

Pflanzen filtern Feinstaub und Stickoxide

Die Bevölkerung urbaner Gebiete kämpft mit der Luftverschmutzung durch Feinstaub und Stickoxide und deren Folgen. In einer Machbarkeitsstudie wurde untersucht, inwieweit Pflanzen, und somit eine Begrünung relevanter Stellen, einen positiven Einfluss auf diese Problematik haben.

VON RAJKO JAZBEC UND NORBERT KLIPPEL

Die Immissionsgrenzwerte für Feinstaub (PM10) und Ozon werden in der Schweiz und vielen weiteren Ländern der EU auch heute noch regelmässig überschritten. Dies trifft insbesondere für die städtischen Gebiete zu. Feinstaub verursacht Gesundheitsschäden, einen Anstieg der Sterblichkeitsrate aufgrund von Herz-Kreislauf-Erkrankungen und gilt als eine Ursache von Lungenkrebs. Stickoxide (NO_x) bilden bodennahes Ozon, welches ein starkes Reizgas ist. Erste Gegenmassnahmen wie Geschwindigkeitsbeschränkungen zeigten nur einen sehr geringfügigen Effekt. Wichtig sind technische Entwicklungen, die zur Reduktion der Schadstoffe an der Quelle beitragen, und deren Implementierung. Gerade in urbanen Gebieten besteht noch dringender Bedarf für Konzepte die zu einer nachhaltigen und effektiven Reduktion von Feinstaub und Stickoxiden in der Luft führen.

Ein möglicherweise erhebliches Potenzial zur Reduktion der PM10- und NO_x -Konzentrationen in der städtischen Luft liegt in der gezielten Ausnutzung und Optimierung der Filterwirkung von Grünflächen. In den letzten zehn Jahren wurde dies in diversen Modellstudien, Simulationen und Einzelversuchen belegt. Besonders Nadelbäume mit ihren grossen Blattoberflächen, und dem grossen Anteil an morphologisch bedingten sedimentationsaktiven Zonen, zeigen ganzjährig eine nachweislich gute Filterwirkung für

Rajko Jazbec

Dipl. Ing. FH Maschinentechnik, Projektleiter, Institut für Umwelttechnik (Umtec) der HSR Hochschule für Technik Rapperswil.

Norbert Klippel

Dr. rer. nat., Dozent für Physik, Fachstellenleiter am Institut für Umwelttechnik (Umtec) der HSR Hochschule für Technik Rapperswil.

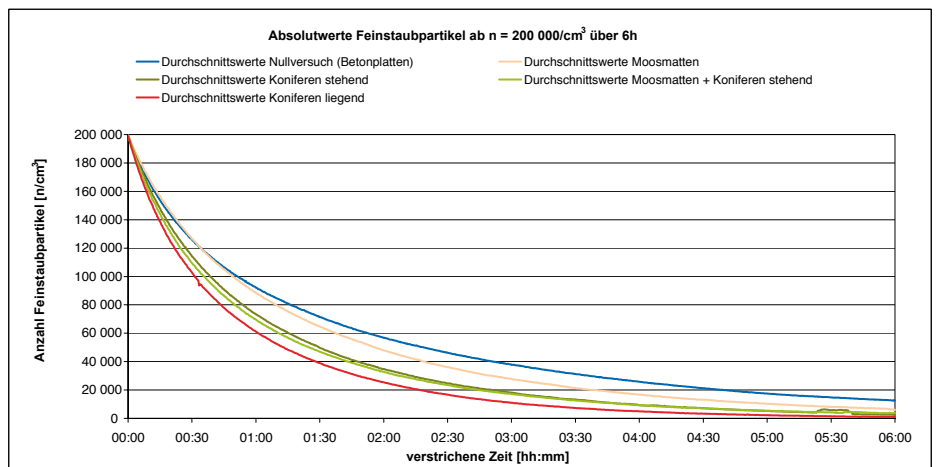


Abbildung 1 zeigt die Versuchsergebnisse der Feinstaubreduktion.

Stäube. Bei Laubwäldern beschränkt sich der Luftfilterungseffekt im Wesentlichen auf die Sommermonate. Sehr gute Filterwirkung wird auch den Moosen und Flechten zugeschrieben, da diese eine spezielle Morphologie ausgebildet haben, um Nährstoffe aus der Luft zu filtern. Die bisherigen Modelle und Studien liessen jedoch noch keine Schlüsse zur Wirkung im praxisnahen Umfeld zu. Die vom Institut für Umwelt- und Verfahrenstechnik (Umtec) durchgeführte Machbarkeitsstudie zielte nun darauf ab, dieses Potenzial mit quantifizierbaren Ergebnissen zu belegen.

