

Zusammenbruch oder Umbruch im Dürsrütiwald?

PETER BACHMANN und ANDREAS ZINGG

Keywords: Selection forest; forest structure; old growth; canton of Berne; Switzerland. FDK 221.4 : 228 : 56 : (494.24)

1. Einleitung

Das Interesse an ungleichförmigen, stark strukturierten Beständen ist weltweit im Steigen begriffen. Mit ihren guten wissenschaftlichen Grundlagen und mit ihrem reichen Erfahrungswissen kann die Schweiz wertvolle Diskussionsbeiträge leisten (BACHOFEN 1999, SCHÜTZ 1999, ZINGG *et al.* 1999, ZINGG & DUC 1998).

Die Plenterung als bewährte und erfolgreiche Betriebsart hat dabei eine grosse Bedeutung. Für die Übertragung dieser Idee auf andere Standorte und andere Bewirtschaftungs-Traditionen sind aber nicht typische Plenterbestände besonders interessant, sondern Beispiele mit extrem hohen oder tiefen Vorräten, Überführungsbestände und Bestände aus Laubbäumen oder Lichtbaumarten (ZINGG & BACHOFEN 1998, SCHÜTZ 1999, ZINGG 1999).

Emmentaler Plenterwälder gelten als besonders vorratsreich. Extreme Werte wurden im Dürsrütiwald erreicht, der seit 1912 auf 3,6 ha als Reservat ausgeschieden und seit 1914 als Versuchsfläche der Eidgenössischen Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (WSL) beobachtet wird. Es gibt darüber zahlreiche Publikationen (ANONYM 1897, ZÜRCHER 1907, VON SEUTTER 1925, FLURY 1925, MUMENTHALER 1932, BADOUX 1933a, 1933b, ANLIKER 1948, BURGER 1949, LINDER 1975, ROSENBERG 1979, JOST 1998, ZINGG 1999).

Seit rund zwanzig Jahren sind im Dürsrütiwald die Vorräte zwangsnutzungsbedingt um 40 bis 70% gesunken. Es stellen sich Fragen nach Ursachen und Konsequenzen dieser Entwicklung, insbesondere im Hinblick auf die vielen, ebenfalls vorratsreichen Emmentaler Bestände, die möglicherweise in Zukunft wegen sinkender Nachfrage nach Starkholz oder allgemein aus finanziellen Gründen nicht mehr oder nur noch extensiv genutzt werden dürften. Aus dem reichen Datenmaterial sollen einige wichtige und insbesondere praxisrelevante Kenngrössen dargestellt und daraus erste Folgerungen gezogen werden.

2. Der Dürsrütiwald

2.1 Lage und Standort

Der Dürsrütiwald liegt auf der Krete eines Hügelzuges nordwestlich von Langnau im Emmental auf Gebiet der Gemeinde Lauperswil/BE. Die nach Norden ausgerichtete Fläche ist rund 3,6 ha gross und erstreckt sich auf einer Höhe von 860 bis 920 m ü.M. (Abbildung 1). In ihrem oberen Teil ist sie relativ eben, während der untere nordwestliche Teil, bedingt durch die Muldenform, stärker geneigt ist. Der geologische Untergrund ist Nagelfluh der unteren Süsswassermolasse, ein ton- und silikatreiches Muttergestein. Darüber hat sich ein Boden gebildet, der als «tonig, mit einem ziemlich grossen Gesteinsanteil, tiefgründig, frisch, ...reich an Humus» (BADOUX 1933b) beschrieben wird. Die Niederschläge betragen etwa 1500 mm pro Jahr und die Jahresmitteltemperatur liegt bei rund 7° C. Pflanzensoziologisch ist die Fläche dem Tannen-Buchenwald mit Waldhirse (Nr. 18, KELLER *et al.* 1998) und dem Peitschenmoos-Fichten-Tannenwald (Nr. 46, KELLER *et al.* 1998) zuzuordnen. Aufgrund der gemessenen Oberhöhen kann eine Tannenbonität zwischen 20 und 22 angenommen werden.

2.2 Geschichte des Waldes und des Reservates

Der Dürsrütiwald und die prächtigen Tannen waren in der Region schon lange ein Begriff (F.[ANKHAUSER] 1894, ANONYM 1897). 1907 lieferte Oberförster Zürcher erstmals eine ausführliche Beschreibung, die er mit folgenden Worten einleitete: «Wer im Emmental den Namen Dürsrüti hört, denkt unwillkürlich an die grossen Tannen, die dort oben stehen und als mächtigste weit und breit gelten.» Er veröffentlichte die Resultate einer ersten Bestandaufnahme mit einem Vorrat um 800 Tfm/ha (ZÜRCHER 1907). Sein Artikel endete in einem Lob der hohen Waldgesinnung der Emmentaler.

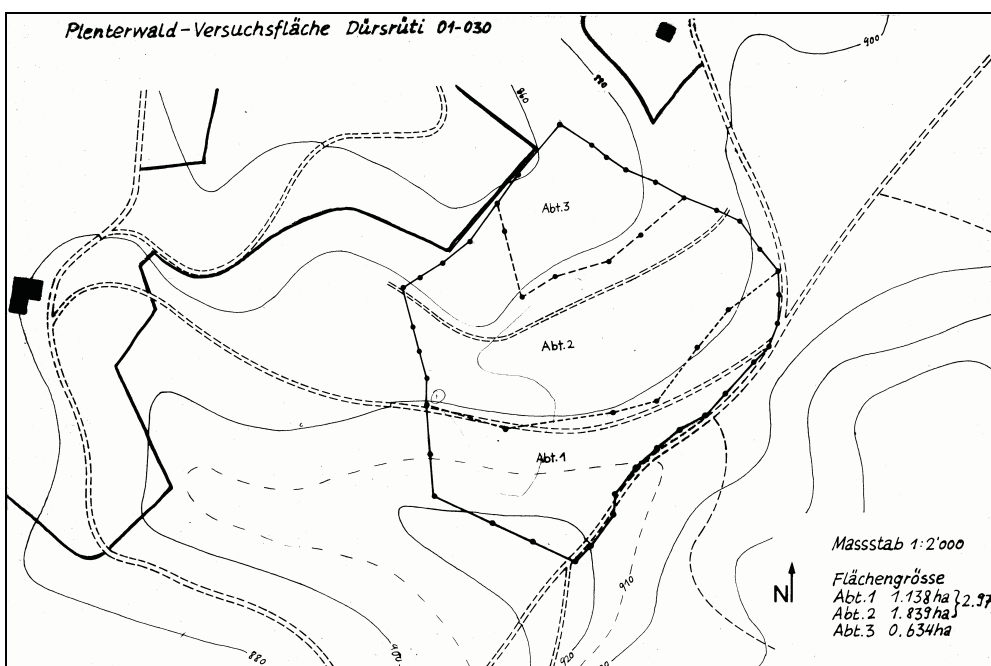


Abbildung 1: Waldwachstums-kundliche Versuchsfläche Dürsrüti, Gemeinde Lauperswil BE. Teilfläche 1 1,138 ha, Teilfläche 2 1,839 ha, Teilfläche 3 (gleichförmig) 0,634 ha, total 3,611 ha (Dokument aus dem ertragskundlichen Archiv der WSL).

BACHMANN, P.; ZINGG, A.: Zusammenbruch oder Umbruch im Dürsrütiwald?

Zu dieser Zeit laufen auch auf Initiative des Schweizerischen Forstvereins Bestrebungen, verschiedene (Ur-)Waldreservate zu schaffen (ESCHER 1994). Dabei wird auch Dürsrüti, zwar nicht als Beispiel eines Urwaldes, wohl aber als schützenswerter Bestand, immer wieder erwähnt. Doch erst einige Jahre später scheint wirklich Bewegung in die Sache zu kommen. In einem Brief von Ende 1911 weist die Forstdirektion des Kantons Bern die Eidgenössischen Forstorgane darauf hin, dass der Dürsrütiwald Gefahr laufe, parzellenweise versteigert zu werden, da Gutsbesitzer Andreas Arm ohne Hinterlassung direkter Erben gestorben sei (BADOUX 1933a). Augenscheine vor Ort und Gutachten bescheinigten, dass eine Unterschutzstellung wünschenswert wäre. Der Bundesrat ging im März 1912 auf ein entsprechendes Subventionsgesuch ein. Rund zwei Monate später wird der Kaufvertrag durch den Grossen Rat des Kantons Bern genehmigt. An den Kaufpreis von Fr. 65 000.– zahlte der Bund Fr. 12 500.–, der Staat Bern Fr. 22 500.–, die kantonale Forstverwaltung Fr. 25 000.–, «wofür die Nutzung des Waldes ihr zufällt» und die Gemeinde Langnau Fr. 5000.– (ESCHER 1994). Die Gefahr der spekulativen Versteigerung der Dürsrütitanen war somit gebannt. Später wurde das Gebiet sogar noch unter stärkeren Schutz gestellt. Der Regierungsrat des Kantons Bern erklärte 1947 den Dürsrütiwald zum Naturschutzgebiet und die grossen Tannen zu Naturdenkmälern (Auszug aus dem Protokoll des Regierungsrates, Sitzung vom 8. August 1947).

2.3 Die Versuchsflächen der WSL im Dürsrütiwald

Der Bund knüpfte seine Subvention 1912 an die Bedingung, «dass der Dürsrütiwald als ein Versuchsfeld in das Programm der Eidg. Forstlichen Versuchsanstalt» (heute WSL) aufgenommen werde und dass die zehn stärksten und schönsten Stämme möglichst lange zu erhalten seien (vgl. dazu Abschnitt 3.7.4).

Die Aufsichtskommission war damit einverstanden und hielt in einem Schreiben vom Juli 1912 an das Eidgenössische Departement des Innern unter anderem fest: «... im Dürsrütiwald (soll) nur eine sog. bedingte Naturschutzreservation geschaffen werden, d.h. die Bäume sollen nicht unbenutzt im Walde vermodern, wie dies im Urwalde der Fall ist, sondern sie sind zur Nutzung zu ziehen, wenn ihre Lebenskraft nachlässt oder wenn infolge äusserer Einflüsse ihre Gesundheit und ihr Leben bedroht sind. Es handelt sich also um eine konservative Art der Waldbenutzung. Man lässt das Holz allerdings nicht zugrunde gehen, aber es verfallen doch nur jene Bäume der Axt, deren Wachstum infolge hohen Alters auf ein Minimum gesunken ist, oder die durch die anorganische oder organische Natur Schädigungen erlitten haben, oder die endlich im Interesse der Gesunderhaltung und der Verjüngung des Bestandes notwendig entfernt werden müssen.» «Da nach unserer Ansicht der Zweck der Dürsrüti-Waldreservation hauptsächlich darin besteht, dem Waldbesucher die Schönheit und die ursprüngliche Produktionskraft des schonend, naturgemäss behandelten Waldes vor Augen zu führen, so kommt es vor allem darauf an, den ganzen Bestand in seiner heutigen Verfassung zu erhalten, wozu allerdings auch die beständige Erhaltung einer Anzahl von Baumriesen, wie sie der Dürsrütiwald heute aufweist, notwendig gehört.»

Die Parzelle wurde in drei Teilflächen unterteilt (*Abbildung 1*). Die erste, in Kretennähe gelegen, wurde als eigentliches Reservat bezeichnet, da dort die grösste Anhäufung von Baumriesen stand. Teilfläche 2, in der Mitte des Abhanges gelegen, wurde als «Plenterwaldversuchsfläche» bezeichnet. Der unterste und steilste Teil, der aus einer Pflanzung hervorgegangen war, wurde als «gleichaltrige Vergleichsfläche» konzipiert, welche Vergleichsdaten für den Alterklassen-Hochwald liefern sollte. Nach einem moderaten Säuberungshieb wurden die Bäume nummeriert und im Abstand von sechs bis elf Jahren

Vollaufnahmen durchgeführt. Die ersten drei Aufnahmen in den Teilflächen 1 und 2 wurden mit einer Kluppschwelle von 20 cm durchgeführt. Bäume mit Durchmessern zwischen 8 und 20 cm wurden nach Zentimeterstufen gezählt. Seit 1940 werden alle Bäume ab $d_{1,3}$ 8 cm aufgenommen. In der gleichförmigen Teilfläche 3 lag die Kluppschwelle seit Versuchsbeginn bei 8 cm. 1974 wurden die Stammfusskoordinaten sämtlicher Bäume bestimmt. Seit 1914 sind insgesamt elf Aufnahmen durchgeführt worden.

Die Zielsetzung war nicht immer unbestritten. 1932 wurde über die Schaffung eines Totalreservats diskutiert, aber darauf verzichtet, weil Eingriffe als notwendig erachtet wurden. BURGER (1949) war der Auffassung, es sei in erster Linie die Höchstleistung des Emmentaler Tannen-Fichten-Buchenwaldes zu zeigen. 1974 ging es um die Frage, ob die Plenterstruktur mit so hohen Vorräten auf Dauer möglich sei. Trotz verschiedener Einwände wurde beschlossen, das «Experiment» mit Vorräten um 800 Tfm/ha vorerst weiterzuführen.

