

TU Berlin

Institut für Ökologie und Biologie

Mikroklima in Waldökosystemen

Waldökologie
(Forstreuter)

SS 01

Steffi Wilhelm

Kerstin Holle

Gliederung

1. Einleitung
 - 1.1 Untersuchungsgebiet Flecken-Zechlin
 - 1.2 Untersuchungsgebiet Heilige Hallen

2. Einflussfaktoren auf das Mikroklima und Nachweisgeräte
 - 2.1 Strahlung
 - 2.2 Temperatur und Luftfeuchte
 - 2.3 Wind

3. Gegenüberstellung der Messergebnisse
 - 3.1 Strahlung
 - 3.2 Luftfeuchte
 - 3.3 Wind

4. Bewertung

Literaturverzeichnis

1. Einleitung

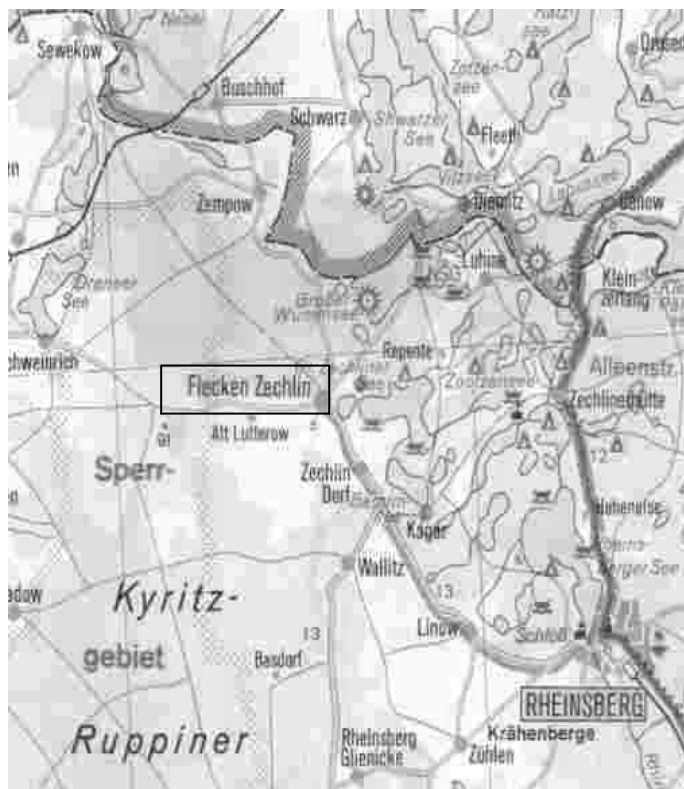
Die Witterungsverhältnisse eines Ortes, die sich durch Mittelwerte und jahreszeitlichen Verlauf charakterisieren, bezeichnen das **Klima** und lassen sich an Hand bestimmter Faktoren definieren. Diese Klimafaktoren, wie Sonneneinstrahlung, Temperatur, Wind, Luftfeuchte und -druck, bilden die Grundlagen und Einschränkungen für das Pflanzenwachstum und prägen somit weitgehend die natürliche Vegetation eines Gebietes.

Je nach Größenordnung finden Unterscheidungen in Makro-, Meso-, Mikro und Ökoklima statt. Dabei beschreibt das **Makroklima** die Verhältnisse einheitlicher Großkimate, z.B. dem gemäßigten Klima, das **Mesoklima** hingegen bezieht sich auf Lokalkimate, die durch unterschiedliche Geländestrukturen hervorgerufen werden. Beispiele hierfür wären Waldklima, Hangklima und Stadtklima.

Für unsere Untersuchungen von Bedeutung soll das **Mikroklima** sein, welches als Standortklima kleinere Areale beschreibt. Waldlichtungen, städtische Grünanlagen, aber auch Bahngleise sind dafür typisch. Das **Ökoklima** bezieht sich, ebenso wie das Mikroklima, auf die klimatischen Bedingungen eines sehr kleinräumigen Biotops, z.B. eines Baumstammes oder einer Gartenmauer. Messungen meteorologischer Parameter unter ökologischen Fragestellungen erstrecken sich hauptsächlich auf Untersuchungen des Mikro- und Ökoklimas (STEUBING/FANGMEIER 1992, 52).

Die folgende Ausarbeitung bezieht sich auf das Mikroklima zweier Buchenwaldstandorte im Land Brandenburg: Flecken Zechlin (19.06.01) und Heilige Hallen (26.06.01). Die Ergebnisse aus der Messung der Strahlung, Temperatur, Luftfeuchte und Windgeschwindigkeit werden aufgezeigt und gegenübergestellt.

