

**Zeitschrift:** Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen = Swiss forestry journal = Journal forestier suisse

**Herausgeber:** Schweizerischer Forstverein

**Band:** 148 (1997)

**Heft:** 5

**Artikel:** Strukturanalyse in vier Plenterüberführungsbeständen

**Autor:** Schmidt, Matthias / Schütz, Jean-Philippe / Gadow, Klaus von

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-765459>

#### Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

#### Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

#### Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 11.02.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen

## Journal forestier suisse

---

148. Jahrgang

Mai 1997

Nummer 5

---

### Strukturanalyse in vier Plenterüberführungsbeständen

Von *Matthias Schmidt, Jean-Philippe Schütz und Klaus von Gadow*

**Keywords:** Selection forests; stand conversion; analysis of stand structure; diameter differentiation.

FDK 226: 24: 221.4: 56: (494.43)

#### 1. Einleitung

Die Überführung von Waldbeständen ist heute von besonderem Interesse, da in Mitteleuropa eine naturnahe Waldwirtschaft auf immer grösserer Fläche angestrebt wird. Ein Beispiel dieser Entwicklung sind die Waldbau-Konzepte der Länder der Bundesrepublik Deutschland<sup>1</sup>. Als Überführung bezeichnet man die Umwandlung von einer Betriebsart in eine andere (z.B. Mittelwald in Hochwald) oder die Änderung der Betriebsform (*Leibundgut*, 1984). Im weiteren wird der Begriff Überführung für einen Spezialfall, die Überführung einschichtiger Bestände in vertikal gestufte Hochwälder/Plenterwälder, verwendet. Als problematisch erweist sich die Überführungsphase aufgrund der mangelnden Erfahrungswerte im Bereich dieses bisher selten angewandten waldbaulichen Verfahrens. Insbesondere die erhöhten Kalamitätsrisiken, die zwangsläufig durch einen Wechsel des Behandlungskonzeptes innerhalb einer Umtreibszeit entstehen, sind schwierig zu erfassen.

Nach *Schütz* (1989) können Überführungsbestände anhand der Strukturdifferenzierung, der Bestandesstabilität, der vorhandenen Baumarten und deren Durchmischung sowie insbesondere der Lebenserwartung der zukünftigen Oberschichtbäume drei Typen zugeordnet werden (*Abbildung 1*). Nach diesem Schema fällt besonders ein Grossteil der Fichtenbestände, die traditionell z.B. nach dem Modell der Wiedemannschen Ertragstafeln für mässige

<sup>1</sup> *Griesel, F. H., Gadow, K. v. (1995): Waldbauliche Zielsetzungen in Mitteleuropa (Begriffsbestimmungen, Konzepte und Richtlinien, beispielhafte Anwendungen). Unveröffentlichte Arbeit: 16 S.*

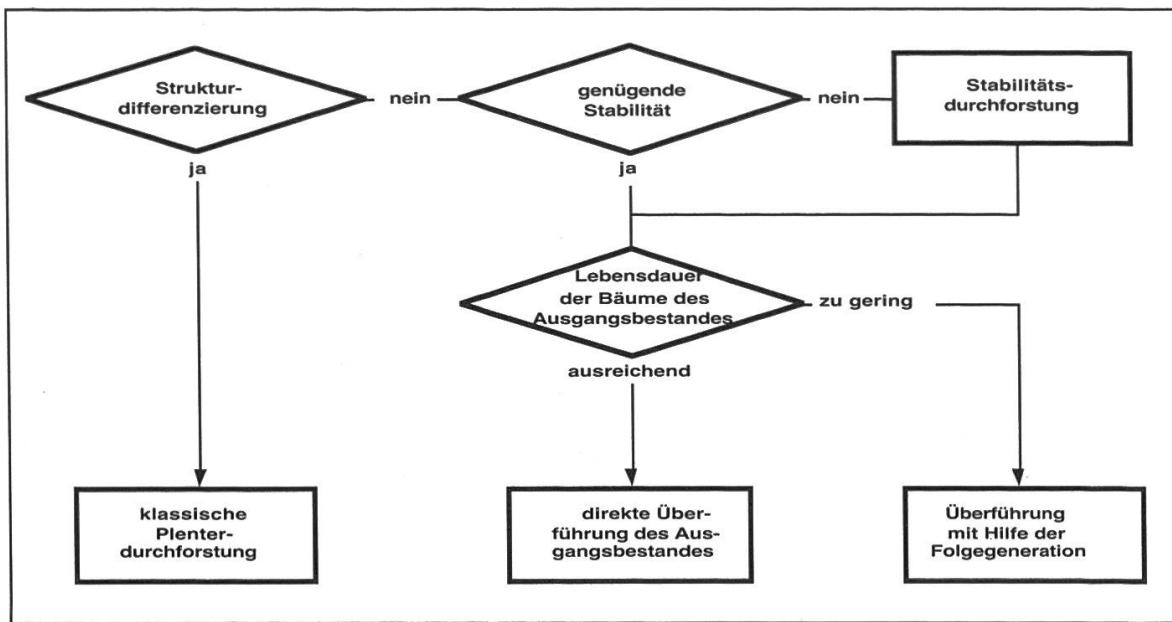


Abbildung 1. Schematische Darstellung der waldbaulichen Entscheide in der Überführungsphase, die zu den verschiedenen Überführungsformen führen (Schütz, 1989).

oder gestaffelte Durchforstung (Schober, 1987) behandelt worden sind, unter den Typ «Überführung mit Hilfe der Folgegeneration». Die im Entscheidungsbaum genannten Stabilitätsdurchforstungen können in diesen Beständen aufgrund der spezifischen Wuchsdynamik der Fichte keine ausreichende Einzelbaumstabilität mehr bewirken. Da die Konzeption der Wiedemannschen Durchforstungen in diesen Beständen eine Stabilisierung auf Basis der Kollektiv- und nicht der Einzelbaumstabilität anstrebt, würden die Stabilitätsdurchforstungen das Kalamitätsrisiko sogar noch erhöhen. Darüberhinaus unterliegen die traditionell bewirtschafteten Fichtenbestände auch ohne Abweichungen von den jeweiligen Durchforstungsmodellen einem hohen quantifizierbaren Kalamitätsrisiko (Möhring, 1986, Suzuki, 1983).

Der hohe Anteil von nicht direkt mit Hilfe des Ausgangsbestandes überführbaren Fichtenbeständen sowie die grossen Kalamitäts- und Voranbauflächen, die die Forstwirtschaft in den letzten Jahren geprägt haben, lassen es sinnvoll erscheinen, schon bei der Bestandesbegründung soweit wie möglich auf die angestrebte Überführung hinzuwirken. Ziel ist es, bei der Bestandesbegründung die Strukturierung des künftigen Bestandes einzuleiten und es dem Bewirtschafter zu ermöglichen, sich auf die Förderung weitgehend automatisch ablaufender Wachstumsprozesse zu beschränken. Es handelt sich vor allem um die Frage, wie nicht flächendeckende Aufforstungen sowie kleinflächige Mischungen von Laubholz- und Nadelholzaufforstungen die Überführungsphase vereinfachen können. Wertvolle Erkenntnisse zu dieser Problematik lassen sich am Objekt La Joux Pélichet, einer Weideaufforstung aus den Jahren 1900 bis 1906 im Schweizer Jura ableiten.

## 2. Geschichte des Waldes La Joux Pélichet

Der Wald La Joux Pélichet, der auf einem Plateau südöstlich der Kleinstadt Le Locle ungefähr 1000 m ü.N.N. liegt, ist auf Basis eines von Pillichody ausgearbeiteten Projektes begründet worden<sup>2</sup>. Der Wald umfasst heute 42,3 ha, was gegenüber der Aufforstungsfläche einen Flächenverlust von 2,3 ha bedeutet. Vorrangige Ziele der Aufforstung waren die Erhöhung des Erosionsschutzes in der angrenzenden Schlucht La Combe Girard sowie die Verbesserung der Wasserqualität des als Trinkwassereinzugsgebiet der Stadt Le Locle genutzten Plateaus. *Abbildung 2* und *Tabelle 1* geben das grob anhand von Luftbildern (1934) rekonstruierte Aufforstungsschema und die verwendeten Stammzahlen nach Baumarten wieder. Zum Vergleich sind in *Tabelle 1* die Ergebnisse der letzten Inventur<sup>3</sup> auf der Grundlage der Neuenburger Kontrollmethode (*Bolley*, 1921) angegeben.