3. Resultate

3.1 Einleitung

Im Folgenden werden die waldbaulichen und ertragskundlichen Ergebnisse dargestellt, jeweils für die ungleichförmigen Teilflächen 1, 2 und die gleichförmige Teilfläche 3. Da der Zustand und die Entwicklung in Dürsrüti von Anfang an etwas Spezielles darstellten, ist es sinnvoll, bei den im Folgenden dargestellten Resultaten soweit wie möglich die Ergebnisse einer weiteren Plenterwaldversuchsfläche beizufügen. Dafür ausgewählt wurde die Fläche 01–019 Oppligen/BE, Hasliwald. Diese Plenterversuchsfläche liegt auf 575 m ü.M. auf einem geringfügig besseren Standort als Dürsrüti und wird seit 1908 beobachtet.

Bei der Darstellung der Ergebnisse der gleichförmigen Teilfläche 3 sind jeweils die Ertragstafelwerte der Bonitäten 18, 20 und 22 mit dargestellt (BADOUX 1983). Zum Teil ergeben sich grosse Unterschiede zu den entsprechenden Ertragstafelwerten, die auf die gegenüber der Ertragstafel unterschiedliche Bestandesbehandlung, Unsicherheit in der Altersbestimmung usw. zurückzuführen sind. Der Vergleich mit der Ertragstafel ist deshalb mit Vorsicht zu interpretieren.

3.2 Stammzahl und Vorrat

In *Abbildung 2* sind die Stammzahl- und die Vorratsentwicklung für die drei Teilflächen bzw. der Vergleichsfläche und nach Baumarten dargestellt.

Die Stammzahlen für den verbleibenden Bestand lagen sowohl in Teilfläche 1 und 2 als auch im Hasliwald zwischen 300 bis etwas über 500 Bäumen pro Hektare und damit in einem Bereich, der für Plenterwälder charakteristisch ist. In der Teilfläche 3 ist der Verlauf der Stammzahlentwicklung typisch für einen gleichförmigen Bestand. Veränderungen in den Stammzahlen können bei einer Betrachtung nach Baumarten und im Vergleich mit der Vorratsentwicklung besser verstanden werden.

In Teilfläche 1 legten seit den 1940er-Jahren bezüglich Stammzahlen vor allem die Buchen, aber auch die Fichten zu, in Teilfläche 2 nur die Buche. Die Stammzahlen der Tanne nahmen im gleichen Zeitraum kontinuierlich ab. Während der Vorrat in Teilfläche 1 von 1914 bis 1974 mit fast 1000 Tfm/ha auf sehr hohem Niveau verlief, nahm er in Teilfläche 2 von 550 auf fast 1000 Tfm/ha zu. Buchen und Fichten hatten an diesem Vorrat fast keinen Anteil. Die Buche konnte sich als schatten-ertragende Baumart auch bei den hohen Vorräten einstellen und einwachsen. Nach 1974 setzt auf beiden Teilflächen 1 und 2

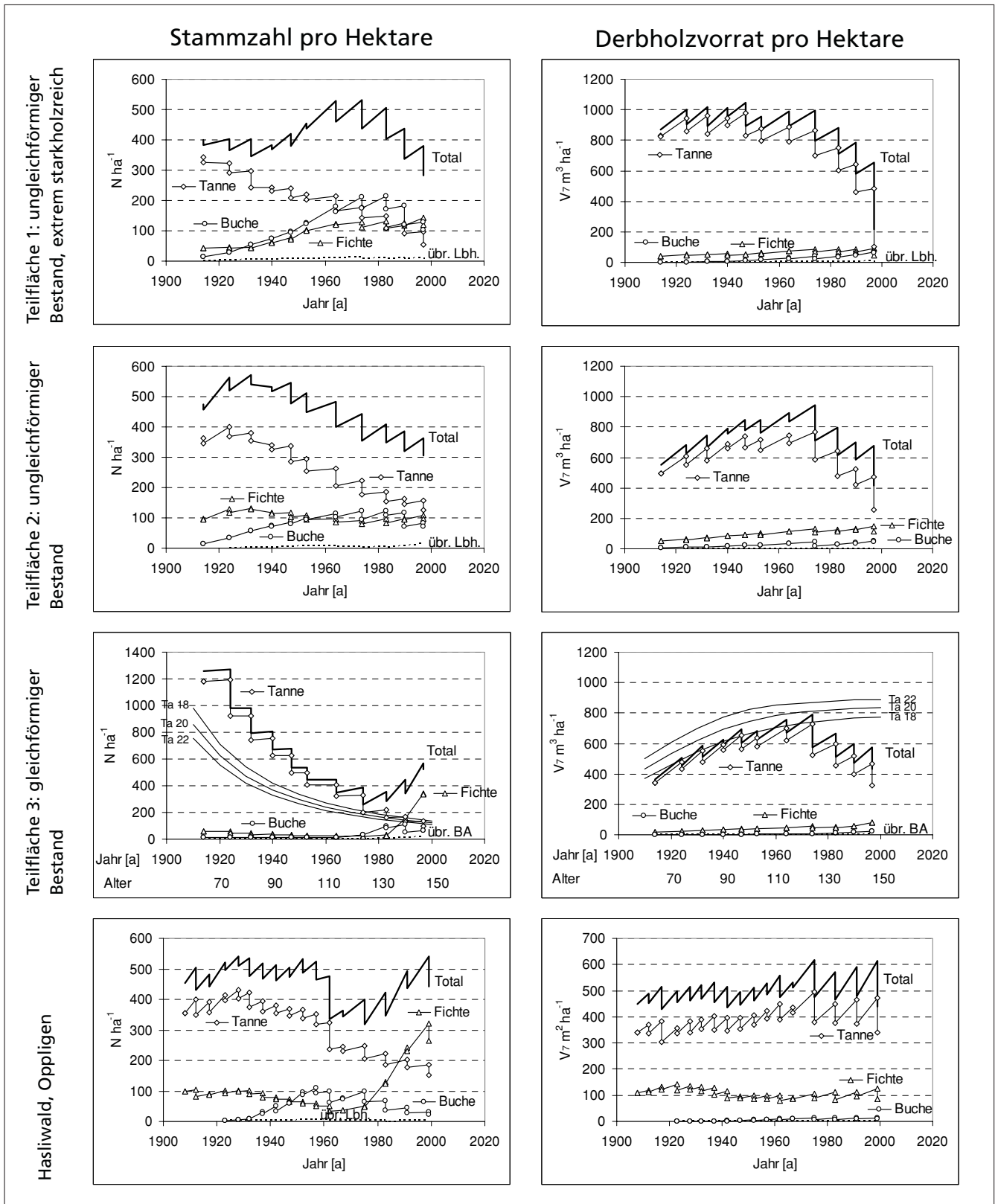


Abbildung 2: Entwicklung von Stammzahl und Vorrat in Dürsrüt: Teilfläche 1 (ungleichförmiger Bestand, extrem starkholzreich), Teilfläche 2 (ungleichförmiger Bestand), Teilfläche 3 (gleichförmiger Bestand), und als Vergleich der Versuchsfläche Hasliwald, Oppligen/BE.

ein massiver Abbau ein. In Teilfläche 1 sank der Vorrat innerhalb von 23 Jahren auf 218 Tfm/ha oder auf 27% des verbleibenden Bestandes von 1974, in Teilfläche 2 auf 416 oder 59%. In beiden Teilflächen betraf dieser Abbau vor allem die Tanne. Stammzahl und Vorrat in Teilfläche 1 liegen heute für einen Plenterwald sehr tief, jene in Teilfläche 2 sind durchaus im Rahmen.

In Vergleich dazu haben sich zwar die Stammzahlen in Hasliwald auch verändert, nicht aber die Vorräte. Bei leicht steigendem Vorrat und gleich bleibenden Baumarten-Vorratsanteilen

ist in der Stammzahlentwicklung die Buchenunterpflanzung bei Versuchsbeginn und der Einwuchs der zahlreichen gepflanzten Fichtengruppen sichtbar.

In der gleichförmigen Teilfläche 3, die seit etwa 1970 aufgeleuchtet wird, stellen sich sowohl die Fichte als auch die Buche als nächste Generation bzw. als Vorbereitung für die Überführung in stufige Strukturen ein. Die Stammzahlen lagen bis zum Alter 130 zum Teil deutlich über den Werten, die man aufgrund der Ertragstafel Tanne Bonität 20 erwarten könnte, die Vorräte eher

darunter. Die Bestockungsgrade lagen aber im normalen Bereich, so dass die Unterschiede nicht über die Anwendung von Korrekturfaktoren erklärt werden können.

Bei der Stammzahl ist ein Baumartenwechsel deutlich zu erkennen. Die unterschiedliche Entwicklung der Baumartenanteile bei Vorrat und Stammzahl zeigt, dass die Tanne bei den ausscheidenden Bäumen starker Dimensionen dominierte, während die einwachsende Unterschicht vor allem aus Fichten und Buchen bestand. Diese Entwicklung setzte in der Teilfläche 1 stärker und früher ein als in der ebenfalls ungleichförmigen Teilfläche 2, in der nach Angaben in den Bestandesbeschreibungen Buchengruppen eingepflanzt wurden. Im gleichförmigen Bestand auf Teilfläche 3 trat die Änderung erst nach beginnender Auflösung des Altbestandes ab 1983 ein.

3.3 Vorratszunahme und Nutzung

Unter Vorratszunahme oder kurz Zunahme wird die Vorratsveränderung durch den Einwuchs und den Zuwachs an den anfänglich vorhandenen Bäumen verstanden (WEIDMANN 1961). Unter Nutzung wird hier das Volumen des ausscheidenden Bestandes, unabhängig vom Ausscheidgrund, verstanden, d.h. das Volumen der Anzeichnung als waldbauliche Massnahme plus jenes der Zwangsnutzungen.

Die Zunahme (Abbildung 3) betrug in den Teilflächen 1 bis 3 durchschnittlich $11,7 \pm 1,66$ (Mittelwert \pm Standardfehler, $n=10$) bzw. $12,5 \pm 1,76$ bzw. $13,3 \pm 1,82$ Tfm/ha \times a und im Hasliwald $12,9 \pm 1,58$ Tfm/ha. In Dürsrüti lagen die Maximalwerte in allen Teilflächen vor 1940, im Hasliwald in neuester Zeit. Der Zuwachs in Teilfläche 3 lag im ganzen Beobachtungszeitraum deutlich unter dem Ertragstafelwert. In allen Teilflächen von Dürsrüti nahm die Volumenzunahme bis 1979 ab und stieg anfangs der 1980er-Jahre wieder an. Im Hasliwald schwanken die Werte der Volumenzunahme weniger, der Anstieg in den 1980er-Jahren ist dagegen sehr deutlich.

Der laufende Volumenzuwachs kulminierte in Teilfläche 3 etwa gleichzeitig, aber mit $15,8$ Tfm/ha \times a deutlich tiefer als nach der Ertragstafel mit $23,4$ Tfm/ha \times a. Erst ab Alter 133 Jahre (1983) ist der Zuwachs grösser als der Zuwachs gemäss Modell, vor allem wegen des Einwuchses.

Der Einwuchs in die Durchmesserstufe 16 bis 20 cm machte im Durchschnitt $14,6\%$ bzw. $11,6\%$ der Zunahme aus. Der maximale Wert von über 22% trat in der Periode 1947/53 bzw. 1983/90 auf; in den letzten Beobachtungsperioden 1983/90 und 1990/97 lag der Einwuchs in Teilfläche 1 mit 17 bzw. 18% über dem Durchschnitt; in Teilfläche 2 lag er bei $12,4\%$.

Die Nutzung schwankt von Periode zu Periode viel stärker als der Zuwachs. In den Teilflächen in Dürsrüti lag sie bis 1964 im Durchschnitt nur in der Teilfläche 1 etwas höher als die Zunahme. Danach stieg sie als Folge des starken Vorratsabbaus in allen drei Teilflächen stark an. Die Mittelwerte bis 1964 betragen in Teilfläche 1 $12,6 \pm 4,8$, in Teilfläche 2 $8,01 \pm 3,3$, in Teilfläche 3 $8,1 \pm 2,9$ und im Hasliwald $12,1 \pm 3,4$, nach 1964 $32,7 \pm 17,6$ bzw. $24,3 \pm 7,8$, bzw. $19,1 \pm 1,8$ bzw. $14,1 \pm 5,8$ Tfm/ha und Jahr. In Teilfläche 3 lag die wirkliche Nutzung bis zum Alter 114 Jahre (1964) unter den Modellwerten, nachher deutlich darüber.

Soll in einem Plenterwald eine nachhaltige Bewirtschaftung gewährleistet sein, so muss die Nutzung langfristig der Zunahme entsprechen. Mit dem Quotient Nutzung \div Zunahme kann beurteilt werden, wie stark davon abgewichen wird. In Abbildung 4 ist diese Entwicklung abgebildet. Während dieser Quotient in der Vergleichsfläche Hasliwald (Mittelwert $1,0 \pm 0,3$) über den ganzen Zeitraum um 1 herum pendelte, war dies für Teilfläche 1 nur bis 1964 der Fall. In Teilfläche 2 und 3 lag die Nutzung fast immer tiefer als die Zunahme. Die Mittelwerte über die ganze Beobachtungsperiode lagen für die drei Teil-

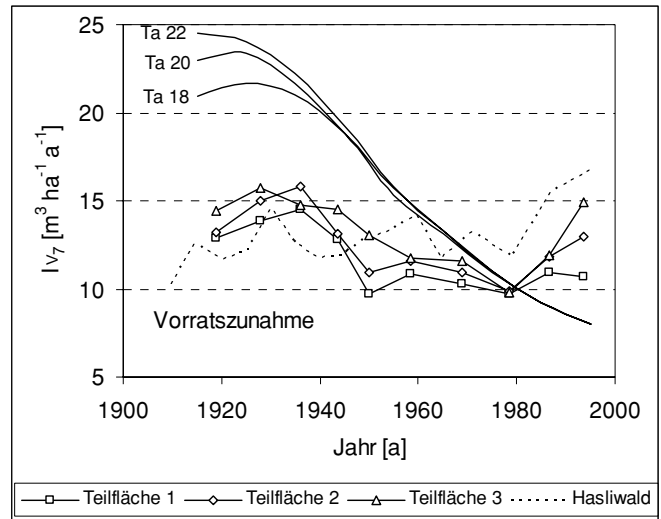


Abbildung 3: Vorratszunahme in Tfm pro Hektare und Jahr in den drei Teilflächen in Dürsrüti und im Hasliwald, Oppligen. Abgebildet sind die Werte für die Periodenmitte.

