

# Waldschaden – Zuwachsreaktion – Fernerkundung

Vergleichende Beurteilung von Schadstrukturen und Zuwachsmerkmalen geschädigter Fichtenbestände anhand von terrestrischen Erhebungen und Luftbildaufnahmen

Von Heinz Röhle und Jürgen Schmidt

Für geschädigte Fichten-Bestände im Nationalpark Bayerischer Wald werden die Ergebnisse der terrestrischen Schadansprache aus dem Jahre 1983 mit den aus Luftbildern ermittelten Vitalitätsmerkmalen für die beiden bisher vorliegenden Befliegungen der Jahre 1981 und 1983 verglichen. Außerdem werden Zusammenhänge zwischen dem Grad der Schädigung und dem Zuwachsverhalten herausgearbeitet. Im einzelnen ergeben sich folgende Erkenntnisse:

- Den Luftbildauswertungen zufolge ist im Untersuchungsgebiet ein Rückgang der Vitalität von 1981 bis 1983 nicht nachweisbar.
- Häufig kommt die terrestrische Ansprache bei der Schadklassifikation von Einzelbäumen zu Ergebnissen, die von denen der Luftbildauswertung abweichen.
- Die Grundflächenzuwächse aller Fichten im Untersuchungsgebiet folgen bis 1973 einem in etwa einheitlichen Trend. Danach zeigen die Verlaufskurven eine zunehmende Staffelung nach Vitalitätsklassen, geschädigte Fichten verlieren deutlich an Zuwachs.
- Die Zuwachsverluste (periodischer Bestandes-Grundflächenzuwachs) lassen sich durch die terrestrische Schadansprache wie auch durch Luftbildaufnahmen anschätzen; sie sind im wesentlichen durch die Nadelverluste zu erklären und erreichen im Untersuchungsgebiet in stark geschädigten Beständen Werte um 36 % im Aufnahmejahr 1983.

Die waldwachstumskundlichen Untersuchungen im Zusammenhang mit den großräumigen Walderkrankungen befassen sich vornehmlich mit der Erforschung des Wachstumsganges von Einzelbäumen und der Analyse des Zuwachsverhaltens von Beständen mit unterschiedlichen Schadmerkmalstrukturen. Geeignete Methoden zur raschen Zustandserfassung großräumiger Waldgebiete, wie z. B. die Infrarot-Luftbildtechnik, wurden bisher noch nicht ertragskundlich überprüft. Die Erfassung des Vitalitätszustandes über aerophotogrammetrische Methoden hat gegenüber dem gängigen terrestrischen Verfahren neben dem relativ geringen Zeitaufwand weitere Vorteile: Zum einen gestatten die Luftbilder eine zweifelsfreie Dokumentation der aktuellen Schadsituation, außerdem können ältere Luftbilder in späteren Jahren erneut ausgewertet werden. Die Ansprache des Vitalitätszustandes ist somit jederzeit nachvollziehbar. Personenspezifische, systematische Abweichungen bei der Zuordnung zu den einzelnen Vitalitätsklassen lassen sich bei der zusammenfassenden Darstellung von Entwicklungsreihen berücksichtigen und gegebenenfalls korrigieren.

## Untersuchungsgebiet „Nationalpark Bayerischer Wald“

Der Nationalpark Bayerischer Wald bot sich zur Durchführung eines Methodenvergleiches zwischen terrestrischer Schadansprache und Luftbildklassifikation an, da im Jahre 1981 drei Befliegungsstreifen festgelegt wurden und bereits zwei aufeinanderfolgende Luftbildaufnahmen aus den Jahren 1981 und 1983 vorliegen. Die Ergebnisse von Zuwachsuntersuchungen in Fichten-Altbeständen wie auch in Fichten-Jungbeständen weisen außerdem im Bayerischen Wald auf einen relativ straffen Zusammenhang zwischen Gesundheitszustand und Zuwachsleistung bei Einzelbäumen hin (2, 3, 4, 6, 8). Darüber hinaus sind im Untersuchungsgebiet Fichten aller Schadklassen in ausreichender Zahl vorhanden.

