

## Makroskopische Schadsymptome der Kiefer (*Pinus sylvestris* L.) in Abhängigkeit von Außenfaktoren

Gabriele Meyer, Reinhard Bornkamm und Tanja Preuß<sup>1)</sup>

### Synopsis

Twigs and needles of Scots Pine (*Pinus sylvestris* L.) in Berlin forests were investigated macroscopically for needle loss and number of complete annual needle sets, damage symptoms, needle length, needle weight, and twig increment. These parameters were compared with SO<sub>2</sub>-immissions and precipitation. Regarding needle symptoms two types were discerned: one of them (type 2) was correlated with SO<sub>2</sub> load. The other parameters were correlated with precipitation and/or SO<sub>2</sub>. Here the influence of dry periods was more pronounced than the influence of immission.

*Pinus sylvestris*, damage symptoms, sulfur dioxide, precipitation

### 1. Einleitung

Kiefern zeigen in ihren Reaktionen und der stofflichen Zusammensetzung der Nadeln die Wirkung von Immissionen ebenso an wie andere Baumarten. BRAUN (1974) hebt hervor, daß die Kiefer sich, ebenso wie die Fichte, besonders gut als Bioindikator eignet. In vielen Untersuchungen wurde sie daher bereits als Akkumulationsindikator für Immissionen eingesetzt (MARKAN & FISCHER 1991, FAENSEN-THIEBES & al. im Druck, dort weitere Literatur). Die Beobachtung einfach zu bestimmender makroskopischer Schadsymptome wie z. B. Nadelverluste, Nadelschäden oder Zuwachsverluste, trat dagegen lange Zeit eher in den Hintergrund. Erst mit dem Auftreten der "neuartigen Waldschäden" wurden bei Kiefern beobachtete vermehrte und verfrühte Nadelverluste oder "Verätzungen" mit Immissionen in Zusammenhang gebracht (ROHMEDER & SCHÖNBORN 1965, GLUCH 1988). Seit Beginn der bundesweiten immissionsökologischen Waldzustandserfassung (IWE) Anfang der 80er Jahre werden Kiefern systematisch als Reaktionsindikatoren für die Luftbelastung untersucht. Maßgebender Parameter ist hierbei das Merkmal Nadelverluste, während Nadelschäden in Form von Vergilbungen zwar als Korrekturfaktor bei der Bildung von Schadklassen mitberücksichtigt, jedoch nicht genauer differenziert werden.

Ein kritischer Punkt bei der Beurteilung von Nadelverlusten ist, daß kein genauer Sollwert bekannt ist, wieviele Nadeljahrgänge eine gesunde Kiefer im Normalfall hat. Auf armen Standorten und bei geringen Niederschlägen werden im norddeutschen Raum 2 - 3 Nadeljahrgänge als normal für ältere Kiefern angenommen (WIEDEMANN 1942, 1948), allerdings ist die Diskussion über diese Frage nach wie vor nicht abgeschlossen (MOOSMAYER 1988, MARKAN & FISCHER 1991, S. 149).

An den Nadeln selbst können verschiedenartige Schadsymptome auftreten, für deren Entstehung unterschiedliche Ursachen wie Nährstoffmangel, Tierfraß, Schädlingsbefall oder SO<sub>2</sub>- und Ozonbelastung (HARTMANN & al. 1988, PENN. STATE UNIV. COLL. AGR. 1989, HANISCH & KILZ 1990) in Frage kommen. Eine eindeutige Zuordnung von Schadform und Ursache ist allerdings häufig erschwert, da aufgrund der relativen Ähnlichkeit von Schadbildern Verwechslungsmöglichkeiten bestehen.

Auch die Ursachen für morphologische Veränderungen an den Trieben sind noch nicht geklärt: Einerseits sind witterungsbedingte Minderungen des Sproßwachstums seit langem bekannt (WIEDEMANN 1942, KOZLOWSKI 1971, STADTER 1987), andererseits wurden derartige Wachstumshemmungen auch infolge von Immissionen festgestellt (GRESZTA 1972, MAHN 1981, GLUCH 1988).

Da davon auszugehen ist, daß unterschiedliche Symptomausprägungen auf unterschiedlichen Ursachen bzw.

1.) Herrn Prof. Dr. O. L. Lange (Würzburg) zum 65. Geburtstag gewidmet.

Ursachenkomplexen beruhen, die wirksamen Faktoren sich außerdem überlagern können, erscheint es wichtig, differenziertere Anspracheschlüssel zu entwickeln als bisher (NIEHAUS 1989). Es sollen daher in dieser Arbeit die makroskopischen Parameter differenziert betrachtet werden in der Absicht, zur besseren Fundierung von Hypothesen über die ursächlichen Zusammenhänge beizutragen.

Die Arbeiten wurden in den Jahren 1986 bis 1989 im Rahmen des Projekts "Ballungsraumnahe Waldökosysteme" in Berlin (West) in Verbindung mit anderen pflanzenökologischen Untersuchungen durchgeführt (BORNKAMM 1989, FAENSEN-THIEBES & al. im Druck).

## **2. Material und Methoden**

Die Untersuchungen wurden in 9 Kiefern-Eichenbeständen (Quercu-Pineten) mit *Pinus sylvestris* als dominierender Baumart und beigemischt *Quercus robur* und *Quercus petraea* durchgeführt. Rostbraunerden bilden den für alle Standorte charakteristischen Bodentyp (MARSCHNER 1990). Das Bestandesalter lag zwischen 95 und 155 Jahren. Die topografische Lage der Standorte und ihre Stellung im Immissionsgradienten ist Abb. 1 zu entnehmen.

