Zeitschrift: Badener Neujahrsblätter

Herausgeber: Literarische Gesellschaft Baden; Vereinigung für Heimatkunde des Bezirks Baden

Band: 63 (1988)

Artikel: Waldforschung am Lägern-Südhang

Autor: Keller, Hans M. / Häsler, Ruedi / Klöti, Peter

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-324320

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: 16.07.2025

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

WALDFORSCHUNG AM LÄGERN-SÜDHANG

Einleitung

Im Wettinger Wald, wo es auf der Karte 1:25000 südlich des Lägerngrates auf 685 m ü. M. «Zindelen» heisst, ragt ein schlanker, 45 m hoher Metallmast 5 bis 10 m über die Baumkronen (Abb. 1). Aus den Abbildungen und Texten am Anschlagbrett, das in der Nähe steht, kann der Wanderer entnehmen, dass die Wissenschaft hier am Werk ist. Dies hat seinen Grund darin, dass sich 1983 die Beobachtungen von kranken Bäumen und Waldpartien in der Schweiz in ungewöhnlichem Masse häuften. Damals stellte der Schweizerische Nationalfonds für die Förderung der wissenschaftlichen Forschung in der Schweiz namhafte Gelder zur Verfügung, um den Ursachen des sich verschlechternden Gesundheitszustandes des Waldes auf die Spur zu kommen. Aus mehreren Gründen eignete sich der Buchenwald bei «Zindelen» am Lägern-Südhang, in welchem auch einige Rot- und Weisstannen stehen, vorzüglich dazu, eine schweizerische Waldforschungsstation zu werden.
Mit dem Aufbau der Beobachtungs- und Experimentierstation, wovon der Meteo-Mast, die eingerüstete Rottanne (auch Fichte genannt) und die Messhütte im eingezäunten Waldbereich die augenfälligsten Einrichtungen sind, wurde im Sommer 1985 begonnen. Viele verschiedene Institutionen mit zahlreichen Personen unterschiedlichster Berufe sind an diesem interdisziplinären Forschungsprogramm beteiligt. Welche Ziele verfolgt, wie die Probleme angepackt werden und welche Ergebnisse sich heute bereits abzeichnen, aber auch was noch ungelöst ist, möchten wir im folgenden an ein paar Beispielen darlegen.

Probleme und Fragen

Wenn Rot- und Weisstannen ungewöhnlich viele Nadeln verlieren, wenn Buchen nur noch ein dürftiges, durchsichtiges Blätterdach bilden, wenn Bäume offensichtlich kränkeln, aber keine naheliegenden Erklärungen greif-