*Tabelle 1.* Baumartenanteile im Wald La Joux Pélichet (1898) und (1989). Nach *Jenni* (1991); siehe Fussnote 3 auf dieser Seite).

<b>Baumart</b>	<b>Anzahl / Projekt 1898</b>		<b>Anzahl / Inventur 1989</b>	
	<i>absolut</i>	<i>%</i>	<i>absolut</i>	<i>%</i>
Fichte	141340	32	5203	60
Weißtanne	24070	5	644	7
Weymouthskiefer	43485	10	90	1
Bergkiefer (aufrechte Form)	41975	9	45	1
Waldkiefer	1900	1	64	1
Schwarzkiefer	1300	0	0	0
Arve	1100	0	0	0
Douglasie	1500	0	23	0
Sitkafichte	2300	1	0	0
Lärche	900	0	0	0
Summe / Ndh	259870	58	6069	70
	<i>absolut</i>	<i>%</i>	<i>absolut</i>	<i>%</i>
Rotbuche	56490	13	298	3
Weißerle	70650	16	0	0
Esche	23954	5	1151	13
Bergahorn	19300	4	1013	12
Birke / Diverse	6000	1	185	2
Weißdorn	11950	3	0	0
Summe / Lbh	188344	42	2647	30
Summe / total	448214	100	8716	100

<sup>2</sup> Pillichody, A. (1898): Rapport sur le reboisement de diverses propriétés de la Commune du Locle. Non public (projet initial, archives de la Direction fédérale des forêts).

<sup>3</sup> Jenni, R. (1991): Etude de la dynamique des anciens reboisements de la Joux Pélichet (Le Locle) et sa valorisation en fonction de la conversion à la structure jardinée de tels peuplements réguliers. Travail de diplôme ETH Zürich, 92 S.

In Abbildung 2 wird die grosse Heterogenität der Baumartenmischung und die teilweise kleinflächige Strukturierung der Aufforstung deutlich. Die meisten Baumarten wiesen in den ersten Jahrzehnten nach der Begründung prozentual sehr hohe Ausfälle auf, die besonders bei den Baumarten Weymouthkiefer, Bergkiefer, Buche und Weiss-Erle infolge ihrer hohen Ausgangsstammzahlen von Bedeutung für die spätere Strukturierung der Bestände waren. Die in den 40er Jahren durchgeföhrten Unterpflanzungen der Bestände mit Buche hatten aufgrund grossflächiger Frostschäden nur geringen Erfolg. Von Pillichody (1930) wird der frühe Ausfall der Weymouthkiefer durch Befall mit Blasenrost beschrieben. Mit steigendem Alter wurden Teile der Fichte durch Rotfäule befallen. Neben den resultierenden Sanitärbieben lag der Schwerpunkt der Durchforstungen von Beginn an auf einer Förderung der Einzelbaumstabilität und Ungleichförmigkeit. Trotz dieser Massnahmen traten kleinflächig Wind- und Schneebrüche auf. Die Kalamitäten und Stabilitätsdurchforstungen sind neben der kleinflächigen Strukturierung der Aufforstung bei einer Interpretation der heutigen Bestandesstruktur zu beachten. So boten die kleinflächigen Ausfälle von Bäumen zusätzlich zu den unbestockten «Schachbrettflächen» (Abbildung 2) erste Ansätze für eine zeitlich

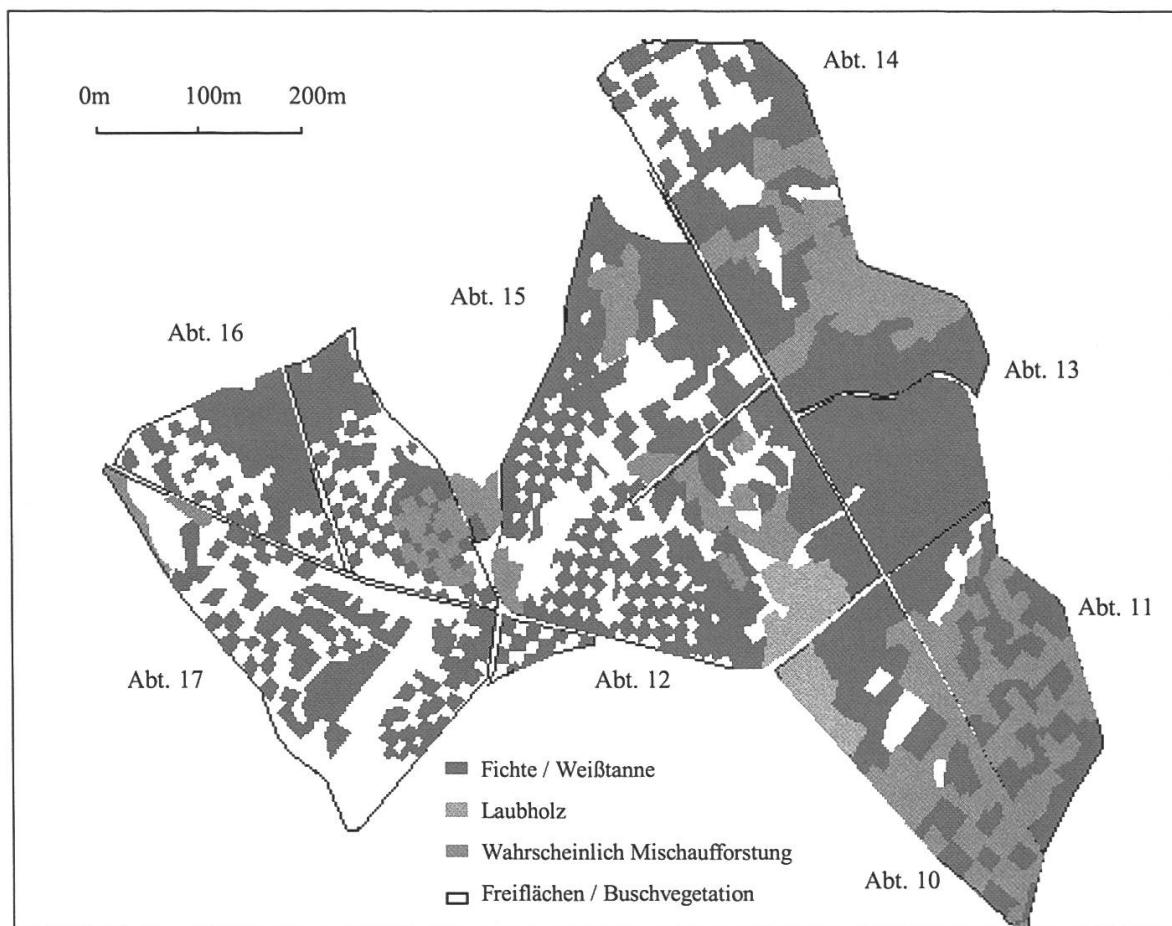


Abbildung 2. Gesamtansicht des rekonstruierten Aufforstungsschemas (Luftbild 1934).

und räumlich gestaffelte Verjüngung. In ähnlicher Weise sind die verschiedenen Mischungsformen von Licht- und Schattbaumarten bzw. Laub- und Nadelholz zu beurteilen. Aus den wechselnden Strahlungsintensitäten in den unterschiedlichen Bestandesstrukturen resultierte eine hohe räumliche Variabilität der Verjüngungsbedingungen.

