

Erstaunliche Vielfalt in einem unscheinbaren Lebensraum: die Pflasterfugen-Flora der Stadt Zürich

Bertil O. Krüsi und Thomas Trachsel (Wädenswil)

Zusammenfassung

In den Fugen von gepflasterten Strassen und Wegen wachsen zahlreiche «Unkräuter», welche meist unbeachtet bleiben und oft genug bekämpft werden. Im Sommer 2011 untersuchten wir gepflasterte Verkehrsflächen in der Stadt Zürich und entdeckten eine erstaunliche floristische Vielfalt. Insgesamt fanden wir 213 Gefässpflanzenarten, 173 davon auf den 100 je 1 m² grossen Aufnahmeflächen. Im Mittel fanden wir 7.5 Arten pro Quadratmeter. Besonders artenreich waren Flächen mit Rasengittersteinen mit durchschnittlich 13.6 Arten pro m² (Maximum: 15). Unter den Funden waren 28 Arten, die im östlichen Schweizer Mittelland auf der Roten Liste stehen, zwei als «stark gefährdet (EN)», 15 als «verletzlich (VU)» und 11 als «potenziell gefährdet (NT)». 27 der 100 untersuchten 1 m²-Flächen enthielten mindestens eine Rote-Liste-Art. In 11 % der Flächen kamen invasive Neophyten vor, insgesamt fünf von der Schwarzen Liste und drei von der Watch-Liste, aber jeweils nur mit kleinen Deckungsgraden. Problematisch sind eher Gehölze, welche in Spalten einwachsen und Schäden verursachen können. Die überraschend artenreiche Pflasterfugen-Flora lässt sich einfach und kostengünstig fördern, z.B. durch (1) Reduzieren von Pflege und Unterhalt, (2) Nicht-Versiegeln von Pflasterfugen und (3) Verwenden von Rasengittersteinen auf Parkplätzen oder Tramtrassees.

Surprising diversity in an inconspicuous habitat: the flora of pavement gaps in the city of Zurich, Switzerland

On city streets, plants growing in pavement gaps usually remain unnoticed or are considered «weeds». On public places in the City of Zürich, we studied 100 plots, each 1 m² in size, and discovered an astonishing floristic diversity. On the whole, we found 213 vascular plant species, 173 on the 100 plots themselves. Out of the 213 species 28 are on the Red List for the Eastern Central Plateau, two as «endangered (EN)», 15 as «vulnerable (VU)» and 11 as «near threatened (NT)». 27 of the 100 plots studied contained at least one Red List species. On average, we recorded 7.5 vascular plant species per square meter. With 13.6 species per square meter (maximum 15) the greatest floristic diversity was found on areas covered with grass pavers. Regarding invasive neophytes, five species from the Black List and three from the Watch List were found. Since they were present on 11 % of the plots only and with low cover they do not present any major hazard. In conclusion, the spontaneous flora of pavement gaps is surprisingly rich and encompasses a considerable number of rare and endangered species. And, it is both easy and cheap to foster this flora, for instance, by (i) reducing cleaning, (ii) refraining from filling cobble stone gaps with concrete and (iii) using grass pavers instead of asphalt e.g. on parking lots and tramway tracks.

Schlagwörter: Stadtökologie – Kopfsteinpflaster – Rasengittersteine – Biodiversität – Trittpflanzen – Invasive Neophyten – Rote-Liste-Pflanzen

Keywords: urban ecology – cobble stones – grass pavers – biodiversity – pavement flora – invasive neophytes – Red List plants

1 EINLEITUNG

1.1 Stadtökologie

Dass die Stadt nicht «Anti-Natur» oder degenerierte Natur ist, hat sich unter Ökologen schon länger herumgesprochen (LANDOLT, 2001a; REICHHOLF, 2007; LACHAT et al., 2009; INEICHEN & RUCKSTUHL, 2010; KELCEY & MÜLLER, 2011). Im Bewusstsein vieler Leute ist der städtische Raum aber immer noch ein Gegenpol zur Natur, ein Raum, in welchem Natur zerstört wurde und weiter gestört wird. Als «richtige» Natur werden entweder unberührte Wildnis oder einfach Feld und Wald ausserhalb des Siedlungsraums wahrgenommen. Dass sich unter den speziellen Gegebenheiten des Lebensraums Stadt ganz von allein und ohne spezielle Schutz- und Fördermassnahmen eine eigenständige, dynamische und äusserst vielfältige Gemeinschaft an Pflanzen und Tieren formieren kann, bleibt oft unbemerkt. Dass es sich dabei um echte Natur handelt, auch. Und dass seltene und als schützenswert eingestufte Arten in der Stadt nicht nur vorkommen können, sondern manchmal sogar häufig sind, erstaunt selbst die Experten (LANDOLT, 2011).

Die Stadt als Lebensraum ist charakterisiert durch ein vergleichsweise kontinentales Klima, Strukturreichtum, teils magere Böden sowie einen relativen Mangel an Herbivoren und Prädatoren. Das Klima ist im Sommer heisser, im Winter milder, die Winde sind mehr verwirbelt und die Niederschlagsmenge etwas geringer als im Umland (LANDOLT, 2001a & 2011; REICHHOLF, 2007). Für die Vegetation sind vor allem die höheren mittleren Jahrestemperaturen, die milderen Winter und die höheren Maximalwerte im Sommer von Bedeutung. Effekte der zu erwartenden weiteren Klimaerwärmung auf die Vegetation können deshalb im Kerngebiet von Städten schon heute studiert werden. Der durch die höheren Temperaturen gesteigerte Wasserbedarf der Pflanzen wird durch die vielerorts versiegelten und verdichteten Böden noch verschärft. Nach Regenfällen läuft ein Grossteil des Wassers schnell oberflächlich ab, und der Boden darunter bleibt relativ trocken.

Im Vergleich zu intensiv genutztem Landwirtschaftsland bietet die Stadt aber eine grosse Vielfalt an Strukturen und damit Nischen für Spezialisten. Auf manchen bekiesten Flachdächern gedeihen Magerrasen, die an Felsensteppen erinnern, auf Bauerwartungsland wächst Ruderalvegetation, und Gleisanlagen gleichen Alluvionen von voralpinen Flüssen. Trotz allgemein starken Immissionen leben viele Pflanzen in der Stadt vergleichsweise ungestört, weil eine gezielte landwirtschaftliche Nutzung fehlt. So kann die Stadt zum Refugium für verschiedene bedrohte

Arten werden (LANDOLT, 2001a & 2011; REICHHOLF, 2007; LACHAT et al., 2009). Eine Erhebung in der Stadt Freiburg ergab z. B. total 721 frei wachsende Pflanzenarten, von denen ein Viertel auf der Roten Liste stehen (PURRO & KOZLOWSKI, 2003).

Nach dem Inselbiogeografie-Modell kann Stadtraum als Ansammlung von ökologisch unterschiedlichen, kleinen «Inseln» betrachtet werden. Nach MACARTHUR & WILSON (2001) finden sich auf einem Archipel aus vielen kleinen Inseln in geringem Abstand mehr Arten pro Quadratkilometer als auf vergleichbar beschaffenem Festland gleicher Grösse. In einer Stadt lassen von einander relativ isolierte und ökologisch sehr unterschiedliche Kleinstandorte eine hohe floristische Vielfalt erwarten. Verschiedene Studien stützen diese Annahme. Gemäss REICHHOLF (2007) gedeihen im Stadtgebiet von Berlin etwa doppelt so viele Gefässpflanzen-Arten pro Quadratkilometer wie im Umland (ca. 400 vs. 200). LANDOLT (2001a) fand in Zürich 40% der in der Schweiz vorkommenden einheimischen bzw. eingebürgerten Arten (1210 von 3000) obwohl die untersuchten 122 km² nur ca. 0.3% der Landesfläche ausmachen. Berücksichtigt man auch die 150 zufällig eingeschleppten und nur kurzfristig vorkommenden Arten sowie die 400 kultivierten aber kaum verwilderten Arten, steigt dieser Wert auf knapp 60% (LANDOLT, 2001a). Das Inselbiogeografie-Modell scheint auch sehr gut zur Pflasterfugen-Flora zu passen: die Vegetation ist oft nur auf wenigen Quadratmetern einigermaßen einheitlich und der nächste ähnliche Standort kann mehrere hundert Meter entfernt sein.

1.2 Lebensraum Pflasterfuge

Gepflasterte Oberflächen können mit Natursteinen oder Zementplatten ausgeführt sein. Zementplatten sind günstiger und ebener zu verlegen als Kopfsteinpflaster. Sie können zur Förderung der Begrünung oder der Versickerung von Regenwasser auch mit Abstandhaltern versehen sein. Kopfsteinpflaster bildet unregelmässig breite Fugen, in denen sich Feinerde und Sand sammeln können. Falls die Fugen nicht vermörtelt werden, wird sich Pflanzenbewuchs einstellen (Abb. 1). Auf Parkplätzen werden nicht selten Rasengittersteine verwendet. Die Zwischenräume werden mit Sand gefüllt, der über kurz oder lang von Pflanzen besiedelt wird. Als Pflasterfugen werden im Weiteren alle Spalten und Risse in versiegelten Verkehrsflächen bezeichnet, unabhängig von der Art der Pflasterung. Typisch für den Lebensraum «Pflasterfuge» sind insbesondere:

- Grosse mechanische Beanspruchung durch Tritt, Befahren oder Reinigung, oft als primär limitierender Faktor.



Abb. 1. Kopfsteinpflaster mit artenreicher Vegetation.

Fig. 1. Cobble stone pavement with species-rich vegetation.

In Randzonen, die nicht direkt betreten, befahren oder häufig gereinigt werden, kann die mechanische Störung aber zweitrangig sein.

