

Die Zunahme von epiphytischen Hängemoosen in Europa am Beispiel einer Lokalität in den Vogesen

Jan-Peter Frahm

Abstract: During the past ten years, pendulous forms of epiphytic mosses (mainly *Hypnum andoi*) have much increased in the Vosges Mountains as well as in the Black Forest. To get an estimate of the amount, the phytomass of epiphytic bryophytes was determined in one locality in the Vosges mountains. In total 2000 kg/ha dry mass was measured, which has a water storing capacity of about 10.000 litres. These data resemble those of temperate or tropical rain forests.

Zusammenfassung: In den letzten Jahren haben epiphytische Hängeformen vorwiegend von *Hypnum andoi* in den Vogesen und dem Schwarzwald stark zugenommen. Um quantitative Daten zu gewinnen, wurden an einer Lokalität in den Vogesen Phytomassebestimmungen durchgeführt. Dabei wurden 2000 kg/ha Trockengewicht an epiphytischen Moosen festgestellt. Dies entspricht einer Wasserspeicherkapazität von rund 10.000 l Wasser pro Hektar. Diese Werte entsprechen Verhältnissen in tropischen bzw. temperaten Regenwäldern.

Einleitung

Die Jahre ab 1990 brachten die auffälligsten Veränderungen in der Moosflora Mitteleuropas mit sich, speziell der epiphytischen Moosvegetation, welche vermutlich auf die Reduzierung des Sauren Regens zurückzuführen waren. Diese Veränderungen betrafen die Rückkehr der epiphytischen Moosarten in zuvor epiphytenfreie Gebiete, die Zunahme der Arten, die Zunahme der Bedeckung, das Auftreten von selteneren Arten, die schon hundert Jahre nicht mehr gefunden worden waren (*Orthotrichum rogeri*, *Ulotia macrospora*), sowie die Besiedlung von Bäumen mit saurer Borke wie Fichten. Bis 2003 waren Fichtenstämme noch unbemoost. Offenbar musste erst die Säure aus den vom Sauren Regen angesäuerten Borken der Fichten ausgewaschen werden. Dann kulminierte die Bemoosung in dichten Moosmänteln. Inzwischen sind auf Fichtenborke selbst Arten wie *Microlejeunea ulicina* zu finden.

Ein auffälliges Phänomen darunter war die Entwicklung von Hängemoosen in Mitteleuropa, einer sonst nur in den Tropen zu findenden Erscheinung. Auch wenn dieser für Europa ungewohnte Aspekt wenig Beachtung gefunden hat, so soll er doch hier dokumentiert werden. Jede Veränderung in der Natur hat seine Ursache und neue Erscheinungen geben Hinweis auf neue, bislang nicht da gewesene Veränderungen. Zudem sind solche Hängeformen von Moosen in

Mitteleuropa in den letzten 200 Jahren, also seit Beginn der Bryologie in Mitteleuropa, bis vor wenigen Jahren nirgendwo erwähnt worden, sodass wir es hier mit neuartigen, nie da gewesenen Effekten zu tun haben.

Bereits vor mehr als 20 Jahren wurden aus Irland solche Hängeformen von *Hypnum jutlandicum* publiziert (Doyle 1986), und man hätte dies nicht in der *Lindbergia* publiziert, wenn dies nicht ein neuer Effekt gewesen wäre. Dies betrifft aber hyperozeanische Gebiete. Zur selben Zeit wurden vom Autor Hängeformen von *Neckera complanata* u.a. Laubmoosen an *Taxus* in einer feuchten Schlucht in Schottland beobachtet.

