

## Zur Problematik der Interpretation von Flechten/Luftverunreinigungs-Karten

Rudolf Rabe

The mapping of the epiphytic lichen vegetation in the surroundings of the city of Aachen, West Germany, according to the IAP method resulted in a graduated zonation of the IAP values. The boundary between the zone 0 ("lichen desert") to the zone 1 runs parallel to isopleths of air pollution gradients on a long distance. The toxitolérance values of some epiphytic lichen species established by several authors in West Germany are compared and the differences are partially redrawn to different humidity conditions in the examined areas. The phytosociological evaluation of the lichen vegetation around Aachen demonstrates a good correlation of the different lichen associations with the respective dominant ecological conditions. Even the soil (pH and moisture status) has a great influence on the state of the lichen vegetation. It is suggested to use the IAP method and related methods indicating air pollution only in heavily polluted areas. In slightly to moderately burdened regions phytosociological methods may give better results.

*Air pollution, bioindication, lichen mapping.*

### 1. Einführung

Flechten weisen eine abgestuft hohe Empfindlichkeit gegenüber Luftverunreinigungen auf und werden deshalb schon lange als Bioindikatoren der Luftverschmutzung verwendet. Die mühsame Kartierung und Auswertung der epiphytischen Flechtenvorkommen wurde entscheidend vereinfacht durch die Entwicklung der IAP-Methode ("Index of Atmospheric Purity") von Le BLANC und De SLOOVER (1970). Das Prinzip der Methode beruht auf der Annahme, "daß im allgemeinen die epiphytische Vegetation an jeder [Aufnahme-] Station direkt mit der Qualität der dortigen Luft korreliert ist". Diese Korrelation findet ihren Ausdruck in einer hohen Artenvielfalt und hohen Deckungsgraden an Orten mit geringer Immissionsbelastung und umgekehrt. Aus Artenzahl und Deckungsgrad wird für jede Aufnahmestation der IAP-Wert berechnet, der in einer einzigen Zahl den Grad der Luftverschmutzung angibt - ein bestechend einfaches Verfahren. In der Regel werden hierbei Krustenflechten außer Acht gelassen.

Nach dieser Methode wurde im Stadtgebiet von Aachen (170 km<sup>2</sup>) die epiphytische Flechtenvegetation kartiert und ausgewertet. Die Ergebnisse wurden kritisch mit einer flechtensoziologischen Auswertung verglichen.

### 2. Methodik

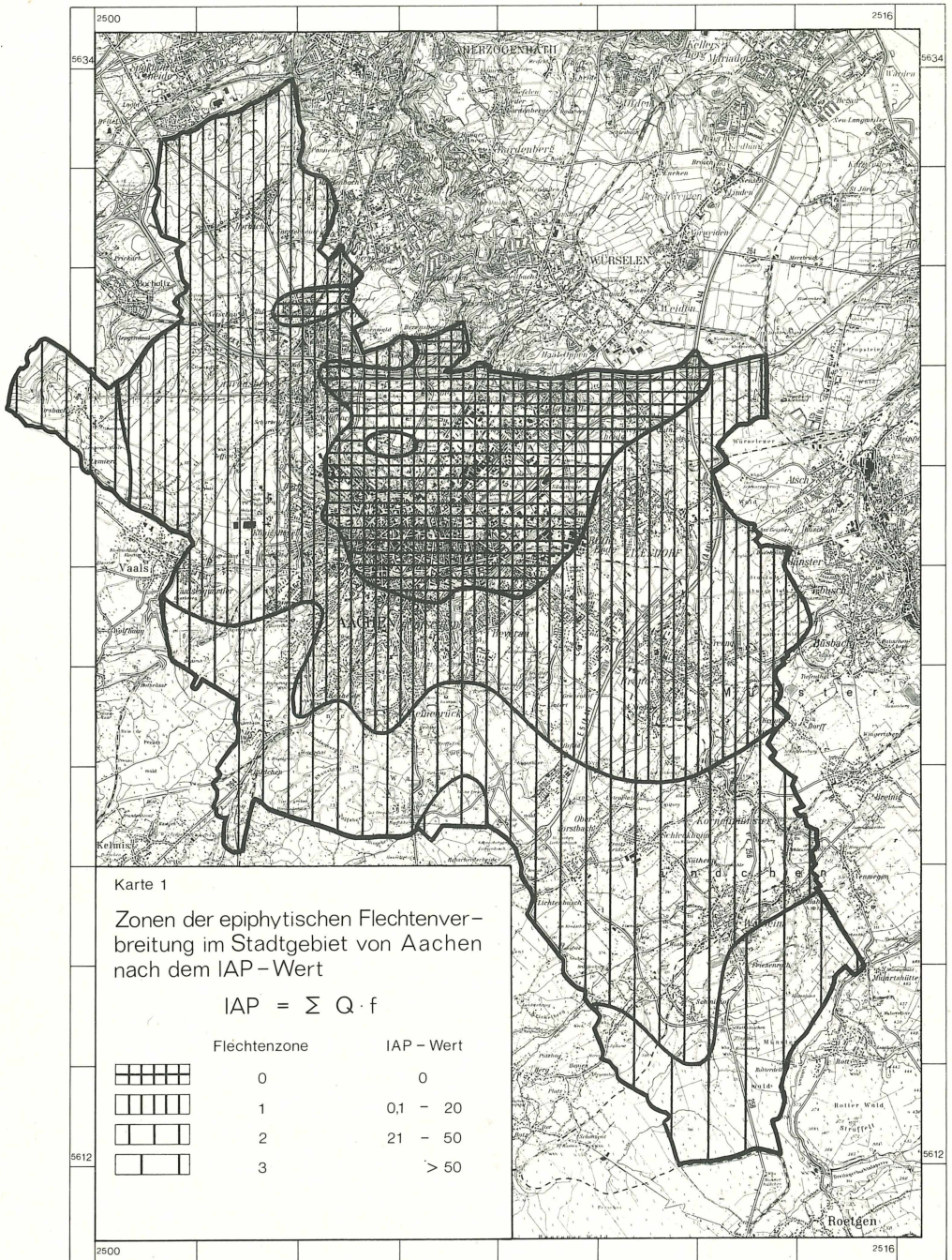
Auf folgenden Baumarten wurden Großflechten kartiert: Esche, Berg- und Spitzahorn, Zitterpappel, Sommer- und Winterlinde. In die Untersuchung einbezogen wurden nur freistehende, gesunde Bäume mit senkrechtem Stamm, gleichem Stammdurchmesser und ähnlicher Kronenbeschaffenheit. Hinsichtlich der mechanischen Borkeneigenschaften und des Borken-pH-Wertes sind die genannten Baumarten gut miteinander vergleichbar. Die Berechnung der IAP-Werte erfolgte nach der Formel

$$IAP = \sum_{i=1}^n Q_i f_i$$

$Q_i$  = Toxitoléranzfaktor der Art i  
(= durchschnittliche Zahl der  
Begleitarten der Art i an  
allen Stationen)

$f_i$  = Deckungsgrad/Frequenz der Art i  
an der jeweiligen Station

Aus den Flechtaufnahmen wurden weiterhin die Flechtenassoziationen in Anlehnung an KLEMENT (1955) und BARKMAN (1969) abgeleitet.



