Neue Kantonsschule Aarau

Bioindikation der Luftqualität in Aarau

Philosophenweg
Maienzugstrasse

Bericht 2008

von

Nicolas Weyland

Betreut und begutachtet von Dr. Benno Wullschleger

05. November 2008

Abstract

Dieser Bericht befasst sich mit dem Zustand von Flechten im Gebiet der Maienzugstrasse und des Philosophenweges in Aarau und soll Aufschluss über die Qualität der Luft geben. Flechten, eine Symbiose aus Pilz und Grünalgen oder Cyanobakterien, reagieren sehr empfindlich auf Veränderungen im Ökosystem. Da Flechten Nahrung nur aus der Luft aufnehmen können, eignen sie sich als biologischer Indikator für die Luftqualität und um den Einfluss von Schadstoffen auf das Ökosystem zu messen. In Gebieten mit viel Emissionen müsste der Flechtenwuchs eingeschränkt sein. Mit Messungen an den Flechten müsste man die Intensität der Luftschadstoffe festhalten können. Meine Untersuchung hat ergeben, dass die Luft im Gebiet der Maienzugstrasse stark verschmutzt ist, sowohl an Strassen, als auch an der Aare, wo weniger bis gar kein Verkehr herrscht. 1989 war die Luft viel weniger belastet als heute, was auf den zunehmenden Verkehr und die Industrie in diesem Gebiet zurückzuführen ist.

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung **1**

2 Gebiet **2**

3 Material und Vorgehen **3**
3.1 Material 3
3.2 Vorgehen 3
3.2.1 Methode 1 4
3.2.2 Methode 2 4
3.2.3 Methode 3 5

4 Resultate **6**
4.1 Ergebnisse bei Methode 1 6
4.2 Ergebnisse bei Methode 2 6
4.3 Ergebnisse bei Methode 3 7
4.4 Verkehrszählungen 8
4.5 Beschriftete Gebietskarte 9

5 Diskussion **9**

B Abbildungs- und Tabellenverzeichnis **12**

C Quellenverzeichnis **13**

Anhang A **14**

Anhang B **15**

1 Einleitung

Flechten sind eine Lebensgemeinschaft eines Pilzes mit einer Alge (Abb. 1). Da beide Lebewesen voneinander profitieren, ohne den Partner nur auszubeuten, handelt es sich um eine Symbiose. Der Pilz bildet die Grundstruktur einer Flechte. Sie besteht aus vielen Pilzfäden in denen die Algen eingeschlossen sind, welche dann Photosynthese betreiben (Abb. 2) [1].

Abb. 1 Flechten an einem Baum

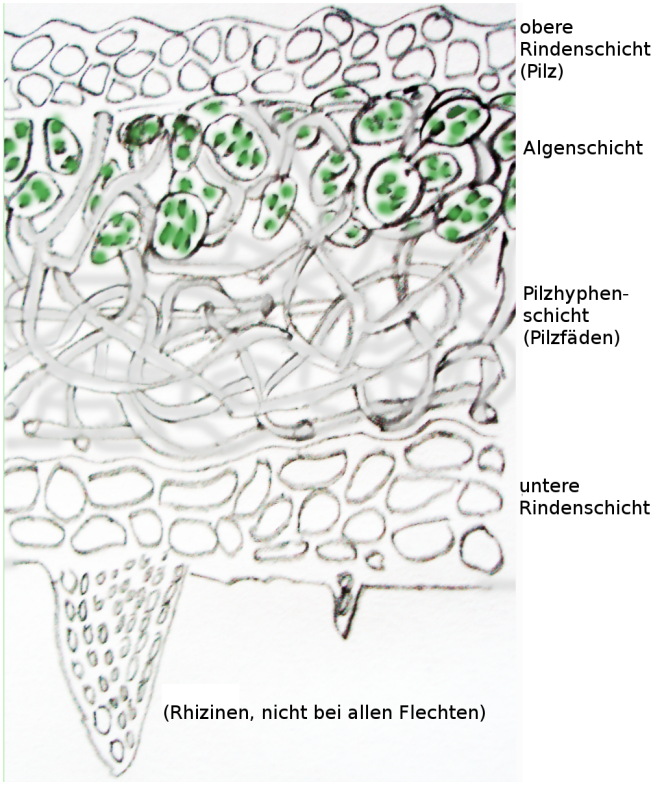


Abb. 2 Flechte (Schnitt) [3]