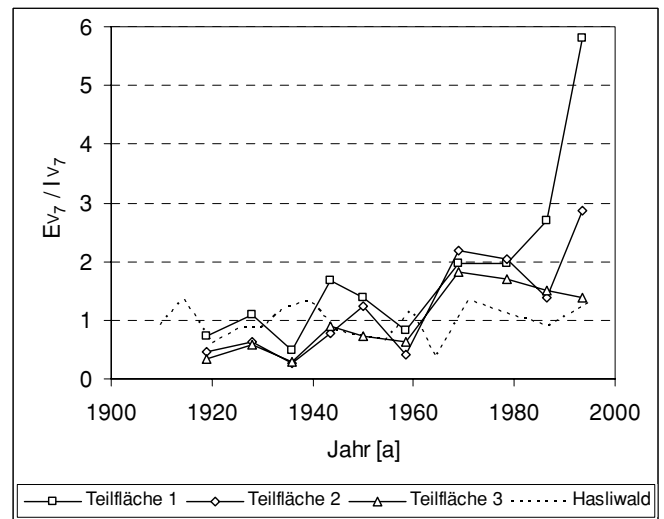


Abbildung 4: Verhältnis Nutzung (Anzeichnung und Zwangsnutzung) zu Zunahme in den drei Teilflächen in Dürsrüti und im Hasliwald, Oppligen. Abgebildet sind die Werte für die Periodenmitte.

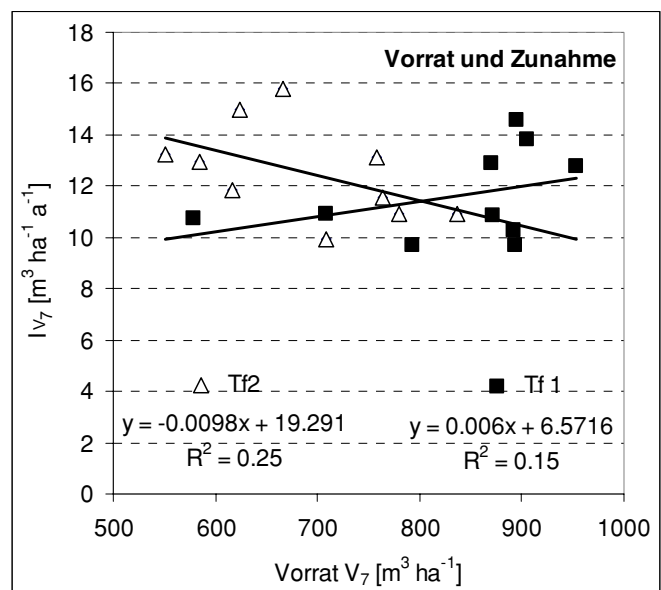


Abbildung 5: Zusammenhang zwischen verbleibendem Vorrat und Zuwachs in Teilfläche 1 (Tf1) und 2 (Tf2).

Tabelle 1: Anteil Zwangsnutzungen in % der Nutzung nach Volumen in den drei Teilflächen Dürsrüti (mit Periodenlänge gewichtetes Mittel).

	1914–1924	1924–1932	1932–1940	1940–1947	1947–1953	1953–1964	1964–1974	1974–1983	1983–1990	1990–1997	Mittel
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
Teilfläche 1	47	21	31	27	35	100	29	88	87	94	57
Teilfläche 2	57	37	74	22	41	100	42	82	73	81	63
Teilfläche 3	76	15	83	14	16	100	53	82	82	60	61

flächen 1 bis 3 bei $1,9 \pm 1,5$, $1,2 \pm 0,8$ und $1,0 \pm 0,5$. Allerdings wurde in diesen Flächen nach 1964 das Dreifache bzw. das Doppelte bzw. das Anderthalbfache der Zunahme genutzt. Die Maximalwerte lagen bei 5,8, 2,9 und 1,8.

Eine im Plenterwald immer wieder gemachte Beobachtung wird durch die Daten von Dürsrüti bestätigt: Die Zunahme ist in einem breiten Bereich relativ unabhängig von Vorrat. In *Abbildung 5* ist der Zuwachs in Abhängigkeit vom Vorrat des verbleibenden Bestandes am Anfang der Beobachtungsperiode abgebildet. Dasselbe Ergebnis zeigt die Fläche Hasliwald. Dort schwankt allerdings der Vorrat nur zwischen 430 und 510 Tfm/ha.

3.4 Zwangsnutzungen

Als Zwangsnutzungen gelten alle Bäume, die nicht aufgrund einer regulären Anzeichnung aus dem Bestand entfernt werden, z.B. Windwürfe oder – in Dürsrüti häufig – vom Blitz getroffene Bäume. Die Zwangsnutzungsanteile waren mit durchschnittlich knapp zwei Dritteln der gesamten Nutzung sehr hoch. Auffällig sind die hohen Zwangsnutzungsanteile in der ersten Beobachtungsperiode 1914/24, 1953/64 (100%) und nach 1974 (meist deutlich über 80%) (*Tabelle 1*).

Aus den Beschreibungen, die anlässlich der periodischen Inventuren gemacht wurden, lässt sich ableiten, dass vorwiegend abgehende, wenig vitale Bäume genutzt wurden. Für 1914/24 wurden in Teilfläche 3 viele absterbende Tannen mit Tannenkrebs sowie Schneedruckschäden festgehalten. In der Periode 1953/64 wurden Wind, Schnee, Blitz und Alter als Gründe angegeben. Davon wurden auch vier Bäume mit $d_{1,3} > 100$ cm betroffen sowie zahlreiche Bäume der ohnehin schwach vertretenen Mittelschicht. Der Schneebruch betraf erneut vor allem den gleichförmigen Bestand in Teilfläche 3.

Trotz hoher Zwangsnutzungsanteile 1974/83 wurde noch 1983 festgehalten, dass die alten Fichten und Tannen vital seien, etwas weniger vielleicht im oberen Teil von Teilfläche 1. Dann nahmen aber die Schadenmeldungen rasch zu und sie wurden detaillierter. Neben Sturmschäden wurden vermehrt Hallimasch- und Käferbefall festgestellt. 1986 wurden erstmals Bäume wegen Kronenverlichtungen $> 40\%$ gefällt. Schwächezeichen wie starke Kronenverlichtung oder Wipfeldürre – mit oder ohne Käferbefall – wurden dann zum Hauptgrund für die starken Nutzungen, mehr in Teilfläche 1 als in Teilfläche 2. Davon waren in erster Linie alte und starke Bäume betroffen. Dünnere Bäume wurden gelegentlich von den grossen Bäumen oder vom Schnee umgedrückt. Über den ganzen Beobachtungszeitraum betrachtet ist der Anteil der zwangsgenutzten Fichten grösser als jener der Tannen. In der Periode bis etwa 1950 ist der Anteil der Fichten deutlich höher; seither unterscheiden sich die Zwangsnutzungsanteile nach Baumarten nicht mehr. Es wurde mehrmals festgehalten, dass bei den genutzten Fichten, unabhängig vom Nutzungsgrund und während der gesamten Beobachtungsperiode, nur ausnahmsweise Fäuleschäden festgestellt wurden.

3.5 Durchmesservertellung

In *Abbildung 6*, obere Reihe, ist die Entwicklung der Durchmesservertellungen in den Teilflächen 1 und 2 in halblogarithmischer Darstellung abgebildet. Die Durchmesservertellung

Teilfläche 1 ist geprägt durch einen starken Buckel im Bereich über $d_{1,3} = 50$ cm, der sich im Verlauf der Zeit zu den grösseren Durchmessern verschiebt. Auffällig ist die grosse Anzahl starker Bäume mit 14 bis 15 Bäumen/ha mit $d_{1,3} \geq 100$ cm zwischen 1940 und 1990 (nur zwei Mal ist darunter eine Fichte). Die Anzahl Bäume in der Durchmesserstufe 8 bis 12 cm stieg von 1940 bis 1964 von 112 auf 162 Bäume/ha, nahm dann aber bis 1997 wieder auf 54 Bäume/ha ab. Erst 1997 gleicht die Durchmesservertellung jener eines Plenterwaldes, allerdings auf tiefem Vorratsniveau. Bei den schwachen Durchmessern war die Entwicklung durch Fichte und Laubbäume geprägt, bei den mittleren und starken Durchmessern durch die Tanne.

In der Durchmesservertellung der Teilfläche 2 ist der Buckel im Bereich der mittleren und starken Durchmesser im Vergleich zu Teilfläche 1 nur schwach ausgeprägt. Er verschiebt sich mit der Zeit zu den grösseren Durchmessern und verflacht. Die Zahl der starken Bäume ($d_{1,3} \geq 100$ cm) lag zwischen 1940 und 1990 mit 11 bis 15 Bäumen/ha ähnlich hoch wie in Teilfläche 1. In der Stufe 8 bis 12 cm betrug die Stammzahl 1940 181 Bäume/ha und sank dann regelmässig bis auf 59 Bäume/ha 1997. Auch in dieser Teilfläche war die Entwicklung in den schwachen Durchmessern durch Fichte und Laubbäume geprägt, bei den mittleren und starken Durchmessern durch die Tanne.

Die Entwicklung der Durchmesservertellung im Hasliwald (*Abbildung 6*, unten links) zeigt zwar auch einen Buckel und einen Überhang im oberen Durchmesserbereich, aber längst nicht in dem Ausmass wie Teilfläche 1 in Dürsrüti.

Die Durchmesservertellung in Teilfläche 3 ist typisch für gleichförmige Bestände (*Abbildung 6*, unten rechts). Eine – seit etwa 1940 gut sichtbare – recht symmetrische glockenförmige Kurve verschob sich mit zunehmendem Alter zu den höheren Durchmessern bei gleichzeitig reduzierten Häufigkeiten. Ab 1974 nahmen die Stammzahlen in den untersten Durchmesserstufen wieder zu (1997 215 Bäume/ha in Stufe 8 bis 12 cm, wovon 180 Fichten). Der maximale $d_{1,3}$ beträgt 94 cm (2 Tannen/ha, 1997).

3.6 Vorrat nach Stärkeklassen

Die Betrachtung beschränkt sich auf die Teilflächen 1 und 2 mit den ungleichförmigen Beständen und den Vergleichsbestand Hasliwald Oppligen (*Abbildung 7*). Bei der üblichen Stärkeklasseneinteilung

Stärkeklasse 0	$d_{1,3}$ 8,0 bis 15,9
Stärkeklasse I	$d_{1,3}$ 16,0 bis 23,9 cm
Stärkeklasse II	$d_{1,3}$ 24,0 bis 35,9 cm
Stärkeklasse III	$d_{1,3}$ 36,0 bis 51,9 cm
Stärkeklasse IV	$d_{1,3} \geq 52,0$

würde in den beiden Teilflächen Dürsrüti 1 und 2, 70 bis 90% des Volumens, in die Klasse IV $d_{1,3} \geq 52,0$ fallen. Bei so hohen Anteilen der Stärkeklasse IV ist es zweckmässig diese Klasse weiter aufzuteilen. Wie bei LEIBUNDGUT (1993) werden neu folgende Stärkeklassen definiert:

Stärkeklasse IV	$d_{1,3}$ 52,0 bis 71,9 cm
Stärkeklasse V	$d_{1,3}$ 72,0 bis 91,9 cm
Stärkeklasse VI	$d_{1,3} \geq 92,0$ cm.

Um den Anteil der Klasse IV in der üblichen Definition beurteilen zu können, sind in den Darstellungen die drei neuen Klassen IV bis VI schraffiert dargestellt.