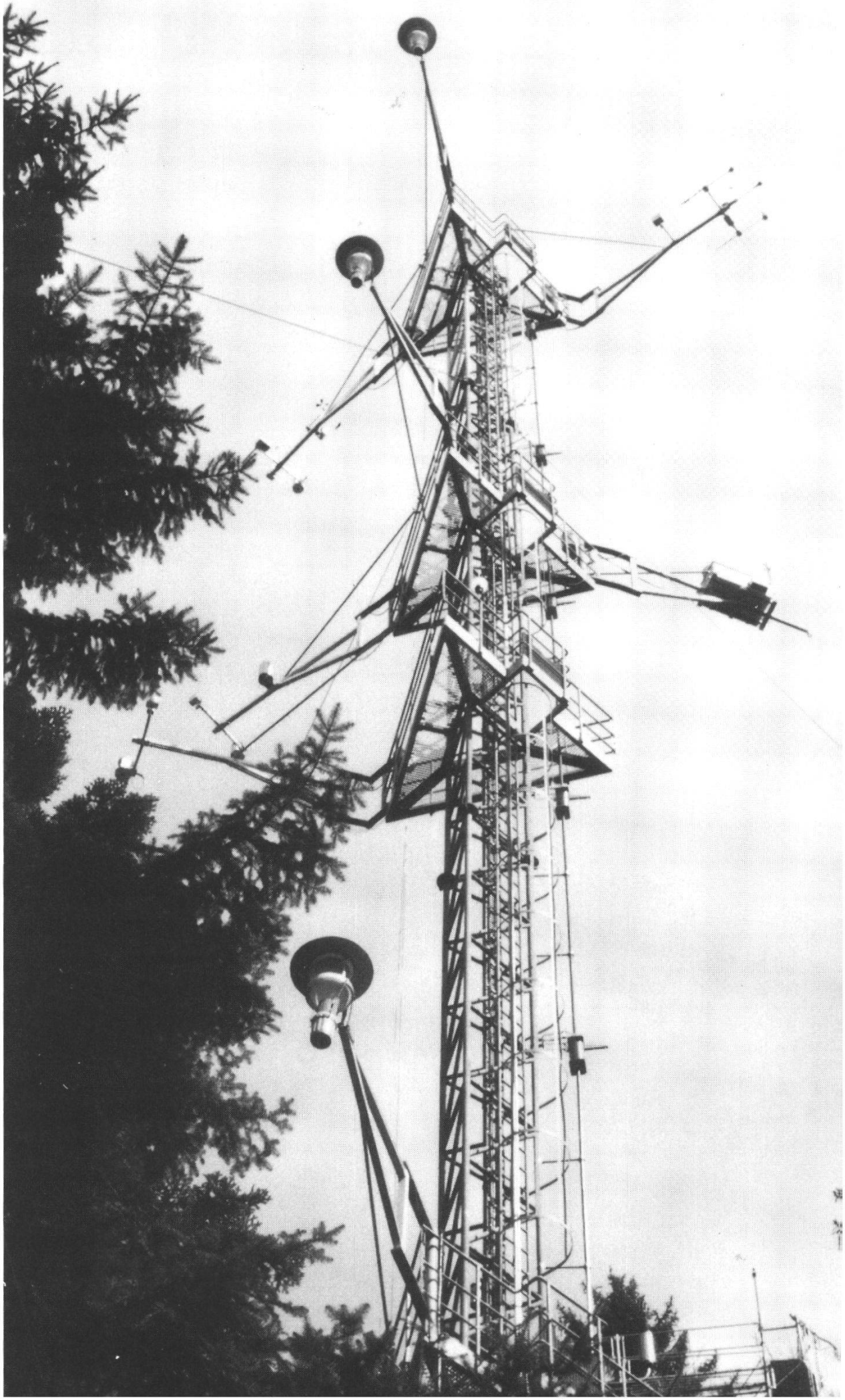


Abb. 1

bar sind, zirkulieren Hypothesen bald in aller Leute Mund. Es werden Fragen gestellt, Probleme gewälzt: Was wissen wir eigentlich, was wissen wir nicht, können wir über die Ursachen etwas sagen oder ist alles nur Behauptung?
Um wenigstens ein paar wenigen Fragen nachzugehen, sind für diese Waldforschungsstationen viele, unterschiedlichen Zwecken dienende Geräte und Instrumente eingebaut worden. In folgenden Bereichen sollen wissenschaftliche Unterlagen beschafft werden:
Witterung und Klima im Wald
Luftqualität
Chemie des Niederschlages
Veränderung des Niederschlages bei der Passage durch das Kronendach
Chemische Zusammensetzung des Nebels
Gaswechsel, Assimilation und Wasserhaushalt von Einzelbäumen
Pflanzenwachstum bei gereinigter und nicht gereinigter Luft
Mykorrhiza-Pilze im Boden
Chemische Veränderungen des Wassers im Boden
Wasserhaushalt des Bodens
Vorkommen von Pilzen an Nadeln und Blättern.

Einrichtungen

Am *Mast* sind in 5, 17,5, 35 und 45 m Höhe Messinstrumente für die meteorologischen Beobachtungen montiert. An Auslegern angebracht, können sie zur Plattform eingeschwenkt werden, damit sie für die Wartung vom Mast aus einfach erreichbar sind.
Die Temperaturen werden laufend gemessen, so dass sich für möglichst viele Wettersituationen aus den übereinanderliegenden Messebenen die Zunahme resp. Abnahme der Temperatur vom Boden bis über die Baumkronen hinaus beobachten lässt. Die Temperaturunterschiede zeigen die Wirkung des Waldes gegenüber der offenen, freien Fläche: Im Winter ist es bei niederen Lufttemperaturen am Boden des Waldbestandes meist wärmer als über den Baumkronen. Im Sommer sind die Verhältnisse umgekehrt.
Auf den gleichen Auslegern sind auch Geräte für die Messung der Windgeschwindigkeit und der Windrichtung sowie der Luftfeuchtigkeit vorhanden.
Auf der obersten Plattform befinden sich die Geräte zur Messung der direkt einfallenden und der vom Waldbestand reflektierten Sonnenstrahlung. Diese Messungen geben zusammen mit den Temperaturmessungen wertvolle Hinweise für den Wärmehaushalt des Waldbestandes. Ebenfalls auf der obersten Messebene ist ein Gerät eingebaut, welches bei Nebelsituationen den Nebel ansaugt, die Nebeltröpfchen an einer Nylonharfe abscheidet und in ein Sammelgefäss führt. Die chemische Analyse dieses Nebelwassers hat dazu geführt,