Kennzeichnend für den Bayerischen Wald ist ein kontinental getöntes Klima. Mit der Höhenlage nehmen die Mitteltemperaturen in der Vegetationsperiode ab, die Niederschläge und die Nebelhäufigkeit dagegen zu. In 1 400 m Höhe tritt beispielsweise an 70 % der Tage innerhalb der Vegetationszeit Nebelnieder-

schlag auf (5). Die Waldvegetation reicht vom Aue-Fichten-Wald in den Bachtälern über Fichten-Tannen-Buchen-Wälder bis hin zu Fichten-Hochlagen-Waldtypen in den Kammregionen. Die standörtlichen Gegebenheiten auf den untersuchten Bereichen der Befliegungsstreifen lassen die Ausscheidung von zwei hinsichtlich Gründigkeit und Nährstoffangebot unterschiedlichen Standortgruppen zu, die jedoch keine Differenzierung in der Schadmerkmalausprägung zeigen.

## Befliegungsstreifen und Probestellen

Die Auswahl möglicher Probestellenstandorte war auf das Gebiet der 1983 befliegenen Bildstreifen beschränkt. Der erste Streifen folgt der Linie vom Kleinen Rachel über den Großen Rachel und endet südöstlich des Rachelsees. Der zweite Streifen liegt am Südrand des Nationalparks, der dritte Streifen unterhalb des Lusen. Mit Hilfe der Luftbilder wurde eine Vorauswahl geeigneter Probestände getroffen. Schließlich wurden zwölf Probestellen ausgewählt. Dabei wurde besonders darauf geachtet, daß Bestände unterschiedlichen Schädigungsgrades in verschiedenen Höhenlagen Berücksichtigung fanden. Auf den Probestellen wurde neben der Messung ertragskundlicher Kenngrößen (Bhd, Höhe usw.) eine Erhebung des Gesundheitszustandes nach dem üblichen Anspracheschema mit fünf Schadklassen (Tab. 1) vorgenommen. Zur Ermittlung der Zuwächse wurden außerdem von jedem Baum der Sozialklasse 3 und besser zwei Bohrspäne entnommen. Der Auswertungszeitraum für die Zuwachsanalysen umfaßte die letzten 24 Jahre (1960 mit 1983).

Die Probestellen decken die breite Spreitung der im Untersuchungsgebiet vorkommenden Fichten-Bestandesformen voll ab. Das mittlere Bestandesalter liegt zwischen 83 und 182 Jahren, die Stammzahlen zwischen 178 und 611 Bäumen/ha. Der Mitteldurchmesser reicht von 30 cm bis 65 cm, die Mittelhöhe von 14,5 bis 40,0 m. Die Grundflächen schwanken zwischen 30 m<sup>2</sup>/ha und 66 m<sup>2</sup>/ha, die Vorräte zwischen 300 VFmD/ha und 1 100 VFmD/ha. Bei einem Vergleich der Probestände mit den Angaben der Fichten-Ertragstafel von ASSMANN-FRANZ (1) fällt auf, daß die Bonitäten im Untersuchungsgebiet in größeren Höhen und bei höheren Altern schlechter werden. Allerdings muß darauf hingewiesen werden, daß die gebräuchlichen Fichten-Ertragstafeln den besonderen Wachstumsbedingungen im Bayerischen Wald (Mittelgebirgslage, langsamer ablaufende Wachstumsvorgänge, spätere Kulmination der Zuwächse, geringerer Zuwachsrückgang nach Überschreiten des Kulminationspunktes) kaum gerecht werden.

## Terrestrische Schadansprache und Luftbildklassifikation

Im folgenden werden die Ergebnisse der Schadansprache der beiden Erhebungsverfahren für die Einzelbäume und die Probestellenmittelwerte näher analysiert. Die terrestrische Schadansprache wurde im Jahre 1983 vorgenommen, ist also mit der im selben Jahr durchgeführten Schadklassifikation aus dem Luftbild unmittelbar zu vergleichen. Anhand der Luftbildaufnahmen aus dem Jahre 1981 kann außerdem die Entwicklung der Schadmerkmalstrukturen im Untersuchungsgebiet verfolgt werden.

Abb. 1 stellt die aus der terrestrischen Ansprache hergeleitete Schadveteilung (insgesamt 229 auswertbare Fichten auf allen

Tab. 1: Kriterien zur Schadmerkmalansprache für die Baumart Fichte.

