

- *Urban climate – Urban ecology – Anthropogenic dispersal – Plant invasions*

**Moritz von der Lippe, Ina Säumel and Ingo Kowarik (Berlin)**

## **Cities as Drivers for Biological Invasions – The Role of Urban Climate and Traffic**

*Städte fördern biologische Invasionen –  
die Rolle des Stadtklimas und des Verkehrs*

With 6 Figures, 3 Tables and 1 Photo

The history of urban development is also the history of emerging novel ecosystem types (Sukopp 2003). The significant impacts of urban structures and processes on climate, hydrology and soils finally lead to new biodiversity patterns. In the last decades, large cities have been recognized as hotspots of phyto-diversity: they are often richer in (non-cultivated) plant species than is the surrounding countryside (Haeupler 1975, Klotz 1990, Pyšek 1993, McKinney 2002). This striking richness in urban phyto-diversity has mainly been attributed to an increased proportion of non-native plant species that may reach up to 40-50 % in Central European cities (e.g. Falinski 1971, Klotz 1990, Kowarik 1995, Pyšek 1998, Prasse et al. 2001, Wittig 2002; but see Kühn et al. 2004 on native species contributing to urban plant diversity).

*Summary: Cities as Drivers for Biological Invasions –  
the Role of Urban Climate and Traffic*

Cities represent hotspots of plant diversity with a higher number of native and non-native species than in the surrounding countryside. For an explanation of these phenomena, a large number of factors and mechanism have to be considered. In two experimental approaches, we separated the role of plant dispersal by traffic and the role of small-scale climate changes within urban agglomerations, for the establishment and distribution of non-native plant species in Berlin. In the first experiment, seeds released by vehicles were trapped inside long motorway tunnels. On sterile substrate, 11,818 seedlings out of 204 species germinated from the samples under controlled conditions in a greenhouse. The species transported by vehicles represent 12.5 % of the present flora of Berlin. Non-native species constituted 54.5 % of all viable seeds in the samples, and 50.0 % of the species. Compared to the city zones adjacent to the sampling sites, non-native species were over-represented in the samples, suggesting a more effective role of vehicles for seed disper-

sal of non-native species than of native species. In the second experiment, we compared the influence of selected urban climate characteristics (e.g. reduced frost periods and lower frost intensities during winter) on distribution patterns of non-native vs. native species. In a standardised field experiment, seedling survival of East Asian *Ailanthus altissima*, North American *Acer negundo* and European *Acer platanoides* differed along an urban-rural gradient. The thermophilic *A. altissima* suffered a total frost die-off while the maple species, better adapted to below-zero winter temperatures, showed significantly higher survival rates. For both native and non-native maple species, seedling survival increased with decreasing distance from the city centre, reflecting the weaker urban climate effects. The results support the hypothesis that introduced species native to warmer climates are favoured by reduced frost periods and lower frost intensities. Differences in biomass allocation and seedlings architecture may contribute to the understanding of the different response of the exposed species to the climatic conditions along the urban-rural transect.

*Zusammenfassung: Städte fördern biologische Invasionen – die Rolle des Stadtklimas und des Verkehrs*

Städte sind Orte mit einer außerordentlich hohen pflanzlichen Diversität und einer größeren Anzahl nichteinheimischer Arten im Vergleich zur umgebenden Landschaft. Eine plausible Erklärung dieser Phänomene erfordert die Einbeziehung vielfältiger Einflussfaktoren und Mechanismen. In zwei experimentellen Untersuchungsansätzen analysieren wir die Wirkung der Ausbreitung von Diasporen durch Fahrzeuge sowie kleinräumiger urbaner Klimaveränderungen auf die Verbreitung und Etablierung nichteinheimischer Pflanzen in Berlin. Im Rahmen des ersten Untersuchungsansatzes wurden unabsichtlich von Fahrzeugen transportierte Diasporen in langen Autobahntunneln aufgefangen. Die Proben wurden unter kontrollierten Bedingungen im Gewächshaus ausgekeimt. Dabei wurden 11.818 Keimlinge von 204 Arten nachgewiesen. Die durch Fahrzeuge ausgebreiteten Arten repräsentieren damit 12,5 % der Berliner Flora. Nichteinheimische Arten hatten einen Anteil von 54,5 % an den keimfähigen Samen und stellen 50 % der Arten in den Tunnelproben. Im Vergleich mit der Flora der angrenzenden Stadtbezirke waren nichteinheimische Arten damit überproportional in den Proben vertreten. Nichteinheimische Pflanzenarten werden daher offensichtlich stärker durch die Ausbreitung mit Fahrzeugen gefördert als heimische. In dem zweiten Experiment wurde der Einfluss ausgewählter urbaner Klimaveränderungen (z.B. kürzere Frostperioden und geringere Frostintensität während des Winters) auf die Verbreitungsmuster heimischer und nichteinheimischer Baumarten untersucht. In einem standardisierten Feldversuch konnten signifikante Unterschiede der Überlebensraten von Keimlingen zwischen dem ostasiatischen Götterbaum (*Ailanthus altissima*) dem nordamerikanischen Eschen-Ahorn (*Acer negundo*) und dem einheimischen Spitz-Ahorn (*Acer platanoides*) auf einem Stadt-Land-Gradienten nachgewiesen werden. Keimlinge des thermophilen Götterbaums erlitten einen Totalausfall, während die frosthärteren Ahornarten unterschiedliche Überlebensraten entlang des Gradienten zeigten. Keimlinge