Abb.2

Abb.3

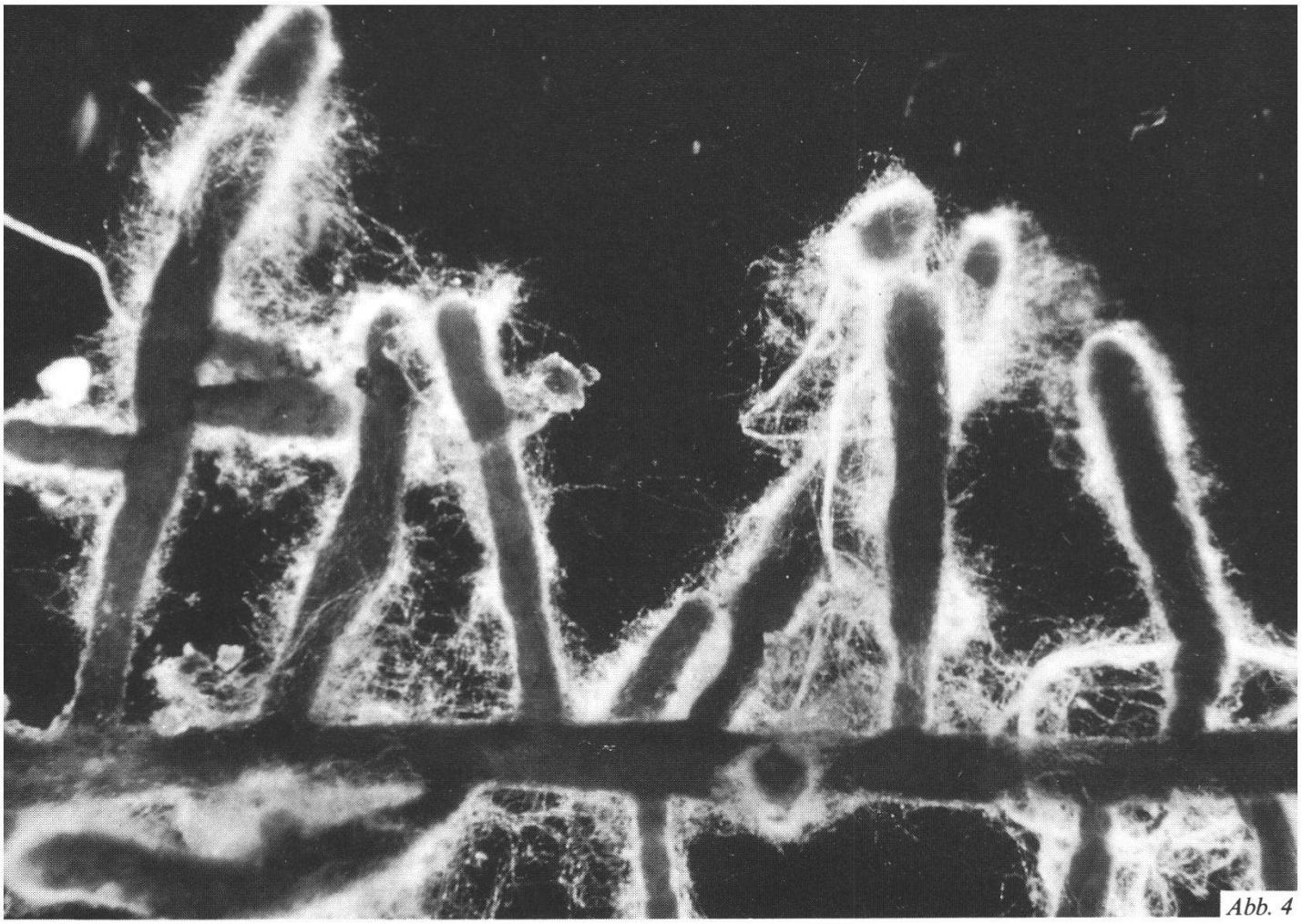


Abb. 4

Abb. 1: Der 45 m hohe Mast auf Lägern-Zindelen: Meteorologie und Luftqualität werden auf mehreren Messebenen erfasst.

Abb. 2: Für die Erfassung der räumlichen Variabilität des Bestandesniederschlages zwischen zwei Fichten sind mehrere Sammler aufgestellt (im Bildvordergrund). Mit der Messrinne aus Polyäthylenfolie wird versucht, die Qualität des abtropfenden Niederschlages während Einzelereignissen zu untersuchen. Mit dem Auffangnetz (im Bild rechts, Mitte) wird der Streufall beobachtet. Foto: Bryner, EAFV.

Abb. 3: Das Kronendach über den Bestandesniederschlagssammlern des Fichten- (links) und des Buchenstandortes (rechts) im Frühjahr: Wegen der unterschiedlichen Überdachung ist eine grosse Variabilität in der Qualität des abtropfenden Niederschlages zu erwarten.

Abb. 4: Das Mycel (feines, watteartiges Gewebe) des Mykorrhiza-Pilzes umhüllt die Feinwurzeln einer Fichte. Dabei macht es Wasser und Nährstoffe aus dem Boden für den Baum verfügbar. Umgekehrt gibt die Baumwurzel lebenswichtige Kohlenhydrate an den Pilz ab (Symbiose). Foto: Kälin, EAFV.

