

# „Holz wächst nur an Holz“

Kurzstudie und Diskussionspapier

Knut Sturm



## IMPRESSUM

Autorin: Knut Sturm

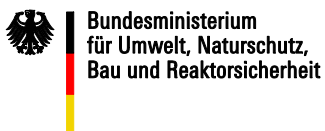
Redaktion, Fotos: László Maráz

Herausgeber: Forum Umwelt und  
Entwicklung  
Marienstraße 19–20  
D-10117 Berlin  
Tel.: +49 (0)30 678 1775 93  
E-Mail: [info@forumue.de](mailto:info@forumue.de)  
Internet: [www.forumue.de](http://www.forumue.de)

April 2014

**Verbände- und Dialogplattform “Waldbiodiversität lebensraumtypisch erhalten, fördern,  
entwickeln und vernetzen“ / Projektnummer FKZ 3513 68 5003**

Gefördert durch das Bundesamt für Naturschutz mit Mitteln des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (Förderkennzeichen 3513 6850 03). Der Bericht gibt die Auffassung des Zuwendungsempfängers wieder, die nicht mit der Auffassung des Zuwendungsgebers übereinstimmen muss.



Das Forum Umwelt und Entwicklung wurde 1992 nach der UN-Konferenz für Umwelt und Entwicklung gegründet und koordiniert die Aktivitäten der deutschen NRO in internationalen Politikprozessen zu nachhaltiger Entwicklung. Rechtsträger ist der Deutsche Naturschutzring, Dachverband der deutschen Natur-, Tier- und Umweltschutzverbände e.V.

# Holz wächst nur an Holz

Von Knut Sturm

## Inhaltsverzeichnis

<b>INHALTSVERZEICHNIS</b>	<b>3</b>
<b>EINLEITUNG UND FRAGESTELLUNG</b>	<b>4</b>
<b>ERGEBNISSE</b>	<b>7</b>
<b>Entwicklung der Holzvorräte und Baumartenzusammensetzung</b>	<b>7</b>
<b>Einzelbaumwachstum</b>	<b>9</b>
Buche auf Waldmeister Buchenwaldstandorten (Jungmoräne)	9
Einzelbaumwachstum in der Eiche	12
Einzelbaumwachstum von Kiefer und Fichte	13
<b>Zuwachs von Waldbeständen in Abhängigkeit von Baumartenzusammensetzung und Holzvorrat</b>	<b>15</b>
Zuwachs der Buchenbestände	15
Zuwachs von Eichenbeständen	19
Zuwachs in Nadelholzbeständen	20
<b>DISKUSSION UND FAZIT DER ERGEBNISSE</b>	<b>21</b>

## Einleitung und Fragestellung

Vor dem Hintergrund knapper Holzreserven und steigender Nachfrage wird immer wieder die Frage diskutiert, welche Waldnutzungsform eine „optimale“ Verbindung zwischen Naturschutz und Holzerzeugung darstellen könnte. In den vergangenen Jahrzehnten wurden die Umtriebszeiten insbesondere bei der Rotbuche deutlich abgesenkt. Als Gründe dafür wird neben der Gefahr der Ausbildung von Rotkern und verschiedenen Risiken der Holzentwertung auch eine Steigerung der jährlichen Wuchsleistung der etwas jüngeren Bestände angeführt. Doch es gibt auch Forstbetriebe, die eine hohe Vorratshaltung anstreben. Für die Biologische Vielfalt ist dies vorteilhaft, da dies mit steigender Anzahl von Habitatstrukturen verbunden ist, die beispielsweise zahlreichen Pilz- und Käferarten Lebensraum bieten. Doch auch wirtschaftlich macht dies Sinn, denn neben der Erzeugung höherwertiger Hölzer wird über steigende Jahreszuwächse in den vorratsreicheren Beständen berichtet.

Um etwas mehr Licht ins Dunkel der wiederstreitenden Meinungen und Erkenntnisse zu bringen, hat das Projekt Dialogplattform Wald diese Studie in Auftrag gegeben und hofft, damit einen wertvollen Beitrag für die weitere Diskussion zu leisten.

Die Waldwachstumsforschung ist in der Forstwissenschaft tief verankert. Sie stellt eine der wesentlichen Säulen einer nachhaltigen forstlichen Planung da. Als Grundlage für die Betriebsregelung bzw. die mittelfristige Betriebsplanung (Forsteinrichtung) ist sie eine unverzichtbare Grundlage und liefert nachvollziehbare Daten für einen nachhaltigen Hiebssatz. Spätestens seit der Gründung der forstlichen Versuchsanstalten im 19. Jahrhundert wurde eine systematische ertragskundliche Erfassung von Waldbeständen vorgenommen, die verkürzt betrachtet vor allem in der Erstellung von Ertragstafeln geendet ist. Im Folgenden sollen diese Verdienste der forstlichen Grundlagenforschung nicht näher dargestellt werden (s. hierzu z. B. Kramer 1988; Kurth 1994; Mitscherlich...; Pretzsch 2002 und Wenk 1990) sondern es soll ausschließlich der Frage nachgegangen werden, in wieweit der Holzvorrat und seine Entwicklung den Zuwachs der Waldbestände beeinflusst?

Diese vorerst triviale Frage ist bei genauerer Betrachtung dann doch nicht so einfach zu beantworten. Die zurzeit praktizierte Forstwirtschaft geht auf der Grundlage der forstlichen Ertragstafeln davon aus, dass die Gesamtwuchsleistung<sup>1</sup> von gepflegten Forstbeständen nicht gepflegten Beständen „überlegen“ ist. Außerdem kulminieren die Wachstumsgänge, bei den meisten Baumarten in jüngerem Alter (also bei geringeren Holzvorräten), so dass dieser einfache Zusammenhang so nicht gegeben zu sein scheint. Diese sehr einfachen Berechnungen basieren auf den Ertragstafeln der gängigen Wirtschaftsbaumarten in Mitteleuropa.

Bei eingehender Betrachtung der Ertragstafeln und deren Grunddatensätzen, stammen nicht wenige der „Versuchsflächen“ aus den Gründerzeiten der forstlichen Ertragskunde. Dies hat

---

<sup>1</sup> Die Gesamtwuchsleistung ist die Summe der Holzmenge, die eine Waldfläche im Laufe einer Zeitperiode, i.d.R. einer Umtriebszeit produziert und die aus dem entnommenen Holz und dem verbleibenden Holzvorrat besteht.

zum einen den Vorteil dass Sie keine unechten Zeitreihen<sup>2</sup> darstellen sondern auf konkreten Weiserflächen tatsächlich gemessene Datenerhebungen widerspiegeln. Zum anderen aber sind in Zeiten mit vollkommen anderen Wachstumsrahmenbedingungen entstanden als die heutigen Waldbestände. Hier sei nur kurz auf die steigenden CO<sup>2</sup> Werte, den Klimawandel an sich und die massiv gestiegenen Stickstoffimmissionen verwiesen, die gravierende Auswirkungen auf das Baumwachstum haben.

Ein weiterer „Schwachpunkt“ der Ertragstafeln ist, das Sie sich nur auf gleichaltrige Reinbestände beziehen. Inwieweit ungleichaltrige gemischte Wälder andere Wachstumsgänge und Dynamiken entwickeln, wird in der Ertragskunde „erst“ verstärkt seit 30 bis 50 Jahren untersucht.

Auf der Basis der Ertragstafeln ergibt sich bei Außerachtlassung des Alters keine strenge positive Korrelation zwischen Holzvorrat und Zuwachs. Betrachtet man die Ertragstafel im Bezug zur Eingriffsstärke (mäßige oder starke Durchforstung), wird deutlich, dass bei gegebener Gleichaltrigkeit und in Reinbeständen die Gesamtwuchsleistung mit zunehmender Eingriffsstärke abnimmt. Die Gesamtwuchsleistung wird immer in strenger Relation zur Höhenentwicklung gesehen. Da eine starke Durchforstung die Höhenentwicklung bremst, ist dies auch für die Gesamtwuchsleistung gegeben.

In den vergangenen Jahrzehnten hat eine steigende Anzahl von Forstbetrieben ihre Zielsetzung hin zu ungleichaltrigen Mischbeständen geändert. Die Frage die sich nun stellt ist, ob diese veränderten Waldbestände nur die Summe der aus den Ertragstafeln bekannten Wachstumsdynamik der gleichaltrigen Reinbestände sind? Diese naheliegende Betrachtung der Forstwirtschaft ist im Rahmen der Forsteinrichtung bzw. der Herleitung eines nachhaltigen Hiebssatzes bis heute gängige Praxis in den meisten Planungswerken.

Messungen des Wachstums von Einzelbäumen und Waldbeständen unter den heutigen Wachstumsbedingungen zeigen, dass sowohl die Einzelbäume als auch die Waldbestände deutlich anderes Wachstum aufweisen, als die Ertragstafeln vorgeben. Dies betrifft das Einzelbaumwachstum mit artspezifischen gesteigerten Wachstumsraten als auch generell gestiegenen Zuwächsen in gleichaltrigen Reinbeständen fast aller Baumarten sowie davon abweichenden Wachstumsdynamiken in ungleichaltrigen Mischbeständen.

Neben der Frage der Forst- bzw. Waldwirtschaft berührt diese Fragestellung natürlich auch den Klimaschutz. Der Wald als CO<sup>2</sup> Senke ist leistungsfähiger wenn der Zuwachs und die Gesamtwuchsleistung höher sind. Steigt der Zuwachs wirklich mit einer Erhöhung des Holzvorrates an, müsste es zu einer aus Klimaschutzgesichtspunkten vollkommenen Neuorientierung der Forstwirtschaft in Deutschland kommen. Zurzeit wird von „Übervorräten“<sup>3</sup> im deutschen Wald ausgegangen die demnach mobilisiert werden müssen. Dies wird vor allem von der Nadelholzsägeindustrie und deren Lobbyverbänden propagiert. Trifft aber die These zu, dass Holz nur an Holz wächst, wäre jede Vorratsreduktion unter den derzeitigen Waldbedingungen für den Klimaschutz und sicher auch für die Waldwirtschaft kontraproduktiv.

Diese Diskussion wurde nochmals befeuert, als ein Autorenkollektiv in der renommierten Zeitschrift NATURE berichtete, dass starke alte Bäume deutlich effektiver Klimaschutzzielen

---

<sup>2</sup> Echte Zeitreihen sind kontinuierlich vorgenommene Messungen – unechte Zeitreihen stellen Zeitreihen mit Messlücken dar, die mit Daten aus anderen, möglichst vergleichbaren Beständen ergänzt wurden.

