Vitalitätszustand in Ostdeutschland. Beiträge für die Forstwirtschaft 25 (4): S. 157-168.
- 8) HOFMANN, W. (1968): Vitalität der Rotbuche und Klima in Mainfranken. Feddes Reper. 78: S. 135-137.
- 9) HUNTLEY, B.; BIRKS, H.J.B. (1983): An atlas of past and present pollen maps for Europe: 0-13000 years ago. Cambridge: Cambridge University Press.
- 10) MAYER, H. (1992): Waldbau (4. Auflage). Stuttgart: Fischer Verlag. S. 92-95.
- 11) MAYR, H. (1909): Waldbau auf naturgesetzlicher Grundlage. Berlin: Parey Verlag. 568 S.
- 12) SCHOENICHEN, W. (1933): Deutsche Waldbäume und Waldtypen. Jena: Verlag Gustav Fischer. 208 S.
- 13) SCHÖNFELDER, P.; BRESINSKY, A. (1990): Verbreitungsatlas der Farn- und Blütenpflanzen Bayerns. Stuttgart: Verlag Eugen Ulmer. 752 S.
- 14) SEIBERT (1968): Übersichtskarte der natürlichen Vegetationsgebiete von Bayern. Bad Godesberg.
- 15) SHUGART, H.H. (1990): Using ecosystem models to assess potential consequences of global climatic change. Trends in Ecology and Evolution 5 (9): S. 303-307.
- 16) SMITH, T.M.; LEEMANS, R.; SHUGART, H.H. (1992): Sensitivity of terrestrial carbon storage to CO₂-induced climate change: Comparison of four scenarios based on general circulation models. Climatic Change 21: S. 367-404.



„unsere Jagd“ – Die traditionelle Jagdzeitschrift für und über die neuen Bundesländer

„unsere Jagd“ wird von Redakteuren in Ostberlin gemacht. Sie sind seit vielen Jahren und erst recht heute als Jagdjournalisten und Jäger mit den alten und neuen Problemen der ostdeutschen Reviere bestens vertraut. Aber auch die Schönheiten und jagdlichen Möglichkeiten von Mecklenburg bis Sachsen kennen sie aus dem eff-eff!

„unsere Jagd“ – lesenswert für alle, die die jagdlichen Verhältnisse jenseits der alten Grenzen kennenlernen wollen.

Schreiben Sie uns – wir senden Ihnen gern ein kostenloses Probeheft: „unsere Jagd“, Abteilung G2, Postfach 400320, 80703 München

Düngerstreuer „Düngerecht“ für die dosierte Einzeldüngung



Dosiermenge:	
ohne Reduziereinsatz	100 g
mit Reduziereinsatz I	70 g
mit Reduziereinsatz II	40 g
mit Reduziereinsatz III	25 g

Geeignet für alle granulartartigen Düngemittel.

Düngerstreuer DM 305,-
Preis je Reduziereinsatz DM 24,50
Preise ab Werk zuzüglich 15 % MwSt.

Kurt Treiber
75337 Enzklosterle/Schwarzw.
Tel. (07085) 72 41 0, 76 41, Fax 76 56

Mehr Natur und Leben in Ihrem Garten mit SCHWEGLER!

International anerkannte Vogel- und Insektenschutzartikel

Beispiele aus unserem Lieferprogramm:
Vogel- und Fledermausnisthöhlen in verschiedenen Ausführungen, Schwalbennester, Winterfütterungsgeräte, Igelbehausung, Insektenschutzgeräte usw.

Empfohlen und anerkannt durch:



Bitte kostenloses Informationsmaterial anfordern.

SCHWEGLER

Vogel- & Naturschutzprodukte GmbH
Heinkelstraße 35
D-73614 Schorndorf
Telefon 0 71 81/50 37
Fax 0 71 81/50 39