

Ökosystemdienstleistungen von Stadtbäumen in urban-industriellen Stadtlandschaften – Analyse, Bewertung und Kartierung mit Baumkatastern

Tobias Scholz¹, Silvia Ronchi², Angela Hof³

¹Geographisches Institut, Ruhr Universität Bochum · tobias.scholz-k5i@rub.de

²Politecnico Milano

³Fachbereich Geographie und Geologie, Universität Salzburg

Zusammenfassung: Baumkataster beinhalten wichtige Datengrundlagen für die Analyse und Bewertung der Biodiversität und Ökosystemdienstleistungen von Stadtbäumen. Allerdings müssen die Daten für Fragestellungen der Wertermittlung von Stadtbäumen durch Geländeaufnahmen ergänzt werden und Auswertungen zur Biodiversität greifen zu kurz, wenn sie sich nur auf die Analyse des Artenreichtums beschränken. In den vorgestellten Ansätzen wird auf diese Erfordernisse vor dem Hintergrund der Steigerung der Funktionsfähigkeit von urbanen Ökosystemen differenziert eingegangen und es werden konkrete Anwendungen für Stadtbaumkataster vorgestellt.

Schlüsselwörter: Biodiversität, Gehölzartenplanungsdatenbank, Wertermittlung

Abstract: *Urban tree cadastres are important data bases for analysis and evaluation of biodiversity and ecosystem services of city trees. However, to validate the data for those issues, some parameters must be supplemented by ground surveys. Evaluations on biodiversity fall short if they are limited to the analysis of species richness. The present approach is geared towards meeting these requirements in the context of increasing the functionality of urban ecosystems and demonstrates operational applications for assessment and valuation of city trees.*

Keywords: *Biodiversity, tree planning database, valuation*

1 Einleitung und Fragestellung

Welche Rolle spielen Städte für die Bewahrung der Biodiversität und wie kann die Funktionsfähigkeit von Stadtökosystemen und deren Leistungen gesteigert werden? Die Biodiversität in Städten ist überraschend hoch (KÜHN et al. 2004) und die Heterogenität von Stadtlandschaften bietet vielfältige Lebensräume. Nichteinheimische Pflanzenarten (Neophyten) und naturferne Flächen, wie Straßen, Plätze und Fußgängerzonen, tragen als Teilräume eines Mosaiks städtischer Lebensräume zur urbanen Biodiversität bei (KOWARIK 2011). Die kausalen Zusammenhänge zwischen urbaner Biodiversität und Ökosystemdienstleistungen in Städten sind jedoch bislang ungenügend verstanden (ZITER 2015). Eine Reihe von empirischen Arbeiten weist auf die Bedeutung der funktionalen bzw. strukturellen Diversität und der Stabilität von ökosystemaren Prozessen und Funktionen als Grundlage der Ökosystemdienstleistungen hin. Nicht grüne Infrastruktur per se, sondern Stadtbäume generell und die Stadtbaumdiversität tragen signifikant zur mikroklimatischen Regulationsleistung und Verbesserung der städtischen Luftqualität bei (MANES et al. 2012, ZITER 2015). Im aktuellen stadtökologischen Diskurs stehen daher mehrere Fragen im Vordergrund, die bezogen auf Stadtbäume als zentrale Strukturelemente städtischer Vegetation und die langfristige Wertschöpfung ihrer Ökosystemdienstleistungen relevant sind (MORGENROTH et al. 2016): Wie

hängen Stadtbaumdiversität und Ökosystemdienstleistungen zusammen? Wie können Stadtbäume auch unter sich verändernden klimatischen Bedingungen optimale Ökosystemdienstleistungen erbringen?

Im Vordergrund lösungsorientierter Ansätze stehen trade-offs zwischen Pflege- und Erhaltungskosten und den Ökosystemdienstleistungen des städtischen Grüns. Das Design leistungsfähiger Stadtnatur optimiert Ökosystemdienstleistungen. Die Leistungsträger dieser Stadtnatur sind ästhetische Arten mit geringem Ozonbildungspotenzial und hoher Trockentoleranz. Plädiert wird für eine neue Offenheit gegenüber Neophyten und anderen Exoten, eine Neudefinition der Stadtökosysteme, der urbanen Biodiversität und der urbanen Naturschutzpraxis (HITCHMOUGH 2011, KOWARIK 2011, WITTIG et al. 2012). Leistungsfähige Stadtbäume werden zu integralen Bestandteilen der klimaangepassten Stadtplanung und Stadtentwicklung (MORGENROTH et al. 2016).

Die Zielsetzung dieses Beitrags ist es, städtische Baumkataster hinsichtlich ihrer Auswertbarkeit zu analysieren und an konkreten Beispielen Möglichkeiten der Analyse, Bewertung und Kartierung von Ökosystemdienstleistungen von Stadtbäumen und Verbesserungsmöglichkeiten für Theorie und Praxis aufzuzeigen.