Vitalitätsklasse	Nadelverlustprozent	Vitalitätszustand
0	bis 10	gesund
1	11 - 25	kränkelnd
2	26 - 60	krank
3	61 - 99	sehr krank
4	100	abgestorben

Luftbilderhebung 1983. Der Grundflächenzuwachs wurde periodenweise (3-Jahres-Perioden, beginnend mit dem Jahr 1961) errechnet und auf den durchschnittlichen Zuwachs eines zehnjährigen Referenzzeitraumes (1961 mit 1970) bezogen eingezeichnet. Aus der Abbildung wird ersichtlich, daß die Grundflächenzuwächse aller Klassen bis 1973 in etwa dem gleichen Trend folgen. Danach verschiebt sich das Bild, die Grundflächenzuwächse zeigen eine zunehmende Differenzierung nach Vitalitätsklassen. Allerdings ergibt sich auch hier ein nicht zu übersehender Unterschied zwischen den beiden Erhebungsverfahren: Während die Luftbildinterpretation eine eindeutige Staffelung nach Vitalitätsklassen erkennen läßt, ist die Differenzierung bei der terrestrischen Erhebung nicht so ausgeprägt; die Zuwachsverlaufskurven für benachbarte Vitalitätsklassen liegen teilweise ziemlich nahe beieinander, die Kurve für die Klasse 3 kippt sogar noch unter die der Klasse 4 ab. Die schadklassenspezifischen, mittleren Zuwachsgänge im Untersuchungsgebiet lassen sich demnach anhand der aus dem Luftbild des Jahres 1983 ermittelten Schadklassierung besser voneinander trennen als nach den Einwertungen der terrestrischen Vitalitätsansprache.

Zur Prüfung etwaiger Abhängigkeiten zwischen den Zuwachsverläufen der zwölf Untersuchungsflächen und deren mittleren Nadelverlustprozenten sowie weiteren charakteristischen Bestandeskenngößen wurde ein schrittweises Regressionsverfahren benutzt. Dieses Verfahren wählt aus einer Menge von unabhängigen Variablen diejenigen aus, deren Einbeziehung in die Regression zu einer signifikanten Erhöhung des Bestimmtheitsmaßes führt, die also einen statistisch gesicherten Beitrag zur Erklärung der abhängigen Variablen liefern. Im vorliegenden Fall wurde als abhängige Variable die Abweichung des Grundflächenzuwachses in der 3-Jahres-Periode von 1981 mit 1983, bezogen auf den flächenspezifischen Mittelwert der zehnjährigen Referenzperiode, gewählt. Zur Erklärung dieser Abweichung des Grundflächenzuwachses wurden acht weitere Parameter wie z. B. mittleres Nadelverlustprozent, Bestandesalter, Bestockungsgrad usw. (vgl. Tab. 3) herangezogen. Das Regressionsverfahren filterte für die Ergebnisse der Luftbildklassifikation 1983 die Parameter Bestandesalter, mittleres Nadelverlustprozent, Höhenlage des Bestandes über NN und die Hangneigung als signifikante Erklärungsvariablen für die Änderung des Zuwachsganges heraus. Bei der terrestrischen Schadansprache wurde anstelle der Höhenlage über NN der mittlere Durchmesser als vierte Variable in die Regression aufgenommen. Erstaunlicherweise führte die Einbeziehung des Bestockungsgrades oder der Stammzahl/ha zu keiner signifikanten Erhöhung des Bestimmtheitsmaßes. Das Ergebnis der Regressionsrechnung überrascht trotzdem auf den ersten Blick: Für beide Klassifikationsverfahren ergeben sich Bestimmtheitsmaße um 0,75, auch wird in beiden Fällen das Alter als erste und der mittlere Nadelverlust (nach dem jeweiligen Klassifikationsverfahren) als zweite Variable in die Regressionsrechnung aufgenommen. Außerdem erklären die zwei genannten Variablen für beide Klassifikationsverfahren etwa 60 % der Streuung der

Zielgröße. Die Einbeziehung von weiteren Bestimmungsvariablen führt bei der Luftbildauswertung wie bei der terrestrischen Ansprache nurmehr zu einer geringfügigen Erhöhung des Bestimmtheitsmaßes. Dies deutet darauf hin, daß zwischen den beiden untersuchten Verfahren zur Erhebung des Vitalitätszustandes zwar erhebliche absolute Unterschiede bestehen (vgl. Terrestrische Schadansprache), der Trend jedoch bei der Luftbildauswertung und der terrestrischen Schadansprache gleichgerichtet ist. Bäume mit höheren Nadelverlusten und stärkeren Zuwachsminderungen werden in schlechtere Vitalitätsklassen eingestuft als Fichten mit geringeren Nadelverlusten, wenn auch die Kriterien zur Einordnung in die einzelnen Klassen bei Anwendung der beiden Verfahren fallweise unterschiedlich beurteilt werden.

