

|                     |   |
|---------------------|---|
| <b>Zeitschrift:</b> | Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen = Swiss forestry journal = Journal forestier suisse |
| <b>Herausgeber:</b> | Schweizerischer Forstverein   |
| <b>Band:</b>        | 145 (1994)  |
| <b>Heft:</b>        | 12  |
| <b>Rubrik:</b>      | Mitteilungen = Communications   |

#### **Nutzungsbedingungen**

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

#### **Conditions d'utilisation**

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

#### **Terms of use**

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

**Download PDF:** 31.12.2025

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

## Standörtliche Inhomogenität von ertragskundlichen Versuchsflächen – eine Ursache von Fehlschlüssen?<sup>1</sup>

Von *Walter Keller*

FDK 101: 221.4: 54

### Fragestellung

Eine der ungelösten Fragen der Ertragskunde ist jene der Bonitierung im Plenterwald. Für die praktische Planung und Bewirtschaftung ist sie allerdings recht belanglos, weil die Kontrollmethode eine der Plenterung angemessene, ja auf sie zugeschnittene Einrichtungsmethode darstellt – aber für den Vergleich des Plenterwaldes mit anderen Betriebsformen ist eine Bonitierung unerlässlich. Doch hier klafft eine Erkenntnislücke, wie den Ausführungen von *Kramer* (1988) zu entnehmen ist: «Schwer zu beantworten ist jedoch die Frage, ob dieser Bestandestyp – der Plenterwald – auch einer Betriebsklasse des gleichaltrigen Tannen-Fichten-Buchen-Mischbestandes auf gleichem Standort überlegen ist, da zuverlässige ertragskundliche Vergleiche sehr schwer möglich sind. Die bisherigen Arbeiten kommen zu widersprüchlichen Ergebnissen».

Die Schwierigkeit der Bonitierung im Plenterwald besteht hauptsächlich darin, dass – wie *Balsiger* 1925 feststellte – «das Holzalter im Plenterwald fatalerweise keine Grundlage für die Betriebseinrichtung bietet». Den Vorschlag von *Flury* (1929), den Plenterwald ohne Berücksichtigung des Alters aufgrund von Mittelhöhen bestimmter Durchmesserklassen zu bonitieren, hat *Assmann* (1961) verworfen, indem er zeigte, dass Vorrats- und Altersschwankungen im Plenterwald diese Bonitierung illusorisch machen. Dies gilt für alle von der Höhenkurve abgeleiteten Größen.

Um abzuklären, welche Größen für die Bonitierung im Plenterwald überhaupt in Frage kommen, untersuchten wir diejenige der schweizerischen Plenterversuchsflächen, welche dem Ideal einer ausgeglichenen Plenterstruktur am besten entspricht: die Versuchsfläche 02-047 Röthenbach am Schallenberg-Rauchgrat (Emmental, Kanton Bern, 1060 m ü. M., SSW-exponiert). Vorrats- ( $490 \text{ m}^3/\text{ha}$ ) und damit altersmäßig seit 50 Jahren von erstaunlicher Konstanz, erweist sich diese 2,5 ha grosse Versuchsfläche als standörtlich inhomogen, wie aufgrund der Orographie nicht anders zu erwarten. Die Standortsgrenzen sind im Gelände – was bei nicht hauptsächlich klimatisch bedingten Grenzen die Regel ist – sehr scharf ausgebildet. Jedenfalls erlaubte eine pflanzensoziologische Kartierung im Massstab 1:160, jeden numerierten Baum einer

<sup>1</sup> Referat, gehalten am 18. Mai 1994 an der Jahrestagung der Sektion Ertragskunde im Deutschen Verband Forstlicher Forschungsanstalten in Bamberg.



