

Zeitschrift: Veröffentlichungen des Geobotanischen Institutes der Eidg. Tech. Hochschule, Stiftung Rübel, in Zürich

Herausgeber: Geobotanisches Institut, Stiftung Rübel (Zürich)

Band: 62 (1977)

Artikel: Die Epiphytenvegetation im Raume Zürich als Indikator der Umweltbelastung

Autor: Züst, Susanna

Kapitel: C: Untersuchungsgebiete und Methoden

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-308511>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 17.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

C. UNTERSUCHUNGSGEBIETE UND METHODEN

1. EPIPHYTENKARTIERUNGEN

1.1. Beschreibung der Kartierungsgebiete

1.1.1. Zürich

Zürich liegt in der Nordostschweiz, auf $47^{\circ}22,2'$ nördlicher Breite und $8^{\circ}32,6'$ östlicher Länge. Der Stadt kern befindet sich am Ausfluss der Limmat aus dem Zürichsee auf 408 m ü.M. Von hier aus dehnt sich die Stadt talabwärts nach Nordwest und den Hängen der umliegenden Hügel entlang aufwärts. Die Topographie der Stadt ist geprägt von den bewaldeten Molasse-hügeln beidseits des Sees und des Flusses (Karte 1 im Anhang). Im Südwesten der Stadt steigt der Uetliberg, Ausläufer der Al-biskette, in einem stark gegliederten Hang steil an bis auf 870 m ü.M. und flacht nach Nordwesten langsam ab. Ihm vorge-lagert, aber durch die Sihl (440 m ü.M.), einem Seitenfluss der Limmat, von ihm getrennt, liegt der Aentlisberg (524 m ü.M.). Im Osten der Stadt ziehen sich als Fortsetzung des Pfannenstils die mehr oder weniger zusammenhängenden Waldhügel Oeschbrig (696 m ü.M.), Adlisberg (701 m ü.M.) und Zürichberg (676 m ü.M.) hin, die durch den Milchbuck (473 m ü.M.), dem Uebergang zwi-schen Limmattal und Glattal, vom anschliessenden Chäferberg (578 m ü.M.) und Hönggerberg (541 m ü.M.) getrennt sind. Ausserhalb des Gemeindegebietes von Zürich säumen die bewaldeten Hügel Gubrist (615 m ü.M.) und Altberg (631 m ü.M.) das rechte und der Heitersberg (787 m ü.M.) unterhalb der Einmündung des Reppisch-tales das linke Limmattal. Im Talboden liegen die Dörfer Schlie-ren, Urdorf und Dietikon, die kaum voneinander und von Zürich zu trennen sind. Nördlich von Zürich zieht sich das Glattal, in dem der Flughafen Kloten liegt, nach Norden.

Klima: Zürich besitzt das feucht-temperierte Klima der gemässigten Breiten:

Jahresmittel - Niederschläge 1105 mm verteilt auf 134 Tage/Jahr
- relative Luftfeuchtigkeit 77%
- Temperatur $7,9^{\circ}\text{C}$

Die vorherrschenden westlichen Luftströmungen von warmen und feuchten Winden bewirken ein etwas milderes Klima als es den Breitengraden entspricht. Durch die Alpennähe sind auch die Niederschlagsmengen relativ hoch (s.Klimadiagramm). Die Windgeschwindigkeiten und Windhäufigkeiten gehen aus Abbildung 2 hervor, wobei zwischen stärkeren und sehr schwachen Winden unterscheiden wird.

Das Mesoklima der Gemeinde Zürich wird durch die Meteorologische Zentralanstalt (MZA) von 2 Klimastationen (MZA am Zürichberg und MZA im alten botanischen Garten) und drei Regenmessstationen erfasst.

Innerhalb der Stadt können relativ grosse Unterschiede gemessen werden, die sowohl auf die starke Gliederung des Reliefs als auch auf die Ueberbauung zurückzuführen sind.

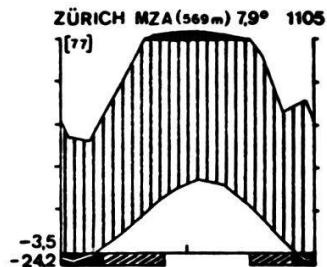
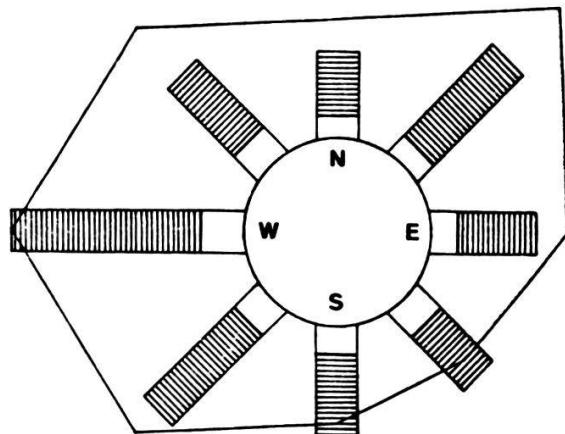


