

**Ermittlung der Luftqualität in Hemer
mit Flechten als Bioindikatoren**

Bearbeiter: R. Rabe
S. Paus

Kartographie: G. Grindau

**im Auftrag
der Stadt Hemer**

Essen, November 1990

STADT HEMER
Planungsamt

...

<u>Inhaltsverzeichnis</u>	Blatt	
1	Ausgangslage und Problemstellung	4
1.1	Ausgangslage	4
1.2	Problemstellung	8
2	Untersuchungsgebiet	8
2.1	Naturräumliche Einordnung, Oberflächengestalt und geologischer Untergrund	8
2.2	Böden und Vegetation	9
2.3	Land- und forstwirtschaftliche Nutzung, Be- siedlung und Industrie	10
2.4	Klima	12
2.5	Immissionssituation	13
3	Methodik der Luftgüteuntersuchung	14
4	Ergebnisse	20
4.1	Übersicht über das Flechtenvorkommen	20
4.2	Luftgüte-Indices und Luftgütezonen im Stadtgebiet Hemer	24
4.3	Luftgüte-Indices und Entwicklung der Immissionsbelastung	28
4.4	Vergleich der Luftgütesituation von Hemer mit der Luftgüte anderer ausgewählter Städte	29
5	Interpretation der Luftgüte-Indices in Bezug zur Stadtentwicklungsplanung	32
5.1	Bewertung der Luftgüte-Indices	32
5.2	Kommunale Möglichkeiten zur Verbesserung der der lufthygienischen Situation - Hinweise für das Gesamtgebiet	35
5.2.1	Aktive Maßnahmen zur Verringerung der Immis- sionsbelastung	35

...

Inhaltsverzeichnis Fortsetzung

Blatt

5.2.2	Passive Maßnahmen: Förderung von Durchgrünungen	38
5.3	Hinweise zu Planungen und Maßnahmen in einzelnen Stadtteilen	39
5.3.1	Stübecken/Landhausen	40
5.3.2	Kernstadt, Becke, Sundwig, Bestig	41
5.3.3	Deilinghofen und Umgebung	42
5.3.4	Südliche Stadtbezirke	43
6	Zusammenfassung	45
7	Literaturverzeichnis	47

Anhang: Tabellen 4 und 6

1 Ausgangslage und Problemstellung

1.1 Ausgangslage

Die Stadt Hemer beauftragte im August 1990 den Rheinisch-Westfälischen Technischen Überwachungs-Verein e.V. mit der Untersuchung und lufthygienischen Beurteilung des Flechtenbewuchses an Bäumen im Stadtgebiet von Hemer. Es wurde vereinbart, das gesamte Stadtgebiet flächendeckend an ungefähr 45 Untersuchungsstandorten zu kartieren.

1.2 Problemstellung

Nach § 1 Bundesimmissionsschutzgesetz (BImSchG, 1974) ist es vorrangiges Ziel des Immissionsschutzes, "Menschen sowie Tiere, Pflanzen und andere Sachen vor schädlichen Umwelteinwirkungen zu schützen". Wirkungserhebungen wird somit eine hohe Bedeutung zugesprochen.

Sie stellen im Rahmen einer kommunalen Luftreinhaltestrategie eine sinnvolle Ergänzung von Emissionserhebungen und Immissionsmessungen dar.

Wirkungsbezogene Aussagen werden durch Erhebungen an Bioindikatoren ermöglicht. Unter Bioindikatoren werden dabei **"Organismen oder Organismengemeinschaften verstanden, die auf Schadstoffbelastungen mit Veränderungen ihrer Lebensfunktionen antworten bzw. den Schadstoff akkumulieren"** (Arndt et al., 1987, S. 19). Die Reaktion geeigneter Bioindikatoren oder ihre Akkumulation von Schadstoffen erlauben Rückschlüsse auf den Gefährdungsgrad und die Belastung anderer Organismen, Organismengemeinschaften oder auch Ökosystemteile.

Besonders gut erprobte und für die vorliegende Fragestellung geeignete Bioindikatoren sind die auf Bäumen wachsenden (epiphytischen) Flechten. Flechten sind Doppellebewesen, die aus einem Pilz und einer Alge bestehen. Beide Partner dieser Lebensgemeinschaft erfüllen ganz bestimmte, festgelegte Funktionen: Der Pilz schützt die Alge vor zu starker Sonneneinstrahlung und vor dem Austrocknen; er bestimmt außerdem die Gestalt der Lebensgemeinschaft. Die Alge versorgt dafür den Pilz mit Nährstoffen. Nach der Wuchsform lassen sich drei Gruppen unterscheiden: Krusten-, Blatt- und Strauchflechten. Zeichnungen der drei Wuchsformen enthält die Abbildung 1.

In der aufgeführten Reihenfolge nimmt auch die Immissionsempfindlichkeit der Flechten generell zu. Eine feinere Abstufung läßt sich durch Heranziehung der einzelnen Flechtenarten erreichen. Die verschiedenen Flechtenarten weisen eine abgestufte und hohe Immissionsempfindlichkeit auf.

Sie reagieren auf eine Reihe von Luftschadstoffen, allerdings mit unterschiedlicher Stärke. Als wirksamster Luftschadstoff hat sich Schwefeldioxid erwiesen. Andere saure Schadgase wie Fluorwasserstoff, Chlorwasserstoff und Stickstoffdioxid sind bereits weniger toxisch. Schwermetalle und Photooxidantien (Ozon) schließlich üben erst in hohen bzw. sehr hohen Konzentrationen eine Schädigung aus. Die toxische Relevanz von Stäuben, die sowohl physikalisch als auch in ihrer chemischen Zusammensetzung sehr unterschiedlich beschaffen sein können, ist in urbanen Bereichen in der Regel hoch (Rabe et al., 1989a).

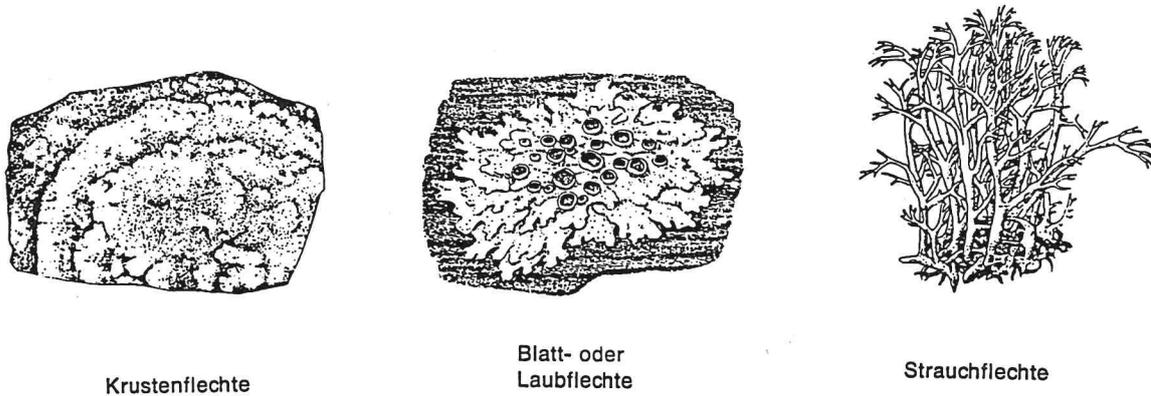


Abbildung 1: Wuchsformen von Flechten (aus Hale, 1983)

Eine zusammenfassende Darstellung der Empfindlichkeit von Flechten gegenüber verschiedenen Luftschadstoffen gibt z. B. Nash III (1976). Die o. a. Empfindlichkeitseinstufung bezieht sich auf die Einzelwirkung der jeweiligen Schadstoffe. Es ist aber davon auszugehen, daß auch die für Flechten weniger toxischen Schadstoffe in Kombination mit anderen Luftverunreinigungen zur Gesamtwirkung beitragen können. So hat beispielsweise Punz (1979) für die Kombination von Schwefeldioxid und Blei eine Wirkungssteigerung gegenüber der Wirkung der Einzelsubstanzen gefunden. Nach Rabe et al. (1989a) ist für NO_2 eine synergistische Wirkungsverstärkung bei gleichzeitiger Einwirkung von SO_2 und Stäuben festzustellen. In zahlreichen kommunalen Flechtenkartierungen unserer Arbeitsgruppe zeigte sich ein stark eingeschränktes Flechtenvorkommen selbst bei relativ niedrigen SO_2 -Konzentrationen, die für sich allein ein viel reicheres Artenspektrum

ermöglichen würden (Hawksworth und Rose, 1970). Dies ist ein Hinweis auf synergistische Effekte bei gemeinsamer Einwirkung urbaner Immissionskomponenten.

Flechten lassen sich somit zusammengefaßt als integrative, d.h. auf verschiedene Schadstoffe und deren Kombinationen gleichzeitig reagierende Wirkungssysteme ansehen.

Die Verwendung von relativ unspezifisch auf Luftverunreinigungen reagierenden Flechten als Bioindikatoren ist vor allem dann sinnvoll, wenn die Kenntnis der Gesamtimmissionsbelastung von Bedeutung ist. **Die integrative Reaktion der Flechten hat den Vorteil, daß wirkungsrelevante Immissionskomponenten, die nicht durch Immissionsmessungen erfaßt werden, sowie koergistische Wirkungen der Luftverunreinigungen in der Gesamtwirkung enthalten sind.**

Aus den Luftgüte-Indices können bei höherer Belastung Empfehlungen für passive immissionsmindernde Maßnahmen (Immissionsschutzpflanzungen, Schaffung von Freiflächen mit Filterfunktionen) abgeleitet werden. Wenn die Luftgütekartierung hochbelastete Räume ausweist, so können für diese unter Umständen eine gezielte Ursachenanalyse und weitere Untersuchungen zur Belastung von Nutzpflanzen, Tieren und Menschen durchgeführt werden.

Als Teil eines Umweltkatasters liefert die flächenbezogene Darstellung der Luftgüte-Indices ein lufthygienisches Beurteilungskriterium im Rahmen der kommunalen Umweltverträglichkeitsprüfung für die Planung (Bauleitplanung, Verkehrsplanung, Grünplanung, Energiekonzepte).

2 Untersuchungsgebiet

2.1 Natürräumliche Einordnung, Oberflächengestalt und geologischer Untergrund

Hemer liegt am Nordrand des Sauerlandes, das zusammen mit dem Siegerland und dem Wittgensteiner Land den Nordflügel des Rheinischen Schiefergebirges darstellt.

Das Gebiet der Stadt Hemer weist eine ausgeprägte natürräumliche Zonierung (Dreiteilung) auf, und zwar in

1. das oberländische, größtenteils geschlossen bewaldete, durch tief eingeschnittene Talzüge gegliederte Bergland im Süden
2. die offene Massenkalkzone
3. das teilweise bewaldete Hügelland des unteren Sauerlandes im Norden (Buchholz und Heineberg, 1969).

Die markanteste Gliederung des Stadtgebietes ist durch die scharfe Grenze des fast geschlossen bewaldeten und tief zertal-ten Bergrücken des oberländischen Westsauerlandes, dem Balver Wald, der die Ortsteile Ihmert, Frönsberg sowie die südlichen Teile von Deilinghofen und Hemer umfaßt, und dem nördlich angrenzenden waldarmen Hügellandstreifen der Iserlohner Kalksenke gegeben. Nördlich der Bundesstraße 7 beginnt in Hemer das Hügelland des unteren Sauerlandes - das Mendener Hügelland - das den Stadtteil Becke und den Nordteil der Stadt Hemer einschließt und bis auf 340 m ansteigt.

Der Balver Wald stellt mit 546 m Höhe ü. NN. die höchste Erhebung des Stadtgebietes dar, die Edelburg im Bereich der nördlichen Gebietsgrenze befindet sich auf dem tiefsten Punkt mit 160 m ü. NN.. Die mittlere Höhenlage des Ortskerns liegt bei 208 m ü. NN..

Das geschlossene Bergmassiv des Balver Waldes ist aus harten Grauwackensandsteinen und Grauwackenschiefern (Mitteldevon) aufgebaut. Im Stadtgebiet wird es durch zwei tiefere Taleinschnitte gegliedert, die vom Ihmerter Bach (Ihmerter Tal) und Sundwiger Bach (Stephanopeler Tal) in nördlicher Richtung entwässert werden. Diese Wasserläufe vereinen sich in Hemer im Oesebach und gehören damit zum Einzugsgebiet der Hönne. Der südliche Teil des Stadtteils Deilinghofen ist im Bereich des Balver Waldes nur durch kleinere Talformen gegliedert. Im Gegensatz zum Balver Wald weist die nördlich angrenzende Kalksenke, die im Devon entstand, eine weitaus geringere Reliefenergie auf. In Mittel-Hemer werden die Kalkzüge von den bereits genannten Bachläufen tiefer durchschnitten. Der Bereich östlich des Sundwiger Baches zeigt ausgeprägte Karsterscheinungen, die besonders eindrucksvoll in der 1905 entdeckten Heinrichshöhle (Tropfsteinhöhle) und dem Naturschutzgebiet Felsenmeer zu beobachten sind.

Die älteren Siedlungskerne der Stadtteile Deilinghofen mit Brockhausen, Apricke und Riemke liegen am Rand der Massenkalkzone.