Abbildung 1. Vegetationskundliche Standortskarte der Plenterversuchsfläche 02-047 Schallenberg-Rauchgrat.

der drei ausgeschiedenen Standortseinheiten zuzuordnen, die zum Tannen-Buchenwald der oberen Montanstufe gehören. Das *Abieti-Fagetum festucetosum* der Hanglagen bedeckt 140,57 ar oder 56,3% der Fläche, die Subassoziation *elymetosum* in frischen Mulden 74,54 ar (29,9%) und das *Abieti-Fagetum luzuletosum* trockener Kuppen mit 34,38 ar 13,8% (Abbildung 1). Bei einem Versuchsflächenumfang von 725 m machen die inneren, standörtlichen Grenzen 1847 m aus. Die für die drei Standortseinheiten aufgrund der einzelstammweisen Zuordnung berechneten Höhenkurven für Fichte, Linde und Buche unterscheiden sich allerdings nicht signifikant, und dies nicht nur wegen der im Falle des *Abieti-Fagetum luzuletosum* zu geringen Anzahl von Höhenmessbäumen; sie liegen auch viel näher beieinander, als die Bonitätsunterschiede von Reinbeständen auf entsprechenden Standorten erwarten liessen (Keller, 1978). Ganz offensichtlich verfügen die Plenterwaldriesen nicht nur über mächtige Kronen, sondern auch über ebensolche Wurzelwerke, mit denen die Bäume der schlechteren Standorte den besseren Standort für sich erschliessen: Sie wechseln den Standort. Nach einer neueren Studie von Polomski und Kuhn (1994) muss mit Wurzellängen von bis zu 15 m und deshalb mit ebenso breiten Randstreifen für standörtlich homogene Versuchsflächen gerechnet werden. Von der Plenterversuchsfläche Schallenberg-Rauchgrat würden gerade 20,8 ar oder 8,3% dieser Anforderung genügen.

Welches Ausmass haben derartige standörtliche Inhomogenitäten von Versuchsflächen in der Schweiz und welche Auswirkungen sind davon zu erwarten?

### **Anteil standörtlich inhomogener Versuchsflächen in der Schweiz**

Eine pflanzensoziologisch ausgerichtete standortskundliche Beurteilung der Ende Juni 1993 in Betrieb stehenden ertragskundlichen Versuchsflächen der WSL ergab, dass die Plenterversuchsfläche Schallenberg-Rauchgrat in puncto standörtlicher Inhomogenität keineswegs einen Einzelfall darstellt (Tabelle 1); vielmehr sind von 15 Plenterflächen gerade die zwei Gebirgsplenterflächen von St. Moritz (Engadin, Kanton Graubünden, 1820 m ü. M., N-exponiert) als standörtlich homogen anzusprechen: In der Nähe der oberen Waldgrenze spielen edaphische Unterschiede kaum eine Rolle, weil die klimatischen Standortsfaktoren sowohl für das Baumwachstum als auch für die floristische Zusammensetzung der Strauch-, Kraut- und Moossschicht ausschlaggebend sind. Sind somit nur 7,1% der Plenterwaldversuchsflächen standörtlich homogen, so erstaunt dies bei einer mittleren Flächengrösse von 1,87 ha nicht weiter: je grösser die Versuchsflächen, desto grösser auch die Wahrscheinlichkeit, dass bei hinsichtlich Standort zufälliger Auswahl Inhomogenitäten auftreten. Tatsächlich finden wir unter den relativ kleinen Exotenflächen 21% standörtlich homogene. Bei den Ertragsflächen im Gebirge spielen, wie bei den zwei Plenterflächen von St. Moritz, die nivellierenden klimatischen Standortsfaktoren eine Rolle (61% homogene Flächen). Bei den Astungsversuchen ist die Auswahl der Versuchsflächen standörtlich offensichtlich nicht zufällig erfolgt: der Versuchsleiter wählte die Bestände vor dem Astungseingriff hinsichtlich Alter und Durchmesser als vergleichbar und daher mit grösserer Wahrscheinlichkeit auch standörtlich homogen aus (65% homogene Flächen). In den Stammzahlhaltungsflächen sind die verschiedenen Varianten in vollständigen Blöcken wiederholt; hier ist die Homogenität der Blöcke zu beurteilen. Im Mittel können nur

16,5 % der in Betrieb stehenden ertragskundlichen Versuchsflächen der WSL als standörtlich homogen gelten. Die Homogenität der aufgegebenen Versuchsflächen lässt sich heute kaum mehr feststellen, da deren Grenzen und damit die Standortsverhältnisse kaum mehr exakt zu bestimmen sind.