Die Bestände wurden in den Jahren 1986-1988 jeweils im Sommer (Juni oder Juli) und Herbst (Oktober oder November), im Jahr 1989 nur im Herbst beprobt. Als diagnostische Parameter wurden untersucht:

- 1) Nadelverluste
- 2) makroskopisch erkennbare Schadsymptome auf den einjährigen Nadeln
- 3) Nadellängen einjähriger Nadeln
- 4) 100-Nadelgewichte einjähriger Nadeln
- 5) Triebblängen für die Jahre 1981 bis 1989

Zu 1) Zur Berechnung der mittleren Nadelverluste wurden für jeden Jahrgangsabschnitt die Verluste in 10%-Stufen geschätzt und der Quotient aus der Summe der Verluste aller Jahrgangsabschnitte und dem Erwartungswert für die Anzahl vollständiger Nadeljahrgänge gebildet. Aus Gründen der Vergleichbarkeit mit den jährlichen Waldschadenserhebungen der Berliner Forsten wurde dieser Erwartungswert auf 4 (Sommer) bzw. 3,5 (Herbst) vollständige Nadeljahrgänge festgelegt.

Zu 2) Bei den Schadsymptomen der Nadeln wurden drei Klassen ausgeschieden (FAENSEN-THIEBES & al., im Druck):

**N0** enthält Nadeln ohne Symptome

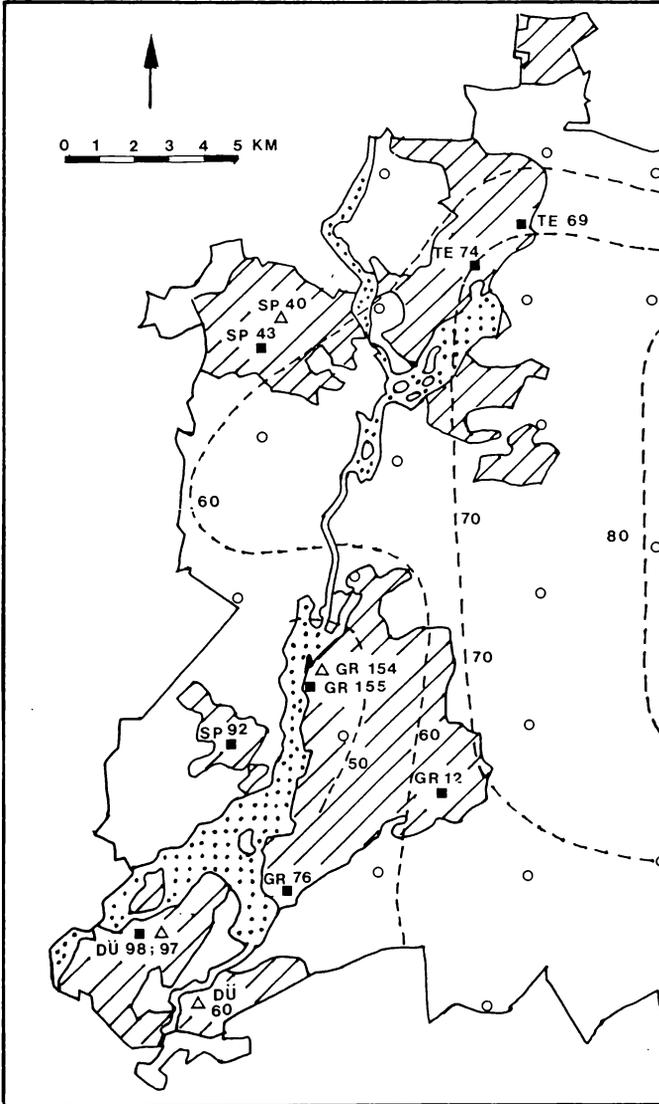
Typ 1 = **N1** umfaßt a) Vergilbungen, b) Punktchlorosen, c) chlorotische Marmorierungen und d) Punktnekrosen. Alle diese Schadformen bleiben auf den betroffenen Nadelbezirk begrenzt.

Typ 2 = **N2** umfaßt a) gelbe, scharf abgegrenzte Bänder und Flecken, die b) im weiteren Verlauf nekrotisieren und c) ausgehend hiervon Übergreifen der Nekrotisierung auf den Apikalbereich der Nadel. Während für Symptome des Typs 1 verschiedene Ursachen diskutiert werden, kommt für Symptome des Typs 2 insbesondere SO<sub>2</sub>-Belastung als Ursache in Frage (HARTMANN & al. 1988, PENN. STATE UNIV. AGR. 1989, HANISCH & KILZ 1990, SKEFFINGTON & al. 1985).

Zusätzlich zu den Erhebungen in Waldbeständen wurden im Jahre 1988 Nadelverluste von Kiefern in einem Transekt untersucht, der durch Zonen unterschiedlicher Immissionsbelastung in den südlichen Bezirken Berlins führte. Die hier vorgefundenen Kieferngruppen wurden nach dem IWE-Verfahren bonitiert (Einzelheiten bei PREUSS 1990).