Abb. 1: Klimadiagramm von Zürich, nach Walter 1960



Windhäufigkeit

Stablänge: Zeitdauer in % eines Jahres, während welcher der Wind aus der betreffenden Richtung weht (14 mm = 10%)

- Gesamt - Jahresmittel (alle Beobachtungstermine)
- Anteil der sehr schwachen Winde

Windgeschwindigkeit

Die Distanzen vom zentralen Kreis bis zu den Flächen-Eckpunkten zeigen für die betreffende Richtung die mittlere Windgeschwindigkeit in Kilometer pro Stunde (2,8 mm = 1 km/h)

Abb. 2: Windrose von Zürich, nach Imhof 1965

Bevölkerung: Seit der letzten Eingemeindung im Jahre 1934, durch die das Gemeindegebiet heute 9186 ha umfasst, ist die Einwohnerzahl der Stadt Zürich von 315 864 auf 417 972 (für 1970, Zürcher Statistisches Jahrbuch 1974) angestiegen. Das ergibt für 1936 eine ungefähre Volksdichte von 3438 Einwohner pro km² und für heute 4550 Einwohner /km². Dazu zählt sich jedoch auch das Agglomerationsgebiet, das sich heute in einem Ring von durchschnittlich 6 km Breite um die Stadt legt und 50 Gemeinden umfasst.

Funktionale Gliederung: Neben der Bevölkerung haben auch Industrie und Gewerbe stark zugenommen. Zusammen mit den Verkehrsflächen nehmen Industrie- und Gewerbezone 8% der Stadtfläche ein und haben ihren Schwerpunkt westlich vom Stadtkern im Talboden (Industriequartier) und im nördlichen Stadtteil (Oerlikon). Zürich kann jedoch nicht als ausgesprochene Industriestadt bezeichnet werden. Die Wohn- und Geschäftsquartiere samt der Kernzone bedecken 43% der Stadtfläche. Die bebaute Fläche der Stadt geht aus Karte 2 (im Anhang) hervor; darin ist diejenige von 1936 schraffiert eingezeichnet.

Abb. 3: Statistische Daten zu Zürich

	1936	1970
Einwohner	315 864	417 972
Einwohner / km ²	3 438	4 550
Prozentualer Anteil d. Geamtfläche = 100 %		
Gewässer	6 %	6 %
Wald	24 %	24 %
"Freihaltezone" = Landwirtschaft, öffentl. Anlagen wie Allmend, Friedhöfe, Strand- u. Freiluftbäder	40 %	19 %
Bebautes Gebiet	30 % davon: 6% Gebäudefläche 14% Höfe, Gärten 10% Strasse, Eisenbahn	51 % davon: 43% Wohn- und Kernzone 8% Industrie- u. Gewerbezone

1.1.2. Bachs

Das Gebiet von Bachs liegt 20 km nordöstlich von Zürich und grenzt im Norden an den Rhein (Karte 1 im Anhang). Das Bauerndorf Bachs (468 m ü.M.) liegt in einem von bewaldeten Hügeln eingeschlossenen Tal, das sich nach Norden entwässert. Nordöstlich vom Dorf steigen die Hänge des Sanzenberges (550 m ü.M.) und Stadler Berges (637 m ü.M.) ziemlich steil zu einem Gipfelplateau an.

Klima: Das Klima von Bachs liegt zwischen dem von Zürich und Kaiserstuhl am Rhein, der nächstgelegenen Klimastation. Verglichen mit Zürich hat das Bachsertal eine etwa um 100 mm geringere jährliche Niederschlagssumme. Die Temperaturen differieren kaum von jenen in Zürich.

Bevölkerung und Nutzung: Das Dorf Bachs zählt 415 Einwohner (1975). Die Bevölkerungsdichte der Umgebung ist 25-50 Einwohner/km² (Imhof 1965). Die Bevölkerung ist hauptsächlich in der Landwirtschaft beschäftigt, nämlich 48% der Berufstätigen. 30% der Berufstätigen sind Wegpendler. Industrie gibt es keine. Der nächste Industrieort, Niederweningen im Wehntal, liegt 6 km westlich von Bachs.

1.2. Siedlungstypen-Kartierung

1.2.1. Siedlungstypen

Die Methode der Siedlungstypen-Kartierung wurde zu Vergleichszwecken so genau wie möglich aus Vareschi (1936) übernommen. Es werden dabei Wuchs- oder Lebensformen kartiert, die Vareschi "physiognomische Siedlungstypen" nannte. In Anlehnung an Vareschi soll in Zukunft von Siedlungstypen die Rede sein, obwohl der Ausdruck "Wuchsform" anschaulicher und allgemein gebräuchlich ist. Vareschi unterscheidet 15 Siedlungstypen. In der Tabelle im Anhang werden sie durch eine bestimmte Artenkombination definiert (Vertikale). Ihre Anordnung von rechts nach links entspricht im grossen und ganzen steigenden Sukzessionsstadien. Arten, die für einen Siedlungstypus besonders charakteristisch sind und seinen Aspekt bestimmen, sind hervorgehoben.

