

Lösen Moose Feinstaub-Probleme in Städten?

Dieser Beitrag kann keine Literaturstudie ersetzen. Bei nahezu allen Untersuchungen zur Thematik Feinstaub und Moose (Deutschland) wird allerdings auf einen wissenschaftlichen Zeitschriftenartikel von Jan-Peter Frahm & Marko Sabovljević (2007) aus dem Erich Schmidt Verlag GmbH & Co. KG verwiesen. Dieser bildet Ausgangspunkt und wissenschaftliche Absicherung für die beteiligten Akteure. Auch auf Patentschriften (Europäische Patentschrift 1 922 128 B1 u.a.) ist in diesem Zusammenhang hinzuweisen. Universitäten & Fachbehörden beschäftigen sich nicht qualifiziert mit dem Thema, was angesichts der wissenschaftlichen Fragwürdigkeit verständlich, angesichts eingesetzter öffentlicher Geldmittel dringend geboten wäre. Und, was vielleicht noch wichtiger ist, um den „wahren Kern“ der Thematik (Feinstaubsedimentation in Pflanzenbeständen und Pflanzenoberflächen) nicht zu verspielen, sondern professionell zu bearbeiten.

1. Mehrere Millionen Euro sind mittlerweile in eine Art Feldforschung zur Feinstaub-Bekämpfung geflossen. Die Rede ist vom Einsatz sogenannter Mooswände-, matten oder CityTrees, die Feinstaub effizient binden sollen. Dass im letztgenannten Fall, z.B. in Stuttgart, zunächst das Gemeine Weißmoos (*Leucobryum glaucum*) - eine in Deutschland gesetzlich geschützte Art (Osteuropa-Import) - zum Einsatz kommt, wird in diesem Zusammenhang als eine Kuriosität am Rande betrachtet¹. Daneben gilt die Hauptart (Nebel 2018) der Stuttgarter Mooswand, *Racomitrium canescens* (Graues Zackenmützenmoos), als sensibel gegenüber Luftverschmutzung.
2. Die verschiedenen von der Presse intensiv begleiteten Freiland-Tests zur Überprüfung der Wirksamkeit der Mooswände (Hersteller und Versuchsansteller) werden hier ebenfalls nicht diskutiert, da elementare Prinzipien statistisch-wissenschaftlichen Arbeitens ignoriert wurden, d.h. nie im wissenschaftlichen Sinne belastbare Resultate zu erwarten waren.
3. In gleicher Weise gilt dies für Skalierungsfehler, etwa, wenn der TÜV Rheinland, oder das Leibniz-Institut für Troposphärenforschung im Labor Stickstoffdioxid- oder Feinstaub-belastete Luft in einer Röhre durch ein feuchtes Moospolster strömen lassen und am Röhrenaussgang geringere Schadstoffwerte/Feinstaubmengen feststellen². Einer von vielen absurden Sprüngen - vom Laborversuch bis zur Mooswand im öffentlichen Raum.
4. Das evolutionäre Erfolgsgeheimnis von Moosen, Flechten und Luftalgen ist, dass sie völlig ausgetrocknet lange überleben können, um bei Wasserbenetzung (Tau, Regen) schnell photosynthetisch aktiv zu werden. Moose finden sich daher v.a. an Mauern und Borke, im dunklen Wald, in Pflasterritzen und dem 10x im Jahr gemähten Rasen. An anderen Stellen werden sie von Gefäßpflanzen (Kräuter, Gräser, Bäume) überwachsen. Auch wenn mittelständische Unternehmen mit Förderung des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie alles daransetzen, Moose auf Trägermaterialien dauerhaft zu bewässern, sollte man sich ins Gedächtnis rufen, dass Moose keine Wurzeln haben. D.h. sie nehmen Wasser in erster Linie aus der Atmosphäre und - ausschließlich kapillar (!) - von feuchten Oberflächen auf. Eine Dauerwasserversorgung kennen sie - sieht man von Moosen der Hochmoorschlenken und einigen Wassermoosen ab - nicht. Schlimmer noch, Landmoose vertragen Dauernässe nicht einmal, weil sie in feuchtem Zustand
 - a) dauerhaft hohe Atmungsverluste haben. Bei hohem Nährstoffangebot wachsen zudem schnell
 - b) Blaualgen auf ihnen. Die beim permanenten Verdunsten des Wassers
 - c) verbleibenden Rückstände (Kalk) setzen kalkmeidenden Moosen wie dem Weißmoos erheblich zu, so dass sie in Kürze absterben.