1.1 Untersuchungsgebiet Flecken-Zechlin



Der ca. 160jährige Buchenwaldbestand im Flecken Zechlin liegt nordwestlich der Stadt Rheinsberg in der Kyritz-Ruppiner-Heide (Landkreis Ostprignitz-Ruppin).

Seit Ende der 40er-Jahre nutzte die Rote Armee die Kyritz-Ruppiner Heide als militärisches Übungsgelände. Anfang der 60er-Jahre begann die sowjetische Luftwaffe das 14.200 Hektar große Areal als Übungsplatz für Bombenabwürfe zu verwenden. Die Bundeswehr übernahm das Areal im September 1993 von den GUS-Streitkräften (www.uni-kassel.de/fb10/frieden/aktuell/freieheid_e2.html).

Abb. 1:
Flecken Zechlin (Lageplan)
Exkursion am 19.06.01

1.2 Untersuchungsgebiet Heilige Hallen



Das NSG Heilige Hallen liegt im Kreis Neustrelitz ca. 3,5 km westlich von Feldberg im Woldegk-Feldberger Hügelland, einer Teillandschaft im Rückland der Mecklenburger Seenplatte. Dieses Schutzgebiet, eingebettet in den Naturpark Feldberger Seenlandschaft, befindet sich inmitten eines ausgedehnten Waldgebietes und umfasst eine Fläche von 65 ha. Das Kerngebiet, ein Naturwaldreservat von 25,6 ha, schützt einen 300jährigen Perlgras-Buchenwald (*Melico-Fagetum*), den ältesten Buchenwald Deutschlands.

Abb. 2:
Naturschutzgebiet Heilige Hallen
(Lageplan) Exkursion am 26.06.01

Die Leitgesellschaft der Heiligen Hallen ist der Perlgras-Buchenwald (*Melico-Fagetum*) in relativ einheitlicher Zusammensetzung mit Rotbuche (*Fagus sylvatica*), Perlgras (*Melica uniflora*), Sauerklee (*Oxalis acetosella*), Goldnessel (*Galeobdolon luteum*), Wald-Veilchen (*Viola reichenbachiana*), Rührmichnichtan (*Impatiens noli-tangere*), Buschwindröschen (*Anemone nemorosa*), Dornfarn (*Dryopteris carthusiana*), Hexenkraut (*Circea lutea*). An Verlichtungen dominieren Brennessel (*Urtica dioica*) und Himbeere (*Rubus idaeus*). An Senkenrändern und auf Kuppen treten durch regelmäßige Laubverblasung und Aushagerung kleinflächig Bestände von Weißmoos-Blaubeer-Buchenwald mit *Polytrichum formosum* und *Leucobryum glaucum* auf.

Um 1850 verfügte der Großherzog Georg von Mecklenburg-Strelitz den majestätischen Buchenwald bei Lüttenhagen für alle Zeiten zu schonen. Seither wurde in diesem Wald keine geregelte Nutzung mehr durchgeführt. Der Name Heilige Hallen, entstanden um 1872, lässt sich durch den optischen Eindruck erklären, den der Buchenbestand am Ende seiner Optimalphase vermittelte. Dichtstand, Geradschaftigkeit, starkes Höhen- und Durchmesserwachstum ließen die Stämme wie Säulen eines gotischen Domes erscheinen; darüber erstreckte sich das grüne Kronendach. Nach dem Erscheinen des Reichsnaturschutzgesetzes 1935 und der Reichsnaturschutzverordnung 1936, wurden die Heiligen Hallen am 24.02.1938 zum Naturschutzgebiet (25,6 ha) erklärt. 1989 erfolgte die Erweiterung des Schutzgürtels (65 ha) um das engere NSG durch die Forstverwaltung.

Das Hauptziel der Forschung in den Heiligen Hallen liegt in der Untersuchung der Struktur und Dynamik dieser Waldlebensgemeinschaften. Die zeitlichen und räumlichen Veränderungen, wie Sukzession, Populationsentwicklung, Bodenentwicklung, Alterungs- und Verjüngungsprozesse, stehen dabei im Mittelpunkt. Seit Anfang der sechziger Jahre werden strukturanalytische Untersuchungen durchgeführt, die deutlich machen, dass der Hallenwald ungleichaltrig ist, aber für etwa 100 Jahre hallenartige Struktur bilden kann, bis die ältesten Bäume zusammenbrechen. Der Zusammenbruch des Waldes erfolgt kleinflächig und zeitlich

gestaffelt, die Erneuerung des Bestandes horst- und gruppenweise in den Lücken zusammengebrochener Altbäume.