1 grüne Algenüberzüge	8 Wimperflechten
4 staubige Krusten	9 schmallappige Blattflechten
2 Tintenstriche	10 breitlappige Blattflechten
3 Randsäume	11 Strauchflechten
5 Rillenflechten	12 Bartflechten
6 Punktfflechten	13 Lebermoose
7 Ringflechten	14 Laubmoose
	15 Blütenpflanzen

Für die vorliegende Arbeit sind aber folgende Vereinfachungen nötig:

- Grünalgen (1) und staubige Krusten (4) wurden zusammengefasst, da beide sehr häufig, überall und oft zusammen vorkommen.
- Tintenstriche (2) und Randsäume (3) wurden nicht kartiert, da ihre Artenkombination sich beinahe mit derjenigen der Rillenflechten (5) deckt (Tabelle im Anhang) und sie von diesen nicht unterschieden werden konnten. Wohl konnten innerhalb aller Rillenflechten Vitalitätsunterschiede beobachtet werden, d.h. Lager mit und ohne Fruchtkörper, aber nirgends "Initialstadien", wie sie Vareschi beschrieb.
- Punkt - und Ringflechten (6 und 7) wurden einfachheitshalber zu den Krustenflechten zusammengefasst, da beide nicht häufig und dann oft zusammen vorkommen.
- Die Bartflechten (12) kommen heute im Stadtgebiet nicht mehr vor und der Siedlungstypus der Blütenpflanzen wurde weggelassen. Oft bereitete es Schwierigkeiten, den Bewuchs eines Stammes einem Siedlungstypus zuzuordnen, weil Arten von verschiedenen Siedlungstypen vorlagen. Bei solchen Mischtypen wurde dann, wenn sie den gleichen Deckungsgrad aufwiesen, zugunsten des nächst höheren Siedlungstypus in der Sukzessionsfolge entschieden.

1.2.2. Auswahl und Anzahl der Trägerpflanzen

Vareschi berücksichtigte bei seiner Kartierung in erster Linie die Waldflächen der Gemeinde Zürich. Seine insgesamt 550* kartierten Bäume (100%), zu denen heute die gleiche Anzahl Vergleichsbäume kartiert wurde, entfallen auf folgende Gebiete und Baumarten (resp. Gattungen):

89 % Wälder:	<u>Picea excelsa</u>	<u>Quercus spec.</u>
	<u>Abies alba</u>	<u>Fraxinus excelsior</u>
	<u>Larix decidua</u>	<u>Acer spec.</u>
	<u>Pinus spec.</u>	<u>Betula pendula</u>
	<u>Fagus silvatica</u>	<u>Alnus spec.</u>
	<u>Carpinus Betulus</u>	

6 % Grünland:

Obstbäume:	<u>Pirus</u>	<u>Prunus</u>
Alleebäume:	<u>Populus spec.</u>	<u>Robinia Pseudo-Acacia</u>
<u>Aesculus Hippocastanum</u>		
Andere:	<u>Juglans regia</u>	

5 % Stadt*:

Alleebäume:	<u>Populus spec.</u>	<u>Robinia Pseudo-Acacia</u>
<u>Aesculus Hippocastanum</u>		
Andere:	<u>Fraxinus excelsior</u>	<u>Ulmus spec.</u>
	<u>Tilia spec.</u>	<u>Quercus spec.</u>
	<u>Juglans regia</u>	

Aufgrund welcher Ueberlegung die Bäume 1936 ausgewählt wurden, ist unbekannt. In der vorliegenden Arbeit wurden dieselben Baumarten wie damals gewählt. Die Anzahl der Bäume wurde jedoch aus folgenden Ueberlegungen auf 4000 erhöht: Aus dem Kärtchen 1:68'000, in dem Vareschi seine 600 Beobachtungen mit Symbolen (Baumart) und Ziffern (dazugehöriger Siedlungstypus) darstellte, konnte der genaue Standort der Bäume mit wenigen Ausnahmen nicht rekonstruiert werden. Häufig war es notwendig, mehrere Bäume auf ihre Epiphyten hin zu begutachten, damit die Aussage einem repräsentativen Durchschnitt für ein Gebiet entspricht. Bei welcher Anzahl von Beobachtungen dieser erreicht war, hängt vom Abschätzen der Homogenität eines Gebietes ab und ist eine empirische (oder subjektive) Angelegenheit.

Die Beobachtungen wurden an regelmässig gewachsenen, durchschnittlich 40 cm dicken Stämmen lebender Bäume ein bis drei m über Boden gemacht.

Für die Feldarbeit innerhalb der Gemeinde Zürich wurde ein Protokollblatt benutzt, auf dem die Baumarten, die Siedlungstypen in drei Vitalitätsklassen (kümmерlich, normal und üppig, bezogen auf das Vorkommen im Gemeindegebiet) und deren Exposition angekreuzt wurden. Ausnahmen und für ein topographisch einheitliches Gebiet allgemein gültige Beobachtungen wurden als solche vermerkt. Der Standort wurde auf etwa 50 m genau festgehalten und die Umgebung der Trägerpflanzen beschrieben. Jede Beobachtung erhielt gebietsweise eine fortlaufende Nummer. Als Orientierungsgrundlage diente die Karte 1:25 000 von Zürich und die angrenzenden Blätter und der Stadtplan, auf die sich auch die Lokalnamen beziehen. In den angrenzenden Gemeinden wurde direkt nach Epiphyten-Zonen (S. 17) kartiert.