1995 wurden dann in den Vogesen ähnliche Erscheinungen beobachtet und publiziert (Frahm 1996, Abb. 1). Dabei breitete sich *Hypnum andoi* an mehreren wieder luftfeuchten Stellen (Bachtälern) auf abgestorbenen Fichtenästen in Fichtenforsten aus und fing dann an, Hängeformen zu bilden. Hängemoosen sind jedoch ein Effekt von (temperaten und tropischen) Regenwäldern. Zeitgleich traten auch Moosbälle von *Dicranum scoparium* auf (Abb. 2). Moosbälle sind ebenfalls ein Effekt, die in temperaten Regenwäldern (Chile, Neuseeland) als auch tropischen Regenwäldern (Zentralafrika) auftreten und dort ebenfalls von Dicranaceen (z.B. *Dicranoloma billardieri*) gebildet werden. In dieselbe Zeit tritt das gehäufte epiphytische Auftreten von *Polypodium vulgare* im Rheinland (Frahm 2002) und in den Vogesen (Frahm unpubl.), dort sogar im Kronenbereich. Diese Erscheinung ist insofern revolutionär, als vaskuläre Epiphyten als Charakteristikum der Tropen gelten und geradezu als Abgrenzung der Tropen gegen die Nichttropen gelten. Leider werden solche Erscheinungen nicht gesehen, nicht beachtet oder es wird ihnen keine Bedeutung beigemessen.

Später berichtete Lübenau (2002) über moosbewachsene Fichtenäste aus dem Allgäu. Diese waren zunächst mit *Orthotrichum speciosum*, später mit *Bryum flaccidum* und *Isothecium myosuroides* bedeckt.

Im Mai 2006 wurden im Kasbachtal bei Linz/Rhein südlich Bonn an Fichtenästen *Hypnum andoi*, *Pylaisia polyantha*, *Brachythecium rutabulum*, *Metzgeria furcata*, *Dicranum scoparium*, *Ulotia crista*, *Radula companata*, *Orthotrichum affine*, *Lophocolea heterophylla*, *Eurhynchium praelongum* und *Amblystegium serpens* gefunden (Frahm unpubl., Abb. 2). Dies war zwar in einer luftfeuchten Situation, aber bislang nie zuvor beschrieben, auch nicht zu Zeiten vor dem Sauren Regen.

Die vorerst stärkste Steigerung von tropischen Erscheinungsformen von Moosen in Europa ist die Entdeckung von epiphyllen Lebermoosen in der Nähe von London (Duckett 2008).

Seinen vorläufigen Höhepunkt erreichte diese Erscheinung 2007 in den Vogesen, als nun streckenweise Tannen völlig von Moosen eingehüllt waren (Abb. 4). Neben vorherrschend *Hypnum andoi* waren daran auch in geringen Quantitäten *Neckera complanata*, *Dicranum scoparium* und *Antitrichia curtipendula* beteiligt. Gerade die Kombination von basiphilen (*Neckera*) und acidophilen Arten (*Dicranum*) ist dabei eigenartig. Zur gleichen Zeit waren ähnliche Effekte im Schwarzwald zu verzeichnen (Beike mdl., Abb. 5)

Material und Methoden

Um das Massenvorkommen epiphytischer Hängemoose in den Vogesen quantifizieren und mit Daten aus den Tropen vergleichen zu können, wurden am 9.9.2008 an der Lokalität „Les Moussettes“ (!) im Dépt. Vosges, Bachtal an der Straße La Montagne – Le Val d’Ajol in 450 m Höhe Phytomassebestimmungen von Studenten der Universität Bonn während eines Geländepraktikums durchgeführt (Abb. 6). Dazu wurde eine Untersuchungsfläche von 100 m² gewählt.

Die in der Untersuchungsfläche vorhandenen Trägerbäume wurden in 3 verschiedene Bewuchskategorien eingeteilt, die sich in Abhängigkeit vom jeweiligen Standort ergaben. Anschließend wurde die Anzahl dieser Bäume ermittelt. Die Bäume unterschieden sich durch leichten, mäßigen oder starken Epiphytenbewuchs. Im Weiteren wurde aus jeder der Bewuchskategorien ein Beispielbaum ausgewählt, der die jeweilige Bewuchsstärke repräsentiert.

Von diesen Bäumen wurde je ein Ast entfernt und der Epiphytenbewuchs abgerntet. Zusätzlich wurden an diesen Bäumen durch sorgfältige Schätzung die Anzahl vergleichbarer Äste ermittelt. Ästen der selben Größe wie der entfernte Ast wurde der Faktor 1 zugeordnet, wesentlich kleineren Ästen der Faktor $\frac{1}{2}$ und größeren der Faktor 11/2. Der epiphytische Bewuchs des Baumstammes wurde ebenfalls mit aufgenommen, indem die Moosmasse eines 30 x 30 cm großes Stammareals geschätzt und auf den gesamten Stamm hochgerechnet wurde.

