

Zeitschrift: Berichte des Geobotanischen Institutes der Eidg. Techn. Hochschule, Stiftung Rübel

Herausgeber: Geobotanisches Institut der Eidg. Techn. Hochschule, Stiftung Rübel

Band: 31 (1959)

Artikel: Bodenvegetation und Naturverjüngung von Tanne und Fichte in einem Allgäuer Plenterbestand

Autor: Mayer, Hannes

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-377582>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

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. [Voir Informations légales.](#)

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. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 02.04.2025

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

distinguished scholars who ever worked this particular field. He was a man of such wide experience that his expressed opinions cannot be opposed except on the basis of incontrovertible facts. Admittedly his published representations suffer from lack of statistics, and the present problem can only be adequately illuminated by this means, but even so, his experience enabled him to assess the significance of the occurrence of the various species pretty accurately. Therefore, without in any way underestimating the usefulness of the contribution made by Paul MÜLLER-SCHNEIDER, I feel it proper to suggest: *Audiatur et altera pars*.

References

- HATT, G.: *Jydsk Bondeliv i ældre Jernalder*. – (Globus) Copenhagen 1943.
– Nørre Fjand, an Early Iron Age Village Site in West Jutland. – *Arkaeol. Kunsthist. Skr. Dan. Vid. Selsk.* **2**, No. 2 (1957).
HELBAEK, H.: *Botanical Study of the Stomach Contents of the Tollund Man*. – Aarbøger, Copenhagen 1950.
– Seeds of Weeds as Food in the pre-Roman Iron Age. – *Kuml. Aarhus* 1951.
– Prehistoric Food Plants and Weeds in Denmark. – *Dan. Geol. Unders.* **2**, 80. Copenhagen 1954.
– Bornholm Plant Economy in the First Half of the First Millennium AD. – *Nat. Mus. Skr., St. Ber.* **2**. Copenhagen 1957.
– The Last Meal of Grauballe Man: an Analysis of the Food Remains in the Stomach. – *Kuml. Aarhus* 1958.
JESSEN, K.: *Planterester fra den ældre Jernalder i Thy*. – *Bot. Tidsskr.* 1933 (Deutsche Zusammenfassung).
NEUWEILER, E.: *Die Prähistorischen Pflanzenreste Mitteleuropas*. – *Vierteljahrsschr. Nat.-Ges. Zürich* **50**, Zürich 1905 (23–134).
– *Die Pflanzenwelt in der jüngeren Stein- und Bronzezeit der Schweiz*. – *Mitt. Antiq. Ges. Zürich* **29**, 4, 1924.
MÜLLER-SCHNEIDER, P.: *Ist Chenopodium album L. eine prähistorische Nutzpflanze?* – *Ber. Geobot. Forschungsinst. Rübel in Zürich* **1958**, Zürich 1959.
VILLARET-V. ROCHOW, M.: *Die Pflanzenreste der bronzezeitlichen Pfahlbauten von Valeggio am Mincio* – *Ber. Geobot. Forschungsinst. Rübel in Zürich* **1957**, Zürich 1958.

BODENVEGETATION UND NATURVERJÜNGUNG VON TANNE UND FICHTE IN EINEM ALLGÄUER PLENTERBESTAND

Von Hannes MAYER, München

Gegenüber den waldbaulichen Diskussionen über die beste Verjüngungsmethode wurden ökologische Fragen der Naturverjüngung lange weniger beachtet. Erst ŠIMÁK (1951) beschäftigte sich eingehend mit den Ansamlungsbedingungen von Tanne (*Abies alba*) und Fichte (*Picea abies*), insbesondere

mit dem Baumartenwechsel, dessen Gesetzmässigkeit er nachweisen konnte. Die Ursachen sind von so «komplizierter biologischer Art», dass eine ökologische Deutung nur teilweise glücken konnte. Als Klimaxbaumart kommt die Tanne Verjüngungsuntersuchungen weniger entgegen als zum Beispiel die Pionier- und Lichtbaumart Lärche mit einem sehr charakteristischen Verhalten bei der Verjüngung (AUER 1947). Unsere Kenntnis über die sehr komplexen Verjüngungsvorgänge ist noch lückenhaft, insbesondere über das Verhalten derselben Baumart auf verschiedenen Standorten. Bei Untersuchungen in einem Fichten-Tannen-Plenterbestand des Allgäus standen folgende Fragen im Vordergrund: Welche Faktoren begünstigen, welche hemmen die Tannenverjüngung? Welche waldbaulichen Massnahmen fördern die Tannenverjüngung, ohne dabei die Fichtenansamung zu beschleunigen? Unter welchen Voraussetzungen kommt die Fichte reichlich an? Wie sind die verschiedenen Standorte und Waldgesellschaften verjüngungsökologisch zu beurteilen?

Eingehender wurden 31 Probeflächen von 5 m² Grösse untersucht. Bei der Auswahl wurde lediglich auf die Erfassung aller Aspekte der Bodenvegetation geachtet. Durch Werfen der Begrenzungsschnur erfolgte die konkrete Festlegung der Probefläche. Es wurden notiert: Deckbaum bzw. Deckbäume, wenn die Fläche im Schirmbereich von verschiedenen Baumarten lag; Individuenzahl von Tanne und Fichte; Bodenvegetation, wobei für jede Art der Kraut- und Moosschicht der Deckungsgrad (Dominanz) in Prozenten geschätzt wurde; Humusform und Stärke der Humusauflage; wesentliche Merkmale einer Bodenschürfung bis in 30/50 cm Tiefe.

Für die Unterstützung der Untersuchungen danke ich Herrn Prof. Dr. J. N. KÖSTLER, Institut für Waldbau der Forstlichen Forschungsanstalt München, für die Ermöglichung der pH-Bestimmungen Herrn Prof. Dr. W. LAATSCH, Institut für Bodenkunde und meiner Frau RUTH für die Hilfe bei den Aussenaufnahmen.

1. Untersuchungsbestand

Das Untersuchungsgebiet ist durch die Veröffentlichung von KÖSTLER (1956) über Allgäuer Plenterwaldtypen bekannt geworden.

Standort: Der rund 8 ha grosse Bestand liegt bei Schnellers-Obertrogen (Simmerberg), 4 km südlich von Weiler im West-Allgäu. Geographisch gehört das Gebiet zu den nördlichen Ausläufern des Bregenzer Waldes. Höhenlage: 810–850 m. Klima: Kühl, Niederschläge reichlich; Jahrestemperatur 5–6 °C; Januar-/Juli-Temperatur –2/15 °C; 125–130 Tage über 10 °C. Jahresniederschlag 1600–2000 mm. Relief: Verebnung, teilweise kleinwelliges Plateau, gegen Westen und Osten sanft geneigt. Geologie: Obermiozäne Süsswassermolasse (Tonmergelstufe) wechselnd überlagert von Würm-Jungmoräne. Boden: Frischer, bindiger Lehmboden mit geringer Grobsand- und Kiesbeimischung, durch beträchtlichen Feinerdeanteil zur Verdichtung neigend; vorherrschend degradiertes Brauner Waldboden, in Mulden Pseudogley bis vergleht; grundfeucht, örtlich nass mit stark reduziertem Unterboden; z.T. anbruchige bis anmoorige Humusformen.

Natürliche Waldgesellschaft (Abb.1; aus J. KÖSTLER 1956): Moosreicher Fichten-Tannenwald; Durchdringung der Untergesellschaften mit *Vaccinium myrtillus* auf konvexem Kleinrelief und mit *Equisetum silvaticum* auf konkaven Geländeformen; an hängigen Stellen Übergang zum Tannen-Buchenwald mit *Festuca silvatica*; Gesellschaften mit Myrtillo-Abietetum, Equiseto-Abietetum und Abieto-Fagetum festuceosum im Sinne von KUOCH (1954) weitgehend übereinstimmend; lokale Besonderheit durch stärkeres Auftreten der Fichte und grösseren Nadelwaldeinfluss in der Bodenvegetation. Im Südosten grenzt ein Fichten-Moorrandwald an, der im Kontakt zum Spirkenmoorwald steht.

1) TYP	1 ESCHEN-BERGAHORN (SCHWARZERLEN)-WALD	2 BUCHEN-TANNEN- WALD	3 SCHACHTELHALM- TANNEN-FICHTEN-WALD	4 HEIDELBEER- TANNEN-FICHTEN-WALD	5 HEIDELBEER- TA-BU-FI-WALD	6 MOORRAND- WALD	7 SPIRKEN- MOORWALD
2) Verwandte Assoziationen nach KUOCH (1954) (1) nach ETTER 1947	Acereto-Fraxinetum carketosum pendulae	Abieto-Fagetum elymetosum/festuceosum	Equiseto-Abietetum fraxinetosum/hylocornet	Myrtillo-Abietetum Lysimachia-Variante*	Abieto-Fagetum luzuletosum(*)	Sphagno-Piceetum	Sphagno-Mugetum
3) Baumarten:	1/2 Esche, 1/2 Bergahorn Rest Schwarzerle etwas Tanne (Sträucher)	1/2 Tanne, 1/2 Buche Rest Fichte, Bergahorn	1/4 Tanne 1/4 Fichte (Esche, Bergahorn)	1/2 Tanne 1/2 Fichte etwas Buche, Eberesche	1/2 Fichte, 1/2 Tanne Rest Buche, Bergahorn Eberesche	Fichte, Tanne* unter- und zwischenständig, Frangula alnus	Moorsprike, Moorbirke (Fichte*) Zwergsträucher
4) Oberhöhen:	28 - 30 m	Tanne 36-38 m Fichte 37-40 m	Ta 30-32 m Fi 30-32 m	Ta 31-33 m Fi 33-35 m	Ta 28-33 m Fi 30-35	Ta 15-10 m Fi 25-20 m	6-12 m
5) Schlusstendenz:	Neigung zur Etagenbildung mit Strauchschicht	geschlossen mit viel Mittelschicht	Neigung zum Hallenschluss mit Lücken	ausgeprägte Neigung zur Plenterstufung	Neigung zur Plenterstufung	natürliche Auflockerungstendenzen.	fortschreitende Auflösung
6) Schematische Darstellung:							
7) Relief und Boden:	Hangfuss, Unterhang: vergleyte Hangschuttböden.	mässig steile Hanglagen entwickelte Braunerde biologisch aktiv, tiefgründig	sanft geneigte Lagen Pseudogley wechselnder Entwicklung	schwach gewölbtes Relief, Verebnungen, podsolige Hangbraunerde - mässig entwickelter Pseudogley.	Rücken, exponierte Hanglagen, podsolierte Braunerde, Rohhumus	Hochmoorränder sehr saurer nährstoff- armer Torfmoosboden/ Gleyboden mit wechselnder Torfähnlichkeit. Auflage	Hochmoor sehr saurer Hochmoor- torfboden.
8) Wasserhaushalt:	feucht - sickernass	ausgeglichener Wasserhaushalt, hangfrisch	feucht - wasserzähig örtlich quellig	frisch - feucht	mässig frisch - frisch, örtlich zur Austrocknung neigend	staunass - sickernass	nass, hoher Strauwasserstand
9) Verjüngungstendenz von Tanne und Fichte:	Tanne sehr schwach Fichte fehlend	Ta spärlich - mässig Fi mässig	Ta spärlich Fi sehr spärlich	Ta mässig - reichlich Fi - reichlich	Ta sehr reichlich Fi mässig	Ta reichlich, wenig vital Fi mässig - reichlich	Ta fehlend Fi spärlich

Abb. 1 Waldgesellschaftskomplex im Untersuchungsgebiet (aus J. KÖSTLER 1956)

Bestand: Der Tanne ($\frac{2}{3}$) - Fichten ($\frac{1}{3}$) - Bestand mit guter Vorratshaltung (600-700 Vorratsfestmeter) ist nicht durchwegs ideal gestuft und besitzt an starkholzreichen Stellen wenig Unter- und Zwischenstand. Örtlich ist das Plentergefüge durch Mittelholzüberschuss stark gefährdet. Nicht vital sind einzelne unter- bis zwischenständige Buchen mit geringen Stärken. Es herrschen mittlere bis bessere Wuchsverhältnisse; bei 40-60 cm Brusthöhendurchmesser erreicht die Tanne durchschnittlich 28-31 m Höhe, die Fichte 30-32 m. Ausformung ist normal.

