

Harrer, A. (2023): Der Gefleckte Aronstab (*Arum maculatum*, Araceae) am Gebhardsberg bei Bregenz (Vorarlberg, Österreich): Feldbeobachtungen zur Phänologie, Thermogenese und anderen Aspekten der Blütenbiologie.

inataura – Forschung online, 114: 13 S.

Permalink: www.inatura.at/forschung-online/ForschOn_2023_114_0001-0013.pdf

Der Gefleckte Aronstab (*Arum maculatum*, Araceae) am Gebhardsberg bei Bregenz (Vorarlberg, Österreich): Feldbeobachtungen zur Phänologie, Thermogenese und anderen Aspekten der Blütenbiologie

Alexander Harrer¹

Nr. 114 - 2023

¹Alexander Harrer

Eschlestraße 21, 6971 Hard

E-Mail: alexander.harrer@yahoo.com

Zusammenfassung

Der Gefleckte Aronstab (Arum maculatum) ist in weiten Teilen Europas verbreitet. Er bewohnt krautreiche, schattige Laubmisch- und Buchenwälder, kommt aber auch in Auwäldern vor. In Vorarlberg ist die Art in weiten Teilen des Landes anzutreffen. Arum maculatum bildet einen in der vorarlberger Flora einzigartigen und unverwechselbaren Blütenstand aus. Dieser ist als Kessel-Gleitfallenblume gestaltet und weist eine außergewöhnliche Blütenbiologie auf. Die Art ist in der Lage, während des Blühvorganges die Oberflächentemperatur der verlängerten, keulenförmigen Zentralachse des Blütenstandes auf rund 15 °C über das Temperaturniveau der Luft anzuheben. Die dabei freigesetzten, urinartigen Geruchsstoffe locken die Bestäuber, hauptsächlich Schmetterlingsmücken, an. Der vorsommergrüne Geophyt zieht seine Laubblätter bereits um den Sommerbeginn wieder ein. Die Fruchtstände mit den auffälligen, roten Beerenfrüchten reifen im Sommer. Die Samenausbreitung erfolgt in erster Linie durch Vögel.

Key words: Arum maculatum, Gefleckter Aronstab, Thermogenese, Blütenbiologie, Gebhardsberg, Bregenz, Vorarlberg

1 Einleitung

Arum maculatum ist trotz seines exotischen Aussehens, des außergewöhnlichen Blütenstandes und der interessanten Blütenökologie bei der Vorarlberger Bevölkerung weitgehend unbekannt. Das mag einerseits an seiner verborgenen Lebensweise in der Krautschicht unserer Laubmisch- und Buchenwälder liegen, andererseits am zwar unverkennbaren, aber unauffällig grün bis grünlich-weiß gefärbten Hochblatt, das den kolbenförmigen Blütenstand umgibt (Abb. 1). Zudem beträgt die Blühdauer nur wenige Stunden. Lediglich die im Hoch- und Spätsommer reifen Fruchtstände mit ihren auffälligen, orange-roten Beerenfrüchten sind vielen Spaziergängern und Wanderern bekannt.

Die vorliegende Arbeit soll auf den Gefleckten Aronstab aufmerksam machen. Sie beschreibt seinen Lebensraum, seine Phänologie und seine innerartliche Variabilität am Beispiel der Vorkommen am Gebhardsberg bei Bregenz (Vorarlberg, Österreich) und beleuchtet die interessante Blütenbiologie der Kessel-Gleitfallenblume und den Vorgang der Thermogenese während des Blühvorganges (Anthese).

2 Material und Methoden

Im Zeitraum vom 2. April 2023 bis zum 26. August 2023 wurden die Vorkommen von *Arum maculatum* am Gebhardsberg mehrmals besucht. Dabei wurde die Entwicklung der Pflanzen dokumentiert und Daten



Abb. 1: Gefleckter Aronstab (*Arum maculatum*). Pflanze C (29.04.2023, 18:24 Uhr).

gesammelt. Vom 29. auf den 30. April 2023 sowie am 4. Mai 2023 wurden am Standort Wärmebilder der Blütenstände angefertigt, um den Vorgang der Thermogenese während des Blühvorganges zu dokumentieren. Weiters wurden Messungen der Lufttemperatur und der relativen Luftfeuchtigkeit in unmittelbarer Nähe der Pflanzen durchgeführt. Die Anfertigung der Wärmebilder sowie die Ermittlung der Temperaturen der Blütenstände während des Blühvorganges erfolgten mit einer Wärmebildkamera vom Typ Testo t885-2. Die Lufttemperatur und die relative Luftfeuchtigkeit wurden mit einem digitalen Thermo-Hygrometer vom Typ Azarton MHO-C401 ermittelt. Sämtliche Temperaturmessungen erfolgten an beiden Tagen über mehrere Stunden und parallel an mehreren Pflanzen. Die Messwerte wurden halb- bzw. viertelstündlich ermittelt und dokumentiert. Zur Visualisierung der relevanten Messwerte und deren Korrelation wurden Kurvendiagramme erstellt. Sämtliche erhobenen Messdaten, auch die nicht in den Kurvendiagrammen abgebildeten, sind der vorliegenden Arbeit in Tabellenform als Anhang beigefügt.

3 Das Untersuchungsgebiet

Die in der vorliegenden Arbeit behandelten Populationen befinden sich innerhalb des Gemeindegebietes der Landeshauptstadt Bregenz (Vorarlberg, Österreich), an der Nordflanke des Gebhardsberges. Auf dem bei der Vorarlberger Landesbibliothek von 470 m ü. A. nach Südosten, bis zur Ruine der Burg Hohenbregenz, auf 598 m ü. A. ansteigenden Gelände befindet sich ein artenreicher Mischwald mit bemerkenswertem Altbaumbestand. Einige ausgewählte Bäume entlang des durch das Gelände führenden und von Wanderern und Spaziergängern zeitweise stark frequentierten Walderlebnispfades sind beschildert, unter ihnen *Acer pseudoplatanus*,



Abb. 2: Lebensraum der untersuchten Population, etwas abseits des Walderlebnispfades, ca. 535 m ü. A. bis ca. 545 m ü. A. (04.05.2023).

Castanea sativa, *Fagus sylvatica*, *Larix decidua* und *Pseudotsuga menziesii*. In der an lichterem Stellen üppigen Krautschicht leben zahlreiche standorttypische Blütenpflanzen, unter anderem *Allium ursinum*, *Cardamine bulbifer*, *Corydalis cava* und *Oxalis acetosella*. An schattigeren Stellen leben diverse Farne sowie verschiedene Laub- und Lebermoose. Die Population, an der die in der vorliegenden Arbeit dokumentierten Temperaturmessungen während der Thermogenese der Blütenstände durchgeführt wurden, erstreckt sich von ca. 535 m ü. A. bis ca. 545 m ü. A. Sie besiedelt ein weniger stark frequentiertes Areal, das sich etwas abseits des Walderlebnispfades befindet. Die Krautschicht ist hier stellenweise sehr dicht, bildet aber keinen homogenen Bewuchs und wird immer wieder von weniger stark bewachsenen Stellen durchzogen. Das Blätterdach ist in diesem Bereich, insbesondere während der Wachstums- und Blütezeit von *Arum maculatum*, nicht gänzlich geschlossen. Daher gelangt in den Nachmittagsstunden direktes Sonnenlicht stellenweise, aufgrund der Hanglage sporadisch auch seitlich zwischen den Bäumen hindurch, bis in die Krautschicht (Abb. 2).