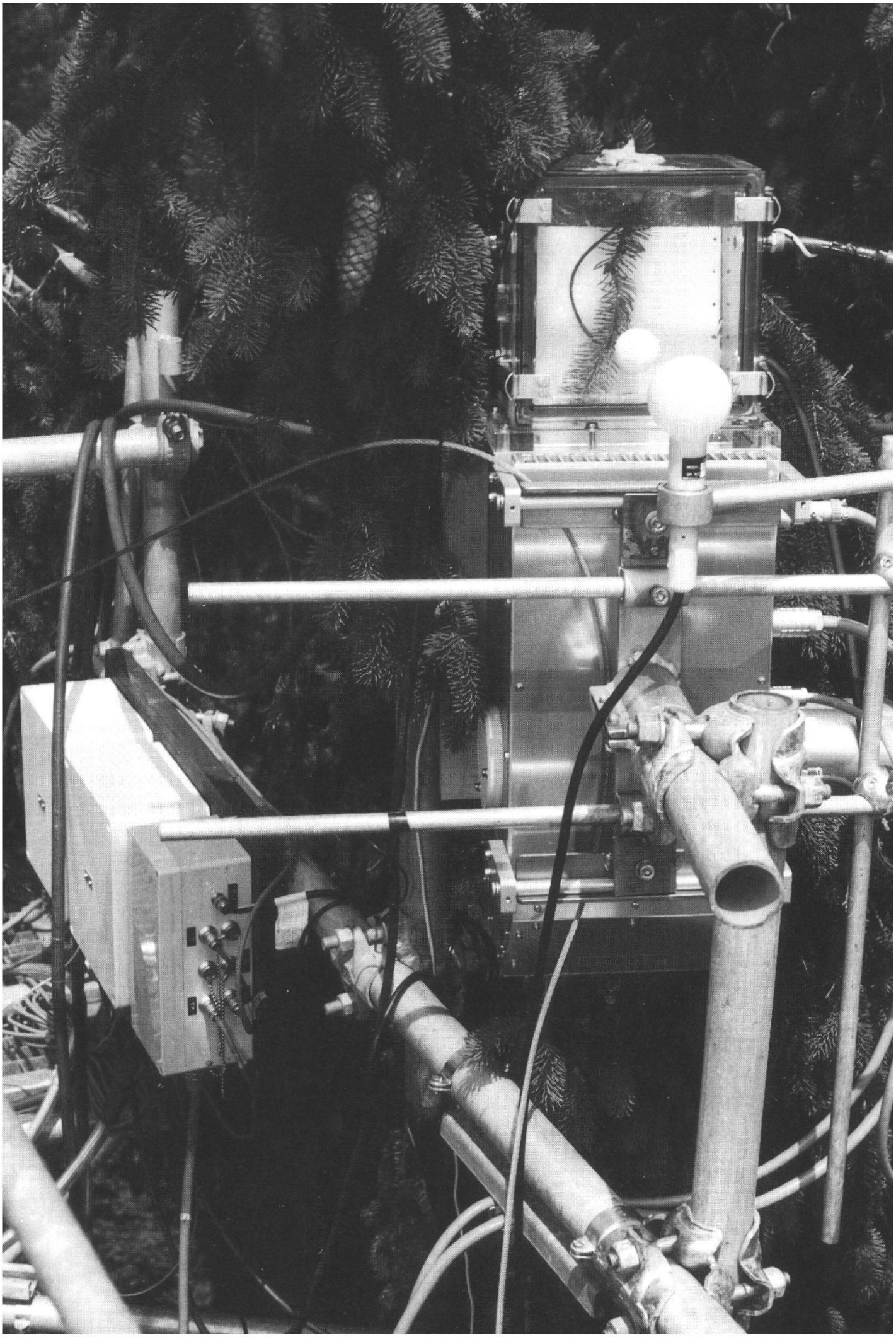
dass dem Nebel wegen seiner hohen Schadstoffkonzentrationen vermehrt Beachtung geschenkt wird. Auf den zwei Messebenen von 5 und 45 m wird ständig Luft angesaugt, welche in weissen Teflonschläuchen in die Messhütte geführt und dort automatisch analysiert wird.
Auf der zweitobersten Plattform, auf 35 m Höhe – etwa auf der Höhe der Baumkronen –, sind die Niederschlagsauffanggeräte befestigt. Sie dienen einerseits dazu, die Menge der Niederschläge (Regen und Schnee) sowie deren zeitliche Verteilung laufend zu beobachten. Andererseits gilt es, Niederschlagswasser für die chemische Analyse einzusammeln. Dies geschieht mit einem sogenannten «Nass-Depositionsammler», dessen Auffangfläche nur während des Regens offen bleibt und somit verhindert, dass Staub und andere Luftpartikel während der regenfreien Zeit das Auffanggefäss verunreinigen. Durch einen Regenfühler wird der Schliessmechanismus automatisch gesteuert. In neuester Zeit ist auf gleichem Niveau auch ein Gerät installiert, welches direkt den pH-Wert (Mass für die Säurenkonzentration) des fallenden Regens messen soll.
Die *Messhütte* unmittelbar am Fusse des Mastes beherbergt nicht nur das Datenaufzeichnungszentrum aller automatisch registrierenden Geräte, sondern auch die Analysegeräte für die Luftüberwachung (NO_x, SO_2, O_3, Kohlenwasserstoffe). Die Telefonverbindung ermöglicht die automatische Datenübertragung nach Würenlingen an das Eidgenössische Institut für Reaktorforschung, welches bald zum neuen Paul-Scherrer-Institut gehören wird. Dort werden die Daten auf einer grossen Datenbank kontrolliert und sortiert und stehen dann den Wissenschaftern zur weiteren Auswertung zur Verfügung.
Die *Feldeinrichtungen* in Bodennähe sind vielfältig. Auch wenn wir hier unvollständig sind, mögen die Beispiele doch zeigen, auf welchem Wege wir zu Informationen über einzelne Lebensprozesse im Wald kommen wollen. Neben der Messhütte stehen zwei übermannshohe, nach oben offene, runde Kammern mit Wänden aus Wellplastik. Darin befinden sich Topfpflanzen verschiedenster Art. Während durch die eine Kammer dauernd von unten nach oben ungereinigte Umgebungsluft durchgeblasen wird, werden in der anderen Kammer die Pflanzen einer schadstoffarmen Luft (mit Aktivkohle filtrierte Umgebungsluft) ausgesetzt. Damit soll auf experimentellem Wege der Einfluss der Luftqualität auf das Wachstum und auf die Krankheitsanfälligkeit der exponierten Versuchspflanzen studiert werden. Tatsächlich wachsen auf der Station Lägern einige der geprüften Pflanzen in der Umgebungsluft schlechter als in gereinigter Luft.
Die ganze Untersuchungsfläche Zindelen ist mit über 100 m hölzernen Gehsteigen versehen, um den Waldboden zu schonen und insbesondere eine Verdichtung der obersten Bodenschicht durch das ständige Begehen zu vermei-