2. Naturverjüngung von Tanne und Fichte

Charakteristisch sind für Tanne unregelmässig verteilte, relativ reichliche, bis 25 cm hohe Jungpflanzen im Alter von 1-10 Jahren. Selten beobachtet man Tannen-Unterständler von 0,5-3,0 m Höhe. Dagegen sind höhere Tannen wieder häufiger. Die dazwischenliegende Tannengeneration fehlt weitgehend. Das Ankommen und Fussfassen des Tannennachwuchses in zwei Wellen erklärt sich durch wechselnden Wildstand, da in den turbulenten Jahren nach

dem Ersten und Zweiten Weltkrieg jeweils eine die Tannenverjüngung begünstigende Dezimierung erfolgte.

Auf den Probeflächen (5 m²) schwanken die durchschnittlich höheren Tannenwerte (0–58) wesentlich stärker als die Zahl der Fichten-Jungpflanzen (0–33). Je ha kann man durchschnittlich mit knapp 40000 (bis 120000) Tannen und rund 15000 (bis 70000) Fichten rechnen (Abb.2). Dieses Verhältnis lehnt sich an die Baumartenmischung des überschirmenden Bestandes an. In grösseren Lücken, wo der stufige Aufbau des Plenterwaldes unterbrochen ist, samt sich die Fichte bei vergleichbaren Bodenverhältnissen wesentlich stärker an, so dass ihre Verjüngung durch zu geringen Lichtgenuss bei reichlicher Vorratshaltung gehemmt wird. Umgekehrt verhält sich Tanne. Dass für die Fichte im geschlossenen Bestand zu wenig Licht vorhanden ist, geht aus dem verschiedenen Vitalitätsgrad der Fichten- und Tannenjungpflanzen hervor. Tanne ist durchwegs kräftig, wenn auch mit typischem Schattensporn an älteren Individuen entwickelt. Im Durchschnitt ist die Fichte dürftig und etwas bleichgrün benadelt. Ohne Tannenverjüngung sind 6%, ohne Fichtennachwuchs 32% der Flächen. Dies weist ebenfalls auf ungünstigere Ansammlungsmöglichkeiten für die Fichte hin. Auch ŠIMÁK (1951) stellte fest, dass im Plenterwald ein grosser Teil der Flächen keine Fichtenverjüngung aufweist, während die sich reichlicher ansamende Tanne grössere Stetigkeit erreicht. Die bezeichnende Tannen-Dominanz in Plenterwäldern ist verjüngungsökologisch mitbedingt.

3. Baumartenwechsel

ŠIMÁK (1951) wies die Gesetzmässigkeit des Baumartenwechsels in schweizerischen Plenterwäldern nach. Darnach verjüngt sich Tanne besser unter Fichten-Schirm und Fichte kommt häufiger unter Tannen-Deckbäumen an. Beim Vergleich mit den Ergebnissen von ŠIMÁK ist zu berücksichtigen, dass die quadratischen Aufnahmeflächen nicht immer völlig im Kronenbereich, sondern mitunter nur im Traufbereich eines Deckbaumes lagen und teilweise verschiedene Baumarten die Probefläche beeinflussten.

Für die Tanne kann der Baumartenwechsel bestätigt werden (Abb.2). Unter dem Kronenbereich der eigenen Baumart verjüngt sie sich nur mässig, während man unter Fichten die dreifache Anzahl von Jungtannen feststellen kann. Flächen, die gleichzeitig von Tanne und Buche oder Fichte überschirmt werden, stehen in der Mitte. Durch die kontinuierliche Zunahme der Verjüngung von der Tannen- bis zur Fichtenüberschirmung wird bereits die Gesetzmässigkeit des Baumartenwechsels angedeutet. Infolge Streuung und geringer Probeflächenzahl ist er noch nicht endgültig gesichert, doch sehr wahrscheinlich. Die Mittelwertsdifferenz beträgt nur das 2,98fache der mittleren Abweichung (gefordert 3,4).

Entgegengesetzte Verjüngungsbedingungen gelten für die Fichte. Sie

samt sich reichlicher unter Tanne oder Buche als unter der eigenen Art an. Bei der geringen Zahl der Aufnahme­flächen, den absolut kleineren Individuen­zahlen und dem grossen Leerflächenprozent ergibt die statistische Prüfung nur eine grosse Wahrscheinlichkeit des Baumartenwechsels, wenn man die zufälligen Schwankungen (Ausreisser) mit in Rechnung stellt. Bei Vergrösse­rung des Unterlagenmaterials ist auch hier eine Sicherung der Gesetzmässigkeit zu erwarten.

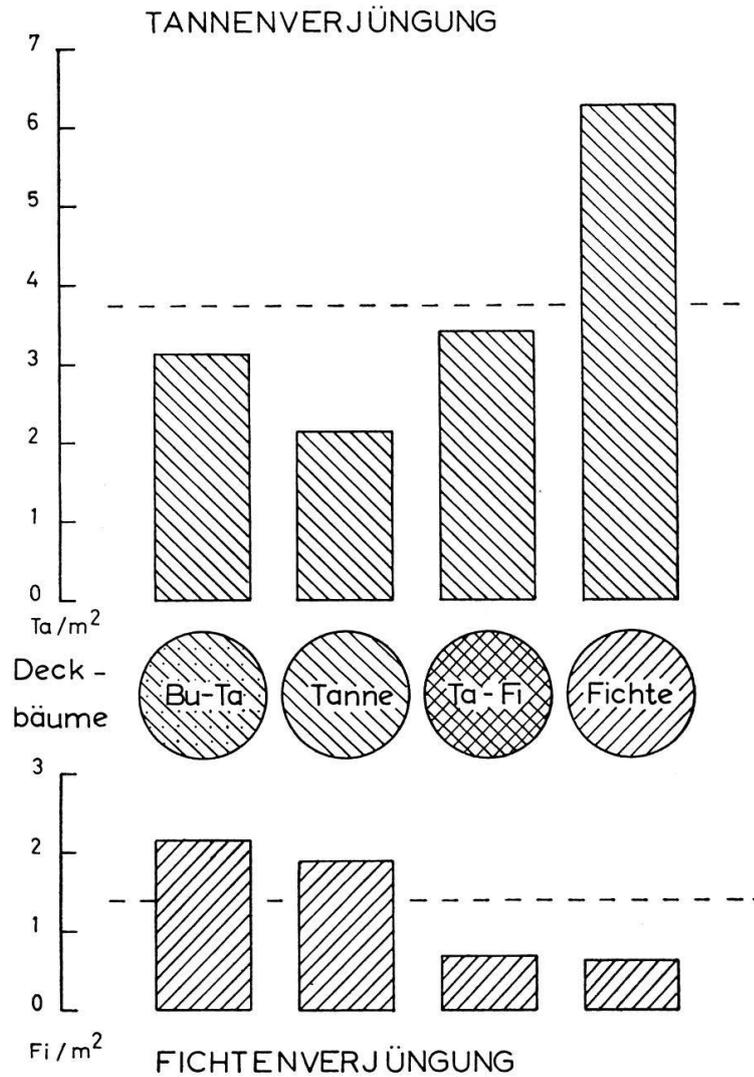


Abb. 2 Baumartenwechsel von Tanne und Fichte im Untersuchungsbestand

In dem untersuchten Plenterbestand bei Weiler im Allgäu vollzieht sich der Baumartenwechsel mit grosser Wahrscheinlichkeit gesetzmässig. Auf die Tannen- und Fichtenverjüngung wirkt darüber hinaus ein biologisch-ökologischer Faktorenkomplex ein, wie aus floristischen und standörtlichen Hinweisen zu entnehmen ist.

4. Bodenvegetation und Verjüngung (Abb. 3)

Krautschicht (Tab.1). Bei Deckungsgraden der physiognomisch recht unterschiedlichen Krautschicht (Summe der in Prozent geschätzten Deckungsgrade der Kräuter) zwischen 25–75%, Optimum um 40–50%, findet sich die Tanne am reichlichsten ein. Nur durchschnittliche Ansamung beobachtet man bei sehr geringen Deckungsgraden oder fehlender Krautschicht. Wird die Krautschicht vielschichtig deckend mit Werten über 100%, dann sinkt die Zahl der Jungtannen rasch ab, da der Wettbewerb durch stufig aufgebaute Schichten aus Kräutern, Gräsern, Farnen und Hochstauden zu stark wird. Deckungsgrade der Krautschicht bis rund 100% beeinflussen die Fichtenverjüngung wenig, wobei Einzelwerte erheblich schwanken. Ähnlich wie bei der Tanne wirken sich aber sehr hohe Deckungsgrade negativ aus. Die Tanne ist von der Krautschicht während der Verjüngungsphase abhängiger als die Fichtenverjüngung, da bei reichlicher und fehlender Ansamung Werte der Krautschicht bei Tanne um 100%, bei Fichte dagegen nur um etwa 50% differieren.

Bei artenarmer Krautschicht (bis 5 Arten) verjüngt sich Tanne reichlicher (6–7 Individuen/m²). Steigt die Artenzahl auf das Dreifache, geht die Zahl der Jungtannen auf die Hälfte zurück. Kommen auf der Probestfläche (5 m²) mehr als 15 Arten in der Krautschicht vor, zählt man im Durchschnitt nur 1–2 Tannen/m². Bei der Fichte prägen sich Unterschiede bei gleichzeitig erheblicheren Schwankungen weniger aus, wengleich steigenden Artenzahlen in der Krautschicht meist geringere Verjüngung gegenübersteht.

Biologisch und ökologisch ist bei ähnlichem Deckungsgrad eine aus wenigen Arten zusammengesetzte vollständig deckende Krautschicht (z.B. Petasites-Herden) nicht gleichwertig einer aus vielen Arten zusammengesetzten. Eine

Tabelle 1 *Bodenvegetation und Verjüngung*

Verjüngung	Tanne				Fichte			
	0–1	1–3	3–6	6–12	0	–1	1–3	3–7
Individuen/m²								
Krautschicht								
Deckungsgrad (%)	144	102	89	43	114	101	83	64
Artenzahl	13	12	12	8	11	12	10	10
Artmächtigkeit (%)	12	9	9	7	11	9	8	6
Moosschicht								
Deckungsgrad (%)	81	114	117	96	93	112	100	93
Artenzahl	5	6	7	6	6	6	6	6
Artmächtigkeit (%)	16	19	17	17	16	18	16	15

stufig aus vielerlei Gräsern, Kräutern und Stauden aufgebaute Schicht bietet schon durch das wechselnde Vegetationsgefüge vielfältigere Ansammlungsmöglichkeiten. Bei geringer Artmächtigkeit¹ von Kräutern (durchschnittlicher Deckungsgrad einer Art 5–10%) wurden die meisten Tannen beobachtet. Erreichen einzelne Arten grösseren biologischen Kampfwert, dann geht die Ansammlungswilligkeit zurück.

Eine relativ artenarme Krautschicht mit geringer Dominanz trägt in der Regel reichliche Tannenansamung. Je mehr uniforme Züge die Vegetation prägen und einseitigere ökologische Bedingungen vorherrschen, desto ungünstiger sind, insbesondere bei höheren Deckungsgraden, die Verjüngungsverhältnisse. Ähnlich, doch weniger ausgeprägt verhält sich die Fichte. Sie wird aber nicht in dem Masse wie die Tanne von einem artenarmen Krautschicht-Reinbestand in der Ansamung behindert.

Moosschicht. Die strukturell einheitlichere Moosschicht beeinflusst zufolge der Variabilität der Einzelwerte die Verjüngung weniger. Auch bei höheren Deckungsgraden (75–125%) samt sich im allgemeinen die Tanne noch reichlich an. Fehlen oder sehr spärliches Vorkommen der Moose scheint für die Verjüngung noch ungünstiger zu sein als ein zu dichter Teppich. Uneinheitlicher verhält sich wiederum die Fichte, wenn sie auch bevorzugt bei höheren Deckungsgraden der Moosschicht auftritt. Während bei abnehmenden Artenzahlen in der Krautschicht die Verjüngung zunimmt, ist es bei der Moosschicht eher umgekehrt. Extreme sind aber auch hier ungünstig. In der Moosschicht weist die Artmächtigkeit naturgemäss grössere absolute Werte auf. Wenn eine Moosart im Durchschnitt 10–20% der Fläche deckt, kommt die Tanne reichlicher an, bei geringeren Werten (5–15%) samt sich die Fichte besser an. Dichtere Moosdecken (meist bei geringerem Lichtgenuss) kann demnach die Tanne leichter besiedeln. Vorteile erwachsen ihr dabei u.a. durch das grössere Korngewicht, das aber durch die Samengrösse zum Teil ausgeglichen wird, und durch bedeutendere Nährstoffreserven im Samenkorn. Vegetationsgefügeuntersuchungen, im Sinne von KUJALA (1926) durch Saatversuche ergänzt, wären aufschlussreich.