Folgende Entwicklungsphasen des Perlgras-Buchenwaldes können unterschieden werden: Optimalphase, Terminalphase, Zerfallsphase, Verjüngungsphase. Die Verjüngung des Perlgras-Buchenwaldes erfolgt gesetzmäßig in kurzgeschlossenem Zyklus ohne Zwischenschaltung anderer Baumarten. Dieser Regenerationszyklus ist ein entscheidender Mechanismus zur Stabilisierung des Perlgras-Buchenwaldes als "Klimax"-Vegetation. Ein Klimax-Buchenwald ist dabei als Gesamtheit aller Entwicklungsphasen in räumlicher (Mosaik) wie zeitlicher (Phasenzklus) Verknüpfung aufzufassen (HOME1.T-ONLINE.DE/HOME/GUNNAR.MARKUS/TEST/HHALLEN.HTM).

2. Einflussfaktoren auf das Mikroklima und Nachweisgeräte

2.1 Strahlung

Unter Strahlung wird ganz allgemein die Emission elektromagnetischer Energie verstanden. Sie umfasst den gesamten Spektralbereich. Der Energiegehalt elektromagnetischer Strahlung ist von ihrer Wellenlänge und damit von ihrer Frequenz abhängig. So besitzt z.B. kurzwellige UV-Strahlung eine vielfach höhere Energie als Infrarotstrahlung mit großer Wellenlänge.

Die Wärmeausstrahlung bzw. die Eigen- oder Temperaturstrahlung warmer Körper (z.B. der Erdoberfläche) im Wellenlängenbereich zwischen 3 und 100 μm wird als **langwellige Strahlung** bezeichnet.

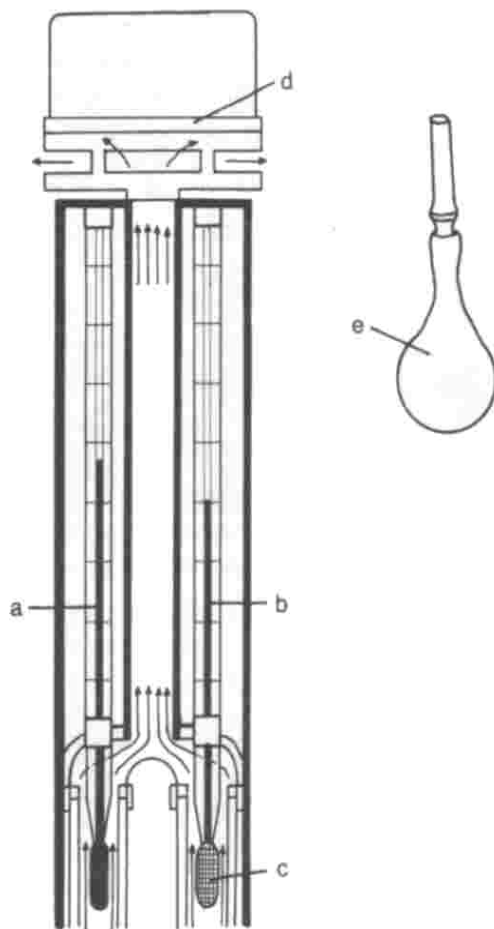
Die Sonnenstrahlung, welche die Biosphäre erhält, umfasst den Wellenlängenbereich von rund 280 bis 3000 nm (**kurzwellige Strahlung**). Von besonderer Bedeutung für die Photosynthese ist die **photosynthetisch aktive Strahlung (PAR = photosynthetic active radiation)** mit einer Wellenlänge von 400 bis 700 nm. Da die Photosynthese ein photochemische Prozeß ist, wird weniger die Energie der Strahlung als die Photonenflussdichte der Strahlung bedeutsam.

Die Intensität der Photonenflussdichte lässt sich durch einen **Quantum-Sensor** bestimmen, dessen Messzelle meist aus einer Silizium-Diode mit vorgeschalteten Filtern besteht. Die Menge der eingestrahnten Photonen wird als Photonen-Flußdichte in $\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ gemessen und lässt sich im Anzeigegerät (Millivoltmeter) ablesen. Um ein Strahlungsprofil erstellen zu können, empfiehlt es sich, eine Messung der PAR in konstanten Abständen zu verschiedenen Tageszeiten oder die zeitgleiche Messung mit mehreren Geräten in unterschiedlich dichten Beständen durchzuführen. Außerdem sollte auf eine horizontale Ausrichtung des Quantum-Sensors geachtet werden.