4 *Arum maculatum* – der Gefleckte Aronstab

4.1 Verbreitung und Vorkommen

Die Familie der Aronstabgewächse (Araceae) ist hauptsächlich in den Tropen und Subtropen beheimatet. In den gemäßigten Zonen sind nur vergleichsweise wenige Arten verbreitet. Zu diesen Arten gehört auch *Arum maculatum*, der Gefleckte Aronstab, der in weiten Teilen Europas heimisch ist. Sein Verbreitungsgebiet reicht von Irland und Nordspanien quer über Mitteleuropa bis nach Polen, in den Norden Griechenlands und in die Türkei. Seine nördliche Ausdehnungsgrenze verläuft in Südschweden, seine östlichsten Vorkommen befinden sich in der Ukraine und im Transkaukasus (POWO 2023).

In der älteren Literatur (FROHNE & PFÄNDER 1997; HEGI 1980; SEBALD et al. 1990) wird *Arum maculatum* aufgrund vorhandener oder fehlender Flecken auf Hoch- und Laubblättern in Varietäten gegliedert. In der neueren Bestimmungsliteratur (FISCHER et al. 2008; MÜLLER et al. 2021; PAROLLY et al. 2019) findet sich bei *Arum maculatum* keine taxonomische Gliederung unterhalb

der Art. Die Onlinedatenbank »Plants of the World Online« (POWO 2023) führt bei *Arum maculatum* Unterarten, Varietäten und Formen ausschließlich als Synonyme an. *Arum maculatum* bewohnt krautreiche, schattige Laubmisch- und Buchenwälder, kommt aber auch in Auwäldern vor. Die Art bevorzugt frische, nährstoffreiche, lockere Lehm- und Tonböden mit neutraler oder leicht saurer Reaktion (SEBALD et al. 1990). Nach HEGI (1980) steigt *Arum maculatum* im Alpenraum auf bis knapp unter 1000 m ü. A. In Österreich ist *Arum maculatum* zerstreut im Alpengebiet sowie im Nördlichen und im Südöstlichen Alpenvorland verbreitet. Die Art gilt in Österreich insgesamt als ungefährdet und besiedelt geeignete Lebensräume in den Bundesländern Vorarlberg, Tirol, Salzburg, Kärnten, Steiermark und Oberösterreich. Ein Vorkommen im Burgenland ist aktuell »fraglich« (SCHRATT-EHRENDORFER et al. 2022). In Vorarlberg ist die Art in weiten Teilen des Landes anzutreffen, weist im Verbreitungsgebiet aber meist nur kleine, wenig ausgedehnte Populationen auf. Die Vorarlberger Lebensräume sind anhaltend rückläufig. Die Bestände zeigen einen anhaltend negativen Trend und sind als »beinahe gefährdet« eingestuft (AMANN 2016).

4.2 Artbeschreibung

Der Gefleckte Aronstab erreicht eine Wuchshöhe von 15 bis 40 cm. Er ist ein vorsommergrüner Geophyt und außerhalb seiner Vegetationsperiode auf eine längliche, rhizomartige, bis 2,5 cm dicke Knolle reduziert (SEBALD et al. 1990). Das knollige Rhizom ist außen braun, innen weiß und liegt in der Regel 6 bis 12 cm tief im Boden (HEGI 1980). Dieses Überdauerungsorgan wird durch Zugwurzeln auf die artspezifische Normtiefe gezogen und jährlich neu gebildet (DÜLL & KUTZELNIGG 2005; vgl. TROLL & HÖHN 1973: 121; KADEREIT et al. 2020: 205). Die im Frühjahr erscheinenden Laubblätter besitzen eine dunkelgrüne, breit-spießförmige, 10 bis 20 cm lange Blattspreite (SEBALD

et al. 1990). Die Laubblätter können schwarz-purpur gefleckt oder ungefleckt sein und sind, im Gegensatz zu den anderen meist parallelnervigen Monokotyledonen (Einkeimblättrigen), netznervig und lang gestielt (DÜLL & KUTZELNIGG 2005). Die Blütezeit reicht von April bis in den Juni. *Arum maculatum* bildet einen in der Vorarlberger Flora einzigartigen und unverwechselbaren Blütenstand aus. Der dem Blütenstandstiel aufsitzende fertile Teil, der Kolben (Spadix), ist von einem Hochblatt (Spatha) umgeben. Das Hochblatt ist ca. 12 bis 25 cm lang, innen grünlich- oder rötlichweiß, außen grünlich gefärbt. Wie die Blattspreiten kann es dunkle Flecken aufweisen oder ungefleckt sein. Im unteren Drittel bleibt das Hochblatt auch während des Blühvorgangs eingerollt und bildet einen bauchigen Kessel, der den unteren, blümentragenden Teil des Kolbens umhüllt. Der Kessel weist eine Verengung auf, aus der der sterile, keulenförmig verdickte, obere Teil des Kolbens heraus ragt. Diese Keule (Appendix) ist meist bräunlich bis violettbraun, selten gelblich gefärbt (SEBALD et al. 1990). Nach der Blüte endet bald auch die Vegetationsphase der Pflanze. Die Laubblätter ziehen ein und die befruchteten Samenanlagen reifen bis Juli oder August zu roten Beerenfrüchten heran. Die Samenausbreitung erfolgt in erster Linie durch Vögel, die die saftigen Beeren fressen und die Samen später unverdaut wieder ausscheiden (DÜLL & KUTZELNIGG 2005).

4.3 Blütenbiologie

Der Blütenstand von *Arum maculatum* bildet eine Kessel-Gleitfallenblume mit einer für Vorarlberg einzigartigen Blütenbiologie. Mit der Entfaltung des Hochblattes am Nachmittag erwärmt sich der Kolben. Nach SEBALD et al. (1990) steigt die Temperatur im Blütenkolben dabei um bis zu 15 °C über die Außentemperatur. Die Wärmeentwicklung beginnt am oberen, aus dem Kessel ragenden, keulenförmig verdickten Ende und schreitet dann zur

Basis fort. Die Wärmebildung (Thermogenese) wird durch ein hormonelles Signal (Calorigen) ausgelöst, das von den noch unreifen, männlichen Blüten gebildet wird. In der Keule sind große Mengen an Stärke gespeichert, die in ihren Baustein Glucose zerlegt und in einem speziellen Oxidationsprozess verstoffwechselt werden. Die erhöhte Temperatur dient der Verflüchtigung von Geruchstoffen wie Ammoniak, Amine und Indolkörper. Der dabei freigesetzte, harnartige Geruch lockt vor allem Schmetterlingsmücken der Gattung *Psychoda* und kleine Aasfliegen an (HESS 2019). Die Geruchstoffe werden durch eine Duftdrüse (Osmophor) am Ende der Keule freigesetzt. Die innere Epidermis des Hochblattes ist mit abwärts gerichteten Papillen versehen und mit feinen Öltropfen überzogen. Die angelockten Bestäuber finden deshalb an ihr keinen Halt, gleiten ab und landen so früher oder später im Kessel (KUGLER 1970). Der Kesseleingang ist durch zu Hindernisborsten umgewandelte, sterilen Blüten, die unterhalb der keulenförmigen Verdickung des Kolbens ringförmig angeordnet sind, zusätzlich verengt. So gelangen nur kleine Insekten zwischen den Borsten hindurch in das Innere des Kessels und zu den dort befindlichen Blüten. Die Epidermis im Kessellinneren verfügt über keine Schließzellen. Der Gasaustausch wird durch die ausgebildete Lückenepidermis gewährleistet (vgl. SCHNEPF 2007). Durch diese Anpassung wird ein vorzeitiges Entweichen der gefangenen Insekten zusätzlich erschwert, was die Fangwirkung der Kesselfalle weiter verstärkt (SEBALD et al. 1990). Die im Kessel befindlichen Blüten sind eingeschlechtig und ringförmig um den unteren Teil des Kolbens angeordnet. An der Kolbenbasis sitzen die bis auf den Fruchtknoten und die Narbe reduzierten, weiblichen Blüten. Darüber befindet sich ein Ring aus einigen zu Borsten umgewandelten, sterilen Blüten. Dann folgen die aus meist vier Staubblättern bestehenden männlichen Blüten und über ihnen schließlich der dichte Kranz aus



Abb. 3: Pflanze mit bereits gut ausgebildeten Laubblättern und junger Blütenstandknospe, am Fuß des Gebhardsberges, unweit der Vorarlberger Landesbibliothek, ca. 470 m ü. A. (02.04.2023).