Als wichtiger, für Berlin besonders relevanter Außenfaktor wurde bei der Auswertung der Ergebnisse die Niederschlagsmenge berücksichtigt; Berlin liegt mit 592 mm Jahresniederschlag und einer Jahresmitteltemperatur von 8,8°C (Jan. -0,5°C, Juli +17,8°C) im Grenzbereich zwischen semihumidem und semiaridem Klima. Für die korrelationsstatistischen Berechnungen wurden jeweils die Niederschlagssummen der Monate Mai bis September für die Jahre 1981-1988 verwendet; sie lagen zwischen 192 mm (1982) und 364 mm (1987).

Als weiterer bedeutsamer Faktor im Berliner Raum ist die  $\text{SO}_2$ -Belastung anzusehen. Dementsprechend wurde die mittlere  $\text{SO}_2$ -Konzentration ganzer Jahre jeweils für das Intervall April-März (1985/6 bis 1988/9) als Variable in die Korrelationsberechnungen miteinbezogen. Die mittlere  $\text{SO}_2$ -Belastung für den Bereich der Berliner Wälder ist durch Isolinien in Abb. 1 markiert.



**Abb. 1:** Lage der Probeflächen in West-Berlin.

Schraffiert = Forstflächen; punktiert = Wasseroberflächen der Havel-Seenrinne.

DÜ = Forst Düppel, GR = Forst Grunewald, SP = Forst Spandau, TE = Forst Tegel;

Zahlen = Nummern der Jagden. Quadrate = Altbestände (> 90 Jahre); Dreiecke = jüngere Bestände.

Kreise = Meßpunkte des Berliner Luftgütemeßnetzes (BLUME); gestrichelte Linien = Jahresmittel der  $\text{SO}_2$ -Immissionswerte 1985-1987 (in  $\text{mg}/\text{m}^3$  aus SEN. STADT. UM. 1990).

### 3. Ergebnisse

#### 3.1 Nadelschäden

Die Entwicklung der Schadsymptome zeigt eine deutliche zeitliche Varianz (Tab. 1), insbesondere im jahreszeitlichen Verlauf: Vom Sommer zum Herbst nahm der Anteil von N2 allgemein zu (1987, 1988), nicht jedoch im Jahr 1986, in dem bereits im Sommer viele Nadeln dieses Typs auftraten. Das einfachste Erklärungsmodell für diese Vorgänge ist, daß N2-Nadeln, wenn sie bereits im Sommer reichlich auftreten, bei der herbstlichen Nadelschütte bevorzugt abgeworfen werden, während NO-Nadeln vom Sommer zum Herbst vorwiegend in den N1-Zustand übergehen.

**Tab. 1:** Nadelsymptome im Verlauf der Untersuchungsjahre.

S = Sommerernte, H = Herbsterte,

NO = ungeschädigte Nadeln, N1 = Nadeln vom Symptomtyp 1, N2 = Nadeln vom Symptomtyp 2,

N1 bzw. N2 in % aller Nadeln; N2 % = Nadeln mit Symptomtyp 2 in % der geschädigten Nadeln.

|      | 1986 |    | 1987 |    | 1988 |    | 1989 | Mittel |    |
|------|------|----|------|----|------|----|------|--------|----|
|      | S    | H  | S    | H  | S    | H  | H    | S      | H  |
| NO   | 29   | 22 | 70   | 30 | 66   | 34 | 32   | 55     | 29 |
| N1   | 32   | 56 | 9    | 28 | 22   | 45 | 58   | 21     | 47 |
| N2   | 39   | 22 | 21   | 42 | 12   | 15 | 11   | 24     | 24 |
| N2 % | 55   | 29 | 71   | 60 | 36   | 32 | 16   | 53     | 34 |

Insgesamt betrachtet war 1986 charakterisiert durch besonders wenige gesunde (NO) Nadeln. Bei den geschädigten Nadeln überwog 1987 im Gegensatz zu den anderen Jahren der Symptomtyp 2 (N2).

Da sich einerseits bei den ersten Auswertungen eine Korrelation von N2-Nadeln mit der SO<sub>2</sub>-Belastung ergeben hatte (FAENSEN-THIEBES & al. im Druck), andererseits aber aufgrund weiterer Literaturangaben auch Einflüsse des Witterungsgeschehens (Niederschläge) zu erwarten waren, wurden diese beiden Faktoren korrelationsstatistisch geprüft (Tab. 2). Es bestand demnach ganzjährig ein mittelstarker Zusammenhang zwischen den Niederschlägen des Vorjahres und der Menge ungeschädigter Nadeln im Folgejahr, d. h., daß mit zunehmenden Niederschlägen die gesunden Nadeln zunahmten und umgekehrt. Auf diesen Zusammenhang hatte das SO<sub>2</sub> keinen erkennbaren Einfluß.

**Tab. 2:** Zusammenhang zwischen dem Anteil gesunder Nadeln (NO, in % der Gesamtnadelzahl) sowie der Nadeln mit Symptomtyp 1 bzw. 2 (N1, N2, in % der geschädigten Nadeln) und der durchschnittlichen SO<sub>2</sub>-Belastung (S) des vorgehenden Jahres (April-März), der Regenmenge in der Vegetationsperiode des vorgehenden Jahres (V) sowie des Untersuchungsjahres (U).