Gesamte Bodenvegetation. Kraut- und Moosschicht sind nur mit Vorbehalt isoliert zu betrachten, da nahezu alle Flächen in wechselndem Mischungsverhältnis von beiden Schichten bedeckt werden. Bisher gewonnene Ergebnisse werden aber für die gesamte Bodenvegetation bestätigt.

Mittlere Deckungsgrade von 125–175% sind für die Tannenansamung am günstigsten. Bei Werten unter 100% ist die Verjüngung der Tanne spärlicher als bei sehr hohen. Auf nahezu vegetationslosen Flächen fehlt im allgemeinen Tannenansamung (bis spora-

¹ Die Artmächtigkeit jeder Spezies ergibt sich aus der Abundanz (Individuenzahl) und der Dominanz (Deckungsgrad); siehe BRAUN-BLANQUET 1951.

disch). Extreme beeinflussen die Fichte weniger als die Tanne. Bei sehr geringen (unter 10) und sehr hohen (21 und mehr) Artenzahlen der Bodenvegetation ist nur spärliche Verjüngung der Tanne festzustellen. Ausserdem geht mit zunehmender Artmächtigkeit und bei einer Bodenvegetation, in der relativ wenige Arten dominant werden, die Verjüngungshäufigkeit auffallend zurück.

Die Krautschicht beeinflusst die Tannenverjüngung entscheidender als die Moosschicht. Wenn die Moosschicht dominiert und die Krautschicht zurücktritt oder höchstens gleichhohen Deckungsgrad erreicht, verjüngt sich die Tanne gut (6 Individuen/m²). Bei gleichem bis 1,5fach höherem Deckungsgrad der Krautschicht im Vergleich zur Moosschicht sind im Durchschnitt nur noch 1–2 Individuen/m² zu finden. Grössere Konkurrenzkraft der Krautschicht, die zum Verschwinden der Moosschicht führt, tritt, abgesehen von stärkerer Belichtung, nur bei bestimmten Umweltverhältnissen auf. Die Verjüngung wird also nicht nur vom Wettbewerb durch die Bodenflora, sondern auch durch standörtliche Unterschiede beeinflusst. Ähnliches gilt für die Fichte. Krautreiche Probeflächen sind nur spärlich von Verjüngung besetzt. Das Absinken der Ansamungsfähigkeit erfolgt nicht in so ausgeprägter Form wie bei der Tanne.

Fördert nun Vegetationslosigkeit die Ansamung, nachdem die Konkurrenz der Kraut- und Moosschicht für die Verjüngungshäufigkeit von Bedeutung ist? Wenn Bodenvegetation fehlt oder nur fleckenweise vorkommt, ist wenig Verjüngung festzustellen. Vegetationslosigkeit der Fläche ist verjüngungsökologisch nur dann für die Tanne von Vorteil, wenn gleichzeitig die Qualität der Streuschicht und der Oberbodenzustand – z.B. beginnende Umsetzungsverhältnisse durch Besiedlung mit Moosen und Kleinpflanzen angezeigt – entsprechend sind. War die Streuschicht nur noch auf rund 10% der Fläche sichtbar, dann wurden die höchsten Verjüngungszahlen bei der Tanne notiert. Die Fichte verjüngt sich besser, wenn die Streuschicht kaum mehr zu Tage tritt. Dies weist darauf hin, dass in erster Linie Lichtmangel eine optimale Entfaltung der Fichtenverjüngung in vegetationsarmen Probeflächen verhindert. Messung der Lichtwerte bei jeder Aufnahme- und Verjüngungsfläche wären erwünscht.

Neben dem Baumartenwechsel macht sich ein unterschiedlicher Einfluss der Bodenvegetation auf die Tannen- und Fichtenverjüngung bemerkbar. Der Wettbewerb durch die Bodenflora spielt also nicht nur für die Verjüngung der Lichtbaumarten, z.B. Föhre (TANNER 1946, HUNZIKER 1952, WITTICH 1955) oder Lärche (AUER 1947) eine wichtige Rolle.

Für die Tanne bestehen günstige Ansamungsverhältnisse bei folgenden Voraussetzungen: Fichten- (evtl. Buchen-) Deckbaum; artenarme Krautschicht mit mässigem Deckungsgrad und geringer Artmächtigkeit; artenreicher, mehr als die Hälfte der Fläche deckender Moosteppich, der eine grössere Fläche einnehmen soll als die Krautschicht; kleine Streuschichtflecken sollen die Bodenvegetation auflockern. Ungünstig sind Tannen-Deckbaum, vielschichtige, artenreiche Krautschicht mit erheblichen Dek-

kungsgraden und grösserer Artmächtigkeit, Reinbestandscharakter der Bodenvegetation, Extreme in der Ausgestaltung der Mooschicht.

Für die Fichte gelten etwas andere Verjüngungsbedingungen. Abhängigkeit von der Bodenflora besteht auch für sie (vgl. HERTZ 1932). Ein sekundäres Verjüngungsoptimum bei einer den ganzen Boden deckenden Kraut- und Mooschicht ist nur lokal bedingt. Die im Vergleich zur Tanne höheren Extremwerte der Krautschicht kennzeichnen deshalb günstigere Ansamungsverhältnisse, da dann in der Regel der Lichtgenuss grösser ist. Infolge des Lichtmangels im stufig aufgebauten Plenterwald verjüngt sich die Fichte nicht so reichlich wie die Tanne. Von der Bodenvegetation wird die Fichte aber weniger als die Tanne behindert. Die Fichte kann also, wenn ihr Minimumfaktor – Lichtgenuss – befriedigt wird, an zahlreicheren Wuchsstellen zur Verjüngung kommen. Gerade im «Plünderwald» ist das zu beobachten.

Verjüngungsökologisch bedeutsame «Wuchsformen»¹. Sowohl Tannen- als auch Fichtenverjüngung werden von der Krautschicht stärker beeinflusst. Eine Aufgliederung nach «Wuchsformen» gibt Aufschluss, welche Arten dabei entscheidend sind.

Arten ähnlicher Wuchsform mit verjüngungshemmender Wirkung wurden zu Gruppen zusammengefasst. Die Strauchschicht ist im Untersuchungsgebiet nur schwach entfaltet. Von den Sträuchern und Halbsträuchern (zur Krautschicht gerechnet) spielen nur *Rubus idaeus*, *Rubus fruticosus*, *Lonicera nigra* und *Vaccinium myrtillus* eine grössere Rolle. Zu einer anderen Gruppe wurden Arten gestellt, die eine Verunkrautung des Bodens bewirken. Das sind vor allem raumdeckende und beschattende Arten hoher Geselligkeit und grosser Konkurrenzkraft, insbesondere Hochstauden. Dazu wurden u.a. gezählt: *Equisetum silvaticum*, *Prenanthes purpurea*, *Circaea spec.*, *Impatiens noli-tangere*, *Paris quadrifolia*, *Sanicula europaea*, *Petasites albus*, usw. Farne (*Dryopteris austriaca*, *Dryopteris filix-mas*, *Athyrium filix-femina*, *Blechnum spicant*, *Dryopteris linnaeana*) wurden ebenfalls zusammengefasst, da die Bodenabschirmung durch ihr üppiges Wachstum der Verjüngung nicht förderlich ist. Gemeinhin wird die Vergrasung für die Verjüngung ungünstig bezeichnet. Die nur spärlich auftretenden Süss- und Sauergräser (z.B. *Carex silvatica*, *Carex remota*, *Brachypodium silvaticum*) bilden eine weitere Gruppe. Die übrigen Arten wirken kaum verjüngungshemmend, da sie von kleinem Wuchs und geringem Beschattungsvermögen (z.B. *Oxalis acetosella*, *Anemone nemorosa*) sind oder das soziale Verhalten keine Gefährdung für die Verjüngung erkennen liess (z.B. *Asperula odorata*, *Galium rotundifolium*).

Bei reichlicher Ansamung herrschen in der Bodenvegetation jene Arten vor (50–60% Vegetationsanteil), die nicht offensichtlich die Verjüngung hemmen. Bei spärlicher bis fehlender Ansamung der Baumarten geht ihr Vegetationsanteil auf etwa 20% zurück. Die Bedeutung des Wettbewerbs der Bodenflora durch bestimmte Gruppen wird damit bestätigt. Mit ab-

¹ Unter «Wuchsformen» werden hier Pflanzen mit bestimmtem, verjüngungsökologisch bedeutsamem Habitus verstanden; die Einteilung steht in keinem direkten Zusammenhang zum Lebensformensystem von RAUNKIAER.

nehmender Verjüngungswilligkeit von Tanne und Fichte nimmt die Zahl der ausgesprochen verjüngungshemmenden Arten von 14 auf 25 zu. Entscheidend ist nicht die Artenzahl, sondern vielmehr der Deckungsgrad der Wuchsformengruppe als Ausdruck des biologischen Kampfwertes. Die Tannenverjüngung wird wesentlich stärker beeinflusst als die Fichtenansamung, bei der keine so klaren Zusammenhänge zu erkennen sind.

Ähnlich sind gegenüber Tannen- und Fichtenverjüngung die Sträucher zu bewerten, die aspektmässig nur untergeordnete Bedeutung erreichen. Bei verschiedener Verjüngungshäufigkeit ändert sich ihre Gruppenmenge (Summe der Deckungsgrade der einzelnen Arten) nur wenig. Eine lockere Strauchschicht, die den Wuchs der Stauden und Farne hemmt, scheint für die Ansamung eher vorteilhaft. Bei reichlicher Tannenverjüngung verhindern gleichsam die Sträucher mit einem Vegetationsanteil von über 70% die Entwicklung der übrigen hemmenden Artengruppen. Mit Ansamungsrückgang tritt eine ökologische Umschichtung bei den Sträuchern ein; *Lonicera nigra* und *Vaccinium myrtillus* bleiben aus, *Rubus*-Arten treten an ihre Stelle. Indirekt wird hierdurch auch der grössere Lichtgenuss bei Flächen mit spärlicher Tannenverjüngung angezeigt, da für *Rubus* ein vitales und reichliches Auftreten bei zu starker Beschirmung nicht möglich ist.

Zunehmende Verunkrautung und Vergrasung sowie Auftreten üppiger Farnherden behindern sichtlich die Tannenverjüngung. Verdämmende Wirkung der konkurrenzkräftigeren Hochstauden und Farne ist ausschlaggebend für den Misserfolg der Ansamung. Inwieweit der durch diese Arten angezeigte Standort dabei mitspielt, bedarf näherer Untersuchung. Auch die abgestorbenen Farnwedel und Hochstauden behindern nicht nur das Wachstum der Moose und kleinen krautigen Pflanzen (KUJALA 1926), sondern ebenso die Entwicklung der Tannen-Keimlinge, sofern sie überhaupt noch Fuss fassen können. Die im Winter vom Schnee zusammengedrückte Unkrautvegetation bietet ein mechanisches Hindernis für die Ansamung und die oft auffällige Verschimmelung schafft ein ungünstiges Keimbett.

Von einer Vergrasungsgefahr auf den Flächen geringer Ansamung kann man im Untersuchungsbestand nicht sprechen.

Hochstauden und Farne behindern die Fichtenverjüngung in geringerem Ausmass als die Tannenverjüngung. Bei grösserem Lichtgenuss auf verunkrauteten Flächen findet man die Fichte spärlich in Vegetationslücken, während die Tanne sporadisch gerade im Schatten der Bodenvegetation mit geringer Vitalität Fuss fasst.

Die verschiedenen verjüngungsökologisch bedeutsamen Wuchsformen wirken nicht in gleicher Weise für Tanne und Fichte ansamungshemmend. Eine floristisch-ökologische Analyse der Bodenvegetation ist deshalb erforderlich.

Vegetationsunterschiede (Tab.2). Bei einer klimaxnahen Waldgesellschaft, die aus Schattbaumarten zusammengesetzt ist, sind bei unterschiedlicher Ansamung keine so eindeutigen vegetationskundlichen Unterschiede zu erwarten wie bei der Lärchenverjüngung im Pionierstadium und in der Schlusswaldphase des Rhodoreto-Vaccinietum (AUER 1947).