2.2 Temperatur und Luftfeuchte

Unter Luftfeuchte (Luftfeuchtigkeit) wird der in der Luft vorhandene Wasserdampf verstanden und wird in g je m^{-3} (**Absolute Feuchte** e) oder in $\text{g je 1 kg feuchter Luft}$ (**Spezifische Feuchte** sF) angegeben.

Die höchstmögliche Menge an Wasserdampf, welche die Luft aufnehmen kann wird als **Sättigungsdampfdruck** e° oder **Sättigungsfeuchte** bezeichnet. Sie ist abhängig von der Lufttemperatur und beträgt bei höheren Temperaturen einen größeren Wert als in kalter Luft. Die Relation von spezifischer Feuchte zur Sättigungsfeuchte, also der Sättigungsgrad der Luft, wird durch die **relative Feuchte** (rF) bestimmt. Diese lässt sich mit Hilfe der Gleichung $rF = sF / S \cdot 100$ errechnen und gibt an, zu wieviel Prozent die Luft wasserdampfgesättigt ist. Bei Regen, Nebel oder Tau kann dieser Wert 96 – 100% betragen.



- a trockenes Thermometer
- b feuchtes Thermometer
- c befeuchteter Gazestrumpf
- d Kopfteil mit Aspirator
- e Befeuchtungsröhrchen mit Gummiball

Zum Bestimmen der relativen Luftfeuchte gilt das **Aspirationspsychrometer** nach Assmann als Standardgerät. Dieses Messgerät zur Erfassung der psychrometrischen Differenz besteht aus einem Trocken- und einem Feuchttthermometer sowie einem uhrwerkbetriebenen Ventilator (Aspirator).

Die Quecksilber enthaltende Bulbe des Feuchttthermometers ist mit einem Gazestrumpf überzogen, welcher vor Gebrauch befeuchtet wird. Durch die Ventilatoraktivität des Aspirators wird am feuchten Thermometer die Verdunstung angeregt und führt zu einer konstanten Temperaturdifferenz zum trockenen Thermometer. Aus dieser Differenz lässt sich dann die Absolute Feuchte (e) ermitteln.

Dabei gilt, je größer die Differenz zwischen trockenem und feuchten Thermometer, desto trockener ist die Luft. Denn trockenere Luft kann mehr Wasser aufnehmen und führt zu größerer Verdunstung an der feuchten Bulbe des Thermometers. Eine stärkere Verdunstung wiederum führt zu größerer Abkühlung und die Temperatur am feuchten Thermometer sinkt.

Abb. 3:
Aspirationspsychrometer
(STEBING/FANGMEIER 1992, 69)

Mit Hilfe der Psychrometertafel (Abb. 4) lässt sich die relative Luftfeuchte bestimmen. Durch Bildung der Temperaturdifferenz zwischen der mit dem Aspirationspsychrometer ermittelten Temperatur des trockenen Thermometers und der Temperatur des Feuchttthermometers kann die relative Luftfeuchtigkeit in Prozent abgelesen werden.