Signifikanz: \*\* p < 0,01; \* p < 0,05.

|                      | Faktor | r (einfach) | Signifikanz | Faktoren | r (multipel) |
|----------------------|--------|-------------|-------------|----------|--------------|
| <b>Sommerernten:</b> |        |             |             |          |              |
| (n = 80)             |        |             |             |          |              |
| NO                   | V      | + 0,515     | **          |          |              |
| N1, N2               | S      | ± 0,471     | **          |          |              |
| <b>Herbsternten:</b> |        |             |             |          |              |
| (n = 98)             |        |             |             |          |              |
| NO                   | V      | + 0,422     | **          | V, U     | + 0,527      |
|                      | U      | + 0,299     | *           |          |              |
| N1, N2               | U      | + 0,480     | **          | V, U     | + 0,529      |
|                      | S      | ± 0,398     | **          |          |              |

Für die Ausbildung der Schadform kann dagegen erwartungsgemäß ein SO<sub>2</sub>-Einfluß konstatiert werden. Dieser hat allerdings zu keinem Zeitpunkt eine Auswirkung im Sinne einer Verstärkung oder Abschwächung auf den bestehenden Zusammenhang zu der Niederschlagsmenge des laufenden oder vorangehenden Jahres.

Auffällig ist jedoch, daß im Herbst die Einführung der zweiten Niederschlagsvariablen immer zu einer Verbesserung der bereits bestehenden Korrelationen führte. Hier zeigt sich vermutlich bereits ein erster Einfluß des laufenden Witterungsgeschehens. Insgesamt ist jedoch festzustellen, daß auch bei bestehenden signifikanten Korrelationen die Bestimmtheitsmaße nur relativ gering sind.

### 3.2 Nadelverluste

Nadelverluste können im Sommer recht unterschiedlich sein (Tab. 3), erreichen aber im Herbst immer einen recht einheitlichen und insgesamt höheren Wert, der durch die physiologische Nadelschütte im Herbst bedingt ist. Die multiple Regression weist für die Sommermonate den Vorjahresniederschlag (V) als maßgebenden Faktor aus (Tab. 4), zusätzlich resultiert mit zunehmender SO<sub>2</sub>-Belastung eine signifikante Erhöhung der Nadelverluste (allerdings bei sehr geringem Bestimmtheitsmaß). Im Herbst war dagegen nur der Niederschlag des Untersuchungsjahres (U) als Einzelfaktor von signifikanter Bedeutung, jedoch verbessern auch V und S die bestehende Korrelation. Es ist zu vermuten, daß Trockenperioden eine umso stärkere Wirkung zeigen, je stärker die SO<sub>2</sub>-Belastung bzw. -vorschädigung war.

**Tab. 3:** Mittlere Nadelverluste in % und Anzahl vollständiger Nadeljahrgänge.

|                             | 1986 |     | 1987 |     | 1988 |     | 1989 | Mittel |     |
|-----------------------------|------|-----|------|-----|------|-----|------|--------|-----|
|                             | S    | H   | S    | H   | S    | H   | H    | S      | H   |
| Nadelverlust (%)            | 48   | 53  | 35   | 57  | 27   | 53  | 58   | 36     | 55  |
| vollständige Nadeljahrgänge | 1,8  | 1,7 | 2,2  | 1,6 | 2,6  | 1,8 | 1,5  | 2,5    | 1,7 |

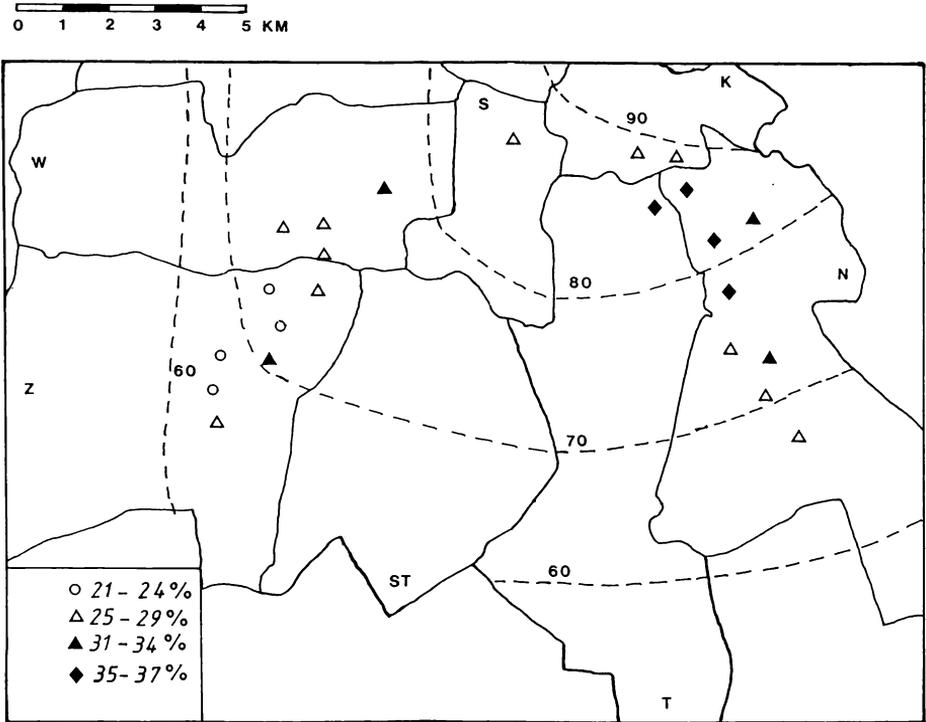
**Tab. 4:** Zusammenhang zwischen den Nadelverlusten und der Anzahl vollständiger Nadeljahrgänge und der durchschnittlichen SO<sub>2</sub>-Belastung (S) des vorhergehenden Jahres (April-März), der Regenmenge in der Vegetationsperiode (Mai-September) des vorgehenden Jahres (V) sowie des Untersuchungsjahres (U) Signifikanz wie Tab. 2.

