Küsnacht – kein Luftkurort

Untersuchung der Küsnachter Luftbelastung in der Gemeinde mittels baumbewohnender Flechten

Luftqualität zwar verbessert, aber…

Seit Inkrafttreten der Luftreinhalteverordnung Mitte der achtziger Jahre hat sich die Luftqualität in der Schweiz wesentlich verbessert. Diese erfreuliche Folge der Gesetzgebung kann aber nicht darüber hinwegtäuschen, dass technische Mittel allein kaum in der Lage sein werden, die gesteckten Luftqualitätsziele zu erreichen. Die heutige Luftbelastung mit ihren schädigenden Einflüssen auf Umwelt und Mensch ist vor allem in städtischen Gebieten und Agglomerationen noch immer hoch (Aepli Elsenbeer et al. 1997). Ein bekanntes Beispiel ist Ozon, dessen gesetzlich zulässiger Kurzzeit-Immissionsgrenzwert während Schönwetterperioden im Sommer regelmässig überschritten wird.

Die Luftbelastung messen

Um die Luftbelastung in der Schweiz zu erfassen, wurde ein nationales Beobachtungsnetz technischer Messstationen errichtet. Hier werden Luftschadstoffe wie Schwefeldioxid, Stickstoffoxide, Ozon oder Kohlenmonoxid sowie Schwebestaub und Staubniederschlag mit den darin enthaltenen Schwermetallen physikalisch-chemisch bestimmt. Zusätzlich zu diesem schweizerischen Messstellennetz haben viele Kantone, Städte und Gemeinden eigene Luftschadstoffmessstationen eingerichtet, etwa zur Bestimmung flüchtiger organischer Verbindungen (VOC) wie Benzol oder Methan. In der ganzen Schweiz messen heute über 100 Stationen die Luftbelastung (Aepli Elsenbeer et al. 1997). Diese Messstellen erlauben die exakte Messung der Konzentrationen einzelner Luftschadstoffe an einem bestimmten Ort zu einer bestimmten Zeit. Technische Messstationen sind allerdings mit hohen Kosten verbunden. Eine flächendeckende Erfassung der Luftbelastung ist deshalb schon aus finanziellen Gründen nicht möglich (Liebendörfer 1988). Bei der technischen Messung der Luftbelastung zahlt man gleichsam einen hohen Preis für genaue, punktuelle Messwerte.

Baumflechten bringen es an den Tag

Als ergänzende Methode zur technischen Messung der Luftschadstoffe wird die Bioindikation verwendet. Bioindikatoren sind lebende Organismen, die besondere Umweltbedingungen anzeigen. Die Methode der Bioindikation erlaubt im Vergleich zur physikalisch-chemisch genauen Messung zwar nur eine grobe Erfassung einer Zielgrösse, etwa der Luftbelastung, sie besitzt aber manche Vorteile. So registrieren Bioindikatoren (Zeigerorganismen) die Gesamtheit aller biologisch bedeutsamen Schadstoffe, wodurch zusammenfassende Langzeitaussagen möglich sind. Zudem ist die Erfassung von Bioindikatoren methodisch meist einfach und mit geringen Kosten verbunden. Somit können auch flächendeckende Untersuchungen

Abb. 1. Untersuchung der Häufigkeit von baumbewohnenden Zeigerflechten bei Kaltenstein im Küsnachter Berg. Sichtbar sind die grauen Flechtenkörper der Runzelflechte (Parmelia sulcata). Foto: Mike Krishnatreya.

Weitere Informationen auf www.ortsgeschichte-kuesnacht.ch

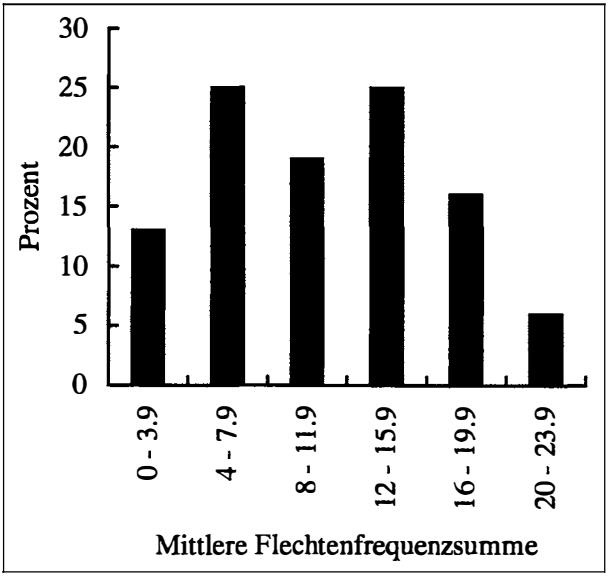

Abb. 2. Prozentuale Verteilung der mittleren Flechtenfrequenzsumme gemäss WWF-Standardmethode der 32 untersuchten Teilflächen in der Gemeinde Küsnacht.

