

**Zeitschrift:** Neujahrsblatt der Naturforschenden Gesellschaft Schaffhausen  
**Herausgeber:** Naturforschende Gesellschaft Schaffhausen  
**Band:** 73 (2021)  
  
**Artikel:** Stadtökologie  
**Autor:** Capaul, Urs  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-880920>

### **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:** 09.12.2025

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



# Stadtökologie

von Urs Capaul

Neujahrsblatt der Naturforschenden  
Gesellschaft Schaffhausen  
Nr. 73 / 2021





Urs Capaul

# Stadtökologie

## **Neujahrsblatt**

der Naturforschenden Gesellschaft Schaffhausen

Nr. 73/2021



## Impressum

### REDAKTION:

Dr. Jakob Walter, Buchenstrasse 65, 8212 Neuhausen

### AUTOR:

Dr. Urs Capaul, Zündelweg 19, 8203 Schaffhausen  
(Vorstellung des Autors auf S. 100f)

### TITELBILD:

Urs Capaul.

«Bäume spielen in Städten als Schattenspende und Luftfilter eine bedeutende Rolle. Sie verbessern dadurch das innerstädtische Klima. Durch Beschattung und Verdunstung kann ein einzelner Baum dieselbe Kühlleistung wie etwa 10 mittlere Klimaanlage erbringen (20–30 kW). Dadurch reduziert sich der sommerliche Energiebedarf. Eine sorgfältige Platzierung der Bäume und die Artenwahl sind von zentraler Bedeutung: Bäume sollten im Sommer Schatten spenden und gleichzeitig im Winterhalbjahr die Sonneneinstrahlung nicht behindern, um nicht den Heizenergiebedarf zu erhöhen. Ausserdem entziehen Bäume während ihres Wachstums das Treibhausgas Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) und wandeln dieses über die Photosynthese in Biomasse um; im Schnitt entzieht ein wachsender Baum der Atmosphäre etwa 50 kg CO<sub>2</sub> pro Jahr. Grosskronige Bäume prägen und unterteilen den Raum und besitzen deshalb eine hohe ästhetische Bedeutung – gerade im innerstädtischen Bereich! Bäume beherbergen rund zwei Drittel der landlebenden Tierarten, wobei einheimische Baumarten eine deutlich höhere Biodiversität aufweisen.»

### BEITRÄGE:

Die Neujahrsblätter werden gedruckt mit Beiträgen aus dem Legat Sturzenegger und mit Unterstützung der Akademie der Naturwissenschaften Schweiz (SCNAT). Das vorliegende Heft wurde zusätzlich unterstützt vom Autor, vom Kanton Schaffhausen (Lotteriefonds), vom Elektrizitätswerk des Kantons Schaffhausen EKS AG, von Grün Schaffhausen und von der SIG Gemeinnützigen Stiftung.

### SATZ, UMBRUCH UND DRUCK:

Unionsdruckerei Schaffhausen, Walther-Bringolf-Platz 8, 8200 Schaffhausen

### AUFLAGE:

1600 Exemplare

### DANK:

Mein spezieller Dank geht insbesondere an Jakob Walter und Erich Fischer für die kritische Durchsicht des Manuskripts sowie für ihre wertvollen Diskussionsbeiträge. Zudem möchte ich mich bei allen Institutionen bedanken, die mit einem finanziellen Beitrag dieses Neujahrsblatt erst ermöglicht haben.

© 2021 Naturforschende Gesellschaft Schaffhausen  
ISBN 978-3-033-08161-1





## Naturforschende Gesellschaft Schaffhausen (NGSH), gegründet 1822

Die Naturforschende Gesellschaft will das Interesse an den Naturwissenschaften und an der Technik fördern, naturwissenschaftliche Zusammenhänge erklären und Verständnis für die Umwelt, insbesondere im Raum Schaffhausen, wecken. Ihr Jahresprogramm besteht aus allgemein verständlichen Vorträgen zu naturwissenschaftlichen Themen sowie Besichtigungen im Winterhalbjahr und naturkundlichen Exkursionen, teils zusammen mit Partnerorganisationen, im Sommerhalbjahr. Dazu kommen in unregelmässigen Abständen Kurse, geleitet von internen oder externen Fachleuten. In den «Neujahrsblättern der NGSH» werden naturwissenschaftliche Arbeiten veröffentlicht und so allen Mitgliedern wie auch einem breiteren Publikum zugänglich gemacht. Ein Verzeichnis der lieferbaren Neujahrsblätter befindet sich hinten in diesem Heft.

Die aktuellen Programme sind im Internet unter [www.ngsh.ch](http://www.ngsh.ch) abrufbar oder können bei der unten stehenden Adresse bezogen werden. Die Gesellschaft unterhält verschiedene Sammlungen und unterstützt die naturkundliche Abteilung des Museums zu Allerheiligen. Sie betreibt zudem eine moderne Sternwarte mit Planetarium; Informationen dazu sind zu finden unter [www.sternwarte-schaffhausen.ch](http://www.sternwarte-schaffhausen.ch).

Die NGSH zählt rund 720 Mitglieder (davon über 100 Familienmitgliedschaften). Alle naturwissenschaftlich interessierten Personen sind herzlich willkommen. Der Mitgliederbeitrag pro Jahr beträgt für Erwachsene Fr. 50.–, für Schülerinnen und Schüler sowie für Studentinnen und Studenten Fr. 25.– und für Familien Fr. 80.–. Wer sich für eine Mitgliedschaft interessiert, kann sich bei der unten stehenden Adresse oder im Internet unter [www.ngsh.ch](http://www.ngsh.ch) anmelden.

Postadresse der Gesellschaft:  
NGSH, Präsident Dr. Iwan Stössel  
8200 Schaffhausen

[info@ngsh.ch](mailto:info@ngsh.ch)  
[www.ngsh.ch](http://www.ngsh.ch) und [www.sternwarte-schaffhausen.ch](http://www.sternwarte-schaffhausen.ch)



# Inhaltsverzeichnis

<b>Vorwort</b>	<b>6</b>
<b>1. Was ist Stadtökologie?</b>	<b>7</b>
<b>2. Eine Pyramide steht Kopf</b>	<b>8</b>
<b>3. Die Verstädterung</b>	<b>15</b>
<b>4. Die städtische Wärmeinsel (Ursachen, Faktoren, Folgen)</b>	<b>19</b>
4.1 Temperaturschichtung der Atmosphäre / Adiabaten	20
4.2 Einfluss des Windes	26
4.3 Einfluss der Luftfremdstoffe (Emissionen)	30
4.4 Einfluss des städtischen Grüns	35
4.5 Einfluss der Flächenversiegelung	39
4.6 Einfluss der Farbgebung	43
<b>5. Anpassungen der Vegetation an die städtische Umwelt</b>	<b>44</b>
5.1 Pflanzen spezieller Lebensräume	46
5.1.1 <i>Trittgemeinschaften</i>	46
5.1.2 <i>Pioniergesellschaften / Ruderalvegetation</i>	47
5.1.3 <i>Dachbegrünungen</i>	47
5.1.4 <i>Flechten</i>	50
5.1.5 <i>Bäume in der Stadt</i>	53
5.2 Invasive Neophyten	59
5.3 Monokulturen und artenarme Flächen	62
<b>6. Tiere in der Stadt</b>	<b>66</b>
6.1 Populations- und Habitatsgrösse sowie Biotopverbund	66
6.2 Einige Tierarten im städtischen Umfeld	71
6.2.1 <i>Segler und Dohlen</i>	71
6.2.2 <i>Stadttauben</i>	73
6.2.3 <i>Fledermäuse</i>	75
6.2.4 <i>Igel</i>	77
6.2.5 <i>Wildbienen</i>	78
6.2.6 <i>Hauskatzen</i>	83
6.3 Neue Tierarten erobern die Schweiz	86
<b>7. Ein kurzer Blick in die Zukunft</b>	<b>90</b>
<b>8. Literaturverzeichnis</b>	<b>94</b>
<b>Zum Autor Urs Capaul</b>	<b>100</b>
<b>Bisher erschienene Neujahrsblätter</b>	<b>102</b>



## Vorwort

Ökologie – die Lehre von den Beziehungen von Lebewesen untereinander und zu ihrer unbelebten Umwelt. Erst verhältnismässig spät wurde man gewahr, dass auch unsere Siedlungen Lebensraum für zahlreiche Arten sind, und man darf auch ein bisschen Verständnis haben für Ökologen, die es verlockender finden, auf Magerwiesen Schmetterlinge oder im Urwald Pfeilgiftfrösche zu erforschen als in Pflasterritzen nach winzigen Pflänzchen und an Baumstämmen nach Flechten zu suchen.

Dass die Stadtökologie heute als eigene Forschungsrichtung anerkannt ist, rührt wohl weniger vom Interesse an den Mitbewohnern unserer Siedlungen her als von der Einsicht, dass unsere Siedlungen, zwar zur Deckung unserer Ansprüche errichtet, gleichwohl nicht von der Aussenwelt abgekoppelt sind: Es gibt Einflüsse **aus** der Umwelt wie Überschwemmungen, Erdbewegungen oder die zunehmende Aufheizung im Sommer, aber auch Gefahren **für** die Umwelt durch das Ausbringen von Schadstoffen in Luft, Boden und Wasser oder die Störung von Frischluftzufuhr und Wasserhaushalt durch unsere Bautätigkeit.

Es war eine kleine Pioniertat, als der damalige Stadtpräsident Max Hess 1991 die Stelle eines Stadtökologen schuf. Heute ist der langjährige Stadtökologe Urs Capaul pensioniert und schenkt uns mit diesem Neujahrsblatt einen verständlichen Einblick in Themen und Aufgaben der Stadtökologie, mit vielen Beispielen aus unserer nächsten Umgebung. Ich danke Urs Capaul für sein berufliches Wirken zum Wohle der Stadt Schaffhausen und für dieses Neujahrsblatt; der Leserschaft wünsche ich bereichernde Lektüre.

*Jakob Walter, Redaktor*

# 1. Was ist Stadtökologie?

Unter Ökologie verstehen wir die Lehre von den Wechselbeziehungen der Lebewelt untereinander und zu ihrer abiotischen Umwelt. Letztlich geht es um den Haushalt der Natur. Erst die Kenntnis der Wechselbeziehungen (Wirkungen und Rückkopplungen) des Netzwerkes erlaubt uns, Ursachen und Wirkungen zu erklären. Doch die bisherigen Untersuchungen zeigen, dass wir nicht sämtliche Wechselbeziehungen kennen und eine abrupte Veränderung von Beziehungen zu Folgen führen kann, die nicht immer vorhersehbar sind oder sogar lebensbedrohend sein können.

Die Stadtökologie als Naturwissenschaft beschäftigt sich mit den speziellen Umweltbedingungen einer Stadt und berücksichtigt die Erkenntnisse der Ökologie: Welche Auswirkungen hat die Stadt als menschengemachte Umgebung auf Pflanzen, Tiere, Klima, Boden, Grundwasser/Gewässer und nicht zuletzt auf den Menschen selbst? Der Mensch greift in viele Ökosysteme ein:

- Die Böden werden wasserundurchlässig versiegelt oder sind hoch verdichtet.
- Mit den Gärten und Parkanlagen entstehen menschlich überformte Lebensräume.
- Die bewusste Ansiedlung von Pflanzen und Tieren aus fremden Regionen ist in Gärten besonders hoch.
- Die Pflanzenmasse und die Anzahl der Pflanzenarten sind deutlich reduziert.
- Die Abparzellierung führt zur Isolierung von Lebensräumen.
- Die Uferpartien von Oberflächengewässern werden hart verbaut; sie dienen der Erholung.
- Der Wasserverbrauch und folglich die Abwassermengen sind erhöht.
- Das Mikro- und Mesoklima einer Stadt hebt sich deutlich vom Umland ab.
- Die atmosphärischen Bedingungen sind aufgrund erhöhter Emissionen und unterbrochener Frischluftzirkulation in und über der Stadt verändert.

Die Stadtökologie ist somit kein leerer Modebegriff, sondern gekennzeichnet durch sehr spezifische Fragestellungen.

Was ist eine Stadt? Es gibt die unterschiedlichsten Blickwinkel: eine demographische, eine soziologische, eine wirtschaftliche, eine politische oder eine ökologische Betrachtungsweise. Im Folgenden steht die ökologische Betrachtungsweise im Vordergrund. Jede Stadt wird von einem nicht klar definierten suburbanen Gürtel umgeben. Dieser Bereich wird durch Emissionen der Stadt, durch erhöhtes Verkehrsaufkommen in Stadtnähe und meist durch



erhöhte Einwohnerdichten gegenüber ländlichen Regionen charakterisiert. Eine Stadt darf nicht mit den Bepflanzungen von staatenbildenden Tieren verwechselt werden. Sie ist kein Bienenstock oder Ameisenbau, welche instinktgetrieben und evolutiv entstanden sind. Ein solches, eher starres Naturell kann sich bei plötzlich auftretenden Umweltveränderungen nicht ausreichend rasch anpassen und wird dadurch tiefgreifend gestört. Die menschliche Stadt hingegen ist nicht perfekt an die Lebensweise des Menschen angepasst. Beispielsweise trägt sie dem Wunsch nach Abschirmung gegen Wohnnachbarn oder den Klimabedürfnissen nicht optimal Rechnung (Günter Fellenberg, 1991 S. 10). Vielmehr sind die Städte gekennzeichnet durch eine dynamische Anpassungsfähigkeit an sich ändernde zukünftige Erfordernisse.

Für Pflanzen und Tiere stellen Städte ein vielfältiges Mosaik von unterschiedlichsten Lebensräumen dar. Ganz typisch ist zum Beispiel die Trittpflanzengesellschaft, ein Vegetationstyp, der gekennzeichnet ist durch meist niedrigwüchsige, lichtbedürftige und eher konkurrenzschwache Pflanzen. Sie können entweder Tritt vertragen oder sind so kleinwüchsig, dass sie den Tritt vermeiden können, oder sie besitzen «selbstheilende» Mechanismen.

## **2. Eine Pyramide steht Kopf**

Nahrungsketten sind Kreisläufe zwischen Produzenten, Konsumenten und Reduzenten.

Die Produzenten sind Organismen, die energiereiche Biomasse aus anorganischen Verbindungen (Kohlendioxid und Wasser) gewinnen und dabei Sonnenenergie mittels Photosynthese chemisch binden; es sind zumeist Pflanzen. Den produzierten Zucker verwenden sie in der Zellatmung als Energiequelle für den weiteren Aufbaustoffwechsel. Bei diesem werden komplexere Bestandteile der Biomasse gebildet, also hauptsächlich Proteine, Fette und Nukleotide. Hierzu nehmen sie weitere chemische Verbindungen wie Phosphat, Nitrat oder Sulfat auf.

Die Primärkonsumenten (Herbivore, Fructivore) fressen die Produzenten oder deren Produkte (Früchte, Blätter usw.). Sekundärkonsumenten (Carnivore) wiederum ernähren sich von den Primärkonsumenten oder von den Reduzenten. Der Endkonsument bildet das Ende einer Nahrungskette. Der Mensch kann sich sowohl pflanzlich als auch mit Fleisch oder mit Pilzen oder Pilzmycel (zum Beispiel Quorn) ernähren.

Reduzenten sind Organismen, welche die abgestorbene organische Substanz letztlich mineralisieren oder teilweise in Bodenhumus umwandeln. Dazu gehören Schnecken, Milben, Springschwänze, Regenwürmer, Asseln, Pilze, Bodenbakterien und viele mehr. Sie sorgen dafür, dass sich organische Abfälle nicht immer mehr aufürmen und dass der Boden seine Struktur und Fruchtbarkeit erhält.

Die Fähigkeit der Produzenten zur Photosynthese ist die Basis für jedes Ökosystem. Die Photosynthese ist die wohl wichtigste Errungenschaft, die das Leben jemals hervorgebracht hat. Sowohl die Primärproduzenten als auch die heterotrophen Konsumenten sind auf die thermodynamisch wertvolle freie Energie (= Exergie) angewiesen. Der Energiefluss im Ökosystem zeigt sich in der Weitergabe der chemischen Energie von Ernährungsstufe zu Ernährungsstufe. Auf jeder Stufe (Produzenten, Konsumenten, Reduzenten) wird Energie zur Aufrechterhaltung der Stoff- und Energiewechselprozesse benötigt. Die gespeicherte chemische Energie nimmt bis zum Endkonsumenten hin ab. Letztlich wird die im Ökosystem chemisch gespeicherte Sonnenstrahlung wieder als (im thermodynamischen Sinn «wertlose») Wärme abgegeben; mit andern Worten: die Entropie nimmt zu. Die stetige Zufuhr von Sonnenenergie ist deshalb für die Funktion eines Ökosystems absolut notwendig.

**Einschub:** Energie ist eine fundamentale physikalische Grösse, die in der Physik sowie in der Technik, Chemie, Biologie und der Wirtschaft eine zentrale Rolle spielt. In einem gegenüber der Umgebung abgeschlossenen System ändert sich die Gesamtenergie nicht (Energieerhaltungssatz); sie kann aber ihre Erscheinungsform ändern. Zum Beispiel kann Bewegungsenergie im System Turbine/Generator in elektrische Energie und Abwärme umgewandelt werden. Wenn aus einem schlecht isolierten Rohr Wärme in die Umgebung abfließt, kann dieser Energieanteil nicht mehr genutzt werden, um Arbeit zu verrichten. Sie wird als Anergie bezeichnet. Jener Anteil der thermischen Energie, welcher technische Arbeit leistet und folglich direkt nutzbar ist, heisst Exergie. Energie ist somit die Summe von Anergie und Exergie.



Im Gegensatz zu den Stoffen gibt es in einem Ökosystem keinen Kreislauf der Energie, sondern einen Energiefluss. Das wird deutlich, wenn man die Nahrungsmengen der verschiedenen Ernährungsstufen einer Nahrungskette bzw. eines Nahrungsnetzes berechnet und grafisch darstellt. Die grafischen Darstellungen weisen bei Lebensgemeinschaften auf dem Lande in der Regel eine Pyramidenform auf. Wegen dieser Pyramidenform wird die Darstellung der Stoffmassen als Nahrungspyramide (oder Biomassenpyramide) bezeichnet. Jede Ernährungsstufe dieser Pyramide stellt dabei die Nahrung für die nächst höhere Stufe dar.

Unter Biomasse verstehen die Ökologen die momentane Masse (Gewicht) der lebenden Organismen in jeder Ernährungsstufe. Sie wird in Masseneinheiten, bezogen auf bestimmte Flächen (z. B. kg pro m<sup>2</sup>) oder bei Gewässern auf bestimmte Rauminhalte (z. B. kg pro m<sup>3</sup>), angegeben. Die breite Basis der Nahrungspyramide stellt die Biomasse der Pflanzen dar. Pflanzen sind die Produzenten. Diese Biomasse ist die Nahrungsgrundlage für eine geringere Masse von Konsumenten 1. Ordnung (Primärkonsumenten, Pflanzenfresser).

Die in der pflanzlichen Biomasse enthaltenen Nährstoffe und die enthaltene Energie werden von den Primärkonsumenten (Pflanzenfresser) zur Aufrechterhaltung des Lebens (Wachstum, Entwicklung, Fortpflanzung, Atmungsprozesse) benötigt. Ein Teil der in den Nährstoffen enthaltenen chemischen Energie wird dabei in Wärme umgewandelt und an die Umwelt abgegeben. Der durch die Lebensprozesse der Primärkonsumenten verbrauchte Anteil an Biomasse und Energie steht der nachfolgenden Ernährungsstufe, den Sekundärkonsumenten (Fleischfresser), nicht mehr zur Verfügung. Von Ernährungsstufe zu Ernährungsstufe der Pyramide nimmt so die jeweils verfügbare Biomasse und damit die darin enthaltene Energie ab. Die Nahrungspyramide verdeutlicht die stetige Abnahme sowohl der Biomasse und damit der in ihr enthaltenen Energie als auch der Individuenanzahl von den Primärproduzenten bis hin zu den Endkonsumenten (Abbildung 1). Gleichzeitig nimmt die Grösse der Individuen tendenziell zu.

Selbstverständlich handelt es sich dabei um ein sehr vereinfachtes Modell. Zum Beispiel kann ein Fuchs in derselben Nacht sowohl als Primärkonsument (wenn er Kirschen frisst), als Sekundärkonsument (wenn er Mäuse fängt) und als Endkonsument (wenn er ein Wiesel schlägt) unterwegs sein. Auch sind die Zerlegerorganismen (Destruenten oder Reduzenten) nicht berücksichtigt, die im gesamten Stoffkreislauf jedoch eine enorme Bedeutung haben.

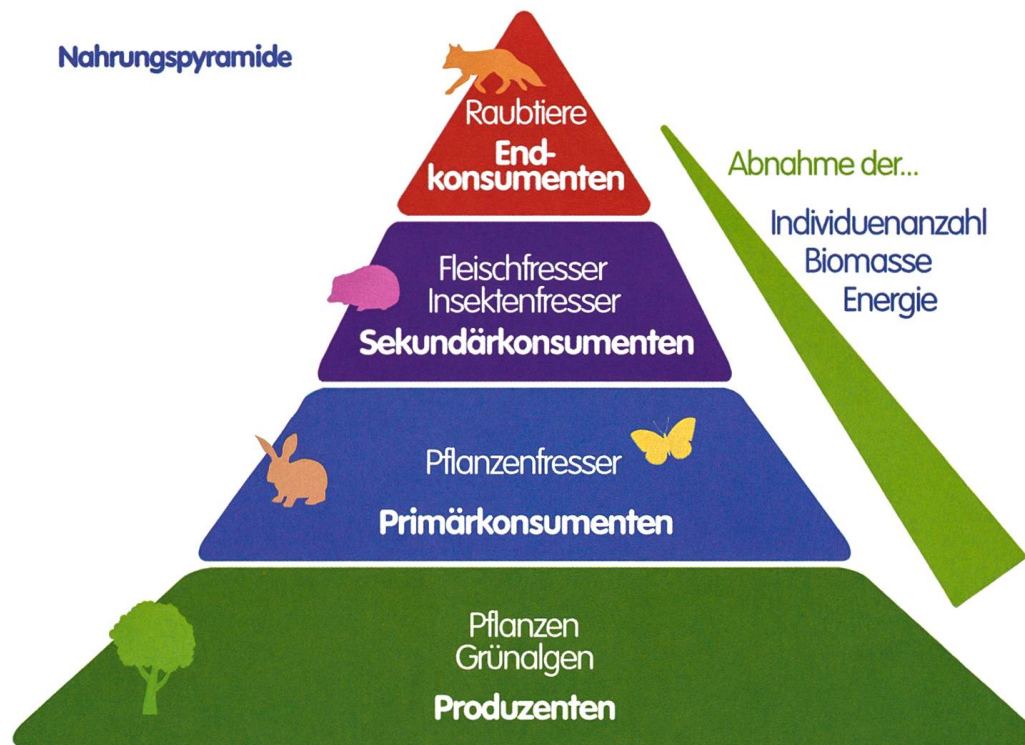


Abb. 1: Nahrungspyramide (Quelle: <https://eqiooki.de/ecology/ecosystem.php>)

Im Ökosystem werden von Ernährungsstufe zu Ernährungsstufe im Nahrungsnetz nicht nur Stoffe (Stoffkreislauf), sondern auch die in diesen Stoffen enthaltene Energie weitergegeben.

Die Energie durchfließt die Nahrungsketten nur in einer Richtung. Es erfolgt von Ernährungsstufe zu Ernährungsstufe eine Energieabnahme um jeweils 90% (Faustregel). Der nächsten Ernährungsstufe steht also nur ein Zehntel der Energie zur Verfügung, über die die vorangegangene Ernährungsstufe verfügen konnte. Schliesslich ist die Energie «aufgebraucht».

Die auf die Erde treffende Sonneneinstrahlung ist annähernd konstant. Es gibt auch keine Hinweise auf deutliche Schwankungen in historischer Zeit. Die durchschnittliche Intensität der Sonneneinstrahlung beträgt an der Grenze der Erdatmosphäre etwa 1367 Watt pro Quadratmeter ( $\text{W/m}^2$ ). Dieser Wert wird auch als Solarkonstante bezeichnet. Ein Teil der eingestrahnten Energie wird in der Atmosphäre von festen (z. B. Eiskristallen, Staub) oder flüssigen Schwebeteilchen (Aerosolen) sowie von den gasförmigen Bestandteilen gestreut und reflektiert. Ein weiterer Teil wird von der Atmosphäre absorbiert und bereits dort in Wärme umgewandelt. Der Rest geht durch die Atmosphäre hindurch und erreicht die Erdoberfläche. Dort wird er wiederum



zum Teil reflektiert und zum Teil absorbiert und in Wärme umgewandelt. Die prozentuale Verteilung der Einstrahlung auf Reflexion, Absorption und Transmission hängt vom jeweiligen Zustand der Atmosphäre ab. Dabei spielen die Luftfeuchtigkeit, die Bewölkung und die Länge des Weges, den die Strahlen durch die Atmosphäre zurücklegen (abhängig von der geographischen Breite, der Jahreszeit und der Höhenlage), eine Rolle. Bei wolkenlosem Himmel kann die Intensität der Strahlung eine Leistung von etwa  $1000 \text{ W/m}^2$  erreichen. An einem trüben Tag im Winter kann sie jedoch bis auf  $50 \text{ W/m}^2$  oder weniger absinken. Diese Strahlungsleistung kann in der Schweiz je nach Standort und atmosphärischen Bedingungen eine Energiemenge von 900 bis 1300 Kilowattstunden pro Quadratmeter und Jahr ( $\text{kWh/m}^2 \text{a}$ ) betragen. Anders sieht es zum Beispiel in der Sahara aus, wo die Einstrahlung rund  $2200 \text{ kWh/m}^2 \text{a}$  erreichen kann. Die gesamte auf die Erdoberfläche auftreffende Energiemenge ist mehr als fünftausend Mal grösser als der Energiebedarf der Menschheit. Ein Teil der Sonnenenergie wird direkt in Form von reflektiertem Licht und Wärmestrahlung wieder an den Weltraum abgegeben. Ökologisch bedeutsam ist jedoch der Energieanteil, der eingefangen wird und das Leben auf der Erde aufrecht erhält. Dieser Anteil wird nach kürzerer (Verrotten von Falllaub) oder längerer Zeit (fossile Energieträger wie Erdgas, Kohle, Erdöl) ebenfalls an den Weltraum zurückgegeben.

Pflanzen nehmen einen Teil der Sonneneinstrahlung auf, und auch die Photovoltaik wandelt Licht in Strom um. Wie viel Energie speichern Pflanzen? Zwar speichern Pflanzen nur etwa 1% der einfallenden Sonnenenergie, aber dafür können sie dies ganz ohne menschliches Zutun. Pflanzen sind daher schon seit langem der wichtigste Energiespeicher der Menschen. Unsere heutige Wirtschaft baut auf fossilen Energieträgern auf – nichts anderes als vor langer Zeit von Pflanzen und Tieren gespeicherte und im Erdinneren komprimierte Sonnenenergie.

Folgendes Beispiel für den Energiefluss in Ökosystemen: Falls die Produzenten 1% von 1000 kWh speichern, so ergibt dies eine Energiespeicherung von 10 kWh. Davon benötigen sie für ihre eigenen Lebensprozesse 90%, also 9 kWh, und nur 1 kWh Energie steht den Primärkonsumenten als pflanzliche Nahrung zur Verfügung. Diese wiederum benötigen für die eigenen Lebensprozesse 90% der zur Verfügung gestellten Energie, also 0,9 kWh, und können lediglich 0,1 kWh den Sekundärkonsumenten als fleischliche Nahrung zur Verfügung stellen. Auch diese benötigen rund 90% für die eigenen Lebensprozesse, also 0,09 kWh, während sich der Endkonsument in dieser Nahrungskette noch mit 0,01 kWh der ursprünglich von den Pflanzen ge-



speicherten 10 kWh begnügen muss. Diese Energieabnahme von Ernährungsstufe zu Ernährungsstufe ist letztlich dafür verantwortlich, dass die Individuenzahl von den Produzenten zu den Endkonsumenten abnimmt. Oder anders ausgedrückt: Je weniger Fleisch und je mehr Pflanzen der Mensch konsumiert, desto weniger Produktionsfläche wird benötigt.

Noch folgender Vergleich: Eine neue hochwertige Photovoltaik-Anlage wandelt bis 25% des einfallenden Lichts direkt in Strom um (Abbildung 2). Die Stromproduktion in Photovoltaikzellen ist deshalb deutlich energieeffizienter als die chemische Energiespeicherung in Pflanzen (ca. 1%). Werden nun Holzpflanzen in einem Festbettvergaser (eine spezielle Form der Biomassevergasung, wo die Ausgangsstoffe im Feuerofen auf einem Gitterrost liegen) und einem Verbrennungsmotor zur Stromgewinnung eingesetzt, ermöglicht dies im Leistungsbereich von kleinen und mittleren Anlagen (bis 5 Megawatt elektrisch, MWel) elektrische Wirkungsgrade gegen 30% der im Holz gespeicherten Energie. Das heisst, weniger als 0,3% der eingestrahnten Sonnenenergie kann bei Einsatz von Holz in Strom umgewandelt werden, während es bei



Abb. 2: Die in den LIPO-Park Schaffhausen integrierte 1,4 MWp starke Photovoltaikanlage des Elektrizitätswerks des Kantons Schaffhausen (EKS) ist die grösste stadionintegrierte Anlage der Schweiz und europaweit die grösste PlusEnergieBau-Anlage eines Fussballstadions (Stand Januar 2018). Sie erzeugt jährlich 1290 000 kWh Strom und deckt damit 150% des Gesamtenergiebedarfs des Stadions inklusive der Mantelnutzung mit Einkaufs-, Dienstleistungs- und Gewerbezentrum. Die Fussballarena LIPO-Park wurde bereits mehrfach ausgezeichnet - namentlich mit dem Europäischen Solarpreis, dem Schweizer Solarpreis sowie dem Norman Foster Solar Award-Diplom für eine ästhetisch vorbildliche PEB-Solararchitektur.



Photovoltaikzellen bis 25% sind. Aus diesem Vergleich wird deutlich, dass der energetische «Umweg» über Pflanzen (z. B. Holz) zur Stromproduktion höchstens für die Winterhalbjahre sinnvoll sein könnte, wo auch die Abwärme zu Heizzwecken nutzbar ist. Besser ist es, das Holz zuerst als Bau- und Möbelholz oder als Lignin- und Zelluloselieferant für Ersatzkunststoffe und Verpackungsmaterial zu verwenden und die darin enthaltene Energie erst am Ende des Verwendungszyklus zu nutzen. Der Vorteil der Pflanzen liegt jedoch in einem andern Bereich: Im Gegensatz zur Photovoltaikzelle setzen Pflanzen während des Wachstums Sauerstoff frei, fördern die Kühlung der Atmosphäre, wirken als Partikel-Filter und sind als Produzenten unerlässlich für die Nahrungsketten in den Ökosystemen.

**Einschub:** Der Modulwirkungsgrad von Solarzellen gibt an, wie viel Prozent der Sonneneinstrahlung die Solarmodule in Strom umwandeln können. Der Modulwirkungsgrad ist abhängig vom Wirkungsgrad der im Modul verwendeten Solarzellen, aber nicht mit ihm gleichzusetzen. Denn neben dem Material der Solarzelle beeinflusst auch die Grösse des Moduls den Modulwirkungsgrad.

Monokristalline Module erreichen einen Modulwirkungsgrad von 18–25%, polykristalline Module Wirkungsgrade von etwa 15–20%. Die Wirkungsgrade werden unter Standardbedingungen gemessen (Leistungsmessung bei 1000 W Einstrahlung, 25 °C Zelltemperatur und einer Air Mass von 1,5). Die so ermittelten elektrischen Höchstleistungen werden als Kilowatt-Peak (kWp) oder Megawatt-Peak (MWp) angegeben.

Das Air Mass ist ein relatives Mass für die Länge des Weges, den das Sonnenlicht durch die Erdatmosphäre bis zur Erdoberfläche zurücklegt. Dabei wird die effektive Weglänge zur minimalen Länge bei senkrechtem Lichteinfall in Relation gesetzt.

Die Stadt als Lebensraum enthält vor allem Konsumenten, aber kaum Produzenten im ökologischen Sinn. Eine Stadt ist daher immer auf einen Nettoimport von Stoffen und Nahrungsenergie angewiesen. Die Ernährungspyramide einer Stadt steht daher sprichwörtlich auf dem Kopf (Abbildung 3).

Städtische Ökosysteme haben einen extrem hohen Energiebedarf. Ein Mensch mit all seinen von ihm verursachten Tätigkeiten (Haushalt, Industrie, Landwirtschaft) benötigt rund 45 kWh pro Tag und somit mehr als das 20fache eines Tieres mit gleicher Grösse. Da diese Energiemengen nicht mehr

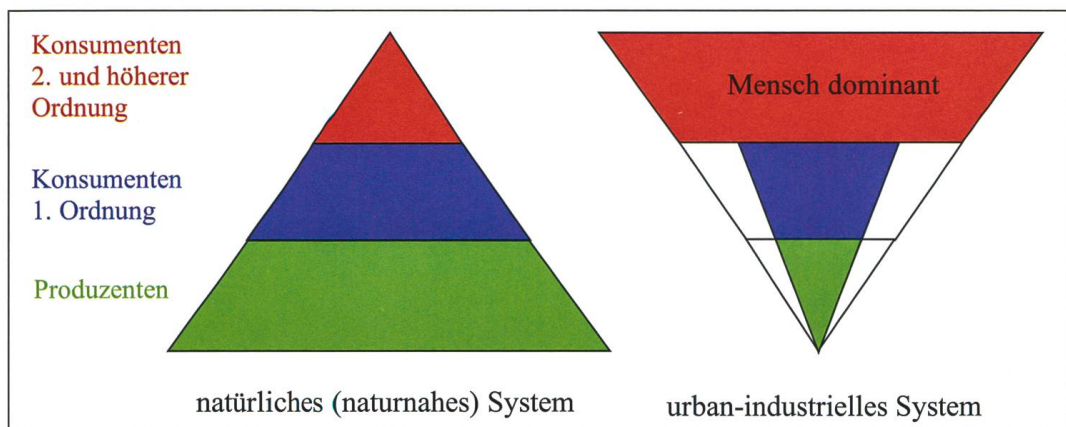


Abb. 3: Die Nahrungspyramide im urban-industriellen Ökosystem steht im Vergleich zu einem natürlichen Ökosystem buchstäblich Kopf  
(Quelle: <https://quizlet.com/412106634/stadtbioтопе-flash-cards/>)

im Ökosystem Stadt gedeckt werden können, muss der Verbrauch zurzeit hauptsächlich in Form von fossilen Energieträgern wie Erdöl oder Erdgas zugeführt werden. Die darin enthaltene «wertvolle» Energie wird allerdings in den meisten Fällen nur zur Wärmegewinnung verwendet und dadurch den folgenden Stufen des Ökosystems entzogen: Die Energiekaskade wird frühzeitig unterbrochen. In dicht bevölkerten Regionen der Erde kann der Energieverbrauch um ein Vielfaches höher liegen als die solare Nettoeinstrahlung und die Photosynthese in einem naturnahen System. Allerdings könnte eine Stadt zur Aufrechterhaltung des wirtschaftlichen und sozialen Lebens ihre Energieautarkie deutlich verbessern, wenn sie die Sonnenenergie konsequent nutzte und ihre Energieeffizienz verbesserte.