In der Vegetationsliste werden für vier Gruppen unterschiedlicher Ansamungshäufigkeit bei jeder Art jeweils die Stetigkeit (Auftreten der Art in % aller Aufnahmen der Gruppe) sowie die durchschnittliche Menge (Deckungsgrad in %) mitgeteilt. Deckungsgrade der Arten auf den einzelnen Flächen schwanken ziemlich, da das Minimum-Areal zur Erfassung der charakteristischen Werte wesentlich grösser ist als die Probe-fläche.

Arten grosser Stetigkeit, die ausschliesslich überdurchschnittliche Tannenverjüngung kennzeichnen, gibt es kaum; meines Erachtens sind hierher zu rechnen *Hieracium murorum*, *Ptilium crista-castrensis*, *Sphagnum spec.*, auch *Lonicera nigra*. Einzelne Arten, die auf solchen Flächen höhere Stetigkeit und grösseren Deckungsgrad erreichen, kommen vereinzelt, allerdings dann mit geringer Menge, auch noch bei spärlicher Verjüngung vor (*Lycopodium annotinum*, *Dicranum scoparium*, *Vaccinium myrtillus*). Gegenüber der Tannenverjüngung mehr oder minder indifferente Arten sind zahlreicher; z.B. *Oxalis acetosella*, *Maianthemum bifolium*, *Hylocomium splendens*, *Rhytidiadelphus loreus*, *Polytrichum formosum*, *Eurhynchium striatum*. Die Verjüngungsstärke kann leichter durch Arten belegt werden, die ausschliesslich auftreten, höheren Deckungsgrad erreichen und vitaler sind, wenn die Tannenverjüngung immer mehr ausbleibt; z.B. *Mnium affine*, *Athyrium filix-femina*, *Rubus spec.*, *Carex silvatica*, *Circaea lutetiana*, *Circaea alpina*, *Paris quadrifolia*, *Carex remota*, *Dryopteris filix-mas*, *Geranium robertianum*, *Ajuga reptans* und Hochstauden (*Cirsium*, *Petasites*). Bei Rückgang der Verjüngung nimmt die Zahl dieser Arten nur wenig zu (10–16), dagegen erhöht sich die durchschnittliche Gruppenmenge (Summe der Deckungsgrade) ausserordentlich (8–135%). Von den einmalig notierten Arten gehören die meisten hierher (*Cirsium*, *Petasites*).

Die für die Beurteilung der Tannenverjüngung sich ergebende Arten-gruppierung ist für floristische Unterschiede bei wechselnder Fichtenansamung wenig bezeichnend. Wirklich typische Begleiter reichlicher Verjüngung gibt es nicht. Nur die für geringe Tannenverjüngung bezeichnende Gruppe ist auch bei Fichte mit abnehmender Ansamungshäufigkeit stärker entwickelt. Die Unterschiede in der Gruppenmenge sind aber bei verschiedener Verjüngungshäufigkeit wesentlich geringer (35%–80%) als bei der Tanne. Eine vegetationskundliche Kennzeichnung wechselnder Ansamungshäufigkeit ergibt bei der Fichte ein indifferenteres Bild als bei der Tanne,

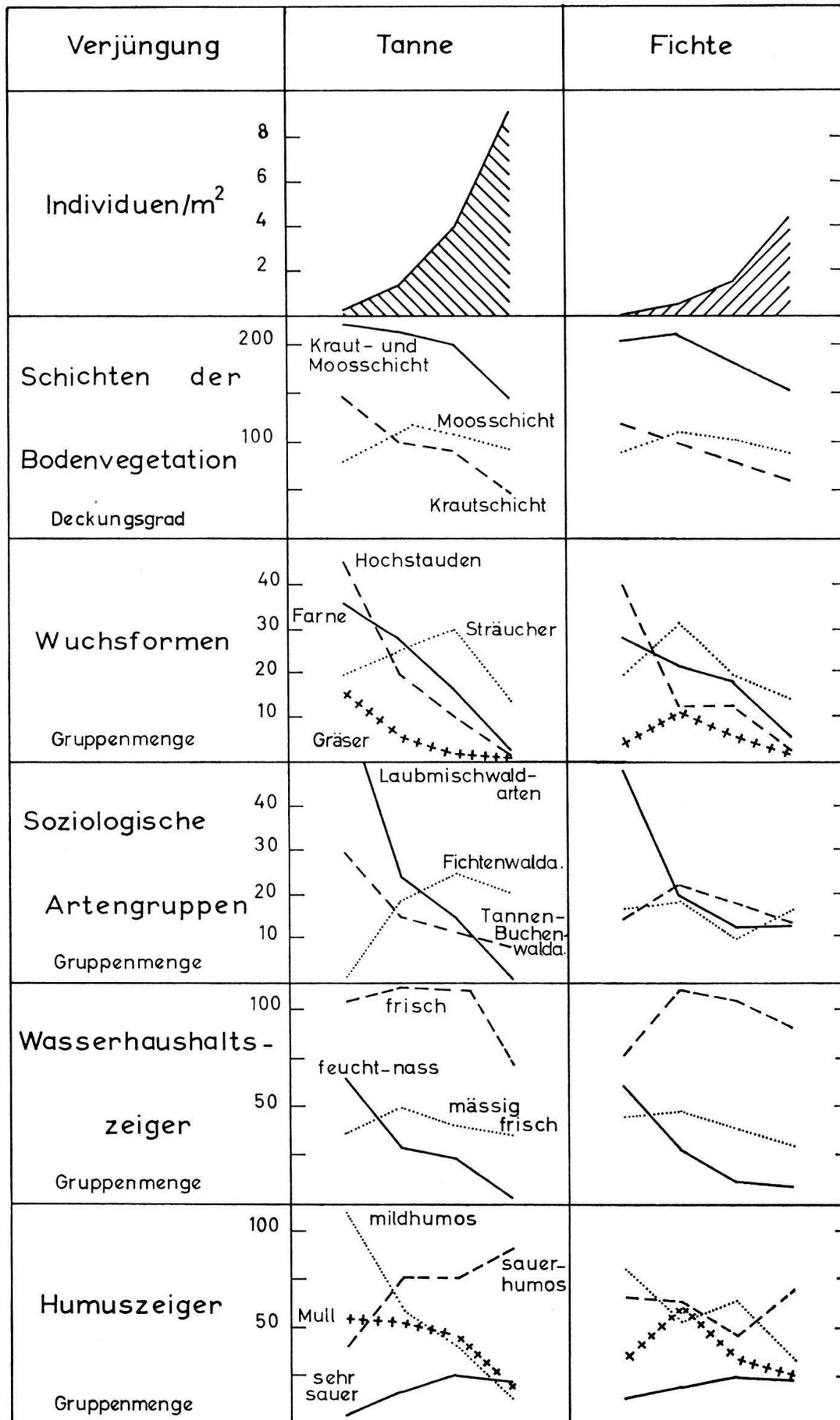


Abb. 3 Naturverjüngung in Abhängigkeit von Bodenvegetation und Standort

wie auch die «bezeichnenden» Moose *Thuidium tamariscinum* und *Rhytidadelphus triquetrus* zeigen.

Eine eingehende floristisch-statistische Analyse von Probestellen reichlicher und fehlender Verjüngung zeigte, dass Standorte wechselnder Ansammlungen bei der Tanne durch Arten gekennzeichnet werden, die sich biologisch (Korrelation zwischen Stetigkeit und Deckungsgrad) einheitlicher verhalten als die für die Fichte signifikanten Arten. Ihre grössere ökologische Indifferenz ist daher nicht überraschend.

5. Zur Ökologie der natürlichen Verjüngung (Abb. 3)

Soziologische Charakteristik. Wie ist soziologisch die Verjüngung von Tanne und Fichte auf einem Standort zu beurteilen, wo sich die Untergesellschaften des Fichten-Tannenwaldes mit *Vaccinium myrtillus* und *Equisetum silvaticum* eng verzahnen. Eine Gegenüberstellung soziologischer Artengruppen bei verschiedener Verjüngungshäufigkeit gibt Auskunft.

Zu den lokalen Fichtenwaldarten wurden u.a. gerechnet: Fichte in der Krautschicht, *Lonicera nigra*, *Lycopodium annotinum*, *Vaccinium myrtillus*; Tannen-Buchenwaldarten: Tanne und Buche in der Krautschicht, *Asperula odorata*, *Prenanthes purpurea*, *Lysimachia nemorum*, *Phyteuma spicatum*, *Lamium galeobdolon*, *Epipactis latifolia*, *Actaea spicata*, *Catharinaea undulata*; Laubmischwaldarten: *Equisetum silvaticum*, *Mnium undulatum*, *Circaea alpina*, *Carex remota*, *Impatiens noli-tangere*, *Circaea lutetiana*, Arten mit Schwerpunkt im Ahorn-Eschenwald.

Der durchschnittliche Anteil soziologischer Artengruppen an der Bodenvegetation mit 20–30% ist bescheiden. Bei reichlicher Tannenverjüngung sind zwar die Hälfte der Arten für den Tannen-Buchenwald eigentümlich, die Gruppenmenge erreicht aber infolge geringer Soziabilität nur einen Anteil von 30%. Die wenigen Fichtenwaldarten dominieren, da *Vaccinium myrtillus* zur Herdenbildung neigt. Je vitaler Fichtenwaldarten im Untersuchungsbestand auftreten, desto reichlicher verjüngt sich die Tanne.

Zwischen dem Auftreten der Laubmischwaldarten und der Verjüngungshäufigkeit bestehen die engsten Zusammenhänge. Wenn die Artenzahl erheblich zunimmt (4–13) und die Gruppenmenge sich stark vergrössert (2–64%), dann bleibt die Tannenverjüngung rasch aus. Es ist zu klären, ob der Rückgang der Ansammlung von der Vegetation verursacht wird oder ob der durch diese Arten angezeigte Laubmischwaldstandort ungünstige Verjüngungsökologische Bedingungen hervorruft.

An Kleinstandorten, die soziologisch zum nadelbaumreichen Mischwald tendieren, samt sich die Tanne mit Vorliebe an. Verjüngungsschwierigkeiten ergeben sich, wenn die Vitalität der Fichtenwaldarten zurückgeht und Arten aus dem Laubmischwald mit grösseren Deckungswerten an ihre Stelle treten. Tanne samt sich kaum mehr an, wenn Fichtenwaldarten fehlen, verunkraut-

tende Laubmischwaldarten dominieren und Tannen-Buchenwaldarten nur niedrigere Deckungsgrade erreichen.

Das soziologische Kennartengefüge ist bei wechselnder Fichtenverjüngung nicht so unterschiedlich. Tannen-Buchenwald- und Fichtenwaldarten bleiben durchschnittlich nach Zahl und Gruppenmenge nahezu gleich, d.h. die Indifferenz der Fichte ist grösser. Wenn Laubmischwaldarten häufiger, insbesondere mit höheren Deckungsgraden vorkommen, dann geht auch die Fichtenverjüngung zurück. Die Unterschiede sind aber nicht so ausgeprägt wie bei der Tanne. Auch in dieser Hinsicht verhält sich die Fichte weniger markant, d.h. sie ist bei der Verjüngung an keine so speziellen soziologischen Verhältnisse gebunden wie die Tanne. Da die Fichte in der Verjüngungsphase soziologisch und damit auch ökologisch vielseitigere Standorte zu besiedeln vermag, ist sie im Wettbewerb der Tanne bei ausreichendem Lichtgenuss überlegen.

Standortseigenschaften. Tannenverjüngung bleibt mit zunehmender Verunkrautung durch Hochstauden, Farne und Gräser und beim stärkeren Auftreten von Laubmischwaldarten aus. Optimale Ansamung erfolgt im krautarmen und moosreichen Fichten-Tannenwald. Daraus resultiert folgende Kennzeichnung ansamungsfreudiger Standorte: Mässig frischer bis frischer Boden mit ausgeglichenem Wasserhaushalt und modriger bis rohhumusartiger Auflage; typische Verhältnisse des Fichten-Tannenwaldes bei stufig aufgebauten, geschlossenen Beständen, reduzierter Lichtgenuss für die Bodenvegetation. Ungünstig wirken Auflösung des Tannenwaldgefüges, Zunahme gesellschaftsfremder Wuchsformengruppen in der Bodenflora (vgl. KUOCH 1954). Die Ansprache der Bodenflora nach ihrem standortsanzeigenden Wert und die Auswertung der Bodenschürfungen erlauben einen relativen Vergleich von Flächen verschiedener Verjüngungshäufigkeit.

