

Sonderdruck: Verhandlungen der Gesellschaft für Ökologie, Saarbrücken 1973.

## ÖKOLOGISCHE ANALYSE DES FLECHTENBEWUCHSES AN OBSTBÄUMEN ALS GRUNDLAGE FÜR DIE STADTPLANUNG IN WAIBLINGEN

W. EHMKE, E. HAMMEL & K. KREEB

### Abstract

In the paper is referred to a vegetation map which demonstrates the zonation of lichens in the small town of Waiblingen near Stuttgart. Even here, mainly in the city, exists a clear impoverishment of species indicating effects of air pollution. Comparing ecological experiments showed that the water factor does not play an important role, because all regions show similar precipitation and evaporation. Nutrients proved to be more available in the middle of the town than outside, whereas the pH of the bark is there (outside) much higher. This depends on the SO<sub>2</sub>-situation. Recommendations for future town planning are given.

Der Zusammenhang zwischen Flechtenverbreitung einerseits sowie Stadtklima und Luftverunreinigung andererseits ist in einer Reihe von Veröffentlichungen besonders in grösseren Städten untersucht worden. Am Beispiel von Waiblingen soll gezeigt werden, dass die "Flechtenmethode" auch in Klein- und Mittelstädten zu nutzbaren Aussagen über die Luftverunreinigung und zu Folgerungen für die Stadtplanung führt.

Waiblingen, eine Stadt von ca. 28000 Einwohnern, liegt etwa 12 km nordostwärts von Stuttgart am Rande des Ballungsgebietes des Mittleren Neckarraumes. Wir haben dort die Flechtenvegetation an Obstbaumstämmen, besonders an Apfel- und Birnbäumen, untersucht. Als Ergebnis einer zunächst durchgeführten Flechtenkartierung ergab sich eine deutliche Zonierung des Kryptogamenbewuchses (vgl. Abb. 1):

**Zone I:** Hinsichtlich Diversität und Frequenz der einzelnen Flechtenarten reichhaltigste Zone. Diese Zone ist als Normalzone zu betrachten; hierfür sprechen die Vorkommen von Laub- und (selten) Strauchflechten. Zone I beschränkt sich auf die stadtfernen Bereiche.

**Zone II:** Flechtenflora und -vergesellschaftung ähnlich wie Zone I, aber mit geringeren Deckungsgraden. Flächenmässig ist dies die umfangreichste Zone; sie greift auf die locker bebauten Stadtrandgebiete über.

**Zone III:** Stark eingeschränkter Flechtenbewuchs in den dicht bebauten Stadtteilen in Hanglage. Die Zone ist demzufolge relativ schmal und geht rasch über in

**Zone IV:** Zone mit dem ärmsten Flechtenbewuchs (nicht ganz flechtenfrei). In dieser Zone liegen der Altstadt kern, die tiefgelegenen Stadtteile an den Hauptgeschäftsstrassen sowie der Bahnhofsbereich. Hier kommen nur noch Arten wie *Physcia ascendens*, *Lecanora spec.* und (selten) *Parmelia sulcata* mit geringen Deckungsgraden und Frequenzen vor.

Als Ursachen dieser ausgeprägten Zonierung sind mehrere Faktoren denkbar; nach Begutachtung der besonderen Situation in den Obstgärten und bebauten Gebieten Waiblingens darf man jedoch annehmen, dass lediglich Lufttrockenheit oder Luftverunreinigung für das Verschwinden der Flechten aus der Stadt in Frage kommen. Obwohl die Kartierungsbefunde uns eigentlich schon Hinweise darauf gegeben hatten, dass die Luftschadstoffe die entscheidende Rolle spielen (vgl. EHMKE 1973,