### 3. Die Verstädterung

Menschliche Eingriffe in die städtischen Ökosysteme lassen sich eindrücklich bei einem Vergleich mit einem ländlichen Ökosystem darstellen. Nachstehende Tabelle enthält Durchschnittsangaben und Tendenzen, denn konkrete Vergleiche müssten weitere Parameter wie das lokale Klima, die topographische Lage, die Qualität der Bausubstanz, die Gebäudestruktur, die Industriestruktur und -dichte, das Einkommen, die Energieversorgungsstruktur, das Verkehrsaufkommen sowie die Grösse der Stadt berücksichtigen (Klaus Adam, 1988).



<b>Faktoren</b>	<b>Vergleich mit ländlicher Umgebung (= 100)</b>
Gesamtstrahlung	80
Gegenstrahlung	110
UV-Strahlung im Winter	30
Beleuchtung	85 (Winter) – 95 (Sommer)
Bewölkung / Wolken	110
Nebel	200 (Winter) – 130 (Sommer)
Regen	110
Gewitterhäufigkeit	115
Tau-Niederschlag	35
Schneefall	95
Dauer der winterlichen Frostperiode	75
Temperatur im Jahresmittel	bis 1 °C höher
Maximale Temperaturunterschiede	3–10 °C höher
Verdunstung	40–70
Relative Feuchtigkeit im Jahresmittel	94
Windgeschwindigkeiten im Jahresmittel	75
Spitzenböen	85
Windstillen	113
Aerosole in der Atmosphäre	1000
Kohlenmonoxid-Belastung	2500
Kohlendioxid-Belastung	1000
Schwermetall-Belastung	1500
Vegetationsbedeckte Fläche	35–45

<b>Faktoren</b>	<b>Vergleich mit ländlicher Umgebung (= 100)</b>
Hunde-Vorkommen je km <sup>2</sup>	400
Anzahl Vogelarten je km <sup>2</sup>	20–30
Abfallaufkommen (Hauskehricht inkl. Abfälle aus Industrie, Gewerbe und Dienstleistungen)	175
Lärm (Dauerschallpegel in dB(A))	150

Tabelle 1: Durchschnittswerte von Faktoren urbaner Ökosysteme im Vergleich zur ländlichen Umgebung (Quelle: Klaus Adam, 1988)

Im Vergleich zum ländlichen Ökosystem sind urbane Systeme gekennzeichnet durch eine reduzierte Einstrahlung, eine höhere Bewölkung und mehr Nebeltage, eine höhere Wärme mit einer geringeren Anzahl an Frosttagen, reduzierte Windgeschwindigkeiten und mehr Windstillen, deutlich höhere Schadstoff-Belastungen und einen deutlich geringeren Anteil an vegetationsbedeckter Fläche. Die Gründe dafür sind im Wesentlichen:

- Eine fortschreitenden Versiegelung und Überbauung von Freiflächen, welche die Grundwasserbildung aus Niederschlag reduzieren oder unterbinden. Zudem tragen versiegelte Flächen zur Wärmespeicherung und zu einer reduzierten Verdunstung bei.
- Die Gesamtemissionen von Heizungen, Produktionsprozessen und Verkehr sind in Verdichtungsregionen erhöht. Je nach Sonneneinstrahlung können aus Vorläufersubstanzen (Stickoxide und Kohlenwasserstoffe) giftigere Schadstoffe wie Ozon oder Peroxyacetylnitrat (PAN) entstehen, die auf bestimmte Pflanzen oder den menschlichen Organismus sehr aggressiv wirken.
- Hohe Abwärmemengen, welche zusammen mit der Wärmespeicherung und -abstrahlung der Bausubstanz das gesamte Stadtklima entscheidend beeinflussen.
- Planerische Entscheide, welche die Frischluftzufuhr und die Luftzirkulation in den dicht bebauten Kernräumen unterbinden. Der Luftaustausch ist bei dichter Bebauungsstruktur stark reduziert; die Luft überströmt die Stadt oberhalb einer Stadthindernisschicht, wobei die Gebäude zu einer Erhöhung der Turbulenzen beitragen können.



Das Zusammenwirken dieser Faktoren ist in Abbildung 4 dargestellt. Daher ist ein innerstädtisches Lokalklima um einige Grade wärmer als im freien Umland. Dieses Phänomen wird als städtische Wärmeinsel bezeichnet.

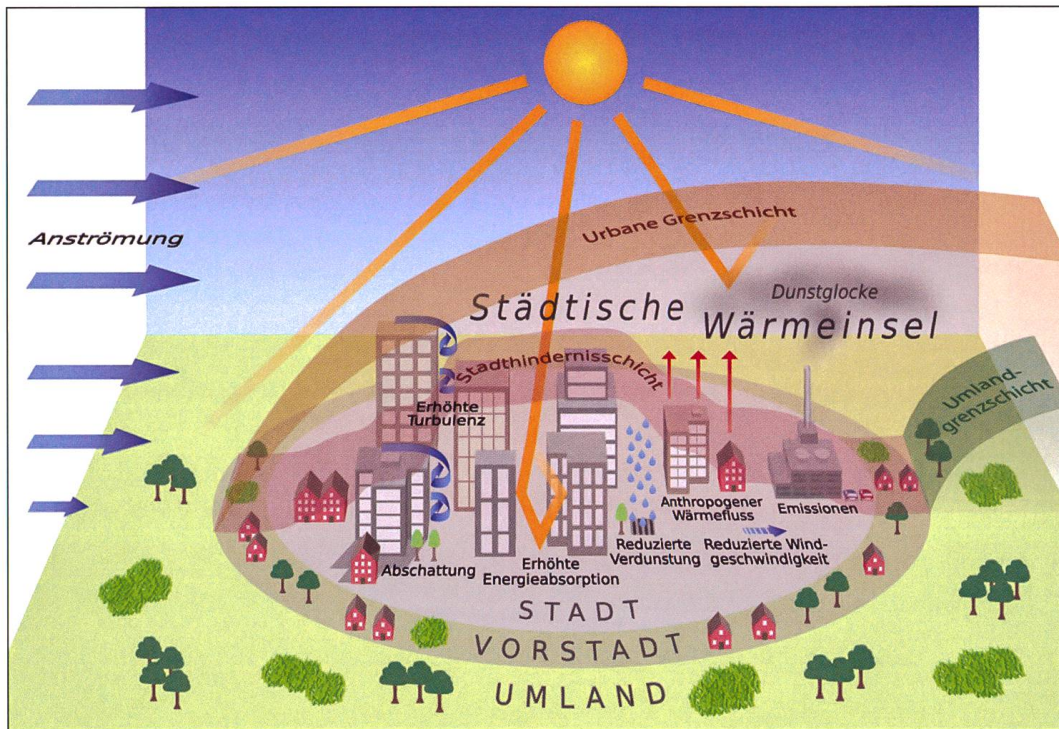


Abb. 4: Das Stadtklima und seine Einflussfaktoren (Quelle: Deutscher Wetterdienst DWD)

Die Weltorganisation für Meteorologie (engl. World Meteorological Organization, WMO) definiert das Stadtklima als «durch Bebauung und Emissionen gegenüber dem Umland verändertes Lokalklima». Es betrifft sowohl die meteorologischen Parameter Lufttemperatur, Luftfeuchtigkeit, Strahlung und Wind als auch Immissionsgrößen, wie zum Beispiel die Luftqualität und den Lärm.

Bezüglich Lebensräumen gibt es jedoch zwischen Landschaft und Siedlung auffallend viele Ähnlichkeiten. Der Alpensegler brütet sowohl in Felsnischen als auch Fassadennischen, die Waldschlüsselblume wächst sowohl im Wald als auch unter Parkbäumen. Pflanzen kommen in der Regel mit den Lebensbedingungen im Siedlungsraum besser zurecht als Tiere. Tabelle 2 gibt Beispiele für ähnliche Lebensräume in Landschaft und Siedlung:

<b>Landschaft</b>	<b>Siedlung (Dorf, Stadt)</b>
Felswände, -spalten, -nischen	Fassaden, Mauerspaltten
Felsrasen auf Felsköpfen	Begrünte kiesige Flachdächer, Mauerkronen
Trockene Höhlen	Estriche, Scheunen
Wintermilde, feuchte Höhlen	Keller, Stollen
Schotter- und Kiesbänke	Bahnschotter, Parkplätze mit Kiesbelägen
Sandbänke	Plattenfugen, Mauerfüsse
Uferanrisse an Prallhängen	Steile Strassenböschungen, Hohlwege
Seen, Weiher, Ufer, Sümpfe	Gartenweiher, Rückhaltebecken, Strassengräben, Pfützen
Wald, Heckensäume an Rändern	Gehölze in Parks, Friedhöfen, artenreiche Lebhäge
Tote Bäume, Baumhöhlen	Dachstühle, Fachwerk, Zaunpfosten
Acker	Zier- und Gemüsegärten
Magerwiesen	Strassen- und Bahnböschungen, Allmenden
Brachland	Gartenbrachen, Bau-Erwartungsland
Fettwiesen	Blumenrasen, Blumenwiesen

Tabelle 2: Landschaft und Siedlung weisen viele ähnliche Lebensräume auf. Sie bilden die Voraussetzung, dass eine angepasste Pflanzen- und Tierwelt auch im Siedlungsraum aufkommen kann. (Quelle: Fredy Leutert, Andreas Winkler, Ulrich Pfändler, BAFU 1995)

## 4. Die städtische Wärmeinsel (Ursachen, Faktoren, Folgen)

Schon vor mehr als 150 Jahren wies der Schriftsteller Adalbert Stifter darauf hin, dass Städte wärmer als ihr Umland sind. Dies obwohl die Gesamteinstrahlung im Bereich städtischer Ökosysteme um rund ein Fünftel geringer ist als im Freiland; der Grund dafür ist, dass sich die Intensität der Sonneneinstrahlung wegen erhöhter Emissionen von Luftfremdstoffen in Städten reduziert und der Abwärmestrom deutlich erhöht ist. Trotz geringerer Einstrahlung resultiert in städtischen Ökosystemen gegenüber dem Freiland ein Netto-Wärmegewinn. Die Wärmeinsel-Intensität, das heisst die Grösse des



Temperaturunterschieds, korreliert positiv mit der Grösse der Stadt. Konkret: Je grösser die Stadt, desto grösser die Temperaturunterschiede zwischen Stadt und Umland. Die Erhöhung der Lufttemperaturen zwischen Stadt und Umland beschränkt sich nicht auf den Sommer, sondern ist für das ganze Jahr gültig. Dieser Wärmeunterschied ist auch in Schaffhausen bemerkbar, wo die Temperaturen in Buchthalen in der Regel 1 bis 2 °C tiefer liegen als im Stadtzentrum. An heissen Sommertagen können die Unterschiede lokal auch spürbar höher sein; ich habe schon 8 °C zwischen Zündelgut und Herrenacker gemessen!

Zahlreiche Faktoren beeinflussen die Umgebungstemperatur:

- Temperaturschichtung der Atmosphäre / Adiabaten
- Höhenlage
- Windeinfluss (Windgeschwindigkeit und Durchlüftung)
- Luftfremdstoffe
- Konzentration an Treibhausgasen
- Versiegelungsgrad
- Verschotterung
- Bebauungsgrad und Bebauungsstruktur
- Grünflächenanteil und -verteilung
- Wasserhaushalt
- Beschattung
- Farbgebung von Gebäuden und Plätzen
- Abwärme (Verbrennungsmotoren, Heizungen, Prozesse etc.)
- Wärmespeicherung

Im Folgenden werden einige dieser Faktoren und ihre Auswirkungen auf die Ökologie näher beleuchtet.

## **4.1 Temperaturschichtung der Atmosphäre / Adiabaten**

Die Atmosphäre besitzt Stockwerke; sie ist geschichtet. Dies hängt mit dem Temperaturverlauf zusammen (Abbildung 5). Die untere Atmosphäre, insbesondere die Troposphäre (Höhen zwischen 7 km in den Polargebieten und 17 km in den Innertropen), ist das Forschungsfeld der Meteorologie; in ihr nimmt die Temperatur mit zunehmender Höhe ab. Darüber liegen die Stratosphäre (bis etwa 50 km Höhe) und daran anschliessend die Mesosphäre (bis

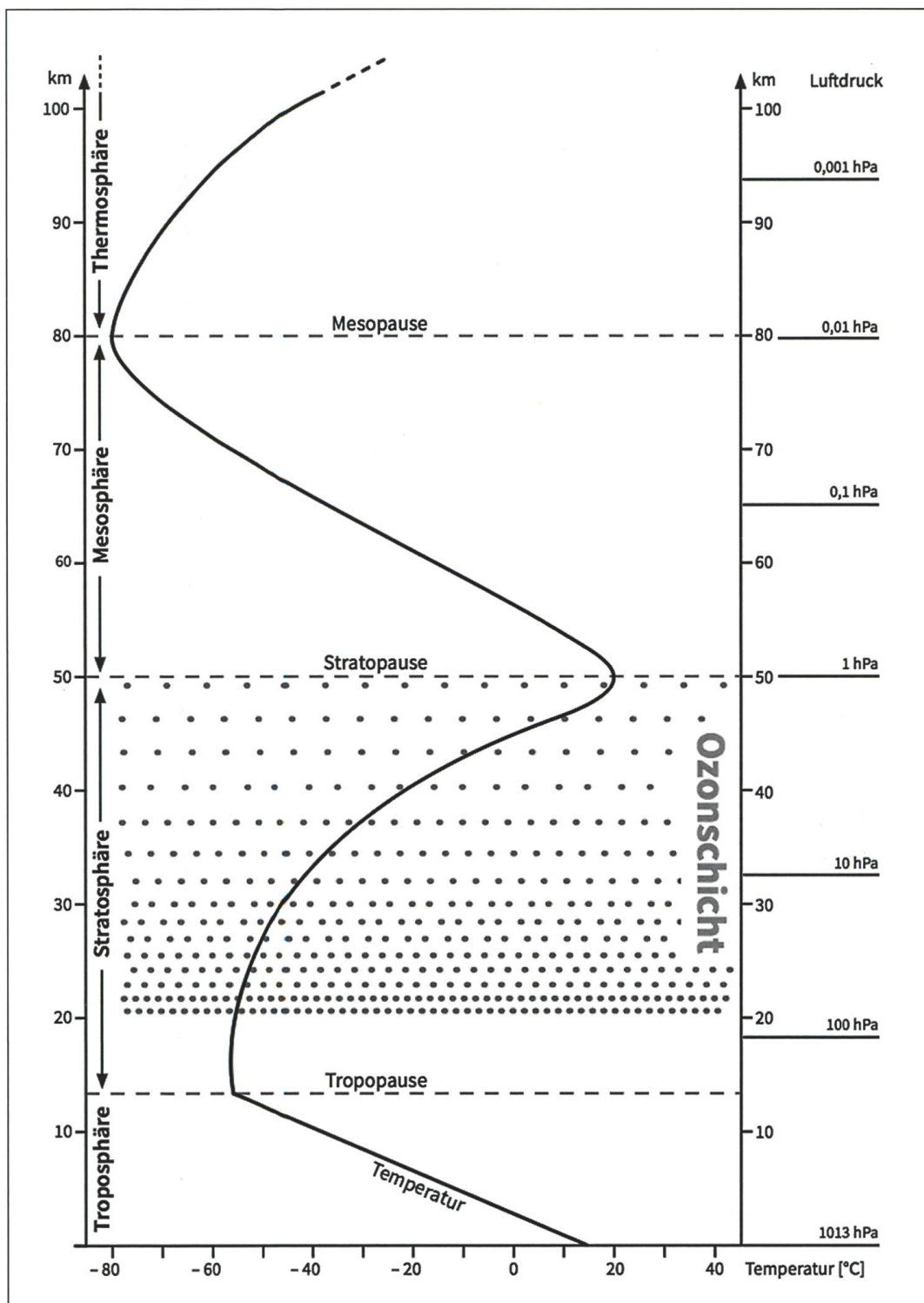


Abb. 5: Die Stockwerke der Atmosphäre sind eine Folge des Temperaturverlaufs (Quelle: <https://herr-kalt.de/geographie/atmosphaere>)



etwa 80 km Höhe), gefolgt von der Thermosphäre (bis etwa 500 km Höhe). In der Stratosphäre befindet sich die Ozonschicht. Ozon selbst ist viel lichtempfindlicher als molekularer Sauerstoff. Es absorbiert UV-C und UV-B und schützt damit Pflanzen, Tiere und Menschen vor Strahlenschäden. Wenn ein Ozon-Molekül ein UV-Photon absorbiert, wird es zwar gespalten, aber in den allermeisten Fällen bildet das freigesetzte Sauerstoff-Atom sofort wieder Ozon. Ozon und seine Bildung bewirken den Temperaturverlauf der Stratosphäre, einerseits über die UV-Absorption, andererseits ist Ozon als gewinkeltes Molekül Infrarot-aktiv und strahlt damit Wärme ab. Daher nimmt die Temperatur in der Stratosphäre bis zur Stratopause zu. Eine Temperaturzunahme mit zunehmender Höhe wird auch als Inversion bezeichnet. Darüber erfolgt eine Temperaturabnahme mit zunehmender Höhe bis zur Mesopause, und anschliessend steigt die Temperatur aufgrund der Sonneneinstrahlung auf über 1100 °C an.

Die Temperaturänderung in der Troposphäre ohne Verdunstung und Verdampfung von Wasser beträgt ca. 1 °C/100 m Höhenunterschied (= trockenadiabatischer Temperaturgradient). Beim Aufsteigen kommt es zu Abkühlung und beim Absinken zu Erwärmung. Das erklärt die altbekannte Tatsache, dass die Lokaltemperatur höhenabhängig ist.

Steigt jedoch ein wasserhaltiges warmes Luftpaket auf, dehnt es sich aufgrund des niederen Drucks mit zunehmender Höhe aus und kühlt dabei ab. Das Luftpaket steigt solange auf, bis die Innentemperatur der Umgebungstemperatur entspricht. Wird dabei der Taupunkt erreicht, findet eine Kondensation (Wolken- bzw. Nebelbildung) statt. Dabei wird Kondensationswärme freigesetzt. Die höhenabhängige Temperaturabnahme ist daher geringer als bei einem trockenen Luftpaket und beträgt ca. 0,6 °C/100 m (Abbildung 6).

Beides können wir eindrücklich bei einer Föhnlage verfolgen, wenn Winde quer zu den Alpen strömen: auf der Luv-Seite kondensiert Wasser und es fällt Regen (feuchtadiabatischer Aufstieg), auf der Lee-Seite entstehen sich erwärmende und daher trockene Fallwinde (trockenadiabatisch, da das Wasser auf der Luv-Seite bereits ausgegnet hat).

Nur schon aufgrund der Höhenlage ergibt sich zwischen Zündelgut (455 m ü. M.) und Schaffhausen Rhein (391 m ü. M.) eine Temperaturdifferenz von ~ 0,4 bis 0,6 °C; dieser Temperaturunterschied lässt sich daher nicht mit der städtischen Wärmeinsel in Verbindung bringen.

Die atmosphärische Schichtung beeinflusst die Verbreitung der Schadstoff-Emissionen. Die Abgasfahne, der meist sichtbare Teil der Ableitung von Ab-

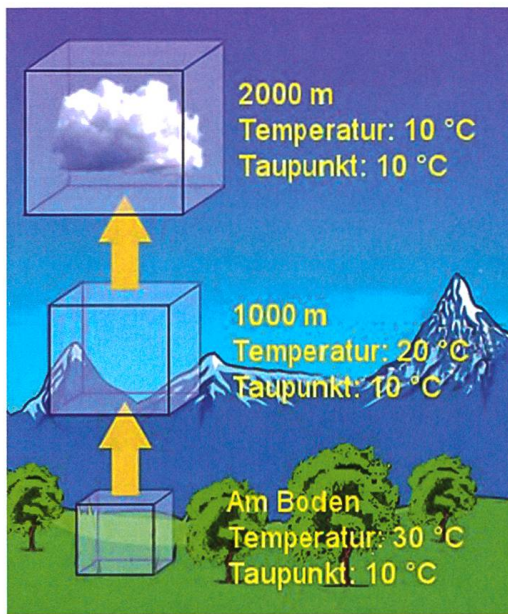


Abb. 6: Aufsteigende Luft dehnt sich aus und kühlt dabei ab. Falls die Umgebungstemperatur den Taupunkt erreicht, kondensiert Wasser und es entstehen Wolken. (Quelle: [http://www.gerd-pfeffer.de/dyn\\_tgradient.html](http://www.gerd-pfeffer.de/dyn_tgradient.html))

gasen über Kaminen in die Atmosphäre, hängt von den baulichen und betrieblichen Bedingungen (z. B. Volumenstrom, Temperatur der Abgase an der Kaminmündung) und den meteorologischen Bedingungen (Windgeschwindigkeit, thermische Schichtung der Atmosphäre) ab. Dabei entstehen verschiedene Formen von Abgasfahnen (Abbildung 7). Oder mit andern Worten, das Bild der Abgasfahne sagt etwas zur effektiven atmosphärischen Schichtung aus. Es ergeben sich fünf Grundtypen von Schichtungen:

- Neutrale Schichtung mit vertikaler Temperaturabnahme, die der Adiabaten weitgehend folgt. Abgasbild = Coning.
- Labile Schichtung mit einer starken vertikalen Temperaturabnahme. Abgasbild = Looping.
- Bodeninversion mit einer Temperaturzunahme ab Boden, was eine sehr stabile Schichtung ergibt. Abgasbild = Fanning.
- Bodeninversion mit einer Temperaturzunahme bis zur Inversionsobergrenze und darüber eine Temperaturabnahme; die Schichtung ist zuerst stabil, anschliessend labil. Abgasbild = Lofting.
- Höheninversion mit einer Temperaturabnahme bis zur Inversionsuntergrenze und darüber eine Temperaturzunahme; die Schichtung unterhalb der Inversionsuntergrenze ist labil, darüber stabil (Hinweis: Dasselbe finden wir zwischen der Troposphäre und der Stratosphäre). Abgasbild = Fumigation.



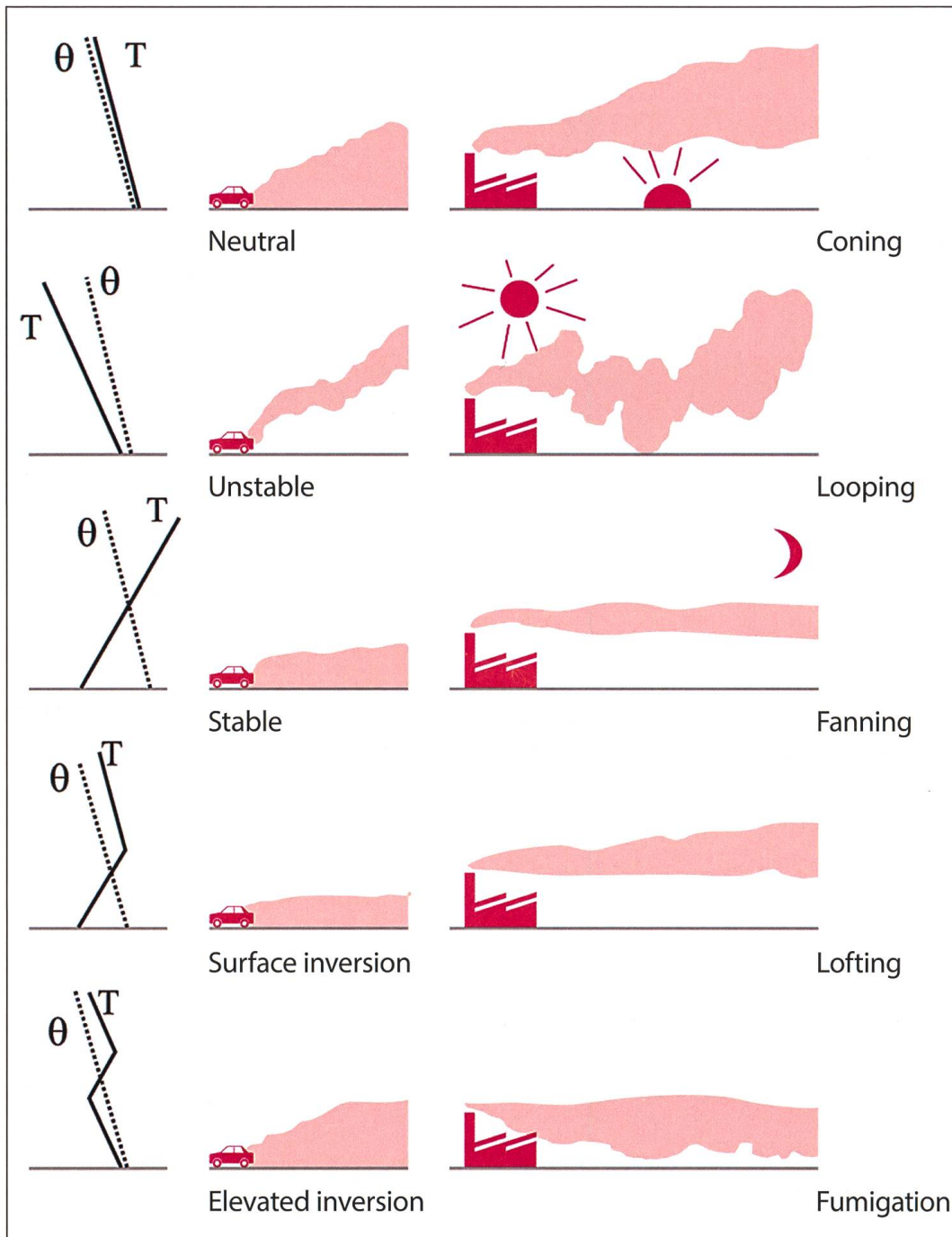


Abb. 7: Abgasbilder in Abhängigkeit von der atmosphärischen Schichtung.  $T$  = Temperaturverlauf der Umgebung,  $\theta$  = Adiabatischer Temperaturgradient.  
 (Quelle: Gary Haq, [https://www.researchgate.net/figure/Vertical-dispersion-under-various-conditions-for-low-and-high-elevations-of-the-source\\_fig2\\_263970547](https://www.researchgate.net/figure/Vertical-dispersion-under-various-conditions-for-low-and-high-elevations-of-the-source_fig2_263970547))



Abb. 8: Eine instabile atmosphärische Schichtung ergibt ein mäanderartiges Auf und Ab der Rauchgasfahne. Die Turbulenzen führen zu einer raschen Verdünnung der Rauchgase. Typisch auch die «heruntergezogene» Abgasfahne auf der dem Wind abgewandten Seite des Gebäudes. Dies ist die Folge eines Lee-Wirbels und wird in der Fachwelt als Downwash-Effekt bezeichnet. (Quelle: eigenes Bild; zur Erklärung siehe auch Abbildung 9)

Je nach atmosphärischem Schichtungszustand ergeben sich höhere oder niedrigere Luftschadstoffkonzentrationen. Beim Coning (siehe Abbildung 7) ist die Verteilung der Luftschadstoffe sehr gleichmässig. Die Konzentrationen hängen stark von der Emissionshöhe ab. Dieser Ausbreitungstyp kommt insbesondere tagsüber bei mässigen und hohen Windgeschwindigkeiten vor.

Beim Looping entsteht aufgrund der atmosphärischen Turbulenzen eine gute Luftdurchmischung, und die Schadstoffkonzentrationen bleiben vergleichsweise gering. Dieser Ausbreitungstyp kommt tagsüber bei Sonneneinstrahlung und vergleichsweise niedrigen Windgeschwindigkeiten vor.

Nahezu überhaupt keine Durchmischung findet beim Ausbreitungstyp Fanning statt. Die Atmosphäre ist stabil geschichtet, und daher gibt es kaum eine vertikale Erstreckung der Schadstofffahne; aber die Schadstoffe können über grosse Distanzen verbreitet werden. Bei hohen Kaminen bleibt die bodennahe Belastung mit Schadstoffen gering.

Neben diesen Grundformen unterscheidet man ferner noch zwei Mischformen von Ausbreitungstypen: Lofting und Fumigation. In beiden Fällen muss unterschieden werden, ob die Emissionshöhe unter- oder oberhalb der Temperaturinversion liegt. Liegt die Quelle unter der Inversionsuntergrenze, werden hohe Konzentrationen erwartet, da die Inversion wie eine Sperrschicht wirkt. Liegt die Emissionsquelle oberhalb der Inversionsobergrenze, sorgt diese dafür, dass Schadstoffe nicht an den Boden gelangen können.

Die Kenntnis der Schadstoffausbreitung sollte in der Stadtplanung berücksichtigt werden, so wie es der Energierichtplan der Stadt Schaffhausen vorschlägt: Stark emittierende Anlagen wie grosse Holzfeuerungen sollen nicht im Luv, sondern im Lee der Stadt (im Osten) platziert werden.



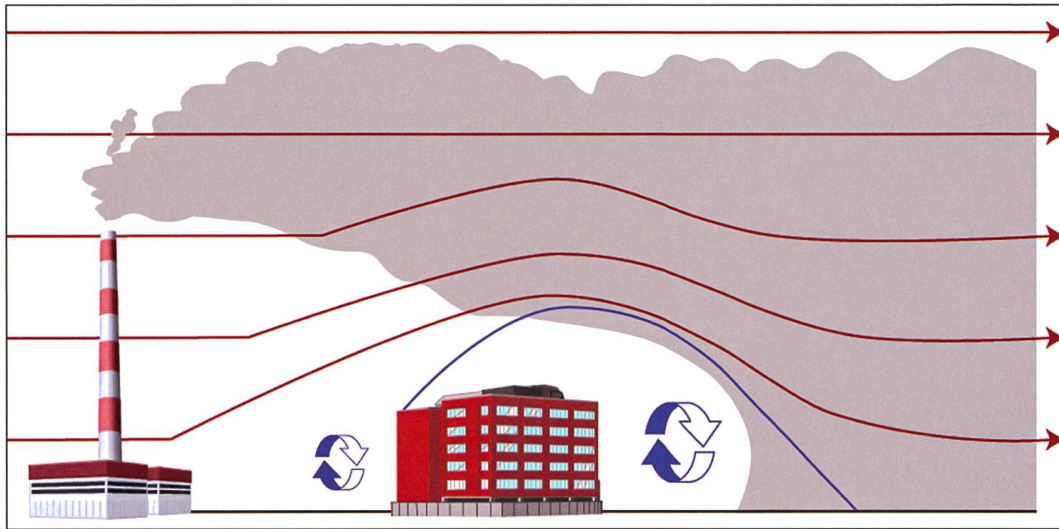


Abb. 9: Luftwirbel auf der Hinterseite des Gebäudes können zu einem Downwash-Effekt und daher zu einer erhöhten Verschmutzung führen. Lösung: Es ist ein ausreichender Abstand zwischen Emittent und Gebäude einzuplanen oder der Kamin ist zu erhöhen.  
(Quelle: <https://www.ontario.ca/document/guideline-11-air-dispersion-modelling-guideline-ontario/model-input-data-geographical-information-inputs>)

## 4.2 Einfluss des Windes

In der 500 bis 1000 Meter mächtigen untersten Luftschicht (atmosphärische oder planetare Grenzschicht) wird die geostrophe Strömung (d. h. der ungestörte, laminare Wind in oberen Luftschichten) durch Reibung an der Erdoberfläche gebremst. Das resultierende Höhenprofil der Winde ist abhängig von der Rauigkeit der Oberfläche.

Ein besonderes Merkmal der Stadt ist die Veränderung der Windverhältnisse sowohl hinsichtlich der Windrichtung als auch der Windgeschwindigkeit (vgl. Städtebauliche Klimafibel, Baden-Württemberg 2012). Die grössere Oberfläche und Rauigkeit einer städtischen Bebauung bewirkt aufgrund der erhöhten Reibung eine Verminderung der Windgeschwindigkeit. Diese kann im Jahresmittel bis zu 30% niedriger sein. Insbesondere nimmt die Häufigkeit von Windstillen um bis zu 20% zu. Dadurch entsteht ein reduzierter Luftaustausch, begleitet von einem verminderten Schadstoffabtransport; es können lokal erhöhte Schadstoffkonzentrationen entstehen. In Abbildung 10 kommt zum Ausdruck, dass sich die vertikalen Windprofile über der Innenstadt, dem Stadtrand und dem Freiland stark unterscheiden. Neben der Abnahme der Windgeschwindigkeit zum Stadtzentrum hin erkennt man auch

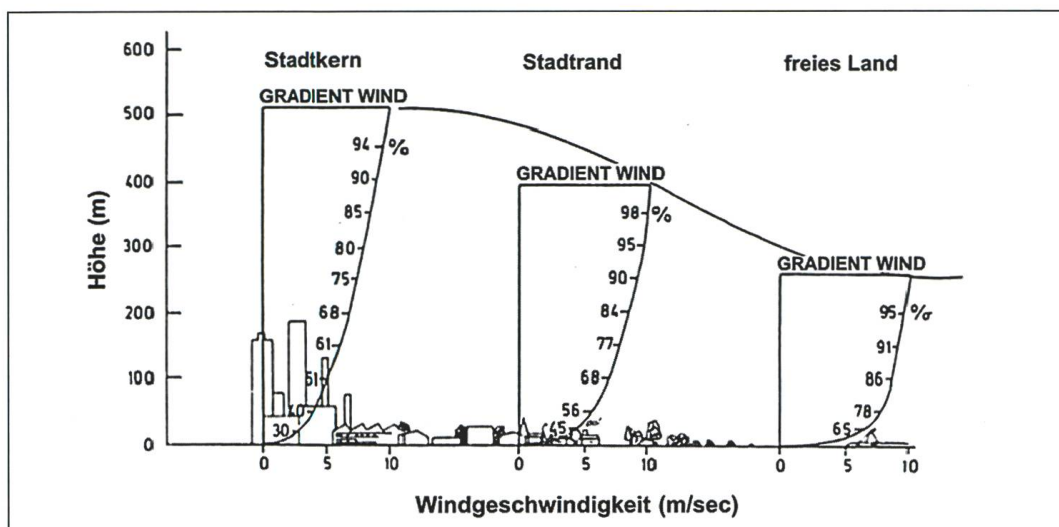


Abb. 10: Schematische Darstellung des vertikalen Windprofils über Innenstadt, Stadtrand und Freiland. In der 500 bis 1000 Meter mächtigen untersten Luftschicht, auch atmosphärische Grenzschicht genannt, wird die geostrophe Strömung (= ungestörte, laminare Windgeschwindigkeit in oberen Luftschichten, die Windgeschwindigkeit erreicht 100 %) durch Reibung an der Erdoberfläche gebremst. Über einer Stadt ist die Rauigkeit erhöht, und daher liegt die geostrophe Strömung über einer Stadt höher als im freien Umland. (Quelle: Klimafibel Baden-Württemberg, S. 34 ff.).

die im Stadtkern höher reichende Störung des Windfeldes. Jedoch kann in der Stadt die Böigkeit durch Wirbelbildung (Front- und Leewirbel) an hohen Gebäuden zunehmen.