2 Ökosystemdienstleistungen von Stadtbäumen

Ohne einen expliziten Bezug zum menschlichen Wohlergehen sind Ökosystemdienstleistungen weder konzeptionell noch praktisch denk- und fassbar (BOYD & BANZHAF 2007, GRUNEWALD & BASTIAN 2012). Ökosystemdienstleistungen sind vielleicht gerade deshalb so *en vogue*, weil sie die Beziehung zwischen basalen ökosystemaren Funktionen und Prozessen einerseits und dem Nutzen für die Gesellschaft andererseits herstellen (WRIGHT 2011). Besonders deutlich wird dies an dem frei verfügbaren Softwarepaket i-Tree (NOWAK et al. 2006), mit dem die Ökosystemdienstleistungen von Stadtbäumen, wie z. B. CO₂-Sequestrierung, Feinstaubfilterung und das Einsparen von Energie, auf unterschiedlichen Maßstabsebenen (Viertel, Stadtteil oder gesamte Stadt) erfasst und sowohl in physikalischen Messgrößen, als auch monetär quantifiziert werden können (vgl. Abschnitt 2.1). Die zu erwartenden klimatischen Veränderungen und der ungebrochene Trend der Urbanisierung erfordern eine effektive und effiziente städtische Grünplanung (WITTIG et al. 2012). Vor dem Hintergrund der Anpassungen an den Klimawandel im urbanen Raum wird daher insbesondere der Aspekt der geeigneten Gehölzarten diskutiert (vgl. Abschnitt 2.2).

2.1 Wertermittlung von Stadtbäumen mit i-Tree Eco Modellanwendungen

Die Software i-Tree Eco wurde vom Forest Service des US Department of Agriculture entwickelt und dient zur strukturellen Erfassung von urbanen Gehölzbeständen. Über die bloße Darstellung struktureller Parameter wie Brusthöhendurchmesser und Blattflächen hinaus liefert das Programm für jeden einzelnen Baum Werte zu folgenden wohlfahrtsstiftenden Größen, die ökonomisch den Ansätzen der Schadens- und Schadensvermeidungskosten und Alternativkosten zuzuordnen sind (vgl. GRUNEWALD & BASTIAN 2012, WÄLCHLI 2012, 37-38):

- jährliche Schadstoffbeseitigung durch urbane Gehölze (SO₂, NO₂, O₃, PM₁₀);
- jährliche Beseitigung von Kohlenmonoxid (CO);
- Gesamtmenge des gespeicherten Kohlenstoffs im gesamten Baumbestand;

- Nettomenge des jährlich sequestrierten Kohlenstoffs;
- urbane Forststruktur, einschließlich Artzusammensetzung, Bedeckungsgrad, Dichte, Gesundheit, Biomasse, Bodenbewuchs (Gebüsch u. a.);
- Effekt von Bäumen auf den Energiehaushalt von Gebäuden (einschließlich Reduktion des CO₂-Ausstosses);
- Anfälligkeit gegenüber Schädlingen;
- Baumartenzusammensetzung (inkl. exotische Spezies u. a.);
- Regenwasserrückhalt.

Dabei liefert i-Tree nicht nur Messwerte, sondern nimmt unter bestimmten Annahmen (z. B. Kosten für Baumpflege) eine Kosten-Nutzen-Analyse bestimmter Ökosystemdienstleistungen vor und stellt die gesellschaftlichen Nutzungswerte der Bäume den Kosten für ihre Erhaltung und Pflege gegenüber. Damit werden Fragestellungen an der Schnittstelle zwischen naturwissenschaftlicher Praxis und gesellschaftlichem Nutzen bedient. Obwohl für die USA entwickelt und streng genommen auch nur für die dortigen Klimazonen und modellierten Baumarten kalibriert, wird i-Tree zunehmend auch in europäischen Studien eingesetzt (AEVERMANN & SCHMUDE 2015, BARÓ et al. 2014). Voraussetzung für die Nutzung des Modells sind im Gelände erhobene Daten (Baumart, BHD, Baumhöhe, Kronenumfang und -ansatz, Lichtexposition der Krone und Vitalität), die entweder durch vollständige Bestandsaufnahmen, oder auf stichprobenartig ausgewählten Aufnahmeflächen erhoben werden (vgl. BARÓ et al. 2014). Des Weiteren erfordert das Programm Klimadaten eines Jahres und stündlich gemessene Feinstaubwerte. Klimastationen in den USA sind in der Applikation integriert. Für europäische Projekte müssen die Klima- und Feinstaubdaten in die USA gesendet werden. Das manuelle Anpassen des Algorithmus auf diese Daten kann zu Wartezeiten zwischen drei und sechs Monaten führen.