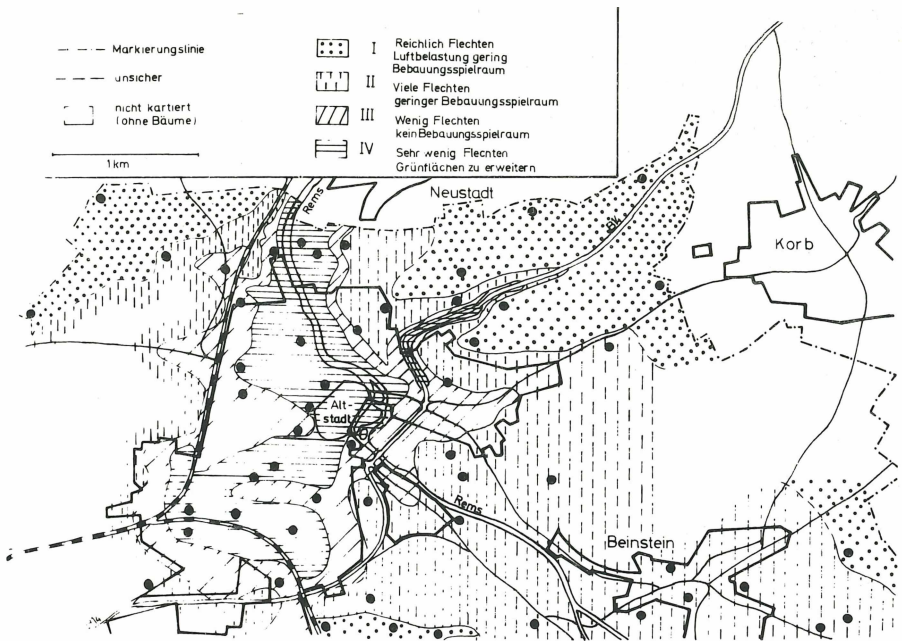


Abb. 1: Karte der Flechtenzonierung in Waiblingen

HAMMEL 1973), sollte eine etwas detailliertere Analyse der ökologischen Verhältnisse – insbesondere der Feuchtigkeits-, Nährstoff- und Aziditätsbedingungen – hier Klarheit schaffen. Dazu richteten wir eine Messtation Stadtmitte mit ganz spärlichem Flechtenbewuchs und eine Messtation Freiland mit reicher Flechtenvegetation ein. Untersucht wurden dort:

- Lufttemperatur und Luftfeuchtigkeit mit Thermo-Hygrograph in 50 cm Höhe
- Potentielle Verdunstung nach PICHE in verschiedenen Höhen am Baumstamm und an der Stange über Rasen
- Niederschlagsmengen mit je 2 Regennessern nach HELLMANN
- Stammabfluss an je 2 Apfel- und Birnbäumen mit Hilfe von selbstgefertigten Plastikmanschetten und -behältern
- Wassergehalt und -kapazität der Borken
- Anfertigung eines täglichen Wetterprotokolls
- Nährstoffgehalte der Borken (Gesamt-N, Nitrat, S, K, Ca, P)
- Nährstoffgehalte des Stammabfluss- und Regenwassers (NH<sub>4</sub>, NO<sub>2</sub>, NO<sub>3</sub>, P, S)
- Nährstoffgehalte in *Physcia ascendens* (S, K, Ca)
- pH-Werte der Borken
- pH-Werte des Stammabfluss- und Regenwassers

Die Untersuchungen ergaben folgendes:

#### a. Feuchtigkeitsverhältnisse

Beide Stationen erhalten die gleichen Niederschlagsmengen (Tab. 1). Lufttemperatur