*Tabelle 1.* Grösse und Homogenität von standortskundlich erfassten, in Betrieb stehenden ertragskundlichen Versuchsflächen der WSL.

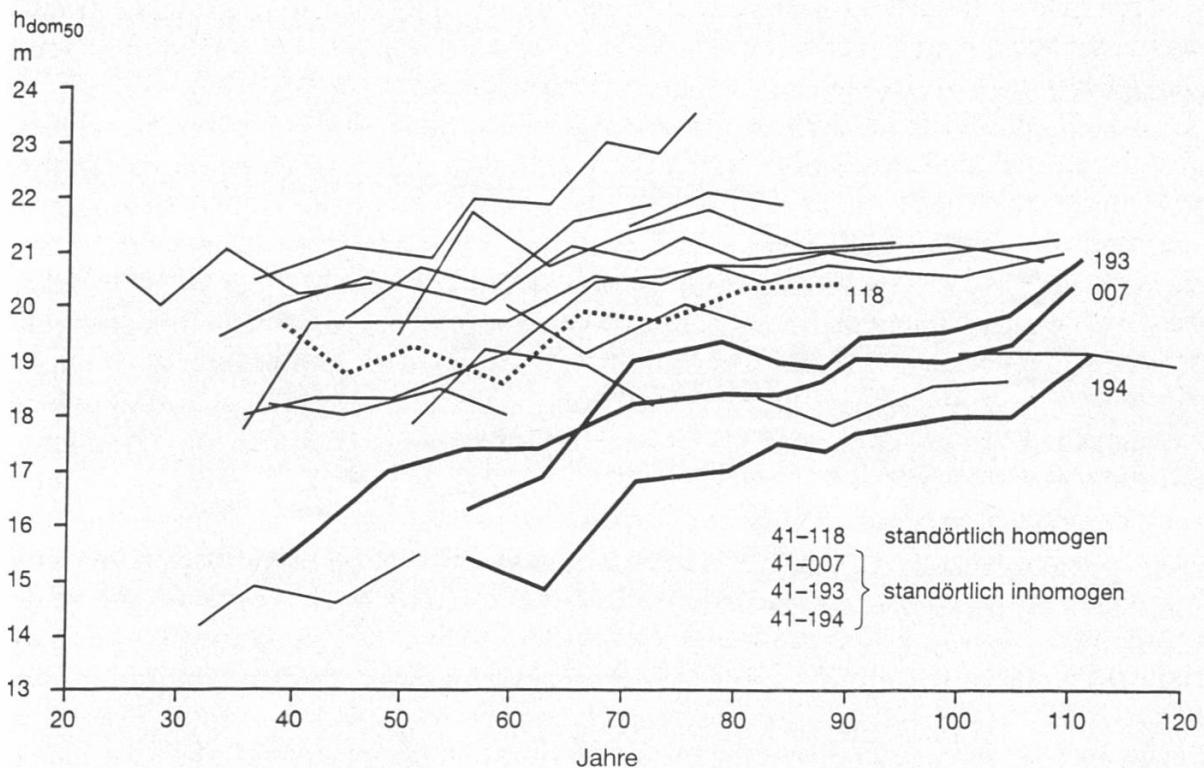
| Versuchsflächengruppe           | Anzahl               | Gesamt- | Mittlere           | Standörtlich homogene Flächen |        |               |
|---------------------------------|----------------------|---------|--------------------|-------------------------------|--------|---------------|
|                                 | Versuchs-<br>flächen | fläche  | Flächen-<br>grösse | Anzahl                        | Fläche | Flächenanteil |
|                                 | n                    | ha      | ha                 | n                             | ha     | %             |
| Stammzahlhaltung                | 7                    | 15,93   | 2,28               | 1                             | 0,52   | 3,3           |
| Plenterwald                     | 15                   | 28,12   | 1,87               | 2                             | 1,99   | 7,1           |
| Provenienz                      | 4                    | 2,85    | 0,71               | 0                             | 0      | 0             |
| Ertrag der Eichen               | 17                   | 9,89    | 0,58               | 3                             | 0,99   | 10,0          |
| Ertrag im Gebirge               | 19                   | 8,40    | 0,44               | 13                            | 5,15   | 61,3          |
| Astung                          | 10                   | 4,02    | 0,40               | 6                             | 2,60   | 64,7          |
| Durchforstung [und Verjüngung]  | 24                   | 7,97    | 0,33               | 3                             | 1,27   | 15,9          |
| Verschiedene Baumarten (Exoten) | 22                   | 4,61    | 0,21               | 8                             | 0,97   | 21,0          |
| Total                           | 118                  | 81,79   | 0,69               | 36                            | 13,49  | 16,5          |