2.2 Böden und Vegetation

Über die Hälfte des gesamten Stadtgebietes (55 %) wird von Waldflächen und Forsten - größtenteils Mischwald - eingenommen.

Die schiefer- und sandsteinhaltigen Gesteine verwittern zu sauren Böden mit trägen Umsatzbedingungen. Auf den größtenteils flachgründigen, skelettreichen ziemlich schweren Verwitterungsböden des Balver Waldes und des Mendener Hügellandes stellen artenarme Buchenwaldgesellschaften die potentiell natürliche Vegetation dar (Mieders, 1977). Der hier stockende Hainsimsen-Buchenwald (Luzulo-Fagetum) weist meist eine schütterere Krautschicht auf. Auf Kalkuntergrund entwickeln sich artenreiche Buchenwälder, die im Unterverband Asperulo-Fagion zusammengefaßt werden. An mäßig steilen Hängen in den Bereichen Perick, Apricke/Riemke und im Hönnetal finden sich gute Beispiele für

...

den Perlgras-Buchenwald (Melico-Fagetum) (Mieders, 1977). Der Waldmeister-Buchenwald (Asperulo-Fagetum) gedeiht in etwas flacheren Lagen. Der Waldschwingel-Buchenwald (Festuco-Fagerum) ist im Gebiet auf mäßig sauren Böden an wasserzügigen und schattigen Stellen bei Klusenstein zu finden.

An der Ostgrenze Hemers gedeiht der Ahorn-Eschen-Schluchtwald (Aceri-Fraxinutum) an kühlen, luftfeuchten Standorten.

Abschließend sei noch auf den bachbegleitenden Erlenwald (Alnion glutinosae) und die zahlreichen menschlich bedingten Ersatzgesellschaften hingewiesen.

2.3 Land- und forstwirtschaftliche Nutzung, Besiedlung und Industrie

Für die Landwirtschaft sind die natürlichen Produktionsbedingungen in der Stadt Hemer wie im übrigen Nordsauerland keineswegs gut. Als landwirtschaftliche Nutzungsflächen kamen nur relativ ebene und trockene Flächen in Frage, die sich heute wie Rodungsinseln aus den geschlossenen Waldgebieten herausheben (Flächennutzungsplan Hemer, 1978). Die Niederungen und Täler sind aufgrund ihrer feuchten Böden als Grünland genutzt.

Der Märkische Kreis bildet vor allem in seinem nördlichen Teil wirtschaftsgeographisch eine Übergangszone, die sich unmittelbar südlich an das durch Großbetriebe des Bergbaues und der Schwerindustrie gekennzeichnete Ruhrgebiet anschließt und mit einer stark von Mittel- und Kleinbetrieben geprägten eisen- und metallverarbeitenden Industrie zu den mehr land- und forstwirtschaftlich ausgerichteten Bereichen des Sauerlandes überleitet (Flächennutzungsplan Hemer, 1978).

Die Gesamtfläche der Stadt Hemer beträgt 67,55 km² mit einer Einwohnerzahl von 35.000.

In dem dicht besiedelten und mit zahlreichen Industrie- und Gewerbebetrieben ausgestatteten Kernbereich der Stadt werden alleine 14,7 % der Gesamtfläche von Gebäude- und Hofflächen eingenommen. Der Durchschnittswert - bezogen auf das gesamte Stadtgebiet - beträgt 8,9 %.

Demgegenüber stehen Forste und Holzungen mit 55 %, Sport- und Grünanlagen sowie Friedhöfe mit 3 %, landwirtschaftliche und gärtnerisch genutzte Flächen mit 28,5 % Anteil an der Gesamtfläche. Das gesamte Gebiet der Stadt Hemer ist gemäß Landesentwicklungsplan I/II (LEP I/II) vom 01.05.1979 der Ballungsrandzone des Ruhrgebietes zugeordnet. Nach den Zielen der Raumordnung und Landesplanung (LEPro, LEP und GEP) ist Hemer als Entwicklungsschwerpunkt mit der Funktion eines Mittelzentrums mit 25.000 - 50.000 Einwohnern im Mittelbereich an der Entwicklungsachse I. Ordnung eingestuft.

Die Standortverteilung der Betriebe in Hemer ist bedingt durch die vorgegebene Topographie, die morphologischen Gegebenheiten und die Gewässerverläufe. So haben sich im Tal des Ihmerter Baches und dem daran anschließenden Gebiet von Evingsen, dem Stephanopeler Tal, dem Oese Talzug sowie in Westig und Sundwig entlang der Märkischen Straße und im Westen der Stadt gewisse Standortverdichtungen oder ganze Industriegassen herausgebildet (Hildenbrand, 1979). Ein großer Teil der gewerblichen Unternehmungen, insbesondere innerhalb des Stadtgebietes, produziert in ausgesprochener Gemengelage mit den Wohnbereichen. Die enge Verzahnung von öffentlichen Gebäuden, Wohnhäusern, sowie industriellen und gewerblichen Arbeitsstätten ist jedoch nicht unproblematisch: Die Wohnbevölkerung leidet unter Lärm und Immissionsbelastung, den Betrieben fehlen angemessene Zugangswege und Erweiterungsflächen (Buchholz und Heineberg, 1969).

Im industriellen Bereich ist eine monostrukturelle Ausrichtung auf Eisen- und Metallverarbeitung festzustellen. Daneben finden sich nur einzelne Betriebe der Elektrobranche, der Nahrungsmittelindustrie, der Textilindustrie, des graphischen Gewerbes, eine Pappenfabrik und ein Holzbearbeitungsbetrieb.

Die heutigen Schwerpunkte der industriellen Entwicklung sind nach dem aktuellen Flächennutzungsplan (von 1978) im "Industriegebiet Edelburg" und im "Gewerbegebiet Eisenbahnschleife" zu sehen.

Hier stehen noch ca. 36 ha zusätzliche Gewerbeflächen zur Verfügung, die eine Ausweichmöglichkeit für die Unternehmungen der Problemstandorte bieten. Aber auch anderen in Hemer ansiedlungswilligen Unternehmungen werden hier Standorte angeboten.

2.4 Klima

Hemer gehört zum nordwestdeutschen Klimabereich. Vorherrschende West- und Südwestwinde bringen maritime Luftmassen mit hohen Niederschlagsmengen und großer Luftfeuchtigkeit.

In den höheren Lagen des südwestfälischen Berglandes herrscht bereits ein gemäßigttes Montanklima mit häufigen winterlichen Schneebedeckungen und Niederschlagsmengen von mehr als 1000 mm pro Jahr. Gegenüber der Westfälischen Bucht kann sich der Beginn des Vorfrühlings im Mittelgebirge um bis zu 36 Tage verzögern; damit einher geht eine Verkürzung der Vegetationsperiode.

Hemer liegt im Bereich des klimatischen Übergangs: Der nördliche Steilrand des Oberlandes trennt das "ozeanische Hügellandklima" vom "ozeanischen Berglandklima". Im erstgenannten beträgt die Jahresdurchschnittstemperatur 7-8°C und die Niederschläge liegen bei 850 mm. Für das letztere betragen die Werte 7-8°C und 900-1000 mm.

Das Lokalklima kann innerhalb des Stadtgebietes aufgrund großer

Das Lokalklima kann innerhalb des Stadtgebietes aufgrund großer Höhendifferenzen stärker variieren. Das vielfach untergliederte Relief beeinflusst auch die lokalen Windverhältnisse stark; die tiefeingeschnittenen Bachtäler lenken den Wind vorwiegend in Richtung der Talläufe um.

Für die Luftqualität ist von Bedeutung, daß Bachtäler nicht in gleichem Maße am großräumigen Luftaustausch Anteil haben wie ebene Lagen. Je enger und je tiefer ein Tal ist, desto größer müssen die Geschwindigkeit und die vertikale Turbulenz des Großraumwindes sein, um auch die Luft in der Tallage auszutauschen. So weicht in Tälern in der Regel die Luftqualität von der der umgebenden Hochflächen und Bergkuppen ab: Sind in den Tälern Emittenten angesiedelt, ist die Luftqualität meist schlechter als in der Umgebung; sind die Täler emittententfrei, ist die Luft in der Regel besser als auf den Hochflächen die von ferntransportierten Immissionen stärker beaufschlagt sind.

2.5 Immissionssituation

Die Immissionsbelastung im Kartierungsgebiet wird zum einen durch lokale Emittenten und zum anderen durch Ferntransport verursacht. Ein Ferntransport von Luftverunreinigungen findet bei nordwestlichen Windrichtungen aus dem östlichen Ruhrgebiet und bei westlichen sowie südwestlichen Winden aus den Räumen Iserlohn, Hagen, Wuppertal, Leverkusen und Köln statt. Nach Untersuchungen von Külske und Pfeffer (1985) sowie Pfeffer und Buck (1985) zur Schadstoffbelastung des Eggegebirges ist weiterhin davon auszugehen, daß bei Ost- und Südostwinden auch Schadstoffe aus Quellgebieten in größerer Entfernung (Ost-Deutschland, CSFR) Mittelgebirge wie das Sauerland erreichen können.

3 Methodik der Luftgüteuntersuchung

Die Untersuchung der Luftgüte wurde nach der beim Rheinisch-Westfälischen TÜV entwickelten LuGI-Methode (LuGI = Luftgüte-Index) mit Flechten als Bioindikatoren durchgeführt. Nachstehend werden die Verfahren der Flechtenaufnahme und der Auswertung erläutert.

Die Aufnahme des Flechtenbewuchses erfolgte nach streng standardisierten Bedingungen, um den Einfluß anderer Faktoren als den der Immissionsbelastung so weit wie möglich zu eliminieren bzw. konstant zu halten. So wurden für die Erfassung des Flechtenbewuchses nur wenige ausgewählte Baumarten (Pappel, Ahorn und Linde, daneben Esche und Ulme) berücksichtigt, deren chemische und physikalische Borkeneigenschaften vergleichbar sind. Die Bäume mußten einen Mindestumfang von 60 cm aufweisen; es durften auch nur solche Bäume zur Kartierung herangezogen werden, die freistehend und nicht oder nur wenig beschattet sind. Deshalb wurden für die Höhe des Kronenansatzes und für den Abstand zu Straßen, Gebäuden und Nachbarbäumen Mindestmaße festgelegt.

An der mit Flechten bestbewachsenen Stammseite wurde ein Zählgitter von 20 cm Breite und 50 cm Höhe so angelegt, daß die für den betreffenden Stammabschnitt charakteristische Flechtenbesiedlung erfaßt wurde. Der Mindestabstand zum Erdboden betrug 1 m von der Gitterunterkante gemessen. Die Höhe über dem Erdboden sowie die Expositionsrichtung wurden notiert und die Lage des Baumes in einer Kartenskizze festgehalten, so daß eine eventuelle Nachkartierung an denselben Bäumen und den gleichen Stammabschnitten möglich ist. Abbildung 2 demonstriert die Aufnahme des Flechtenbewuchses. Das Zählgitter war in zehn gleich große Felder unterteilt. In jedem Feld wurde der Deckungsgrad (D) jeder einzelnen Flechte geschätzt.

Einzelne Flechtenarten, die innerhalb des Zählgitters fehlten, aber in der näheren Umgebung vorkamen, wurden im 10. Feld notiert. Ihr Deckungsgrad wurde innerhalb eines Rahmens von 10 x 10 cm Kantenlänge geschätzt. Als höchster Deckungsgrad wurde für diese Flechten 5 % eingetragen. Alle niedrigeren Deckungsgrade wurden mit ihrem tatsächlichen Wert notiert. Für jede Flechtenart wurde aus dem Vorkommen in den zehn Feldern der mittlere Deckungsgrad (D') für die Gesamtfläche des Zählgitters errechnet.

Anschließend wurde der mittlere Deckungsgrad jeder Flechtenart für den Untersuchungsstandort errechnet (D'') und in eine von sieben Deckungsgradklassen (D^*) überführt. Die Klassengrenzen sind in Tabelle 1 wiedergegeben.