Hergestellt aus der Topographischen Karte 1:50000 des Landesvermessungsamtes Nordrhein - Westfalen, 1980. Diese Karte ist gesetzlich geschützt. Nachdruck oder sonstige Vervielfältigungen nur mit Genehmigung des Herausgebers.

0 1 2 3 4 5 km

Mit Genehmigung des Landesvermessungsamtes Nordrhein-Westfalen vom 2.4.1980. Kontrollnummer L/D 6689, vervielfältigt durch den Lehrstuhl für Landschaftsökologie und Landschaftsgestaltung der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule Aachen.

### 3. Ergebnisse und Diskussion

#### 3.1 IAP-Zonen und Immissionsbelastung

Die IAP-Werte wurden zu Klassen zusammengefaßt und sind als Zonen in Karte 1 dargestellt. Die Zone O (Flechtenwüste) umfaßt die Aachener Innenstadt, die östlich und nordöstlich sich daran anschließenden Industriegebiete und die Soers, eine flache Mulde im Norden des engeren Stadtgebietes, die vom Stadtkern durch die Erhebung des Lousbergs getrennt ist. In halbwegs konzentrischen Ringen ordnen sich mit zunehmender Entfernung die weiteren Zonen um die Flechtenwüste.

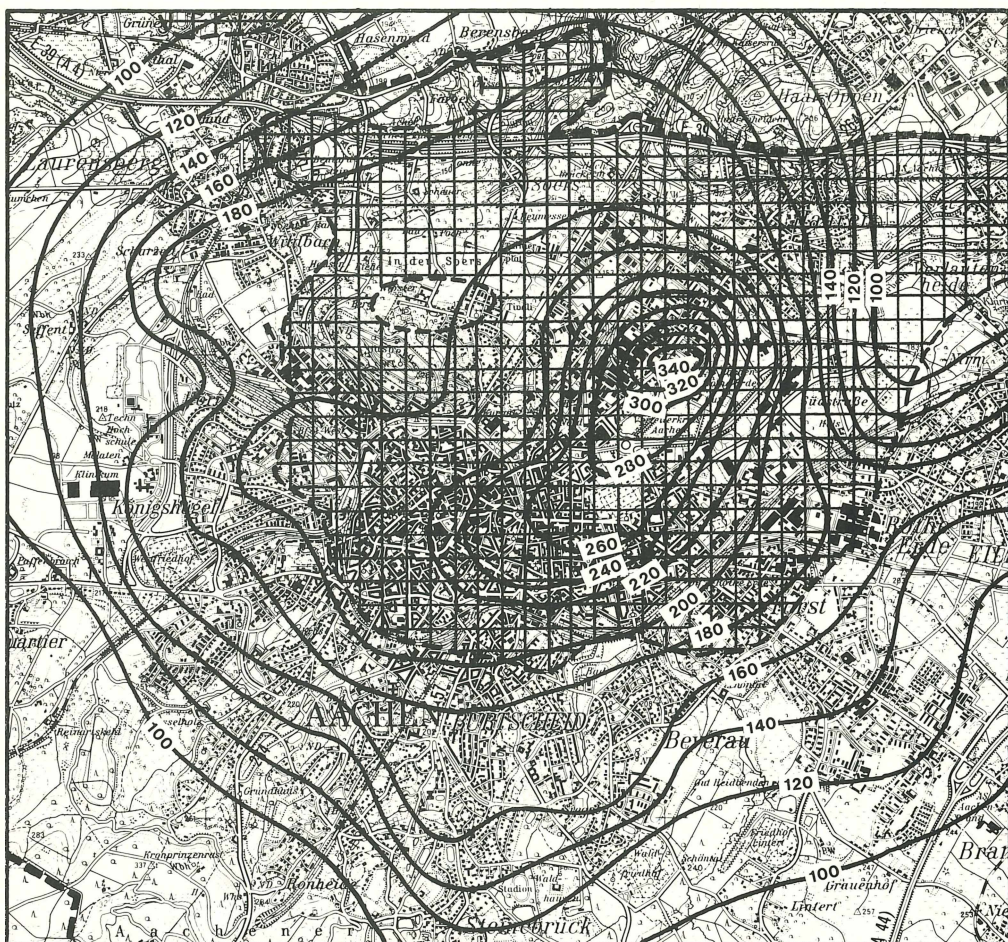
Die Immissionsbelastung (EMONDS, unveröff.) läßt sich in weiten Bereichen korrelieren mit der Ausprägung der epiphytischen Großflechtenvegetation. Die Grenze der IAP-Zone O ("Flechtenwüste") verläuft im Westen und Süden des engeren Stadtgebietes nahezu parallel zu der Linie von  $200 \text{ mg m}^{-2} \text{ d}^{-1}$  Staubbiederschlag (Karte 2). Im Osten und Norden der Stadt jedoch herrscht auch dort noch die Flechtenwüste, wo der Staubbiederschlag auf weniger als  $100 \text{ mg m}^{-2} \text{ d}^{-1}$  abgenommen hat. Auch bei Betrachtung einer völlig anderen Immissionskomponente, der CO-Konzentration, ergibt sich im Prinzip ein ähnliches Bild (Karte 3): Im Westen, Südwesten und Süden liegt die Grenze der "Flechtenwüste" im Bereich der CO-Relativzahlen 3.0 - 3.5, während im Nordosten sogar die 2.5-Linie unterschritten wird.