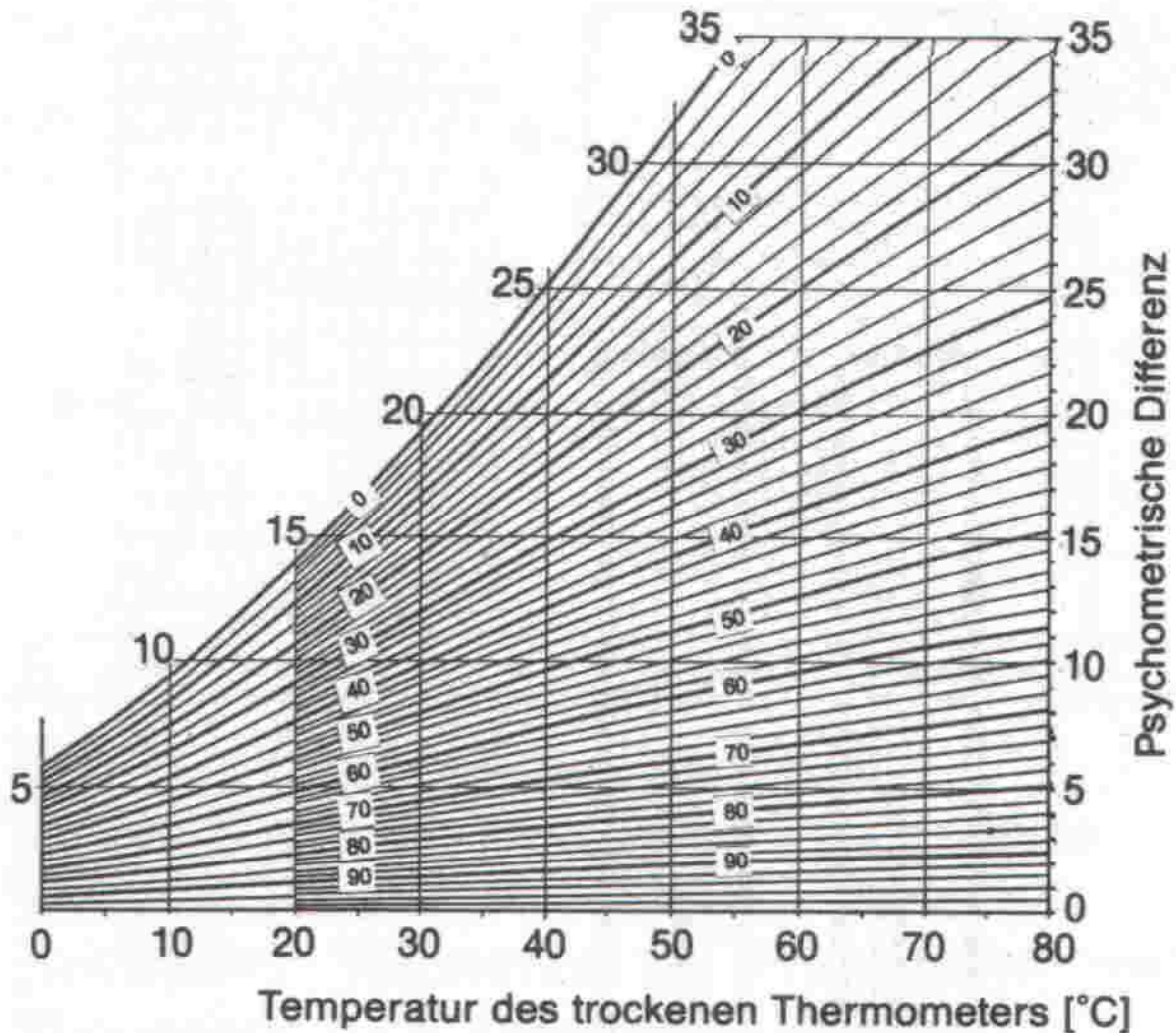


Abb. 4: Psychrometertafel zur Bestimmung der relativen Luftfeuchte
 (STEUBING/FANGMEIER 1992, Anhang 201)

Die Absolute Feuchte e leitet sich nach der Formel $e = e_F - C (T_L - T_F)$ ab. Dabei stellt $(T_L - T_F)$ die Differenz zwischen feuchtem (T_F) und trockenem (T_L) Thermometer dar. Die Konstante C wird bis 500 m über NN mit dem Wert 0,67 belegt. Der Sättigungsdampfdruck bei der Temperatur an der feuchten Oberfläche e_F wird über die nachfolgende Tabelle bestimmt, in welcher abhängig von der Temperatur Werte zwischen 0,611 kPa bei 0°C und 12,278 k Pa bei 49°C stehen (STEUBING/FANGMEIER 1992, 68ff).

°C	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
14	1,598	1,608	1,619	1,629	1,640	1,650	1,661	1,672	1,683	1,693
15	1,704	1,715	1,726	1,738	1,749	1,760	1,771	1,783	1,794	1,806
16	1,817	1,829	1,841	1,852	1,864	1,876	1,888	1,900	1,912	1,924
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

Sättigungsdampfdruck (in kPa) für die Temperaturen von 0 bis 49°C
 (Auszug aus: STEUBING/FANGMEIER 1992, Anhang 201)

2.3 Wind

Winde, also Luftströmungen der Atmosphäre, entstehen durch eine unterschiedliche Erdoberflächenerwärmung durch die Sonneneinstrahlung. Abhängig von der Temperatur entwickeln sich verschiedene Dichte- und Luftdruckwerte, welche durch Luftbewegungen Druckausgleich suchen. Dabei strömt Luft hoher Dichte (barometrisches Hoch, sinkende Luft) in Zonen mit Luft niedrigerer Dichte (barometrisches Tief, steigende Luft). Aufgrund fehlender Einstrahlung ist nachts die Luftbewegung oft geringer als am Tag (WILLERT/MATYSSEK/HERPPICH 1995, 124f).