Tabelle 1: Grenzen der Deckungsgradklassen epiphytischer Flechten nach der LuGI-Methode

Deckungsgradklasse (D^*)	mittlere prozentuale Flechtenbedeckung (D'')
0,5	$0 < D'' \leq 0,1$
1	$0,1 < D'' \leq 1$
2	$1 < D'' \leq 5$
3	$5 < D'' \leq 10$
4	$10 < D'' \leq 25$
5	$25 < D'' \leq 50$
6	$50 < D'' \leq 100$

Zusätzlich wurde für jede Flechtenart die Vitalität ermittelt. Normal entwickelte, vitale Flechten erhielten den Vitalitätsfaktor 1,0, besonders üppig entwickelte Flechten den Faktor 1,2. Wiesen die Flechten eine verringerte Anzahl von Fruchtkörpern, Deformierungen und/oder Nekrosen auf, erhielten sie je nach dem

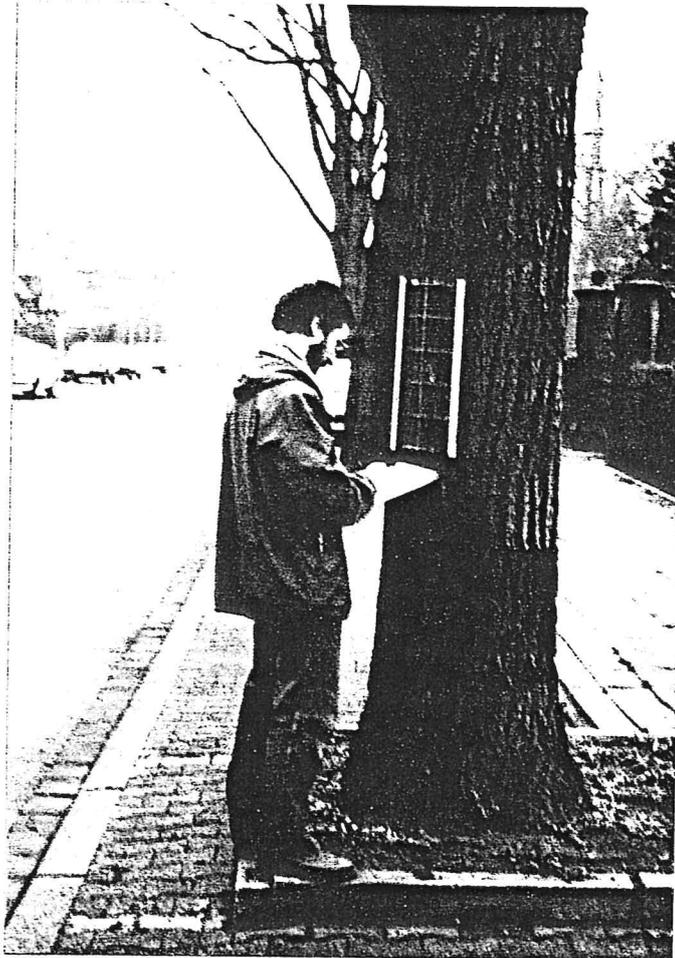


Abbildung 2: Aufnahme des rindenbesiedelnden Flechtenbewuchses

Grad der Vitalitätsminderung den Faktor 0,8 bzw. 0,6. Aus dem am Einzelbaum bestimmten Vitalitätsfaktor (V) wurde anschließend der mittlere Vitalitätsfaktor jeder Flechtenart für den Untersuchungsstandort errechnet (\bar{V}).

In die Berechnung des Luftgüte-Index ging neben dem Deckungsgrad und der Vitalität als weiterer Parameter die Empfindlichkeit der Flechten ein. Die Empfindlichkeitswerte sind anhand von Literaturangaben über die maximalen von den einzelnen Flechtenarten noch tolerierten Schadstoffgehalte im Freiland ermittelt worden. Dabei wurde nur SO_2 als Leitsubstanz von Immissionsgemischen berücksichtigt, da Literaturangaben über die Wirkung anderer Schadstoffe auf Flechten bisher nicht in ausreichendem Umfang vorliegen. Die ausgewerteten Untersuchungen sind zwischen 1970 und 1975 durchgeführt worden, also zu einer Zeit, als in Mitteleuropa Schwefeldioxid die wirkungsbezogen wichtigste Immissionskomponente und somit repräsentativ für die Gesamtimmisionsbelastung war. Die unempfindlichste Flechtenart (*Lecanora conizaeoides*) erhielt den Empfindlichkeitswert 1,0. Die Empfindlichkeitswerte der übrigen Flechtenarten sind hierauf bezogen.

Aus den Deckungsgraden, der Vitalität und den Empfindlichkeitswerten wurde nach folgender Formel der Luftgüte-Index (LuGI) errechnet:

$$\text{LuGI} = \frac{\sum_{i=1}^n D_i^* \cdot \bar{V}_i \cdot E_i}{\sum_{i=1}^n D_i^*}$$

(D_i^* = Deckungsgradklasse der Art i)

(\bar{V}_i = mittlerer Vitalitätsfaktor der Art i)

(E_i = Empfindlichkeitswert der Art i)

Um auch in solchen Gebieten eine räumliche Differenzierung zu ermöglichen, in denen aufgrund hoher Immissionsbelastung nur noch die unempfindlichste Flechtenart, *Lecanora conizaeoides*, zu existieren vermag, in denen somit (bei normaler Vitalität der Flechte) nach obiger Formel der Luftgüte-Index stets den Wert 1,0 annimmt, wurde an Untersuchungsstandorten mit ausschließlichem und vitalem Vorkommen von *Lecanora conizaeoides* der Luftgüte-Index nach dem Deckungsgrad wie folgt abgestuft (Tabelle 2):

Tabelle 2: Luftgüte-Indices bei ausschließlichem Vorkommen von *Lecanora conizaeoides*

Deckungsgradklasse von <i>Lecanora conizaeoides</i>	Luftgüte-Index
0,5/ 1/ 2/ 3	0,7
4	0,8
5	0,9
6	1,0

Wenn *Lecanora conizaeoides* als einzige Flechtenart mit sehr geringen Deckungsgraden auftritt und zudem Immissionsschäden aufweist, führt dies rein rechnerisch zu Luftgüte-Indices von 0,6 bis 0,4. Diese minimalen und zudem immissionsgeschädigten Vorkommen sind im Hinblick auf die Beurteilung der Luftgüte genau so zu behandeln wie völliges Fehlen von epiphytischem Flechtenbewuchs und werden daher zur Luftgütestufe 0 gezählt.

Für die Darstellung der Ergebnisse wurden die Luftgüte-Indices zu zwölf Luftgütestufen zusammengefaßt. Die Definition der einzelnen Luftgütestufen ist der Tabelle 3, ihre farbliche Kennzeichnung der beigefügten Karte zu entnehmen.

Tabelle 3: Merkmale der Luftgüte-Stufen

Stufe	Typischer Flechtenbewuchs	Belastungsgrad
<0,7	Kein Flechtenbewuchs	Übermäßig hohe Belastung
0,7	Sehr kümmerlicher Bewuchs mit <i>Lecanora conizaeoides</i>	Sehr hohe Belastung
0,8	Kümmerlicher Bewuchs mit <i>Lecanora conizaeoides</i>	
0,9	Eingeschränkter Bewuchs mit <i>Lecanora conizaeoides</i>	
1,0	Guter Bewuchs mit <i>Lecanora conizaeoides</i>	Hohe Belastung
1,1-1,2	Neben <i>Lecanora conizaeoides</i> Bewuchs mit weiteren resistenten Krustenflechten und/oder sehr spärlicher Bewuchs mit resistenten Blattflechten	Ziemlich hohe Belastung
1,3-1,5	Neben dominierenden Krustenflechten Bewuchs mit resistenten Blattflechten	Mäßig hohe Belastung
1,6-1,8	Guter Bewuchs mit resistenten Blattflechten. Gelegentlich empfindlichere Blattflechten und vereinzelt Strauchflechten	Mittlere Belastung
1,9-2,2	Resistentere und empfindlichere Blattflechten sowie Strauchflechten	Ziemlich geringe Belastung
2,3-2,6	Neben resistenten vor allem empfindlichere Blattflechten und Strauchflechten, vereinzelt Bartflechten	Geringe Belastung
2,7-3,1	Empfindlichere Blattflechten, Strauchflechten, Bartflechten	Sehr geringe Belastung
>3,1	Überwiegend Strauchflechten und Bartflechten	Nicht nachweisbare Belastung

...

4 Ergebnisse

4.1 Übersicht über das Flechtenvorkommen

Im Stadtgebiet Hemer wurden an den untersuchten "Normbäumen" insgesamt 24 Flechtenarten gefunden. Die genaue Lage und die Bezeichnung der Untersuchungsstandorte sind der Tabelle 4 (Anhang) zu entnehmen. Von den 24 Arten gehören 7 zu den Krustenflechten, 15 zu den Blattflechten und 2 zu den Strauchflechten (vgl. Tabelle 5). Tabelle 6 (im Anhang) enthält eine Übersicht über ihr Vorkommen sowie Angaben zur Altersstruktur und Vitalität der Arten an den einzelnen Untersuchungsstandorten. Die Spanne der Empfindlichkeitswerte der Flechtenarten reicht von 1,0 (*Lecanora conizaeoides*) bis 2,8 (*Evernia prunastri*, *Hypogymnia tubulosa*, *Pseudevernia furfuracea*).

Die Anzahl der Flechtenarten pro Standort variiert zwischen zwei und dreizehn, wobei an 24 % der Standorte nur zwei Flechtenarten vorkommen. Letztere Standorte finden sich bis auf einen (Nr. 50), der im Südosten des Gebietes liegt, in der Mitte von Hemer (Nr. 11, 15, 18, 22, 25, 28, 29) und in den nördlichen Siedlungen Stübecken und Landhausen (Nr. 4, 5, 8, 9, 10). 27 % der Standorte weisen mehr als fünf Flechtenarten auf. Eine Artenzahl von zehn und mehr wurde nur an drei Standorten registriert (Nr. 1, 2, 44).

Lecanora conizaeoides, die toxitoleranteste Flechte, kommt an allen Standorten vor und ist damit die häufigste Art im Kartierungsgebiet. Eine weitere sehr immissionsresistente Krustenflechte, *Lepraria incana*, ist ebenfalls sehr häufig und fehlt nur an 8 Standorten (das sind 15 %). Ausschließlich von den beiden bereits genannten Krustenflechten werden nur 8 Standorte besiedelt. Diese liegen bis auf die Standorte Nr. 11 und Nr. 25 im Nordosten des Stadtgebietes. Die restlichen Standorte (85 %) weisen auch empfindlichere Blatt- und/oder Strauchflechten auf.

Weitere ebenfalls toxitolerante Krustenflechten wurden nur verhältnismäßig selten gefunden (s. Tabelle 5). Hier steht *Hypogymnia scalaris* mit einer relativen Häufigkeit von 22 % an erster Stelle.

Als häufigste Blattflechte besiedelt *Hypogymnia physodes* 62 % der Standorte (vgl. Tabelle 5). Sie gehört mit den vergleichsweise auch noch recht häufigen Arten *Parmelia saxatilis* und *Parmelia sulcata* zu den mittelempfindlichen Blattflechtenarten. Alle weiteren als genauso immissionsempfindlich eingestuften Blattflechtenarten sind mit einer Häufigkeit von weniger als 25 % vorhanden. Die empfindlicheren Blattflechten *Parmeliopsis ambigua*, *Xanthoria candelaria*, *X. parietina*, *X. fallax* und *Parmelia exasperatula* treten noch an 20 % der Standorte auf. Die Standorte liegen im Norden (Nr. 1, 2), im Nordosten (Nr. 16, 17, 24) und im Süden des Stadtgebietes (Nr. 44, 45, 46, 51, 54). Die empfindlichen Strauchflechten *Evernia prunastri* und *Pseudevernia furfuracea* wurden in Einzelexemplaren an 15 % der Standorte mit häufig verringerter Vitalität gefunden. Die Hauptverbreitung liegt im südlichen Teil des Untersuchungsgebietes.

Tabelle 7 ermöglicht einen Vergleich der in Hemer verzeichneten Gesamtanzahl von 24 Flechtenarten mit den Artenzahlen einiger anderer, vom Rheinisch-Westfälischen TÜV untersuchten Stadtgebiete. Die Zahlen beziehen sich ausschließlich auf die in den standardisierten Aufnahmeflächen gefundenen Arten.

Tabelle 5: Flechtenarten im Stadtgebiet von Hemer mit ihren absoluten und relativen Häufigkeiten

Flechtenarten	Häufigkeit an den Standorten	
	absolut	relativ %
Krustenflechten		
Lecanora conicaeoides	55	100
Lecanora expallens	2	4
Lepraria incana	47	85
Lecanora hageni-Agg.	3	5
Buellia punctata	8	15
Hypocenomyce scalaris	12	22
Scoliciosporum chlorococcum	1	2
Blattflechten		
Hypogymnia physodes	34	62
Parmelia saxatilis	15	27
Parmelia sulcata	16	29
Physcia caesia	2	4
Physcia dubia	3	5
Physcia orbicularis	11	20
Physcia tenella	13	24
Physcia nigricans	1	2
Parmeliopsis ambigua	6	11
Xanthoria candelaria	2	4
Xanthoria parietina	2	4
Xanthoria fallax	2	4
Parmelia exasperatula	3	5
Hypogymnia tubulosa	4	7
Platismatia glauca	5	9
Strauchflechten		
Evernia prunastri	7	13
Pseudevernia furfuracea	1	2

Tabelle 7: Artenzahlen rindenbewohnender Flechten in einigen ausgewählten Städten

Gebiet/Stadt	Untersuchungsjahr	Artenzahl
Stolberg	1988	36
Hagen	1990	28
Wuppertal	1987	24
Iserlohn	1986 - 1988	23
Lübeck	1989 - 1990	21
Düren	1986	19
Schwelm	1990	15
Velbert	1986	14
Kreis Unna	1988	13
Gevelsberg	1989	10
Leverkusen	1989	9
Dortmund	1990	8
Moers	1986	6
Gladbeck	1988	3
Herten	1989	1
-----	-----	-----
Hemer	1990	24

Wesentlich stärker als in Hemer ist die Flechtenflora in den Städten der Belastungsgebiete (Ruhrgebiet, Rheinschiene) und in deren Umkreis verarmt. Die etwas höhere Artenzahl in Dortmund beruht darauf, daß der Süden Dortmunds bereits Anteil am Sauerland hat. Auch die höhere Artenzahl des Kreises Unna kommt allein durch den Anteil des Kreises am Süderbergland (Sauerland) zustande. Die Städte des Bergischen Landes und des Sauerlandes weisen Artenzahlen von über 20 auf, soweit sie mit ihren südlichen Stadtteilen genügend Abstand und Abschirmung vor den Immissionsn aus den Ballungsräumen haben. In Gevelsberg, wo diese Voraussetzung nicht gegeben ist, beträgt die Artenzahl nur 10.