Eine besondere Form der Immissionsbeurteilung ist die von EMONDS (unveröff.) entwickelte Ermittlung der "Immissions-Akkumulationstendenz". Sie wird berechnet als Variationszahl  $V = \frac{S_{CO}}{CO}$  und gibt die relative Standardabweichung der CO-Konzentration bei Nacht an. Sie ist ein Maß dafür, wie sehr autochthone und allochthone Immissionen am jeweiligen Standort akkumuliert werden. Die Akkumulationstendenz wird zu einem wesentlichen Teil durch die Ventilationsschwäche im jeweiligen Gebiet bedingt. Es zeigt sich, daß im Süden und Westen wiederum eine gute Übereinstimmung besteht zwischen der Grenze der "Flechtenwüste" und der "Immissions-Akkumulationstendenz". Diese Übereinstimmung erstreckt sich auch noch auf den südöstlichen und den nordwestlichen Teil des Gebietes (Karte 4). Aus dieser Karte wird deutlich, daß trotz der vorhandenen geringen realen Immissionsbelastung in der Soers erheblich mehr akkumuliert wird als der lokalen Emission entspricht. Dies mag eine mögliche Ursache für das Vorkommen der "Flechtenwüste" in diesem Gebiet sein. Als weiterer Ursachenkomplex scheidet in diesem Fall das "Stadtklimasyndrom" (erhöhte Temperaturen und verringerte Luftfeuchtigkeit im Stadtgebiet), dem vielfach eine bedeutende Rolle bei der Verarmung der Flechtenflora in Städten zugeschrieben wird, aus. Im Gegenteil finden wir gerade in der Soers eine erheblich höhere Luftfeuchtigkeit und eine viel größere Zahl an Nebeltagen als in den benachbarten Gebieten. Dies hat seinen Grund einerseits in den hohen Niederschlägen, andererseits in den teilweise durch Staunässe und Grundwasser beeinflussten Böden und besonders in dem schlechten Luftaustausch des Gebiets. Zudem ist die Soers in weiten Teilen ein Kaltluftsammlerraum. Diese klimatischen Verhältnisse bedingen, daß die vorhandenen Flechten häufig und lange durchfeuchtet sind. In diesem Zustand reagieren sie um ein Vielfaches empfindlicher auf Schadstoffe als im trockenen Zustand. Möglicherweise ist dies ein weiterer Grund für das fast vollständige Fehlen von Großflechten in diesem Gebiet. Hieraus ist aber auch zu erkennen, daß zwischen der Immissionsbelastung und dem Flechtenvorkommen nicht zwangsläufig eine strenge Korrelation bestehen muß.

#### 3.2 Flechtenverbreitung und Klimabedingungen

Bei der Berechnung der Toxitoleranzwerte der Flechtenarten nach der IAP-Methode wird vorausgesetzt, daß die Artenvielfalt in erster Linie von der Luftqualität abhängt. Manche Flechtenart ist jedoch stenök und siedelt in dem Untersuchungsraum nur in einem Teilgebiet, in dem die ihr zusagenden Umweltbedingungen herrschen. Wenn in diesem Teilraum die Artenvielfalt hoch ist, ergibt sich für die betreffende Flechtenart ein hoher Q-Wert, obgleich sie möglicherweise gar keine hohe Immissionsempfindlichkeit besitzt. Es muß ferner bedacht werden, daß die verschiedenen epiphytischen Flechtenassoziationen unterschiedliche Artenzahlen haben, z.B. weist das *Physcietum ascendents* nach KLEMENT (1955) und BARKMAN (1969) durchschnittlich 14-16 Arten auf, das *Parmelietum acetabuli* 12, und das *Pseudovernietum furfuraceae* nur 10 Arten.





Karte 2

Staubniederschlag [ $\text{mg m}^{-2} \text{d}^{-1}$ ] (nach Emonds 1976) und  
"Flechtenwüste" im engeren Stadtgebiet von Aachen



Grenze des Flechtenuntersuchungsgebietes

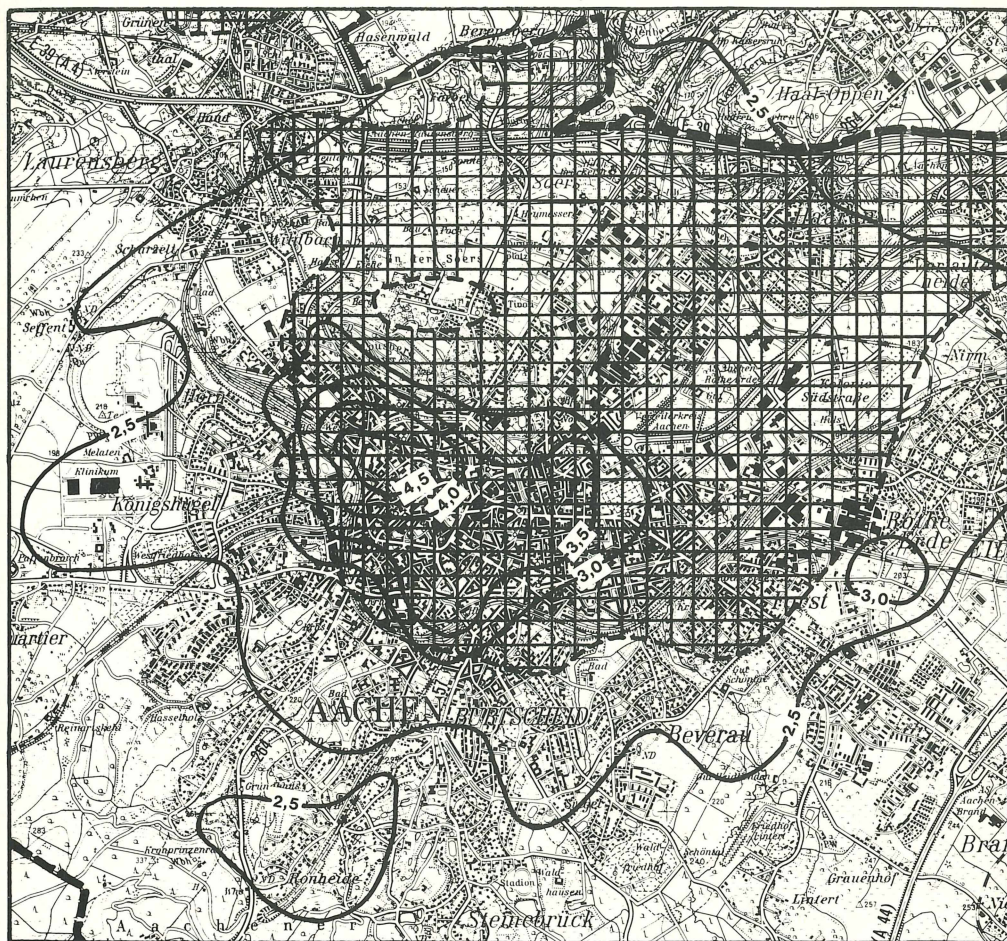


"Flechtenwüste"

0 1 2 3 km

Hergestellt aus der Topographischen Karte 1:50000 des Landesvermessungsamtes Nordrhein Westfalen. Mit Genehmigung vom 2. 4. 1980, Kontrollnummer L/D 6689, vervielfältigt durch den Lehrstuhl für Landschaftsökologie und Landschaftsgestaltung der Rhein.- Westf. Technischen Hochschule Aachen. 1980






Karte 3

CO-Konzentration bei Nacht, Relativzahlen (nach Emonds 1976) und "Flechtenwüste" im engeren Stadtgebiet von Aachen