Eine vereinfachte Version stellt i-Tree Streets dar. Hierbei dienen umfangreiche empirische Untersuchungen in Referenzstädten der USA als Berechnungsgrundlage, sodass lediglich die Baumart und der BHD zur Modellierung benötigt werden. Zuvor wird die Referenzstadt ausgewählt, die hinsichtlich des Klimas mit der zu untersuchenden Stadt vergleichbar ist. Der Fokus von i-Tree Streets ist der Nutzen der Bäume in Geldwerten, gemessen an der Verbesserung der Luftqualität, Energieeinsparungen, Verminderung von Starkregenereignissen, Speicherung und Sequestrierung von Kohlenstoff und ästhetischem Wert. Dies sind Ansätze zur ökonomischen Bewertung von Natur, die Schadens- und Schadensvermeidungskosten und Alternativkosten ermitteln (vgl. GRUNEWALD & BASTIAN 2012). Die Berechnung basiert allerdings auf Vergleichswerten und Interpolationen, sodass i-Tree Eco genauere Daten liefert.

Beide i-Tree Modelle haben ähnliche Defizite wie andere Modelle zur Bewertung von Ökosystemdienstleistungen: keines der Modelle ist in der Lage, die Biodiversität oder die sozialen und kulturellen Wohlfahrtswirkungen der Bäume umfassend zu quantifizieren und zu bewerten, obwohl diese Wertkomponenten oft als die für die Gesellschaft wichtigsten Ökosystemdienstleistungen beschrieben werden (SARAJEVS 2011). i-Tree Eco modelliert auch physiologische Parameter, wie die Blattfläche und den LAI (*Leaf Area Index*), die für weitere Modellierungen, z. B. der Temperaturabsenkung durch die belaubte Krone von Bäumen, genutzt werden können (vgl. hierzu GILLNER et al. 2015).

2.2 Biodiversitätsanalysen mit Stadtbaumkatastern und der Citree-Planungsdatenbank

Auf der Grundlage forstwirtschaftlicher Grundlagenforschung wurde eine Planungsdatenbank zur Gehölzartenauswahl für urbane Räume entwickelt (CITREE 2015, GILLNER et al. 2016) und es sind die Baumarten benannt worden, die hinsichtlich des Klimawandels besonders angepasst, d. h. robust gegenüber Trockenheit und Spätfrost sind und sich damit auch in Zukunft als Stadtbäume eignen (ROLOFF 2013). Mit der Planungsdatenbank Citree werden städtischen Entscheidungsträgern und ausführenden Ämtern konkrete Entscheidungshilfen gegeben, wo in der Stadt welche Bäume gepflanzt werden sollen, nach welchen Kriterien die Auswahl und Standortwahl erfolgen soll, wie dies ökonomisch und ökologisch einzuschätzen und zu begründen ist. Ebenfalls berücksichtigt wird, ob der Gehölzbestand die Stadtbewohner ästhetisch anspricht und für sie gesundheitsförderlich ist (Allergiepotezial, Astbruchrisiko, Geruchsbelästigung) (CITREE 2015).

Der Artenreichtum ist dabei nur ein Aspekt, denn im Ökosystem Stadt spielen die mit der Stadtbaumdiversität zusammenhängenden Ökosystemdienstleistungen und auch potenzielle Gefährdungen für Menschen und andere Biota eine sehr wichtige Rolle. Erhöhter Artenreichtum per se verbessert nicht zwingend die Ökosystemdienstleistungen. Eine Optimierung von Ökosystemdienstleistungen ohne Berücksichtigung der qualitativen Biodiversität kann jedoch auch fatal sein. Versorgungs- und Regulationsleistungen der Stadtbäume werden durch Blätter, Knospen, Blüten, Pollen und Holz hervorgerufen. Bäume bieten Tier- und Pflanzenarten ökologische Nischen in der Vertikalen, wobei einheimischen Arten eine signifikant höhere Bedeutung als den Neophyten zukommt (FERENC et al. 2014). Gemäß der Bedeutung von Stadtbäumen für die Biodiversität von Wildbienen, Käfern, Schmetterlingen, Vögeln und Säugetieren schlägt GLOOR (2015) die Einbeziehung eines Biodiversitätsindex für Baumarten bei der Planung und Unterhaltung von Bäumen im Siedlungsraum vor. Bei der hier vorgestellten Analyse sind die Aspekte der Biodiversität und der klimaangepassten Gehölzartenauswahl gleichermaßen berücksichtigt worden (vgl. Abschnitt 3.2).

3 Auswertungen von Stadtbaumkatastern

Baumkontrolle ist aus rechtlicher und sicherheitstechnischer Sicht eine Pflichtaufgabe der kommunalen Verwaltung und Baumkataster unterstützen die Verwaltungen bei der Einhaltung der Verwaltungsvorschriften über die Kontrolle der Verkehrssicherheit. In den folgenden Abschnitten wird aufgezeigt, wie mithilfe digitaler Baumkatasterdaten Analysen, Bewertungen und Kartierungen der Ökosystemdienstleistungen von Stadtbäumen durchgeführt werden können.