Zusammenfassend kann man feststellen, daß die Flechtenflora im Stadtgebiet Hemer immissionsbedingt verarmt ist. Dies gilt besonders für die Siedlungen Landhausen und Stübbecken, wo ausschließlich toxitolerante Krustenflechten vorkommen. Eine etwas bessere Immissionssituation spiegeln die Standorte im dicht besiedelten Ortskern im Zentrum Hemers sowie in den Stadtteilen Deilinghofen, Bredenbruch und Ihmert wider. Hier kommen bis auf zwei Ausnahmen an allen Standorten mittelempfindliche Blattflechten vor. Generell ist im Stadtgebiet deutlich ein verstärktes Auftreten von empfindlicheren Blatt- und Strauchflechten neben relativ toxitoleranten Arten zu den Stadträndern hin zu beobachten. Hiervon ist jedoch wie bereits erwähnt der Nordosten ausgenommen.

4.2 Luftgüte-Indices und Luftgütezonen im Stadtgebiet Hemer

Die im Stadtgebiet von Hemer ermittelten Luftgüte-Indices sind mit der Bezeichnung und Nummer des zugehörigen Untersuchungsstandortes in Tabelle 4 (Anhang) aufgeführt. Die räumliche Ausdehnung der Luftgütezonen ist der beigefügten Karte zu entnehmen. Die Grenzen zwischen den Luftgütezonen sind dabei nicht als scharfe Grenzlinien aufzufassen, sondern als Markierungen mehr oder weniger breiter Übergangsbereiche.

Im Stadtgebiet von Hemer reicht die Spanne der Luftgüte-Indices von 1,0 bis 1,8. Flächenhaft lassen sich 4 Zonen ausweisen: die Zonen 1,0; 1,1-1,2; 1,3-1,5 und 1,6-1,8. Diese werden im folgenden in ihrer räumlichen Ausdehnung beschrieben und hinsichtlich ihrer geomorphologischen Eigenarten näher charakterisiert.

Die Zone mit dem niedrigsten Luftgüte-Index 1,0 befindet sich nicht im Stadtzentrum von Hemer, sondern nordwestlich davon in Stübbecken/Landhausen. Sie erstreckt sich von der Stadtgrenze nach Iserlohn zwischen Hinterster Berg und Bismarckturm bis zur Märkischen Straße. Das Gebiet ist zum überwiegenden Teil ländlich strukturiert und weist keine größeren Emissionsquellen

auf. Die Fortsetzung der Zone 1,0 auf Iserlohner Stadtgebiet im Bereich Sümmer-Nord/Rombrock läßt die Vermutung zu, daß die niedrigen Luftgüte-Indices durch Emittenten außerhalb des Stadtgebietes von Hemer wesentlich mitverursacht werden. Bei den Luftgüte-Untersuchungen in Iserlohn (Rabe et al. 1989b) wurden in ausgedehnten ländlichen Gebieten ohne bemerkenswerte Emittenten Luftgüte-Indices von 1,1-1,2 gefunden. Diese Werte stellen offensichtlich die jeweilige örtliche Grundbelastung dar, die im wesentlichen durch ferntransportierte Immissionen bedingt wird. Bei Überlagerung mit Immissionen aus örtlichen Quellen sinkt die Luftgüte noch weiter auf 1,0 ab. Diese Verschlechterung der Luftgüte gegenüber der Umgebung betrifft in Iserlohn die Gebiete um Rombrock und Sümmer; ihr Einfluß reicht bis auf Hemeraner Stadtgebiet.

Die nächstbessere Luftgütezone 1,1-1,2 umfaßt die Kernstadt Hemer mit den Stadtteilen Becke, Westig, Sundwig und Deilinghofen. Ein Ausläufer dieser Zone erstreckt sich im Ihmerter Tal über den Stadtteil Bredenbruch bis zum Stadtteil Ihmert.

Der Hauptteil der Zone in Hemer und der Ausläufer im Ihmerter Tal sind unterschiedlich zu bewerten. In Hemer überlagert sich die Grundbelastung aus dem Fern- und Mesotransport mit Immissionen aus östlichen Quellen. Die Grundbelastung in diesem Gebiet dürfte durch Luftgüte-Indices von etwa 1,3 bis 1,5 charakterisiert sein, wie sie im ländlichen Raum von Apricke und Riemke auftreten. Daß die Immissionen aus den Gewerbe- und Industriebetrieben, dem Hausbrand und dem Kfz-Verkehr in Hemer-Stadt den Luftgüte-Index nicht weiter absinken lassen, hat seine Ursache vermutlich in dem guten Luftaustausch, der in der breiten Mulde der in West-Ost-Richtung verlaufenden Massenkalksenke erfolgen kann. Ein ähnlich positiver Effekt war auch in Iserlohn festgestellt worden. Das die Mulde querende Tal des Sundwiger Baches ist offensichtlich breit genug, um den Luftaustausch nicht zu behindern. Innerhalb der Zone sind die Luftgüte-Indices auffällig verteilt: während in Deilinghofen

und Sundwig Luftgüte-Indices von 1,2 überwiegen, erreichen sie in Hemer-Stadt und in Westig weitgehend nur den Wert 1,1. Zwar liegt der Unterschied zwischen beiden Werten im Rahmen der biologischen Streuung der Flechtenvegetation, doch läßt die flächenhafte Verteilung der unterschiedlichen Werte den Schluß zu, daß die höhere Emittentendichte und die weniger günstigen Luftaustauschverhältnisse aufgrund der dichteren Bebauung in Hemer-Stadt die niedrigeren Luftgüte-Indices bedingen. Ein möglicher zusätzlicher positiver Effekt könnte in Dreilinghofen und in Sundwig in Form von Kaltluftflüssen von den Freiflächen auf den Hängen des Balver Waldes auftreten. Kaltluftflüsse bilden sich bei Strahlungswetterlagen während der abendlichen und nächtlichen Ausstrahlungsphase. Danach würde die bei den austauscharmen Strahlungswetterlagen auf den Hanglagen gebildete relativ saubere Kaltluft in die besiedelten Bereiche strömen und dort die Luftqualität verbessern. Die tatsächliche Existenz dieser Kaltluftströme müßte allerdings erst durch klimatische Messungen nachgewiesen werden.

Das Ihmerter Tal mit gleich hohen Luftgüte-Indices weist andere Bedingungen auf: Die Grundbelastung aus dem Ferntransport ist sicherlich geringer - einerseits wegen der größeren Entfernung zu den Ballungsräumen, andererseits wegen der Abschirmung durch die vorgelagerten Berge (u. a. Königsberg, Sülberger Kopp). Kerbtäler wie das Ihmerter Tal nehmen am großräumigen Luftaustausch nur bei Starkwindwetterlagen teil, so daß auch daher im Tal die Grundbelastung niedriger ist als auf den benachbarten Hochflächen. Der stark eingeschränkte Luftaustausch führt aber auch dazu, daß örtliche Emittenten (Kfz-Verkehr, Hausbrand, Gewerbe) die Immissionssituation eher verschlechtern können als auf der Ebene. Somit bedingt die orographische Talstruktur in Verbindung mit den vorhandenen Emittenten die Luftgütestufe 1,1-1,2. Im sich verbreiternden Tal bei Ihmert wird der verbesserte Luftaustausch kompensiert durch die höheren Emissionen im Stadtteil Ihmert (vor allem Kfz-Verkehr und Hausbrand).

...

Eine weitere kleine Zone mit Luftgüte-Index 1,1-1,2 befindet sich auf den landwirtschaftlichen Flächen nördlich des Kehlberges. Diese Zone charakterisiert die nach Osten abnehmende Grundbelastung gegenüber Landhaus/Stübecken.

Noch weiter östlich verbessert sich die Luftgüte auf die Stufe 1,3-1,5. Hierbei ist wiederum die kleine Zone in Oese anders zu betrachten als die Zone um Apricke und Riemke.

In Oese besteht infolge der Tallage zwischen Kasberg und Stockschlade eine gewissen Abschirmung gegenüber dem Ferntransport. Auf der anderen Seite schafft der starke Durchgangsverkehr auf der B7 sowie örtliche Emittenten (Hausbrand) in Verbindung mit Schadstofftransport aus Hemer-Stadt bei südwestlichen Winden eine erhöhte Immissionsbelastung. Dieser Einfluß nimmt jedoch nach Nordosten und Norden bald ab, wie die sich anschließende Zone 1,6-1,8 zeigt.

Die Zone 1,3-1,5 um Apricke und Riemke charakterisiert die überörtliche Grundbelastung in diesem Gebiet. Es fehlen nennenswerte lokale Emittenten; zugleich ist der Luftaustausch auf den ebenen Flächen und Kuppenlagen gut.

Eine weitere Zone 1,3-1,5, die den südlichen Teil des Ihmerter Tales auf den höher gelegenen Flächen U-förmig umschließt, charakterisiert ebenfalls die überörtliche Grundbelastung.

Eine weitere Zone 1,3-1,5 ist im nördlichen Teil des Tales des Sundwiger Baches ausgebildet. Dieses Tal ist von der Orographie her mit dem Ihmerter Tal vergleichbar. Im Talausgang bei Sundwig dominiert die örtliche Belastungssituation von Sundwig mit Luftgütestufe 1,1-1,2. Bereits einige hundert Meter taleinwärts werden die Luftmassen des Tales durch diese Immissionen kaum noch beeinflusst, zugleich nimmt auch der Einfluß durch den Ferntransport ab (LuGI 1,3-1,5). Noch weiter talaufwärts - etwa ab der Wassergewinnungsanlage - verbessert sich der Luftgüte-Index

auf die Stufe 1,6-1,8. Somit weist die Tallage um Stephanopel und Ispei aufgrund ihrer geschützten Lage und der relativ geringen örtlichen Emissionen die höchsten Luftgüte-Indices von Hemer auf.

Eine weitere Zone 1,6-1,8 ist im Nordosten des Stadtgebietes bei Grundscheid ausgebildet. Offensichtlich hat der neu angesiedelte Industriebetrieb keinen erkennbaren negativen Einfluß auf die Luftgüte. Die relativ hohen Luftgüte-Indices dürften auf den Abschirmeffekt gegenüber dem Immissions-Ferntransport aufgrund der vorgelagerten Bergzüge zurückzuführen sein.

4.3 Luftgüte-Indices und Entwicklung der Immissionsbelastung

Die Vitalität und die Altersstruktur einer Flechtenpopulation können Hinweise auf die Entwicklung der Immissionsbelastung in der jüngeren Vergangenheit geben. Wenn in einer Flechtengemeinschaft die empfindlicheren Arten nur durch junge Individuen vertreten sind, bedeutet dies, daß erst in jüngerer Zeit nach Verringerung der Immissionsbelastung eine Besiedlung durch die betreffende Art möglich geworden ist.

Im Stadtgebiet von Hemer traten an 15 der 55 Standorte überwiegend junge Exemplare der jeweils empfindlichsten Flechtenarten auf (vgl. Tabelle 6). Die Standorte liegen über die ganze Stadt verstreut, jedoch ausschließlich im besiedelten Bereich. Gehäuft treten diese Standorte in der Kernstadt von Hemer und in Sundwig auf. Sie sind Ausdruck einer sich in diesen Gebieten verbessernden Luftqualität.

Über die Ursachen der Luftqualitätsverbesserung können keine gesicherten Aussagen gemacht werden; es ist jedoch denkbar, daß die Auslagerung eines größeren Industriebetriebes aus der Innenstadt sowie durchgeführte emissionsmindernde Maßnahmen in anderen Betrieben einen Einfluß hatten. An den meisten der betroffenen Standorte ist der Jungwuchs dieser Flechten sichtbar durch

Immissionseinfluß in der Vitalität gemindert. Diese Streßsituation der Flechten läßt erkennen, daß die Luftqualitätsverbesserung nicht wesentlich sein kann.

Eine Verringerung der Grundbelastung durch ferntransportierte Immissionen dürfte als Hauptursache weniger in Frage kommen, da die Außenbereiche die Verbesserung der Luftqualität nicht zeigen. Auch in den benachbarten Städten Iserlohn (Rabe, 1990), Hagen (Wiegel und Boemer, 1990) und Dortmund (Wiegel et al., 1990) zeigten die Flechtenkartierungen des RWTÜV eine gewisse Verbesserung der Luftqualität, die ihren Schwerpunkt jeweils in den Innenstädten hatten.