Die Windgeschwindigkeit wird beeinflusst durch die Erdoberfläche. Topographische Faktoren, wie rauhes Relief oder starker Pflanzenbewuchs, besitzen eine abschwächende Kraft. So entstehen bspw. vor vereinzelt Bäumen Stauzonen, seitlich steigert sich die Windgeschwindigkeit, hinter dem Baum und darunter befindet sich ein Bereich beruhigter Luftbewegung. Dies führt zu einer ungleichen Verteilung von Regen und Schnee im Bereich von Bäumen und Baumgruppen, was sich besonders auf den Wasserhaushalt der Krautschicht auswirkt (LARCHER 1994, 53).

Die Windgeschwindigkeit oder Windstärke gibt das Verhältnis von Weg und Zeit an, in dem die Luft sich bewegt. Dieses Verhältnis lässt sich mit Hilfe des **Schalenkreuz-Anemometers** ermitteln, welches aus drei hohlen Halbkugeln besteht, die im 120° Winkel an einer rotierenden Achse befestigt sind. Durch Windeinwirkung drehen sich die Halbkugeln um die Achse, wobei die Anzahl der Umdrehungen pro Zeiteinheit abhängig ist von der Windstärke. Das heißt, die Drehfrequenz in einer bestimmten Zeit ist proportional zur Windgeschwindigkeit. Da jedoch bei geringen Luftströmungen der Reibungswiderstand zu groß ist, liegt der Anlaufwert meist erst bei $0,5\text{--}2\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ - Geschwindigkeiten weniger $0,2\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ sind mit dem Schalenkreuz-Anemometer nicht messbar.

Für Messungen geringer Luftströme oder auf kleinem Raum eignet sich das **Hitzdraht-Anemometer** besser, welches bereits bei einer Windgeschwindigkeit von $0,02\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ einsetzbar ist. Es basiert auf dem Prinzip der Oberflächenabkühlung durch Wind. Ein frei aufgespannter feiner Draht wird dabei auf konstante Temperatur beheizt. Durch die windbedingte Abkühlung wird Wärmeenergie zur Aufrechterhaltung der Temperatur des Drahtes benötigt. Diese Energie steht im proportionalen Verhältnis zu Windgeschwindigkeit. Je größer die Windstärke ist, desto höher ist auch die Abkühlung – und somit wird mehr Energie benötigt, um eine konstante Temperatur zu halten (STEUBING/FANGMEIER 1992, 79f).

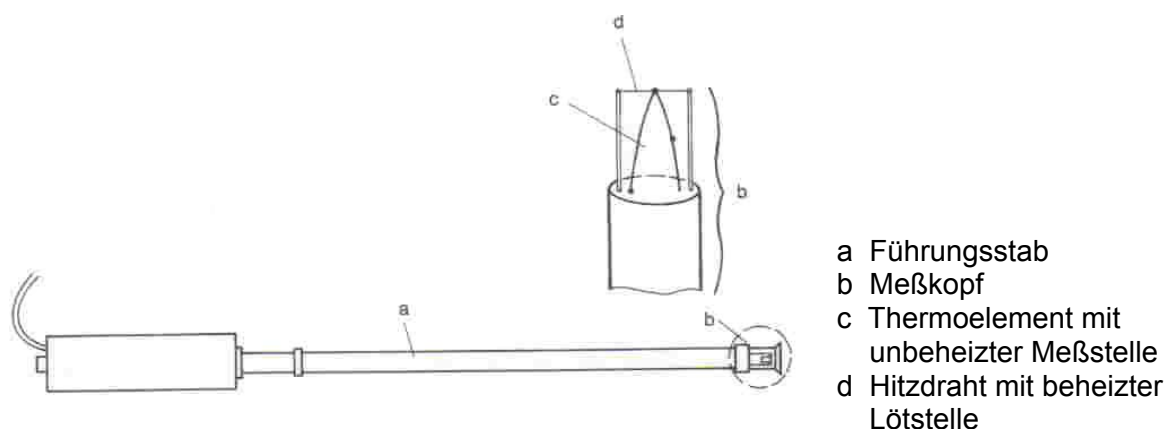


Abb. 5: Hitzdraht-Anemometer (STEUBING/FANGMEIER 1992, 80)

3. Gegenüberstellung der Meßergebnisse

3.1 Strahlung

Zur Bestimmung der Strahlungsintensität bzw. Lichtdurchlässigkeit in den beiden Untersuchungsgebieten differenzierten wir drei verschiedene Messpunkte. Diese Standorte unterschieden sich dabei durch ihren Baumbestand. Die Tageszeit der Messungen lag in beiden Bestände bei ca. 16:00 Uhr, bei leichter Bewölkung. Durchgeführt wurden die Messungen in Bodennähe mit Hilfe des Quantum-Sensors, welcher schon näher erläutert wurde.

