

Ein Prognosemodell zur Entwicklung ungleichaltriger Mischbestände im Stadtwald München

Von Markus Müller und Patrick Hildebrandt, Freising

Die Entwicklungsprognose ungleichaltriger Mischbestände gestaltet sich, verglichen mit einschichtigen Reinbeständen, aufgrund der Vielzahl der zu berücksichtigenden Faktoren als eine wesentlich schwierigere Aufgabe. Beispielsweise kann die unterschiedliche Wuchsdynamik der Baumarten oft nur mit aufwändigen Simulationsrechnungen in Abhängigkeit von der Bestandesstruktur dargestellt werden. Eine Alternative, welche mit geringerem Aufwand Aussagen über die Entwicklung ungleichartiger Mischbestände ermöglicht, stellen so genannte Matrixmodelle dar.



Foto: P. Hildebrandt

Dieses Verfahren wurde im Rahmen einer Diplomarbeit am Fachgebiet für Waldinventur und nachhaltige Nutzung der Technischen Universität München für die Prognose der Entwicklung ungleichaltriger Mischbestände im Stadtwald München getestet. Die Auswertung der Daten aus zwei Inventuren in den Jahren 1991 und 2008 ergab dabei einen deutlichen Vorratsaufbau, welcher sich unter Beibehaltung der bisherigen Bewirtschaftungsstrategie nach den Ergebnissen des Prognosemodells auch weiterhin fortsetzen würde. Langfristig kann dies auf den untersuchten Flächen zum Verlust der Plenterstrukturen führen, weshalb eine Erhöhung der Eingriffsstärke empfehlenswert erscheint.

Ungleichaltrige Mischbestände im Stadtwald München

Der Waldbesitz der bayerischen Landeshauptstadt München umfasst 4 982 ha. Die

größten zusammenhängenden Flächen (1 772 ha) liegen etwa 30 km südlich der Stadtgrenze rund um den Taubenberg im oberbayerischen Landkreis Miesbach. Bei der Bewirtschaftung dieser Flächen hat die Gewinnung „eines der besten Trinkwasser Europas“ [9] immer Vorrang. Dabei sollen sowohl eine höchstmögliche Wassergüte sowie die Förderung gleichbleibender Wassermengen gewährleistet sein. Neben dem Erhalt der alten Mischbestände liegt deshalb ein Hauptziel im Umbau einschichtiger Reinbestände zu strukturreichen Mischbeständen, deren Baumartenzusammensetzung an der für diese Region natürlichen Waldgesellschaft orientiert ist. Mithilfe eines Matrix-Modells (s. Kasten) wurde nun die Entwicklung von Beständen untersucht, die bereits in ihrer Baumartenzusammensetzung und im Altersaufbau stark strukturiert sind. Ziel der Arbeit war, ein Prognosemodell für ungleichaltrige, stark strukturierte Bestände zu entwickeln, auf dessen Basis Nutzungsszenarien berechnet werden können. Dabei wurden sowohl die Bestandesentwicklung unter Beibehaltung der bisherigen Bewirtschaftungsstrategie als auch die Effekte unterschiedlicher Variationen der Eingriffsstärke untersucht. Als Grundlage der Modellierung dienten Inventurdaten aus einer Erstinventur von 1991 und einer Wiederholungsinventur von 2008. Bei der Auswertung der Inventurdaten wurde auf 201 Inventurpunkte in den Revieren um den Taubenberg zurückgegriffen. In den ausgewerteten Inventurpunkten befanden sich insgesamt

3 604 Bäume (2 231 Nadelbäume, 1 276 Laubbäume und 97 Totholzbäume). Zur Erstellung des Prognosemodells wurden fünf Baumartengruppen verwendet, die logische Klassifizierungen bilden, wie sie in der allgemeinen forstlichen Praxis üblich sind [1, 4]. Die fünf Gruppen sind:

- **Fichte:** alle Fichten,
- **sonstiges Nadelholz:** Tanne, Kiefer, Europäische Lärche, Douglasie und Eibe,
- **Buche:** alle Buchen,
- **Edellaubholz:** Esche, Berg-Ahorn und Eiche,
- **sonstiges Laubholz:** Erle, Ulme, Birke, Linde, Pappel, Kirsche, Mehlbeere, Eberesche und Weide.