<sup>3</sup> Unter Übervorrat wird ein Holzvorrat verstanden, der höher ist als er für eine optimale Nutzung nötig wäre. Dies kann sich sowohl auf eine betriebswirtschaftlichen Basis beziehen, als auch auf eine Zuwachsorientierte.

dienen können. Dies stellte die Ertragstafeln und die daraus abgeleiteten Zuwachsmodele erneut in Frage, da man bei den meisten Baumarten davon ausgegangen ist, dass der Zuwachs bei diesen in jüngeren Forstentwicklungsphasen kulminiert. Weitere Untersuchungen in Naturwäldern aus Norddeutschland bestätigten diese These, wie folgende Abbildung 1 belegt. In diese Auswertung sind z. B. lange Zeit nicht bewirtschaftete Buchenwälder aus Serrahn untersucht worden. Auch hier ist der Einzelbaumzuwachs positiv mit der Einzelbaumstärke korreliert (...). Wie Fichtner et. al. (2012) zeigen konnte, ist bei starken Bäumen der Zuwachs nicht abhängig von der Bestandesdichte, so dass im Ergebnisse dichte Waldbestände mit vielen starken Einzelbäumen höhere Zuwächse aufweisen müssen als lichte oder junge Bestände.

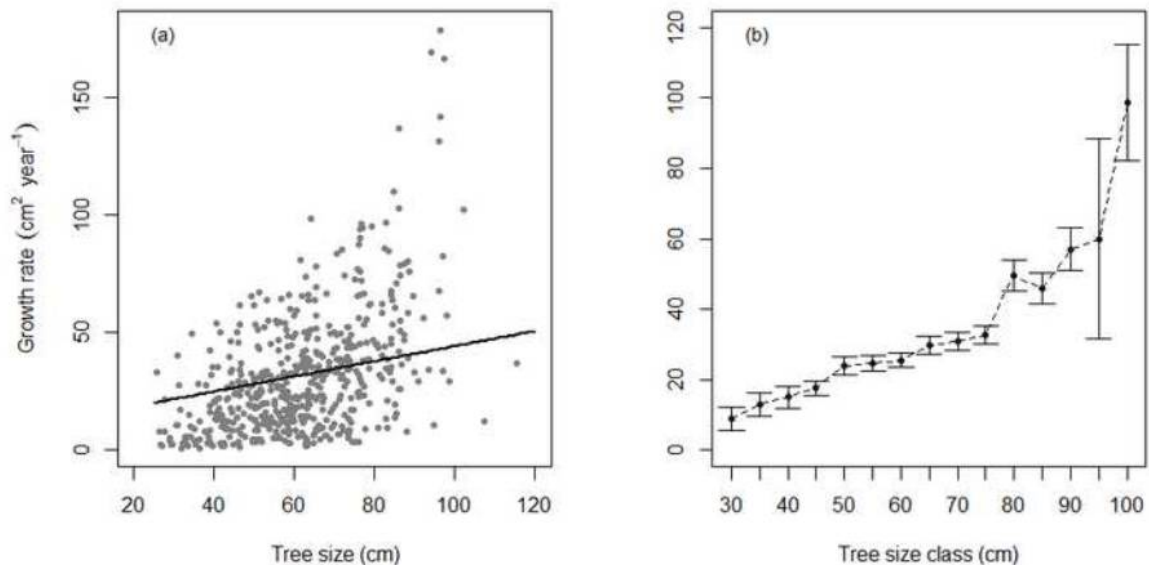


Abbildung 1: Baumzuwächse in Naturwäldern in unterschiedlichen BHD Stufen (aus ...)

Seit Anfang der 90ziger Jahre hat die Stadtwälder Lübeck und Göttingen ihre forstliche Bewirtschaftung in Richtung einer eingriffsarmen, auf naturnahe Waldbestände abzielende Waldwirtschaft umgestellt. Seit dieser Zeit werden Stichprobeninventuren an festen Probekreisen durchgeführt, die es erlauben Einzelbaumwachstums- und Bestandeswachstums-Schätzungen vorzunehmen. Die vorliegenden Messungen beziehen sich somit auch auf die heutigen und sich auch zukünftig entwickelnden Rahmenbedingungen von Waldwachstum. Um obige Fragestellung bzw. These – Holz wächst nur an Holz – zu testen, haben wir uns unter diesen variablen Rahmenbedingungen folgende Fragen gestellt:

1. Wie hat sich baumartenspezifisch der Holzvorrat im Betrieb entwickelt?
2. Wie wachsen Bäume der unterschiedlichen Baumarten und soziologischen Klassen?
3. Wie ist der Zuwachs von Waldbeständen in Abhängigkeit von Baumartenzusammensetzung und Holzvorrat?

Diese Ergebnisse führen auch zu einer permanenten Anpassung des Waldbaues in den Stadtwäldern. Wichtig ist dabei, dass die unbewirtschafteten Referenzflächen mit in diese Auswertung einfließen, da man mit ihnen einen stärkeren Gradienten innerhalb der unterschiedlichen Waldbestände erzeugt. Die ausgewiesenen Referenzflächen entsprechen



seit nunmehr fast 25 Jahren bereits der heute angestrebten NW5<sup>4</sup> Strategie der Bundesregierung zum Schutze der Biodiversität der Waldlebensräume.

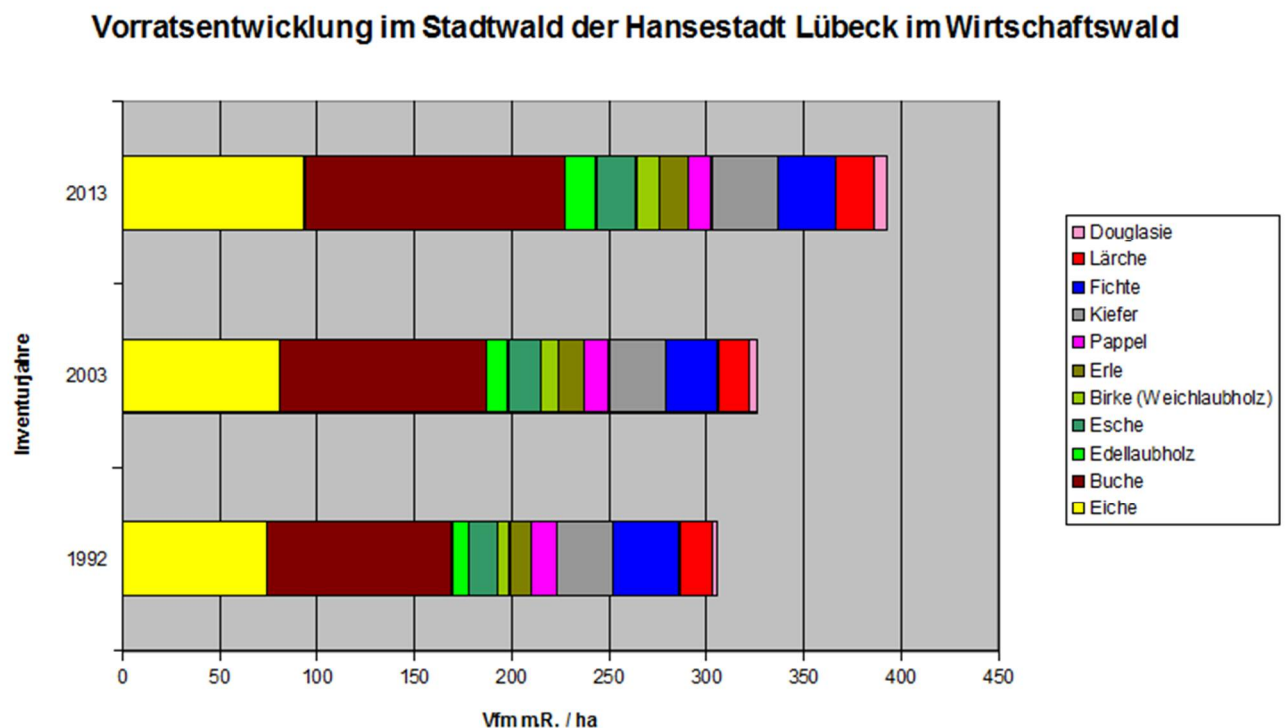
## Ergebnisse

### Entwicklung der Holzvorräte und Baumartenzusammensetzung

Im Rahmen der neuen waldbaulichen Strategie (s. Sturm 1993) in den Stadtwäldern von Lübeck und Göttingen, wird eine Vorratsanreicherung auf 80 % der in Naturwäldern typischen Holzvorräte angestrebt. Dieser Vorratsaufbau soll weitgehend mit heimischen, besser noch mit Baumarten der „Natürlichen Waldgesellschaft“<sup>5</sup> erfolgen. Im vorliegenden Fall sind dies für den Lübecker Stadtwald vor allem die heimischen Laubbaumarten und Kiefer und Eibe und für Göttingen die Buche und das Edellaubholz sowie Eibe.

Die folgende Abbildung zeigt die baumartenspezifische Vorratsentwicklung im Stadtwald Lübeck im Wirtschaftswald, also außerhalb der Referenzflächen. Dabei wird der zielsetzungsbezogene Vorratsaufbau (s.o.) deutlich.

Abbildung 2: Vorratsentwicklung pro ha im Wirtschaftswald der Hansestadt Lübeck von 1992 bis 2013 mit Baumartenbezug



<sup>4</sup> NW5 Strategie bedeutet, das fünf Prozent der Waldfläche in Deutschland nicht mehr bewirtschaftet wird, das wird fast ausschließlich nur im öffentlichen Wald umsetzbar sein und somit auf 10% des öffentlichen Waldes stattfinden.

<sup>5</sup> Als Natürliche Waldgesellschaft wird nicht nur die Vegetationszusammensetzung der namengebenden Schlusswaldgesellschaft aufgefasst sondern es werden explizit die typischen Sukzessionsphasen und deren Vegetation konzeptionell integriert (siehe Sturm 2016 in Vorb.).

Aus der Abbildung 2 wird deutlich, dass der Vorratsaufbau vor allem zugunsten des naturnahen Laubholzes erfolgt ist. Insgesamt wurde dieser Vorratsaufbau durch eine zurückhaltende Nutzung im Laubholz und eine dem Zuwachs entsprechende Abnutzung des Nadelholzes erreicht. Vor allem bei der Fichte gab es aber auch eine negative Entwicklung des Vorrates, die durch die Kiefer und Douglasie aus der Sicht des Nadelholzes ausgeglichen wurde. Da die Zuwächse der Douglasie in der Vergangenheit unterschätzt wurden, ist in der neuen Planungsperiode hier umgesteuert worden und der Hiebssatz wurde mehr als verdoppelt. Die großen Gewinner dieses Waldbaues sind die Buche, die Hainbuche und das Edellaubholz (vor allem Esche, Bergahorn und Flatterulme). Erstaunlich ist auch der weiterhin stattfindende Vorratsaufbau der Eiche. Aus der Abbildung wird aber auch deutlich, dass der Zuwachs an Holzvorrat im zweiten Jahrzehnt (2003 bis 2013) deutlich über dem ersten Jahrzehnt (1992-2003) liegt.

