

## Waldbauliche Untersuchungen zur Wiederaufforstung in Waldschadensgebieten

Von R. MOSANDL und P. BURSCHEL

Lehrstuhl für Waldbau und Forsteinrichtung der Universität München

### 1. Fragestellungen

Die neuartigen Waldschäden haben in vielen älteren Beständen inzwischen ein Ausmaß erreicht, das es erforderlich macht, Überlegungen zur Verjüngung dieser Bestände anzustellen. Der Auflösungsprozeß dieser Bestände wird in der Regel jedoch nicht durch neuartige Waldschäden allein bestimmt, sondern Sturm, Schnee und auch biotische Schadfaktoren sind daran oft wesentlich beteiligt (BURSCHEL und MOSANDL, 1985). Selbst wenn Luftschadstoffe in Zukunft keine weitere Verschlechterung des Zustandes der Altbäume mehr bewirken sollten, muß damit gerechnet werden, daß infolge von Schadereignissen herkömmlicher Art die Verlichtung der Altbestände weiter voranschreiten wird. Es werden also in absehbarer Zukunft vermehrt Flächen zur Verjüngung anstehen. Ganz unabhängig davon, ob es gelingt, die Ursachen für die Entstehung derartiger Flächen im einzelnen aufzuklären, ergeben sich hier eine Reihe von praktischen waldbaulichen Fragen:

Welche Baumarten sind bei der Wiederbestockung zu berücksichtigen?

Ist eine Wiederbestockung im Wege der Naturverjüngung ganz oder teilweise möglich?

Haben Pflanzung oder Saat unter dem Schirm einer vorhandenen, meist jedoch nicht mehr lange zu haltenden Restbestockung Vorteile gegenüber der Aufforstung auf der Freifläche?

Können Vitalität und Wachstum der Verjüngung durch Düngung und/oder Konkurrenzregelung durch Beseitigung der Bodenvegetation gefördert werden?

Diesen Fragen wird am Lehrstuhl für Waldbau und Forsteinrichtung der Forstwissenschaftlichen Fakultät der Universität München seit dem Frühjahr 1985 in vom Waldsterben besonders stark betroffenen Gebieten Bayerns nachgegangen.\*) Die dazu entwickelte Versuchsanlage sowie die Bestände, in denen die Untersuchungen stattfinden, werden im folgenden vorgestellt. Es soll damit auf die Problematik der Verjüngung von Schadensbeständen ganz allgemein hingewiesen und der Versuch gemacht werden, einschlägige Forschungsinstitutionen zur Anlegung vergleichbarer Einrichtungen in anderen Waldgebieten zu bewegen. Ein solches Versuchsflächennetz stellt die einzige Möglichkeit dar, Empfehlungen für die waldbauliche Praxis zu erarbeiten bzw. bereits angelaufene Verjüngungsbemühungen wissenschaftlich zu begleiten.

### 2. Die Versuchsanlage

Im Frühjahr 1985 wurden Versuchsflächen im Frankenwald, im Fichtelgebirge und in den mittleren bayerischen Kalkalpen ausgewählt. Eine Kurzcharakterisierung der Flächen ist Tab. 1 zu entnehmen.

Auf allen drei Flächen stocken so stark verlichtete Bestände, daß Verjüngungsmaßnahmen vorgesehen werden mußten. Von der Größe her waren sie geeignet, um die in Abb. 1 wiedergegebene umfangreiche Versuchsanlage aufzunehmen.

Jede Versuchsfläche besteht aus zwei gleich großen Teilen, wobei der eine von einem Bestandesrest aus mehr oder weniger stark geschädigten Bäumen überstanden ist, während der andere Teil von keinen Altbestandsbäumen mehr überschirmt wird. An der Entstehung der Freiflächensituation auf den Versuchsflächen waren im Frankenwald neben Waldschäden Sturm und Borkenkäfer und im Fichtelgebirge Schneebruch und Borkenkäfer maßgeblich beteiligt. Auf der Versuchsfläche des Alpenraumes dient

Tabelle 1: Charakterisierung der 3 Versuchsflächen

| Charakteristika  | Versuchsfläche   |   |   |
|--|--|---|---|
|  | Frankenwald  | Fichtelgebirge  | Kalkalpen   |
| Forstamsbereich  | Kronach  | Fichtelberg   | Füssen  |
| Besitzart  | Privatwald   | Staatswald  | Staatswald  |
| Höhenlage NN m   | 540  | 900   | 1450  |
| Hangrichtung   | NNW  | S   | N   |
| Hangneigung, Grad  | 17   | 9   | 25  |
| Standortseinheit   | flach- bis mittelgründige Lehme aus Tonschiefer/ Grauwacke | mäßig trockene Hochlagen-Sandlehmkipper (Firneisschutt) | mittelgründige, meist frische Kalksteinbraunlehme an mäßig steilen Hängen |
| pH-Wert, Oberboden (H <sub>2</sub> O / CaCl <sub>2</sub> ) | 3.6 / 3.2  | 3.3 / 2.7   | 7.1 / 6.6   |
| Niederschlag 1985 – mm                                     |  |   |   |
| VI   | 75   | 143   | –   |
| VII  | 35   | 64  | 146   |
| VIII   | 95   | 81  | 500   |
| IX   | 49   | 81  | 64  |

die Kahlfäche bereits seit längerer Zeit als Lichtweidefläche, während der bestockte Teil als Weidewald bezeichnet werden kann. In allen drei Fällen grenzt der überschirmte Teil unmittelbar an den nicht mehr überschirmten an. Auf allen drei Standorten sind damit die beiden Ausgangslagen, von denen der Waldbau bei der Wiederaufforstung in Waldschadensgebieten auszugehen hat, Freiflächen- und Schirmflächensituation, in die Untersuchung einbezogen (Abb. 3).

An jedem Versuchsort wurden sowohl unter Schirm als auch auf der Freifläche sechs Versuchspartellen eingerichtet. Auf ihnen können drei Düngungsvarianten mit Wiederholung erprobt werden. Dazu wird auf den Flächen mit stark sauren Oberböden (Frankenwald, Fichtelgebirge) folgendermaßen vorgegangen: Eine Parzelle jedes Dreierblocks bleibt als Kontrolle ungedüngt.

