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

Herausgeber: Schweizerischer Forstverein

Band: 136 (1985)

Heft: 12

Artikel: Immissionsökologische Untersuchungen an Dauerbeobachtungsflächen im Wald des Kantons Zürich

Autor: Neukomm, Robert

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-764517

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: 09.07.2025

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

Immissionsökologische Untersuchungen an Dauerbeobachtungsflächen im Wald des Kantons Zürich

Von *Robert Neukomm*
(Oberforstamt Zürich, CH-8090 Zürich)

Oxf.: 48:181.45:(494.34)

1. Einleitung

Der Regierungsrat des Kantons Zürich beschloss am 1. Februar 1984 im Rahmen eines umfangreichen Programmpaketes zur Erfassung der Schäden im Wald und zur lufthygienischen Bestandesaufnahme im Kanton Zürich die Durchführung des Programmes «Immissionsökologische Untersuchungen an Dauerbeobachtungsflächen im Wald des Kantons Zürich».

Ziel dieses auf die vier Jahre bzw. Vegetationsperioden 1984 bis 1987 angelegten Programmes ist es,

- die Waldschadenentwicklung (am Beispiel von Fichte und Buche) an ausgewählten typischen Standorten im Kanton Zürich in ihrem vielfältigen Erscheinungsbild zu erfassen und währen vier Jahren zu verfolgen,
- die Schadstoffimmissionen (Gase, Staub, Regen) an diesen Standorten zu analysieren und ihre Herkunft zu ermitteln,
- und zu überprüfen, inwiefern zwischen der Waldschadenentwicklung und den Schadstoffimmissionen an diesen Standorten Zusammenhänge bestehen.

Das Programm versteht sich auch als wichtige Ergänzung zur Waldschadeninventur des Bundes und der analogen, verdichteten des Kantons, mit denen der Waldzustand mit einer beschränkten Anzahl Merkmale an vielen Bäumen flächendeckend statistisch quantifiziert wird. Im Gegensatz dazu zielt es also auf eine Analyse der ursächlichen, qualitativen Zusammenhänge zwischen dem Zustand des Waldes und seiner Umwelt.

2. Durchführung

2.1 Organisation

Mit der Durchführung des Programmes wurde eine Arbeitsgemeinschaft bestehend aus dem Institut für angewandte Pflanzenbiologie (PD Dr. Walter Flückiger), Schönenbuch BL, und der Beratergemeinschaft für angewandte Ökologie (Leo Keller, dipl. natw. ETH), Zürich, beauftragt. Diese bearbeiten die Teiluntersuchungsbereiche «Buchenphänologie» und «Nähr-/Schadstoffhaushalt» einerseits und «Depositionen» und «Meteorologie» anderseits selbst. Für die übrigen Teilbereiche konnten weitere namhafte Institutionen verpflichtet werden: Für den «Boden» das Institut für Wald- und Holzforschung der ETH, Fachbereich Bodenphysik (Prof. Dr. Hannes Flühler), Zürich, und für die «Fichtenphänologie» die Beratergemeinschaft für Wald und Holz (Ueli Busin, dipl. Forstingenieur ETH), Zürich. Die Gasimmissionen misst das kantonale Amt für technische Anlagen und Lufthygiene (Dr. Hansjörg Sommer), Zürich, unterstützt vom Gesundheitsinspektorat der Stadt Zürich und einem vom Auftragnehmer gestellten und betriebenen Messwagen. Für die umfangreichen chemischen Analysen schliesslich konnte das Anorganisch-chemische Institut der Universität Zürich (Dr. Jürg Hertz) verpflichtet werden; und für die Datenverarbeitung und Datenbank stehen die Anlagen des Rechenzentrums der Universität Zürich-Irchel zu Verfügung.

Dieses interdisziplinäre Team von nicht weniger als 26 beteiligten Wissenschaftlern und Wissenschaftlerinnen verschiedenster Ausbildung und Herkunft wird von einer fünfköpfigen Projektleitung geführt, der neben den Auftragnehmern auch Vertreter des Kantons und der ETH angehören.