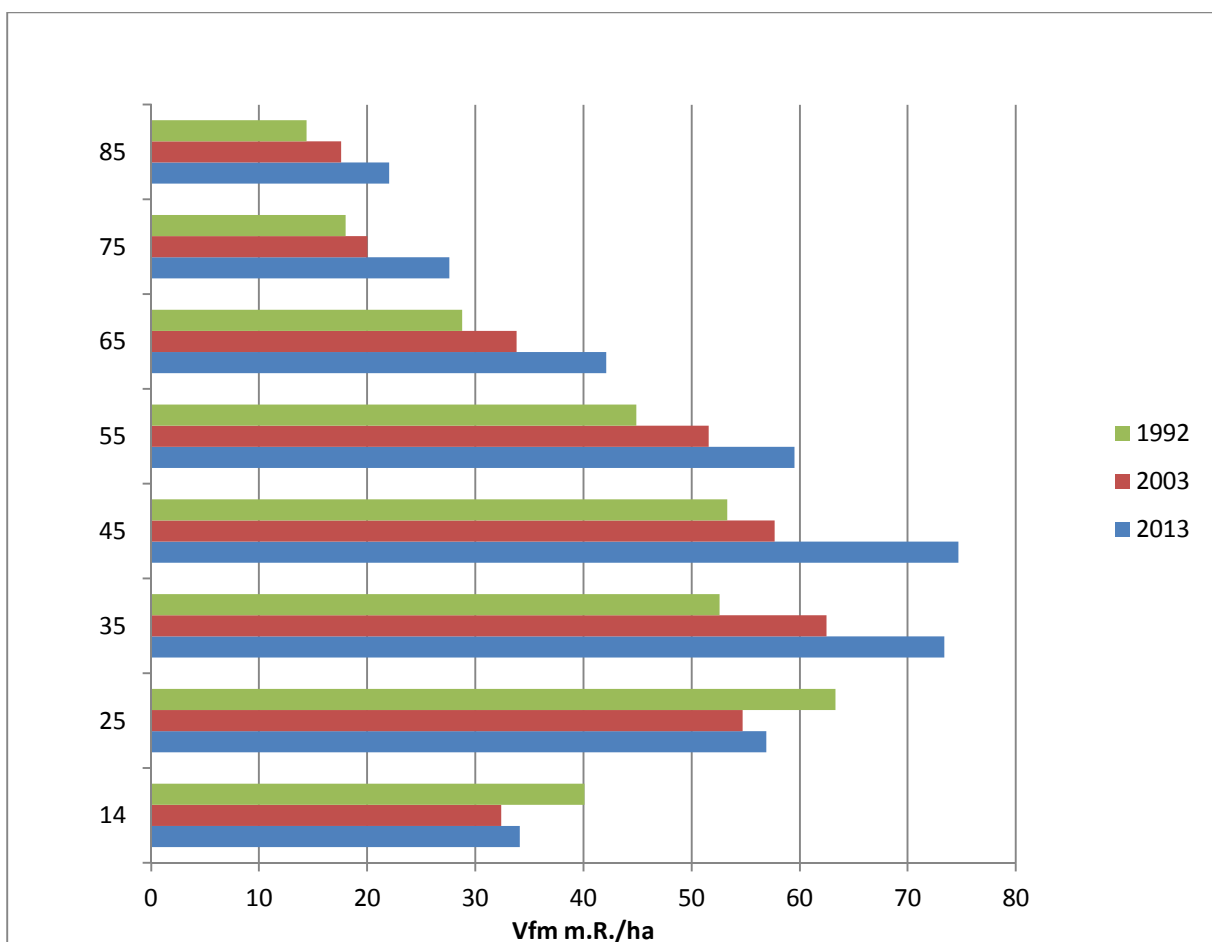


Abbildung 3: Entwicklung des Holzvorrates pro ha im Wirtschaftswald in Durchmesserstufen (10cm Schritte) im Stadtwald der Hansestadt Lübeck

In Abbildung 3 wird außerdem deutlich, dass dies vor allem im stärkeren Holz ab 30 cm kontinuierlich stattgefunden hat. Weniger stark bzw. indifferent ist die Entwicklung des Schwachholzes. Wendet man die Ergebnisse der NATURE Studie von ... an, ist dies eine konsequente Umsetzung. Dies war bereits 1992 bei der Einführung des Konzeptes bewusst geplant, hatte aber eher ökologische bzw. betriebswirtschaftliche Hintergründe. Ziel war und ist es den Anteil starken Holzes (im Laubholz mindestens 70 cm) möglichst hoch zu haben, damit möglichst viele starke, alte Bäume ihre herausragenden ökologischen Funktionen erfüllen können und der Zuwachs auf diese Bäume gelenkt wird, damit auch der potenzielle



und wirklich durchführbare Nutzungssatz dieser Bäume möglichst hoch werden kann. Dieser schon nach 10 bis 20 Jahren erhöhte Starkholzvorrat kann eine Ursache für den gemessenen erhöhten Zuwachs im zweiten Jahrzehnt im Stadtwald Lübeck sein.

## Einzelbaumwachstum

Im Folgenden sollen drei Auswertungen zum Einzelbaumwachstum vorgenommen werden, die beispielhaft für die These – Holz wächst nur an Holz – von Bedeutung sind. Sie betreffen die Buche auf den Jungmoränenstandorten, Eiche in Lübeck und verschiedene Nadelholzbestände in unterschiedlichen mit der gleichen Methode untersuchten Bestände in Norddeutschland.

Der Einzelbaumzuwachs ist für die zeitige Erreichung des Zieldurchmessers von großer forstwirtschaftlicher Bedeutung. Die Idee, die dahinter steht, sieht vor, dass durch die Entnahme von Bedrängern das Wachstum von Z-Bäumen angeregt wird und die einzelnen Bäume schneller die Hieb reife (den Zieldurchmesser) erreichen, auch um einer drohenden Entwertung zu vorzukommen. Diese Kompensation durch die Z-Bäume muss hier hinterfragt werden, denn wenn in naturnahen Wäldern starke Bäume distanzunabhängig hohe Zuwächse zeigen, sind Durchforstungen aus der Sicht des Massenzuwachses nicht förderlich.

### Buche auf Waldmeister Buchenwaldstandorten (Jungmoräne)

Bevor die Ergebnisse präsentiert werden, noch einige wesentliche Grundüberlegungen zu den Auswertungen. Die Datenanalyse aus den Kontrollstichprobenpunkten des Stadtwaldes Lübeck zeigte eine leichte Abhängigkeit zwischen dem Ausgangsalter und dem Ausgangsdurchmesser ( $r= 0.74$ ). Mit der Abkehr vom Altersklassenwald-Gedanken sowie der Berücksichtigung der natürlichen Heterogenität im Wuchsverhalten von Bäumen in Naturwäldern wurde der Stammdurchmesser gegenüber dem Baumalter als Auswertungsbasis in den Einzelbaummodellen bevorzugt. Vor allem in dicht bestockten Beständen ist der straffe Zusammenhang zwischen dem Baumalter und dem BHD nicht gegeben. Mit zunehmender Dauer der Aufgabe forstlicher Nutzung lockert sich diese Beziehung. Die Ergebnisse weisen darauf hin, dass die positive Korrelation zwischen dem Baumalter und der Stammstärke nutzungsbedingt ist. Auch zwischen der Ausgangsbaumhöhe und dem Ausgangsdurchmesser war ein deutlicher Zusammenhang erkennbar ( $r= 0.87$ ). Aus diesem Grund wurde die Baumhöhe in den weiteren Auswertungen weniger berücksichtigt.

Bevor genauer auf den Durchmesserzuwachs eingegangen wird, noch kurz einige Aussagen zum Höhenzuwachs. Das Höhenwachstum der Buche wird durch steigende Bestandesdichten gefördert. Des Weiteren bestimmt der Bodenwasserhaushalt in Wechselwirkung mit dem BHD die Höhe und den Verlauf der Höhenzuwachswerte. Im Gegensatz zum Durchmessermodell ist ein beträchtlicher Teil der Variation auf der Ebene der Probekreise (50 % der totalen Varianz). Zu finden. Einen erwartungsgemäß ebenso hohen Anteil stellt die Baumebene (43 %). Die Variation zwischen den Waldstandorten ist vergleichsweise gering (7 %).

Die Berechnungsergebnisse zeigen, dass mit zunehmender Baumreife der Einfluss der Bestandesdichte auf den Durchmesserzuwachs sinkt (siehe Abb. 4 und 5). In den

schwachen Durchmesserbereichen (20-40 cm) ist ein negativer Effekt steigender Grundflächen zu beobachten. Eine Reduktion der Grundflächenhaltung um 10 m<sup>2</sup> ha führt bei schwachen Buchen (BHD 20 cm) durchschnittlich zu einer 22 %-igen Zuwachssteigerung. Der Lichtungszuwachs bei Buche mit BHD 30 bis 40 cm beträgt im Mittel nur noch 12 % (Spanne 4 – 6 %) pro Grundflächenabsenkung um 10 m<sup>2</sup> ha. Die Mittelstellung nehmen Buchen mit einer Stammstärke von 20 bis 30 cm ein. Buchen mit einem Zielstärkedurchmesser von 65 cm zeigen über den gesamten beobachteten Durchmesserbereich konstante Zuwächse (vergleiche hierzu die Abb. 4 und 5). **Das Zuwachsverhalten starker Buchen ist demzufolge nahezu unbeeinflusst von der Bestandesdichte auf den hier untersuchten Waldmeister – Buchenwaldstandorten!**

