

---

## Hitzeschäden an Moosen?

Jan-Peter Frahm

In den letzten Jahren sind mir eigenartige Schäden an Moosen aufgefallen, speziell an Epiphyten auf Holundern. Die darauf wachsenden Moose, hauptsächlich von *Orthotrichum* affine, waren bräunlich verfärbt (Abb. 1-3). Zunächst hielt ich dies für Frostschäden aus dem Winter, doch waren diese Effekte im Sommer zu beobachten und in der Zeit seit dem letzten Winter hätten sich die Moose wahrscheinlich wieder erholt. Zur Hauptsache war *Orthotrichum* affine betroffen; eigenartigerweise zeigten die ansonsten als empfindlich geltenden Lebermoose wie z.B. *Metzgeria fruticulosa* keine Effekte. An Erd- oder Gesteinsmoosen in der Umgebung waren solche Schädigungen nicht festzustellen. In dem besonders heißen und trockenem Sommer 2003 fiel mir dieser Effekt auch an Wassermoosen (*Cinclidotus* ssp.) am Rheinufer auf, die gelbbraun verfärbt waren. Ich hielt das zunächst für Folgen eines Umweltschadens.

Eine mögliche Erklärung ist, dass diese Moose hohe Temperaturen in turgeszentem Zustand nicht tolerieren. Nach unserem Gasstoffwechselformen an Moosen in den Achtziger Jahren (Frahm 1990) erreichen Moose ihr Assimilationsmaximum bei 25°C. Die Photosyntheseleistung sinkt dann wieder ab (und verdoppelt sich nicht mehr alle 10°C, wie unterhalb 25°C), erreicht bald den Kompensationspunkt und bringt bei ca. 35°C keine Nettphotosynthese mehr. Die genaue Grenze hängt von der Beleuchtungsstärke ab. In der Folge sterben die Pflanzen bei der Temperatur ab. Diese Ergebnisse wurden zur Erklärung des Phänomens herangezogen, dass tropische Tieflandsregenwälder weitgehend moosarm sind, wo hier doch aufgrund der hohen Humidität besonders viele Moose wachsen sollten.

Dasselbe scheint sich in der Natur abzuspielen. Dort werden zwar an heißen Felsen Temperaturen von 50-60°C ohne weiteres ausgehalten, jedoch nur in ausgetrockneten Zustand. Haben wir nun eine Lufttemperatur von mehr als 30°C, wie sie in den letzten Sommern öfter aufgetreten ist, und werden die Moose dann nass (am Flussufer durch Spritzwasser, an Bäumen z.B. durch ein Gewitterregen), so werden die Moose geschädigt und verfärben sich braun. Dadurch starben Moose nicht etwa großflächig ab, sondern regenerieren sich anscheinend wieder. Die Hypothese wird auch dadurch gestützt, dass solche Effekte nicht z.B. in Wäldern zu beobachten sind, sondern nur an offenen Standorten mit entsprechend höheren Temperaturen. Vielleicht hat die Schädigung von *Orthotrichum* affine damit zu tun, dass diese Art von allen Seiten der heißen Luft ausgesetzt ist, im Gegensatz zu *Metzgeria fruticulosa* oder Gesteinsmoosen.

Eine experimentelle Bestätigung dieser Hypothese lieferten jüngst Hitzetoleranzversuche an Moosmatten. Ein wesentlicher Einsatzort für Moosmatten sind Dächer. Diese können sich bei



**Abb: 1: Braun verfärbte Orthotrichen an einem Holunder, Vogesen Juli 2008**



Abb. 2: Geschädigtes *Orthotrichum affine* (Vogesen Juli 2008)



Abb. 3: Geschädigtes *Orthotrichum affine* (Vogesen Juli 2008)

direkter Sonneneinstrahlung und speziell bei Dachneigungen, die zeitweise mit dem Einfallswinkel der Sonnenstrahlen eine senkrechte Beleuchtung ergeben, erheblich hohe Temperaturen erreichen.

Generell ist es so, dass Moose an natürlichen Standorten wie (geneigten) Felsen ähnlich hohen Temperaturen ausgesetzt sind. Untersuchungen ergaben, dass trockene Pflanzen 85°-110°C tolerieren, befeuchtete nur 42-51°C (Nörr 1974). Nach Lange (1955) ertrugen alle untersuchten Moose im trockenen Zustand 65°C, Moose trockener Standorte 100-110°C (bei einer Versuchsdauer von 30 min.).

Daher kann man davon ausgehen, dass die Hitzewirkung auf Moose im trockenen Zustand in der Praxis keine Probleme macht. Auf Anzuchtmatte aufgetretene Schäden im Sommer bei Lufttemperaturen von > 30°C lassen vermuten, dass es jedoch Probleme bei der Hitzeresistenz in feuchtem Zustand gibt.

In dem vorliegenden Versuch sind im Gegensatz zu den früheren Publikationen die für die Mattenbegrünung verwendeten Arten auf Moosmatten getestet worden. Dazu wurden mit *Polytrichum juniperinum* als auch mit *Ceratodon purpureus* bewachsene Moosmatten in 10x10 cm Stücke zerschnitten und einzeln auf eine Wärmebank gelegt (Abb. 4). Die Temperatur der Wärmebank wurde so erhöht, dass die Oberflächentemperatur (mit einem IR-Thermometer gemessen) 30°, 40°, 50°, 60° und 70° betrug. Die Versuchsdauer betrug eine Stunde.