### Auswirkungen der standörtlichen Inhomogenität

Was geht nun wachstumskundlich an einer Standortsgrenze vor? Ein Baum auf einem Standortstyp geringer Bonität – beispielsweise einem flachgründigen, trockenen *Carici-Fagetum* – wird so lange ein langsames Höhenwachstum zeigen, bis er mit seinen Wurzeln den Standort besserer Bonität – etwa ein tiefgründiges, frisches *Aro-Fagetum* – erreicht; dann kann er die bessere Versorgungslage ausnützen und das Wachstum verbessern: die Bonität wird erhöht. Diese Bonitätsänderung ist abhängig von der Baumart, vom Alter, von der Bonität des Wuchsortes, der Bonitätsdifferenz zum Nachbarstandort, von Durchforstungsart und -intensität und von der Distanz zur Standortsgrenze. Mit der Zeit können immer weiter von der Standortsgrenze entfernte Bäume Anschluss an den besseren Standort gewinnen: die Bonitätsgrenze wandert. Dieser Umstand erklärt, weshalb wir auch bei sehr scharfen, abrupten Standortsgrenzen mit grossen Bonitätsdifferenzen in gleichaltrigen Beständen keine Steilränder vorfinden, sondern einen allmählichen Übergang der Baumhöhen. Es handelt sich dabei nicht um Standortsübergänge, sondern um ein Wachstum der Wurzeln über die Grenzen hinweg. Scharfe Standortsgrenzen zeichnen sich auch in der Baumschicht ab, wenn es sich um physiologische Grenzen von Baumarten handelt. Buchen beispielsweise, die etwa auf dem sommertrockenen Standort des *Galio-Carpinetum* keimten, verdorren, bevor sie einen besser wasserversorgten Standort mit ihren Wurzeln erreichen. Derartige Grenzen von Baumarten sind und bleiben scharf; sie wandern nicht.

Unterziehen wir einen Baum, dessen Wurzelwerk einen besseren Standort erreicht und erschlossen hat, einer Stammanalyse, so entdecken wir einen Wachstumsschub, den wir oft fälschlicherweise einer natürlichen oder anthropogenen bedingten Standort-

