Zeitschrift: Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen = Swiss foresty journal = Journal forestier suisse

Herausgeber: Schweizerischer Forstverein

Band: 140 (1989)

Heft: 6

Artikel: Untersuchungen an Dauerbeobachtungsflächen im Wald des Kantons Zürich : Einführung in das Projekt

Autor: Förderer, Lucas / Keller, Leo

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-764235

Nutzungsbedingungen

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

Conditions d'utilisation

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

Terms of use

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

Download PDF: 17.07.2025

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

Untersuchungen an Dauerbeobachtungsflächen im Wald des Kantons Zürich: Einführung in das Projekt

Von *Lucas Förderer*[1], [2] und *Leo Keller*[1]
([1] ökoscience, CH-8005 Zürich)
([2] Institut für angewandte Pflanzenbiologie, CH-4124 Schönenbuch)

Oxf.: 425:(494.34)

1. Einführung

Am 1. Februar 1984 beschloss der Regierungsrat des Kantons Zürich die Durchführung des Projekts «Immissionsökologische Untersuchungen an Dauerbeobachtungsflächen im Wald des Kantons Zürich». Es beinhaltet unter anderem Schadenbeobachtungen an je rund 700 Buchen und Fichten auf 13 Standorten *(Abbildung 1)*, Bodenuntersuchungen sowie Depositions- und Gasimmissionsmessungen. Dieses Projekt ist jetzt abgeschlossen, und es liegen die Resultate von vier Untersuchungsjahren (1984 bis 1987) vor. Erste Zwischenergebnisse wurden von *Neukomm* (1985) und *Keller* und *Flückiger* (1985) präsentiert.

Das Projekt ist zu verstehen als Ergänzung zur Waldschadensinventur des Bundes (Sanasilva) und der nach gleicher Methodik, aber auf dichterem Beobachtungsnetz durchgeführten Erhebung des Kantons Zürich. Probleme, zu deren Bearbeitung diese reinen Schadinventuren ungeeignet sind (vgl. *Schmid-Haas* 1987), sollen darin durch tiefergehende Untersuchungen an einer geringen Zahl von Standorten angegangen werden. Es steht in enger Beziehung zu einem ähnlichen Projekt, das in der Nordwestschweiz durchgeführt wird (Flückiger *et al.* 1986).

Folgende Fragestellungen bildeten den Ausgangspunkt der Projektarbeit:

- Welche Schäden können an für den Kanton Zürich typischen und waldbaulich vergleichbaren Buchen- und Fichtenbeständen festgestellt werden?
- Wie entwickeln sich die Schäden im Verlauf der vierjährigen Untersuchungsperiode?
- Welcher Schadstoffbelastung sind die untersuchten Waldbestände ausgesetzt?

- Wo sind die Hauptquellen bzw. Hauptquellgebiete, die für die Schadstoffbelastung verantwortlich sind?
- Sind Zusammenhänge zwischen der Schadenssituation und der Immissionsbelastung nachweisbar?
- Sind andere Faktoren als die Immissionsbelastung als Schadursachen von Bedeutung?

Zur Beantwortung der meisten dieser Fragen konnten wichtige Beiträge geleistet werden.

In diesem Heft werden ausgewählte Resultate der 5jährigen Projektarbeit vorgestellt. Eine ausführliche Dokumentation der Projektresultate ist im Schlussbericht der Arbeitsgemeinschaft «Immissionsschäden im Wald des Kantons Zürich» (1989) zu finden, der auf dem Oberforstamt des Kantons Zürich eingesehen werden kann.

2. Projektorganisation

Das Projekt ist in mehrere Teilprojekte gegliedert, die von Wissenschaftlern verschiedener Fachrichtungen aus mehreren öffentlichen und privaten Institutionen bearbeitet werden:

Untersuchungen an Fichten:

Schadenserhebung, Nähr- und Schadstoffuntersuchungen, Zuwachsuntersuchungen an Gipfeltrieben, Wurzeluntersuchungen, Vegetationsaufnahmen.