Abb. 4: Gruppe aus mehrere Individuen mit Blütenstandknospen, unmittelbar am Walderlebnispfad (23.04.2023, 17:18 Uhr).

Hindernisborsten unmittelbar am Kesseleingang. Sind die gefangenen Besucher bereits mit Pollen beladen, so werden durch sie die im unteren Teil des Kessels, an der Kolbenbasis befindlichen, weiblichen Blüten umgehend bestäubt. Diese sondern an ihren Narben ein zuckerhaltiges Sekret ab, das von manchen Besuchern als Nahrung angenommen wird. Nach der Bestäubung erlischt die Wärmeproduktion in der Keule von oben nach unten und der Blütenstand geht in seine männliche Phase über. Die Staubbeutel der weiter oben ringförmig um den Kolben angeordneten männlichen Blüten öffnen sich und schütten ihren Pollen auf die gefangenen Besucher herab. Anschließend trocknen die Hindernisborsten am Kesseleingang ab, die

Innenwände der Spatha beginnen zu welken und werden für die Insekten begehbar. Nun können die Bestäuber, mit neuem Pollen beladen, die Kesselfalle wieder verlassen (Hess 2019).

4.4 Toxizität

Arum maculatum ist in allen Pflanzenteilen sehr stark giftig. Die giftigen Inhaltsstoffe sind noch weitgehend unbekannt. Als Hauptwirkstoff wird Aroin angenommen. Weiters werden Nicotin, Amine, Oxalate und in neuerer Literatur glykosidische Saponine genannt. Junge Triebe enthalten Blausäureglykoside (Roth et al. 2012). Vermutlich erleichtern die zahlreich vorhandenen Calciumoxalatnadeln durch Verletzung der Schleimhäute

das Eindringen der Giftstoffe (DÜLL & KUTZELNIGG 2005). Auch HABERMEHL & ZIEMER (1999) ziehen aufgrund des geringen Gehalts an toxischen Substanzen eine Giftwirkung in Kombination mit Schleimhautverletzungen in Betracht. Bei Weidevieh sind schwere Vergiftungen durch Oxalsäure bekannt geworden. Die Giftigkeit ist stark abhängig vom Standort der Pflanzen und der Jahreszeit. (HABERMEHL & ZIEMER 1999). Bei Kindern stellen vor allem die roten Beerenfrüchte mit ihrem süßlichen Geschmack eine Gefahrenquelle dar. Ihr Verzehr führt zu Schwellungen und Rötungen der Mundschleimhaut, Erbrechen, Bauchschmerzen und Durchfall (FROHNE & PFÄNDER 1997).



Abb. 5: Blütenstand der ersten blühend aufgefundenen Pflanze der untersuchten Population (23.04.2023, 16:22 Uhr).



Abb. 6: Laubblatt; Wie die Hochblätter sind auch die Laubblätter der am Gebhardsberg aufgefundenen Pflanzen durchgehend ungefleckt (04.05.2023).



Abb. 7: Pflanze E (04.05.2023, 17:58 Uhr).



Abb. 8: Pflanze A (29.04.2023, 15:42 Uhr).



Abb. 9: Pflanze D
(29.04.2023, 16:51 Uhr).



Abb. 10: Pflanze F
(04.05.2023, 14:30 Uhr).



Abb. 11: Pflanze G
(04.05.2023, 19:05 Uhr).



Abb. 12: Pflanze B
(29.04.2023, 16:43 Uhr).

5 Feldbeobachtungen

5.1 Präflorale Phänologie

Am 2. April 2023 konnten am Fuß des Gebhardsberges, nahe der Vorarlberger Landesbibliothek, mehrere Pflanzen mit bereits gut ausgebildeten Laubblättern beobachtet werden. Teilweise hatten diese Pflanzen schon Blütenstandknospen gebildet, bei denen der Saum des Hochblattes sowie der bauchige Kesselbereich bereits gut definiert und deutlich erkennbar waren (Abb. 3). Bis zum 23. April 2023 hatten sich die Bestände entlang des bergauf führenden Walderlebnispfadcs zu kräftigen, knospenden Pflanzen entwickelt (Abb. 4). Auch im Areal der Population, an der später die Untersuchungen zur Thermogenese durchgeführt wurden, etwas abseits des Walderlebnispfadcs, standen bereits zahlreiche Pflanzen wenige Tage, manche unmittelbar, vor der Blüte. Am späten Nachmittag konnte dort ein blühendes Exemplar dokumentiert werden. Es handelte sich hierbei um eine einzeln stehende Pflanze mit kurz gestieltem Blütenstand, dessen Hochblatt vom Kesselboden bis zur Spitze lediglich rund 12 cm betrug (Abb. 5). In den nächsten Tagen kamen mehrere Exemplare dieser Population zur Blüte, so dass am 29. April 2023 bereits zahlreiche Pflanzen abgeblüht waren, während andere bis zur blühreifen Ausbildung des Blütenstandes noch rund ein bis zwei Wochen benötigten.

5.2 Standort und Variabilität

Die Vorkommen von *Arum maculatum* am Gebhardsberg bei Bregenz scheinen in ihrem Bestand als weitgehend ungefährdet, da forstwirtschaftliche Eingriffe im betreffenden Gebiet nur in relativ geringen Maße stattfinden. *Arum maculatum* lebt hier sowohl direkt in der üppigen Krautschicht, besiedelt aber auch Stellen, die ansonsten von anderer Bodenvegetation nur spärlich bewachsen sind. Die Hoch- und die Laubblätter der Pflanzen der am Gebhardsberg aufgefundenen Populationen waren ausnahmslos ungefleckt (Abb. 6). Die Hochblätter waren meist grünlich oder gelblich-grün bis grünlich-weiß, vereinzelt mit rot-purpurner Schattierung und wiesen häufig eine schmale, rötliche bis rotbraune Linie unmittelbar entlang des Blattsauces auf. Die einzelnen Individuen innerhalb der Populationen zeigten eine gewisse Variabilität bezüglich der Länge der Hochblätter, vor allem aber der Form und Farbe der Keulen. Bei sporadischen Messungen der Hochblätter wurden Längen von 12 bis 21 cm ermittelt. Die Länge der Blütenstandstiele lag zwischen 6 und 13 cm. Die Gesamthöhe der Blütenstände reichte von ca. 18 bis 34 cm. Die Keulen waren meist purpur-bräunlich gefärbt (Abb. 1, 5, 7, 8, 9), seltener waren sie rehbraun bis gelbbraun (Abb. 10). Ein Exemplar fiel durch seine blasse, rosafarbene Keule auf (Abb. 11). Die Keulenform war meist länglich-wal-

zenförmig, mit einem Längen-Breiten-Verhältnis von 4:1 bis 5:1. Bei manchen Exemplaren war die Keule nur doppelt so lang wie breit und hatte eher die Form eines kurzen Klöppels (Abb. 12).