Von Bedeutung für die Luftbewegung in Stadtgebieten können auch lokale Windsysteme sein, die sich insbesondere bei schwachem überregionalem Wind ausbilden. Es handelt sich in der Regel um schwache Winde. Doch auch Schwachwinde tragen zum Schadstoffabtransport sowie zur Frischluftzufuhr bei. Man unterscheidet zwischen topographisch und durch Bebauung bedingten Windsystemen. Erstere, zu denen Hangwinde sowie Berg- und Talwinde gehören, sind stark durch das vorhandene Relief geprägt. Daneben gibt es bodennahe Kaltluftabflüsse, deren Ausprägung abhängig ist von der Grösse der Kaltluft produzierenden Flächen (zum Beispiel Äcker, Wiesen) im Umland der Städte sowie von der Hangneigung. Die Kaltluftflüsse sind vor allem gravimetrisch bedingt (kalte Luft ist schwerer als warme Luft); sie entstehen vor allem nachts.

Wenn Kaltluftentstehungsgebiete im Einzugsbereich der Täler liegen, die zur Siedlung führen, sind damit die natürlichen Bahnen der Zufuhr frischer Kaltluft vorgegeben, da die kühlere Luft bodennah stets zu den tieferen Stellen des Geländes fließt. Dies ist in Schaffhausen der Fall, wo Täler (Rhein-,



Durach-, Fulachtal) das Zentrum fingerförmig erschliessen. Die Intensität dieser Frischluftzufuhr hängt von der Grösse des Einzugsgebietes, der Hangneigung, der Weite der Täler und der Hindernisfreiheit ab. Hindernisse für den Kaltluftfluss können sein: Talverengungen, Dämme, Lärmschutzwälle oder -wände, Baumriegel quer zum Talverlauf, insbesondere aber Verbauungen durch grössere Gebäude oder gar geschlossene Siedlungskörper. An Hindernissen staut sich die Kaltluft mit stark absinkenden Temperaturen und vermindertem Luftaustausch im Bereich vor und hinter dem Hindernis (Abbildung 11). Dadurch erhöht sich die Gefahr von Früh- und Spätfrost, und in den Tälern findet eine verstärkte Nebelbildung statt (siehe auch: Luft, Neujaahrsblatt der Naturforschenden Gesellschaft Schaffhausen, Nr. 64/2012 S. 57 ff). Gleichzeitig führt die Verminderung der Frischluftzufuhr zu einer Erhöhung der innerstädtischen Temperatur (Verstärkung des Wärmeinsel-Effekts) und zu einer reduzierten Schadstoffabfuhr.

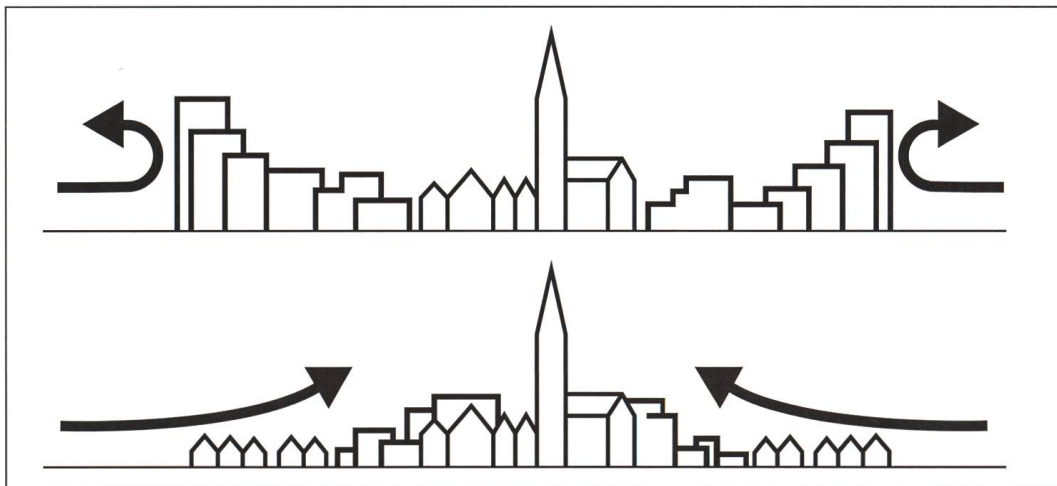
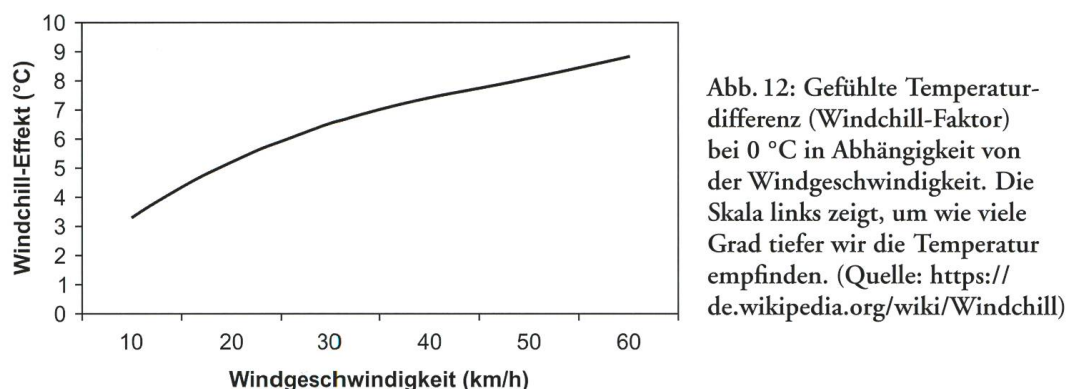


Abb. 11: Einfluss der randlichen Bebauung auf die Frischluftzufuhr von Stadtzentren (Quelle: C.L. Krause, 2006)

Die Windgeschwindigkeit beeinflusst die Behaglichkeit der Menschen. Wir alle kennen das, dass man an einer zugigen Ecke relativ stark friert, obwohl es gemäss Thermometer gar nicht so kalt ist. Dieser Effekt hängt mit der Wärmebilanz unseres Körpers zusammen. Ist die Lufttemperatur unterhalb der Körpertemperatur, so gibt unser Körper Wärmeenergie an die Umgebung ab. Der Wind bläst die dünne, warme und feuchte Luftschicht über unserer Haut weg. Die neue Luftschicht ist kälter und trockener und nimmt daher das von der Haut verdunstete Wasser auf, was auf der Haut zu Verdunstungs-

kälte führt. Diese Wärmeabgabe verstärkt sich mit zunehmender Windgeschwindigkeit. Als besonders unangenehm empfindet der Mensch die Wind-Abkühlung bei einer Umgebungstemperatur von ca. 10 °C und tiefer.

Aus diesem Grunde gibt es die sogenannten Windchill-Kurven oder -Tabellen, welche die gefühlte Temperatur bei vorgegebener Windgeschwindigkeit angeben. Der Windchill (engl. für Windkühle bzw. Windfrösteln) beschreibt folglich den Unterschied zwischen der gemessenen Lufttemperatur und der gefühlten Temperatur in Abhängigkeit von der Windgeschwindigkeit: je höher die Windgeschwindigkeit, desto mehr frösteln wir (Abbildung 12).



In einem zunehmend wärmeren Klima kann somit der Windgeschwindigkeit und der Frischluftzufuhr eine wichtige Rolle zufallen, damit die Innenstädte weiterhin lebenswert bleiben. Der folgende Vergleich zeigt, dass locker bebaute Vororte gegenüber dichten Zentren in einem wärmeren Klima bezüglich Windeffekten Vorteile besitzen:

	Buchthalen	Innenstadt
Bebauungsdichte	locker	dicht
Durchlüftung	gut	schlechter (Strassenschluchten)
Windgeschwindigkeit	höher	geringer
Windchill-Effekt	höher	geringer
Schadstoff-Abfuhr/-Verdünnung	besser	geringer

Tabelle 3: Vergleich zwischen Buchthalen (Vorort) und Schaffhausen Innenstadt (Zentrum) bezüglich Windeinflüssen. Eine mangelhafte Wärmeabfuhr durch Winde kann in Innenstädten zu hohen Temperaturen führen und die Behaglichkeit stark beeinträchtigen. Die städtischen Durchlüftungen müssen daher planerisch geschützt werden, vor allem wenn aus raumplanerischer Sicht die Verdichtung gefördert werden soll.



### 4.3 Einfluss der Luftfremdstoffe (Emissionen)

Gemäss Weltgesundheitsorganisation WHO liegt eine Luftverunreinigung vor, wenn Stoffe oder Stoffgemische in Konzentrationen in der Aussenluft vorkommen, welche für Mensch, Tier, Pflanzen oder Eigentum störend oder schädlich sind oder zur Schädigung beitragen.

Zu den natürlichen Luftverunreinigungen zählen gemäss Definition der WHO etwa:

- die Pollen von Blütenpflanzen, welche Allergien hervorrufen können;
- Kohlenwasserstoff-Emissionen von Pflanzen (z. B. Terpene von Nadelbäumen, Botenstoffe zwischen Individuen, pflanzliche Duftstoffe in Form von ätherischen Ölen, usw.), welche zum photochemischen Smog beitragen;
- Methan aus Mooren, Binnengewässern oder aufgetauten Permafrostböden;
- Staub- und Gasemissionen von Vulkanen.

Quellen der menschlichen Luftverunreinigung sind industrielle oder gewerbliche Produktionsprozesse, die Energiewirtschaft, die Haushalte und der Verkehr. Bei Verbrennungsprozessen werden gasförmige, flüssige oder feste Stoffe an die Atmosphäre abgegeben. Während windschwachen Wetterlagen oder bei Inversionslagen können sich Luftschadstoffe anreichern, was oft mit einer Sichttrübung einhergeht. Die Sichttrübung ist unter anderem bedingt durch die Zunahme an Partikeln und Aerosolen im Laufe der Inversionslage. Dieser Zustand wird als Smog bezeichnet. Inversionen entstehen,

- falls sich eine hohe wärmere Luftschicht über eine bodennahe kalte Schicht (Tal- oder Kessellagen) oder eine kalte unter eine wärmere Luftschicht schiebt (Höheninversionen);
- falls sich der Boden schneller abkühlt als die darüber liegende Luftmasse (Bodeninversion); dies tritt bei windarmen und wolkenlosen Bedingungen auf.

Weil sich dabei das Temperaturgefälle in der Atmosphäre umkehrt, kommen aufwärts gerichtete warme Luftströmungen zum Erliegen, so dass die Schadstoffe nicht mehr abtransportiert werden: Eine Sperrschicht entsteht, unter der sich Aerosole, Partikel und Abgase anreichern.

Dank kantonaler und städtischer Massnahmenpläne Luftreinhaltung sind extreme Smog-Lagen in der Schweiz selten geworden. Doch punktuell können immer wieder hohe Ozon- und Feinstaubkonzentrationen auftreten, die

der Gesundheit abträglich sind. Aber in «Megacities» (Agglomerationen mit einer Bevölkerung von mehr als zehn Millionen) können nach wie vor besorgniserregende Luftschadstoff-Konzentrationen auftreten, mit extremen Ozonspitzenwerten in den Abluftfahnen (Abbildung 13).



Abb. 13: Zwei Aufnahmen von Peking im August 2005: Das linke Foto entstand nach zweitägigem Regen, das rechte Foto zeigt denselben Ort an einen Sonnentag (Quelle: Johannes Stähelin, Professor für Ozonchemie, ETH Zürich, <https://ethz.ch/de/news-und-veranstaltungen/eth-news/news/2014/09/bodennahe-ozon-smog-verursachender-luftschadstoff.html>)

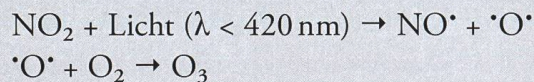
Die Luftfremdstoffe werden über verschiedene Prozesse aus der Atmosphäre entfernt. Einerseits über eine trockene Deposition, andererseits über eine nasse Deposition mit Regen (Ausregnen, Auswaschen), Schnee oder Hagel. Die Deposition ist ein komplexer, aus vielen Einzelmechanismen bestehender Vorgang. Grössere Partikel und Tropfen folgen der Schwerkraft und sedimentieren. Kleinere schwebende Partikel werden mit den Turbulenzen der Luftströmungen auf Oberflächen abgelagert (Impaktion) oder folgen einer Diffusion. Gase werden an feuchten Oberflächen gelöst oder von trockenen Oberflächen adsorbiert. Eine Besonderheit der nassen Deposition stellt die Interzeptionsdeposition dar. Dies ist die Stofffracht, welche von Pflanzenteilen (Blätter, Nadeln, Äste) aufgenommen wird. Auch in Trockenperioden oder bei Nebelereignissen kämmen die Pflanzenteile Luftfremdstoffe aus der Atmosphäre. Bei Niederschlagsereignissen können die zuvor trocken deponierten Stoffe wieder abgewaschen werden.



**Einschub:** Als Sommersmog (auch photochemischer Smog, Ozonsmog oder Los Angeles-Smog) bezeichnet man die Luftbelastung durch hohe Konzentrationen von Ozon und anderen Photooxidantien. Dabei ist das Wort Smog ein Zusammenzug der englischen Wörter Smoke (Rauch) und Fog (Nebel).

Der photochemische Smog tritt bei sonnigem Wetter auf und entsteht aus Stickstoffoxiden und Kohlenwasserstoffen in Verbindung mit der UV-Strahlung der Sonne. Bodennahes Ozon greift die Atmungsorgane an und schädigt Pflanzen und Tiere. Zudem gibt es im Infrarot-Bereich Strahlungswärme (siehe Kapitel 4.1) ab und ist damit ebenfalls ein sehr potentes Treibhausgas.

Das bodennahe Ozon entsteht unter Mitwirkung von Stickstoffoxiden und wird durch die Sonnenstrahlung beeinflusst. Stickstoffdioxid wird durch UV-Strahlung in Stickstoffmonoxid und ein Sauerstoffatom gespalten. Dieser atomare Sauerstoff verbindet sich mit einem Sauerstoff-Molekül zu Ozon:



Die Bildung von Ozon wird ausserdem durch Kohlenwasserstoffe begünstigt, da diese unter Sonneneinwirkung Stickstoffmonoxid zu Stickstoffdioxid umwandeln. Ozon kann tagsüber durch  $\text{NO}_2$  teilweise wieder abgebaut, aber auch mit Winden in den ländlichen Raum verlagert werden. Im ländlichen Raum können wegen den tieferen  $\text{NO}_2$ -Konzentrationen daher die Ozon-Konzentrationen höher sein als in der Stadt.

Das eigentliche Waschmittel der Atmosphäre ist aber das Hydroxyl-Radikal ( $\text{OH}^\bullet$ ), ein Molekül mit einem freien Elektron, welches daher sehr reaktiv ist und in der Atmosphäre Kettenreaktionen auslöst. Es entsteht in der Troposphäre insbesondere aus Ozon und Wassermolekülen beim Auftreffen von UV-Strahlen und spielt eine wichtige Rolle beim Sommersmog und für den Abbau vieler Spurengase. Stoffe wie Stickstoffdioxid werden zu Salpetersäure, chlorhaltige Stoffe zu Salzsäure, Schwefeldioxid zu Schwefliger oder Schwefelsäure oxidiert. Diese Säuren lösen sich in Wasser und werden ausgegnet (Saurer Regen). Hauptursache für den Sauren Regen ist die Luftverschmutzung. Aber auch in der Umgebung von aktiven Vulkanen kommt es zu sauren Niederschlägen. Saurer Regen schädigt Natur, Umwelt sowie menschliche Infrastrukturanlagen.



Viele Luftfremdstoffe tragen direkt oder indirekt zur Wärmespeicherung in der Atmosphäre (Treibhauseffekt) und damit auch zur städtischen Wärmeinsel bei. Diese sogenannten Treibhausgase sind gasförmige Bestandteile der Atmosphäre, welche die Wärmestrahlung absorbieren, die von der Erdoberfläche, den Wolken und der Atmosphäre selbst abgestrahlt wird. Die Treibhausgase strahlen die Wärme sowohl Richtung Weltall als auch zurück in Richtung Erdoberfläche ab, sodass die untere Atmosphäre zusätzlich erwärmt wird. Treibhausgase stammen sowohl aus natürlichen als auch aus menschlichen Quellen. Entsprechend unterscheidet man den natürlichen vom anthropogenen (vom Menschen verursachten) Treibhauseffekt. Das wichtigste Treibhausgas in der Atmosphäre ist Wasserdampf, dessen Beitrag zum natürlichen Treibhauseffekt zwei- bis dreimal so hoch wie der von Kohlendioxid  $\text{CO}_2$  ist. Ohne den natürlichen Schutzschild läge die globale Temperatur bei  $-18^\circ\text{C}$ . Der natürliche Treibhauseffekt sorgt dafür, dass auf der Erde eine mittlere Temperatur von  $15^\circ\text{C}$  herrscht.

Der anthropogene Treibhauseffekt entsteht aufgrund von menschlichen Emissionen, insbesondere Kohlendioxid. Dies geschieht hauptsächlich durch die Verbrennung fossiler Energieträger wie Erdöl, Erdgas oder Kohle, aber auch durch die Rodung von Wäldern. Neben dem zusätzlichen Kohlendioxid werden zusätzliche Spurengase und künstlich hergestellte Stoffe freigesetzt. Deren Treibhauswirkung kann um ein Vielfaches potenter als diejenige des  $\text{CO}_2$ -Moleküls sein. Einige Beispiele von Treibhausgasen sind in Tabelle 4 zusammengestellt.

<b>Treibhausgas</b>	<b>Treibhauspotenzial</b>	<b>Verweilzeit in der Atmosphäre</b>	<b>Beitrag zum anthropogenen Treibhauseffekt</b>
Kohlendioxid $\text{CO}_2$	1	bis 120 Jahre	50%
Methan $\text{CH}_4$	25	9 bis 15 Jahre	20%
Lachgas $\text{N}_2\text{O}$	298	110 bis 120 Jahre	6 bis 9%
FCKW	14 000–17 000	65–110 Jahre	10%
Ozon $\text{O}_3$	2000	Tage bis Monate	8%
Schwefelhexafluorid $\text{SF}_6$	22 800	3200 Jahre	ca. 0,03%
Stickstofftrifluorid $\text{NF}_3$	17 200	740 Jahre	sehr klein

Tabelle 4: Treibhausgase gemäss Kyoto-Protokoll. (Quelle: <https://de.wikipedia.org/wiki/Treibhausgas#Kohlenstoffdioxid>)



Eine nicht zu vernachlässigende Rolle kommt Russ-Emissionen zu. Diese dunklen Partikel entstehen vor allem in Dieselmotoren oder beim Verbrennen von Holz und Kohle. Zwar werden sie nicht zu den Treibhausgasen gezählt, haben aber ebenfalls Einfluss auf die globale Erwärmung. Sie wirken direkt durch Absorption und Reflexion von Solarstrahlung und indirekt, indem sie als Kondensationskeime zur Wolkenbildung beitragen und die Wolkeneigenschaften ändern. Russpartikel führen auf hellen Flächen wie Schnee zu einer Absenkung der Albedo (= Mass für das Rückstrahlvermögen) und damit zu einer Erwärmung sowie einem beschleunigten Abschmelzen von Schnee- oder Eisflächen.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass bestimmte Stoffe nicht nur die Gesundheit der Lebewesen beeinträchtigen können, sondern ebenso zur Klimaerwärmung beitragen. Da die Luftfremdstoffe über Städten gegenüber dem Umland deutlich erhöht sind, tragen sie auch zur städtischen Wärmeinsel bei. Die Emissionen sind daher unabhängig von der Einhaltung der Grenzwerte weiter zu reduzieren. Dies dürfte in Zukunft über eine zunehmende Elektrifizierung geschehen.



Abb. 14: Die Stadt Schaffhausen setzt bei ihrem Busverkehr auf Batterie. In den nächsten zehn Jahren wird die gesamte Dieselbusflotte der Verkehrsbetriebe Schaffhausen (VBSH) durch Elektrobusse ersetzt. Die Stimmberechtigten haben dem entsprechenden Kredit für die «Einführung von Elektrobusen mit Schnellladesystem» über rund 58 Millionen Franken mit rund 54 % Ja-Anteil deutlich zugestimmt. (Quelle: Stadt Schaffhausen)



**Einschub:** Elektromobilität ist mehr als nur das Ersetzen eines Verbrennungsmotors durch einen Batterieantrieb. Der Umstieg auf Elektromobilität eröffnet die Chance, die Emissionen drastisch zu reduzieren und über neue Fahrzeugkonzepte und Mobilitätsformen nachzudenken. Dazu gehört zum Beispiel die Möglichkeit zur individuellen Ladung, unabhängig von Tankstellen zu Hause oder am Arbeitsplatz, oder die Einführung anderer Nutzungskonzepte wie Carsharing. Mit Carsharing und mit einer guten Elektrobus-Erschliessung kann autoarmes Wohnen gefördert werden. Auch im Güterverkehr können neue Transportkonzepte die Umweltbelastung reduzieren, indem längere Transporte per Zug und die regionale Verteilung mit Elektrolastwagen erfolgen. Die tägliche innerstädtische Mobilität kann mit Elektro-Bikes auch im topographisch schwierigen Gelände, wie es zum Beispiel die Stadt Schaffhausen aufweist, abgedeckt werden. Mit einer Zunahme der Elektromobilität dürfte die Eigenstromversorgung mit Photovoltaik zunehmen. Neue Überbauungen wie zum Beispiel beim Wagenareal oder Hohberg richten sich auf die Elektromobilität aus. Neuere Lebenszyklus-Analysen des Paul-Scherrer-Instituts PSI belegen eindrücklich die Vorteile der Elektromobilität gegenüber andern Antriebssystemen, selbst wenn die Emissionen nicht nur für den Betrieb, sondern auch für die Herstellung berücksichtigt werden (Werte fürs Jahr 2018). Die Umstellung auf Elektromobilität ist zur Reduktion des Treibhauseffekts zwingend notwendig.

• Benzin	293,7 CO <sub>2</sub> -Äquivalente pro Kilometer
• Diesel	233,8 CO <sub>2</sub> -Äquivalente pro Kilometer
• Erdgas	199,4 CO <sub>2</sub> -Äquivalente pro Kilometer
• Brennstoffzelle	186,6 CO <sub>2</sub> -Äquivalente pro Kilometer
• Elektro	122,2 CO <sub>2</sub> -Äquivalente pro Kilometer

## 4.4 Einfluss des städtischen Grüns

Die Bedeutung der Pflanzen zur Verminderung des städtischen Wärmeinselleffekts und zur Verbesserung der Luftqualität ist enorm. Sie spenden nicht nur Schatten, sondern erzeugen durch die Verdunstung von Wasser (Transpiration) Verdunstungskälte und tragen zu einer Abkühlung der Umgebung bei. Bedeutsam ist auch die Fähigkeit der Pflanzen, Luftfremdstoffe aus der Luft zu kämmen. Messungen haben ergeben, dass 50–80% Filterwirkung keine Seltenheit sind (Klaus Adam, 1988 S. 77).





Abb. 15: Kräutergarten im Museum zu Allerheiligen mit begrünter Efeufassade. Im Kräutergarten werden die verschiedenen Strategien gezeigt, die Pflanzen zur Fassadenbegrünung einsetzen. Selbstklimmer können mittels Haftwurzeln (Efeu) oder Haftscheiben (Selbstkletternde Jungfernrebe) ausreichend raue flächige Unterlagen erklettern, indem sie sich daran anheften. Andere Pflanzen benötigen ein Gerüst, an dem sie sich hochwinden (z.B. Hopfen) oder mit Ranken festhalten (Weinrebe). Eine andere Strategie verfolgen die Spreizklimmer, die mit Hilfe langer, sparriger Triebe emporklettern; zur Unterstützung der Fixierung haben Spreizklimmer oft kräftige Stacheln oder Dornen (z.B. Kletterrosen). (Quelle: eigenes Bild)

Eine gesunde Buche verdunstet pro Tag bis zu 500 Liter Wasser. Dafür entzieht sie ihrer Umgebung rund 350 kWh Wärme. Es verwundert daher nicht, dass ein mächtiger Laubbaum seine direkte Umgebung klimatisch beeinflusst. Die klimaregulierende Wirkung von Grünflächen ist unter anderem abhängig von der Ausdehnung der Grünfläche und ihrer Struktur. Ein artenarmer, kurzgeschnittener Zierrasen hat nicht annähernd die Wirkung einer baumbestanden, artenreichen Wiese (z. B. Streuobstwiese). Der Boden des Zierrasens trocknet zudem schneller aus und muss an heißen Sommertagen bewässert werden. Spürbare Verbesserungen des Mikroklimas schaffen auch begrünte Fassaden. Im Sommer werden die Hauswände weniger stark erhitzt und strahlen dadurch weniger Wärme ab auf Innenhöfe oder Strassen, im Winter bilden sie auf den Wetterseiten ein windabschirmendes, wärmedämmendes Luftblatt-Polster (bei immergrünen Pflanzen wie Efeu, Abbildung 15).



Über Grünflächen ist es feuchter und kühler als über Beton oder Asphalt. Das merken alle, die an einem sommerlichen Sonnentag barfuss über Asphalt oder einen Rasen laufen. Die Grünflächen beeinflussen somit nicht nur das Stadtklima, sondern auch kleinräumig das Mikroklima (Abbildung 16).

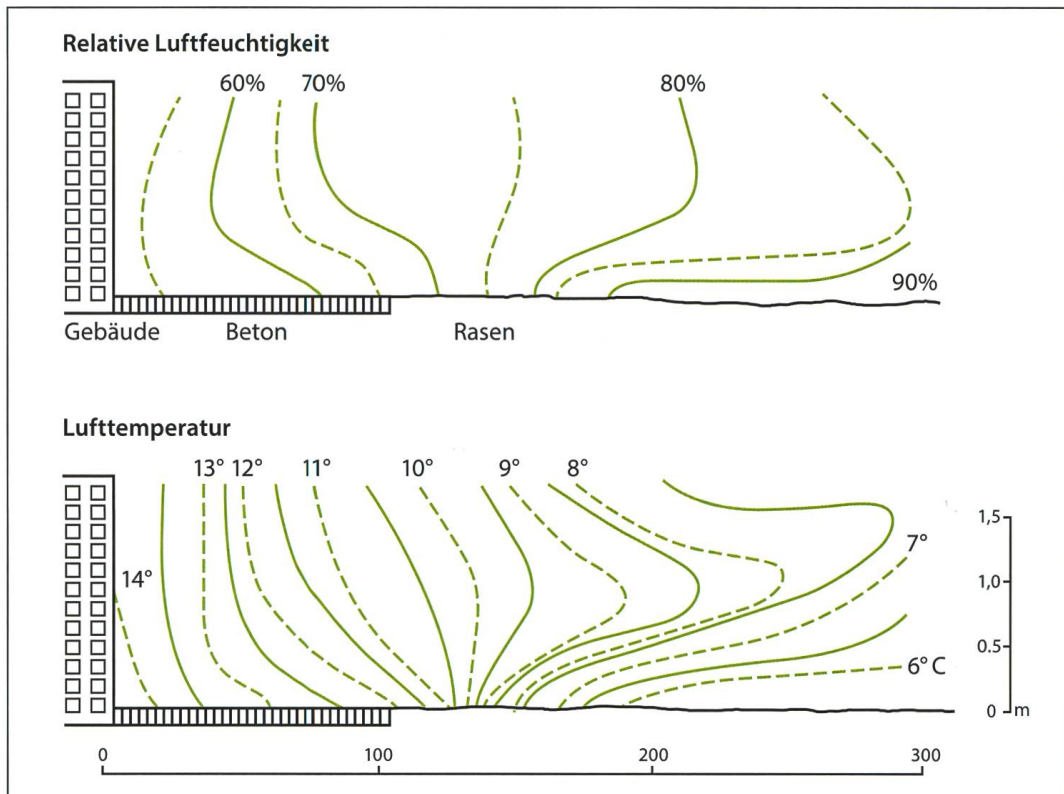


Abb. 16: Mikroklima über einem Rasen und über Beton. Je nach Bedeckung ändern sich die Lufttemperatur (unten) und die relative Luftfeuchtigkeit (oben) kleinräumig. Der Einfluss der begrünten Fläche ist augenfällig: 8 °C Temperaturdifferenz zum Messzeitpunkt. Grünflächen schaffen erhebliche Aufenthaltsqualitäten und reduzieren den Wärmeinseleffekt in einer Stadt. (Quelle: Klaus Adam, 1988)

Die beschattende und kühlende Wirkung von Pflanzen wird in neuen städtischen Quartieren (z. B. Zürich Nord) bewusst eingesetzt und grüne Oasen in Form von öffentlich zugänglichen Parkanlagen geschaffen. Andere Städte planen im Kampf gegen die zunehmend heisseren Sommer, versiegelte Flächen aufzubrechen und zu begrünen. Selbst kleine Flächen wie Hinterhöfe eignen sich dazu, sofern sie von der Parkierung befreit sind. Ein Kiesweg als Zufahrt hilft im Gegensatz zu einer asphaltierten Fläche, dass das Wasser





Abb. 17: Interessante naturnahe Umgebungsgestaltung in einer neueren Siedlung in Schaffhausen (Bild links). Südlich direkt angrenzend eine grosse Fläche mit Kanadischen Goldruten (Bild rechts). Diese Goldruten bilden aufgrund der riesigen Samenmenge eine dauernde Gefahr für die naturnahen Flächen. (Quelle: eigene Aufnahmen)

versickern kann. Eine abwechslungsreiche Bepflanzung mit Blumen in verschiedenen Farben, Kräutern, Büschen und Bäumen erfreut das Auge und sorgt für eine Blütenpracht über mehrere Monate. Bereits kleine begrünte Randflächen zeigen günstige Effekte. Einheimische Gewächse ziehen Schmetterlinge und Bienen sowie viele verschiedene Vögel an, die Begrünung wirkt als Filter für Luftschadstoffe und sorgt für ein angenehmes Klima im Innenhof. Ein gestalteter Innenhof bedeutet eine Aufwertung der Immobilie und einen Raum zum Rückzug und zur Entschleunigung. Da das neue Raumplanungsgesetz eine Verdichtung nach innen verlangt, sind ausreichend Freiflächen und Grünräume einzuplanen, damit die Lebensqualität in der Stadt nicht leidet (Abbildung 17). Leider sind gegenteilige Tendenzen auszumachen: Die Verschotterung von ehemaligen Grünflächen, Vorgärten oder auch



öffentlichen Arealen hat in letzter Zeit erheblich zugenommen. Diese Schottergärten bedeuten eine ökologische und ästhetische Verarmung und verstärken die Sommerhitze in den Siedlungsgebieten. Hinter der Verschotterung steht der Wunsch, einen unterhaltsarmen Garten zu erhalten. Aber auch Schottergärten müssen mit einigem Aufwand gehegt und gewartet werden, ansonsten verbreiten sich schnell unerwünschte Pflanzen wie etwa die invasiven Kanadischen Goldruten.

## 4.5 Einfluss der Flächenversiegelung

Ein hoher Anteil der Siedlungsflächen ist bebaut, asphaltiert oder anderweitig verfestigt (Abbildung 18). Damit tragen diese Flächen nichts zum Versickerungsprozess bzw. zur Grundwasseranreicherung bei, und auch der Gasaustausch des Bodens mit der Atmosphäre ist stark gedrosselt. Das Wasser wird rasch über die Kanalisation (Mischsystem) via Kläranlage oder über separate Meteorwasserleitungen (Trennsystem) direkt in den Vorfluter abgeleitet. In der Schweiz ist bereits mehr als ein Drittel der städtischen Gebiete an das «getrennte» Kanalisationsnetz angeschlossen – innerhalb Europas ist es das am weitesten entwickelte System. Es wird im Zuge der Kanalisationserneuerung und der Neubauten erweitert. Während bei versiegelten Flächen sich die Verdunstung auf die Zeit unmittelbar nach den Niederschlägen beschränkt und daher kaum etwas zur Kühlung beiträgt, tritt in den Freiflächen eine kontinuierliche Verdunstung auf, bei welcher eine Abkühlung eintritt. Demgegenüber erhitzen sich befestigte Flächen schneller und geben auch nachts gespeicherte Wärme ab. Die Flächenversiegelung ist eine der Hauptursachen für die städtische Wärmeinsel.

Wo immer möglich sollte Meteorwasser jedoch über eine biologisch aktive Bodenschicht versickert werden. Denn auch Niederschlagswasser kann mit Schmutzpartikeln (Atmosphäre) und Schwermetallen (z.B. Zink oder Kupfer von Dachrinnen) verunreinigt sein.

