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

Herausgeber: Schweizerischer Forstverein

Band: 127 (1976)

Heft: 7

Artikel: Zur SO2-Empfindlichkeit der Laubbaumarten

Autor: Keller, T. / Bucher, J.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-765264

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: 13.07.2025

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

Zur SO_2-Empfindlichkeit der Laubbaumarten

Von *Th. Keller* und *J. Bucher*
(Eidg. Anstalt für das forstliche Versuchswesen, 8903 Birmensdorf)

Oxf.: 425.1

Kürzlich haben wir am Beispiel der Fichte dargelegt (*Keller,* 1976), dass die 1964 herausgegebenen schweizerischen Grenzwerte für SO_2 bei langandauernden Immissionen für Nadelwälder keinen Schutz bieten würden. Die Fichte war aus folgenden Überlegungen als Beispiel gewählt worden:

— Die Fichte ist der «Brotbaum» der schweizerischen Forstwirtschaft;

— sie dominiert aus naturgegebenen Gründen (Klima) das Waldkleid weiter Gebiete der Alpen und Voralpen;

— die Nadelbäume gelten seit langem als besonders immissionsempfindlich.

In der Literatur finden sich jedoch vereinzelt Hinweise (zum Beispiel *Wentzel,* 1968), dass auch Laubbaumarten durch geringe SO_2-Immissionen geschädigt werden können. Da die Schweiz im Jura ein ausgedehntes Laubwaldgebiet besitzt und weil möglicherweise in der Nähe von Industrieagglomerationen die Nadelbaumarten inskünftig immissionsbedingt durch andere Baumarten ersetzt werden sollten, liegt es auf der Hand, Laubbaumarten auf ihre Eignung als Alternativen zu prüfen.

In dieser Arbeit möchten wir der Praxis einige erste Erfahrungen und Beobachtungen vorlegen, welche bei den Begasungsversuchen mit SO_2 in der Birmensdorfer Freiland-Begasungsanlage (siehe *Keller,* 1976) gewonnen wurden. Bei fast allen dieser Versuche wurde Wert darauf gelegt, die schweizerischen Grenz-Richtwerte für SO_2 einzuhalten.

1. Versuche mit Buche (*Fagus silvatica* L.)

Erste Versuche mit einem Buchenklon (Pfropflinge) ergaben, dass eine vierwöchige Begasung mit 0,05, 0,1 bzw. 0,2 ppm SO_2 zur Ausbildung nekrotischer Flecken auf der Blattspreite führte, wie sie in Abbildung 1 gezeigt werden. Zusätzlich stellte sich bei den beiden höheren Konzentrationen starker Blattfall ein (vgl. Abbildung 2).