4.4 Vergleich der Luftgütesituation von Hemer mit der Luftgüte anderer ausgewählter Städte

Nach der beim Rheinisch-Westfälischen TÜV entwickelten Methode zur Ermittlung von Luftgüte-Indices sind inzwischen mehr als 30 Städte und Gemeinden auf ihre lufthygienische Situation hin untersucht worden.

Ein entscheidender Vorteil der hier verwendeten LUGI-Methode liegt darin, daß die Luftgüte-Indices auch aus verschiedenen, räumlich entfernten Untersuchungsgebieten miteinander vergleichbar sind.

Eine Übersicht über typische Luftgüte-Indices verschiedener Städte, differenziert nach Stadtzentrum/Industriegebiet, Stadtrand und Außenbereich, gibt Tabelle 8:

Tabelle 8: Typische Luftgüte-Indices in einigen ausgewählten Städten und zum Vergleich in Hemer nach Untersuchungen des RWTÜV

Stadt	*)	Stadtzentrum/ Industriegebiet	Stadtrand	Außenbereiche
Duisburg	1986	0,7	0,9 - 1,0	-
Hagen	1990	0,7 - 0,8	NW 1,0 - 1,1 SO 1,1 - 1,3	NW 1,0 - 1,1 SO 1,3 - 1,8
Dortmund	1989	0,8	0,9 - 1,0	1,0 - 1,1
Herten	1989	0,9	1,0	1,0
Gladbeck	1988	0,9	1,0	1,0
Moers	1986	0,9 - 1,0	1,0	1,0
Velbert	1986	0,9 - 1,0	1,0	1,0 - 1,1
Witten	1988	0,9 - 1,0	1,1 - 1,2	1,1 - 1,2
Wuppertal	1987	0,9 - 1,0	1,1 - 1,2	1,2 - 1,4
Lünen	1988	1,0	1,0	1,0
Unna	1988	1,0	1,0	1,0
Gevelsberg	1989	1,0	1,1 - 1,2	1,1 - 1,2
Schwelm	1990	1,0	1,1 - 1,2	1,1 - 1,2
Viersen	1989	1,0	1,1 - 1,2	1,1 - 1,3
Schwerte	1988	1,0	1,1 - 1,2	1,2 - 1,3
Stolberg	1988	1,0	1,1 - 1,2	1,7 - 1,9
Lübeck	89/90	1,0	1,1 - 1,3	1,6 - 1,7
Iserlohn	86-88	1,0 - 1,1	1,1 - 1,2	1,2 - 1,4
Düren	1986	1,0 - 1,1	1,2	1,2 - 1,5
Aachen	1989	1,1	1,3 - 1,5	1,6 - 1,9
Sankt Augustin	1989	1,1 - 1,2	1,1 - 1,2	1,3 - 1,4
Borken	1986	1,2	1,2	1,3
Hemer	1990	1,1	1,2	1,3 - 1,5

*) Untersuchungsjahr

...

Die niedrigsten bisher gefundenen Luftgüte-Indices liegen bei 0,7 bzw. 0,8 in den Zentren einiger Ruhrgebietsstädte (Duisburg, Dortmund).

Im Sauerland und im Bergischen Land steigt das Luftgüteniveau gegenüber dem Ruhrgebiet rasch merklich an, wie aus der Tabelle 8 hervorgeht (Hemer, Iserlohn, Witten, Wuppertal, Gevelsberg, Velbert). Noch deutlich günstigere lufthygienische Verhältnisse als die im Bergischen Land und im Sauerland bisher vom RWTÜV untersuchten Städte weisen die am Eifelrand gelegenen Städte Aachen, Stolberg und Düren auf.

Bei den Städten des Sauerlandes und des Bergischen Landes, deren Zentren in Tälern liegen wie Hagen und Wuppertal, fallen die sehr niedrigen Luftgüte-Indices der Stadtzentren auf, während die Außenbereiche deutlich bessere Luftqualität aufweisen. Hier wird der Einfluß des Reliefs auf den Luftaustausch und damit auf die Luftqualität sichtbar: In den Tälern dominiert die autochtone Immissionssituation, während in den ebenen Lagen sowie auf Kuppen der Einfluß des Ferntransportes vorherrscht. Die lufthygienische Situation von Hemer ist am ehesten mit der von Iserlohn zu vergleichen, befindet sich aber durchgehend auf einem etwas höheren Niveau infolge geringeren Einflusses von ferntransportierten Immissionen.

5 Interpretation der Luftgüte-Indices in Bezug zur Stadtentwicklungsplanung

Luftgüte-Indices ermöglichen eine raumbezogene Differenzierung der Belastungshöhe. Als Teil eines Umweltkatasters können sie im Rahmen der kommunalen Planung berücksichtigt werden. Im folgenden werden Hinweise und Empfehlungen zu immissionsschutzrelevanten Bereichen der kommunalen Planung ausgesprochen (Bauleitplanung, Verkehrsplanung, Energieversorgung, Grünplanung). Vorab sollen die den Empfehlungen zugrunde liegenden Bewertungskriterien erläutert und anhand der Kriterien die Wohngüte aus lufthygienischer Sicht beurteilt werden.

5.1 Bewertung der Luftgüte-Indices

Die Bewertung der Luftgüte-Indices erfolgt an Hand der Skala in Tabelle 3. Die Skala umfaßt die Spanne der in der Bundesrepublik Deutschland vorkommenden Belastungsstufen. Somit sind die angegebenen Belastungsgrade (z.B. "sehr hohe Belastung") Relativangaben in Bezug zur Gesamtsituation in der BRD. Die höchste Stufe ist nur noch sehr selten anzutreffen, und die niedrigste Stufe, die noch in den 60er Jahren die Kernzone des Ruhrgebietes kennzeichnete, ist heute flächendeckend nicht mehr anzutreffen.

Ein Vergleich mit Tabelle 8 zeigt ortsübliche Luftgüte-Indices in einigen untersuchten Städten. Die Städte mit den niedrigsten Luftgüte-Indices (0,7 bis 1,0) liegen in ausgewiesenen Belastungsgebieten. Für diese Belastungsgebiete wird allgemein ein Bedarf an Maßnahmen zur Verbesserung der Luftqualität gesehen (1. Fortschreibungsgeneration der Luftreinhaltepläne in Nordrhein-Westfalen). Als lufthygienische Vorsorgewerte sollten daher höhere Luftgüte-Indices (mindestens 1,1) angesetzt werden.

Vergleiche von Luftgüte-Indices mit den Immissionsdaten der vorangegangenen zwei bis drei Jahre ergaben, daß in der Regel bei Luftgüte-Indices von 1,0 und niedriger die längerfristigen mittleren SO_2 - und NO_2 -Konzentrationen die Zielwerte der Weltgesundheitsorganisation (WHO) zum Schutz der menschlichen Gesundheit und zum Schutz der Vegetation erreichten oder überschritten (Wiegel, 1989; Rabe et al., 1989b). Diese Zielwerte der WHO berücksichtigen in gewissem Umfang auch Kombinationswirkungen mehrerer Immissionskomponenten. Daher erscheint derjenige Luftgüte-Index, bei dem in der Regel im mehrjährigen Mittel die WHO-Zielwerte unterschritten werden, als lufthygienischer Vorsorgewert geeignet. Dieser Luftgüte-Index beträgt 1,1.

Zu dieser Einschätzung gelangt man auch, wenn man die Beziehungen zwischen Luftgüte-Indices und Erkrankungshäufigkeiten des Menschen direkt untersucht. In zwei epidemiologischen Studien im Ruhrgebiet/Münsterland und im Bergischen Land wurden signifikante Zusammenhänge zwischen der durch die Flechten indizierten Luftgüte und der Häufigkeit bestimmter immissionsrelevanter Erkrankungen des Menschen festgestellt (Rabe und Beckelmann, 1987; Wichmann et al., 1987). Das Ergebnis dieser Studien läßt sich dahingehend zusammenfassen, daß bei Luftgüte-Indices unterhalb von 1,1 die Häufigkeit immissionsrelevanter Atemwegs-Erkrankungen schrittweise zunahm.

Eine unkritische Übertragung der genannten Studien auf andere Städte ist allerdings nicht möglich.

Überlegungen zur Bedeutung von Degradationen der Flechtenvegetation für die Gesundheit der Wohnbevölkerung sind so alt wie immissionsökologische Flechtenkartierungen selber. Bereits Nylander (1866) hat die Flechtenvegetation als einen "höchst empfindlichen Gesundheitsmesser" (hygiomètre très-sensible) bezeichnet. In ihrem "Handbuch zur Aufstellung von Luftrein-

halteplänen" gelangen Dreyhaupt et al. (1979) zu der Auffassung, daß nachgewiesene Flechtenschädigungen durch Luftverunreinigungen einen ernst zu nehmenden Hinweis auf mögliche Gesundheitsgefahren für den Menschen geben. Mit der Flechtenkartierung steht damit ein Instrument zur Verfügung, das es gestattet, für die Wohnbevölkerung lufthygienisch problematische Bereiche (Luftgüte-Index $< 1,1$) von unproblematischen (Luftgüte-Index $1,1$ und höher) abzugrenzen.

Aufgrund der zeitlich integrierenden Anzeige des Bioindikators Flechte schließt diese Bewertung Schadstoffbelastungen aus den zurückliegenden Jahren mit ein. Im Falle abnehmender Schadstoffbelastung, wie sie in vielen Teilen der Bundesrepublik Deutschland zumindest für Schwefeldioxid durch Immissionsmessungen dokumentiert ist, kann es deshalb sein, daß die aktuelle Immissionsituation allein als günstiger einzustufen wäre.

Unter dem Gesichtspunkt des Vorsorgeprinzips werden Luftgüte-Indices unterhalb von $1,1$ als Hinweis auf problematische Luftgüteverhältnisse aufgefaßt - unabhängig vom jeweiligen aktuellen Trend der Immissionsbelastung. In den betroffenen Gebieten sollte daher dem Immissionsschutz bei kommunalen Planungen (Bauleitplanung, Verkehrsplanung, Grünplanung, Energieversorgung) eine besondere Beachtung geschenkt werden.

Im Falle der Stadt Hemer gilt dies für den Bereich Stübecken/Landhausen (vgl. Kapitel 4 und die beigefügte Karte zur Luftgüte). Das übrige Stadtgebiet verfügt über eine bessere Luftgüte. Allerdings ist im Stadtzentrum mit Luftgüte-Indices von $1,1-1,2$ der Abstand zu dem problematischen Luftgüte-Index von $1,0$ ausgesprochen gering, so daß eine vorsorgende kommunale Planung dem Immissionsschutz in diesem Gebiet den gleichen Stellenwert einräumen wird wie in Stübecken/Landhausen.

...

5.2 Kommunale Möglichkeiten zur Verbesserung der lufthygienischen Situation - Hinweise für das Gesamtgebiet

Möglichkeiten zur Verbesserung der lufthygienischen Situation bestehen in aktiven und passiven Immissionsschutzmaßnahmen, die in den Abschnitten 5.2.1 bis 5.2.4 generell dargestellt werden. Allgemein gilt, daß im Sinne des Vorsorgegedankens vor allem in den Gebieten mit Luftgüte-Indices unter 1,1 dem Immissionsschutz bei kommunalen Planungen (Bauleitplanung, Verkehrsplanung, Grünplanung, Energieversorgung) eine entsprechende Beachtung geschenkt werden sollte.

5.2.1 Aktive Maßnahmen zur Verringerung der Immissionsbelastung

Mit den aktiven Maßnahmen wird direkt auf die Höhe der Immissionen Einfluß genommen, und zwar in erster Linie durch Minderung der Emissionen, in zweiter Linie durch Verbesserung der Ableitungsbedingungen.

Die Maßnahmen betreffen die Emittentengruppen: Straßenverkehr und Hausbrand/Kleingewerbe. Der Sektor Industrie/Kraftwerke wird hier nicht behandelt, da er im wesentlichen außerhalb der kommunalen Einflußmöglichkeiten liegt. Maßnahmen zur Emissionsminderung und -begrenzung werden in diesem Bereich durch die entsprechenden Rechtsverordnungen und Verwaltungsvorschriften zum Bundesimmissionsschutzgesetz (z. B. Großfeuerungsanlagenverordnung) geregelt.

Die Bedeutung der verkehrsbedingten Immissionen ist nicht näher anzugeben. Ein hohes Verkehrsaufkommen herrscht auf der B 7, der West-Nord-Verbindung, ferner auf den Landesstraße L 682 und L 683, die sowohl den Durchgangsverkehr als auch einen großen Teil des Ziel- und Quellverkehrs in die Innenstadt (Hauptstraße) bringen.

...

Da auch in Zukunft Steigerungsraten, insbesondere bei der Fahrleistung im Wirtschaftsverkehr mit Einführung des europäischen Binnenmarktes zu erwarten sind, ist auch mit einem weiteren Anstieg der Verkehrsemissionen zu rechnen, der durch den verstärkten Einsatz des Katalysators mittelfristig kaum kompensiert werden dürfte. Insbesondere im Stadtzentrum ist infolge des verringerten Luftaustausches aufgrund der dichten Bebauung die Belastung durch Kfz-Abgase nicht zu vernachlässigen.