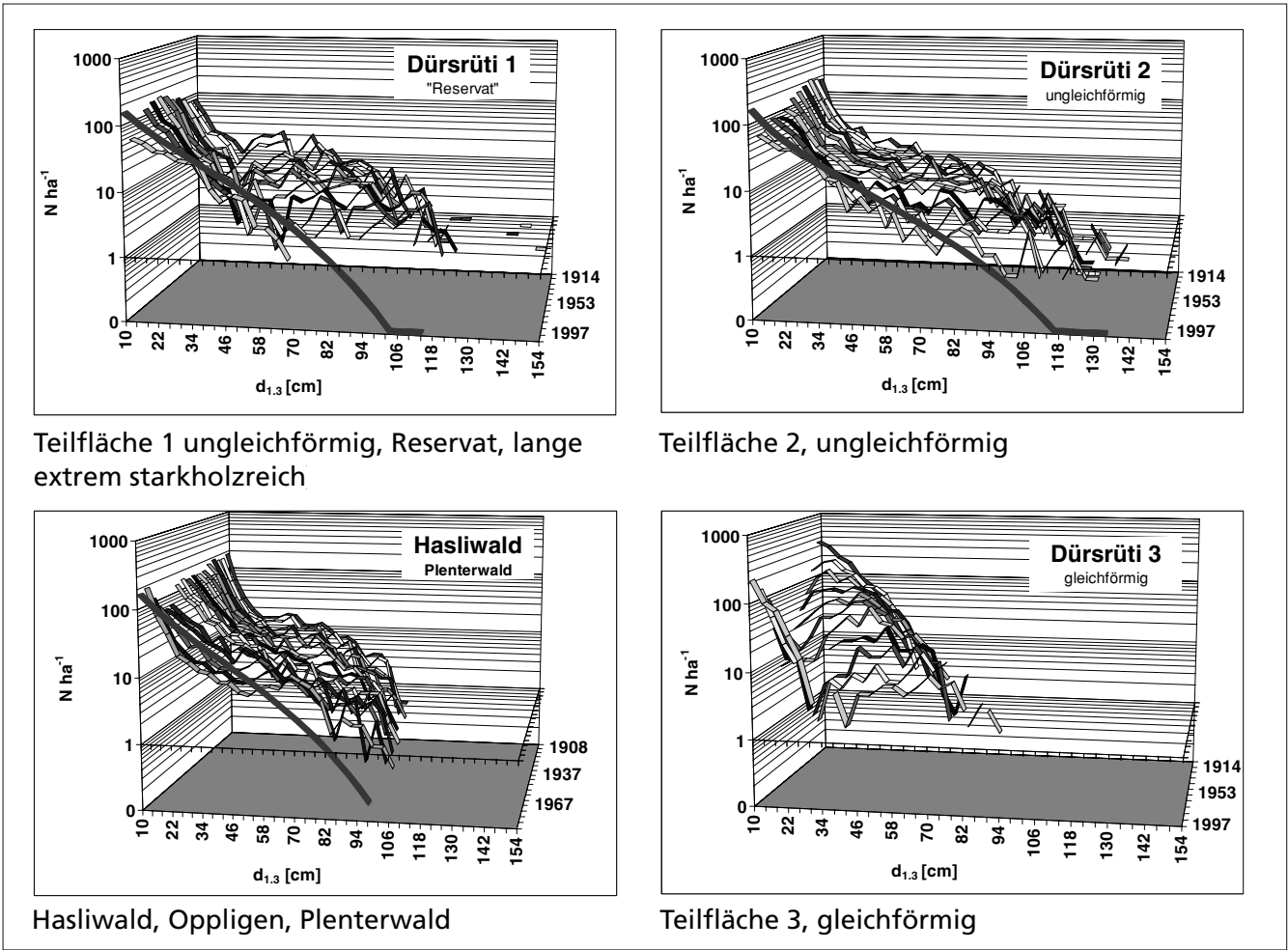
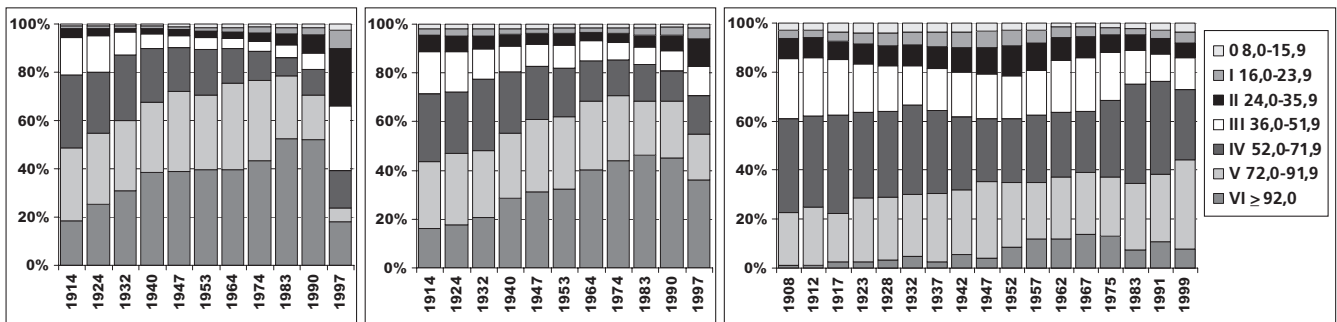


Abbildung 6: Entwicklung der Durchmesserverteilung in den Teilflächen 1, 2, im Hasliwald und in Teilfläche 3, über dem BHD, alle Baumarten. Die vorderste Kurve in drei Plenterwaldflächen ist die Durchmesserverteilung eines Gleichgewichtsmodells nach SCHÜTZ (1975, 1997).



Der prozentuale Anteil des sehr starken Holzes (Stärkeklasse IV bis VI mit $d_{1,3} \geq 52,0$ cm) lag in Teilfläche 1 von 1924 bis 1990 immer über 80% und erreichte 1947 und 1964 mit einem Volumen von 806 Tfm/ha bzw. 802 Tfm/ha ein Maximum von 90%. Der Zusammenbruch ab 1983 führte zu einem Anteil der Stärkeklassen IV bis VI von 39% (91 Tfm/ha). Auffallend ist die starke Abnahme der Stärkeklasse IV von anfänglich 30% (264 Tfm/ha) auf 8% (54 Tfm/ha) in 1983. Der Anteil der Stärkeklasse III ($d_{1,3}$ 36,0 bis 51,9 cm) überstieg zwischen 1940 und 1990 den Wert von 5% nur drei Mal geringfügig. Die schwächeren Stärkeklassen sind noch unbedeutender.

Teilfläche 2 ist etwas weniger starkholzreich. Der Anteil der Stärkeklassen IV bis VI stieg von 73% im Jahr 1914 auf maximal 85% bei den Aufnahmen 1964 (712 Tfm/ha) und 1974 (603 Tfm/ha) und sank dann wieder auf 71% im Jahr 1997. Der Anteil der Stärkeklasse VI nahm bis 1983 auf 46% zu; heute liegt er bei 36% (155 Tfm/ha). Die Anteile der Stärkeklassen V

und IV zeigen eine ähnliche aber weniger extreme Entwicklung als in Teilfläche 1. Der Anteil der Stärkeklasse III ($d_{1,3}$ 36,0 bis 51,9 cm) sank von 18% im Jahr 1914 auf 7% im Jahr 1983 und stieg bis 1997 wieder auf 12%.

Im Gegensatz zur Entwicklung der Stärkeklassenanteile in Dürsrüti verlief die Veränderung im Hasliwald gleichmässiger. Bis 1967 lag der Anteil der Stärkeklassen IV bis VI um 60%. Er stieg erst in den letzten Jahren auf etwas über 70% an. Die Stärkeklassen IV und V hatten über die ganze Beobachtungszeit etwa die gleichen Anteile. Die am Anfang praktisch fehlende Stärkeklasse VI hatte erst in den letzten Jahren einen Anteil von 10%. Im Gegensatz zu Dürsrüti betrug der Anteil der Stärkeklasse III im Durchschnitt immerhin fast 20%. Die Absolutwerte in den Stärkeklassen 0, I und II sind durchaus mit jenen in Dürsrüti vergleichbar. In Stärkeklasse III ($d_{1,3}$ 36,0 bis 51,9 cm) liegt der Vorratsanteil im Hasliwald nur 1991 in der Grössenordnung von Dürsrüti, meist beträgt er das Andert-

halb- bis Zweifache. Der Anteil des sehr starken Holzes ist in Dürsrüti, abgesehen von 1997, immer deutlich höher. Während im Hasliwald nur die Stärkeklassen IV und V gut belegt sind – es gibt nie mehr als 2 Bäume/ha mit $d_{1,3} \geq 92$ cm – ist es in Dürsrüti die Stärkeklasse VI ($d_{1,3} \geq 92$ cm) mit bis zu 24 Bäumen/ha. Immerhin zeigt der Vergleich, dass auf Dauer ein Gleichgewichtszustand mit den Vorratsanteilen in den Stärkeklassen 0 bis II und möglicherweise sogar III in Dürsrüti bei gesamthaft tieferem Vorrat möglich wäre.

Ein Vergleich der Flächen Dürsrüti und Hasliwald zeigt beispielhaft die Bedeutung des Starkholzanteils. Eine starke Verschiebung dieser Anteile muss auch zu einer Verschiebung in der Sortimentszusammensetzung der Nutzung führen. Unter dem Gesichtspunkt nachhaltiger Erträge ist eine Entwicklung, wie sie im Hasliwald stattfand, vorzuziehen.

3.7 Andere Kenngrößen

3.7.1 Oberhöhe und Oberdurchmesser

Oberhöhe h_{dom} und Oberdurchmesser d_{dom} wurden nach ZINGG (1994, 1999) berechnet. Auffallend ist die um zwei bis fünf Meter grössere Oberhöhe in den Teilflächen 1 und 2 im Vergleich zum Hasliwald und auch zu den höchsten Werten in Teilfläche 3 (Abbildung 8). Diese Unterschiede sind mit dem markant höheren Alter vor allem der sehr grossen Tannen zu

erklären. Tannen erreichen auf diesem Standort nach der Ertragstafel Bonität 20 im Alter 150 knapp 40 m, wie dies auch bei Teilfläche 3 der Fall ist. Die ältesten Tannen weisen aber Alter von gegen 400 Jahre auf. Auch bei sehr kleinem Höhenzuwachs von wenigen Zentimetern können nach weiteren 150 Jahren durchaus diese Baumhöhen erreicht werden. Auffallend ist, dass die Tanne in Dürsrüti fast immer grössere Oberhöhen aufweist als die Fichte, dies im Gegensatz zum Hasliwald.

Nach 1974 zeichnete sich auch in der Oberhöhenentwicklung der Teilflächen 1 und 2 der Zusammenbruch des Bestandes an, der vor allem durch das Verschwinden der grossen und alten Bäume erfolgte.

In der Entwicklung des Oberdurchmessers d_{dom} kommt zum Ausdruck, dass auch die sehr alten Tannen durchaus noch Zuwachs leisten. Solange die alten Bäume des Oberhöhen- bzw. Oberdurchmesserkollektivs erhalten blieben, nahm der Oberdurchmesser zu (vgl. dazu Abbildung 9). Mit dem beginnenden Zerfall um 1974 nahm auch der Oberdurchmesser ab. Die Entwicklung von d_{dom} auf Teilfläche 3 lag im Vergleich zur Ertragstafel Tanne Bonität 20 tiefer, während die Oberhöhe h_{dom} etwa jener der Bonität 20 entspricht.

3.7.2 Grundfläche

Entsprechend der hohen Vorräte waren auch die Grundflächen hoch (Abbildung 10). In Teilfläche 1 lag die Grundfläche über 40 Jahre bei 60 m², was einem Bestockungsgrad von 1,3 eines 100-jährigen bzw. eines 150-jährigen Tannenreinbestandes der Bonität 20 entspricht. Auffallend ist die praktisch identische Entwicklung der ungleichaltrigen Teilfläche 2 und des gleichaltrigen Bestandes in Teilfläche 3. Für Teilfläche 2 entspricht dies einem Bestockungsgrad von 1,1 eines 100- bzw. 150-jährigen Reinbestandes. In Teilfläche 3 lag der Bestockungsgrad bis 1964 bei 1,0 und sank bis 1997 auf 0,5. Die Grundfläche im Hasliwald entsprach über den ganzen Zeitraum etwa einem Bestockungsgrad von 1,0 eines 35-jährigen oder 0,7 eines 100-jährigen Bestandes der Bonität 20. Mit der an sich unzulässigen Verwendung des Bestockungsgrades zur Beschreibung der Bestandesdichte eines Plenterwaldes kann gleichwohl gezeigt werden, dass die Bestände auf den Teilflächen 1 und 2 in Dürsrüti wesentlich über Werten liegen, wie sie in Plenterwäldern mit ausgeglichenen Strukturen wie im Hasliwald vorkommen.

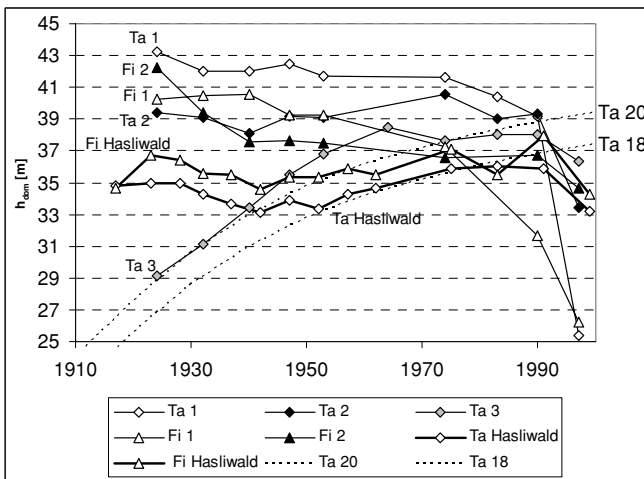


Abbildung 8: Oberhöhenentwicklung von Fichte und Tanne der drei Teilflächen in Dürsrüti und im Hasliwald.