der beiden Ahornarten wiesen geringere Überlebensraten mit zunehmendem Abstand vom Stadtzentrum auf, die mit dem abnehmenden Einfluss urbaner Klimaeffekte korrelieren. Die Ergebnisse stützen die Hypothese, dass nichteinheimische Arten aus wärmeren Klimaregionen durch stadttypische Klimaveränderungen wie kürzere Frostperioden und geringere Frostintensität gefördert werden. Unterschiede in der Biomasse-Allokation und der Pflanzenarchitektur bieten Erklärungsansätze für die unterschiedliche Reaktion der exponierten Arten auf die klimatischen Bedingungen entlang des Stadt-Land-Gradienten.

*Résumé: Les villes comme forces motrices d'une invasion biologique – le rôle du climat urbain et de la circulation*

En comparaison avec leurs paysages environnants, les villes sont des lieux où règne une diversité extraordinaire de plantes et un grand nombre d'espèces non indigènes. Pour donner une explication plausible à ces phénomènes, il faut tenir compte d'une multiplicité de facteurs d'influence et de mécanismes. Dans deux approches expérimentales, nous avons analysé les effets de la dissémination des diaspores due à la circulation des véhicules ainsi que ceux causés par les changements climatiques dans les petits espaces urbains et évalué leur importance pour la propagation et l'implantation des plantes non indigènes dans la ville de Berlin. Dans le cadre de notre première approche expérimentale, nous avons recueilli des diaspores qui avaient été transportées involontairement par les véhicules dans un long tunnel d'autoroute. Nous avons fait germer les échantillons en serre et sous contrôle. Les résultats obtenus nous ont permis de prouver la présence de 11.818 germes de 204 espèces différentes. Les espèces répandues par les véhicules représentent ainsi 12,5% de la flore berlinoise. Les espèces non indigènes ont constitué 54,5% des semences capables de germer et 50% des échantillons prélevés dans le tunnel. En comparant la flore des arrondissements limitrophes à la ville, les espèces non indigènes étaient ainsi représentées de manière surproportionnelle dans les échantillons. De toute

évidence, la circulation des véhicules favorise plus la dissémination des plantes d'espèces non indigènes que celle des plantes indigènes. Dans notre deuxième approche expérimentale, nous avons choisi des changements climatiques urbains (en prenant pour exemple des périodes hivernales de gel plus courtes et des gelées de moindre intensité) et avons comparé leur influence sur les modèles de propagation des espèces d'arbres indigènes et non indigènes. Dans un essai standardisé effectué in situ, nous avons pu prouver qu'il existe, le long d'un gradient ville-campagne, des différences significatives entre les taux de survie des plants de l'ailante d'Asie de l'Est (*Ailanthus altissima*), de l'érable négundo d'Amérique du Nord (*Acer negundo*) et de l'espèce autochtone de l'érable plane (*Acer platanoides*). Nous avons observé une défaillance totale des plants de l'ailante thermophile et obtenu par contre des taux de survie différents pour les espèces d'érable résistantes au gel dans les différents lieux d'observation. Plus les deux espèces d'érable sont éloignées du centre-ville, plus le taux de survie de leurs plants baisse, taux de survie qui est en corrélation avec l'influence décroissante des effets climatiques urbains. Les résultats étayent l'hypothèse selon laquelle le développement des espèces non indigènes provenant de régions climatiques plus chaudes est favorisé par les changements climatiques typiques des zones urbaines, comme par exemple les périodes de gel plus courtes et les gelées de moindre intensité. Les différences dans l'allocation de la biomasse et l'architecture des plantes offrent des approches explicatives pour les différentes réactions des espèces exposées face aux conditions climatiques le long d'un gradient ville-campagne.

*Dipl.-Ing. Moritz von der Lippe, Dipl.-Biol. Dipl.-Geogr. Ina Säumel, Prof. Dr. Ingo Kowarik, Fachgebiet Ökosystemkunde/Pflanzenökologie der TU Berlin, Rothenburgstr. 12, 12165 Berlin, Germany, Moritz.vdLippe@tu-berlin.de, ina.saeumel@tu-berlin.de, kowarik@tu-berlin.de*