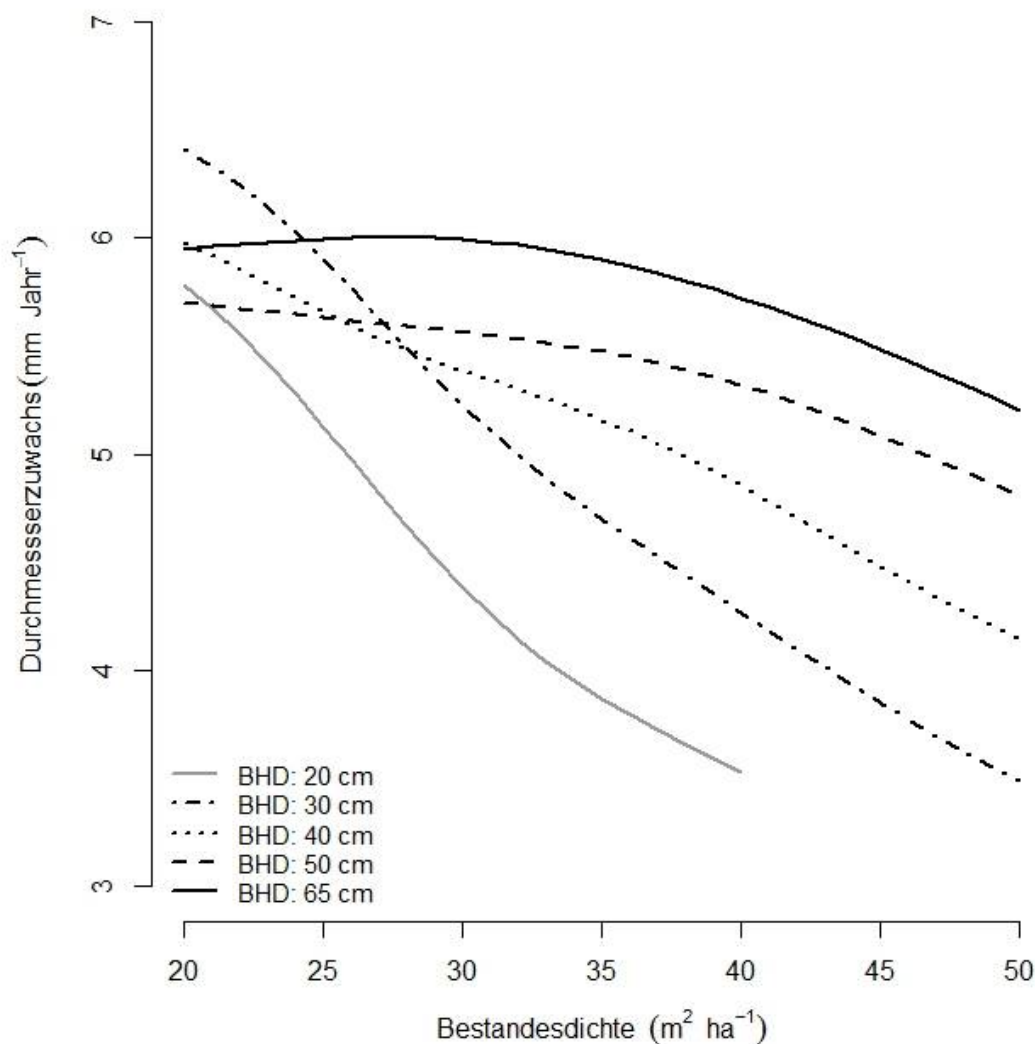


Abbildung 4: Durchschnittlicher Zuwachs der Bucheneinzelbäume auf Waldmeister- Buchenwaldstandorten in Abhängigkeit von Bestandesdichte (m<sup>2</sup>/ha) und mittlerem Durchmesser in fünf verschiedenen Stufen

Ein weiterer Einflussfaktor ist der Anteil der Mischbaumarten (s.a. Abb. 5). Der BHD-Zuwachs bei Buchen in Buchenmischbeständen steigt mit steigendem Mischbaumartenanteil bei gleichzeitig sinkenden Höhenzuwächsen in der Buche bei steigenden Mischbaumartenanteilen. Auch dieses Phänomen ist tendenziell stärker in jüngeren als in älteren Beständen ausgeprägt. Nachlassender Konkurrenzdruck für den Einzelbaum führt zu

stärkerem BHD-Zuwachs bei gleichzeitiger Reduktion des Höhenzuwachses bei der Buche. Für Mischbaumarten in der Buche ist eine ähnliche Anpassung an die dominante Baumart bei der Wachstumsdynamik zu beobachten. Hier scheint demnach weniger Konkurrenz als Kooperation zwischen den Arten von Bedeutung zu sein. Die Baumarchitektur z. B. der Buchen ist der Eichenarchitektur in eichendominierten Beständen sehr ähnlich. Eine Mischbaumartenförderung neben einer Förderung qualitativ gut geformter Bäume kann damit weitgehend entfallen.

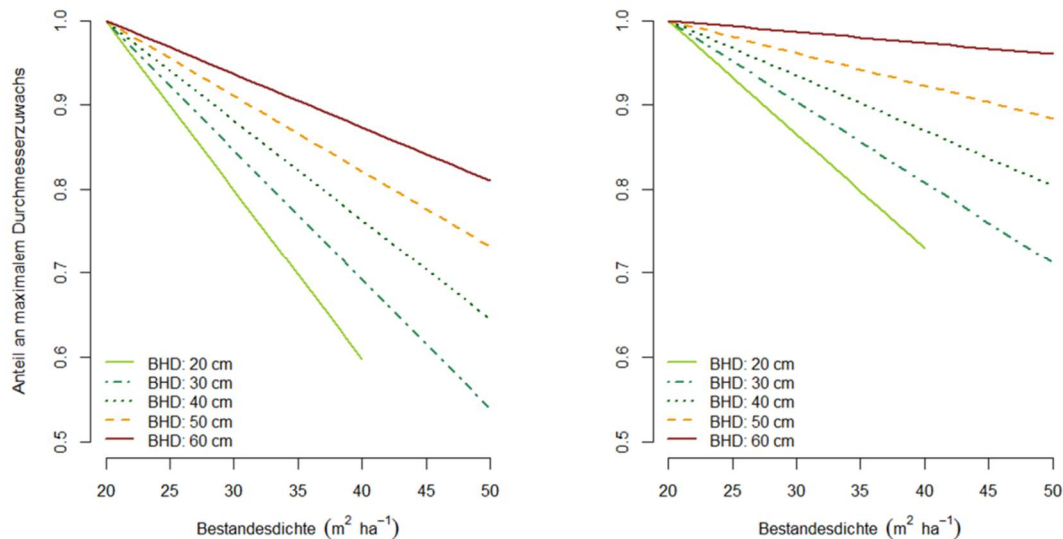


Abbildung 5: Anteil an maximalem Durchmesserzuwachs der Buche in Reinbeständen (links) und Buchenmischbeständen (rechts) auf Waldmeister Buchenwaldstandorten im Stadtwald Lübeck

Die Reaktion der Buche auf kurzfristige Veränderungen des Standraumangebotes, wie es bei Durchforstungen gegeben ist, ist tendenziell gleich. Wie schon generell festgestellt, ist hier nur für die Stangenhölzer und auch noch für schwaches Baumholz ein positiver Effekt auf eine kurzfristige Grundflächenreduktion zu beobachten.

In Bezug auf den Höhenzuwachs ist ein entgegengesetzter Trend zu beobachten. Auf grund- und stauwasserfreien Standorten ist für das mittlere Wuchsverhalten von Buchen in forstlich genutzten und mehr als 20 Jahre forstlich ungenutzten Beständen ein typischer Höhenzuwachsdynamik zu beobachten, das heißt, mit zunehmendem BHD sinkt der Zuwachs. Der umgekehrt sigmoide Kurvenverlauf des Höhenzuwachses über dem BHD wird allerdings durch steigenden „Konkurrenzdruck“ modifiziert. Dies resultiert für Buchen, die unter hoher Konkurrenz wachsen – charakteristisch für langfristig forstlich ungenutzte Bestände –, unabhängig von der Baumstärke in tendenziell konstanten Zuwachswerten. Die Unterschiede zwischen den Bewirtschaftungsintensitäten werden mit zunehmendem Durchmesser größer, sodass bei gleichem Zieldurchmesser von 70 cm die Höhenzuwachsleistungen der Buche in dicht bestockten Beständen (BA 36,2 m<sup>2</sup>/ha, BA 9,1 m<sup>2</sup>/ha) im Mittel nach der Nutzungsaufgabe erstmal um 40 % höher sind als bei gleich starken Buchen in bewirtschafteten Beständen (BA 28,8 m<sup>2</sup>/ha, BA 4,0 m<sup>2</sup>/ha). Das Vorhandensein von Wasserüberschuss reduziert den Höhenzuwachs um durchschnittlich 9 %. Unterschiede im Wuchsverhalten sind ebenfalls auszumachen, wobei das Niveau zwischen den Bewirtschaftungsintensitäten unverändert bleibt.

Als Fazit bleibt festzuhalten, dass die Ertragsleistung des Einzelbaumes bei der Buche sich bis zu einem BHD von 40 cm über die Grundflächenhaltung (untersuchte Spanne: 15–60 m<sup>2</sup> ha) steuern lässt. Ab einem BHD > 40 cm reagiert die Buche mit einem deutlichen Kompensationseffekt, der sich mit zunehmender Baumreife ausprägt. In diesen Dimensionen besitzen Eingriffe keinen Einfluss mehr auf den Durchmesserzuwachs. Verantwortlich hierfür könnte ein baumspezifisches Allokationsverhalten sein, bei dem sich die Assimilatverteilung in Abhängigkeit des Dichtstandes verschiebt (Dicken- versus Höhenwachstum). Dies bedeutet für die These – Holz wächst nur an Holz - dass ein höherer Anteil Starkholz für den Zuwachs und die Gesamtwuchsleistung der Buchenbestände förderlich ist! Ein zusätzlicher Nebeneffekt dieser Untersuchung ist, dass in Buchenmischbeständen die Buche weniger als vermutet eine verdrängende Baumart ist, als vielmehr eine sich einnischende und tolerierende Baumart.

### Einzelbaumwachstum in der Eiche

Die Eiche ist in den meisten Buchenwaldgesellschaften im Stadtwald Lübeck Mischbaumart in Form eines langlebigen Pioniers. In den meisten Beständen ist sie anthropogen eingebracht oder aber zumindest in Rahmen der forstlichen Pflege i.d.R. permanent gefördert worden. Ihre Leistungsfähigkeit in Relation zur prägenden Buche wird durch die Forstwirtschaft als deutlich schwächer eingestuft, so dass sie meist gefördert wurde. Sie kommt heute in Reinbeständen in der herrschenden Schicht, aber mit meist ungleichaltrigen Zwischen- und Unterstand aus verschiedenen Baumarten vor. Noch häufiger ist sie als Mischbaumart mit Buche oder Edellaubholz vorhanden.