5.3 Beobachtungen zur Anthese und Thermogenese

Nach SCHNEPF (2007) kommt es bereits etwa 24 Stunden vor der Entfaltung des Hochblattes zu einer leichten Erwärmung der männlichen Blüten. Eine zweite Erwärmungsphase setzt vor, eine dritte nach der Erwärmung der Keule ein. Bei jeder dieser drei Erwärmungsphasen wird ein schwacher, fruchtiger Duft freigesetzt. Die Erwärmung der männlichen Blüten erreicht jedoch bei weitem nicht das Ausmaß der Keulenerwärmung während des Blühvorganges (Anthese). In der vorliegenden Arbeit wird lediglich die Thermogenese der Keule behandelt, die während der Entfaltung des Hochblattes stattfindet und der besseren Verflüchtigung der Geruchsstoffe zur Anlockung der Bestäuber dient. Da sämtliche in der vorliegenden Arbeit dokumentierte Messungen unmittelbar an den Pflanzen am Standort erfolgten, waren sowohl die Pflanzen als auch die Messmittel während den Messungen natürlichen Einflüssen wie Windböen und Taubildung ausgesetzt, was möglicherweise die Messungen beeinflusste und sich auf die Messergebnisse auswirkte.

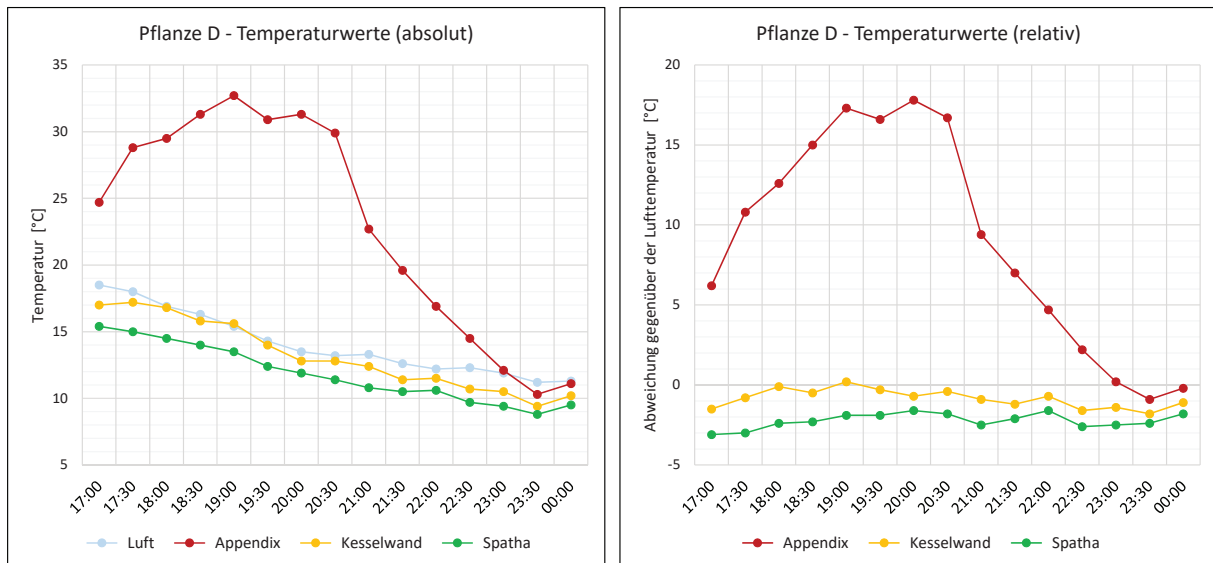


Abb. 13: Pflanze D; Temperaturwerte absolut (links) und relativ (rechts), ermittelt am 29.04.2023.

5.3.1 Messungen vom 29. auf den 30. April 2023

Vom 29. auf den 30. April 2023 wurden an drei Pflanzen (A, B, C; Abb. 8, 12, 1) der Population des Untersuchungsareals abseits des Walderlebnispfad es sporadisch Temperaturmessungen durchgeführt. Um den gesamten Vorgang der Thermogenese während des Blühvorganges möglichst lückenlos zu dokumentieren, lag der Untersuchungsschwerpunkt dabei bei einem aufgrund seiner exponierten Lage ausgewählten vierten Exemplars (D; Abb. 9), an dem in halbstündlichen Intervallen Messungen der Oberflächentemperatur der Keule und verschiedener Bereiche des Hochblattes vorgenommen und Wärmebilder angefertigt wurden.

Die ermittelten Messwerte sind hier durch zwei Diagramme visualisiert (Abb. 13). Die Entfaltung des Hochblattes begann in den frühen Nachmittagsstunden. Anfänglich wurden Kolben und Hochblatt durch direkt einfallendes Sonnenlicht erwärmt, wodurch die Temperaturen dieser Pflanzenteile deutlich über dem Niveau der Lufttemperatur lagen. Im Laufe der Nachmittagsstunden kam es schließlich zu einer Beschattung der Pflanze, worauf hin sich sämtliche Pflanzenteile rasch wieder Richtung Lufttemperatur abkühlten. Um 16:30 Uhr betrug die Temperatur der Keulenoberfläche 23,7 °C (Abb. 14a). Um 17:00 Uhr war ein klar auf thermogenetische Vorgänge zurückzuführender Tempera-

turanstieg der Keule um 1 °C messbar. Innerhalb der folgenden halben Stunde erwärmte sich die Keule um weitere 4 °C und erreichte um 17:30 Uhr eine Oberflächentemperatur von 28,8 °C. Damit lag die Oberflächentemperatur der Keule 10,8 °C über der gemessenen Lufttemperatur von 18 °C. Das gemessene Temperaturmaximum der Keulenoberfläche wurde um 19:00 Uhr erreicht. Die Oberflächentemperatur der Keule lag zu diesem Zeitpunkt mit 32,7 °C um 17,3 °C über der ermittelten Lufttemperatur von 15,4 °C (Abb. 14b). Das relative Temperaturmaximum gegenüber der Lufttemperatur erreichte die Keule jedoch etwa eine Stunde später: um 20:00 Uhr lag die Oberflächentemperatur der Keule

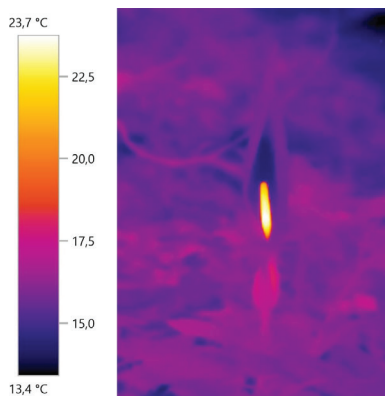


Abb. 14a: Pflanze D zu Beginn der thermogenetischen Erwärmung der Keule (29.04.2023, 16:30 Uhr).

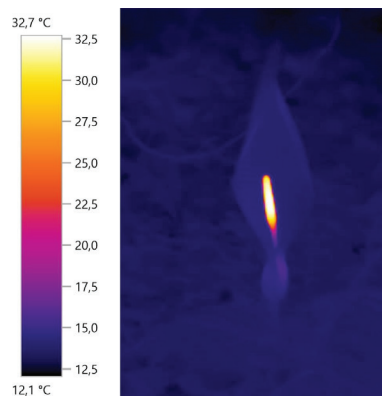


Abb. 14b: Pflanze D während des ermittelten Temperaturmaximums (absolut) der Keule (29.04.2023, 19:00 Uhr).