Flechten reagieren äusserst empfindlich auf Veränderungen in der Luft. Da sie über keine Wurzeln verfügen, müssen sie sich ausschliesslich aus feinen Teilchen in Regen oder der Luft ernähren und nehmen Schadstoffe so unfiltriert auf. Die Qualität der Luft ist also mitverantwortlich für die Gesundheit der Flechten. Oder anders gesagt, zeigt uns der Flechtenbewuchs wie gut die Qualität der Luft ist – Flechten sind also Bioindikatoren. Wenn ich nun untersuche, wie gut Flechten in einem Gebiet wachsen, müsste ich damit Aussagen über die Qualität der Luft in diesem Gebiet machen können. Es liegt nahe, dass in Gebieten, die wegen Industrie und, oder Verkehr hohen Umweltbelastungen (Emissionen) ausgesetzt sind, einen eingeschränkten und geschädigten Flechtenwuchs anzutreffen ist. [2]

Solche Untersuchungen sind von grosser Bedeutung, da wie die Flechten, auch der Mensch die Schadstoffe aus der Luft aufnimmt. Werden diese Untersuchungen über mehrere Jahre dokumentiert, lässt sich graphisch darstellen, wie der Mensch die Luftqualität beeinflusst, wo sie sich besonders stark verändert, und daraus schlussfolgern was der Grund dafür ist.

2 Gebiet

Das Gebiet (Abb. 3), welches ich untersuche befindet sich nordöstlich von Aarau, und liegt damit nicht im Zentrum Aaraus. Man trifft hier auf Menschen, die ihre Hunde ausführen, oder sportlichen Aktivitäten wie Joggen nachgehen. Auf der Seite der Aare befindet sich auch ein grösseres Waldstück. An der Römerstrasse und der Maienzugstrasse befinden sich hauptsächlich Häuser und Wohnblöcke. Das Gebiet lässt sich hauptsächlich als sehr ruhig einstufen, viel Verkehr herrscht hier nicht. Ganz im Gegensatz zu der angrenzenden Tellistrasse, die von sehr vielen PKW und LKW's befahren wird. Ganz in der Nähe liegt auch das Tellizentrum, ein Einkaufskompex, mit einem grossen Coop und weiteren Geschäften.

Abb. 3 Mein Gebiet [4]

3 Material und Vorgehen

3.1 Material

Für meine Untersuchungen verwendete ich einen Messband, eine Lupe und für die genaue Identifikation auch Referenzflechten (auf einem Blatt dargestellt oder als Exponat in einer Plastikbox). Um meine Ergebnisse und Eindrücke zu notieren, nahm ich eine Karte, Stift und Schreibblock und ein Notebook mit. Eine Digitalkamera brauchte ich, um Fotos für die Dokumentation zu schiessen. Für Methode 2 brauchte ich einen Stichprobenring (Abb. 4) mit einem Innendurchmesser von 18 cm und für Methode 3 einen Flechtenzählrahmen (Abb. 5) mit zehn Rechtecken à 30 cm x 10 cm.