(Tab. 2) und Verdunstung liegen auf der Station Freiland höher, während die Station Stadtmitte etwas höhere Luftfeuchtheitswerte (Tab. 3) aufweist. Diese Tendenz (die ja bei einem ausgeprägten Stadtklima nicht zu erwarten sein dürfte) rührt von einer leichten Schatthanglage der Station Stadtmitte her, während Station Freiland sich in ebener Lage befindet. Wir haben die Obstbaumwiese in der Stadtmitte bewusst am Schatthang ausgesucht, um die Problemstellung deutlicher machen zu können: Wenn die Luft auf Station Stadtmitte zumindest genauso feucht ist wie im Freiland, dann darf man mit Sicherheit annehmen, dass nicht die Trockenheit der Luft für das Fehlen der Flechten im Stadtzentrum verantwortlich zu machen ist. Auch die Stammabfluss-, Wassergehalts- und Wasserkapazitätsmessungen (Tab. 4)

Tab. 1. Niederschlagssummen (mm)

Station Regenmesser	Stadtmitte		Freiland	
	1	2	1	2
Sept. 72 bis 11.2.73	154,9	153,0	153,2	140,3

Tab. 2. Temperaturunterschiede zwischen den Stationen (°C)

Station Zeitraum	Stadtmitte		Freiland	
	3.9. - 3.10.72	10. - 15.6.73	Sept.72	Juni 73
Tagesdurchschnitts-T.	11,7	16,9	12,7	17,0
Mittleres Tagesmaximum	17,7	22,7	18,6	22,2
Mittleres Tagesminimum	7,9	12,5	8,6	10,6

Tab. 3. Tagesmittelwerte der Luftfeuchtigkeit (%RH)

Zeitraum	Stadtmitte	Freiland
3. - 17.9.72	78,6	78,3
22.9. - 3.10.72	79,1	76,7
10.6. - 15. 6.73	74,1	69,0

Tab. 4. Wasserkapazität verschiedener Borken (g H<sub>2</sub>O/g TG)

Baumart	Wuchsort	Wasserkapazität
Malus domestica	Stat. Freiland	2,03
„ „	Stadtmitte	1,99
Pyrus communis	Stat. Freiland	1,6
„ „	Stadtmitte	1,29
Quercus robur	Luisenpark	0,625
Populus spec.	Talaue	1,0

an den Borken der Trägerbäume fügen sich in den hier erkennbaren Rahmen, dass nämlich die Feuchtigkeitsverhältnisse in Stadtmitte und Freiland ungefähr gleich sind. Trockenheit kann also als Ursache für die verkümmerte Flechtenvegetation im Waiblinger Stadtgebiet ausgeschlossen werden.

## b. Nährstoff- und Aziditätsverhältnisse

Ein weiterer Faktor, der möglicherweise die Ausbildung verschiedener Flechtenzonen hervorruft, könnte eine unterschiedliche Nährstoffversorgung der Flechten sein. Von HAMMEL (1973) wurden deshalb die Nährstoff- und Aziditätsverhältnisse auf den o.a. Messstationen untersucht und folgendes festgestellt: Die Nährstoffversorgung aus der Borke ist in der Stadtmitte sehr viel besser als im Freiland (Tab. 5). Aufgrund des relativ hohen Nährstoffangebotes wäre eigentlich ein relativ reichlicher Flechtenbewuchs im Bereich des Stadtgebietes zu erwarten; da dem nicht so ist, kann man sagen, dass der Faktor Nährstoffgehalt der Borken in der Hierarchie der Standortfaktoren keine grosse Rolle spielt und nicht für die Ausbildung eines differentiellen Flechtenbewuchses massgebend ist.

Tab. 5. Übersichtstabelle der Borkennährstoffe (mg/g TS)

		N	S	P	Ca	K	pH
<i>Stat. Stadtmitte</i>							
	Birne	<u>10,46</u>	<u>10,41</u>	19,08	<u>24,54</u>	<u>1,12</u>	4,44
	Apfel	<u>12,36</u>	<u>4,0</u>	<u>37,39</u>	<u>19,12</u>	<u>0,9</u>	5,98
<i>Stat. Freiland</i>							
	Birne	9,19	6,0	<u>25,18</u>	19,85	0,73	5,69
	Apfel	10,9	3,3	30,75	18,26	0,64	6,29

(höchste Werte innerhalb einer Baumart unterstrichen)

Bei Betrachtung der pH-Werte fällt die Korrelation zwischen Schwefelgehalt und Säuregrad der Borke auf, die schon KÖHM 1972 in Frankfurt/M. festgestellt hat. Wie Abb. 2 zeigt, besteht zwischen den beiden Grössen eine lineare Beziehung. Eine Übersicht über die Faktoren, die den pH-Wert der Borke beeinflussen, gibt Abb. 3.