Die hier analysierten Stadtbaumkataster umfassen die der norditalienischen Stadt Mailand, der zweitgrößten Stadt des Landes (rund 1,4 Mio. Einwohner) und zugleich Zentrum des größten Ballungsraums Italiens, sowie der nordwestdeutschen Städte Bochum, Duisburg und Essen im Zentrum der Metropole Ruhr, die mit rund 5,1 Mio. Einwohnern eine der fünf größten Agglomerationen in Europa ist.

3.1 Stadtbaumkataster als Grundlage für i-Tree Modellanwendungen

Städtische Baumkataster liefern die Standorte (GPS-Koordinaten), physiologische Informationen und Vitalitätsangaben für eine große Anzahl an Bäumen im Stadtgebiet. Beispielsweise sind in Duisburg rund 50.000, in Bochum rund 40.000, in Essen etwa 20.000 und in Mailand 224.000 Bäume enthalten. Dabei sind i. d. R. nur Bäume erfasst, die im städtischen Eigentum, d. h. entlang von Straßen, auf öffentlichen Plätzen und Grünflächen stehen und die zur Verkehrssicherung beobachtet werden müssen. Aufgrund des umfassenden Datenbestandes bieten Baumkataster prinzipiell die Möglichkeit, mit relativ geringem Aufwand (insbesondere in der Geländearbeit) mithilfe von i-Tree Regulationsleistungen für einen großen Datenbestand zu generieren. Die benötigten Daten für i-Tree Eco bzw. i-Tree Streets sind in Tabelle 1 dargestellt. Die Datenübersicht zeigt, dass für eine Analyse der CO₂-Bindung und Feinstaubfilterung mithilfe eines Baumkatasters einer Stadt auch bei umfangreicher digitaler Datenlage Informationen durch Geländedatenaufnahmen, Auswertung von Fernerkundungsdaten (zum Beispiel Bestandshöhen aus Laserscannerdaten) und Operationalisierungen von qualitativen Angaben ergänzt werden müssen (Tabelle 1).

Tabelle 1: Abgleich der Baumkataster und den für i-Tree Eco bzw. i-Tree Streets benötigten Daten (✓ = vorhanden; (–) = indirekt bzw. nicht für alle Bäume angegeben; – = nicht erhoben)

Datenanforderungen i-Tree Eco (*i-Tree Streets)	Bochum	Duisburg	Essen	Mailand
Baumart*	✓	✓	✓	✓
Baumhöhe	✓	–	(–)	✓
Brusthöhendurchmesser*	✓	✓	(–)	✓
Kronenumfang	✓	✓	–	✓
Kronenansatz	–	–	–	✓
Kronenauflichtung [%]	(–)	(–)	(–)	(–)
Abgestorbene Baumkrone [%]	–	(–)	–	(–)
Lichtexposition der Baumkrone	–	–	–	(–)

Eine mögliche Ableitung der Baumhöhe kann bspw. über den Brusthöhendurchmesser erfolgen (PEPER et al. 2001). Dazu können für ein Baumkataster, bei denen beide Größen bekannt sind, artspezifische Regressionsfunktionen (Wachstumskurven) erarbeitet werden. Diese Gleichungen können dann für andere Baumkataster von Städten mit gleichen Wuchsbedingungen (Temperatur, Länge der Vegetationsperiode u. a.) angewendet werden. Der Kronenansatz kann stichprobenhaft und artspezifisch im Gelände gemessen, gemittelt und für den Bestand hochgerechnet werden. Aus verkehrstechnischen Gründen ist der Kronenansatz bei Straßenbäumen häufig festgesetzt. Der Anteil der abgestorbenen Krone und der Kronenauflichtung wird in der Regel im Baumkataster nicht direkt angegeben, sondern lediglich qualitative Angaben zur Vitalität und zu Kronenschäden gemacht. Die Lichtexposition der Krone kann mithilfe eines Oberflächenmodells, sofern die Baumhöhe bekannt ist, mit geostatistischen Methoden abgeleitet werden (SCHOLZ, in Vorbereitung). Es besteht also das Erfordernis, fehlende Angaben zu operationalisieren und abzuleiten. In vielen Fällen dürften die in städtischen Baumkatastern enthaltenen Daten nicht in ganzem Umfang die Anforderungen

der i-Tree Eco Modellanwendung erfüllen, eine Analyse und Bewertung der Ökosystemdienstleistungen mit i-Tree Streets ist aber in vielen Fällen möglich.