Bei Starkniederschlägen, deren Häufigkeit aufgrund des Klimawandels zunimmt, kann die Kanalisation oder der Vorfluter (Bäche, Flüsse) die oberflächlich abfließenden Wassermassen nicht mehr ausreichend fassen, und es kommt zu örtlichen Überschwemmungen. Deshalb werden Rückhaltedämme und Rückhaltebecken gebaut, um Kanalisation und Gewässer nicht zu überlasten. Modellberechnungen belegen, dass die heutige Kanalisation jedoch aufgrund der Versiegelung an die Kapazitätsgrenzen stösst. So dürfte



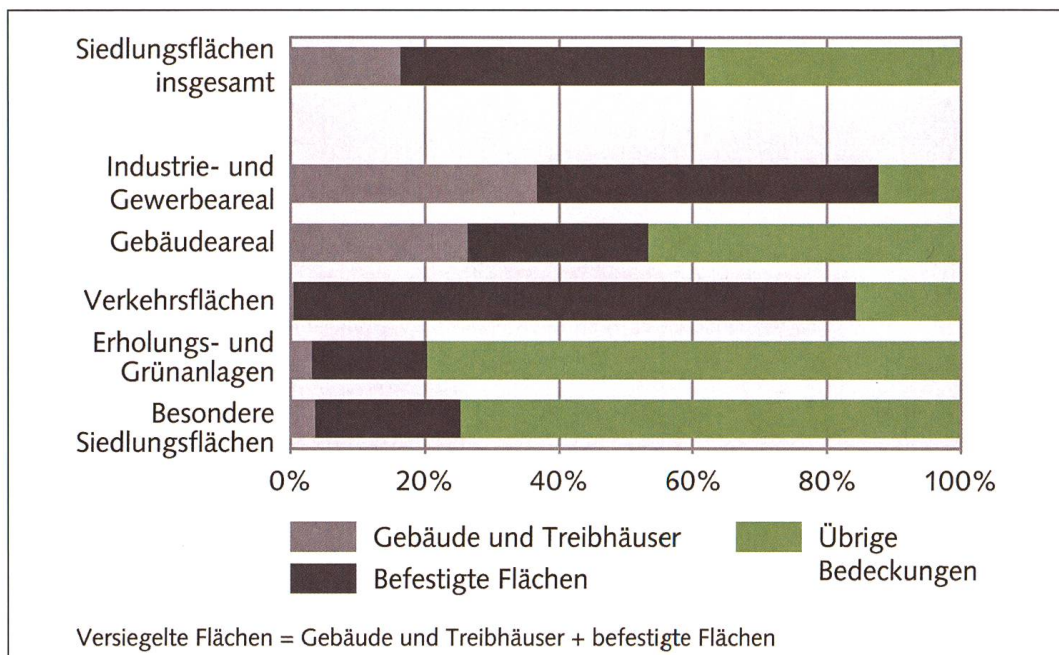


Abb. 18: Versiegelungsgrad der Siedlungsflächen in der Schweiz, gemäss Arealstatistik 2009. Unter die Kategorie «Besondere Siedlungsflächen» fallen beispielsweise Deponien, Baustellen oder Energieversorgungsanlagen. Die Siedlungsflächen sind im Mittel zu über 60% versiegelt. Die Siedlungsflächen bedecken 7,5% der Fläche der Schweiz. Im Mittelland ist ihr Anteil mit 16,0% mehr als doppelt so gross wie im Landesdurchschnitt, in den Alpenregionen liegt er deutlich darunter. Seit den 1980er Jahren stellt das Bundesamt für Statistik mit der Arealstatistik Daten über den Zustand und die Veränderung der Bodennutzung der Schweiz bereit. Damit bildet die Arealstatistik ein unverzichtbares Instrument der räumlichen Langzeitbeobachtung. Dank ihrer Ergebnisse lässt sich beurteilen, inwiefern die Entwicklung der Bodennutzung in der Schweiz mit den Zielen der Raumentwicklung und des häuslichen Umgangs mit der Ressource Boden übereinstimmt. (Quelle: Bundesamt für Statistik BFS)

bei der eingedolten Fulach im Güterbahnhofareal bei einem lokalen Starkniederschlag (100-jähriges Ereignis) über den Gebieten Niklausen und Weinberg bereits ein erheblicher Wasseraustritt erfolgen. Unvergessen ist der Starkniederschlag vom 2. Mai 2013, als in Schaffhausen zahlreiche Strassen überschwemmt wurden und viele Keller mit Wasser vollliefen (Abbildung 19). Neuere Untersuchungen (Blöschl et al., 2020) über die letzten 500 Jahre belegen, dass die europäischen Flüsse in den letzten Jahrzehnten recht häufig über die Ufer traten und diese Periode zur hochwasserreichsten Epoche gehört. Die aktuell starke Hochwasserphase hat zudem eine neue Qualität: Früher traten Überschwemmungen gehäuft in der kühlen Jahreszeit auf, 41% der mitteleuropäischen Überschwemmungen geschahen im Sommerhalbjahr. Heute entfallen 55% aufs Sommerhalbjahr. Die Verschiebungen hängen un-

ter anderem mit häufigeren Starkniederschlägen sowie mit einer Änderung von Verdunstung und Schneeschmelze zusammen. Selbstverständlich fördern die steigenden Flächenversiegelungen die Überschwemmungshäufigkeit zusätzlich.

Eine Bodenversiegelung ist nur schwer und mit hohen Kosten wieder zu beseitigen. Im Anschluss an eine Entsiegelung bleibt die natürliche Struktur des Bodens gestört. Häufig bleiben Reste von Fremdstoffen (wie Beton- oder Asphaltbrocken, Kunststoffsplitter oder diverse Schadstoffe) im Boden zurück. Eine neue Bodenfauna bildet sich nur über längere Zeiträume, sodass auch die natürliche Bodenfruchtbarkeit verzögert und oft nicht in der vorherigen Qualität wieder herstellbar ist.



Abb. 19: Am 2. Mai 2013 um etwa 18:30 Uhr setzte vor allem in der Stadt Schaffhausen, in Neuhausen und im oberen Reiat ein sintflutartiger Regen ein. Innert kürzester Zeit sammelten sich enorme Wassermengen an, welche sich ihre eigenen Wege suchten und nicht mehr von der normalen Kanalisation geschluckt werden konnten. Der Herblingerbach floss durch Herblingen bis zur damaligen Kantonsstrasse J15 (heute A4). Zudem trat auch die Durach im Mühlental über die Ufer. (Quelle: <http://www.schaffhausen.net/2013/05/schaffhausen-unter-wasser-uberschwemmung.html>)



**Einschub:** Marc Battaglia erstellte im Rahmen seiner Masterarbeit 1999 an der Universität Zürich eine Wasserbilanz für die Stadt Schaffhausen (exkl. Hemmental). Im Jahresmittel fielen im Zeitraum 1978 bis 1997 insgesamt 1016 mm Niederschlag (1 mm = 1 Liter pro Quadratmeter). Diesen Niederschlag verglich er mit der Verdunstung, dem Oberflächenabfluss und der Versickerung. Die Versickerung ist als Grundwasserspeisung zu verstehen. Es handelt sich um eine Momentaufnahme aus dem Jahr 1997, die jedoch belegt, dass dank dem Walddreichtum sowie den vielen Landwirtschafts- und Gartenflächen eine Grundwasserspeisung stattfindet.

Nutzungsart	Fläche	Niederschlag	Verdunstung	Oberflächenabfluss	Versickerung
	(in ha)	(in mm)	(in mm)	(in mm)	(in mm)
Siedlung befestigt inkl. Verkehrsflächen	496	1016	152	767	97
Siedlung begrünt inkl. Verkehrsbegleitgrün	441	1016	463	83	470
Wald	1467				
– Anteil Nadelholz	695	1016	821	16	179
– Anteil Laubholz	772	1016	690	26	300
Wiesen, Hackfrüchte	304	1016	712	24	280
Getreide, Mais	334	1016	332	55	629
Rebberge	5	1016	712	46	258
Unproduktive Vegetation	16	1016	463	44	509
Gewässer	42				
– Rhein	34	1016	508	508	0
– Bäche	3	1016	508	254	254
– stehende Gewässer	5	1016		0	508
<b>TOTAL</b>	<b>3105</b>	<b>1016</b>	<b>561</b>	<b>159</b>	<b>296</b>

Der Hauptanteil des Niederschlags verdunstet (561 mm), ein weiterer Teil verlässt den Bilanzierungsraum mit den Oberflächengewässern (159 mm), der Rest versickert (296 mm). Die verdunstete Wassermenge ist bei grossräumiger Betrachtung auch Teil des zukünftigen Niederschlags. Würden die Grünflächen als Gedankenspiel versiegelt, ergäbe sich eine deutliche Reduktion der Niederschlagsmenge und somit ein wesentlich trockeneres Klima.



## 4.6 Einfluss der Farbgebung

In den heissen Mittelmeerregionen fallen die oft weiss getünchten Gebäude auf. Helle Gebäude erhitzen sich weniger schnell als dunkle (Abbildung 20). Im Hochsommer kann ein bordeauxroter Anstrich in der Sonne heisser als 80 °C werden, während sich die Temperatur einer gelben Fassade um die 65 °C bewegt. Dunkle Farben fördern damit den städtischen Wärmeinseleffekt. Zu den negativen Auswirkungen der Hitze auf die verschiedenen Bauelemente der Fassaden kommt hinzu, dass eine dunkle Fassadenfarbe auch grössere Temperaturunterschiede erleidet, wenn eine Wolke vor die Sonne tritt: Die sich daraus ergebenden Spannungen begünstigen Schäden am Verputz. Die Erwärmung ist besonders ausgeprägt auf den isolierten Aussenfassaden, die zusammengesetzt sind aus zum Beispiel einem rosa Verputz auf einer zwanzig Zentimeter dicken Styroporisolation. Die Wärmedämmung dieses Dämmmaterials ist sehr gut: Sie verringert den Wärmetransport zu den Mauern so stark, dass sich die Schicht der Farbe viel stärker erwärmt, als wenn der Putz direkt auf den Beton oder die Mauern aufgetragen worden wäre (<https://www.energie-umwelt.ch>).

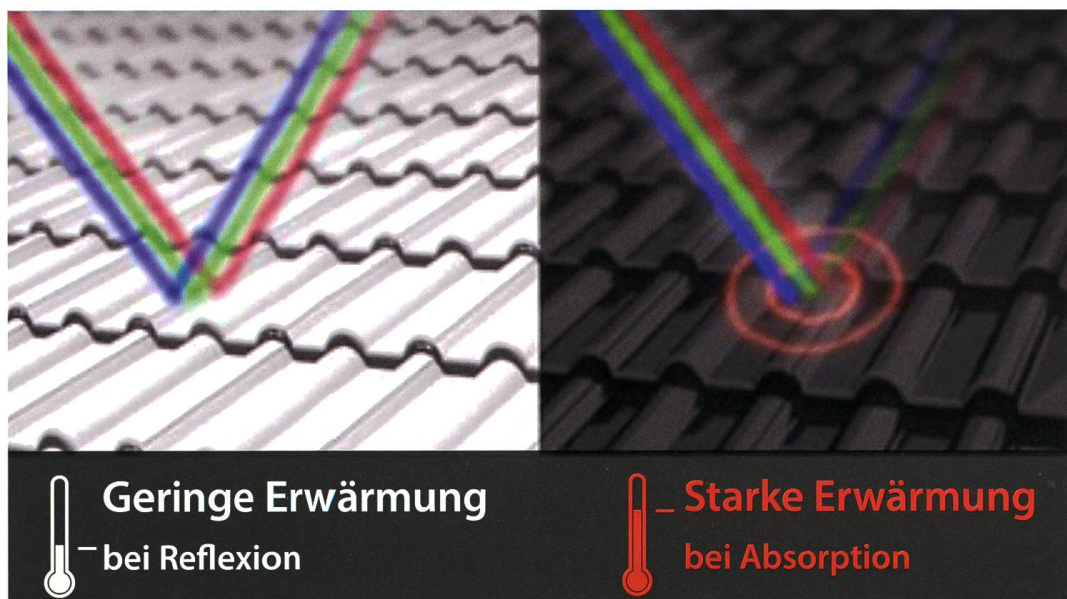


Abb. 20: Die Gebäudeerwärmung ist geringer, wenn die solare Einstrahlung durch helle Farben teilweise reflektiert wird, während dunkle Farben die Strahlung vermehrt absorbieren und dadurch zu einer starken Erwärmung beitragen. Bei zunehmend heisseren Sommern als Folge des Klimawandels muss die Farbgebung zukünftig vermehrt beachtet und optimiert werden. (Quelle: <https://www.baulinks.de/webplugin/2012/1219.php4>)



Als Schutz vor Hitze eignen sich stark reflektierende Farben wie Weiss. Sie sind für die Aussenverwendung gedacht und reflektieren idealerweise einen grossen Teil des sichtbaren wie auch des unsichtbaren Sonnenlichts. Sie verringern die Erwärmung der sonnenexponierten Gegenstände und Gebäudeelemente: Dächer, Tanks für Wasser- oder Treibstoffreserven, Garten- und Terrassenmöbel, Autokarosserien, Schienenstränge etc. Im besten Fall kann die Temperatur eines hell gestrichenen Gegenstands oder Gebäudeelements in der Grössenordnung von 15–20% verringert werden. Was im Sommer von Vorteil ist, verkehrt sich im Winter aber zum Nachteil, weil dann eine gewisse Wärmeabsorption erwünscht wäre. Deshalb ist Weiss eher für nicht isolierte Gebäude in warmen Klimazonen gedacht, wo die eingesparte Energie für Klimaanlagen grösser ist als die Kosten für die zusätzliche Heizenergie, die durch diese Anstriche entstehen.

Ein nachhaltiger, qualitativ hochstehender Anstrich sollte verschiedene Anforderungen erfüllen: Die Farben sollten möglichst hell, effizient, strapazierfähig, dauerhaft und ästhetisch sein und gleichzeitig wenig schädliche Auswirkungen auf die Gesundheit und die Umwelt haben (ohne flüchtige organische Verbindungen (VOC), ohne gefährliche Schwermetalle als Farbpigmente).

## **5. Anpassungen der Vegetation an die städtische Umwelt**

Die Stadt bietet für Pflanzen ein enges Mosaik verschiedener Lebensräume, die durch Wasserangebot, Temperatur, unterschiedliche Bodengüte, Verkehrsdichte und Immissionen charakterisiert sind. Dabei ist zwischen spontan ansiedelnden und angepflanzten Gewächsen zu unterscheiden. Wildwachsende Pflanzen können sich in der Stadt nur dort behaupten, wo sie nicht bewusst zurückgedrängt werden (Abbrennen, Herbizide, Jäten, Wintersalzung). Die angepflanzten Gewächse stellen die Hauptbiomasse von Pflanzen in Städten dar. Sie werden primär als Zier- und Nutzpflanzen angebaut. Ökologische Anliegen wie die Förderung der Artenvielfalt sind meistens eine untergeordnete Zielsetzung; im Vordergrund stehen Anliegen wie attraktive Blüte, Abstandsgrün, Sichtschutz (Abbildung 21).



Abb. 21: Forsythie (Schmuck) und Mahonie (Sichtschutz) im Bild links, Abstandsrün im mittleren Bild, Pflanztröge (Schmuck) im Bild rechts. Solche Bepflanzungen sind typisch für Städte; sie bringen aus Sicht Klimaverbesserung oder Artenförderung wenig. Der Blühzeitpunkt der Forsythie hat sich seit den 50er Jahren mit einer Blüte im April bis heute als Folge des Klimawandels auf Mitte März verlagert. (Quelle: eigene Bilder).

Pflanzen haben es in der Stadt nicht leicht. Nicht alle einheimischen Pflanzen überleben – und Neophyten nehmen ihren Platz ein. Lebensmindernde Faktoren sind:

- Abgase, Feinstaub, Salz und Schwermetalle;
- Versiegelung und Oberflächenabfluss des Niederschlags;
- Trockene, nährstoffarme, oft verdichtete Böden mit einem pH-Wert im basischen Bereich;
- Trittbelastung und Verletzungen durch Fahrzeuge.

Auf diese widrigen Verhältnisse reagieren die Stadtpflanzen durch verschiedene Anpassungen: sie sind tendenziell kurzlebiger, wachsen schneller und sind an hohe Temperaturen in der Stadt besser angepasst. Zudem produzieren sie kleinere Samen, und sie vermehren sich schneller.



## 5.1 Pflanzen spezieller Lebensräume

Die spontan entstehende Flora in Städten setzt sich aus Arten zusammen, die im Stadtumland beheimatet sind, aus Arten, die aus Gärten und Parkanlagen verwildern und aus Arten, die ungewollt als Samen eingeschleppt werden oder einfliegen. Daher kann die Artenzahl in urbanen Gebieten sogar grösser sein als im Umland; darunter sind aber etliche Pflanzen, die unserer heimischen Tierwelt als Nahrung wenig bringen. Wie bei wild lebenden Tieren nimmt die Artenzahl vom Stadtrand zum Zentrum ab. Das gilt nicht nur für Blütenpflanzen, sondern auch für Algen, Flechten und Moose (Günter Fellenberg, 1991 S. 149 ff.). Im urbanen Bereich entstehen spezielle Pflanzengesellschaften, die durch Menschen aktiv gefördert (z. B. Dachbegrünungen, Repräsentationsrasenflächen) oder beeinflusst (z. B. Trittgesellschaften) werden.

### 5.1.1 Trittgesellschaften

Innenstadtbereiche gehören zu den pflanzenärmsten Stadtteilen. Die extreme Versiegelung des Bodens, der schnelle oberflächliche Wasserabfluss, verbunden mit einem hohen Verdichtungsgrad des Untergrunds lassen nur einen minimalen Pflanzenwuchs zu. Pflanzen kommen in Pflasterritzen vor und müssen sich einer starken Strapazierung (Tritt, Befahren) der oberirdischen



Abb. 22: In Pflasterritzen kommen trittfeste Kräuter und Moose auf. Sie ziehen sich so weit möglich in die Ritzen zurück oder legen die Blattorgane wie beim abgebildeten Löwenzahn (rechts) eng an den Boden an. Der Spross bleibt kurz, die Blüte liegt eng am Boden an. Regelmässig begangene Flächen benötigen keinerlei Pflegeeingriffe wie Abbrennen oder Auskratzen. (Quelle: eigene Bilder)

Teile durch verschiedene Strategien anpassen. Anpassungen sind Kleinwüchsigkeit, Rosettenbildung, gute Regenerationsfähigkeit sowie vegetative Vermehrung, Bildung zahlreicher und harter Samen sowie eine kurze Entwicklungszeit. Typische Pflanzen in Pflastersteinritzen sind beispielsweise das Einjährige Rispengras, der Breitwegerich, der Vogel-Knöterich, der Löwenzahn oder Silbermoose.

### **5.1.2 Pioniergesellschaften / Ruderalvegetation**

Auf urbanen Brachflächen, Abraumhalden, entlang von unbefestigten Wegen oder Wegrändern, entlang der Geleisekörper, bei Anschüttungen nach Bau-massnahmen oder auf unbewirtschafteten Restflächen siedeln sich neben Pioniergewächsen (Erstbesiedler) auch invasive Neophyten an. Bei den Pionierarten handelt es sich um Pflanzenarten, die den Anfang einer Sukzession bilden und eine Initialgemeinschaft darstellen. Sie wird auch als Ruderalvegetation (von lateinisch rudus = Schutt) bezeichnet. Bei den Ruderalstandorten handelt es sich um anthropogen veränderte Böden. Die Vegetationsentwicklung und die Artenzusammensetzung sind abhängig von der Bodenqualität, dem Wasserhaushalt, den Temperaturverhältnissen und der Nährstoffverfügbarkeit. Die Vegetationsentwicklung z. B. auf feinerde- und nährstoffarmem Bahnschotter verläuft vollkommen anders als diejenige neben völlig überdüngten, staunassen Mistplätzen, obwohl beide als Ruderalstandorte klassifiziert werden.

Viele Arten der Ruderal-Planzengesellschaften wurden früher in der Volksheilkunde verwendet und verdanken ihre Einbringung in die mitteleuropäische Flora ihrer medizinischen Wirkung. Beispiele sind: Echtes Herzgespann oder Löwenschwanz, Zaunrübe, Meerrettich, Mutterkraut oder Falsche Kamille, Echte Katzenminze, Schwarzes Bilsenkraut, Wermut, Eselsdistel. Das Wissen um die Heilwirkung vieler Ruderalpflanzen ist in der Bevölkerung heute weitgehend verloren gegangen.

### **5.1.3 Dachbegrünungen**

Kiesdächer begrünen sich spontan, es siedeln sich Moose, Algen und Flechten an. Diese fügen der Dachhaut bei einem dichten Dach keinen Schaden zu. Die in Moosen gespeicherte Feuchtigkeit reduziert den Regenwasserabfluss (Retentionswirkung), obwohl diese Rückhaltewirkung im Vergleich zu extensiven oder intensiven Dachbegrünungen klein ist. Dennoch wird Moos oft nicht geschätzt, da es sich von selbst lösen, in die Dachrinne gelangen und sie verstopfen kann. Fachleute (zum Beispiel der Dachverband des Deutschen



Dachdeckerhandwerks) sehen in der Entfernung von Dachmoos jedoch lediglich eine optische Veränderung; sie vertreten den Standpunkt, dass eine Entmoosung die Lebensdauer des Daches nicht erhöht.

Eine deutlich bessere Retentionswirkung weisen extensiv und insbesondere intensiv begrünte Dächer auf (vgl. Tabelle 5). Bei solchen Dächern werden je nach Schichtmächtigkeit und Vegetation 60–90% des Niederschlags auf dem Dach zurückgehalten, gespeichert und nur die Überschussmengen zeitlich verzögert abgegeben. Dies bewirkt eine bedeutende Entlastung unseres Kanalisationssystems sowie der Bäche und Flüsse (weniger Hochwasser). Dank der Vegetation sind zudem die Temperaturextreme gegenüber einem unbegrüntem Dach reduziert (Abbildung 23), was das Leben der Dachhaut verlängert.

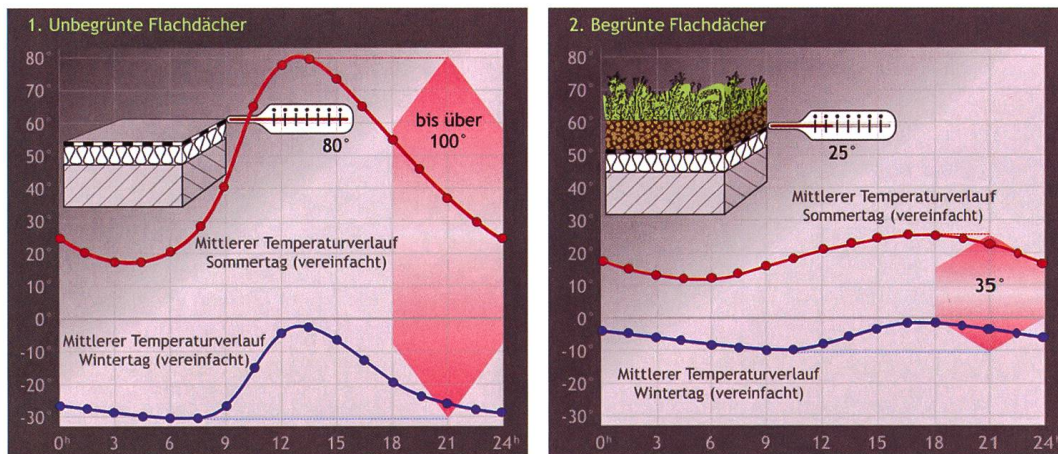


Abb. 23: Vergleich der mittleren Tagestemperaturen im Sommer und Winter bei einem unbegrüntem (links) und einem begrünten Dach (rechts). Je nach Standort des Gebäudes und Qualität der Dachbegrünung können beim unbegrüntem Dach jährliche Temperaturunterschiede von 100 °C auftreten, während diese beim begrünten Dach um 35 °C betragen. Durch die Dachbegrünung wird der städtische Wärmeinseleffekt reduziert. (Quelle: <https://www.schwarz-landschaftsbau.de/dachbegruenung/vorteile.htm>)

Kriterium	Extensive Dachbegrünung	Intensive Dachbegrünung
Substratmächtigkeit	Höhe ca. 10–12 cm	> 25 cm
Gewicht	ca. 75–100 kg/m <sup>2</sup>	> 300 kg/m <sup>2</sup>
Bewuchs	flachwüchsige und trocken-tolerante Pflanzen wie Sedum- und Nelken-Arten	alles möglich (auch Bäume), abhängig von der Bodenmächtigkeit (bzw. der Tragfähigkeit der Dachkonstruktion und der Gebäudestatik)
Pflegeaufwand	1 bis 2 Kontrollgänge pro Jahr	pflegeintensiv, analog einer normalen Gartenanlage
Anwendungsbereich	überall, auch bei Schrägdächern	für Dachgärten und Dachlandschaften
Retentionswirkung	mittel	hoch
Kosten	eher kostengünstig	teuer
Wärmedämmende Wirkung	kleiner	grösser



Sedum-Dach



Dachlandschaft mit Bäumen und Blumen

Tabelle 5: Vergleich zwischen extensiven und intensiven Dachbegrünungen.



Zu Recht weisen Ökologen auf verschiedene Vorteile der begrünten Dächer hin:

- Begrünte Dächer wirken sich positiv aufs Lokalklima aus: Vorteile sind Luftbefeuchtung durch langsam verdunstendes Wasser, Staubfilterung, Lufterneuerung und Strahlungsschutz durch Pflanzen.
- Neue Lebensräume für Tiere und Pflanzen entstehen.
- Die Wärmedämmung des Gebäudes ist besser, und dadurch kann Energie eingespart werden.
- Begrünungen tragen durch die Wasseraufnahme auch zum Hochwasserschutz bei. Dies führt zu einer deutlichen Entlastung der Kanalisation. Ausserdem lassen sich dadurch Kosten für Entwässerungseinrichtungen und die Abwasserbeseitigung reduzieren.
- Die Lebensdauer des Daches wird verlängert, weil die Pflanzen und das Substrat die Temperaturunterschiede an der Dachoberfläche verringern. Dächer werden so weniger strapaziert.
- Begehbare Dächer sind Grünflächen mit hohem Erholungs- und Erlebniswert.

#### **5.1.4 Flechten**

Was uns wie ein einziger Organismus erscheint, besteht in Wirklichkeit aus zwei Lebewesen, welche eine Symbiose eingegangen sind: Pilz und Alge. Sie haben sich zu einer Lebensgemeinschaft zusammengeschlossen, welche zu beider Nutzen und Stärkung führt. Als Flechte erbringen Pilz und Alge gemeinsam Leistungen, welche sie alleine nicht erbringen könnten. Der Pilz bildet fast immer den eigentlichen Vegetationskörper der Flechte, das Lager. Die Pilzfäden bilden ein Geflecht, das Stabilität bringt. Darin eingeschlossen sind die Algen, welche für den Energiehaushalt zuständig sind. Die Algen bauen mit Hilfe von Sonnenlicht die notwendigen Zuckerarten auf, die der Pilz verbraucht. Der Pilz liefert im Gegenzug der Alge Mineralstoffe. Auf diese Weise erreicht die Flechte eine hohe Lebenstauglichkeit in nährstoffarmen und kargen Lebensräumen wie auf Gesteinsblöcken, Mauern oder Dächern.

Während Algen fast ausschliesslich an nasse und Pilze vorwiegend an feuchte Standorte gebunden sind, können Algen und Pilze als Flechten in heisse und trockene Gegenden vordringen. Weltweit treten Flechten umso mehr in Erscheinung, je unwirtlicher das Klima ist und je extremer die Temperaturen sind. In der Schweiz sind rund 2000 Flechtenarten bekannt. Die bevorzugte Temperatur liegt bei einheimischen Flechten bedeutend tiefer als

bei Wiesenpflanzen, nämlich bei etwa 10 °C. Auch bei Temperaturen unter 0 °C können Flechten noch Photosynthese betreiben; spezielle Flechtensäuren wirken wie Frostschutzmittel.

Flechten reagieren extrem empfindlich auf Umweltveränderungen. Sie zeigen als Bioindikatoren Luftbelastungen an. Diese Empfindlichkeit wurde bereits Mitte des 19. Jahrhunderts in Helsinki erkannt. Flechten besitzen keine Wurzeln, sondern nehmen die Nährstoffe direkt aus der Luft auf, gelöst im Regen und in der Feuchtigkeit. Mit den Nährstoffen werden auch Schadstoffe aus der Luft aufgenommen. Derartige Veränderungen bewirken einen Zusammenbruch des fein eingestellten und störungsanfälligen Gleichgewichtszustandes zwischen Alge und Pilz. Folgende Eigenschaften zeichnen Flechten aus (Julia Maruszyk & Sonja Singer-Posern, 2014):

- Sie nehmen über ihre Oberfläche Wasser und darin gelöste Stoffe auf und verfügen über ein gutes Akkumulationsvermögen.
- Durch ihre ganzjährige Stoffwechselaktivität sind sie auch während des Winters durch Luftverunreinigungen gefährdet.
- Sie sind langlebig und wachsen langsam, und daher eignen sie sich gut für langfristige Beobachtungen. Das heisst, sie vermitteln einen Überblick über die durchschnittliche, langfristige Gesamtbelastung durch Schadstoffe. Eine Veränderung der Umweltsituation wird erst mit einer Verzögerung von einigen Jahren angezeigt. Mit wiederholten Flechtenaufnahmen können daher Entwicklungen der Luftqualität verfolgt werden.
- Sie haben je nach Art sehr unterschiedliche Ansprüche an ihre Lebensbedingungen, z. B. bezüglich Luftqualität, Temperatur, Feuchtigkeit sowie Nährstoffeinträge. Daher eignen sie sich auch als Indikatoren für den Klimawandel.

Bei der Messung der Luftbelastung mit der Flechtenmethode werden die Flechten am Stamm von freistehenden Laubbäumen gezählt. Dazu wird ein Frequenzgitter eingesetzt (Abbildung 24). Die Bäume sollen senkrecht gewachsen sein, eine ungestörte Rinde aufweisen und einen Stammumfang zwischen 100 und 280 cm haben. Einheimische Laubbäume wie Linden, Ahorn, Walnuss und Eschen werden bevorzugt ausgewählt. Bäume in bewaldeten Gebieten und den Bergen werden nicht untersucht. Die Bäume, an welchen Flechten gezählt werden, heissen Trägerbäume.

Die Flechtenfachleute zählen Anzahl Flechtenarten und Häufigkeit ihres Auftretens. Die Summe aller Flechtenarten und ihre Auftretenshäufigkeiten ergeben für jeden Trägerbaum den Luftgütwert. Hohe Luftgütwerte bedeu-



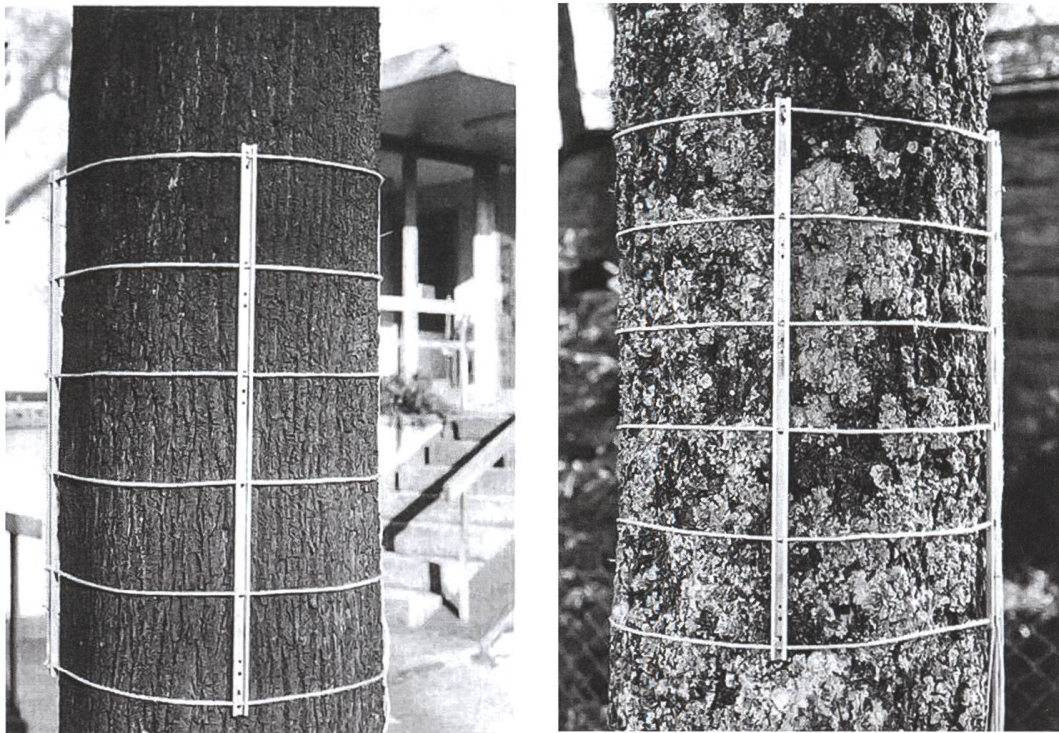


Abb. 24: Trägerbäume mit Frequenzgitter. Links: Baum im Stadtgebiet ohne Flechten. Rechts: Baum im ländlichen Gebiet mit starkem Flechtenbewuchs.  
(Quelle: Martin Urech, Christiane Guyer, Luzius Liebendörfer, 1991)

ten, dass viele Flechten vorhanden sind und die Luft sauber ist. Niedrige Luftgütwerte ergeben sich da, wo nur noch wenige Flechten zu zählen sind. Dies bedeutet schlechte Luftqualität. Für die Erstellung der Luftgütekarte werden die Trägerbäume zu Gruppen zusammengefasst. Die Gruppen setzen sich in der Regel aus fünf, stets benachbarten Trägerbäumen zusammen und werden Georäume genannt.

Der Vergleich von Luftgütekarten aus verschiedenen Zeiträumen erlaubt Aussagen zur Entwicklung der Luftqualität. Diese Methode zur Bestimmung der Luftqualität wird in vielen deutschen Bundesländern, von schweizerischen Kantonen, von Liechtenstein und international von zahlreichen Städten eingesetzt. Wiederholte Erhebungen in Bern, im Raum Baden, Biel und andern Regionen über einen Zeitraum von 25 Jahren belegen die Fortschritte in der schweizerischen Luftreinhaltepolitik: die Flechten siedeln sich in städtischen Räumen wieder vermehrt an. Dennoch nimmt der Flechtenbesatz in Richtung Stadtzentrum nach wie vor ab. Interessant sind folgende Entwicklungen:

- Entlang von Autobahnen und stark befahrenen Strassen breiten sich intensiv gelb oder orange gefärbte Blattflechten aus. Sie profitieren von Substanzen, die vielen anderen Flechtenarten und auch der menschlichen Gesundheit schaden: Stickstoffverbindungen wie Stickoxide und Ammoniak.
- Säuretolerante Flechtenarten nehmen ab und basenfordernde Arten nehmen zu. Die Verbesserung der Lufthygiene reduziert den Säureeintrag.
- Von Mitte der 1980er-Jahre bis heute hat die durchschnittlich erfasste Anzahl wärmeliebender Flechtenarten zugenommen. Seit 2002 verläuft diese Entwicklung beschleunigt. Auch Flechten reagieren auf die Klimaerwärmung.

### **5.1.5 Bäume in der Stadt**

Gehölze in der Stadt erfüllen zahlreiche Funktionen: Sie reinigen die Stadtluft, reduzieren den städtischen Wärmeinseleffekt und verstecken Bausünden. Die einzelnen Baumarten unterscheiden sich stark in Silhouette, Farbe, Laub, Blüte und Rindenbeschaffenheit und sind deshalb ein beliebtes Gestaltungselement. Bäume haben neben Fassaden und Oberflächen die stärkste raumbildende Wirkung. Der Einfluss der Baumarten auf die urbane Tier- und Pflanzenwelt spielt bei der Baumartenwahl hingegen eine untergeordnete Rolle. Dies trägt der immensen Bedeutung, welche Bäume für die Biodiversität im Siedlungsraum haben, zu wenig Rechnung (siehe Erläuterungen zum Titelbild).