Grosse Unterschiede im Wasserhaushalt bei verschiedener Ansamungswilligkeit bestehen nicht. An mässig frischen, bis frischen Kleinstandorten ist die Tannenverjüngung reichlicher als an feuchten, wasserzügigen, sicker- oder gar staunassen. Der erheblich grössere Deckungsgrad bodenfeuchter-sickernasser Arten bei fehlender Verjüngung – nahezu ein Drittel der Bodenvegetation – unterstreicht die ungünstige Wirkung zu grosser Bodenfeuchtigkeit für die Tannenverjüngung.

Engere Beziehungen bestehen zwischen Humusverhältnissen und Ansamungswilligkeit. Günstiges Keimbett für die Tanne ergeben sauerhumoser Oberboden, Moder bzw. Rohhumus mit stockendem Abbau und Pilzhumusbildung. Mildhumoser Moder mit guter Zersetzung und Mullhumus sind für Standorte geringer Tannenverjüngung typisch. Verschiedene Artengruppen deuten diesen Befund bereits an. Begleiter reichlicher Tannenverjüngung, fast durchwegs Fichtenwaldarten, sind ja für sauren Humus und stockenden Streuabbau kennzeichnend, während Vergrasung und Verunkrautung enger

Tabelle 2 Floristische Zusammensetzung der Bodenvegetation bei wechselnder Tannen- und Fichtenverjüngung (78², 100⁸ etc.: grosse Zahlen = Stetigkeit; höher gestellte kleine Zahlen = mittlerer Deckungsgrad in %)

	TANNE				Verjüngung	FICHTE			
	9	7	6	9	Anzahl der Probeflächen	10	9	7	5
	0-1	1-3	3-6	6-12	Individuen/m ²	0	-1	1-3	3-7
Baumarten in der Kraut- schicht	78 ²	100 ⁸	100 ²⁰	100 ⁴⁶	<i>Abies alba</i>	90 ¹⁷	89 ²²	100 ¹⁵	100 ²⁹
	56 ⁹	71 ⁵	83 ⁴	67 ¹⁵	<i>Picea excelsa (abies)</i>	-	100 ²	100 ⁸	100 ²²
	11 ⁺	14 ⁺	17 ⁺	33 ²	<i>Fagus sylvatica</i>	10 ⁺	22 ³	29 ⁺	20 ⁺
	-	43 ⁺	17 ⁺	22 ¹	<i>Sorbus aucuparia</i>	20 ³	22 ¹	29 ³	-
	44 ²	-	17 ⁺	11 ⁺	<i>Acer pseudoplatanus</i>	30 ¹	11 ⁵	29 ⁺	-
	-	-	-	22 ⁺	<i>(Quercus robur)</i>	10 ⁺	11 ⁺	-	-
Häufige Arten bei reichlicher Tannenver- jüngung	-	-	33 ⁺	11 ⁺	<i>Hieracium murorum</i>	-	11 ⁺	14 ⁺	20 ⁺
	-	-	17 ⁺	11 ⁵	<i>Ptilium crista-castrensis</i>	10 ⁵	11 ⁺	-	-
	-	-	17 ⁵	22 ³³	<i>Sphagnum spec.</i>	10 ⁵⁵	11 ⁵	-	20 ¹⁰
	-	14 ¹⁰	-	33 ²	<i>Lonicera nigra</i>	10 ⁵	22 ⁺	14 ¹⁰	-
	-	14 ⁺	17 ⁺	33 ²	<i>Luzula pilosa luzulina</i>	20 ⁺	-	29 ³	20 ⁺
	11 ⁵	29 ³	17 ¹⁰	44 ¹³	<i>Lycopodium annotinum</i>	10 ⁵	22 ¹³	29 ¹⁰	60 ⁷
	-	29 ¹³	17 ⁺	56 ⁵	<i>Dicranum scoparium</i>	10 ¹⁰	11 ⁵	43 ⁹	60 ³
	11 ⁵	57 ⁴⁰	67 ³¹	67 ¹⁷	<i>Vaccinium myrtillus</i>	40 ³³	44 ³³	57 ⁵	60 ¹⁵
Gegenüber der Tannenver- jüngung ± indiffe- rente Arten	89 ¹⁸	43 ¹⁷	100 ¹³	89 ¹⁰	<i>Oxalis acetosella</i>	70 ¹⁰	89 ¹¹	71 ¹⁷	100 ¹⁷
	67 ⁸	86 ⁸	100 ⁸	78 ⁹	<i>Maianthemum bifolium</i>	70 ⁸	89 ⁶	86 ¹⁰	80 ⁹
	56 ⁷	86 ¹⁰	83 ¹²	100 ³⁰	<i>Hylocomium splendens</i>	60 ¹⁵	89 ¹²	100 ¹²	80 ²⁹
	44 ⁹	71 ¹⁹	100 ²⁹	78 ²³	<i>Rhytidiadelphus loreus</i>	60 ¹¹	89 ¹⁸	71 ³⁰	60 ³⁰
	56 ¹³	57 ²⁸	83 ⁹	89 ²⁰	<i>Polytrichum formosum</i>	70 ²³	78 ¹⁴	57 ²⁰	80 ¹³
	89 ²⁵	57 ⁴⁰	83 ²⁷	44 ²³	<i>Eurhynchium striatum</i>	50 ³⁰	89 ²⁶	71 ²¹	60 ²²
	33 ⁷	57 ⁸	83 ³	33 ²	<i>Thuidium tamariscinum</i>	80 ⁵	44 ⁵	29 ⁵	20 ⁺
	33 ⁷	43 ⁵	50 ⁵	56 ⁵	<i>Dryopteris austriaca</i>	40 ⁶	56 ⁶	43 ⁵	40 ³
	44 ⁴	57 ⁵	33 ⁵	44 ²	<i>Asperula odorata</i>	30 ⁴	56 ⁵	57 ⁴	40 ³
	33 ³	43 ⁵	67 ⁵	33 ³	<i>Galium rotundifolium</i>	20 ⁺	67 ⁴	71 ⁶	-
	44 ⁸	43 ⁴	33 ²⁰	22 ³	<i>Equisetum silvaticum</i>	40 ¹⁶	33 ⁵	14 ⁺	60 ²
	11 ¹⁰	43 ¹²	17 ⁵	56 ⁴	<i>Rhytidiadelphus triquetrus</i>	40 ⁵	33 ⁷	29 ¹⁸	20 ⁵
	22 ⁵	29 ⁵	50 ²	22 ⁴	<i>Prenanthes purpurea</i>	10 ⁵	44 ³	43 ³	20 ⁵
	11 ⁵	29 ⁵	33 ²⁰	11 ¹⁰	<i>Plagiochila asplenioides</i>	20 ¹⁰	11 ³⁰	29 ⁵	20 ⁵
	11 ⁵	29 ⁵	17 ⁵	11 ³	<i>Lysimachia nemorum</i>	30 ⁵	22 ⁴	-	-
	22 ⁺	14 ⁺	-	22 ⁺	<i>Anemone nemorosa</i>	20 ⁺	11 ⁺	14 ⁺	20 ⁺
	11 ⁺	14 ⁵	-	22 ⁺	<i>Phyteuma spicatum</i>	20 ³	11 ⁺	-	20 ⁺
	11 ⁵	14 ⁺	17 ⁺	11 ⁺	<i>Lamium galeobdolon</i>	30 ²	-	-	20 ⁺
	11 ⁺	14 ³⁰	-	11 ⁺	<i>Blechnum spicant</i>	10 ⁺	11 ⁺	14 ³⁰	-
	11 ⁺	14 ⁺	7 ⁺	-	<i>Epipactis latifolia</i>	20 ⁺	-	14 ⁺	-
-	29 ⁵	17 ⁺	-	<i>Ranunculus lanuginosus</i>	10 ⁺	22 ⁵	-	-	
11 ⁵	-	17 ⁵	-	<i>Actaea spicata</i>	10 ⁵	11 ⁵	-	-	
11 ⁵	-	-	11 ⁵	<i>Catharinaea undulata</i>	10 ⁵	-	14 ⁵	-	
Häufige Arten bei spärlicher Tannenver- jüngung	78 ²⁰	86 ²⁴	100 ¹⁵	44 ⁸	<i>Mnium affine</i>	70 ¹²	89 ²⁶	86 ¹⁵	40 ¹⁰
	89 ³⁴	71 ²⁶	67 ¹⁹	11 ⁵	<i>Athyrium filix-femina</i>	70 ³⁴	67 ²⁸	43 ²⁰	40 ¹⁰
	78 ¹⁸	43 ²⁸	83 ¹⁰	33 ³	<i>Rubus idaeus fruticosus</i>	60 ¹³	67 ¹⁸	29 ⁴⁵	80 ⁶
	89 ¹¹	57 ⁵	50 ³	22 ³	<i>Carex silvatica</i>	50 ³	44 ¹⁹	57 ⁵	80 ⁴
	89 ²⁶	57 ²⁷	33 ²⁵	22 ⁵	<i>Mnium undulatum</i>	50 ²¹	56 ²³	43 ³⁰	60 ²⁰
	78 ⁶	14 ⁵	50 ⁵	11 ⁵	<i>Viola silvatica</i>	30 ⁵	33 ⁷	43 ³	60 ⁵
	67 ⁴	29 ³	17 ⁺	11 ⁺	<i>Circaea alpina lutetiana</i>	30 ²	56 ²	14 ⁵	20 ⁵
	44 ⁸	29 ¹⁸	33 ⁺	11 ⁺	<i>Sanicula europaea</i>	20 ⁸	33 ⁵	29 ¹⁸	40 ⁵
	33 ⁴	43 ¹⁰	33 ³	-	<i>Fragaria vesca</i>	10 ¹⁰	22 ⁸	43 ⁷	40 ¹
	44 ⁸	29 ³	33 ⁺	-	<i>Carex remota</i>	30 ⁸	56 ²	-	-
	33 ⁵²	14 ⁵	-	11 ¹	<i>Impatiens noli-tangere</i>	30 ⁵²	22 ³	-	-
	22 ⁵	29 ⁵	-	11 ⁺	<i>Paris quadrifolia</i>	30 ⁵	11 ⁺	14 ⁵	-
	22 ⁺	29 ⁺	-	-	<i>Hieracium spec.</i>	20 ⁺	11 ⁺	-	20 ⁺
	22 ¹⁰	29 ³	-	-	<i>Dryopteris filix-mas</i>	10 ²⁰	-	29 ³	20 ⁺
	22 ⁵	14 ⁺	-	-	<i>Geranium robertianum</i>	20 ⁵	11 ⁺	-	-
	22 ⁵	-	-	-	<i>Ajuga reptans</i>	20 ⁵	-	-	-
11	9	6	5	Einmalig notierte Arten	9	11	7	4	

an Mull und mildhumose Bildungen bis Moder besserer Zersetzung gebunden sind.

Diese Diagnose der Humusverhältnisse nach dem aus der Erfahrung gewonnenen Indikatorwert der Bodenvegetation wird durch Ansprache der Humusform und Messung der Humusauflage bestätigt (Abb.4). Tanne verjüngt sich reichlich bei gehemtem Streuabbau (Moder bis Rohhumus)

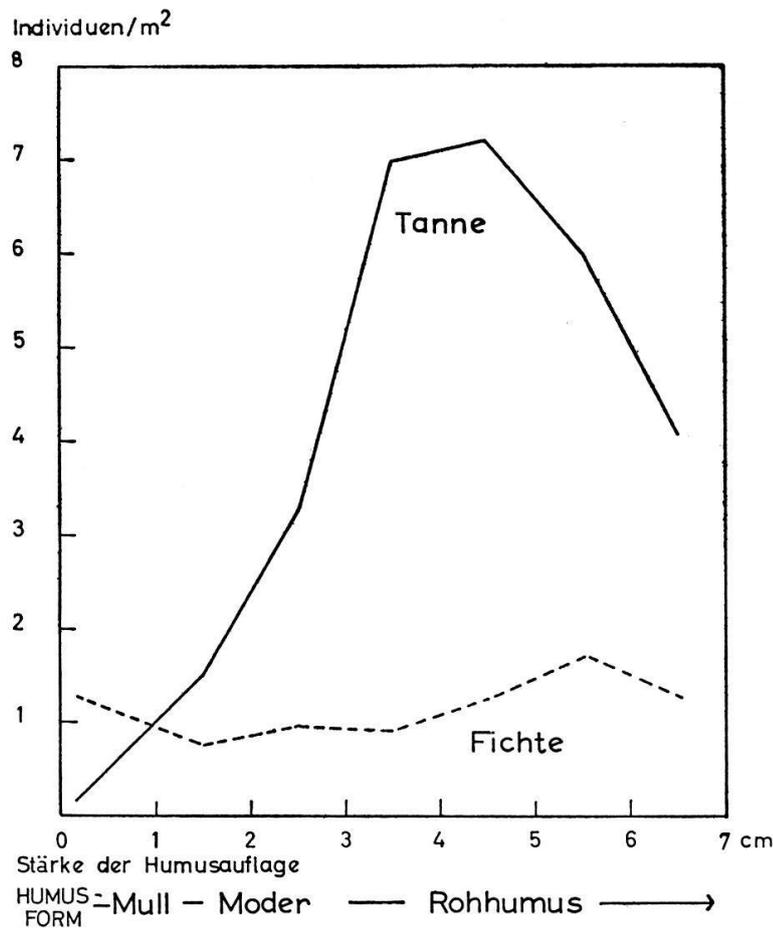


Abb. 4 Verjüngung und Humusverhältnisse

und einer Humusauflage um 3–5 cm, wie die Optimumkurve verrät. Mullbodenzustand und fehlende Humusauflage ermöglichen geringere Verjüngung als zu dicke Rohhumusschichten. Wohl samt sich Tanne auf dicken Rohhumuspölkern relativ häufig an (Fichtenmoorrandwald); doch ist die weitere Entwicklung infolge reduzierter Vitalität in Frage gestellt. Mullbodenpflanzen, Tierhumusbildung, Laubmischwaldarten auf der einen Seite – Moder- und Rohhumuspflanzen, Pilzhumusbildung, Fichtenwaldarten auf der anderen Seite kennzeichnen Stellen unterschiedlicher Verjüngung bei der Tanne.