den. Das verästelte System dieser Gehwege führt zu den Beobachtungsstellen des Stammablaufes, des durchtropfenden Niederschlages (Abb. 2 und 3), der Bodenwasseruntersuchungen, den Sammelstellen für Laub- und Nadelfall sowie zur grossen Rottanne, die von einem Leichtmetallgerüst umgeben ist, welches den später beschriebenen physiologischen Untersuchungen dient. An ausgewählten Bäumen werden zudem spezielle Mykorrhiza-Untersuchungen durchgeführt. Mykorrhiza sind Pilze, die in enger Wechselbeziehung zu den Wurzeln eines Baumes stehen. Ihr Fadengeflecht umgibt gewebeartig die Feinwurzeln (Abb. 4) und liefert dem Baum Wasser und Nährstoffe in leicht verfügbarer Form. Als Gegenleistung erhält der Pilz aus den Baumwurzeln gewisse Zuckerstoffe, die er nicht selbst synthetisieren kann. Beim Teilprojekt «Mykorrhiza» geht es darum, zu erfahren, wo dieses Pilzfadengewebe im Boden vorkommt, wie es während verschiedener Jahreszeiten aussieht, wann und wieviel es wächst und ob es gewisse Stellen im Boden bevorzugt oder auch meidet. Im Zusammenhang mit der Erforschung des Gesundheitszustandes des Waldes wird die Hypothese geprüft, ob Schädigungen der Mykorrhiza durch in den Boden eingedrungene, atmosphärische Schadstoffe verursacht werden.

Die grünen, kreisrunden etwa $1\,m^2$ grossen Behälter aus feinmaschigem Kunststoffnetz dienen dem Auffangen der fallenden Blätter und Nadeln. Daraus ergibt sich über längere Zeit gesehen ein Muster von Menge und Zeit des Laub- und Nadelfalls. Die monatlich gesammelten Nadeln und Blätter geben Hinweise über Unregelmässigkeiten und spezielle Vorkommnisse des Nadelfalls, seien es ungewöhnliche Witterungsbedingungen oder seien es Anzeichen geschädigter Bäume.

Der Gaswechsel von Fichtenzweigen

Die Fichte (Rottanne), die nahe der Messhütte steht und bis weit in die Krone hinauf eingerüstet ist, dient den im folgenden dargelegten Untersuchungen des Gaswechsels (Abb. 5). Von den vielen Gasen in der Luft spielen das Kohlendioxyd (CO_2) und der Sauerstoff die wichtigste Rolle (Photosynthese und Atmung). Da aber in der Luft heute leider auch viele andere Gase vorkommen, die wir als Schadgase bezeichnen, ist es wichtig zu erfahren, ob und in welchem Masse die verunreinigte Luft sich auf den normalen Gaswechsel der Fichtennadeln auswirkt. Deshalb geht es bei diesen Untersuchungen vor allem darum, den Gaswechsel eines Fichtenzweiges laufend zu beobachten und dessen Veränderung sowohl mit den meteorologischen, aber auch mit den Luftqualitätsbeobachtungen in Beziehung zu bringen. Von besonderem Interesse ist es, jene Kombinationen von Umweltbedingungen (Luft, Witterung, Bodenfeuchte usw.) herauszufinden, die für den Gaswechsel und