3.2 Analyse und Bewertung der Stadtbaumdiversität mit der Citree-Planungsdatenbank

Ein konkreter Anlass für den Einsatz der Planungsdatenbank sind Neubegrünungen, aber auch Wiederanpflanzungen nach heftigen Unwettern. Zum Beispiel der Sturm Ela, der am Pfingstmontag im Jahr 2014 den Agglomerationsraum Rheinland-Ruhrgebiet in Nordwestdeutschland traf und einen Gesamtschaden von circa 650 Mio. Euro verursachte. Alleine im Stadtgebiet Bochum mussten 7,5 % der Straßenbäume gefällt und 10.000 Straßenbäume geschnitten werden (Umwelt- und Grünflächenamt der Stadt Bochum, mündl. Mitteilung 6.3.2015). In einer ersten Aktion wurden 250 Bäume an Standorten emblematischer Einzelbäume neu gepflanzt.

Als Szenario einer Wiederanpflanzung bzw. einer sukzessiven Bestandsänderung unter den Aspekten der Anpassung an den Klimawandel und der Biodiversität wurde das Baumkataster dieser Ruhrgebietsstadt auf dem Stand vor dem Sturm Ela hinsichtlich der Eignung des Baumbestandes unter den Bedingungen des Klimawandels und hinsichtlich ausgewählter Indikatoren der Biodiversität und unerwünschter Effekte ausgewertet. Beispielhaft sind hierfür die Aspekte Bienenweide, Vogelnährgehölz, Allergenpotenzial, Invasionsgefahr und Angaben zum Status (eingewanderte Arten bzw. Neophyt, oder nicht) mit der Citree Planungsdatenbank erfasst worden. Gemäß der Bedeutung von Stadtbäumen für die Biodiversität von Wildbienen, Käfern, Schmetterlingen, Vögeln und Säugetieren benennt GLOOR (2015) die 12 bedeutendsten Stadtbaumarten und schlägt die Einbeziehung eines Biodiversitätsindex bei der Planung und Unterhaltung von Bäumen im Siedlungsraum vor. Die Baumkataster sind auch bezogen auf diese 12 bedeutendsten Stadtbaumarten ausgewertet worden. Vergleichend wird dieser Auswertung das Szenario eines Umbaus der Stadtbaumvegetation mit den Stadtbaumarten der Zukunft (ROLOFF 2013, WITTIG et al. 2012) gegenübergestellt. Bei der Auswahl der Baumarten für das Umbauszenario wurden diejenigen 34 Arten ausgewählt, für die nachweislich sehr gute experimentelle Erfahrungen oder sehr günstige Prognosen hinsichtlich ihrer Stresstoleranz (Stadtklima, pathogene Situation, Isoprenemission) und Eignung insbesondere in urban-industriellen Stadtlandschaften vorliegen (WITTIG et al. 2012).

4 Ergebnisse und Diskussion

i-Tree Streets basiert auf Studien von Referenzstädten, die alle in den USA liegen und damit nur bedingt mit den klimatischen Bedingungen und Wuchsbedingungen (Länge der Vegetationsperiode, Strahlungsgenuss, Wasserverfügbarkeit) in Mitteleuropa vergleichbar sind. Um die Klimazone mit der größten Übereinstimmung auszuwählen, wurde eine entsprechende Methode erarbeitet (MCPHERSON 2010). Es werden zum eigentlichen Modell direkt die aufzuwendenden Pflegekosten eingerechnet, ohne eine Trennung dazwischen vorzunehmen, was dazu führt, dass die verwendeten Formeln undurchsichtig und schwer nachvollziehbar werden. Dies erschwert später die Diskussion der Ergebnisse. Da die Pflegekosten für den amerikanischen Markt gelten, kommt eine weitere, auf europäische Kontexte nicht direkt übertragbare Annahme hinzu. Des Weiteren gilt i-Tree Streets ausschließlich für Straßenbäume, nicht für Parkbäume. Damit verkleinert sich der Datenumfang. Ein weiterer Aspekt ist der

Umfang der Baumarten-Datenbank, der bei „Streets“ viel geringer ist. i-Tree Eco umfasst 7.888 Baumarten, sodass weitgehend alle Baumarten der Kataster mit i-Tree Eco berechnet werden können. Für „Streets“ muss zunächst eine Klimaregion ausgewählt werden, die mit dem Klima der zu untersuchenden Stadt in Mitteleuropa vergleichbar ist. Wird zum Beispiel aufgrund des Breitengrades in i-Tree Streets die Klimazone im Nordosten der USA ausgewählt, enthält die Datenbank für „Streets“ lediglich 258 Baumarten. Für die fehlenden Baumarten besteht die Möglichkeit in der Datenbank anzugeben, ob es sich bei dem Baum um einen großen oder kleinen Laub- oder Nadelbaum handelt. Ein weiterer Nachteil für bestimmte Fragestellungen ist, dass i-Tree Streets nur eine Zusammenfassung über den Bestand ausgibt. Eine Aussage zur CO₂-Speicherung und Feinstaubfilterung eines einzelnen Baumes ist nicht möglich.