2.2 Auswahl der Dauerbeobachtungsflächen

Bei der Wahl der Standorte *(Abbildung 1)* der Beobachtungsflächen massgeblich war ihre Lage bezüglich Distanz und Hauptwindrichtung zu den Hauptemissionszentren des Kantons, den Agglomerationen Zürich und Winterthur. Nah liegen die Flächen Zürichberg, Winterthur(-Lindberg) und Wallisellen, mittelnah Brütten, Albis, Männedorf, Höri und Gubrist, und fern liegen Stammheim, Rafz und die drei Flächen am Bachtel.

Sonderfälle innerhalb dieser Standorte sind Höri, direkt unter der Anflugschneise zum Flughafen Zürich-Kloten, Gubrist, im Einflussbereich des Abluftkamins des Gubristtunnels der N 20, und schliesslich die drei Bachtel-Flächen. Mit letzteren sollen die speziellen Phänomene untersucht werden, die am Bachtel als dem ersten grösseren Prallhang nach den Niederungen des Mittellandes auftreten; Hinwil befindet sich auf 600 m ü.M. und Bachtel-West auf 1000 m auf der Luvseite dieses gut 1100 m hohen Berges, Bachtel-Ost auf 1000 m auf der Leeseite.

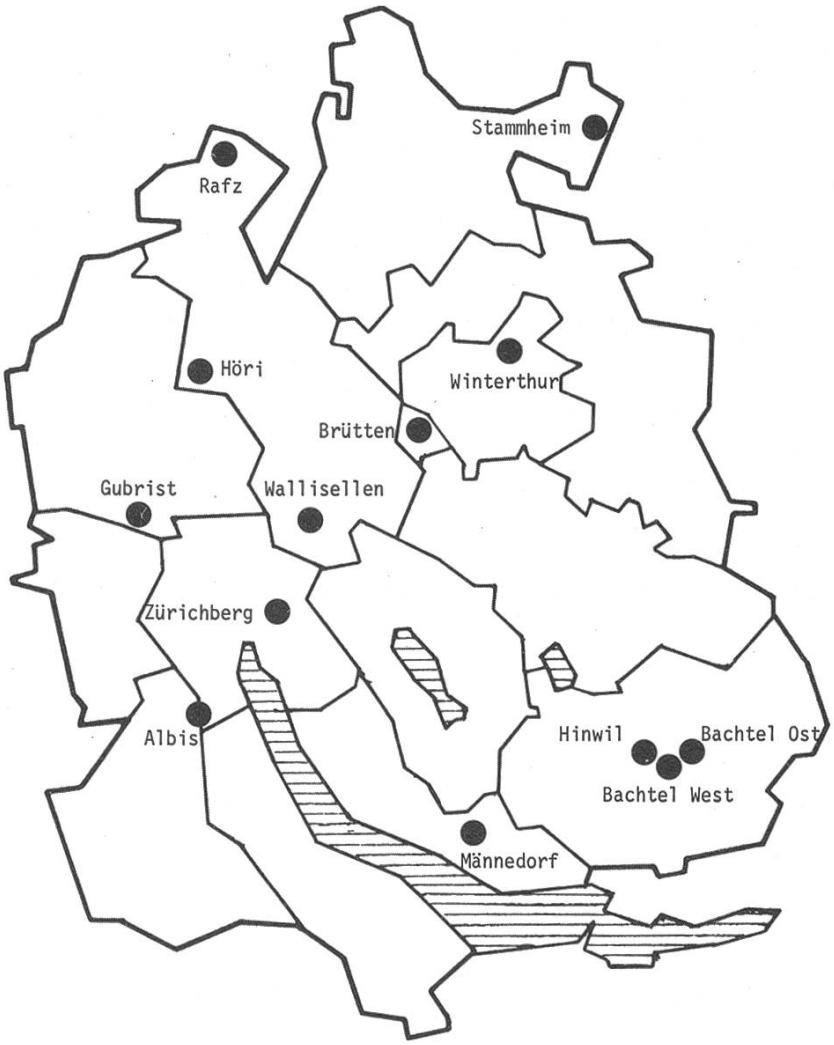

Abbildung 1. Standorte der Beobachtungsflächen.