ausgeführt werden. Bei der Bioindikation zahlt man also einen geringen Preis für ungenauere biologische Daten, die aber einen grösseren Untersuchungsraum über längere Zeit abdecken können (Liebendörfer 1988).
Als Zeigerorganismen für die Luftbelastung werden seit längerer Zeit baumbewohnende, sogenannte epiphytische Flechten benützt. Flechten sind Doppellebewesen, eine Lebensgemeinschaft (Symbiose) von Pilzen und einzelligen Luftalgen. Baumbewohnende Flechten erhalten Wasser und Nährstoffe direkt aus Regen, Nebel, Schnee und Luft. Da der Flechtenkörper kein eigentliches äusseres Abschlussgewebe besitzt, werden auch sämtliche Schadstoffe direkt aus der Luft aufgenommen. Die Symbiose aus Pilz und Alge steht in einem empfindlichen störungsanfälligen Gleichgewicht. Die Anreicherung von Schadstoffen in der Flechte kann zu vermindertem Wachstum, zu deutlichen Schädigungen oder gar zum Absterben führen (Liebendörfer 1988). Dabei reagieren verschiedene Flechtenarten in unterschiedlicher Weise auf verschiedene Luftschadstoffe. Aus diesen Gründen und wegen ihrer direkten Abhängigkeit von Luft und Regen sind baumbewohnende Flechten zur Bioindikation der Luftbelastung besonders geeignet.
In der vorliegenden Arbeit wurde die Luftbelastung in der Gemeinde Küsnacht mittels baumbewohnender Flechten auf 32 je einen Viertel grossen Flächen im Sommer 2000 erhoben.

Material und Methoden

Zur Bestimmung der Luftgüte mit Flechten wurden verschiedene, sich in ihrer Aussagekraft wesentlich unterscheidende Methoden entwickelt. Diese reichen von wissenschaftlich genauen und Spezialistinnen und Spezialisten vorbehaltenen Techniken im Umweltingenieurbereich (Kirschbaum & Wirth 1997) bis zu einfachen,

auch von Laien nach kurzer Einarbeitung durchführbaren Anwendungen (Goppel 1988). Für das schweizerische Mittelland wurde ein einfaches, standardisiertes Aufnahmeverfahren für baumbewohnende Flechten entwickelt, die sogenannte WWF-Standardmethode (Liebendörfer 1988). Diese erlaubt eine grobe Erfassung der Luftqualität. Durch die Universität Bern wurde die WWF-Standardmethode mit wissenschaftlichen Flechtenkartierungen und technischen Messdaten abgesichert. Die Methode erlaubt somit zuverlässige, wenn auch nur zusammenfassende, einfache Aussagen zur Luftbelastung.
Das Gebiet der Gemeinde Küsnacht wurde in 64 ein Viertel Quadratkilometer grosse Teilflächen eingeteilt und die Hälfte dieser Teilflächen mit der WWF-Standardmethode bearbeitet. Als kartierbare Trägerbäume wurden nur Spitzahorn, Esche und die verschiedenen Linden und Eichen verwendet, da Flechten auch auf den Säuregehalt der Baumborke («Rinde») reagieren. Die Trägerbäume mussten ein gewisses Alter (Stammumfang 90–280 cm) haben, damit sich allfällige Flechtenarten auch angesiedelt hatten, und sie mussten gerade gewachsen, gesund und freistehend sein, damit die allgemeine Luftbelastung erfasst werden konnte. Waldflächen waren somit nicht kartierbar. Pro Teilfläche wurden vier Trägerbäume bearbeitet (Abb. 1). Pro Baum wurde mit Hilfe eines Zählrahmens von 50 x 60 cm Grösse in 120 cm Höhe an der flechtenreichsten Seite des Trägerbaumes die Frequenz von sechs Zeigerflechten bestimmt. Es sind dies die einen grauen, blattartigen Flechtenkörper besitzende Blasenflechte (Hypogymnia physodes), Runzelflechte (Parmelia sulcata) und Lindenflechte (Parmelia tiliacea), die leuchtend gelbe Gelbblattflechte (Xanthoria parietina) mit ebenfalls blattartigem Thallus, eine pulverige Krustenflechte, die Gelbpulverflechte (Candelariella xanthostigma) und die strauchartige Pflaumenflechte (Evernia prunastri). Aus den einzelnen Frequenzen der sechs Flechtenarten wurde anschliessend eine Flechtenfrequenzsumme pro Trägerbaum berechnet. Die mittlere Flechtenfrequenzsumme der vier Trägerbäume pro Teilfläche ist dann ein Mass für die Luftbelastung. Mittels einer Vergleichstabelle konnte schliesslich die Luftbelastung der bearbeiteten Teilflächen in vier groben Kategorien (hoch, mittel, gering und sehr gering; Weber 1991) bestimmt werden. Eine genaue Beschreibung der verwendeten Methode findet sich bei Liebendörfer (1988) und Weber (1991).