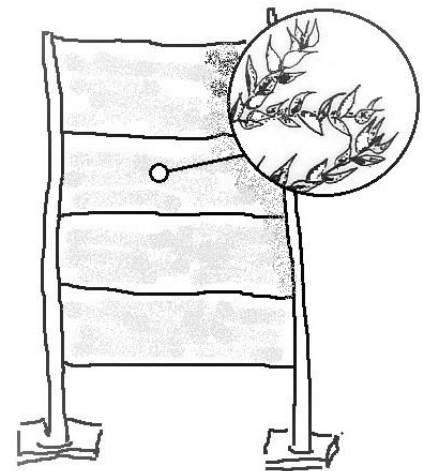
Die Daueraktivierung von Mooswänden durch Bewässerung entspricht daher nicht dem natürlichen lebenserhaltenden „Trocken-Feucht-Wechsel“ terrestrischer Moose. Ökotechnik geht anders!

5. Grundsätzlich gilt, dass Oberflächen - bezogen auf Gewicht, Volumen oder Grundfläche zunehmen, je kleiner die Einzelobjekte - z.B. Blättchen von Moosen im Vergleich zu Blättern eines Laubbaumes - sind.

Zweifellos weisen Moospolster eine hohe innere Oberfläche auf und bei Luftreinhaltung geht es immer um Luftaustausch an möglichst großen, adsorptiven Oberflächen.

In keiner Weise sind die inneren Oberflächen bei kompakten Moospolstern wie beim Weißmoos (*Leucobryum glaucum*) und selbst bei Moosdecken, wie beim Echten Zypressen Schlafmoos (*Hypnum cupressiforme*) auch „wirksame Oberflächen“. Im Polster selbst erfolgt der Luftaustausch so langsam, dass er im Hinblick auf Feinstaubabsorption praktisch wirkungslos ist.

Frahm & Sabovljević (2007) ermittelten eine 30fache Oberfläche (bezogen auf die Grundfläche) aus Anzahl der Blättchen bei gegebener Fläche je Quadratzentimeter Moos-Standfläche. Das ist nicht falsch - mit keinem Wort ist in dem Artikel aber von (Feinstaub) wirksamen Flächen die Rede. Biologisch unbedarfte Techniker übernehmen solche Aussagen 1:1.



Beispiel

Ein Stapel Spielkarten. Bei 52 Spielkarten (6cm x 9cm x 0,03cm) hat der zusammengelegte Stapel (ein Quader; Höhe 1,56 cm) eine Oberfläche von etwa 155 cm² während alle Einzelkarten ohne Überlappung auf etwa 5663 cm² kommen. Die Aussage ein Satz Spielkarten besitzt eine ansehnliche Oberfläche (die knapp 37fache des Stapels; die über 100fache Grundfläche!) ist daher nicht falsch - nur - wieviel Luft streicht an den einzelnen Karten im Stapel vorbei? Ganz im Gegensatz zu den wunderschönen frei im Wind bewegten Blättern der Bäume. Leider besitzen Blätter der meisten Bäume eine im Vergleich zu Moosen geringere Ad- bzw. Absorptionsfähigkeit für Stäube und Ionen. Ein weiterer Nachteil ist der Blattfall im Winterhalbjahr.