Jeder Standort umfasst je eine Beobachtungsfläche mit 60 bis 80 herrschenden und mitherrschenden Fichten bzw. Buchen im Alter von 80 bis 120 Jahren. Die Standorte sind, mit Ausnahme der Flächen oben am Bachtel, sehr ähnlich bezüglich Meereshöhe, Exposition und Relief, etwas weniger ähnlich aber bezüglich Boden und waldbaulichem Zustand.

2.3 Untersuchungsprogramm

Das Untersuchungsprogramm gliedert sich in drei Hauptbereiche:

a) Die Schadenbeobachtung an den Bäumen: Sie umfasst bei der Fichte 19 und bei der Buche 29 Kriterien an Krone, Stamm und Wurzel. Darunter sind nicht nur Verlichtungs- und Vergilbungsgrad, sondern namentlich auch Gipfeltrieb- und Durchmesserwachstum, Totast- und Totwurzelanteile, Verzweigungsmusterveränderungen, Nadel- bzw. Blattgrösse, Verletzungen an Rinde, Stamm oder Wurzel und der Schädlings- und Krankheitsbefall im

Kronen- und Stammbereich. Dazu kommt noch eine Bonitierung der Bäume mittels IR-Luftbilder 1:3000.

b) Die Schadstoffbelastung: Zu deren Ermittlung dient die Messung der gasförmigen Immissionen (SO_2, NO, NO_2, CO und O_3) und der trockenen und nassen Depositionen sowie des Schwebstaubes (pH, Säurekonzentrationen, Leitfähigkeit, K, Na, Ca, Mg, NH_4, SO_4, NO_3, Cl, Zn, Cu, Cd und Pb). Auch von Nebel-, Tau- und Rauhreifereignissen werden einige Stichproben analysiert. Mittels der meteorologischen Interpretation der Ergebnisse sollen zudem die Fragen nach den Quellen, den Transporten und den atmosphärischen Umwandlungen der Luftschadstoffe geklärt werden.

c) Die Stoffbeziehung: Sie umfasst einerseits die Untersuchung des Bodens hinsichtlich der Phänologie (Profilmorphologie und -ökologie), des Feuchtigkeits- und Durchlüftungszustandes und des Nähr- und Schadstoffgehaltes und Versauerungsgrades unter besonderer Berücksichtigung des Einflusses des Stammabflusswassers. Anderseits beinhaltet sie die Analyse des Buchenlaubes bzw. der Fichtennadeln auf N, P, K, Mg, Ca, Fe, Zn, Cu, B, Mn, Mo, S, Cl, F, Cd, Pb und Al. Und schliesslich wird im Hinblick auf mögliche Auswaschungsprozesse (Leaching) auch das Stammabflusswasser untersucht auf pH-Wert, die wichtigsten Nährstoffe (NO_3^-, NH_4^+, PO_4^{---}, K^+, Mg^{++}, Ca^{++}) und die weiteren Parameter SO_4^{--}, Cl^-, Cd, Pb und Zn.

2.4 Kosten

Für die Durchführung des Programmes hat der Kanton insgesamt Fr. 2 908 000 bereitgestellt. Nicht enthalten in diesem Betrag sind die umfangreichen Eigenleistungen des Kantons, insbesondere im Bereich Immissionsmessungen, aber auch in der Projektleitung und im Zuverfügungstellen von Labors und Rechenzentrum samt deren Einrichtungen.

2.5 Koordination mit anderen Programmen

Grosser Wert wird auf die Koordination und die Zusammenarbeit mit andern Untersuchungsprogrammen und Forschungsprojekten gelegt, namentlich mit den analogen Programmen in der Nordwestschweiz und dem Nationalen Forschungsprogramm 14+ «Waldschäden und Luftverschmutzung», aber auch mit einzelnen kleineren Projekten und Arbeiten der EAFV Birmensdorf, der ETH Zürich, der Universität Zürich und der EAWAG Dübendorf.

3. Erste Ergebnisse

Die *Abbildungen 2* bis *5* beruhen allein auf den Beobachtungen und Messungen des ersten der vier geplanten Beobachtungsjahre. Sie sind dementsprechend als vorläufig zu werten und entsprechend zurückhaltend zu interpretieren. Sie sind in dem Sinne als Illustrationen der Fülle aller Arbeiten am Beispiel einzelner spezieller Zwischenergebnisse zu verstehen.