|                       | Faktor | r (einfach) | Signifikanz | Faktoren | r (multipel) |
|-----------------------|--------|-------------|-------------|----------|--------------|
| <b>Sommerernten:</b>  |        |             |             |          |              |
| Nadelverluste         | V      | - 0,441     | **          | V,S      | 0,474        |
|                       | S      | + 0,214     | **          |          |              |
| vollst.Nadeljahrgänge | V      | + 0,632     | **          | V,S      | 0,683        |
|                       | S      | - 0,291     | *           |          |              |
| <b>Herbsternten:</b>  |        |             |             |          |              |
| Nadelverluste         | U      | - 0,219     | **          | U,V      | 0,265        |
|                       |        |             |             | U,V,S    | 0,349        |

Da auf den Probenahmestandorten in den Forsten die SO<sub>2</sub>-Belastung nur in relativ geringem Rahmen variierte und sich dementsprechend kein geschlossenes Bild im Hinblick auf Unterschiede zwischen den Standorten ergeben hatte, wurden als Ergänzung der Untersuchungen innerstädtische Bereiche mit einbezogen. Trotz zusätzlicher Varianzen durch Bodenunterschiede zeigte sich hier, daß die Nadelverluste im mittleren, am stärksten belasteten Bereich am höchsten waren (Abb. 2). Die statistische Analyse ergab für den Zusammenhang zwischen Nadelverlusten der einzeln untersuchten Bäume und dem Jahresmittel 1988 der SO<sub>2</sub>-Konzentration zwar eine positive Korrelation ( $r = 0,32; n = 291$ ), aber auch hier nur ein sehr geringes Bestimmtheitsmaß. Berücksichtigt man jedoch, daß die SO<sub>2</sub>-Konzentrationen von Jahr zu Jahr schwanken, die relative Folge der Belastungszonen aber recht ähnlich bleibt, so kann man die Verteilung der Nadelverluste auf diese Zonen darstellen (Tab. 5). Hierbei ergibt sich eine enge Korrelation ( $> 99,9\%$ ,  $\chi^2$ -Test).

**Tab. 5:** Verteilung von untersuchten Bäumen mit Nadelverlusten < 25% bzw. > 25% auf 3 Zonen mit einer unterschiedlichen mittleren SO<sub>2</sub>-Jahresbelastung (Werte für 1985-1988 in mg SO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup> nach SEN, STADT. UM. 1989).

| µg SO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup> | < 25% | > 25% | Summe |
|------------------------------------|-------|-------|-------|
| 41-50                              | 28    | 17    | 45    |
| 51-60                              | 97    | 59    | 156   |
| 61-70                              | 24    | 66    | 90    |
| Summe                              | 149   | 142   | 291   |



**Abb. 2:** Nadelverluste (in %) in einem gekrümmten Transekt durch die südwestlichen Bezirke Berlins. Ausgezogene Linien = Bezirksgrenzen; K = Kreuzberg, N = Neukölln, S = Schönefeld, ST = Steglitz, T = Tempelhof, W = Wilmersdorf, Z = Zehlendorf. Gestrichelte Linien = Jahresmittel der SO<sub>2</sub>-Immissionswerte 1985-1987 in mg/m<sup>3</sup> (SEN, STADT. UM. 1990).

### 3.3 Anzahl vollständiger Nadeljahrgänge

Die Anzahl vollständiger Nadeljahrgänge (Tab. 3) liegt mit einem Mittel von 2,2 im Sommer und 1,7 im Herbst außerordentlich niedrig. Das bedeutet, daß in den Berliner Forsten Kiefernadeln im Durchschnitt deutlich kürzer als 2 Jahre leben und damit unterhalb der Angaben der meisten Autoren liegen. Die Regressionsanalyse (Tab. 4) ergibt ein ähnliches Bild wie bei den Nadelverlusten: Maßgebender Faktor ist der Niederschlag des Vorjahres, die SO<sub>2</sub>-Belastung trägt zur Verminderung der Nadeljahrgänge bei.

### 3.4 Triebmorphologie

Die Angaben für die biometrischen Parameter sind Tab. 6 zu entnehmen. Das 100-Nadelgewicht lag im Mittel bei 2,1 g, nahm jedoch von 1986 bis 1989 kontinuierlich ab. In gleichem Sinne verhielten sich die Nadellän-

gen (Mittel 66 mm). Dagegen nahm der Triebzuwachs in den letzten Jahren deutlich zu. So betrug er während des Untersuchungszeitraumes 1986-1989 im Mittel 9,5 cm, in den vorhergehenden Jahren 1981-1985 nur 7,9 cm (insgesamt im Mittel 8,6 cm). Er zeigt eine negative Korrelation zur SO<sub>2</sub>-Belastung und zum Baumalter, eine positive zum Vorjahresniederschlag. So betrug er im Mittel nur 6,4 cm bei den 135-155 Jahre alten Beständen, jedoch 9,3 bei den 90-120 Jahre alten Beständen. Die multiple Regression (Tab. 7) zeigt, daß Niederschlag und SO<sub>2</sub> die maßgebenden Faktoren sind und die Altersabhängigkeit überlagern.