Die Summe spezifisch städtischer Umweltfaktoren erschwert das Pflanzenwachstum. Das erhöhte Temperaturniveau, der trockene und verdichtete Stadtboden, eine unausgewogene Nährstoffversorgung, winterliche Salzbelastungen, die Schadgase in der Luft, Verletzungen durch Fahrzeuge, allenfalls eine starke Beschattung durch Gebäude und der oberflächliche rasche Wasserabfluss stellen einen Fächer von Stressfaktoren dar, welche in der Natur in dieser Kombination nicht vorkommen. Daher konnten sich im Laufe der Evolution keine Baumarten entwickeln, die der urbanen Umwelt auch nur annähernd angepasst wären. So werden vor allem Bäume gepflanzt, welche gegen möglichst viele der städtischen Umweltfaktoren eine gewisse Toleranz aufweisen. Aufgrund des mangelnden Einbezugs der Funktion Lebensraum wurden in Städten und Parkanlagen oft Bäume gepflanzt, welche ihren Ursprung in Asien (z. B. Götterbaum, Schnurbaum, Blauglockenbaum), Südosteuropa (Baumhasel, Rosskastanie) oder Nordamerika (z. B. Robinie, Essigbaum, Schwarznuss, Tulpenbaum, Mammutbaum) haben und somit das für unsere heimischen Tierarten entscheidende Kriterium «standortgemäss» nicht





Abb. 25: Lindli-Promenade mit Platanenallee. Sie ist Schaffhausens beliebteste Promenade und wird an lauen Sommerabenden von Völkerscharen aufgesucht. Mit dem Aufkommen des Fremdenverkehrs in der Schweiz im 19. Jahrhundert wurden auf Anregung von Kurvereinen entlang von See- und Flussufern Spaziermöglichkeiten für Touristen angelegt. Treibende Kräfte in Schaffhausen waren die Schifffahrtsgesellschaft und die Gastwirte am Rhein. Eine erste Etappe wurde 1871 vom Freien Platz bis zur Fischerzunft erstellt. Die zweite Etappe folgte 15 Jahre später bis zur Schwedenburg. 1897 erwarb die Stadt das Gaswerk mit Kesseln und Kohlelagern und versuchte sogleich, den «Schandfleck» hinter einer Baumkulisse zu verstecken. Oberhalb des äusseren Salzstadels, der Ross-Schwemme und des Steckenplatzes wurde die eigentliche Lindli-Promenade angelegt. Im Spätherbst 1897 erfolgte die Baumpflanzung. (Quelle: eigenes Bild)

erfüllen. Ein in Mitteleuropa häufiger Park- und Alleebaum ist die Ahornblättrige Platane (Abbildung 25). Sie entstand um 1650 aus Kreuzung der Amerikanischen Platane (Osten Nordamerikas) und der Morgenländischen Platane (Südeuropa bis Himalaja).

Koniferen eignen sich für die innerstädtischen Strassen- und Platzbepflanzungen kaum. Sie sind selber empfindlich auf Immissionen und ausserdem auf Wurzelpilze (Ektomycorrhiza) angewiesen, die in Innenstädten kaum gedeihen. Einzig Lebensbäume (Thuja) und Eiben können auf nicht zu trockenem Untergrund und bei ausreichendem Schutz des Wurzelraums vor Bodenverdichtung (Tritt, Befahren) in den innerstädtischen Bereich vordringen. Bei Strassenrandbepflanzungen ist ausserdem zu beachten, dass Bäume genü-



Abb. 26: Rotblühende Rosskastanien entlang der östlichen Grenze des Herrenackers. Als kleinwüchsiger (bis 15 Meter), licht- und wärmetoleranter Baum mit attraktiver Blüte und Herbstfärbung des Blattwerkes ist sie ein beliebter urbaner Baum. Mit einem Biodiversitätsindex (BDI) von 2,6 liegt ihre Bedeutung für die Artenvielfalt deutlich unter jenem von Stieleichen (BDI 5,0), Winterlinden (BDI 4,6) oder Salweiden (BDI 4,2). (Quelle: eigenes Bild).



gend hohe Stämme entwickeln, ehe sich die Krone entfaltet, um nicht den Strassenverkehr zu beeinträchtigen; das Lichtraumprofil sollte mindestens 4,5 Meter betragen. Vor Gebäuden werden vor allem kleinkronige Bäume gepflanzt, um die Wohnungen oder Büros nicht übermässig zu beschatten (z. B. Baumhasel, Robinie, Schwedische Elsbeere, Rotblühende Rosskastanie).

Auch aus Sicht der Artenvielfalt spielen Bäume für die urbane Biodiversität eine zentrale Rolle. Sie bieten Lebensraum und Nahrungsgrundlage und erschliessen die dritte Dimension auch dort, wo der Boden durch andere Nutzungen besetzt ist. Der Wert eines Baums für die Biodiversität wird massgeblich von den Faktoren Baumart, Alter und Standort beeinflusst. Eine Studie zum ökologischen Wert von Stadtbäumen für die Biodiversität (Sandra



Gloor und Margrith Göldi Hofbauer, 2018) bewertete die ökologische Qualität der Bäume anhand ihrer Bedeutung für fünf Wildtiergruppen: Wildbienen, Käfer, Schmetterlinge, Vögel, Säugetiere. Die Ergebnisse wurden für 70 Baumarten, die in Städten gepflanzt werden, in einem Biodiversitätsindex (BDI) zusammengefasst. Eine Auswahl der Baumarten ist in Abbildung 27 aufgeführt. Die Studie gibt sechs Empfehlungen für zukünftige Baumpflanzungen:

1. Einheimische Baumarten oder nicht-einheimische Arten mit hohem ökologischem Wert pflanzen.
2. Keine invasiven Neophyten pflanzen, da sie die einheimische Flora verdrängen können.
3. Für die gezielte Förderung der Biodiversität sollten bevorzugt die Wildformen der einheimischen Baumarten gepflanzt werden, insbesondere sollten keine Sorten mit gefüllten Blüten gepflanzt werden.
4. Aus Sicht der Biodiversität und der Pflanzengesundheit ist zu empfehlen, an einem Standort verschiedene Laub- und Nadelholzbäume gemischt zu pflanzen und damit einen vielfältigen Baumbestand auf einem Areal anzustreben. Dies entspricht einer gewissen Abkehr von Alleepflanzungen mit nur einer einzigen Baumart.
5. Pflege und Unterhalt sind so auszurichten, dass die alten Bäume möglichst lange erhalten bleiben. Mit rechtzeitigen Baumpflanzungen und standortnahe Bausersatz sowie umsichtiger Baumpflege ist für den Erhalt und Ersatz alter Bäume zu sorgen.
6. Eine naturnahe Planung und Pflege sowohl der unmittelbaren Baumumgebung als auch des weiteren Umfelds eines Baumes steigern die Biodiversität eines Standorts und wirken sich gleichzeitig positiv auf die Baumgesundheit aus.

Auch den Unterpflanzungen und den Begleitpflanzungen soll vermehrt Beachtung geschenkt werden, da diese Flächen verschiedene Funktionen übernehmen, welche für den Baum sehr nützlich sind. Etwa der Schutz vor mechanischen Schäden, Reduktion der Bodenverdichtung, eine Kühlung des Wurzel- und Stammfussbereichs, Rückhalt der Feuchte im Boden, Schutz vor Salzeintrag. Wo immer möglich sollen deshalb grosszügig bepflanzte und geschützte Baumscheiben ausgeschieden werden. Vermehrt sollen Baumgruppen und Kombinationen mit Sträuchern gepflanzt werden.



Abb. 27: Biodiversitätsindex für eine Auswahl von Stadtbäumen. Je höher der Indexwert, desto wertvoller die Baumart für die Artenvielfalt. Blau dargestellt sind einheimische Arten, gelb exotische Arten. Insbesondere exotische Baumarten tragen wenig zur Biodiversität bei. Es sind aber oft genau diese Pflanzen, welche in Innenstädten gepflanzt wurden. Das Kriterium Biodiversität spielte offensichtlich kaum eine Rolle. (Quelle: Sandra Gloor und Margrith Göldi Hofbauer, 2018)



**Einschub:** Sandra Burkhalter untersuchte 2017 in ihrer Masterarbeit, ob analog zum Biodiversitätsindex von Bäumen auch Aussagen zu Sträuchern möglich sind. Sie untersuchte und bewertete 87 Strauch- und kleine Baumarten anhand der Bedeutung für Wildbienen, Schmetterlinge und Vögel. Die Resultate lassen somit Aussagen zu diesen drei Tiergruppen zu und könnten sich möglicherweise ändern, wenn weitere Tiergruppen berücksichtigt würden. Die Autorin klärte auch ab, welche Straucharten heute besonders häufig gepflanzt werden; massgebend ist offensichtlich, was in Baumschulen gerade erhältlich ist und weniger ökologische Kriterien. Dennoch lässt die Studie folgende allgemeine Aussagen zu:

1. Als für die 3 Tiergruppen sehr wertvoll erweisen sich folgende Straucharten: Gewöhnliche Brombeere, Wald-Himbeere, Vogelbeere, Schwarzdorn, Traubenkirsche, Echter Faulbaum, Hundsrose, Korbweide, Purpurweide, Salweide, Voggelkirsche, Gemeiner Efeu, Gewöhnlicher Liguster, Schwarzer Holunder, Gewöhnliche Felsenbirne, Purgier-Kreuzdorn, Roter Holunder, Wilder Birnbaum, Eingrifflicher Weissdorn. Es handelt sich um einheimische Arten.
2. Die Straucharten mit dem geringsten Nutzen sind: Gewöhnlicher Buchsbaum, Fingerstrauch (v. a. Kaukasus), Strauchkronwicke, Gewöhnliche Pimpernuss (v. a. Südosteuropa und Kleinasien), Gamander-Spierstrauch (v. a. Balkan, Südwesten Ukraine, Kasachstan, asiatischer Teil Russland, Mongolei), Weidenblättrige Spiere (v. a. Südosteuropa bis Ostasien), Sommerflieder (v. a. Asien), Runzelblättriger Schneeball (China), Seidiger Hornstrauch (Nordamerika), Perückenstrauch (südliches Europa, Pakistan, Indien, Nepal bis China), Kirschlorbeer (Südwesteuropa bis Südwestasien).
3. Die einheimischen Sträucher sind aus Sicht der Biodiversität wesentlich wertvoller als nicht einheimische Sträucher (Exoten).
4. Damit wird das Ergebnis des Biodiversitätsindex für Bäume auch für die Sträucher bestätigt.

Da im Siedlungsraum meist nicht die besonders wertvollen Bäume, Sträucher und Stauden gepflanzt werden und die Agrarlandschaft weitgehend ausgeräumt ist, kann es nicht erstaunen, dass die Insektenmasse innerhalb von 30 Jahren um rund 70% abgenommen hat. Die Anzahl Pflanzenarten kann für die Biodiversität nicht als wichtigstes Merkmal gelten. Viel bedeutender ist die Qualität der Begrünung und folglich die Verwendung von einheimischen Arten. Dies erstaunt nicht, sind doch viele Nahrungsgewohnheiten im Tierreich genetisch festgelegt; insbesondere bei Faltern und Wildbienen gibt es zahlreiche Nahrungsspezialisten. Erstaunlich ist hingegen, dass die Bepflanzung der Gärten und öffentlichen Anlagen diese Tatsache kaum berücksichtigt.



## 5.2 Invasive Neophyten

Neophyten ist die Bezeichnung für Pflanzen, die erst seit der Entdeckung Amerikas (1492) bei uns absichtlich eingeführt oder versehentlich eingeschleppt wurden oder aus den umliegenden Ländern eingewandert sind. Einige wenige der neuen Pflanzen können sich stark vermehren. Diese Problempflanzen bezeichnet man als invasive Neophyten. Durch ihre Verbreitung verdrängen sie die einheimische Flora. Bestimmte Pflanzen sind gefährlich für unsere Gesundheit, andere können Bachufer destabilisieren oder Bauten schädigen. Zurzeit gelten in der Schweiz 40 Arten als nachweislich schädliche invasive Neophyten (aufgelistet in einer Schwarzen Liste) und 16 Arten als potenziell schädliche invasive Neophyten (aufgelistet in einer «Watch List»).

Die Einführung, Ausbreitung und letztendliche Etablierung einer fremden Art in ihrer neuen Umgebung stellt ein Zusammenspiel von biologischen Mechanismen und vorherrschenden Umweltbedingungen und -veränderungen dar. Die Gründe für eine invasive Ausbreitung einer neuen Pflanzenart



Abb. 28: Der Kirschlorbeer (links) und der Götterbaum (rechts) sind Beispiele von invasiven Arten, die in einer Stadt relativ häufig anzutreffen sind. Der Kirschlorbeer wird oft als immergrüner Sichtschutz gepflanzt. Der Götterbaum gilt als sehr dekorativ, schnell wachsend und anspruchslos – eigentlich ideal für den innenstädtischen Bereich. Dennoch sollte der Götterbaum verbannt werden, denn er breitet sich über seine Samen stark aus und bildet grosse Wurzelgeflechte, so dass einheimische Arten verdrängt werden. Beide Arten sind für die einheimische Tierwelt von geringer Bedeutung. (Quelle: eigene Bilder)



sind noch nicht vollständig geklärt. Zwei Faktoren spielen aber mit Sicherheit eine begünstigende Rolle. Zum einen fehlen im Einführungsgebiet meist artspezifische Schädlinge und Krankheiten, welche die Populationen der Neophyten kontrollieren könnten. Dies zeigt sich unter anderem in den Baum- und Straucharten, die bevorzugt gepflanzt werden, aber unserer einheimischen Tierwelt wenig bringen (keine Nahrung für Raupen usw.). Zum anderen treffen die Neophyten vielfach auf durch den Menschen gestörte Habitate, was ihre Ausbreitung und Etablierung erleichtert oder erst ermöglicht. Dies betrifft Ruderalstandorte oder spezielle Standorte wie Waldränder, Strassen- oder Bahnböschungen, Kiesgruben oder Bachufer. Hat sich ein invasiver Neophyt einmal etabliert, so vermehrt er sich vegetativ oder über die zahlreichen Samen und verdrängt zunehmend die einheimische Flora, bis praktisch reine Monobestände entstehen.

Städte sind besonders reich an invasiven Neophyten. Deren Anteil am Artenbestand steigt dabei mit der Siedlungsgrösse und nimmt von der Peripherie zum Zentrum hin zu. Im Inneren mitteleuropäischer Grossstädte erreichen nichteinheimische Arten normalerweise einen Anteil von 40 bis 60% der Gesamtflora.

Dass fremde Arten das Städtebild in Mitteleuropa schon fast prägen, hat verschiedene ausbreitungsgeschichtliche und standörtliche Gründe (Niels Albrecht, 2005):

- Städte sind traditionelle Einführungs- und Anbauzentren für Nutz- und Zierpflanzen. Durch Import, Umschlag und Weiterverarbeitung von Waren und Gütern sind Städte zugleich Zentren für die Einschleppung neuer Arten.
- Durch die fortgeschrittene Umwandlung der ursprünglichen, natürlichen Vegetation entstehen konkurrenzarme, offene Wuchsorte. Diese Standorte werden von nichteinheimischen Pflanzen leichter wiederbesiedelt als von einheimischen.
- Städte sind «Wärme- und Kalkinseln». Einheimische Arten können dadurch benachteiligt, Neophyten mit einer grösseren Toleranz gegenüber Wärme und Trockenheit bevorzugt sein. Viele der in Städten erfolgreichen, nichteinheimischen Arten stammen aus wärmeren Gebieten.
- Durch den Menschen wurden neuartige, urbanindustrielle Standorte geschaffen, welche in der traditionellen Natur- und Kulturlandschaft keine Entsprechung haben. Folglich sind einheimische Arten diesen Bedingungen auch nicht angepasst, was Neophyten einen Konkurrenzvorsprung bietet.

- Viele urbanindustrielle Standorte weisen eine erhöhte Luft- und Bodenverschmutzung auf. Viele nicht einheimische Arten sind gegenüber diesen speziellen Umweltbedingungen besser angepasst als einheimische Pflanzen.
- Von Menschen ausgebrachtes Vogelfutter enthält eine Vielzahl von Samen fremder Arten. Vogelfutter trägt somit zur Verbreitung von Neophyten bei.

Die Verbreitung folgt einem gewissen Muster: Nach der Einführung der Pflanze verstreicht eine gewisse Zeit, bis sich die Pflanze etabliert hat. Erst danach erfolgt eine verstärkte Verbreitung, gefolgt von der eigentlichen Invasionsphase, bis zum Schluss beinahe reine Monobestände entstehen (Abbildung 29). Anfänglich herrscht die Meinung vor, die fremden Arten würden die Pflanzenvielfalt erhöhen, und die fremden Arten werden begrüßt. Doch während der Invasionsphase wird erkannt, dass sie in Tat und Wahrheit die

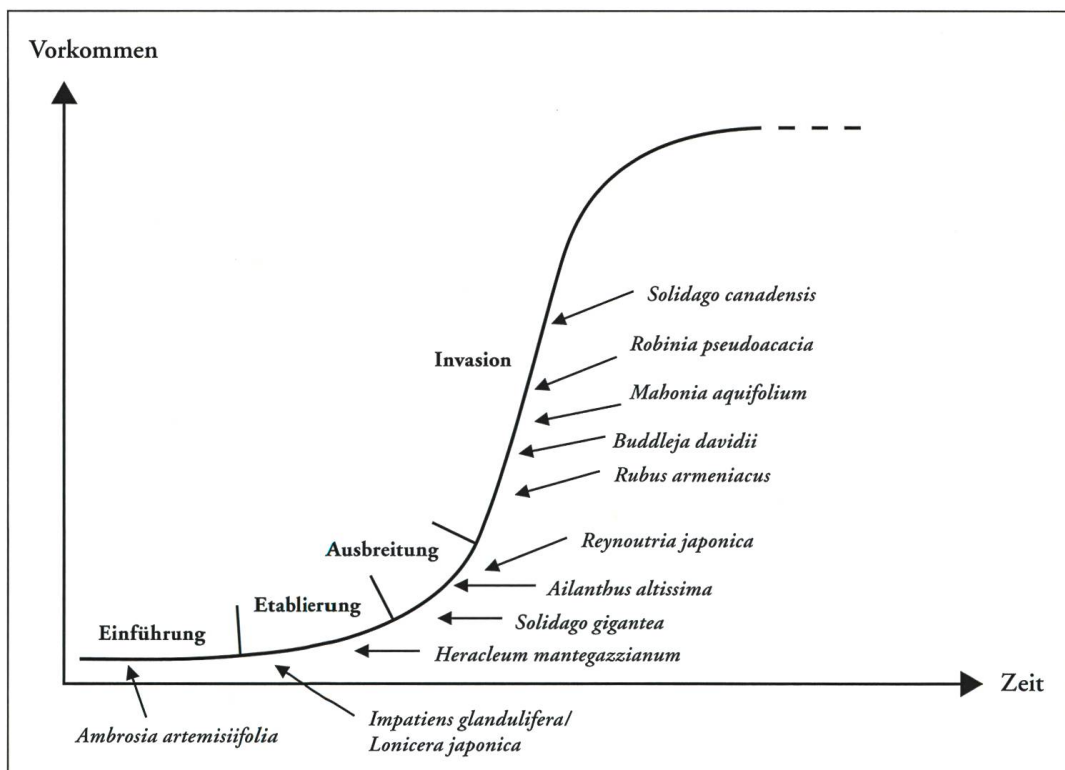


Abb. 29: Zuordnung von 12 untersuchten Arten (Schwarze Liste und Watch-Liste) zu den vier Phasen der Invasionsdynamik gemäss ihrem Vorkommen auf dem Gebiet der Stadt Schaffhausen. Die Mahonie kommt je nach Region in unterschiedlich hohen Beständen vor. Sie ist im Jahr 2014 trotzdem aus der Watch-Liste entfernt worden. (Quelle: Niels Albrecht, 2005)



Biodiversität reduzieren. Bei den fremden Arten kann nicht mit Sicherheit gesagt werden, wie sie sich in Zukunft bei einem veränderten Klima verhalten werden.

Aus Sicht der Biodiversität gilt deshalb:

- Zurückhaltung bei sämtlichen exotischen Pflanzen; nur auspflanzen, falls ein invasives Verhalten ausgeschlossen werden kann und die Pflanze einen hohen Stellenwert für die Tierwelt besitzt.
- Keine Neuauspflanzung von Pflanzen der Schwarzen Liste oder der Watch List. Vorhandene Pflanzen regelmässig entfernen (Achtung: Samen können im Boden Jahre bis Jahrzehnte überdauern).
- Unkontrollierte Ausbreitung verhindern. Blütenstände vor der Samenbildung abschneiden und via Kehrrecht entsorgen.
- Wurzeln, Samen, Früchte und bei den invasiven Knöterich-Arten auch das Blattmaterial mit dem Kehrrecht entsorgen.
- Kein Gartenmaterial in der Natur (inklusive Wald) entsorgen.
- Mit invasiven Arten belasteten Bodenaushub vor Ort einsetzen und mit unverschmutztem Material überdecken. Alternativ kann belastetes Aushubmaterial in einer speziellen Deponie entsorgt werden, wo es ebenfalls mit unbelastetem Material reichlich zu überdecken ist.
- Bei der Bekämpfung von Neophyten ist zu beachten, dass im Gewässerbereich, in Wäldern, Hecken und Naturschutzgebieten Herbizideinsätze verboten sind. Dies betrifft auch gewässernahe Flächen innerhalb des Siedlungsgebietes.

### **5.3 Monokulturen und artenarme Flächen**

Als Monokulturen werden landwirtschaftliche, gartenbauliche oder forstwirtschaftliche Flächen bezeichnet, auf denen eine einzige Nutzpflanzenart angebaut wird. Typische Monokulturen sind reine Fichtenbestände im Wald. Daneben gibt es Kulturen, auf denen nur wenige Arten geduldet sind, also Ackerflächen mit einigen wenigen Begleitkräutern oder Zierrasenflächen. Solche Flächen ergeben zahlreiche ökologische Probleme:

- Einseitige Nutzung der Nährstoffe im Boden. Von einem Stoff gibt es schon bald zu wenig, von anderen noch viel. Fehlende Nährstoffe müssen durch eine Düngung zugeführt werden.

- Falls mineralische Dünger eingesetzt werden (z. B. Ammoniumnitrat), entstehen Klimagase (Lachgas), und sie belasten das Grundwasser (Nitrat).
- Die Anfälligkeit auf Schädlinge ist erhöht. Als Folge werden chemische Mittel zur Schädlingsbekämpfung (z. B. Fungizide, Herbizide, Molluskizide) eingesetzt.
- Kleiner Artenreichtum (Abbildung 30).

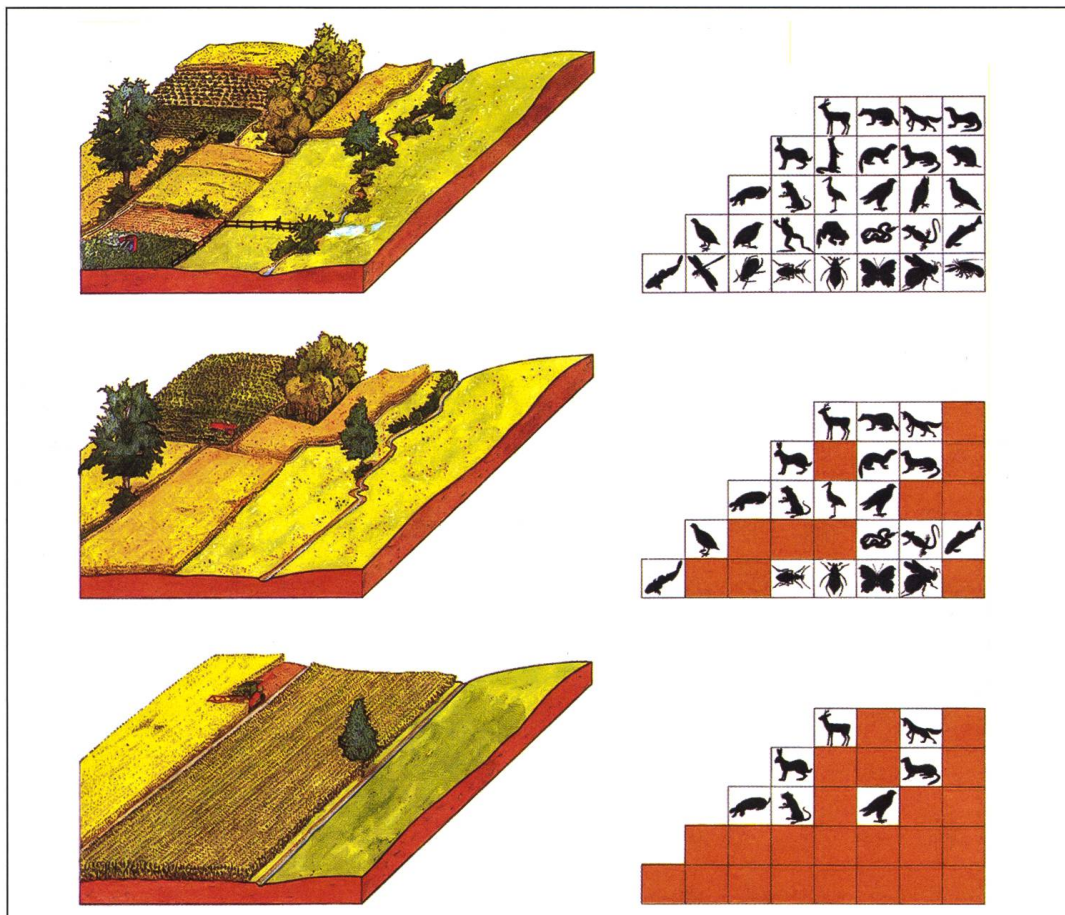


Abb. 30: Verarmung naturnaher Landschaften; durch Flurbereinigung und Entwässerung werden artenarme Bestände geschaffen und dadurch vielen Tierarten der Lebensraum entzogen. Wenn zusätzlich noch Pestizide und Kunstdünger eingesetzt werden, leidet auch die Bodenfauna. Langzeitversuche des Forschungsinstituts für Biologischen Landbau (FiBL) ergaben, dass die Äcker und Wiesen von Biobetrieben das reichste Bodenleben beherbergen. Regenwürmer sind in Bioböden um 50–80% zahlreicher, andere Bodentiere wie Laufkäfer, Spinnen und Kurzflügler tummeln sich in ihnen doppelt so häufig, und die Masse der Bakterien, Pilze, Einzeller und Algen ist um bis zu 85% höher als in konventionell bewirtschafteten Böden. Ohne die Bodenlebewesen kann ein Boden weder entstehen noch bestehen; ohne sie gäbe es kein oberirdisches Pflanzenwachstum und keine Nahrungsmittel für Menschen und Tiere. (Quelle: Stern et al. 1980, zitiert in Forum Biodiversität Schweiz (Hrsg.), sowie Gregor Klaus, BAFU 2011)



Was grossflächig in der Agrarlandschaft stattfindet, gilt auch bei Zierrasenflächen, welche im Siedlungsgebiet besonders häufig sind. Auch dort werden Düngemittel sowie Herbizide gegen Moose und rosettenbildende Pflanzen eingesetzt, und die Flächen werden öfters gemäht und dadurch die schnitttoleranten Gräser bevorzugt und gefördert. Aus Sicht der Biodiversität wäre es begrüßenswert, wenn auch innerstädtische Zierrasenflächen (Abstandsgrün, Saumflächen, Parkanlagen, Friedhöfe), Flächen zwischen den Rebstöcken, Strassenböschungen und -teiler sowie Restflächen (z. B. Baumscheiben) in Blumenwiesen umgewandelt würden.

Die Stadt Dietikon geht nach folgendem Leitprinzip vor: «Einheitsrasen werden nur auf Sportplätzen und ähnlichen Anlagen erstellt. Es sind möglichst extensive Rasen- und Wiesentypen anzulegen.» (Quelle: Präsidialabtei-




	<b>Zierrasen</b>	<b>Blumenrasen</b>	<b>Blumenwiese</b>	<b>Magerwiese</b>
Artenreichtum	-	+	+++	++++
Ökologischer Wert	-	+	+++	++++
Trittempfindlichkeit	nein	nein	+/-	ja
Frühester Schnittzeitpunkt	variabel	1. Mai	15. Juni	15. Juli
Schnitthäufigkeit pro Jahr	oft	4–8	2–3	1
Höhe Pflanzen	niedrig	niedrig	hochwüchsig	hochwüchsig
Düngung	ja	nein	nein	nein
Wahrscheinlicher Pestizideinsatz	ja	nein	nein	nein
Bewässerung	ja	nein	nein	nein
Anforderung Nährstoffgehalt im Boden				
Anforderung an Gründigkeit des Boden				
Anforderung an Besonnung				

Tabelle 6: Vergleich verschiedener Rasen- und Wiesentypen. Typische Blumenwiesen sind etwa die Fromentalgesellschaften, typische Magerwiesen die Trespengesellschaften. (Quelle: Präsidialamt Dietikon, 2013, verändert und ergänzt)

lung Stadt Dietikon, 2013). Ähnliche Empfehlungen sind in zahlreichen schweizerischen Städten (Zürich, St. Gallen, Luzern usw.) erlassen worden.

Beispielhaft ist die Umgebungsbepflanzung beim Schulhaus Gräfler, wo «Grün Schaffhausen» in Zusammenarbeit mit initiativen Lehrern die ursprüngliche Cotoneaster-Bepflanzung entfernte und die Flächen sukzessive naturnah umgestaltete und begrünete. Die Vegetation setzt sich heute aus Magerwiesen, trockenen Saumgesellschaften, Pioniergesellschaften auf Mergel und Kies, Weiher mit Uferpflanzen sowie Hecken und Feldgehölzen zusammen. Zierrasenflächen beschränken sich auf ein Minimum. Die Besonderheit des Grünraumes sind die harmonisch angelegten speziellen Lebensräume, die mit vielen seltenen und gefährdeten standortgemässen Pflanzen angesät bzw. bepflanzt wurden. Insgesamt wurden auf dem 2,2 ha grossen Areal beachtliche 378 Gefässpflanzenarten notiert, dies sind immerhin über 10% aller Wildpflanzen der Schweiz und ca. 25% aller Wildpflanzen im Kanton Schaffhausen. Etliche Arten sind allerdings nur in Kleinstbeständen vorhanden. Der Neophyten-Anteil an der Flora des Gräflers beträgt nur 5%. Im überbauten Gebiet von Städten sind Neophyten-Anteile von 40–60% üblich.



Abb. 31: Auch im innerstädtischen Raum gibt es Flächen, wo anstelle eines Zierrasens eine Blumenwiese angelegt werden könnte (Bild links). Dies bedingt eine andere Gewichtung: statt einer traditionellen Ästhetik, die auf dem Bild des englischen Landschaftsgartens basiert, ist verstärkt die Biodiversität zu berücksichtigen. Selbst zwischen den Rebstöcken kann eine Blumenwiese aufkommen (Bild rechts). (Quelle: eigene Bilder)



## 6. Tiere in den Städten

### 6.1 Populations- und Habitatsgrösse sowie Biotopverbund

Die Populationsgrösse ist ein wichtiges Mass im Naturschutz. Demographische Schwankungen, genetische Veränderungen und zufällige Umweltereignisse beeinflussen die Überlebenschancen von Populationen. Mit zunehmender Grösse der Populationen verlieren diese Einflussfaktoren an Bedeutung. Das heisst, grosse Populationen sind generell stabiler. Je grösser ein Habitat und je besser seine Qualität, desto höher sind die dort vorhandene Artenvielfalt, die Populationsgrössen der einzelnen Arten und die genetische Vielfalt der Populationen. Die Mindestflächengrösse ist die minimale Lebensraumgrösse, die für das langfristige Überleben einer Population nötig ist. Die Mindestflächengrösse für eine Population einer Art dient zur Abschätzung ihrer Überlebenswahrscheinlichkeit. Berechnungen haben ergeben, dass die kleinste überlebensfähige Populationsgrösse für die meisten Arten im Bereich von ca. 5 000–10 000 Individuen liegt. Trotzdem spielen auch kleine Populationen eine wichtige Rolle. Sie können z. B. am Rande des Verbreitungsgebiets die Überlebenschancen einer Art verbessern. Meist sind die Habitate in der Schweiz eher klein und verinselt. Sie können daher wohl kleineren Tieren wie Insekten ausreichend Lebensraum bieten, nicht aber grösseren Tieren.

Die Lebensräume von urbanen Landschaften sind durch Gebäude, Strassen und andere versiegelte Flächen zerstückelt. Die verbleibenden Lebensraumfragmente können, selbst wenn sie geeignete Habitatsqualitäten aufweisen, aufgrund der Trennwirkung oft gar nicht besiedelt werden. Oder sie beherbergen so kleine Populationen, dass diese mit einem hohen Aussterberisiko behaftet sind.

Das Verschwinden von Populationen und das Aussterben von Arten aufgrund von Lebensraumverschlechterung und Biotopverlust können mit einer beträchtlichen Zeitverzögerung erfolgen. Dieses Phänomen nennt man Aussterbeschuld. Selbst ohne weitere qualitative oder quantitative Verluste des Lebensraums ist daher davon auszugehen, dass viele Populationen oder Arten aussterben werden, wenn der Aussterbeschuld nicht mit den notwendigen Massnahmen (z. B. Habitataufwertung, Biotopverbund) entgegengewirkt wird.

Fragmentierung und Zerschneidung mit Verkehrswegen führen zu kleineren Habitatflächen und damit zu einer Reduktion der Populationsgrösse. Biotopvernetzung schafft Zugang zu Teillebensräumen und verbessert dadurch

den Austausch von Individuen und Genen zwischen noch bestehenden Lebensräumen; zudem können unbesetzte Lebensräume neu- oder wiederbesiedelt werden. Sie ist somit für das langfristige Überleben von Arten in einer verinselten Landschaft zwingend notwendig. Vernetzungsmassnahmen sind aber erst dann erfolgreich, wenn Organismen zwischen den Habitatfragmenten tatsächlich wandern können und ein Genaustausch stattfindet. Die Verbindung von isolierten Populationen ist daher ein wichtiges Ziel im Naturschutz. Verbundene Teilpopulationen bezeichnet man als Metapopulation. Aus diesem Grund sind auch kleinere Populationen notwendig, weil sie ebenfalls zur Grösse der Metapopulation beitragen.