* Bezieht sich auf heute bebautes Gebiet. 50 Bäume, deren Standort 1936 im Grünland war, gibt es heute nicht mehr.

1.3. Epiphyten - Zonenkarte

Die Definition der Epiphytenzonen, die ursprünglich auf Haugsjå^o (1930) zurückgeht, wurde im Allgemeinen von Vareschi übernommen.

Vareschi unterschied: Zone I die Epiphytenwüste
 Zone II die innere Kampfzone
 Zone III die äussere Kampfzone
 Zone IV die Normalzone

Aus der Tabelle (im Anhang) geht die Zugehörigkeit der einzelnen Arten und Siedlungstypen (1-14) zu den Zonen hervor:

- In der Epiphytenwüste kommen ausser einigen Grünalgen (1) und Leparia-Arten (4) nur noch vereinzelte Arten vor. Heute sind dies andere als 1936. (S. 65)
- Für die innere Kampfzone sind neben den (niedrigen) Siedlungstypen Grünalgen (1) und den staubigen Krusten (4) die Krustenflechten (Punkt- und Ringflechten: 6/7) und das kümmерliche Auftreten von Blattflechten (Wimperflechten: 8, schmal- und breitlappige Blattflechten: 9,10) charakteristisch. Es sind vor allem die unempfindlichen Arten dieser Siedlungstypen, die hier als einzelne Individuen auftreten.

- In der äusseren Kampfzone nimmt die Vitalität und der Dekungsgrad dieser Arten und die Artenvielfalt der oben erwähnten Siedlungstypen zu.
- In der Normalzone sind alle Siedlungstypen und die meisten Assoziationen, die Ochsner (1927) in seiner "Studie über die Epiphytenvegetation der Schweiz" beschrieben hat, fertil vertreten.

Die Epiphyten-Zonenkarte für die Gebiete ausserhalb der Gemeinde ist aus der direkten Kartierung nach Zonen und für das Gemeindegebiet aus der Kartierung nach Siedlungstypen entstanden. Nach der Feldarbeit (Zuordnung eines Bewuchses zu einem Siedlungstyp) erfolgte die Auswertung in drei Schritten. Aufgrund der Definition wurden alle 4000 Bäume (Vergleichsbäume zu 1936 und Zusatzbäume), resp. ihre Siedlungstypen auf den Protokollblättern der entsprechenden Zone zugeordnet, wobei die drei Vitalitätsklassen und der Vermerk über die Artenzahl bei der Wertung halfen. Anschliessend wurde für jede Baumart eine transparente Karte gezeichnet, in der jede Beobachtung in der entsprechenden Zonenfarbe als Punkt eingetragen wurde. Beobachtungen von allgemeiner Gültigkeit für ein topographisch einheitliches Gebiet wurden hervorgehoben, damit sie besonders gewertet werden konnten. Als letzter Schritt wurden aus den transparenten Baum-Karten mit der Karte 1:25'000 von Zürich als Grundlage die Epiphytenzonen voneinander abgegrenzt.

1.4. Auswertung der Siedlungstypen-Kartierung nach Gebieten

Die Darstellung der Siedlungstypen-Kartierung in Form einer Karte eignete sich für die heute so grosse Anzahl von Beobachtungen nicht. Deshalb wurde die Gemeinde in Gebiete eingeteilt und die Daten eines Gebietes wurden in einer Tabelle zusammengestellt. Die Auswahl und gegenseitige Abgrenzung der Gebiete erfolgte aufgrund der Epiphytenvegetation von 1936 und 1976 und aufgrund ihrer einheitlichen Topographie. Es sind folgende in Karte 2 (im Anhang) fortlaufend nummerierte Gebiete:

- Waldgebiete: 1 - 28

1 - 21: rechts der Limmat } von NW nach SE
 22 - 28: links der Limmat } angeordnet

- Stadtgebiete: 29 - 32

In den Tabellen (Abb. 9-44) werden die Verhältnisse von 1936 und 1976 miteinander verglichen. Die Informationen für die Darstellung des Zustandes 1936 stammen sowohl aus Vareschi's Text als auch aus seiner Epiphytenkarte. Aus dieser wurden gebietsweise Auszüge gemacht und den heutigen, vergleichbaren Bäumen desselben Gebietes gegenüber gestellt. Für die Darstellung des heutigen Zustandes wurden alle Beobachtungen verwendet, also auch die vereinzelten Vorkommen von Epiphyten, die für das Gebiet nicht repräsentativ sind, wo aber Epiphyten immerhin die Möglichkeit hatten, zu gedeihen. (Bsp.: Bei Lichtungen, in der Nähe des Waldrandes, Bäume entlang Strassen). Im Text (S. 28) zu jeder Tabelle werden die Epiphytenfunde gewertet.

