



Waldbehandlung und Waldwirkung

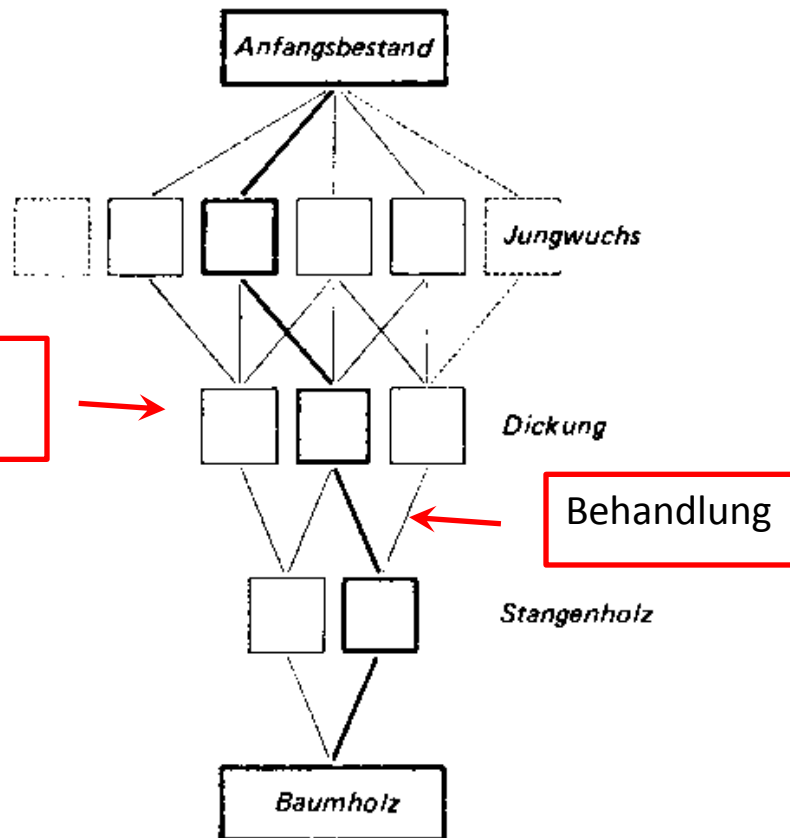
(Zum Einfluss forstlicher Nutzung und waldbaulicher Bestandespflege auf verschiedene Waldwirkungen)

Sven Wagner, Franka Huth
Tharandt

Gliederung

- Waldbehandlung und Waldstruktur
- Historische Entwicklung der Wechselbeziehung von Waldbehandlung und Waldwirkung
- Einzelwirkungen
 - Deterministische Methoden der Erkenntnis
 - Beispiele für die Manipulation
- Kombinierte Wirkungen
 - Grundsätzliche Zusammenhänge (Konflikte *oder* Harmonie?)
 - Eine Methode der Kombination: Integration
 - Beispiel Buchen-Fichten Mischbestand
- Ergänzung: Deterministische *versus* holistische Lösungsansätze für die Waldforschung
- Ausblick

Waldbehandlung und Waldstruktur



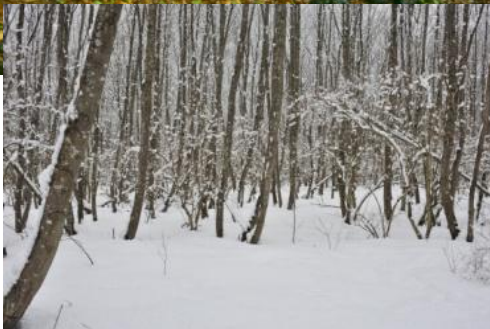
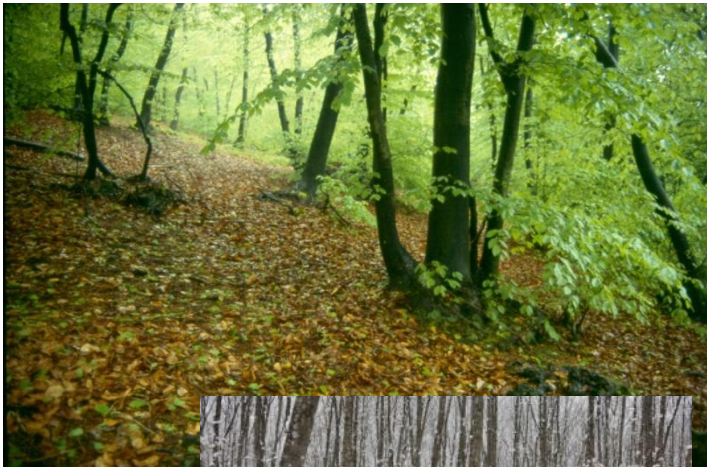
- Struktur: Schichtung, Durchmesserverteilung, Baumarten etc.
- Behandlung: Hiebsarten, Durchforstungsarten, Technikeinsatz etc.
- Struktur und Behandlung sind miteinander verknüpft. Die Behandlung wandelt die Struktur ab; die Struktur bietet Behandlungsoptionen.
- Träger der **Waldwirkung** ist die **Waldstruktur**

Schema zur Festlegung des
 Verjüngungs- und Pflegezieles;
 aus: Leibundgut, 1978

— zweckmässiger Weg — mögliche Wege

Historische Entwicklung der Wechselbeziehung von Waldbehandlung und Waldwirkung (I)

Im Niederwald hat die Erzeugung schwacher – gut transportierbarer – Sortimente vornehmlich zur Brennholzerzeugung eine lange Tradition. Wer solche Sortimente effektiv erzeugen will, muss Laubholz im kurzen Umtrieb bewirtschaften; das gelingt im Stockausschlagbetrieb besonders gut.



Historische Entwicklung der Wechselbeziehung von Waldbehandlung und Waldwirkung (II)

Eine mehrfunktionale Waldnutzung auf kleiner Fläche ermöglichen der Mittel- und Hutewald. Interessante Baumarten müssen in der Hauschicht stockausschlagfähig sein, im Oberholz lichtdurchlässig und fruchttragend, sowie bauholzfähig. Die Bestandsstruktur berücksichtigt die (Licht)Bedürfnisse der Hauschicht.



Multifunktionale Waldnutzung im
17. Jh. Aus Kremser, 1990

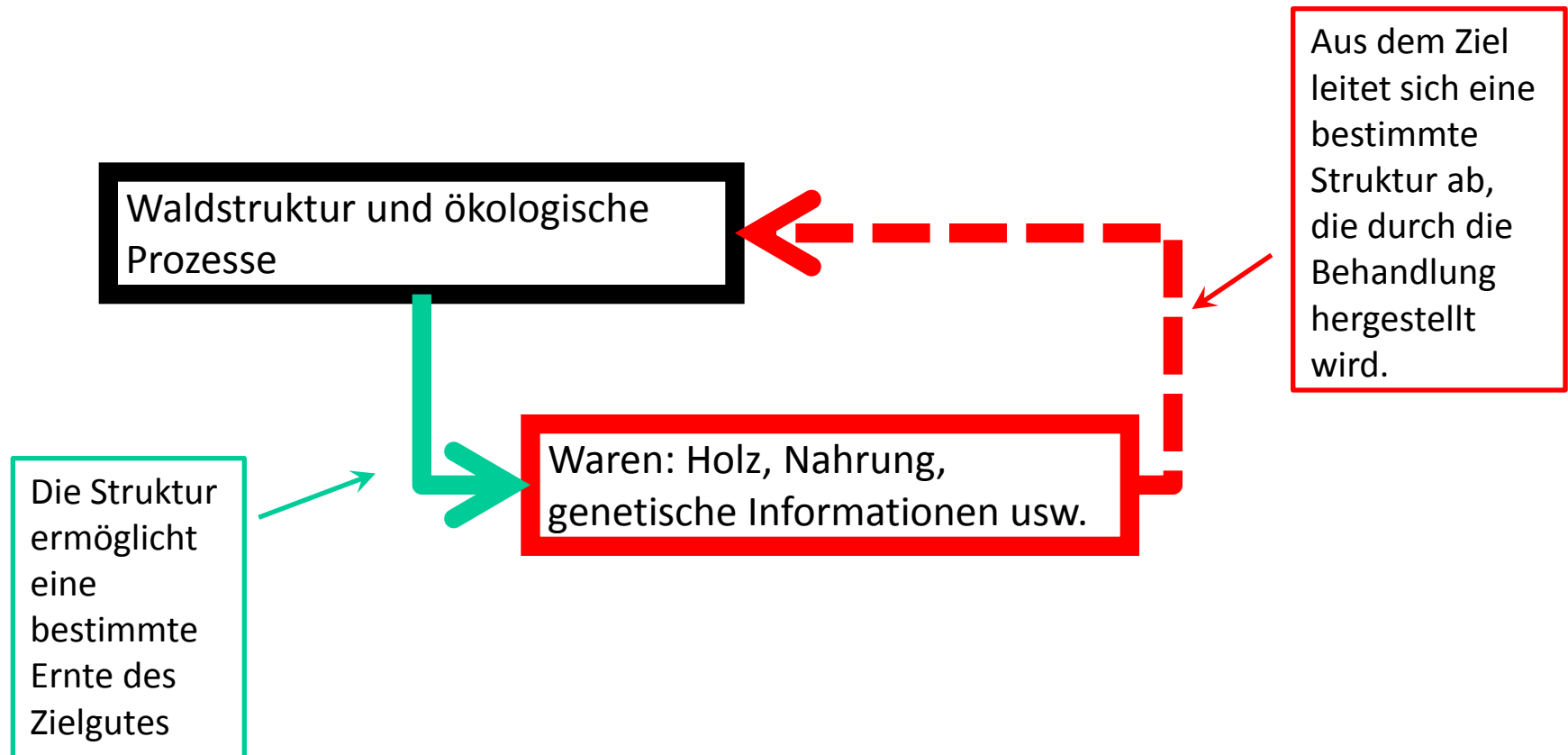
Historische Entwicklung der Wechselbeziehung von Waldbehandlung und Waldwirkung (III)