3.1 Baumbeobachtung

Der mittlere Jahreszuwachs von Gipfeltrieben *(Abbildung 2)* als Vitalitätsmerkmal dieser beobachteten Fichten und Buchen, die alle keine sichtbaren Kronenverlichtungen aufweisen, erlaubt unter Berücksichtigung der das Wachstum beeinflussenden natürlichen Faktoren (Boden, Klima, Alter der Bäume) folgende Schlüsse:

- Das Gipfeltriebwachstum hat sich in den letzten Jahren signifikant bei der Fichte um etwa 20 % verringert, bei der Buche sogar um etwa 50 %.
- Das Wachstumsverhalten beider Baumarten ist im ganzen Kanton recht einheitlich. Deutliche Abweichungen ergeben sich lediglich bei Zürichberg-Buche und Winterthur-Buche im negativen Sinne und bei Rafz-Buche und Wallisellen-Buche im positiven Sinne.

3.2 Schadstoffbelastung

Die Messwerte der gasförmigen Immissionen *(Tabelle 1)* zeigen, auch wenn die Messreihen noch sehr unvollständig sind, dass in Stadtnähe Primärschadstoffe dominieren, in abgelegeneren Gebieten die luftchemischen Reaktionsprodukte. Die in der neuen Luftreinhalteverordnung vorgeschlagenen Grenzwerte für SO_2 und NO_2 werden stadtnah teilweise erreicht (Wallisellen) oder leicht überschritten (Zürichberg, Winterthur, Gubrist). Die Immission von CO und NO sind durchwegs gering. Die auffallendsten Ergebnisse betreffen das Ozon, welches den Grenzwert an allen Standorten mit Sommermessungen deutlich überschreitet.

Die Säurefrachten im Niederschlag *(Abbildung 3)* korrelieren weitgehend mit den Niederschlagsmengen. Diese nehmen von Nordwesten des Kantons gegen Südosten deutlich zu. In diesem Sinne deutlich grössere Frachten betreffen einzig die stadtnahen Flächen Zürichberg und Winterthur. Wesentlich stärker hingegen schwanken die Säurekonzentrationen in einzelnen Regenereignissen; pH-Werte um 4,0 sind dabei praktisch an allen Standorten nicht selten.

Abbildung 2. Mittlerer Jahreszuwachs von Gipfeltrieben von Bäumen ohne sichtbare Schäden in den verschiedenen Beobachtungsflächen.