2. SOZIOLOGISCHE AUFNAHMEN

In Anlehnung an Vareschi wurden soziologische Aufnahmen gemacht. Sie beziehen sich immer auf diejenige Stammhälfte, die am dichtesten bewachsen war und auf die Höhe zwischen 1m und 3m über Boden. Der Deckungsgrad wurde nach der Methode von Braun-Blanquet geschätzt. Die Nomenklatur der Flechten bezieht sich auf Poelt (1969), die der Moose auf Bertsch (1966).

3. FELDEXPERIMENTE

3.1. Mikroklimamessungen

Die beiden Faktoren relative Luftfeuchtigkeit und Temperatur wurden herausgegriffen, weil sich in der Kartierung Unterschiede ergaben, die diese Faktoren als wichtig vermuten lassen. Die mikroklimatischen Unterschiede von vier Expositionen und von Bachtöbeln und ihrer Umgebung wurden in Stichproben gemessen. Alle Stationen lagen am Zürichberg.

Abb. 4 Messstellen für das Mikroklima

	Exp.	Ort	Höhe ü.M. (m)	
Exposition	NW	Altherr-Terrasse *	500	
	SW	Susenberg: Schattengasse	640	
	SE	Zoologischer Garten	640	
	NE	oberhalb Probstei *	480	
Bachtobel u. Umgebung	NW	Peterstobel Weibelacher Sagentobel	Bachbett	Tobel-tiefe
			580	20
			540	10
	NE		550	40

* zugleich Station 3 und 2 des Stammabflussversuches

Die Messungen bezüglich der Exposition wurden jeweils an vier Stellen pro Station gemacht. Durch die Bachtobel, die alle im Wald liegen, wurden Messreihen von fünf Punkten gelegt: Einer lag auf der Höhe des Bachbettes, je zwei lagen am Tobelrand und etwa 50 m davon entfernt. Eine Station in der Stadt (Kreuzung Dolderstrasse/Treichlerstrasse) und die Mittagsdaten der MZA dienten zum Vergleich mit bebautem Wohngebiet.

Messzeiten: Die Messungen wurden im Sommer durchgeführt. Um repräsentative Nacht- resp. Tagwerte zu erhalten, wurde kurz vor Sonnenaufgang und um die Mittagszeit gemessen. Es wurde versucht, die Stichproben einigermassen regelmässig auf die verschiedenen Wetterlagen zu verteilen: Mit und ohne Wind, hell und bedeckt, nie nach einem Regentag. An allen Stationen wurde - soweit möglich - zur selben Zeit gemessen. Die längste, durch den Weg einer Messreihe bedingte zeitliche Verschiebung von der ersten zur letzten Messung betrug etwa 3/4 Stunde. Die Messhöhe betrug in Anlehnung an Wetterhüttenmessungen 1,60 m über Boden.

Messgerät: Es wurde mit drei Aspirationspsychrometern nach Assmann, zwei elektronischen Luftfeuchtigkeitsmessern der Firma SINA und zwei Thermometern gemessen. Pro Station war immer das gleiche Gerät im Einsatz. Alle Geräte wurden in einer "vollautomatisierten" Klimakammer miteinander verglichen, damit Abweichungen berücksichtigt werden konnten. (Differenzen bis zu 6% relativer Luftfeuchtigkeit).

3.2. Stammabfluss

3.2.1. Lage und Auswahl der Bäume

Für die Untersuchungen mit Stammabfluss wurden vier Stationen gewählt, von denen eine in Bachs lag und drei im Gemeindegebiet der Stadt Zürich. Die Stationen werden in Abbildung 5 charakterisiert und sind in Karte 1 (im Anhang) mit Punkten markiert. Allen gemeinsam ist die Hanglage; ausser Station 4 liegen zudem alle an einem Waldrand. Im alten botanischen Garten im Stadtzentrum, wo die EAWAG (Eidgenössische Anstalt für Wasser, Abwasser und Gewässerschutz) eine Messstelle für Monatssammelproben unterhält, wurde zum Vergleich Regenwasser gesammelt. Zur Auswahl dieser Stationen haben einerseits die hypothetischen Ueberlegungen zum Versuch und andererseits rein praktische Gründe geführt: Pro Station sollten sechs Buchen (*Fagus silvatica*) von möglichst gleichem Durchmesser (durchschnittlich 45 cm) und ähnlichem Wuchs und Astwerk vorhanden sein. Drei Bäume entfielen jeweils auf den Waldrand und drei auf das Waldesinnere. Bäume wurden wiederum aus praktischen Gründen gewählt: Sie sind glattrindig, was das Sammeln des Stammabfluss erleichtert. In Abbildung 6 sind die Eigenschaften der 24 Buchen zusammengefasst.