Abb. 4: Versuchsanordnung zu Hitzetoleranzversuchen mit Moosen

Beide Moosarten (*Polytrichum juniperinum* und *Ceratodon purpureus*) hielten auch die Maximaltemperatur von 70°C eine Stunde lang ungeschädigt aus. Bei einer anschließenden Befeuchtung im Freiland waren keine visuellen Schädigungen erkennbar.

Bei den Versuchen im feuchten Zustand ergaben sich artspezifische Unterschiede:

*Polytrichum juniperinum* (Abb. 6) tolerierte 30° und 40° ohne Schäden, bei 50° gab es leichte, bei 60° stärkere und bei 70° starke Schäden.

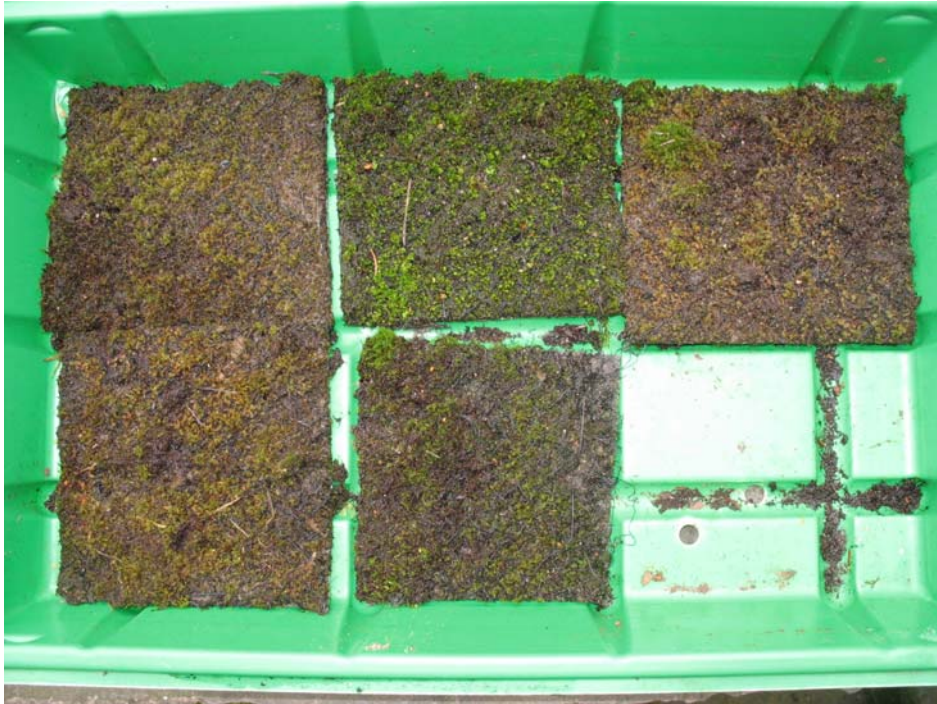


Abb. 5: : Hitzetoleranz von *Ceratodon purpureus* auf Moosmatten in feuchtem Zustand. Oben v.l.n.r 40°, 50°, 60°C, unten 70° sowie 60° nach 6 Stunden.



Abb. 6: Moosmatte mit *Polytrichum juniperinum* nach Hitzetest in feuchtem Zustand. Oben v.l.n.r. 30, 40, 50°C, unten 60°, 70°C.

---

*Ceratodon purpureus* (Abb. 6) zeigte bereits ab 40° einen Totalschaden. Die Ausnahme bei 50° muss auf einen Versuchsfehler zurückzuführen sein, da bei 60° wieder eine starke Schädigung zu verzeichnen war. Die Wirkung bezog sich auf eine starke Verbraunung der Pflanzen. Bei einer mikroskopischen Kontrolle ergab sich, dass die Chloroplasten zerstört waren.

Die Schädigungen waren nach sechs Stunden bei 60° nicht stärker als nach einer Stunde.

Die Versuchsergebnisse zeigen, dass höhere Temperaturen bei Moosen in nassem Zustand zu Schädigungen führen. Die unterschiedlichen Moosarten haben dabei eine unterschiedliche Hitzeresistenz. Das ist vermutlich der Grund, warum ein Großteil der Moose im äquatorialen Tieflandsbereichen nicht existieren kann. Solche Schädigungen scheinen gelegentlich aber auch bei uns aufzutreten. Sie scheinen aber nicht letal zu sein, so dramatisch sie auch aussehen (Abb. 1-3). Es könnte sein, dass als Folge des Klimawandels solche Effekte häufiger auftreten.

Ich danke Stephanie Winter für die Durchführung der Versuche

Frahm, J.-P. 1990. The effect of light and temperature on the growth of bryophytes in tropical rain forests. *Nova Hedwigia* 51: 151-164.

Lange, O.L. 1955: Untersuchungen über die Hitzeresistenz der Moose in Beziehung zu ihrer Verbreitung. I. Die Resistenz stark ausgetrockneter Moose. *Flora (Jena)*142:381-399.

Nörr, M. 1974. Trockenresistenz bei Moosen. *Flora* 163: 371-387.