Zusätzlich wurden vom 11.-12.9.2008 an vier unterschiedlichen Stellen achtundvierzigstündige Messungen von Temperatur und Luftfeuchte durchgeführt. Die dafür benutzten Datalogger wurden in ca. 30 m Abstand in einem Transekt durch das Gebiet in 2 m Höhe an den Baumstämmen befestigt:

1. Bachrand
2. Bestandsmitte
3. Rand des Bestandes
4. Blockhalde außerhalb des Untersuchungsgebietes.

Ergebnisse:

Auf der 100 m² Untersuchungsfläche befanden sich 28 Bäume.

Anzahl Bäume der Kategorie „starker Bewuchs“: 10.

Häufigkeit des Vorkommens des Referenzastes am Beispielbaum: 13x.

Anzahl Bäume der Kategorie „mäßiger Bewuchs“: 6.

Häufigkeit des Vorkommens des Referenzastes am Beispielbaum: 27 x.

Anzahl Bäume der Kategorie „leichter Bewuchs“: 12.

Häufigkeit des Vorkommens des Referenzastes am Beispielbaum: 45 x.

Tabelle 1: Phytomassebestimmung und Wasserspeicherkapazität für die Referenzäste der drei verschiedenen Kategorien des Untersuchungsgebietes

| | „stark“ | „mäßig“ | „leicht“ |
|-----------------|---------|---------|----------|
| Trockengewicht: | 0,12 kg | 0,02 kg | 0,004 kg |
| Nassgewicht: | 0,62 kg | 0,12 kg | 0,024 kg |
| Differenz: | 0,5 kg | 0,10 kg | 0,02 kg |

Tabelle 2: Phytomassebestimmung und Wasserspeicherkapazität für die Gesamtzahl der Trägerbäume der drei verschiedenen Kategorien des Untersuchungsgebietes:

| | „stark“ | „mäßig“ | „leicht“ | Gesamt 100 m ² | Gesamt 1 ha |
|-----------------|----------|----------|----------|---------------------------|-------------|
| Trockengewicht: | 15,6 kg | 2,43 kg | 2,16 kg | 20,19kg | 2000kg |
| Nassgewicht: | 80,86 kg | 19,6 kg | 12,96 kg | 119,42kg | 11900kg |
| Differenz: | 65,26 kg | 17,17 kg | 10,8 kg | 93,23kg | 9300 kg |

Diskussion

Bestimmungen der Phytomasse epiphytischer Moose wurden in den Tropen mehrfach durchgeführt. Die dabei verwendeten Methoden differierten und dementsprechend auch die Ergebnisse. Pócs (1980) 1773 kg/ha aus einem submontanen Regenwald und 11 t/ha in einem Nebelwald in Tanzania an. Damit wäre die Phytomasse an dieser Stelle in Vogesen höher als in einem submontanen Regenwald in den Tropen. Frahm (1994) errechnete Werte von 20 kg bis

6000 kg in einem Transekt von 900 bis 3200 m in Zaire. Die in den Vogesen ermittelten 2000 kg entsprechen Werten, die in dem Transekt in Afrika in 2800m festgestellt wurden. Auch die Wasserspeicherkapazität von 9300 l/ha entspricht den Werten von hochmontanen Regenwäldern in Afrika, wo im subalpinen Bereich Spitzenwerte von 18.000l erreicht werden.