Bei der planmäßigen Einführung des Hochwaldes sind die beabsichtigten Waldwirkungen oftmals sehr speziell gewesen. Schiffsbau, Hausbau oder Bergwerksbetrieb waren gängige Motive. Sie führten oft zu einfach strukturierten Beständen einer Baumart.



Lärchenwald in Lintula (Russland): „Schiffsbauwald“ für die Werften in Kronstadt, angeordnet von Peter dem Großen. Die ersten Flächen mit Lärchenkulturen wurden von FOKEL im Jahr 1738 auf 1,89 Hektar begründet.

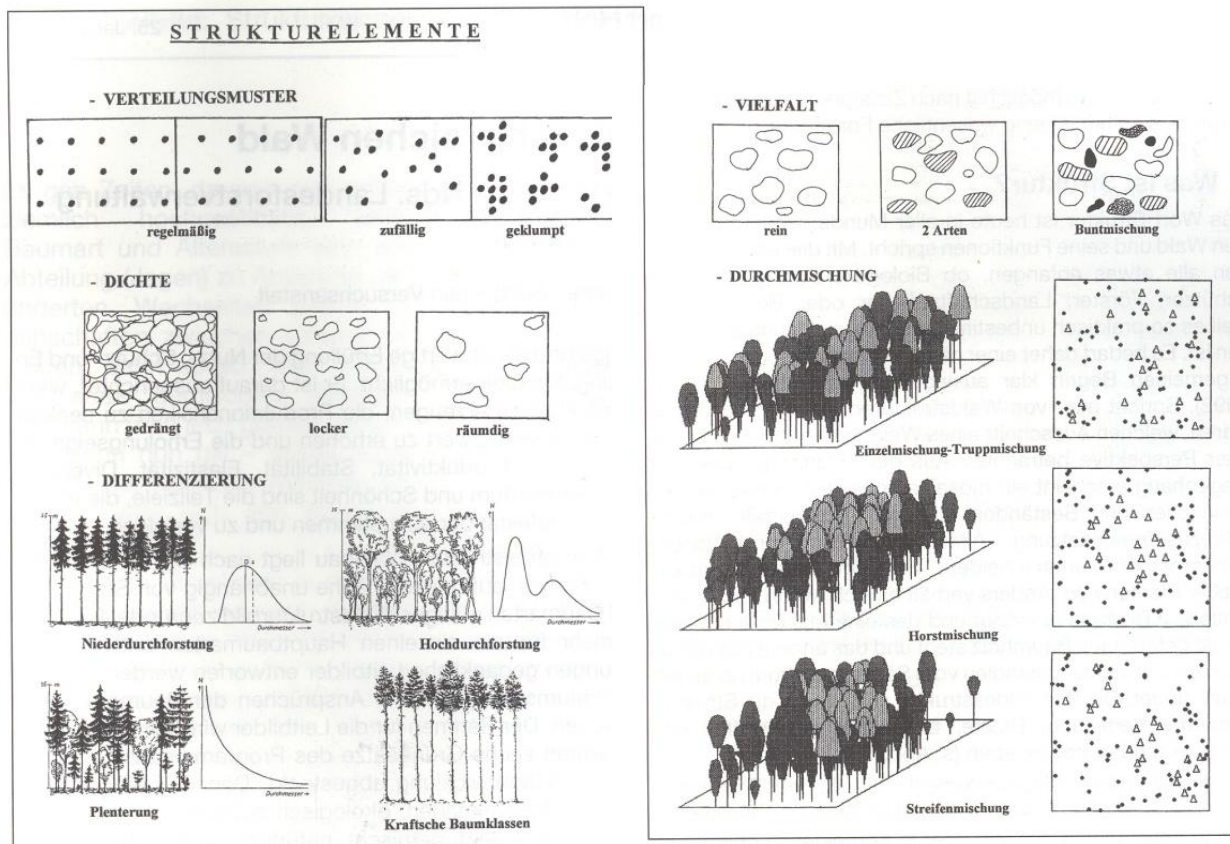
Einzelwirkungen: Deterministische Methoden der Erkenntnis (I)



Der deterministische Ziel-Struktur Managementkreislauf

Einzelwirkungen: Deterministische Methoden der Erkenntnis (II)

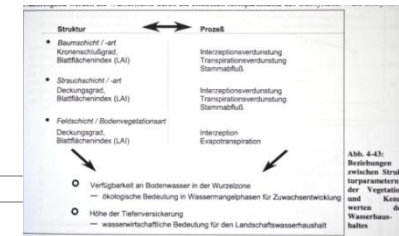
„Struktur“ wird aufgelöst in Strukturelemente; diese sind Träger der Wirkung.



Weitere
Strukturelemente
mit funktionaler
Bedeutung sind
z.B.: Lücken,
Totholz

usw.

Abb. 1: Strukturelemente.



Einzelwirkungen: Deterministische Methoden der Erkenntnis (III)

Zur Ermittlung der Baumart für die maximale Trinkwassermenge in Nordostbrandenburg waren umfangreiche, systematische Versuche erforderlich.