R. Huber, M. Knecht, U. Busin (Ambio, CH-8008 Zürich)

Untersuchungen an Buchen:

Schadenserhebung, Nähr- und Schadstoffuntersuchungen, Stammabflussuntersuchungen, Zuwachsuntersuchungen an Gipfeltrieben und am Stamm, Schädlingsbefall, Wurzeluntersuchungen, Vegetationsaufnahmen, waldbauliche Einschätzung der Bestände, verschiedene experimentelle Untersuchungen.

W. Flückiger, S. Braun, H. Flückiger-Keller, S. Leonardi, N. Asche, U. Bühler (Institut für angewandte Pflanzenbiologie, CH-4124 Schönenbuch)

Bodenuntersuchungen:

Untersuchungen zum Wasserhaushalt, pH-Messungen an Messlinien, chemische Bodenanalysen an einem Profil pro Beobachtungsfläche, Untersuchungen zum Einfluss von Stammabflusswasser der Buche auf den Bodenchemismus, phänologische Ansprache eines Bodenprofils.

H. Flühler, F. Schnider, M. Schneebeli, W. Attinger, R. Kuster, H. Conradin, J. Heeb, P. Lüscher (Institut für Wald und Holzforschung der ETH, Fachbereich Bodenphysik, CH-8092 Zürich)

Depositionsmessungen:
Messungen von Nassdeposition, Trockendeposition und Schwebstaub.
J. Hertz, P. Bucher, L. Keller, G. Furrer, O. Daniel, H. Müller, A. Schriber, M. Schleuniger, K. Schläpfer, L. Thöni (Anorganisch-Chemisches Institut der Universität Zürich; ökoscience, CH-8005 Zürich)

Gasimmissionsmessungen:
Messungen von Ozon, Stickoxiden, Schwefeldioxid und Kohlenmonoxid.
H. J. Sommer, T. Wehrli, M. Meier (Kantonales Amt für technische Anlagen und Lufthygiene, CH-8090 Zürich), J. Thudium, K. Schläpfer, H. Leuenberger, A. Schenkel (ökoscience, CH-8005 Zürich)

Meteorologie:
Schätzung von Jahresmittelwerten für die Standorte, Aufarbeitung von Daten der SMA als Interpretationshilfe für die andern Teilprojekte, Untersuchungen zur Evapotranspiration. J. Thudium (ökoscience, CH-7000 Chur)

Datenverarbeitung:
Verwaltung der Datenbank, statistische Auswertungen zu den Untersuchungen an Buchen und Fichten.
L. Förderer (ökoscience und Institut für angewandte Pflanzenbiologie; die statistischen Auswertungen und die Datenverwaltung konnten am Rechenzentrum der Universität Zürich vorgenommen werden.)

Verantwortlich für die Projektleitung waren L. Keller (ökoscience, CH-8005 Zürich), W. Flückiger (Institut für angewandte Pflanzenbiologie, CH-4124 Schönenbuch), H. Flühler (Institut für Wald und Holzforschung der ETH, Fachbereich Bodenphysik, CH-8092 Zürich), H. J. Sommer (Kantonales Amt für technische Anlagen und Lufthygiene, CH-8090 Zürich), E. Kissling und H. Eichenberger (Oberforstamt des Kantons Zürich, CH-8090 Zürich).

Von allen untersuchten Waldbeständen wurden 1985 Infrarot-Luftbilder gemacht und ausgewertet (Kronenprojektionskarten, Beurteilung des Gesundheitszustandes der Einzelbäume).

Eine Reihe weiterer Untersuchungen, auf die hier nicht eingegangen werden kann, wurde auf den 13 Standorten im Rahmen von assoziierten Projekten vorgenommen.

Die im Verlauf des Projekts erhobenen Daten sind in einer eingehend dokumentierten Datenbank zusammengestellt. Sie stehen später für weitere Aus-

wertungen zur Verfügung. Verantwortlich für die Archivierung der Daten ist das Oberforstamt des Kantons Zürich.