Die Fichtenverjüngung reagiert Standortsunterschieden gegenüber nicht so ausgeprägt wie die Tannenansamung. Dies weist auf die grössere

ökologische Amplitude der Fichte hin. Bei lokal grösserer Feuchte und Sickerflüssigkeit fehlt die Fichte. Auch hinsichtlich der Humusverhältnisse gewinnt man kein klares Bild. Bei verschiedensten Humusformen kommt die Fichte ziemlich gleichmässig an. Die durchschnittliche Bewertung lässt diese weite Amplitude erkennen. Humusform und Stärke der Humusaufflage beeinflussen im untersuchten Bestand kaum die natürliche Ansammlung. Deshalb kann sich die Fichte im Fichten-Tannenwald an ökologisch sehr unterschiedlichen Stellen ansiedeln und ist damit der Tanne an Wettbewerbsfähigkeit überlegen, wenn der Lichtgenuss ausreichend ist.

Bodenreaktion (Abb. 5). In den Probeflächen wurden für die Bodenvegetation repräsentative Mischproben des Oberbodens (0–3 cm) entnommen (16.6.1956) und der pH-Wert (KCl) bestimmt. Wenn auch für ökologische Zwecke die in wässriger Suspension gemessenen Werte – da den natürlichen Verhältnissen näherkommend – brauchbarer sind, so ist eine relative Gegenüberstellung der Probeflächen aufschlussreich. Für einen absoluten Vergleich mit anderen Arbeiten ist neben der unterschiedlichen Messmethodik pH (H₂O) und pH (KCl) die zeitliche Variabilität der Bodenreaktion in Rechnung zu stellen (ELLENBERG 1958), sowie die lokal-regionale Gültigkeit der Korrelation zwischen Bodenacidität und Verhalten der Arten zu berücksichtigen. Da es sich nur um orientierende Messungen handelt, wurden bei der Prüfung der Zusammenhänge die Einzelwerte nicht entlogarithmiert.

Innerhalb weiter Grenzen der Bodenreaktion verjüngen sich Tanne und Fichte im untersuchten Bestand. Beide Baumarten können bei einer Ampli-

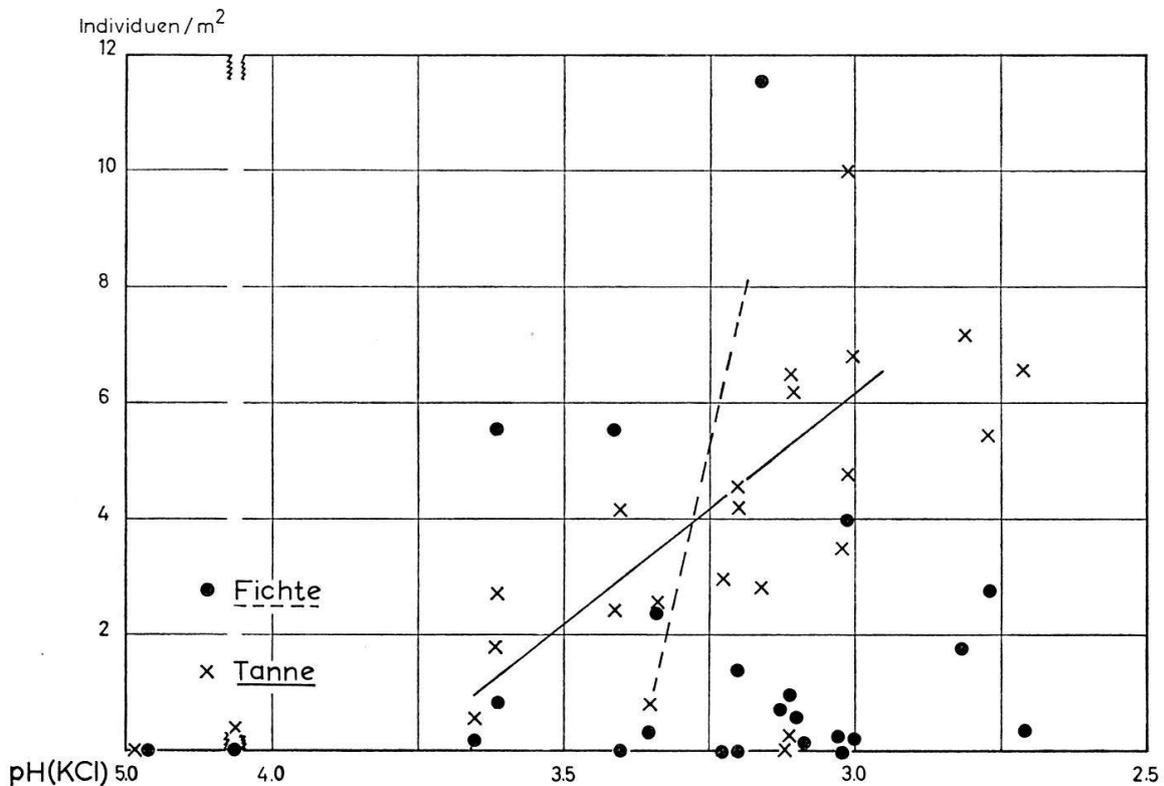


Abb. 5 Verjüngung und Bodenacidität

tude von $\text{pH}(\text{KCl}) = 2,7-5,0$ noch vital Fuss fassen. Die Variabilität der pH -Werte zwischen unmittelbar benachbarten Probeflächen kann erheblich sein. Sie entspricht dem Bodenvegetationsmosaik. Die für eine bestimmte Waldgesellschaft charakteristische Bodenvegetation ist enger an spezifische Säuregrade und bestimmte Aciditätsspannen beschränkt:

(Fichten-) Tannen-Buchenwald mit <i>Festuca silvatica</i>	$\text{pH}(\text{KCl})$ 4,2–5,0
Fichten-Tannenwald mit <i>Equisetum silvaticum</i>	$\text{pH}(\text{KCl})$ 3,7–5,0
Fichten-Tannenwald mit <i>Vaccinium</i>	$\text{pH}(\text{KCl})$ 3,0–3,7
Fichtenmoorrandwald mit <i>Sphagnum</i>	$\text{pH}(\text{KCl})$ 2,7–2,9

Bei der Wirkung der Bodenreaktion auf die Ansamung spielen direkte und indirekte Einflüsse, neben den chemischen auch solche physikalischer Natur (Humusform) eine wesentliche Rolle (ELLENBERG 1958). Reichlich kommt die Tanne überwiegend bei saurem bis stark saurem Oberboden an. Im mässig bis schwach sauren Bereich bleibt die Ansamung auffällig unterdurchschnittlich. Verjüngungsökologisch ist die Tanne im Untersuchungsbestand als mässig säurestet (Reaktionsgruppe 1–2; bis acidofrequent) im Sinne von ELLENBERG zu bezeichnen.

Dagegen samt sich die Fichte in allen pH -Bereichen mit unterschiedlichen Mengen an. Sie wäre deshalb vergleichsweise in die indifferente Reaktionsgruppe (R0) einzureihen, wengleich sie – sehr schwach belegt – bei grösserer Bodenacidität etwas häufiger vorkommt.

Nur dem relativen Vergleich dient die Gegenüberstellung der Korrelationskoeffizienten (Straffheit der Beziehung zwischen Verjüngungshäufigkeit und $\text{pH}(\text{KCl})$ -Wert) für Tanne und Fichte. Die Frage, ob eine geradlinige Beziehungsform gegeben ist, soll nicht diskutiert werden.

$$\begin{aligned} r_{\text{Tanne}} &= -0,64 \\ r_{\text{Fichte}} &= -0,12 \end{aligned}$$

Demnach besteht im Untersuchungsbestand bei der Tanne ein engerer (wahrscheinlicher, aber noch nicht gesicherter) Zusammenhang zwischen Verjüngungshäufigkeit und Acidität des Oberbodens, während bei der Fichte der Wert noch im Zufallsbereich um Null liegt und damit ihre Indifferenz diesem Faktorenkomplex gegenüber bestätigt wird.

Ökologische Artengruppen (Abb.6). Eine Ansprache der Bodenvegetation nach ökologischen Artengruppen, die SCHÖNHAR (1952) im benachbarten württembergischen ausseralpinen Raum aufstellte, kommt bei der Beurteilung der Verjüngungsverhältnisse zu vergleichbarem Ergebnis.

Reichliche Tannenverjüngung ist bei Rohhumus und stockendem Streuabbau, mässig saurem bis stark saurem Oberboden und mittlerer Bodenfrische zu beobachten (*Deschampsia flexuosa*-Gr., *Luzula silvatica*-Gr., *Vaccinium myrtillus*-Gr., *Blechnum spicant*-Gr.). Bei Mullhumus oder Moder in guter Zersetzung, neutral bis schwach saurer Bodenreaktion und über-

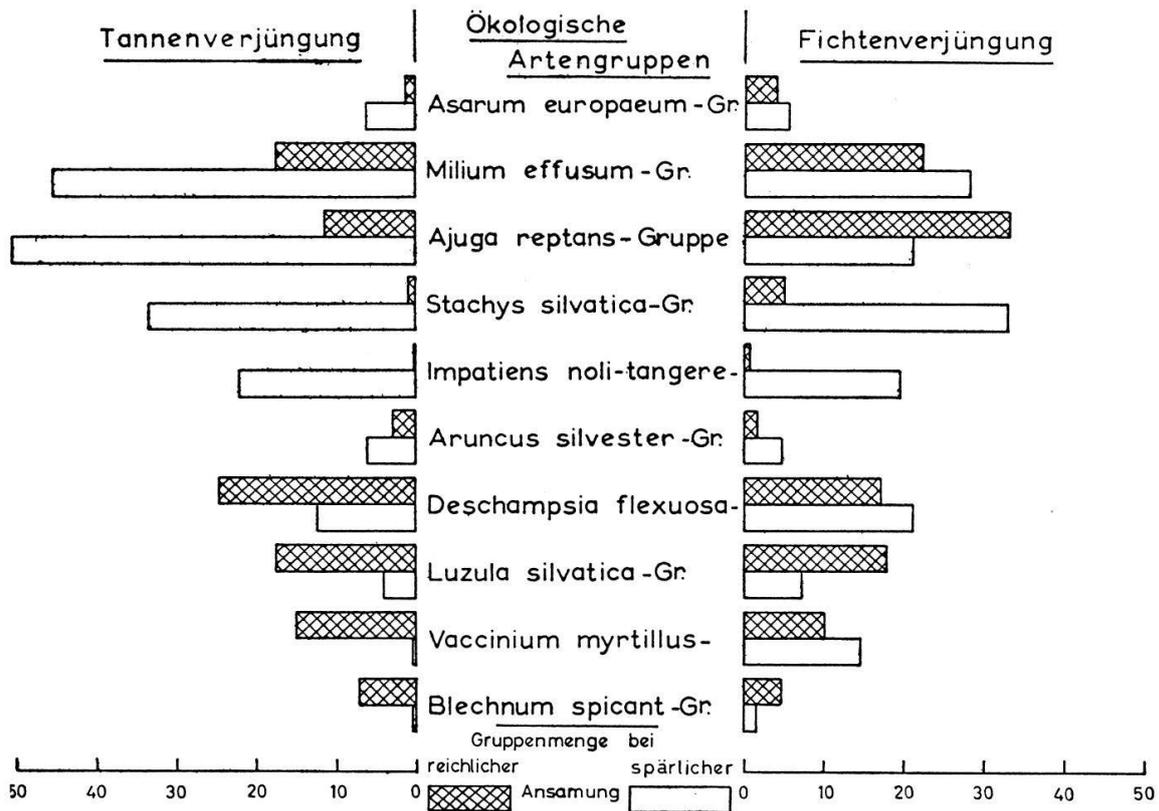


Abb. 6 Naturverjüngung und ökologische Artengruppen (Gruppenmenge bei reichlicher und spärlicher Verjüngung)

durchschnittlicher Feuchtigkeit geht die Tannenverjüngung zurück oder fehlt. Die Unterschiede in den einzelnen Artengruppen sind bei wechselnder Verjüngung erheblich (z.B. *Stachys silvatica*-Gr. und *Impatiens noli-tangere*-Gr.) Grundfrische Standorte mit ziehender Feuchtigkeit eignen sich nicht für die Verjüngung.