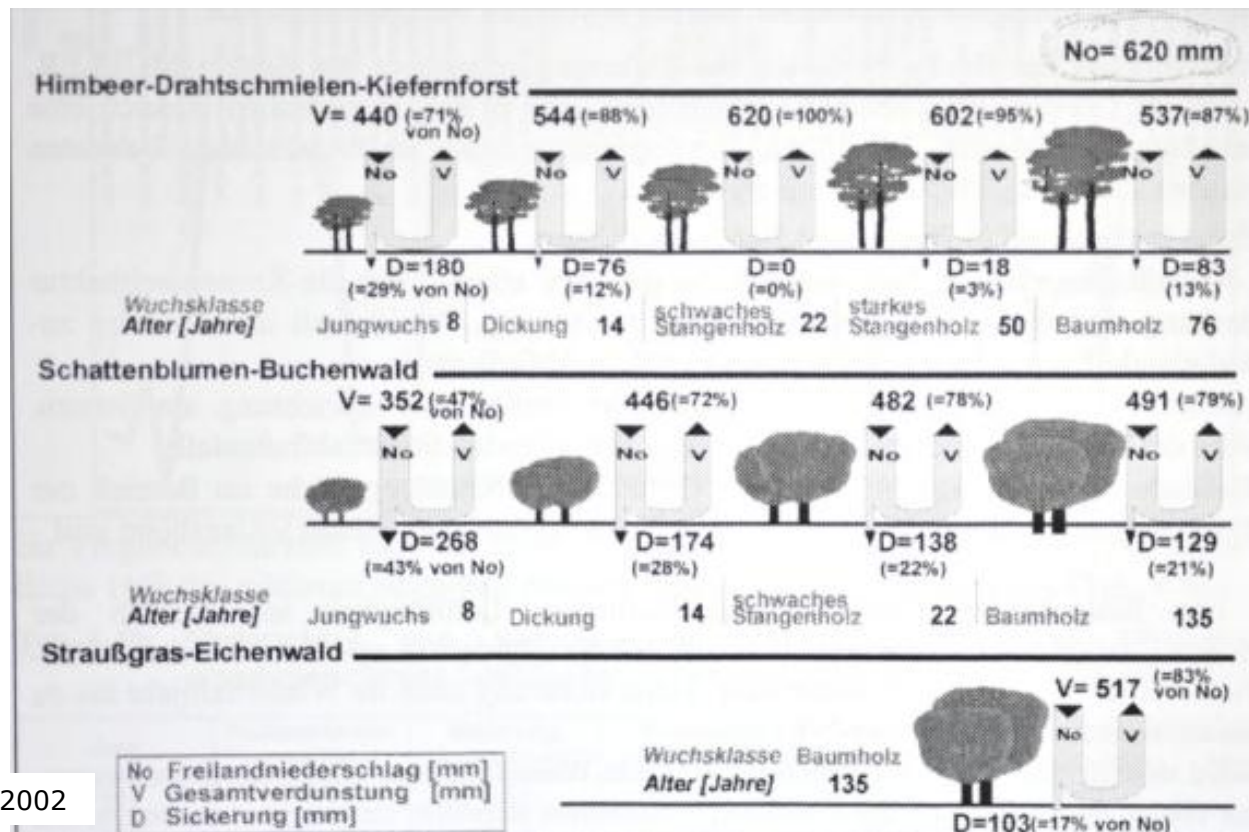


Abb. 4-87:
Wasserhaushalt von Kiefern- und Buchenbeständen in unterschiedlichen Wuchsstadien und für einen Eichenbestand im Baumholzstadium (620 mm Jahresniederschlag, Finowtaler Sandbraunerde)

Einzelwirkungen: Deterministische Methoden der Erkenntnis (IV)

Die Ableitung einer Beziehung zwischen Bestockungsdichte und Sickerwasserspende bedarf mehrjähriger Versuche und eines soliden Modellansatzes; aus Teclé et al., 1998

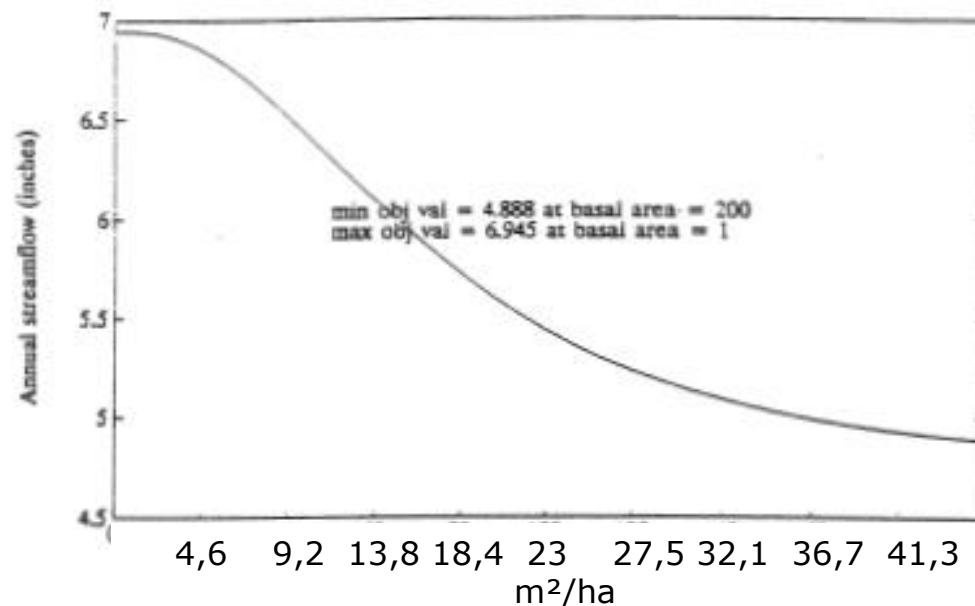
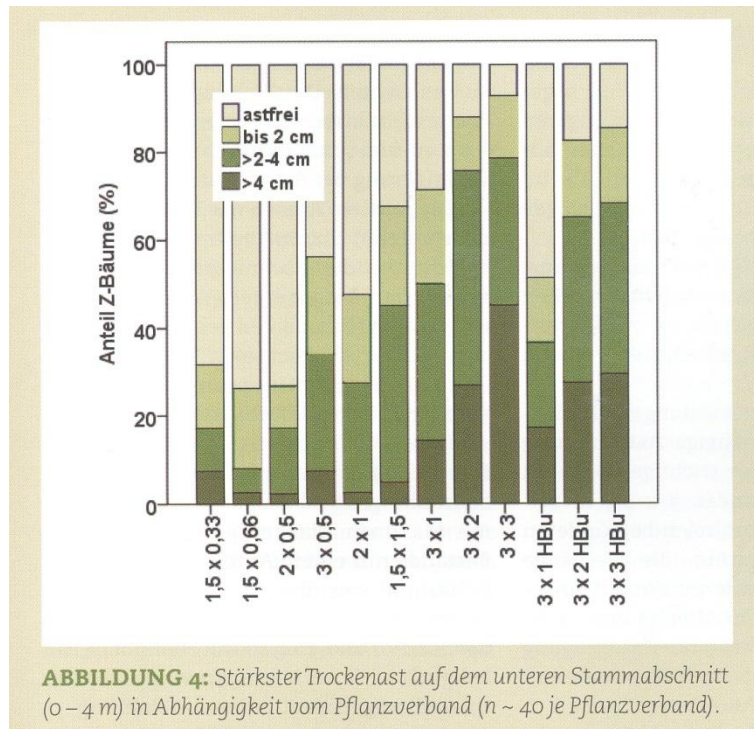


Figure 5. Water yield response to changes in residual tree basal area (in sq.ft./acre).

Baker-Kovner response function for water yield. Note that the r and P_w values in this response function are statistical long term averages. It is the model for estimating water yield response to harvesting currently used by the Forest Service in its southwestern ponderosa pine forest management planning.

Einzelwirkungen: Deterministische Methoden der Erkenntnis (V)

Die heutige Behandlung und die Struktur von Eichenbeständen zur maximalen Wertholzerzeugung im Spessart geht auf etwa 200 Jahre Erfahrung zurück. Speziell für die Optimierung der Wertholzproduktion angelegte Versuche widmen sich z.B. der innerartlichen Konkurrenzwirkung auf die Aststärken.



Nagel u. Rumpf, 2010

Einzelwirkungen: Beispiele für die Manipulation (I)

„Waldstruktur“ als steuernde Größe ist z.B. für die Habitatqualität von Wäldern (Schäfer, 2001), für den Zuwachs von Eichenbeständen (Spiecker, 1991) oder für die Trinkwasserspende unter Wald belegt. Hier einige Arbeiten, die die Umsetzung der Erkenntnisse in die forstliche Praxis beschreiben.

Szenarienstudie, die einen Funktionsumbau zur prioritären Trinkwassererzeug beschreibt. Die Buchenbestockung liefert jährlich bis zu 140 l/m² mehr Sickerwasser als Kiefernbestockungen.
 Aus: Anders et al., 2002

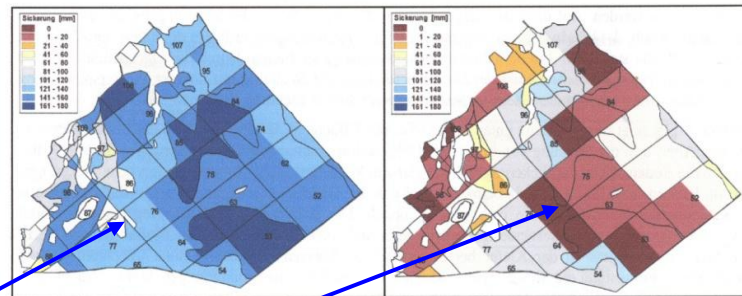


Abb. 4-116: Jährliche Tiefenversickerungsraten [mm] im Revier Kahleberg – Natürlicher Buchenwälder (Szenario S1)

Abb. 4-117: Jährliche Tiefenversickerungsraten [mm] im Revier Kahleberg – Kiefernforsten (Szenario S2)