Mittlere bis hohe Luftbelastung

Die allgemeine Luftbelastung in Küsnacht war als hoch zu bezeichnen (Mittelwert der Flechtenfrequenzsummen aller 32 Teilflächen = 10,91, Standardfehler = 0,98). Die Verteilung der mittleren Flechtenfrequenzsummen pro Teilflächen (Abb. 2) zeigte jedoch eine breite Streuung. Einzelne Teilflächen wiesen eine hohe (Werte unter 12), andere nur eine mittlere Luftbelastung auf (Werte zwischen 12 und 24). In keiner Teilfläche wurde eine geringe Luftbelastung nachgewiesen (Werte über 24; Abb. 2).
Die Karte der Luftbelastung in Küsnacht (Abb. 3) zeigte ein Nebeneinander von Teilflächen mit hoher und solchen mit mittlerer Luftbelastung. Es gilt hier zu bedenken, dass die einzelnen Teilflächen von verschiedenen Personen untersucht

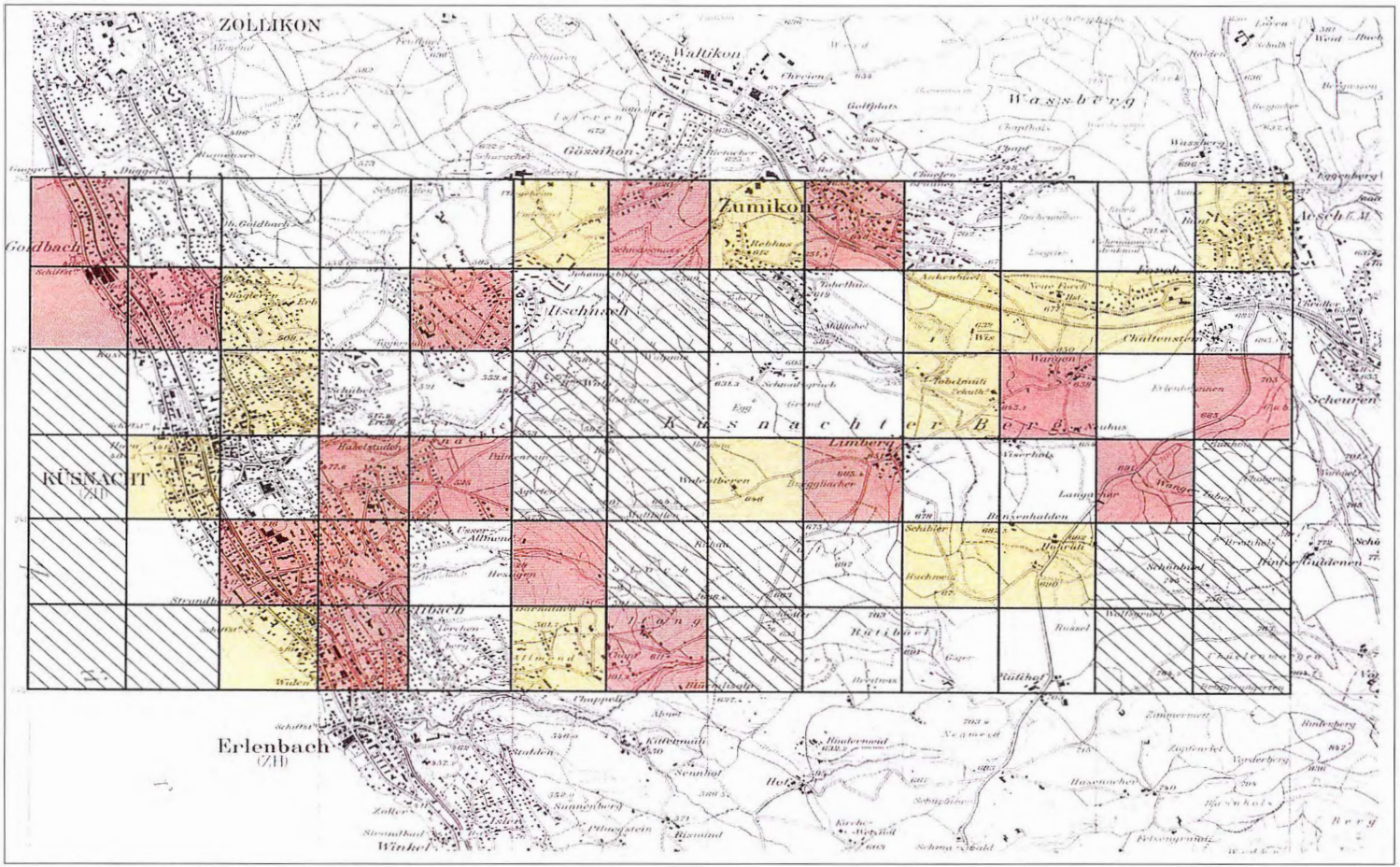

Abb. 3. Luftbelastung in der Gemeinde Küsnacht aufgrund der Häufigkeit baumbewohnender Flechten gemäss WWF-Standardmethode. Rot: Flächen mit hoher Luftbelastung; gelb: Flächen mit mittlerer Luftbelastung; schraffiert: mit der verwendeten Methode nicht kartierbare Flächen.

Weitere Informationen auf www.ortsgeschichte-kuesnacht.ch

wurden, also möglicherweise ein Bearbeitereffekt auftrat, und dass die vorgegebenen Luftbelastungskategorien eine methodisch bedingte, eindeutige Einteilung der Teilflächen herstellten, welche aufgrund der eher gleichmässigen Verteilung der mittleren Flechtenfrequenzsummen der Teilflächen gar nicht gegeben war (Abb. 2). Auch im ländlichen Küsnachter Berg wurde in keiner Fläche eine