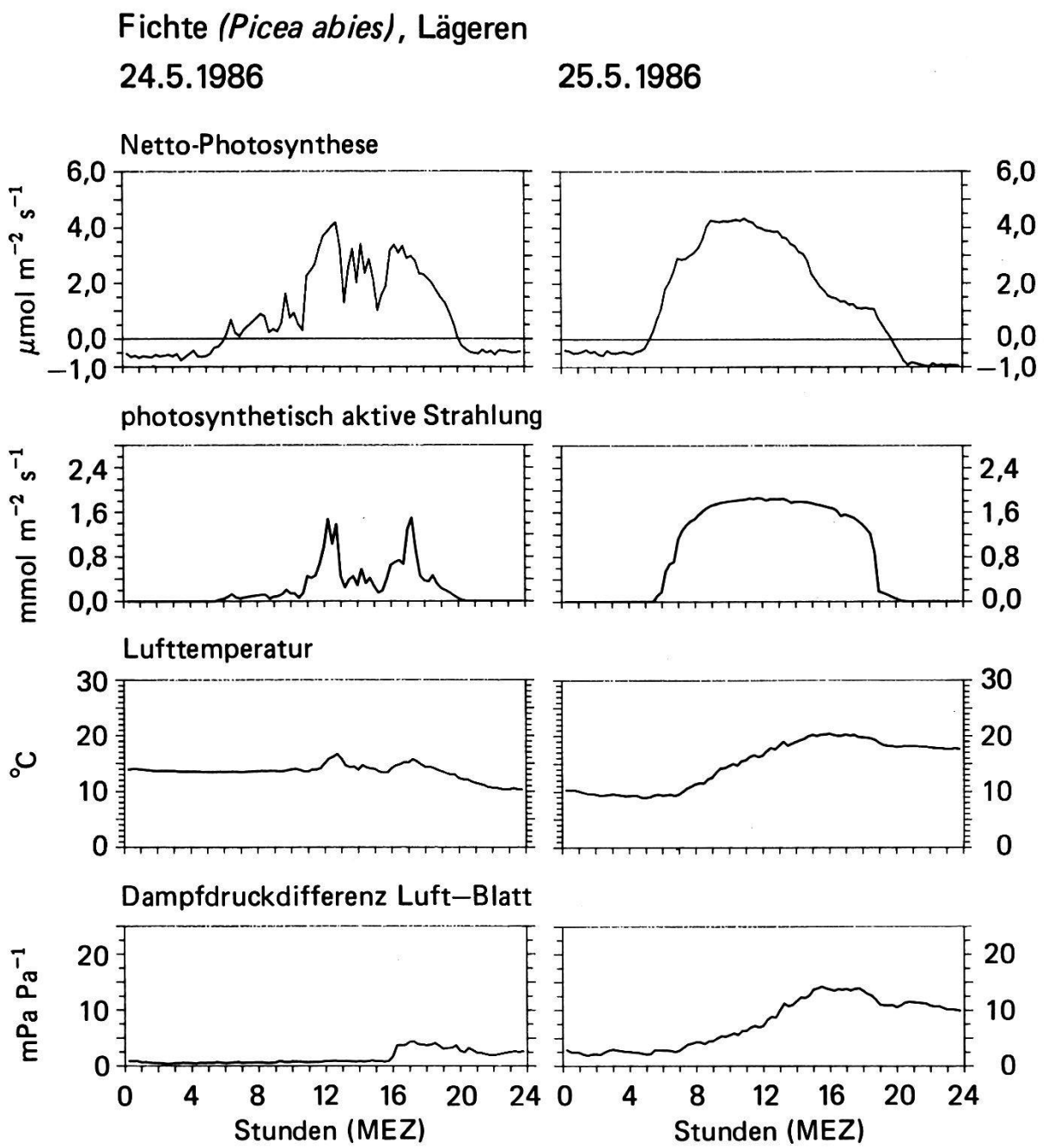


Abb. 6

Abb. 5: Gaswechselmesskammer an einem Fichtenzweig auf dem Gerüst. Die beiden weissen Kugeln dienen der Messung des Lichtes, rechts im Bild sieht man einen Teil der Luftfeuchtemessgeräte, die auch dazu benützt werden, die Wasserabgabe (Transpiration) des Zweiges zu messen und gleichzeitig die Luftfeuchtigkeit in der Messkammer nach den Freilandbedingungen zu regulieren. Foto: Scherrer, EAFV.

Abb. 6: Tagesgänge der Nettophotosynthese (Bilanz zwischen Photosynthese und Atmung), photosynthetisch aktiver Strahlung (Licht mit den Wellenlängen zwischen 400 und 700 nm), Lufttemperatur und Dampfdruckdifferenz zwischen Blatt und Umgebungsluft (Mass für die Trockenheit).