Im Rahmen der Verkehrsplanung ist eine Reihe von Maßnahmen denkbar, die zu Emissionssenkungen beim Wirtschafts- und beim Privatverkehr führen:

- Förderung des nicht motorisierten Verkehrs zum Beispiel durch Ausweisung von Fußgängerzonen, verkehrsberuhigte Bereiche, sowie Schaffung und Ausbau eines Radwegenetzes mit der dazugehörigen Infrastruktur.
- Der Ausbau und die attraktive Gestaltung des öffentlichen Personennahverkehrs im gesamten Bereich des Verkehrsverbundes mit dem Ziel, ihn zu einer in stärkerem Maße auf breiter Basis akzeptierten Alternative zum Individualverkehr zu machen.
- Geschwindigkeitsbeschränkungen (Ausweisung von Tempo 30 - Zonen) und die Verknappung und Bewirtschaftung des Parkraumes besonders im Zentrum.

Im Rahmen einer die Umweltbelange berücksichtigenden Verkehrsentwicklungsplanung ist ferner ein ganzes Bündel von Maßnahmen möglich, das hier nicht im einzelnen erläutert werden kann (siehe Apel, 1984; BfLR, 1983; Topp, 1988; KVR, 1986).

Zu den aktiven Maßnahmen gehören ferner die Verringerung der Emissionen aus Haushalt und Kleingewerbe. Denkbare Maßnahmen mit besonderer Wirksamkeit sind z.B.:

...

-
- Förderung bzw. Propagierung der Umstellung auf schadstoffärmere Brennstoffe, wie Gas, durch städtische Maßnahmen (z. B. Einrichtung eines Energieberatungsdienstes bei der Stadtverwaltung, finanzielle Anreize, etwa bei den Anschlußgebühren, Auflegung eines kommunalen Energiesparförderungsprogrammes)
 - Einrichtung von Nahwärmenetzen, die von Blockheizkraftwerken versorgt werden, wo eine Fernwärmeversorgung nicht möglich oder sinnvoll ist
 - Einspeisung industrieller und gewerblicher Prozeßwärme in Wärmeverbundnetze
 - Nutzung von Abwärmepotentialen an privaten und kommunalen Gebäuden
 - Nutzung regenerativer Energien (Solarenergie) zur Unterstützung der Wärmeversorgung privater und kommunaler Gebäude
 - Berücksichtigung der Möglichkeiten zur Nutzung passiver Solarenergie bei der Ausweisung neuer Wohngebiete
 - Durchführung eines Energiesparprogrammes für kommunale Gebäude

Ferner gibt es eine Reihe kleinerer Maßnahmen, die erst in der Summe wirksam werden, z. B. Einschränkung der Nutzung privater offener Kamine oder Verbot des Verbrennens von Gartenabfällen durch Ortssatzung.

5.2.2 Passive Maßnahmen: Förderung von Durchgrünungen

Kommunale Möglichkeiten zur Verringerung der Immissionsbelastung bestehen auch darin, die Filterwirkung der Vegetation, insbesondere von Bäumen zu nutzen. Die Filterwirkung der Vegetation darf allerdings nicht überschätzt werden. Selbst im günstigsten Fall ist eine maximale Immissionsverminderung von 10 % zu erreichen. Immissionsschutzpflanzungen haben daher aus lufthygienischer Sicht gegenüber anderen immissionsmindernden Maßnahmen nur eine zweitrangige Bedeutung. Sie können generell nur bei niedriger Quellhöhe von Emissionen wirksam werden. Unbenommen von diesen Feststellungen sind die übrigen Wohlfahrtswirkungen innerstädtischen Grüns.

Für die verdichteten Bereiche, im wesentlichen die Gemengelagen des Kerngebietes wird daher vorgeschlagen:

- Bepflanzung von Straßen und Fußgängerzonen mit Bäumen,
- Begrünung und Entsiegelung von Parkplätzen (Richtwert: ein großkroniger Baum pro 4 - 6 Stellplätze),
- Anstreben eines höheren Grünflächenanteils, möglichst als zusammenhängendes Grünflächensystem (Mit Bäumen bestandene Flächen können durch Staubfilterung zur Verbesserung der Luftgüte beitragen und außerdem eine Verbesserung des Lokalklimas bewirken),
- Begrünung von größeren, nicht vollständig geschlossenen Innenhöfen,
- Begrünung von Fassaden,
- Begrünung von Flachdächern auf Wohn-, Gewerbe- und Garagenbauten sowie auf Einrichtungen für den Gemeinbedarf,

...

- Finanzielle Förderung von privaten Begrünungsmaßnahmen sowie Beratung dazu.

Die besiedelten Bereiche in Hemer verfügen zum Teil schon durch Privatgärten und Abstandsgrün über einen recht hohen Grünflächenanteil. Dieser läßt sich aber möglicherweise in dem einen oder anderen Fall noch erhöhen bzw. in seiner lufthygienisch-klimatischen Wirksamkeit verbessern. So können beispielsweise Rasenflächen in Wiesen umgewandelt und/oder ggf. mit Bäumen oder Sträuchern bepflanzt werden (Erhöhung der Verdunstung und damit der Luftfeuchtigkeit und Erhöhung der Abscheidung von Luftschadstoffen).

Für die Flächen, die gemäß FNP als neue Flächen oder als Erweiterungen bestehender Flächen für Gewerbe- und Wohngebiete vorgesehen sind, wird vorgeschlagen, die klimatisch und lufthygienisch günstigste Stellung der Gebäude zu untersuchen und bei der Aufstellung des Bebauungsplanes zu berücksichtigen.

Da die Filterwirkung der Vegetation umso größer ist, je geringer der Abstand der Pflanzenbestände zur Emissionsquelle ist, empfiehlt sich die nachträgliche intensive Durchgrünung der Gewerbe- und Industriegebiete mit raschwüchsigen Gehölzen (Bäume und Sträucher). Dies gilt vor allem für die Gewerbegebiete in Höcklingsen, Sundwig und Westig. In Bebauungsplänen für neue Gewerbe- und Industriegebiete sollten entsprechende Bepflanzungspläne als integrativer Bestandteil enthalten sein.

5.3 Hinweise zu Planungen und Maßnahmen in einzelnen Stadtteilen

Die nachfolgende Gliederung der Stadtteile richtet sich nicht nach den Verwaltungsgrenzen, sondern nach lufthygienisch-topographischen Gegebenheiten. Als erster Bereich wird die LuGI-

...

Zone 1,0 in Stübecken/Landhausen besprochen. Es folgt die Kernstadt mit den Stadtteilen Becke, Sundwig und Westig. Der dritte Abschnitt behandelt den Stadtteil Deilinghofen und Umgebung. Im vierten Abschnitt werden die südlichen Stadtbezirke besprochen.

5.3.1 Stübecken/Landhausen

Das Gebiet Stübecken/Landhausen deckt sich mit der LuGI-Zone 1,0. In diesem Gebiet herrscht - trotz relativ geringer örtlicher Emittentendichte - mit einem Luftgüte-Index von 1,0 die ungünstigste lufthygienische Situation in Hemer. Die relativ geringe örtliche Emittentendichte läßt den Schluß naheliegen, daß der entscheidende Teil der Immissionsbelastung aus dem Meso- und Ferntransport stammt. Somit besteht eine Diskrepanz zwischen Handlungsbedarf und unmittelbaren kommunalen Möglichkeiten zur Senkung der Immissionsbelastung. Eine Senkung der örtlichen Emissionen ist möglich durch Umstellung der Hausfeuerungen von flüssigen/festen Brennstoffen auf Gas oder - in noch stärkerem Maße - durch Errichtung eines Blockheizkraftwerkes mit Nahwärmenetz für die Häuser in Stübecken. Letztere Möglichkeit dürfte allerdings wegen der lockeren Bebauungsstruktur hohe Erschließungskosten verursachen. Auch eine flächenhafte Umstellung auf Erdgas in Stübecken müßte mit finanziellen Anreizen für die Hausbesitzer unterstützt werden - eine Investition, die sich für den Umweltschutz sicherlich lohnt.

Für den Immissionsschutz positiv ist die im Flächennutzungsplan von 1978 dargestellte Bebauungsgrenze, die lediglich Arrondierungen der vorhandenen Wohnbebauung vorsah. Auch in der Fortschreibung des FNP sollte die Bebauung nicht ausgeweitet werden, zum einen, um zusätzliche Emissionen zu vermeiden, zum anderen, um den Anteil der Wohnbevölkerung in der LuGI-Zone 1,0 nicht zu vergrößern.

5.3.2 Kernstadt, Becke, Sundwig, Bestig

Das nachfolgend behandelte Gebiet umfaßt die LuGI-Zone 1,1-1,2 in der Kernstadt und in Becke. Ihmerter Tal und Stephanopeler Tal gehören nicht dazu; wohl aber wird das Oeser Tal von Becke bis zur Stadtgrenze mitbetrachtet.

Der größte Teil der Bevölkerung von Hemer wohnt in einem Gebiet, das lufthygienisch nicht problematisch ist. Die Altersverteilung der Flechtenarten weist darauf hin, daß in früheren Jahren die Belastung höher gewesen sein muß. Möglicherweise hat die Auslagerung eines größeren Betriebes aus der Kernstadt in das Gewerbegebiet Edelburg zur Verbesserung beigetragen.

Lufthygienisch-städtebauliches Planungsziel sollte es sein, die derzeitige Luftqualität zumindest zu erhalten, wenn nicht zu verbessern. Alle gemäß FNP geplanten Flächennutzungsänderungen laufen - soweit erkennbar - diesem Ziel nicht zuwider. Ein Problembereich könnte allenfalls das geplante - und teilweise schon realisierte - Gewerbegebiet Westig sein. Aufgrund seiner erheblichen Ausdehnung kann es bei Ansiedlung von stärker emittierenden Betrieben zu einer bemerkenswerten Emissionsquelle werden. Es empfiehlt sich daher für die Stadt, bei der Ansiedlung neuer Betriebe solche mit geringeren Emissionen zu bevorzugen bzw. emissionsmindernde Maßnahmen im Bebauungsplan festzusetzen. Vorsorglich sollten die Grünflächen, die das Gewerbegebiet von den benachbarten Wohnbauflächen trennen, als funktionsfähige Immissionsschutzpflanzungen ausgebildet werden. Ferner wären Immissionsschutzpflanzungen im Gewerbegebiet selber lufthygienisch günstig, besonders wenn die Bebauungspläne Anpflanzungen unmittelbar auf den Betriebsgeländen vorsehen (nahe an den Emissionsquellen). Hiermit könnte ein Teil der Immissionen aus bodennahen Quellen von den Vegetationsbeständen sorbiert werden.

Aus Vorsorgegründen ist die Stadt Hemer gut beraten, wenn in der Kernstadt durch Umsetzung möglichst vieler von in Abschnitt 5.2 vorgeschlagenen Maßnahmen die Luftqualität in der Innenstadt zumindest auf dem derzeitigen Niveau gehalten wird, denn es steht zu befürchten, daß durch die weitere Zunahme des Kfz-Verkehrs die Immissionsbelastung ansteigen wird.

Nördlich von Becke nimmt im Tal der Oese die Luftgüte deutlich zu und erreicht im Gewerbegebiet Edelburg den Wert von 1,8. Es kann hier nicht entschieden werden, ob sich die Immissionen des neu angesiedelten Industriebetriebes auf den Langzeitindikator Flechtenvegetation noch nicht ausgewirkt haben oder ob die in der unmittelbaren Nachbarschaft wirkenden Immissionen tatsächlich so gering sind. Auf jeden Fall stehen der Ansiedlung weiterer Betriebe aus lufthygienischer Sicht keine Bedenken entgegen. Vorsorglich ist aber auch hier wie im Gewerbegebiet Westig in den Bebauungsplänen - sofern nicht schon aufgestellt und rechtskräftig - die Anlage von Immissionsschutzpflanzungen vorzusehen.

5.3.3 Deilinghofen und Umgebung

Das Gebiet "Deilinghofen und Umgebung" umfaßt den Stadtteil Deilinghofen sowie die sich nördlich und östlich anschließende Luftgütezone 1,3-1,5 (Apricke, Riemke, Brockhausen).

In Deilinghofen ist mit einem Luftgüte-Index von 1,2 die Luftqualität für die Wohnbevölkerung unproblematisch. Auch die im FNP vorgesehene Ausweitung der Wohnbauflächen und der gewerblichen Bauflächen wird die Luftgüte nicht auf kritische Werte absinken lassen. Aufgrund der relativ guten Luftqualität und der Nähe zum Stadtzentrum eignet sich Deilinghofen in besonderem Maße zur Ausweisung der Wohnbebauung. Sollte in absehbarer

Zeit die britische Kaserne frei werden, so steht mit ihr ein Gebäude zur Verfügung, das sich aus lufthygienischer Sicht besonders für eine künftige Wohnnutzung eignet, zumal im Bereich der Kaserne die Luftqualität noch etwas besser ist (LuGI-Stufe 1,3-1,5). Eine verbesserte Anbindung von Deilinghofen an Hemer durch den öffentlichen Personen-Nahverkehr (u. a. kürzere Taktzeiten, günstigere Umsteigemöglichkeiten, verbesserte bedarfsorientierte Linienführung) könnte die weitere Zunahme des Kfz-Verkehrs zumindest teilweise aufhalten und somit helfen, die günstige Luftsituation zu erhalten.