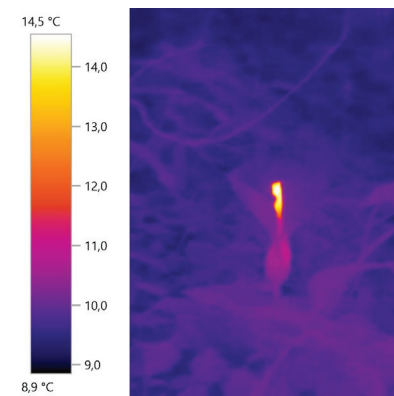


Abb. 14c: Pflanze D gegen Ende der Abkühlphase (29.04.2023, 22:30 Uhr).

mit immerhin noch 31,3 °C um 17,8 °C über der mittlerweile auf 13,5 °C gefallen Lufttemperatur. Im Laufe der nächsten halben Stunde (Messzeitpunkt 20:30 Uhr) konnte die Pflanze die Oberflächentemperatur des Keule auf ähnlich hohem Niveau halten. In diesem Zeitraum kam es lediglich zu einer leichten Absenkung der Oberflächentemperatur um 1,4 °C auf 29,9 °C. Anschließend fiel diese jedoch rasch ab und betrug nach einer weiteren halben Stunde, um 21:00 Uhr, nur noch 22,7 °C, lag damit aber immerhin noch 9,4 °C über der deutlich weiter gefallenen Lufttemperatur von 13,3 °C. Ab diesem Zeitpunkt sank die Oberflächentemperatur der Keule halbstündlich weiter um jeweils 2 °C bis 3 °C. Um ca. 22:00 Uhr hatte sich das Hochblatt vollständig entfaltet. Aufgrund der dadurch verlorenen Stabilität neigte sich die nun gänzlich entrollte Spitze nach vor und das Hochblatt begann langsam über dem Kolben in sich zusammen zu fallen. Während dieses Vorgangs kühlte sich die Oberfläche der Keule weiter ab (Abb. 14c), um sich kurz nach 23:00 Uhr mit rund 12 °C wieder der Lufttemperatur anzugleichen. Die Oberflächentemperatur der Kesselwand lag während der Thermogenese stets 2,3 °C bis 0,6 °C über der Oberflächentemperatur anderer Bereiche des Hochblattes. Die Kesselwand wies auch nach dem gänzlichen Absinken der Oberflächentemperatur der Keule bis zum Ende der Messungen um 03:00 Uhr weiterhin eine um 1,4 °C bis 0,6 °C höheren Temperaturwert auf als andere, von der Thermogenese nicht beeinflusste Teile des Hochblattes. Diese erhöhte Kesselwandtemperatur war offensichtlich in einer im Inneren des Kessels weiterhin erhöhten Lufttemperatur gegenüber der Außentemperatur begründet, die von einer noch erwärmten Kolbenbasis ausging.

5.3.2 Messungen vom 4. Mai 2023

Am 4. Mai 2023 wurden an drei weiteren Pflanzen (E, F, G; Abb. 7, 10, 11) derselben Population neuerlich über

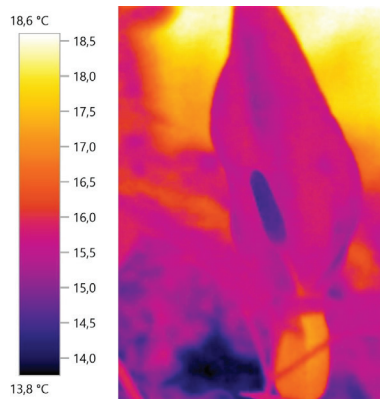


Abb. 15a: Pflanze E. Während des gesamten Blühvorganges kam es zu keiner messbaren Erwärmung der Keulenoberfläche. Die Oberfläche der Kesselwand zeigt im Wärmebild deutlich eine Erwärmung (04.05.2023, 17:45 Uhr).

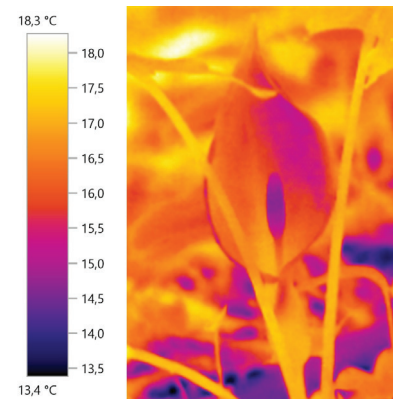


Abb. 15b: Pflanze F. Während des gesamten Blühvorganges kam es zu keiner messbaren Erwärmung der Keulenoberfläche (04.05.2023, 16:30 Uhr).

mehrere Stunden Temperaturmessungen durchgeführt. Dabei kam es bei den Exemplaren E und F während des gesamten Messzeitraums von 7,5 Stunden zu keinem erkennbaren Anstieg der Oberflächentemperatur der Keule. Diese lag während der gesamten Messdauer stets 7,5 °C bis 2,4 °C bzw. 7,6 °C bis 2,1 °C unter der Lufttemperatur (Abb. 15a, 15b). Bei beiden Pflanzen blieb die Wärmeproduktion in der Keule aus, oder war zumindest so gering, dass vermutlich die Kühlwirkung der durch die mit der Atmung, bzw. der Gasdiffusion des Keulengewebes (vgl. SCHNEPF 2007: 69) einher-

gehenden Transpiration die Oberflächentemperatur der Keule deutlich unter die Lufttemperatur und die Temperatur anderer Pflanzenteile senkte (vgl. SCHOPFER & BRENNICKE 2010). Wie bei vorhergegangenen Messungen konnte jedoch auch bei diesen Exemplaren bei Messungen, die um 14:30 Uhr und 16:30 Uhr bzw. 17:45 Uhr durchgeführt wurden, eine Erhöhung der Oberflächentemperatur der Außenwand des Kessels festgestellt werden (Abb. 15a). Die Oberflächentemperatur der äußeren Kesselwand lag bei diesen Messungen um bis zu 4,2 °C über der Oberflächentemperatur der aus dem Kessel



Abb. 16a: Pflanze E (links) und **16b:** Pflanze F (rechts). Auch am Tag nach der Anthese behält das Hochblatt seine Stabilität bei, obwohl Hochblatt und Keule bereits deutliche Welkerscheinungen aufweisen (05.05.2023, 16:25 bzw. 16:27 Uhr).



Abb. 17a: Pflanzen mit Fruchtständen. Die noch unreifen Früchte sind mit den Resten des Kessels umgeben (18.05.2023).