damit indirekt auch für das Wachstum und die Vitalität des Baumes besonders förderlich oder besonders hemmend sind. In welchem Masse dieser Gaswechsel variieren kann, sollen folgende Beispiele zeigen: Abb. 6 stellt die Photosynthese sowie die wichtigsten Witterungsgrössen von zwei aufeinanderfolgenden Tagen dar. Am 24. Mai 1986 war das Wetter schlecht. Nur vereinzelt erreichte die Sonnenstrahlung durch die starke Bewölkung hindurch hohe Werte (in der Darstellung mit photosynthetisch aktiver Strahlung bezeichnet). Zudem war es sehr feucht, wie die niederen Werte der Dampfdruck-Differenzkurve (als Mass für die Trockenheit) zeigen. Die Temperatur lag zwischen 10 und 15°C. Die Photosynthese setzte mit Beginn des Tageslichtes ein, die Lichtintensität war allerdings bis 10 Uhr stark begrenzend. Erst die stärkere Sonnenstrahlung am späteren Vormittag und am Nachmittag ermöglichte der Fichte eine grössere CO_2-Assimilation. In der Nacht atmete der Baum, was die Nettophotosynthesekurve in den negativen Bereich absinken liess. Der folgende Tag (25. Mai) brachte praktisch wolkenfreies Wetter. Sowohl die Temperatur als auch die Dampfdruckdifferenz stiegen im Laufe des Tages an. Schon am frühen Morgen erreichte die Photosynthese hohe Werte. Im Laufe des Nachmittages wurde aber die CO_2-Aufnahme deutlich verringert, die Spaltöffnungen schlossen sich. Spaltöffnungen sind feine Poren in Nadeln oder Blättern von Pflanzen, durch welche der gesamte Gasaustausch vor sich geht. Aber nicht nur Sauerstoff und Kohlendioxyd strömen durch diese Poren, die Pflanze verliert auf diesem Weg auch Wasser (Transpiration). Gerät der Baum an einem schönen Tag, an dem viel Wasser verdunstet wird, unter Wasserstress, so kann er die Spaltöffnungen schliessen. Damit wird ein geringerer Wasserverlust erreicht, allerdings um den Preis, dass gleichzeitig auch die Kohlendioxydaufnahme beeinträchtigt wird. Auf ähnliche Art sind – aufgrund von Laborergebnissen – auch Reaktionen des Baumes auf Schadstoffe zu erwarten. Hier sind wir aber mit den Analysen der Freiland-Messdaten noch nicht soweit fortgeschrittten.

Die chemische Zusammensetzung des Regens

Wenn wir von saurem Regen sprechen, meinen wird damit im wesentlichen die erhöhten Säurenkonzentrationen im Regenwasser. Beispielsweise entsteht im Regenwasser eine Konzentrationszunahme von Schwefelsäure aus der Umwandlung von Schwefeldioxyd, das bei der Verbrennung von Erdöl und Kohle freigesetzt wird, in Sulfat. Salpetersäure ist ein Umwandlungsprodukt der Stickoxyde, welche der Motorfahrzeugverkehr zu einem grossen Teil auch in Zukunft trotz Katalysatortechnik noch zu stark emittieren wird. Salzsäure entsteht in Kehrichtanlagen bei der Verbrennung von chlorierten Kohlen-