Abb. 5: Messstellen für den Stammabfluss

Station	Ort	Lokal-name	Exp.	Höhe m ü.M.	Lage bezügl. Stadtzentrum	Epiphyten-bewuchs	Vegetation Umgebung
Nr.1	Bachs	Hueb-acher	SW	510	Land	1,4,5,9	Eichen-Buchenwald
Nr.2	Zürich	Probstei	NE	480	hinter Zürichberg, zentrum-abgewandt	1,4 (9)	Buchenwald
Nr.3	Zürich	Altherr-Terrasse	NW	500	vor Zürichberg, zentrum-zugewandt	1	Buchenwald
Nr.4	Zürich	Pfauen Rämibühl	SW	420	Stadtzentrum	(1)	Parkanlage

Abb. 6: Eigenschaften der Buchen für die Entnahme des Stammabflusses

Ort	Bestandes-dichte	Baum Nr.	Stamm Ø cm	Exposit. Haupt-Sta.fluss	Rindenbeschaffenheit	Epiphytenbewuchs (ST) mit Exposition	Arten
Bachs	offen	1.0		Niederschlag-Station			
	Wald	1.1	45	N	glatt	1(N), 5(NW)	<u>Graphis scripta</u>
		1.2	42	N	glatt	4(N), 5(WES), 14(N)	<u>Gr. scripta (Ap)</u>
		1.3	45	N	glatt	5(N,W,E,S)	<u>Gr. scripta</u>
	Waldrand	1.4	46	NE	glatt	1(NE), 9(W)	<u>Parmelia scorteae</u>
		1.5	43	N	glatt	5(SW)	<u>P. olivacea</u>
		1.6	39	NE	glatt	5, 9 (S)	<u>Graphis scripta</u> <u>Gr. scripta</u> <u>P. olivacea</u>
Zürich Probstei	offen	2.0		Niederschlag-Station			
	Wald	2.1	48	SE	rauh	1 (N,W,E,S)	
		2.2	50	NW	rauh	1 (N,W,E,S)	
		2.3	45	NE	rauh	1 (N,W,E,S)	* Absterberinge SE
	Waldrand	2.4	42	NE	glatt	1 (N,W,E,S)	
		2.5	44	NE	glatt	1 (N,E,S), 9(W)	<u>P. fuliginosa</u>
		2.6	49	NE	rauh	4 (SW), 9(S)	<u>P. fuliginosa</u>
Zürich Altherr	offen	3.0		Niederschlag-Station			
	Wald	3.1	42	NW	glatt	Kahl	
		3.2	40	NW	glatt	kahl	
		3.3	46	NW	glatt	1 (NE)	
	Waldrand	3.4	53	W	glatt	1 (N,E,S,W)	
		3.5	48	NW	glatt	kahl	
		3.6	47	SW	glatt	1 (N)	
Zch. Bot.G. Zürich, Pfauen-Rämibühl	offen	4.0		Niederschlag-Station			
	Park	4.1	52	W	glatt	kael	
		4.2	49	NW	glatt	kahl	
		4.3	41	N	glatt	1 (N)	
	Park	4.4	43	NE	narbig-g.	kael	
		4.5	53	W	" -glatt	kahl	
		4.6	53	N	narbig-"	kahl	
	offen	5.0		Niederschlag-Station			

Ap.= Apothecien

*Absterberinge und -Streifen s.S.103

3.2.2. Auffangsystem und -zeitpunkt

Der Stammabfluss wurde in einer mit Draht am Stamm befestigten 500ml-Polyäthylenflasche etwa 1,5 m über Boden aufgefangen. Ein halbierter und zweimal spiraling um den Stamm gewickelter Polyäthylenschlauch, der mit Gaschell-Baumwachs fixiert wurde, führte durch einen Silikonstopfen U-förmig in diese Flasche. Im Stopfen steckte zudem ein Entlüftungsrohr. Dort, wo der halbierte Schlauch in den geschlossenen überging, unmittelbar vor dem U-Bogen, war der Ueberlauf. Mit diesem System konnten die ersten 500 ml Stammabfluss eines Regengusses aufgefangen werden und ein Durchfluss (oder Verdünnen) war verhindert.

Parallel zu den Stammabflussproben wurde an jeder Station das Regenwasser gesammelt. Um für die Analysen eine mengenmässig mit dem Stammabflusswasser vergleichbare Probe zu erhalten, wurde einem Hellmannschen Regenmesser ein Plastiktrichter von 46 cm Durchmesser aufgesetzt, von dem aus ein Polyäthylenschlauch das Wasser direkt in die Flasche führte.

Unmittelbar nach dem erwarteten, mindestens flaschenfüllenden Regenfall wurden die Proben eingesammelt. Vor einem solchen Regen mussten die Flaschen leer gewesen sein. Die Untersuchungen wurden im unbelaubten und im belaubten Zustand der Bäume durchgeführt:
 Winter: 20.1., 13.2., 3.3., 6.3., 27.3.1975
 Sommer: 5.6., 11.6., 24.6., 11.8.1975

3.2.3. Wasseranalysen

Die 500ml-Wasserproben wurden direkt verarbeitet, ohne vorher eventuelle Verschmutzungen zu eliminieren. Verschmutzungen gab es meistens; ihre Qualität (verschiedenartige Stäube, organische Partikel von Pflanzen und Insekten) und Quantität war von der Jahreszeit und von der Intensität des Regenfalls abhängig.

pH - Wert: Unmittelbar nach dem Einsammeln wurde der pH der Stammabfluss- und Regenproben mit einem Beckmann pH-Gerät bestimmt, indem die Sonde direkt in die vorher geschüttelte Flasche gehalten wurde.