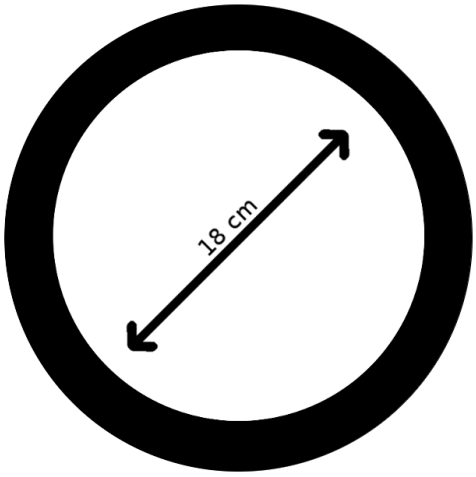


Abb. 4 Stichprobenring

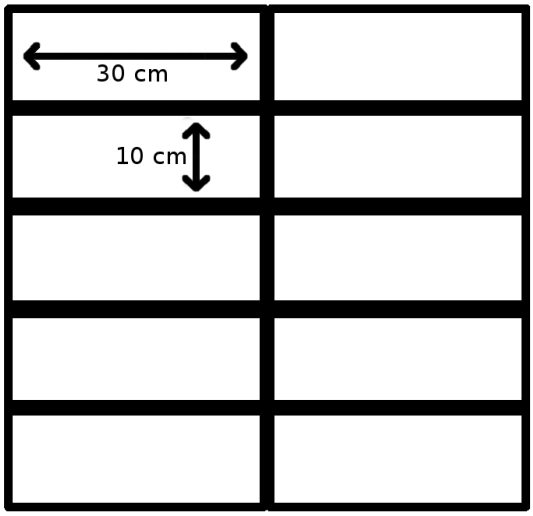


Abb. 5 Flechtenzählrahmen

3.2 Vorgehen

In einem ersten Schritt habe ich in meinem Gebiet nach Bäumen gesucht, welche für meine Untersuchungen geeignet sind. Diese sogenannten Trägerbäume, müssen bestimmte Bedingungen erfüllen um gültige Resultate zu erzielen. So sind für die Analysen nur Laubbäume zu verwenden. Die Bäume dürfen ausserdem keine Wucherungen, Stammreiser oder Wunden haben und müssen gerade gewachsen und freistehend sein. Von den erlaubten Bäumen (Linde, Eiche, Esche, Spitzahorn) habe ich ein Spitzahorn (Baum 2), eine Esche (Baum 3) und zwei Eichen (Baum 1 und 4) ausgewählt. Da ich nicht wie gewünscht eine Linde finden konnten, wich ich auf eine zweite Eiche (Baum 4) aus. Die Bäume 1 und 4 sind zwar in einem Gebiet, welches dicht bewaldet ist, sie stehen aber frei. Die Position dieser Bäume an der Aare und etwas abseits der Strassen war so gewählt um herauszufinden, ob dies einen direkten Einfluss auf den Flechtenwuchs hat.

Da ich den Einfluss der Umgebung in Verbindung mit der Luftqualität, und damit dem Flechtenwuchs, bringen wollte, hatte ich zwei Verkehrszählungen an der Maienzugstrasse vorgenommen.

Um genaue Ergebnisse zu erzielen, habe ich drei verschiedene Methoden angewendet, um mir ein Bild von der Luftqualität zu schaffen. Bei meinen Messungen war ich so vorsichtig wie möglich, um keine Flechten zu beschädigen, und damit spätere Untersuchungen zu verfälschen.

3.2.1 Methode 1

In der ersten Methode ging es um eine grobe Einschätzung der Luftqualität. An einem ausgewählten Baum musste ich die anspruchsvollste Flechtenwuchsform wählen, welche mehrfach vorkommt. Die verschiedenen Flechtenwuchsformen sind Krustenflechte, Blattflechte, Strauchflechte und Bartflechte. Die Flächen auf denen die Flechten wachsen, müssen mindestens 120 cm über dem Boden sein und der Baum muss einen Umfang von mehr als 80 cm haben. Anhand der nachgewiesenen Flechtenwuchsformen kann die Luftqualität eingestuft werden. Findet man an einem Baum zum Beispiel gar keine Flechten, oder nur Krustenflechten, weist dies auf eine schlechte Luftqualität hin, also eine hohe Verschmutzung der Luft. Blattflechten deuten auf eine mittlere, und Strauchflechten auf eine geringe Belastung der Luft durch Schadstoffe. Findet man an einem Baum mehrere Bartflechten ist das ein Indikator dafür, dass die Luft von sehr guter Qualität und nicht, oder sehr gering verschmutzt ist. Dies ist so, da Bartflechten einen sehr hohen Anspruch an die Reinheit der Luft haben und nur dann überleben können. Die Qualität lässt sich anhand einer vorgegeben Tabelle aus einem Schulbuch [5] ablesen (Anhang A). Die Luftreinheit wird in vier Grade eingestuft: Niedrig (rot), mittelmässig (gelb), gut (grün), sehr gut (blau).

3.2.2 Methode 2

Bei der zweiten Methode wird die Luftqualität genauer bestimmt. Dazu habe ich geschätzt, wie viel Prozent einer Fläche (ca. 255 cm^2) mit Flechten bedeckt ist. Eine vorgefertigte Schablone (Abb. 4) aus Karton wurde mir dafür zur Verfügung gestellt. Die Schablone habe ich über die ausgewählte Stelle gehalten und geschätzt wie viel Prozent des Inhalts mit Flechten bewachsen sind. Ausserdem habe ich die Flechtenwuchsform notiert, welche mehrmals vorkommt und qualitativ die höchsten Ansprüche an der Luft hat. Neben dem Baumumfang, der auch hier mindestens 80 cm sein musste,

war darauf zu achten, dass der untere Rand des Ringes 120 cm oder mehr über dem Boden war. Mit einer vorgegebenen Tabelle [6] lässt sich die Luftqualität einstufen (Anhang B). Dabei spielen nicht nur die durchschnittlichen Flechtenbedeckungsgrade[1)] eine Rolle, auch die anspruchvollste Flächtenwuchsform ist, die auf allen Trägerbäumen vorkommt, wird in das Resultat miteinbezogen.