Tab. 6: Biometrische Merkmale.

|                      | 1981 | 82  | 83  | 84  | 85  | 86   | 87   | 88  | 89    |
|----------------------|------|-----|-----|-----|-----|------|------|-----|-------|
| Triebzuwachs (cm)    | 7,5  | 7,9 | 7,3 | 8,2 | 8,4 | 8,5  | 9,4* | 8,4 | 11,7* |
| Nadellänge (mm)      |      |     |     |     |     | 73*  | 66*  |     | 59    |
| 100-Nadelgewicht (g) |      |     |     |     |     | 2,5* | 2,1* | 1,9 | 1,9   |

Mit \* bezeichnete Werte sind auf dem 5%-Niveau von den Minimalwerten verschieden.

Tab. 7: Zusammenhang zwischen den Merkmalen Triebblängenzuwachs (in cm), Nadellänge (in mm) und 100-Nadelgewicht (in g) und der durchschnittlichen SO<sub>2</sub>-Belastung (S) bzw. der Regenmenge (V) des vorhergehenden Jahres sowie dem Bestandesalter (A). Signifikanz wie Tab. 2.

|                     | Faktor | r (einfach) | Signifikanz | Faktoren | r (multipel) |
|---------------------|--------|-------------|-------------|----------|--------------|
| Triebblängenzuwachs | A      | -0,329      | **          | A, S     | 0,359        |
|                     | S      | -0,262      | **          | A,S,V    | 0,378        |
|                     | V      | +0,113      | **          |          |              |
| Nadellänge          | V      | -0,200      | *           |          |              |
|                     | S      | -0,190      | *           |          |              |
| 100-Nadelgewicht    | V      | -0,256      | **          |          |              |
|                     | S      | -0,182      | **          |          |              |

## 4. Diskussion

### 4.1 Einfluß der der Niederschlagsmenge

Bodenbezogene Parameter wie Wasserkapazität und Abstand vom Grundwasser scheiden als Einflußfaktoren aus, da die Böden einheitlich waren. Vielfach ergaben sich jedoch deutliche Abhängigkeiten vom Sommer-Niederschlag (Mai - September). Für die Nadelverluste, die Vollständigkeit der Nadeljahrgänge, die Trieblänge und den Anteil ungeschädigter Nadeln waren im wesentlichen die Niederschläge des Vorjahres (z. T. auch des laufenden Jahres), also des Jahres in dem die Nadeln gebildet wurden, die maßgebende Größe. Dies ist deutlich erkennbar am Verlauf der Größen im Vergleich der Untersuchungsjahre. Untersuchungen von RIEK & al. (im Druck), die bei Berliner Kiefern einen Zusammenhang zwischen verfügbarem Bodenwasser und Nadelverlusten nachweisen konnten, bestätigen dieses Ergebnis.

Gemäß den von uns aufgestellten Regressionsgleichungen läßt sich der Niederschlagswert errechnen, bei dem alle Nadeln ungeschädigt sein müßten. Er beträgt 437 mm und wurde in den Untersuchungsreihen nie erreicht. Eine Schädigung aller Nadeln wäre nach einer entsprechenden Rechnung bei Niederschlägen unter 170-180 mm zu erwarten, ein Wert, der 1982 (mit 192 mm) fast erreicht wurde. Hier findet sich eine gute Übereinstimmung zu den Angaben von CARLISLE & BROWN (1968), wonach Trockensommer erst dann wirklich gravierend werden, wenn die Niederschläge unter 140 bis 190 mm liegen.

Bei den entsprechenden Rechnungen für die Nadelverluste wäre bei 80 mm Niederschlag mit dem Verlust aller Nadeln zu rechnen, mit vollständiger Benadelung bei 510 mm. Der festgestellte mittlere Verlust von 47% wäre nach dieser Berechnung bei 234 mm erreicht, was mit dem tatsächlichen Mittelwert der Niederschläge von 255 mm gut übereinstimmt.

Im übrigen sind negative Wirkungen von Trockenjahren auf Wachstum und Benadelungsgrad plausibel und

seit langem bekannt (WIEDEMANN 1948). STADTER (1987) stellte eine positive Korrelation des Triebwachstums zu den Niederschlägen fest, und KOZLOWSKI (1971) sowie ZIMMERMANN & BROWN (1974) konnten zeigen, daß eine Trockenheit sich erst bei Trieben im Folgejahr manifestiert.

Der Rückgang der Nadellängen und -gewichte in den Jahren 1988-1989 kann nicht ohne weiteres erklärt werden. Denkbar wäre die Wirkung eines Phyllopoden-Befalls, der in diesen Jahren besonders reichlich beobachtet wurde.