Aufbauend auf den Ergebnissen der Regressionsrechnungen wurden vom Autor Schätzgrößen zur Ermittlung des bestandesweisen Zuwachsverlustes (periodischer Grundflächenzuwachs) auf der Basis der terrestrischen Schadansprache hergeleitet (7). Demzufolge liegen die Minderzuwächse im Aufnahmejahr 1983 bei mittleren Bestandesnadelmassenverlusten von 30 bis 40 %, wie sie im Untersuchungsgebiet durchaus häufiger anzutreffen sind, in Abhängigkeit vom Bestandesalter bei 29 bis 36 %.

Wie die vorliegende Erhebung zeigt, weisen die beiden analysierten Verfahren zur Schadansprache erhebliche, z. T. methodisch bedingte Unterschiede auf. Bei kombinierter Anwendung beider Verfahren in einem Untersuchungsgebiet muß deshalb ein geeignetes Instrument zur Angleichung der Zuordnungskriterien für die Vitalitätsklassen (Eichschlüssel) entwickelt werden. Prinzipiell erlauben beide Verfahren eine Anschätzung von Zuwachsverlusten, wenn im Befliegungsgebiet Wachstumsuntersuchungen in ausreichender Zahl vorliegen und einigermaßen straffe Zusammenhänge zwischen den Nadel- und Zuwachsverlusten bestehen.

#### Literaturhinweise

- 1) ASSMANN, E., F. FRANZ, 1963: Vorläufige Fichten-Ertragstafel für Bayern, München, 112 S.
- 2) KASBERGER, G., 1982: Schaftaufbau, Wachstumsgang und Kronenstrukturmerkmale wuchsgeschädigter Fichten im Forstamt Bodenmais. Diplomarbeit MWW-DA 29, LMU München, 89 S.
- 3) LINDNER, G., 1984: Schadbild und Zuwachsleistung eines geschädigten Fichtenbestandes im Bayerischen Wald – schadensbedingte Formveränderungen und Zuwachsleistung. Diplomarbeit MWW-DA 38, LMU München, 110 S.
- 4) MITTERREITER, J., 1985: Ertragskundliche Beiträge zur Waldschadensdiagnose – waldwachstumskundliche Merkmale eines geschädigten Fichten-Jungbestandes in Ostbayern. Diplomarbeit MWW-DA 47, LMU München, 107 S.
- 5) NOACK, E. W., 1979: Witterung und Klima im Nationalpark Bayerischer Wald. Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten. Nationalpark Bayerischer Wald, Heft 5.
- 6) RÖHLE, H., 1985: Ertragskundliche Aspekte der Walderkrankungen, FwCbl. 104, (3/4), S. 225–242.
- 7) RÖHLE, H., 1986: Waldschaden und Zuwachsreaktion – dargestellt am Beispiel geschädigter Fichtenbestände im Nationalpark Bayerischer Wald. FwCbl, Jahrgang 105, Heft 2, Parey, Hamburg und Berlin, S. 115–122.
- 8) SCHMIDT, J., 1985: Vergleichende Beurteilung der Schadmerkmalstrukturen aus Infrarot-Luftbilddaufnahmen und terrestrischen Erhebungen in geschädigten Fichtenbeständen des Bayerischen Waldes. Diplomarbeit MWW-DA 39, LMU München, 77 S.