Innerhalb des Bestandes wählten wir zuerst einen Lichtfleck, um die maximale Strahlungsintensität zu ermitteln. Anzumerken ist, dass dieser Wert nicht gleichzusetzen ist mit 100% Strahlung, sondern von Bewölkung und unmittelbaren Lichtabsorptionen durch die Bäume gemindert wurde. Er stellt lediglich 100% der momentan, in diesem Bestand (ohne direkten Baumschatten) möglichen Einstrahlung dar. Zu einer anderen Jahres- oder Tageszeit wäre dieser Wert z.B. kleiner. Wie in der Tabelle erkennbar, liegen die Ergebnisse beider Gebiete im Lichtfleck um 700–800 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ und weichen nur verhältnismäßig gering von einander ab.

Der zweite und dritte Messpunkt zur Strahlungsintensität wurde im Schatten des Baumbestandes unter Altbäumen bzw. zusätzlich unter Jungwuchs und Altbäumen gesetzt. Auch hier unterschieden sich die Werte nur gering voneinander. Sowohl im Vergleich zwischen den beiden Untersuchungsgebieten als auch zwischen den beiden Messpunkten sind die Abweichungen nur sehr geringfügig.

Was sich jedoch sehr gut erkennen lässt, ist die Verringerung der Strahlungsintensität, oder anders gesagt die Zunahme der Lichtundurchlässigkeit, zwischen freier Fläche im Bestand und vom Baumbestand beeinflusste Schattenstelle. Besonders klar wird dieser Unterschied im Diagramm (Abb. 6), welches diesen Zusammenhang noch einmal veranschaulichen soll. Somit besteht in beiden Buchenbeständen eine Reduktion der Strahlung durch das Kronendach von über 99%.

<u>Exkursionsgebiet</u>	Lichtfleck	unter Jung + Alt	unter Altbäumen
Flecken-Zechlin	700 – 1.100 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$	4 – 6 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$	6 – 10 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$
Heilige Hallen	600 – 800 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$	6 – 7 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$	2 – 4 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$

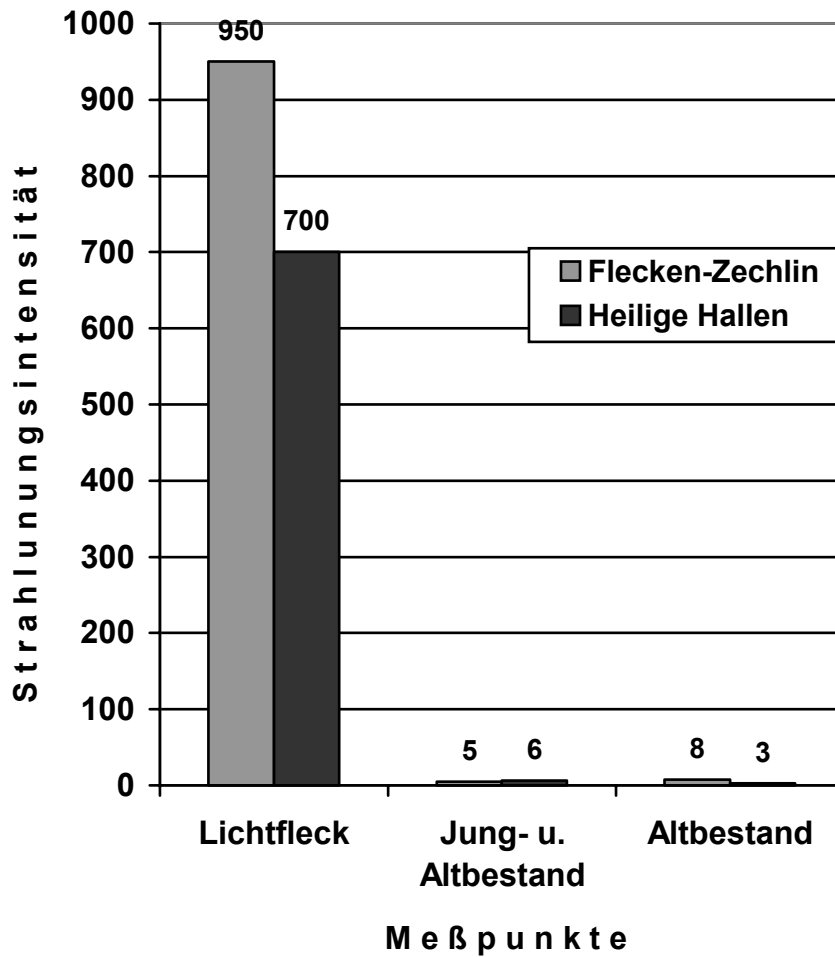


Abb. 6: Strahlungsintensität in $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$
Gegenüberstellung der Messergebnisse Flecken-Zechlin u. Heilige Hallen