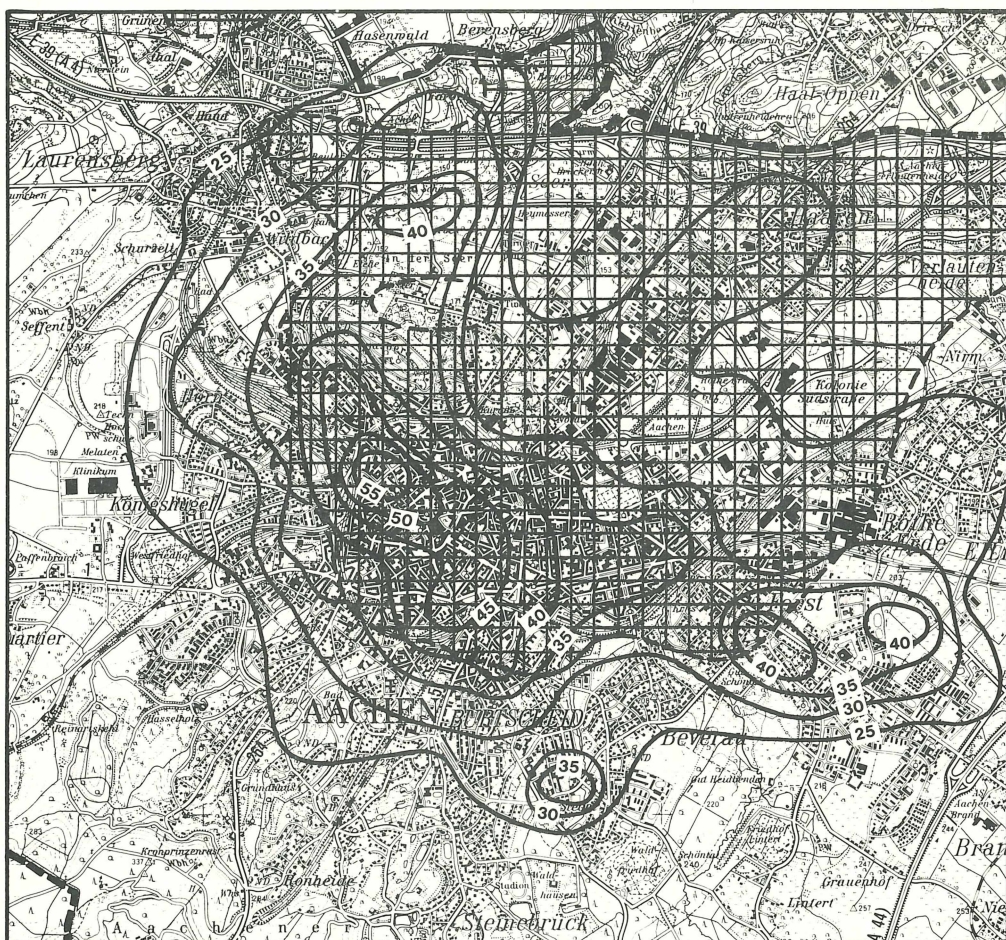
----- Grenze des Flechtenuntersuchungsgebietes

 "Flechtenwüste"

0 1 2 3 km

Hergestellt aus der Topographischen Karte 1:50000 des Landesvermessungsamtes Nordrhein-Westfalen. Mit Genehmigung vom 2. 4. 1980, Kontrollnummer L/D 6689, vervielfältigt durch den Lehrstuhl für Landschaftsökologie und Landschaftsgestaltung der Rhein.-Westf. Technischen Hochschule Aachen, 1980





Karte 4

"Immissions-Akkumulationstendenz", Relativzahlen (nach Emonds 1976) und "Flechtenwüste" im engeren Stadtgebiet von Aachen

----- Grenze des Flechtenuntersuchungsgebietes



"Flechtenwüste"

0 1 2 3 km

Hergestellt aus der Topographischen Karte 1:50000 des Landesvermessungsamtes Nordrhein-Westfalen. Mit Genehmigung vom 2. 4. 1980, Kontrollnummer L/D 6689, vervielfältigt durch den Lehrstuhl für Landschaftsökologie und Landschaftsgestaltung der Rhein.-Westf. Technischen Hochschule Aachen, 1980



In Tab. 1 sind die Toxitolernanzwerte einiger Großflechtenarten aufgelistet, die von verschiedenen Autoren in unterschiedlichen Gebieten ermittelt worden sind. Daß die jeweiligen absoluten Q-Werte nur zu einem recht geringen Teil übereinstimmen, hat mehrere Ursachen: Die Aufnahme oder Vernachlässigung von allen Krustenflechten oder eines Teils von ihnen bei der Kartierung, die Gesamtzahl der aufgenommenen Flechtenarten, die Größe des Untersuchungsgebietes, die Zahl der Stationen, die geographische Lage und die Ausprägung der verschiedenen Flechtengesellschaften bedingen eine unterschiedliche mittlere Anzahl der Begleitarten. Darüber hinaus ist aber auch die relative Toxitolernanzhierarchie bei den einzelnen Autoren unterschiedlich. Während *Evernia prunastri* bei SEUREN (1979) lediglich einen mittleren Wert einnimmt, weist ihr KIRSCHBAUM (1973) einen relativ etwas höheren Rang zu; bei HEIDT (1978) und bei DJALALI (1974) rangiert sie fast, bei THOME (1976) ganz am Ende der Skala. Dieses Phänomen ist noch stärker ausgeprägt bei *Cetraria glauca*. Diese Art erhielt bei SEUREN eine Stellung etwa in der Mitte der Toxitolernanzreihe, bei HEIDT und KIRSCHBAUM erhielt sie den höchsten bzw. zweithöchsten Q-Wert, und in den von den beiden anderen Autoren untersuchten Gebieten kam sie gar nicht vor. Entsprechendes gilt für *Pseudevernia furfuracea*, die nur in der Tabelle von SEUREN aufgelistet ist. Die beiden letztgenannten Arten *Cetraria glauca* und *Pseudevernia furfuracea* haben ihren Verbreitungsschwerpunkt in Gebieten mit höheren Niederschlägen und höherer Luftfeuchtigkeit.

Tab. 1: Toxitolernanzwerte einiger Flechtenarten nach verschiedenen Autoren.

Flechtenart	Autor und Untersuchungsgebiet				
	Seuren (1979) Aachen	Kirschbaum (1973) Region Untermain	Heidt (1978) Südl. Münsterland	Djalali (1974) Stuttgart	Thomé (1976) Saarbrücken
Hypogymnia physodes	2,8	7,0	5,9	7,1	10,5
Parmelia sulcata	3,3	6,9	6,6	6,3	8,5
Xanthoria parietina	3,8	9,9	9,0	11,0	11,4
Pseudevernia furfuracea	4,0	—	—	—	—
Physcia ascendens u. tenella	4,2	6,5	5,6	6,5	8,1
Cetraria glauca	4,5	11,0	9,0	—	—
Evernia prunastri	4,7	9,8	8,6	11,5	12,7
Parmelia subrudecta	4,8	11,0	—	10,1	11,6
Parmelia acetabulum	4,8	9,8	6,0	11,1	10,1
Parmelia scortea	5,0	11,0	—	11,7	—
Parmelia exasperatula	5,1	9,0	7,0	10,6	10,9
Parmelia saxatilis	5,2	11,3	7,8	—	10,5
Physconia grisea	7,3	7,4	—	10,3	9,9
Minimalwert	2,8	6,5	5,6	6,3	8,1
Maximalwert	7,3	11,3	9,0	11,7	12,7