3.2.3 Methode 3

Bei der letzten Methode, soll die Häufigkeit von sechs verschiedenen Flechtenarten erfasst werden. Die verschiedenen Flechtenarten sind Blasenflechten, Gelbblattflechten, Runzelflechten, Lindenflechten, Pflaumenflechten und Gelbpulverflechten. Um nun zu festzuhalten, wie häufig eine Flechtenart auf einem Baum vorkommt, nahm ich ein Gitter zu Hilfe (Abb. 5). Dieses Gitter hatte zehn Felder mit einer Fläche von je 300 cm^2. Das Gitter wurde an der Stelle angebracht, welche am meisten mit Flechten bedeckt ist, musste aber an der untersten Stelle 120 cm über dem Boden sein. In jedem Rechteck musste nach Zeiger-Flechten gesucht werden. Wenn die Flechtenarten eindeutig identifiziert sind wird gezählt wie oft jede Flechtenart in den Flächen vorhanden sind. Da das Gitter zehn Flächen hat, kann z.B. die Blasenflechte einen Wert (Frequenzwert) von 0 bis 10 bekommen (bei Null kommt sie gar nie vor, bei Zehn ist sie in allen Feldern zu finden). Um die Flechtenfrequenz-Summe zu berechnen, müssen die Frequenzwerte aller 6 Flechtenarten zusammengezählt werden. Die maximale Flechtenfrequenzsumme ist demnach 60, die kleinste ist 0. Die Flechtenfrequenzsummen aller vier Trägerbäume habe ich zusammen gerechnet und den Durchschnittswert berechnet. Die erhaltenen Werte konnte ich mit einer vorgegebenen Tabelle [7] vergleichen und damit Aufschluss über die Qualität der Luft geben.

1) Die Summe der mit Flechten bedeckten Fläche durch die Anzahl Trägerbäume geteilt.

4 Resultate

4.1 Ergebnisse bei Methode 1

Flechten-Trägerbaum Nummer	Art	anspruchsvollste Flechten-Wuchsform, welche mehrmals vorkommt
1	Eiche	Blattflechte
2	Spitzahorn	Krustenflechte
3	Esche	Blattflechte
4	Eiche	Blattflechte

Tab. 1 Ergebnisse Methode 1

Anspruchsvollste Flechten-Wuchsform, welche auf allen vier Flechten-Trägerbäumen mehrmals vorkommt:

Krustenflechte

Grobbeurteilung der Grösse der allgemeinen Luftbelastung:

rot (hohe Luftbelastung)

4.2 Ergebnisse bei Methode 2

Flechten-Trägerbaum Nummer	Art	anspruchsvollste Flechten-Wuchsform, welche mehrmals vorkommt	Flechtenbedeckungsgrad
1	Eiche	Blattflechte	25 %
2	Spitzahorn	Krustenflechte	10 %
3	Esche	Blattflechte	80 %
4	Eiche	Blattflechte	45 %
		Summe	160 %
		Gemittelter Flechten-Bedeckungsgrad	40 %

Tab. 2 Ergebnisse Methode 2

Anspruchsvollste Flechten-Wuchsform, welche auf allen vier Flechten-Trägerbäumen mehrmals vorkommt:

Krustenflechte

Abschätzung der Grösse der allgemeinen Luftbelastung:

rot (hohe Luftbelastung)

4.3 Ergebnisse bei Methode 3

Baum: Nummer / Art
1 / Eiche

Zeiger-Flechte	Flechten-Frequenzwert
Blasenflechte	0
Gelbblattflechte	0
Runzelflechte	10
Lindenflechte	0
Pflaumenflechte	1
Gelbpulverflechte	0
Flechten-Frequenzsumme	11

Tab. 3 Methode 3, Baum 1

Baum: Nummer / Art
2 / Spitzahorn

Zeiger-Flechte	Flechten-Frequenzwert
Blasenflechte	0
Gelbblattflechte	0
Runzelflechte	10
Lindenflechte	10
Pflaumenflechte	0
Gelbpulverflechte	0
Flechten-Frequenzsumme	20

Tab. 4 Methode 3, Baum 2

Baum: Nummer / Art
3 / Esche

Zeiger-Flechte	Flechten-Frequenzwert
Blasenflechte	0
Gelbblattflechte	0
Runzelflechte	0
Lindenflechte	10
Pflaumenflechte	0
Gelbpulverflechte	0
Flechten-Frequenzsumme	10

Tab. 5 Methode 3, Baum 3

Baum: Nummer / Art
4 / Eiche

Zeiger-Flechte	Flechten-Frequenzwert
Blasenflechte	0
Gelbblattflechte	0
Runzelflechte	8
Lindenflechte	0
Pflaumenflechte	0
Gelbpulverflechte	0
Flechten-Frequenzsumme	8

Tab. 6 Methode 3, Baum 4

Baum: Nummer / Flechten-Trägerbaum	Flechtenfrequenzsumme
1 / Eiche	11
2 / Spitzahorn	10
3 / Esche	20
4 / Eiche	8
Summe	49
Gemittelte Flechten-Frequenzsumme	12.25

Tab. 7 Ergebnisse Methode 3

Bestimmung der Grösse der allgemeinen Luftbelastung:

rot (hohe Luftbelastung)

4.4 Verkehrszählungen

Einstündige Verkehrszählungen jeweils Mittwochs, ca. 8:30 an der Maienzugstrasse.