Ein Wechsel des Ausgangsgesteins innerhalb des Waldes von La Joux Pélichet führt zu grossräumig unterschiedlichen Verjüngungsbedingungen. Für die Abteilungen 14 bis 17 wurde Süßwassermolasse und für die Abteilungen 10 bis 14 wurden Oberer Jura und Cretacé als Ausgangsformationen kartiert. Im Bereich der Süßwassermolasse haben sich ein flachgründiger Kalkverwitterungsboden und im Bereich des Oberen Jura und des Cretacé eine tiefgründige *Terra fusca* als Bodentypen ausgebildet.

### **3. Methodik von Inventur und Auswertung**

Als Folge der unterschiedlichen Ausgangslage nach der Aufforstung, die durch die kleinflächigen Kalamitäten sowie Standortsunterschiede weiter modifiziert wurde, weist der Wald La Joux Pélichet heute eine grosse Heterogenität der Bestandesstrukturen auf. Nach einer Gesamtkartierung des Objektes, die getrennt nach Ober- und Unterschicht durchgeführt wurde, wurden vier Strukturtypen erfasst, die einen Grossteil der Waldstrukturen repräsentieren (*Tabelle 2*). Unter den Strukturtyp I fallen auch die Bereiche mit zahlreicher Laubholzverjüngung. Es handelt sich bei dieser Verjüngung überwiegend um Edellaubhölzer mit geringen Anteilen von Rotbuche. Unter die Strukturtypen II/III/IV fallen nur Waldstrukturen mit fortgeschrittener Entwicklungsperspektive in Richtung eines vertikal gestuften Hochwaldes/Plenterwaldes. Schütz (1992) schätzt jedoch die Entwicklungsfähigkeit der Edellaubhölzer in der Betriebsform Einzelstammplenterung als unzureichend ein, wenn durchschnittliche Gleichgewichtsvorräte von 350 bis 400 silven/ha ange-

*Tabelle 2.* Die vier in bezug auf ihre Flächenanteile bedeutendsten Strukturtypen im Wald von La Joux Pélichet.

<i>Strukturtyp</i>	<i>Oberschicht</i>	<i>Unter-/Mittelschicht</i>
I	Nadelbäume dominieren, überwiegend Fichte	nicht vorhanden
II	Nadelbäume dominieren, überwiegend Fichte	Weißtanne dominiert
III	Nadelbäume dominieren, überwiegend Fichte	Fichte dominiert
IV	Laubbäume dominieren, überwiegend Edellaubholz	Fichte dominiert

strebt werden. Als Entwicklungsfähigkeit wird hier das in Quantität und Qualität nachhaltige Einwachsen von Bäumen in die Mittelschicht bezeichnet.

Für jeden der vier Strukturtypen wurde ein subjektiv als besonders repräsentativ ausgewählter Profilstreifen von 40 x 70 m aufgenommen. Als Anhalt wurde die von Schütz (1989) hergeleitete Minimalfläche für die Ausübung der Plenterung von etwa 1/3 ha gewählt. Für Bäume kleiner 17,5 cm BHD wurde die Aufnahmefläche nach dem Prinzip von konzentrischen Probeflächen auf 20 x 50 m verringert.

Da Untersuchungen über andere Überführungsbestände in diesem Umfang nicht zur Verfügung stehen, wurde der jeweilige Entwicklungszustand anhand des angestrebten Zielzustandes beurteilt. Ein Plentergleichgewicht und die zugehörige Gleichgewichtskurve sind von Standort, Baumartenanteilen und Zieldurchmesser bzw. Vorratshaltung abhängig. Da für La Joux Pélichet die für die Berechnung einer Gleichgewichtskurve erforderlichen Daten (Durchwachszeiten bzw. Durchmesserzuwachs nach Durchmesserstufen) nicht zur Verfügung standen, wurden Gleichgewichtskurven von Beständen ausgewählt, die hinsichtlich Standortbedingungen und Bewirtschaftungsstrategie als obere und untere Rahmenmarken der Bestände von La Joux Pélichet gelten können. Es handelt sich bei den Beständen um langfristige Versuchsflächen der Eidgenössischen Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (WSL) in Rougemont (Voralpen) und La Rolaz (Hochjura).

Die Gleichgewichtskurven sind vor allem für eine Nachhaltigkeitsprüfung der Stammzahlen in den unteren Durchmesserstufen notwendig. Abweichungen der Durchmesserverteilung von Überführungsbestand und Gleichgewichtsbestand dürfen jedoch nicht in einer Weise interpretiert werden, dass eine sofortige Anpassung der Stammzahl von überbesetzten Durchmesserstufen auf Gleichgewichtsniveau erfolgen müsste. Da gleichzeitig Durchmesserstufen unterbesetzt sind, wird es in bestimmten Überführungsphasen notwendig sein, die Stammzahl in überbesetzten Durchmesserstufen beizubehalten oder nur schrittweise zu reduzieren.

Bei der Analyse von Gleichgewichtskurven wird implizit von einer bestimmten räumlichen Verteilung der Durchmesser und Höhen der einzelnen Bäume ausgegangen. Nur unter Beachtung der Prämissen über die kleinflächige Raumstruktur von Gleichgewichtsbeständen können Durchmesserverteilungen ein Hilfsmittel für die Bewirtschaftung darstellen. Die räumliche Struktur von Überführungsbeständen wird von der Überführungsphase, der Ausgangssituation und der Strategie des Bewirtschafters beeinflusst. Allein das relativ kleine Objekt von La Joux Pélichet weist eine grosse Bandbreite von Beständen unterschiedlicher Raumstruktur auf. Zu einer gegebenen BHD-Verteilung sind daher sehr unterschiedliche räumliche Verteilungen der BHD denkbar. Bei der Beschreibung der Bestände ist es somit notwendig, die Durchmesserverteilungen, die quantitative Aussagen zur Nachhaltigkeit der Besetzung von Durchmesserstufen zulassen, mit Analysen zur räumlichen

Struktur der Bestände zu ergänzen. Dies wird unter Verwendung der auf Nachbarschaftsbeziehungen basierenden abgeleiteten Variablen «Differenzierung» erreicht (*Gadow und Füldner, 1995*). Die Durchmesserdifferenzierung für den i-ten Baum in bezug auf seinen nächsten Nachbarn j wird wie folgt definiert:

$$TD_i = 1 - r_{ij} \quad (1)$$

wobei

$$r_{ij} = \begin{cases} \frac{BHD_i}{BHD_j}, & BHD_i \leq BHD_j \\ \frac{BHD_j}{BHD_i}, & \text{sonst.} \end{cases}$$

Die Durchmesserdifferenzierung steigt also mit zunehmendem  $TD_i$ -Wert ( $0 \leq TD_i < 1$ ). Ein  $TD_i$ -Wert von 0,5 impliziert z.B. ein BHD-Verhältnis zweier benachbarter Bäume von 1:2. Der Maximalwert von 1 wird nur näherungsweise erreicht. Aussagekräftiger als mittlere Differenzierungswerte auf Bestandesebene sind  $TD_i$ -Wert-Verteilungen. Um die Interpretation der bisher wenig angewandten Differenzierungsvariablen zu erleichtern, kann der gesamte Wertebereich zwischen 0 und 1 in «Intensitätsgruppen» untergliedert werden (*Albert et al., 1995; Füldner, 1995; Abbildung 4*).

Ein Vorteil der Verwendung räumlicher Strukturvariablen liegt in der Möglichkeit, komplizierte Bestandesstrukturen metrisch zu erfassen. Diese Eigenschaft der objektiven Reproduzierbarkeit einer Variablen ist die Voraussetzung für die künstliche Erzeugung von Beständen mit vorgegebener komplizierter Raumstruktur (*Lewandowski und Gadow, 1996*). Ein weiterer Vorteil besteht darin, forstliche Eingriffe objektiv und nachvollziehbar beschreiben zu können. Neben dem BHD können auch andere Variablen als Eingangsgrößen für die Berechnung der Dimensionsdifferenzierung verwendet werden. Für eine erweiterte Erfassung der Vertikalstruktur eignen sich z.B. Verteilungen von Höhendifferenzierungswerten ( $TH_i$ -Werte). Der Informationsgewinn gegenüber einer reinen Strukturerfassung mittels Durchmesserverteilungen soll an den vier für La Joux Pélichet repräsentativen Strukturtypen demonstriert werden.