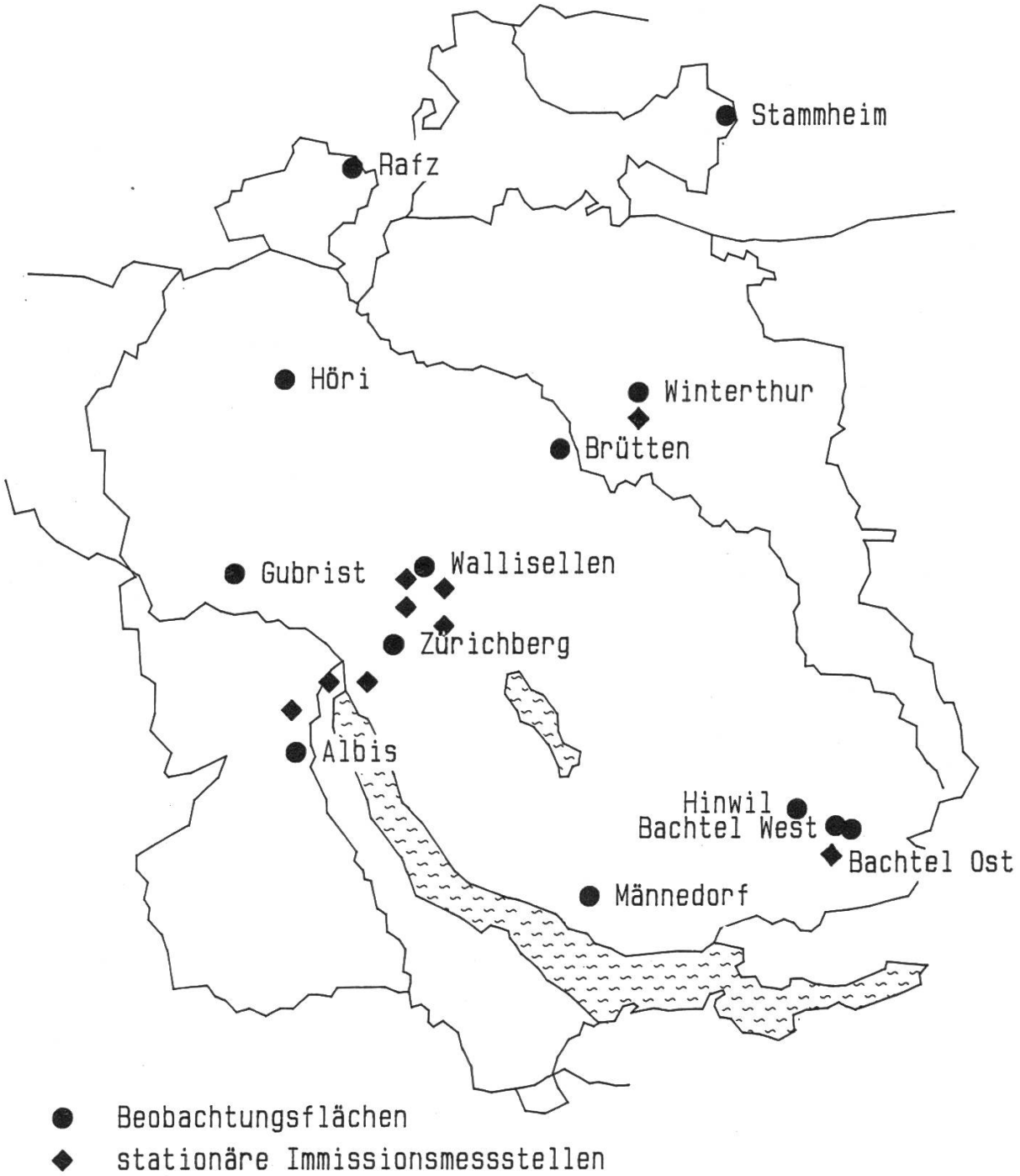

Abbildung 1. Lage der untersuchten Standorte und der stationären Gasimmissionsmessstellen im Kanton Zürich.