Abb. 17b: unreifer Fruchtstand mit Kesselfragment (18.05.2023).

ragenden Keule, und bis zu 2,2 °C über der Oberflächentemperatur anderer Teile des Hochblattes, was auf eine lediglich auf die Kolbenbasis begrenzte Erwärmung schließen lässt. An einem der beiden Exemplare konnte ein potentieller Bestäuber, eine Schmetterlingsmücke (*Psychoda* sp.), beobachtet werden, die sich auf dem keulenförmig verdickten Ende des Kolbens niederließ. Bei beiden Exemplaren entfaltete sich das Hochblatt nicht gänzlich, sondern blieb an der Spitze ein wenig eingerollt. Daher behielten die Hochblätter beider Pflanzen ihre Stabilität, und somit ihre aufrechte Position,

selbst noch am folgenden Tag, als bereits aufgrund des nachlassenden Zelldrucks innerhalb der Epidermiszellen deutliche Welkerscheinungen und Faltenbildungen der Hochblätter und der Keulen erkennbar waren (Abb. 16a, 16b) (vgl. SEBALD et al. 1990). Am dritte Exemplar (G; Abb. 11) wurden über einen Zeitraum von drei Stunden vierstündlich Temperaturmessungen durchgeführt. Um 20:00 Uhr wies die Oberfläche der Keule eine Temperatur von 30,1 °C auf und lag somit 14,6 °C über der Lufttemperatur, die zu diesem Zeitpunkt 15,5 °C betrug. Kurze Zeit später, um 20:15 Uhr, erreichte

die Keulenoberfläche ihr ermitteltes Temperaturmaximum von 30,3 °C, lag dabei aber nur noch 14,3 °C über der leicht angestiegenen Lufttemperatur von 16 °C. Dieses Temperaturniveau wurde rund 15 Minuten gehalten und senkte sich anschließend kontinuierlich ab. Zu diesem Zeitpunkt war das Hochblatt gänzlich entfaltet und begann anschließend sich langsam nach vorne über die Keule zu neigen. Am Ende der Messungen, um 22:00 Uhr, war die Oberflächentemperatur der Keule bereits auf 21,9 °C gesunken, und lag nur noch 6,8 °C über der ermittelten Lufttemperatur von 15,1 °C.



Abb. 18: Fruchtstand (26.07.2023).



Abb. 19: Die runden, hartschaligen Samen haben einen Durchmesser von ca. 4,5 mm.

5.4 Postflorale Phänologie und Fruchtbildung

Schon am 18. Mai 2023 konnte bei einer Begehung des Untersuchungsareals keine knospenden oder blühenden Exemplare mehr aufgefunden werden. Die zuvor zur Blüte gekommenen Pflanzen hatten mittlerweile begonnen, Fruchtblände auszubilden. Hochblatt, Keule und der männliche Bereich des Kolbens waren bei allen Exemplaren längst vertrocknet und hinfällig. Nur die aus den weiblichen Blüten hervorgegangenen, noch unreifen, grünen Beeren waren in den meisten Fällen noch gänzlich oder teilweise von den trockenen Resten des Kessels, des unteren, bauchigen Teils des Hochblattes umhüllt (Abb. 17a, 17b; vgl. SCHNEPF 2007). Im Laufe der folgenden Wochen zogen sich die Laubblätter ein, und die Fruchtblände reiften aus. Am 26. Juli 2023 konnten zahlreiche Fruchtblände mit den typischen, orange- bis scharlachroten Beerenfrüchten dokumentiert werden, die sich aufgrund ihrer auffälligen Färbung deutlich vom Waldboden bzw. der Bodenvegetation abhoben (Abb. 18). Dabei wurde die Signalwirkung deutlich, die diese Beerenfrüchte durch ihre Farbe auf Vögel ausüben. Beim Öffnen einzelner Beeren erwiesen sich diese als einsamig. Die runden Samen verfügten über eine strukturierte Oberfläche (Abb. 19). Die harte, widerstandsfähige Schale ermöglicht

den Samen eine Passage des Verdauungstrakts der Vögel, ohne dass der in den Samen befindliche Embryo dabei Schaden nimmt (vgl. ULBRICH 1928). Auch die beiden Exemplare E und F, die während des Blühvorganges keine messbare Erwärmung der Keule aufwiesen, hatten zu diesem Zeitpunkt Fruchtblände ausgebildet, die sich morphologisch nicht von denen anderer Exemplare unterschieden.

6 Diskussion

Die Temperaturmessungen während der Anthese zeigten, dass es bei zwei von sieben untersuchten Individuen (das sind 28,6 %) zu keiner messbaren Erwärmung der Keule gekommen ist (Abb. 20). Nach HESS (2019) unterbleibt die Erwärmung der Keule, wenn die männlichen Blüten entfernt werden, bevor diese das Calorigen, das hormonelle Signal, das die Erwärmung der Keule initiiert, abgeben können. Bei den beiden betroffenen Pflanzen bleibt die Ursache für das Ausbleiben der Keulenerwärmung vorerst unklar. Weitere Untersuchungen könnten Klarheit darüber verschaffen, ob es sich bei diesem Phänomen um einmalige Dysfunktionen, oder um sich bei jeder Anthese wiederholende, individuelle Eigenheiten der einzelnen Pflanzen handelt.

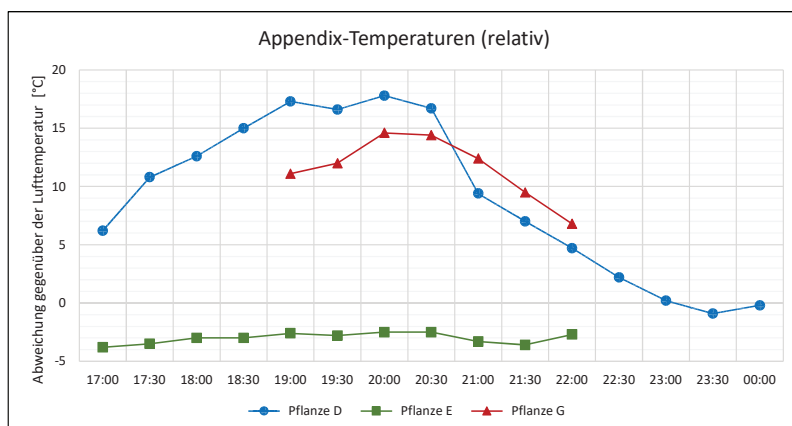


Abb. 20: Ermittelte Temperaturwerte (relativ) der Keulenoberflächen der Pflanzen D, E, G während der Anthese (D: Messungen vom 29.04.2023; E und G: Messungen vom 04.05.2023).

7 Literatur

- AMANN, G. (2016): Aktualisierte Rote Liste der Farn- und Blütenpflanzen Vorarlbergs. – 161 S.; Online-Beilage zu: GRABHERR, G., AMANN, G., BEISER, A. & GRABHER, M.: Das Pflanzenleben Vorarlbergs; Hohenems (Bucher). [urn:nbn:de:101:1-2023082911282557334024](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:101:1-2023082911282557334024)
- DÜLL, R. & KUTZELNIGG, H. (2005): Taschenlexikon der Pflanzen Deutschlands. – 6., völlig neu bearbeitete Auflage: 577 S.; Wiebelsheim (Quelle & Meyer).
- FISCHER, M. A., OSWALD, K. & ADLER, W. (2008): Exkursionsflora für Österreich, Liechtenstein und Südtirol. – 3., verbesserte Auflage: 1392 S.; Linz (Land Oberösterreich, Biologiezentrum der Oberösterreichischen Landesmuseen).
- FROHNE, D. & PFÄNDER, H. J. (1997): Giftpflanzen. Ein Handbuch für Apotheker, Ärzte, Toxikologen und Biologen. – 4., neu bearbeitete und erweiterte Auflage: 450 S.; Stuttgart (Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft).
- HABERMEHL, G. & ZIEMER, P. (1999): Mitteleuropäische Giftpflanzen und ihre Wirkstoffe. – 2., erweiterte Auflage: 258 S.; Berlin, Heidelberg (Springer). [doi: 10.1007/978-3-642-59961-3](https://doi.org/10.1007/978-3-642-59961-3)
- HEGI, G. (1980): Illustrierte Flora von Mitteleuropa. Pteridophyta, Spermatophyta. Band II, Angiospermae: Monocotyledones 2, Teil 1. – 3., völlig neubearbeitete Auflage: 439 S.; Berlin, Hamburg (Paul Parey).
- HESS, D. (2019): Die Blüte. Struktur, Funktion, Ökologie, Evolution. – 3., völlig neu bearbeitete Auflage: 416 S.; Stuttgart (Eugen Ulmer).
- KADEREIT, J. W., KÖRNER, CH., NICK, P. & SONNEWALD, U. (2021): Strasburger – Lehrbuch der Pflanzenwissenschaften. – 38. Auflage: 1155 S.; Berlin, Heidelberg (Springer Spektrum). [doi: 10.1007/978-3-662-61943-8](https://doi.org/10.1007/978-3-662-61943-8)
- KUGLER, H. (1970): Blütenökologie. – 2., völlig neu bearbeitete und erweiterte Auflage: 345 S.; Stuttgart (Gustav Fischer).
- MÜLLER, F., RITZ, C. M., WELK, E. & WESCHKE, K. [Hrsg.] (2021): Rothmaler – Exkursionsflora von Deutschland. Gefäßpflanzen: Grundband. – 22., neu überarbeitete Auflage: 948 S.; Berlin, Heidelberg (Springer Spektrum). [doi: 10.1007/978-3-662-61011-4](https://doi.org/10.1007/978-3-662-61011-4)