## 4.2 Einfluß von Immissionen

Bei der Beurteilung des SO<sub>2</sub>-Einflusses bestehen größere Unsicherheiten als bei der Beurteilung des Einflusses von Trockenperioden. Hier bringt die vorgenommene Differenzierung in die Symptomtypen N1 und N2 eine teilweise Klärung, da Typ N2 mit der mittleren SO<sub>2</sub>-Belastung positiv korreliert ist. Eine leichter negative Einfluß der SO<sub>2</sub>-Belastung zeigte sich (nur bei den Sommerwerten) auch bei den Parametern Trieblänge und Nadelverluste. Deutlicher wurde dieser Zusammenhang, wenn innerstädtische Standorte mit höherer Belastung einbezogen wurden (Transekt durch Süd-Berlin). Nach den Regressionsgleichungen würde bei Immissionswerten < 10 mg SO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup> (also nahe bei Null), Symptomtyp 2 erwartungsgemäß nicht mehr auftreten, bei 90 mg SO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup> würde er ausschließlich auftreten. Dies stimmt mit den Ergebnissen von MAHN (1981) in der Dübener Heide überein, wo bei Werten > 100 mg SO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup> alle Nadeln in die Schadklasse 6 (nekrotisiert oder abgestorben) eingestuft werden mußten. Der oben errechnete Wert ist also durchaus realistisch. Unsere Berechnungen beruhen auf mehrjährigen Mittelwerten und dürfen nicht auf kurzfristige Schwankungen angewandt werden, da der Wirkungsmechanismus nicht direkt und einfach ist. So hat die Abnahme der SO<sub>2</sub>-Belastungen in den letzten Jahren (SEN.STADT.UM 1991) nicht zur Abnahme der Schadsymptome geführt, wohl aber zur Ausbreitung der SO<sub>2</sub>-sensitiven Flechte *Hypogymnia physodes* (SEIDLING 1990). Hier bestehen wohl direktere Abhängigkeiten.

Bei den Triebblängen ergab sich eine Zunahme während eines 10jährigen Zeitraumes, also ein Trend im Sinne einer Zuwachssteigerung. Es ist gut denkbar, daß hier eine Folge verstärkter N-Immissionen vorliegt. Dies kann nicht ohne weiteres positiv bewertet werden, sondern bedeutet lediglich, "daß der Mensch das Waldökosystem destabilisiert" (MATZNER 1989).

Unbefriedigend bleibt, daß der Symptomtyp 1 als offensichtlicher Mischtyp keine weitergehenden Interpretationen zuläßt. Eine weitere Differenzierung ist hier wünschenswert, um z. B. die Möglichkeit von Ozon-Schäden prüfen zu können.

## 4.3 Schlußfolgerungen

Die Untersuchung makroskopischer Schadsymptome an Kiefernadeln und -trieben zeigt, daß sowohl Trockenheit als auch SO<sub>2</sub>-Belastung bei der Ausbildung von Symptomen eine Rolle spielen. Dabei ist unter den gegebenen Bedingungen in den Berliner Forsten die Wirkung über den Wasserhaushalt stärker einzuschätzen, während sich in Gebieten höherer Immissionsbelastung die Verhältnisse in Richtung auf eine stärkere SO<sub>2</sub>-Wirkung verschieben. Die Ergebnisse zeigen, daß neben den Nadel-Parametern auch morphologische Parameter der Triebe sinnvoll zur Bioindikation eingesetzt werden können. Es ist sinnvoll und wünschenswert, dieses makroskopische Beobachtungssystem weiter zu differenzieren und auszubauen.

## 5. Zusammenfassung

In Kiefern-Eichen-Wäldern in Berlin wurden in den Jahren 1986-1989 Nadeln und Zweige der Waldkiefer (*Pinus sylvestris* L.) auf folgende Parameter untersucht: Nadelverluste, Anzahl vollständiger Nadeljahrgänge, Schadsymptome, Nadellänge, Nadelgewicht und Triebzuwachs.

Bei den Schadsymptomen wurden 2 Typen unterschieden, von denen Typ 1 einen unspezifischen Mischtyp darstellt, während bei Typ 2 eine Abhängigkeit von der SO<sub>2</sub>-Belastung vermutet wird.

Es wurde eine Abhängigkeit der untersuchten Parameter von den Niederschlagsmengen und der mittleren SO<sub>2</sub>-Belastung geprüft. Für die Parameter Symptomfreie Nadeln, Nadelverluste, Triebzuwachs und Anzahl vollständiger Nadeljahrgänge ergab sich ein Zusammenhang zu den Niederschlagsmengen. Für den Anteil Nadeln des Symptomtyps 2, die Trieblänge und die Nadelverluste (nur Sommer) ergab sich eine Korrelation zur

SO<sub>2</sub>-Belastung. Der letztere Befund wurde durch eine Transektuntersuchung erhärtet, die von den Forsten bis in innerstädtische Gebiete reichte.

Insgesamt waren die Wirkungen von Trockenperioden gravierender als die der SO<sub>2</sub>-Immissionen.

## **Danksagung**

Die Untersuchungen wurden im Rahmen des Projekts "Ballungsraumnahe Waldökosysteme" vorgenommen. Wir danken der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umweltschutz und dem Umweltbundesamt für finanzielle Unterstützung. Wir danken Herrn Martin Jacob für die schwierigen Probenahmen in den Baumkronen der Altkiefern.