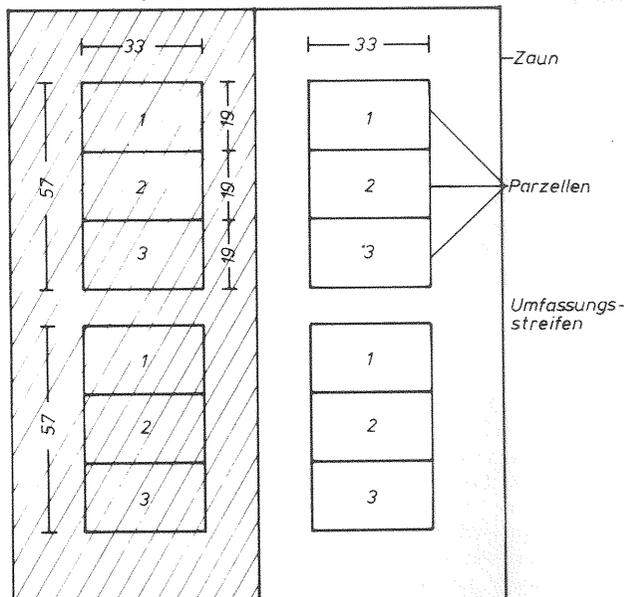


Abb. 1: Schema einer Versuchsfläche.

Parzelle 1 = ohne Düngung

Parzelle 2 = mit Düngung (nur kohlenaurer Mg-Kalk)

Parzelle 3 = mit Düngung (kohlenaurer Mg-Kalk + spez. Nährstoffe)

\*) Das Forschungsvorhaben wurde von der Stiftung „Wald in Not“ durch eine großzügige Sachbeihilfe ermöglicht. Dafür wie auch für die tatkräftige Unterstützung des Forschungsprojektes durch die Bayerische Staatsforstverwaltung sei an dieser Stelle Dank gesagt.

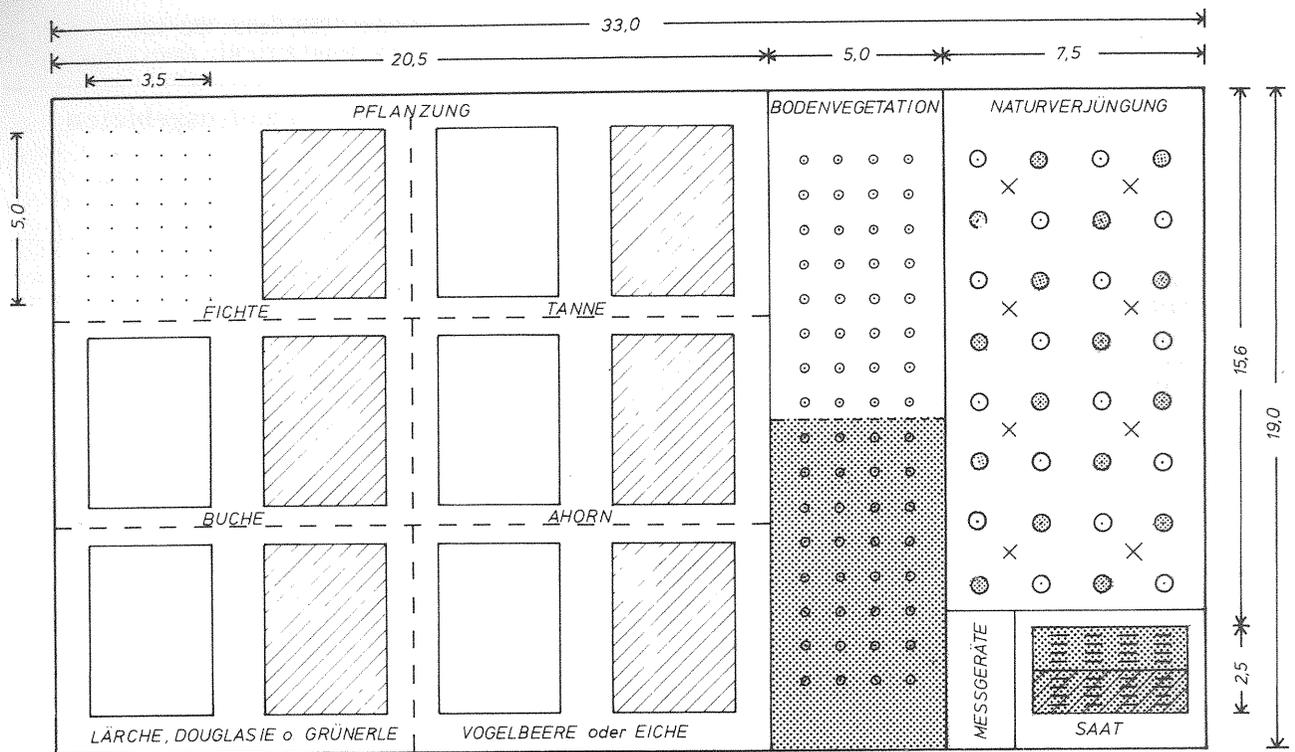


Abb. 2: Schema einer Versuchsparzelle.

- Bodenvegetation - Probekreise
- Naturverjüngung - Probekreise
- × Samenfälle
- Bodenbearbeitung
- ▨ Beseitigung der Bodenvegetation

Die beiden verbleibenden Parzellen wurden bei der Versuchsanlage mit 40 dt/ha kohlen-saurem Magnesiakalk gedüngt. Aus den Nährstoffspiegelwerten der Altbestandsnadeln (Tab. 4) ist nicht abzulesen, ob andere als die mit der Grunddüngung zugeführten Nährelemente im Mangelbereich liegen. Deshalb ist zunächst auf die Ausbringung weiterer Dünger verzichtet worden. Sie werden auf einer der beiden mit Kalk behandelten Parzellen ausgebracht, wenn Blattanalysen an den Verjüngungspflanzen Hinweise auf Nährstoffmängel geben. Das wird jedoch erst geschehen, wenn die Pflanzen so gut etabliert sind, daß die Nährelementgehalte nicht mehr durch die Behandlung in der Baumschule und Anwuchsprobleme bestimmt, sondern Ausdruck der standörtlichen Ausgangslage sind.