#### **4. Ergebnisse von Inventur und Auswertung**

Strukturtyp I hat infolge des hohen Vorrates von  $738 \text{ m}^3/\text{ha}$  (165% des Gleichgewichtsvorrates von Rougemont), der flächendeckend ein Einsetzen der Verjüngung verhindert, deutlich einschichtigen Charakter (*Abbildung 3*).

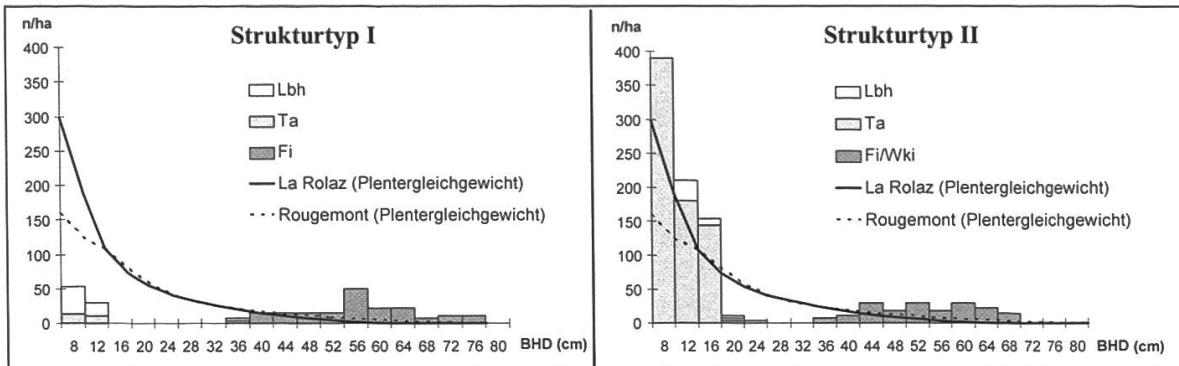


Abbildung 3. Durchmesserverteilungen der Strukturtypen I und II, unterlegt mit Gleichgewichtskurven für zwei Plenterbestände. Die Gleichgewichtskurven stellen hinsichtlich der Standortsbedingungen und des Zieldurchmessers den oberen und unteren Zielzustand für die Überführungsbestände von La Joux Pélichet dar.

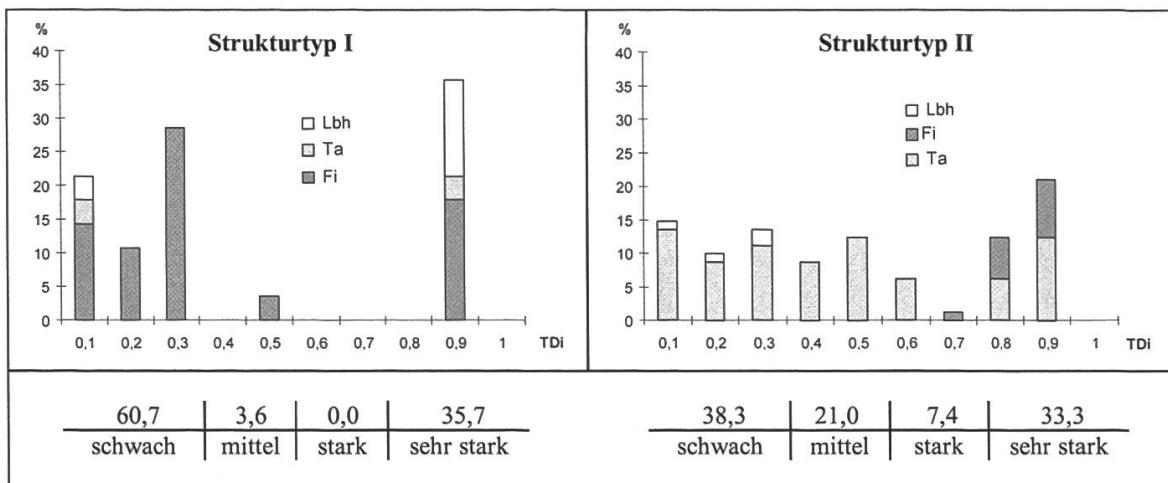


Abbildung 4. TD<sub>i</sub>-Wert-Verteilungen der Strukturtypen I und II mit Angabe der prozentualen Anteile an den Intensitätsgruppen.

Die nachhaltigen Stammzahlen beider Gleichgewichtsbestände in der untersten Durchmesserstufe werden nicht erreicht. Zu beachten ist weiterhin, dass Nadelholz nur zu 25% in Durchmesserstufe 8 vertreten ist. In *Abbildung 7* ist ersichtlich, dass die Stabilitätsdurchforstungen, trotz der für einen Überführungsbestand sehr hohen Vorratshaltung, eine gute Einzelbaumstabilität bewirkt haben.

Anhand der TD<sub>i</sub>-Wert-Verteilung von Strukturtyp I (*Abbildung 4*) kann über die Häufigkeiten der einzelnen Differenzierungsstufen auf die Raumstruktur des Bestandes geschlossen werden. Die angegebene Baumart ist jeweils die Baumart des Bezugsbaumes i. Von den 60,7% TD<sub>i</sub>-Werten schwächer Differenzierung entfällt ein Grossteil auf Oberschicht-Fichten. Diese Werte sind auf Nachbarschaftsbeziehungen zwischen Individuen innerhalb der Fichten-Oberschicht zurückzuführen. Ein weiterer Schwerpunkt der TD<sub>i</sub>-Werte (35,7%) liegt im Bereich starker Differenzierung. Es handelt sich

um Nachbarschaftsbeziehungen zwischen Oberschicht-Fichten und Laubholzern/Tannen der Unterschicht. Es kann vermutet werden, dass ein Teil dieser Fichten- bzw. Laubholz/Tannen-Werte die jeweils reziproken Nachbarschaftsbeziehungen umfasst. Da einige Unterschicht-Bäume niedrige Differenzierungswerte aufweisen, müssen auch Nachbarschaftsbeziehungen innerhalb der Unterschicht vorkommen. Aufgrund der geringen Individuenzahl in der Unterschicht wäre die Wahrscheinlichkeit für eine direkte Nachbarschaft zwischen Unterschicht-Bäumen bei einer zufälligen Verteilung dieser Individuen sehr gering. Es muss also von einer räumlichen Konzentration eines Teils der Unterschicht-Bäume ausgegangen werden.

Die Durchmesserverteilung (*Abbildung 3*) kennzeichnet Strukturtyp II als zweischichtig. Neben dem Bereich der Durchmesserstufen 20 bis 40 der im Vergleich zu den Gleichgewichtskurven unterbesetzt ist, sind die überbesetzten Durchmesserstufen 8 bis 16 charakteristisch. Weisstanne hat in diesem Bereich einen Anteil an der Stammzahl von durchschnittlich 93%, Fichte ist in den untersten drei Durchmesserstufen nicht vertreten. Der Vorrat beträgt 595 m<sup>3</sup>/ha bzw. 133% des Gleichgewichtsvorrates von Rougemont. Unter den Bedingungen von Le Locle führt in dieser Phase der Überführung eine weit über dem Gleichgewichtsvorrat liegende Vorratshaltung zu einer flächigen Tannen-Unterschicht. Gleichzeitig sind die Lichtverhältnisse für eine Verjüngung der Fichte nicht ausreichend. Die Tendenz einer flächigen Verjüngungsdynamik kann aus der erheblichen Überbesetzung der Durchmesserstufe 8 geschlossen werden. Ob die Überbesetzung ein Indiz für eine mangelhafte Ausdifferenzierung der Unterschicht ist, kann anhand der TD<sub>i</sub>-Wert-Verteilung erfasst werden.