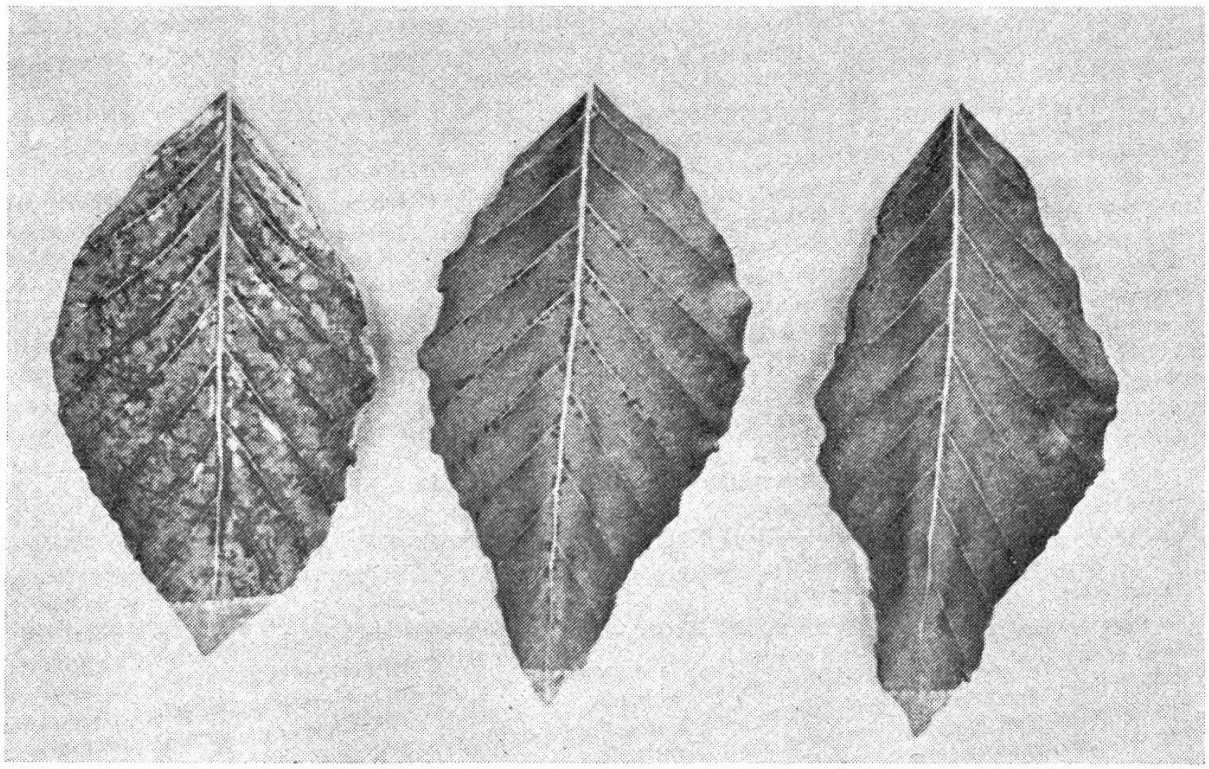

Abbildung 1. Blätter einer Buche, welche vom 17. 5. bis 10. 6. 0,05 ppm SO_2 ausgesetzt wurde. Von links nach rechts abnehmende Nekrotisierung.

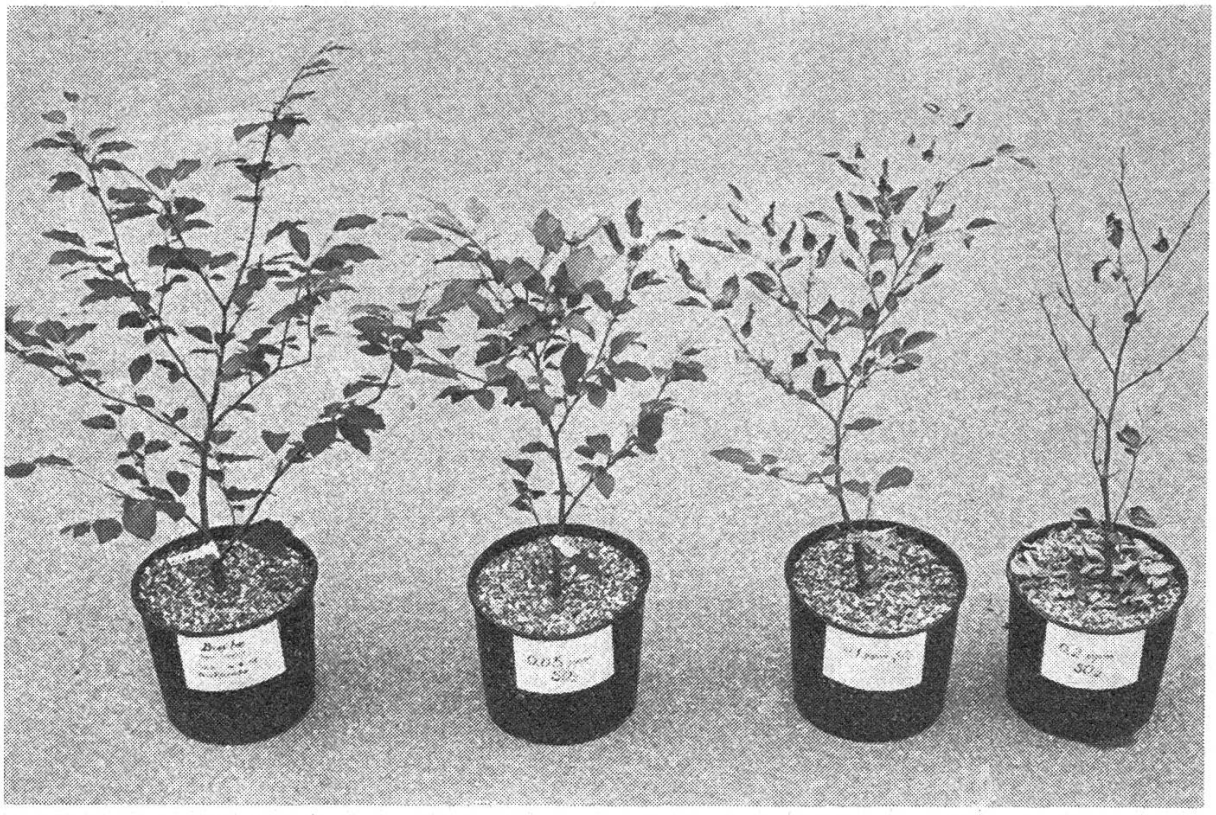

Abbildung 2. Buchenklon, welcher vom 17. 5. bis 10. 6. begast wurde. Von links nach rechts: Nullprobe (saubere Luft), 0,05 ppm SO_2, 0,1 ppm SO_2, 0,2 ppm SO_2. Man beachte den extrem starken Blattfall bei 0,2 ppm SO_2.