- PAROLLY, G. & ROHWER, J.G. [Hrsg.] (2019): Schmeil-Fitschen – Die Flora Deutschlands und angrenzender Länder. – 97., überarbeitete und erweiterte Auflage: 1024 S.; Wiebelsheim (Quelle & Meyer).
- POWO (2023): Plants of the World Online. Facilitated by the Royal Botanic Gardens, Kew: *Arum maculatum* L. [07.11.2023]. [urn:lsid:ipni.org:names:86067-1](http://url:lsid:ipni.org:names:86067-1)
- ROTH, L., DAUNDERER, M. & KORMANN, K. (2012): Giftpflanzen – Pflanzengifte. Vorkommen, Wirkung, Therapie, allergische und phototoxische Reaktionen. – 6., überarbeitete Auflage: 1122 S.; Landsberg (Ecomed).
- SCHNEPF, E. (2007): Der Blütenstand des Aronstabs – Osmophor und Kesselfalle mit Kamin. – *Mikrokosmos*, 96(2): 65-74.
- SCHOPFER, P. & BRENNICKE, A. (2010): Pflanzenphysiologie. – 7. Auflage: 702 S.; Heidelberg (Springer Spektrum). [doi: 10.1007/978-3-662-49880-4](https://doi.org/10.1007/978-3-662-49880-4)
- SCHRATT-EHRENDORFER, L., NIKLFELD, H., SCHRÖCK, C.H. & STÖHR, O. [Hrsg.] (2022): Rote Liste der Farn- und Blütenpflanzen Österreichs. – 3., völlig neu bearbeitete Auflage. Stapfia, 114: 357 S.; Linz (Land Oberösterreich).
- SEBALD, O., SEYBOLD, S. & PHILIPPI, G. (1990): Die Farn- und Blütenpflanzen Baden-Württembergs. Band 8, Spezieller Teil (Spermatophyta, Unterklassen Commelinidae Teil 2, Arecidae, Liliidae Teil 2) Juncaceae bis Orchidaceae. – 540 S.; Stuttgart (Eugen Ulmer).
- TROLL, W. & HÖHN, K. (1973): Allgemeine Botanik. Ein Lehrbuch auf vergleichend-biologischer Grundlage. – 4., verbesserte und vermehrte Auflage: 994 S.; Stuttgart (Ferdinand Enke).
- ULBRICH, E. (1928): Biologie der Früchte und Samen «Karpobiologie» – Biologische Studienbücher, VI: 230 S.; Berlin (Julius Springer). [doi: 10.1007/978-3-642-51829-4](https://doi.org/10.1007/978-3-642-51829-4)

8 Anhang

Sämtliche im Rahmen der vorliegenden Arbeit ermittelte Messwerte, sowie die daraus errechneten relativen Werte (Temperaturdifferenzen) in Tabellenform.

Zeitpunkt der Messung	Appendix, Temperatur in °C	Kesselwand, Temperatur in °C	Spatha, Temperatur in °C	Laub Krautschicht, Temperatur in °C	Luft, Temperatur in °C	relative Luftfeuchtigkeit in %	Appendix, Temp. über Lufttemp. in °C	Kesselwand, Temp. über Spathatemp. in °C
16:15	28,7	18,2	16,4	17,2	-	-	-	1,8
23:10	11,6	10,6	9,8	9,8	11,9	85	-0,3	0,8
00:00	11,2	10,6	9,8	10	11,3	88	-0,1	0,8

Tab. 1: Pflanze A, Datenerhebung am 29.04.2023.

Zeitpunkt der Messung	Appendix, Temperatur in °C	Kesselwand, Temperatur in °C	Spatha, Temperatur in °C	Laub Krautschicht, Temperatur in °C	Luft, Temperatur in °C	relative Luftfeuchtigkeit in %	Appendix, Temp. über Lufttemp. in °C	Kesselwand, Temp. über Spathatemp. in °C
23:00	10,7	10,5	9,3	9,1	11,9	85	-1,2	1,2
00:00	10,5	10,8	9,7	9,4	11,3	88	-0,8	1,1
01:00	9,2	9,9	8,5	8,4	10,9	89	-1,7	1,4
02:00	10,3	11	9,8	9,5	11,2	89	-0,9	1,2
03:00	9,1	9,9	8,6	8,5	10,5	92	-1,4	1,3

Tab. 2: Pflanze B, Datenerhebung vom 29.04.2023 auf den 30.04.2023.

Zeitpunkt der Messung	Appendix, Temperatur in °C	Kesselwand, Temperatur in °C	Spatha, Temperatur in °C	Laub Krautschicht, Temperatur in °C	Luft, Temperatur in °C	relative Luftfeuchtigkeit in %	Appendix, Temp. über Lufttemp. in °C	Kesselwand, Temp. über Spathatemp. in °C
22:00	22,9	10,6	9,3	9,7	12,2	81	10,7	1,3
23:00	18,2	10,5	9,6	9,6	11,9	85	6,3	0,9

Tab. 3: Pflanze C, Datenerhebung am 29.04.2023.

Zeitpunkt der Messung	Appendix, Temperatur in °C	Kesselwand, Temperatur in °C	Spatha, Temperatur in °C	Laub Krautschicht, Temperatur in °C	Luft, Temperatur in °C	relative Luftfeuchtigkeit in %	Appendix, Temp. über Lufttemp. in °C	Kesselwand, Temp. über Spathatemp. in °C
16:20	25,9	20,5	18,6	18,6	-	-	-	1,9
16:30	23,7	17,9	16	16,2	-	-	-	1,9
17:00	24,7	17	15,4	15,7	18,5	61	6,2	1,6
17:30	28,8	17,2	15	15,5	18	63	10,8	2,2
18:00	29,5	16,8	14,5	14,7	16,9	71	12,6	2,3
18:30	31,3	15,8	14	14	16,3	74	15	1,8
19:00	32,7	15,6	13,5	13,6	15,4	76	17,3	2,1
19:30	30,9	14	12,4	12,2	14,3	81	16,6	1,6
20:00	31,3	12,8	11,9	11,9	13,5	82	17,8	0,9
20:30	29,9	12,8	11,4	11,2	13,2	80	16,7	1,4
21:00	22,7	12,4	10,8	11,2	13,3	77	9,4	1,6
21:30	19,6	11,4	10,5	10,3	12,6	82	7	0,9
22:00	16,9	11,5	10,6	10,5	12,2	81	4,7	0,9
22:30	14,5	10,7	9,7	10	12,3	82	2,2	1
23:00	12,1	10,5	9,4	9,4	11,9	85	0,2	1,1
23:30	10,3	9,4	8,8	8,7	11,2	87	-0,9	0,6
00:00	11,1	10,2	9,5	9,5	11,3	88	-0,2	0,7
00:30	11,6	10,7	9,4	9,5	11,5	87	0,1	1,3
01:00	10,3	10	8,7	8,8	10,9	89	-0,6	1,3
01:30	10,8	10,5	9,4	9,4	11,1	90	-0,3	1,1
02:00	11,1	10,4	9,3	9,4	11,2	89	-0,1	1,1
02:30	9,9	9,5	8,1	8,4	11	91	-1,1	1,4
03:00	10,1	9,9	8,8	8,8	10,5	92	-0,4	1,1

Tab. 4: Pflanze D, Datenerhebung vom 29.04.2023 auf den 30.04.2023.