In einer früheren Studie (Frahm 2002) wurden Artenzahl, Bedeckung und Phytomasse entlang eines Höhen-Transektes durch die Vogesen ermittelt und mit Werten aus den Tropen verglichen. Es ergab sich, dass die „Moosigkeit“ in den Vogesen in etwa den Verhältnissen in Höhen von 2-3000 m in tropischen Regenwäldern entsprechen. Damals wurden an „normalen“ Standorten (nicht Bachtälern wie hier) Phytomassemengen von 150 und 500 kg/ha ermittelt

Die hier ermittelten Phytomassemengen dürfen nun nicht verallgemeinert werden. Sie sind Ausdruck einer lokal besonders hohen Luftfeuchtigkeit, was sich an den Dataloggerdiagrammen (Abb. 7-10) widerspiegelt. Danach ging die Luftfeuchte am Bachrand die ganze Messperiode nicht unter 90% (Abb. 7). In 30 m Entfernung ging die Luftfeuchte auch an einem klaren Tag nicht unter 80% (Abb. 8), d.h. die Moose waren die ganze Zeit über turgeszent und stoffwechselaktiv. Am Rande des Forstes ging die Luftfeuchte ur am frühen Nachmittag unter 80%, so dass hier die Moose nur kurzfristig austrockneten (Abb. 9). Außerhalb des Waldes stieg diese trockene Periode auf wenige Stunden über Mittag an (Abb. 10), der größte Teil des Tages hatte dennoch eine ausreichend hohe Luftfeuchte, dass die Moose wasserdampfgesättigt waren.

Es ist klar, dass hohe Luftfeuchte eine längere Zeit der Stoffwechselaktivität bei Moosen zur Folge haben und das ein vermehrtes Wachstum. Da solche Phytomassemengen früher nicht zu verzeichnen waren, müssen sie jedoch eine Folge neuerer Umweltveränderungen sein. Dass es die stark gefallenen SO₂-Werte sind, ist nicht wahrscheinlich, da solche Verhältnisse bei Epiphyten mutmaßlich früher (vor dem Sauren Regen) nicht zu verzeichnen waren.

Über die Ursachen der Bildung von Hängemoosen kann nur spekuliert werden. Festzuhalten ist, dass so etwas nicht grundlos passiert und seine Ursachen haben muss. Da es diese Effekte bei uns früher nicht gegeben hat, müssen es ökologische Veränderungen in den letzten Jahren sein.

Festzuhalten ist ferner, dass wir in den letzten Jahren vier Erscheinungsformen von tropischen Epiphyten erstmals in Europe beobachten: Hängemoose, Moosbälle, epiphyll Moose und vaskuläre Epiphyten. Dies legt nahe, einer Veränderung der ökologischen Bedingungen in Richtung auf (sub)tropische Verhältnisse zu unterstellen. Dazu zählen generell höhere Temperaturen und erhöhte Feuchtigkeit. Die Temperaturzunahme ist seit 1989 belegt und besonders in den Wintermonaten ausgeprägt, wo an manchen Stationen die Durchschnittstemperatur in den Monaten Dezember bis Februar um bis zu 3,5°C stieg (Deutscher Wetterdienst b). Auch die regionale Zunahme der Niederschläge im gleichen Zeitraum um 10-40% ist belegt. Insgesamt haben sich die Niederschläge seit 1879 um 20% erhöht (Deutscher Wetterdienst a). In etwa 10 km Entfernung wurden in den Jahren 2002 2400 mm und in dem Jahr 2004 2300 mm Niederschläge in 645 m Meereshöhe gemessen. Das sind Mengen, wie sie für Regenwälder typisch sind, weswegen es nicht wundern braucht, wenn wir jetzt auch entsprechend Verhältnisse bei den epiphytischen Moosen bekommen. Dabei haben wir mit steigenden Niederschlägen auch einen höheren Nährstoffeintrag. Unter Umständen spielen alle diese Faktoren zusammen, wobei hier ein Selbstverstärkungseffekt (mildere Temperaturen, höhere Niederschläge und mehr Nährstoffe = mehr Wachstum) zu tragen kommt, der diese Entwicklung beschleunigt.

Die Erscheinungsformen mit Hängemoosen und Moosbällen erinnern an die Verhältnisse im Nordwesten Nordamerikas, wo *Isoetium myosuroides* Hängeformen bildet (dort z.Tl. als eigene Art gewertet), seltener auch *Antitrichia curtipendula*, und *Herbertus* Moosbälle formt. Dort haben wir wintermilde humide Verhältnisse. Nach dem Gesetz der relativen Standortkonstanz müssten wir uns hier solchen Klimaverhältnissen nähern, zumindestens in den feuchteren Mittelgebirgen wie Vogesen oder Schwarzwald.