i-Tree Eco arbeitet dagegen insgesamt mit deutlich weniger Annahmen, weshalb auch umfangreichere Daten zur Struktur und Vitalität benötigt werden. Dies führt aber insgesamt zu einer besseren Nachvollziehbarkeit der verwendeten Formeln und generierten Ergebnisse. Das Ergebnis wird für jeden Baum einzeln generiert, sodass weitergehende räumliche Analysen möglich sind. Die Restriktionen basieren hauptsächlich darauf, dass europäische Klimastationen in der Software nicht implementiert sind. Daher müssen lokale Klima- und Feinstaubdaten an das USDA Forest Service gesendet werden, die eine manuelle Anpassung der Algorithmen vornehmen. Dies umfasst Wartezeiten von bis zu 6 Monaten. Der Quellcode ist nicht Open Source, sodass eine manuelle Anpassung nicht möglich ist. In der nächsten Version von i-Tree Eco, die demnächst in die Beta-Phase geht, wird zumindest Großbritannien schon enthalten sein. Die Berücksichtigung anderer europäischer Länder wird dann sukzessive vorgenommen.

4.1 Biodiversitätsanalysen mit Stadtbaumkatastern

Die Bäume, die zu den Top 12 Stadtbaumarten aus Sicht der Biodiversität zählen (GLOOR 2015) bilden 13,3 % des anhand des digitalen Baumkatasters ausgewerteten Stadtbaumbestandes. Der Großteil (86 %) des Stadtbaumbestandes wird von acht Gattungen gebildet: *Acer* (Ahorn), *Platanus* (Platane), *Tilia* (Linde), *Fraxinus* (Esche), *Quercus* (Eiche), *Betula* (Birke), *Corylus* (Hasel) und *Sorbus* (Mehlbeeren). Bezogen auf die Arten wird der Großteil (91 %) des Stadtbaumbestandes von 34 Arten gebildet. Von diesen Arten zählen 7 zu den Baumarten der Zukunft, insbesondere auch was ihre gute aktuelle und zukünftige Eignung für Klima- und Standortbedingungen urban-industrieller Stadtlandschaften betrifft (ROLOFF 2013, WITTIG et al. 2012). Aktuell bzw. vor dem Eintreten des Sturmes Ela (2014) bildeten die zukunftsfähigen Baumarten rund 15 % des Stadtbaumbestandes. Rund die Hälfte (54 %) des Stadtbaumbestandes wird von Baumarten mit ungünstiger Prognose gebildet und lediglich 8 % des Stadtbaumbestandes wird von Arten gebildet, denen ein niedriges Isoprenemissionspotenzial und hohe Trockenstresstoleranz bescheinigt wird (WITTIG et al. 2012). Aus diesen Auswertungsergebnissen werden die vielschichtigen Anforderungen an ein klimangepasstes Stadtbaummanagement ersichtlich, welches die Belange der städtischen Biodiversität und den optimalen Beitrag der Stadtbäume dazu berücksichtigt.

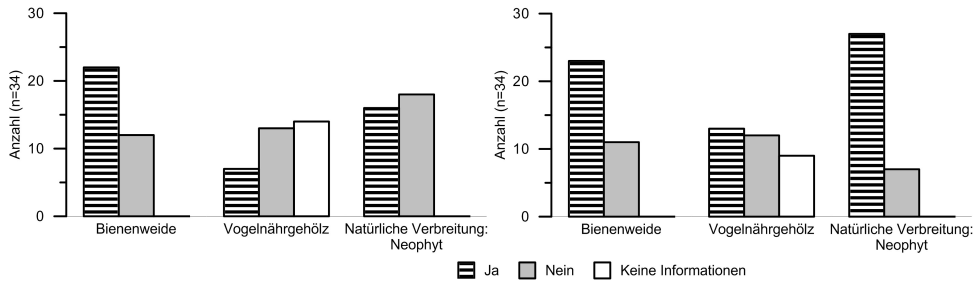


Abb. 1: Veränderung ausgewählter, für die Biodiversität relevanter Ökosystemdienstleistungen der Stadtbäume im Istzustand (links) hin zu einem Stadtbaumbestand gemäß der Liste der Stadtbaumarten der Zukunft (rechts)