Im Kalkalpin kommen Grundbehandlungen mit basischen Düngern nicht in Frage. Darüber hinaus sind die Nährelementgehalte in den Nadeln der Altbäume von einer Art, daß allenfalls Stickstoff in die Nähe des Mangelbereichs kommt. Hier ist deshalb vorerst überhaupt nicht gedüngt worden. Die experimentelle Veränderung des Nährstoffhaushaltes wird vielmehr auf den dafür vorgesehenen Parzellen erst nach den Befunden der Nadelanalysen der Versuchspflanzen vorgenommen werden.

Auf jeder dieser 19 m × 33 m großen Versuchsparzellen wurden im Frühjahr 1985 die in Abb. 2 wiedergegebenen Versuchseinrichtungen installiert. Den größten Teil jeder Versuchsparzelle nimmt die **Pflanzung** von sechs verschiedenen Baumarten ein. Mit jeweils 48 Pflanzen einer Baumart wurden zwei 5 m × 3,5 m große Teilflächen im Verband 0,7 m × 0,7 m bepflanzt. Eine Teilfläche soll in den ersten Anwuchsjahren ständig frei von Konkurrenzvegetation gehalten werden, auf der anderen müssen die Forstpflanzen unter dem Konkurrenzdruck der Bodenvegetation aufwachsen. Angaben über das verwendete Pflanzenmaterial werden in Tab. 2 gemacht.

Als zweite Möglichkeit der künstlichen Bestandesbegründung wird die **Saat** mit in die Betrachtung einbezogen. Dafür ist auf

jeder Parzelle eine 6 m × 4 m große Fläche vorgesehen. Die abgezählten und auf Keim- bzw. Lebensfähigkeit untersuchten Samen bzw. Früchte von vier Baumarten wurden nach einer vorhergehenden Bodenbearbeitung darauf ausgesät. Jeweils acht 25 cm lange Rillen waren für eine Baumart vorgesehen. Wie bei der Pflanzung wird die Hälfte der Saatfläche frei von Bodenvege-

Tabelle 2: Das verwendete Pflanzenmaterial (C = Containerpflanzen, Sort. = Sortiment)

| Baumart    | Frankenwald |         |              | Fichtelgebirge |         |          | Kalkalpen |         |                    |
|------------|-------------|---------|--------------|----------------|---------|----------|-----------|---------|--------------------|
|            | Sort.       | Höhe cm | Herkunft     | Sort.          | Höhe cm | Herkunft | Sort.     | Höhe cm | Herkunft           |
| Fichte     | 2/2         | 30-60   | 84011        | 2/2            | 20-40   | 84017    | 2/1 C     | 15-30   | 84022              |
| Tanne      | 2/3         | 20-40   | 82704        | 2/3            | 20-40   | 82708    | 2/3 C     | 20-40   | 82710              |
| Buche      | 2/0         | 30-60   | 81013        | 2/0            | 25-50   | 81013    | 2/0       | 30-60   | 81017              |
| Ahorn      | 1/2         | 60-100  | süddt. Ernte | 1/1            | 40-60   | 80105    | 1/1 C     | 40-60   | 80109              |
| Lärche     | -           | -       | -            | 1/1            | 25-50   | 83703    | -         | -       | -                  |
| Douglasie  | 2/2         | 30-60   | 85302        | -              | -       | -        | -         | -       | -                  |
| Grünlerle  | -           | -       | -            | -              | -       | -        | 1/1 C     | 20-40   | ?                  |
| Vogelbeere | -           | -       | -            | 1/0            | 40-80   | ?        | 1/1 C     | 40-60   | Sonthofen > 1200 m |
| Eiche      | 2/0         | 50-80   | 81706        | -              | -       | -        | -         | -       | -                  |



Abb. 3: Unter dem Schirm eines stark geschädigten Fichtenaltbestandes wird eine Pflanzenparzelle eingemessen. Für wissenschaftliche Zwecke muß der Pflanzenverband exakt eingehalten werden; die Pflanzenplätze werden deshalb zuerst mit Holzstäbchen markiert.

tation gehalten, während diese sich auf der anderen ungehindert entwickeln kann.

Auf einem weiteren 16 m × 8 m großen Teilbereich jeder Parzelle wurden verschiedene Einrichtungen zur Beobachtung der **Naturverjüngung** geschaffen. Der Quantifizierung des Samen- und Streufalles dienen acht 0,25 m<sup>2</sup> große Samenfänge. Sie werden mehrfach und regelmäßig im Verlauf des Jahres geleert. 16 bodenbearbeitete und 16 unbearbeitete je einen Quadratmeter große Probekreise, deren Mittelpunkte mit Eisenstäben fest vermarktet sind, stellen die Aufnahmeeinheiten für die Artenzusammensetzung, Dichte und Höhe der Naturverjüngung dar (Abb. 4).

Ein 5 m × 19 m großer Teil jeder Parzelle, der zur Hälfte eine Bodenbearbeitung (Durchhacken von Hand) erfuhr und zur anderen Hälfte unbearbeitet blieb, wurde für die Beobachtung der **Bodenvegetation** reserviert. Dazu wurden zur ständigen Aufnahme die Mittelpunkte von zweimal 32 je 0,25 m<sup>2</sup> großen, systematisch über die Fläche verteilten Aufnahmekreisen fest vermarktet.

Auf dem verbleibenden kleinen Flächenstück können ökologische **Meßgeräte** aufgestellt werden. Bislang wurde hier auf jeder Versuchsparzelle ein Regenmesser installiert. Darüber hinaus wurden auf jedem Standort 2 Klimahütten, eine unter Schirm und eine auf der Freifläche, aufgebaut. Jede Klimahütte wurde mit einem Thermohygrographen bestückt. Die Ausstattung mit ökologischem Meßgerät kann jedoch jederzeit erweitert werden.