Prognose für die strukturierten Bestände des Stadtwaldes

Die wichtigste Einflussgröße der Modellierung ist der mittlere jährliche Durchmesserzuwachs der Baumartengruppen in Abhängigkeit vom Durchmesser des Baumes und der Bestandesstruktur. Dieser errechnet sich aus der Differenz des Bhd 2008 und des Bhd 1991, dividiert durch die Jahre zwischen Erst- und Wiederholungsinventur. Anhand des Durchmesserzuwachses, dividiert durch die Breite der Durchmesserklassen (DKL), lässt sich die Wahrscheinlichkeit eines Klassenwechsels bestimmen.

Den höchsten mittleren jährlichen Durchmesserzuwachs hat die Gruppe Edellaubholz mit 0,63 cm/Jahr, gefolgt von der Gruppe sonstige Nadelhölzer mit 0,60 cm/Jahr. Mit 0,50 cm/Jahr liegt die Buche auf Rang drei und die sonstigen Laubhölzer mit 0,49 cm knapp dahinter auf Rang vier.

Dipl.-Ing. silv. Univ. M. Müller bearbeitete das Thema im Rahmen seiner Diplomarbeit am Fachgebiet für Waldinventur und nachhaltige Nutzung der Technischen Universität München (TUM). Dipl.-Ing. Silv. Univ. P. Hildebrandt war als Doktorand am selbigen Fachgebiet für die wissenschaftliche Betreuung der Arbeit verantwortlich.



Markus Müller
markus.2004@web.de



Matrix-Modell

Die Gruppe mit dem geringsten Durchmesserzuwachs bildet mit 0,46 cm die Fichte.

Der damit prognostizierte jährliche Volumenzuwachs der Baumartengruppen beträgt unter Beibehaltung der bisherigen Eingriffsstärke (Abb. 1):

- Fichte 20,0 Efm/ha/Jahr,
- sonst. Nadelholz 22,1 Efm/ha/Jahr,
- Buche 19,3 Efm/ha/Jahr,
- Edellaubholz 16,4 Efm/ha/Jahr und
- sonst. Laubholz 6,2 Efm/ha/Jahr.

Die Unterschiede zu den mittleren jährlichen Durchmesserzuwachsen beruhen dabei in erster Linie auf der Durchmesserklassenverteilung der einzelnen Baumartengruppen.

Die Durchschnittsvorräte sind von 1991 bis 2008 um 110 Efm/ha von 419 Efm/ha auf 529 Efm/ha gestiegen. Bei einer Fortschreibung der Bestandesentwicklung mit der bisherigen Bewirtschaftungsstrategie um zehn Jahre ist eine weitere Zunahme um 79 Efm/ha auf 608 Efm/ha zu erwarten.

Um aufzeigen zu können, wie sich die Bestandesparameter bei einer Änderung der Bewirtschaftungsstrategie entwickeln, wurden zwei Variationen der Eingriffsstärke simuliert. Dazu wurde die Funktion für den ausscheidenden Bestand im Matrix-Modell einmal ab der dritten DKL verdoppelt und einmal in den DKL 3 bis 11 verdreifacht. Die beiden Varianten kommen zu tendenziell ähnlichen Ergebnissen, weshalb im Folgenden lediglich auf die Variante einer verdoppelten Eingriffsstärke näher eingegangen wird.

In den strukturierten Beständen resultiert der verdoppelte Eingriff im Vergleich zur Beibehaltung der bisherigen Eingriffsstärke in einen leichten Anstieg der Stammzahlen in den ersten beiden Durchmesserklassen (Abb. 2). Bei einer Fortführung der bisherigen Bewirtschaftung wäre ein deutliches Absinken der Stammzahl in der ersten DKL zu beobachten. In den mittleren DKL fällt die zusätzliche Reduktion der Stammzahlen mäßig aus.