Tabelle 1. Standortsmerkmale der Buchen- und Fichtenbeobachtungsflächen. pH: pH($CaCl_2$) im Oberboden bis 30 cm Tiefe, gemessen an Messlinien zwischen benachbarten Buchen bzw. Fichten, angegeben ist der Bereich unteres bis oberes Quartil basierend auf 50 bis 150 Einzelmessungen pro Beobachtungsfläche. Jahresniederschlag: entspricht dem mittleren Jahresniederschlag 1881 bis 1979, geschätzt anhand der entsprechenden Karte in *Grebner* und *Göldi* (1983).

Standort	*Nr.*	*Jahres-niederschlag (mm)*	*Baumart*	*Höhe ü. M. (m)*	*Exp.*	*Bestandes-alter (Jahre)*	*Bodenform*	*pH*
Stammheim	1	850	Fichte	580	–	90	Braunerde, pseudovergleyt	3,7–4,3
			Buche	580	–	90	Kalkbraunerde, leicht pseudov.	4,0–7,0
Rafz	2	900	Fichte	540	–	80–90	(Para)braunerde-Pseudogley	3,2–3,6
			Buche	530	S	90	Parabraunerde, leicht pseudov.	3,7–3,9
Höri	3	950	Fichte	460	NE	100–110	Braunerde-Parabraunerde	3,4–6,1
			Buche	470	–	80	Braunerde	3,8–4,0
Winterthur	4	1150	Fichte	530	W	80–90	Braunerde über Mergel	3,4–5,0
			Buche	530	–	80	Braunerde, pseudovergleyt	4,0–4,7
Brütten	5	1150	Fichte	620	–	80	Hanggley	3,5–5,3
			Buche	610	–	65	Parabraunerde	3,8–4,5
Wallisellen	6	1100	Fichte	480	–	85	Parabraunerde	3,2–3,5
			Buche	480	–	75	Parabraunerde	3,6–3,9
Gubrist	7	1100	Fichte	610	–	90	Parabraunerde	3,1–3,4
Zürichberg	8	1100	Fichte	660	–	100–110	Pseudogley	4,0–4,8
			Buche	660	–	130	Parabraunerde-Pseudogley	4,3–5,6
Albis	9	1150	Fichte	780	W	80–90	Braunerde-Pseudogley	3,8–4,5
			Buche	780	W	100	Braunerde, leicht pseudoverg.	5,3–7,0
Hinwil	10	1450	Fichte	650	SW	90	Braunerde	4,8–5,8
			Buche	640	W	125	Parabraunerde	3,7–4,3
Bachtel West	11	1550	Fichte	1080	W	90	Pseudogley	3,1–3,4
			Buche	1030	NW	90	Braunerde, pseudovergleyt	3,8–4,1
Bachtel Ost	12	1550	Fichte	1040	NE	90–100	Parabraunerde	3,4–3,7
			Buche	1030	NE	125	Parabraunerde	3,6–3,9
Männedorf	13	1200	Fichte	590	SW	80–90	(Para)braunerde	3,5–3,8
			Buche	570	SW	90	Braunerde	4,2–4,7

3. Auswahl der Standorte

In *Tabelle 1* sind einige wichtige Standortseigenschaften aufgeführt. Die Lage der Standorte ist aus *Abbildung 1* zu ersehen. Die stationären Gasimmissionsmessstellen befinden sich alle in der Agglomeration Zürich, in Winterthur und auf dem Bachtel. Bei der Auswahl der 13 Untersuchungsstandorte wurden folgende Kriterien berücksichtigt:

- An den Standorten mussten geeignete Fichten- und Buchenbestände vorhanden sein (waldbaulich vergleichbare Bestände mit einem Bestandesalter von etwa 80 bis 120 Jahren und gut einsehbaren Kronen).
- Sie sollten möglichst unterschiedliche Immissionsbelastungen aufweisen.
- Sie sollten typisch sein für die entsprechende Region (Waldmeister-Buchenwald auf Braunerde oder Parabraunerde, der als Hochwald betrieben wird).
- Die Standortswahl musste auf schon bestehende Forschungsprogramme abgestimmt werden.