- Extrem hohe Maximal-Temperaturen bei direkter Besonnung in Verbindung mit geringer nächtlicher Abkühlung und wenig Evapotranspiration.
- Hohe Salzbelastung. Der Streusalzeintrag im Winter bleibt sicher teils im Substrat zurück und führt bei empfindlichen Pflanzen zu zusätzlichem Wasserstress.
- Schwermetallbelastung. Im ganzen städtischen Siedlungsraum muss von erhöhter Schwermetallbelastung der Böden ausgegangen werden. Gemäss Prüfperimeterkarte für Bodenverschiebungen im GIS-Browser des Kantons Zürich (KANTON ZÜRICH, 2011) gilt fast das ganze Stadtgebiet als potentiell belastet.
- Lokal sehr variables Nährstoff- und Wasserangebot. Ob diese beiden Faktoren limitierend sind, hängt vom Mikrostandort ab. Pflanzen können den meist konkurrenz-

armen Wurzelraum unter dem Pflaster erschliessen, und erhebliche Mengen an Nährstoffen werden bereits mit dem Regenwasser eingeschwemmt bzw. über die Luft eingetragen, gemäss BAFU (2011a) in der Stadt Zürich 15–35 kg N pro Hektar und Jahr. Dank wenig Konkurrenz und geringer Evapotranspiration kann versickertes Wasser im Substrat unter der Pflästerung lokal z.T. lange gespeichert bleiben. Örtlich und kurzzeitig kann sogar Staunässe auftreten.

Nach DELARZE & GONSETH (2008) gehört die Pflasterfugenvegetation pflanzensoziologisch zu den Einheiten «Trockene Trittflur» (*Polygonion avicularis*) bzw. «Steinpflaster-Trittflur» (*Saginion procumbentis*).

1.3 Fragestellung

Bislang gibt es unseres Wissens keine systematische Erhebung über die Pflasterfugen-Flora in der Stadt Zürich. Das Ziel der vorliegenden Arbeit war, dies nachzuholen, unter besonderer Berücksichtigung von standörtlichen und naturschützerischen Aspekten. Konkret ging es dabei um die folgenden Fragen:

- Welche Gefässpflanzenarten kommen auf gepflästerten Verkehrsflächen in der Stadt Zürich vor?
- Wie viele Gefässpflanzenarten hat es im Durchschnitt pro Quadratmeter?
- Welche Mikrostandorte sind besonders artenreich?
- Hat es in den Pflasterfugen auch Arten der Roten Liste?
- Sind invasive Neophyten ein Problem?
- Gibt es Empfehlungen für den Umgang mit Pflasterbewuchs?

2 MATERIAL UND METHODEN

2.1 Sampling Design

Auf einem Raster mit einer Maschenweite von 500 m wurden im Siedlungsraum der Stadt Zürich mittels GIS (ESRI ArcMap) 100 Stichprobenpunkte festgelegt (Abb. 2). Ausgehend von diesen Punkten wurde im Sinne der Closest-Individual-Methode (KREBS, 1999) jeweils die nächstgelegene Fläche aufgesucht, die alle folgenden Randbedingungen erfüllte:

- a) Innerhalb des Siedlungsraums, d.h. nicht weiter als 250m vom nächsten Bauwerk (inkl. Friedhöfen und Parks) entfernt.
- b) Öffentliche bzw. halböffentliche Verkehrsfläche oder Parkplatz.
- c) Begangen oder befahren, mindestens gelegentlich.

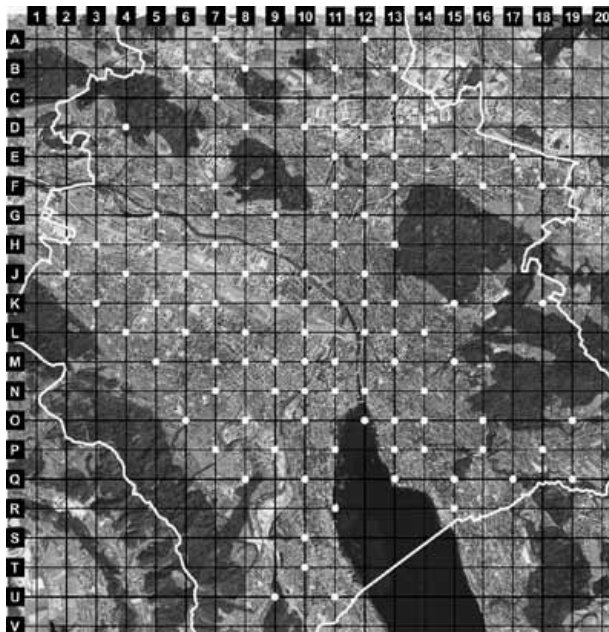


Abb. 2. Lage der 100 Stichprobenpunkte, an denen die Vegetation aufgenommen wurde. Weisse Linie = Stadtgrenze. GIS-Kartendaten: Geodaten © swisstopo (DV084370).

Fig. 2. Location of the 100 sampling points where vegetation relevés were made. White line = city limits.

- d) Deckungsgrad der Pflasterung bzw. des Belags mindestens 50%.
- e) Die für Pflanzen verfügbaren Fugen sind durch Kopfsteinpflasterung, Plattenbeläge, Rasengittersteine, Randsteine oder am Übergang von Belägen und Stützmauern entstanden.
- f) Deckungsgrad der Vegetation mindestens 10%.

2.2 Vegetationsaufnahmen

Wenn alle oben erwähnten Bedingungen erfüllt waren, wurden auf einer 1 m² grossen Fläche alle Gefässpflanzenarten aufgenommen und ihr Deckungsgrad in Prozent geschätzt. Die Feldaufnahmen erfolgten zwischen dem 20. 6. und dem 12. 8. 2011. Die Nomenklatur folgt LAUBER & WAGNER (2007). Für die Bestimmung wurden ausserdem LANDOLT (2001a), BINZ & HEITZ (1990), EGGENBERG & MÖHL (2009), JÄGER (2007) sowie KRÜSI (2011a,b) verwendet. Wie bei Trittvegetation zu erwarten, war die Bestimmung der Arten nicht immer ganz einfach. Viele Pflanzen wuchsen nur kümmerlich und hatten weder Blüten noch Früchte. Die Liste in Tab. 1 ist daher sicher nicht vollständig, und auch die eine oder andere Fehlbestimmung kann nicht ausgeschlossen werden. Angaben zum Rote-Liste-Status im Mittelland Ost (MP2) und in der Schweiz (CH) sowie zum Neophyten-

Status wurden LANDOLT et al. (2010) entnommen. Arten mit dem Status «A/N», «I/N» oder «Jn» wurden nicht als Neophyten gezählt. Die Angaben in LANDOLT et al. (2010) basieren auf MOSER et al. (2002) bzw. stimmen mit SKEW (2011) überein.

Um ein etwas vollständigeres Bild der Pflasterfugen-Flora der Stadt Zürich zu erhalten, wurde jeweils auch die Umgebung der 100 je 1 m² grossen Probestflächen nach bisher nicht erfassten Fugen-Arten abgesucht. In Tab. 1 sind diese in den übrigen Auswertungen nicht berücksichtigten Arten mit * gekennzeichnet. Bei den Moosen wurde nur zwischen Laub- und Lebermoosen unterschieden. Bei den Laubmoosen war vermutlich das Silber-Birnmoos (*Bryum argenteum*) am häufigsten, bei den Lebermoosen das Gewöhnliche Brunnenlebermoos (*Marchantia polymorpha*). Die angegebenen Artenzahlen beziehen sich jeweils nur auf Gefässpflanzen.

2.3 Standortdaten

Zusätzlich zu den Pflanzenarten wurden bei jeder Probestfläche Belags- und Nutzungsart (Fussgänger, Zweiräder oder Motorfahrzeuge) sowie Nutzungsintensität (selten, gelegentlich, häufig) notiert. Die maximale Wuchshöhe der Vegetation wurde in cm gemessen. Die Pflegeintensität wurde abgeschätzt und Dauer sowie Tageszeit der Besonnung im Sommer wurden notiert.

2.4 Sondererhebung Sempersteig

Der Sempersteig ist eine breite Treppe zwischen dem Hirschen-Graben und dem Hauptgebäude der Universität. Er ist teils gut besonnt und durchgehend mit Kopfsteinpflaster belegt. Wegen seinem auffallend reichhaltigen und grossflächigen Fugenbewuchs wurde der Sempersteig als «Paradebeispiel» besonders detailliert untersucht. Praktisch der ganze gepflasterte Bereich wurde in insgesamt 49 je 2 m x 2 m grosse Flächen unterteilt und wie oben beschrieben aufgenommen. Neben dem sehr intensiv begangenen Treppenaufgang gibt es mehrere Ausbuchtungen, die wenig begangen und nur selten gereinigt werden. Hier entwickelte sich eine dichte, artenreiche, etwas an eine Magerwiese erinnernde Vegetation (Abb. 3).

2.5 Datenauswertung

Die Vegetationsaufnahmen wurden mittels VEGEDAZ erfasst (KÜCHLER, 2010). Damit wurden auch die gewichteten mittleren Zeigerwerte nach LANDOLT (1977) berechnet. Die Angaben über Ein- und Zweijährigkeit wurden ebenfalls VEGEDAZ entnommen. Differenzen zwischen Mittelwerten wurden in Excel mittels t-Test (einseitig, ungleiche Varianzen) getestet.