Sollten durch einen eventuellen Rückzug des Militärs auch die Standortübungsplätze frei werden, so sollte die dort vorhandene land- und forstwirtschaftliche Nutzung beibehalten werden, da sie am besten die derzeitige Luftqualität erhalten können. Darüber hinaus haben diese Freiflächen auch eine regionale klimatische Ausgleichsfunktion.

5.3.4 Südliche Stadtbezirke

In den südlichen Stadtbezirken wirkt sich insbesondere in den Tälern aufgrund des verringerten Luftaustausches das Fehlen oder Vorhandensein örtlicher Emissionsquellen auf den Luftgüte-Index aus. So beträgt im Ihmerter Tal mit zahlreichen Gewerbebetrieben sowie einem höheren Verkehrsaufkommen auf der L 683 der Luftgüte-Index nur 1,1 bis 1,2, während er im Stephanopeler Tal Werte bis 1,8 erreicht. Die im FNP vorgesehene Erweiterung von Gewerbeflächen im Ihmerter Tal wird aus lufthygienischer Sicht wegen der besonderen orographischen Lage skeptisch beurteilt. Auch die im Stadtteil Ihmert vorgesehene Hangbebauung ist nicht unproblematisch, da die Hänge mit ihren derzeitigen Freiflächen

Kaltluftentstehungsräume darstellen, die bei austauscharmen Strahlungswetterlagen relativ saubere Kaltluft zur Ihmerter Straße fließen lassen. Bei einer Bebauung der Hänge entfällt dieser positive Effekt.

Wenn im Stephanopeler Tal die mit dem FNP angestrebte ausschließliche Nutzung durch die Land- und Forstwirtschaft erreicht bzw. beibehalten wird, ist damit für wesentliche Teile des Hemerer Südens eine recht gute Luftqualität gesichert.

6 Zusammenfassung

Im Stadtgebiet von Hemer wurde der auf Bäumen wachsende Flechtenbewuchs untersucht. Da die einzelnen Flechtenarten unterschiedlich empfindlich auf Luftverunreinigungen reagieren, kann aus der Zusammensetzung der Flechtengemeinschaft auf die Höhe der Immissionsbelastung geschlossen werden. Aus Deckungsgrad und Vitalität jeder vorhandenen Flechtenart wurde nach einer vom Rheinisch-Westfälischen TÜV entwickelten Methode der Luftgüte-Index (= LuGI) errechnet. Je höher der Luftgüte-Index, desto besser ist die Luftqualität. Die ermittelten Luftgüte-Indices wurden flächenhaft in einer Karte dargestellt.

Im Stadtgebiet Hemer ist die Flechtenflora örtlich unterschiedlich stark verarmt. Im Bereich Stübecken/Landhausen kommt weitgehend nur noch die immissionsresistente Flechtenart *Lecanora conizaeoides* vor. Insgesamt wurden 24 Flechtenarten gefunden. Die empfindlicheren Flechtenarten kommen an den meisten Standorten nur als junge Individuen vor, was auf eine großräumige Abnahme der Immissionsbelastung in der jüngeren Vergangenheit schließen läßt. Immissionsbedingte Wuchsschäden an den Flechten weisen jedoch auf eine für das Flechtenvorkommen kritisch hohe Immissionsbelastung hin.

Die Flechtenbesiedlung zeigt eine unterschiedliche Immissionsbelastung in den einzelnen Stadtteilen an. Die ermittelten Luftgüte-Indices reichen von 1,0 bis 1,8. Flächenhaft wurden die Stufen LuGI 1,0, LuGI 1,1 - 1,2, LuGI 1,3 - 1,5 und LuGI 1,6 - 1,8 ausgewiesen.

In Hemer überlagert sich eine Grundbelastung, die überwiegend aus dem Ruhrgebiet stammt, mit Immissionen aus örtlichen Quellen. Die höchste Grundbelastung dürfte im Nordwesten des Stadtgebietes liegen, wie aus der Flechtenkartierung in Iserlohn erkennbar wird. Zugleich tritt im Bereich Stübecken/Landhausen eine örtliche Belastung hinzu, deren Quellen überwiegend auf Iserlohner Stadtgebiet zu suchen sein dürften (vgl. Flechtengut-

achten Iserlohn), was zur Ausbildung der Luftgütezone 1,0 (= hoch belastet) führt.

Als lufthygienischer Vorsorgewert ist der Luftgüte-Index 1,1 definiert worden. Er wird im gesamten übrigen Stadtgebiet erreicht oder (stellenweise sogar sehr deutlich) überschritten. Aus Vorsorgegründen werden eine Reihe von Maßnahmen angesprochen, mit denen eine Erhaltung der derzeitigen Luftqualität möglich erscheint. Hierzu gehören aktive Maßnahmen aus dem Bereich der Verkehrsplanung (z. B. gezielte Förderung des Fußgänger- und Fahrradverkehrs, Vergrößerung bzw. Neueinrichtung von Fußgängerzonen, Verbesserung des öffentlichen Nahverkehrs, Ausbau, Umbau und Rückbau von bestimmten Straßen), und aus dem Energiesektor (z. B. Förderung der Verwendung schadstoffärmerer Brennstoffe, Aufbau von Nahwärmenetzen, dezentrale Energie-Verbund-Systeme). Ergänzend wird eine Reihe von passiven Maßnahmen vorgeschlagen, die zwar nicht die Emissionen mindern, wohl aber zur Senkung der Immissionsbelastung beitragen können. Hierzu gehören die Förderung der Durchgrünung im Innenstadtbereich und in den Gewerbegebieten möglichst nah an den Emissionsquellen in Form von Immissionsschutzpflanzungen und die Erhaltung von Belüftungsbahnen.

Einzelne Darstellungen des Flächennutzungsplanes mit lufthygienischer Relevanz werden aus lufthygienischer Sicht kommentiert und darüberhinaus weitergehende Anregungen gegeben.

7 Literatur

- Albrecht, R., Paker, L., Rehberg, S., Reiner, Y. (1984): Umweltentlastung durch ökologische Bau- und Siedlungsweisen. Wiesbaden, Berlin.
- Apel, D. (1984): Stadtverkehrsplanung, Teil 3, Umverteilung des städtischen Personenverkehrs. Berlin.
- Arndt, U., Nobel, W., Schweizer, B. (1987): Bioindikatoren: Möglichkeiten, Grenzen und neue Erkenntnisse. Stuttgart.
- Bolle, A., Günther, A., Wiegel, H. (1989): Ermittlung der Luftqualität in Herten mit Flechten als Bioindikatoren. Im Auftrag der Stadt Herten. Essen.
- Buchholz, H.-J., Heineberg, A. (1969):
Der Raum Hemer - Gutachten zum Problem der kommunalen Neugliederung im südöstlichen Landkreis Iserlohn, Geograph. Inst. der Ruhr-Universität Bochum, 153 S.
- Bundesforschungsanstalt für Landeskunde und Raumordnung (Hrsg.) (1983): Flächenhafte Verkehrsberuhigung. Informationen zur Raumentwicklung H. 8/9. 1983.
- Dreyhaupt, F.J., Dierschke, W., Kropp, L., Prinz, B., Schade, H. (1978): Handbuch zur Aufstellung von Luftreinhalteplänen. Verlag TÜV Rheinland. Köln.
- Hale, H.M. (1983): The Biology of Lichens. London.
- Hawksworth, D.L., Rose, F. (1970): Qualitative Scale for estimating sulphur dioxide air pollution in England and Wales using epiphytic lichens. Nature 227, 145-148.

-
- Hildenbrand, H. W. (1979): Industrie und Handel in Hemer.
In: Hemer-Beiträge zur Heimatkunde, Bürger- und Heimatverein Hemer e. V., Engelbert Verlag, Hemer.
- Kommunalverband Ruhrgebiet (KVR) (Hrsg.) (1986): Gesamtstädtische Verkehrsberuhigung Dorsten. Essen.
- Krusche, M., Krusche, P., Althaus, D., Gabriel, I. (1982):
Ökologisches Bauen. Wiesbaden, Berlin.
- Külske, S., Pfeffer, H. U. (1985): Smoglage vom 16.-20. Januar an Rhein und Ruhr. Staub-Reinhaltung der Luft 45, S. 136-141.
- Machate, R., Neumann, F., Schmitz, P. (1988): Gestaltungsrahmenplan Gewerbepark Sachen Hamm, Planungshefte Ruhrgebiet. KVR. Essen.
- Mieders, G., (1979): Heimische Pflanzen und Tiere in ihren Lebensräumen. In: Hemer-Beiträge zur Heimatkunde, Bürger- und Heimatverein Hemer e.V., Engelbert Verlag, Hemer.
- Ministerium für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft des Landes Nordrhein-Westfalen (MURL) (1989): Luftreinhaltung in Nordrhein-Westfalen. Eine Erfolgsbilanz der Luftreinhaltung 1975 - 1988. Düsseldorf.
- Nash III, T.H. (1976): Lichens as indicators of air pollution. Naturwissenschaften 63, S. 364 - 367.
- Nylander, W. (1866): Les lichens des Jardins de Luxemborg. Bull. Soc. Bot. France 13, S. 364 - 371.
- Pfeffer, H. U., Buck, M. (1985): Meßtechnik und Ergebnisse von Immissionsmessungen in Waldgebieten. VDI-Berichte 560, S. 127 - 155, VDI-Verlag, Düsseldorf.

-
- Punz, W. (1979): Der Einfluß isolierter und kombinierter Schadstoffe auf die Flechtenphotosynthese. *Photosynthetica* 13, S. 428 - 433.
- Rabe, R., Beckelmann, U. (1987): Zusammenhänge zwischen der durch Flechten angezeigten Gesamtverunreinigung der Luft und Gesundheitsbeeinträchtigungen beim Menschen. VDI-Berichte 609, S. 729 - 753, VDI-Verlag, Düsseldorf.
- Rabe, R., Müller, P. (1990): Ermittlung der Luftqualität in Iserlohn mit Flechten als Bioindikatoren. Wiederholungsuntersuchung 1990. Im Auftrag der Stadt Iserlohn. Essen.
- Rabe, R., Wiegel, H., Brinkmann, B., Roeckner, G., Schmiegelt, T., Steinecke, H., Waterkotte, A. (1989a): Repräsentativität des natürlichen Flechtenbewuchses auf Bäumen und des Absterbegrades exponierter Flechten hinsichtlich der einwirkenden Immissionen und hinsichtlich der Waldgefährdung durch Immissionen. Forschungsbericht Nr. 106 07 060 im Auftrag des Umweltbundesamtes. Essen (unveröffentlicht).
- Rabe, R., Wiegel, H., Friedrich, G. (1989b): Ermittlung der Luftqualität in Iserlohn mit Flechten als Bioindikatoren. Im Auftrag der Stadt Iserlohn. Essen.
- Stadtdirektor der Stadt Hemer (1978): Erläuterungsbericht zum Flächennutzungsplan der Stadt Hemer. Hemer.
- Topp, H. (1985): Straßennutzungsentwicklung, Straßengestaltung und Parkraumangebot. Der Städtetag 8/1985.
- Wichmann, H., Beckmann, M., Klug, S., Dolgner, R., Friedrich, K.H. (1987): Einfluß von Luftschadstoffen auf die Krankheitsbilder Pseudokrupp und obstruktive Bronchitis. Teil I: Studie in Odenthal/Schildgen. Im Auftrag des Ministers für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft des Landes Nordrhein-Westfalen. Düsseldorf.