Um zu überprüfen, ob nur der Versuchsklon besonders empfindlich sei oder ob die Buche allgemein eine geringe Widerstandskraft gegen die Ausbildung sichtbarer Schädigungssymptome durch SO_2-Immissionen besitze, wurden weitere Versuche mit Buchensämlingen unternommen.

Dreijährige Verschulpflanzen (Provenienz Herzogenbuchsee) wurden zu dritt in 10-Liter-Töpfe gesetzt und vom 30. 7. bis 28. 8. 1975, also ebenfalls vier Wochen lang, sauberer Luft bzw. 0,05, 0,1 oder 0,2 ppm SO_2 ausgesetzt. Am Ende der Begasung wurden die Pflanzen einzeln nach folgender Skala bonitiert:

0: normal

1: Nekrosen an den jüngsten Blättern

2: Nekrosen auch an älteren Blättern, leichter Blattfall

3: starker Blattfall

Vier Wiederholungen à 15 Pflanzen ergaben folgende durchschnittliche Schädigung der Jungbuchen (nach vierwöchiger Begasung):

Nullprobe	0,05 ppm	0,1 ppm	0,2 ppm
0	0,1	1,3	2,4

Unserer Meinung nach ist die Art «Buche» daher als SO_2-empfindlich zu klassieren (unter unsern Versuchsbedingungen).

Ein anderer Versuch mit Verschulpflanzen derselben Provenienz sollte zeigen, ob auch eine winterliche Begasung der unbelaubten Pflanzen deren Lebenskraft schwächt und den Stoffwechsel belastet.

Die Pflanzen wurden vom 4. 12. 1974 bis unmittelbar vor Knospenaustrieb am 18. 4. 1975 mit den Konzentrationen 0, 0,05, 0,1 und 0,2 ppm SO_2 begast. Zum Austreiben wurden die Pflanzen in ein Gewächshaus mit sauberer Luft verbracht. Am 5. Mai wurden die maximal 15 Tage alten Blätter an der Basis der Neutriebe zur S-Gehaltsanalyse geerntet.

Die Schwefelgehaltsanalysen der jungen Blätter lassen erkennen, dass ein Teil des SO_2 durch die Lentizellen in Rinde und Speicherorgane eindringen kann und so den Stoffkreislauf zu belasten vermag. Es wurden nämlich folgende Gesamtschwefelgehalte (Prozent) in der Trockensubstanz gefunden (jeweils Mittel aus zehn Wiederholungen $\pm$ Standardfehler):

Nullprobe	0,05 ppm	0,1 ppm	0,2 ppm
$0{,}197 \pm 0{,}004$	$0{,}240 \pm 0{,}000$	$0{,}241 \pm 0{,}003$	$0{,}251 \pm 0{,}003$

(Unterschiede gesichert mit $P < 0{,}01$).

Ende Mai wurden die abgestorbenen, nicht ausgetriebenen Endknospen von der Stammachse und den drei stärksten Ästchen ausgezählt. Als Mittel aus vier Wiederholungen à 15 Pflanzen ergaben sich folgende Werte:

Nullprobe	0,05 ppm	0,1 ppm	0,2 ppm
4,0	4,3	6,3	8,5

Die winterliche Dauerbegasung nur schon mit 0,1 ppm SO_2 führte somit zu einer 50prozentigen Erhöhung der Zahl toter Endknospen. Daraus folgt, dass eine derartige winterliche Belastung die Verbuschungstendenz fördert und die Schaftformqualität der Laubbäume vermindert.

Die relativ hohe Anzahl toter Endknospen bei den Nullproben führen wir darauf zurück, dass der milde Herbst 1974 zu einer verzögerten Verholzung («Abschliessen») führte, wodurch die Knospen für die Spätfröste im November anfälliger wurden.