Fahrzeug	Anzahl
PKW	6
LKW	0
Motorrad	4

Tab. 8 Verkehrszählung 1

Fahrzeug	Anzahl
PKW	10
LKW	0
Motorrad	6

Tab. 9 Verkehrszählung 2

4.5 Beschriftete Gebietskarte

Die Positionen der untersuchten Bäumen sind mit jeweiligen Nummern gekennzeichnet.

Abb. 6 Beschriftete Gebietskarte [8]

5 Diskussion

Vor dem Erfassen meiner Daten habe ich mir die Frage gestellt, wie gut sich mit Hilfe der Gesundheit von Flechten Rückschlüsse auf die Qualität der Luft ziehen lassen, und wie sich dies in meinem Gebiet zeigt. Ich vermutete eine saubere Luft auf der Seite der Aare, und eine deutlich schlechtere Luft bei Bäumen die an Strassen liegen. Es stellte sich aber das Gegenteil heraus. Die Bäume an der Aare hatten durchschnittlich tiefere Werte. Andererseits wuchs der einzige Baum mit Krustenflechten Gebiet, das an der Strasse lag, was meine Vermutung bestätigt.

Allgemein kamen gewisse Zweifel auf, ob sich die Qualität der Luft in so engem Raum durch Flechtenanalysen bestimmen lässt. Ein wichtiges Kriterium ist, dass die Flechten sämtliches Wasser aus der Luft bzw. aus dem Regen aufnehmen müssen. Die Schadstoff können aber oft vom Wind

weggeblasen werden, so dass sie an den Gebieten wo sie ausgestossen werden gar nicht Einfluss auf den Flechtenwuchs haben können. Meine Untersuchungen wurden in sehr kleinem Rahmen durchgeführt, mit wenig Trägerbäumen. Ich denke, dass man für eine präzise Aussage viel mehr Daten erfassen muss, also mehr Bäume untersuchen, und diese genauer untersuchen. Ein weiteres Problem ist, dass der Flechtenwuchs auch noch durch andere Faktoren, als nur die Luftqualität beeinflusst wird. So zum Beispiel in Gebieten wo viel Landwirtschaft betrieben wird und oft und grosszügig gedüngt wird. Stickstoffverbindungen, welche in diesen Düngemittel vorhanden sind, reagieren mit dem Regen. Das Produkt ist schwach basisch, was zur Folge hat, das Flechtenarten, welche eine saure Umgebung bevorzugen weniger vorkommen [9].

Als Frühwarnsystem, sehe ich den Einsatz von Flechten als Bioindikator für die Luftqualität geeignet. Ein Anwendungsbeispiel sind giftige Schwermetalle (z.B. Blei oder Cadmium), welche sich, wenn vorhanden, in das Gewebe von Flechten einlagern. Dies führt dann zum Absterben der Flechten [9]. Da Flechten sehr empfindlich auf diese Schwermetalle sind, können wir handeln, bevor die Schwermetalle in grossen Mengen ins Ökosystem eindringen und über das Nahrungsnetz bis zum Mensch vordringen.

Dass Flechten als Bioindikatoren für die Luftqualität gut geeignet ist, konnte ich aber mit bereits durchgeführten Untersuchungen im benachbartem Gebiet an der Mühlemattstrasse nachvollziehen. Damals (2007 unter der Leitung von Dr. Peter Ehrensperger) kam ich zum Schluss, dass durch das steigende Verkehrsaufkommen an der Strasse die Lufqualität mit den Jahren abnahm. Bartflechten habe ich ausserdem in städtischem Gebiet nie gefunden. Beim Wandern in den Alpen begegnet man ihnen allerdings sehr oft. Das zeigt nicht nur, dass die Luftqualität von Gebiet zu Gebiet variert, sondern auch, dass der Mensch grossen Einfluss auf die Luftqualität hat. So ist in den höheren Regionen (z.B. im Berner Oberland) sicherlich weniger Verkehr, sowie kaum Industrie vorhanden. Diese Erkenntnis kann man auch beim Flechtenwuchs in Naturschutzgebieten (z.B. im Aletschgebiet / Riederalp) gewinnen. Mit Zahlen kann aus einem einem früheren Bericht [10] kann dies nachgewiesen werden. Vergleicht man die Luftgütekarten von 1989 [11] mit denen von 2006 [12], stellt man fest, dass die Luft in meinem Gebiet 1989 erst gering belastet war, 2006 aber bereits stark. Ich bin zum Ergebnis gekommen, dass die Luft im Gebiet stark belastet ist (Abb. 7). Ich sah auch einen engen Zusammenhang zwischen der Luftqualität und der viel befahrenen Tellistrasse bzw. dem Tellizentrum, welches an Popularität gewinnt.