Vaskuläre Epiphyten und Epiphyll treten zunächst auf den Makaronesischen Inseln auf, so dass man geneigt ist, diese Veränderungen einem Angleichen unseres Klimas an subtropische Verhältnisse zuzuschreiben. Hier spielt der Temperaturfaktor wohl eine größere Rolle, weil die

Standorte von Polypodium in Ahr- und Rheintal mit 6-700 mm Regen pro Jahr relativ sehr niederschlagsarm sind.

Die Phytomassebestimmung wurde von Irina von Maravic und Stefanie Stenzel durchgeführt, die Dataloggermessungen von Boon-Chuan Ho und Sahut Chantanaorrapint.

Literatur:

- Deutscher Wetterdienst a. www.deutscher-wetterdienst.de/research/mohp/hp2/gaw/gaw_brief_005.html.
- Deutscher Wetterdienst b. www.deutscher-wetterdienst.de/research/klis/produkte/mpnitoring/-t0500/-folgen.htm
- Doyle, G.J. 1986. Hypnum jutlandicum Holmen & Warncke growing as a pendulous epiphyte on Pinus contorta in a plantation in the west of Ireland. *Lindbergia* 12(2,3):73-75
- Duckett, J. 2008. Epiphytic and epifungal liverworts on Hampstead Heath, London. *Field Bryology* 95: 8-10.
- Frahm, J.-P. 1994. Scientific Results of the BRYOTROP Expedition to Zaire and Rwanda. 1. The ecology of epiphytic bryophytes on Mt. Kahuzi (Zaire). *Tropical Bryology* 9: 137-152.
- Frahm, J.-P. 1996. Hängemoose in Mitteleuropa. *Bryol. Mitt.* 2: 39-41.
- Frahm, J.-P. 2002. Untersuchungen zur Höhengliederung der Moose und der Wasserspeicherung von epiphytischen Moosen entlang eines Transektes durch den Westhang der Vogesen. *Bull. Soc. Hist. Nat. Colmar* 64: 67-77.
- Frahm, J.-P. 2002. Neuer Epiphytenwahnsinn. *Bryol. Rundbriefe* 53:7.
- Lübenau, R. 2002. Noch mehr „Epiphytenwahnsinn“. *Bryol. Rundbriefe* 57:4.
- Pócs, T. 1980. The epiphytic biomass and its effect on the water balance of two rain forest types in the Uluguru Mountains (Tanzania, East Africa). *Acta Botanica Hungarica* 26: 143-167.



Abb 1: Hängeform von *Hypnum andoi* aus den Vogesen im Jahre 1995.



Abb. 2: Moosbewachsene Fichtenäste im Kasbachtal (Rheinland)



Abb. 3: Moosball von *Dicranum scoparium* an Fichtenast (Vogesen 2002)



Abb. 4: Mit Hängemoosen (*Hypnum andoi*, *Neckera complanata*, *Antitrichia curtipendula*) bewachsener Tannenast (Vogesen 2007)



Abb. 5. Hängeformen von *Hypnum andoi* im Schwarzwald 2008 (Foto Anna Beike).