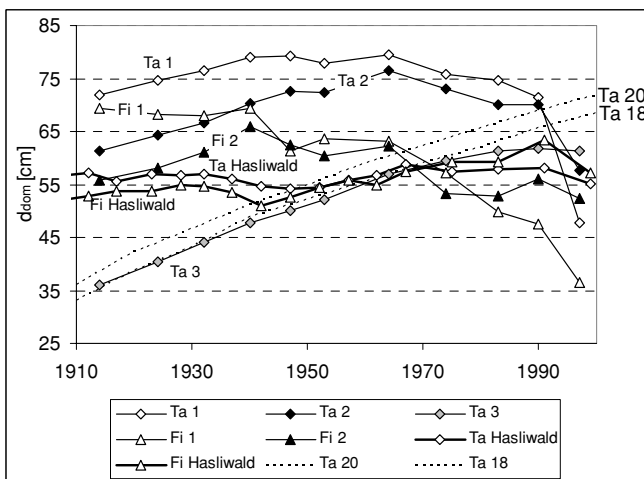


Abbildung 9: Entwicklung des Oberdurchmessers von Fichte und Tanne der drei Teilflächen in Dürsrüti und im Hasliwald.

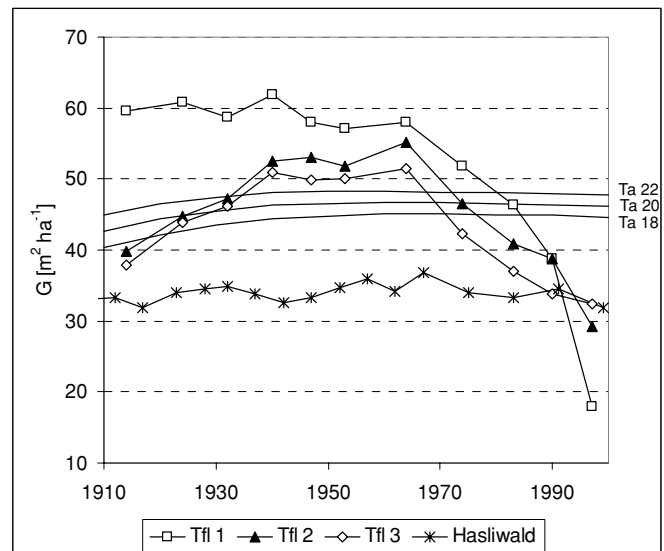


Abbildung 10: Grundflächenentwicklung.

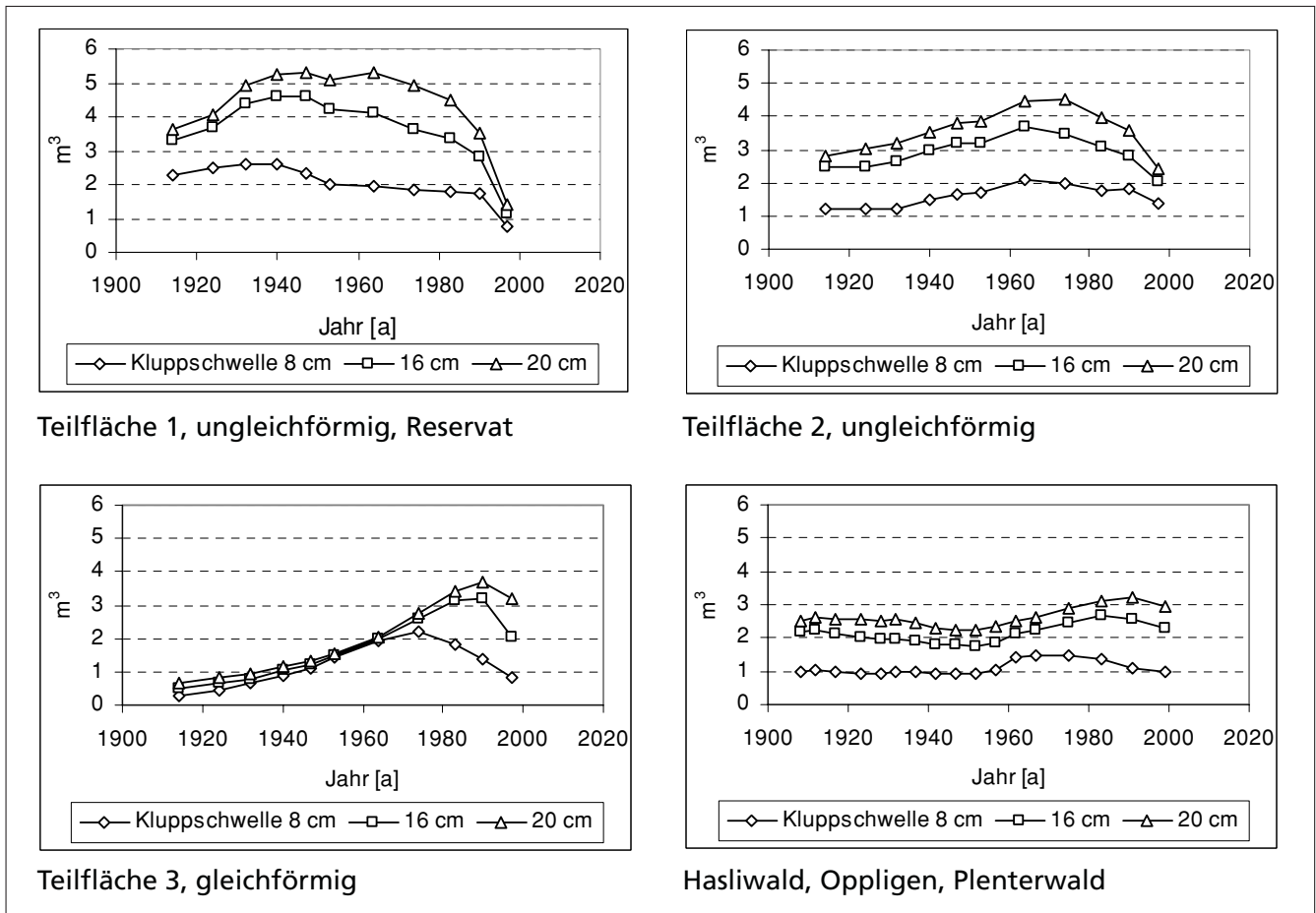


Abbildung 11: Volumenmittelstamm (V_7/N) für die Teilflächen 1, 2 und 3 Dürsrüti und Hasliwald, Oppligen, alle Baumarten zusammen, für die Kluppschwellen 8, 16, 20 cm.

3.7.3 Volumenmittelstamm

In *Abbildung 11* ist die Entwicklung des Volumen-Mittelstammes (V_7/N) für die drei Teilflächen in Dürsrüti und im Hasliwald, berechnet für drei unterschiedliche Kluppschwellen 8, 16 und 20, im Laufe der Zeit abgebildet.

Ausser in der gleichförmigen Teilfläche 3, in der die Unterschiede bei verschiedenen Kluppschwellen erst ab etwa 1980 (Alter 130) sichtbar werden, unterscheiden sich die Ergebnisse nach Kluppschwelle doch beträchtlich. Die Entwicklung des Volumen-Mittelstammes widerspiegelt allerdings die Vorratsentwicklung sehr stark. Die Entwicklung im Hasliwald kann als Beispiel für die Entwicklung in einem Plenterwald mit einigermaßen ausgeglichenen Strukturen dienen: Auch die Verhältnisse beim Volumen-Mittelstamm sind über den ganzen Beobachtungszeitraum sehr ähnlich.

Der Quotient «genutzter Volumen-Mittelstamm ÷ verbleibender Volumen-Mittelstamm» lag in der Teilfläche 1 bei 1,6, nur bis 1990 betrachtet allerdings nur bei 1,1, in Teilfläche 2 bei 1,3 bzw. 1,1 und in Teilfläche 3 bei 0,9 bzw. 0,6. Im Hasliwald lag er bei 1,3. Dies bedeutet, dass der genutzte Mittelstamm in den Plenterwäldern (Teilfläche 1, 2 und Hasliwald) im Mittel immer grösser war als jener des verbleibenden Bestandes. In der hochdurchforsteten, gleichförmigen Fläche war dies erwartungsgemäss bis 1990 gerade umgekehrt. 1997 wurde ein erster Eingriff zur Überführung angezeichnet, wobei der Quotient auf 3,7 anstieg.

3.7.4 Die Baumriesen in Dürsrüti

Gemäss Bundesratsbeschluss vom 19. März 1912 «sind 10 der stärksten und schönsten Bäume zu bezeichnen, welche möglichst lange überzuhalten sind. Bei späteren Nutzungen ein-

zelner Stämme sind dieselben durch wüchsige Stämme immer wieder auf die Zahl von 10 zu ersetzen.» BADOUX (1933b) listete die bei der Aufnahme von 1932 ermittelten zehn stärksten Stämme auf. Sie hatten damals einen Umfang in Brusthöhe von 469 cm bis 348 cm, was Durchmesser von 149 cm bis 111 cm entspricht. Diese Bäume wiesen in den acht Jahren von 1924 bis 1932 einen Umfangzuwachs von 0 bis 23 cm auf, was einer maximalen Jahrringbreite von 4,6 mm entspricht.

Von diesen zehn Bäumen stehen heute noch zwei: die Tanne 165 (bei Badoux 25) in Teilfläche 1, die 1932 an dritter Stelle stand, und eine Tanne aus Teilfläche 2. Während 1932 je fünf der stärksten Tannen in Teilfläche 1 – im eigentlichen «Reservat» – bzw. in Teilfläche standen, bleibt 1997 in Teilfläche 1 nur noch die Tanne 165.

Die 1997 zehn stärksten Bäume sind in *Tabelle 2* beschrieben. Es fällt auf, dass sie zwar immer noch beachtliche Dimensionen aufweisen, aber doch etwas kleiner sind als die seinerzeitigen «Riesen». Der mittlere Durchmesser der «Riesen» betrug 1932 125,4 cm ($\pm 12,3$, minimal 109,6, maximal 149,4); heute liegt er bei 121,8 cm ($\pm 15,3$, 104,6 bzw. 155,4). Allerdings sind die Bäume heute auf der ganzen Fläche verteilt und bieten nicht mehr das Bild der Konzentration im «Reservat». Als weitere Besonderheit fällt auf, dass 1997 erstmals eine Fichte zu den «Riesen» gehört, das allerdings nur deswegen, weil zwischen 1990 und 1997 insgesamt 15 Tannen, die dicker waren als die Fichte, ausfielen und weil eine dickere Tanne angezeichnet wurde.

Der mittlere Zuwachs (*Abbildung 12*) war beim Kollektiv von 1997 über den ganzen Beobachtungszeitraum fast doppelt so hoch wie bei jenem von 1932. Die Zuwachsentwicklung ist in der Tendenz für beide Kollektive ähnlich, hat in der letzten Zuwachsperiode beim Kollektiv von 1997 aber wieder zuge-

Tabelle 2: Die zehn stärksten Bäume in Dürsrüti, Teilflächen 1 und 2: Durchmesserentwicklung. Umrahmt ist das Kollektiv der zehn dicksten Bäume von 1932, grau hinterlegt jenes von 1997.

Baumnummer	Baumnummer nach BADOUX (1933b)	Teilfläche	Baumart	Durchmesser im cm im Jahr							
				1914	1932	1947	1953	1974	1983	1990	1997
905	49	1	Tanne	143	149	155	155	158			
43	43	1	Tanne	140	141	145					
165	25	1	Tanne	122	134	143	144	152	153	153	155
3555	155	2	Tanne	120	129	136	136	138	138		
870	50	1	Tanne	118	126	133	135	138	140	141	
3720	104	2	Tanne	118	121	125	125	127			
4280	170	2	Tanne	100	118	130	132	136	137	137	137
6450	280	2	Tanne	100	115	126	127	135	138	139	
40	7	1	Tanne	101	111	117	117	119	120		
167	167	2	Tanne	105	110	112					
6400		2	Tanne	87	99	106	107	112	114	116	119
5175		2	Tanne	78	92	107	110	123	127	129	131
3650		2	Tanne	75	91	106	109	116	119	121	123
7030		2	Tanne	69	90	101	103	111	115	119	125
6870		2	Fichte	55	71	79	82	94	100	103	107
4660		2	Tanne	57	70	79	82	90	97	102	110
3700		2	Tanne	55	59	70	74	88	94	100	106
5895		2	Tanne	62	80	88	89	97	101	102	105

Tabelle 3: Durchmesser und Höhe der zehn höchsten Bäume im Jahr 1997.

Baum-Nummer	Teilfläche	Baumart	d _{1,3}	h
			cm	m
165	1	Tanne	155,4	54,2
3610	2	Fichte	90,0	53,6
3650	2	Tanne	123,0	53,6
6400	2	Tanne	119,2	53,0
4280	2	Tanne	137,0	52,8
6870	2	Fichte	106,8	51,8
5175	2	Tanne	131,2	51,7
7030	2	Tanne	124,5	49,6
4660	2	Tanne	110,1	46,8
3305	2	Fichte	84,0	46,7

nommen, während die zwei Tannen des Kollektivs von 1932 mit 0,9 mm nur noch wenig wachsen. Hier kommt wahrscheinlich das hohe Alter dieser Bäume zum Ausdruck.

Die zehn stärksten Bäume sind nicht auch die zehn höchsten. 1932 wurde kein Baum mit einer Höhe über 50 m gemessen. 1947 erreichte Baum Nr. 165 eine Höhe von 51,6 m. 1974 waren 14 Bäume höher als 50 m, 1997 waren es noch sieben. Die zehn

höchsten Bäume von 1997 sind in *Tabelle 3* zusammengestellt. Zwei der drei Fichten gehören nicht zu den zehn stärksten Bäumen.