3 RESULTATE

3.1 Artenzahl

Insgesamt wurden 213 Gefässpflanzenarten gefunden, davon 173 auf den 100 je 1 m² grossen Aufnahme­flächen (Tab. 1). Von diesen 173 Arten, wurden 72 (42%) nur einmal notiert, und 33% aller Arten gehörten zu den kurzlebigen, d.h. ein- und zweijährigen, Pflanzenarten. Nur in 10% der Aufnahmen wurden keine kurzlebigen Arten gefunden. Die grösste Stetigkeit hatte der Löwenzahn (*Taraxacum officinale*), gefolgt von Laubmoosen (vermutlich vor allem *Bryum argenteum*), Breitwegerich (*Plantago major*), Ein­jährigem Rispengras (*Poa annua*), Niederliegendem Mast­kraut (*Sagina procumbens*) und dem Kanadischem Beruf­kraut (*Conyza canadensis*) (Abb. 4). Im Allgemeinen gab es eine gute Übereinstimmung zwischen Stetigkeit und kumuliertem Deckungsgrad. Den höchsten Deckungsgrad hatten die Laubmoose. Eine Ausnahme war auch das Bewimperte Knopfkraut (*Galinsoga ciliata*), das zwar nur in relativ wenigen Flächen vorkam, aber jeweils mit einem grossen Deckungsgrad. Im Mittel fanden wir 7.5 Arten pro Qua-



Abb. 3. Randbereich des Sempersteigs mit üppiger, kleinräumig variierender Fugenvegetation.

Fig. 3. Section of the Sempersteig stairs with its rich and highly variable pavement gap flora.

dratmeter. Die fünf Flächen mit Rasengittersteinen waren mit 13.6 Arten pro Quadratmeter besonders artenreich.

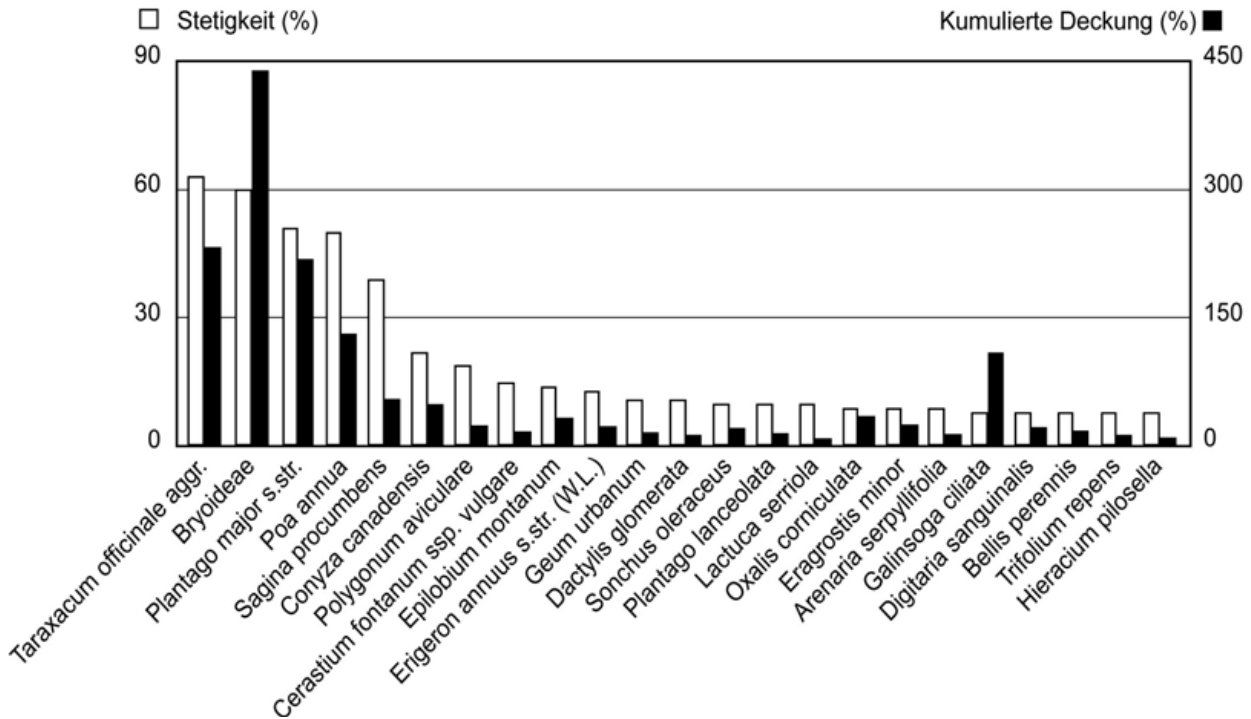


Abb. 4. Die 23 häufigsten Arten geordnet nach abnehmender Stetigkeit (= weisse Säulen). Die schwarzen Säulen zeigen den kumulierten Deckungsgrad in den 100 untersuchten Probestellen. W.L.= auf der Watch-Liste aufgeführter invasiver Neophyt.

Fig. 4. The 23 most frequent species in order of decreasing constancy (open bars). The filled bars show the cumulated cover of the respective species on the 100 relevé plots studied. W.L.= listed on the Watch List of invasive neophytes.

3.2 Invasive Neophyten und andere potentielle Problemarten

Von den 213 gefundenen Gefässpflanzen-Arten waren acht, d.h. 3.7%, als invasive (Schwarze Liste, Ns) oder potentiell invasive (Watch-Liste, Nw) Neophyten klassiert (SKEW, 2011): Götterbaum (*Ailanthus altissima*, Ns), Verlotscher Beifuss (*Artemisia verlotiorum*, Ns), Sommerflieder (*Buddleja davidii*, Ns), Einjähriges Berufkraut (*Erigeron annuus s. str.*, Nw), Mahonie (*Mahonia aquifolium*, Nw), Blauglockenbaum (*Paulownia tomentosa*, Nw), Robinie (*Robinia pseudoacacia*, Ns) und Kanadische Goldrute (*Solidago canadensis*, Ns). Ihr Stellenwert in Pflasterfugen war insgesamt klein. Am häufigsten waren *Erigeron annuus* und *Buddleja davidii*, mit den Rängen 10 und 26 in der Stetenliste (Abb. 4). Nur elf der 100 Probestellen wiesen invasive (Ns in Tab. 1) oder potentiell invasive (Nw) Neophyten auf. Die meisten wuchsen an eher weniger stark gestörten Stellen und hatten nur einen kleinen Deckungsgrad. Problematischer als invasive Neophyten dürften auf Verkehrsflächen aber Gehölze – auch einheimische – sein. Von 16 Gehölzarten wurden Jungpflanzen gefunden, am häufigsten Schwarzer Holunder (*Sambucus nigra*) und Götterbaum (*Ailanthus altissima*, Ns).

3.3 Nicht-invasive Neophyten

Wie für warme und gestörte Standorte zu erwarten, wurden auch diverse nicht-invasive Neophyten-Arten gefunden (N in Tab. 1). Von den 213 gefundenen Gefässpflanzen-Arten waren 26, d.h. 12.2%, meist aus Südeuropa stammende, nicht-invasive Zuwanderer. Darin inbegriffen sind auch verschiedene Gartenflüchtlinge und verwilderte Kulturpflanzen. Sie sind allgemein hitze- und dürretolerant. Nicht-invasive Neophyten wurden etwas häufiger in gut besonnten Lagen gefunden, kamen aber oft auch im Halbschatten vor. Am häufigsten war das Kanadische Berufkraut (*Conyza canadensis*), gefolgt von Bewimpertem Knopfkraut (*Galinsoga ciliata*), Aufrechtem Sauerklee (*Oxalis stricta*), Virginischer Kresse (*Lepidium virginicum*), Haarstielliger Hirse (*Panicum capillare*), Strahlenloser Kamille (*Matricaria discoidea*) und Gefleckter Wolfsmilch (*Euphorbia maculata*). Wie erwähnt sind verschiedene der nicht-invasiven Neophyten Gartenflüchtlinge, so z. B. die Gewöhnliche Stockrose (*Alcea rosea*) oder das Kaukasus-Vergissmeinnicht (*Brunnera macrophylla*). Zusammen mit den invasiven (Ns bzw. Nw in Tab. 1) machten die nicht-invasiven (N) Neophyten 16.0% der gefundenen Gefässpflanzen-Arten aus (34 von 213). Auf 57, d.h. auf mehr als

der Hälfte, aller Aufnahmeflächen hatte es mindestens eine Neophyten-Art.

3.4 Rote Liste Arten

28 (13.1%) der 213 gefundenen Gefässpflanzen-Arten sind auf der Roten Liste für das östliche Mittelland als «stark gefährdet» (EN, 2 Arten), «verletzlich» (VU, 15 Arten) oder «potenziell gefährdet» (NT, 11 Arten) aufgeführt. Als «stark gefährdet» gelten Purpur-Leinkraut (*Linaria purpurea*) und Gewöhnliche Felsennelke (*Petrorhagia saxifraga*), die folgenden 15 als «verletzlich»: Garten-Löwenmaul (*Antirrhinum majus*), Wermut (*Artemisia absinthium*), Sand-Schaumkresse (*Cardaminopsis arenosa*), Raue Nelke (*Dianthus armeria*), Schmalblättriger Doppelsame (*Diploaxis tenuifolia*), Schmalblättriger Hohlzahn (*Galeopsis angustifolia*), Rundblättriger Storchenschnabel (*Geranium rotundifolium*), Behaartes Bruchkraut (*Herniaria hirsuta*), Natternkopffartiges Bitterkraut (*Picris echioides*), Kleinblütiges Fingerkraut (*Potentilla micrantha*), Norwegisches Fingerkraut (*P. norvegica*), Stängellose Schlüsselblume (*Primula acaulis*), Wurzelnder Hain-Hahnenfuss (*Ranunculus serpens*), Felsen-Mauerpfeffer (*Sedum rupestre* aggr.) und Kron-Lichtnelke (*Silene coronaria*). Verschiedene der Arten, die auf der Roten Liste für das östliche Mittelland stehen, sind vermutlich aus Gärten verwildert, z.B. *Antirrhinum majus* (VU), *Centranthus ruber* (NT), *Foeniculum vulgare* (NT), *Linaria purpurea* (EN), *Paulownia tomentosa* (NT), *Primula acaulis* (VU), *Silene coronaria* (VU) oder *Tanacetum parthenium* (NT). Von den 100 untersuchten je 1 m² grossen Flächen enthielten 27 mindestens eine Rote-Liste-Art (östliches Mittelland). Dabei handelte es sich vorwiegend um weniger stark gestörte Flächen. Von den 28 Arten stehen 13 auch auf der Schweizerischen Roten Liste (Tab. 1; 1 x EN [*Linaria purpurea*], 3 x VU [*Herniaria hirsuta*, *Picris echioides*, *Potentilla norvegica*], 9 x NT), aber keine davon ist auf der «Liste der National Prioritären Arten» des Bundesamtes für Umwelt (BAFU, 2011b).