Die gesamte Versuchsanlage setzt sich also aus 36 nach gleichem Muster angelegten Versuchspartzen zusammen. Sie erlaubt es, vier Untersuchungsobjekte, nämlich Pflanzung, Saat, Naturverjüngung und Bodenvegetation gleichzeitig neben- und miteinander zu betrachten und die auf sie wirkenden Einflüsse der vier Fakto-

ren Standort, Überschildung, Düngung und interspezifische Konkurrenz abzuschätzen. Das Auswertungsmodell, eine Spaltanlage mit mehreren Faktoren, ist bei dieser Art der Versuchsanlage bereits vorgegeben (s. van LAAR, 1979). Als Beobachtungszeitraum für die Entwicklung der Verjüngung sind mindestens 2 Jahrzehnte vorgesehen. Da Wild- und Weideeinfluß nicht zur Fragestellung des Versuchs gehören, wurden alle Flächen geäunt. Die Erfassung der Ausgangssituation auf allen Versuchspartzen konnte bis zum Herbst 1985 abgeschlossen werden. Die dabei erhobenen Daten geben einen Eindruck von dem Zustand der Versuchsflächen. Sie werden im folgenden Abschnitt dargestellt.

### 3. Die Versuchsbestände

#### 3.1 Der Zustand der Altbestände

##### 3.1.1 Die ertragskundlichen Merkmale

Auf allen drei Standorten stocken Fichtenbestände, die der natürlichen Altersklasse des geringen bis mittleren Baumholzes zuzurechnen sind (Tab. 3). Einen nennenswerten Mischungsanteil erreichen mit 9 % an der Grundfläche die Tanne im Frankenwald und der Bergahorn in den Kalkalpen.

Eine Bonitierung mit Hilfe der angegebenen Alters- und Höhenwerte ist nur für den Bestand im Frankenwald möglich. Wird hier die Fichten-Ertragstafel von ASSMANN-FRANZ zum Vergleich herangezogen, so ergibt sich eine Oberhöhenbonität von 36 (WIEDEMANN I. o) und ein Bestockungsgrad von 0,5.

Im Fichtelgebirge würde eine Bonitierung des Bestandes aufgrund der außergewöhnlich niedrigen Höhenwerte einen falschen Eindruck von der standörtlichen Leistungsfähigkeit vermitteln. Obwohl nur die Höhen von Bäumen gemessen worden sind, die in den letzten Jahren nicht vom Schnee gebrochen wurden, haben offensichtlich auch länger zurückliegende Schneebrüche die Höhenentwicklung der Bäume nachhaltig beeinflußt. Die Ursache der hohen Schneebruchanfälligkeit liegt nicht so sehr in versäumten Pflegeeingriffen, wie in der Wahl nicht standortgerechter Herkünfte bei der Bestandesbegründung.

Der Bestand in den Kalkalpen widersetzt sich aufgrund seiner hohen Altersspreitung und seines stufigen Aufbaus einer exakten Bonitierung. Ebenso wie der Bestand im Fichtelgebirge zeichnet er sich durch geringe Baumhöhen bei allerdings deutlich höheren Durchmesserwerten aus. Auffallend ist die mit 3 m sehr niedrige durchschnittliche Kronenansatzhöhe. Sie bestätigt, daß es sich um einen bereits seit langer Zeit licht stehenden Weidewald handelt. Die niedrigen Grundflächenwerte aller drei Bestände sind Ausdruck der fortgeschrittenen Verlichtung.

##### 3.1.2 Die Schadsansprache

Zur Auflichtung kommt hinzu, daß die Versuchsbestände gravierende Waldschäden aufweisen (Abb. 3). In allen drei Beständen gehören die meisten Bäume der Schadklasse „mittelstark“ an. Am schlechtesten ist die Situation im Fichtelgebirge zu beurteilen: Hier sind bereits 20 % der Bäume stark geschädigt oder abgestorben. Damit liegt der Versuchsbestand deutlich über dem Wuchsgebietsdurchschnitt. Auch der Bestand im Frankenwald ist insge-

Table 3: Die Altbestände auf den drei Versuchsflächen

| Versuchsfläche | Alter          | Baumart   | Stammzahl (N/ha) | Grundfläche m <sup>2</sup> /ha | Volumen Vfm/ha |       |    |    |    | Kronenansatzhöhe m |
|----------------|----------------|-----------|------------------|--------------------------------|----------------|-------|----|----|----|--------------------|
|                |                |           |                  |                                |                | V (%) | dm | do | hm |                    |
| Frankenwald    | 75<br>68-85    | Fi        | 267 (86)         | 26 (91)                        | 335 (92)       | 35    | 44 | 28 | 30 | 17                 |
|                |                | Ta        | 43 (14)          | 2 (9)                          | 27 (8)         | 26    | -  | 23 | -  | -                  |
|                | Sa.            | 310 (100) | 28 (100)         | 362 (100)                      | -              | -     | -  | -  | -  |                    |
| Fichtelgebirge | 79<br>65-90    | Fi        | 301 (100)        | 15 (100)                       | 104 (100)      | 25    | 31 | 14 | 16 | 8                  |
| Kalkalpen      | 150<br>110-210 | Fi        | 386 (94)         | 24 (89)                        | 166 (88)       | 36    | 46 | 17 | 18 | 3                  |
|                |                | Ta        | 5 (1)            | 1 (2)                          | 4 (2)          | 40    | -  | 17 | -  | -                  |
|                | BAh            | 22 (5)    | 2 (9)            | 19 (10)                        | 37             | -     | 17 | -  | -  |                    |
|                | Sa.            | 413 (100) | 27 (100)         | 189 (100)                      | -              | -     | -  | -  | -  |                    |



Abb. 4: Die neue Waldgeneration vor dem Hintergrund kranker Altbestandsreste.