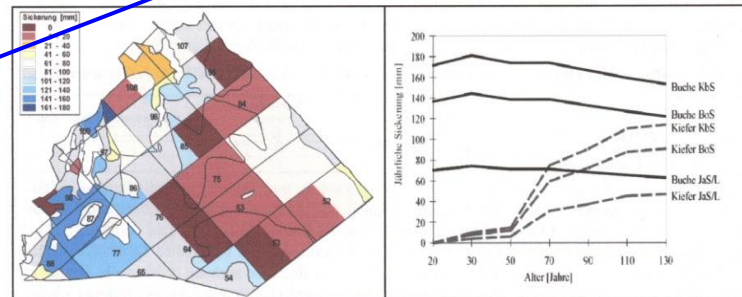
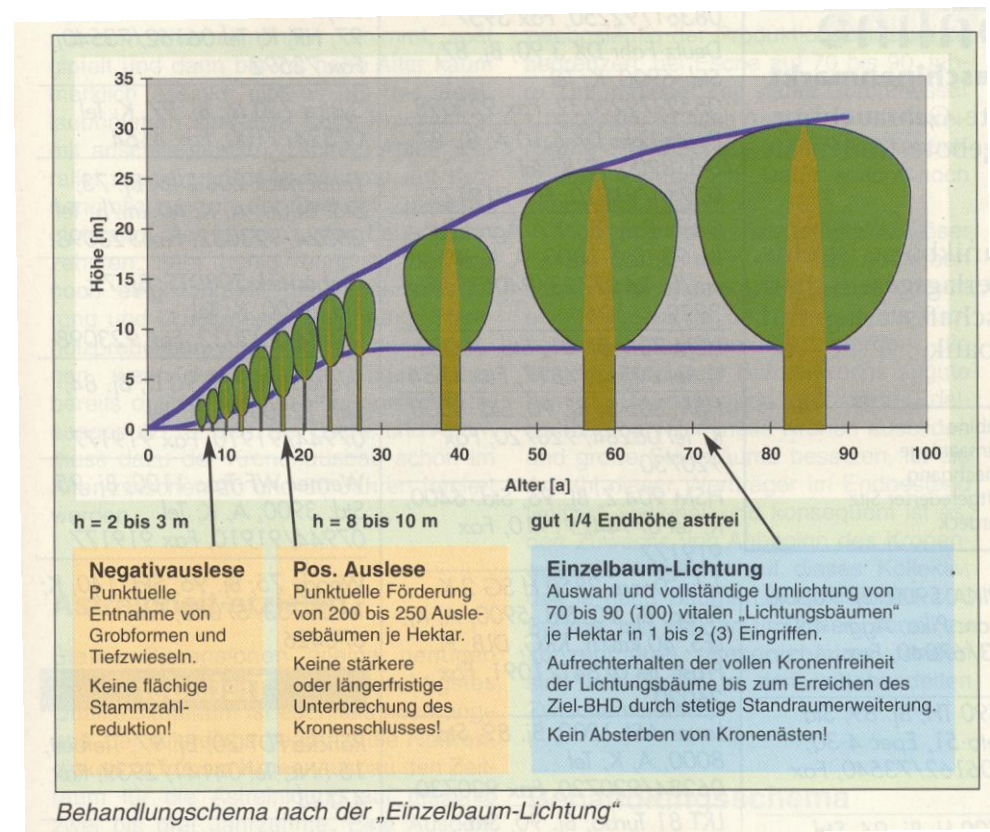


Abb. 4-118: Jährliche Tiefenversickerungsraten [mm] im Revier Kahleberg – Kiefernforsten/Buchenwälder in Flächenmischung (Szenario S3)

Abb. 4-119: Jährliche Sickerung unter Buche (Schattenblumenwald) und Kiefer (Himbeer-Drahtschmielen-Kiefernforst) in Abhängigkeit von Lokalbodenform und Alter im Revier Kahleberg

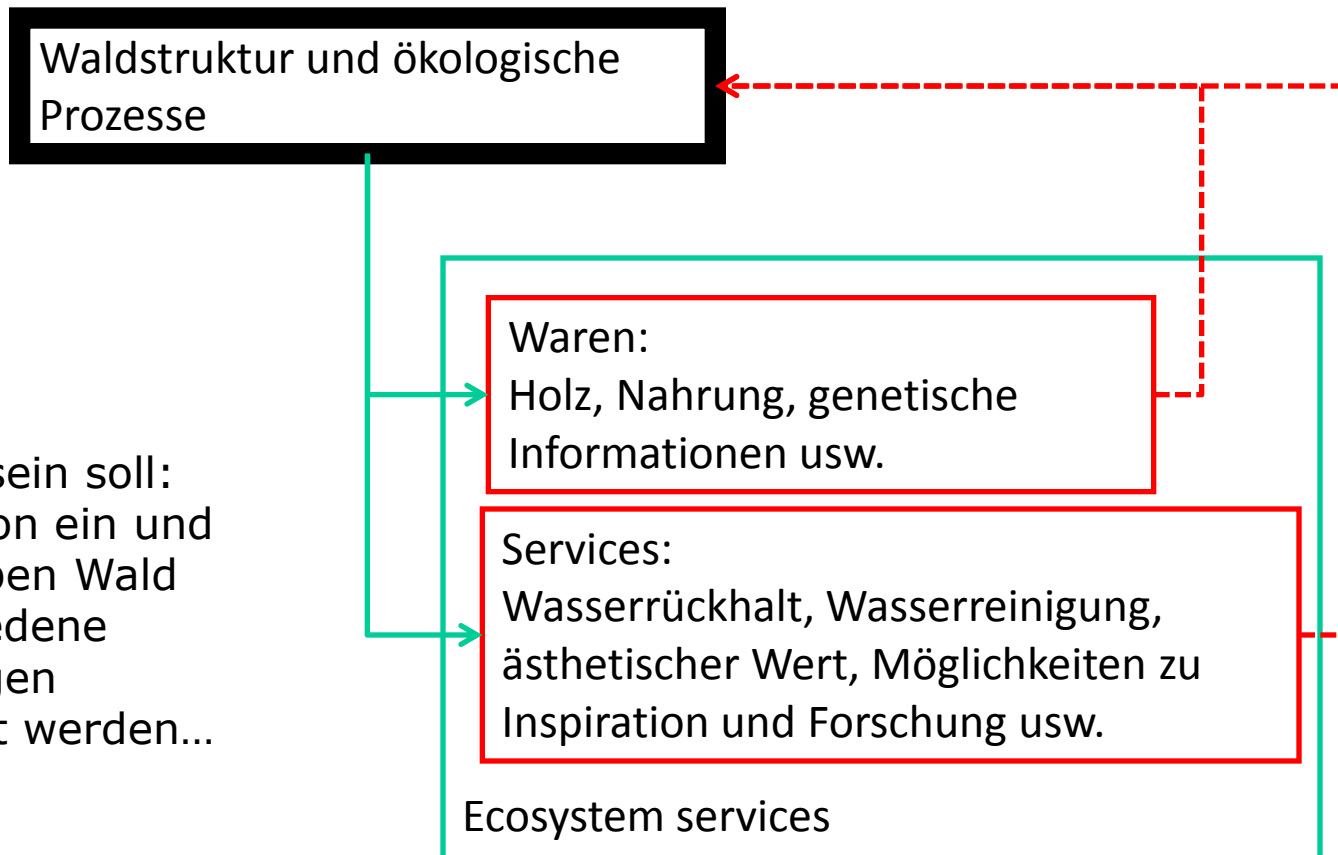
Einzelwirkungen: Beispiele für die Manipulation (II)

Die über das Wachstum und die Qualitätsentwicklung von Bäumen vorhandenen Erkenntnisse werden in Pflegeanleitungen für Bestände umgesetzt, um eine zielkonforme Holzproduktion zu erreichen. (aus Nüblein, 1999)



Kombinierte Wirkungen: Grundsätzliche Zusammenhänge (Konflikte *oder* Harmonie?) I

Wie es sein soll:
Wenn von ein und
demselben Wald
verschiedene
Wirkungen
erwartet werden...

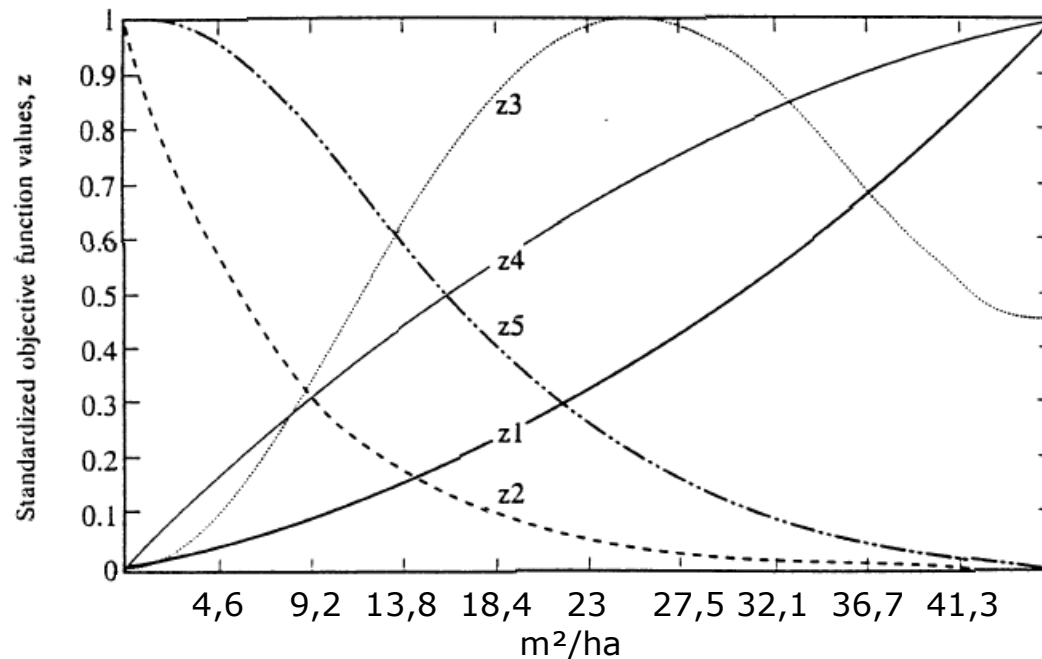


Kombinierte Wirkungen: Grundsätzliche Zusammenhänge (Konflikte *oder* Harmonie?) II