3.5 Ökologische Zeigerwerte

Gemäss den über alle 100 Aufnahmen zusammengezugenen, mit dem Deckungsgrad gewichteten mittleren Zeigerwerte nach LANDOLT (1977) herrschten im Sommer 2011 auf einer typischen Pflasterfugen-Fläche in der Stadt Zürich die folgenden Standortbedingungen (Abb. 5): mässig trocken bis leicht feucht (F = 2.8), schwach sauer (R = 3.1), mässig nährstoffreich (N = 3.6), volles Licht, aber zeitweise mit gewisser Beschattung (L = 3.8) und eine für den

Übergang von der kollinen zur montanen Stufe typische mittlere Temperatur während der Vegetationszeit ($T = 3.4$).

Wie Abb. 5 zeigt, war der Streuungsbereich der mittleren, gewichteten Zeigerwerte aber relativ gross. Einige gepflasterte Flächen lagen im tiefen Schatten, andere in der vollen Sonne. Überrascht hat vor allem die mit 3.4 relativ niedrige mittlere Temperatur-Zahl. Dürften doch die sommerlichen Tagesmaxima, aber wahrscheinlich auch die nächtlichen und winterlichen Minima auf den städtischen Pflaster-Flächen deutlich höher sein als z. B. im Grünland ausserhalb der Stadt. Einzelne Aufnahme-Orte waren mit einer gewichteten mittleren T-Zahl von 4.6 aber offensichtlich doch sehr warm. Das Lichtangebot war im Mittel ($L = 3.8$) erwartungsgemäss hoch. An schattigen Lagen wurde eine minimale L-Zahl von 2.2 berechnet. Die Nährstoffversorgung war im Mittel gut ($N = 3.6 =$ mässig nährstoffreich; Abb. 5). In den Pflasterfugen sammeln sich offenbar genügend Nährstoffe. Vereinzelt wurden aber auch sehr niedrige mittlere N-Zahlen gefunden, z.B. an Stellen, an denen die Pflasterung mit Kies unterfüttert war. Zum Teil führte auch das gehäufte Auftreten von Magerkeitszeigern wie *Eragrostis minor* ($N = 2$) zu einer niedrigen gewich-

teten mittleren N-Zahl, obwohl das Kleine Liebesgras an vielen Orten vermutlich eher wegen seines kompakten Wuchses als wegen seiner Anspruchslosigkeit in Bezug auf das Nährstoffangebot häufig war. Gemäss den mittleren, gewichteten Zeigerwerten war der Boden an den meisten Orten mässig trocken bis feucht ($F = 2.8$). Einzelne Orte wurden unter dem Pflaster sogar grosszügig mit Wasser versorgt, z.B. durch am Fuss von Stützmauern austretendes Hangwasser. Ausgeprägter Trockenstress war nur an wenigen Aufnahme-Orten zu beobachten ($F = 1.4$).

3.6 Standortfaktor «Mechanische Störung»

Der Grad der mechanischen Störung hatte einen erheblichen Einfluss auf die Pflasterfugen-Vegetation. Auf den am stärksten gestörten Flächen war der kumulierte Deckungsgrad aller vorkommenden Arten im Mittel nur halb so gross wie auf den am wenigsten stark gestörten ($18.2 [n = 12]$ vs. $37.9\% [n = 10]$, $p = 0.022$), und auch der Anteil der Rote-Liste-Arten (östliches Mittelland) war signifikant kleiner (1.7% vs. 6.7% , $p = 0.043$). Überraschenderweise gab es aber keine signifikanten Unterschiede in Bezug auf die Artenzusammensetzung, die mittlere Anzahl an Gefässpflanzen-Arten, an invasiven Neophyten oder an Ein- und Zweijährigen.

3.7 Rasengitterstein-Belag

Fünf der 100 untersuchten Aufnahmeflächen waren mit Rasengittersteinen belegt. Diese Flächen waren deutlich grüner (kumulierter Deckungsgrad: 47.8 vs. 26.2% , $p = 0.023$) und artenreicher (13.6 vs. 7.2 Arten pro m^2 , $p = 0.0005$) als die übrigen Flächen. Gemäss den berechneten gewichteten mittleren Zeigerwerten waren die Standortbedingungen auf Rasengitterstein-Belägen für die Pflanzen aber nicht signifikant anders als auf den übrigen Flächen. In der Artengarnitur unterschieden sich die Rasengitterstein-Beläge nur wenig von den anderen Flächen; insbesondere die hochsteten Arten waren die gleichen. Auf zwei der fünf Flächen kamen Rote-Liste-Arten vor, nämlich die im östlichen Mittelland als «verletzlich (VU)» eingestufteten Arten Garten-Löwenmaul (*Antirrhinum majus*) und Felsen-Mauerpfeffer (*Sedum rupestre* aggr.) sowie der «potenziell gefährdete (NT)» Fenchel (*Foeniculum vulgare*).

3.8 Sondererhebung Sempersteig

Die nahezu flächendeckende Erhebung des Sempersteigs ergab wie erwartet eine hohe Artenvielfalt. Auf den 49 untersuchten Flächen zu je vier Quadratmetern wurden insgesamt 100 Gefässpflanzen-Arten gefunden. Acht dieser

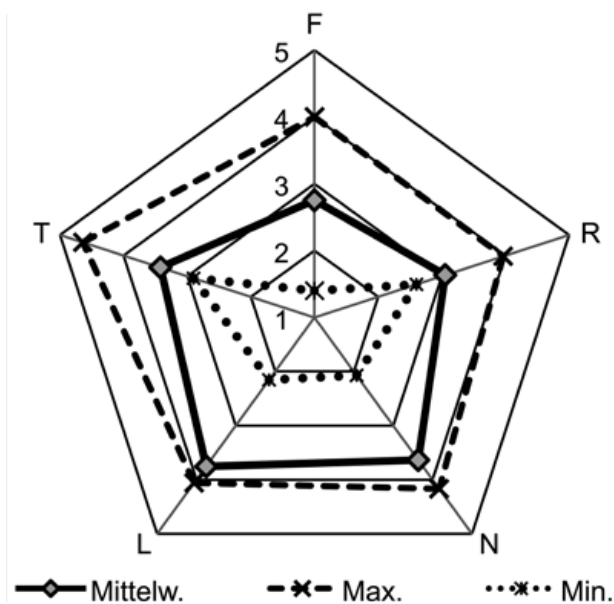


Abb. 5. Mittlere gewichtete Zeigerwerte nach LANDOLT (1977). Mittel, Minimum und Maximum der 100 Aufnahmen. Zeigerwerte: F = Feuchtezahl, R = Reaktionszahl, N = Nährstoffzahl, L = Lichtzahl, T = Temperaturzahl; 1 = wenig, 5 = viel.

Fig. 5. Mean weighted indicator values according to LANDOLT (1977). Average, minimum and maximum of the 100 vegetation relevés. Indicator values: F = humidity, R = reaction (pH), N = nutrients, L = light, T = temperature; 1 = little, 5 = much.

Arten sind in der Roten Liste für das östliche Mittelland als «verletzlich (VU)» oder als «potentiell gefährdet (NT)» aufgeführt (VU: *Dianthus armeria*, *Diplotaxis tenuifolia*, *Herniaria hirsuta* und *Silene coronaria*; NT: *Capsella rubella*, *Erysimum cheiranthoides*, *Hieracium lachenalii*, und *Hieracium piloselloides*).

4 DISKUSSION

4.1 Artenzahl

Die Gesamtzahl von 213 gefundenen Gefässpflanzen-Arten ist überraschend hoch. Da bis zum Schluss der Erhebung noch neue Arten gefunden wurden, ist die Artenliste in Tab. 1 sicher noch nicht vollständig. Insbesondere dürften die typischen Frühjahrs-Arten fehlen, welche im Sommer nicht mehr zu erkennen waren. Auch kann die Pflasterfugen-Flora von Jahr zu Jahr stark variieren, was z.B. von BURGA (2006) auf Kopfsteinpflaster in Andeer im Kanton Graubünden beobachtet worden ist. BURGA (2006) stellte bei den zwischen 2001 und 2005 jährlich durchgeführten Aufnahmen fest, dass während des Hitzesommers 2003 deutlich mehr Arten als in den Vorjahren keimten und dass sich insbesondere einige thermophile Arten aus den Südalpen erstmals ansiedeln konnten. Die hohe Gesamtartenzahl passt aber zur Feststellung von LANDOLT (2001a & 2011), dass auf dem relativ kleinen Gebiet der Stadt Zürich vergleichsweise sehr viele einheimische und eingebürgerte Arten vorkommen. Die auf den 100 Aufnahmeflächen von je 1 m² gefundenen 173 Arten entsprechen genau der Anzahl Gefässpflanzenarten, die LANDOLT (2001b) auf den insgesamt ca. 3 ha umfassenden Flachdächern der Filteranlage des Seewasserwerkes Moos in Zürich-Wollishofen gefunden hat. Wesentlich mehr Arten findet man auch in Naturschutzgebieten erst, wenn diese flächenmässig deutlich grösser sind: im Neeracher Ried (Kanton Zürich) wurden auf 110 ha z.B. insgesamt 432 Gefässpflanzenarten gefunden (KANTON ZÜRICH, 2006).