2. Beobachtung an Linde (*Tilia cordata* Miller)

Im Frühjahr 1974 war ein Tastversuch mit 0,3 ppm SO_2 unternommen worden. An verschiedenen Laubholzarten (neben Linde auch an Erle und Robinie) stellte sich nach einigen Wochen zu Blattnekrosen eine Zweigverkrümmung (negativer Geotropismus) ein, welche auf eine hormonale Störung der Holzbildung schliessen lässt. Abbildung 3 illustriert die Verhältnisse an der Linde.

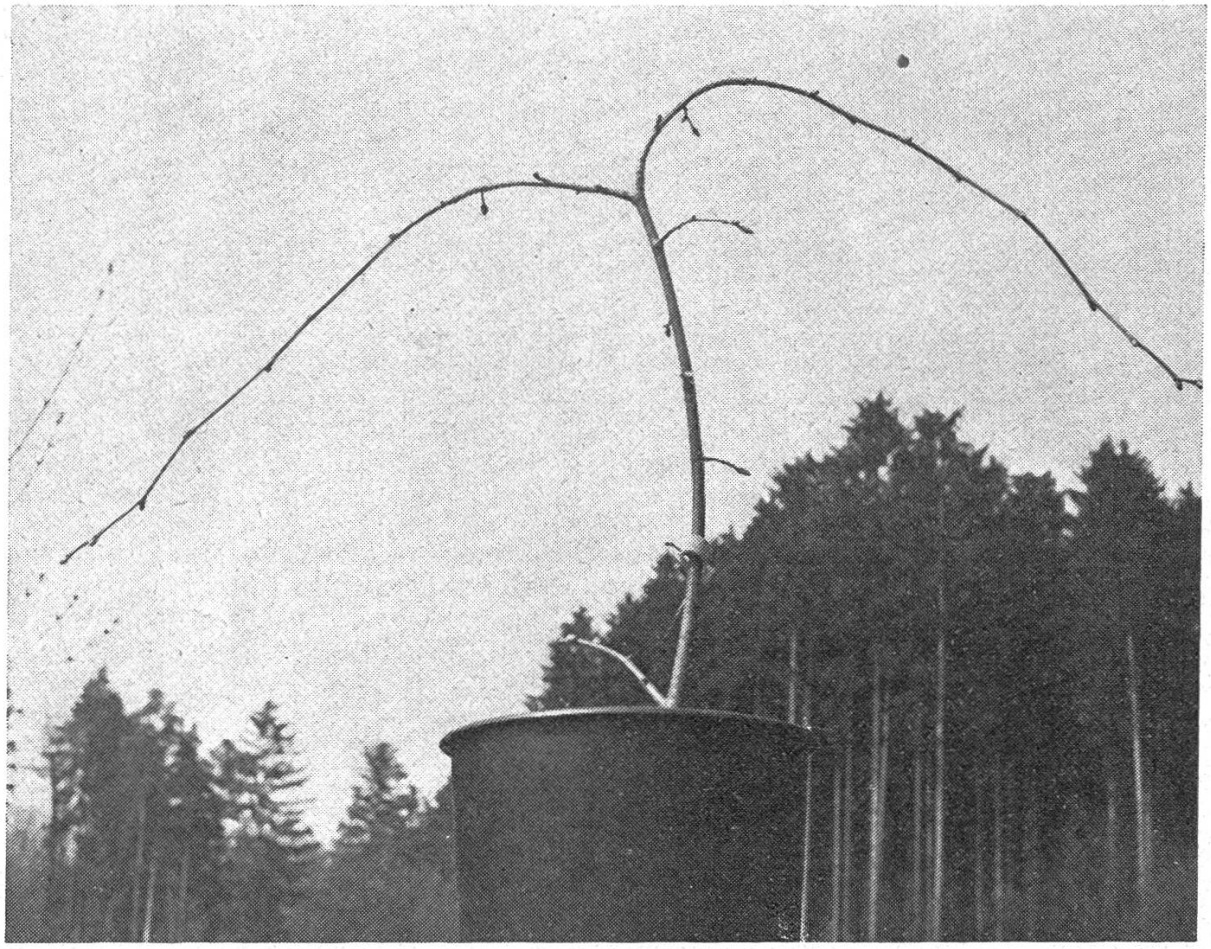

Abbildung 3. Zweigverkrümmungen an Linde als Folge einer siebenwöchigen SO_2-Belastung (0,3 ppm) während des Triebwachstums.