verbesserung zuschreiben. Dasselbe kann mit ertragskundlichen Versuchsflächen geschehen, die standörtlich inhomogen sind oder in der Nähe einer Standortsgrenze liegen. Der Anteil der Bäume, deren Entwicklung vom schlechteren Standort bestimmt wird, nimmt ständig ab; die Bonität des Bestandes nimmt zu. In *Abbildung 2* sind die Bonitätsentwicklungen von langfristig beobachteten Buchen-Versuchsflächen der WSL dargestellt. Vier davon stehen noch in Betrieb. Die Versuchsfläche 41-118 Zofingen (Kanton Aargau, 490 m ü. M.) ist standörtlich homogen: Ihre Bonität ändert sich nur geringfügig, etwa als Folge der Witterungsverhältnisse. Die drei Buchenbestände von Embrach (41-007, 41-193 und 41-194, Kanton Zürich, 585 m ü. M.) sind standörtlich inhomogen. Sie zeigen eine ständige Zunahme der Oberhöhenbonität. Nun kann es für eine Bonitätsverlagerung verschiedene Gründe geben; der häufigste ist gewiss, dass die Ertragstafel der Höhenentwicklung nicht entspricht. Aber auch in diesem Fall kon- oder divergieren die Entwicklungen der Oberhöhenbonitäten von standörtlich homogenen und inhomogenen Versuchsflächen. Ich zeige das an zwei benachbarten Durchforstungsflächen von Biel (Jura, Kanton Bern, 670 m ü. M.) in einer separaten Darstellung (*Abbildung 3*), weil es sich um Mischbestände handelt und Oberhöhen aus Mischbeständen nicht unbesehen mit jenen von Reinbeständen auf gleichem Standort gleichgesetzt werden dürfen. Die beiden Versuchsbestände sind hinsichtlich Mischungsart, -form und -grad aber vergleichbar. In der standörtlich homogenen Versuchsfläche 02-042 schwankt die Oberhöhenbonität der Buche um 21 m, in der standörtlich inhomogenen Fläche 02-043 nimmt sie kontinuierlich von 17 m auf 22 m zu. Solche durch Standortsgrenzen bedingte Bonitätsverlagerungen und damit verbundene Wachstumssteigerungen können gerade bei der Interpretation von Durchforstungsversuchen zu Fehlschlüssen führen.



*Abbildung 2.* Entwicklung der Oberhöhenbonität von Buchen-Versuchsflächen.