geringe Luftbelastung bestimmt (diese wären grün in Abb. 3 eingezeichnet). Ein ähnliches Fleckenmuster wie in der vorliegenden Arbeit wurde in Winterthur mittels der WWF-Standardmethode gefunden (Weber 1991). Im Stadtzentrum und den Industriequartieren trat dabei eine Häufung von Untersuchungsflächen mit hoher Luftbelastung auf, während die Wohnquartiere vermehrt mittlere Luftqualität besassen. Im Gegensatz zu Küsnacht wurden in der ländlichen Umgebung von Winterthur, etwa gegen Brütten, Neftenbach und Sennhof, auch Flächen mit geringer Luftbelastung aufgezeigt (Weber 1991). Bei genauerer Betrachtung scheinen auch im Küsnachter Berg anteilsmässig mehr Flächen mit mittlerer Luftverschmutzung aufzutreten als im Küsnachter Dorf und den Wohnquartieren (Abb. 3). Teilt man das Untersuchungsgebiet in einen Tal-Bereich (Goldbach, Itschnach, Dorf, Heslibach, Allmend und Ifang) und einen Berg-Bereich (Zumikon, Forch und Küsnachter Berg) ein, so zeigt ein statistischer Test, dass sich Küsnachter Berg und Tal in ihren prozentualen Anteilen an Flächen mit hoher beziehungsweise mittlerer Luftbelastung nicht signifikant unterschieden ($Chi^2 = 3.029$, $df = 1$, $p = 0.082$). Auch wenn direkt die mittleren Flechtenfrequenzsummen der Teilflächen zwischen Berg und Tal verglichen wurden, fand sich kein signifikanter Unterschied zwischen Berg und Tal ($t = 1.588$, $df = 30$, $p = 0.123$, Normalverteilung der Daten gegeben). Die Luftbelastung am See und im Küsnachter Berg ist also grundsätzlich nicht verschieden.