Sulfit - Gehalt (SO_3^{2-}): Für die Sulfitbestimmung wurden im Feld 50ml von der Probe entnommen und sofort nach "anbasen" mit 0,1 n Natronlauge im Verhältnis 10:2 das Konservierungs-

mittel TCM (Natriumtetrachloromercurat) beigegeben. Die Wasserproben mussten so schnell wie möglich konserviert werden, um den Oxidationsprozess zu Sulfat zu unterbrechen. Noch am gleichen Tag erfolgte die Bestimmung, die auf einer kolorimetrischen Reaktion mit Anilin beruht: Pararosanilin wird mit Salzsäure in die Aniliniumstruktur überführt und dabei entfärbt. Die schweflige Säure bildet zusammen mit Formaldehyd unter Beigabe vom entfärbten Pararosanilin eine rotviolette Sulfonsäure, deren Extinktion bei 580 nm gemessen worden ist (EAWAG 1971).

Sulfat - Gehalt (SO_4^{2-}): Die Sulfatbestimmung wurde im Trinkwasserlaboratorium der EAWAG mit dessen Anleitung durchgeführt. Sofern nötig, lagerten die Proben einige Tage im Kühlschrank. Die Bestimmung erfolgte nach dem Kationenaustausch massanalytisch durch die indirekte komplexometrische Titration von Bariumsulfat. (Schweiz.Lebensmittelbuch 1972).

Blei : Der Bleigehalt der Stammabflussproben konnte am Atomabsorber (Perkin/Elmer 306, mit der Flamme bei einem Gasgemisch von Acetylen und Luft, bei 283 nm) der chemischen Abteilung der EAWAG bestimmt werden.

3.2.4. Statistische Auswertung

Da viele Resultate durch äussere, nicht zu kontrollierende Faktoren (z.B. unterschiedliche Regenintensität) ausfielen und die einzelnen Stationen dadurch schwer miteinander zu vergleichen waren, wurde der für solche Daten geeignete Rangfolgetest von Lemmer, Stocker und Reinach angewandt (Brändli u. Hilden 1974). Zusammenhänge zwischen den einzelnen Faktoren wurden mit multiplen Regressionen geprüft.

3.3. Sprühversuch

Epiphyten wurden in der Natur mit stark saurem Stammabfluss besprüht.

3.3.1. Lage und Beschreibung der Bäume

Die für den Versuch ausgewählten fünf Buchen lagen 20 km südöstlich von Zürich am Südwesthang eines bewaldeten Ausläufers des Pfannenstils (Stollen ob Männedorf, Koord. 696.250/235.625). Zwei der Buchen (Hanglage) waren mit grossflächigen, voll entwickelten Graphislagern und drei (Plateaulage) mit schmallappigen Blattflechten und Laubmoosen bewachsen. Abb. 7 gibt eine Uebersicht über die Buchen und deren Bewuchs. Die Arten sind so angeordnet, dass die am stärksten deckenden einer Exposition zuoberst stehen.

Abb. 7: Bewuchs der Buchen für den Sprühversuch

Baum Nr.	Ø cm	Expos.*	Siedlungs- typus	Arten, nach Expositionen aufgeführt			
				N	E	S	W
1	15	N	Rillenflech- -ten (5)	—	—	<u>Graphis</u> <u>scripta</u>	—
2	10	N	Rillenflech- -ten (5)	<u>Graphis</u> <u>scripta</u>	—	<u>Graphis</u> <u>scripta</u> [alt]	—
3	16	S	Laubmoos- rasen (14)	<u>Pylaisia</u> <u>polyantha</u> <u>Ulotha</u> <u>crispa</u> <u>Frullania</u> <u>dilatata</u>	<u>Parmelia</u> <u>fuliginosa</u> <u>Pylaisia</u> <u>polyantha</u>	—	<u>Parmelia</u> <u>fuliginosa</u>
4	15	SW	Laubmoos- rasen (14)	<u>Pylaisia</u> <u>polyantha</u>	<u>Parmelia</u> <u>fuliginosa</u> <u>Pylaisia</u> <u>polyantha</u>	—	—
5	20	SE	Schmallap- pige Blatt- flechten (9)	<u>Frullania</u> <u>dilatata</u> <u>Pylaisia</u> <u>polyantha</u> <u>Ulotha</u> <u>crispa</u> <u>Parmelia</u> <u>fuliginosa</u>	<u>Graphis</u> <u>scripta</u> (alt)	<u>Parmelia</u> <u>fuliginosa</u>	<u>Parmelia</u> <u>fuliginosa</u> <u>Pylaisia</u> <u>polyantha</u>