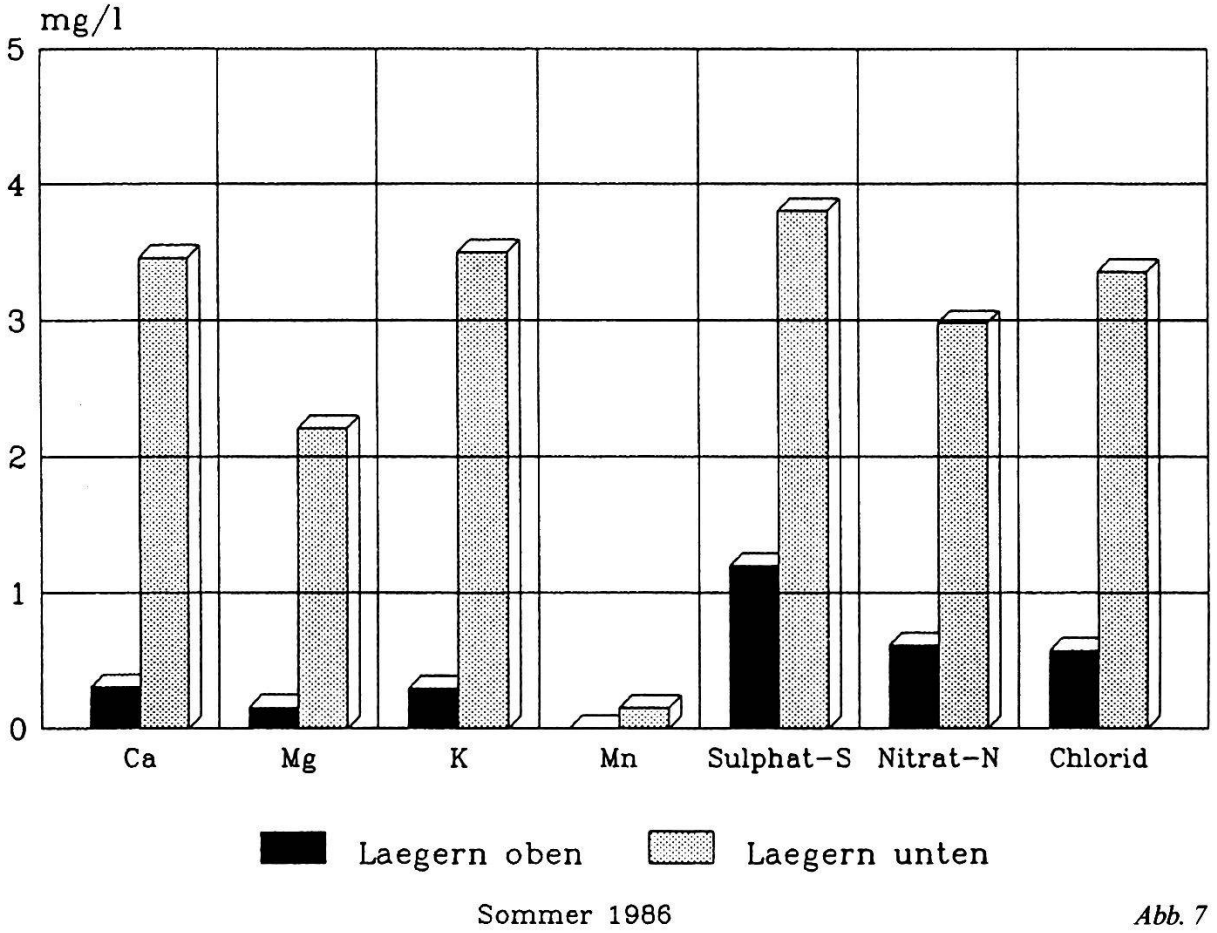


Abb. 7: Mittlere Konzentration von Calcium, Magnesium, Kalium, Mangan, Sulfat-Schwefel, Nitrat-Stickstoff und Chlorid im Regenwasser oberhalb und im Traufwasser unterhalb des Fichten-Kronendaches.

wasserstoffen. Die Regenwasseruntersuchungen auf «Zindelen» umfassen deshalb eine ganze Reihe von Stoffen, die im Regenwasser gelöst sind.
Es ist ungewiss, wie und in welchem Ausmass die Regenwasserqualität Blätter und Nadeln an deren Oberfläche beeinflussen kann. Darüber mehr zu wissen ist dringend erforderlich, denn es ist denkbar, dass der Regen, wenn er auf den Waldboden gelangt, für die Bodenvegetation und – was besonders interessant ist – für das Gedeihen der Feinwurzeln in den obersten Bodenschichten eine massgebende Rolle spielt.
Deshalb wird einerseits das Regenwasser am Messturm dort gesammelt, wo es mit dem Kronendach noch nicht in Berührung gekommen ist. Andererseits stehen je zwischen zwei Buchen und zwischen zwei Fichten stets offene Bestandesniederschlagssammler, die das Wasser auffangen, das aus den Kronen tropft. Die Resultate zeigen, dass dieses Wasser stark mit Stoffen angereichert ist (Abb. 7). Woher diese Stoffe kommen, ist nicht einfach zu beurteilen. Im Moment interpretieren wir – mangels besseren Wissens – so, dass während

der Benetzungszeit der Blätter und Nadeln ein Stoffaustausch zwischen Blättern bzw. Nadeln und Regenwasser stattfindet. Dieser Austausch scheint nur in einer Richtung, von innen nach aussen, zu verlaufen, so dass es zu einer Konzentrationszunahme der untersuchten Stoffe im abtropfenden Wasser kommt. Die Ergebnisse zeigen auch, dass Stoffe aus pflanzlichem Material ausgewaschen werden. Wir glauben aber, dass die Stoffanreicherung nicht allein durch das Auswaschen von blatteigenen Stoffen bedingt ist. Zu einem beachtlichen Teil findet auch ein Abwaschen von Staub und anderen Luftpartikeln statt, die sich während der regenfreien Zeit an der Blatt- bzw. der Nadeloberfläche abgelagert haben. Somit könnte die Zunahme der Stoffkonzentrationen im durchtropfenden Niederschlag und im Stammabfluss als Mass der Luftverunreinigung interpretiert werden.

Schlussbemerkung

Wir haben mit diesem Kurzbericht, der einige Teilinformationen enthält, versucht, etwas Licht hinter die vielleicht merkwürdig und geheimnisvoll anmutenden Installationen auf «Zindelen» zu bringen. Auch wenn dort bereits zwei Jahre in einer komplexen Materie geforscht worden ist, sind klare Antworten auf Fragen der ursächlichen Verknüpfung von Waldschadenphänomenen mit Luftqualität, Witterungsbedingungen einerseits und Bodeneigenschaften andererseits heute noch nicht möglich. Wir sind jedoch glücklich, wenigstens mit einigen Hinweisen ein paar mögliche Denkrichtungen, wohin uns diese Forschung führen könnte, anzugeben. Natürlich hoffen wir, dass sich – in welcher Richtung auch immer – die Indizienkette verdichten wird und wir somit immer besser über diese Verknüpfungen Bescheid wissen. Dies ist wichtig für die Beurteilung der ursächlichen Hintergründe von kranken, aber auch von gesunden Wäldern.

Die Unterstützung durch unsere Geldgeber und die Mithilfe unserer Kollegen möchten wir hiermit bestens verdanken.

Hans M. Keller, Ruedi Häsler und Peter Klöti
Eidg. Anstalt für das forstliche Versuchswesen, CH-8903 Birmensdorf