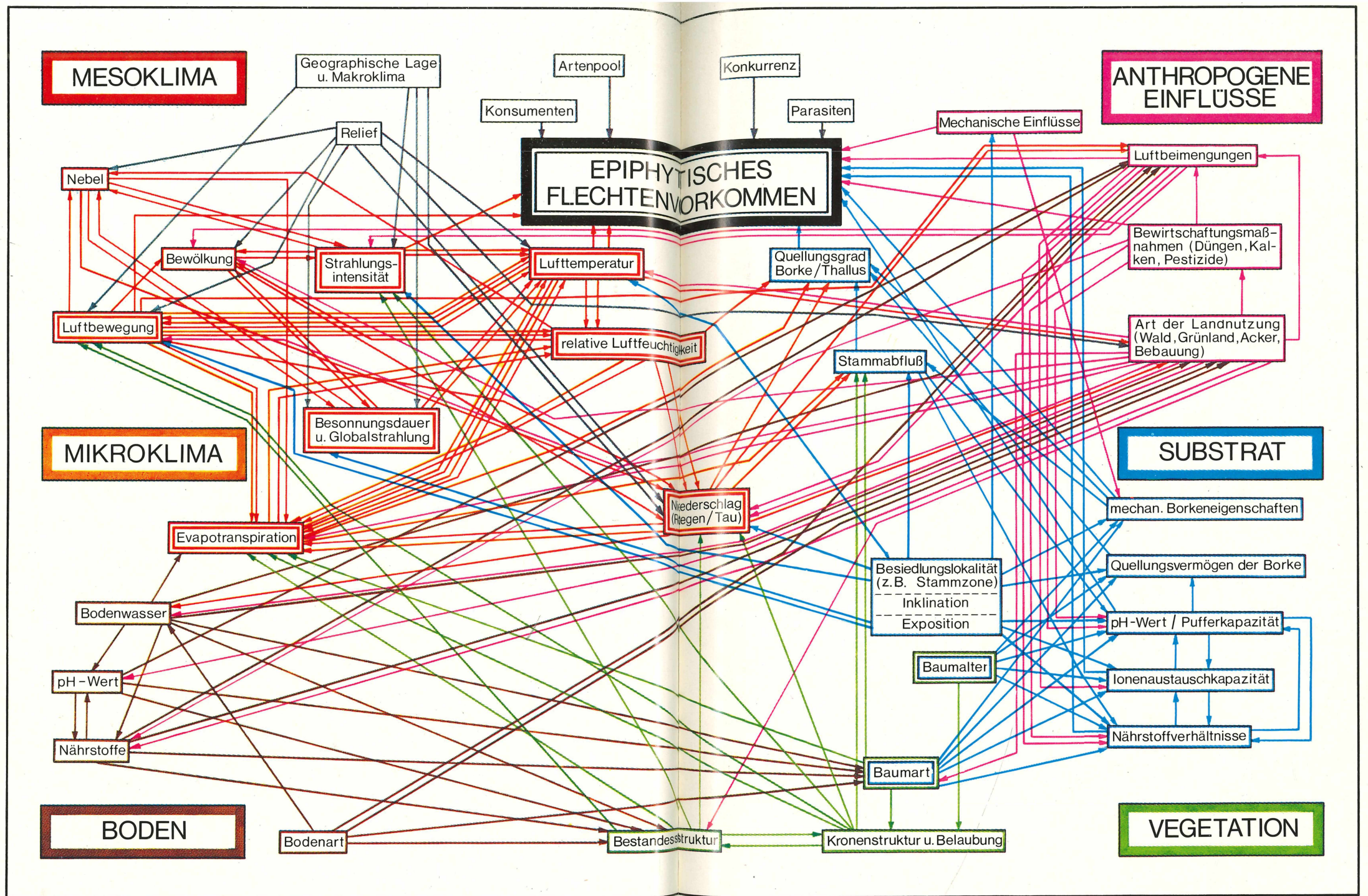


Abb. 1: Wirkungsgefüge der Faktoren, die das Vorkommen epiphytischer Flechten beeinflussen



Diese klimatischen Bedingungen sind im überwiegenden Teil des Aachener Stadtgebietes gegeben, so daß beide Flechtenarten weit verbreitet vorkommen, auch an Stellen mit verringerter Begleitartenzahl. Daher erfolgte ihre Einstufung in der Toxitolanzhierarchie relativ weit oben. In den Untersuchungsgebieten Region Unterrhein, südliches Münsterland, Stuttgart und Saarbrücken sind die klimatischen Bedingungen durchschnittlich trockener als in Aachen, wodurch in diesen Gebieten die natürlichen Bedingungen für das Vorkommen dieser Flechtenarten ungünstiger sind.

Aus diesen Vergleichen wird deutlich, daß der Q-Wert einer Flechtenart nicht ausschließlich aus ihrer Immissionsempfindlichkeit resultiert, sondern daß auch andere ökologische Gegebenheiten, insbesondere Klimafaktoren, diesen Wert beeinflussen können.

### 3.3 Wirkungsgefüge der Umweltfaktoren

Das Vorkommen einer epiphytischen Flechtenart ist das Spiegelbild der am Mikrostandort einwirkenden Umweltfaktoren. Die wichtigsten dieser Umweltfaktoren und ihre Wechselbeziehungen sind in Abb. 1 dargestellt. Hierbei sind Faktoren, die der gleichen Faktorengruppe angehören, durch gleiche Farben gekennzeichnet. Faktoren, die in verschiedenen Gruppen vertreten sind, haben mehrere Umrandungen erhalten. Die Farbe des Pfeils entspricht der jeweiligen Gruppenzugehörigkeit des Begriffs, von dem er ausgeht. Um das Schema möglichst einfach und überschaubar zu halten, wurde der Makroklimabereich, der ja alle grundlegenden Mesoklimafaktoren beeinflusst, mit dem Begriff "Geographische Lage" summarisch zusammengefaßt. Aus Abb. 1 wird deutlich, in welcher komplexen Weise die Vielfalt der Umweltfaktoren auf die Flechten einwirkt. Die Luftbeimengungen sind hierbei lediglich ein Faktor unter vielen. Allerdings können sie in stark belasteten Gebieten leicht zum dominierenden Faktor werden. In solchen Gebieten ist mit hoher Wahrscheinlichkeit das Vorkommen epiphytischer Flechten tatsächlich weitgehend mit der Immissionsbelastung korreliert, wie es ja die IAP-Methode und auch die Expositionsverfahren voraussetzen. In mittel stark und geringer belasteten Gebieten gewinnen jedoch zunehmend die übrigen Umweltfaktoren an Bedeutung für die Ausprägung der Flechtenvegetation.