Schlechte Luft – und ihre Ursachen

Ist die mittlere bis hohe Luftbelastung Küsnachts als aussergewöhnlich zu betrachten? Bei einer grossangelegten Untersuchung der epiphytischen Moose und Flechten in der Stadt Zürich konnte Züst (1977) zeigen, dass die sogenannte Flechtenwüste (wo kaum mehr Flechten wachsen) der Stadtmitte seit den dreissiger Jahren bis in die siebziger Jahre dieses Jahrhunderts neunmal grösser geworden war und fast die gesamte bebaute Stadtfläche umfasste. Einzig die ländlichen Gebiete im Westen der Stadt und der Üetliberghang waren weniger stark belastet. Im Siedlungsbereich der Stadt war nur die Blasenflechte (Hypogymnia physodes) noch regelmässig zu finden. Gebiete mit einigermassen unbelasteter Luft konnten 1977 in der Stadt Zürich keine mehr aufgefunden werden. In der Zwischenzeit haben einerseits die Massnahmen der Luftreinhaltegesetzgebung gegriffen, andererseits hat aber der motorisierte Verkehr zugenommen, und die Agglomeration mit Industrie-, Gewerbe- und Wohnquartieren hat sich auf Kosten der Landwirtschaft stetig in die Landschaft hinein ausgebreitet (Aepli Elsenbeer et al. 1997). Heute zieht sich im Untersuchungsgebiet das Siedlungsband am rechten Seeufer entlang und von der Stadt bis in die Forch hinauf fast ohne Unterbruch dahin. Obwohl sie kaum mehr Industriebetriebe besitzt, ist die Gemeinde Küsnacht stark besiedelt und von zahlreichen, zum Teil verkehrsreichen Strassen durchzogen. Sie liegt zu-

Weitere Informationen auf www.ortsgeschichte-kuesnacht.ch

dem in südöstlicher Richtung der Stadt Zürich, also mindestens teilweise in deren Hauptwindrichtung. Dies alles mag zur mittleren bis hohen Luftbelastung in Küsnacht beitragen.

Küsnacht keine Ausnahme

Vonarburg et al. (1990) haben die an Rosskastanien rund um den Zürich- und den Obersee vorkommenden Flechten wissenschaftlich untersucht. Dabei wurden beide in Küsnacht am See untersuchten Probeflächen betreffend ihre Luftqualität als mittel bis stark belastet betrachtet. Die stark belastete Zone der Stadt Zürich reichte in der Untersuchung von Vonarburg et al. (1990) den See hinauf bis Goldbach und Rüschlikon. Aber auch weiter seeaufwärts war in den seenahen Gebieten eine Verbesserung der Luftqualität erst bei Rapperswil und Lachen feststellbar (schwache bis mittlere Luftbelastung). Die Resultate der vorliegenden Untersuchung stimmen also für Küsnacht mit jenen von Vonarburg et al. (1990) überein.
Zusammenfassend muss die Luftbelastung, bestimmt anhand der Häufigkeit von Zeigerflechten, auf dem ganzen mit der verwendeten Methode kartierbaren Gebiet der Gemeinde Küsnacht als mittel bis hoch bezeichnet werden. Dies trifft auch für den ländlich geprägten Küsnachter Berg zu. Für die seenahen Gebiete Küsnacht stützen wissenschaftlich genaue Flechtenstudien die vorliegenden Resultate.

Klassen 4a und 4d (1999/2000) der Kantonsschule Küsnacht
und Rolf Holderegger

Wir danken Ivana Stehlik (Universität Zürich) für die Hilfe bei der Herstellung der Karte, Sylvia Stofer (WSL Birmensdorf) für Literaturhinweise und Direktor Robert Gsell (Kantonsschule Küsnacht) für die kritische Durchsicht des Manuskripts.

Literatur

Aepli Elsenbeer M.-F., Hattenmeyer, C., Kastli, E., Tschudin, A. & Wiener, D. 1997: Umwelt in der Schweiz 1997. Daten, Fakten, Perspektiven. BFS/BUWAL, Bern.
Goppel, C. 1988: Luftbelastung in einem Stadtteil. Unterr. Biol. 131: 36–40.
Kirschbaum, U. & Wirth, V. 1997: Flechten erkennen, Luftgüte bestimmen. Ulmer, Stuttgart.
Liebendörfer, L. 1988: Flechten und Luftverschmutzung. WWF, Zürich.
Vonarburg, C., Ruoss, E. & Burga, C.A. 1990: Bioindikation mit Flechten an Rosskastanien am Zürichsee. Viertelj.schr. Natf. Ges. Zürich 135: 239–258.
Weber, K. 1991: Bioindikation. Lebewesen zeigen uns den Zustand unserer Umwelt. Lehrmittelverlag des Kantons Zürich, Zürich.
Züst, S. 1977: Die Epiphytenvegetation im Raume Zürich als Indikator der Umweltbelastung. Veröff. Geobot. Inst. ETH Zürich: 62: 1–113.