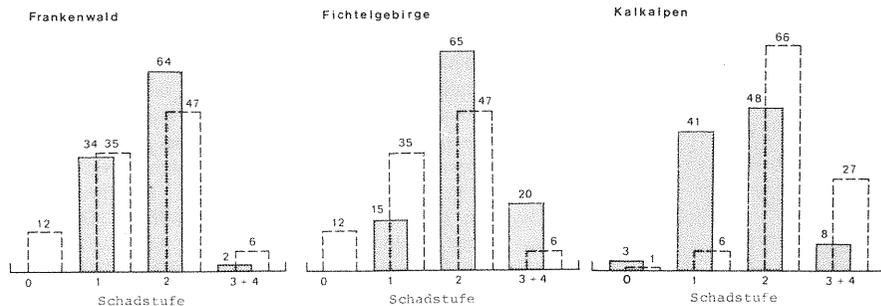


Abb. 5: Die Schadstufenverteilung (%) in den Altbeständen auf den drei Versuchsflächen.

Versuchsfläche 1985  
 Wuchsgebietsdurchschnitt 1986 (Waldschadensinventur FVA 1986)

Schadstufe 0 = ohne Schadensmerkmale  
 1 = schwach geschädigt  
 2 = mittelstark geschädigt  
 3 = stark geschädigt  
 4 = abgestorben

samt stärker geschädigt, als es dem Wuchsgebietsdurchschnitt entsprechen würde. Dagegen weist der Altbestand auf der Versuchsfläche in den Kalkalpen zwar auch bedeutsame Schädigungen auf, die jedoch insgesamt geringer sind, als es dem Durchschnitt des Wuchsgebietes entsprechen würde.

Neben den für die neuartigen Waldschäden typischen Schadenssymptomen waren im Fichtelgebirge und im Frankenwald auch Schneebruch und Sturm häufige Schadensursachen. Nicht weniger als 40 % der Bäume im Fichtelgebirge und immerhin 24 % aller Bäume im Frankenwald wiesen Schneeschäden auf. Rotwildschäden beeinträchtigen die Vitalität des Bestandes im Fichtelgebirge noch weiter, nicht weniger als 50 % der Bäume dort haben Schälwunden.

### 3.1.3 Die Nadelanalysen

Nadelanalysen\*) von Fichten der drei Versuchsflächen gaben einen ersten Eindruck davon, ob mit den neuartigen Waldschäden zuzurechnenden Schadenssymptomen irgendwelche Anomalien im Elementgehalt der Nadeln einhergehen. Betrachtet man daraufhin die in Tab. 4 zusammengestellten Befunde, so fällt als erstes auf, daß im Frankenwald und im Fichtelgebirge Schwefelkonzentrationen in den Nadeln auftreten, die eine erhöhte Belastung anzeigen. Deutlich ist hier der auch in der Untersuchung von BURSHEL et al. (1986) bereits für Jungbestände mitgeteilte Befund, daß der Schwefelgehalt mit Zunahme der Schadstufe abnimmt. Dies gilt sowohl für die jüngeren, etwas weniger belasteten Nadeln, als auch für die älteren. Auf dem kalkalpinen Versuchsstandort liegen die Schwefelwerte deutlich niedriger als auf den anderen beiden Standorten, ganz unbelastet von Schwefel sind aber auch sie nicht, wenn man die an der Bayerischen Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt gebräuchlichen Grenzwerte als Beurteilungsmaßstab nimmt.

Des weiteren fallen bei der Betrachtung der Nadelanalysergebnisse die sehr niedrigen, Mangel anzeigenden Magnesiumwerte in den Nadeln aller Bäume im Fichtelgebirge ins Auge. Im Frankenwald ist dagegen eine solche Unterversorgung nur andeutungsweise erkennbar. Keinerlei Probleme mit der Magnesiumversorgung haben erwartungsgemäß die Bäume des kalkalpinen Standortes.

Eine Mangelsituation wie beim Magnesium ist im Fichtelgebirge auch für Zink gegeben, während sie sich im Frankenwald allenfalls andeutet. Ausreichend versorgt sind dagegen wieder die Nadeln der Bäume in den Kalkalpen.

Die in Tab. 1 mitgeteilten, sehr niedrigen pH-Werte der Böden auf den nordostbayerischen Flächen deuten bereits auf eine nicht optimale Kalziumausstattung hin. Tatsächlich kommt dies auch in den Nadelanalysen zum Ausdruck. Im Fichtelgebirge liegt der Kalziumgehalt der Nadeln sogar so niedrig, daß dieses Element als Nährstoff nur mehr begrenzt pflanzenverfügbar ist.

Überraschend ist der Befund, daß die Stickstoffspiegelwerte auf zwei der drei Versuchsflächen im oder in der Nähe des Mangelbereiches liegen. Hier werden sich wichtige Vergleichsmöglichkeiten ergeben wenn die Nadelanalysen der Versuchspflanzen zur Verfügung stehen.

Für alle anderen untersuchten Elemente kann gesagt werden, daß sie – wenn man sich auf die Referenzwerte verläßt – keine Hinweise auf Versorgungsmängel oder toxische Belastungen geben. Alles in allem ist nach den Analysenergebnissen festzustellen, daß Waldschäden neuerer Art, wie sie in den jährlichen Inventuren erfaßt werden, in standörtlich außerordentlich

unterschiedlichen Waldgebieten und bei überraschend unterschiedlicher Nährelementausstattung der Nadeln vorkommen.

Unabhängig davon, ob die hier mitgeteilten Mangel- oder Belastungswerte der Nadeln in einem ursächlichen Zusammenhang mit den festgestellten Schadenssymptomen stehen, geben sie doch Fingerzeige, welche Arten der Düngung bzw. der Emissionsminderung Aussicht auf Erfolg haben könnten. Derartige Maßnahmen können den derzeit auf den Versuchsflächen stockenden Altbeständen allerdings kaum noch Hilfe bringen. Dazu ist die Auflichtung zu weit vorangeschritten und sind die Schadenssymptome zu deutlich ausgeprägt. Unzweifelhaft bleibt daher die Notwendigkeit der Verjüngung dieser Altbestände. Erst in der nächsten Generation werden sich demnach Baumartenwechsel, Düngung und Emissionsminderung auswirken können.

