

pH-Wert und S-Gehalt der Baumborke als Indikatoren für

Luftverunreinigung im urban-industriellen Ökosystem um

Frankfurt a.M.

H.-J.Köhm und W.Lötschert

In den bisherigen Arbeiten wird die Borke von Laub- und Nadelbäumen in erster Linie als Substrat für kryptogame Epiphyten untersucht. Auch eingehende Studien über die Soziologie der Rindenepiphyten liegen vor (1). In neuester Zeit gewinnt nun die Baumborke als Indikator für den Grad der Luftverunreinigung durch Säureemissionen Bedeutung. Nach ersten Hinweisen aus Schweden und Polen (2, 3) auf eine großräumige Abstufung der  $H^+$ -Konzentration der Borke in Abhängigkeit von der Immissionsintensität wird die Frage der empfindlichen Indikatorwirkung der Baumborke auf engem Raum im urban-industriellen Ökosystem um Frankfurt a.M. geprüft.

Material und Methode

Die Meßstellen zur Probeentnahme wurden zwischen der Innenstadt von Frankfurt a.M. und dem nordwestlich anschließenden Vordertaunus eingerichtet (Abb.1). Sie befinden sich an folgenden Stellen: 1. Frankfurt a.M., Senckenberganlage (95 m NN) Meßwerte für die Innenstadt. 2. Frankfurt a.M., Grünburgpark (110 m NN); 1,8 km von Meßstelle 1 entfernt. 3. Kronberg /Ts., Park (250 m NN) ca. 15 km vom Stadtzentrum. 4. Königstein /Ts., Burgberg (370 m NN). 5. Falkenstein /Ts., Burg (490 m NN). Die Punkte 4 und 5 liegen ca. 16,5 km von Punkt 1 entfernt. -

Vortrag, gehalten anlässlich der Tagung der "Gesellschaft für Ökologie", Giessen 1972  
Tagungsbericht "Belastung und Belastbarkeit von Ökosystemen"  
Anschrift der Verfasser: H.J.Köhm und Prof.Dr.W.Lötschert,  
6 Frankfurt /M., Siesmayerstr.70.

Tabelle. pH-Mittelwerte von Spitzahorn (*Acer platanoides*), Esche (*Fraxinus excelsior*) und Sommerlinde (*Tilia platyphyllos*) an 5 verschiedenen Meßstellen im Immissionsgebiet um Frankfurt a.M.

Meßstelle	Meter ü.NN	Acer plat.	Frax. exc.	Tilia plat.
Innenstadt	95	3,42	3,12	2,72
Grüneburgpark	110	3,54	3,36	2,83
Kronberg	250	4,10	3,86	3,39
Königstein	370	4,22	3,89	3,50
Falkenstein	490	4,33	4,21	3,74

Auch für die Pufferkurven ergeben sich entsprechende Unterschiede derart, daß die Pufferkapazität an Standorten mit höherer Immissionsbelastung in der Innenstadt größer ist als an den weniger belasteten Standorten am Taunusrand. So wurden z.B. bei *Tilia platyphyllos* zur Einstellung des Neutralpunktes für das Material aus der Innenstadt 5,5 ml NaOH (n/10) mehr benötigt als bei der Borke vom Falkenstein. Dies steht im Gegensatz zu lebenden Nadeln von *Picea abies*, die in SO<sub>2</sub>-freien Gebieten eine größere Pufferkapazität als in Rauchschadengebieten besitzen (5). Die geringfügigere Pufferwirkung von *Acer platanoides* im Vergleich zu den beiden anderen Baumarten dürfte mit der höheren Ca-Ablagerung in der Borke im Zusammenhang stehen (6). Dies ist zugleich ein Hinweis auf die Funktion der Borke als Exkretionsorgan.