Es handelt sich also um eine systematische Standortswahl, wobei die Auswahlkriterien sehr komplex sind. Die Resultate gelten deshalb streng genommen nur für die untersuchten Standorte.

Ziel der Gasimmissions- und Depositionsmessungen war nicht in erster Linie die Quantifizierung des Stoffeintrags in die untersuchten Waldbestände, sondern die Erfassung der räumlichen und zeitlichen Variabilität der Immissionssituation im Kanton Zürich. Die Messgeräte wurden deshalb ausserhalb der Bestände stationiert. Dabei wurde darauf geachtet, dass Störungen durch lokale Emissionsquellen (Strassen, Heizungen usw.) möglichst gering sind.

4. Kurzer Überblick über die Resultate

Im folgenden wird kurz auf diejenigen Resultate der Projektarbeit eingegangen, deren Kenntnis wichtig ist für das Verständnis von Detailergebnissen aus den Teilprojekten.

Gasförmige Luftschadstoffe:

Die Gasimmissionen (NO, NO_x, NO_2, SO_2, O_3, CO) wurden an einem Standort (Wallisellen) kontinuierlich gemessen, an den andern nur stichprobenweise in Sequenzen von etwa 30 Tagen. Mit Hilfe eines statistischen Verfahrens (*Thudium* und *Kiefer* 1987) konnten für alle Standorte Jahresmittelwerte und deren Fehler geschätzt werden.

Wenn von den ausgesprochen ländlichen Standorten am Bachtel abgesehen wird, bewegen sich die Jahresmittel in folgenden Bereichen ($\mu g/m^3$): NO: 5–35, NO_2: 16–60, SO_2: 6–26, O_3: 32–55. Die Belastung mit Schwefeldioxid und Stickoxiden ist an agglomerationsnahen Standorten um einen Faktor 2–7 höher als in mehr ländlichen Gebieten. Die Standortsunterschiede in den durchschnittlichen Ozonkonzentrationen sind demgegenüber gering.

Depositionsmessungen:

Im internationalen Vergleich sind die Depositionsfrachten an den Zürcher Standorten als niedrig einzuschätzen. Die höchsten Werte liegen im untern Bereich ländlicher Gebiete in Deutschland (*Hertz* und *Bucher* 1988). Die räumliche Variation der Schadstoffkonzentrationen im Niederschlag ist gering. Die Standortsunterschiede in der Nassdeposition widerspiegeln deshalb hauptsächlich die unterschiedlichen Niederschlagsmengen (vgl. *Tabelle 1).*

Bodenuntersuchungen:

Die untersuchten Bestände stocken auf Braunerden und Parabraunerden, die im allgemeinen eine gute Nährstoffversorgung gewährleisten. Der Oberboden der Fichtenflächen ist etwas saurer als derjenige der Buchenflächen *(Tabelle 1).*

Umleitungsexperimente mit Stammabflusswasser der Buchen zeigen, dass im Stammfussbereich mit erhöhtem Säureeintrag zu rechnen ist.

Buchen- und Fichtenuntersuchungen:

Die mittlere Verlichtung der untersuchten Buchen- und Fichtenbestände liegt zwischen 20 und 30%. In der räumlichen Verteilung der durchschnittlichen Schädigung ist zwischen den Beständen beider Arten kaum eine Übereinstimmung feststellbar. Die Schadenszunahme von 1984 bis 1987 ist bei beiden Arten an den meisten Standorten signifikant. Sie ist bei der Fichte wesentlich geringer als bei der Buche. Die Entwicklung der Verlichtung verläuft an den verschiedenen Standorten in etwa parallel. 1988 hat die Verlichtung bei den Buchen gegenüber dem Vorjahr stark abgenommen.