Eine grosse Artenvielfalt hat einen intrinsischen ökologischen Wert, auch wenn sie durch die Präsenz von an sich verbreiteten «Unkräutern» zu Stande kommt. ISBELL et al. (2011) fanden z.B., dass 84 % von 147 in 17 Biodiversitätsexperimenten untersuchten Graslandarten bei wechselnden Witterungs- und Bewirtschaftungsbedingungen mindestens einmal im Laufe der Experimente einen wesentlichen Beitrag zur Nährstoffaufnahme, zur Produktion von Biomasse oder anderen Ökosystemfunktionen leisteten.

Wenig überraschend war, dass 42 % der in den 100 je 1 m² grossen Aufnahmeflächen gefundenen Arten nur ein-

mal notiert worden sind. Neben den relativ wenigen, häufigen und für Trittgemeinschaften typischen Arten (Abb. 4), gelingt es offenbar immer wieder anderen, vor allem annuellen und ruderalen Arten, in den Pflasterfugen zu keimen. Bei rund einem Drittel der gefundenen Arten handelte es sich denn auch um Ein- oder Zweijährige. Eher überraschend war, dass zwei Drittel der gefundenen Arten mehrjährig waren. Ein Grund dafür könnte sein, dass die Pflasterfugen selbst weniger starken Störungen unterworfen sind als man auf den ersten Blick erwarten könnte.

Auf den untersuchten gepflasterten Verkehrsflächen in der Stadt Zürich wurden im Mittel pro Quadratmeter 7.5 Gefässpflanzenarten gefunden. Für Ruderalstandorte ist dies ein durchaus üblicher Wert. Auf einer im Winter 2009/10 abhumusierten Fläche im Bereich einer ehemaligen Aareschlaufe zwischen Thun und Bern notierten MEIER et al. (2012) im Sommer 2011 durchschnittlich (n = 50) 8.6 Gefässpflanzen-Arten pro Quadratmeter. Im 2005 neu abgerutschten Bereich des Goldauer Bergsturzes (Kanton Schwyz) fand BETSCHART (2011) im Mittel (n = 35) 4.9 Arten pro Quadratmeter. Im seit mindestens 10 Jahren eisfreien Teil des Vorfeldes des Morteratschgletschers beobachtete ZIEFLE (2006) im Mittel (n = 90) 8.4 Arten pro Quadratmeter, und LEUENBERGER (2011) fand auf 10 bis 40 Jahre alten, schlecht begrüntem Skipistenplanierungen oberhalb von St. Moritz im Mittel (n = 40) 9.1 Arten pro Quadratmeter. Auf älteren anthropogenen Ruderalflächen kann die kleinräumige floristische Vielfalt aber auch deutlich grösser sein: GÜSEWELL & KLÖTZLI (2012) fanden z.B. auf den – trotz Begrünung – auch nach über 40 Jahren meist nur relativ spärlich bewachsenen Böschungen (kumulierte Deckung inkl. Moosen = 56 %) der Ofenpassstrasse durchschnittlich 19 Gefässpflanzenarten pro Quadratmeter (n = 8). Insbesondere im Vergleich zu den rund 30 Arten pro Quadratmeter in Halbtrockenrasen (z.B. KRÜSI, 1978) oder auf von Hirschen intensiv beweideten subalpinen Rasen im Schweizer Nationalpark (KRÜSI et al., 2006) ist die kleinräumige floristische Vielfalt der Pflasterfugen-Vegetation aber klein.

4.2 Neophyten

Überraschenderweise lag der Anteil der Neophyten an der Pflasterfugen-Flora der Stadt Zürich mit 16.0 % (34 von 213 Arten) nur relativ wenig über den für die Flora der gesamten Schweiz angegebenen 12 % (MOSER et al., 2002; GIGON & WEBER, 2005; LACHAT et al., 2009) aber deutlich unter den 23 %, welche LANDOLT (2001a & 2011) für die insgesamt 1211 einheimischen und eingebürgerten Arten der Flora

der Stadt Zürich angibt. BRANDES (2003) fand für Braunschweig mit 29 % einen ähnlich hohen Anteil an zugewanderten Arten wie LANDOLT (2001a, 2011) in Zürich, und auch andere Autoren berichten von einer positiven Korrelation zwischen Siedlungsnähe und Neophyten-Vielfalt (z. B. NOBIS, 2008; NOBIS et al., 2009; KOWARIK, 2010). Besonders viele Neophyten sind auf Ruderalflächen in urban-industriellen Räumen zu erwarten (KOWARIK, 2010). Für den überbauten Teil der Stadt Zürich (Urbanitätsstufe 5) gibt LANDOLT (2001a) einen Neophyten-Anteil von 63 % an.

Von den 34 in den Pflasterfugen gefundenen Neophyten-Arten waren fünf (14.7 %) invasiv und drei (8.8 %) potentiell invasiv, d.h. auf der Schwarzen bzw. der Watch-Liste der SKEW (2011). Für die Schweizer Flora sind die entsprechenden Werte mit 6.0 % bzw. 4.3 % deutlich kleiner. Im Limmattal fanden SCHNEIDER & BURGA (2010) mit 12 invasiven Neophyten von der Schwarzen und drei von der Watch-Liste in absoluten Zahlen fast doppelt so viele invasive und potentiell invasive Neophyten-Arten wie in der vorliegenden Untersuchung zur Pflasterfugen-Flora der Stadt Zürich (15 vs. 8).

Fazit: Der Anteil der invasiven und nicht-invasiven Neophyten an der Pflasterfugen-Flora ist für Siedlungsräume unerwartet klein. Neophyten profitieren zwar im Allgemeinen von Störungen (z.B. KOWARIK, 2010; BRUNNER & KRÜSI, 2011), aber die Störungsintensität an den untersuchten Standorten ist – im Sinne der Intermediate-Disturbance-Hypothese (COLLINS et al., 1995) – für die meisten Neophyten-Arten wahrscheinlich doch zu gross. Die Intermediate-Disturbance-Hypothese besagt, dass die Artenvielfalt in einem Lebensraum dann am grössten wird, wenn er mässig oft und mässig stark gestört wird. Auf sehr intensiv genutzten Verkehrswegen können nur ganz wenige Arten überleben. In schlecht zugänglichen und daher wenig gestörten Randzonen hingegen nehmen schnell einige wenige konkurrenzstarke Arten überhand und verdrängen die anderen Arten. Dazwischen, wo die mechanische Störung mässig ist, bilden sich die artenreichsten vielfältigsten Bestände. Interessant in diesem Zusammenhang ist die Arbeit von MARNER & REICHMUTH (2011), die für Zürich und Umgebung gezeigt hat, dass invasive Neophyten an kleinen, revitalisierten Fliessgewässern aktuell kein Problem darstellen und zwar vermutlich primär wegen der häufigen und sorgfältigen Grünflächenpflege sowie wegen dem Fehlen von grösseren Ruderalflächen. Auch das – auf den ersten Blick überraschende – Fehlen von Neophyten an den seit über 40 Jahren lückigen Böschungen der Ofenpass-

strasse führen GÜSEWELL & KLÖTZLI (2012) auf die dort herrschenden extremen Standortbedingungen zurück.

Im Allgemeinen sind daher die invasiven Neophyten auf gepflasterten Verkehrsflächen kein Problem. Dies gilt insbesondere auch für die drei von LANDOLT (2011) als besonders invasiv eingestuften Schwarze-Liste-Arten Armenische Brombeere (*Rubus armeniacus*), Spätblühende Goldrute (*Solidago gigantea*) und Japan-Knöterich (*Reynoutria japonica*). Von den Arten der Schwarzen und der Watch-Liste (SKEW, 2011) verhalten sich in der Stadt Zürich und Umgebung gemäss LANDOLT (2007) insgesamt 13 ausgeprägt invasiv. Er erwähnt aber auch, dass sich diese im Siedlungsraum bisher nicht in problematischem Mass vermehren. Dazu beitragen könnte auch, dass es in Zürich trotz globalem Klimawandel und städtischem Wärme-Insel-Effekt offenbar immer noch merklich kühler ist als z.B. im Tessin. Für verschiedene im Tessin verbreitete Trittpflanzen wie z.B. Bermudagrass (*Cynodon dactylon*) oder Nagelkraut (*Polycarpon tetraphyllum*), denen LANDOLT et al. (2010) die Temperaturzahl 5 zugeordnet haben, ist es in Zürich offenbar an den meisten Stellen auch heute noch zu kühl. Laurophylle Arten wie z.B. Hanfpalme (*Trachycarpus fortunei*) und Immergrüne Kriech-Heckenkirsche (*Lonicera pileata*) werden in Zürich – anders als im Tessin – periodisch durch kalte Winter (z.B. 2011/12) gebremst (z.B. WALTHER, 1999).

Die vorliegende Untersuchung hat aber auch gezeigt, dass sich die Kanadische Goldrute (*Solidago canadensis*) und der Sommerflieder (*Buddleja davidii*) an einzelnen Stellen in Pflasterfugen so gut etabliert haben, dass sie erheblich zur weiteren Verbreitung dieser Arten beitragen können. Die Schwarze-Liste-Arten Götterbaum (*Ailanthus altissima*) und Robinie (*Robinia pseudoacacia*) sowie der seit 2007 auf der Watch-Liste stehende Blauglockenbaum (*Paulownia tomentosa*) wurden und werden zudem häufig auch an Strassen und auf Plätzen angepflanzt. Entlang von Zürichs Strassen ist die Robinie – nach dem Spitz-Ahorn (*Acer platanoides*) – die zweithäufigste Baumart (LANDOLT, 2011).