3. Beobachtungen an der Erle (*Alnus glutinosa* L.)

Ein Erlenklon wurde am 22. 4. 1975 in die Begasungskabinen gebracht, wo er austreiben und die Vegetationsperiode verbringen sollte. Auffällig war die Verzögerung des Austreibens und Bildung kleinerer Blätter der Pflanzen bei 0,2 ppm SO_2 wie Abbildung 4 (Aufnahme vom 15. 5. 1975, das heisst nach dreiwöchiger Exposition) illustriert.

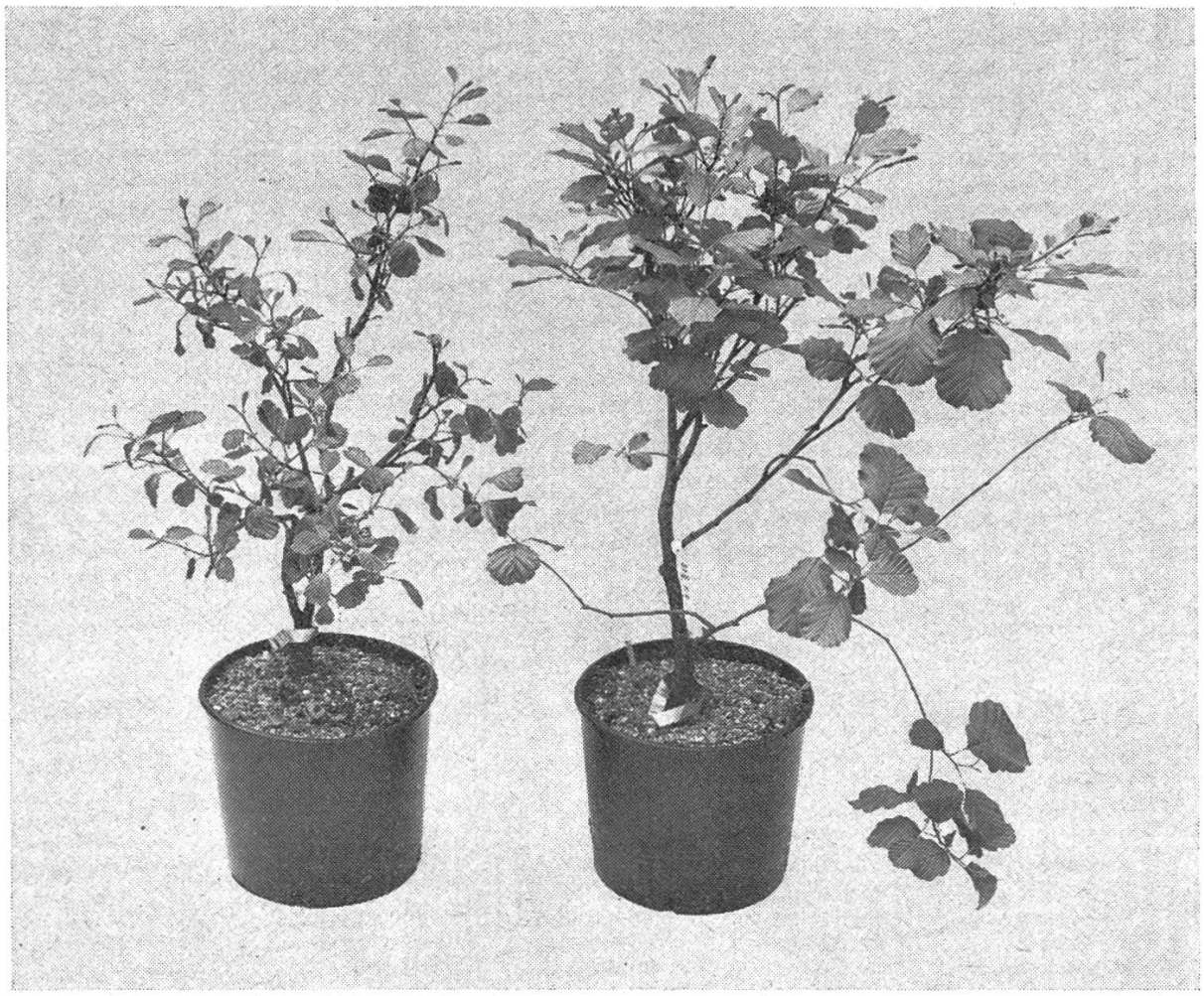

Abbildung 4. Verzögerung des Austreibens und Verminderung der Blattgrösse von Schwarzerle nach dreiwöchiger Begasung mit 0,2 ppm SO_2 (rechts: Nullprobe desselben Klons).