Auch die pH-Werte der Borke können für die Flechtenzonierung nicht ausschlaggebend sein, da nach Untersuchungen anderer Autoren (Zusammenfassungen bei BARKMAN 1958 und bei BIBINGER 1967) die in Waiblingen vorgefundenen Flechtenarten auch auf saureren Substraten vorkommen können. Mit Hilfe der Faktorenanalysen haben wir also festgestellt, dass in Waiblingen weder die Trockenheit eines möglichen Stadtklimas noch Nährstoffmangel der Flechten noch extreme pH-Werte das Fehlen der Flechten in der Stadtmitte verursachen. Dafür muss in erster Linie die Belastung der Luft mit Schwefelsäureanhydriden ( $\text{SO}_2$  und  $\text{SO}_3$ ) verantwortlich gemacht werden. Hinweise hierfür sind das Vorkommen von Relikten der Normalzone in tiefer, aber vor Emissionen geschützter Lage sowie die hohen Schwefelgehalte der Borke in der Stadtmitte. Die aus den Ergebnissen unserer Arbeit re-

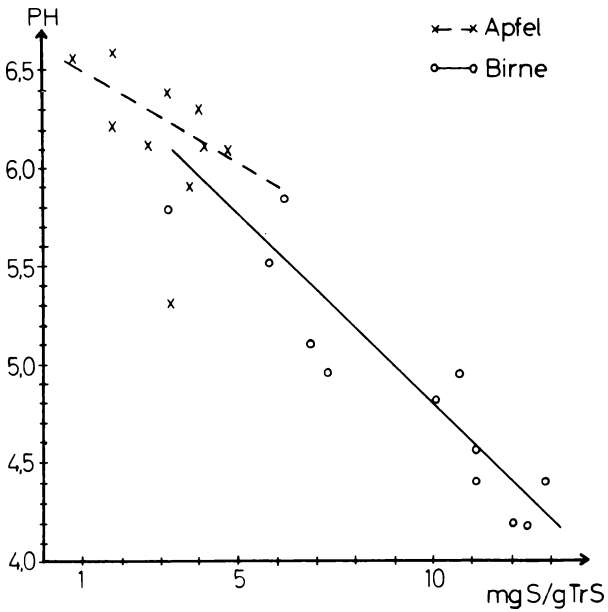


Abb. 2: Beziehungen zwischen pH-Wert und Schwefelgehalt der Borke

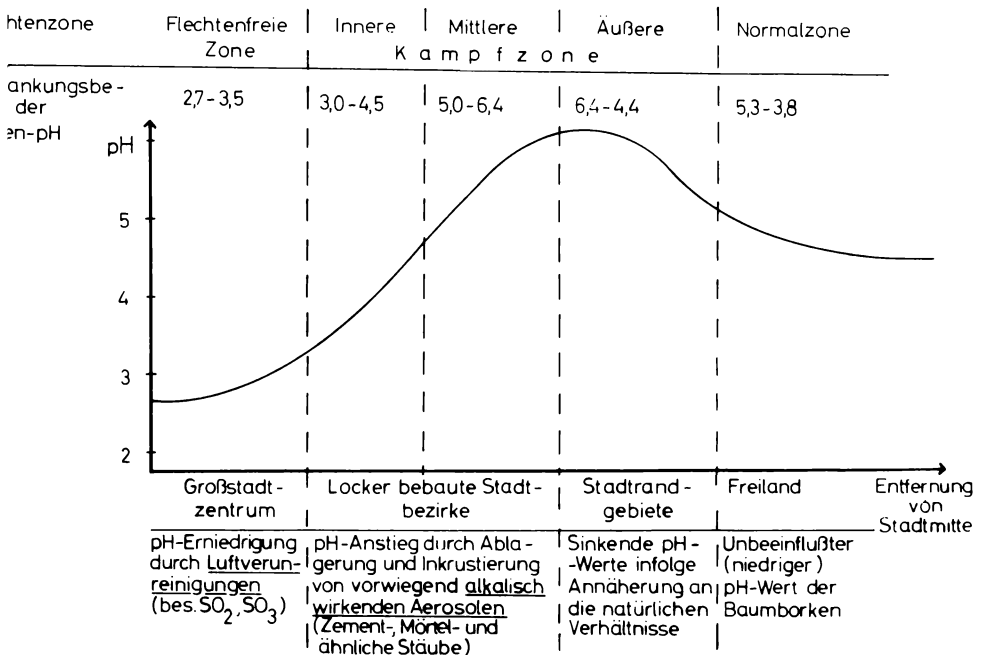


Abb. 3: Veränderungen der Borken-pH-Werte in Abhängigkeit von der Entfernung zur Stadtmitte

sultierenden Empfehlungen für die zukünftige Gestaltung der Stadt beziehen sich auf die Verbesserung der bestehenden Verhältnisse und dann auf die Planung bei der Bebauung weiterer Geländeteile (Flächennutzungsplan). Im überbauten Bereich verlagert sich die Aussage dabei mehr auf die Grünplanung, weil eben Grünanlagen mit entsprechenden Baum- und Buschbeständen eine ganz erhebliche luftreinigende und klimaverbessernde Wirkung haben (Erhöhung der relativen Luftfeuchte, Ausfiltrierung von Schweb- und Schadstoffen; vgl. BERNATZKY 1958 und 1966 sowie STEUBING & KLEE 1970). — Auf die Sauerstoffproduktion und den Erholungswert von Grünanlagen soll hier nur am Rande verwiesen werden.