Aus dem Vergleich der Strukturtypen I und II kann man schliessen, dass in der frühen Überführungsphase, in der erste punktuelle Verjüngungszentren geschaffen werden sollen, unter den gegebenen Verhältnissen eine Vorratshaltung von rund 600 m<sup>3</sup>/ha als ideal erscheint, wenn eine kleinflächige Verjüngung aus überwiegend Weisstanne angestrebt wird. Die Vorratshaltung von 738 m<sup>3</sup>/ha des Strukturtyps I ist in dieser Phase deutlich zu hoch, wie das fast vollständige Fehlen einer Unterschicht belegt. Eine Vorratshäufung in dieser Überführungsphase auf ein Niveau über das des späteren Gleichgewichtsvorrates wird auch von *de Coulon* (1962) beschrieben. Allerdings werden nie mehr als 500 silven/ha als Maximalvorrat erreicht. Bei einem Vergleich der Gesamtvorräte ist die unterschiedliche Struktur der Bestände zu beachten. In Strukturtyp I entfallen 99,5%, in Strukturtyp II aber nur 93,5% des Vorrates auf Bäume mit einem BHD grösser 17,5 cm. Aus Gründen der besseren Vergleichbarkeit der Verjüngungsbedingungen erscheint bei derartigen Untersuchungen ein Vorratsvergleich getrennt nach drei Bestandesschichten als sinnvoll.

Im Gegensatz zu Strukturtyp I haben alle Oberschicht-Fichten in Strukturtyp II TD<sub>i</sub>-Werte, die in die starke und sehr starke Intensitätsgruppe fallen

(*Abbildung 4*). Diese Differenzierungswerte deuten auf Nachbarschaftsbeziehungen zu Unterschicht-Bäumen hin. Weil nur Tannen-Werte als mögliche reziproke Werte in Frage kommen, handelt es sich sehr wahrscheinlich um Beziehungen zwischen Oberschicht-Fichten und Unterschicht-Tannen. Da sämtliche Oberschicht-Fichten hohe Differenzierungswerte aufweisen, muss eine intensive kleinflächige Mischung mit Unterschicht-Tannen vorliegen.

Die Weisstanne in Strukturtyp II hat eine grosse Bandbreite von  $TD_i$ -Werten mit allerdings relativ wenigen Differenzierungswerten in der starken Intensitätsgruppe. Neben den Werten sehr starker Differenzierung aus den Beziehungen zu Oberschicht-Fichten resultieren aus Beziehungen innerhalb der sich über drei Durchmesserstufen erstreckenden Tannen-Unterschicht Werte schwacher und mittlerer Differenzierung. Speziell die 21%  $TD_i$ -Werte mittlerer Differenzierung deuten auf eine in sich differenzierte Tannen-Unterschicht mit kleinflächiger Durchmischung der Dimensionen hin. Die Frage nach der Ausdifferenzierung der überbesetzten Durchmesserstufen 8 bis 16 ist damit beantwortet. Der geringe Anteil von starken Differenzierungswerten spiegelt die unterbesetzten und nicht besetzten mittleren Durchmesserstufen wieder.

Die Laubholz- $TD_i$ -Werte des nur in den unteren Durchmesserstufen vorkommenden Laubholzes liegen alle im Bereich schwacher Differenzierung. Es treten damit keine Nachbarschaftsbeziehungen zu Oberschicht-Fichten auf. Die relativ geringe Anzahl von Oberschicht-Fichten gegenüber der hohen Anzahl von Unterschicht-Tannen lässt das Vorkommen von Laubholz-Fichten-Beziehungen sehr unwahrscheinlich werden.

Strukturtyp III befindet sich ebenfalls noch im Stadium der Zwei-Schichtigkeit (*Abbildung 5*). Stärker als in Strukturtyp II wird ein Trend zur Dreischichtigkeit/Plenterstruktur deutlich. Nur Durchmesserstufe 36 ist nicht besetzt. Auch sind im Gegensatz zu Strukturtyp II die Durchmesserstufen 20 bis 28 deutlich weniger unterbesetzt. Beim Vergleich mit den Gleichgewichtszuständen ist zu beachten, dass es sich bei den Beständen von La Rolaz und Rougemont um fast reine Nadelholzplenterwälder handelt. Strebt man für Strukturtyp III ebenfalls einen laubholzarmen Plenterwaldtyp an, so ist bei einer Nachhaltigkeits-Prüfung der Stammzahlen in den unteren Durchmesserstufen der Grossteil des Laubholzes nicht in den Vergleich mit einzubeziehen. Weiterhin ist zu berücksichtigen, dass es sich wie erwähnt bei den Laubhölzern überwiegend um Edellaubhölzer handelt, denen ein Einwachsen in die Mittelschicht bei den angestrebten Vorratshaltungen nur im Einzelfall möglich ist. Auch unter Einbeziehung dieser Überlegungen ist die Stammzahl der Durchmesserstufe 8 als nachhaltig zu beurteilen.

Die höhere Besetzung der mittleren Durchmesserstufen gegenüber Strukturtyp II ist vor allem auf den höheren Laubholzanteil zurückzuführen. Die Edellaubhölzer der Durchmesserstufen 40 bis 52 stammen mit grosser Wahrscheinlichkeit aus der Aufforstungsperiode. Trotz gleichen Alters weist das

Edellaubholz gegenüber der Fichte (Weisstanne) geringere Dimensionen auf. Es wird eine Dimensionsdifferenzierung durch baumartenspezifische Wuchsunterschiede und nicht durch Unterschiede im physiologischen Alter erreicht, wie es der Normalfall im Plenterwald wäre.

In *Abbildung 7* wird deutlich, dass sich die Oberschichtfichten in Strukturtyp II und III durch eine hohe Einzelbaumstabilität auszeichnen, die die erste Voraussetzung einer direkten Überführung ist (*Abbildung 1*).

Bei der Zusammensetzung der Baumarten der Durchmesserstufen 8 und 12 fällt die Dominanz der Fichte auf (durchschnittlich 76%). Durch die Vorratsabsenkung von rund 200 m<sup>3</sup>/ha gegenüber Strukturtyp II haben sich die Verjüngungsbedingungen für die Fichte entscheidend verbessert und für die Tanne entsprechend verschlechtert. Dabei muss allerdings beachtet werden, dass sich auch die Standortsbedingungen infolge eines Wechsels des Ausgangsgesteines verschlechtert haben. Strukturtyp III befindet sich im Gegensatz zu den anderen Strukturtypen in einem Bereich, in dem Süßwassermolasse ansteht. In den drei übrigen Strukturtypen wurden die Ausgangsformationen Oberer Jura und Cretacé kartiert. Unter Vernachlässigung dieser Standortsunterschiede kann für die Bedingungen des Hochjura ein Bereich der Vorratshaltung abgeleitet werden, in dem ein Wechsel der optimalen Verjüngungsbedingungen für Weisstanne auf die optimalen Verjüngungsbedingungen für Fichte erfolgt. Der natürliche Baumartenwechsel in Plenterwäldern (*Šimák, 1951*) als weitere mögliche Einflussgrösse der Verjüngungsdynamik muss ebenfalls berücksichtigt werden. Beobachtungen von *Nagel (1950)* zeigen, dass die natürliche Tendenz zum Baumartenwechsel in von Fichte dominierten Beständen viel stärker ausgeprägt ist als in von Tanne dominierten. Zur Untersuchung des Zusammenhangs von Oberschicht-Baumart und sich verjüngender Baumart unter den Bedingungen von La Joux Pélichet siehe auch *Schmidt<sup>4</sup>*. Als Zusammenfassung der Ergebnisse dieser Untersuchung soll hier erwähnt werden, dass heute 16% der Gesamtfläche von La Joux Pélichet einen strukturierten plenterartigen Aufbau aufweisen, wie er durch die Strukturtypen II, III und IV repräsentiert wird. Der Anteil dieser plenterartigen Bestände erreicht dabei im Bereich günstiger Standorte 29% (Oberer Jura/Cretacé) und nur 5% im Bereich ungünstigerer Standorte (Süßwassermolasse). Für den Bereich günstiger Standortsbedingungen weisen 25% der Bestände, in denen Fichte in der Oberschicht dominiert, und 59% der Bestände, in denen Laubholz in der Oberschicht dominiert, einen plenterartigen Aufbau auf. Im Bereich ungünstigerer Standortsbedingungen haben 5% der Bestände, in denen Fichte in der Oberschicht dominiert, und 21% der Bestände, in denen Laubholz in der Oberschicht dominiert, eine plenterartige Struktur.