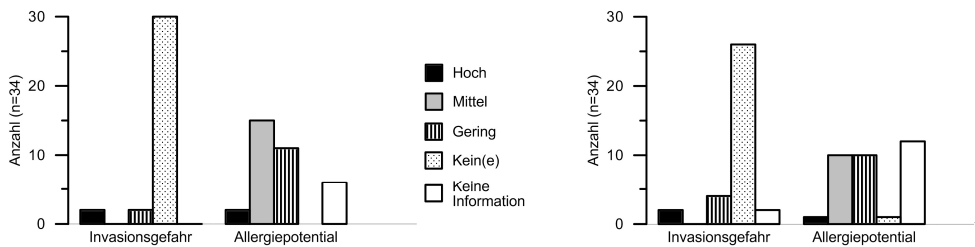


Abb. 2: Qualitative Veränderung der Gefährdungen und Beeinträchtigungen des Stadtökosystems und der Stadtbewohner im Istzustand (links) hin zu einem Stadtbaumbestand gemäß der Liste der Stadtbaumarten der Zukunft (rechts)

Der Vergleich des aktuellen Stadtbaumbestandes mit dem Szenario eines Umbaus des Stadtbaumbestandes gemäß der Liste der Stadtbaumarten der Zukunft (ROLOFF 2013, WITTIG et al. 2012) zeigt, dass ein Umbau qualitative Veränderungen der Ökosystemdienstleistungen der Stadtbäume für die Biodiversität von Wildbienen, Käfern, Schmetterlingen, Vögeln und Säugetieren bedeuten könnte (Abb. 1). Auch hinsichtlich der Gefährdungen und Beeinträchtigungen des Stadtökosystems und der Stadtbewohner würde ein verändertes Stadtbauminventar einen qualitativen Unterschied machen (Abb. 2). Zugrunde gelegt wurden für die Analysen einerseits die 34 Arten, die aktuell 91 % des Stadtbaumbestandes im analysierten Baumkataster bilden, und andererseits die 34 Arten auf der Liste der Stadtbaumarten der Zukunft (ROLOFF 2013, WITTIG et al. 2012).

5 Fazit und Ausblick

Städte und Kommunen können die urbanen Ökosystemdienstleistungen durch ein klimangepasstes Stadtbaummanagement steigern. Der quantitative Beitrag der Stadtbäume bezogen auf die Nettomenge des jährlich sequestrierten Kohlenstoffs und die Schadstoffbeseitigung durch urbane Gehölze ist eine wichtige Ökosystemdienstleistung. Vor dem Hintergrund der immensen städtischen Schadstoffbelastung und den städtischen Treibhausgasemissionen ist

eine Minderung derselben durch urbane Gehölze von insgesamt unter 3 % allerdings gering (BARÓ et al. 2014). Auch die Kosten für die Unterhaltung urbaner Gehölze können den monetären Wert ihrer Ökosystemdienstleistungen übersteigen. Doch selbst Ökonomen geben zu bedenken, dass Wertermittlung für Ökosystemdienstleistungen nur die monetär quantifizierbaren, aber nicht alle Leistungen der Ökosysteme erfasst (AEVERMANN & SCHMUDE 2015). Biodiversität ist nicht minder wichtig oder wertvoll – die anwendungsorientierte wissenschaftliche Fokussierung auf Ökosystemdienstleistungen von Stadtbäumen mag auf die Sichtbarmachung der Bedeutung der Stadtbäume im stadttökologischen Gesamtkontext abzielen, aber wie WRIGHT (2011, 1014) zu bedenken gibt „Practitioners may choose to deliver those functions which provide greater certainty of economic return and environmental functions drop out of the equation“. Das Design leistungsfähiger Stadtnatur optimiert Ökosystemdienstleistungen. Welche das sein sollen – das ist eine gesellschaftliche Entscheidung.