Mitte Juni, also nach weiteren vier Wochen, traten selbst bei der geringsten Konzentration (0,05 ppm SO_2) schwarze nekrotische Flecken auf der Blattspreite auf, wie sie in Abbildung 1 für Buche gezeigt werden.

Eine mehrwöchige Begasung mit 0,3 ppm SO_2 im Frühjahr 1974 hatte zu hängenden Zweigen geführt, wie dies in Abbildung 3 an Linde dargestellt wurde.

4. Beobachtung an Birke (*Betula verrucosa* Ehrh.)

Birkensämlinge, welche im April 1974 mit SO_2 begast wurden, zeigten bereits nach wenigen Tagen Anzeichen einer Schädigung, die vorerst auf einen Spätfrost zurückgeführt wurde. Erst am 6. Begasungstag wurde von jeder Pflanze das am stärksten geschädigte Blatt gepflückt und photographiert (Abbildung 5). Die durch leichten Frost verursachte Schädigung unterscheidet sich nun deutlich von der SO_2-Schädigung (weissliche Nekrosen zufolge Chlorophyllzerstörung). Die Abbildung lässt auch das starke Ansteigen des Schädigungsgrades durch die erhöhte SO_2-Konzentration erkennen (vgl. Unterschied zwischen 1. und 3. Reihe).