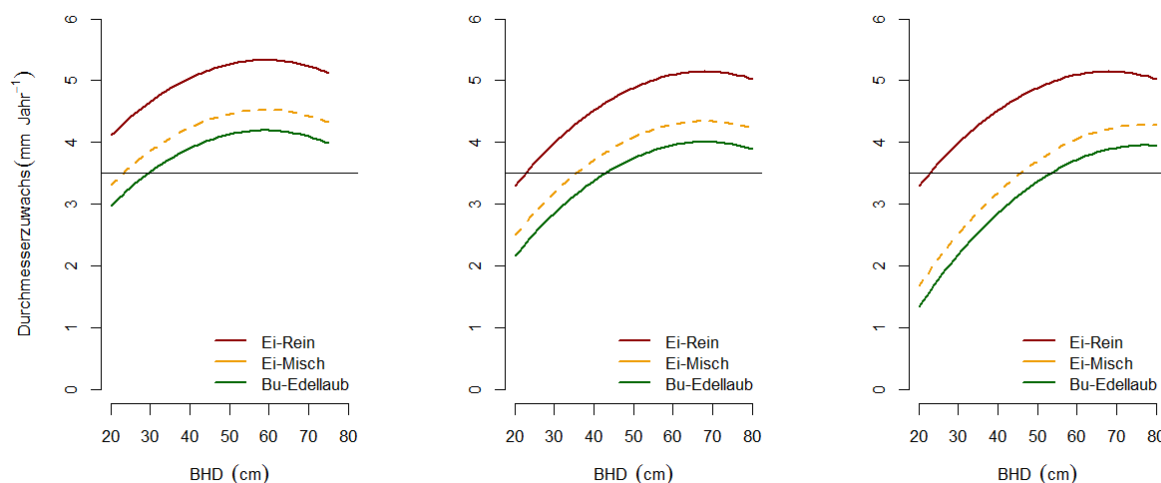


Abbildung 6: BHD Wachstum der Eiche in unterschiedlich dichten Beständen (Rechts 45, Mitte 35 und links 25 m<sup>2</sup> Grundfläche/ha) in Abhängigkeit von Mischungsverhältnissen und BHD

Obige Abbildung zeigt eine entsprechend der Dichte unterschiedliche Wachstumsdynamik der Eichenreinbestände. Erstaunlich ist der späte BHD Wachstumskulminationspunkt von 55 bis fast 70 cm BHD. Außerdem liegt der Kulminationspunkt bei allen Dichten der Bestände bei ca. 5 mm je Jahr. Hier gibt es nur Unterschiede bei den schwächeren Beständen. Umso dichter umso schwächer wachsen die schwächeren Eichen. Dies gilt auch für Eichenmischbestände und eingemischte Eichen in Buchen- und Buchen-Edellaubholzgemischbeständen. Der geringere BHD Zuwachs wird aber durch ein verstärktes Höhenwachstum kompensiert. Bei den Mischbeständen ist aber im Gegensatz zu den Eichenreinbeständen deutlich zu erkennen, dass der Kulminationspunkt des BHD Wachstums sich mit der Dichte immer mehr in Richtung starke Bäume verschiebt.

Als Fazit bleibt auch hier festzustellen, dass unter heutigen Bedingungen Eichen deutlich später im BHD Wachstum kulminieren und auch bei den stärkeren Eichen kaum einen Einfluss der Dichte der Bestände auf das Durchmesserwachstum zeigen.

### Einzelbaumwachstum von Kiefer und Fichte

Für die Einzelbaumzuwachsanalyse wurden Wiederholungsinventuren der Kontrollstichprobe aus den Stadtwäldern Lübeck, Uelzen, Rostock und Mölln ausgewertet. Im Folgenden werden die Ergebnisse mit besonderer Bedeutung für die waldbauliche Relevanz für den Stadtwald Lübeck dargestellt. Waren Aussagen auf Grundlage einer ausreichenden Stichprobe nur für Lübeck möglich, wird dies auch entsprechend beschrieben.

Kiefern im Stadtwald Lübeck wachsen in Reinbeständen 0,7 mm/Jahr schneller als in Mischbeständen. Auf besseren Standorten (bessere Nährstoff- und Wasserversorgung sowie stärker ozeanischer Klimaeinfluss) scheint dieser Unterschied größer zu sein als auf schwächeren Standorten. Auch die Mischbaumart scheint einen Einfluss auf dieses Phänomen zu haben. Sind es schattentolerante Baumarten wie Buche oder Fichte, scheint der Effekt stärker zu sein, als wenn es lichtliebende Pionierbaumarten wie Birke, Eiche oder Eberesche sind.

Die Wachstumsdynamik der Kiefer auf Sand, Sander- und Altmoränenstandorten ist deutlich anders als auf den Lehm- und Tonböden der Jungmoräne (siehe folgende Abbildung). So kulminiert die Kiefer auf den Sand, Sander- und Altmoränenstandorten deutlich früher (je nach Bestandesdichte bei 20 bis 30 cm BHD), um dann stärker abzufallen und sich ab 45 cm auf einem gleichbleibenden Niveau zu stabilisieren. Insgesamt ist der Einzelbaumzuwachs vor allem in der Jugend stark von der Bestandesdichte abhängig, ab ca. 40 cm BHD und Grundflächen von über 25 m<sup>2</sup>/ha ist der Unterschied aber kaum mehr messbar.

Auf den Jungmoränenstandorten kulminiert der Einzelbaumzuwachs des BHD in der Kiefer erst bei 35 cm BHD. Mit zunehmender Bestandesdichte nimmt der Zuwachs ab. Generell gibt es in allen Durchmesserstufen etwa den gleichen Einfluss der Bestandesdichte auf den BHD-Zuwachs.

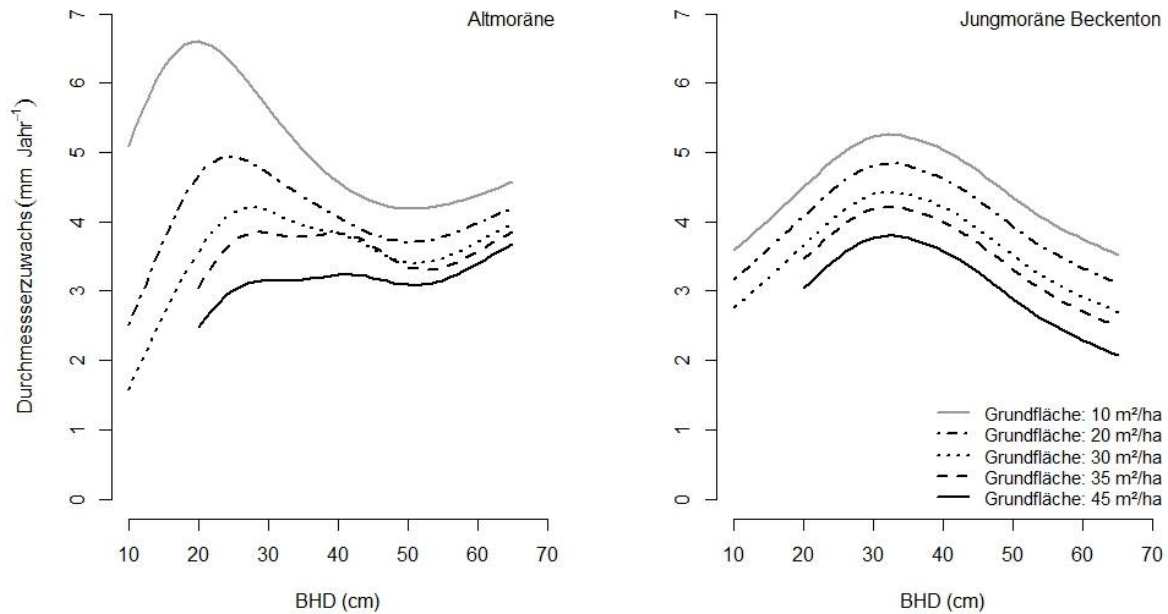
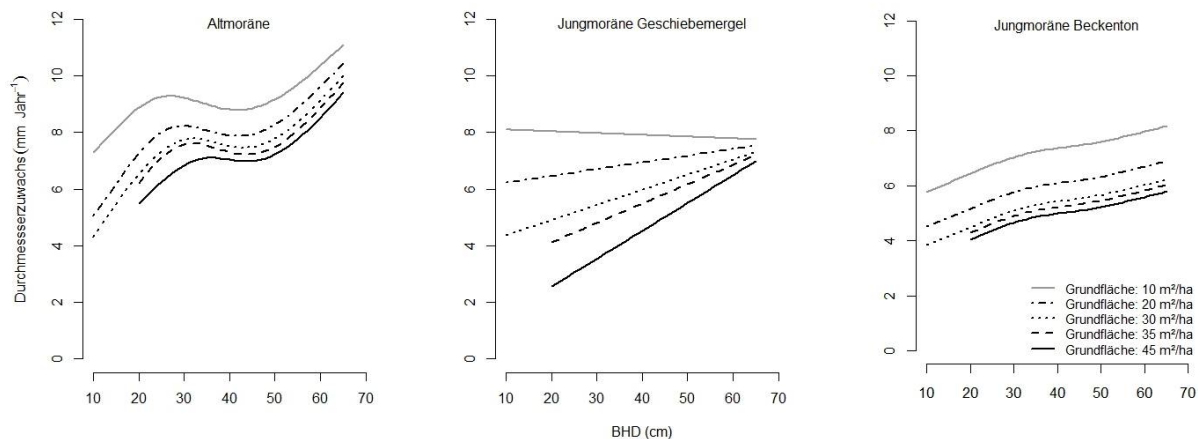


Abbildung 7: Durchmesserzuwachs von Kiefer in mm/Jahr in Abhängigkeit von Standort und Bestandesdichte sowie der Stärke (BHD) der Einzelbäume in den Stadtwäldern Lübeck, Mölln, Rostock und Uelzen.

Das Wachstum der Fichte in Mischbeständen ist mit durchschnittlich 0,7 mm/Jahr höher als in Reinbeständen. Hier zeigt sich also genau ein gegenläufiger Trend zur Kiefer. Einen Einfluss des Standortes scheint es nicht auf dieses Phänomen zu geben, einzig im ozeanisch geprägten Klima ist der Unterschied um ca. 0,4 mm/Jahr größer als im subkontinentalen Klimabereich. In Mischung mit Buche ist der Effekt tendenziell kleiner als in Mischung mit Eiche und Kiefer.

Das Einzelbaumwachstum der Fichte ist außerdem noch von der Bodenart abhängig. Auf den meist sandigen Böden der Sanderflächen und den Altmoränenböden kulminiert die Fichte bei etwa 20 bis 25 cm BHD, um dann leicht im Wachstum zu sinken und ab 50 cm wieder zu steigen. Allerdings ist das Zahlenmaterial bei den Bäumen über 50 cm in diesem Standortbereich relativ dünn. Die Bestandesdichte ist vor allem zwischen 10 und 30 m²/ha Grundfläche von Bedeutung für das Wachstum des BHD. Je lichter die Bestände, umso schneller wachsen die Einzelbäume. Ab 30 m²/ha Grundfläche ist dieser Effekt aber kaum mehr vorhanden (siehe folgende Abbildung).