Eine genaue Vermessung der Tanne 165 und der Fichte 3610 ergab Baumhöhen von 55,1 bzw. 55,4 m (Mitteilung von H. Frutiger, Oberhofen). Allerdings hat die Tanne 165 beim Sturm Lothar im Dezember 1999 ein Gipfelstück von rund zehn Metern verloren. (Die Unterschiede liegen in der Messtechnik oder in einem leichten Schiefstand der Bäume.)

Die Gründe, weshalb acht der zehn dicksten Bäume von 1932 verschwunden sind, sind in *Tabelle 4* zusammengestellt. Auffallend ist mit fast 40% der hohe Anteil an Blitzschlägen. Nur zwei der acht Tannen können als ordentliche Anzeichnung bezeichnet werden.

Wenn einer dieser grossen Bäume gefällt werden musste, waren das anfänglich grosse öffentliche Anlässe. Am 19. Dezember 1947 wurde die «höchste und formschönste Tanne» (BURGER 1949) sogar in Anwesenheit von Bundespräsident Dr. Philipp Etter gefällt. Der Baum litt offenbar unter den Bodenverdichtungen durch die vielen Besucher, die Krone begann lichter zu werden und 1927 war sie durch eine vom Sturm gefällte Nachbaranne verletzt worden. Die «grosse Tanne» hatte ein Alter von 320 Jahren erreicht, der d_{1,3} mass 143 cm, die Höhe betrug

Tabelle 4: Entnahme- bzw. Abgangsgründe der zehn stärksten Tannen von 1932.

Alte Baumnummer	Neue Baumnummer	Teilfläche	Entnahme- bzw. Abgangsgrund
49	905	1	Anzeichnung nach Blitzschlag im Juni 1974
43	43	1	Anzeichnung 1947, Grund: Ernte, nur noch sehr kleiner Zuwachs
155	3555	2	Wurf von Westwindsturm 11. November 1977
50	870	1	Anzeichnung 1990, da Krone von oben her zu 2/3 dürr geworden ist
104	3720	2	1975 vom Blitz erschlagen
280	6450	2	Abgängig, Anzeichnung 1997
7	40	1	1977 vom Blitz erschlagen
167	167	2	Anzeichnung 1947

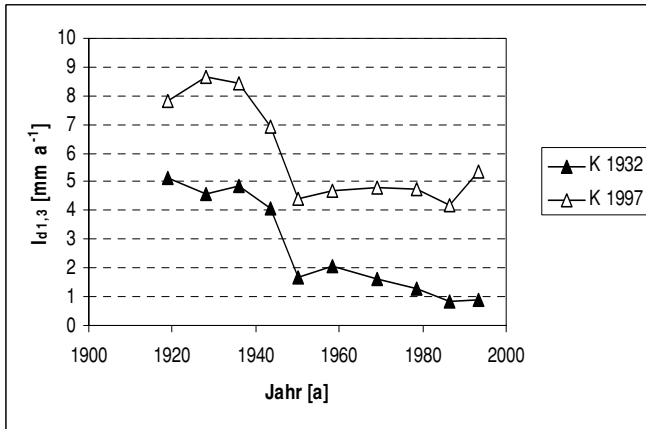


Abbildung 12: Zuwachsverlauf der zehn dicksten Bäume.

Tabelle 5: Alter von Tannen in Dürsrüt, Werte von 1997 aufgrund von Angaben von O.U. Bräker, WSL, mit * bezeichnete: Baumhöhe berechnet.

Tanne Nr.	Fällung	$d_{1,3}$	Höhe	Alter
	a	[cm]	[m]	a
43	1947	143	53,0	320
2705	1950	59	38,0*	305
4180	1974	105	45,6*	250
525	1974	95	43,6*	266
905	1974	158	57,4	377
870	1997	141	51,0*	227
245	1997	106	51,0	227
7200	1997	71	46,8	210

53 m und das Derbholzvolumen 32 m³ (BURGER 1949). Am 12. Dezember 1974 erfolgte die Fällung der damals mächtigsten Tanne im Rahmen einer Pressefahrt. Die im vorangehenden Frühsommer durch Blitzschlag schwer beschädigte Tanne wies bei einer Höhe von 57,35 m und einem $d_{1,3}$ von 158 cm ein Derbholzvolumen von über 36,6 m³ auf (LINDER 1975, ROSENBERG 1979). Sie wurde 377 Jahre alt.

Leider wurden die Alter der gefällten Bäume nicht immer erfasst. Neben den beiden bereits erwähnten Altersangaben konnten noch die in Tabelle 5 zusammengestellten Informationen beigebracht werden.

3.7.5 Waldverjüngung

Über die Waldverjüngung existieren nur unsystematische, verbale Beschreibungen. Verjüngung war nur in Lücken möglich, wo genügend Licht vorhanden war. Bereits 1924 wurden in Teilfläche 2 eingepflanzte Buchen erwähnt, die sich gut entwickelt haben. 1940 wurde viel Brombeerwuchs erwähnt, ausgenommen unter Buche. Auch 1947 wurde über Brombeer Konkurrenz geklagt und in Lücken die Pflanzung von 400 Fichten und 100 Buchen veranlasst. 1964 wurden Zweifel am Sinn von Fichtenpflanzungen geäußert. Ab 1974 wird Rehwildverbiss als Grund für fehlende Verjüngung erwähnt. 1980 gab es offenbar keine unbeschädigte Pflanze zwischen 10 und 50 cm Höhe. Auch in Lücken gepflanzte Fichten waren kümmernd, verbissen und gefegt. Es wurde vorgeschlagen, in Lücken Farn und Brombeere zu entfernen und die Verjüngung mit Kleinzäunen zu schützen. Diese haben sich offenbar bewährt. Auch 1990 fehlt die Verjüngung weitgehend; nur die geschützten Pflanzen haben sich gut entwickelt, allerdings mit grösseren Ausfällen bei Fichten mit Einzelschutz. Heute ist die Situation nicht wesentlich anders. Es gibt mit dem nun reichlichen Lichtgenuss recht viel Verjüngung, wenn auch nur auf einem Teil der Fläche.

4. Diskussion

4.1 Vergleich mit Plenterwaldmodellen

Die Versuchsflächen Dürsrüt wurden wegen der Häufung extrem starker Bäume und den vorratsreichen Beständen angelegt. Die Teilflächen 1 und 2 wurden den Plenterflächen zugerechnet, obschon eigentlich immer klar war, dass es sich nie um eigentliche Plenterbestände in der Nähe eines Gleichgewichtszustandes gehandelt hat. Dazu waren ausser der Baumartenzusammensetzung die Kennwerte eindeutig zu extrem. Trotzdem soll ein beschränkter Vergleich mit zwei von mehreren Plenterwaldmodellen gewagt werden.

Im Modell nach MEYER (1933) wird die Durchmesserverteilung über dem $d_{1,3}$ halblogarithmisch durch eine Gerade ausgeglichen. Abbildung 13 zeigt das Ergebnis für Teilfläche 1 im Zustand 1924 und 1997. Im Jahr 1924 resultiert ein Steigungsmass $\alpha=0,021$ und eine Konstante $k=9,6$ sowie ein Quotient $q=1,09$. Diese Werte liegen weit ausserhalb der Grenzen, die in der Literatur angegeben werden ($\alpha=0,055$ bis $0,075$ und $k=41,4$ bis $102,1$ nach Meyer in KNUCHEL 1950). Für den Zustand 1997 ergeben sich viel realistischere Werte mit $\alpha=0,062$, $k=35,3$ und $q=1,28$. Allerdings ist fraglich, ob auf diesem guten Standort auf Dauer ein Gleichgewicht mit einem sehr tiefen Vorrat gehalten werden kann.

Bei der Gleichgewichtskurve nach SCHÜTZ (1975 und 1997) wird von der Annahme ausgegangen, für jede BHD-Stufe sei die Stammzahl des Einwuchses aus der nächst kleineren Stufe gleich der Summe des Auswuchses in die nächst höhere Stufe und der Nutzung inklusive Mortalität. Die langjährigen, ausgeglichenen Einwuchsraten (p_i) und Nutzungsraten (e_i) können für jede $d_{1,3}$ -Stufe aus den Bestandesdaten berechnet werden. Mit diesen Werten lassen sich, ausgehend von der Stammzahl in der untersten $d_{1,3}$ -Stufe, oder auch ausgehend vom angestrebten Vorrat, Gleichgewichtszustände berechnen (vgl. BACHOFEN 1999).

Mit Ausnahme der letzten beiden Perioden schwanken die Einwuchsraten p_i (ohne Abbildung) um etwa 4 bis 11%, mit leicht steigender Tendenz bei zunehmendem $d_{1,3}$. In den beiden letzten Perioden steigen die Einwuchsraten mit zunehmendem Durchmesser zuerst stark an, kulminieren bei einem $d_{1,3}$ um 40 bis 60 cm und sinken dann wieder ab. Dies entspricht etwa den Verhältnissen in untersuchten typischen Plenterbeständen (BACHOFEN 1999; SCHÜTZ 1975 und 1997).

Die Ausgleichskurve der Nutzungsraten e_i (ohne Abbildung) für Teilfläche 1 verläuft über den ganzen Beobachtungszeitraum zwar grundsätzlich wie es in einem Plenterbestand zu erwarten ist, dies ist aber nur dank der extremen Eingriffe in den letzten Perioden so; alle früheren Werte sind im rechten Teil (etwa ab Stärkeklasse IV, $d_{1,3} \geq 52$ cm) zu tief.

Ausgehend von den daraus ermittelten Ausgleichskurven für p_i und e_i , lässt sich eine Gerade möglicher Gleichgewichtszustände berechnen (BACHOFEN 1999). Abbildung 14 zeigt, dass sich der Zustand von Teilfläche 1 erst mit den extremen Eingriffen nach 1990 dem Gleichgewichtsbereich nähert. Ein Struktur-Gleichgewicht ist aufgrund des nach Schütz berechneten Gleichgewichtsmodells bei Vorräten zwischen 350 und 450 Tfm/ha zu erwarten.

Für die Teilfläche 2 ergeben sich im Detail geringfügig andere Werte, die Aussagen im Vergleich mit Modellen sind grundsätzlich aber gleich wie für Teilfläche 1. Im Gegensatz dazu kann für den Hasliwald praktisch für den ganzen Beobachtungszeitraum ein Gleichgewicht angenommen werden.

Für das Gleichgewichtsmodell nach Schütz haben ZINGG & Duc (1998) ein Verfahren vorgeschlagen, wie die Abweichung der realen Zustände vom Gleichgewichtsmodell beurteilt werden kann. Die Entwicklung dieser Zustände ist in Abbil-

dung 15 für die Teilflächen 1 und 2 und für den Hasliwald dargestellt. Es wird deutlich, dass sich die beiden Teilflächen in Dürsrüti, aber auch der Hasliwald zu Beginn näher an einem Gleichgewichtszustand befanden. Die Veränderung in Dürsrüti war aber weit stärker als im Hasliwald. Auffallend ist der sehr ähnliche Verlauf der Abweichung wie jener des Starkholzanteiles (Abbildung 7).

DE COULON (1962) beschreibt die Entwicklung von Plenterbeständen, bevor sie einen Gleichgewichtszustand erreichen. Die Teilflächen 1 und 2 sind weitgehend dieser Entwicklung gefolgt und zeigen nach dem starken Vorratsabbau gute Voraussetzungen für eine Entwicklung in Richtung Plenterung. Für DE COULON (1962) ist das Gleichgewicht von Plenterbeständen grundsätzlich labil. BACHOFEN (1999) und ZINGG & DUC