<sup>4</sup> *Schmidt, M. (1995): Struktur der Plenterüberführungsbestände im Wald La Joux Pélichet (Le Locle/Schweiz). Diplomarbeit Forstl. Fak. Göttingen, 102 S.*

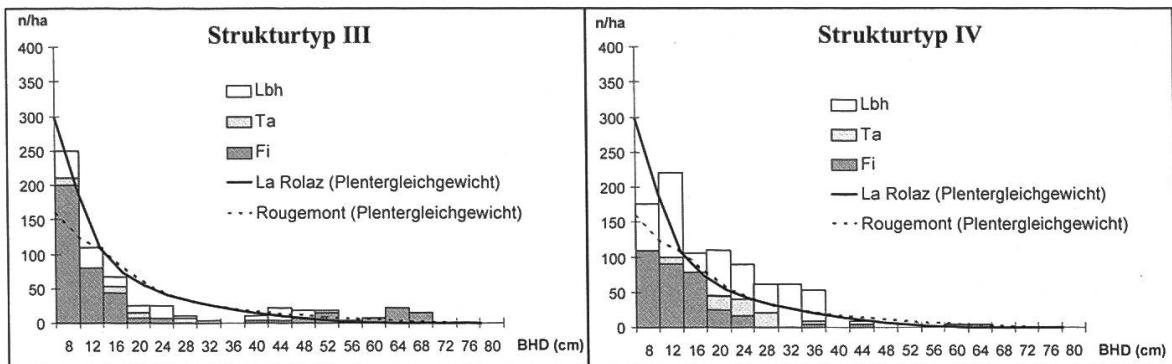


Abbildung 5. Durchmesserverteilungen der Strukturtypen III und IV, unterlegt mit Gleichgewichtskurven für zwei Plenterbestände. Die Gleichgewichtskurven stellen hinsichtlich der Standortsbedingungen und des Zieldurchmessers den oberen und unteren Zielzustand für die Überführungsbestände von La Joux Pélichet dar.

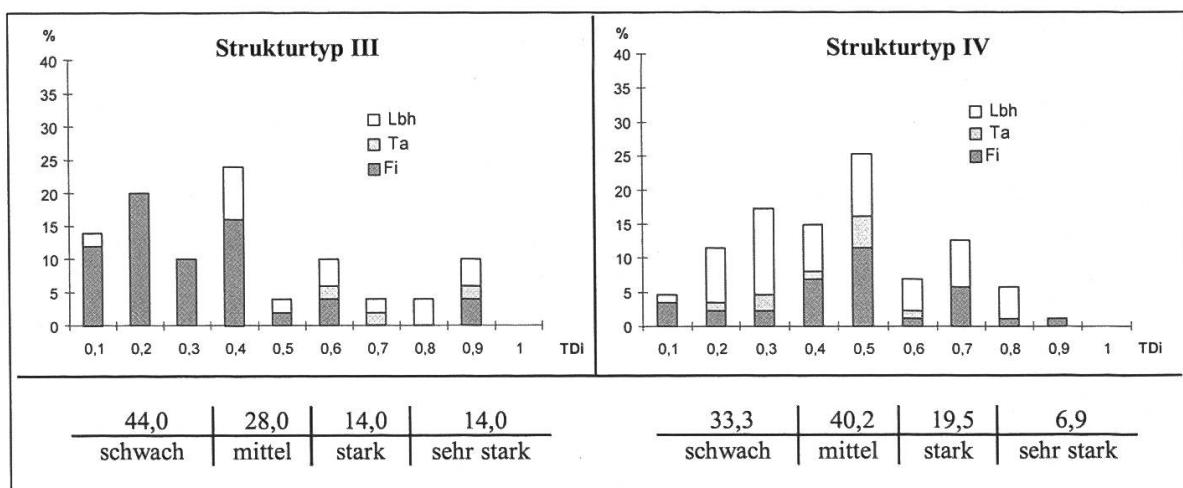


Abbildung 6.  $TD_i$ -Wert-Verteilungen der Strukturtypen III und IV mit Angabe der prozentualen Anteile an den Intensitätsgruppen.

Ein Schwerpunkt der Fichten- $TD_i$ -Werte in Strukturtyp III liegt in den schwachen (44%) und mittleren Intensitätsgruppen (28%) (Abbildung 6). Da der Anteil sehr starker Fichten-Differenzierungswerte mit 14% relativ gering ist, muss von einer kleinräumigen Trennung der Oberschicht- und Unterschicht-Fichten ausgegangen werden. Die niedrigen und mittleren  $TD_i$ -Werte beschreiben die Aggregation von Unterschicht-Fichten in Verjüngungskegeln und die kleinräumige Aggregation von Oberschicht-Fichten. Nur an den Randbereichen der Verjüngungskegel entstehen Nachbarschaftsbeziehungen, die zu sehr starken Differenzierungswerten von Oberschicht- und Unterschicht-Fichten führen. Fast alle Laubholzer weisen mittlere und starke Differenzierungswerte auf. Hohe Laubholz- $TD_i$ -Werte lassen sich durch Nachbarschaftsbeziehungen zwischen Laubholzern der Mittelschicht und Unterschicht-Fichten erklären. Im Gegensatz zu den Oberschicht-Fichten kann somit für das Laubholz eine stärkere Aggregation mit den Fichtenverjüngungskegeln angenommen werden.

Die Nachbarschaftsbeziehung Laubholz-Mittelschicht zu Oberschicht-Fichten ist als Erklärungsansatz für mittlere Laubholz-Differenzierungswerte denkbar. Weiterhin entstehen aus der Nachbarschaftsbeziehung von Laubholz-Unterschicht zu Oberschicht-Fichten sehr starke Laubholz-TD<sub>i</sub>-Werte. Aus den beiden letztgenannten Erklärungsansätzen lässt sich für das Laubholz mittlerer und geringer Dimension eine räumliche Durchmischung mit den Oberschicht-Fichten ableiten.

Im Gegensatz zu den Strukturtypen I/II ist die TD<sub>i</sub>-Wert-Verteilung des Strukturtyps III nicht in allen Bereichen eindeutig zu interpretieren. Schwierigkeiten ergeben sich daraus, dass die vorkommenden Baumarten auf mehrere Bestandesschichten verteilt sind. Zur Lösung dieses Problems ist eine über die Baumarten hinausgehende Stratifizierung der TD<sub>i</sub>-Werte nach Durchmesserklassen denkbar. So wäre eine eindeutige Zuordnung der TD<sub>i</sub>-Werte sowohl nach der Baumart als auch nach den Dimensionen BHD oder Höhe möglich.

Strukturtyp IV liegt im Gegensatz zu den übrigen Strukturtypen in einem Bereich von La Joux Pélichet, der fast ausschliesslich mit Edellaubholz (überwiegend Esche) aufgeforstet worden ist. Die heutige Oberschicht setzt sich dementsprechend zu einem hohen Prozentsatz aus Edellaubholz zusammen. Infolge der geringeren Dimensionen der Oberschicht-Eschen gegenüber gleich alten Fichten in den anderen Strukturtypen sind die Durchmesserstufen oberhalb Stufe 36 kaum besetzt. In den Durchmesserstufen unterhalb Stufe 36 fällt der plenterartige Aufbau auf. Es besteht jedoch gegenüber den Gleichgewichtskurven eine erhebliche Überbesetzung der Durchmesserstufen 12 bis 36. Gleichzeitig ist der durchschnittliche Stammzahlabnahmekoeffizient (*Lio-court*, 1898; *Meyer*, 1933) im Bereich der Durchmesserstufen 16 bis 36 sehr niedrig. Die Überbesetzungen und der geringe Stammzahlabnahmekoeffizient lassen sich durch das fast gänzliche Fehlen von Bäumen oberhalb von Durchmesserstufe 40 erklären. Hinzu kommt, dass der Anteil der überschirmungstoleranteren Nadelhölzer mit sinkender Durchmesserstufe zunimmt. Unter dem relativ lichten Schirm der Edellaubhölzer können trotz der Überbesetzungen in den unteren Durchmesserstufen jeweils fast gleich hohe Individuenanzahlen überleben.