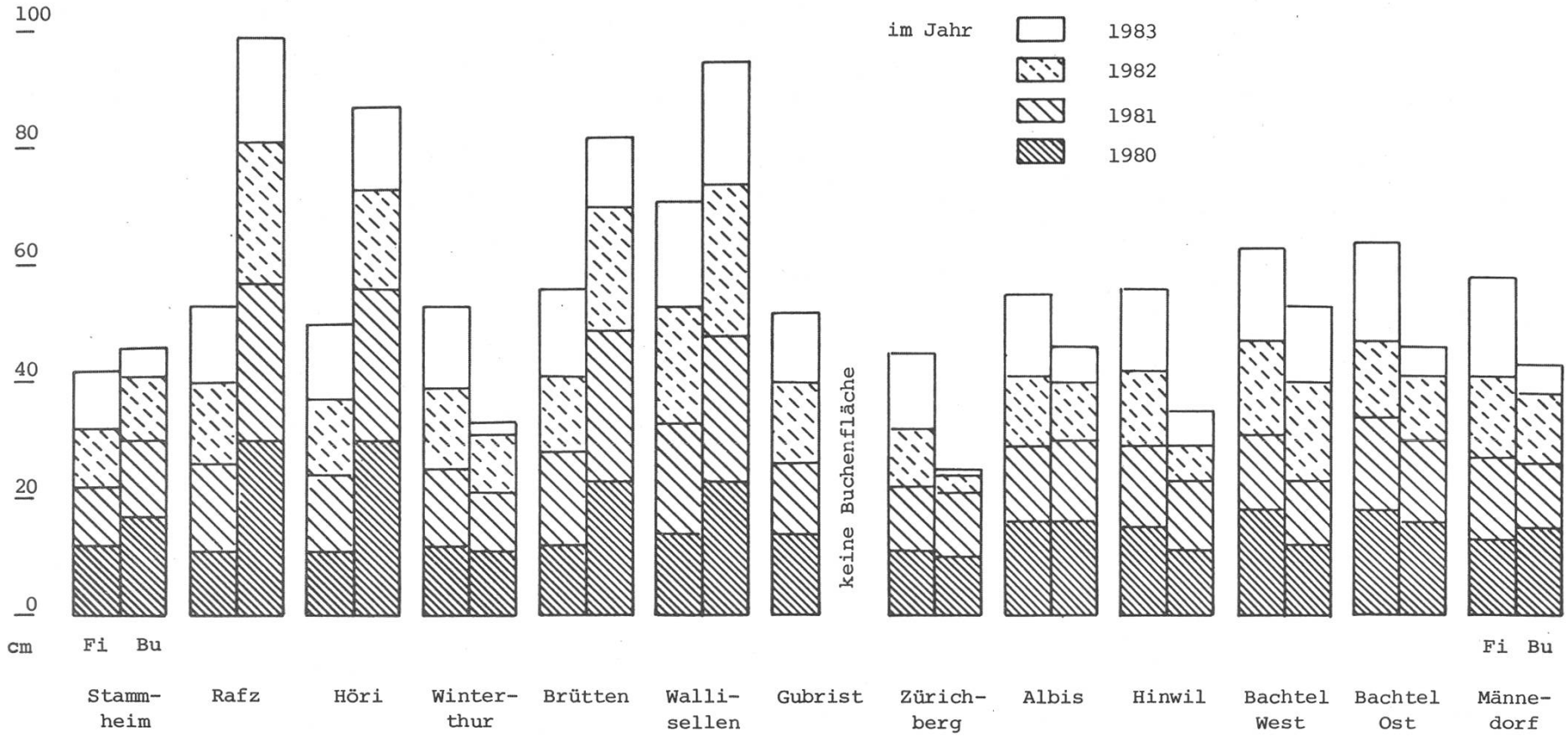

Tabelle 1. Ergebnisse der Immissionsmessungen (*Werte beziehen sich nur auf die indizierte Messdauer).

		SO_2 ($\mu g/m^3$)			NO_2 ($\mu g/m^3$)			NO ($\mu g/m^3$)			CO (mg/m^3)			O_3 ($\mu g/m^3$)		
Messstelle	*Messdauer*	$\bar{x}$	95%	99,5%	$\bar{x}$	95%	99,5%	$\bar{x}$	95%	99,5%	$\bar{x}$	95%	99,5%	$\bar{x}$	95%	99,5%
Stammheim	14.7.–13.8.84 16.11.–17.12.84 11.4.–8.5.85	5	17	28	32	54	66	8	31	67	0,35	0,99	1,46	37	90	121
Rafz	*13.–24.8. 4.–19.9.84 *5.12.84–7.1.85 29.3.–26.4.85	7	26	56	22	59	78	11	48	108	0,31	0,95	1,56	36*	120*	155*
Höri	20.9.–19.10.84 16.1.–13.2.85 27.4.–23.5.85	8	34	91	20	60	98	17	82	209	0,43	1,72	2,99	40	95	117
Winterthur	12.6.–13.7.84 4.10.–15.11.84 31.1.–5.3.85	22	83	171	49	109	187	22	82	187	0,62	1,62	3,25	29	87	133
Brütten	35 x 1 Tag	15	63	115	23	48	107	18	59	155	0,53	1,13	3,30	39	92	118
Wallisellen	1 Jahr	28	118	270	32	83	120	30	116	211	–	–	–	–	–	–
Gubrist	16.5.–11.6.84 21.8.–10.9.84 20.12.–15.1. 5.3.–9.4.85	13	47	109	45	78	112	10	24	73	0,19	0,76	1,29	35	80	114
Zürichberg	9.8.–4.9.84 20.12.84–24.2.85	37	126	240	33	67	105	13	60	112	0,85	2,5	4,7	27	98	134
Albis	18.5.–6.8.84 24.10.–4.12.84 18.2.–27.3.85	9	36	71	32	89	137	13	72	159	0,35	1,35	2,45	55	132	191
Hinwil	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Bachtel West	10.9.–18.10.84 23.1.–12.2.85 *6.–18.3.85	16*	38*	58*	11	31	52	8	24	32	0,3	0,7	1,2	39	64	78
Bachtel Ost	23.11.–21.12.84	–	–	–	11	35	54	4	11	90	–	–	–	35	56	60
Männedorf	17.8.–6.9.84 24.10.–21.11.84 22.12.84–11.1.85	–	–	–	37	106	224	25	124	242	–	–	–	30	96	145