Hinweise auf eine Nährstoffunterversorgung bezüglich Kalium und Magnesium wurde an mehreren Standorten gefunden. Wie ein Vergleich der Nadel- bzw. Blattanalysen aus den Jahren 1984 und 1987 zeigt, haben in diesem Zeitraum die Gehalte an Kalium und Magnesium signifikant abgenommen.

5. Diskussion der immissionsökologischen Situation im Kanton Zürich

Die massgeblichen Fachleute stimmen zurzeit darin überein, dass es sich bei den neuartigen Waldschäden um eine Komplexkrankheit handle, verursacht durch das Zusammenwirken verschiedener natürlicher und anthropogener Faktoren (*Moosmayer* 1988, *Klein* und *Perkins* 1988). Die Wichtigkeit, die den einzelnen Komponenten in diesem Ursachenkomplex zugemessen wird, ist regional verschieden. Ausgehend von den Projektresultaten und der neueren Literatur wird im folgenden die Zusammensetzung dieses Komplexes in der Region Zürich kurz diskutiert.

Ozon:

Die im Kanton Zürich gemessenen Ozonbelastungen bewegen sich in einem Bereich, in dem Schäden an Pflanzen auch experimentell nachzuweisen sind (Flückiger *et al.* 1986, *Reich* 1987). Zudem wird Ozon gewöhnlich von einer Reihe weiterer zum Teil äusserst phytotoxischer Photooxidantien begleitet (*Grossmann* 1988). Die Ozonbelastung ist an allen untersuchten Standorten etwa gleich gross. Die höher gelegenen, agglomerationsfernen Standorte vom Bachtel sind etwas stärker belastet, da dort der Ozonabbau am Abend später einsetzt und dessen Ausmass im Verlauf der Nacht geringer ist.

Schwefeldioxid:

Schwefeldioxid ist als Schadfaktor im Kanton Zürich nur von untergeordneter Bedeutung, da dessen Konzentrationen im Durchschnitt sehr gering sind.

Stickstoffeintrag in die Waldbestände:

Die Depositionsmessungen ergeben eine jährliche Freilanddeposition an Stickstoff von etwa 6 bis 16 kg/ha. Der Stickstoffeintrag in die Waldbestände dürfte jedoch infolge von Gasdeposition und Interzeption wesentlich höher sein (Hertz und Bucher 1988, Flückiger 1988). Die reichlichen Stickstoffgehalte im Laub der Buchen (Flückiger *et al.* 1986) sowie Veränderungen in der Artenzusammensetzung der Kraut- und Strauchschicht von Waldbeständen aus der Nordostschweiz (*Kuhn et al.* 1987) deuten darauf hin, dass der Stickstoffhaushalt der Wälder schon jetzt regional gestört ist.

Saure Niederschläge:

Trotz der im internationalen Vergleich geringen Depositionsfrachten sind in den untersuchten Waldbeständen negative Auswirkungen des Säureeintrags zu beobachten. Im Stammfussbereich der Buchen werden auf kleinem Raum vergleichsweise hohe Säurefrachten in den Boden eingetragen. Die Bodenversauerung ist dort deshalb grösser als im Zwischenstamm-

bereich. Im Gegensatz zu andern Regionen (*Wittig* und *Werner* 1986) ist in der Nordostschweiz aber kein Einfluss des Säureeintrags auf die Zusammensetzung der Kraut- und Moosschicht festzustellen (Kuhn *et al.* 1987).
Durch saure Niederschläge werden wichtige Nährstoffe aus dem Laub ausgewaschen (*Leonardi* und Flückiger 1987). Die ungenügende Nährstoffversorgung vieler Bäume und die Beobachtung, dass die Blatt- und Nadelgehalte an Kalium und Magnesium von 1984 auf 1987 abgenommen haben, deuten darauf hin, dass Nährstoffauswaschung auch im Kanton Zürich eine gewisse Rolle spielen könnte.