Fazit

Die Bestandesentwicklung für strukturreiche Mischbestände lässt sich mit einem Matrix-Modell gut modellieren. Auch wenn nicht für alle Modellkomponenten der einzelnen Baumartengruppen eine hohe statistische Absicherung erreicht werden konnte, erscheinen die Ergebnisse der Prognose plausibel. Bei weiterer Vorratsaufstockung droht langfristig ein Verlust der Plenterstrukturen, da der Einwuchs in die erste DKL geschwächt wird. Die Modellkomponente des Einwuchses

Vor allem im nordamerikanischen Raum wurden bisher Matrix-Modelle zur Prognose der Bestandesentwicklung, insbesondere für ungleichaltrige Mischbestände, herangezogen. Dies resultiert aus der in Nordamerika bereits lange verbreiteten „continuous forest inventory“ (permanente Stichprobenverfahren), die sich mittlerweile auch in Deutschland immer mehr durchsetzen. Eine Vielzahl von bisherigen Untersuchungen wurde beispielsweise in den „northern hardwood stands“, die sich u.a. aus zahlreichen Unterarten von Ahorn, Esche, Ulme und Birke zusammensetzen, durchgeführt und waren auf die Bestandesdiversität ausgerichtet. Das Hauptaugenmerk lag dabei meist auf der Änderung der Baumartenzusammensetzung und der Entwicklung von Stammzahlverteilungen infolge von Eingriffen. Außerdem wurden mithilfe dieses Ansatzes Zuwachs- und Wachstumsprognosen im Hinblick auf eine nachhaltige Bewirtschaftung erstellt und finanzielle Effekte unterschiedlicher Bewirtschaftungskonzepte untersucht [3, 7, 2, 5, 6, 8]. Das in dieser Arbeit berechnete Matrix-Modell basiert in wesentlichen Teilen auf dem von BUONGIORNO und MICHIE [3] entworfenen Modell für ungleichaltrige Mischbestände. Es besteht aus drei Komponenten:

- Zuwachs,
- ausscheidender Bestand,
- Einwuchs in die erste Durchmesserklasse.

Um die Bestandesentwicklung zu prognostizieren, werden die Bäume einer Baumartengruppe zunächst in einen Säulenvektor eingeteilt, welcher die Anzahl an Bäumen pro Durchmesserklasse (DKL, Breite 5 cm) beschreibt. Dieser Vektor wird über den Prognosezeitraum in jährlichen Zeitabschnitten fortgeschrieben.

$$\mathbf{n}_{ijt} = \begin{bmatrix} n_{i1t} \\ n_{i2t} \\ \cdot \\ \cdot \\ n_{int} \end{bmatrix}$$

\mathbf{n}_{ijt} = Säulenvektor der Anzahl n der Bäume einer Baumart i in der jeweiligen DKL j zum Zeitpunkt t

Um die zukünftige Entwicklung der einzelnen DKL zu beschreiben, werden für jede Baumartengruppe Matrizen erstellt, welche Wahrscheinlichkeiten beinhalten, die periodisch mit dem Säulenvektor der Anzahl pro DKL multipliziert werden. Hierzu werden für die einzelnen Baumartengruppen Regressionsfunktionen erstellt, welche die Wahrscheinlichkeiten eines DKL-Wechsels (Zuwachs) bzw. eines Ausscheidens (ausscheidender Bestand) in Abhängigkeit der momentanen DKL und der Bestandesstruktur beschreiben. Über die Wahrscheinlichkeiten eines DKL-Wechsels und des