3.2 Luftfeuchte

Zur Bestimmung der Luftfeuchte fand keine Standortunterscheidung (wie bei der Strahlungsmessung) statt, da gravierende Luftfeuchte-Differenzen auf so engem Raum nicht erwartet wurden. Die Messungen mit dem Aspirationspsychrometer fanden in einer Höhe von ungefähr 1,50 m statt, die Uhrzeit variierte zwischen 16:10 und 16:30 Uhr.

Nachdem mit dem Aspirationspsychrometer die Temperatur der trockenen Luft und die Temperatur am verdunstenden Thermometer gemessen wurden, bestimmte wir über die schon genannte Formel $e = e^F - C(TL - TF)$ die Absolute Feuchte. Mit Hilfe dieses Wertes und der Psychrometertafel erhielten wir dann die Relative Feuchte rF.

Auch hier besteht, mit 56% bzw. 57% relativer Luftfeuchte, kaum ein Unterschied zwischen dem Standort Flecken-Zechlin und den Heiligen Hallen. Der höhere Wert bei der Absoluten Feuchte in den Heiligen Hallen ist durch die höhere Lufttemperatur bedingt.

<u>Exkursions- gebiet</u>	TL (Luft trocken)	TF (Luft feucht)	Absolute Feuchte (e)	Relative Feuchte (rF)
Flecken-Zechlin	19°C	14°C	1,75 kPa	57%
Heilige Hallen	22°C	16°C	2,20 kPa	56%

3.3 Wind

Die letzte Untersuchung des Mikroklimas betraf die Wirkungen des Windes. Hierzu benutzten wir, auf Grund nur sehr geringer Windbewegungen, das Hitzdraht-Anemometer. Dieses lieferte in den Untersuchungsgebieten in einer Messhöhe von ca. 2 m Werte von 0,2 bis 0,5 m/s. Zwischen den Messergebnissen, welche jeweils um ungefähr 16:30 erstellt wurden, finden sich keine nennenswerten Unterschiede.

<u>Exkursions- gebiet</u>	Windgeschwindigkeit
Flecken-Zechlin	0,20 - 0,50 m/s
Heilige Hallen	0,30 - 0,50 m/s

4. Bewertung

Da sich der augenblickliche Zustand der Atmosphäre (Wetter) sehr kurzfristig ändern kann (z.B. rasch wechselnde Strahlungsintensität bei Wolkenzug), sollte zur vergleichenden Bewertung klimatischer Situationen verschiedener Standorte zeitgleich und mit vergleichbaren Geräten gemessen werden (oder Messungen an Standardtagen mit relativ stabiler Witterung, wie Strahlungstage mit wolkenlosem Himmel oder Tage mit völlig bedecktem Himmel).

Diese Voraussetzungen waren bei den vorliegenden Messergebnissen nicht gegeben. Zu beachten ist deshalb bei der Interpretation der Ergebnisse, dass die Messungen im Flecken Zechlin und den Heiligen Hallen an verschiedenen Tagen durchgeführt wurden.

Literaturverzeichnis

FORSTAMT LÜTTENHAGEN; Faltblätter zum NSG Heilige Hallen

LARCHER, W.; Ökophysiologie der Pflanzen, Ulmer Verlag Stuttgart, 1994

STEBING, L., FANGMEIER, A.; Pflanzenökologisches Praktikum, Ulmer Verlag Stuttgart, 1992

WILLERT, D., MATYSSEK, R., HERPPICH, W.; Experimentelle Pflanzenökologie, Georg Thieme Verlag Stuttgart, New York, 1995

WWW.HOME1.T-ONLINE.DE/HOME/GUNNAR.MARKUS/TEST/HHALLEN.HTM

WWW.MUERITZ.DE/MO-INDEX-1.HTM

WWW.UNI-KASSEL.DE/FB10/FRIEDEN/AKTUELL/FREIEHEIDE2.HTML