Der Aufbau eines Populationsverbundes mit mehreren, relativ grossen Teilpopulationen ist dem Schutz einer einzelnen Population deshalb vorzuziehen. Vor allem aber dann, wenn die Teilpopulationen miteinander nicht nur sicher (d. h. ohne Zerschneidung durch Verkehrswege) verbunden sind, sondern auch wenn neu geschaffene Trittsteinlebensräume die Wanderdistanzen zwischen den Teilhabitaten reduzieren (Abbildung 32). Die Wanderdistanzen sind je nach Art unterschiedlich, hängen ab von der Art der Fortbewegung (Fliegen, Laufen, Schwimmen, Hüpfen usw.) und können wenige Meter bis zu etlichen Kilometern ausmachen.

Die trennende Wirkung von Strassen beruht nicht nur auf der Bedrohung durch Fahrzeuge, sondern vielmehr auf völlig veränderten mikroklimatischen Verhältnissen, dem fehlenden Pflanzenwachstum sowie der nächtlichen Beleuchtung. Die deckungsfreie, trocken-heisse, versiegelte Fahrbahn wird von einer Vielzahl von Tieren kaum überquert, selbst bei einem mässig aufkommenden Fahrzeugverkehr. Laufkäfer und Wolfsspinnen, Rötelmäuse und andere Kleinsäuger meiden Strassen (Eckhard Jedicke, 1994 S. 39 ff.). Bei Am-

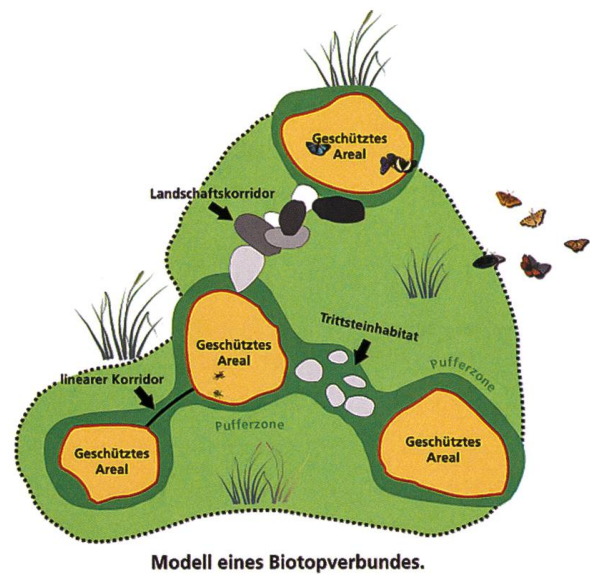


Abb. 32: Populationen in geschützten Arealen werden durch Korridore und durch Trittsteinbiotope miteinander verbunden. Die dadurch entstandene Metapopulation erlaubt aufgrund ihrer Grösse eher ein Überleben der Art, als wenn nur die einzelnen Areale geschützt würden. Die Distanz zwischen Areal und Trittsteinhabitat hat sich nach den Wanderungsdistanzen der zu schützenden Art zu richten. (Quelle: Franziska Hermsdorff, 2011).



phibien, die auf ihren Frühjahrs- (zum und vom Laichgewässer) und Herbstwanderungen (zum Überwinterungsort) zu einer Strassenquerung gezwungen sind, kommt es jedes Jahr zu einem Massaker, sofern keine schützenden Massnahmen (Amphibienzäune, Amphibientunnel, Fahrverbote etc.) getroffen werden.

Neben dem flächenhaften Verlust von Lebensräumen, der Verinselung durch umgebende intensive Landnutzung sowie dem Qualitätsverlust der verbliebenen Flächen als nutzbarer Lebensraum ist daher die Zerschneidung von Habitaten durch lineare Verkehrsinfrastrukturen eine der bedeutsamsten Ursachen für die Gefährdung von Arten und deren Populationen.

Verkehrsunfälle als Todesursache sind bei den allermeisten Tierarten (mit Ausnahme vor allem der Amphibien) nicht so häufig, als dass sie das Überleben der gesamten Art bedrohen würden. Trotzdem lohnt sich ein differenzierter Blick auf die Statistiken besonders betroffener Arten. Bei einzelnen Greifvögeln wie Waldkauz, Turmfalke, Mäusebussard oder Schleiereule kommen sehr viele (bis 40% und mehr) der wiedergefundenen Individuen durch den Strassen- und Bahnverkehr um, bei den schweizerischen Luchsen sind es 23% (Peter Oggier, Antonio Righetti, Leslie Bonnard, BAFU 2007). Ein Blick auf die Strassen von 24 Ländern Europas kommt zu erschreckenden Zahlen und deutet darauf hin, dass der Beitrag des Strassenverkehrs am schwindenden Bestand einiger Säugetier- und Vogelarten unterschätzt wird. Einzelne Arten wie zum Beispiel die Amsel verkraften dagegen hohe Verluste, ohne dass ihr Bestand wesentlich abnimmt. Gemäss Untersuchungen fallen jährlich rund 194 Millionen Vögel und 29 Millionen Säuger dem Verkehr zum Opfer. Arten mit einer hohen Bestandesdichte, einer hohen Anzahl an Nachkommen und früher Geschlechtsreife können Verluste eher kompensieren als Arten mit geringer Siedlungsdichte und nur einmal im Jahr Nachwuchs. Zudem ist die Anzahl von Fallwild und getöteten Vögeln von der Dichte des Strassennetzes und somit der Zerschneidung des Lebensraums abhängig. Je dichter das Strassennetz, desto stärker die Zerschneidung des Lebensraums und desto mehr Wildtiere als Verkehrsoffer (Grilo et al., 2020)!

Die Mobilität grösserer Tiere wird durch Hauptverkehrsachsen und dichte Siedlungen eingeschränkt, selbst wenn die Siedlungen für die Tiere aufgrund des Futterangebots attraktiv wären. Grenzen die Siedlungen an den Wald, so werden sie auch von Wild aufgesucht (z. B. Wildschweine in den Vororten von Berlin).

Obwohl die Stadt Schaffhausen mit ihren Waldzügen entlang der Täler für Wildschweine ideale Voraussetzungen böte, um das Zentrum und die



Wohnquartiere zu erobern, ist dies aufgrund des reichlichen Futterangebots im Umland und der Jagd bisher unterblieben. Die Füchse und Hausmarder hingegen haben unabhängig von Strassenzügen und Barrieren die menschlichen Siedlungen als attraktiven Lebensraum entdeckt. In den Wohnquartieren finden sie bei Kompostplätzen ausreichend Mäuse oder sie werden durch weggeworfene Lebensmittel sogar gefüttert. Dies schafft eine gewisse, aber gefährliche Zutraulichkeit, weil oft vergessen wird, dass es sich bei diesen «niedlichen» Räubern nach wie vor um Wildtiere handelt: Auch ein zutraulicher Fuchs kann reflexartig zubeissen. Oder er dringt in die Häuser ein und stiehlt die Nahrung direkt vom Tisch. Die Marder haben sich, trotz ihrer Nützlichkeit, die menschliche Milde schnell verschert, da sie vor allem in den Monaten Juni und Juli (Paarungszeit) Kabel und Schläuche in Autos zerbeissen. Die Tiere hinterlassen Duftmarken, die andere Marder aggressiv machen, insbesondere zur Paarungszeit. Um ihr Revier zu verteidigen, beschädigen sie dann Kabel, Schläuche und andere Kunststoffteile durch regelrechte Beissattacken. Tiere wie den Fuchs oder den Hausmarder nennt man Kulturfolger.



Abb. 33: Wildtiere durchstöbern den Siedlungsraum nach Futter. Je kleiner das Futterangebot, desto weniger attraktiv ist das Areal. Hingegen locken Abfälle und Littering die Tiere an. Die beiden Bilder stammen aus Berlin. Solche Verhältnisse sind in Schaffhausen dank Unterflurcontainern und einer regelmässigen Abfuhr noch nicht vorzufinden, obwohl nach Festen (z. B. Lindli) oder an beliebten Feuerstellen im Wald auch in Schaffhausen viel Unrat liegen gelassen wird. Die Behörden versuchen mit Auflagen, regelmässigen Kontrollgängen und Säuberungsaktionen, diese Abfallhalden möglichst klein zu halten. Letztlich dient es auch dem Wohl der Tiere, wenn sie nicht gesalzene menschliche Nahrung und Plastikteilchen fressen. (Quelle: Internet)



**Einschub:** Cornelia Dürst erstellte 1999 in ihrer Masterarbeit ein Konzept für einen Biotopverbund für die Stadt Schaffhausen. Sie ermittelte sämtliche ökologisch wertvollen Flächen und analysierte, wie diese heute miteinander verbunden sind. Darunter auch sämtliche Hecken und die für Tiere wertvollen Lebhäge sowie kleinere Tümpel und Teiche innerhalb des Siedlungsraums. Sie schlug verschiedene Massnahmen und Aufwertungsflächen vor, die als Trittsteine für die Ausbreitung von Insekten, Vögeln, Amphibien, Reptilien sowie Fledermäusen dienen könnten. Dabei folgte sie der Idee, mit linearen Korridoren wie Gewässerläufe, Hecken, Lebhäge, Trockenflächen sowie Gehölzgruppen die vorhandenen Naturschutzgebiete miteinander zu verbinden. Interessant sind folgende Resultate:

1. Die älteren Wohnquartiere sind mit Gehölzen (Bäume, Hecken, Lebhäge) meist gut versorgt, während die Landwirtschaftszone und das Stadtzentrum deutlich unterversorgt sind. Allerdings ist noch vermehrt darauf zu achten, dass einheimische Gehölze bevorzugt werden. Bei den Lebhägen dominieren Hagebuchen-Pflanzungen. Dennoch sind 46 % der verwendeten Pflanzen nicht einheimisch. Die aus tierökologischer Sicht besonders bedeutenden Heckensträucher (z. B. Weissdorn, Wildrosen, Brombeeren, Holunder) werden nur sehr selten eingesetzt.
2. Gehölze sollten nicht mehr als 50 Meter Distanz zu einander haben, um auch für weniger mobile Tiere noch als Biotopverbundelemente in Frage zu kommen.
3. Wo dies nicht eingehalten werden kann, sollen Pflanzungen von Hecken, Obstgärten oder Feldgehölzen die Distanz reduzieren.
4. In den Einfamilienhausquartieren Emmersberg und Stokarberg existieren zahlreiche Tümpel. Diese dienen als potenzielle Amphibienlaichbiotope (v. a. Bergmolche). Molche können Distanzen zwischen 150 und 300 Metern zurücklegen. Die Abklärung zeigte, dass die Wohngebiete auf der Breite und im Emmersberg weitgehend abgedeckt sind, während in den andern Quartieren und im Landwirtschaftsgebiet weitere Tümpel anzulegen sind.
5. Zur Vernetzung der bestehenden Feuchtgebiete und Amphibienlaichbiotope eignen sich Bachöffnungen, Bachrenaturierungen und die Anlage neuer Weiher. Auch innerhalb des Siedlungsraums sollen Bäche wo immer möglich ausgedolt und naturnah gestaltet werden.
6. Kritisch werden die zahlreichen Mäuerchen um die privaten Grundstücke, die abgesetzten Trottoirs und die Randsteine entlang der Strassen beurteilt. Für Molche stellen bereits 5 Zentimeter hohe Stufen ein kaum überwindbares Hindernis dar. Sie folgen daher den Randsteinen – bis sie einen Ausstieg finden oder in einen Kanalisationsschacht fallen.



7. *Durch das Umstellen auf schonendere Wirtschaftspraktiken (z. B. biologischer Land- oder Gartenbau) mit ausreichend breiten ökologischen Säumen können zusätzliche besiedelbare Flächen gewonnen werden. Insbesondere besteht auch ein grosses Potenzial für die zahlreichen Zierrasenflächen, die zum Teil in Blumenwiesen umgewandelt werden können.*

## 6.2 Einige Tierarten im städtischen Umfeld

### 6.2.1 Segler und Dohlen

Die monogamen Alpen- und Mauersegler suchen ihre Nistplätze fast ausschliesslich an Gebäuden. Haben sie einmal einen Nistplatz gefunden, kehren sie jedes Jahr wieder ins gleiche Nest zurück, bessern dieses aus und brüten darin. Segler werden oft mit Schwalben verwechselt. Segler sind jedoch immer in der Luft und nie auf Ästen oder Dächern. Nahrung, Nistmaterial und Wasser werden im Flug aufgenommen. Oft schlafen sie auch in der Luft.

Bei Renovationen am Gebäude wird meist auf vorhandene Brutstätten zu wenig Rücksicht genommen. Renovationen sollen ausserhalb der Brutsaison durchgeführt werden, oder es dürfen keine Gerüste den Zuflug zum Nest behindern. Sollte einmal ein Einschlupf geschlossen werden müssen, so sind zwingend Ersatznistgelegenheiten am gleichen Ort zu schaffen. Oft werden neu angebotene Nistgelegenheiten erst nach einigen Jahren angenommen. Segler benötigen einen freien Anflug an ihren Nistplatz und eine raue Fläche unterhalb der Einflugöffnung, um sich gut festhalten zu können. Der kleinere Mauersegler (ca. 16 Zentimeter Rumpflänge) braucht etwas kleinere Einfluglöcher (Durchmesser ca. 5 Zentimeter), jedoch benötigt jedes Brutpaar ein eigenes Einflugloch. Alpensegler dagegen sind grösser (ca. 22 Zentimeter Rumpflänge) und können sowohl in Einzelnistkästen als auch in gemeinsam benutzten Räumen brüten. Junge sind nach dem Ausfliegen sofort selbständig.

Nur wenn Segler genügend Fluggeschwindigkeit haben, sind sie wendige und zielsichere Flieger. Deshalb benötigen Segler hoch gelegene Brutplätze, damit sie sich beim Start fallen lassen und sofort Geschwindigkeit gewinnen können. Früher waren dies vor allem hohe Felswände, heute brüten sie bei uns fast nur noch an Bauwerken. In der Stadt sind dies vor allem hohe Türme (Kirchtürme, Wehrtürme, Stadttore) sowie hohe Gebäude mit freiem Anflug (zum Beispiel Haus der Wirtschaft auf dem Herrenacker). Beide Seglerarten



gelten als Koloniebrüter. Paare, die auf Nistplatzsuche sind, suchen jeweils in der unmittelbaren Umgebung anderer Paare nach einem eigenen Platz. Dabei fliegen sie gezielt Ecken und Winkel an und halten nach dunklen, nicht zu grossen Öffnungen Ausschau. Im Stadtzentrum haben die grösseren Alpensegler ihre Verwandten teilweise verdrängt; Mauersegler sind heute vermehrt auf die Wohnquartiere (z. B. Vordersteig, Holzbrunnenstrasse, Lochstrasse) ausgewichen.

Die ebenfalls monogame Dohle lebt in grösseren Gemeinschaften und legt ihr Nest in Höhlen an Gebäuden und Türmen, aber auch in Schwarzspechthöhlen an. Sie benötigt zur Jungenaufzucht Insekten und deren Larven, während adulte Tiere Allesfresser sind und sich auch von Körnern, Früchten oder Siedlungsabfällen ernähren. Im Sommer ziehen die Dohlen zusammen mit Rabenkrähen über Felder. Im Herbst kehrt ein Teil der Dohlen an ihren Brutplatz zurück, andere ziehen für den Winter in etwas wärmere Regionen.

Segler wie Dohlen sind heute typische Stadtbewohner und leben im Schaffhauser Stadtzentrum insbesondere in und an Türmen (z. B. Obertor-

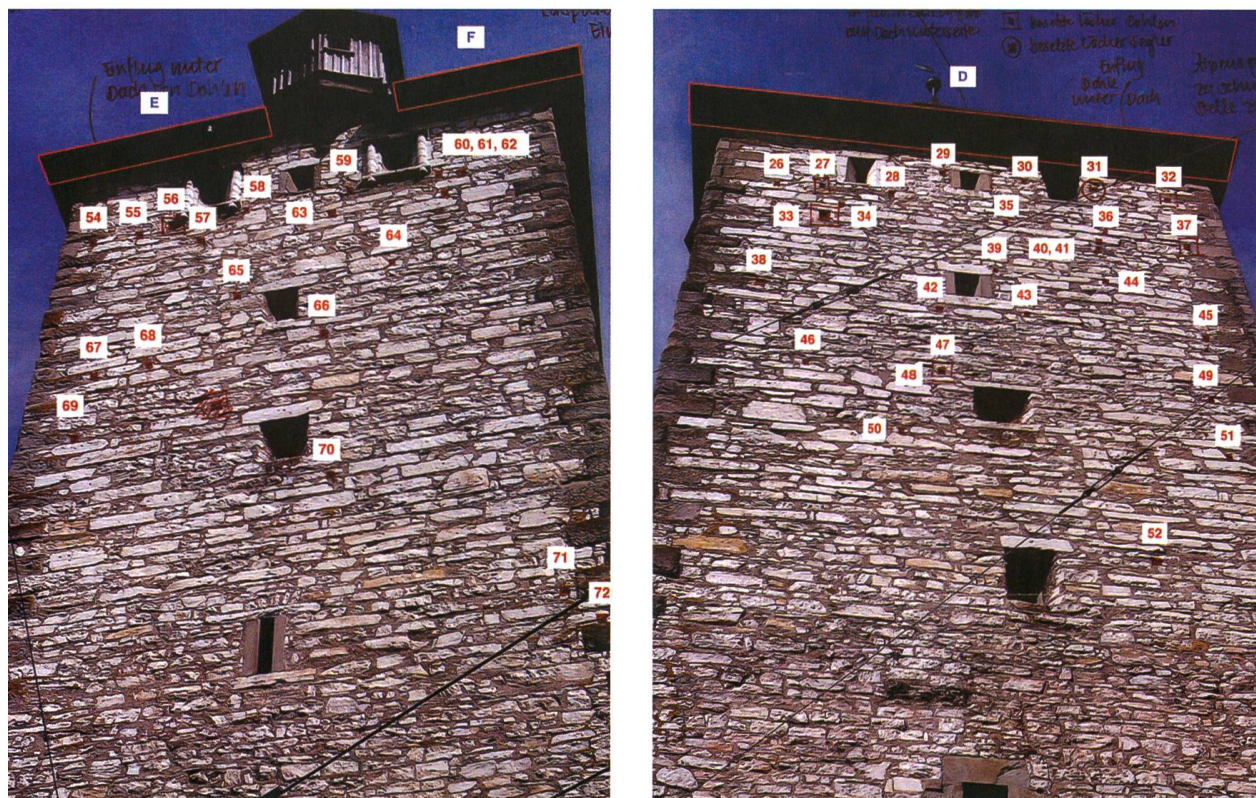


Abb. 34: Ermittlung der Einflugstellen am Beispiel des Obertorturms. (Quelle: Orniplan, 2018)



turm, vgl. Abbildung 34). Die Einflugstellen zu Nestern wurden ermittelt, damit die Renovationen im Jahresablauf geplant, die Stellen gesichert sowie bei einer zukünftigen Turmbeleuchtung abgedunkelt werden können.

### **6.2.2 Stadttauben**

Die Stadt- oder Strassentaube stammt von der Felsentaube ab. Diese im Mittelmeergebiet und am Atlantik an Felsen brütende Taube wurde schon im Altertum domestiziert. Bei den Strassentauben handelt es sich um Nachkömmlinge von verwilderten Haustauben. Die Strassentaube ernährt sich von Sämereien und Abfällen; sie kann grosse Fressschwärme bilden. Dabei kann sie stundenlang auf Dachfirsten auf fütternde Personen warten. Eine Tagesration beträgt ca. 30 Gramm Futter. Bei ausreichendem Futterangebot kann die Stadttaube das ganze Jahr brüten und Junge aufziehen. Sie nistet einzeln in Nischen und Höhlen an Gebäuden sowie in Estrichen. Auch Schachtelbruten sind bekannt. Die Jungtauben werden in den ersten zwölf Tagen mit Kropfmilch aufgezogen.

Der Gesamtbestand beträgt im Schaffhauser Zentrum aktuell rund 900 Tiere. Durch die Fütterung wird der Bestand künstlich erhöht. Vor der Taubenpest im Dezember 2014 waren ca. 1500 Tiere vorhanden (danach 700 Tiere), Ende der 90er Jahre waren es noch über 2000 Tiere mit teilweise bedenklichem Gesundheitszustand (Krankheiten, verkrüppelte Füsse) gewesen. Aus Brutplätzen können Parasiten wie die Taubenzecke, Flöhe und Blutmilben auswandern und auch den Menschen befallen. Stadttauben verschmutzen mit ihrem Kot Gebäude und Plätze. Das sieht nicht nur unschön aus, sondern verursacht dauerhafte Schäden an der Bausubstanz, die der Kot regelrecht verätzt. Besonders die attraktiven alten Gebäude der historischen Altstadt von Schaffhausen werden dadurch stark beschädigt. Zudem können Tauben Träger verschiedener Krankheiten und Parasiten sein. Stadttauben scheinen zum Überleben verdammt zu sein, solange Tierliebe mit dem Futtersack betrieben wird.

Im Jahr 2001 liess die Stadt ein Taubenkonzept erstellen, mit dem der wachsende Taubenbestand kontrolliert und seine Gesundheit gefördert werden sollte. Folgende Punkte sind zentral:

1. Die ganzjährige Fütterung ist möglichst zu reduzieren oder zu unterbinden.
2. Förderung der Sauberkeit der Nistplätze durch Schaffung von zwei Taubenschlägen im Obertorturm, die regelmässig durch speziell ausgebildetes Personal gereinigt werden.



3. Geburtenkontrolle in den Taubenschlägen, so dass nie zu viele Jungtiere aufkommen.
4. Wenn möglich Förderung der natürlichen Feinde (z. B. Uhu, Wanderfalke).
5. Information der Öffentlichkeit: Die Bevölkerung wurde über das Lokalradio, über Medienberichte sowie über Plakate und Flyer wiederholt informiert.

Die Polizeiverordnung der Stadt Schaffhausen legt in Art. 30 Abs. 3 fest: *Das Füttern von Tauben auf öffentlichen Strassen, Plätzen und in Anlagen ist verboten.* Solche Vorschriften kennen viele Städte.

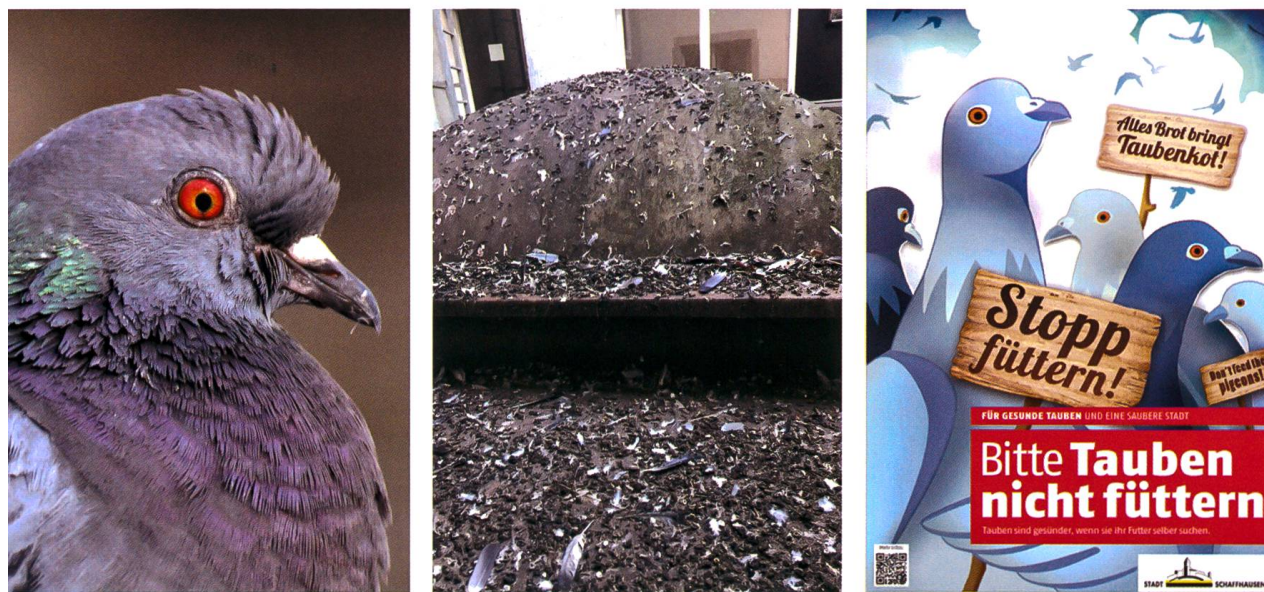


Abb. 35: Kaum ein Tier hat die Meinungen der Menschen so polarisiert wie die Strassentaube (Bild links). Den einen ist sie Kinderersatz und Lebensinhalt, den anderen eine lästige Plage, die es auszurotten gilt. Hauptproblem ist die Fütterung, die zu extremen Verkotungen auf Dächern und in Hinterhöfen führt (Bild Mitte). Durch Plakat- und Flyeraktionen sowie eine spezielle Internetseite wollen die Stadtbehörden die Bevölkerung für mehr Sauberkeit und Gesundheit der Tiere gewinnen (Bild rechts). Die Vogelwarte Sempach meint dazu: «Für Tierfreunde gilt: Tauben nicht füttern!» (Quellen: Bild links Wikipedia, Bild Mitte und rechts Stadt Schaffhausen, Taubenkonzept)

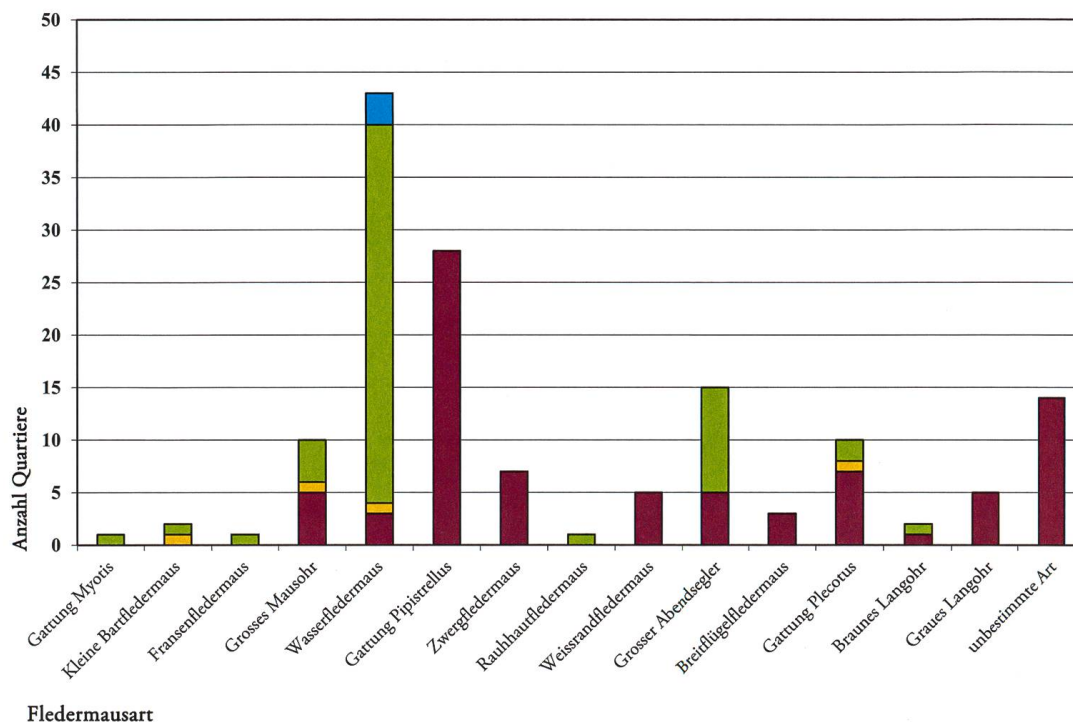
### 6.2.3 Fledermäuse

Eine andere Tiergruppe, die sich im urbanen Umfeld wohl fühlt, sind die Fledermäuse. Ihre Vorliebe für Insekten teilen sie mit anderen Tieren, ihre Jagdmethode ist in der Tierwelt jedoch einzigartig: Fledermäuse jagen mit Echolot, indem sie Rufe im Ultraschallbereich ausstossen. Mit ihrem Ultraschall-Orientierungssystem können die Fledermäuse Hindernisse und Insekten entdecken und sogar deren Entfernung, Grösse und Geschwindigkeit abschätzen. Die meisten einheimischen Fledermausarten meiden Licht. Weil die Insektenmasse in den letzten 30 Jahren drastisch zurückgegangen ist, dagegen die Lichtverschmutzung vielerorts deutlich zugenommen hat (in der Schweiz innerhalb von 20 Jahren um rund 70%), ist der Bestand der Flattertiere massiv zurückgegangen. Die nächtliche Beleuchtung gefährdet Quartiere, Wochenstuben, Flugkorridore und Jagdlebensräume. So wurde eine Fledermausstrasse nach Inbetriebnahme einer Kugelbeleuchtung in Buchthalen in den 90er Jahren von einer Sekunde zur andern unterbrochen. Erst nach Abdeckung der Strahler wurde die Flugstrasse wieder angenommen. Seit 2006 werden die Kugelstrahler im öffentlichen Raum kontinuierlich durch Lampen ersetzt, die kein Licht nach oben abstrahlen und nur warmweisses Licht mit erhöhtem Gelbanteil emittieren, weil Fledermäuse blaue und rote Lichtanteile sehen können. Heute gibt es nur noch einige wenige Kugellampen auf privatem Grund.

Bei ihren nächtlichen Flügen vom Versteck zum Jagdlebensraum folgen die Fledermäuse bevorzugt linearen Landschaftselementen wie Waldrändern, Obstgärten, Hecken, bestockten Wasserläufen und sie orientieren sich an markanten Landschaftselementen wie Gehölzgruppen. Fledermäuse kommen in sämtlichen Biotopen vor, in Wäldern und Obstgärten, über Hecken und Gewässern, aber auch im Siedlungsraum.

Der Arbeitskreis Fledermausschutz Schaffhausen untersucht die Vorkommen der Fledermäuse seit vielen Jahren. Er ermittelt auch Wochenstuben und Tagesquartiere in Gebäuden (Wandverschalungen, Mauerspalten, Kamine, Zwischendächer, Estriche usw.), Brückenfugen oder Baum- und Felshöhlen (Abbildung 36). Die Weibchen bilden im Frühsommer sogenannte Wochenstuben. Ausser zur Paarungszeit im Herbst leben die Männchen einzeln, bei bestimmten Arten auch in Verbänden. Bei verschiedenen Fledermausarten erfolgen jahreszeitliche Wanderungen bis zu einigen hundert Kilometern.





**■ Quartier in Ansiedlungshilfe**  
Vogelnistkasten

**■ Quartier in Baum / Fels**  
Höhle im Stamm  
Höhle an Ast  
Spalten unter Borke  
Naturhöhle

**■ Quartier in Bauwerk**  
Brücke  
Gemäuer im Freien  
Erd-/Felsenkeller

**■ Quartier in Gebäude**

Dachraum  
Keller  
andere Räume  
Zwischendach  
Wandverschalung  
Rollladenkasten  
Mauerspalte  
Kamin/Schornstein  
Spalten in Dachbedeckung  
andere Spalten  
nicht näher spezifiziert

Abb. 36: Die Wasserfledermaus und Fledermäuse der Gattung Pipistrellus, zu der auch Zwergfledermäuse, Rauhautfledermäuse oder Weissrandfledermäuse gehören, sind die häufigsten Fledermausarten in Schaffhausen. Während Wasserfledermäuse Quartiere in Bäumen bevorzugen, leben die Pipistrellus-Arten insbesondere in Gebäuden. (Quelle: Arbeitskreis Fledermausschutz Schaffhausen, 2008)

### 6.2.4 Igel

Igel leben als Einzelgänger und sind überwiegend dämmerungs- und nachtaktiv. Ihr Speiseplan ist vielfältig und reicht von Insekten, Regenwürmern, Spinnen und Schnecken bis hin zu Fröschen und Mäusen. Igel erreichen im städtischen Umfeld eine 2- bis 3-mal höhere Bestandesdichte als im Umland. Untersuchungen der Stadt Schaffhausen in den 90er Jahren belegen, dass Igel mit Ausnahme des Stadtzentrums in allen Wohnquartieren vorkommen. Igel schätzen reich strukturierte Gärten, die ihnen Unterschlupf und Nahrung bieten: Hecken und Lebhäge mit Krautsäumen, Kompost-, Laub- und Asthaufen, artenreiche Blumenwiesen. Auch Zierrasen werden auf der Suche nach Regenwürmern, Schnecken und Insekten aufgesucht, können jedoch ohne naturnahe Umgebung keinen Lebensraum bilden (Stefan Ineichen, Max Ruckstuhl 2010). Da sich Insekten kaum an exotischen Gartengewächsen entwickeln können, profitieren auch Igel als Insektenfresser von der Pflanzung einheimischer Gehölze und Stauden. Der Verzicht auf chemische Schädlingsbekämpfungsmittel wirkt sich ebenfalls positiv aus. Für den Igel gefährlich sind Motorsensen (Fadenmäher) und andere Mähgeräte unter Büschen, wo tagsüber ruhende Igel schwer verletzt oder getötet werden können. Schwimm- und Wasserbecken ohne Ausstiegshilfe stellen für Igel lebensgefährliche Fallen dar, obwohl sie gut schwimmen können. Mauern, Stufen und Hindernisse ab 20 Zentimeter sind für den Igel unüberwindbar.

Eine Fütterung der Igel ist nicht empfehlenswert, weil dann ein Risiko besteht, dass sich an viel besuchten Futterstellen Krankheiten und Parasiten ausbreiten. Dies gilt auch für Futterstellen für Hunde oder Katzen, die der Igel nachts ebenfalls aufsucht. Viele Igel verenden jährlich im Strassenverkehr. Igel benötigen reichlich Nahrung im Herbst und einen geschützten Unterschlupf im Winter. Die kalte Jahreszeit verschlafen die Tiere mit reduzierter Stoffwechselrate und reichlich Fettreser-



Abb. 37: Igel sind in Europa weit verbreitet. Im Siedlungsraum mit reich strukturierten Gärten und einheimischer Bepflanzung sind sie häufiger anzutreffen als in der ausgeräumten Agrarlandschaft. (Quelle: <https://de.wikipedia.org/wiki/Braunbrustigel>)



ven in frostfreien Winkeln, in Laub- und Reisighaufen, unter Holzstössen und in Schuppen.

Interessante Gegenstände pflegen Igel ausgiebig zu beschnuppern, zu belecken und durchzukauen. Dabei entsteht eine weiss-schaumige Speichelabsonderung. Dieser Vorgang ist natürlich, harmlos und hat nichts mit Tollwut zu tun. Die Paarungszeit der Igel beginnt bereits Ende April oder im Mai. Findet ein Männchen ein paarungsfähiges Weibchen, umkreist es dieses mit grosser Ausdauer. Das Weibchen entzieht sich anfänglich, indem es ihm unter Schnaufen und Fauchen die Körperflanke zuwendet und die Annäherungsversuche des Männchens mit aufgestellten Kopfstacheln abwehrt. Die Bewegungsabläufe beider Igel sind dabei so auffällig, dass sie gelegentlich als «Igelkarussell» bezeichnet werden.