Immissionsgrenzwerte (LRV-Entwurf)	*bezogen auf 1 Jahr*						*bezogen auf 1 Monat*					
	30	100	–	40	120	–	–	8	–	–	80	–

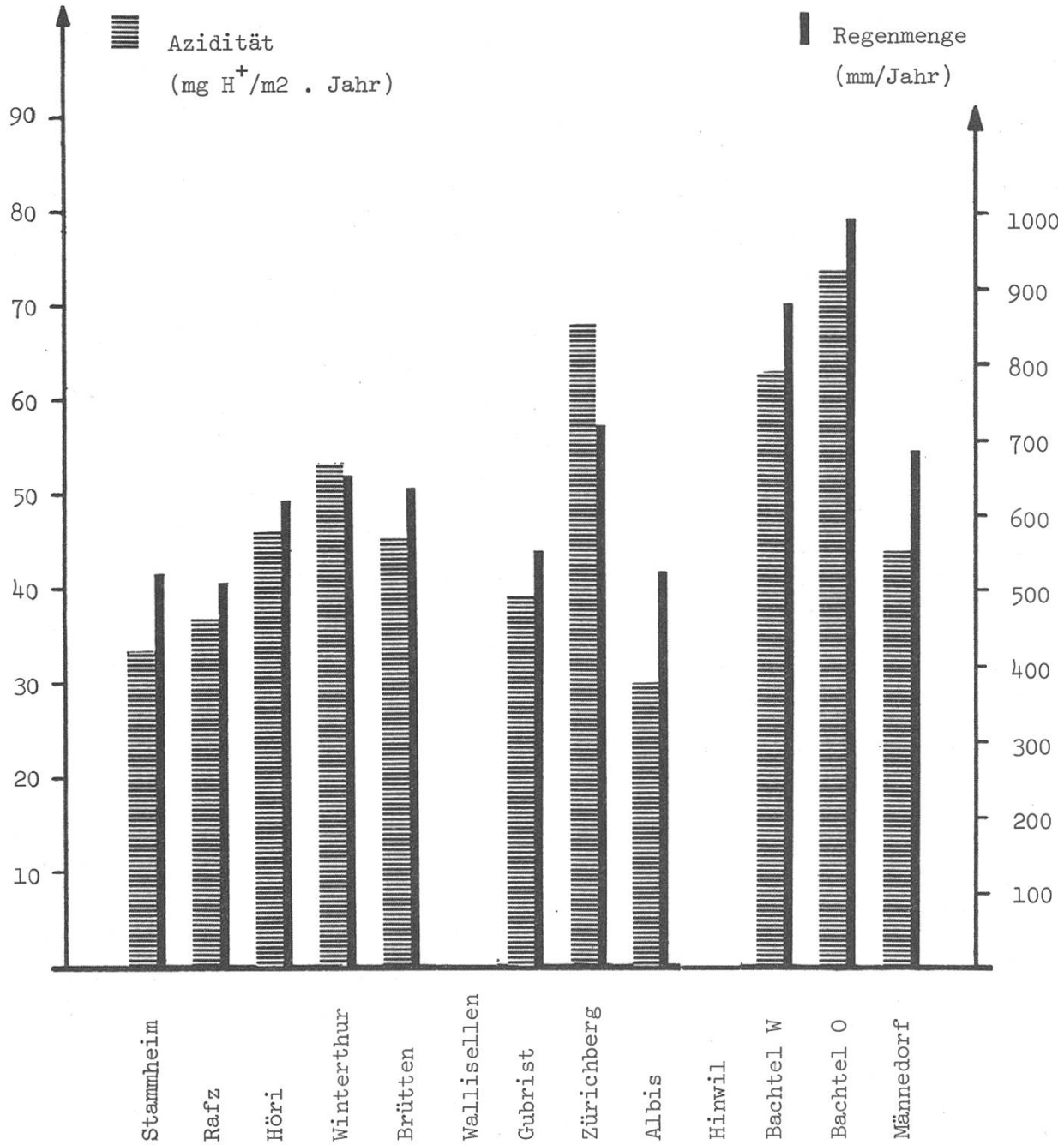

Abbildung 3. Säurefrachten im Niederschlag und Regenmenge in den verschiedenen Beobachtungsflächen (Werte aus der Sammelperiode Oktober/November 1984–März 1985 auf ein Jahr extrapoliert).

3.3 Stoffbeziehungen

Die Buchenlaubanalysen zeigen eine deutliche Tendenz zur Stickstoffüberversorgung der Bäume bei gleichzeitiger Kaliumunterversorgung. Der Stickstoffgehalt im Laub korreliert in der Regel mit den hohen Stickstofffrachten in den trockenen und nassen Depositionen, währenddem Kalium in den Depositionen kaum nachweisbar ist. Hingegen finden sich hohe Mengen Kalium im Stammabflusswasser, was auf Leaching von Nährstoffen vor allem durch saure