### 3.4 Verbreitung der Flechtengesellschaften

Die Auswertung der IAP-Kartierung nach flechtensoziologischen Gesichtspunkten ergab folgende Flechtenassoziationen nach KLEMENT (1955) und BARKMAN (1969) (Karte 5): *Physcietum ascendentis* Frey et Ochsn. 1926, *Parmeliatum acetabuli* Ochsn. 1928, *Pseudevernetum furfuraceae* Hil. 1925 sowie fragmentarische und Übergangsausbildungen. Die ökologischen Charakteristika der Assoziationen sind nachstehend aufgeführt:

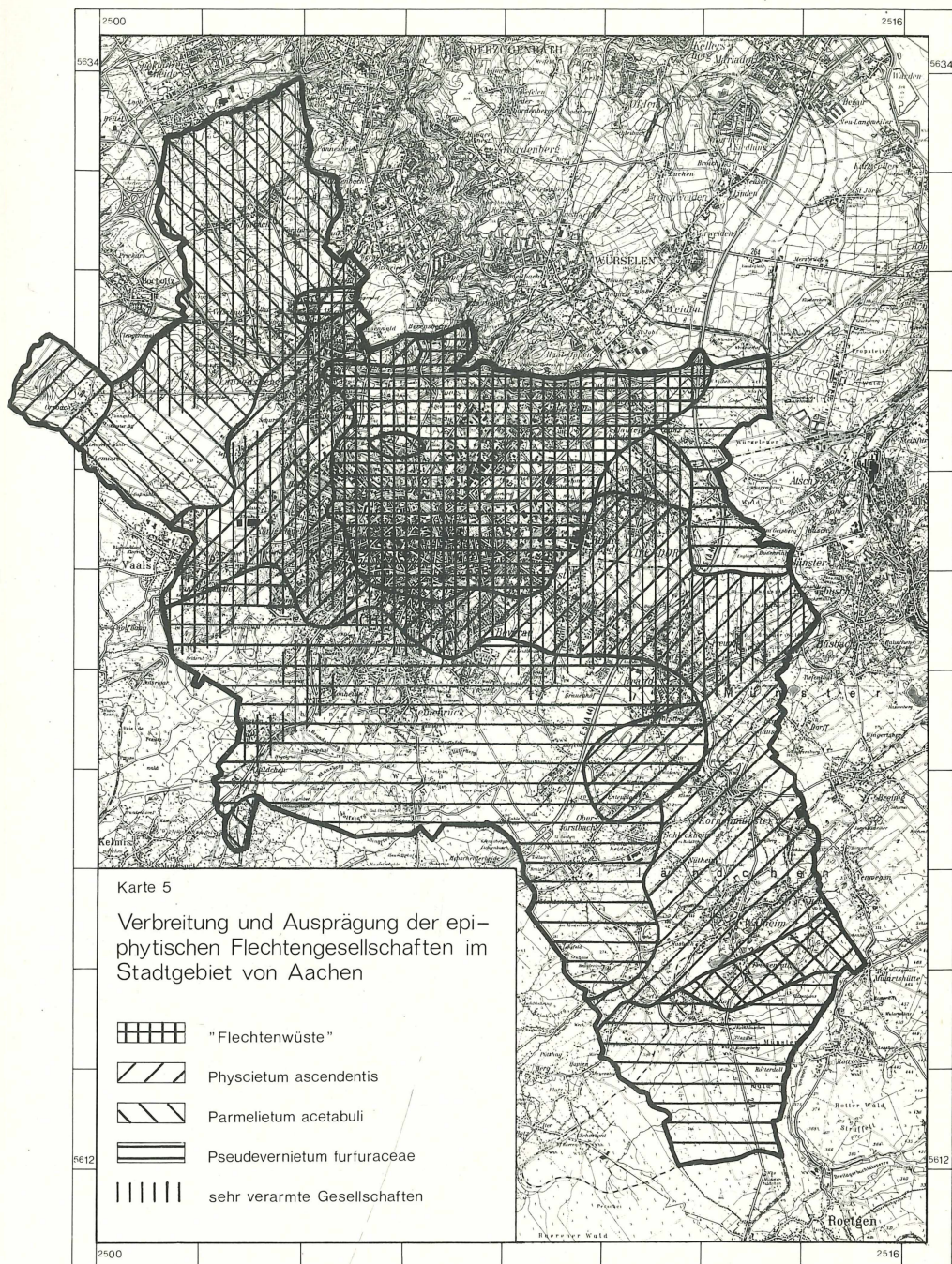
*Physcietum ascendentis*:  
photophytisch, freie SW-Exposition, aeroxerophytisch, pH 6-7, nitrophil, mäßige Immissionsempfindlichkeit.

*Parmeliatum acetabuli*:  
photophytisch, W-Exposition, mesohygrophytisch, ombrophytisch, pH 6-7, nitrophytisch (euryök), mittlere Immissionsempfindlichkeit.

*Pseudevernetum furfuraceae*:  
photoneutral - photophytisch (euryök), W- bis NW-Exposition, aerohygrophytisch, ombrophil (Regenseite!), pH 5-6, nitrophob, toxiphob.

Diese Charakterisierung bezeichnet die wesentlichen klimatischen und lufthygienischen Standortseigenschaften. Die deutliche Abnahme der Jahresniederschlagssumme von etwa 960 mm im äußersten Süden (Vennfußfläche) bis etwa 780 mm im Norden des Stadtgebietes findet ihren Ausdruck in dem Maß der Ombrophilie und Hygrophilie der jeweiligen Flechtengesellschaften. (Das Vorkommen des *Physcietum ascendentis* um Kornelimünster und Walheim, das nicht in dieses Schema paßt, soll an Hand von Karte 6 erläutert werden.)

Aus Karte 5 ist auch der Immissionseinfluß zu erkennen. Die genannten Flechtenassoziationen sind im ganzen Stadtgebiet nicht optimal ausgebildet. Insbesondere die immissionsempfindlicheren Arten fehlen, was durch die großräumige Immissionsbelastung aus dem Aachener Raum, ferner von den Industriegebieten um Namur, Lüttich, Maastricht und Geleen sowie den Kohlekraftwerken zwischen Aachen und Köln verursacht sein dürfte. Lokale Immissionseinwirkungen machen sich aber deutlich in einer weiteren Verarmung der Flechtenvegetation bemerkbar, so daß in den senkrecht schraffierten Bereichen der Karte 5 ( $\leq 3$  Großflechtenarten je Aufnahme-station) im wesentlichen nur noch die immissionsresistentesten Arten *Hypogymnia physodes*, *Physcia ascendens* / *Ph. tenella* und *Parmelia sulcata* übrigbleiben. Die verarm-