### **6.2.5 Wildbienen**

Als Wildbienen werden sämtliche Bienen mit Ausnahme der Honigbiene bezeichnet. Der Begriff trägt lediglich der Tatsache Rechnung, dass bei der umgangssprachlichen Bezeichnung Biene fast immer die Westliche Honigbiene gemeint ist. Folglich hat die Anlage von Nisthilfen für Wildbienen nichts mit Bienenzucht im Sinne von Imkerei zu tun. Die Artenvielfalt der Wildbienen ist beeindruckend: In der Schweiz kommen etwa 600 Arten vor. Davon lebt fast die Hälfte im Siedlungsraum, praktisch vor unserer Haustüre.

Die verschiedenen Arten unterscheiden sich optisch durch Grösse, Färbung oder Musterung. Verschieden sind auch die bevorzugten Nahrungspflanzen und Nistplatzanforderungen. Viele solitär lebende Wildbienen sind als Nahrungsspezialisten auf eine einzige Pflanzenfamilie oder sogar eine einzige Pflanzengattung angewiesen. Die Vorkommen dieser Bienenarten sind somit auf die Blühzeit ihrer Nahrungspflanzen ausgerichtet. Die Schwarze Mörtelbiene benötigt zum Beispiel Pollen von Schmetterlingsblütlern (v. a. Hornklee und Esparsette), nimmt aber auch Pollen von Lippenblütlern (v. a. Wiesensalbei, Kriechender Günsel) oder vom Natternkopf. Andere Arten können Pollen von vielen Pflanzen nutzen, sind also eher Generalisten. Dazu gehören die Honigbiene, Hummeln und manche Schmalbienen. Bienen sind im Gegensatz zu Wespen reine Vegetarier. Stets dient der Pollenvorrat als Nahrung für die Larven. Die adulten Tiere nehmen als Betriebsstoff insbesondere Nektar auf.

75% der Wildbienenarten nisten im Boden. Verschiedene Bodenarten fördern jeweils das Vorkommen besonderer Wildbienen, da sie unterschiedliche Materialien zum Nestbau benutzen. Die staatenbildende Dunkle Erdhum-



Abb. 38: Die Frühlingsseidenbiene legt ihre Nester im Boden an. Durch Habitatsverlust ist die früher häufige Art heute in Mitteleuropa gefährdet. Grössere Kolonien wie etwa am Furkastieg in Schaffhausen sind deshalb zu schützen. Die Flugzeit ist früh im Jahr von Anfang März bis Ende April. Pollen und Nektar werden bevorzugt von Weiden gesammelt. Die Überwinterung findet als bereits fertig entwickeltes Insekt innerhalb der Brutzelle statt. Die Art wird von einer Blutbienen-Art (*Sphecodes albilabris*) als Brutschmarozer parasitiert. (Quelle: Yvonne Billing, 2020)

mel baut ihr Nest fast immer unterirdisch, meist in alten Mausestern, bis zu 1,5 Metern tief im Boden. Neben den staatenbildenden, sozialen Bienen gibt es die Solitär- und die Kuckucksbienen. Die solitär lebenden Bienen (Einsiedlerbienen) sind mit einem Anteil von 95% der Arten die grösste dieser drei Gruppen. Auch wenn Solitärbienen ihre Nester einzeln anlegen, kann die Population einige Tausend Tiere umfassen. So etwa bei der Frühlingsseidenbiene, die lockere sandige, schwach geneigte Böden besiedelt und deren Kolonie mehrere tausend Tiere umfassen kann (Abbildung 38).

Die Kuckucksbienen bauen, anders als ihre Verwandten aus den beiden vorherigen Gruppen, keine Nester, sondern benutzen fremde Nester für die Aufzucht ihrer eigenen Brut. Die fremden Eier oder Larven werden dabei teilweise ebenfalls zu Futtermitteln.

Neben den bodennistenden Bienen gibt es Arten, welche hohle oder markhaltige Pflanzenstängel, Mauerritzen, Käferfrassgänge, morsches Holz oder auch Schneckenhäuser für die Aufzucht ihrer Nachkommen nutzen. Mörtelbienen bauen ein eigenes Nest aus Lehm und Steinchen, das an Felsen, Findlingen oder Hauswänden angeheftet wird. Die Blattschneiderbienen legen ihr Nest in Hohlräumen an und tapezieren diese mit ausgeschnittenen Blattstücken



aus. Die Grosse Blaue Holzbiene nagt ihre Brutstätten in Totholz; die Trennwände zwischen den Brutzellen werden aus einer Mischung aus Speichel und Holzspänen angelegt.

Wildbienen leisten bei der Bestäubung von Wild- und Kulturpflanzen unschätzbare Dienste. Trotzdem sind viele Wildbienenarten in ihren Beständen gefährdet oder sogar vom Aussterben bedroht. Es mangelt an geeigneten Futterpflanzen, da viele als Nahrungsspezialisten die zahlreichen exotischen Pflanzen nicht verwenden können. Zudem fehlt es in den aufgeräumten Gärten und Parkanlagen an geeigneten Nistplätzen, und nach wie vor werden Herbizide in zu grossen Mengen eingesetzt.

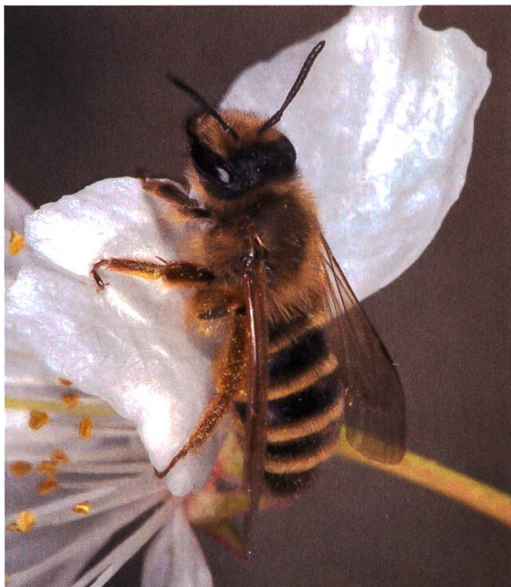


Abb. 39: Die Gemeine Sandbiene (links unten) kommt in offenen Lebensräumen mit sandigen oder lehmigen Stellen vor (z. B. im Solenberg). Zum Nestbau benötigen die Weibchen schütterere bis unbewachsene Stellen am Boden. Die Schwarze Mörtelbiene (links oben) gilt als selten, obwohl man in Schaffhausen im Grubental, in Buchthalen, im Herblingertal sowie im Solenberg überraschend viele Nester findet. Die Zweifarbigke Schneckenhausbiene (rechts oben) ist auch im Siedlungsraum verbreitet; sie kann Pollen und Nektar von verschiedenen Pflanzen verwenden. Nach der Eiablage wird das Schneckenhaus mit einem Mörtel aus zerkauten Blattstücken und Erdkrumen verschlossen, das Gehäuse anschliessend in Richtung Boden gedreht und mit Grashalmen getarnt. (Quellen: Bild links und Mitte: Wikipedia, Bild rechts: BUND Landesverband Niedersachsen)



**Einschub:** Der Lebensraum für Wildbienen und andere Insekten wird knapp. Es fehlt insbesondere an Nahrungsquellen und Nistmöglichkeiten. In der Schweiz nisten rund 75% der Wildbienenarten in offenen Bodenstellen und in unbefestigten Wegen. Doch wo finden unsere Wildbienenarten noch solche Bedingungen vor? Auch geeignete Blütenpflanzen, die Nahrung der Bienen, werden zunehmend selten. Von den Wildbienen sind etwa zwei Drittel der Arten Nahrungsgeneralisten (polylektische Arten), wobei viele von ihnen dennoch eine Vorliebe für manche Pflanzenarten haben. Ein Drittel der Wildbienen sind hohe Nahrungsspezialisten (monolektische Arten), die Pollen nur an einer bestimmten Pflanzenfamilie, manchmal auch nur einer Pflanzengattung sammeln. Die Honigbienen gehören zu den Generalisten, weil sie Nektar und Pollen an vielen verschiedenen Pflanzenarten sammeln; unbeachtet bleiben bei den Sammelflügen nur sehr kleine Blüten oder Blüten, die sie von ihrer Anatomie her nicht nutzen können. Die Honigbiene stellt eine Nahrungskonkurrentin zu den Wildbienen dar. Sie ist eigentlich ein gezüchtetes Nutztier; ihre wilde Stammform ist in Europa vermutlich ausgestorben.

Die Nahrung der Wild- und Honigbienen sowie vieler anderer Insekten sind Blütenpflanzen mit einer grossen Vielfalt an Blütenformen. Nicht nur das, die Blütenpflanzen liefern auch unterschiedlich viel Nektar und/oder Pollen. Zur Samenbildung sind sie auf Bestäuber angewiesen. Andere Pflanzenarten, wie z. B. Gräser, sind «Windbestäuber», manche sogar selbstfertil, sie können sich also selbst befruchten. Die Blüten der meisten Pflanzenarten produzieren sowohl Nektar als auch Pollen. Es gibt aber auch reine sogenannte Nektarpflanzen und Pollenpflanzen. Beispielsweise gehören die männlichen Blüten von Haselnuss oder Erle zu den reinen Pollenlieferanten, die Blüten von z. B. dem Buddlejastrauch (Sommerflieder) produzieren dagegen nur wenig oder gar keinen Pollen. Pollen wird nur einmal produziert, das heisst, wenn er von den Bestäubern abgesammelt wurde, fehlt er. Nektar wird dagegen während der Blühzeit kontinuierlich in einem bestimmten Rahmen nachproduziert. Pollen und Nektar sind also begrenzte Nahrungsressourcen.

Viele bedeutsame Nutzpflanzen sind auf Wildbienen als Pollenüberträger angewiesen. Und eine ganze Reihe anderer Tiere, wie zum Beispiel einige Schlupf- und Goldwespen, Käfer, Fliegen oder Vögel, sind auf Wildbienen spezialisiert. Mit den Wildbienen sterben auch sie.

Viele unserer einheimischen Wildbienenarten stehen auf der Roten Liste der bedrohten Arten. Neben der ausgeräumten Kulturlandschaft als Folge einer intensiven Landwirtschaft führen die zunehmende Bebauung und Bodenversiegelung zum Verlust geeigneter Lebensräume. In Baumärkten, Tierhandlungen oder übers Internet können sogenannte Bienenhotels (Abbildung 40) gekauft werden. Sie sind Ersatz für



*hohle Pflanzenstängel und Käferfrassgänge in Totholz, aber nützen den bodenlebenden und damit der grossen Mehrheit der Wildbienenarten wenig. Auch Arten, die ihre Nester in leeren Schneckenhäuschen anlegen, profitieren davon nichts. Wenn es um die Erhaltung und den Schutz der Wildbienen geht, sollten gemäss Positionspapier der Deutschen Wildtier Stiftung daher einige Punkte berücksichtigt werden:*

- 1. Honigbienenvölker sollten nur mit einem Abstand von mindestens 3 km zu besonders wertvollen Wildbienenlebensräumen aufgestellt werden.*
- 2. Innerhalb von Naturschutzgebieten und wertvollen Wildbienenlebensräumen sollten grundsätzlich keine Honigbienenvölker aufgestellt werden.*
- 3. Das Angebot an einheimischen Wildpflanzen muss deutlich erhöht werden. Zu diesen Punkten kommen folgende Forderungen:*
- 4. Offene Böden mit grossem Wildbienenaufkommen innerhalb und ausserhalb der Siedlungen sind unter Schutz zu stellen.*
- 5. In Gärten auf Pestizide verzichten. Verblühte Stauden im Herbst stehen lassen, denn sie bieten im Winter zahlreichen Insekten Unterschlupf.*



Abb. 40: Ein «Wildbienenhotel» (linkes Bild) kann auf dem Balkon oder im Garten aufgestellt werden. Die Besiedlung erfolgt jedoch nur, falls geeignete Nahrungspflanzen in Flugdistanz erreichbar sind. Auch im «Wildbienenhotel» finden sich Räuber wie zum Beispiel die Mörderwanze (Bild rechts) ein. Die Mörderwanze lauert auf blütenbesuchende Insekten oder streift auf der Suche nach Nahrung durch die Krautschicht oder auf Gehölzen umher. Die Beute wird mit dem kräftigen Stechrüssel (Rostrum) durch einen auch für den Menschen schmerzhaften Stich getötet und danach ausgesaugt. (Quelle: eigene Bilder)

### 6.2.6 Hauskatzen

Die Hauskatze ist wohl das beliebteste Haustier des Menschen. Ihr unabhängiges Wesen zwischen Kuscheltier und Raubkatze fasziniert den Menschen seit Jahrhunderten. Insbesondere im Siedlungsraum ist sie weit verbreitet.

Die Katzenhaltung hat in Mitteleuropa in verstärktem Mass etwa im 12. Jahrhundert eingesetzt. Sie diente jahrhundertlang praktisch ausschliesslich der Bekämpfung von Hausratten und -mäusen, die mit dem Ausbau der Handelswege im Mittelalter eingeschleppt worden waren. Erst mit der industriellen Revolution im 18. und 19. Jahrhundert erhielten Katzen zunehmend den Status eines Haustieres im heutigen Sinn. Zurzeit leben in der Schweiz knapp 1,7 Millionen Hauskatzen (Abbildung 41). Von diesen haben gegen 1,2 Millionen Auslauf ins Freie und können damit draussen jagen.

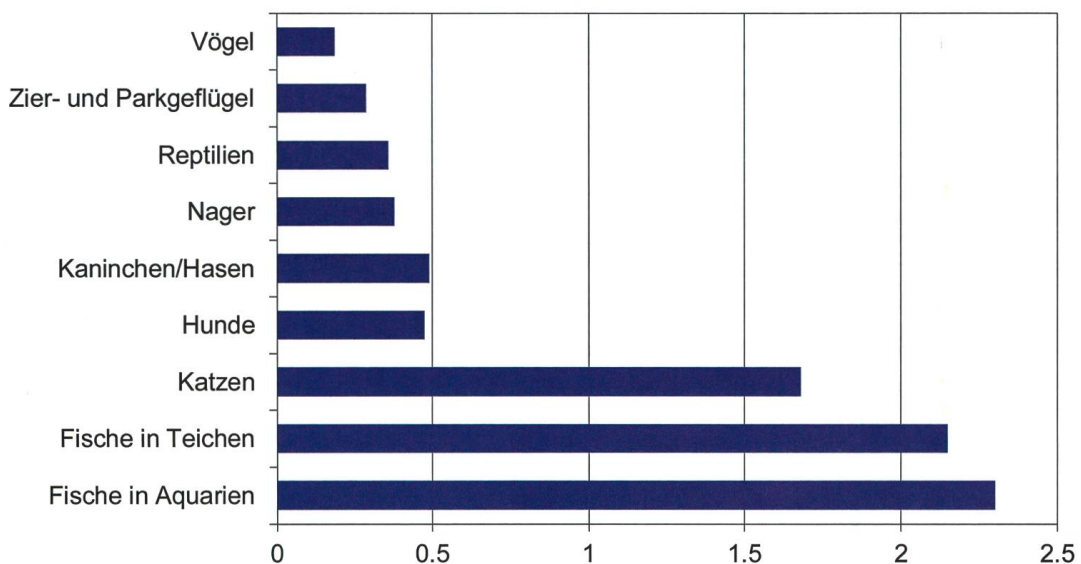


Abb. 41: Haustiere in der Schweiz im Jahr 2017. Neben den Fischen in Teichen und Aquarien befinden sich vor allem Katzen in den schweizerischen Haushalten. Verschiedene Untersuchungen zeigen, dass etwa 70% der Katzen Freigang haben. (Quelle: Bruno Knellwolf, Luzerner Zeitung, 29.3.2017)



Die Hauskatze gehört nicht zur einheimischen Fauna und zeigt gemäss Vogelwarte Sempach noch wesentliche Merkmale ihrer wildlebenden Stammform, der Nordafrikanischen Falbkatze (die europäische Vertreterin wäre die Wildkatze):

- Sie durchstreift beim Jagen grössere Gebiete.
- Obwohl Besitzer ihre Katzen mit speziellem Tierfutter füttern, erbeuten sie im Freien Kleinsäuger, Vögel, Zauneidechsen, Blindschleichen, Spitzmäuse, Eichhörnchen, Molche, Libellen und andere Kleintiere.
- Nicht alle Beutetiere werden gefressen. Das Jagen dient nicht nur dem Nahrungserwerb, sondern auch dem Üben und der Befriedigung des Jagdinstinkts.
- Katzen erbeuten oft Jungtiere, da sich diese besonders gut erwischen lassen.

Im Agglomerationsraum Zürich sind gemäss Hochrechnungen 430 Tiere pro Quadratkilometer unterwegs. Damit sind Katzen innerhalb der Siedlungen um ein Vielfaches häufiger als alle anderen Prädatoren (Beutegreifer) zusammen. Neue Studien deuten darauf hin, dass eine Hauskatze von 40 bis zu 130 Wildtiere pro Jahr töten kann (Peter Carstens, 2020). Bei 1,2 Millionen Streunerkatzen muss folglich mit mehr als 40 Millionen getöteten Wildtieren gerechnet werden, also deutlich mehr als dem Strassenverkehr in der Schweiz zum Opfer fallen. Hauskatzen gefährden daher die Artenvielfalt innerhalb der Siedlungen.

Mäuse sind die Hauptbeute von Katzen; auch Spitzmäuse spielen oft eine wichtige Rolle. Treten andere Räuber wie Füchse auf, weichen die Katzen auf andere Tiere aus. Stark betroffen sind in ausgeräumten, versteckarmen Landschaften Frösche, Molche, Eidechsen und Blindschleichen. Gerade Eidechsen und Blindschleichen werden lokal in den Wohnquartieren durch streunende Katzen massiv dezimiert oder fast vollständig ausgerottet. Unter den Vögeln trifft es vorwiegend häufige Arten wie Amseln, Rotkehlchen, Meisen, Finken und Sperlinge. Vögel gefährdeter Arten werden dagegen eher selten erbeutet. Hinzu kommt, dass bereits die gelegentliche Anwesenheit einer Katze den Bruterfolg von Vögeln messbar reduzieren kann, wie eine britische Studie mit Katzenattrappen gezeigt hat. Der Altvogel versucht, die Katze vom Nest abzulenken. Währenddessen plündern andere Räuber wie zum Beispiel Krähen das Nest. Der Arbeitskreis Umweltschutz Bochum (Fritz Ludescher, Internet), die Vogelwarte Sempach und andere Organisationen diskutieren verschiedene Massnahmen:

- Pflicht zu Kastrierung, Chippen und Registrierung auf Kosten der Halter, denn kastrierte Katzen zeigen weniger Jagdlust. Ausserdem trägt der Eingriff dazu bei, dass es weniger verwilderte Katzen gibt;
- keinen Freigang in Siedlungsgebieten, insbesondere wenn sie an wertvolle Gebiete grenzen, zumindest aber in den Monaten Mai und Juni, wenn Jungvögel flügge werden;
- freiwilliger Verzicht auf die Katzenhaltung;
- gesetzliche Beschränkung der Anzahl Katzen pro Haushalt;
- Vogelnester katzensicher machen: Bäume können durch katzenabweisende Manschettenringe aus Metall oder Plastik gesichert werden;
- Glöckchen an einem elastischen Halsband können bei Vögeln helfen, bringen aber nichts bei Insekten, Reptilien oder Amphibien;
- dichtes, dorniges Gebüsch in einem naturnahen Garten, etwa aus Brombeeren, Wildrosen oder Weissdorn, schafft natürliche Sicherheitszonen für Blindschleiche, Zaunkönig usw.

Vielleicht muss man analog zur Hundesteuer auch für Katzen eine Steuer erheben, damit Besitzer etwas bewusster mit ihrem Stubentiger umgehen – zum Wohl der Katzen und vor allem der Natur.

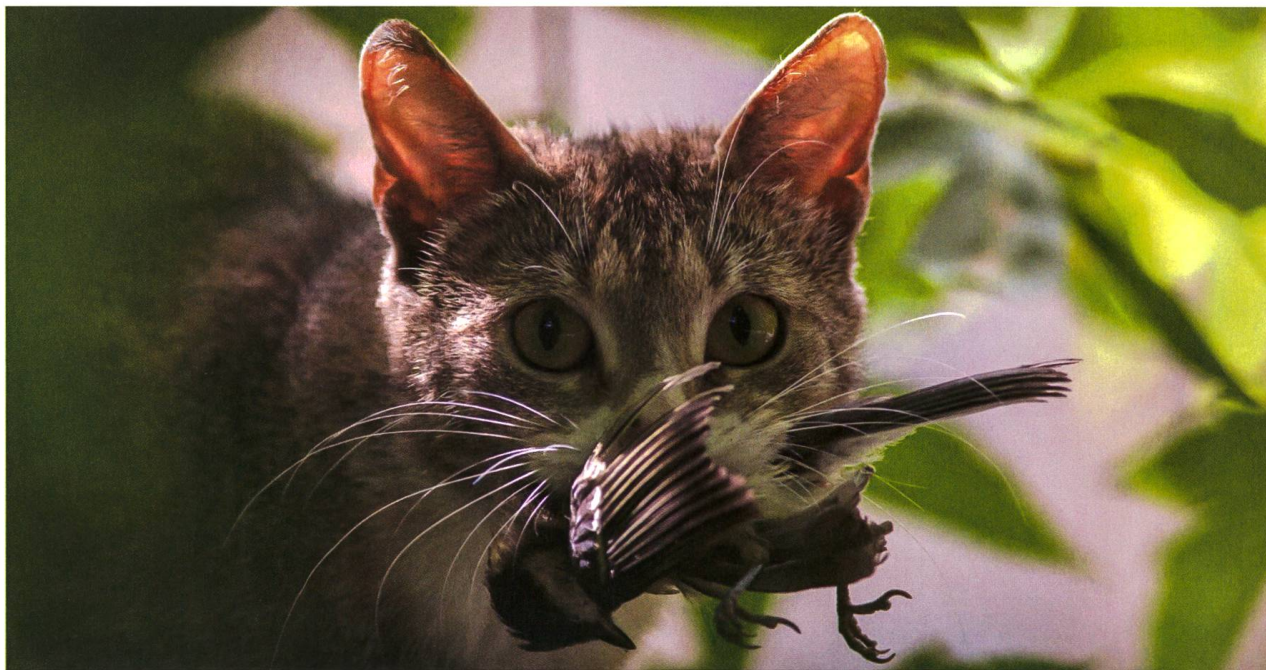


Abb. 42: Hauskatzen gehören zu den grössten Räubern im Siedlungsraum.  
(Quelle: <https://blog.wwf.de/katze-frisst-voegel/>)



## 6.3 Neue Tierarten erobern die Schweiz

Neozoen sind Tierarten, die sich nach 1492 ausserhalb ihrer Ursprungsgebiete verbreitet haben. Diese Tiere werden meist durch menschliche Aktivitäten verschleppt, entweder bewusst (z. B. Tierhandel) oder unbewusst (z. B. blinde Passagiere). Andere Arten legten lange Wanderungen zurück, bis sie die Schweiz erreichten (z. B. die Wanderratte); solche Neozoen werden als Eindringlinge bezeichnet. Die meisten Neozoen sind in ihrer neuen Umgebung nur beschränkt überlebensfähig. Einzelne Neozoen hingegen finden am neuen Ort optimale Überlebensbedingungen vor und können sich dadurch stark vermehren und unkontrolliert ausbreiten. Solche Arten nennt man invasive Neozoen. Unter sich ändernden Umweltbedingungen können bisher harmlose fremde Tiere sich plötzlich als invasiv erweisen. Es ist daher nie genau bekannt, wie sich fremde Tiere in Zukunft verhalten werden.

Invasive Neozoen können einheimische Tierarten verdrängen, zum Aussterben bringen oder genetisch mit ihnen hybridisieren. Sie gelten als eine der grössten Bedrohungen für die Biodiversität. Invasive Neozoen können aber auch andere Schäden anrichten, indem sie beispielsweise die Gesundheit von Mensch und Tier gefährden, Schäden an Bauwerken verursachen oder zu Ernteverlusten in der Land- und Forstwirtschaft führen (Baudirektion Kanton Zürich, Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft).

Das Freilassen oder Aussetzen von überzähligen oder nicht mehr tragbaren Haustieren kann sich wie eine tierfreundliche Handlung anfühlen. Freigelassene Haustiere sind aber meist nicht an die freie Natur angepasst und sterben deswegen innert kürzester Zeit. Diejenigen Tiere aber, die überleben, können für Populationen anderer Tierarten, menschliche Kulturen oder ganze Ökosysteme verheerend sein. Da Tiere in der Regel sehr mobil sind, ist eine Überwachung noch schwieriger als bei Pflanzen.

Im Folgenden eine Auswahl von invasiven Neozoen:

### 1. Die Marmorierte Baumwanze

Diese ostasiatische Baumwanzenart ist seit einigen Jahren auch in Schaffhausen nachgewiesen. Sie verursacht Schäden an Obst, Beeren, Reben und Gemüse. Bevorzugte Futterpflanzen sind Kirsche, Apfel, Nektarine und Pfirsich. Die Wanzen rotten sich im Herbst an Fassaden und in Räumen zusammen.

## **2. Der Asiatische Marienkäfer oder Gaukler-Marienkäfer**

Der Asiatische Marienkäfer (aus Japan und China) besitzt unterschiedlichste Farbvarianten und Punktzahlen; er wurde 1982 zur Bekämpfung von Läusen in Gewächshäusern eingeführt und flüchtete daraus. Seither hat er sich über die ganze Schweiz und Europa ausgebreitet. Er frisst auch einheimische Marienkäferarten oder Florfliegenlarven und saugt an verletzten Trauben. Er verkriecht sich in den Trauben und gibt beim Pressen eine bittere Hämolymphe ab, wodurch die Weinernte massiv beeinträchtigt wird. Im Herbst dringen die Asiatischen Marienkäfer in Massen in Gebäude ein und können aufgrund ihres unangenehmen Geruchs lästig werden. Diese Art kommt auch in der Stadt Schaffhausen vor.

## **3. Die Asiatische Tigermücke**

Diese Tigermückenart stammt aus Süd- und Südostasien. Sie wurde in Europa erstmals 1990 entdeckt, wurde 2002 im Tessin und seit 2010 auch nördlich der Alpen nachgewiesen. In der Stadt Zürich wurde die Tigermücke erstmals 2016 auf dem Gelände der Fernbusstation entdeckt. Die Tigermücke ist auch tagsüber aktiv, während unsere einheimischen Mücken vor allem in der Dämmerung und nachts stechen. Die Asiatische Tigermücke überträgt virale Infektionskrankheiten (z. B. Dengue, Zika), obwohl zurzeit Hinweise fehlen, dass die Mücken in der Schweiz mit solchen Viren befallen sind. Dennoch hat das Bundesamt für Gesundheit (BAG) eine Meldepflicht eingeführt.

## **4. Der Buchsbaumzünsler**

Der Buchsbaumzünsler ist eine ostasiatische Falterart, die in Europa erstmals 2006 in Deutschland nachgewiesen wurde, seit 2007 auch in der Schweiz und in Holland, seit 2009 in Frankreich, England und Österreich. Diese Falterart wurde mit Warentransporten eingeschleppt. Die Raupen verursachen Kahlfress bei den Buchsbaumarten, wobei die Sorte «Rotundifolia» offensichtlich bevorzugt wird. Die Raupen lagern in ihrem Gewebe als Frassschutz Sekundärstoffe (Alkaloide) aus ihrem Futter ein. Der Falter bzw. die Raupen kommen in Schaffhausen überall vor.

## **5. Die Asiatische Hornisse**

Die aus Südostasien stammende Asiatische Hornisse wurde 2004 mit Töpferwaren nach Frankreich eingeschleppt. Seither breitet sie sich in ganz Europa aus. Die ermittelte Verbreitungsgeschwindigkeit beträgt durchschnittlich 78 Kilometer pro Jahr. Im Zuge des Klimawandels werden die Winter milder, so



dass auch diese exotische Art in Europa stabile Populationen bilden kann, zumal sie hier nur einen geringen Druck durch Fressfeinde oder Konkurrenten erfährt. Asiatische Hornissen jagen Insekten (z. B. Wildbienen) im Flug, patrouillieren vor Bienenstöcken und köpfen ihre Beutetiere. Wie weit die Asiatische Hornisse unsere heimische Honigbiene, die Wildbienen, die europäische Hornisse im Bestand und dadurch sogar Ökosysteme beeinträchtigt, ist zur Zeit noch offen. Es bleibt – wie so oft bei Neobiota – nur die Möglichkeit des Abwartens und Beobachtens.

## **6. Die Varroa-Milbe**

Die Varroatose ist eine parasitäre Erkrankung des Bienenvolkes, ausgelöst durch die Varroa-Milbe. Erwachsene Bienen und Brut werden gleichermassen befallen. 1977 wurden befallene asiatische Honigbienen vom Bieneninstitut Oberursel (D) zu Forschungszwecken eingeführt, und von dort konnte die Milbe in die Umwelt flüchten. Sie entwickelt und vermehrt sich insbesondere in der verdeckelten Brut im Bienenstock; Drohnen werden weitaus häufiger befallen als Arbeiterbienen. Die asiatische Biene kann befallene Brutzellen entfernen, was die Westliche Honigbiene nicht macht. Die befallenen Tiere besitzen eine deutlich verkürzte Lebensspanne, weisen schlechtere Lernleistungen auf und kehren häufiger nicht in den Stock zurück. Die Varroa-Milbe trägt somit zum Bienensterben bei.

## **7. Die Spanische Wegschnecke**

Diese Nacktschneckenart wurde Anfang der 60er Jahre mit Gemüse- und Blumentransporten aus Südwest-Europa nach Mitteleuropa eingeführt und hat sich seither bis nach Skandinavien verbreitet; mittlerweile wurden auch Exemplare in Nordamerika gefunden. Sie ist farblich sehr variabel und besitzt einen bitteren Schleim, weshalb Kröten, Igel, Amseln, Stare oder Enten diese Art nicht gern fressen. Sie ist gegen Trockenheit wenig empfindlich. Als Zwitter legt jedes Individuum zwischen 200 bis 400 Eier pro Jahr. Die Spanische Wegschnecke ist ein gefürchteter Schädling im Gemüseanbau und verdrängt einheimische Wegschnecken (zum Beispiel die Rote Wegschnecke). Dies geschieht unter anderem durch Mischverpaarungen mit einheimischen Wegschneckenarten, wobei die Hybriden später wieder verschwinden – mit ihnen aber auch die einheimische Schneckenart. Übrig bleibt eine starke Population der invasiven Spanischen Wegschnecke. Ein natürlicher Feind der Spanischen Wegschnecke ist der heimische Tigerschnegel, eine 10 bis 20 Zentimeter lange Nacktschneckenart. Dieser Nützling vertilgt nicht nur verwesende

Pflanzenteile und tote Tiere, sondern auch die Spanische Wegschnecke und ihre Eier. Auch der heimische Gemeine Grabkäfer frisst Eier von Nacktschnecken. Daneben befallen mikroskopisch kleine Fadenwürmer (Nematoden) Nacktschnecken, vermehren sich darin und töten sie dadurch.

### **8. Rotwangen- und Gelbwangenschildkröten**

Beide Arten stammen aus Nordamerika und wurden ursprünglich als niedliche Jungtiere für Terrarien importiert. Adulte Tiere erreichen jedoch Grössen von 30 cm, weshalb erwachsene Tiere hie und da illegal in die Wildnis ausgesetzt werden. Beide Arten wurden schon mehrmals im Rhein oberhalb des Kraftwerks gesichtet. Sie fressen Amphibien, Insekten, Fische sowie Eier von bodenbrütenden Vogelarten. Sie besetzen die gleichen Lebensräume wie die einheimische, stark bedrohte Europäische Sumpfschildkröte und verdrängen diese dadurch.

### **9. Die Wanderratte**

Die Wanderratte stammt aus den Steppengebieten Zentralasiens. Sie setzte 1727 bei Astrachan über die Wolga und breitete sich danach über ganz Europa und die Welt aus. Seit 1809 gibt es sie auch in der Schweiz. Sie zeichnet sich durch eine grosse Anpassungsfähigkeit aus, ist Allesfresser, klettert, schwimmt und taucht gut (Kanalisation). Durch ihre Anpassungsfähigkeit verdrängt sie seit dem 19. Jahrhundert die dunkler gefärbte Hausratte, die mit den Völkerwanderungen und Entdeckungsreisen wesentlich früher aus Süd- und Ostasien nach Europa gelangte. Somit ist die Hausratte für die mittelalterlichen Pestzüge in Europa mitverantwortlich und nicht die Wanderratte. Die Wanderratte kann in Geflügelfarmen Enten- und Hühnerküken töten. Zudem ist sie Trägerin verschiedener Krankheitserreger (z.B. Salmonellen, Leptospiren, Toxoplasmen) und gilt als Wirtschaftschädling.

### **10. Der Gemeine Sonnenbarsch**

Dieser attraktive Fisch wurde erstmals 1877 in Frankreich als Sportfisch und zum Besatz von Gartenteichen eingeführt. 1880 wurde der Sonnenbarsch bereits in Deutschland nachgewiesen. Seine Verbreitung ist allerdings nicht flächendeckend, sondern er ist vermehrt in unmittelbarer Umgebung von Ballungsräumen zu finden. Gelegentlich entstehen neue Populationen durch illegalen Besatz von stehenden und langsam fliessenden Gewässern. In seiner ursprünglichen Heimat ist der Gemeine Sonnenbarsch eine wichtige Beute für eine Reihe grösserer Raubfische und fischfressender Vögel. Er begegnet



diesem Druck der Räuber mit einer hohen Vermehrungsrate. Ohne entsprechende Fressfeinde neigt er zu einer Massenvermehrung und übt einen hohen Frassdruck auf Amphibien (Laich und Kaulquappen), Fischlaich, Jung- und Kleinfische aus. Auch im Kanton Schaffhausen ist der Fisch in einigen Tümpeln gesichtet worden.

Diese wenigen Beispiele zeigen, dass der Mensch das Artenspektrum massiv beeinflusst. Mit der fortgesetzten Globalisierung der Warenströme ist davon auszugehen, dass die Biodiversität und Ökosysteme weiterhin unter Druck stehen und die Artenvielfalt global und regional abnehmen wird.