Auf den lehmigen Jungmoränenböden scheinen die Fichten mit zunehmendem BHD immer schneller zu wachsen. Dieser Effekt wird aber umso stärker, je dichter die Bestände sind. Die Bestandesdichte wirkt sich auf das Einzelbaumwachstum vor allem in dünnen BHD-Bereichen aus. Ist der Unterschied bei 20 cm BHD fast 6 mm/Jahr zwischen den Beständen mit 50 m²/ha und 10 m²/ha Grundfläche, löst dieser Unterschied bei 65 cm fast gänzlich auf (siehe folgende Abbildung).



**Abbildung 8: Durchmesserzuwachs (mm/Jahr) in der Fichte auf verschiedenen Standorten in Abhängigkeit von Bestandesdichte und Stärke (BHD) der Einzelbäume in den Stadtwäldern von Lübeck, Mölln, Rostock und Uelzen.**

Auf den Tonböden nimmt der Einzelbaumzuwachs kontinuierlich zu. Die Bestandesdichte ist wie auf den Sandböden vor allem zwischen 10 und 30 m<sup>2</sup>/ha Grundfläche von Bedeutung für das Wachstum des BHD. Je lichter die Bestände, umso schneller wachsen die Einzelbäume. Ab 30 m<sup>2</sup>/ha Grundfläche ist dieser Effekt aber kaum mehr vorhanden (siehe obige Abbildung 8).

Das Fazit fällt für die Nadelbaumarten deutlich anders aus als für das Laubholz. Der Einfluss der Bestandesdichte ist fast überall gegeben, auch wenn er wie beim Laubholz mit zunehmender Baumdimension abnimmt. Die Nadelbaumarten kulminieren im BHD und im Höhenwachstum deutlich früher als die Laubbaumarten.

## Zuwachs von Waldbeständen in Abhängigkeit von Baumartenzusammensetzung und Holzvorrat

Wie schon bei der Analyse der Einzelbaumzuwächse, soll auch hier beispielhaft auf die Daten der Buchen- Eichen- und Nadelholzbestände zurückgegriffen werden. Schwerpunkt der Auswertung sind verschiedene Waldpflegestufen, Bestandestypen und der Zuwachs je Jahr und ha.

### Zuwachs der Buchenbestände

Im Rahmen der ersten Zuwachsberechnungen der Inventurperiode 1992 bis 2003 war aufgefallen, dass in Buchenbeständen die vorratsreichen Referenzflächen hohe Zuwächse zeigten. Sie waren und sind durch hohe Vorräte an starken älteren Einzelbäumen in hoher Dichte gekennzeichnet. Dies war in Relation zu den Ertragstafelwerten so nicht zu erwarten, war aber der erste Hinweis für die hier zu überprüfende These – Holz wächst nur an Holz.



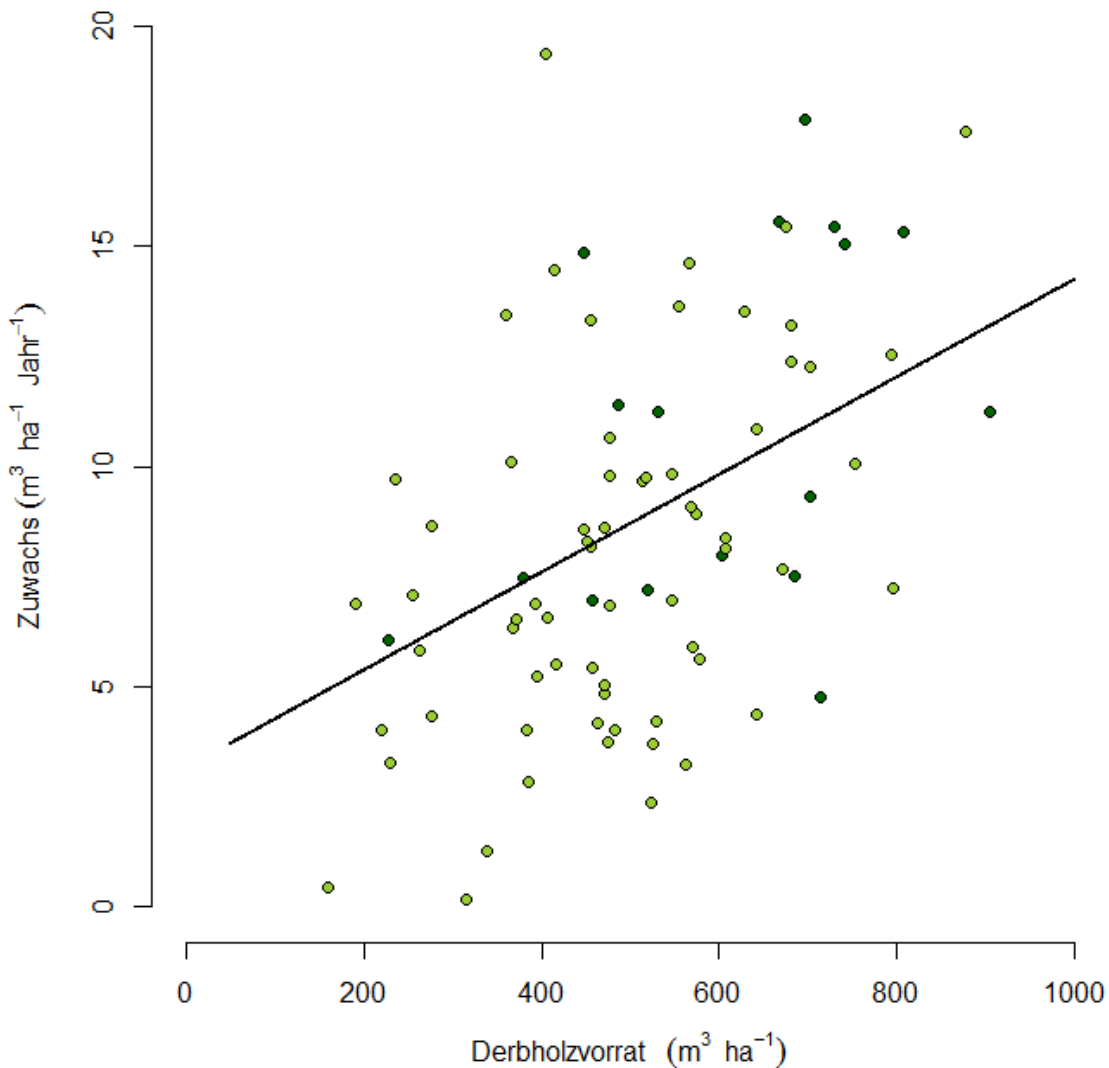


Abbildung 9: Zuwachs von Buchenbeständen (Reinbestände dunkel grün, Buchenmischbestände hell grün) auf Jungmoränenstandorten in Abhängigkeit vom Holzvorrat von 1992 bis 2003

Eine erste Analyse der Zuwachsdaten von 1992 bis 2003 zeigt einen klaren Zusammenhang zwischen Holzvorrat und Zuwachs unabhängig ob es sich um Buchenreinbestände oder Buchenmischbestände handelte. Aus den Ergebnissen der Einzelbaumanalyse waren diese Ergebnisse schon zu erwarten. Ist bei starken Buchen zum Beispiel kein Einfluss auf das Dickenwachstum durch die Bestandesdichte vorhanden, bedeutet dies im Umkehrschluss alle Bäume haben den gleichen BHD Zuwachs egal wie dicht sie stehen, also viele Bäume wachsen natürlich mehr auf einer Fläche als wenige.

Diese Auswertung wurde nach der weiteren Inventur 2003 bis 2013 nochmals detailliert und entsprechend der Waldpflegestufen vorgenommen. Außerdem wurden die gleichen Analysen auch im Stadtwald Göttingen vorgenommen, um zu prüfen ob es dort zu vergleichbaren Ergebnissen kommt.

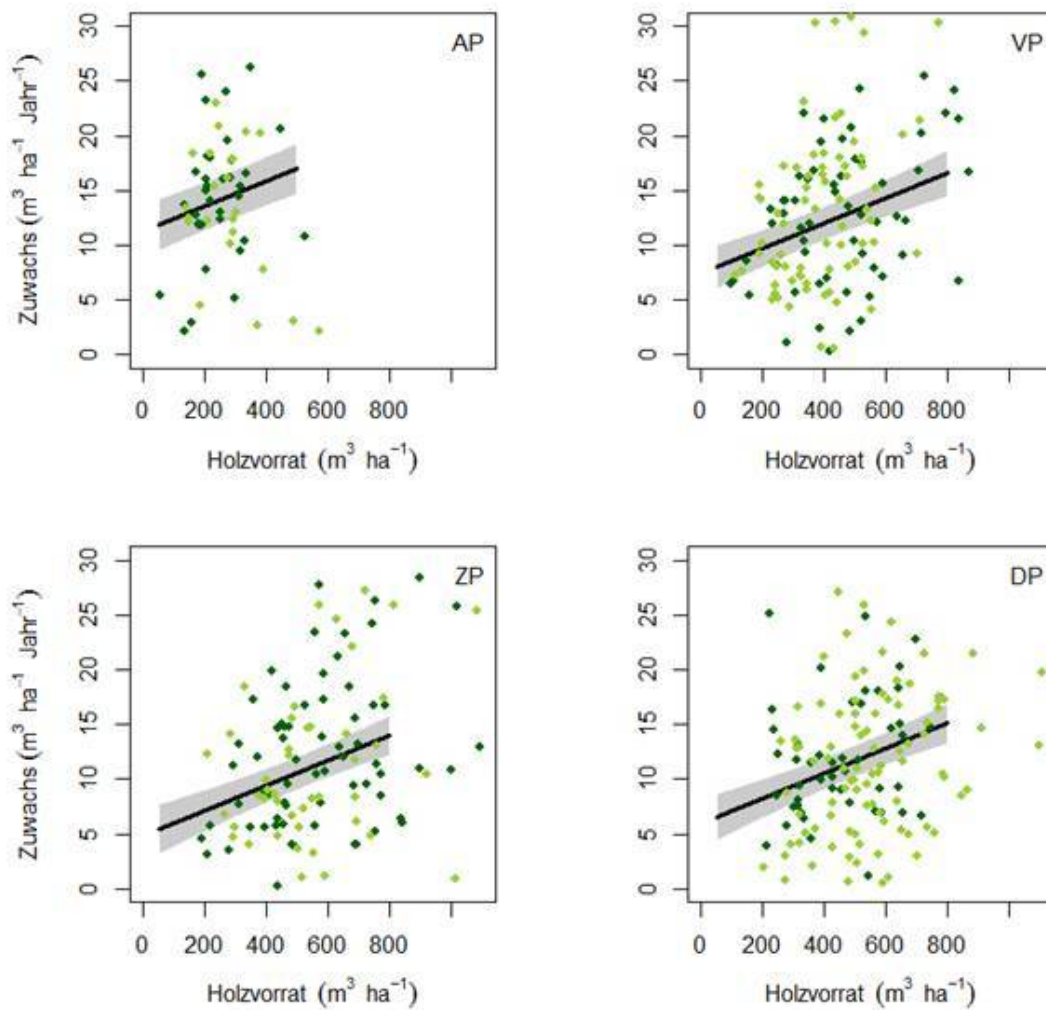


Abbildung 10: Der laufende jährliche Zuwachs je Jahr und ha in Buchenrein- (dunkel grün) und Buchenmischbeständen in Abhängigkeit vom Vorrat je ha und Waldpflegestufe (AP Auslese-; VP Vorratpflege-; ZP Zielstärkennutzungs-; DP Dauerwaldphase) im Stadtwald Lübeck 1992 – 2013