## 2. S-Gehalt der Baumborke

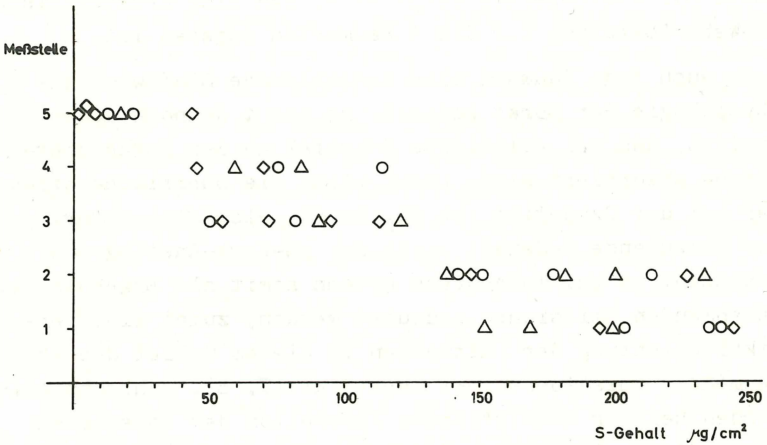
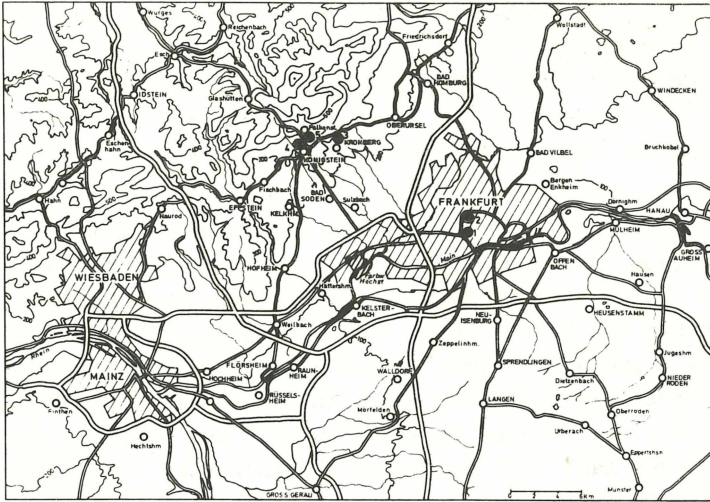
Im Anschluß an diese Befunde erhebt sich die Frage, wie sich die gesteigerte H<sup>+</sup>-Konzentration der Borke in Immissionsgebieten erklären läßt. Hierbei liegt die Vermutung nahe, daß sie durch SO<sub>2</sub>-Emissionen von Hausbrand, Industrie und Verkehr bedingt sein könnte. Eine mikrotopographische Analyse des S-Gehaltes ergibt hierbei zunächst eine signifikante Abnahme des S-Gehaltes von der Borkenoberfläche (0-3 mm) zu den tieferen Schichten (3-6 mm, 6-9 mm), ähnlich wie die H<sup>+</sup>-Konzentration bei der

gleichen Tiefenabstufung abnimmt. Hierbei ist bemerkenswert, daß die Proben von Meßstelle 1 in einer Tiefe von 6-9 mm mit  $71 \mu\text{g}/\text{cm}^2$  noch mehr Schwefel enthalten als die von Meßstelle 5 mit  $58 \mu\text{g}/\text{cm}^2$  an der Oberfläche. Als Höchstwert wurde in der Innenstadt ein S-Gehalt von  $250 \mu\text{g}/\text{cm}^2$  an der Oberfläche der Baumborke festgestellt.