Unter der Voraussetzung, dass auch für Strukturtyp IV ein nadelholzreicher Plenterwaldtyp angestrebt wird, kann ähnlich wie bei Strukturtyp III für einen Vergleich mit den Zielzuständen nur ein geringer Anteil des Laubholzes der unteren Durchmesserstufen mit in die Nachhaltigkeitsprüfung einbezogen werden. Unter diesen Umständen werden auch bei Vergleich mit der verjüngungsärmeren Variante des Starkholzplenterwaldes von Rougemont keine ausreichenden Stammzahlen in Durchmesserstufe 8 erreicht.

Bei Betrachtung der TD<sub>i</sub>-Wert-Verteilung von Strukturtyp IV fällt der geringe Anteil von Werten sehr starker Differenzierung auf. Hierin spiegelt sich der geringe Anteil von Bäumen oberhalb von Durchmesserstufe 36 wie-

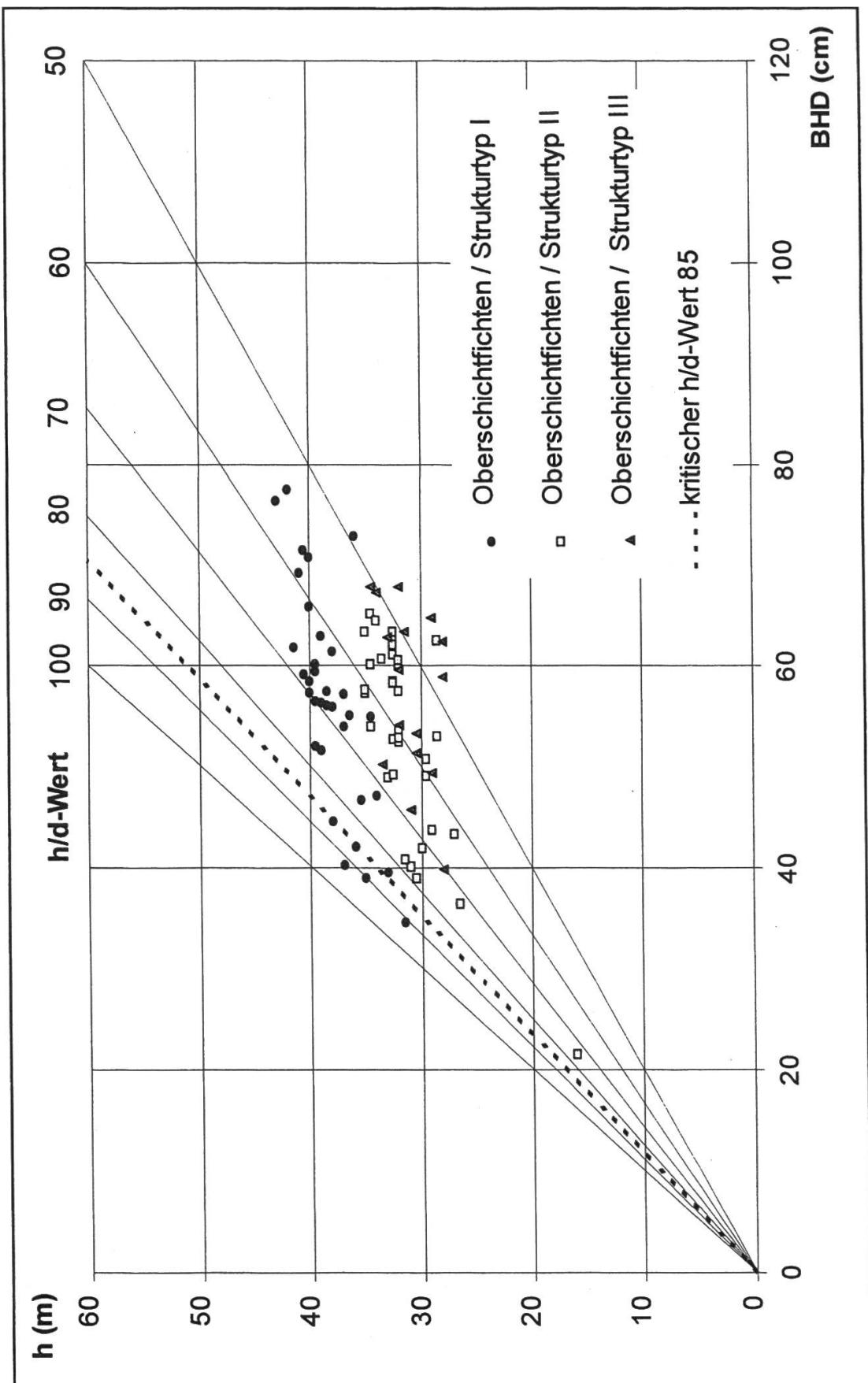


Abbildung 7.  $h/d$ -Wert-Fächer für die Oberschicht-Fichten in den Strukturtypen I, II und III.

der. Der Bereich schwacher Differenzierung wird von Laubholz dominiert (33,3%). Diese Werte sind nicht eindeutig zu interpretieren. Es kann sich sowohl um Nachbarschaftsbeziehungen innerhalb der Laubholz-Oberschicht als auch innerhalb der gemischten Laubholz-/Fichten-Unterschicht handeln. Beide Interpretationen deuten jedoch darauf hin, dass zum Teil kleinräumige Bestandesbereiche existieren, in denen eine Aggregation von Bäumen ähnlicher BHD-Dimension vorliegt. Im Gegensatz zu Strukturtyp III haben jedoch die Intensitätsgruppen mittlere und starke Differenzierung mit 59,7% einen hohen Anteil. Der etwa gleiche Anteil von Fichten- und Laubholz-Werten unterstützt die Interpretation, dass es sich um Nachbarschaftsverhältnisse zwischen Laubholz-Oberschicht und Fichten-Unterschicht handelt. Die Werte der jeweils anderen Baumart sind dementsprechend grösstenteils als reziproke Werte zu betrachten. Im Unterschied zu Strukturtyp III überwiegt daher die einzelbaumweise Dimensionsdifferenzierung gegenüber der kleinräumigen Aggregation von Individuen ähnlicher Dimension.

## Zusammenfassung

In der Untersuchung wird die Struktur von vier Plenterüberführungsbeständen (Strukturtypen I bis IV) im Wald La Joux Pélichet (Le Locle/Schweiz) in bezug auf zwei mögliche Zielvarianten von Gleichgewichtsbeständen analysiert. Es handelt sich bei den Überführungsbeständen um Erstaufforstungen, die auf ein Aufforstungsprojekt (1900 bis 1906) mit extremer Heterogenität der Mischungsformen und der Baumartenzusammensetzung zurückzuführen sind. Zur Einordnung der Bestände in den Überführungsprozess und zur Nachhaltigkeitsprüfung erfolgt ein Vergleich der nach Baumarten aufgegliederten Durchmesserverteilungen mit Gleichgewichtskurven zweier möglicher Zielzustände. Zur Erfassung der Raumstruktur der Überführungsbestände wird eine spezifische räumliche Variable verwendet.

Mit Ausnahme des Strukturtyps I können die Überführungsbestände als relativ weit im Überführungsprozess fortgeschrittene Stadien bezeichnet werden. Die Strukturtypen II, III und IV haben sich ausgehend von sehr unterschiedlichen Ausgangssituationen zu zwei- und dreischichtigen Beständen entwickelt. Durch die Analyse der räumlichen Verteilungen kann die einzelstammweise bis kleinflächige Mischung von Bäumen unterschiedlicher Dimensionen für die drei Strukturtypen nachgewiesen werden. Dieser Teil der Analyse belegt, dass die Strukturtypen II, III und IV auch im Hinblick auf ihre Raumstruktur als fortgeschrittene Überführungsstadien beurteilt werden können.