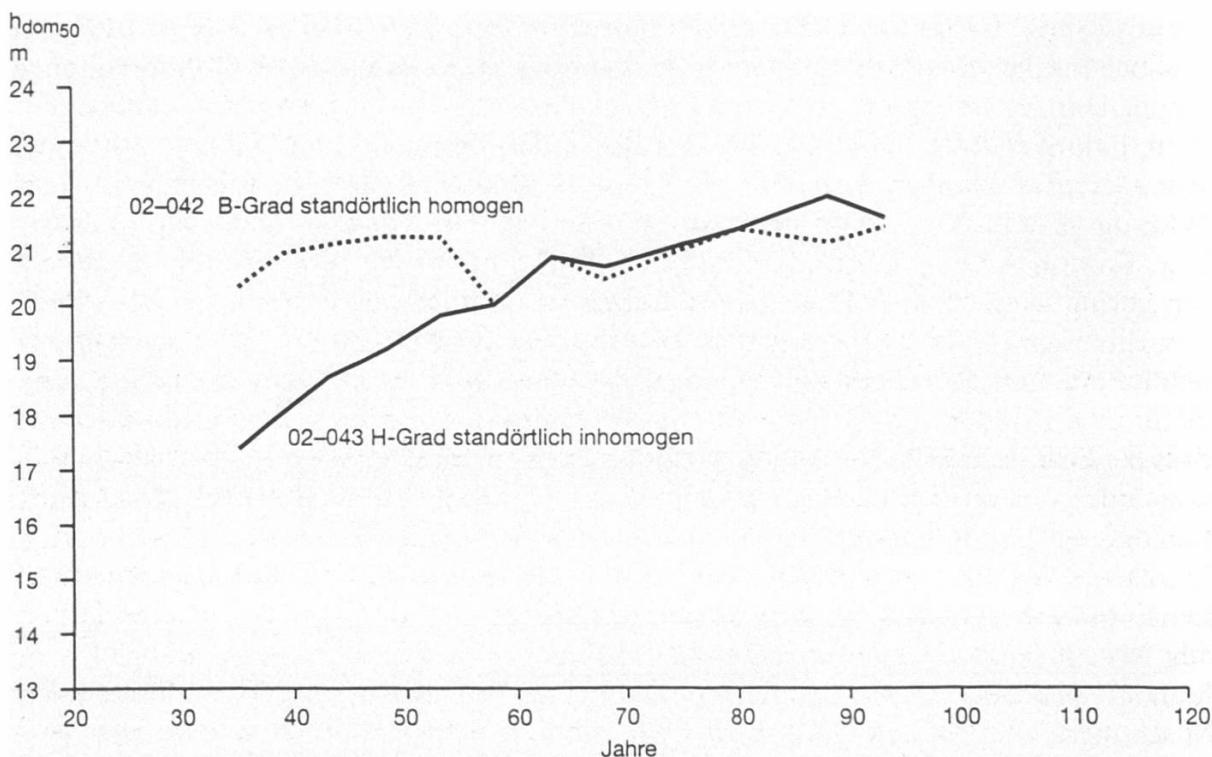


Abbildung 3. Entwicklung der Oberhöhenbonität der Buche in Durchforstungsflächen.

### Optimale Grundflächenhaltung

Dazu kann ich nicht mit Daten aus der Schweiz aufwarten; ich muss mich darauf beschränken, eine These zu entwickeln. Sie stützt sich auf die Vermutung, dass ertragskundliche Versuchsflächen nicht nur in der Schweiz standörtlich inhomogen sein können.

Assmann (1961) erläuterte typische Zuwachsreaktionen als Folge von Durchforstungen anhand der Ergebnisse aus der schwedischen Fichten-Versuchsreihe Dalby und entwickelte dabei die Grundflächenhaltungswerte maximale Grundfläche, optimale und kritische Grundflächenhaltung. Die auf der Hand liegende Frage: «Wie ist es nun möglich, dass die Entnahme stoffproduzierender Glieder aus einer Baumpopulation zu einem – flächenbezogenen – Zuwachsanstieg führen kann?» beantwortet Assmann mit einem «Erklärungsversuch für den Verlauf der Optimumskurve». Genau besehen handelt es sich sogar um zwei Erklärungsversuche – um einen physiologischen und um einen ökologischen. Dabei wird an der Argumentation deutlich, dass Assmann nicht von der Zunahme des Derbholzzuwachses, sondern tatsächlich von einer Erhöhung der Gesamtproduktion spricht. Die physiologische Begründung geht davon aus, dass unterdrückte und beherrschte Bäume grössere Respirationsverluste haben als herrschende: «In allen Fällen, wo Mangel an den Stoffen herrscht, welche für die Assimilationsleistung der Bäume vornehmlich von Bedeutung sind, nämlich an Wasser und Nährlementen, wird die Entnahme unterdrückter und beherrschter Bäume in der Regel einen Zuwachsanstieg herbeiführen. Überfluss an Wasser und Nährlementen dürfte nur auf wenigen gesegneten Standorten vorhanden sein. Auf diesen können auch die beherrschten und unterdrückten Bäume noch spielend ernährt werden. Wir müssen hier damit rechnen, dass auch die Entnahme von unterdrückten Bäumen

bereits zu leichten Zuwachsminderungen führen kann. Tatsächlich beobachten wir auf solchen Standorten einen besonders flachen Verlauf der Optimumkurve. Anderseits beobachten wir auf Standorten mit knapper Wasser- und Nährelementversorgung eine besonders starke und bis in höhere Alter anhaltende Krümmung der Optimumkurven.» Diese physiologische Erklärung würde aber schliessen lassen, dass auf den sehr guten Standorten sozusagen ohne Konkurrenz um Wasser und Nährstoffe die Optimumkurve von 100 % Grundflächenhaltung an linear abfallen müsste.

Die ökologische Erklärung schreibt den charakteristischen Verlauf der Optimumkurve «vor allem den zuwachsgünstigen Wirkungen der Durchforstung auf die verbleibenden Bäume» zu: «Diese Wirkungen gehen aus von der ‹Konkurrenzminderung› und der beschleunigten ‹Humuzersetzung› als Folge der vorübergehend verbesserten Bodenbelichtung und -erwärmung.» Nur macht diese ökologische Erklärung nicht ganz einsichtig, weshalb mehr Licht und mehr Wärme gerade trockene Standorte verbessern sollen, frische aber nicht.