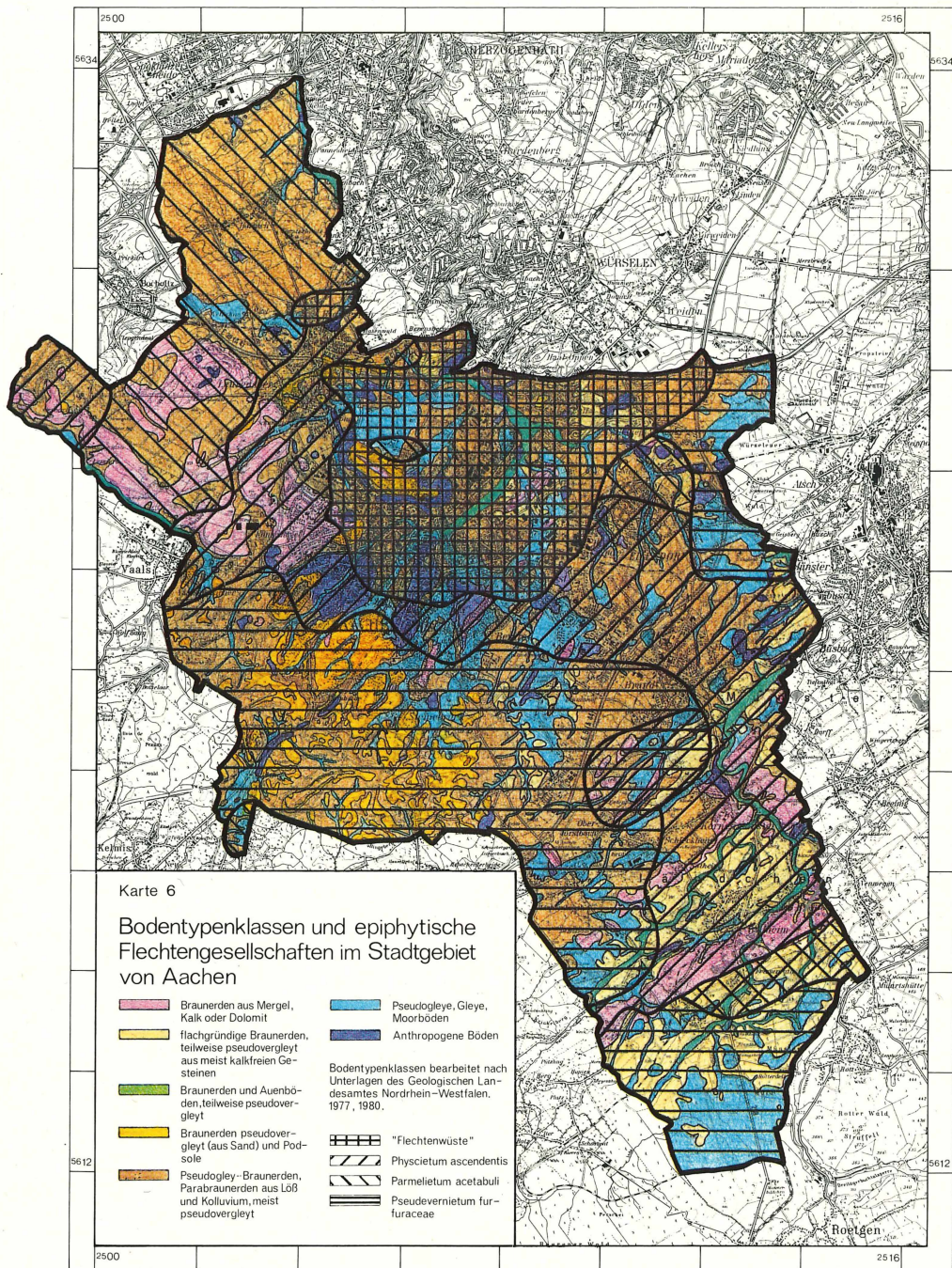


Hergestellt aus der Topographischen Karte 1:50000 des Landesvermessungsamtes Nordrhein - Westfalen, 1980. Diese Karte ist gesetzlich geschützt. Nachdruck oder sonstige Vervielfältigungen nur mit Genehmigung des Herausgebers.

0 1 2 3 4 5 km

Mit Genehmigung des Landesvermessungsamtes Nordrhein - Westfalen vom 2.4.1980, Kontrollnummer L/D 6689, vervielfältigt durch den Lehrstuhl für Landschaftsökologie und Landschaftsgestaltung der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule Aachen.





Hergestellt aus der Topographischen Karte 1:50000 des Landesvermessungsamtes Nordrhein-Westfalen, 1980. Diese Karte ist gesetzlich geschützt. Nachdruck oder sonstige Vervielfältigungen nur mit Genehmigung des Herausgebers.

0 1 2 3 4 5 km

Mit Genehmigung des Landesvermessungsamtes Nordrhein-Westfalen vom 2.4.1980, Kontrollnummer L/D 6689, vervielfältigt durch den Lehrstuhl für Landschaftsökologie und Landschaftsgestaltung der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule Aachen.

ten Flechtenzonen liegen vorwiegend in Stadtrandgebieten mit mittlerer Besiedlungsdichte. Die hiervon in erster Linie betroffene Assoziation ist das *Physcietum ascendentis*. Diese Assoziation ist eine der an die Stadtklimabedingungen am besten angepaßten epiphytischen Flechtengesellschaften. Das Stadtklimasyndrom (warm und trocken) dürfte also mit großer Wahrscheinlichkeit als Ursache für die Flechtenverarmung hier keine entscheidende Rolle spielen. Auch im Norden des Stadtgebietes, in dem das Stadtklimasyndrom keine Auswirkungen mehr hat (PFLUG et al. 1978), ist das *Parmelietum acetabuli* sehr verarmt. Hierfür dürften in erster Linie die Immissionseinflüsse aus den benachbarten Gemeinden mit teilweise hoher Industrialisierung verantwortlich sein. Das *Pseudevernetum furfuraceae* ist gegen Kfz-Abgase sehr empfindlich (BARKMAN 1969). Hieraus erklärt sich der verarmte Bereich im Südwesten des Stadtgebietes, der in einem engen Tal mit verringertem Luftaustausch liegt. Durch dieses Tal verläuft eine vielbefahrene Straße.

Aus Karte 5 geht auch hervor, wie sehr die Art der Landnutzung das Vorkommen epiphytischer Flechten beeinflusst. Frei von Großflechten sind die dicht bebauten und industrialisierten Flächen sowie die Soers, wie bereits erläutert. Die weniger dicht besiedelten Stadtteile mit Stadtklimasyndrom und kalkhaltigen und nährstoffreichen Stäuben werden vom *Physcietum ascendentis* eingenommen. Das *Parmelietum acetabuli* siedelt im Bereich der ausgedehnten Ackerflächen im Norden Aachens. Die Waldgebiete im Süden der Stadt (Aachener Wald und Münsterwald) und die zwischen ihnen liegenden Grünlandflächen sind vom *Pseudevernetum furfuraceae* besiedelt. Neben der Niederschlagsverteilung und den klimatischen Gegebenheiten (auf Grund der Vegetations- und Bebauungsstrukturen) sind hierfür zu einem wesentlichen Teil auch die Bodenverhältnisse verantwortlich.