## Résumé

### Analyse de structures dans quatre peuplements en phase de conversion au jardinage

Le présent travail tente de caractériser les structures de quatre types de peuplements en transition vers la forme jardinée (types structurels I à IV, dans les forêts de La Joux-Pélichet, Commune du Locle NE). Il s'agit de forêts issues d'une ancienne afforestation réalisée avec une grande variété de formes de mélanges et de composition d'essences (voir la *figure 2* et le *tableau 1*). L'état d'avancement du processus de différenciation et de conversion est caractérisé par la distribution des nombres de tiges par catégories de diamètre comparativement à deux normes de distribution, représentant l'état de structure souhaité, c'est-à-dire en équilibre (*figures 3 et 5*). Pour caractériser la structure spatiale des peuplements en conversion, on utilise la variable  $TD_i$  (ou facteur de différenciation) calculée sur la base de l'amplitude des diamètres (voir *formule 1*, *figure 4* et *figure 6*). Dans la mesure où les trois types de structure I, II et III se rapportent à des peuplements où domine l'épicéa dans l'étage supérieur, il est apparu utile d'analyser la stabilité individuelle des arbres constituants la strate supérieure. Ce facteur s'avère être un critère important pour l'attribution des peuplements à un type de conversion (*figure 1*).

A part le type de structure I, les trois autres formes peuvent être considérées se trouver à un stade avancé dans le processus de conversion. Ces trois types (I, III et IV) sont issus de conditions de constitution originelle des peuplements très différentes. Ils forment actuellement des structures à deux voire trois strates. Il est possible à l'aide de la distribution de la variable  $TD_i$  de déterminer et caractériser l'hétérogénéité spatiale des dimensions d'arbres. Cette analyse confirme, eu égard à la structure spatiale, le bon état d'avancement dans le processus de conversion.

L'issue favorable quant à la conversion de ce reboisement que l'on a pu constater permet de juger de l'aptitude à la différenciation des différentes méthodes de constitution des peuplements utilisées lors de l'afforestation, pour proposer des techniques à mettre en œuvre à l'avenir quand on entend aboutir à des structures irrégulières et finalement à la futaie jardinée. On y inclut, au vu des connaissances actuelles, les techniques qui utilisent les avantages des plantations anticipées d'essences associatives.

Traduction: *Jean-Philippe Schütz*

## Summary

### Structure Analysis of Four Stands in Transition to Plenter Forest Stands

The paper presents an analysis of the structure of four stands in transition to plenter forest stands, using comparative data acquired from two plenter forest stands in equilibrium. The transitional stands are situated in the forest of La Joux Pélichet (Le Locle/Switzerland). The stands were originally planted on pasture land, within the

framework of an afforestation project dating back to 1900–1906. The afforestation project was an initial plantation with clusters of different area and tree composition. In order to integrate the stands into the transitional process and to test for sustainable development, a comparison was made between the diameter distributions of the four stands and those of the two plenter stands. The spatial structure of the transitional stands was recorded using a specific spatial variable.

With the exception of structure type I, the transitional stands are in a relatively advanced stage of development to uneven-aged plenter forest stands. Starting from very different initial situations, structure types II, III and IV have developed into two- and three-storied stands. By analyzing the spatial distributions, the single-tree mixture and the small-scale clustered mixture of trees with different dimensions can be shown for the three structure types II, III and IV. This part of the investigation shows that the observed stand structures II, III and IV can be considered to be in a very advanced transitional stage also with reference to their respective spatial structure.

## Literatur

- Albert, M., Gadow, K.v., Kramer, H. (1995): Zur Strukturbeschreibung in Douglasien-Jungbeständen am Beispiel der Versuchsflächen Manderscheid und Uslar. Allg. Forst-u. J. Ztg., 166, 11: 205–210.
- Ammon, W. (1995): Das Plenterprinzip in der Waldwirtschaft. Folgerungen aus 40 Jahren schweizerischer Praxis. Haupt, 4. Aufl., Bern, Stuttgart und Wien, 172 S.
- Bolley, H. (1921): L'aménagement des forêts par la méthode expérimentale et spécialement la méthode du contrôle. Attinger, Paris, Neuchâtel, 90 S.
- De Coulon, M. (1962): Structure et évolution de peuplements jardinés. Schweiz. Z. Forstwes., 113, 10: 543–557.
- Füldner, K. (1995): Strukturbeschreibung von Buchen-Edellaubholz-Mischwäldern. Diss. Forstl. Fak. Göttingen. Cuvillier Verlag, Göttingen, 146 S.
- Gadow, K.v., Füldner, K. (1995): Zur Beschreibung forstlicher Eingriffe. Forstw. Cbl. 114, 3: 151–159.
- Leibundgut, H. (1984): Die Waldflege. Haupt, 3. Aufl., Bern und Stuttgart, 214 S.
- Lewandowski, A., Gadow, K.v. (1996): Ein heuristischer Ansatz zur Reproduktion von Waldbeständen. Zeitschrift für Ökologie und Naturschutz. (Im Druck).
- Liocourt, F. (1898): De l'aménagement des sapinières. Bulletin de la Société forestière de Franche-Comté et Belfort, 4: 396–409, 645.
- Meyer, H. A. (1933): Eine mathematisch-statistische Untersuchung über den Aufbau des Plenterwaldes. Schweiz. Z. Forstwes., 84, 1: 33–46; 84, 3: 88–103, 84, 4: 124–131.
- Möhring, B. (1986): Dynamische Betriebsklassensimulation. Ein Hilfsmittel für die Waldschadensbewertung und Entscheidungsfindung im Forstbetrieb. Berichte des Forschungszentrums Waldökosysteme/Waldsterben, Bd. 20, Selbstverlag Forschungszentrum Waldökosysteme/Waldsterben Univ. Göttingen, 268 S.
- Nagel, J.-L. (1950): Changement d'essences. Schweiz. Z. Forstwes., 101, 2/3: 95–104.
- Pillichody, A. (1930): Reboisement et reconstitution. Journal forestier suisse, 81, 3: 49–56.
- Schober, R. (1987): Ertragstafeln wichtiger Baumarten. J.D. Sauerländer, 3. Aufl., Frankfurt a. M., 166 S.
- Schütz, J.-Ph. (1975): Dynamique et conditions d'équilibre de peuplements jardinés sur les stations de la hêtre à sapin. Schweiz. Z. Forstwes., 126, 9: 637–671.
- Schütz, J.-Ph. (1989): Der Plenterbetrieb. Unterlage zur Vorlesung «Waldbau III» der ETH Zürich, 54 S.
- Schütz, J.-Ph. (1992): Die waldbaulichen Formen und die Grenzen der Plenterung mit Laubbäumarten. Schweiz. Z. Forstwes., 143, 6: 442–460.
- Šimák, M. (1992): Untersuchungen über den natürlichen Baumartenwechsel in schweizerischen Plenterwäldern. Diss. ETH Zürich. Mitt. Schweiz. Anst. forstl. Versuchswes. 27, 406–468.
- Suzuki, T. (1983): Gentan-Wahrscheinlichkeit, Vorhersagemodelle für die Entwicklung des Normalwaldes und für die Planung des Holzaufkommens. Beiträge zur biometrischen Modellbildung in der Forstwirtschaft. Schriften aus der Forstlichen Fakultät der Universität Göttingen und der Niedersächsischen Forstlichen Versuchsanstalt, Band 76, J.D. Sauerländer, Frankfurt am Main, 105 S.

## Verfasser:

Dipl.-Forstwirt Matthias Schmidt und Prof. Dr. Klaus v. Gadow, Institut für Forsteinrichtung und Ertragskunde der Universität Göttingen, Büsgenweg 5, D-37077 Göttingen.  
Prof. Dr. Jean-Philippe Schütz, Professur für Waldbau der ETH Zürich, Rämistrasse 101, CH-8092 Zürich.