- Bei **identischen** Flächen ist zu bedenken, dass wegen der gesetzmäßigen Kopplung von Wirkungen an Strukturelemente
 - je ein Set von Strukturelementen vorhanden sein muss, um eine Wirkung zu realisieren.
 - unterschiedliche Wirkungen durch spezifische Sets von Strukturelementen bewirkt werden, und dabei die Sets nicht notwendigerweise identisch sein müssen.
 - Strukturelemente, die für eine spezielle Wirkung vorhanden sein müssen, ebenfalls einen Effekt auf andere Wirkungen ausüben können (förderlich, neutral, hinderlich).
- Wird nun noch berücksichtigt, dass für optimale Wirkungsintensität die Strukturelemente in bestimmten Proportionen und Verteilungen auf der Fläche vorhanden sein sollten, lassen sich Konflikte zwischen Wirkungen vorhersehen.

Kombinierte Wirkungen: Grundsätzliche Zusammenhänge (Konflikte *oder* Harmonie?) III

Bei Betrachtung *eines* Bestandes sind Untersuchungen zur Kompatibilität von Waldwirkungen verfügbar. Wie theoretisch zu erwarten, liegen sehr vielfältige Wechselbeziehungen vor. (aus: Tecle et al., 1998)



Für *Pinus ponderosa* Wälder:
 z1 = Wildlife (Abert squirrel) habitat condition, z2 = herbage production in lb/acre; z3 = Recreation values (in scenic beauty index); z4 = merchantable timber growth volume (in cu.ft./acre); z5 = annual streamflow in inches

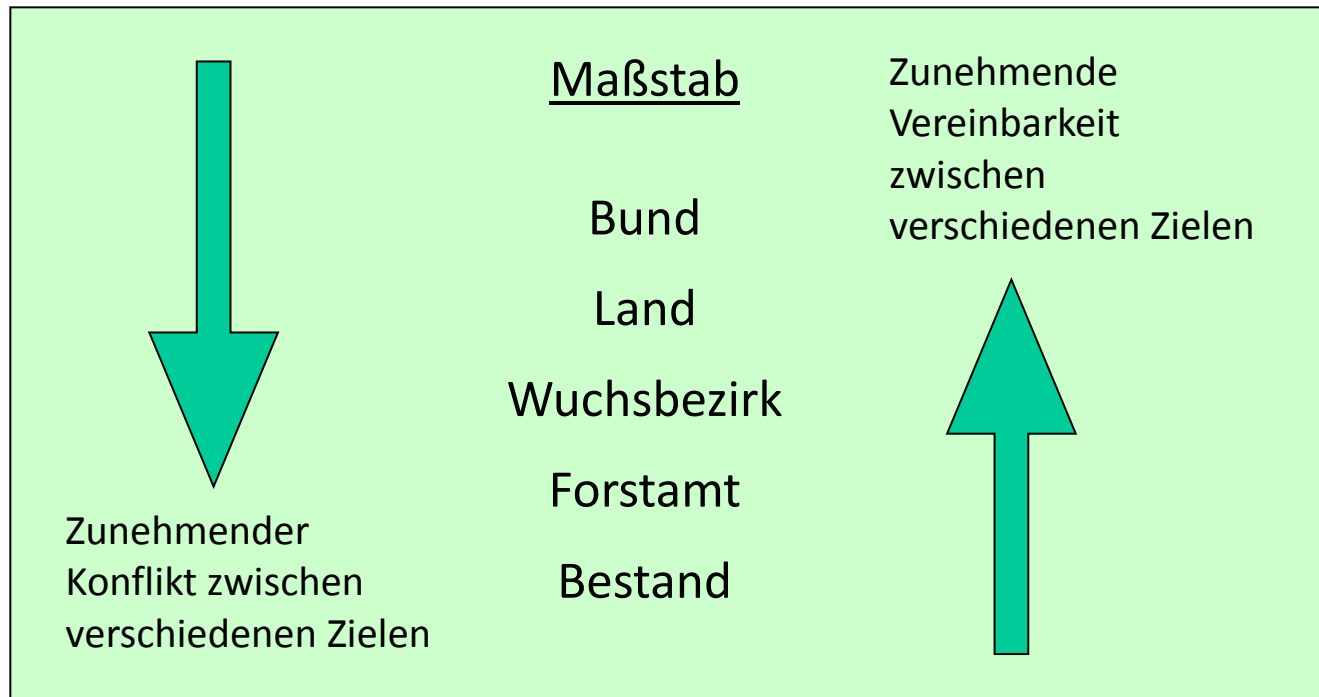
Figure 6. Graphical comparison of the five resources response functions. [Resource yield versus residual tree basal area (in sq.ft./acre).]

Kombinierte Wirkungen: Grundsätzliche Zusammenhänge (Konflikte *oder* Harmonie?) IV

Funktion	Detail	Baumarten	Mischung	Produktionszeit	Hiebsarten	Flächenbedarf	Horizontalstruktur	Vertikalstruktur	Totholz
Trinkwasser	Menge	Laubbäume	Möglich	?	Indiff.	Groß	?	?	Möglich
	Güte	Laubbäume, Weißtanne	Möglich	Indiff.	Kleinflächig	Indiff.	Indiff.	Ausgeprägt	Möglich
Lebensraum	Artenzahl	Weichlaub, Eichen, Kiefer, Fichte, Buche	Ja	Lang	Vielfalt	Mittel	Klein	Ausgeprägt	Ja
	Spezialisten	Weichlaub, Eichen, Kiefer, Fichte, Buche	Versch.	Versch.	Versch.	Versch.	Versch.	Versch.	Versch
Holz	Masse	Nadelbäume	Nein	Kurz	Großflächig	Groß	Mittel bis groß	Gering	Nein
	Wertholz	Laubbäume, Kiefer, Douglasie	Versch.	Lang	Versch.	Mittel	Mittel bis groß	2-schichtig	Nein
Erholung/Ästhetik	Wege	Besondere; Jahreszeiten	?	Lang	Klein ?	Gering	Mittel	Ausgeprägt	?
	Fernsicht	Jahreszeiten	Ja	Indiff.	Indiff. ?	Groß	Mittel	Indiff.	Indiff.

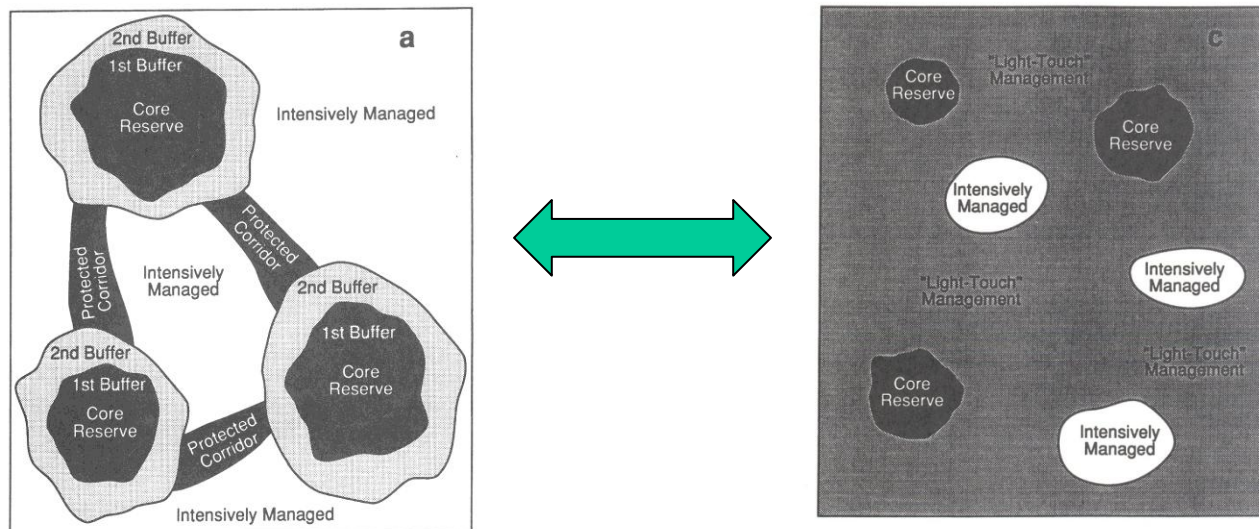
Kombinierte Wirkungen: Grundsätzliche Zusammenhänge (Konflikte *oder* Harmonie?) V

Bei unterschiedlicher Flächengröße ist die Vereinbarkeit (Kompatibilität) verschiedener Waldfunktionen sehr differenziert zu betrachten (nach Bauhus, 1999; verändert).