Witterung:

Gemäss *Pfister et al.* (1988) sollte im Zusammenhang mit den neuartigen Waldschäden die Witterung im schweizerischen Mittelland eigentlich von sekundärer Bedeutung sein, da in den letzten Jahren keine ungewöhnlichen Witterungsextreme aufgetreten sind. Die Dürrebelastung war sogar eher geringer als vom langjährigen Mittel her (seit 1525) zu erwarten wäre. Pfister *et al.* vermuten, dass die Waldbestände in letzter Zeit empfindlicher auf klimatische Einflüsse reagieren. Dafür spricht auch die Beobachtung, dass das Gipfeltriebwachstum geschädigter Buchen durch Trockenstress stärker und nachhaltiger beeinträchtigt wird als dasjenige gesunder Buchen (Flückiger *et al.* 1986).

Zwischen den einzelnen Schadfaktoren bestehen vielfältige Wechselwirkungen, auf die hier nur am Rande eingegangen werden kann. So ist mit einer erhöhten Frostempfindlichkeit der Bäume infolge Stickstoffüberdüngung und Ozonbelastung zu rechnen (Flückiger 1988, *Bosch* und *Rehfuss* 1988). Schäden an der kutikulären Wachsschicht der Nadeln treten besonders nach gemeinsamer Einwirkung von Ozon und sauren Niederschlägen auf (*Jäger et al.*, 1986). *Glatzel et al.* (1987) vermuten in der Kombination von Nährstoffauswaschung aus geschädigten Nadeln und Stickstoffüberdüngung der Waldbestände einen «Wirkmechanismus des Waldsterbens». Besonders im Bereich der Nebelobergrenze, wo hohe Schadstoffkonzentrationen in der Luft und im Nebel zusammen mit starken Schwankungen von Temperatur, Strahlung und Luftfeuchtigkeit auf die Bäume einwirken, ist mit gefährlichen Interaktionen zwischen verschiedenen Schadfaktoren zu rechnen.

Ein wichtiges Charakteristikum der neuartigen Waldschäden ist ihr nahezu gleichzeitiges Auftreten auf verschiedensten Standorten, in verschiedenen Naturräumen, die sich auch im Immissionsmilieu stark unterscheiden. Es ist deshalb zu vermuten, dass als Auslöser dieser Schäden grossräumig wirkende Faktoren von Bedeutung sind. In Frage kommen dafür Klimaveränderungen (*Fabian* 1987), gehäuft auftretende Witterungsextreme (Bosch und Rehfuss 1988) und weitverbreitete, stark phytotoxische, luftgetragene Schadstoffe, wie sie zum Beispiel in Zusammenhang mit dem Strassenverkehr auftreten (Grossmann 1988, Fabian 1987, Reich 1987).

Résumé

Recherches sur les parcelles d'observation permanentes dans les forêts du canton de Zurich: Introduction au projet

La structure et le but du projet «Recherches sur l'effet de la pollution dans les parcelles d'observation permanentes des forêts du canton de Zurich» sont présentés. Les résultats nécessaires à la compréhension de l'ensemble du projet sont résumés. En conclusion, la situation de la pollution atmosphérique et sa relation avec l'écologie forestière dans le canton de Zurich est brièvement discutée.

Literatur

Bosch, C., Rehfuss, K. E. (1988): Über die Rolle von Frostereignissen bei den «neuartigen» Waldschäden. Forstw. Cbl. *107,* 123–130.

Fabian, P. (1987): Atmosphäre und Umwelt. Auflage 2. Springer-Verlag, Berlin, 133 S.

Flückiger, W. (1988): Stickstoff und Stickstoffverbindungen in der Luft und ihre ökophysiologische Bedeutung. Chimia *42* (2), 41–56.