Die allgemeinen Empfehlungen zur Stadtplanung lauten folgendermassen:

*Zone I:* Es handelt sich hierbei um die Flechtenzone mit der "besten Luft", die sich besonders für die Ansiedlung von Krankenhäusern, Kindergärten, Jugendzentren, Altersheimen und ähnlichen Einrichtungen des öffentlichen Gemeindebedarfs eignet. Sie sollte deshalb als "Grüne Oase" in ihrer Substanz erhalten bleiben, d.h. das Verhältnis zwischen Freiflächen und überbautem Gebiet muss in überwiegendem Masse zu Gunsten der ersteren ausschlagen.

*Zone II:* In dieser Zone besteht eine gewisse Ausgewogenheit zwischen bebauten und freien Flächen. Die ökologischen Bedingungen entsprechen hier einem Stand, der für Mittelstädte allgemein anzustreben wäre. Eine weitere, massvolle Bebauung unter Beachtung der lufthygienischen Konsequenzen ist beschränkt möglich.

*Zone III:* Wenn sich diese Zone auch etwas günstiger als die Zone IV darstellt, so ist sie doch noch als durch Immissionen stark gefährdet anzusehen. Deshalb sollte die bestehende Bebauung hier nicht ausgeweitet werden; dies gilt auch für Terrassenbauweise, da sie die erhebliche luftreinigende Wirkung grüner Hänge zunichtemacht.

*Zone IV:* Hier müssen ab sofort regenerative Massnahmen, d.h. eine Vergrösserung der Grünflächen bzw. Vermehrung des Baumbestandes im Vordergrund stehen. Dies brächte den tiefgelegenen Stadtteilen, die wohnklimatisch besonders benachteiligt sind, einen höheren Anteil frischer und sauberer Luft. In bezug auf die Luftqualität empfindliche Institutionen wie Kindergärten, Schulen, Altersheime, Sportanlagen im Freien usw. haben diese Zone unbedingt zu meiden.