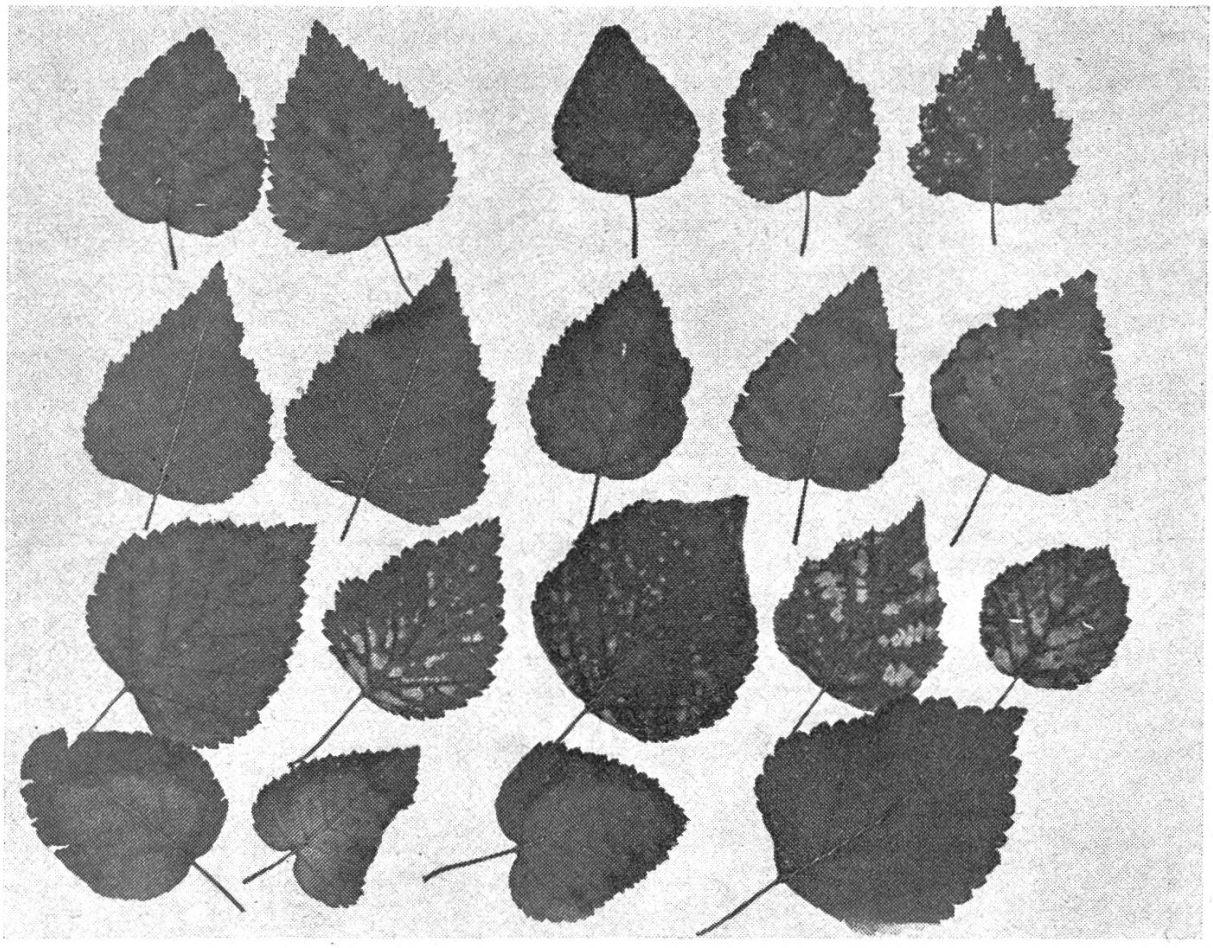

Abbildung 5. Blätter von Birkensämlingen nach fünftägiger SO_2-Belastung und Frosteinwirkung. Oberste Reihe: $0{,}128 \pm 0{,}037$ ppm SO_2; offene Kabine. Zweite Reihe von oben: saubere Luft; offene Kabine. Dritte Reihe von oben: $0{,}295 \pm 0{,}015$ ppm SO_2; geschlossene Kabine. Unterste Reihe: saubere Luft; geschlossene Kabine.

5. Untersuchung an Aspe (*Populus tremula* L.)

Die Aktivität des «Entgiftungsenzyms» Peroxidase erlaubte in früheren Untersuchungen den Nachweis einer unsichtbaren Schädigung (Störung des Stoffwechsels) als Folge der verschiedensten Immissionen (Fluor, Blei, Autoabgase). Daher wurde die Eignung dieses Enzyms als Indikator einer SO_2-Belastung an einem Aspenklon geprüft. Abbildung 6 zeigt die Reaktion des