Abb. 6: Untersuchungsgebiet in den Vogesen 2008

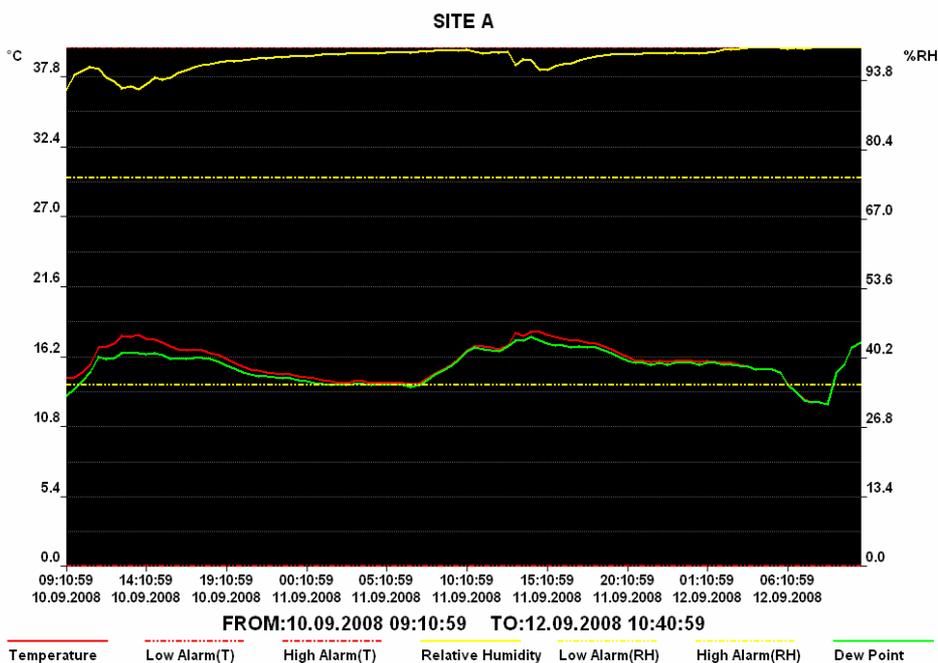


Abb. 7: Verlauf von Temperatur- und Luftfeuchtigkeit am Bachrand

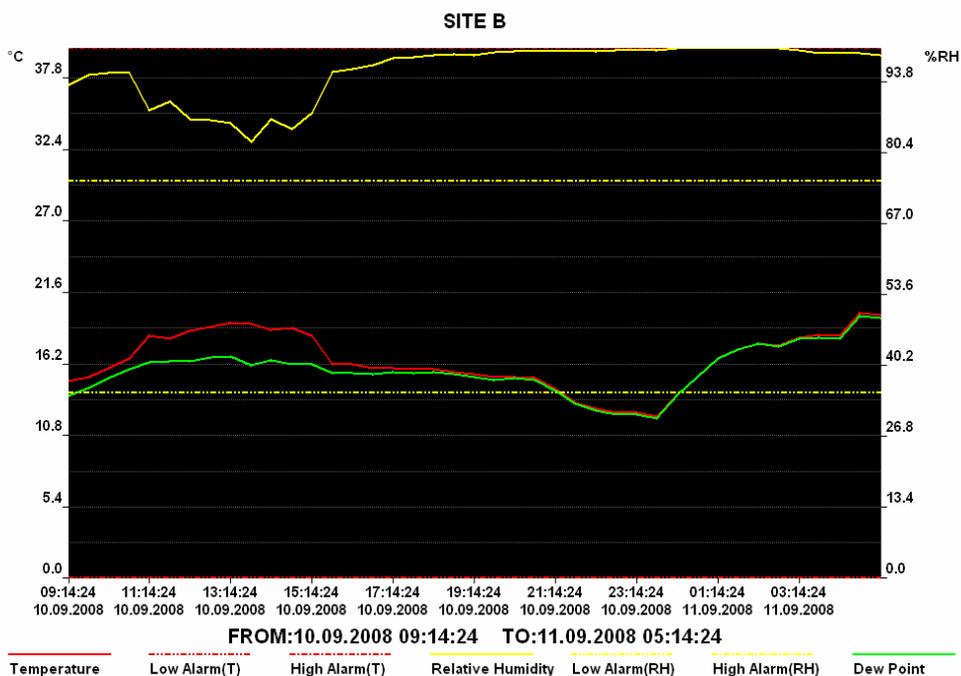


Abb. 8: Verlauf von Temperatur und Luftfeuchte in 30 m Entfernung vom Bach.