### 3.2 Die Bodenvegetation

Auch die Bodenvegetation auf den drei Versuchsflächen wurde in die Betrachtung einbezogen, weil ihr zum einen als Hindernis für die angestrebte Verjüngung eine gewisse Bedeutung zukommt, und weil sie zum anderen auf lange Sicht gesehen als Bioindikator dienen kann. Eine im Sommer 1985 durchgeführte Untersuchung der Bodenvegetation auf den drei Versuchsflächen erbrachte das in Tab. 5 wiedergegebene Ergebnis.

Am weitesten ist – infolge der schon länger zurückliegenden Auflichtung bzw. Beseitigung des Altbestandes – die Bodenvegetationsentwicklung auf dem kalkalpinen Standort vorangeschritten. Unter dem Altholzschirm hat sich die für den Karbonat-Fichten-Tannen-Buchenwald (*Adenostylo-glabrae-Abieti-Fagetum*) charakteristische Vegetation eingestellt, und auf der Freifläche ist eine subalpine Milchkrautweide (*Poion alpinae*) entstanden. Vor allem auf der Freifläche ist aufgrund des hohen Bedeckungsgrades des Bodens durch die Weidevegetation, des Trockengewichtes von nahezu 1 t/ha sowie der starken Beteiligung verjüngungshemmender Arten mit Verjüngungsschwierigkeiten zu rechnen.

Ein bedeutsames Verjüngungshemmnis ist die dichte und durch das flächige Auftreten von Drahtschmiele sehr massenreiche Bodenvegetation im Frankenwald. Allem Anschein nach hat sich diese üppige, nur aus wenigen Arten bestehende Bodenvegetation innerhalb weniger Jahre nach der Auflichtung des Bestandes angesiedelt. Das Ende dieser Entwicklung ist sicher noch nicht erreicht und so ist damit zu rechnen, daß der Konkurrenzdruck der Bodenvegetation auf die Forstpflanzen noch weiter zunehmen wird.

Im Fichtelgebirge hat sich dagegen die Bodenvegetation bisher noch kaum entfalten können. Hier wird es möglich sein, den Besiedlungsprozeß durch Bodenpflanzen von Anfang an zu verfolgen. Dies läßt interessante Ergebnisse sowohl über die Abfolge der einzelnen Sukzessionsstadien als auch über die sich verändernden Konkurrenzverhältnisse zwischen Bodenvegetation und Forstpflanzen erwarten.

\*) Die Nadelanalysen wurden vom Lehrstuhl für Forstpflanzenzüchtung und Immissionsforschung der Universität München ausgeführt, wofür hier herzlich gedankt sei.

Tabelle 4: Die Elementgehalte in Fichtennadeln der Jahrgänge 1983 und 1985

| Element  | Schadstufe | Versuchsfläche     |                    |                    |                    |                    |                    |
|----------|------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
|          |            | Frankenwald        |                    | Fichtelgebirge     |                    | Kalkalpen          |                    |
|          |            | Nadeljahrgang 1983 | Nadeljahrgang 1985 | Nadeljahrgang 1983 | Nadeljahrgang 1985 | Nadeljahrgang 1983 | Nadeljahrgang 1985 |
| N (ppt)  | 0          | -                  | -                  | -                  | -                  | 12,2               | 12,0               |
|          | 1          | 12,4               | 13,9               | 13,5               | 15,4               | 11,3               | 11,7               |
|          | 2          | 11,5               | 13,4               | 13,5               | 15,0               | 10,6               | 11,0               |
|          | 3          | 11,3               | 13,4               | 13,5               | 15,5               | 11,4               | 11,5               |
| P (ppt)  | 0          | -                  | -                  | -                  | -                  | 1,20               | 1,47               |
|          | 1          | 1,23               | 1,45               | 1,23               | 1,40               | 1,08               | 1,38               |
|          | 2          | 1,18               | 1,65               | 1,35               | 1,50               | 1,06               | 1,29               |
|          | 3          | 1,18               | 1,60               | 1,15               | 1,44               | 0,99               | 1,13               |
| K (ppt)  | 0          | -                  | -                  | -                  | -                  | 4,28               | 5,30               |
|          | 1          | 4,15               | 4,60               | 5,30               | 5,74               | 4,09               | 5,43               |
|          | 2          | 4,53               | 4,54               | 5,68               | 6,10               | 4,85               | 6,25               |
|          | 3          | 4,22               | 3,74               | 5,10               | 5,83               | 4,36               | 5,04               |
| Ca (ppt) | 0          | -                  | -                  | -                  | -                  | 5,80               | 4,48               |
|          | 1          | 7,13               | 4,09               | 2,88               | 1,63               | 7,15               | 4,97               |
|          | 2          | 4,57               | 3,08               | 2,09               | 1,85               | 6,45               | 4,72               |
|          | 3          | 4,44               | 3,04               | 2,40               | 1,50               | 4,86               | 3,91               |
| Mg (ppt) | 0          | -                  | -                  | -                  | -                  | 0,91               | 1,13               |
|          | 1          | 0,53               | 0,90               | 0,15               | 0,32               | 1,30               | 1,33               |
|          | 2          | 0,50               | 0,78               | 0,12               | 0,30               | 1,24               | 1,35               |
|          | 3          | 0,37               | 0,78               | 0,13               | 0,27               | 1,03               | 1,24               |
| Fe (ppm) | 0          | -                  | -                  | -                  | -                  | 65                 | 54                 |
|          | 1          | 110                | 85                 | 94                 | 70                 | 50                 | 51                 |
|          | 2          | 90                 | 115                | 85                 | 68                 | 36                 | 23                 |
|          | 3          | 130                | 112                | 81                 | 64                 | 51                 | 62                 |
| Mn (ppm) | 0          | -                  | -                  | -                  | -                  | 400                | 600                |
|          | 1          | 1700               | 1100               | 250                | 182                | 220                | 444                |
|          | 2          | 1200               | 900                | 212                | 244                | 240                | 262                |
|          | 3          | 1970               | 1620               | 250                | 220                | 161                | 202                |
| Zn (ppm) | 0          | -                  | -                  | -                  | -                  | 26                 | 35                 |
|          | 1          | 17                 | 28                 | <10                | <10                | 35                 | 32                 |
|          | 2          | <10                | 16                 | 14                 | <10                | 32                 | 36                 |
|          | 3          | <10                | <10                | <10                | <10                | 32                 | 24                 |
| Cu (ppm) | 0          | -                  | -                  | -                  | -                  | 2,4                | 2,7                |
|          | 1          | 2,6                | 3,1                | 3,0                | 3,1                | 2,4                | 2,6                |
|          | 2          | 2,8                | 3,2                | 3,0                | 3,0                | 2,0                | 2,3                |
|          | 3          | 3,0                | 2,9                | 2,9                | 3,1                | 2,2                | 2,6                |
| S (ppm)  | 0          | -                  | -                  | -                  | -                  | 847                | 845                |
|          | 1          | 1524               | 1313               | 1461               | 1329               | 1020               | 1038               |
|          | 2          | 1446               | 1274               | 1319               | 1203               | 874                | 814                |
|          | 3          | 1286               | 1159               | 1264               | 1126               | 1052               | 933                |
| F (ppm)  | 0          | -                  | -                  | -                  | -                  | <2,0               | <2,0               |
|          | 1          | 6,7                | 4,4                | 5,0                | 3,3                | <2,0               | <2,0               |
|          | 2          | 5,8                | 4,3                | 4,5                | 3,6                | <2,0               | <2,0               |
|          | 3          | 5,6                | 4,6                | 5,1                | 3,3                | <2,0               | <2,0               |
| Cl (ppm) | 0          | -                  | -                  | -                  | -                  | 536                | 575                |
|          | 1          | 411                | 761                | 320                | 418                | 407                | 472                |
|          | 2          | 479                | 693                | 337                | 390                | 369                | 530                |
|          | 3          | 468                | 859                | 222                | 428                | 367                | 387                |