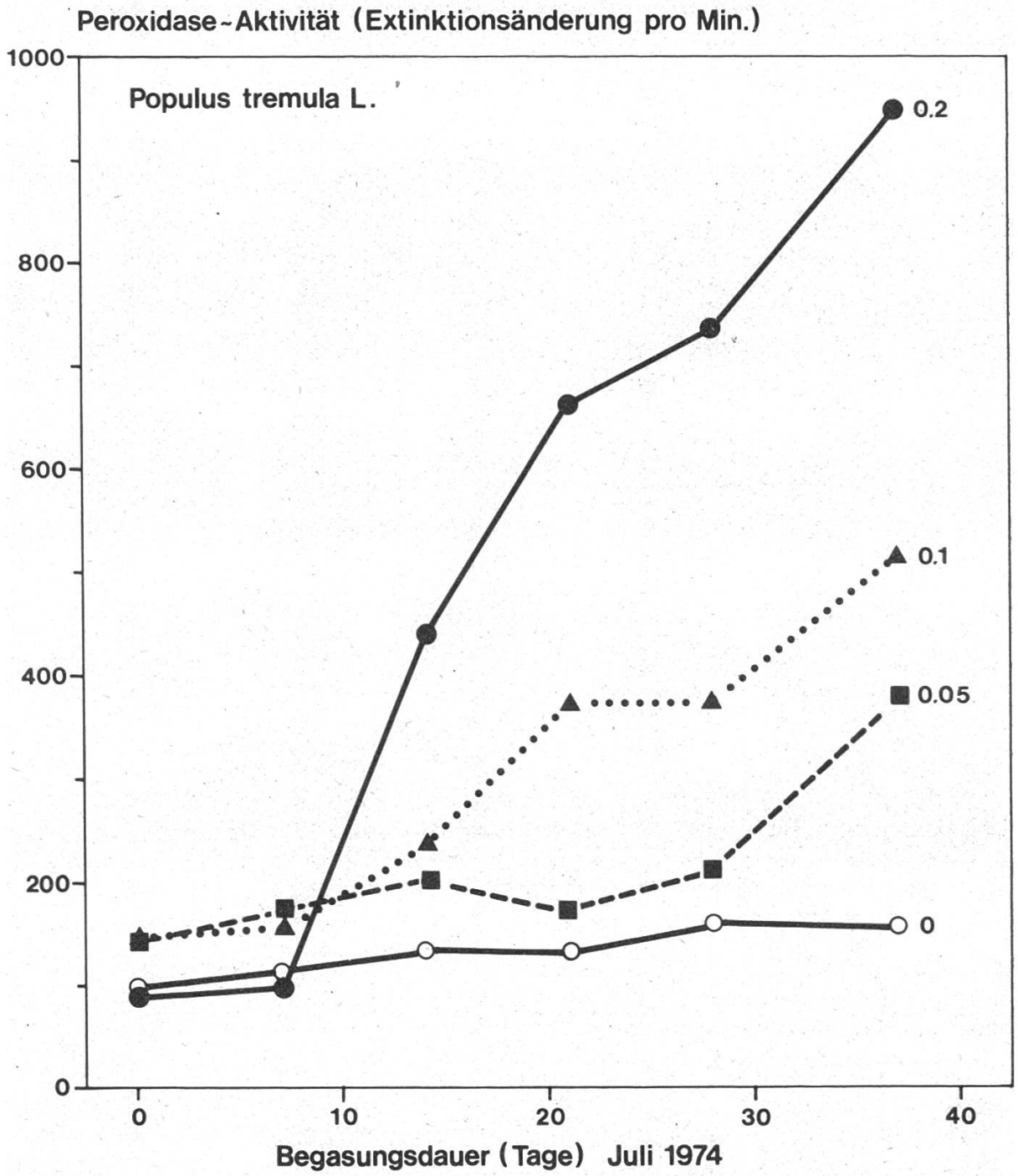

Abbildung 6. Peroxidase-Aktivität von Aspenblättern im Verlaufe einer mehrwöchigen SO_2-Dauerbegasung (0; 0,05; 0,1 bzw. 0,2 ppm SO_2).

Enzyms im Verlauf einer fünfwöchigen Begasung. Es wurde jeweils das 4. Blatt (vom Vegetationskegel aus gezählt) analysiert. Jeder Wert stellt den Durchschnitt von fünf Wiederholungen dar. Auch am Versuchsende nach fünf Wochen traten keinerlei sichtbare Schädigungssymptome auf, selbst an den mit 0,2 ppm begasten Pflanzen!

Schlussfolgerung

Aufgrund der wiedergegebenen Beobachtungen und Versuchsergebnisse muss gefolgert werden, dass auch Laubbaumarten auf eine SO_2-Belastung empfindlich reagieren. Daher muss im Interesse der langfristigen Walderhaltung von forstlicher Seite dringend gefordert werden, dass die in der Schweiz derzeit gültigen SO_2-Grenzwerte einer Revision unterzogen werden im Sinne der bereits postulierten Ergänzung (Keller, 1976).

Abschliessend danken wir aufrichtig allen, welche uns bei unseren Versuchen unterstützten, namentlich den Herren Dr. H. J. Jäger (Universität Giessen) für die Schwefelgehaltsanalysen und H. Schwager für die Bestimmung der Peroxidase-Aktivität.

Résumé

La sensibilité des essences feuillues au SO_2

Le présent travail traite de quelques observations et expériences faites avec des feuillus exposés à l'action du gaz SO_2. Le hêtre témoigna d'une grande sensibilité au long d'une exposition de 24 jours à l'action des gaz avec 0,05 ppm SO_2; il réagit par la formation de taches nécrotiques (figure 1). De plus fortes concentrations (0,1 et 0,2 ppm) provoquèrent dans le même laps de temps la chute des feuilles (figure 2). L'action des gaz en hiver causa le dépérissement des bourgeons terminaux et conduisit à une hausse de la teneur en soufre dans le feuillage nouvellement formé.

Une exposition de sept semaines à 0,3 ppm de gaz pendant la formation des nouvelles pousses chez le tilleul et d'autres essences feuillues entraîna une déformation caractéristique des rameaux (figure 3). Pendant la poussée des bourgeons, une action des gaz avec 0,2 ppm SO_2 retarda le déploiement des feuilles de l'aune (figure 4) et causa, après une action prolongée, des nécroses foliaires même à basses concentrations. Des gaz de 0,128 resp. 0,295 ppm SO_2

entraînèrent en peu de jours une nécrose des feuilles chez le bouleau (figure 5). Au fort de l'été, l'activité de la péroxidase (enzyme désintoxicant) dans le feuillage du tremble réagit sensiblement à une action continue des gaz à une concentration de SO_2 de 0,05—0,2 ppm (figure 6).

Non seulement les conifères, mais aussi les feuillus sont sensibles au SO_2 dans le domaine des concentrations tolérées par les normes suisses actuelles. Par conséquent, leur révision est urgente dans l'intérêt de la conservation et de la protection à long terme de la forêt. Traduction: *S. Kobert*

Literatur

Keller, Th., 1976: Auswirkungen niedriger SO_2-Konzentrationen auf junge Fichten. Schweiz. Z. Forstwes. *127,* Heft 4, S. 237—251

Wentzel, K. F., 1968: Empfindlichkeit und Resistenzunterschiede der Pflanzen gegenüber Luftverunreinigung. In: Air Pollution, S. 357—370. Pudoc Wageningen (1969)