Ausscheidens können dann Wahrscheinlichkeiten über den Verbleib in der jeweiligen DKL berechnet werden:

$$a_{ijt} = 1 - b_{ijt} - d_{ijt}$$

a_{ijt} = Wahrscheinlichkeit für Verbleib in der jeweiligen DKL

b_{ijt} = Wahrscheinlichkeit in die nächsthöhere DKL zu wechseln

d_{ijt} = Wahrscheinlichkeit aus dem Bestand auszuseiden

Die Matrizen zur Beschreibung der Entwicklung einer Baumartengruppe beinhalten schließlich die Wahrscheinlichkeiten eines Verbleibes und eines Wechsels der einzelnen DKL:

$$\mathbf{A}_{ijt} = \begin{bmatrix} a_{i1t} & & & & \\ b_{i1t} & a_{i2t} & & & \\ & b_{i2t} & a_{i3t} & & \\ & & \dots & \dots & \\ & & & b_{i(n-1)t} & a_{int} \end{bmatrix}$$

\mathbf{A}_{ijt} Matrix der Verbleib- (a_{ijt}) und Wechselwahrscheinlichkeiten (b_{ijt}) einer Baumart i in der jeweiligen DKL j zum Zeitpunkt t

Der Einwuchs findet lediglich in die erste DKL statt. Dieser drückt sich über einen $n \times 1$ Säulenvektor aus, welcher periodisch zur Anzahl der Bäume in der ersten DKL addiert wird.

$$\mathbf{c}_{it} = \begin{bmatrix} e_{it} \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

\mathbf{c}_{it} = Säulenvektor des Einwuchses der Baumart i in die erste DKL zum Zeitpunkt t

e_{it} = Anzahl des Einwuchses der Baumart i in die erste DKL zum Zeitpunkt t

Zur Berechnung der Anzahl der Bäume und deren Verteilung auf die einzelnen Durchmesserklassen zum Zeitpunkt $t+1$ wird der Säulenvektor \mathbf{n}_{ijt} der Stammzahlen zum Zeitpunkt t mit der Matrix \mathbf{A}_{ijt} der Verbleib- und Übergangswahrscheinlichkeiten multipliziert. Anschließend wird der Säulenvektor \mathbf{c}_{it} des Einwuchses addiert. Anhand der Anzahl an Bäumen pro DKL der verschiedenen Baumarten lassen sich dann zum Ende des Prognosezeitraums die ertragskundlichen Kennwerte unterschiedlicher Bestandestypen berechnen.

Der Einsatz von Matrix-Modellen für die Abschätzung der Bestandesentwicklung hat einige Vorteile. Mit am wichtigsten ist die leichte Nachvollziehbarkeit der resultierenden Ergebnisse. Außerdem sind die Modellkomponenten mittels Regressionsanalysen bei ausreichender Datenbasis relativ einfach zu parametrisieren. Matrix-Modellierungen sind gerade auch bei der Erstellung lokaler Wachstumsmodelle für relativ kleine Waldflächen ein idealer Ansatz. Der entscheidende Punkt in diesem Fall ist jedoch die Möglichkeit einer Modellierung unabhängig vom Bestandesalter und somit eine Übertragbarkeit auf ungleichaltrige Bestände.