Kombinierte Wirkungen: Grundsätzliche Zusammenhänge (Konflikte *oder* Harmonie?) VI

Für die große Skala hat Perry (1994) die „multiple-use landscape“ entworfen; diese Strategie verfolgt das Prinzip der Segregation, wobei die Flächenanteile der einzelnen Bewirtschaftungsformen nach Zhang (2005) in verschiedenen Landschaften sehr unterschiedlich sein sollten.



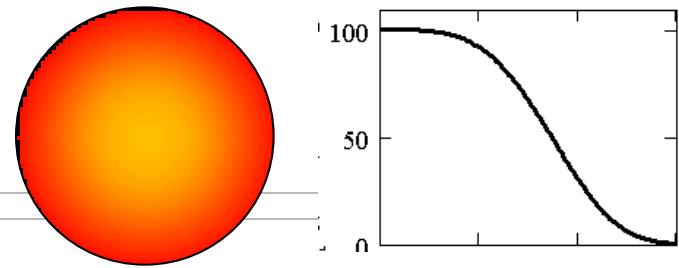
Besondere Beachtung verdient dabei für Deutschland die Idee des „light touch management“. Es erfordert integrative Lösungen.

Eine Methode der Kombination: Integration

- Solchen integrativen Lösungen widmen sich aktuelle Forschungsvorhaben. Sie versuchen die Kompatibilität von verschiedenen Waldwirkungen in ein und derselben Fläche herzustellen (Tecele et al., 1998; Miina et al., 2010). Sie nutzen dazu ambitionierte Techniken, um die simultane Zielerreichung auf gleicher Fläche zu optimieren.
- Diese Anwendungen zeigen, dass es zu klugen mehrfunktionalen Kompromisslösungen in einer Waldfläche kommen kann, die einen am mehrfunktionalen Ziel gemessen höheren Gesamtnutzen liefern, als jede Maximierung auf eine Einzelfunktion hin – für den Preis der in der Regel suboptimal erfüllten Einzelwirkung.
- Methodisch sind zwei (drei) Schritte zu unterscheiden:
 - (1) Identifikation der essentiellen Strukturelemente für die verschiedenen Waldwirkungen
 - (2) Herleitung günstiger Dichten und (3) einer sinnvollen räumlichen Anordnung (Distanzen) dieser Strukturelemente

Integration (I): Die Bedeutung von Strukturelementen

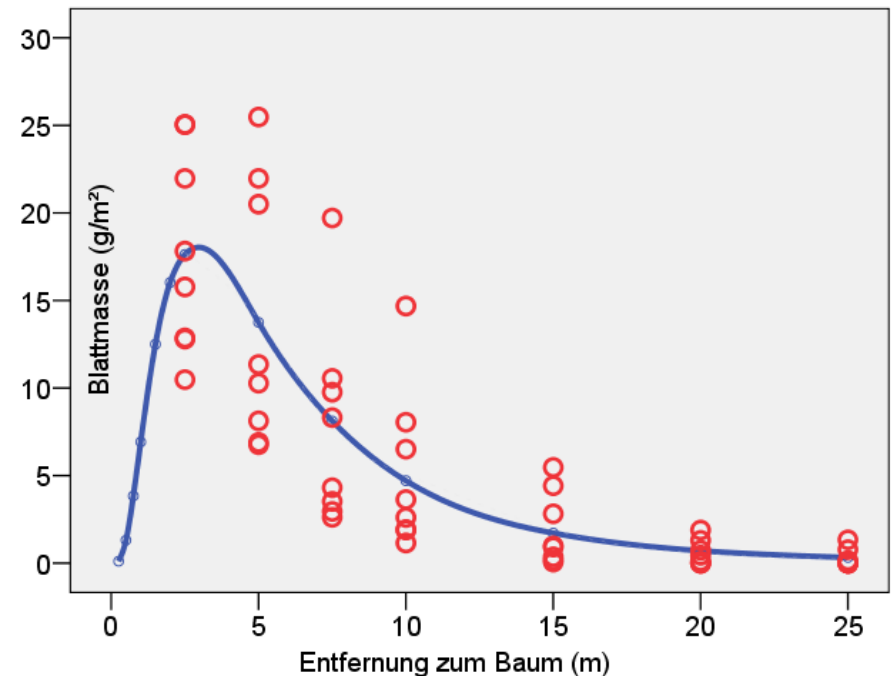
- Die „Funktionalisierung von Strukturelementen“ ist ein erster wichtiger Schritt in der Perspektive. Eine „funktionsgerechte Waldbehandlung“ ist dann durch Ausrichtung auf Zielstrukturen möglich: Strukturelemente, die besonders wichtig zur Erreichung der angesteuerten Funktionalität sind, werden gefördert (etabliert, vergrößert); Strukturelemente, die hinderlich sind, werden zurückgedrängt.
- „Integration“ verschiedener Waldfunktionen ist dann durch Kombination von verschiedenen - Funktionen tragenden - Strukturelementen in einer Fläche möglich. Dazu bedarf es einer Vorstellung von Effekten der Strukturelemente auf der Fläche.



Integration (II): Strukturelemente und deren Flächeneffekte

Ein einzelnes Strukturelement entfaltet seine funktionale Wirkung nicht zwangsläufig punktgenau.

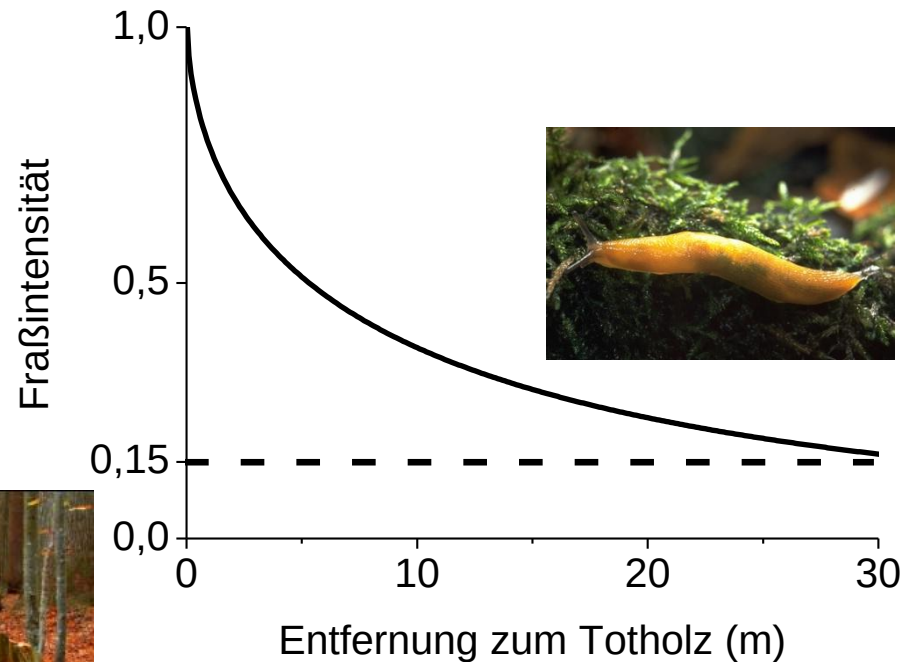
Vielmehr gibt es oft Flächeneffekte, die sich mit der Distanz zum Strukturelement stetig in ihrer Intensität verändern.



Distanz-Effekt einer Einzelbirke auf den Blattbiomasseeintrag (Daten Zeibig)

Integration (III): Strukturelemente und deren Flächeneffekte

Ein weiteres Beispiel stellt der Distanz-Effekt von Stark-Totholz auf die Aktivitätsdichte von Schnecken (Straetz et al., 2009) dar.