Abb. 7 Bemalte Gebietskarte [4]

In einem weiteren Schritt, müsste man nun meine Ergebnisse, mit den Ergebnissen anderer Gruppen vergleichen, und alle Ergebnisse auf einer Karte zusammenstellen. Diese würde eine Grundlage für einen Vergleich mit Ergebnissen der vorherigen und folgenden Jahren bilden. Abschliessend kann die Vermutung, dass die Entwicklung des Flechtenwuchs in engem Zusammenhang mit der Umgebung steht sicherlich bestätigt werden.

Ich bin der Meinung, dass die Untersuchungen mit den Flechten, und die Gewissheit, dass auch der Mensch viele dieser Schadstoffe aufnimmt, vor allem uns Schülern einen Denkanstoss geben sollte, wie wir das Problem Luftverschmutzung in Zukunft handhaben.

B Abbildungs- und Tabellenverzeichnis

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1 Flechten an einem Baum 1
Abb. 2 Flechte (Schnitt) 1
Abb. 3 Mein Gebiet 2
Abb. 4 Stichprobenring 3
Abb. 5 Flechtenzählrahmen 3
Abb. 6 Beschriftete Gebietskarte 9
Abb. 7 Bemalte Gebietskarte 11

Tabellenverzeichnis

Tab. 1 Ergebnisse Methode 1 6
Tab. 2 Ergebnisse Methode 2 6
Tab. 3 Methode 3, Baum 1 7
Tab. 4 Methode 3, Baum 2 7
Tab. 5 Methode 3, Baum 3 7
Tab. 6 Methode 3, Baum 4 7
Tab. 7 Ergebnisse Methode 3 8
Tab. 8 Verkehrszählung 1 8
Tab. 9 Verkehrszählung 2 8

C Quellenverzeichnis

[1] Linder Biologie : Lehrbuch für die Oberstufe / begr. von Hermann Linder ; hrsg. von Horst Bayrhuber *et al.* 22. Auflage. - Schroedel, 2005, Braunschweig, Seite 81

[2] Beyer, Irmtraud. - Natura 3 : Biologie für die gymnasiale Oberstufe. / bearb. von Irmtraud Beyer *et al.* ; unter Mitarbeit von Roman Claus *et al*. 1. Auflage. - Klett und Balmer, 2005, Zug, Seite 343

[3] http://cs.wikipedia.org/wiki/Soubor:Lichen_cross-section.png, besucht am 03. November 2008

[4] http://maps.google.com/maps?f=q&hl=en&geocode=&q=aarau&sll=37.0625,-95.677068&\\ sspn=48.555061,114.169922&ie=UTF8&ll=47.398349,8.054084&\\ spn=0.005076,0.017917&t=h&z=17 , besucht am 03. November 2008

[5] Weber, Konrad. - Bioindikation: Lebewesen zeigen uns den Zustand unserer Umwelt. - Lehrmittelverlag des Kantons Zürich, 1991, Seite 52

[6] Weber, Konrad. - Bioindikation: Lebewesen zeigen uns den Zustand unserer Umwelt. - Lehrmittelverlag des Kantons Zürich, 1991, Seite 58

[7] Weber, Konrad. - Bioindikation: Lebewesen zeigen uns den Zustand unserer Umwelt. - Lehrmittelverlag des Kantons Zürich, 1991, Seite 63

[8] http://maps.google.com/maps?f=q&hl=en&geocode=&q=aarau&sll=37.0625,-95.677068&\\ sspn=48.555061,114.169922&ie=UTF8&ll=47.399232,8.055135&\\ spn=0.002553,0.009007&t=h&z=18, besucht am 03. November 2008