Für die Fichte bestätigt sich ebenfalls, dass die Humusverhältnisse ihre Verjüngung nur wenig beeinflussen. Das Verhalten bei wechselnder Ansamung ist uneinheitlicher und weniger ausgeprägt als bei der Tanne. Grundfeuchte und grundfrische Standorte werden auch von der Fichte gemieden bzw. die dominierende Krautvegetation hemmt die Verjüngung.

Ein relativer Vergleich der Aciditätsverhältnisse in Ergänzung der pH-Messungen ist nach der von ELLENBERG (1950) entwickelten Methode möglich. Verwendet wurde die von SCHÖNHAR (1952) aufgestellte Einteilung der Arten von Kraut- und Moosschicht in Gruppen gleicher Reaktion (R0–R5) dem Säuregrad gegenüber. Die mittlere Reaktionszahl drückt zahlenmässig das Gefüge einer Pflanzengemeinschaft im Hinblick auf den Bodensäuregrad aus.

Die mittleren Reaktionszahlen für Kraut- und Moosschicht (Tab. 3) zeigen für Tanne bei gleicher Verjüngungshäufigkeit weitgehende Übereinstimmung. Unterschiede bei wechselnder Verjüngung sind gleichlaufend und eindeutig. Auf den mässig trockenen bis frischen Standorten des württembergischen Unterlandes entspricht diese Differenz etwa einem pH-Grad. Standorte mit reicher Tannenverjüngung würden demnach im

Tabelle 3 *Mittlere Reaktionszahl und Verjüngung*

Verjüngung	Tanne		Fichte	
	reichlich	spärlich	reichlich	fehlend
Mittlere Reaktionszahl (R)				
Krautschicht	2,43	3,00	2,63	2,35
Moosschicht	2,36	2,99	2,58	2,84

Oberboden gegen pH (H₂O) 4 und darunter, jene mangelnder Verjüngung gegen pH (H₂O) 5 und darüber tendieren. Klimatisch bedingt ist im alpinen Untersuchungsgebiet eine etwas andere Korrelation von mittlerer Reaktionszahl und pH-Grad des Oberbodens zu erwarten.

Bei der Fichte sind die Unterschiede in den mittleren Reaktionszahlen an Standorten reichlicher und fehlender Verjüngung geringer. Werte für Kraut- und Moosschicht zeigen sogar gegenläufige Tendenz. Damit wird im Untersuchungsgebiet die grössere Unabhängigkeit ihrer Verjüngungshäufigkeit von einer bestimmten Bodenreaktion bestätigt.

Ansprache der Bodenacidität durch die Bodenvegetation und durchgeführte pH-Bestimmungen zeigen keine wesentlichen Abweichungen.

6. Vergleich mit Untersuchungen in Schweizer Plenterwäldern

Ein Vergleich mit den bei ŠIMÁK (1951) reiche und schwache Verjüngung kennzeichnenden Arten ist aufschlussreich. Arten, die unterschiedliche Fichtenverjüngung charakterisieren, sind von einzelnen Ausnahmen abgesehen in der Schweiz und im Allgäu in denselben Gruppen zu finden. Von den für eine wechselnde Tannenverjüngung kennzeichnenden Arten zeigt der überwiegende Teil keine Übereinstimmung. Die für die Versuchsfläche im Lehrrevier der ETH Zürich festgestellten Arten für reichliche Tannenverjüngung (z.B. *Mnium undulatum*, *Impatiens noli-tangere*, *Circaea lutetiana*) sind im Allgäuer Untersuchungsbestand für Standorte geringer Ansammlung eigentümlich.

Die Vergleichsbestände (Sumiswald, Lehrrevier Zürich, Weiler) liegen im tief- bis submontanen Tannen-Buchenwaldgebiet, das der Tanne günstigere Lebensmöglichkeiten bietet als der Fichte. Nur dort verjüngt sich die subalpine Klimaxbaumart reichlicher bei vergleichbarem (nicht absolut gleichem) Lichtgenuss, wo ökologisch natürlich oder künstlich günstigere Bedingungen vorherrschen. Im Tannen-Buchenwald mit *Festuca silvatica* (Sumiswald), im Fichten-Tannenwald mit *Equisetum silvaticum* (Weiler/Allgäu) und auch in einem Fichten-Tannen-Buchen-Bestand auf Laubmischwaldstandort (Querceto-Carpinetum) tritt reichlichere Fichtenverjüngung bei grösserer soziologischer Verwandtschaft des Kleinstandortes mit dem natürlichen Hauptareal auf.

Die Tanne befindet sich dagegen im optimalen Verbreitungsbereich und zeigt in ihrer Verjüngungsphase charakteristisches Verhalten. Sie ist als ausgesprochene Schattbaumart in den geschlossenen Beständen gegenüber der Fichte ökologisch im Vorteil. Im Fichten-Tannenwald mit *Equisetum silvaticum* bei Weiler sind bei dem kühl-nieder-

schlagsreichen Klima Standorte mit übermässiger Feuchte für die Ansamung ungünstiger. Die Tanne verjüngt sich besser im moosreichen Tannen-Buchen- und Fichten-Tannenwald bei ausgeglichenem Wasserhaushalt. Auf dem Laubmischwaldstandort des Zürcher Lehrreviers wird reichliche Verjüngung gerade von Arten angezeigt, die grössere Bodenfrische und nachhaltige Feuchtigkeitsversorgung verraten, für den Allgäuer Plenterbestand aber geringere Ansamung kennzeichnen. Auf dem submontan-collinen Schweizer Standort bei warm-mässig feuchtem Klima wird die Bodenfeuchtigkeit eher zum begrenzenden Faktor. Nur bei überdurchschnittlicher, vor allem nachhaltiger Bodenfeuchtigkeit siedelt die Tanne dann mit Erfolg. Es ist ein Standortwechsel zur Aufrechterhaltung der ökologischen Gesamtwirkung zu erkennen. In die gleiche Richtung weisen Vegetationsuntersuchungen, die an der Tannengrenze in Südbayern durchgeführt wurden (NOSEK 1954).

7. Beurteilung des Baumartenwechsels

Welche Faktoren verursachen den Baumartenwechsel im Fichten-Tannen-Plenterbestand? Ist die Einwirkung des Deckbaumes auf den Kleinstandort und damit die Beeinflussung der Umwelt entscheidend, oder besiedeln die Deckbäume selbst bestimmte Standorte mit feineren ökologischen Unterschieden und charakteristischer Bodenvegetation?

Da sich Tannen überwiegend unter Fichten und Fichten unter Tannen ansamen, müssen die für die Verjüngung der betreffenden Baumart günstigen Verhältnisse unter dem bevorzugten Deckbaum vorhanden sein. Unter Fichten-Deckbäumen findet man deshalb meist eine ausgeprägte Moosschicht und eine artenärmere gering deckende Krautschicht, wie es für Flächen reichlicher Tannenverjüngung typisch ist. Unter den Tannen-Deckbäumen wird die Moosschicht häufig von einer stufigen, artenreicheren und stark deckenden verjüngungsungünstigen Krautschicht überlagert.

Unter der Tanne kommen in der artenreichen Krautschicht mit hohen Deckungsgraden besonders stet vor: *Athyrium filix-femina*, *Rubus* spec., *Equisetum silvaticum*, *Circaea* spec., *Viola silvatica*, *Asperula odorata*, *Galium rotundifolium*, *Sanicula europaea*, *Carex remota*, *Impatiens noli-tangere*, ferner *Mnium affine*, *Mnium undulatum*. Charakteristische Begleiter bei der artenärmeren Bodenvegetation unter den Fichten-Deckbäumen sind: *Vaccinium myrtillus*, *Lycopodium annotinum*, *Dicranum scoparium*; *Mnium*-Arten treten stark zurück, ebenso Farne und anspruchsvolle Kräuter.

Zwischen der Bodenvegetation unter den verschiedenen Deckbäumen bestehen im Untersuchungsbestand in der Regel merkliche floristische Unterschiede.

Unter den Tannen-Deckbäumen wird von der Vegetation folgender Standort in der Mehrzahl der Probestellen angezeigt: Mull-Moderhumus, bis schwach bodensaure Bodenreaktion, überdurchschnittliche Wasserversorgung, teilweise ziehende Feuchtigkeit, frisch bis grundfrisch. Durch die Bodenvegetation unter den Fichten-Deckbäumen wird überwiegend hingewiesen auf Moder-Rohhumus, saure Bodenreaktion, frisch bis mässig frisch. Die unterschiedlichen Humusverhältnisse gehen aus Messungen hervor. Unter Fichten-Schirm beträgt die Auflage im Durchschnitt 4–6 cm, für welche stockende Zersetzung, Pilzhumus und rohhumusartige Bildungen eigentüm-

lich sind. Unter Tanne überwiegen einerseits Mull bis Moder mit einer Auflagenstärke bis 2,5 cm, andererseits kommen auch stärkere Auflagen von 5 cm und mehr, meist in anbruchiger Form vor.

Nach dem Auftreten ökologischer Artengruppen kann man auf gewisse Unterschiede im Mikrostandort unter den Deckbäumen schliessen. Dabei dürfte die spezifische Wechselwirkung zwischen Deckbaum (Streuabfall) und aktuellem Oberbodenzustand entscheidender sein als das Vorkommen absoluter Standortsunterschiede, die zunächst nicht nachweisbar sind.

Typische Braune Waldböden werden von den beiden Baumarten in gleicher Weise besiedelt. Pseudogley, Anbruchgley, Böden mit zeitweise oder dauernd stärkerem Stauwassereinfluss werden bei neutralen bis schwach sauren Humusverhältnissen häufiger noch von der Tanne bestockt, während auf Böden mit Extremen in der Wasserführung und extrem saurem Untergrund (Fichtenmoorrandwald) die Fichte als Deckbaum stärker auftritt. Eine eingehende bodenkundliche Abklärung ist notwendig.

Im Bereich des Kronenschirms beeinflusst die Nadelstreu von Tanne und Fichte sichtlich und in spezifischer Weise die Humusverhältnisse, den Oberbodenzustand und damit auch die Bodenvegetation. Neben wünschenswerten bodenchemischen und bodenphysikalischen Analysen sind auch von bodenbiologischen Untersuchungen wertvolle Aufschlüsse über die komplexen Wechselwirkungen zu erwarten. So kommen Rostpilze von *Dryopteris filix-mas* während einer Lebensphase nur unter Tanne vor (nach POELT). Von Unterschieden im Bodensubstrat berichtete schon ŠIMÁK (1951).

Systematische Wurzeluntersuchungen (Aufschlussvermögen, Feinwurzelintensität, Mykorrhiza-Frage) bei den Deckbäumen wären aufschlussreich. Die intensive Flachwurzeligkeit der Fichte wirkt sich ungünstig in den feinerdereichen Böden aus. Im Oberboden wird die biologische Bodenaktivität gehemmt, die schwerer zersetzbare Nadelstreu baut sich langsamer ab, Rohhumuspflanzen siedeln sich an, die dann für die Tanne günstigere Verjüngungsbedingungen anzeigen. Im weiteren Verlaufe dieses «Fruchtwechsels» kann dann die wurzelintensivere Tanne wieder den verlorengegangenen Bodenaufschluss herstellen.