Integration (IV): Räumliche Anordnung der Strukturelemente

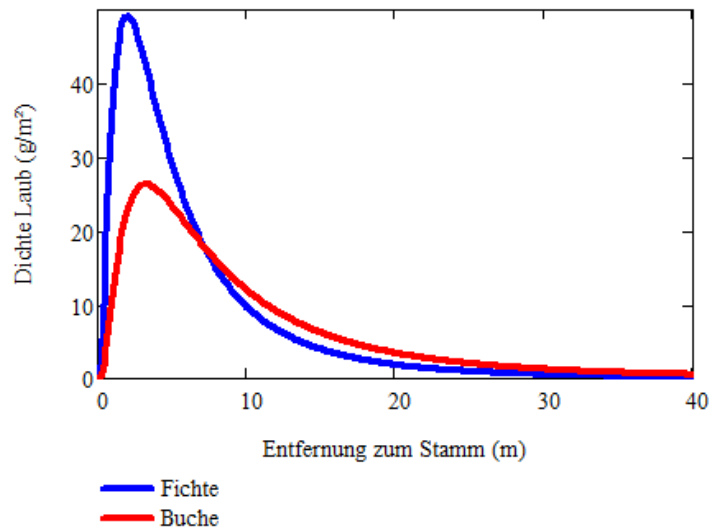
Nachfolgend ein Beispiel: Kombination von günstiger Humusform (Kriterium für Standortsnachhaltigkeit) und geringen interspezifischen Konkurrenzeffekten (Kriterium für Pflegeextensität) in einem Fichten-Buchen Mischbestand

- (1) Strukturelemente: Fichten und Buchen
- (2) Dichten (Anteile): 30% Buche und 70% Fichte
- (3) Räumliche Anordnung: ??

Beispiel Buchen-Fichten Mischbestand (I)

Effektfunktionen für Einzelbäume zweier Baumarten (Fichte und Buche)

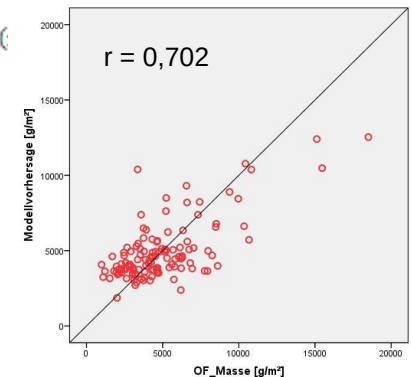
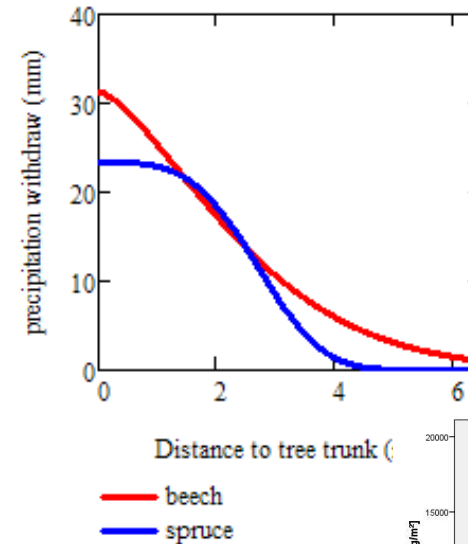
Streuverteilung
(Frischbier, 2011)

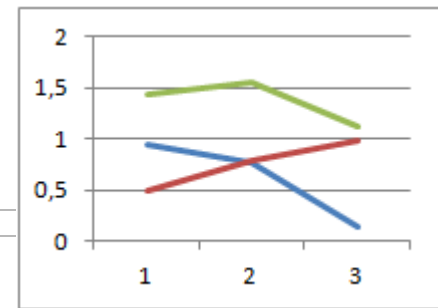


Kombinierte Wirkung auf
die Humusdynamik

$$Y(B_s, F_s, U_{kn}) = a + bB_s + cF_s^2 + dU_{kn}$$

Interzeption
= (1 - Unterkronenniederschlag)

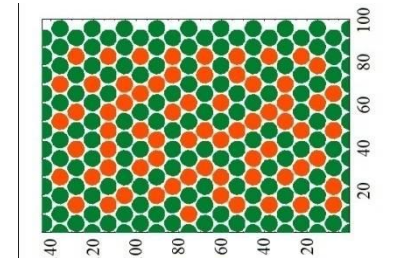
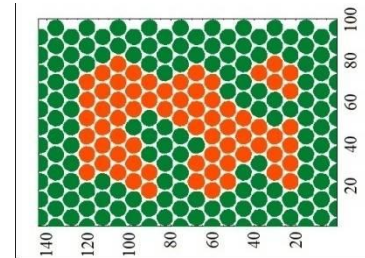
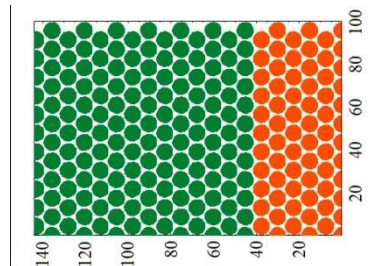




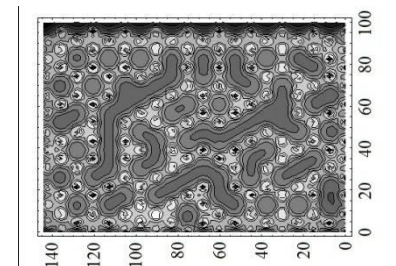
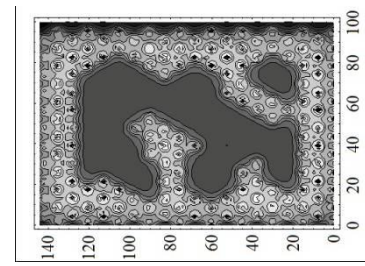
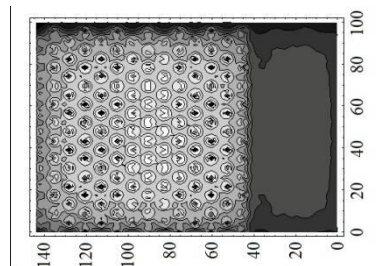
Beispiel Buchen-Fichten Mischbestand (II)

Konkurrenzwirkung von Buche auf Fichte 0,7762 und umgekehrt 1,0427 (Biber, 1996). Pflegeintensitätsdifferenzen zur Erhaltung der Artstruktur wären demnach 0; 0; 0,2665 (Fichte rein, Buche rein, Mischung).

Stammverteilungsplan
(Buche: Orange)



Humusmächtigkeit



„Guter Humus“

0,49

0,79

0,98

„Pflegeextensität“

0,95

0,76

0,14

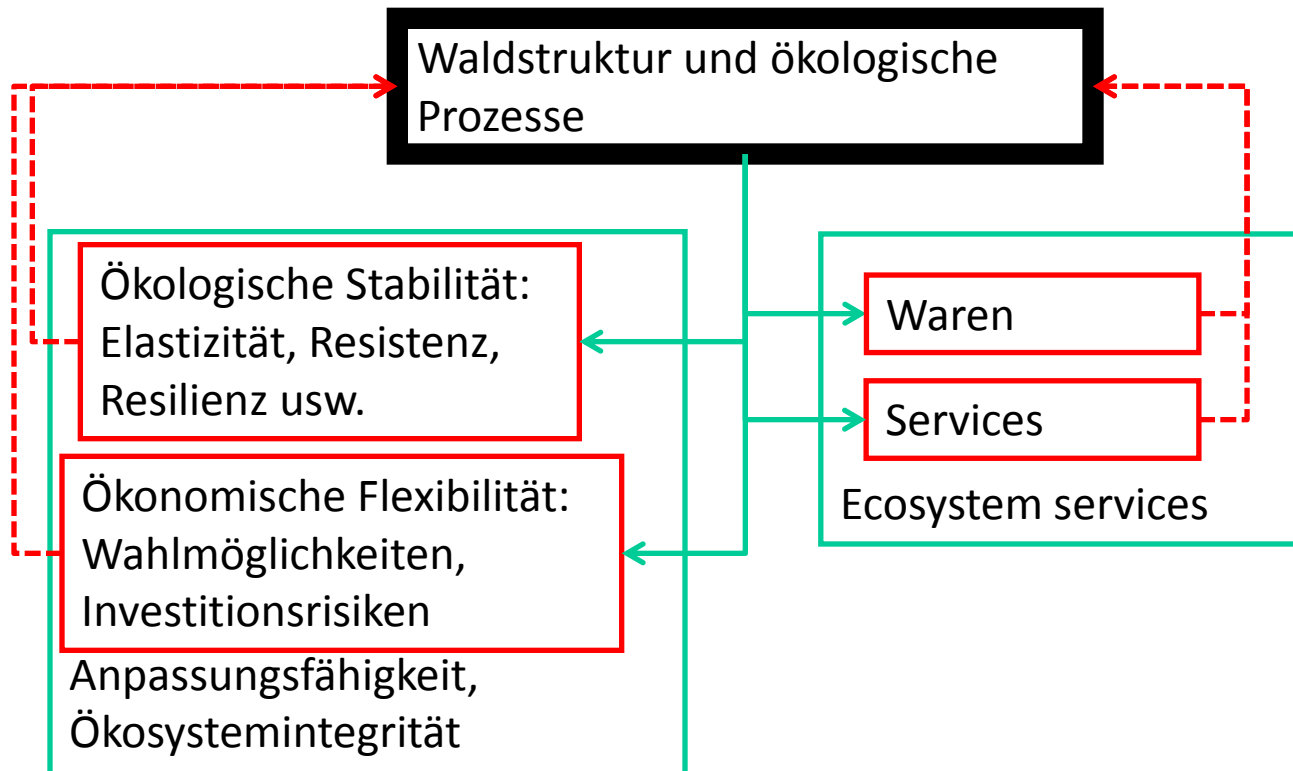
Die Variation der Mischungsform führt zu unterschiedlicher Zielerreichung bei verschiedenen Aspekten (je näher die Zahl an „1“ ist, desto günstiger für die Zielerreichung); die unregelmäßig geklumpete Verteilung erscheint zur simultanen Zielerreichung vorteilhaft. Herrmann, 2011