Mischproben von Nadeln des 7. Astquirls von jeweils fünf Bäumen. Ausnahmen: Es standen im Frankenwald nur ein Baum der Schadstufe 3 und in den Kalkalpen nur zwei Bäume der Schadstufe 0 für eine Probenahme zur Verfügung.  
 ppt = Milligramm pro Gramm Trockensubstanz  
 ppm = Mikrogramm pro Gramm Trockensubstanz.  
 Zur Interpretation der Daten wurden folgende Grenzwerte für den Beginn des Mangelbereiches zugrunde gelegt (nach Merkblatt der FVA, 1984): N < 13, P < 1,3, K < 3,5, Ca < 2, Mg < 0,7, Fe < 20, Mn < 20, Zn < 15, Cu < 3.  
 Beginn einer Belastung: S > 800, F > 5, Cl > 700.

### 3.3 Die Naturverjüngung

Im nennenswertem Umfang wurden Naturverjüngungspflanzen nur im Frankenwald und im Kalkalpinbereich gefunden. Die Fläche im Fichtelgebirge war praktisch frei von Verjüngung

Tabelle 5: Die Bodenvegetation auf den drei Versuchsflächen

| Merkmal                        |                       | Versuchsfläche |            |                |            |           |            |
|--------------------------------|-----------------------|----------------|------------|----------------|------------|-----------|------------|
|                                |                       | Frankenwald    |            | Fichtelgebirge |            | Kalkalpen |            |
|                                |                       | Schirm         | Freifläche | Schirm         | Freifläche | Schirm    | Freifläche |
| Bedeckungsgrad (%)             | Sträucher             | 7              | 16         | 0              | 0          | 0         | 0          |
|                                | Kräuter               | 20             | 5          | 20             | 5          | 52        | 51         |
|                                | Gräser                | 51             | 66         | 23             | 14         | 33        | 45         |
|                                | Gesamt                | 78             | 87         | 43             | 19         | 85        | 96         |
| Trockengewicht (t/ha)          | Sträucher und Kräuter | 0,27           | 1,15       | 0,43           | 0,13       | 0,23      | 0,37       |
|                                | Gräser                | 1,13           | 2,10       | 0,29           | 0,21       | 0,35      | 0,61       |
|                                | Gesamt                | 1,40           | 3,25       | 0,72           | 0,34       | 0,58      | 0,98       |
| Artenzahl N/0,5 m <sup>2</sup> | Sträucher             | 1              | 1          | 0              | 0          | 0         | 0          |
|                                | Kräuter               | 2              | 2          | 1              | 1          | 12        | 14         |
|                                | Gräser                | 2              | 2          | 2              | 2          | 4         | 6          |
|                                | Gesamt                | 5              | 5          | 3              | 3          | 16        | 20         |

(s. Tab. 6). Bemerkenswert ist, daß die größeren Pflanzenzahlen immer unter dem Altholzschirm ermittelt wurden. Die Zusammensetzung nach Baumarten ist allerdings sehr einseitig. Im Frankenwald sind es fast ausschließlich Fichten und in den Kalkalpen Ahorne, die die Verjüngung bilden. Naturverjüngungspflanzen von mehr als 10 cm Höhe sind kaum vorhanden. Die Naturverjüngungssituation ist also auf allen Versuchsflächen als unbefriedigend zu bezeichnen.