### 3.5 Epiphytische Flechtenverbreitung und Bodeneigenschaften

In Karte 6 sind die Bodentypen nach der Bodenkarte 1: 50 000 Blatt Geilenkirchen (1977) bzw. nach dem (unveröff.) Manuskript der Bodenkarte 1: 50 000 Blatt Aachen bearbeitet und zu Bodentypenklassen zusammengefaßt worden. Für die Zusammenfassung der Bodentypen waren Faktoren, die wie pH-Wert, Wasserkapazität und Nährstoffgehalt einen Einfluß auf die epiphytische Flechtenvegetation haben können, maßgebend.

Die hellvioletten Flächen stellen Kalkverwitterungsböden dar. Sie nehmen einen großen Teil des Gebietes im Westen und Nordwesten der Stadt ein, die von den kalkliebenden Assoziationen *Physcietum ascendentis* und *Parmelietum acetabuli* besiedelt werden. Die braunen Flächen dieses Gebietes stellen im wesentlichen Parabraunerden aus Löß dar, die, als Ackerböden genutzt, gute Nährstoffverhältnisse und eine gewisse Kalkversorgung gewährleisten. Die Kalkböden im Süden des Stadtgebietes in Verbindung mit zwei noch in Betrieb befindlichen Kalksteinbrüchen und den Ortsteilen Kornelimünster und Wahlheim mit erhöhtem Kalkstaubgehalt machen plausibel, warum in diesem klimatisch eigentlich nicht geeigneten Raum das *Physcietum ascendentis* siedelt. Die für die Ausbildung des *Physcietum ascendentis* ebenfalls teilweise ungünstigen Böden (Pseudogleye) am südlichen Stadtrand können auf Grund der vorhandenen Bebauung ihren Einfluß nicht voll entfalten, so daß die stadtklimatischen Effekte wirksamer werden. Sämtliche vom *Pseudevernetum furfuraceae* besiedelten Gebiete enthalten Böden, die weitgehend kalkfrei und nährstoffarm sind und darüber hinaus teilweise nässebeeinflusst sind (Gleye, Pseudogleye, Pseudogley-Braunerden). Hierdurch sind für das *Pseudevernetum furfuraceae* günstige mikroklimatische und luftehemische Voraussetzungen seitens des Bodens geschaffen. Leider erlaubt die Darstellung in der Bodenkarte keine Differenzierung der braun dargestellten Braunerden und Parabraunerden nach dem Grade ihrer Pseudovergleyung. Ein Vergleich mit der geologischen Karte macht jedoch deutlich, daß im Norden des Stadtgebietes die Parabraunerden auf mächtigen Lössschichten liegen, so daß die Vergleyungshorizonte sehr tief liegen und die Oberfläche viel weniger stark beeinflussen als in den Braunerden und Parabraunerden im Süden des Stadtgebietes. Letztere haben sich aus dünnen Lössdecken und Lössschleiern gebildet, die zudem noch wasserstauenden Ton- und Schiefergesteinen auflagern.

### 4. Schlußfolgerungen

Mit dieser groben Skizzierung sollte deutlich gemacht werden, wie stark die Umweltfaktoren die epiphytische Flechtenvegetation auf Baumstämmen beeinflussen. An Hand von Karte 6 konnte demonstriert werden, welch bedeutenden Einfluß sogar der Boden auf Baumflechten hat. Es ist daher angebracht, das Vorkommen und insbesondere die Verarmung der Flechtenflora in einem Gebiet sehr sorgfältig zu untersuchen. Rückschlüsse auf die Immissionsbelastung sollten - zumindest in schwach bis mittel belasteten Räumen - nicht ausschließlich nach Auswertung mittels rein numerischer Methoden (z.B. IAP-Methode) erfolgen. Auch gehen bei



einer Vernachlässigung der Krustenflechten sehr wertvolle Informationen verloren. Schließlich machen die Krustenflechten bei den behandelten drei Assoziationen in der Optimalausbildung etwa 20-25% aus - unter Immissionseinfluß steigt ihr Anteil auf 100%. Eine vollständige pflanzensoziologische Auswertung der epiphytischen Flechtenvegetation dürfte daher in vielen Fällen die umfassendste und sicherste Interpretation der Belastung des jeweiligen Raumes mit Immissionen ermöglichen.

Herrn H. Frohn danken wir vielmals für die sorgfältige Anfertigung der Abbildungsvorlagen.

#### Literatur

- BARKMAN J.J., 1969: Phytosociology and ecology of cryptogamic epiphytes, 2. Aufl. Assen (van Gorcum). 628 p.
- Bodenkarte Nordrh.-Westf. 1: 50 000, Bl. L 5102 Geilenkirchen, 1977: Krefeld (Geol. Landesamt NRW).
- DJALALI B., 1974: Flechtenkartierung und Transplantate als Indikatoren der Luftverunreinigung im Ballungsraum Stuttgart. Diss. Univ. Hohenheim.
- HEIDT V., 1978: Flechtenkartierung und die Beziehung zur Immissionsbelastung des südlichen Münsterlandes. Biogeographica 12: The Hague (Junk): 93 S.
- KIRSCHBAUM U., 1973: Auswirkungen eines industriell-urbanen Ballungsraumes auf die epiphytische Flechtenvegetation in der Region Untermain. Diss. Univ. Gießen.
- KLEMENT O., 1955: Prodromus der mitteleuropäischen Flechtengesellschaften. Feddes Rep. Beih. 135: 5-194.
- Le BLANC F., De SLOOVER J., 1970: Relation between industrialization and the distribution and growth of epiphytic lichens and mosses in Montreal. Can. J. Bot. 48: 1485-1496.
- PFLUG W., BIRKIGT H., BRAHE P., HORBERT M., VOSS J., WEDECK H., WÜST St., 1978: Landschaftsplanerisches Gutachten Aachen. Aachen (Selbstverlag Stadt Aachen): 239 S.
- SEUREN A.E., 1979: Vorkommen rauchgasempfindlicher epixyler Flechten im Stadtgebiet von Aachen, ein Beitrag zur biologischen Indikation von Luftverunreinigungen. Staatsexamensarbeit RWTH Aachen.
- THOMÉ M., 1976: Ökologische Kriterien zur Abgrenzung von Schadräumen in einem urbanen System, dargestellt am Beispiel der Stadt Saarbrücken. Diss. Univ. Saarbrücken.

#### Adresse

Dr. Rudolf Rabe  
Lehrstuhl für Landschaftsökologie RWTH Aachen  
Schinkelstr. 1  
D-5100 Aachen

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Verhandlungen der Gesellschaft für Ökologie](#)

Jahr/Year: 1981

Band/Volume: [9\\_1981](#)

Autor(en)/Author(s): Rabe Rudolf

Artikel/Article: [Zur Problematik der Interpretation von Flechten/Luftverunreinigungs-Karten 241-254](#)