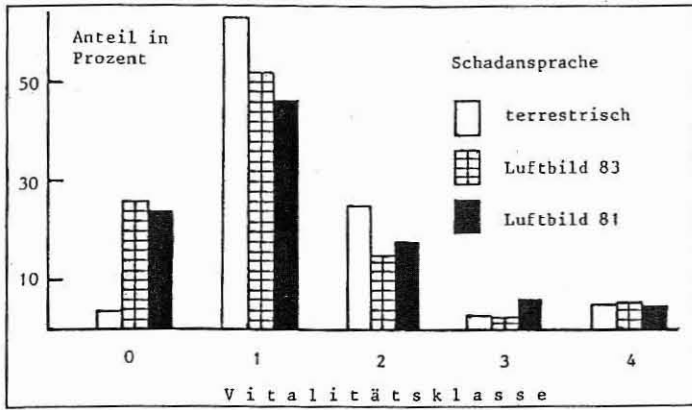


Abb. 1: Schadklassenverteilung im Untersuchungsgebiet für die terrestrische Schadansprache und die beiden Luftbildaufnahmen der Jahre 1981 und 1983 (berücksichtigt wurden die sozialen Baumklassen 1 bis 3 nach Kraft).

Untersuchungsflächen) den Ergebnissen der beiden Luftbildauswertungen gegenüber. Dabei wird deutlich, daß zwischen der terrestrischen Vitalitätsklassierung und der Luftbildauswertung für das Jahr 1983 erhebliche Unterschiede bestehen: Die Vitalitätsklasse 0 ist nach den Ergebnissen der terrestrischen Aufnahme mit wesentlich geringeren Anteilen vertreten als bei der Ansprache aus dem Luftbild, die Klassen 1 und 2 dagegen mit deutlich höheren Anteilen. Bei der Einstufung stark geschädigter und abgestorbener Fichten (Klassen 3 und 4) dagegen kommen beide Verfahren zu einer fast einheitlichen Bewertung. Eine statistische Überprüfung der dargestellten Zusammenhänge mit dem Zeichen-Rangsummen-Test für gleichartige Paare ergab für die Vitalitätsklassen der 229 Fichten in der Mehrzahl der Fälle einen hochsignifikanten Unterschied zwischen terrestrischer Ansprache und Luftbildklassifikation. Die statistisch nachgewiesenen Abweichungen bei der Einordnung in die verschiedenen Vitalitätsklassen betreffen allerdings ausschließlich den Bereich der Klassen 0 bis 2 (gesunde bis mittelstark geschädigte Bäume). Eine mögliche Erklärung besteht darin, daß bei der Beurteilung von Grenzfällen (Einstufung eines Baumes in die Klassen 0 oder 1 bzw. 1 oder 2) verfahrensbedingte, systematische Unterschiede in der Bewertung zum Tragen kommen: Während bei der terrestrischen Schadansprache in Grenzfällen die meist schütter benadelten und vom Boden leichter einsehbaren unteren Kronenbereiche den Ausschlag zur Einstufung in die betreffende Vitalitätsklasse geben dürften, ist bei der Luftbildklassifikation der umgekehrte Fall denkbar. Hier werden hauptsächlich die im Bild besser erkennbaren und meist auch dichter benadelten Teile der Lichtkrone als Maßstab herangezogen. Für diese These spricht auch, daß stark erkrankte und abgestorbene Bäume (Klassen 3 und 4) von beiden Verfahren weitgehend übereinstimmend angesprochen werden. Zwischen den Ergebnissen der beiden Luftbildauswertungen hingegen bestehen keine bedeutsamen Unterschiede, wie Abb. 1 belegt.

Ähnlich wie bei der oben skizzierten Analyse der Einzelbaum-Schadklassierung lieferte die terrestrische Schadansprache im Beobachtungsjahr 1983 für die zwölf Untersuchungseinheiten

Tab. 2: Mittlere Schadgrade (Nadelverlustprozente) der einzelnen Probestellen für die Luftbildaufnahmen 1981 und 1983 und die terrestrische Schadansprache.

Flächennummer	terrestr. Ansprache	Luftbild 1983	Luftbild 1981
1	27.1	25.0	27.7
2	26.6	24.2	33.0
3	23.8	21.3	33.9
4	24.6	9.8	20.8
5	21.3	11.7	11.8
6	21.9	15.5	18.5
7	36.7	20.8	28.9
8	30.4	17.5	15.9
9	16.3	21.2	17.5
10	29.7	29.1	29.9
11	63.8	60.4	69.9
12	34.1	24.5	24.2