A n h a n g

Tabelle 4: Untersuchungsstandorte und Luftgüte-Indices

Standort Nr.	Bezeichnung des Untersuchungsstandortes	Luftgüte-Index
1	nordöstlich des Stadtteils Becke, Brelen	1,6
2	nördlich des Stadtteils Becke, Edelburg	1,8
3	nordwestlich des Stadtteils Becke, Mesterscheid	1,2
4	Stübecken, Gaxbergerweg/Ulmenweg	1,0
5	Stübecken, Gaxbergerweg, Kompostierungsanlage	1,0
6	Oese, Im Dümpel	1,3
7	Becke, Oesestraße	1,2
8	Stübecken, Landhauser Str.	1,0
9	Landhausen, Am Osterbrauch	1,0
10	Landhausen, Dorfstraße	1,0
11	Urbecke, Urbecker Str.	1,0
12	Höcklingsen, Mesterscheidweg	1,1
13	Zentrum, Mozartstr./Theo-Funccius-Str.	1,1
14	Zentrum, Mendener Str., Pfarrheim	1,1
15	Zentrum, Seilstr., Friedhof	1,0
16	Riemke, Gaststätte "Am Walde"	1,4
17	Apricke, Apricker Str.	1,4
18	Zentrum, Blücher-Kaserne	1,1
19	Zentrum, Urbecker Str., Hauptschule	1,3
20	Zentrum, Am Perick/Jubergstr.	1,1
21	Zentrum, Im Ohl, Soldatenheim	1,1
22	Zentrum, Parkstr., Herm.- von-der-Becke-Stiftung	1,1
23	Zentrum, Breddestraße	1,1
24	Hönnetal, Werdohl, unterhalb Burg Klusen-stein	1,3
25	Deilinghofen, Hönnetalstr., Friedhof	1,0
26	Deilinghofen, Hönnetalstr., Gemeindehaus	1,2
27	Deilinghofen, Im Turm	1,2
28	Zentrum, Mühlenweg/Karl-Wagenfeld-Weg	1,1
29	Doloh, Mühlenweg, ehem. Schießstände	1,1
30	Brockhausen, Bäingser Weg	1,8
31	Deilinghofen, Bosselbar/Im Keunenborn	1,2
32	Deilinghofen, Am Teilfeld	1,2

Tabelle 4: Untersuchungsstandorte und Luftgüte-Indices
(Fortsetzung)

Standort Nr.	Bezeichnung des Untersuchungsstandortes	Luftgüte-Index
33	Sundwig, Am Iserbach	1,3
34	Sundwig, Stephanopeler Str.	1,2
35	Sundwig, Zeppelinstr.	1,3
36	Westig, Wittekindstr./Lambergstr.	1,2
37	Westig, Altenaer Str.	1,1
38	Westig, Lohstr.	1,0
39	Sundwig, Hüllscheid, Stephanopeler Str.	1,1
40	Sundwig, Waldfriedhof	1,1
41	Westigerbach, Altenaer Str./Am alten Weg	1,1
42	südlich Hüllscheid, Stephanopeler Str.	1,5
43	Bredenbruch, Ihmerter Str.	1,1
44	Stephanopeltal, Wassergewinnungsanlage	1,8
45	Bredenbruch, Sülberg	1,4
46	Heppingserbach, Heppingserbach/Schmittenufer	1,7
47	südlich Frönsberg, Ostfeldstr., Brandenburg	1,3
48	Ihmerterbach, Holmecker Weg	1,2
49	Ihmert, Gut Holmecke	1,4
50	Ihmert, Ihmerter Str., Friedhof/Ev. Kirche	1,0
51	Ihmert, Hasbergstr.	1,5
52	Ihmert, Ostfeldstr./Goswin-Str.	1,3
53	Heide, Caritasheim "Heidermühle"	1,5
54	Ihmert, Ihmerter Str., Elfenfohren	1,8
55	Ihmert, Stuken, Scharpschnute	1,4

Tabelle 6: Vitalität und Altersverteilung von Flechtenarten sowie Luftgüte-Indices im Stadtgebiet von Hemer

Standort-Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8
Luftgüte-Index	1,6	1,8	1,2	1,0	1,0	1,3	1,2	1,0
<u>Flechtenart</u>								
Lecanora conizaeoides	●	●	●	●	●	●	●	●
Lecanora expallens	●							
Lepraria incana	●	●	●	●	●	●		●
Lecanora hageni-Agg.		●						
Buellia punctata		●						
Hypocenomyce scalaris			■			■		
Scoliciosporum chlorococcum							●	
Hypogymnia physodes	□	□	□				△	
Parmelia saxatilis	■	□						
Parmelia sulcata	■	□	▲				△	
Physcia caesia		●						
Physcia dubia						■		
Physcia orbicularis		■					▲	
Physcia tenella		■					▲	
Physcia nigricaus								
Parmeliopsis ambigua	■							
Xanthoria candelaria		▲						
Xanthoria parietina		▲						
Xanthoria fallax								
Parmelia exasperatula		■						
Evernia prunastri	■							
Hypogymnia tubulosa	■							
Platismatia glauca	■							
Pseudevernia furfuracea								

Die Flechtenarten sind nach steigender Empfindlichkeit geordnet

- Erläuterungen:
- Vorkommen mit normaler Altersverteilung
 - ▼ überwiegend alte Individuen
 - ▲ überwiegend junge Individuen
 - Aussage zur Altersstruktur nicht möglich
- nicht ausgefüllte Symbole bezeichnen vitalitätsgeminderte Vorkommen

Tabelle 6: Vitalität und Altersverteilung von Flechtenarten sowie Luftgüte-Indices im Stadtgebiet von Hemer (Fortsetzung)

Standort-Nr.	9	10	11	12	13	14	15	16
Luftgüte-Index	1,0	1,0	1,0	1,1	1,1	1,1	1,0	1,4
<u>Flechtenart</u>								
Lecanora conizaeoides	●	●	●	●	●	●	●	●
Lecanora expallens								
Lepraria incana	●	●	●	●	●	●	●	●
Lecanora hageni-Agg.								●
Buellia punctata								●
Hypocenomyce scalaris								
Scoliciosporum chlorococcum								
Hypogymnia physodes				□	□	■		□
Parmelia saxatilis						□		□
Parmelia sulcata								
Physcia caesia								
Physcia dubia								●
Physcia orbicularis				●				
Physcia tenella								
Physcia nigricaus								
Parmeliopsis ambigua								
Xanthoria candelaria								
Xanthoria parietina								
Xanthoria fallax								
Parmelia exasperatula								
Evernia prunastri								□
Hypogymnia tubulosa								
Platismatia glauca								
Pseudevernia furfuracea								

Die Flechtenarten sind nach steigender Empfindlichkeit geordnet

- Erläuterungen:
- Vorkommen mit normaler Altersverteilung
 - ▼ überwiegend alte Individuen
 - ▲ überwiegend junge Individuen
 - Aussage zur Altersstruktur nicht möglich
- nicht ausgefüllte Symbole bezeichnen vitalitätsgeminderte Vorkommen

Tabelle 6: Vitalität und Altersverteilung von Flechtenarten sowie Luftgüte-Indices im Stadtgebiet von Hemer (Fortsetzung)

Standort-Nr.	17	18	19	20	21	22	23	24
Luftgüte-Index	1,4	1,1	1,3	1,1	1,1	1,1	1,1	1,3
<u>Flechtenart</u>								
Lecanora conizaeoides	●	●	●	●	●	●	●	●
Lecanora expallens								
Lepraria incana	●		●		●		●	●
Lecanora hageni-Agg.								
Buellia punctata	●		●					●
Hypocenomyce scalaris								
Scoliciosporum chlorococcum								
Hypogymnia physodes		○	□	□	▲	△		
Parmelia saxatilis								□
Parmelia sulcata			□	△				
Physcia caesia								
Physcia dubia								
Physcia orbicularis	□							
Physcia tenella	△		▲	△			●	
Physcia nigricaus								
Parmeliopsis ambigua	▲							
Xanthoria candelaria	■							
Xanthoria parietina								
Xanthoria fallax	▲							▲
Parmelia exasperatula								○
Evernia prunastri			△					
Hypogymnia tubulosa								
Platismatia glauca								
Pseudevernia furfuracea								

Die Flechtenarten sind nach steigender Empfindlichkeit geordnet

- Erläuterungen:
- Vorkommen mit normaler Altersverteilung
 - ▼ überwiegend alte Individuen
 - ▲ überwiegend junge Individuen
 - Aussage zur Altersstruktur nicht möglich
- nicht ausgefüllte Symbole bezeichnen vitalitätsgeminderte Vorkommen

Tabelle 6: Vitalität und Altersverteilung von Flechtenarten sowie Luftgüte-Indices im Stadtgebiet von Hemer (Fortsetzung)

Standort-Nr.	25	26	27	28	29	30	31	32
Luftgüte-Index	1,0	1,2	1,3	1,1	1,1	1,8	1,2	1,2
<u>Flechtenart</u>								
Lecanora conizaeoides	●	●	●	●	●	●	●	●
Lecanora expallens								
Lepraria incana	●	●	●			●	●	●
Lecanora hageni-Agg.								
Buellia punctata		●						
Hypocenomyce scalaris						■		
Scoliciosporum chlorococcum								
Hypogymnia physodes		□		△	○	■		
Parmelia saxatilis		□				■	■	
Parmelia sulcata						■		△
Physcia caesia								
Physcia dubia								
Physcia orbicularis			■					△
Physcia tenella		■						▲
Physcia nigricaus		■						
Parmeliopsis ambigua						■		
Xanthoria candelaria								
Xanthoria parietina								
Xanthoria fallax								
Parmelia exasperatula								
Evernia prunastri								
Hypogymnia tubulosa							■	
Platismatia glauca								
Pseudevernia furfuracea								

Die Flechtenarten sind nach steigender Empfindlichkeit geordnet

- Erläuterungen:
- Vorkommen mit normaler Altersverteilung
 - ▼ überwiegend alte Individuen
 - ▲ überwiegend junge Individuen
 - Aussage zur Altersstruktur nicht möglich
- nicht ausgefüllte Symbole bezeichnen vitalitätsgeminderte Vorkommen

Tabelle 6: Vitalität und Altersverteilung von Flechtenarten sowie Luftgüte-Indices im Stadtgebiet von Hemer (Fortsetzung)

Standort-Nr.	33	34	35	36	37	38	39	40
Luftgüte-Index	1,3	1,2	1,3	1,2	1,1	1,0	1,1	1,1
<u>Flechtenart</u>								
Lecanora conizaeoides	●	●	●	●	●	●	●	●
Lecanora expallens								
Lepraria incana	●	●		●	●	●	●	●
Lecanora hageni-Agg.								
Buellia punctata				●	●			
Hypocenomyce scalaris	△	■			■		□	■
Scoliciosporum chlorococcum								
Hypogymnia physodes	□	△	□			▽	△	
Parmelia saxatilis								
Parmelia sulcata	□		■					
Physcia caesia								
Physcia dubia	■							
Physcia orbicularis								
Physcia tenella	■			□				
Physcia nigricaus								
Parmeliopsis ambigua								
Xanthoria candelaria								
Xanthoria parietina								
Xanthoria fallax								
Parmelia exasperatula								
Evernia prunastri	△							
Hypogymnia tubulosa								
Platismatia glauca								
Pseudevernia furfuracea								

Die Flechtenarten sind nach steigender Empfindlichkeit geordnet

- Erläuterungen:
- Vorkommen mit normaler Altersverteilung
 - ▽ überwiegend alte Individuen
 - ▲ überwiegend junge Individuen
 - Aussage zur Altersstruktur nicht möglich
- nicht ausgefüllte Symbole bezeichnen vitalitätsgeminderte Vorkommen

Tabelle 6: Vitalität und Altersverteilung von Flechtenarten sowie Luftgüte-Indices im Stadtgebiet von Hemer (Fortsetzung)

Standort-Nr.	41	42	43	44	45	46	47	48
Luftgüte-Index	1,1	1,5	1,1	1,8	1,4	1,7	1,3	1,2
<u>Flechtenart</u>								
Lecanora conizaeoides	●	●	●	●	●	●	●	●
Lecanora expallens				●				
Lepraria incana	●	●	●	●	●	●	●	●
Lecanora hageni-Agg.								
Buellia punctata								
Hypocenomyce scalaris			□			■	■	
Scoliciosporum chlorococcum								
Hypogymnia physodes	□	■		■	□	■		
Parmelia saxatilis		■		■	■	■		□
Parmelia sulcata			△	■	▽			
Physcia caesia								
Physcia dubia								
Physcia orbicularis						■		□
Physcia tenella								
Physcia nigricaus								
Parmeliopsis ambigua				■	□	■		
Xanthoria candelaria								
Xanthoria parietina								
Xanthoria fallax								
Parmelia exasperatula								
Evernia prunastri					■			
Hypogymnia tubulosa				■		■		
Platismatia glauca				■		■		
Pseudevernia furfuracea					▽			

Die Flechtenarten sind nach steigender Empfindlichkeit geordnet

- Erläuterungen:
- Vorkommen mit normaler Altersverteilung
 - ▽ überwiegend alte Individuen
 - ▲ überwiegend junge Individuen
 - Aussage zur Altersstruktur nicht möglich
- nicht ausgefüllte Symbole bezeichnen vitalitätsgeminderte Vorkommen

Tabelle 6: Vitalität und Altersverteilung von Flechtenarten sowie Luftgüte-Indices im Stadtgebiet von Hemer (Fortsetzung)

Standort-Nr.	49	50	51	52	53	54	55
Luftgüte-Index	1,4	1,0	1,5	1,3	1,5	1,8	1,5
<u>Flechtenart</u>							
Lecanora conizaeoides	●	●	●	●	●	●	●
Lecanora expallens							
Lepraria incana	●		●	●	●	●	●
Lecanora hageni-Agg.			●				
Buellia punctata							
Hypocenomyce scalaris				■			
Scoliciosporum chlorococcum							
Hypogymnia physodes	■	□	▽	□	□	■	■
Parmelia saxatilis	■					□	
Parmelia sulcata			▽		□		■
Physcia caesia			■				
Physcia dubia							
Physcia orbicularis				▲	■	■	
Physcia tenella			▲	□			■
Physcia nigricaus							
Parmeliopsis ambigua							
Xanthoria candelaria							
Xanthoria parietina			▲				
Xanthoria fallax							
Parmelia exasperatula							
Evernia prunastri	□					●	□
Hypogymnia tubulosa						■	
Platismatia glauca						■	
Pseudevernia furfuracea							

Die Flechtenarten sind nach steigender Empfindlichkeit geordnet

Erläuterungen: ■ Vorkommen mit normaler Altersverteilung

▽ überwiegend alte Individuen

▲ überwiegend junge Individuen

● Aussage zur Altersstruktur nicht möglich

nicht ausgefüllte Symbole bezeichnen vitalitätsgeminderte Vorkommen