Im Fichtelgebirge, wo die Verjüngung fast vollständig ausgeblieben ist, wird man im Hinblick auf den schlechten Zustand und die schlechtrassige Herkunft der Altbestandsfichten ohnehin nicht auf die Naturverjüngung setzen dürfen, sondern unverzüglich zu Pflanzmaßnahmen greifen. Auf den Schirmflächen im Frankenwald und in den Kalkalpen besteht zumindest noch die Hoffnung auf eine gesicherte Naturverjüngung. Voraussetzung ist hier allerdings, daß die Altbestände noch lange genug erhalten bleiben. Den Gründen für das weitgehende Ausbleiben der Naturverjüngung wird im Rahmen dieser Untersuchung weiter nachgegangen. So wird man den in den Samenkästen aufgefangenen Samen und Früchten Hinweise entnehmen können, inwieweit die Fruktifikation der Altbestände beeinträchtigt ist. Durch den Vergleich der Naturverjüngungsdichten auf bodenbearbeiteten und unbearbeiteten Probekreisen wird darüber hinaus erkennbar werden, ob die Samen auf den unbehandelten Flächen ein geeignetes Keimbett vorfinden.

Tabelle 6: Die Dichte der Naturverjüngung auf den Versuchsflächen Frankenwald und Kalkalpen (1000/ha)

| Baumart           | Versuchsfläche |            |           |            |
|-------------------|----------------|------------|-----------|------------|
|                   | Frankenwald    |            | Kalkalpen |            |
|                   | Schirm         | Freifläche | Schirm    | Freifläche |
| Fichte            | 55             | 5          | 1         | v          |
| Tanne             | v              | 0          | v         | v          |
| Ahorn             | v              | 0          | 51        | 13         |
| sonst. Laubholz*) | 1              | 1          | 3         | 0          |
| Summe             | 56             | 6          | 55        | 13         |

\*) überwiegend Vogel- und Mehlbeere; v = vereinzelt.

#### 4. Schlußbetrachtung und Zusammenfassung

Der Zustand vieler Altbestände erzwingt vor allem auf schwierigen Standorten wie z. B. exponierten Gebirgs- und Kammlagen beschleunigte Verjüngungsmaßnahmen. Über die Art, wie dabei vorzugehen ist, herrscht infolge der mangelnden Erfahrung im Umgang mit von neuartigen Waldschäden betroffenen Beständen keineswegs Klarheit. Es ist deshalb eine wichtige Aufgabe für den wissenschaftlichen Waldbau, Grundlagen dafür zu erarbeiten und die anlaufenden Aktivitäten der Praxis zu begleiten. Das ist nur möglich durch die Anlage und längerfristige Beobachtung von entsprechenden Versuchsflächen. Dabei ist es unumgänglich, alle sowohl für die natürliche als auch die künstliche Verjüngung bedeutsamen Aspekte mit in die Betrachtung einzubeziehen. Dazu gehören neben der Fruktifikation und der Schadensentwicklung der Altbestände auch die Entwicklung der Bodenvegetation und die Auswirkungen von waldbaulichen Maßnahmen wie Düngung und Konkurrenzregelung.

Vom Lehrstuhl für Waldbau und Forsteinrichtung der Universität München ist ein Versuchsplan für derartige Untersuchungen entwickelt und an drei Standorten Bayerns verwirklicht worden. Die Art des Vorgehens ist hier eingehend dargestellt worden. Die Verfasser halten es für wichtig, daß solche oder modifizierte Versuchsanordnungen in weiteren Wuchsgebieten der Bundesrepublik auch von anderen Versuchsanstellern angelegt und längerfristig beobachtet werden. Nur so wird es möglich sein, die zukünftigen Verjüngungsbemühungen in Schadensgebieten auf ein breites wissenschaftliches Fundament zu stellen. Nur am Rande sei erwähnt, daß Versuche solcher Art, ganz unabhängig von der Schadensproblematik, einen bedeutsamen Beitrag zur wissenschaftlichen Durchdringung des gesamten bisher vernachlässigten Komplexes der Waldverjüngung darstellen würden. Die Verfasser sind zu enger Kooperation mit anderen Versuchsanstellern bereit. Als Organ für eine umfassende Auswertung würde sich die Sek-

tion Waldbau des Deutschen Verbandes Forstlicher Versuchsanstalten anbieten.

#### Summary

##### **Silvicultural research for the afforestation in the areas of forest decline.**

At present there is a lack of knowledge about the regeneration of old stands damaged by forest decline. Many silvicultural questions are urgently to be answered, such as

– is the process of natural regeneration undisturbed

– what are the best species for afforestation

– to what degree can the conditions for regeneration be improved by opening the crown canopy, by removing the weed or by fertilizing and what kind of interactions exist between these measures.

At the chair of silviculture of the University of Munich an experimental design to answer these questions was developed and installed at three different sites.

Descriptions of the lay out of the experiments and of the characteristics of the three sites and stands involved are given. The possible informations gained from this type of research project could be considerably increased by more research institutes setting up the same or similar type of experiments in other regions of Central Europe.

#### Literatur

BAYERISCHE FORSTLICHE VERSUCHS- UND FORSCHUNGSANSTALT (1984): Merkblatt der FVA: Elementgehalte in Koniferennadeln. – BAYERISCHE FORSTLICHE VERSUCHS- UND FORSCHUNGSANSTALT (1986): Ergebnisse der Waldschadensinventur Bayern 1985. – BURSCHEL, P., EL KATEB, H., HUSS, J. und MOSANDL, R. (1985): Die Verjüngung im Bergmischwald. Forstw. Centralbl. 104: 65–100. – BURSCHEL, P. und MOSANDL, R. (1985): Waldbau angesichts neuartiger Waldschäden. In: Sonderband der AFZ: Die Sache mit dem Wald. BLV-Verlagsgesellschaft München, S. 269–280. – BURSCHEL, P., HUBER, W. und WEBER, M. (1986): Waldschäden in ostbayerischen Fichten-Jungbeständen. AFZ 41: 428–430. – Van LAAR, A. (1979): Biometrische Methoden in der Forstwissenschaft, Teil I und II. Forstliche Forschungsberichte München 44/I + II: 702 S. Abb. 3 und 4: Foto: H. ROTH, t. v. Pressebild München, mit freundlicher Genehmigung des Zweiten Deutschen Fernsehens, Mainz.

Verfasser: Forstoberrat R. MOSANDL und Prof. Dr. P. BURSCHEL, Lehrstuhl für Waldbau und Forsteinrichtung, Amalienstr. 52, 8000 München 40.