Flückiger, W., Braun, S., Flückiger-Keller, H., Leonardi, S., Asche, N., Bühler, U., Lier, M. (1986): Untersuchungen über Waldschäden in festen Buchenbeobachtungsflächen der Kantone Basel-Landschaft, Basel-Stadt, Aargau, Solothurn, Bern, Zürich und Zug. Schweiz. Z. Forstwes. *137* (11), 917–1010.

Glatzel, G., Kazda, M., Grill, D., Halbwachs, G., Katzensteiner, K. (1987): Ernährungsstörungen bei Fichte als Komplexwirkung von Nadelschäden und erhöhter Stickstoffdeposition – ein Wirkmechanismus des Waldsterbens? Allg. Forst- u. J.-Ztg. *158* (6/7), 91–97.

Grebner, D., Göldi, C. (1983): Niederschlagskarten für den Kanton Zürich. Schweizer Ingenieur und Architekt *48,* 1141–1150.

Grossmann, W.-D. (1988): Products of photo-oxidation as a decisive factor of the new forest decline? Results and considerations. Ecological Modelling *41,* 281–305.

Hertz, J., Bucher, P., Furrer, G., Keller, L., Daniel O., Thöni, L. (1988): Chemische Untersuchungen der atmosphärischen Deposition (diskutiert anhand von Messungen im Kanton Zürich). Chimia *42* (2), 57–67.

Jäger, H.-J., Weigel, H.-J., Grünhage, L. (1986): Physiologische und biochemische Aspekte der Wirkung von Immissionen auf Waldbäume. Eur. J. Forest Path. *16,* 98–109.

Keller, L., Flückiger, W. (1985): Immissionsökologische Untersuchungen an Dauerbeobachtungsflächen im Wald des Kantons Zürich/Schweiz – Erste Ergebnisse der Beobachtungsperiode 1984/85. VDI-Berichte 560, 253–288.

Klein, R. M., Perkins, T. D. (1988): Primary and secondary causes and consequences of contemporary forest decline. The Botanical Review *54* (1), 1–43.

Kuhn, N., Amiet, R., Hufschmid, N. (1987): Veränderungen in der Waldvegetation der Schweiz infolge Nährstoffanreicherungen aus der Atmosphäre. Allg. Forst- u. J.-Ztg. 158 (5/6), 77–85.

Leonardi, S., Flückiger, W. (1987): Short-term canopy interactions of beech trees: mineral ion leaching and absorption during rainfall. Tree Physiology *3,* 137–145.

Moosmayer, H.-U. (1988): Stand der Forschung über das «Waldsterben». Allg. Forstz. *43* (50), 1365–1373.

Neukomm, R. (1985): Immissionsökologische Untersuchungen an Dauerbeobachtungsflächen im Wald des Kantons Zürich. Schweiz. Z. Forstwes. *136* (12), 1003–1012.

Pfister, C., Bütikofer, N., Schuler, A., Volz, R. (1988): Witterungsextreme und Waldschäden in der Schweiz, eine historisch-kritische Untersuchung von Schadenmeldungen aus schweizerischen Wäldern in ihrer Beziehung zur Klimabelastung, insbesondere durch sommerliche Dürreperioden. Hg.: Bundesamt für Forstwesen und Landschaftsschutz, 70 S.

Reich, P. B. (1987): Quantifying plant response to ozone: an unifying theory. Tree Physiology *3,* 63–91.

Schmid-Haas, P. (1987): Inventur und Überwachung des Gesundheitszustandes des Waldes. Schweiz. Z. Forstwes. *138* (10), 837–853.

Thudium, J., Kiefer, B. (1987): Stichprobenverfahren für Immissionsmessungen unter Verwendung von Daten einer kontinuierlich messenden Referenzstation. Hg.: Bundesamt für Umweltschutz, 234 S. (Schriftenreihe Umweltschutz, 68).

Wittig, R., Werner, W. (1986): Beiträge zur Belastungssituation des Flattergras-Buchenwaldes der Westfälischen Bucht – eine Zwischenbilanz. Düsseldorfer Geobot. Kolloq. 3, 33–70.