Zeitpunkt der Messung	Appendix, Temperatur in °C	Kesselwand, Temperatur in °C	Spatha, Temperatur in °C	Laub Krautschicht, Temperatur in °C	Luft, Temperatur in °C	relative Luftfeuchtigkeit in %	Appendix, Temp. über Lufttemp. in °C	Kesselwand, Temp. über Spathatemp. in °C
14:15	15,7	-	-	-	-	-	-	-
14:30	13,5	17,7	15,5	15,7	21	50	-7,5	2,2
14:45	14,3	-	-	-	19,7	53	-5,4	-
15:00	13,3	-	-	-	18,9	52	-5,6	-
15:15	13,8	-	-	-	18,5	56	-4,7	-
15:30	13,5	-	-	-	18,6	52	-5,1	-
15:45	14,7	-	-	-	19,4	55	-4,7	-
16:00	15,4	-	-	-	19,4	58	-4	-
16:15	15,1	-	-	-	19,6	56	-4,5	-
16:30	15,3	-	-	-	19,7	58	-4,4	-
16:45	15,4	-	-	-	19,7	63	-4,3	-
17:00	15,5	-	-	-	19,3	67	-3,8	-
17:15	15,8	-	-	-	19,4	65	-3,6	-
17:30	15,3	-	-	-	18,8	67	-3,5	-
17:45	14,6	17,2	15,7	15,6	17,9	69	-3,3	1,5
18:00	14,8	-	-	-	17,8	69	-3	-
18:15	13,9	-	-	-	17,3	73	-3,4	-
18:30	14,2	-	-	-	17,2	74	-3	-
18:45	14,4	-	-	-	16,8	76	-2,4	-
19:00	14	-	-	-	16,6	76	-2,6	-
19:15	13,4	-	-	-	16,3	77	-2,9	-
19:30	13,5	-	-	-	16,3	77	-2,8	-
19:45	13,2	-	-	-	15,8	77	-2,6	-
20:00	13	-	-	-	15,5	78	-2,5	-
20:15	12,8	-	-	-	16	73	-3,2	-
20:30	13,3	-	-	-	15,8	72	-2,5	-
20:45	12,5	-	-	-	15,8	73	-3,3	-
21:00	12,4	-	-	-	15,7	73	-3,3	-
21:15	12	-	-	-	15,3	73	-3,3	-
21:30	11,5	-	-	-	15,1	74	-3,6	-
21:45	11,3	-	-	-	15,1	74	-3,8	-
22:00	12,4	-	-	-	15,1	74	-2,7	-

Tab. 5: Pflanze E, Datenerhebung am 04.05.2023.

Zeitpunkt der Messung	Appendix, Temperatur in °C	Kesselwand, Temperatur in °C	Spatha, Temperatur in °C	Laub Krautschicht, Temperatur in °C	Luft, Temperatur in °C	relative Luftfeuchtigkeit in %	Appendix, Temp. über Lufttemp. in °C	Kesselwand, Temp. über Spathatemp. in °C
14:30	13,4	15,6	14,5	15	21	50	-7,6	1,1
14:45	13,1	-	-	-	19,7	53	-6,6	-
15:00	12,6	-	-	-	18,9	52	-6,3	-
15:15	12,9	-	-	-	18,5	56	-5,6	-
15:30	12,9	-	-	-	18,6	52	-5,7	-
15:45	14,6	-	-	-	19,4	55	-4,8	-
16:00	14,4	-	-	-	19,4	58	-5	-
16:15	15,3	-	-	-	19,6	56	-4,3	-
16:30	14,9	17	15,8	17	19,7	58	-4,8	1,2
16:45	15,1	-	-	-	19,7	63	-4,6	-
17:00	14,5	-	-	-	19,3	67	-4,8	-
17:15	14,5	-	-	-	19,4	65	-4,9	-
17:30	14,8	-	-	-	18,8	67	-4	-
17:45	14,8	-	-	-	17,9	69	-3,1	-
18:00	14,5	-	-	-	17,8	69	-3,3	-
18:15	14,4	-	-	-	17,3	73	-2,9	-
18:30	14,3	-	-	-	17,2	74	-2,9	-
18:45	14,5	-	-	-	16,8	76	-2,3	-
19:00	13,8	-	-	-	16,6	76	-2,8	-
19:15	13,9	-	-	-	16,3	77	-2,4	-
19:30	13,8	-	-	-	16,3	77	-2,5	-
19:45	13,4	-	-	-	15,8	77	-2,4	-
20:00	13,4	-	-	-	15,5	78	-2,1	-
20:15	13,1	-	-	-	16	73	-2,9	-
20:30	13,4	-	-	-	15,8	72	-2,4	-
20:45	12,9	-	-	-	15,8	73	-2,9	-
21:00	13,3	-	-	-	15,7	73	-2,4	-
21:15	12,9	-	-	-	15,3	73	-2,4	-
21:30	12,4	-	-	-	15,1	74	-2,7	-
21:45	12,8	-	-	-	15,1	74	-2,3	-
22:00	12,3	-	-	-	15,1	74	-2,8	-

Tab. 6: Pflanze F, Datenerhebung am 04.05.2023.

Zeitpunkt der Messung	Appendix, Temperatur in °C	Kesselwand, Temperatur in °C	Spatha, Temperatur in °C	Laub Krautschicht, Temperatur in °C	Luft, Temperatur in °C	relative Luftfeuchtigkeit in %	Appendix, Temp. über Lufttemp. in °C	Kesselwand, Temp. über Spathatemp. in °C
19:00	27,7	17,1	14,1	15,2	16,6	76	11,1	3
19:05	28,4	16,2	12,9	14,3	16,6	76	11,8	3,3
19:15	29,1	-	-	-	16,3	77	12,8	-
19:30	28,3	-	-	-	16,3	77	12	-
19:45	30,1	-	-	-	15,8	77	14,3	-
20:00	30,1	-	-	-	15,5	78	14,6	-
20:15	30,3	-	-	-	16	73	14,3	-
20:30	30,2	-	-	-	15,8	72	14,4	-
20:45	29,4	-	-	-	15,8	73	13,6	-
21:00	28,1	-	-	-	15,7	73	12,4	-
21:15	27,8	-	-	-	15,3	73	12,5	-
21:30	24,6	13,7	12,6	12,5	15,1	74	9,5	1,1
21:45	23,1	-	-	-	15,1	74	8	-
22:00	21,9	-	-	-	15,1	74	6,8	-

Tab. 7: Pflanze G, Datenerhebung am 04.05.2023.