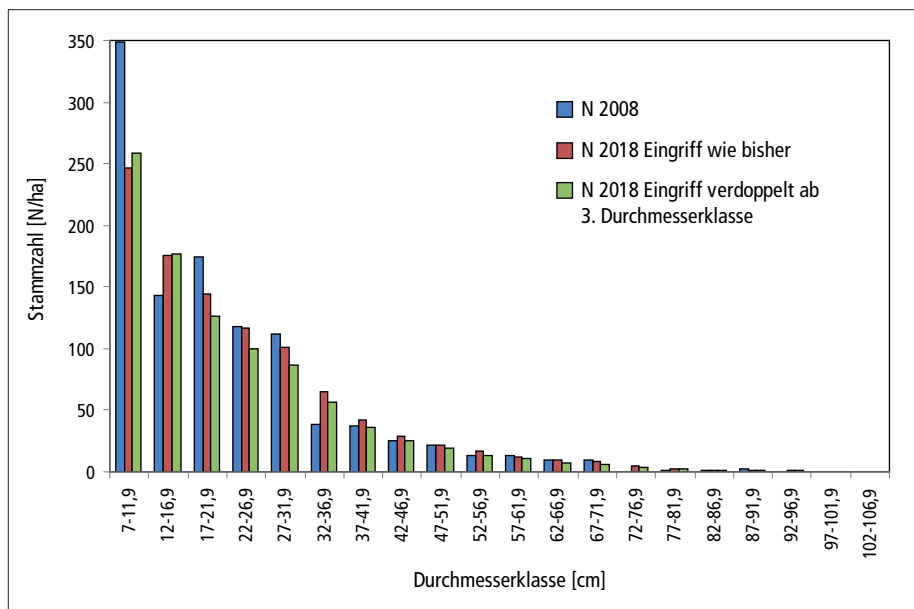


Abb. 2: Aktuelle und prognostizierte Stammzahlverteilung bei verschiedenen Eingriffsstärken

konnte jedoch aufgrund einer zu geringen Anzahl an Bäumen lediglich pauschal für alle Baumartengruppen kalkuliert werden (die prognostizierte Anzahl der einzelnen

Baumartengruppen wurde dann jährlich proportional zum jeweiligen Standraumanteil berechnet). Eine verbesserte statistische Absicherung der einzelnen Mo-

dellkomponenten durch Einbeziehung weiterer Inventurpunkte wird deshalb momentan noch bearbeitet. Die aufgezeigten Entwicklungstrends können letztendlich als Grundlage für weitere Planungs- und Steuerungsmaßnahmen herangezogen werden. Insbesondere lassen sich auch auf der Grundlage dieser Arbeit finanzielle Bewertungen zukünftiger Bewirtschaftungsvarianten durchführen.

Literaturhinweise:

[1] ASSMANN, E. (1961): Waldertragskunde. BLV Verlagsgesellschaft, München. [2] BARE, B. B.; OPALACH, D. (1988): Determining Investment-Efficient Diameter Distributions for Uneven-Aged Northern Hardwoods. Forest Science 34, S. 243-249. [3] BUONGIORNO, J.; MICHE, B. (1980): A Matrix Model of Uneven-Aged Forest Management. Forest Science 26, S. 609-625. [4] BURSCHEL, P.; HUSS, J. (2003): Grundriss des Waldbaus. 3. unveränderte Auflage. Verlag E. Ulmer, Stuttgart. [5] GOVE, J. H.; FAIRWEATHER, S. E. (1992): Optimizing the Management of Uneven-Aged Forest Stands: A Stochastic Approach. Forest Science 38, S. 623-640. [6] GOVE, J. H.; FAIRWEATHER, S. E.; SOLOMON, D. S. (1994): Optimizing the horizontal structural diversity in uneven-aged northern hardwood stands. Environmental and Ecological Statistics 1, S. 109-120. [7] HARRISON, T. P.; MICHE, B. R. (1985): A generalized Approach to the Use of Matrix Growth Models. Forest Science 31, S. 850-856. [8] LEAK, W. B. (2003): Best Density and Structure for Uneven-Aged Northern Hardwood Management in New England. Northern Journal of Applied Forestry Vol. 20 Nr. 1, S. 43-44. [9] Stadtwerke München GmbH (2008): Trinkwassergewinnung. <http://www.swm.de/de/produkte/mwasser/wasser-thema/trinkwassergewinnung.html>; Zugriff am 05.08.2009.

Die Forstbetriebsgemeinschaft (FBG) Kirchveischede-Bilstein ist ein aktiver Zusammenschluss von 95 Waldbesitzern mit einem hohen Anspruch an forstwirtschaftlicher Produktivität. Die Forstliegenschaften erstrecken sich auf das Stadtgebiet Lennestadt (Sauerland), ca. 15 km östlich vom BAB-Kreuz A 45 – A 4. Auf 1 100 ha nadelholzgeprägter Nutzfläche wird ein jährlicher Einschlag von ca. 6 000 Fm realisiert.