8. Waldbauliche Folgerungen

Baumartenwechsel, Konkurrenz durch die Bodenflora, wechselnder Standort und Bestandsgefüge beeinflussen deutlich die Verjüngung im Fichten-Tannenwald.

Reichliche Tannenansamung ist in der Regel gebunden an Fichten-Deckbaum, moosreiche und krautarme Bodenvegetation, Zurücktreten von Arten hoher Konkurrenzkraft (Farne, Hochstauden), mässig frischen bis frischen degradierten Braunen Waldböden, dünnere bis dickere, saure bis stark saure Humusaufgabe, Stocken der Zersetzung. Unscheinbare Bodenhebungen, kleine Kuppen, konvexe Geländeformen sind für die Verjüngung günstiger als feucht-nasse Mulden mit artenreicher stark deckender Kraut-

schicht und quellige Standorte mit reichlich Feuchtigkeitszeigern. Floristische und standörtliche Unterschiede sind bei wechselnder Ansamungsfähigkeit gut ausgeprägt.

Lediglich durch zu geringen Lichtgenuss in den geschlossenen Plenterbeständen kann sich die Fichte nicht optimal verjüngen. Im Vergleich zur stenözischen Tanne ist die Fichte weniger an spezifische Verjüngungsbedingungen gebunden, so dass sich verschiedene Ansamungshäufigkeit floristisch und standörtlich weniger ausprägt. Infolge der grösseren ökologischen Amplitude verjüngt sie sich bei ausreichendem Lichtgenuss leichter und reichlicher als Tanne an den verschiedensten Standorten, insbesondere auch bei Bodendegradierung und unpfleglicher Waldbehandlung.

Die sowohl biologisch-ökologisch als auch ertragskundlich befriedigenden Fichten-Tannen-Mischbestockungen können am leichtesten durch eine plenterartige Waldbehandlung erhalten werden. Dabei wird die Fichte durch trupp- und gruppenweise Plenterung und geringeren Schlussgrad der Bestände gefördert, während bei konservativer Einzelstamplenterung der Tannennachwuchs überhandnimmt, da bei geringerem Lichtgenuss die Fichte der Tanne assimilatorisch unterlegen ist (MILLER 1959).

Standort, Waldgesellschaft und Bestandesstruktur variieren die waldbaulichen Verjüngungsmassnahmen im einzelnen.

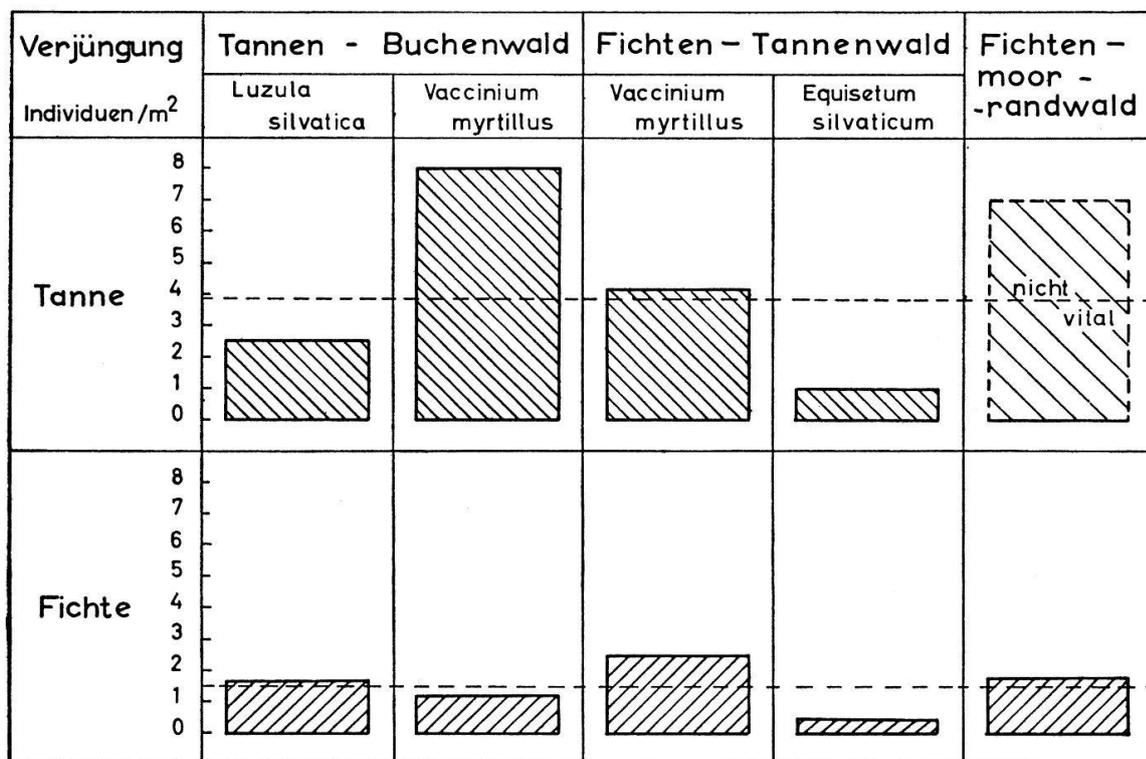


Abb. 7 Verjüngung von Tanne und Fichte in verschiedenen Waldgesellschaften

Im bodensauren Fichten-Tannenwald mit *Vaccinium myrtillus* und Tannen-Buchenwald mit *Vaccinium-Luzula* stellt sich Tannenansamung am leichtesten ein (Abb. 7), reichlich sogar noch bei ausgeprägter Gruppenplenterung. Dabei ist ein höherer Fichtenanteil durchaus standortsgemäss. – Nur eine erhebliche Beimischung von Tanne hält im schwach bodensauren Fichten-Tannenwald mit *Equisetum silvaticum* die standörtliche Leistungskraft aufrecht. Da in den kaum geneigten Lagen Verjüngung auf den feinerdereichen Böden, die zur Verdichtung, Störung im Wasserhaushalt und Verunkrautung neigen, selbst bei nachhaltigem Bodenaufschluss und steter Überschirmung nicht besonders reichlich ist, kann nur behutsame Einzelstammplenterung unter weitgehender Erhaltung des Bestandesschlusses und des vertikalen Aufbaues zur Zurückdrängung der verjüngungshemmenden Bodenflora die Ansamung fördern. – Ohne besondere Schwierigkeiten verjüngt sich mit mittleren Mengen die Tanne im mässig bodensauren Tannen-Buchenwald mit *Festuca silvatica*, wobei die Laubbaumart durch Gruppenplenterung und sorgsame Pflege in der Jugend die Bestände nachhaltig bereichern kann.

Spezifische Verjüngungsunterschiede der Baumarten in den einzelnen Waldgesellschaften sind waldbaulich zu berücksichtigen. In verjüngungsträgen Vegetationseinheiten sind beim Ausbleiben der Tanne rechtzeitig künstliche Verjüngungsmassnahmen einzuleiten; z.B. Stockkachselsaat und -pflanzung von Tanne an Fichtenstöcken und in moderige Humusauflagen.

Untersuchungsergebnisse und waldbauliche Folgerungen gelten in erster Linie für vergleichbare Gesellschaften und Standorte auf nadelbaumfördernden Gesteinen. Vor Übertragung der Erfahrungen in andere Gebiete ist jeweils eine Überprüfung der örtlichen Verhältnisse erforderlich. Verjüngungsuntersuchungen in nahezu 500 Probeflächen der Chiemgauer, Kitzbüheler, Zillertaler Alpen und Hohen Tauern zeigten, dass in typisch entwickelten Fichten-Tannen-Buchenwald- und Fichten-Tannenwaldgesellschaften auch bei grösserer räumlicher Entfernung ähnliche Verjüngungsbedingungen bestehen, wenn auch an arealgeographisch differenzierten Standorten bezeichnende Abweichungen festzustellen sind (MAYER 1959).

Vorliegende orientierende Untersuchungen haben gezeigt, dass durch Auswertung vegetationskundlicher Erhebungen ein erster Einblick in die komplexen Verjüngungsvorgänge möglich ist. Befriedigende Aufschlüsse sind erst zu erwarten (vgl. ŠIMÁK 1951), wenn die einfachen Feldaufnahmen in ausreichendem Umfange durch Messungen möglichst verschiedener wesentlicher Faktoren ergänzt werden.

Literaturverzeichnis

- AUER, C. 1947. Untersuchungen über die natürliche Verjüngung der Lärche im Arven-Lärchenwald des Oberengadins. – Mitt. Schweiz. Anst. Forstl. Versuchsw.
BRAUN-BLANQUET, J. 1951. Pflanzensoziologie. 2. Auflage, Berlin.
ELLENBERG, H. 1950. Unkrautgemeinschaften als Zeiger für Klima und Boden. – Landw. Pflanzensoziologie, Bd. I, Stuttgart.
ELLENBERG, H. 1958. Bodenreaktion (einschliesslich Kalkfrage). – In: Handbuch der Pflanzenphysiologie, Bd. IV. Berlin-Göttingen-Heidelberg.

- HERTZ, M. 1932. Über die Bedeutung der Untervegetation für die Verjüngung auf den südfinnischen Heideböden. – Comm. Inst. Forest. Fenn.
- HUNZIKER, T. 1952. Zum Einfluss der Bodenflora auf die natürliche Föhrenverjüngung. – Schweiz. Zeitschr. für Forstwesen.
- KÖSTLER, J. 1956. Allgäuer Plenterwaldtypen. – Forstw. Cbl.
- KRISO, K. 1952. Die Ableitung von Standortsspektren aus Vegetationsaufnahmen und ihre Anwendung als standortdiagnostische Hilfsmittel. – Forstw. Cbl.
- KUJALA, V. 1926. Untersuchungen über die Waldvegetation in Süd- und Mittelfinnland. – Comm. Inst. Forest. Fenn.
- KUOCH, R. 1954. Wälder der Schweizer Alpen im Verbreitungsgebiet der Weisstanne. – Mitt. Schweiz. Anst. Forstl. Versuchsw.
- MAYER, H. 1959. Montane Wälder am Nordabfall der mittleren Ostalpen. Vegetationsgefälle in montanen Waldgesellschaften von den Chiemgauer und Kitzbüheler Alpen zu den Hohen Tauern/Zillertaler Alpen. – Manuskript.
- MILLER, R. 1959. Assimilationsuntersuchungen an Tannen und Fichten einer Naturverjüngung im Bayerischen Wald. – Forstw. Cbl.
- NOSEK, K. 1954. Die natürliche Verbreitungsgrenze der Weisstanne zwischen Frankenalb und Moräne. – Diss. München (Forstw. Cbl. 1955).
- SCHÖNHAR, S. 1952. Untersuchungen über die Korrelation zwischen der floristischen Zusammensetzung der Bodenvegetation und der Bodenazidität sowie anderen chemischen Bodenfaktoren. – Mitt. Verein Forstl. Standortskartierung.
- SCHÖNHAR, S. 1954. Die Bodenvegetation als Standortsw. – Allgemeine Forst- und Jagdzeitung.
- ŠIMÁK, M. 1951. Untersuchungen über den natürlichen Baumartenwechsel in schweizerischen Plenterwäldern. – Mitt. Schweiz. Anst. Forstl. Versuchsw.
- TANNER, H. 1946. Über das Problem der Föhrenverjüngung. – Schweiz. Zeitschr. für Forstwesen.
- WITTICH, W. 1955. Die standörtlichen Bedingungen für die natürliche Verjüngung der Kiefer und ihre Erziehung unter Schirm. – Allgemeine Forst- und Jagdzeitung.

DIE ARKTISCHE STEPPE IN DEN TROCKENGEBIETEN OST- UND NORDGRÖNLANDS

F. H. SCHWARZENBACH, Bern

A. Einleitung

Die ersten Angaben über eine Trockenzone im Randgebiet des grönländischen Inlandeises stammen wohl von JENSEN 1884, der auf einer Forschungsreise in Südwestgrönland einen Binnensee mit stark salzhaltigem Wasser entdeckt hat, den er «Tarajornitsok» benannte. JENSENS Arbeit blieb aber in der Folge wenig beachtet, bis BOECHER die Angaben wieder aufgriff und in den letzten Jahren die Verhältnisse in der Umgebung dieses Salzsees eingehend erforschte. Die Ergebnisse seiner botanischen und klimageschichtlichen Untersuchungen sind in mehreren Publikationen veröffentlicht worden (BOECHER 1949 a, b, 1954, 1959).