6. In dem von Frahm & Sabovljević (2007) beschriebenen Modellversuch wurde das „Feinstaub-Bindungsvermögen“ ausgewählter Moose beschrieben (Frahm 2008; von Fraunhofer-Institut für Bauphysik 2017 übernommen), wonach
- trockene Moose praktisch keinen Feinstaub binden³⁾,
 - Moose mittlerer Feuchtigkeit eine maximale und
 - wassergesättigte Moose eine geringere Bindungsrate aufweisen. Hierzu wurde eine bestimmte Menge fein vermahlene Bleichlorid/ PbCl₂ und Bariumchlorid/BaCl₂ über die Moospolster geblasen und nach einiger Zeit die Moospolster ausgewaschen. Aus den in der Waschlösung analysierten Metallionen wurde auf die erfolgte Adsorption/Absorption geschlossen.
- Dieser Versuch wurde demnach nicht mit Feinstaub an Straßen üblicher Zusammensetzung (häufig sind Aerosole, die Nitrat, Sulfat und Ammonium enthalten, daneben Kohlenstoff und organische Verbindungen) durchgeführt, dennoch wird das weggefangene Blei als „Feinstaubbindung“ bezeichnet und von allen Rezipienten kolportiert. Die hohe Staubaufnahmefähigkeit der Moose bestätigte sich in Untersuchungen von Gorbachevskaya & Herfort (2012) nicht.
7. Moose wachsen sehr langsam, so dass sie physiologisch gar nicht in der Lage sind, das Nährstoffangebot im Feinstaub in Biomasse umzusetzen. Ein CityTree⁴⁾ kann auch keine 240 Tonnen an CO₂-Äquivalenten aus Feinstaub und Ruß pro Jahr binden, wie es Hersteller-Webseiten, das Deutsche Institut für Urbanistik (Loose 2019) und die Zeitschrift Pflanzenforschung „657 kg CO₂/Tag“ des Bundesministeriums für Bildung und Forschung vermelden⁵⁾. Aus jeder Tonne Ruß entstehen 3,7 (Atomgewicht CO₂/C = 44/12) Tonnen Kohlendioxid. Eine Moosfläche von 12 m² müsste daher 65 Tonnen Kohlenstoffstaub verkraften und wäre nach verrichteter

Arbeit meterdick davon bedeckt.

Ein mittelgroßer Apfelbaum mit 20.000 Blättern (Blattoberseite 20 cm²) liefert eine 40 m² Oberfläche⁶⁾. Mooswände (Fläche 12 m²) mit Oberflächenfaktor zehn, ergeben eine Oberfläche von 120 m², bei Faktor 3 (s.o.) entspräche die Flächenwirksamkeit eines CityTrees einem Apfelbaum.

Der Druck Hochglanzbroschüren zu veröffentlichen, scheint auch für Bundesministerien (BMBF) oder von diesen geförderten Institutionen (DIFU/BMU) so groß zu sein, dass es auf die eine oder andere ungeprüfte Zahl nicht mehr ankommt. Die Folge solcher Veröffentlichungspraktiken für Entscheidungsträger in den Kommunen liegen auf der Hand.

Dass nach Herstellerangaben die neue Generation CityTrees stündlich die Atemluft von 7000 Menschen filtert, ist ein weiteres nicht differenziertes Statement zur Verkaufsförderung. Der CityTree neuester Bauart funktioniert nach dem Durchströmungsprinzip. Zurecht traute man der Luftreinigung allein über Diffusion in die ursprünglich 12 m² Moosfläche nicht. Jetzt filtern Moose 3500 m³ (Volumenstrom) Luft in der Stunde. Das heißt durch eine nur noch 3,2m² große Moosfläche fließt ca. 1 m³ Luft in der Sekunde. Der dadurch bewirkte Trocknungseffekt ist für Moose, die natürlicherweise Wasser über ihre Oberfläche - aber nicht an jedem Blättchen - verlieren, extrem hoch. Wird die Austrocknung durch Dauerbefeuchtung verhindert, stellen sich die bereits genannten Bedingungen (Punkt 4) ein. Moose werden bei diesem Ansatz wie ein Aktivkohle-, Glasfaserfilter, oder eben wie ein Schwämmchen betrachtet. Die bezeichnete Kühlwirkung ist auf den die Feuchtigkeit mitreisenden und verdunstenden Luftstrom zurückzuführen. Wasserlösliche Stickoxide und Stäube werden zweifellos davon zurückgehalten. Nur lebende Moose braucht es dafür nicht.

Es werden sich aber zweifellos auch in Zukunft genug politische Entscheidungsträger finden, die damit ihre Bereitschaft zu grüner Innovation demonstrieren wollen.