[9] http://de.wikipedia.org/wiki/Flechte#Bioindikatoren, besucht am 23.01.2009

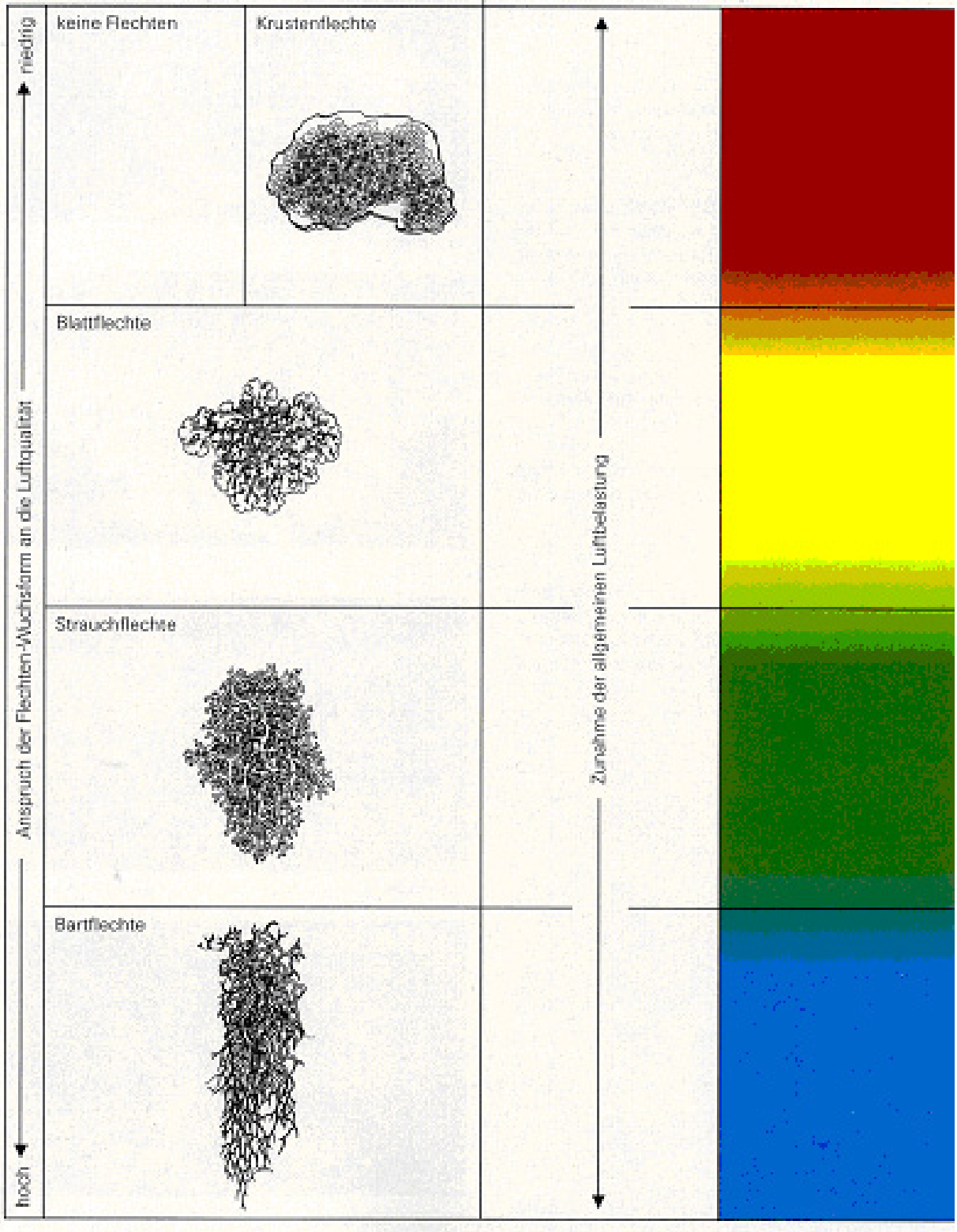
[10] http://www.in-luft.ch/Publications/pdf/Flechten_Aarau_Bericht_070219_mittel.pdf, besucht am 03. November 2008

[11] http://www.in-luft.ch/Publications/pdf/Flechten_Aarau_Bericht_070219_mittel.pdf, Seite 14, besucht am 22. Januar 2009

[12] http://www.in-luft.ch/Publications/pdf/Flechten_Aarau_Bericht_070219_mittel.pdf, Seite 15, beuscht am 22. Januar 2009