## **Literatur**

- BORNKAMM, R., 1989: Pflanzenökologische Untersuchungen in Berliner Wäldern. Landschaftsentw. & Umweltforsch., 59, 116-123.
- BRAUN, G., 1974: Immission - Der Wald als Indikator und Schutzvegetation. Forstw. Centralb. 93, 91-98.
- CARLISLE, A. A. & A. H. F. BROWN, 1968: *Pinus sylvestris* L. J. Ecol. 56, 269-307.
- FAENSEN-THIEBES, A., CORNELIUS, R., MEYER, G. & R. BORNKAMM, (im Druck): Ecosystem study in a Central European pine forest. In: NAKAGOSHI, N. & F. GOLLEY (eds) Coniferous forest ecology from an international perspective (SPB Acad. Publ., The Hague), pp. 135-148.
- GLUCH, W., 1988: Zur Benadelung von Kiefern (*Pinus silvestris* L.) in Abhängigkeit vom Immissionsdruck. Flora 181: 395-407.
- GRESZTA, J., 1972: Die Beschädigung des Assimilationsapparates bei der Kiefer sowie die dadurch entstandenen Verluste im Zuwachs der Holzmasse. Mitt. Forstl. Bundes-Versuchsanst. Wien, 97, 431-442.
- HANISCH, B & E. KILZ, 1990: Waldschäden erkennen. Fichte und Kiefer. Ulmer/Stuttgart.
- HARTMANN, G., NIENHAUS, F. & H. BUTIN, 1988: Farbatlas Waldschäden. Diagnose von Baumkrankheiten. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.
- KOZLOWSKI, T. T., 1971: Physiological Ecology. New York, London.
- MAHN, E. G., 1981: Zur Erfassung des Einflusses anthropogener Belastungen auf die Vegetation der Dübener Heide durch Bioindikatoren. Naturw. Beitr. Museum Dessau, 2, 5-20.
- MARKAN, K. & U. FISCHER, 1991: Untersuchungen zur Immissionsbelastung der Berliner Forsten: Depositon und Bioindikation. Diss. Botanicæ 170, 1-258.
- MARSCHNER, B. 1990: Elementumsätze in einem Kiefernforstökosystem auf Rostbraunerde unter dem Einfluß einer Kalkung/Düngung. Ber. Forschungszentrum Waldökosysteme (Göttingen), A 60, 1-192.
- MATZNER, E., 1989: Zitiert aus SCHUH, H.: Hie Waldsterben, da Waldwuchern. Die Zeit 47,80.
- MOOSMAYER, H. U., 1988: Stand der Forschung über das Waldsterben. AFZ 50, 1365-1373.
- NIEHAUS, G., 1989: Terrestrische Zustandserfassung von Kiefernkrönen. Forst & Holz 8, 200-206.
- PENNSYLVANIA STATE UNIVERSITY; COLLEGE OF AGRICULTURE, 1989: Schadensdiagnose an Waldbäumen im Osten der USA. Ein Handbuch zur Identifizierung von Schäden verursacht durch Luftschadstoffe, Pathogene, Insekten und abiotischen Stress. German Edition. Penn.State Univ., University Park. Pennsylvania.
- PREUSS, T., 1990: Zusammenhänge zwischen der Luftbelastung und dem Benadelungsgrad von *Pinus sylvestris* und *Pinus nigra* in Berlin. Zulassungsarbei FU Berlin.
- RIEK, W., HANNAPPEL, S. & M. RENGER, im Druck: Beziehung zwischen pflanzenverfügbarem Bodenwasser und Wuchsleistung geschädigter Kiefern- und Eichenbestände unter Berücksichtigung der Schadensausprägung. Mitteilgn. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch. Bd. 66.
- ROHMEDER, E. & A. SCHÖNBORN, 1965: Der Einfluß von Umwelt und Erbgut auf die Widerstandsfähigkeit der Waldbäume gegenüber Luftverunreinigung durch Abgase. Forstw. Centralbl. 84, 1-13.
- SENATOR FÜR STADTENTWICKLUNG UND UMWELTSCHUTZ, 1991: Informationsreihe zur Luftreinhaltung in Berlin. H. 12: Luftverunreinigungen in Berlin.
- SKEFFINGTON, R. A., ROBERTS, T. M. & L. W. BLANK, 1985: Schadsymptome an Fichte und Kiefer nach Belastung mit Ozon und saurem Nebel. AFZ 40, 1359-1362.
- STADTER, H., 1987: Untersuchungen zur Kronenmorphologie der Kiefer (*Pinus sylvestris* L.). Diplomarbeit aus dem Institut für Forstbotanik des Forstwissenschaftlichen Fachbereichs der Georg-August-Universität Göttingen.

- WIEDEMANN, E., 1942: Die schlechtesten ostdeutschen Kiefernbestände. Reihnährstand-Verlags-Ges. Berlin, 121 S.
- WIEDEMANN, E., 1948: Die Kiefer. Hannover.
- ZIMMERMANN, M. H. & C. L. BROWN, 1974: Trees structure and function. 2. Aufl. Springer Berlin, Heidelberg, New York.

### **Adressen**

Dr. Gabriele Meyer  
Hohenzollerndamm 2

W-1000 Berlin 31

Prof. Dr. Reinhard Bornkamm  
Tanja Preuß  
Institut für Ökologie, Fachgebiet Botanik  
TU Berlin  
Rothenburgstr. 12

W-1000 Berlin 41

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Verhandlungen der Gesellschaft für Ökologie](#)

Jahr/Year: 1992

Band/Volume: [21\\_1992](#)

Autor(en)/Author(s): Meyer Gabriele, Bornkamm Reinhard, Preuß Tanja

Artikel/Article: [Makroskopische Schadsymptome der Kiefer \(Pinus sylvestris L.\) in Abhängigkeit von Außenfaktoren 159-168](#)