Zuwachssteigerungen und Wuchsbeschleunigung lassen sich dagegen ganz zwangsläufig erklären, wenn wir annehmen, dass die Durchforstungsversuchsflächen standörtlich inhomogen seien oder an einen anderen Standort grenzen. Dann nehmen mit der Durchforstungsstärke nicht nur der Standraum, sondern auch die Wurzellängen zu. Nicht nur die Krone bekommt mehr Platz, sondern auch die Wurzelkonkurrenz wird herabgesetzt. Nur deshalb, weil wir diesen Umstand nicht zu Gesicht bekommen, brauchen seine Wirkungen nicht geringer zu sein. In den stärker durchforsteten Beständen nimmt der Anteil der Bäume rascher zu, die den besseren Standort erschlossen haben – die Bonität nimmt zu, der Zuwachs steigt bis zu einem Optimum. Das gilt aber nur für Standorte geringer Bonität, eben für «Standorte knapper Wasser- und Nährelementversorgung mit besonders starker Krümmung der Optimumkurve». Auf guten Standorten ist die Wahrscheinlichkeit klein, dass die Bäume mit ihren Wurzeln noch bessere Standorte erschliessen können – und wenn, fällt die Verbesserung nach dem Wirkungsgesetz von Mitscherlich gering aus.

*Erteld* und *Hengst* (1966) zitieren die Durchforstungsreihe Dietzhausen 78/79, welche den Wuchsbeschleunigungseffekt beispielhaft veranschaulicht. «Der Versuch liegt im südthüringischen Buntsandsteingebiet in 480 m Höhe auf einer podsoligen bis podsolierten Braunerde. Innerhalb der Fläche bestehen geringfügige Standortsunterschiede.» Ich würde schliessen: der Wuchsbeschleunigungseffekt zeigt sich gerade deshalb so beispielhaft, weil die Flächen standörtlich inhomogen sind. Wollte ich zeigen, dass die Durchforstung so positive Wirkungen zeitigt, würde ich jedenfalls standörtlich inhomogene Versuchsflächen anlegen.

## Folgerungen

Bei der Interpretation von Ergebnissen aus alten Versuchsflächen sind die möglichen Folgen von standörtlichen Inhomogenitäten auf die Zielgrösse abzuklären und zu berücksichtigen. Bei der Auswahl neuer Dauerbeobachtungsflächen in der Schweiz achten wir nun darauf, dass sie standörtlich möglichst homogen sind. Wir beurteilen dabei in erster Linie die floristische Homogenität. So beugen wir Fehlschlüssen vor, die sich bei der Interpretation von Ergebnissen aufgrund von Artefakten ergeben können, solange wir nicht genau wissen, wann die Bäume wo ihre Wurzeln haben.

### *Literatur*

- Assmann, E.*, 1961: Waldertragskunde. Organische Produktion, Struktur, Zuwachs und Ertrag von Waldbeständen. München, Bonn, Wien. 490 S.
- Balsiger, R.*, 1925: Der Plenterwald und seine Bedeutung für die Forstwirtschaft der Gegenwart. Beihet zur Schweiz. Z. Forstwes. 1: 107 S.
- Erteld, W.; Hengst, E.*, 1966: Waldertragslehre. Radebeul. 332 S.
- Flury, P.*, 1929: Über den Aufbau des Plenterwaldes. Eidg. Anst. forstl. Versuchswes., Mitt. 15: 305–357.
- Keller, W.*, 1978: Einfacher ertragskundlicher Bonitätsschlüssel für Waldbestände in der Schweiz. Eidg. Anst. forstl. Versuchwes., Mitt. 54: 3–98.
- Kramer, H.*, 1988: Waldwachstumslehre. Hamburg und Berlin. 374 S.
- Polomski, J.; Kuhn, N.*, 1994: Die Wurzeltracht von Wald- und Grünlandpflanzen. Eidg. Forschungsanstalt WSL (in Vorbereitung).

Gedruckt mit Unterstützung der Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (WSL), CH-8903 Birmensdorf.

*Verfasser:* Dr. Walter Keller, Sektion Vegetationskunde, Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (WSL), CH-8903 Birmensdorf.