- 1) Nach der Verordnung zum Schutz wild lebender Tier- und Pflanzenarten (Bundesartenschutzverordnung - BArtSchV) - § 1 - gehört das Weißmoos zu den besonders geschützten Pflanzenarten. Im Februar 2019 wurde die geschützte Art (Presse nicht informiert/interessiert) durch weniger bedenkliche (beliebige) Moose ausgetauscht. Diese waren im Juni 2019 bereits wieder abgestorben bzw. von Dickblattgewächsen (mit keinerlei Feinstaubbindungsvermögen) bedeckt.
- 2) Die Ergebnisse sind nicht fehlerhaft, nur, dass dasselbe Resultat mit einem feuchten Schwämmchen (ganz ohne Moose) erreicht werden kann. In den Versuchen wird die „Filterleistung“ - d.h. die Probe wird durchströmt - gemessen. Die real aufgestellten Mooswände werden aber nicht durchströmt, sondern man hofft, dass sich genug Feinstaub darin niederschlägt (sedimentiert). D.h., auch wenn die Werbevideos professionelle Bilder liefern, wie man sich Wissenschaft im Allgemeinen vorstellt, ergeben die gezeigten Experimente nicht die Spur eines Belegs für die Funktionsfähigkeit der verkauften Mooswände, d.h., ob diese bei derzeitiger Dimensionierung zur Lösung des Luftverschmutzungsproblems in Städten beitragen. Wissenschaftliche Institute messen nur, wofür sie bezahlt werden. Sie nehmen (oder haben) keinen Einfluss auf die werbewirksame Verwendung ihrer Aussage. Damit wird ein Graubereich der Thematik „Verantwortung der Wissenschaft“ tangiert.
- 3) Wobei in trockenen Moosdecken - bei trockener Witterung - durchaus Feinstaub sedimentiert. Verstoffwechselt wird er aber erst bei nachfolgender Befeuchtung. Bei Niederschlägen, d.h. wenn Moose effizient Feinstaub binden würden, sind i.d.R. die Feinstaubwerte der Luft am niedrigsten.
- 4) Wenn „CityTrees“ so „gut“ wären wie 275 Bäume (www.greencityssolutions.de, www.focus.de, www.nachhaltigleben.ch, www.standard.co,...etc.), dann wäre die Erde nicht von Wäldern bedeckt, sondern von Moosdecken. Vergleich wurde vom Hersteller widerrufen (Neue Landschaft 6/2018). https://greencityssolutions.de/wp-content/uploads/2017/04/Green-City-Solutions_Pressemappe.pdf. <https://www.pflanzenforschung.de>.
- 5) https://greencityssolutions.de/wp-content/uploads/2017/04/Green-City-Solutions_Pressemappe.pdf. <https://www.pflanzenforschung.de>.
- 6) Es gibt Baumarten mit stark behaarten Blättern, die Feinstaub ablagern (Flohr 2010) und sich für Städte eignen.

Flohr, S. (2010): Untersuchungen zum Fangvermögen von Mittel- und Feinstaub (PM10 und PM2.5) an ausgesuchten Pflanzenarten unter Berücksichtigung der morphologischen Beschaffenheit der Blatt- und Achsenoberflächen und der Einwirkung von Staubauflagen auf die Lichtreaktion der Photosynthese. Inaugural-Dissertation an der Fakultät Biologie, Universität Duisburg-Essen. 176 S..

Frahm, J.-P. & M. Sabovljević (2007): Feinstaubreduzierung durch Moose. Immissionsschutz. Zeitschrift für Luftreinhaltung, Lärmschutz, Anlagensicherheit, Abfallverwertung und Energienutzung, 4, 152 - 156.

Frahm, J.-P. (2008): Naturpatent Moos. In: Umwelt & Gesundheit (2008) 1, S. 13 - 16.

Fraunhofer-Institut für Bauphysik (2017): Potentiale von Gebäudehüllen zur Reduzierung der Hitzeentwicklung und der Verbesserung der Luftqualität im urbanen Kontext. IBP-Bericht HTB-025/2017. 37 S..

Gorbachevskaya, O. & S. Herfort (2012): Feinstaubbindungsvermögen der für Bauwerksbegrünung typischen Pflanzen. Unveröff. Bericht des Instituts für Agrar- und Stadtökologische Projekte an der Humboldt-Universität zu Berlin (IASP). 31 S..

Loose, M. (2019): Exkurs - Mooswände sorgen in Braunschweig für bessere Luft. In: Deutsches Institut für Urbanistik Klimaschutz Luftreinhaltung Strategien und Maßnahmen für saubere Luft in Kommunen. 60 - 62.

Nebel, M. (2018): Die Mooswand in Stuttgart. Umweltzeitung (Umweltzentrum Braunschweig), 5, 26 - 27.