## **7. Ein kurzer Blick in die Zukunft**

Der Klimawandel wird die urbanen Regionen besonders treffen und der städtische Wärmeinseleffekt sich dadurch erhöhen. Folgende Tendenzen werden erwartet:

- Die Anzahl Hitzewellen (mindestens sieben aufeinander folgende Hitzetage) pro Jahr und die Tropennächte (Temperatur nachts immer > 20 °C) nehmen zu.
- Die sommerlichen Trockenphasen werden länger, selbst wenn die Niederschlagsmenge nicht wesentlich abnimmt.
- Dafür werden Starkniederschläge häufiger, wodurch sich die Hochwassersituation verschärft und die Hangstabilitäten abnehmen und Massenbewegungen (Erdrutsche, Murgänge) zunehmen.
- Mehr gesundheitliche Beeinträchtigungen im Sommer (v. a. für ältere Personen).
- Eine Zunahme tropischer und subtropischer Krankheiten ist möglich, da auch die Überträger zunehmend einwandern.
- Die Temperatur in Oberflächengewässern nimmt zu und kann für viele Wasserorganismen (z. B. Äschen) kritisch werden.
- Die schneefreien Winter nehmen zu, verbunden mit einem Anstieg der Schneefallgrenze.
- Die Vegetation ändert sich, Neophyten nehmen zu und können teilweise invasiv werden.
- Die Landwirtschaft wird ihre Kulturen vermehrt auf das heissere Klima ausrichten (Bewässerung, neue Feldfrüchte).

- Durch die Abnahme der einheimischen Gehölze und Stauden nimmt die Artenvielfalt verstärkt ab, Neophyten etablieren sich und das Landschaftsbild wird sich ändern.
- Im Wald kommen verschiedene Baumarten unter Dauerstress (z. B. Eschen, Buchen, Fichten) und das Waldbild wird sich ändern.
- Die heute saisonal unterschiedliche Stromgewinnung in Laufkraftwerken wird ausgeglichener: gegenüber heute höhere Erträge im Winter, geringere im Sommer.
- Die Luftqualität dürfte sich als Folge des photochemischen Smogs verschlechtern, sofern die Vorläufersubstanzen nicht drastisch eingeschränkt werden.
- Der jahreszeitliche Energiekonsum ändert sich: einem geringeren Wärmebedarf im Winter steht ein höherer Kältebedarf im Sommer gegenüber.
- Der zusätzliche Strombedarf und die Minderproduktion in Laufkraftwerken im Sommer lassen sich durch Zubauten an Photovoltaik mit hohen Erträgen mehr als kompensieren.

Daraus lassen sich für Städte verschiedene Handlungsfelder ableiten (Abbildung 43), damit sie dem Klimawandel frühzeitig begegnen können und für die Bevölkerung weiterhin lebenswert bleiben.

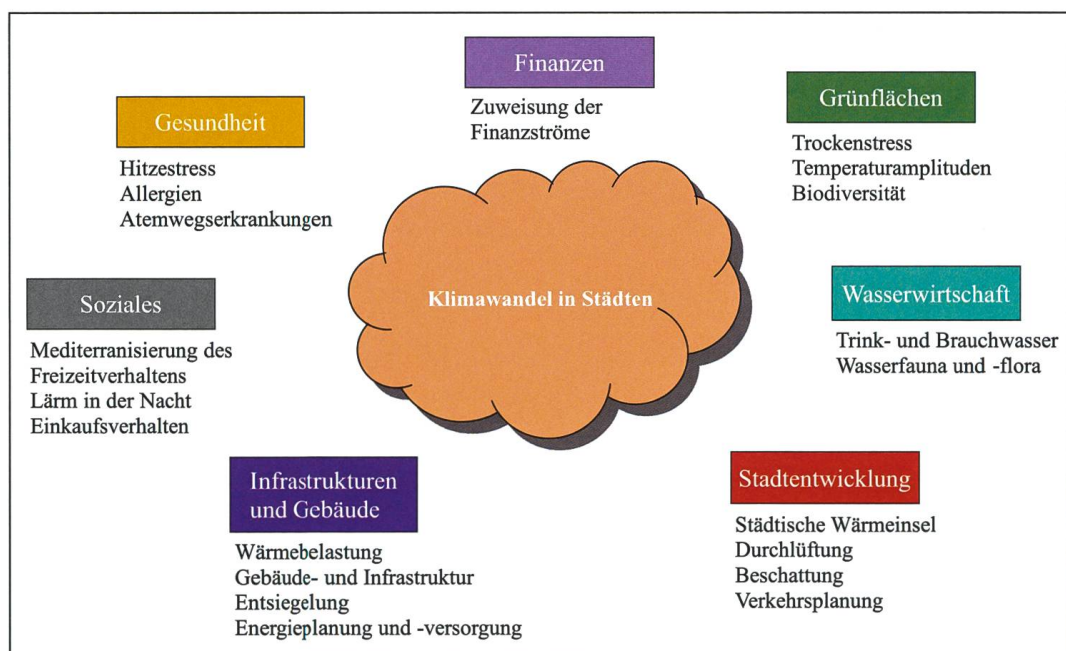


Abb. 43: Handlungsfelder im Zusammenhang mit dem Klimawandel in den Städten



- Es stellen sich im Zusammenhang mit dem Klimawandel viele Fragen:
- Welche aus Sicht der Biodiversität wertvollen Pflanzenarten können überleben?
  - Wie kann die Vegetation zukünftig die Trockenphasen überstehen? Braucht es Zisternen?
  - Welche Flächen lassen sich entsiegeln und begrünen (Parks statt Parkflächen)?
  - Wie wird mit Neobiota umgegangen?
  - Wie können Hochwasserspitzen gebrochen werden?
  - Wie werden Gebäude gekühlt (Grundwasser, Kühlgeräte, Dach- und Fassadenbegrünungen)?
  - Wie lassen sich bessere Baustandards mit einer effizienteren Wärmedämmung und einem grossen Anteil an erneuerbarer Energie realisieren?
  - Wie werden ästhetische Punkte gegenüber Baumpflanzungen und andern Vorrichtungen zur Beschattung gewichtet?
  - Stimmt die heute angewendete Farbskala für Plätze und Gebäude auch in Zukunft?
  - Wie kann das Trinkwasserangebot im öffentlichen Raum verbessert werden?
  - Wie werden Kühlluftentstehungs- und Luftzirkulationsgebiete vor einer Überbauung geschützt, damit kühlende Luftströme aus der Umgebung in Richtung Stadtzentrum fließen können?
  - Wie lassen sich Verdichtungsfragen und ökologische Fragen unter einen Hut bringen?
  - Wie können die photochemischen Luftbelastungen reduziert werden?
  - Wie können die Zielsetzungen des Pariser Abkommens (Reduktion der Treibhausgase bis 2030 um 50%, bis 2050 um 100%) eingehalten werden und welche Rolle spielt die Erdgasversorgung angesichts der globalen atmosphärischen Wärmezunahme?
  - Wie können Schadstoffemissionen des Verkehrs rasch und nachhaltig vermindert und wie kann autofreies Wohnen gefördert werden (Förderung öffentlicher Verkehr, Langsamverkehr sowie Car-Sharing)?
  - Welchen Einfluss hat die Mediterranisierung des Verhaltens auf weitere Aktivitäten (z. B. Einkaufsverhalten) und welche Folgen sind damit verbunden (z. B. Nachtlärm)?
  - Welchen Einfluss hat ein heisses Stadtklima auf den Tourismus?
  - In welcher Form werden die Bewohner bei den Planungen einbezogen?

Zur Beantwortung dieser Fragen müssen auch neue, unkonventionelle Ideen gedacht und akzeptiert werden. Insbesondere braucht es Offenheit und ein Hinterfragen der herkömmlichen Verhaltensweisen und Technologien. So ist beispielsweise die Erdgasversorgung nicht Teil einer Lösung, sondern Teil des Klimaproblems.



Abb. 44: Ganz ohne Natur geht es eben nicht. Steigende Ozonwerte machen Stadtbewohnern auf der ganzen Welt zu schaffen. Ein innerstädtisches Ökosystem kann Abhilfe schaffen. Zwei bepflanzte Wohntürme bringen einen vertikalen Wald in die Stadt Mailand (Bosco verticale des Architekten Stefano Boeri). Die beiden Türme sind 111,5 Meter beziehungsweise 76 Meter hoch und beherbergen über 2000 Holzpflanzen, darunter Sträucher und hochstämmige Bäume. Durch den allgemeinen Bevölkerungszuwachs, ein rasantes Wachsen der Städte und deren dichte Verbauung im 20. Jahrhundert blieb kaum noch Platz für Grünanlagen. Die beiden Türme sind die Antwort auf die Urbanisierung und das Verschwinden der Natur aus unserem Leben. Die Mission dieses Projekts vom Moment seines Baus bis heute ist stets dieselbe geblieben: Anhand der vertikalen Grünverdichtung die biologische Vielfalt von Pflanzen und Tieren in der lombardischen Hauptstadt zu steigern und zum Schutz des Mikroklimas beizutragen. (Quelle: <https://www.profilpas.com/de/vitrine/profilpas-bereichert-den-vertikalen-wald-von-mailand>)



## 8. Literaturverzeichnis

- Adam, K. (1988):** Stadtökologie in Stichworten. Verlag Ferdinand Hirt, Unterägeri, 180 S.
- Albrecht, N. (2005):** Zur Problematik der invasiven Neophyten auf dem Gebiet der Stadt Schaffhausen. Diplomarbeit am Geographischen Institut der Universität Zürich, 148 S.
- Amt für Umweltschutz, Fürstentum Liechtenstein (2011):** Flechten in Liechtenstein - Resultate der biologischen Luftqualitätsuntersuchungen mit Flechten. Informationsbroschüre zur Dritterhebung. 12 S.
- Bächtold, K., Weber, F.C. und Wiesli, E. (1981):** Parkanlagen der Stadt Schaffhausen. Hrsg.: Verschönerungsverein Schaffhausen. 117 S.
- Battaglia, M.-A. (1999):** Wasserbilanz der Stadt Schaffhausen. Diplomarbeit am Geographischen Institut der Universität Zürich, 86 S.
- Baudirektion Kanton Zürich, Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft:** Invasive Neozoen – Neue Tierarten erobern die Schweiz. Flyer
- Baudirektion Kanton Zürich, Amt für Landschaft und Natur, Fachstelle Naturschutz (2014):** Merkblatt Hecken.
- Blöschl, G., Kiss, A. und Wetter, O. (2020):** Current European flood-rich period exceptional compared with past 500 years. In: Nature volume 583, S. 560–566
- Brunner, R. (2019):** Bedrohen Katzen die Artenvielfalt? In: Beobachter vom 23.5.2019
- Bundesamt für Energie (1998):** Energie aus Holz - Vergleich der Verfahren zur Produktion von Wärme, Strom und Treibstoff aus Holz. 2. Auflage, 154 S.
- Bundesamt für Umwelt, BAFU (2018):** Hitze in Städten - Grundlage für eine klimaangepasste Siedlungsentwicklung. Umwelt-Wissen, Nr. 1812, 108 S.
- Burger, S. (2008):** Rheinuferwandel im Staubereich des Kraftwerks Schaffhausen. Erfassung des heutigen Zustands und Vergleich mit dem Zustand vor dem Bau des Kraftwerks am Rhein anhand von Fotografien. Maturaarbeit Kantonsschule Schaffhausen, 45 S.
- Burkhalter, S. (2017):** Sträucher in den Städten des Schweizer Mittellandes: Klimabeständigkeit und ökologischer Nutzen für drei ausgewählte Tierklassen. Masterarbeit am Geographischen Institut, Universität Zürich
- Capaul, U. (2014):** Wildtiere im Siedlungsraum. SH Magazin 1/2014 S. 20–23
- Carsten, P. (2020):** Artenvielfalt - Katzen schlimmer als vergleichbare Raubtiere. In: GEO vom 17.3.2020
- Deutsche Wildtier Stiftung (Positionspapier):** Wildbienen und die Honigbiene – Konkurrenz um knappe Ressourcen, 5 S.
- Dönni, W. und Freyhof, J. (2002):** Einwanderung von Fischarten in die Schweiz – Rheineinzugsgebiet. Mitteilungen zur Fischerei Nr. 72, Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL), 89 S.
- Dürst, C. (1999):** Naturschutzkonzept und Biotopverbund am Beispiel der Stadt Schaffhausen. Diplomarbeit am Geographischen Institut der Universität Zürich, 135 S.
- Eugster, W. (2008):** Grenzschichtmeteorologie. Skript Frühlingssemester, Geographisches Institut Universität Bern, 96 S.
- Fellenberg, G. (1991):** Lebensraum Stadt. Verlag der Fachvereine vdf, Zürich, 287 S.
- Forum Biodiversität Schweiz,** Wissenschaftliches Kompetenzzentrum für biologische Vielfalt

- (2014): Zustand der Biodiversität in der Schweiz – Die Analyse der Wissenschaft. Akademie der Naturwissenschaften (SCNAT), Bern, 96 S.
- Fussen, D., Perch-Nielsen, S., de Haan, P., Nauser, M., Dufour-Fallot, B. und Borboën, S. (2012):** Anpassung an die Klimaänderung in Schweizer Städten. Im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU), Schlussbericht vom 16.8.2012, 68 S.
- Gloor, S., Göldi Hofbauer, M. (2018):** Der ökologische Wert von Stadtbäumen bezüglich der Biodiversität. In: Jahrbuch der Baumpflege 2018, 22. Jg., S. 33–48
- Grilo, C., Koroleva, E., Andrášik, R. Bil, M. und González-Suárez (2020):** Roadkill risk and population vulnerability in European birds and mammals. In: Frontiers in Ecology and the Environment vom 10.6.2020, 25 S.
- Guntern, J., Lachat, T., Pauli, D. und Fischer M. (2013):** Flächenbedarf für die Erhaltung der Biodiversität und der Ökosystemleistungen in der Schweiz. Kurzfassung. Forum Biodiversität Schweiz der Akademie der Naturwissenschaften Schweiz (SCNAT), Bern, 8. S.
- Hauser, F. (2000):** Des- und Reintegration urbaner Gewässer – Eine Zustands- und Potentialanalyse in Schweizer Städten. Diplomarbeit der Philosophisch-naturwissenschaftlichen Fakultät der Universität Bern, 201 S.
- Heinrich, D. und Hergt, M. (1990):** dtv-Atlas zur Ökologie. Deutscher Taschenbuch-Verlag München, 283 S.
- Hermesdorff, F. (2011):** ENL-Projekt Pleisseaue Altenburger Land. Projektinformationen, 25 S.
- Herzig, R., Bieri, C. und Bangerter, S. (2005):** Erfolgskontrolle zur Luftreinhaltung in der Stadt Bern - Wiederholung der Untersuchungen mit Flechten nach 14 Jahren. Schlussbericht. Im Auftrag des Amtes für Umweltschutz und Lebensmittelkontrolle der Stadt Bern AfUL, 162 S.
- Hess, S.V. (1995):** Quantitative Grünflächenanalyse in Wohnzonen der Stadt Schaffhausen. Diplomarbeit am Geographischen Institut der Universität Zürich, 129 S.
- Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie (2009):** Flechten als Anzeiger der Luftgüte und des Klimawandels. Wiesbaden, 49 S.
- Hoeck, P.E.A., Tobler, U., Holderegger, R., Bollmann, K. und Keller, L. (2016):** Populationsökologie. Fachbericht als Grundlage für die Ergänzung des Naturschutzgesamtkonzeptes des Kantons Zürich im Auftrag der Fachstelle Naturschutz, Amt für Landschaft und Natur, 85 S.
- <https://www.aku-bochum.de/2016/freigaengerkatzen-ein-problem-fuer-die-heimische-natur/>
- <https://www.baulinks.de/webplugin/2012/1219.php4>
- <https://www.bfs.admin.ch/bfs/de/home/statistiken/raum-umwelt/bodennutzung-bedeckung/siedlungsflaechen/versiegelungsgrad.html>
- <https://blog.wwf.de/katze-frisst-voegel/>
- [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Lindli.\\_Rheinuferpark\\_Schaffhausen.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Lindli._Rheinuferpark_Schaffhausen.jpg)
- <https://de.wikipedia.org/wiki/Braunbrustigel>
- <https://de.wikipedia.org/wiki/Sandbienen>
- [https://de.wikipedia.org/wiki/Schwarze\\_Mörtelbiene](https://de.wikipedia.org/wiki/Schwarze_Mörtelbiene)
- [https://de.wikipedia.org/wiki/Stadttaube#/media/Datei:Columba\\_livia\\_1a.JPG](https://de.wikipedia.org/wiki/Stadttaube#/media/Datei:Columba_livia_1a.JPG)
- <https://de.wikipedia.org/wiki/Treibhausgas#Kohlenstoffdioxid>
- <https://de.wikipedia.org/wiki/Windchill>
- [https://www.dwd.de/DE/forschung/klima\\_umwelt/klimawirk/stadtpl/projekt\\_warmeinseln/projekt\\_waermeinseln\\_node.html](https://www.dwd.de/DE/forschung/klima_umwelt/klimawirk/stadtpl/projekt_warmeinseln/projekt_waermeinseln_node.html)



- <https://www.eks.ch/sites/default/files/imported-files/Lipo%20Park%20Vogelperspektive.jpg>
- <https://www.energie-umwelt.ch>.
- <https://eqiooki.de/ecology/ecosystem.php>
- [http://www.gerd-pfeffer.de/dyn\\_tgradient.html](http://www.gerd-pfeffer.de/dyn_tgradient.html)
- <https://herr-kalt.de/geographie/atmosphaere>
- <https://www.lernhelfer.de/schuelerlexikon/biologie/artikel/energiefluss#>
- <https://www.luzernerzeitung.ch/panorama/haustiere-es-bellt-kreucht-und-miaut-ld.92141>
- <https://www.mdr.de/sachsen/bautzen/goerlitz-weisswasser-zittau/studie-invasion-spanische-weg-schnecke-100.html>
- <https://www.ontario.ca/document/guideline-11-air-dispersion-modelling-guideline-ontario/model-input-data-geographical-information-inputs>
- <https://www.profilpas.com/de/vitrine/profilpas-bereichert-den-vertikalen-wald-von-mailand>
- <https://quizlet.com/412106634/stadtbioтопе-flash-cards/>
- [https://www.researchgate.net/figure/Vertical-dispersion-under-various-conditions-for-low-and-high-elevations-of-the-source\\_fig2\\_263970547](https://www.researchgate.net/figure/Vertical-dispersion-under-various-conditions-for-low-and-high-elevations-of-the-source_fig2_263970547)
- <http://www.schaffhausen.net/2013/05/schaffhausen-unter-wasser-uberschwemmung.html>
- <https://www.schwarz-landschaftsbau.de/dachbegruenung/vorteile.htm>
- <http://www.stadt-schaffhausen.ch/Wer-sie-liebt-sollte-sie-nich.4740.0.html>
- <https://tageswoche.ch/gesellschaft/wie-hinterhoefe-zu-kleinen-oasen-werden/>
- <https://www.wildbienengarten.jimdo.com>
- Ineichen, S. und Ruckstuhl, M. (Ed. 2010):** Stadtfauna – 600 Tierarten der Stadt Zürich. Haupt Verlag Bern, 446 S.
- Isenegger, B. (1993):** Grün auf Flachdächern der Stadt Bern und Umgebung. Lizentiatarbeit am Systematisch-Geobotanischen Institut der Universität Bern, 124 S.
- Jedicke, E. (1994):** Biotopverbund – Grundlagen und Massnahmen einer neuen Naturschutzstrategie. 2. überarbeitete Aufl. Eugen Ulmer Verlag, Stuttgart, 287 S.
- Klecak, G. (1996):** Die räumliche und zeitliche Dynamik seltener Pflanzenarten, rekonstruiert anhand alter Florenwerke. Eine Untersuchung am Fallbeispiel der Schaffhauser Randenflora. Diplomarbeit am Institut für systematische Botanik der Universität Zürich, 148 S.
- Knellwolf, B. (2017):** Es bellt, kreucht und miaut. Luzerner Zeitung, 29.3.2017
- Krause, C.L. (2006):** Klimawirksames Planen und Bauen. Grundstudium Lehrveranstaltung Landschaftsarchitektur, Teil Landschaftsgestaltung, Werkblatt Stadt-Luft-Fluss. Fakultät Architektur, Universität Aachen.
- Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg (2005):** Durchgängigkeit für Tiere in Fliessgewässern – Teil 1 Grundlagen. 57 S.
- Leutert, F., Winkler, A. und Pfaendler, U. (1995):** Naturnahe Gestaltung im Siedlungsraum. Leitfaden Umwelt Nr. 5, Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL), 112 S.
- Leutert, F. (2013):** Die Flora auf dem Areal des Schulhauses Gräfler. Bericht im Auftrag der Stadtgärtnerei Schaffhausen, 7 S.
- Maruszczyk, J. und Singer-Posern, S. (2014):** Flechten als Indikatoren für Lufthygiene und Klimawandel – 20 Jahre Dauerbeobachtung in Hessen. Jahresbericht 2014 des Hessischen Landesamtes für Umwelt und Geologie, 12 S.

- Matthys, B. (2001):** Pflanzenökologische und mikroklimatische Untersuchungen an einer Flachdachbegrünung in Schaffhausen. Diplomarbeit am Geographischen Institut, Universität Zürich, 92 S.
- Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg (2017):** Monitoringbericht zum Klimaschutzgesetz Baden-Württemberg – Teil I: Klimafolgen und Anpassung. 158 S.
- Ministerium für Verkehr und Infrastruktur Baden-Württemberg (2015):** Städtebauliche Klimafibel - Hinweise für die Bauleitplanung. 2. aktualisierte Auflage, Stuttgart, 137 S.
- Naturforschende Gesellschaft Schaffhausen (2010):** Boden – Lebewesen, Grundstück oder Dreck? Neujahrsblatt Nr. 62/2010
- Naturforschende Gesellschaft Schaffhausen (2012):** Luft. Neujahrsblatt Nr. 64/2012
- Oechslin, C. (1995):** Mühlental im Wandel. Lässt sich der Lebensraum im Industriegebiet Mühlental in Schaffhausen ökologisch und gestalterisch aufwerten? Diplomarbeit Ingenieurschule Chur, 83 S.
- Oggier, P., Righetti, A. und Bonnard, L. (2001):** Zerschneidung von Lebensräumen durch Verkehrsinfrastrukturen COST 341. Umwelt-Wissen Nr. 07/14 (2. aktualisierte Auflage der BUWAL-Schriftenreihe Umwelt Nr. 332). Bundesamt für Umwelt; Bundesamt für Raumentwicklung; Bundesamt für Verkehr; Bundesamt für Strassen. Bern, 101 S.
- Oriet, Daniela (2003):** Treibhausgasbilanz der Stadt Schaffhausen und Sparpotenzial an Treibhausgasemissionen durch rationelle Energienutzung in Gebäuden. Diplomarbeit am Geographischen Institut der Universität Zürich, 125 S.
- Orniplan (2019):** Ermittlung der Gebäudebrüter beim Obertorturm, Schwabentor und St. Johann. Im Auftrag von SHPower.
- Otte, A. und Ludwig, T. (1987):** Dörfliche Ruderalpflanzen-Gesellschaften im Stadtgebiet von Ingolstadt. Bayer. Bot. Ges. 58, S. 179-227
- Parodi, P. (2018):** Alpensegler - Abänderung der Nistplätze am Haus der Wirtschaft. Bericht zu Händen des Turdus, Vogel- und Naturschutzverein Schaffhausen vom 4.5.2018
- Präsidialabteilung Dietikon (2013):** Natur im Siedlungsraum - Leitfaden zur Förderung der Biodiversität in der Stadt Dietikon. Vom Stadtrat verabschiedet am 19. August 2013, 28 S.
- Ruckstuhl, M. (2012):** Kein Fleck zu klein, um reich zu sein. dergartenbau Ausgabe 37/2012.
- Salafia, C.: Wildbienen. Flyer. [www.wildbienengarten.jimdo.com](http://www.wildbienengarten.jimdo.com)**
- Sartoris, A. (1997):** Strassenböschungspflege in der Stadt Schaffhausen. Diplomarbeit am Geographischen Institut der Universität Zürich, 122 S.
- Schmidt-Eichstaedt, G. (1996):** Stadtökologie – Lebensraum Grossstadt. BI-Taschenbuchverlag, Mannheim, 128 S.
- Scholl, I. (2016):** Nistplätze für Mauer- und Alpensegler - Praktische Informationen rund um Baufragen. 2. Auflage. Broschüre, 21 S.
- Schreiber, R.L. (Ed. 1993):** Tiere auf Wohnungssuche – Ratgeber für mehr Natur am Haus. Ein Buch der pro natur, Gesellschaft zur Förderung des Naturschutzes Frankfurt/M. Dt. Landwirtschaftsverlag, Berlin, 352 S.
- Stadt Zürich, Grün Stadt Zürich (2013):** Blumenwiesen – Wie sie angelegt werden.
- Stadt Zürich, Grün Stadt Zürich (2010):** Pflegeverfahren - Ein Leitfaden zur Erhaltung und Aufwertung wertvoller Naturflächen. 63 S.



- Tartaro, P. und Kunz, S. (2008):** Bedeutung und Bestand von Alleen und Alleenlandschaften in der Schweiz. Stiftung Landschaftsschutz Schweiz, 64 S.
- Tobias, S. (2008):** Ballungsräume für Mensch und Natur. Forum für Wissen, Eidgenössische Forschungsanstalt WSL, Birmensdorf, 82 S.
- VDI-Kommission Reinhaltung der Luft Düsseldorf (1988):** Stadtklima und Luftreinhaltung: Ein wissenschaftliches Handbuch für die Praxis in der Umweltplanung. Springer Verlag Berlin, 426 S.
- Zimmermann, G. (1998):** Umsetzung der Agenda 21 auf lokaler Ebene. Diplomarbeit am Geographischen Institut der Universität Zürich, 172 S.
- Zuber, R. (2013): Streusalz:** Auswirkungen auf die Stadtbäume und Gegenmassnahmen. Literaturstudie. Bericht im Auftrag der Vereinigung Schweizerischer Stadtgärtnereien und Gartenbauämter, VSSG, 94 S.

Abb. 45: Römerturm beim östlichen Wehrgang des Munots und Munotgraben.

(Quelle: eigenes Bild)

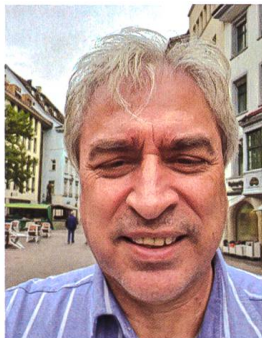
Der Römerturm ist älter als der Munot und dürfte auf eine frühere mittelalterliche Stadtbe-  
festigung zurückzuführen sein; dendrochronologische Datierungen weisen darauf hin, dass die  
eingesetzten Eichenstämme um etwa 1360 geschlagen wurden. Die Turmmauer ist auf der Seite  
des Römerstiegs mit der aus Ostasien stammenden Dreispitzigen Jungfernrebe (auch: Dreiblät-  
tiger Wilder Wein) begrünt. Diese Rebenart verwildert nur selten, obwohl Singvögel die reichlich  
vorkommenden blauschwarzen Beerenfrüchte gerne verzehren. In ihrem Blattwerk tummeln sich  
verschiedenste Spinnentiere und Insektenarten, die Vögel wiederum zur Fütterung ihrer Jungen  
verwenden. Der sommergrüne Kletterstrauch (ein sogenannter Selbstklimmer) bildet zwei bis  
drei Zentimeter lange Ranken, an welchen sechs bis zehn Haftscheiben sitzen. Damit hält sich die  
Dreispitzige Jungfernrebe an der Unterlage fest und kann so Mauerhöhen von über 20 Metern  
überwachsen. Ihre sattgrünen Laubblätter verfärben sich im Herbst auffallend orangegelb bis  
scharlachrot, bis sie schliesslich abgeworfen werden. Würden Laubbäume, Sträucher oder Stauden  
ihr Blattwerk im Herbst nicht abwerfen, würden sie vertrocknen, denn über die Blätter verlieren  
sie täglich Wasser. Wasser, das sie im Spätherbst und Winter nicht mehr ausreichend ersetzen  
können. Bevor die Blätter abgeworfen werden, wird alles Wertvolle recycelt, so etwa Stickstoff,  
Eisen, Magnesium, Mangan und andere Stoffe, welche bis zum nächsten Frühjahr in den Wur-  
zeln, den Ästen und im Stamm gelagert werden. Nach der Zerlegung des grünen Blattpigments  
Chlorophyll kommen die anderen Farbstoffe des Blattes zum Vorschein, die Carotinoide sowie die  
Xanthophylle. Diese sind gelb, orange, rot, manche auch violett, besitzen also die typischen Farben  
des Herbstlaubes. Einige Pflanzen bilden im Herbst ausserdem Anthozyane. Diese leuchtend roten  
Pflanzenfarbstoffe schützen die Blätter in ihren letzten Tagen vor Schäden durch UV-Licht. Mit  
dem herbstlichen Laubfall reduzieren die Bäume und Sträucher nicht nur den Wasserverbrauch,  
sondern auch die Bruchgefahr. Denn der Windwiderstand der Blätter und die Schneelast könnten  
einen Astbruch verursachen oder sogar den Stamm knicken. Auf dem Bild ist am Mauerfuss ein  
Totholzhaufen ersichtlich, in dem beispielsweise Erdkröten, Spitzmäuse, Käfer, Blindschleichen,  
Eidechsen oder Igel Schutz finden. Selbstverständlich besuchen nur solche Tierarten den Holz-  
haufen, die in der näheren Umgebung vorhanden sind oder einfliegen können. Mit der Pflanzung  
von einheimischen Wildsträuchern als Solitär- oder als Heckenpflanzen erhält die Anlage ausser-  
dem Form und Struktur. Die Blüten, Früchte und Herbstverfärbungen der Wildsträucher bilden  
nicht nur einen attraktiven Schmuck, sondern sind ebenso Lebensgrundlage für zahlreiche Vogel-  
und Insektenarten. Im Sommerhalbjahr jagen nachts im dunklen Munotgraben auch Fledermäuse.







## Zum Autor Urs Capaul



Am 21.9.1954 in Baden geboren, wuchs ich in einem ländlichen Weiler des Freiamtes im Kanton Aargau auf. Unmittelbar in Waldnähe, also dort, wo sich Fuchs und Hase gute Nacht sagen. Das hat meinen Lebenslauf geprägt. Schon früh interessierte ich mich für die Natur und die Landwirtschaft, denn beides gehörte seit der frühesten Kindheit zu meinem ständigen Umfeld. Bereits als Vierjähriger soll ich als Berufswunsch «Zoo-direktor» angegeben haben. Dennoch wählte ich später den Umweg über eine kaufmännische Lehre bei der BBC Baden und eine Wirtschaftsmatura bei der AKAD in Zürich, bis ich an der Universität Zürich ein Geographie- und Biologie-Studium abschliessen konnte. Schon während des Studiums faszinierten mich die ökologischen Zusammenhänge, obwohl es zu dieser Zeit noch keine Studiengänge «Umweltwissenschaften» gab. Die darauf folgende Dissertation zu atmosphärischen Depositionen erforderte neue spurenanalytische Methoden, um die Raumlufteinflüsse im Labor ausschliessen zu können. Nach der Dissertation vertiefte ich mein Wissen an der Universität Hannover in den Bereichen Grundwasser- und Abfallmanagement sowie an der EMPA St. Gallen zum Thema Umweltmanagementsysteme nach ISO 14001. In den Jahren 1983 bis 2015 unterrichtete ich mit einem kleinen Pensum als Lehrbeauftragter an der Universität Zürich das Thema «Behandlung von Umweltproblemen aus der Sicht der Praxis» und 1995 bis 2003 im Nachdiplomstudiengang Immobilienökonomie an der Fachhochschule St. Gallen das Thema «Gebäudeökologie». Nach Abschluss der Dissertation konnte ich praktische Erfahrungen im Ingenieurbüro Suis-electra Basel sammeln, wo wichtige Vorreiterarbeiten in den Bereichen Umweltverträglichkeitsprüfung und Umgang mit chemisch heiklen Chemieabfällen entstanden. Es war die Zeit von Seveso, Schweizerhalle und Tschernobyl, welche das Umweltbewusstsein der schweizerischen Bevölkerung nachhaltig schärfte und etliche Verordnungen zum Umweltschutzgesetz zur Folge hatten. Danach wechselte ich zur Swissair, wo mich eine neue Herausforderung erwartete: Die Ökobilanz einer weltweit tätigen Flugfirma, welche erstmalig die Schadstoffemissionen ihrer Flugzeuge während den verschiedenen Flugphasen, die Emissionen der Bodenfahrzeuge auf den Flughäfen und der ergänzenden Betriebe (Galvanik, Technik, Catering etc.) und Büros sehr detailliert erfasste. Im Jahr 1991 trat ich die Stelle als Stadtökologe in der Stadt

Schaffhausen an, wo ebenfalls einige Pionierarbeiten wie Energierichtplan, Bauökologische Richtlinien, Ökobilanz, Gesamtverkehrskonzept und vieles mehr entstanden. Schaffhausen wurde weltweit die erste Energiestadt, die städtischen Werke SHPOWER führten in der Schweiz als erstes Energieversorgungsunternehmen ein Energiedienstleistungsunternehmen (heute ETA-WATT) und ein branchenbezogenes Umweltmanagement ein! Im Jahr 2001 wurde ich erstmals in den Kantonsrat gewählt, dem ich seither ohne Unterbruch anhöre. Die politischen Mehrheitsverhältnisse im Kanton lassen leider keine grossen Sprünge in Richtung mehr Natur, Kreislaufwirtschaft oder Nachhaltigkeit zu, so dass ich kleine Errungenschaften fast wie einen Sieg feiere. Schon sehr früh beschäftigte ich mich mit den Gefahren der Nuklearenergie und nahm an den ersten Friedens- bzw. Ostermärschen teil. Die gravierenden Unfälle von Majak 1957, Lucens 1969, Harrisburg 1979, Tschernobyl 1986 und Fukushima 2011 belegen die Gefährlichkeit der radioaktiven Materialien und die zu hinterfragende menschliche Fähigkeit, eine risikobehaftete Technologie beherrschen zu können. Denn eines hat mich mein Leben gelehrt: Wo Menschen handeln, geschehen Fehler! So war es logisch und konsequent, dass ich bis heute versucht habe, mein Fachwissen und Engagement der Regionalkonferenz Zürich Nordost und der Fachgruppe Sicherheit zur Verfügung zu stellen. Denn das Problem radioaktive Abfälle wird die gesamte Gesellschaft noch auf Jahrhunderte hinaus beschäftigen, zumal Lösungen für Hunderttausende von Jahren gefunden werden müssen – Zeiträume, die ausserhalb der menschlich erfassbaren Dimension liegen.