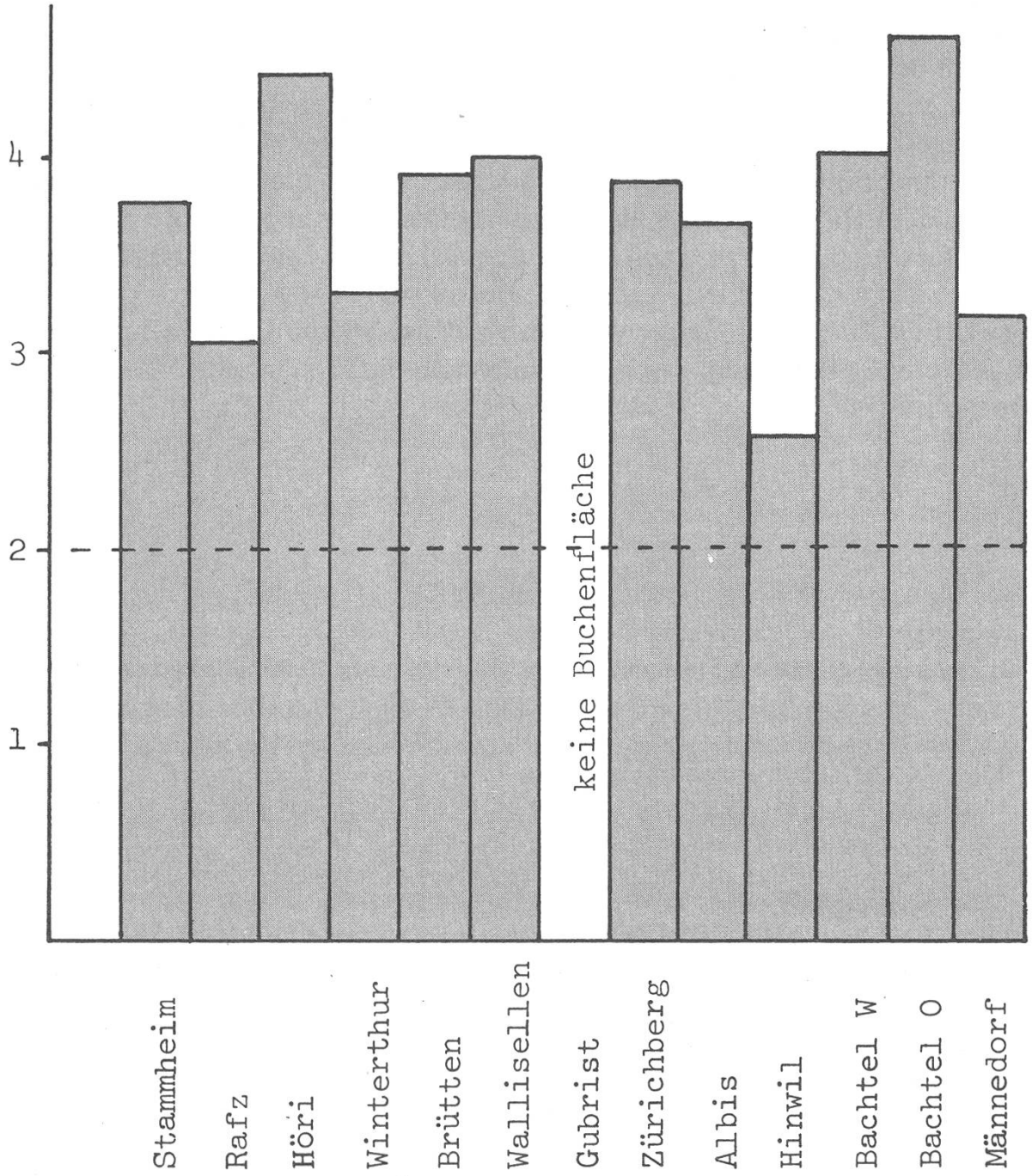

Abbildung 4. Stickstoff-Kalium-Verhältnis im Laub von Gipfeltrieben von Buchen ohne sichtbare Schäden in den verschiedenen Beobachtungsflächen (Gestrichelte Linie = optimales Verhältnis).

Depositionen und durch Oxidantien aus den Blättern hinweist. Das dadurch entstehende tendenzielle Stickstoff/Kalium-Missverhältnis *(Abbildung 4)* kann, wie aus dem Obstbau bekannt ist, eine verminderte Gewebefestigkeit, verminderte Frost- und Stressresistenz, gestörte Wasserbeziehungen, erhöhte Atmung, gehemmter Abtransport der Photosyntheseprodukte aus dem Laub und eine erhöhte Prädisposition für Krankheits- und Schädlingsbefall bewirken.

4. Ausblick

Nach dem Vorliegen der Resultate des ersten von vier Beobachtungsjahren wäre es verfrüht, ein Facit zu ziehen. Noch bestehen in den Datensätzen gewichtige Lücken, und insbesondere fehlen noch Erkenntnisse über die zeitliche Veränderung der beobachteten Merkmale, so dass eine Gesamtschau aller Merkmale im Hinblick auf schlüssige Zusammenhänge zwischen dem Zustand der Bäume, des Waldes, und den auf sie wirkenden Immissionen und Depositionen noch nicht möglich ist. Immerhin ergeben sich bereits jetzt konkrete Hinweise auf die Zusammenhänge zwischen Waldzustand und Luftverschmutzung, die bedeutend genug sind, rasche und namhafte lufthygienische Massnahmen zu rechtfertigen.

Résumé

Examens écologiques pratiqués sur des placettes permanentes d'observation dans les forêts du canton de Zurich

Le canton de Zurich a aménagé au printemps 1984 des placettes permanentes d'observation dans le but d'examiner et de suivre en détail d'une part l'évolution des dégâts forestiers et d'autre part l'état de salubrité de l'air. Les 13 placettes réparties dans le canton se composent d'un peuplement hêtres-épicéas de 25 ares environ dont les arbres sont âgés de 80 à 120 ans.

Chaque emplacement est examiné quant à l'état et l'évolution de santé de la couronne, du tronc et des racines des arbres; l'état du sol et le régime de ses matières minérales sont aussi l'objet d'une étude. A part cela, la salubrité de l'air est analysée au moyen de mesures effectuées sur les immissions gazeuses et les dépôts humides et secs.

Le programme établi pour une durée de quatre ans, de 1984 à 1987, coûte 2 908 000 francs au canton qui prend en plus à sa charge d'importants travaux concernant avant tout l'analyse de la salubrité de l'air.

Les résultats obtenus lors de la première année d'observation illustrent l'étendue des tâches de ce programme.

Traduction: *S. Croptier*