Literatur

- AEVERMANN, T. & SCHMUDE, J. (2015), Quantification and monetary valuation of urban ecosystem services in Munich, Germany. *Zeitschrift für Wirtschaftsgeographie*, 59 (3), 188-200.
- BARÓ, F., CHAPARRO, L., GÓMEZ-BAGGETHUN, E., LANGEMEYER, J., NOWAK, D. J. & TERRADAS, J. (2014), Contribution of ecosystem services to air quality and climate change mitigation policies: the case of urban forests in Barcelona, Spain. *Ambio*, 43 (4), 466-479. doi:10.1007/s13280-014-0507-x.
- BOYD, J. & BANZHAF, S. (2007), What are ecosystem services? The need for standardized environmental accounting units. *Ecological Economics* 63 (2-3), 616-626. doi: 10.1016/j.ecolecon.2007.01.002.
- CITREE (2015), Planungsdatenbank Gehölze für urbane Räume. <https://141.30.134.137/citree/>.
- FERENC, M., SEDLÁČEK, O. & FUCHS, R. (2014), How to improve urban greenspace for woodland birds: site and local-scale determinants of bird species richness. *Urban Ecosystems*, 17 (2), 625-640.
- GILLNER, S., HOFMANN, M., THARANG, A. & VOGT, J. (2016), Development of a database for urban trees. In: ROLOFF, A. (Eds.): *Urban Tree Management – for a Sustainable Development of Green Cities*. Wiley-VCH, 196-210.
- GILLNER, S., VOGT, J., THARANG, A., DETTMANN, S. & ROLOFF, A. (2015), Role of street trees in mitigating effects of heat and drought at highly sealed urban sites. *Landscape and Urban Planning*, 143, 33-42. doi: 10.1016/j.landurbplan.2015.06.005.
- GLOOR, S. (2015), Der ökologische Wert von Stadtbäumen für die Biodiversität. <http://www.lausanne.ch/thematiques/nature-parcs-et-domaines/tourisme-vert-et-loisirs/evenements/journee-arbre/mainArea/01/coll/0/links/03/linkBinary/04-JourneeArbre2015-PresentationSGloor-OekologischeWertStadtbaumenBiodiversitat.pdf>.
- GRUNEWALD, K. & BASTIAN, O. (Hrsg.) (2012): *Ökosystemdienstleistungen. Konzept, Methoden und Fallbeispiele*. Springer Spektrum, Berlin/Heidelberg.
- HITCHMOUGH, J. (2011), Exotic plants and plantings in the sustainable, designed urban landscape. *Landscape and Urban Planning*, 100 (4), 380-382. doi: 10.1016/j.landurbplan.2011.02.017.
- KOWARIK, I. (2011), Novel urban ecosystems, biodiversity, and conservation. *Environmental Pollution*, 159 (8-9), 1974-1983. doi: 10.1016/j.envpol.2011.02.022.

- KÜHN, I., BRANDL, R. & KLOTZ, S. (2004), The flora of German cities is naturally species rich. *Evolutionary Ecology Research*, 6/2004, 749-764.
- MANES, F., INCERTI, G., SALVATORI, E., VITALE, M., RICOTTA, C. & COSTANZA, R. (2012), Urban ecosystem services. Tree diversity and stability of tropospheric ozone removal. *Ecological Applications*, 22 (1), 349-360, doi: 10.1890/11-0561.1.
- MCPHERSON, E. G. (2010), Selecting Reference Cities for i-Tree Streets. *Arboriculture & Urban Forestry*, 36 (5), 230-240.
- MORGENROTH, J., ÖSTBERG, J., KONIJNENDIJK VAN DEN BOSCH, C., NIELSEN, A. B., HAUER, R. & SJÖMAN, H. (2016), Urban tree diversity – Taking stock and looking ahead. *Urban Forestry & Urban Greening*, 15, 1-5. doi: 10.1016/j.ufug.2015.11.003.
- NOWAK, D. J., CRANE, D. E. & STEVENS, J. C. (2006), Air pollution removal by urban trees and shrubs in the United States. *Urban Forestry & Urban Greening*, 4 (3-4), 115-123. doi: 10.1016/j.ufug.2006.01.007.
- PEPER, P. J., MCPHERSON, E. G. & MORI, S. M. (2001), Equations for predicting Diameter, Height, Crown Width and Leaf Area of San Joaquin Valley Street Trees. *Journal of Arboriculture*, 27 (6), 306-317.
- ROLOFF, A. (2013), Stadt- und Straßenbäume der Zukunft – welche Arten sind geeignet? In: ROLOFF, A., THIEL, D. & WEIB, H. (Hrsg.): Aktuelle Fragen der Stadtbaumplanung, -pflege und -verwendung. Tagungsband Dresdner StadtBaumtage 14./15.03.2013. Forstwiss. Beiträge Tharandt Beiheft (14), 173-187.
- SARAJEVS, V. (2011), Street tree valuation systems. UK Forestry Commission, Forestry Commission Research (8).
- SCHOLZ, T. (in Vorbereitung): Klimaanpassung und Ökosystemdienstleistungen von Stadtbäumen im Ruhrgebiet – Eine Bestandsaufnahme anhand des Duisburger Baumkatasters. Masterarbeit am Geographischen Institut der Ruhr-Universität Bochum.
- WÄLCHLI, G. (2012), Ökosystemdienstleistungen als ökonomische Strategie? i-Tree: ein Instrument für die Wertermittlung von Stadtbäumen. Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften, 123.
- WITTIG, R., KUTTLER, W. & TACKENBERG, O. (2012), Urban-industrielle Lebensräume. In: MOSBURGER, V., BRASSEUR, G., SCHALLER, M. & STRIBRNY, B. (Hrsg.), Klimawandel und Biodiversität – Folgen für Deutschland. Wissenschaftliche Buchgesellschaft, Darmstadt, 290-307.
- WRIGHT, H. (2011), Understanding green infrastructure. The development of a contested concept in England. *Local Environment*, 16 (10), 1003-1080. doi: 10.1080/13549839.2011.631993.
- ZITER, C. (2015), The biodiversity-ecosystem service relationship in urban areas. A quantitative review. *Oikos*, doi: 10.1111/oik.02883.