Konzept und Versuchsdurchführung

Um die Wirkung von Pflanzen auf Feinstaubpartikel und NO_x in der Luft zu untersuchen, wurde als Versuchsaufbau ein geschlossenes Pflanzenzelt verwendet. Der Zeltboden wurde zusätzlich mit einer Folie aus Kunststoff belegt, sodass kein Austausch mit dem natürlichen Untergrund möglich war (siehe Foto).

Die PM10- und NO_x -Konzentrationen im Innern des Zeltes wurden mit den Abgasen eines Dieselfahrzeugs

ohne Partikelfilter auf ein realitätsgetreues hohes Level angehoben. Die Einblaszeit wurde über die im Zelt gemessene Konzentration von Feinstaub definiert. Insofern war die NO_x -Konzentration im Pflanzenzelt eine von der Qualität der Emissionsquelle abhängige Grösse.

Um die natürliche Luftzirkulation zu simulieren, wurden im Zelt zwei Standventilatoren aufgestellt, die während der Versuchsreihen eine kontinuierliche Luftdurchmischung induzierten. Die Proben für die PM10- und NO_x -Konzentrationsmessungen wurden über eine beheizte Probegasleitung zu den Messgeräten ausserhalb des Zeltes geführt. Ebenso erfolgte eine Aufzeichnung der Temperatur und der relativen Luftfeuchte direkt im Zelt. Für die Parameter ausserhalb des Zeltes wurden die entsprechenden Messwerte einer Wetterstation bei der Hochschule in Rapperswil verwendet. Somit konnten die Randbedingungen des Versuchs untereinander verglichen werden. Die Messungen wurden während der Versuchsreihen kontinuierlich durchgeführt und aufgezeichnet. Ausgewertet wurden die Abklingkurven der Partikelanzahl sowie die NO_x -Konzentrationen.

Für die einzelnen Versuchsreihen wurde der Zeltinnenraum unterschiedlich gestaltet. In den Referenzversuchen wurde der Zeltboden mit Betonplatten ausgelegt. In weiteren Versuchsreihen wurde der Boden mit Moosmatten bedeckt oder es wurden Koniferen (Nadelgehölze) aufrecht stehend sowie liegend installiert. Weitere Varianten waren verschiedene Kombinationen von Moosmatten mit Koniferen.

In der Studie lag der Fokus auf dem Vergleich verschiedener Bepflanzungen zum Referenzboden unter ansonsten möglichst gleichen Bedingungen. Aufgrund der Versuchsdurchführung in einem Zelt war es nicht zu vermeiden, dass zwischen den einzelnen Versuchsreihen unterschiedliche Rahmenbedingungen vorlagen. Über alle Versuchsreihen hinweg schwankte die Zeltinnentemperatur zwischen 20 °C (Nacht) und 50 °C (Tag) und die relative Luftfeuchtigkeit im Zelt zwischen 70% (Tag) und 95% (Nacht).

Um die genannten Abweichungen und Schwankungen zu berücksichtigen, wurden bei gleicher Versuchsanordnung mehrere Zyklen mit unterschiedlichen Umgebungsbedingungen gefahren und die Ergebnisse gemittelt. Der Einfluss der unterschiedlichen Umgebungsbedingungen wird somit durch die Standardabweichung der Messergebnisse wiedergegeben (siehe Abb. 2). Daraus ist ersichtlich, dass die Schwankungen der Resultate im Vergleich zum erzielten Effekt der Pflanzen eine vernachlässigbare Rolle spielen.

Ein direkter Transfer der Ergebnisse auf reale Bedingungen ist jedoch nicht möglich, da die Temperaturen und die Luftfeuchte im Zelt bei der gegebenen Versuchsanordnung nicht zu kontrollieren waren. Hierbei ist im Speziellen die hohe Luftfeuchtigkeit

zu berücksichtigen, da diese das Agglomerationsverhalten der Feinstaubpartikel wesentlich beeinflusst. Um die Faktor Rechnung zu tragen, wurde die Nullserie entsprechend klimatisiert.

Ergebnisse und Diskussion

Die Ergebnisse zeigen für die Feinstaubkonzentrationen signifikante Unterschiede zwischen den Nullversuchen mit Betonplatten und den Versuchsanordnungen mit Bepflanzung (siehe Abb. 1 und 2). Beim Nullversuch mit Betonuntergrund resultierte eine deutlich langsamere Abnahme der Feinstaubpartikel als beim bepflanzten Untergrund. Signifikant verschieden ist auch der Absolutwert nach einer Versuchsdauer von vier Stunden. Während beim Betonuntergrund noch immer rund 26000 Partikel/cm³ übrigblieben, was in etwa verschmutzter Stadtluft entspricht, wurden mit den Pflanzen nur noch Werte von 5000 bis 17000 Partikel/cm³ gemessen. Der Bestwert von 5000 Partikel/cm³ nach vier Stunden wurde mit liegenden Koniferen erreicht.