Aus der Abbildung 10 wird deutlich, dass die Buchenbestände in allen Waldpflegestufen höhere Zuwächse bei steigenden Vorräten haben. Das höchste Niveau hat dabei die Auslesephase, gefolgt von allen anderen Pflegestufen. Die gemessenen Zuwächse bei steigenden Vorräten sind dabei nicht trivial. Sie zeigen zum Beispiel in der Vorratpflegephase, dass der Zuwachs bei einem Anstieg von 250 Vfm/ha auf 400 Vfm/ha fast drei Vfm Zuwachsgewinn pro Jahr und ha bedeutet.

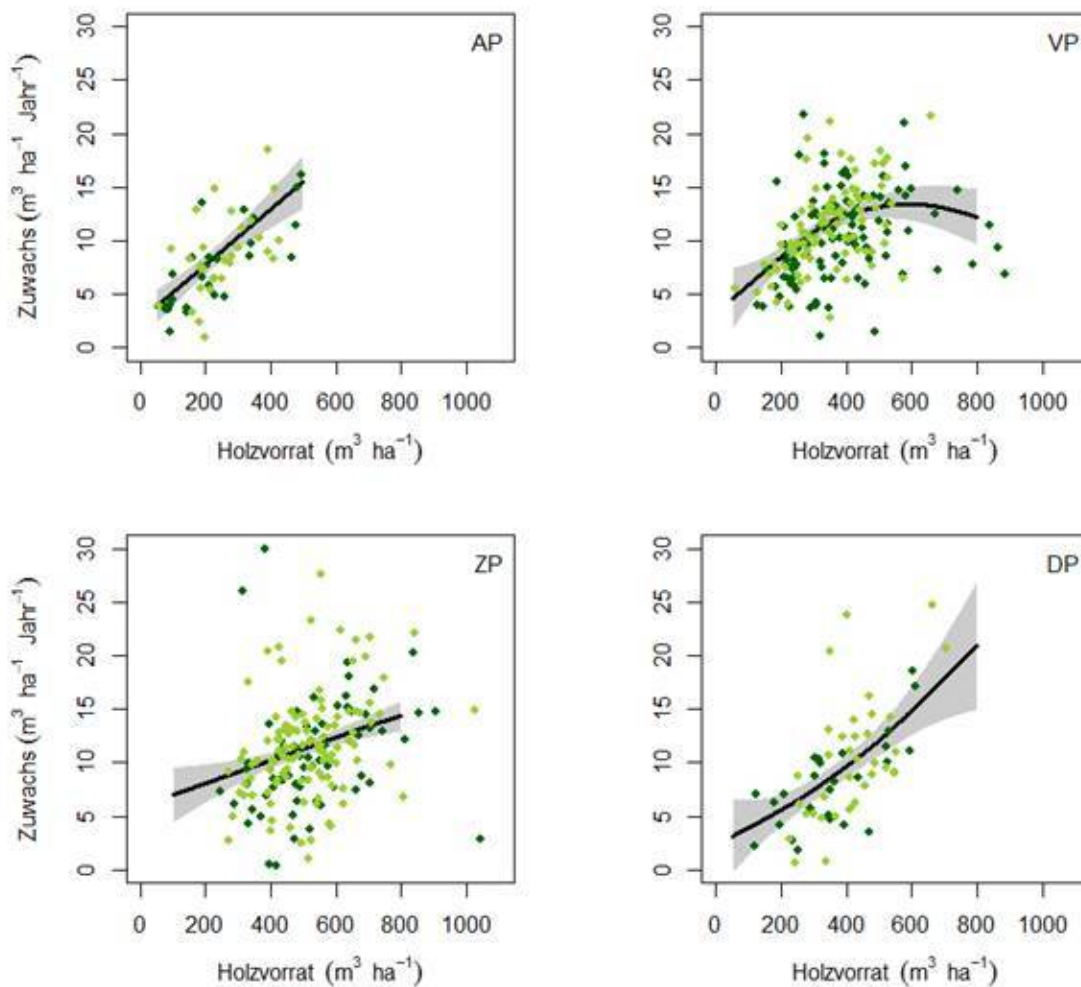


Abbildung 11: Der laufende jährliche Zuwachs pro ha in Buchenreinbeständen (dunkelgrün) und Buchenmischbeständen in Abhängigkeit vom Vorrat je ha und Waldpflegestufe (AP Auslese-; VP Vorratspflege; ZP Zielstärkennutzungs-; DP Dauerwaldphase) im Stadtwald Göttingen 2000-2010

Das Ergebnis im Stadtwald Göttingen ist im Bezug zur These – Holz wächst nur an Holz – ähnlich eindeutig wie im Stadtwald Lübeck. Bei genauerer Betrachtung fallen jedoch für die Waldpflegestufen wesentlich unterschiede zwischen den Stufen und zu Lübeck auf. So ist der Zuwachsgewinn in der Auslesephase bei zunehmendem Holzvorrat deutlich höher als in Lübeck. Steigt der Vorrat von 200 Vfm/ha auf 400 Vfm/ha, ergibt dies einen Zuwachsgewinn von über 40 % je Jahr und ha. Vorratsarme Wälder dieser Phase in Göttingen sind deutlich leistungsschwächer als in Lübeck, erst die Vorratsreichen Bestände erreichen sie ein ähnliches Zuwachsniveau wie Lübecker Bestände. Ähnliches gilt auch für die Vorratspflegephase, doch dort sind Steigerungen des Zuwachses oberhalb von 500 Vfm /ha in Göttingen nicht mehr vorhanden. Ob der Zuwachs oberhalb von 600 Vfm/ha dann wirklich sinkt, ist auf Grund der geringen Stichprobe dort fraglich. Die Zielstärkennutzungsphase ist in Göttingen beim Zuwachs generell ca. 1 bis 2 Vfm je ha und Jahr schwächer als Lübeck. Die Göttinger Dauerwaldphase scheint sich vollkommen anders zu verhalten als in Lübeck, wird aber bei der scheinbar anderen Wachstumsdynamik jüngerer Bäume (siehe Auslesephase) verständlich.

In Buchenbeständen in Göttingen und Lübeck ist die These – Holz wächst nur an Holz – eindeutig belegt. Die Zuwachsgewinne mit steigenden Vorratswerten sind zum Teil beträchtlich.

## Zuwachs von Eichenbeständen

Aus den Einzelbaumanalysen heraus lassen sich bei den Eichenbeständen nicht so eindeutige Ergebnisse vermuten. Bei der Buche scheint das Einzelbaumwachstum deutlich unabhängiger von der Bestandesdichte zu sein als bei der Eiche.

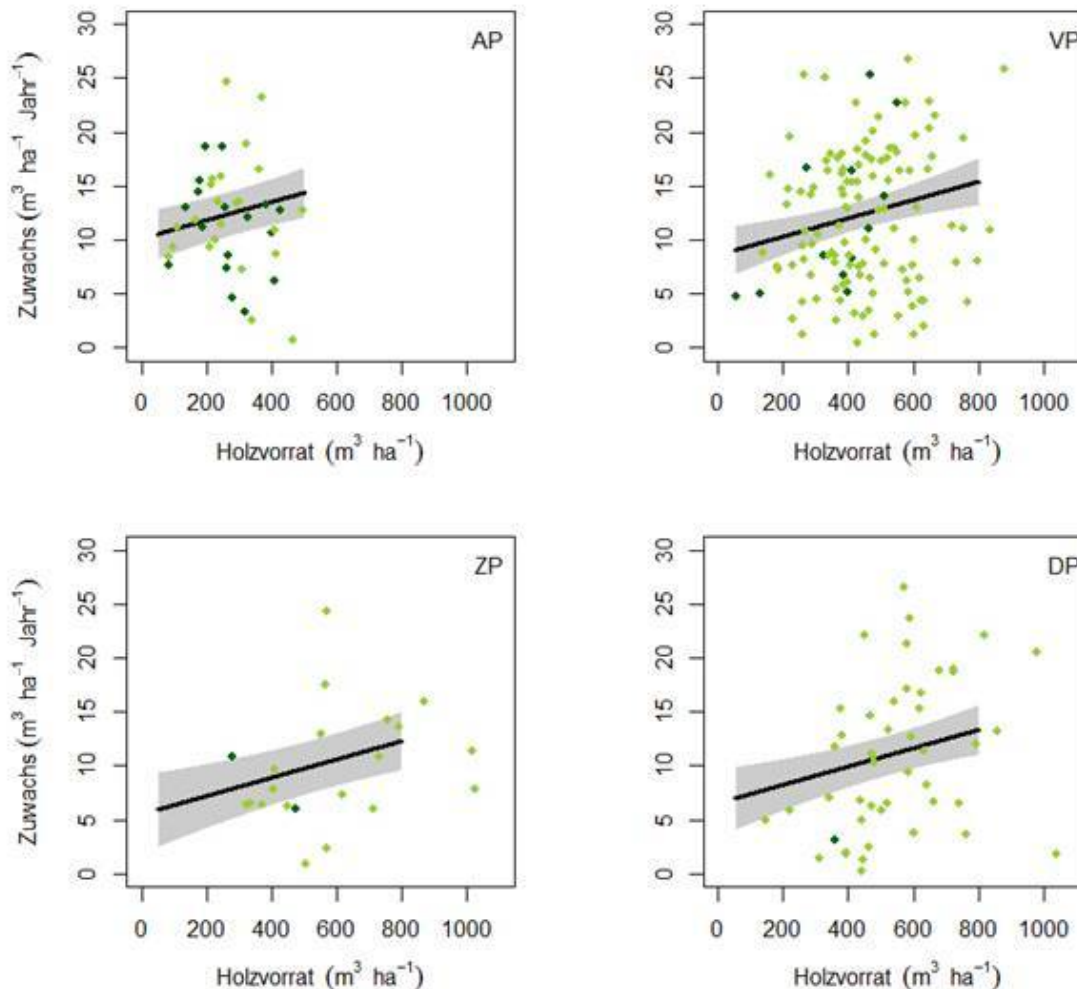


Abbildung 12: Der laufende jährliche Zuwachs je ha in Eichenreinbeständen (dunkelgrün) und in Eichenmischbeständen in Abhängigkeit vom Vorrat je ha und Waldpflegestufe (AP Auslese; VP Vorratspflege; ZP Zielstärkennutzungs-; DP Dauerwaldphase) in Lübeck 1992-2013