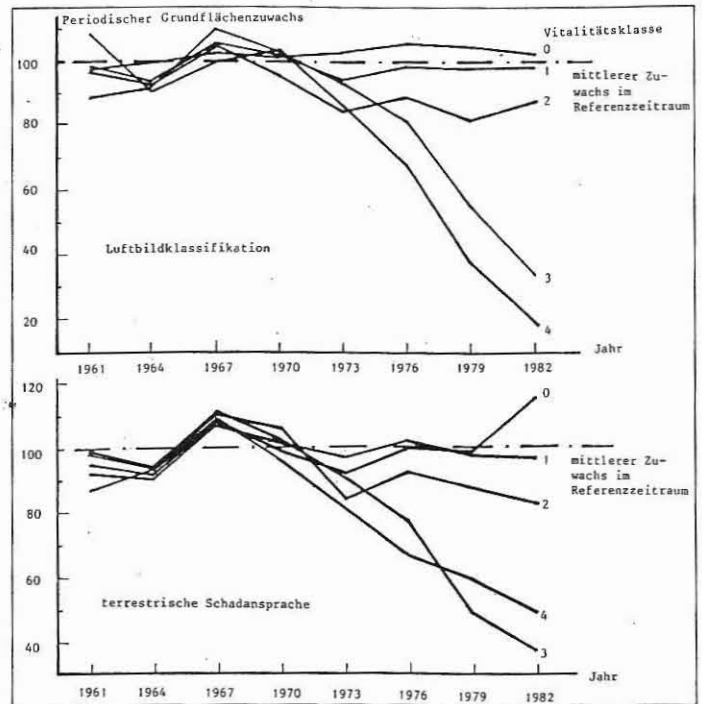


Abb. 2: Wachstumsgänge der Vitalitätsklassen 0, 1, 2, 3 und 4 nach der Luftbildaufnahme 1983 (oben) und der terrestrischen Schadansprache (unten; der periodische Grundflächenzuwachs ist in Prozent des mittleren Grundflächenzuwachses des Referenzzeitraumes angegeben).

meist höhere mittlere Flächenschadwerte als die Luftbildauswertung (Tab. 2). Die Ergebnisse der beiden Befliegungen decken sich wiederum weitgehend, eventuelle Veränderungen des Gesundheitszustandes zwischen den beiden Erhebungen lassen sich statistisch nicht belegen.

### Zuwachsanalysen

Eingangs wurde bereits erwähnt, daß die bisher vorliegenden Zuwachsuntersuchungen für den Bayerischen Wald ziemlich straffe Beziehungen zwischen dem okular anschätzbaren Nadelverlustprozent und der Wachstumsreaktion bei Einzelbäumen erkennen lassen. Eine deutliche Differenzierung im Wuchsverhalten der einzelnen Vitalitätsklassen zeigt sich seit etwa 1973. Zur Darstellung der Wachstumsgänge im Untersuchungsgebiet sind auf Abb. 2 die Zuwachswerte (Schadklassen-Mittelwerte) aufgetragen. Der oberen Grafik liegt die terrestrische Schadansprache zugrunde, der unteren Grafik die Schadklassierung nach der

Tab. 3: Ergebnisse der schrittweisen Regressionsanalyse für die Luftbildaufnahme 1983 und die terrestrische Schadansprache.

1) Variablenliste für die schrittweise Regressionsanalyse			
abhängige Variable :			
- Änderung des periodischen Grundflächenzuwachses in Prozent vom Mittelwert der Referenzperiode			
unabhängige Variable :			
- mittleres Nadelverlustprozent			
- Bestandesalter			
- Mittelhöhe			
- Mitteldurchmesser in Brusthöhe			
- Stammzahl/Hektar			
- Höhe über NN			
- Hangneigung in Prozent			
- Bestockungsgrad			
2) Ergebnis der schrittweisen Regressionsanalyse			
	Regressions-Schritt	einbezogene Variable	erreichtes Bestimmtheitsmaß
terrestrische Schadansprache	1	Bestandesalter	0.38
	2	mittl. Nadelverlust	0.61
	3	Hangneigung in %	0.69
	4	Mitteldurchmesser	0.74
Luftbildinterpretation '83	1	Bestandesalter	0.42
	2	mittl. Nadelverlust	0.58
	3	Höhe über NN	0.72
	4	Hangneigung in %	0.76

**Sonderdruck aus Allgemeine Forst Zeitschrift Nr. 15/1987**

---

BLV Verlagsgesellschaft mbH, Lothstraße 29, 8000 München 40. Probeheft gratis.