Bei Betrachtung des S-Gehaltes an den 5 Meßstellen zeigt sich eine deutliche Abnahme vom Stadtzentrum zum Taunusrand (Abb.2). Dabei liegen die S-Werte an Meßstelle 5 nahe am Nullwert im Bereich der Fehlergrenze, während zwischen den Meßstellen 1 und 2 im Stadtgebiet einerseits sowie 3 und 4 am Taunus andererseits für alle 3 Baumarten ein deutlicher Unterschied festzustellen ist. Die Frage nach den Beziehungen zwischen pH-Wert und S-Gehalt der Baumborke läßt sich dahingehend beantworten, daß zwischen beiden Parametern eine lineare Abhängigkeit besteht (Abb. 3). Gleichzeitig zeigt sich, daß eine artspezifische pH-Wert-Abstufung für die 3 Baumarten gegeben ist.

Wenn auch jede Baumart eine verschiedene Stoffwechselphysiologie der Borke besitzt, so steht dennoch außer Zweifel, daß der emittierte Schwefel an der Borkenoberfläche absorbiert wird. Dabei wirkt die Oberfläche offenbar bei der Oxydation von  $\text{SO}_2$  zu  $\text{SO}_3$  als Katalysator. Der abnehmende S-Gehalt sowie der pH-Wert-Anstieg vom Stadtzentrum zum Taunusrand können somit als Ergebnis der abnehmenden Emissionen gedeutet werden, zumal eine Vertikalschichtung der Luftmassen in diesem Gebiet den abnehmenden Emissionseffekt verstärkt (7, 8). Wahrscheinlich werden bei der katalytischen Absorption der Emissionen sogar die Spitzen während der Winterperiode erfaßt. Die Borke der geprüften Laubbäume eignet sich somit trotz ihrer Exkretionsfunktion als Indikator für Luftverunreinigungen, vorausgesetzt, daß es sich bei den Emissionen um Oxide des Schwefels handelt.

**Abb.1:** Topographische Skizze der Meßstellen im Raum Frankfurt a.M. (Nähere Angaben s.Text).



**Abb.2:** S-Gehalt der Borke von 3 Baumarten an den verschiedenen Meßstellen im Gebiet um Frankfurt a.M.

Acer platanoides ◇ , Fraxinus excelsior ○ ,  
△ Tilia platyphyllos (Meßstellen wie Abb.1).

Nach eingehenden Voruntersuchungen erwiesen sich *Tilia platyphyllos*, *Acer platanoides* und *Fraxinus excelsior* als beste Testbäume. Das zu untersuchende Material wurde an Bäumen von ungefähr gleicher Dicke bei gleicher Exposition in 1,2 - 1,6 m Höhe auf einer Fläche von 25 cm<sup>2</sup> bis 3 mm Tiefe entnommen.

Die Proben wurden über Nacht an der Luft getrocknet, fein zermahlen und mit 20 ml dest. Wasser geschüttelt. Die pH-Bestimmung erfolgte mittels Glaselektrode (Radiometer Kopenhagen, Gerät PH M 28). Die Suspension wird zur S-Bestimmung weiterverwendet. Der vorhandene Schwefel in wasserlöslicher Form ( $\text{SO}_3^{--}$  bzw.  $\text{SO}_4^{--}$ ) wird unter Verwendung von Zn-Acetatlösung absorbiert und mit der Diamin-Methylenblau-Reaktion in Methylenblau übergeführt. Dieses wird mittels Zeiß-Fotometer (PMQ II) fotometriert (4).