Die FBG Kirchveischede-Bilstein nimmt an den Pilotprojekten des Ministeriums für Umwelt, Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen zur direkten Förderung der eigenständigen Holzvermarktung und zur direkten Förderung der eigenständigen Beförderung forstlicher Zusammenschlüsse teil.

In diesem Rahmen erfolgt die **Beförderung** der FBG im **Dienstleistungsverhältnis**.

Zur Umsetzung und Mitgestaltung dieser Strategie suchen wir zunächst für den Zeitraum vom 01.01.2010 bis 31.12.2012 einen/eine

Forstdienstleister/-in

In dieser verantwortungsvollen Stellung beraten und aktivieren Sie die Waldbesitzer der FBG. Neben den reinen forstwirtschaftlichen Angelegenheiten, insbesondere der Holzernte, bestehen Ihre Aufgaben in der Ausschöpfung bestehender Potenziale der Mitgliedsbetriebe.

Wir sprechen Sie an, wenn Sie mindestens ein Studium zum Dipl.-Forstingenieur/Bachelor of Science (B.Sc.) abgeschlossen und Erfahrung in der Betreuung privater und kommunaler Waldbesitzer im Zusammenschluss haben.

Ihre Aufgaben bestehen in der **erfolgreichen Etablierung der eigenständigen Beförderung** der FBG und einer marktorientierten Holzern-teaktivität.

Wir erwarten eine engagierte Zusammenarbeit mit dem Vorstand der FBG. Die Holzvermarktung erfolgt durch die Waldholz Sauerland GmbH.

Bei Interesse fordern Sie bitte die Ausschreibungsunterlagen an – vorzugsweise per E-Mail (robert.rinscheid@t-online.de). Bei Rückfragen steht Ihnen Herr Rinscheid (Tel. 02761-9026-11) gerne zur Verfügung.

Abgabe Ihres Angebotes bitte bis zum 03.12.2009 an:

**Forstbetriebsgemeinschaft
Kirchveischede-Bilstein
Freiheit 56a
57368 Lennestadt**



Die Stadt Usingen sucht für den Umweltbereich zum nächstmöglichen Zeitpunkt einen

Dipl.-Forst-Ing. (FH), (m/w)

Das Aufgabengebiet umfasst u.a.:

- Weiterentwicklung der Konzeption Stadtwald (1930 ha)
- Fachliche Vertretung des Waldbesitzers gegenüber Hessen-Forst, Institutionen und Verbänden
- Landschaftspflege und Naturschutz
- Planung und Durchführung von Kompensationsmaßnahmen/Pflege des städtischen Ökokontos
- Renaturierung und Unterhaltung von Fließgewässern
- Sicherheitskontrolle und Pflege des innerstädtischen Baumbestandes / Entwicklung des städtischen Baumkatasters
- Fachliche Mitwirkung bei allen flächenbezogenen Planungen (z.B. Bauleitplanung) im städtischen Bauamt
- Presse- und Öffentlichkeitsarbeit in den genannten Fachgebieten

Wir erwarten folgende Qualifikationen und Fähigkeiten:

- Abgeschlossenes Studium der Fachrichtung Forstwirtschaft (FH)
- Abgeschlossener Anwärterdienst mit Staatsprüfung
- Besondere Erfahrungen und Kenntnisse in den Bereichen Ökologie/Naturschutz und/oder Wasserbau
- Hohes Maß an Eigenverantwortung, Durchsetzungsfähigkeit und Kooperationsbereitschaft
- Berufliche oder studienbegleitende Erfahrungen in Planungsbüros sind von Vorteil

Es handelt sich um eine Vollzeitstelle, die ab sofort zu besetzen ist. Die Stelle ist zunächst der Entgeltgruppe E 9 TVöD zugeordnet, nach erfolgter Einarbeitungszeit erfolgt die Vergütung nach E 10 TVöD.

Wenn wir Ihr Interesse geweckt haben, richten Sie Ihre Bewerbung mit Lebenslauf, Lichtbild und Zeugnissen bitte umgehend an den

**Magistrat der Stadt Usingen
Wilhelmstraße 1, 61250 Usingen**