Wie schon bei der Buche, zeigt sich auch bei den Eichendominierten Beständen ein positiver Zusammenhang zwischen Vorratszunahme und Zuwachs. Insgesamt ist die Steigerungsrate aber geringer als bei der Buche, das heißt ein Vorratsaufbau in Eichenbeständen wirkt sich nicht so gravierend auf den Zuwachs aus, wie in Buchenbeständen. Insgesamt ist der Zuwachs in der Auslesephase und Vorratspflegephase sehr ähnlich, gleiches trifft für die Zielstärkennutzungsphase und Dauerwaldphase zu, jedoch auf etwas niedrigerem Niveau. Erstaunlich ist der sehr geringe Unterschied von Buchendominierten Beständen zu eichendominierten Beständen. Bei den jüngeren Waldpflegestufen beträgt der Unterschied noch fast 20 % ist in den älteren Phasen aber kaum mehr nachweisbar.

Das Fazit fällt ähnlich aus wie bei den Buchenbeständen und bestätigt wie schon dort die These – Holz wächst nur an Holz! Der Zuwachsgewinn mit steigendem Vorrat ist nicht ganz so deutlich wie in den Buchendominierten Beständen, aber noch wahrnehmbar.

## Zuwachs in Nadelholzbeständen

Das Einzelbaumwachstum hat bei den Nadelbaumarten eine zum Teil deutlich andere Dynamik als beim Laubholz (s.o.). Die Kulminationspunkte beim BHD Zuwachs liegen deutlich früher und in fast allen BHD Stufen lassen sich der Durchmesserzuwachs des verbleibenden Bestandes durch Entnahmen steigern. Dies sollte bei den folgenden Zuwachsanalysen nicht ohne Folgen bleiben.

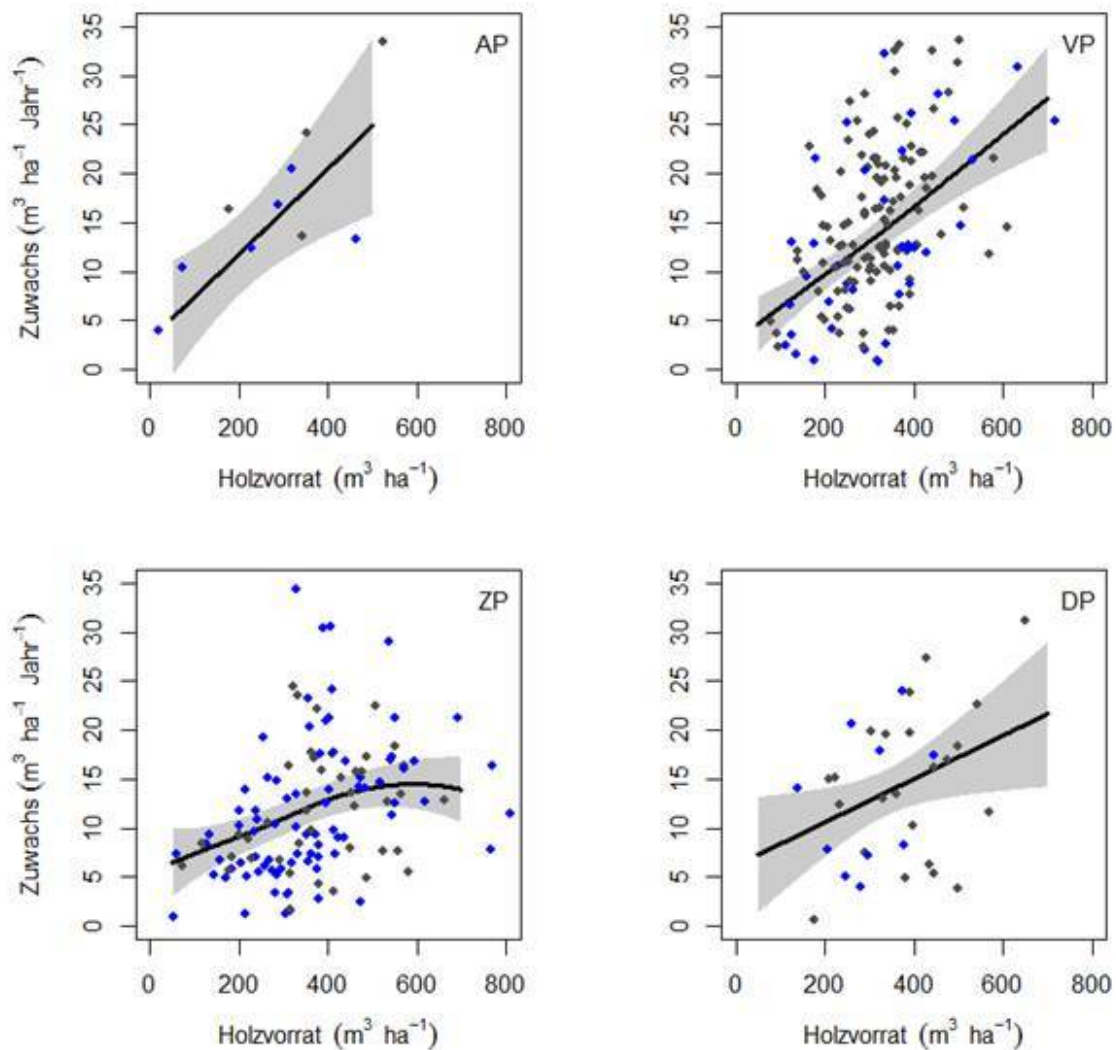


Abbildung 13: Laufender jährlicher Zuwachs pro ha in Kiefer- (grau) und Fichtenbeständen (blau) in Abhängigkeit vom Vorrat je ha und Waldpflegestufe (AP Auslese-; VP Vorratspflege; ZP Zielstärkennutzung; DP Dauerwaldphase) im Stadtwald Lübeck

Wie schon bei der Buche und der Eiche gibt es auch im Nadelholz einen positiven Einfluss durch die Vorratszunahme auf den Zuwachs. Je jünger die Bestände um so stärker ist dieser Einfluss. In der Zielstärkennutzungsphase ist eine Vorratsanreicherung oberhalb von 450 bis 500 Vfm/ha ohne Einfluss auf den Zuwachs, auch ist generell der höhere Vorrat hier nicht so bedeutend für den Zuwachsgewinn. Die Zuwachssteigerungsraten bewegen sich auf einem ähnlichen Niveau wie bei der Eiche. In der Auslesephase und der Vorratspflegephase sind hingegen die Zuwachsgewinne deutlich, wenn man den Vorrat anhebt. Im Gegensatz zu den Laubbaumarten ergibt sich kein eindeutiger Trend wenn man alle Zuwachsdaten ohne Berücksichtigung der Waldpflegestufe auswertet.

Das Fazit fällt ähnlich wie bei den Buchen- und Eichenbeständen aus und bestätigt wie schon dort die These – Holz wächst nur an Holz! Der Zuwachsgewinn mit steigendem Vorrat ist nur in den jüngeren Waldpflegestufen deutlich ausgeprägt und lässt dann ebenso deutlich in den älteren Phasen nach.

## Diskussion und Fazit der Ergebnisse

Für den Stadtwald Lübeck und zum Teil auch für den Stadtwald Göttingen wurden Wiederholungsinventuren an Kontrollstichprobenpunkten auf Einzelbaumzuwachsdaten und Bestandeszuwächse analysiert. Geprüft werden sollte die These – Holz wächst nur an Holz. Diese These stellt einige Ertragskundlichen Grundlagen der Forstwirtschaft in Frage (s.o.). Insbesondere sind bei einer Bestätigung wesentliche Auswirkungen auf den nachhaltigen Hiebssatz und den zukünftigen Holzanfall sowie Klimaschutz- und Naturschutzziele zu erwarten.

Die vorgenommenen Berechnungen der Buchen-, Eichen- und Nadelholzbestände in Lübeck bestätigten in unterschiedlichem Umfang diese These. Im Ergebnis bedeutet dies, dass viele zurzeit vorgenommenen Hiebssatzherleitungen, Modellberechnungen für Klimaschutz- und Naturschutzziele zumindest für Lübeck nicht gelten. Da einige Analysen auch im Göttinger Stadtwald zu ähnlichen Ergebnissen geführt haben, dürfte dies nicht nur ein lokales Phänomen sein.

Im Ergebnis sind ertragstafelbasierte Modellberechnungen unter heutigen Rahmenbedingungen unbrauchbar und müssen wie zum Teil bereits geschehen durch lokale Ertragsmodelle, die auf tatsächlichen Messreihen und heutigen Rahmenbedingungen basieren ersetzt werden.

Dringend erforderlich ist eine vollkommen neue Diskussion der Klimaschutzziele des Waldes, da die zurzeit geführte Diskussion über Übervorräte hier vollkommen am Thema vorbei geht und so nur als Lobbyarbeit der Nadelholzsägeindustrie zu verstehen ist. Eine in Kombination mit Waldnaturschutzziele geführte Diskussion, bei gleichzeitiger Annahme der These – Holz wächst nur an Holz-, lässt auch wieder eine ernstzunehmende Diskussion der Naturwälder zum Klimaschutz zu.

### Literatur:

DBU, 2008, Abschlussbericht zum Projekt Nutzung ökologischer Potenziale von Buchenwäldern für eine multifunktionale Bewirtschaftung. AZ 25243-33/0

*Fichtner et al.*, 2012: Competition response of European beech *Fagus sylvatica* L. varies with tree size and abiotic stress: minimizing anthropogenic disturbance in forests. *Journal of Applied Ecology* 2012, 49, 1306-1315.

*Fichtner et al.*, 2013: Crown size-growth relationships of European beech (*Fagus sylvatica* L.) are driven by the interplay of disturbance intensity and inter-specific competition. *Forest Ecology and Management* 302 (2013) 178-184.