Ein grösseres Problem als Neophyten sind für den Unterhalt von gepflasterten Verkehrsflächen sicher – einheimische und eingeführte – Sträucher und Bäume. Auf intensiv genutzten Flächen können Holzpflanzen zwar nicht hochkommen, aber in relativ wenig genutzten Randzonen können sie in wenigen Jahren sowohl ober- als auch unterirdisch eine beachtliche Grösse erreichen. Ihre Entfernung kann dann schwierig werden. Rückschnitt führt zudem oft zu verstärktem Stockausschlag, so dass er über Jahre wiederholt werden muss. Es empfiehlt sich daher, schon auf junge Holzpflanzen zu achten und diese früh auszureissen.

4.3 Rote Listen Arten

28 (13.1 %) der 213 gefundenen Gefässpflanzenarten sind auf der Roten Liste der im östlichen Schweizer Mittelland gefährdeten Arten, zwei als «stark gefährdet (EN)», 15 als «verletzlich (VU)» und 11 als «potentiell gefährdet (NT)». 13 der 28 Arten gelten auch gesamtschweizerisch als gefährdet (1 x EN, 3 x VU und 9 x NT; Tab. 1). Die für einen derart unwirtlichen und naturfernen Lebensraum grosse Zahl Rote-Liste-Arten mag auf den ersten Blick überraschen, passt aber sehr gut zu den Beobachtungen von LANDOLT (2011), der in der Stadt Zürich 75 Arten fand, die in der Schweiz als «stark gefährdet (EN)» bzw. als «verletzlich (VU)» gelten. Dafür gibt es gemäss LANDOLT (2011) mehrere Gründe: (1) in der Stadt gibt es zahlreiche, ganz unterschiedliche und – wie die Pflasterfugen – oft relativ konkurrenzarme Mikrostandorte, (2) verschiedene Rote-Liste-Arten werden in Gärten kultiviert und (3) einige Arten gedeihen in Schutzgebieten bzw. an Spezialstandorten wie z.B. auf den Flachdächern der Filteranlage des Seewasserwerkes Moos (LANDOLT, 2001b). Für die gepflasterten Verkehrsflächen dürften vor allem die Erklärungen (1) und z.T. (2) relevant sein. Die Randbereiche von Wegen und Plätzen werden z.T. nur relativ selten betreten und gewischt, und dank der Pflasterung sind sie nicht flächendeckend mit konkurrenzstarken Arten bewachsen. Solche «anthropogene Alluvionen und Schutthalden» sind daher eigentliche Refugien für konkurrenzschwache Arten, zu denen auch verschiedene seltene und gefährdete Arten gehören.

4.4 Einfluss der Störungsintensität

Wie zu erwarten hatte der Grad der mechanischen Störung einen erheblichen Einfluss auf den Deckungsgrad und die Wuchshöhe der Pflasterfugen-Vegetation (Abb. 1). Auf den am stärksten gestörten Flächen war der Deckungsgrad der Vegetation nur halb so gross wie auf den am wenigsten stark gestörten Flächen (18.2 vs. 37.9 %, $p = 0.022$). Überraschenderweise gab es aber keine signifikanten Unterschiede in Bezug auf die Artenzusammensetzung sowie die mittlere Anzahl an Gefässpflanzen-Arten, an invasiven Neophyten oder an Ein- und Zweijährigen. Die einfachste Erklärung dafür ist, dass Häufigkeit und Intensität der Störungen an einem Ort nicht lange gleich bleiben. Nehmen die Störungen ab, vergrössert sich kurzfristig nur der Deckungsgrad, nicht aber die Artenzusammensetzung der Vegetation. Dazu passt auch, dass die Artenzahlen auf den am stärksten bzw. am schwächsten gestörten Flächen nur unwesentlich anders waren als die mittlere Artenzahl über alle untersuchten Flächen. Die gemäss der Intermediate-

Disturbance-Hypothese (COLLINS et al., 1995) zu erwartenden Effekte zeigen sich nur, wenn Unterschiede in Häufigkeit und Intensität der Störungen an einem Ort über längere Zeit mehr oder weniger konstant sind.

4.5 Rasengittersteine

Die fünf Aufnahmeflächen mit Rasengittersteinen waren signifikant grüner (kumulierter Deckungsgrad: 47.8 vs. 26.2 %, $p = 0.023$) und artenreicher (13.6 vs. 7.2 Arten pro m^2 , $p = 0.0005$) als die übrigen Flächen. Ein Grund dafür, dass die Artenzahl pro Quadratmeter auf Rasengittersteinen fast doppelt so gross war wie bei den anderen Belagsarten, könnte die Unterteilung des Substratraums in von einander isolierte Kleinstflächen sein. Oft wächst in einer Öffnung nur eine Art, aber in jeder Öffnung wieder eine andere. Jede Öffnung bildet quasi eine kleine Insel bzw. einen separaten Pflanztopf, in welchem auch konkurrenzschwache Arten vor konkurrenzstarken relativ gut geschützt sind. Flächen mit Rasengitter-Belag waren meistens Parkplätze, mit stärker und schwächer gestörten Teilbereichen, was die Artenvielfalt zusätzlich fördert. Die von den Rädern erfassten Zonen sind eher stark gestört, während der Bereich zwischen den Fahrspuren nur schwach gestört ist. Eine interessante Möglichkeit für die Anwendung von Rasengittersteinen bieten vom übrigen Verkehr getrennte Tramtrassees. Neben der beabsichtigten Lärmreduktion und der besseren Versickerung von Regenwasser wird dadurch auch die floristische Vielfalt gefördert. In der Stadt Zürich würden sich zusätzlich zu den bereits vorhandenen noch verschiedene weitere Tramstrecken – z.B. in der Mitte von Hauptstrassen – zur Begrünung mit Rasengittersteinen eignen.

4.6 Sempersteig

Der Sempersteig hat eindrücklich gezeigt, dass sich auf Kopfsteinpflaster praktisch von alleine eine sehr vielfältige und artenschützerisch interessante Vegetation einstellen kann. Die Treppe wird gemäss F. Würsch von Entsorgung und Recycling Zürich «extensiv gepflegt», weil das Personal für häufigeres Wischen fehle. Der Nebeneffekt dieser Sparbemühungen ist aus botanischer Sicht sehr erfreulich, und man würde sich noch weitere, auch private Plätze wünschen, die nur selten gewischt werden und deren Fugenbewuchs nicht mit allen Mitteln bekämpft wird. Bemerkenswert war insbesondere der relativ grosse Bestand des Bewimperten Bruchkrautes (*Herniaria hirsuta*), welches in der ganzen Schweiz sehr selten ist (info flora, 2011) und in der Stadt Zürich gemäss Landolt (2001a) nur an wenigen Orten der Innenstadt vorkommt. *H. hirsuta* wächst in den stark begangenen Bereichen, wo der mechanische Stress

andere Arten kaum aufkommen lässt. Auch der Schmalblättrige Doppelsame (*Ruccola*, *Diploxys tenuifolia*) und der Acker-Schöterich (*Erysimum cheiranthoides*) sind hier verbreitet. Löwenzahn (*Taraxacum officinale*) macht sich in den meisten nicht voll besonnten Bereichen der Treppe breit und verdrängt kleinere Arten. Er ist schwierig zurückzudrängen, doch im Sinn des Erhalts der Vielfalt und der seltenen Arten wäre es wünschenswert, wenn dies lokal – z.B. mit Mähen – versucht würde. Die im Sommer 2011 zum Teil recht grossen Gehölze, vor allem Schwarzer Holunder (*Sambucus nigra*) und Amerikanischer Zürgelbaum (*Celtis occidentalis*), sollten entfernt werden solange dies noch einfach möglich ist.

4.7 Handlungsoptionen

Aus Sicht des Artenschutzes sollte der Pflasterfugenbewuchs eher gefördert als bekämpft werden. Seltene Arten im Stadtraum zu fördern ist vergleichsweise einfach und günstig: Es genügt, gepflasterte Wege und Verkehrsflächen – und natürlich auch Baumscheiben – nicht zu perfekt zu pflegen und zu unterhalten. Selbst der Ersatz von geschlossenen Rasen durch Rasengittersteine bzw. unverfugtes

Kopfsteinpflaster würde seltene Pflanzen stark begünstigen. Weitere denkbare Massnahmen auf öffentlichen und privaten Flächen wären:

- Unterhalt von gepflasterten Verkehrsflächen – und Baumscheiben – reduzieren. Das senkt Kosten und fördert die Biodiversität.
- Auf Parkplätzen und im Bereich von Tramgeleisen vermehrt Rasengittersteine einsetzen.
- Reine Rasenflächen lokal durch unverfugtes Pflaster auflockern und diese Bereiche anschliessend wie Magerrasen nutzen und pflegen.
- Asphalt durch unverfugtes Kopfsteinpflaster ersetzen.
- Wahrnehmung und Akzeptanz der Pflasterfugen-Flora fördern: weg vom Image «ungepflegte Fläche» hin zu «erfreulichem Wildwuchs».

5 VERDANKUNGEN

Wir danken D. Hepenstrick und F. Kasten (ZHAW) sowie D. Al Jabaji (UNABE) für ihre wertvolle Unterstützung beim Bestimmen schwieriger Arten.

Tab. 1. Liste aller gefundenen Gefässpflanzen-Arten. Botanische Nomenklatur nach LAUBER & WAGNER (2007). * = nur ausserhalb der 100 je 1 m² grossen Probestellen gefunden. Rote Liste Schweiz und Unterregion Mittelland Ost gemäss LANDOLT et al. (2010): EN = stark gefährdet, VU = verletzlich, NT = potenziell gefährdet, LC = ungefährdet. Neophyten gemäss LANDOLT et al. (2010): N = nicht invasiv; Ns = invasiv, Schwarze Liste; Nw = potentiell invasiv, Watch Liste. Wie in Kap. 2.2 erwähnt, ist diese Liste sicher nicht vollständig. Weitere Arten sind insbesondere aus den Gattungen *Carex*, *Geranium*, *Hieracium*, *Salix*, *Silene*, *Sonchus*, *Trifolium*, *Veronica* und *Viola* zu erwarten.