In einem Bericht an die Stadtverwaltung, der die örtlichen Gegebenheiten stärker berücksichtigt und der demnächst im Rahmen eines Forschungsprojektes der Abteilung Öko-Physiologie und Vegetationskunde erscheinen wird (Hohenheimer Arbeiten, Reihe Biologie, Ulmer Verlag Stuttgart), haben wir weitere Einzelhinweise und konkrete Verbesserungsvorschläge eingebracht. Es bleibt zu hoffen, dass nicht nur die Stadtverwaltung in Waiblingen, sondern alle Kommunen, die auf solche Untersuchungen zurückgreifen können, mehr als bisher ökologische Gesichtspunkte bei der Stadt- und Flächennutzungsplanung berücksichtigen.

## LITERATUR

- BARKMAN, J.J. (1958): Phytosociology and Ecology of Cryptogamic Epiphytes. 628 S., Assen (NL).
- BERNATZKY, A. (1958): Die Beeinflussung des Kleinklimas (Temperatur und relative Luftfeuchtigkeit) durch Grünanlagen. *Städtehygiene* 10: 191–194.
- BERNATZKY, A. (1966): Klimawirkungen von Grünflächen und ihre Beziehungen zur Stadtplanung. *Anthos*, Jgg. 5 (1): 29–34.
- BESCHEL, R.E. (1958): Flechtenvereine der Städte, Stadtflechten und ihr Wachstum. *Ber.naturw.-med.* V. 52, Innsbruck.

- BIBINGER, H. (1967): Soziologisch-ökologische Untersuchungen der oberrheinischen epiphytischen Flechtenvegetation unter besonderer Berücksichtigung des Standortfaktors Stickstoff. Dissertation Freiburg/Br.
- EHMKE, W. (1973): Beziehungen zwischen dem Flechtenbewuchs an Obstbaumstämmen und der Luftverunreinigung in Waiblingen. Unveröffentlichte Diplomarbeit, Universität Hohenheim.
- HAMMEL, E. (1973): Der Einfluss von pH und Nährstoffgehalt der Borke auf den Flechtenbewuchs an Obstbäumen in Waiblingen. Unveröffentlichte Diplomarbeit, Universität Hohenheim.
- KIRSCHBAUM, U. (1969): Auswirkung stadtbezogener Faktoren auf die Verbreitung von Flechten und Algen im Raum Frankfurt. Staatsexamensarbeit, Universität Giessen.
- KÖHM, H.J. (1972): pH-Wert und Schwefelgehalt der Borke von Laubbäumen als Indikatoren für Luftverunreinigung im urban-industriellen Ökosystem um Frankfurt/M. Unveröffentlichte Diplomarbeit, Universität Frankfurt/M.
- MÜLLER, P. (1973): Probleme des Ökosystems einer Industriestadt, dargestellt am Beispiel von Saarbrücken. *Tagungsber. Ges.f. Ökol., Giessen*, 123–132.
- STEUBING, L. & R. KLEE (1970): Vergleichende Untersuchungen zur Staubfilterwirkung von Laub- und Nadelgehölzen. *Angew.Bot.* 44: 73–85.
- WILMANN, O. (1962): Rindenbewohnende Epiphytengemeinschaften in Südwestdeutschland. *Beitr.naturk.Forsch.SW-Dtld.* 21 (2): 87–164.

Anschrift der Verfasser:

Prof. Dr. K. KREBB, Dipl.-Agr. Biol. W. EHMKE, Dipl.-Agr. Biol. Elisabeth HAMMEL, Abteilung für Ökophysiologie und Vegetationskunde der Universität Hohenheim, 7 Stuttgart 70 (Hohenheim), Schloss, West Germany.