* Exposition Hauptstammabfluss

3.3.2. Sprühmethode

Ein 20 cm hoher, optimal bewachsener Stammausschnitt wurde drei Monate (Juli-September) lang wöchentlich mit Stammabfluss besprüht. Pro Baum (mittlere Fläche von 1909 cm^2) war eine durchschnittliche Wassermenge von 40 ml notwendig, bis die Oberfläche benetzt und die Moose gequollen waren. Das Sprühwasser war ein Gemisch von Stammabflussproben der drei Stadtstationen 2, 3 und 4 vom März/April mit einem Sulfatgehalt von 100,2 mg/l und einem pH-Wert von 2,7. Es wurde im Kühlschrank aufbewahrt. Damit die Epiphyten eines Stammausschnittes nicht zusätzlich mit Regenwasser berieselten werden konnten, wurde an seinem oberen Rand ein 12 cm breites "Dach", ein vom Stamm abstehendes, mit Baumwachs befestigtes Plastikband, angebracht.

3.3.3. Auswertung

Am Anfang und Ende des Versuches wurden die Stammausschnitte photographiert und ihre Oberfläche mit allen Arten im Massstab 1:1 auf eine transparente mm-Folie abgezeichnet, worauf die von jeder Art bewachsenen Flächen ausgezählt wurden. Als Kontrollen dienten andere Ausschnitte am gleichen Stamm oberhalb des Daches.

4. KULTURVERSUCHE MIT FLECHTENPILZEN AUF VERSCHIEDENEN pH - SUBSTRATEN

Mit den Pilzstämmen von fünf verschiedenen Flechtenarten wurden Kulturversuche auf verschieden stark angesäuerten Substraten durchgeführt.

Abb. 8: Flechten zur Isolation der Flechtenpilze

Stamm Nr.	Flechtenart	Trägerbaum	Siedlungstyp
DY 26	<u>Xanthoria parietina</u>	<u>Prunus avium</u>	Wimperflechten
DY 7	<u>Physcia stellaris</u>	<u>Fraxinus excelsior</u>	Wimperflechten
DY 24	<u>Parmelia scorteae</u>	<u>Prunus avium</u>	Schmallapp. Blattflechten
DY 6	<u>Hypogymnia physodes</u>	<u>Picea excelsa</u>	Schmallapp. Blattflechten
DY 25	<u>Pseudevernia furfuracea</u>	<u>Prunus avium</u>	Strauchflechten

Isolation der Flechtenpilze: Die Flechtenpilze (Discomycetes, Ordnung Helotiales) wurden aus frisch gesammeltem, max. 72 Stunden altem Material unter der Stereolupe (mit einer Uhrmacher-Pincette) isoliert, nachdem die oberflächlichen Thallusschichten weggeschnitten worden waren. In Petrischalen wurden sie auf folgendem Nährmedium (2 % Malzextrakt, 0,4 % Hefeextrakt, 2 % Agar, 50 mg Terramycin/1000 ml Nährmedium nach dem Autoklavieren (120°, 20 Min.) und Abkühlen auf 50° zugesetzt) während 3-4 Wochen bei 18° inkubiert. Während dieser Inkubationszeit wurden täglich alle wachsenden Pilze, die als Kontaminationen betrachtet wurden, weggenommen. Solche Inocula, die erst nach etwa drei Wochen sehr langsam auszuwachsen begannen, wurden als Flechtenpilze isoliert und in obigem Medium (ohne Terramycin) in Schrägagarröhrchen bei 18° kultiviert. Im allgemeinen wuchsen Pilz und Alge verschiedenen schnell und segregierten in Sektoren, sodass sie durch wenige weitere Ueberimpfungen voneinander getrennt werden konnten.

Submers - Kulturen: Einzelne Kolonien der fünf Stämme wurden aus den Schrägagarröhrchen in flüssiges Medium (2 % Malzextrakt, 0,4 % Hefeextrakt, pH 5,3) übertragen und bei 18° auf der Schüttelmaschine (hin und her, 100 Bewegungen/Min.) während 60 Tagen inkubiert.

pH - Versuche: Die in der Submers-Kultur gewachsenen Flechtenpilz-Kügelchen wurden steril mit einem Ultra-Turrax homogenisiert. 1 ml dieser Hyphenfragmentsuspension diente zum Inokulieren der Hauptkultur. Als Grundmedium (zugleich Kontrollmedium) wurde 2 % Malzextrakt und 0,4 % Hefeextrakt in destilliertem Wasser verwendet (pH-Wert 5,3 nach dem Autoklavieren, 120°, 20 Min.). Dieses Medium wurde mit Zitronensäure bzw. Schwefelsäure auf die gewünschten pH-Werte angesäuert. Je 100 ml Medium wurden in 500 ml Erlenmeyer-Kolben auf der Schüttelmaschine angesetzt.

Zur Auswertung wurde das Pilzwachstum in vier Stufen mit folgender Bedeutung bonitiert:

- +++ optimales Wachstum = Wachstum der Kontrolle
- ++ mittleres Wachstum
- + kümmerliches Wachstum
- kein Wachstum