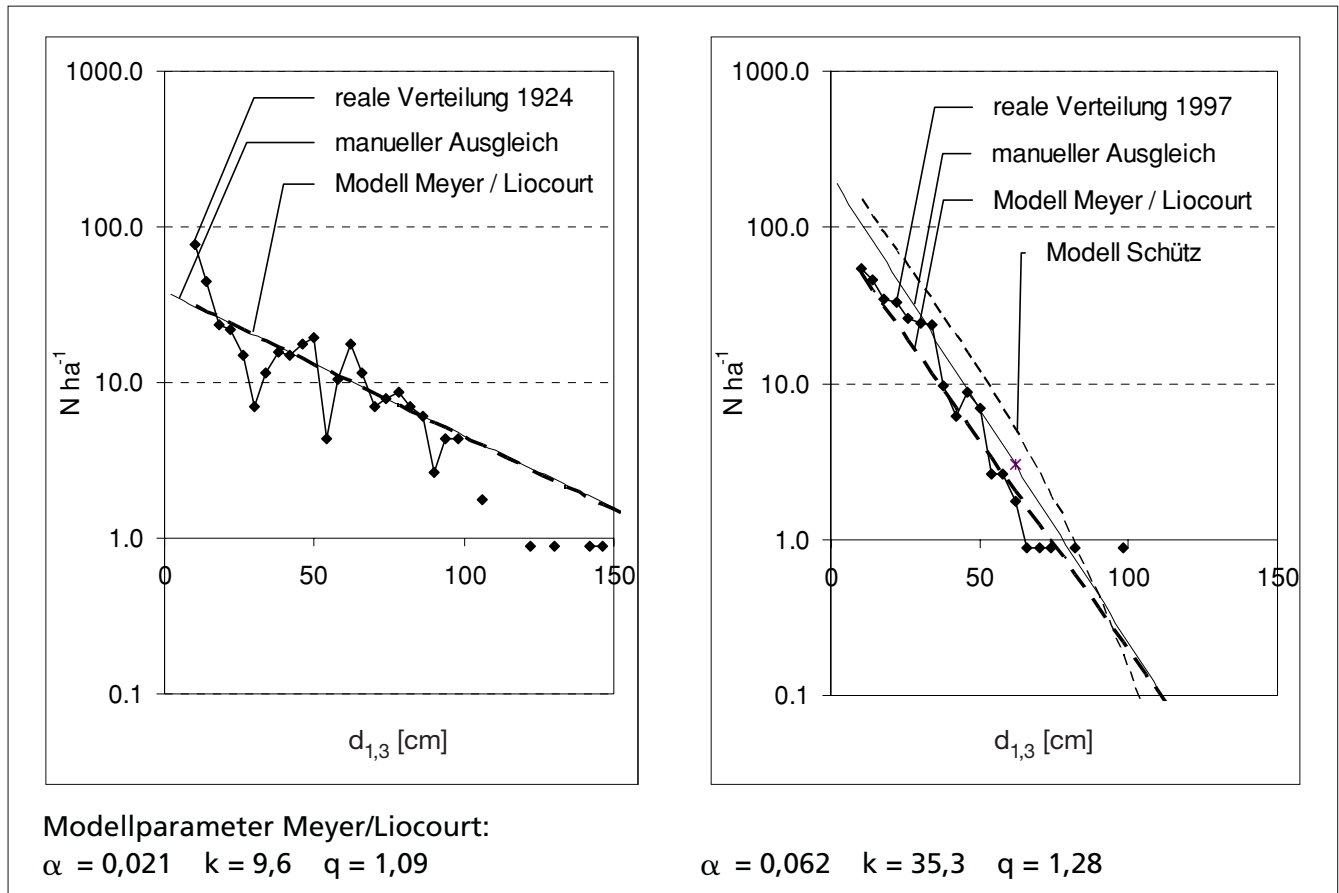


Abbildung 13: Halblogarithmische Darstellung der Stammzahlverteilung über dem BHD (4-cm-Stufen) für Teilfläche 1, Dürsrüti, Zustand 1924 und 1997, nach MEYER (1933): $y = k \times e^{-\alpha x}$.

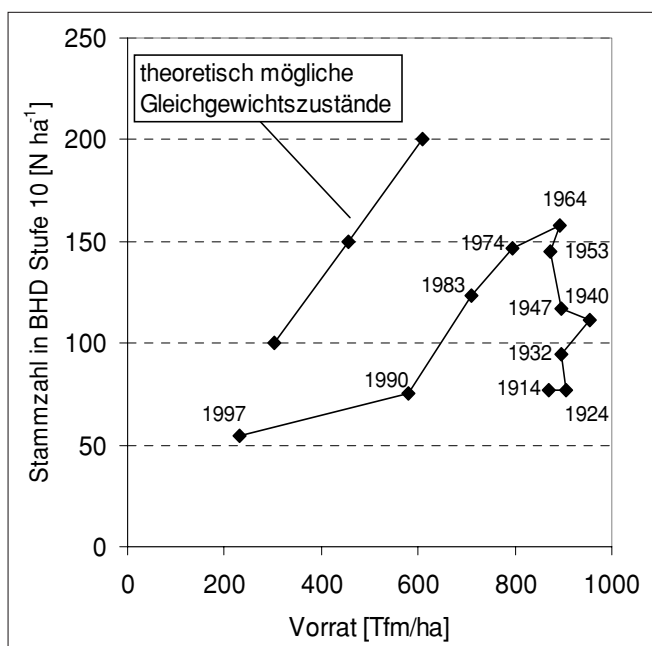


Abbildung 14: Entwicklung der Wertepaare «Stammzahl in BHD-Stufe 10» und Vorrat in Teilfläche 1, Dürsrüti, 1914 bis 1997, im Vergleich mit theoretisch möglichen Gleichgewichtszuständen, ermittelt aus den durchschnittlich gemessenen Werten für p_1 und e_p .

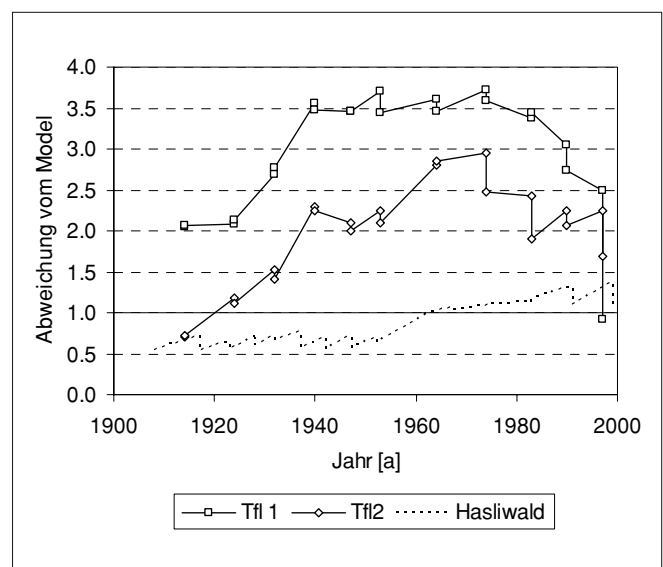


Abbildung 15: Abweichung der realen Durchmesserverteilung von der Verteilung nach dem Gleichgewichtsmodell nach Schütz, berechnet nach ZINGG & DUC (1998). Je grösser der Wert, umso weiter ist der Bestand vom Gleichgewichtszustand entfernt. Die Richtung der Abstufung im Jahr zeigt, ob durch den Eingriff eine Annäherung (negativ) oder eine Entfernung (positiv) vom Gleichgewichtszustand bewirkt wurde.

Tabelle 6: Kennzahlen zu Vorrat und Zunahme in Urwaldbeständen, nach LEIBUNDGUT (1993), Werte in Klammern geschätzt.

Bezeichnung	Vorrat lebend	Anteil Tanne	Anteil BHD ≥ 72 cm	Zunahme	Vorrat tot
	Tfm/ha	% (V)	% V	Tfm/ha x a	Tfm/ha
Derborence, Wallis, CH 1430/1700 m ü.M., späte Optimalphase	1335	95	84	12,1	171
Peručica, Bosnien 1310/1340 m ü.M. späte Optimalphase	1294	89	-	8,2	72
Peručica, Optimalphase, Teilfläche 1.1	1380	70	65	8,8	147

(1998) zeigen Schwankungsbereiche um Gleichgewichtszustände. Aufgrund der Entwicklung in Dürsrüti lässt sich die Hypothese, dass sich ein dynamisches Plentergleichgewicht nur mit regelmässigen, zielgerichteten Eingriffen auf Dauer erhalten lässt, bestätigen. Der als Folge des hohen Vorrates zu beobachtende Einbruch beim Einwuchs in die unterste Durchmesserklasse führt zu einem Verlust des Gleichgewichtszustandes. Dieser kann nur mittels entsprechender Eingriffe wieder erreicht werden. Die zukünftige Entwicklung wird zeigen, wie rasch dies möglich ist.

4.2 Vergleich mit anderen Beständen

Ein Vergleich mit den Daten aus den Plenterwaldversuchsflächen der WSL zeigt, dass keine Fläche auch nur annähernd an die Vorratswerte und Starkholzanteile in Dürsrüti heranreicht. Nach ZINGG & DUC (1998) liegt der maximale mittlere Vorrat bei 525 Tfm/ha (Oberlangenegg/BE), der maximale mittlere Starkholzanteil ($d_{1,3} \geq 52$ cm) bei 65% (Hasliwald/BE) und die maximale mittlere Vorratszunahme bei 12,6 Tfm/ha x a (Schalenberg-Rauchgrat/BE).

Weil die Dürsrüti-Teilflächen 1 und 2 nicht den Gleichgewichts-Vorstellungen für Plenterwälder entsprechen, sei ein Vergleich mit Urwaldbeständen gewagt. LEIBUNDGUT (1993) gibt zahlreiche Beispiele für Vorräte in der Grössenordnung von Dürsrüti und darüber, sowohl für die Plenter- wie für die Altersphase. Zwei Beispiele sind in *Tabelle 6* herausgegriffen, die trotz standörtlicher und wichtiger anderer Unterschiede zeigen, dass die Zustände in Dürsrüti über längere Zeiträume durchaus Zuständen entsprechen, die in der Natur vorkommen. Entsprechend den Beobachtungen in Urwäldern kann geschlossen werden, dass diese aber nicht auf Dauer gehalten werden können. Die im Vergleich zu Dürsrüti im Urwald teilweise noch höheren Vorräte sind auf die fehlende Holznutzung und wahrscheinlich auch auf die relativ kleinen Versuchsflächen zurückzuführen. Allerdings stammen die Urwald Daten aus Beständen, die sich in der Optimalphase befinden und damit kaum einem Gleichgewichtszustand entsprechen.

4.3 Nachhaltige Funktionserfüllung

Für das Gebiet Dürsrüti existieren noch keine Unterlagen aus einer regionalen Waldplanung. Es ist von einer multifunktionalen Waldnutzung auszugehen, die im Bereich der Versuchsflächen durch die Objektziele «Baumriesen» und «hohe Vorräte» überlagert wird.

Im Dürsrütwald müssen keine besonderen Schutzwirkungen erbracht werden. Allgemeine Schutzwirkungen wie Regulierung des Wasserhaushalts, Klimaschutz und Erosionsschutz waren ständig, auch während und nach dem starken Vorratsabbau, gewährleistet. Die ertragskundlichen Bestandeskennziffern lassen auf eine ausreichende Stabilität bezüglich Wind und Schnee schliessen. Trotz der Schutzziele ist die Holznutzung

gestattet, wenn auch etwas eingeschränkt. Volumenzunahme (Zuwachs plus Einwuchs) und Nutzung sind als hoch zu bezeichnen, obschon die mittlere Zunahme unter den Werten der Ertragstafel für Tanne bleibt. Wegen der Schutzziele ist allerdings die Qualität des genutzten Holzes altersbedingt und wegen der Sekundärschäden reduziert. Die Übernutzung der letzten Jahre kann unter Berücksichtigung der kleinen Fläche nicht als Verstoß gegen das Nachhaltigkeitsgebot bezeichnet werden.

Die unter dem Oberbegriff Wohlfahrtsfunktion zusammengefassten Ziele konnten lange Zeit fast optimal erfüllt werden. Möglicherweise haben die grossen Besucherzahlen durch Bodenverdichtung um die Baumriesen herum deren Vitalität negativ beeinflusst. Weil die eindrucklichsten Baumriesen verschwunden sind und die «Dürsrütitanen» nicht mehr als Naturdenkmal betrachtet werden können, sind Bestrebungen im Gang, das Schutzziel anzupassen. Mit einer dynamischen Betrachtung der Waldentwicklung an Stelle der bisher mehr statischen kann Dürsrüti auch weiterhin als Lehr- und Anschauungsobjekt dienen, zumal die Bestandesentwicklung wegen der Nutzung als Versuchsfläche auch in Zukunft gut dokumentiert sein wird.

5. Folgerungen und Ausblick

Die ungleichförmigen Bestände in Dürsrüti waren während vieler Jahrzehnte extrem vorratsreich. Es wurde in sie nicht eigentlich lenkend eingegriffen, sondern es wurden nur reagierend geschwächte oder absterbende Bäume entfernt. Welche Faktoren die hohen Zwangsnutzungen nach 1974 entscheidend beeinflusst haben, kann im Rahmen dieser Arbeit nicht entschieden werden. Wichtig ist, dass die Funktionstauglichkeit nie in Frage gestellt war. Deshalb sollte besser nicht von einem Zusammenbruch im Dürsrütwald gesprochen werden. Was geschehen ist, entspricht einem Umbruch als Auswirkung der natürlichen Walddynamik, der nun in einen gelenkten Umbau auf ein zu bestimmendes Ziel hin übergeleitet werden kann.

Ein Ziel könnte sein, ein Lehr- und Demonstrationsobjekt für die Umsetzung der im Grunde sehr dynamischen Plentergrundsätze zu schaffen. Auch das Teilziel der Erhaltung einzelner Baumriesen lässt sich mittel- bis langfristig realisieren. So soll die Tanne Nr. 165 als letzte der grossen Tannen in Teilfläche 1 stehen bleiben und der natürlichen Entwicklung überlassen werden. Die Analyse hat ja gezeigt, dass die Vorräte in den unteren Stärkeklassen in Dürsrüti ähnlich gross sind wie im Gleichgewichtsbestand im Hasliwald; aber nur wenn im starken Holz im Sinne der Strukturverbesserung und Ernte eingegriffen wird, lassen sich die notwendige Dynamik und gleichzeitig starke Bäume, darunter einige sehr starke Bäume erhalten.