Integration (V): Zum Stand der Forschung in den Waldwissenschaften

- (1) Die für spezielle Waldwirkungen essentiellen Strukturelemente müssen bekannt sein. Das ist für die meisten Waldwirkungen (z.B. Trinkwassermenge- und güte, Wertholzproduktion) tatsächlich der Fall; für andere (z.B. Waldästhetik) ist dieser Schritt noch nicht abgeschlossen. Für Waldwirkungen hemmende Strukturelemente gilt dasselbe.
 - (2) Eine Beziehung, die die Intensität der Waldwirkungen von durchschnittlicher Häufigkeit oder Dichte der essentiellen Strukturelemente aufzeigt, wird benötigt. Das ist bisher nur in Ausnahmefällen gegeben (z.B. Bestandesdichten für die Holzproduktion (Spiecker, 1983) oder Totholz mengen für einzelne Tierartengruppen (Müller et al., 2005)).
 - (3) Eine Beziehung, die die Intensität der Waldwirkung von der Verteilung (Distanz) der essentiellen Strukturelemente auf der Fläche aufzeigt, wird benötigt. Hierzu gibt es bisher nur Pionierarbeiten (z.B. für Landmollusken und Totholz (Straetz et al., 2009)).
- Eine Kombination in einer Fläche (Bestand) ist umso leichter als vorteilhaft vorstellbar, je weniger Fläche zur Verfügung steht oder wenn die erwünschten Wirkungen (bzw. die Waldstrukturen) nicht oder wenig konfliktär sind.

Ergänzung: Deterministische *versus* holistische Lösungsansätze für die Waldforschung (I)

Zur Zeit wird das „Management für Komplexität“ als Ansatz für Zukunftsfähigkeit der Wälder diskutiert (Ammer und Puettmann, 2009; Puettmann et al. 2009). Dieses stellt ganz auf die Anpassungsfähigkeit der Systeme ab.



Ergänzung: Deterministische *versus* holistische Lösungsansätze für die Waldforschung (II)

Wie sich bei näherer Betrachtung zeigt, werden definierte „Ecosystem services“ dabei nur als (zufälliges) Koppelprodukt erzeugt, weil die Indikatoren zur Steuerung der Systeme nicht identisch sind oder weil die Indikatoren zu anderen Zielen entwickelt werden sollen (z.B. mehrschichtig statt einschichtig).

Waldstruktur und ökologische Prozesse

Indikatoren:

Arten, Alters-, Durchmesser-,
Lückenhäufigkeitsverteilung,
Totholzmenge, Nischenvielfalt
usw.

Anpassungsfähigkeit,
Ökosystemintegrität

Indikatoren:

Arten, Alters-, Durchmesserverteilung,
Holzqualität, Vorrat, Mischungsform,
Erschließungsintensität, Sickerwassermenge,
Sickerwasserqualität, Zahl der Besucher usw.

Ecosystem services

Ausblick

- Die deterministische Handhabung von Waldstruktur und Waldwirkungszusammenhängen hat eine extrem lange Tradition und sie hat große Erfolge vorzuweisen.
- Diese Herangehensweise lässt sich auch bei mehrkriteriellen Problemen (Integration) anwenden; im Einzelfall sind aufwändige Versuchsanlagen erforderlich, um die Wirkungszusammenhänge zu klären.
- Die in Deutschland oft gewünschte Kleinskaligkeit stellt im Zusammenhang mit Multifunktionalität neue Herausforderungen an den Entwurf geeigneter Waldstrukturen – das betrifft auch die Forschung. Zur Lösung wird ein dreistufiger Ansatz empfohlen.
- Das z.Zt. propagierte „Management für Komplexität“ stellt keinen Ersatz für die auf spezielle Wirkungen zielende Bewirtschaftung dar. Vielmehr liefert dieser Ansatz gute Ergebnisse in Bezug auf Nachhaltigkeitsindikatoren.
- Eine Kombination dieser Nachhaltigkeitsindikatoren (Integrität des Systems) mit denen für spezielle Waldwirkungen wird als vielversprechender Weg zu nachhaltiger Multifunktionalität auf kleiner Fläche gesehen.

Ich danke Ihnen für Ihre Aufmerksamkeit!



Heinrich Cotta

Literatur

- Ammer, C.; Puettmann, K.; 2009: Waldbau, quo vadis? - Waldbewirtschaftung zwischen Funktionenorientierung und Multifunktionalität. *Forstarchiv* (80) 90-96
- Anders, S.; Beck, W.; Bolte, A.; Hofmann, G.; Jenssen, M.; Krakau, U.; Müller, J.; 2002: Ökologie und Vegetation der Wälder Nordostdeutschlands. Verlag Dr. Kessel, Oberwinter, 283S.
- Bauhus, J.; 1999: Silvicultural practices in Australian native state forests - an introduction. *Australian Forestry* (62) 217-222
- Biber, P.; 1996: Konstruktion eines einzelbaumorientierten Wachstumssimulators für Fichten-Buchen-Mischbestände im Solling. *Berichte des Forschungszentrums Waldökosysteme, Reihe A*
- Leibundgut, H.; 1978: Die Waldpflege. Paul Haupt, Bern; 204 Seiten
- Nagel, R.-V.; Rumpf, H.; 2010: Der Eichenverbandsversuch Ahlhorn: Ergebnisse nach 35-jähriger Beobachtungsdauer. *Forst und Holz* (65) 14-21
- Nüßlein, S.; 1999: Zielorientierte Pflege der Edellaubbäume. *Allgemeine Forstzeitschrift/DerWald* 617-619
- Perry, D.A.; 1994: Forest Ecosystems, The John Hopkins University Press; Baltimore, London, 649S.
- Puettmann, K.J.; Coates, K.D.; Messier, C.; 2009: A Critique of Silviculture. Island Press; Washington, Covelo, London, 189S.
- Schaefer, M.; 2001: Die Beziehung zwischen Waldstruktur und Diversität der Fauna. *Forst und Holz* (56) 488-492
- Spellmann, H.; 1995: Vom strukturarmen zum strukturreichen Wald. *Forst und Holz* (50) 35-44
- Spiecker, H.; 1991: Zur Steuerung des Dickenwachstums und der Astreinigung von Trauben- und Stieleichen. *Schriftenreihe der Landesforstverwaltung Baden-Württemberg*
- Straetz, C.; Wagner, S.; Müller, J.; 2009: Räumliche Effekte von Totholzstrukturen bei Landschnecken (Mollusca: Gastropoda). *Forst und Holz* (64) 22-27
- Tecle, A.; Shrestha, B.P.; Duckstein, L.; 1998: A multiobjective decision support system for multiresource forest management. *Group Decision and Negotiation* (7) 23-40
- Wagner, S.; 2004: Möglichkeiten und Beschränkungen eines funktionsorientierten Waldbaus. *Forst und Holz* (59) 105-111
- Zhang, Y.; 2005: Multiple-use forestry vs. forestland-use specialization revisited. *Forest Policy and Economics* (7) 143-156