Tab. 1. List of the vascular plant species found. Nomenclature according to LAUBER & WAGNER (2007). * = species found only outside the 100 relevés of 1 m² each. Red List according to LANDOLT et al. (2010) for Switzerland and the Eastern Central Plateau, respectively: EN = endangered, VU = vulnerable, NT = near threatened, LC = least concern. Neophytes according to LANDOLT et al. (2010): N = non invasive; Ns = invasive, Black List; Nw = potentially invasive, Watch List. As mentioned in chapter 2.2, the list is not complete. Additional species are to be expected, in particular, from the following genera: *Carex*, *Geranium*, *Hieracium*, *Salix*, *Silene*, *Sonchus*, *Trifolium*, *Veronica* and *Viola*.

<i>Acer campestre</i>	<i>Alliaria petiolata</i>	<i>Bellis perennis</i>	<i>Cardamine impatiens</i> *
<i>Acer platanoides</i>	<i>Althaea officinalis</i> N	<i>Betula pendula</i>	<i>Cardaminopsis arenosa</i> NT, VU
<i>Acer pseudoplatanus</i> *	<i>Amaranthus blitum</i> *	<i>Brachypodium sylvaticum</i>	<i>Carex muricata</i> aggr.
<i>Acer saccharinum</i> N	<i>Anagallis arvensis</i>	<i>Bromus hordeaceus</i> *	<i>Carex pendula</i>
<i>Achillea millefolium</i> s.l.	<i>Antirrhinum latifolium</i>	<i>Brunnera macrophylla</i> N	<i>Carpinus betulus</i>
<i>Acinos arvensis</i> * LC,NT	<i>Antirrhinum majus</i> NT,VU	<i>Buddleja davidii</i> Ns	<i>Celtis occidentalis</i> * N
<i>Aegopodium podagraria</i>	<i>Aquilegia vulgaris</i> , LC,NT	<i>Calamagrostis epigejos</i> *	<i>Centranthus ruber</i> * LC,NT
<i>Agrostis capillaris</i>	<i>Arctium lappa</i>	<i>Calendula officinalis</i> *	<i>Cerastium fontanum</i> .
<i>Agrostis stolonifera</i>	<i>Arenaria serpyllifolia</i>	<i>Calystegia sepium</i>	<i>Chaenorhinum minus</i>
<i>Ailanthus altissima</i> Ns	<i>Arrhenatherum elatius</i>	<i>Campanula rapunculoides</i> *	<i>Chelidonium majus</i>
<i>Ajuga reptans</i>	<i>Artemisia absinthium</i> * LC,VU	<i>Capsella bursa-pastoris</i>	<i>Chenopodium album</i>
<i>Alcea rosea</i> N	<i>Artemisia verlotiorum</i> * Ns	<i>Capsella rubella</i> LC,NT	<i>Cichorium intybus</i>
<i>Alchemilla conjuncta</i> aggr.*	<i>Artemisia vulgaris</i> *	<i>Cardamine flexuosa</i>	<i>Circaea lutetiana</i>
<i>Alchemilla xanthochlora</i>	<i>Avenella flexuosa</i>	<i>Cardamine hirsuta</i>	<i>Cirsium arvense</i> *

Tab. 1. (Fortsetzung)

Tab. 1. (continued)

<i>Clematis vitalba</i>	<i>Geum urbanum</i>	<i>Petrorhagia saxifraga</i> * LC,EN	<i>Senecio vulgaris</i>
<i>Convolvulus arvensis</i> *	<i>Glechoma hederacea</i>	<i>Phleum pratense</i>	<i>Setaria viridis</i>
<i>Conyza canadensis</i> N	<i>Hedera helix</i>	<i>Picris echioides</i> VU,VU	<i>Silene coronaria</i> * NT,VU
<i>Cornus sanguinea</i>	<i>Herniaria glabra</i> LC,NT	<i>Picris hieracioides</i>	<i>Sinapis arvensis</i> *
<i>Corydalis lutea</i>	<i>Herniaria hirsuta</i> VU,VU	<i>Plantago lanceolata</i>	<i>Solanum dulcamara</i> *
<i>Cotoneaster</i> sp. N	<i>Hieracium lachenalii</i> * LC,NT	<i>Plantago major</i>	<i>Solanum nigrum</i>
<i>Crepis capillaris</i>	<i>Hieracium murorum</i>	<i>Poa annua</i>	<i>Solidago canadensis</i> Ns
<i>Cymbalaria muralis</i>	<i>Hieracium pilosella</i>	<i>Poa compressa</i>	<i>Sonchus oleraceus</i>
<i>Dactylis glomerata</i>	<i>Hieracium piloselloides</i> LC,NT	<i>Poa nemoralis</i> *	<i>Sorbus aucuparia</i>
<i>Daucus carota</i>	<i>Holcus lanatus</i> *	<i>Poa pratensis</i>	<i>Stellaria media</i>
<i>Dianthus armeria</i> * NT,VU	<i>Hordeum murinum</i> s.str.	<i>Poa trivialis</i>	<i>Tanacetum parthenium</i> NT,NT
<i>Digitaria sanguinalis</i>	<i>Hypericum perforatum</i>	<i>Polygonum aviculare</i>	<i>Taraxacum officinale</i> aggr.
<i>Diplotaxis tenuifolia</i> LC,VU	<i>Hypochaeris radicata</i>	<i>Polygonum persicaria</i>	<i>Taxus baccata</i> *
<i>Duchesnea indica</i> N	<i>Juncus tenuis</i> N	<i>Populus alba</i>	<i>Thymus serpyllum</i> aggr.
<i>Echinochloa crus-galli</i>	<i>Lactuca serriola</i>	<i>Portulaca oleracea</i>	<i>Trifolium campestre</i>
<i>Echium vulgare</i>	<i>Lapsana communis</i>	<i>Potentilla anserina</i> *	<i>Trifolium incarnatum</i>
<i>Elymus repens</i>	<i>Leontodon autumnalis</i>	<i>Potentilla micrantha</i> * LC,VU	<i>Trifolium pratense</i>
<i>Epilobium hirsutum</i>	<i>Leontodon hispidus</i>	<i>Potentilla norvegica</i> VU,VU N	<i>Trifolium repens</i>
<i>Epilobium montanum</i>	<i>Lepidium virginicum</i> N	<i>Potentilla reptans</i> *	<i>Tussilago farfara</i>
<i>Epilobium parviflorum</i>	<i>Linaria purpurea</i> EN,EN,N	<i>Prenanthes purpurea</i>	<i>Urtica dioica</i>
<i>Eragrostis minor</i>	<i>Linaria vulgaris</i>	<i>Primula acaulis</i> LC,VU	<i>Valeriana officinalis</i>
<i>Erigeron annuus</i> s. str. Nw	<i>Lolium multiflorum</i> N	<i>Prunella vulgaris</i>	<i>Verbascum densiflorum</i>
<i>Erodium cicutarium</i> *	<i>Lolium perenne</i>	<i>Ranunculus friesianus</i>	<i>Verbascum thapsus</i> s.str.
<i>Erysimum cheiranthoides</i> NT,NT	<i>Lotus corniculatus</i>	<i>Ranunculus repens</i>	<i>Verbena bonariensis</i> * N
<i>Euphorbia maculata</i> N	<i>Mahonia aquifolium</i> * Nw	<i>Ranunculus serpens</i> LC,VU	<i>Verbena officinalis</i>
<i>Euphorbia peplus</i>	<i>Malva neglecta</i>	<i>Raphanus raphanistrum</i>	<i>Veronica arvensis</i>
<i>Fallopia convolvulus</i>	<i>Matricaria discoidea</i> N	<i>Robinia pseudoacacia</i> * Ns	<i>Veronica filiformis</i> N
<i>Festuca arundinacea</i>	<i>Medicago lupulina</i>	<i>Rorippa palustris</i>	<i>Veronica hederifolia</i>
<i>Festuca ovina</i> aggr.	<i>Medicago sativa</i>	<i>Rorippa sylvestris</i>	<i>Veronica persica</i> N
<i>Festuca pratensis</i>	<i>Melilotus albus</i>	<i>Rubus caesius</i>	<i>Veronica serpyllifolia</i> *
<i>Festuca rubra</i> aggr.	<i>Melissa officinalis</i>	<i>Rubus fruticosus</i> aggr.	<i>Vicia sepium</i>
<i>Foeniculum vulgare</i> LC,NT	<i>Mentha x piperita</i> *	<i>Rumex obtusifolius</i>	<i>Viola odorata</i>
<i>Forsythia x intermedia</i> * N	<i>Mycelis muralis</i>	<i>Sagina procumbens</i>	<i>Viola reichenbachiana</i>
<i>Fragaria vesca</i>	<i>Nigella damascena</i> * N	<i>Salix caprea</i>	<i>Vitis</i> sp.
<i>Fraxinus excelsior</i>	<i>Oenothera biennis</i> aggr.* N	<i>Salvia pratensis</i> *	
<i>Galeopsis angustifolia</i> NT,VU	<i>Origanum vulgare</i>	<i>Sambucus nigra</i>	<u>Moose</u>
<i>Galeopsis tetrahit</i>	<i>Oxalis corniculata</i> N	<i>Sanguisorba officinalis</i>	<i>Bryum argenteum</i>
<i>Galinsoga ciliata</i> N	<i>Oxalis stricta</i> N	<i>Scrophularia umbrosa</i> *	<i>Marchantia polymorpha</i>
<i>Galium album</i>	<i>Panicum capillare</i> N	<i>Sedum acre</i>	
<i>Geranium robertianum</i>	<i>Parthenocissus quinquefolia</i> * N	<i>Sedum album</i>	<u>Pilze</u>
<i>Geranium rotundifolium</i> , LC,VU	<i>Paulownia tomentosa</i> LC,NT, Nw	<i>Sedum rupestre</i> aggr. LC,VU	<i>Bovista</i> sp.*