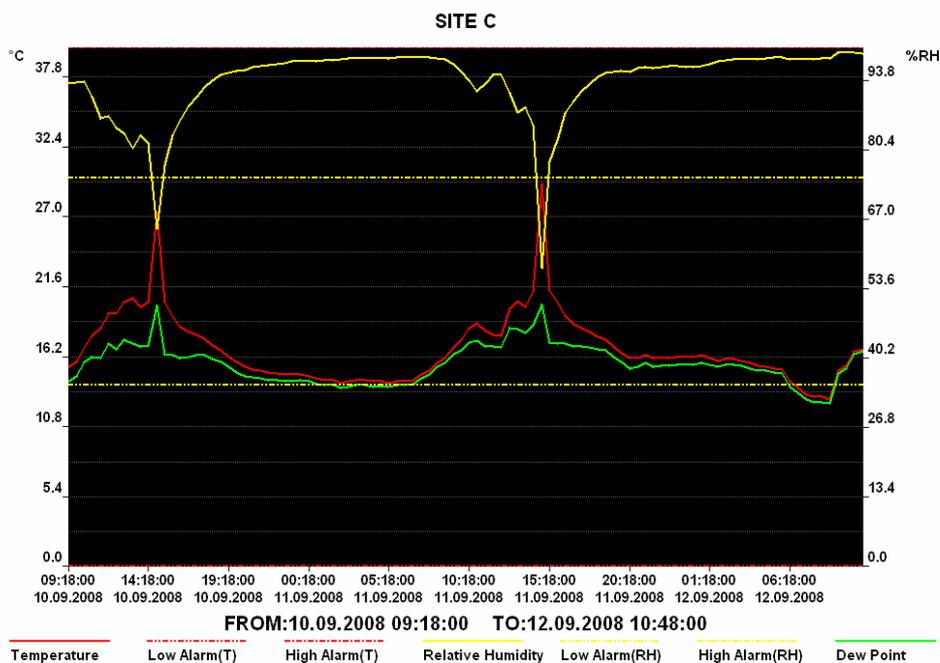


Abb. 9: Verlauf von Temperatur und Luftfeuchte am Rande des Tannenforstes

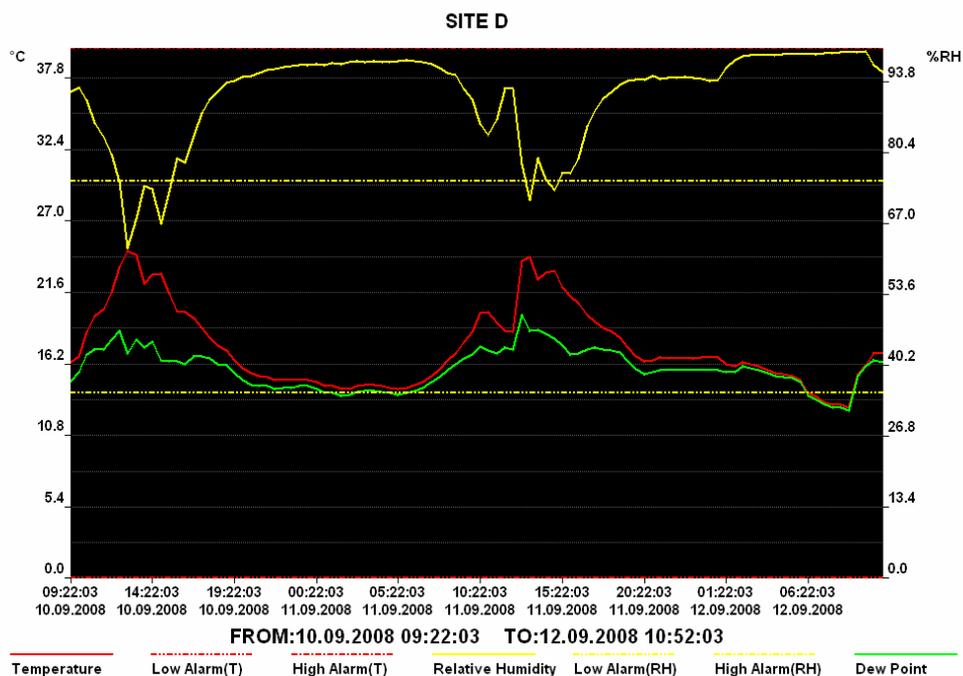


Abb. 10: Verlauf von Temperatur und Luftfeuchte außerhalb des Bestandes (Blockhalde)