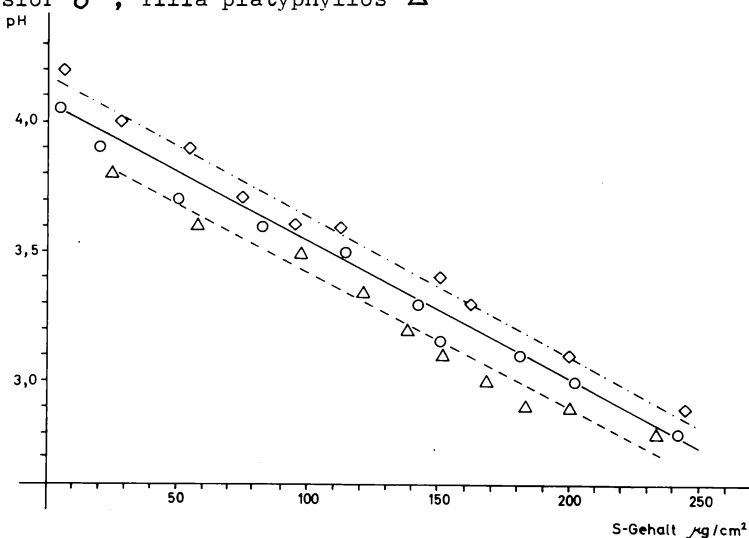
#### 1. pH-Werte und Pufferkurven

Die Borke aller 3 Baumarten zeigt eine deutlich saure Reaktion an allen Meßstellen. Wie (3) konnten wir feststellen, daß die Borke von *Quercus robur* noch saurer reagierte als die von *Tilia platyphyllos*. Vergleicht man die pH-Mittelwerte von 255 untersuchten Bäumen (Tab.), so ergibt sich mit zunehmender Entfernung vom Stadtzentrum ein Anstieg der pH-Werte. Dabei liegt ein deutlicher Sprung zwischen den Meßstellen 1 und 2 in der Innenstadt einerseits sowie 3-5 cm am südsüdwestlichen Taunusrand andererseits. Dabei sind die pH-Werte in der Innenstadt von Frankfurt a.M. deutlich niedriger als in Stockholm oder Krakau. Für die Beurteilung der Innenstadtwerte ist es wichtig, daß alle Proben in Parkanlagen entnommen wurden.

-----

Herrn Priv.Do. Dr. G. Kraft, Deutsche Metallgesellschaft Frankfurt a.M., danken wir auch an dieser Stelle vielmals für die Einführung in die Bestimmungsmethode.

Abb. 3: Beziehungen zwischen pH-Wert und S-Gehalt bei verschiedenen Baumarten. *Acer platanoides*  $\diamond$ , *Fraxinus excelsior*  $\circ$ , *Tilia platyphyllos*  $\triangle$



Literatur: (1) BARKMANN, J.J.: Phytosociology and ecology of cryptogamic epiphytes, Assen. Van Gorcum & Comp. N.V.-G.A. Hak. & H.J. Prakke, 1-628 (1958). (2) STAXÄNG, B.: Acidification of bark of some deciduous trees. *Oikos* 20, 224-230, Copenhagen (1969). (3) GRODZINSKA, K.: Acidification of treebark as a measure of air pollution in Southern Poland. *Bull. Acad. Polon. Sci. Sér. biol. Cl II* 19, 189-195 (1971). (4) KÖHM, H.-J.: pH-Wert und S-Gehalt der Borke von Laubbäumen als Indikatoren für Luftverunreinigung im urban-industriellen Ökosystem um Frankfurt a.M. Dipl. Arb. 37 S. Frankfurt a.M. 1972. (5) GRILL, D.: Pufferkapazität gesunder und rauchgeschädigter Fichtennadeln. *Z. Pflz. Krankheiten, Pfl. Path., Pfl. Schutz* 78, 612 (1971). (6) BIBINGER, H.: Soziologisch-ökologische Untersuchungen der Oberrheinischen epiphytischen Flechtenvegetation unter besonderer Berücksichtigung des Standortfaktors Stickstoff. Dissertation Freiburg, 195 S. (1967). (7) GEORGII, H.-W.: Untersuchungen über Ausregnen und Auswaschen atmosphärischer Spurenstoffe durch Wolken und Niederschlag. *Ber. d. Dtsch. Wetterdienstes* 100, 20 S. Offenbach. <sup>(1965)</sup> (8) REGIONALE PLANUNGSGEMEINSCHAFT UNTERMAIN: Lufthygienisch-meteorologische Modelluntersuchung in der Region Untermain. 37 S. Frankfurt a.M. (1971).