Die mittlere Partikelgröße lag zu Messbeginn der Verlaufskurven in Abbildung 1 und 2 bei typischerweise 60 bis 70 nm und beim Ende der Messungen bei etwa 70 bis 80 nm. Da sich die Partikelgröße im betrachteten Zeitraum nur unwesentlich ändert, ist die Reduktion der Partikelanzahl auch mit einer Abnahme der Massenkonzentration verbunden. Der massenbasierte PM10-Wert wird somit deutlich reduziert.

Die Resultate mit verschiedenen Pflanzenkonfigurationen deuten darauf hin, dass die Morphologie der Pflanzen einen grösseren Einfluss auf die Reinigungswirkung hat als deren Stoffwechsel. So waren die Unterschiede

bei der Bereitstellung von mehr oder weniger Oberfläche (Koniferen/Moosmatten) signifikant. Der grosse Einfluss der räumlichen Anordnung zeigt sich insbesondere darin, dass bei den Bodendeckern, in unserem Fall liegenden Koniferen, mit Abstand die beste Luftreinigungswirkung bezüglich Feinstaub erzielt wurde.

Im gleichen Rahmen wurde auch die NO_x-Konzentration untersucht. Dabei erschwerten die relativ hohen Konzentrationswerte, welche das Diesel-fahrzeug relativ zu den PM10-Emissionen erzeugt hat, eine optimale Analytik. Die Resultate weisen aber ebenfalls einen Trend auf, dass die Pflanzen auch auf die NO_x-Konzentration einen positiven Einfluss haben. Jedoch sind bezüglich der Stickoxide im besonderen Masse zusätzliche Versuche notwendig, um den erhaltenen Trend zu bestätigen.

Insgesamt ist zu berücksichtigen, dass im Rahmen dieser Machbarkeitsstudie nicht alle äusseren Einflussmerkmale wie beispielsweise Luftfeuchtigkeit, Sonneneinstrahlung und Temperatur vereinheitlicht werden konnten. Dafür ist eine weitaus aufwändigere Versuchsanordnung notwendig. Die Machbarkeitsstudie zielte darauf ab, einen Einfluss der Pflanzen nachzuweisen. Dies konnte mit den vorliegenden Ergebnissen belegt werden, und das Potenzial von Pflanzen zur Reinigung verschmutzter Luft konnte insofern klar aufgezeigt werden.

Fazit

Die Ergebnisse der Studie weisen deutlich darauf hin, dass Pflanzen beziehungsweise spezielle Pflanzenvergesellschaftungen hinsichtlich der PM10- und NO_x-Problematik einen positiven Einfluss auf die Luftqualität haben. Auch wird durch die Ergebnisse nahegelegt, dass eine gezielte Auswahl von Pflanzenarten und die richtige Pflanzenkombination wesentliche Grössen darstellen. Ob die gemessene Wirkung genügend intensiv ist, um die Belastungsspitzen der Luftverschmutzung in Städten zu brechen, lässt sich zu diesem Zeitpunkt nicht abschätzen. Das Versuchssystem dieser Studie war nur teilweise dynamisch. Für die Verifizierung der Wirkung im natürlichen System sind Langzeitversuche nötig, welche im realitätsnahen Umfeld durchgeführt werden müssen. Zurzeit laufen Abklärungen, um ein mögliches Folgeprojekt im entsprechenden Rahmen aufzulegen.

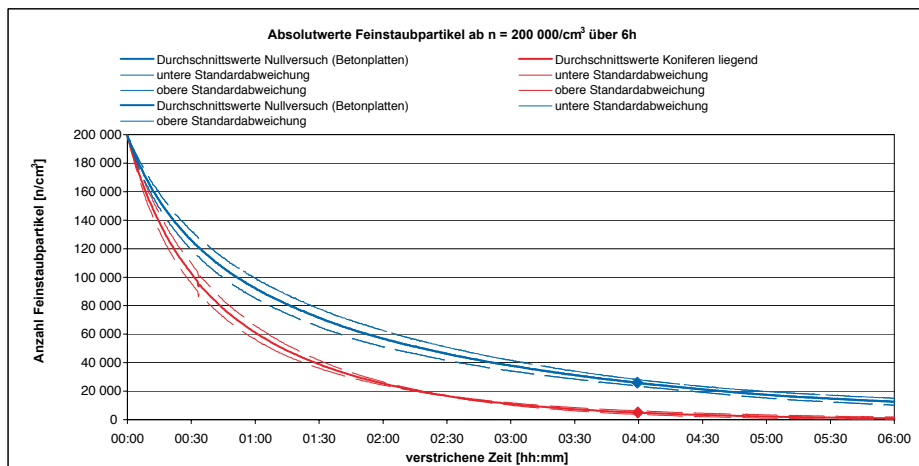


Abbildung 2 zeigt zwei gemittelte Ergebnisse mit Standardabweichungen.