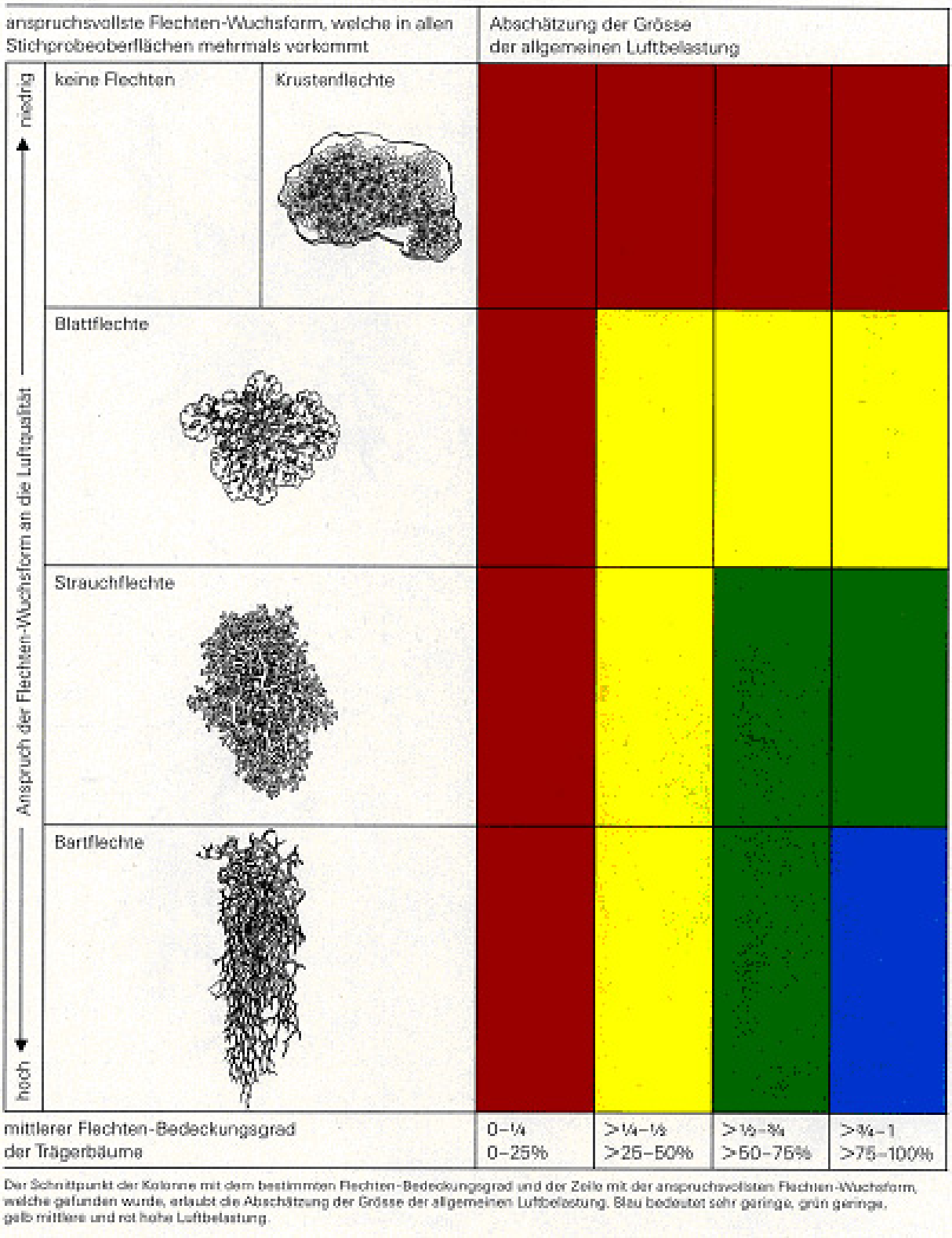
Quelle: Weber, Konrad. - Bioindikation: Lebewesen zeigen uns den Zustand unserer Umwelt. - Lehrmittelverlag des Kantons Zürich, 1991, Seite 52

Zusammenhang der Flechten-Wuchsformen mit der Grösse der allgemeinen Luftbelastung.



Quelle: Weber, Konrad. - Bioindikation: Lebewesen zeigen uns den Zustand unserer Umwelt. - Lehrmittelverlag des Kantons Zürich, 1991, Seite 58

Zusammenhang der Flechten-Wuchsformen und des Flechten-Bedeckungsgrades der Flechten-Trägerbaumstämme mit der Grösse der allgemeinen Luftbelastung.



Der Schnittpunkt der Kolonne mit dem bestimmten Flechten-Bedeckungsgrad und der Zeile mit der anspruchsvollsten Flechten-Wuchsform, welche gefunden wurde, erlaubt die Abschätzung der Grösse der allgemeinen Luftbelastung. Blau bedeutet sehr geringe, grün geringe, gelb mittlere und rot hohe Luftbelastung.