Die Entwicklung im Dürsrütwald kann nicht ohne weiteres auf andere Emmentaler Wälder übertragen werden. Immerhin ist anzunehmen, dass in ungleichförmigen, bisher bewirtschafteten Wäldern ein teilweiser oder ganzer Nutzungsverzicht

wohl über mehrere Jahrzehnte in den meisten Fällen die Stabilität nur geringfügig reduzieren und die Funktionstauglichkeit nur wenig beeinträchtigen würde. Allerdings würde der Zwangsnutzungsanteil tendenziell zunehmen, wenn auch mit grossen Schwankungen. Wie weit nicht aufgeräumte Zwangsnutzungen Forstschutzprobleme verursachen würden, müsste genauer untersucht werden. Weil Gerüstbäume in ungleichförmigen Wäldern tiefe Schlankheitsgrade aufweisen, ist anzunehmen, dass auch nach einem langen Nutzungsunterbruch eine Überführung in plenterartige Strukturen möglich ist, wenn noch genügend Gerüstbäume vorhanden sind.

Auch wenn eine Entwicklung in Richtung Nutzungsverzicht hoffentlich nicht eintritt, ist es doch einigermaßen beruhigend, bestätigt zu haben, dass in strukturierten Beständen flächige Zusammenbrüche unwahrscheinlich sind: Abgehende, aber vorher stabile Einzelbäume schaffen Licht für Nachwuchs und können damit zur Erhaltung einer langfristig stabilen Struktur beitragen. Vorsicht ist allerdings geboten an steilen Hängen und in Wäldern mit besonderer Schutzfunktion. Zudem müsste bezüglich Forstschutz eine klare Strategie festgelegt werden. Sinngemäss das Gleiche gilt bei gewolltem Nutzungsverzicht, z.B. bei der Ausscheidung von Reservaten.

Die Entwicklung in den Dürsrütiwäldern zeigt interessante Ergebnisse. Eine vertiefende, auf weitere Einzelheiten eingehende Auswertung des reichhaltigen Datenmaterials und ein Vergleich mit der Entwicklung anderer Plenterwälder im Emmental und anderswo sind vorgesehen. Besonders wichtig sind die Fortsetzung der wissenschaftlichen Beobachtung, insbesondere mit genauerer Erfassung der Vorgänge zwischen den periodischen Aufnahmen, und die Entwicklung der Verjüngung unter der bisherigen Kluppschwelle von 8 cm.

Zusammenfassung

Dürsrüti ist ein Beispiel für eine Extremvariante eines Plenterwaldes, der sich durch sehr hohe Vorräte über einen längeren Zeitraum auszeichnet. Dürsrüti ist auch ein Stück Waldgeschichte der Schweiz: Die Anzeichnung der berühmten dicken Tannen, von denen nur noch eine lebt, war höchsten Stellen der Bundesverwaltung und der Forschung vorbehalten. Dürsrüti ist seit 1914 auch eine Versuchsfläche der waldwachstumskundlichen Forschung. Die Entwicklung von Stammzahl, Vorrat, Zunahme, Nutzung, jene der Durchmesser- und Stärkeklassenverhältnisse und weiterer ertragskundlich relevanter Parameter werden dargestellt, interpretiert und mit der Versuchsfläche Hasliwald in Oppligen verglichen. Auf die Baumriesen im Dürsrütiwald wird speziell eingegangen. Seine Eigenschaften als Plenterwald werden mittels Modellen nach MEYER (1933) und SCHÜTZ (1975 und 1999) verglichen. Dürsrüti war in den letzten Jahrzehnten geprägt durch dramatische Veränderungen, die im starken Vorratsabbau zum Ausdruck kommen. Trotzdem kann aus den vorliegenden langfristigen Daten geschlossen werden, dass der Wald in Dürsrüti seine Funktionen ohne Einschränkungen erfüllen kann.

Résumé

Effondrement ou changement radical dans la forêt du Dürsrüti?

La forêt du Dürsrüti, en Emmental, est l'exemple d'une forêt jardinée dont le volume de bois a été très élevé durant de

longues périodes, ce qui a permis d'atteindre des taux records de production. Mais cette forêt est aussi entrée dans l'histoire de la foresterie en Suisse: le martelage des sapins réputés pour leur taille imposante – un seul est encore en vie aujourd'hui – était réservé aux plus hautes instances de l'administration fédérale et de la recherche. Depuis 1914, la forêt du Dürsrüti constitue aussi une placette d'essai dans le cadre de la recherche sur la croissance et la production forestière. Cet article présente l'évolution du nombre de tiges, du volume sur pied, de l'accroissement, du volume récolté, des diamètres et d'autres paramètres de la production. Les résultats sont interprétés et comparés avec les valeurs obtenues dans la placette du Hasliwald, à Oppligen. Les arbres géants de la forêt du Dürsrüti font l'objet d'une attention particulière. Les caractéristiques de cette forêt jardinée ont été comparées aux modèles de MEYER (1933) et de SCHÜTZ (1975 et 1999). Au cours des dernières décennies, cette forêt a subi des changements dramatiques qui se traduisent par une forte diminution du volume sur pied. Néanmoins, on peut déduire des longues séries de données à disposition que cette forêt peut assumer ses fonctions sans restriction aucune.

Traduction: MONIQUE DOUSSE

Summary

Collapse or radical change in the Dürsrüti Forest?

Dürsrüti is an example for an extreme variation of a selection forest that is characterised by its very high standing volume over a long period of time. Dürsrüti is also a part of Swiss forestry history: timber marking of the famous thick silver firs, of which only one remains, was reserved for high officials from the federal administration and from research institutions. Dürsrüti has been a research area of the growth and yield research since 1914. The development of the stem numbers, standing volume, increment, utilisation, diameter distribution, diameter class proportions and other parameters relevant to growth and yield are shown, interpreted and compared with the research area Hasliwald in Oppligen. The tree giants in the Dürsrüti forest are also examined. The features of this forest as a selection forest are compared with models according to MEYER (1933) and SCHÜTZ (1975, 1999). Dürsrüti forest has undergone a dramatic change in the last decades, which is expressed in the sharp decrease of the standing volume. Nonetheless, it can be concluded from the available long-term data that the forest in Dürsrüti unreservedly fulfils its function.

Translation: CHRISTIAN MATTER

Literatur

- ANLIKER, O. 1948: Ein Waldriese gefallen. Schweiz. Z. Forstwes. 99, 3: 130–123.
- ANONYM 1897: Grosse Waldbäume. Schweiz. Z. Forstwes. 48, 1: 32.
- BACHOFEN, H. 1999: Gleichgewicht, Struktur und Wachstum in Plenterbeständen. Schweiz. Z. Forstwes. 150, 5: 157–170.
- BADOUX, H. 1933a: La réserve forestière de Dürsrüti. Schweiz. Z. Forstwes. 84, 5: 97–102.
- BADOUX, H. 1933b: Quelques constatations concernant l'accroissement dans la futaie jardinée de Dürsrüti. Journal forestier suisse. 84, 6: 128–133.

- [BADOUX, E.] 1983: Ertragstabellen für die Tanne in der Schweiz. Eidgenöss. Anst. forstl. Vers.wes., Birmensdorf, 3. Auflage.
- BURGER, H. 1949: Der Dürsrütiwald, Nadelholz 30 Pl. Schweiz. Z. Forstwes. 100, 2: 73–81.
- de Coulon, M. 1962: Structure et évolution de peuplements jardinés. Schweiz. Z. Forstwes. 113, 10: 543–557.
- ESCHER, J.-R. 1994: Entstehung und Entwicklung des Dürsrüti-Reservates. Unveröffentlichte Diplomarbeit, Professur Forsteinrichtung und Waldwachstum ETH Zürich.
- F.[ANKHAUSER] 1894: Grosse Waldbäume. Schweiz. Z. Forstwes. 45, 1: 24
- FLURY, P. 1925: Dürsrüti: Vorläufige Ertrags- und Zuwachsergebnisse. Schweiz. Z. Forstwes. 76, 11: 305–309.
- JOST, A. 1998: Der Dürsrütiwald. Von bewahrenden Menschen und dynamischer Natur. Wald und Holz 79, 11: 20–23.
- KELLER, W.; WOHLGEMUTH, T.; KUHN, N.; SCHÜTZ, M.; WILDI, O. 1998: Waldgesellschaften der Schweiz auf floristischer Grundlage. Statistisch überarbeitete Fassung der «Waldgesellschaften und Waldstandorte der Schweiz» von Heinz Ellenberg und Frank Klötzli (1972). – Mitt. Eidgenöss. Forsch.anst. Wald Schnee Landsch. 73, 2: 91–357.
- KNUCHEL, H. 1950: Planung und Kontrolle im Forstbetrieb. Verlag Sauerländer, Aarau, 346 S.
- LEIBUNDGUT, H. 1993: Europäische Urwälder. Wegweiser zur naturnahen Waldwirtschaft. Verlag Haupt, Bern u.a., 260 S.
- LINDER, W. 1975: Die grösste Dürsrütitanne wurde gefällt. Schweizer Förster 111, 4: 126–128.
- MEYER, A. 1933: Eine mathematisch-statistische Untersuchung über den Aufbau des Plenterwaldes. Schweiz. Z. Forstwes. 84, 1: 33–46; 3: 88–103; 4: 124–131.
- MUMENTHALER, E. 1932: Der Dürsrütiwald. Der praktische Forstwirt für die Schweiz 68, 5: 103–114.
- ROSENBERG, D. 1979: Von Baum zu Baum – Die Dürsrütitanen. Gärtnermeister 82, 2: 23–27.
- SCHÜTZ, J.-P. 1975: Dynamique et conditions d'équilibre de peuplements jardinés sur les stations de la hêtraie à sapin. Schweiz. Z. Forstwes. 126, 9: 637–671.
- SCHÜTZ, J.-P. 1997: La gestion des forêts irrégulières et mélangées. Presse polytechniques et universitaires romandes, 179 p., (Sylviculture; 2).
- SCHÜTZ, J.-P. 1999: The Swiss experience: More than one hundred years of experience with a single-tree-selection management system in mountainous mixed forests of spruce, fir and beech. From an empirically developed utilization in small-scale private forests to an elaborate and original concept of silviculture. In: Emmingham, W.H. (comp.): Proceedings of The IUFRO Interdisciplinary Uneven-aged Management Symposium, September 1997, Corvallis, Forest Research Laboratory, Oregon State University: 21–34.
- VON SEUTTER, A. 1925: Dürsrüti. Ansprache von Forstmeister Arnold v. Seutter, Bern. Schweiz. Z. Forstwes. 76, 11: 301–305.
- WEIDMANN, A. 1961: Eignung verschiedener Messargumente und Berechnungsmethoden für die Erfassung von Zustand und Zustandsänderung von Bestockungen. – Mitt. Eidgenöss. Forsch.anst. Wald Schnee Landsch. 37, 1: 1–125.
- ZINGG, A. 1994: Top heights in mixed stands: their definition and calculation. In: Pinto da Costa, M. E.; Preuhsler, T. (eds): Mixed Stands. Research Plots, Measurements and Results, Models. Proceedings from the Symposium of the IUFRO Working Groups: S4.01–03: Design, Performance and Evaluation of Experiments. S4.01–04: Growth models for Tree and Stand Simulation. April 25–29, 1994 in Loussa/Coimbra, Portugal, Lisboa, Instituto superior de agronomia, Universidade tecnica de Lisboa: 67–79.
- ZINGG, A. 1999: Genauigkeit und Interpretierbarkeit von Oberhöhen. Centralblatt für das gesamte Forstwesen 116, 1/2: 25–34.
- ZINGG, A.; BACHOFEN, H. 1998: Waldwachstumsforschung an der WSL. Recherche sur la croissance forestière au FNP. Schweizer Wald 134, 9: 15–23.
- ZINGG, A.; DUC, P. 1998: Beurteilung des Gleichgewichtszustandes in Plenterwaldversuchsflächen. In: Kenk, G. (Hrsg.): Deutscher Verband Forstlicher Forschungsanstalten. Sektion Ertragskunde. Jahrestagung vom 25.–27. Mai 1998, Kvelaer, Freiburg, Deutscher Verband Forstlicher Forschungsanstalten: 147–156.
- ZINGG, A.; ERNI, V.; MOHR, C. 1999: Selection Forests – A Concept for Sustainable Use: 90 Years of Experience of Growth and Yield Research Selection Forestry in Switzerland. In: Emmingham, W.H. (comp.): Proceedings of The IUFRO Interdisciplinary Uneven-aged Management Symposium, September 1997, Corvallis, Forest Research Laboratory, Oregon State University. 415–434.
- ZÜRCHER, G. 1907: Die grossen Tannen auf Dürsrüti im Emmental. Schweiz. Z. Forstwes. 58, 3: 77–85.

Dank

Unser Dank gilt Frau Anita Jost, dipl. Forsting. ETH, die einen grossen Teil der Auswertungen beige-steuert hat, den technischen Mitarbeitern der WSL, Enrico Cereghetti und Christian Matter, die die Messungen und Ansprachen im Wald seit Jahren mit grosser Sorgfalt effizient durchführen und nicht zuletzt den Vertretern des Forstdienstes des Kantons Bern, Walter Marti, Vorsteher der Waldabteilung 4 Emmental, und seinen Mitarbeitern.

Autoren

Prof. Dr. PETER BACHMANN, Professur Forsteinrichtung und Waldwachstum, D-Fowi, ETH Zentrum, 8092 Zürich. E-Mail: bachmann@fowi.ethz.ch.
ANDREAS ZINGG, dipl. Forsting. ETH, Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL, Zürcherstrasse 111, 8903 Birmensdorf. E-Mail: andreas.zingg@wsl.ch.