6 LITERATUR

- BAFU 2011a. Stickstoff-Deposition. www.bafu.admin.ch/luft/luftbelastung/schadstoffkarten
- BAFU 2011b. Liste der National Prioritären Arten. Arten mit nationaler Priorität für die Erhaltung und Förderung. Bundesamt für Umwelt, Bern. Umwelt-Vollzug 1103, 132 pp.
- BETSCHART, S. 2011. Goldauer Bergsturz von 2005. Entwicklung von Flora und Vegetation in den ersten sechs Jahren. Semester-Arbeit, Zürcher Hochschule für angewandte Wissenschaften ZHAW, Wädenswil, 65 pp.
- BINZ, A. & HEITZ, C. 1990. Schul- und Exkursionsflora für die Schweiz. Schwabe & Co. AG, Basel, 659 pp.
- BRANDES, D. 2003. Die aktuelle Situation der Neophyten in Braunschweig. Braunschweiger Naturkundl. Schriften 6(4), 705–760.
- BRUNNER, B. & KRÜSI, B.O. 2011. Neophytenkartierung an der Thur: wachsen auf den renaturierten Flussabschnitten mehr gebietsfremde Pflanzenarten? Mitteilungen der Thurgauischen Naturforschenden Gesellschaft 65, 67–75.
- BURGA, C. A. 2006. Unkraut-Monitoring 2001–2005 und der Hitzesommer 2003 am Beispiel von Kopfsteinpflasterritzen in Aanderr (Hinterrhental/GR). Vierteljahrsschrift der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich 151(1/2), 29–34.
- COLLINS, S.L., GLENN S.M. & GIBSON, D. J. 1995. Experimental analysis of intermediate disturbance and initial floristic composition: Decoupling cause and effect. *Ecology* 76, 486–492.
- DELARZE, R. & GONSETH, Y. 2008. Lebensräume der Schweiz. hep Verlag, Bern, 424 pp.
- EGGENBERG, S. & MÖHL, A. 2009. Flora Vegetativa. Haupt Verlag, Bern, 680 pp.
- GIGON, A. & WEBER, E. 2005. Invasive Neophyten in der Schweiz: Lagebericht und Handlungsbedarf. Geobotanisches Institut, ETH Zürich. Bericht zu Handen des Bundesamtes für Umwelt, Wald und Landschaft, Bern (http://www.cps-skew.ch/deutsch/inva_bericht.pdf).
- GÜSEWELL S. & KLÖTZLI F. 2012. Local plant species replace initially sown species on roadsides in the Swiss National Park. *eco.mont* 4(1), 23–33.
- INEICHEN, S. & RUCKSTUHL, M. 2010. Stadtfauna. 600 Tierarten der Stadt Zürich. Haupt Verlag, Bern, 446 pp.
- ISELL, F., CALCAGNO, V., HECTOR, A., CONNOLLY, J., HARPOLE, W.S., REICH, P.B., SCHERER-LORENZEN, M., SCHMID, B., TILMAN, D., VAN RUIJVEN, J., WEIGELT, A., WILSEY, B.J., ZAVALA, E.S. & LOREAU, M. 2011. High plant diversity is needed to maintain ecosystem services. *Nature* 477, 199–202.
- info flora 2011. Das nationale Daten- und Informationszentrum der Schweizer Flora. www.infoflora.ch
- JÄGER, E. J. (Hrsg.) 2007. Rothmaler. Exkursionsflora von Deutschland. Gefässpflanzen: Atlasband. 11. Aufl. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg, 753 pp.
- KREBS, C. J. 1999. *Ecological Methodology*. 2nd ed. Addison Wesley Longman, Menlo Park, California, USA, 620 pp.
- KRÜSI, B.O. 1978. Grenzen der Aussagekraft von Vegetationsaufnahmen. *Ber. Geobot. Inst. ETH, Stiftung Rübel*, 45, 134–155.
- KRÜSI, B.O. 2011a. Schlüssel zum Bestimmen von Gräsern und Grasartigen im vegetativen Zustand. Typoskript. ZHAW, Wädenswil, 38 pp.
- KRÜSI, B.O. 2011b. iGräser. Eine digitale Gräser-Bestimmungs-App (Test-Version). www.igraeser.ch/mobile
- KRÜSI, B.O., SCHNELLER, J.J. & GRÄMIGER, H. 2006. Sichtbare und unsichtbare Grenzen der Fiederzwenke. *Cratschla* 2006(2), 8–9.
- KANTON ZÜRICH 2006. Vegetationserhebung Naturschutzgebiet Neeracher Riet. Fachstelle Naturschutz, unveröffentlicht.
- KANTON. ZÜRICH 2011. GIS-Browser: Hinweise auf Schadstoffbelastungen im Erdreich. www.gis.zh.ch
- KELCEY, J.G. & MÜLLER, N. (eds) 2011. *Plants and Habitats of European Cities*. Springer, New York, 685 pp.
- KOWARIK, I. 2010. Biologische Invasionen. Neophyten und Neozoen in Mitteleuropa. 2. Aufl. Ulmer, Stuttgart, 492 pp.
- KÜCHLER, M. 2010. Software VEGEDAZ. Programm für die Erfassung und Auswertung von Vegetationsdaten. Eidg. Forschungsanstalt WSL, Birmensdorf.
- LACHAT, T., PAULI, D., GONSETH, Y., KLAUS, G., SCHEIDEGGER, C., VITTOZ, P. & WALTER, T. (Red.) 2009. Wandel der Biodiversität in der Schweiz. Ist die Talsohle erreicht? Haupt Verlag, Bern, 435 pp.
- LANDOLT, E. 1977. Ökologische Zeigerwerte zur Schweizer Flora. Veröff. Geobot. Inst. ETH, Stiftung Rübel 64. Zürich, 208 pp.
- LANDOLT, E. 2001a. Flora der Stadt Zürich. Birkhäuser Verlag, Basel, 1421 pp.
- LANDOLT, E. 2001b. Orchideen-Wiesen in Wollishofen (Zürich) – ein erstaunliches Relikt aus dem Anfang des 20. Jahrhunderts. Vierteljahrsschrift der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich 146(2/3), 41–51.
- LANDOLT, E. 2007. Invasive Neophyten in Zürich. Vierteljahrsschrift der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich 152(1/2), 1–15.
- LANDOLT, E. et al. 2010. Flora indicativa. Haupt Verlag, Bern, 376 pp.

- LANDOLT, E. 2011. Zürich. In: «Plants and Habitats of European Cities», J.G. KELCEY & N. MÜLLER eds, pp. 547–577. Springer, New York, 685 pp.
- LAUBER, K. & WAGNER, G. 2007. Flora Helvetica. 4. Aufl. Haupt Verlag, Bern, 1631 pp.
- MACARTHUR, R. H. & WILSON, E. O. 2001. The Theory of Island Biogeography. Princeton University Press, Princeton, 203 pp.
- MARNER, M. & REICHMUTH, P. 2011. Neophyten an Fliessgewässern. BSc-Arbeit, Zürcher Hochschule für angewandte Wissenschaften ZHAW, Wädenswil, 29+38 pp.
- MEIER, C., ROSSET, M.O. & KRÜSI, B.O. (2012). Das Hechtenloch auf dem Weg zur Pfeifengraswiese. Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaft in Bern Neue Folge 69, 93–115.
- MOSER, D., GYGAX, A., BÄUMLER, B., WYLER, N. & PALESE, R. 2002. Rote Liste der gefährdeten Farn- und Blütenpflanzen der Schweiz. Bundesamt für Umwelt (BUWAL-Reihe «Vollzug Umwelt»), Bern, 118 pp.
- NOBIS, M.P. 2008. Invasive Neophyten auch im Wald? Wald und Holz 8, 46–49.
- NOBIS, M.P., JAEGER, J.A.G. & ZIMMERMANN, N.E. 2009. Neophyte species richness at the landscape scale under urban sprawl and climate warming. Diversity and Distributions 15, 928–939.
- PURRO, C. & KOSLOWSKY, G. 2003. Flore de la ville de Fribourg. Editions Universitaires Fribourg, 610 pp.
- REICHHOLF, J. H. 2007. Stadtnatur. Eine neue Heimat für Tiere und Pflanzen. Oekom Verlag, München, 318 pp.
- SCHNEIDER, O. & BURGA, C. A. 2010. Invasive Neophyten im Limmattal – Status Quo 2007 und Massnahmen. Vierteljahrschrift der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich 155(3/4), 1–15.
- SKEW 2011. Schweizerische Kommission für die Erhaltung der Wildpflanzen. www.cps-skew.ch
- TRACHSEL, T. 2011. Artenvielfalt der Pflasterfugenvegetation der Stadt Zürich. BSc-Arbeit, Zürcher Hochschule für angewandte Wissenschaften ZHAW, Wädenswil, 27+28 pp.
- WALTHER J.-R. 1999: Distribution and limits of evergreen broad-leaved (laurophyllous) species in Switzerland. Botanica Helvetica 109, 153–167.
- ZIEFLE, M. 2006. Gletscherschwund und Vegetationsdynamik in Morteratsch (Pontresina, Schweiz): Primäre Sukzession auf Art- und Gesellschaftsebene, Jugendwachstum zweier Salix-Arten und Klimawandel. MSc-Arbeit, Geographisches Institut, Universität Zürich, 93 pp.

Bertil O. Krüsi, Prof. Dr. sc. nat. ETH, und Thomas Trachsel, dipl. Ing. FH,
ZHAW Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften, IUNR Institut für Umwelt und natürliche Ressourcen,
Grüntal, CH-8820 Wädenswil, bertil.kruesi@zhaw.ch