

TU Dresden
Institut für Landschaftsarchitektur
Lehr- und Forschungsbereich Meteorologie
Dr. Valeri Goldberg



Klimatologische Messungen zwischen Radeberg und Wallroda

Feldpraktikum, Meteorologie II für Landschaftsarchitekten, SS 1999

Bearbeiter: Sandra Czichon, Maja Peters, Peggy Illgen, Eva-Maria Pütz, Lars Stratmann,
Annette Unganz, Katrin Weisheit, Anne Weidner, Edda Witthuhn

Inhaltsverzeichnis

	Aufgabenstellung	2
1	Ausgangssituation	2
1.1	Definition	2
1.2	Regionalklima	2
1.3	Wetterlage.....	4
1.4	Vorgehensweise	4
1.5	Beschreibung der Messgeräte	5
1.5.1	Temperaturmessung	5
1.5.2	Feuchtheitsmessung	5
1.5.3	Windmessung	5
1.5.4	Strahlungsmessung	6
1.6	Beschreibung der Meßpunkte	6
2	Ergebnistabellen.....	7
2.1	Meßwerte	7
2.2	Ermittlung der Albedo	8
2.3	Ermittlung der relativen Feuchte	9
2.4	Diagramme.....	10
2.4.1	Albedo.....	10
2.4.2	Windgeschwindigkeit	10
2.4.3	Strahlungsbilanz	11
2.4.4	Kurzweilige Sonneneinstrahlung.....	11
2.4.5	Reflektierte Strahlung	12
2.4.6	Lufttemperatur	12
3	Beurteilung der Werte.....	13
3.1	Windstärke	13
3.2	Temperatur	13
3.3	Luftfeuchte	13
3.4	Kurzweilige Einstrahlung.....	14
3.5	Albedo.....	14
3.6	Strahlungsbilanz und langweilige Strahlung.....	15
4	Quellen	17
5	Bildanhang.....	18

Aufgabenstellung

Diese Ausarbeitung erfolgte im Rahmen des Wahlpflichtfaches "Meteorologie II für Landschaftsarchitekten" im Sommersemester 1999.

Das Feldpraktikum erfolgte am 08.07.1999.

Aufgaben:

1. **Strahlungseigenschaften natürlicher Oberflächen**
kurzwellige Strahlungskomponenten, Strahlungsbilanz und Oberflächenalbedo natürlicher und künstlicher Oberflächen wie Gras, Nadelstreu, Acker (bepflanzt, unbepflanzt), Sand und Asphalt
2. **Mikroklimatische Unterschiede zwischen Wald, Bestandsrändern und Freiflächen**
Temperatur, Feuchte, kurzwellige Einstrahlung, Strahlungsbilanz, Wind, Bodenfeuchte
3. **Einfluß des Reliefs auf das Mikroklima**
kurzwellige Strahlung (direkt und diffus), Strahlungsbilanz, Temperatur und Feuchte auf geneigten Flächen unterschiedlicher Exposition

Bearbeitet wurde diese Aufgabenstellung von:

Sandra Czichon
Maja Peters
Peggy Illgen
Eva-Maria Pütz
Lars Stratmann
Annette Unganz
Katrin Weisheit
Anne Weidner
Edda Witthuhn

1 Ausgangssituation

1.1 Definition

“Unter dem Klima eines Ortes, einer Landschaft oder eines Landes versteht man die Gesamtheit aller meteorologischen Zustände während eines längeren Zeitraumes. Das Klima wird durch das Zusammenwirken einzelner Klimaelemente wie Lufttemperatur, Luftfeuchte, Windgeschwindigkeit, Windrichtung, Sonnenscheindauer, Bewölkung, Nebel usw. geprägt und durch ihre statistischen Meßzahlen beschrieben.” (Freistaat Sachsen, Staatsministerium für Umwelt und Landesentwicklung, 1997, S.7)

1.2 Regionalklima

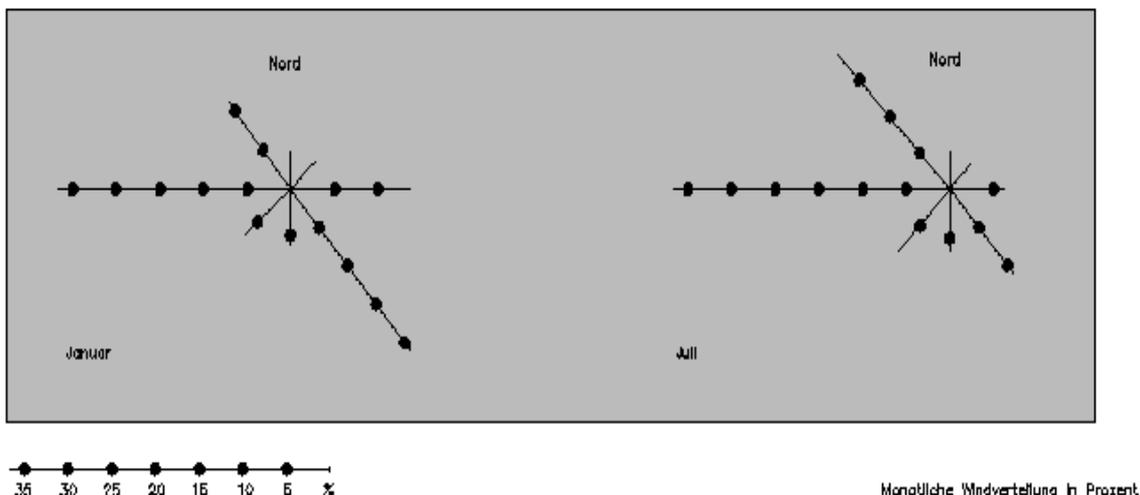
Das Bearbeitungsgebiet gehört zur Klimastufe „Untere Lagen im Hügel- und Tiefland“, und wird als mäßig feucht mit schwacher maritimer Ausprägung charakterisiert. Die Temperaturamplitude, die maximale Schwankung zwischen den auftretenden Höchst- und Tiefsttemperaturen, beträgt ca. 18°C und die Anzahl der Tage mit

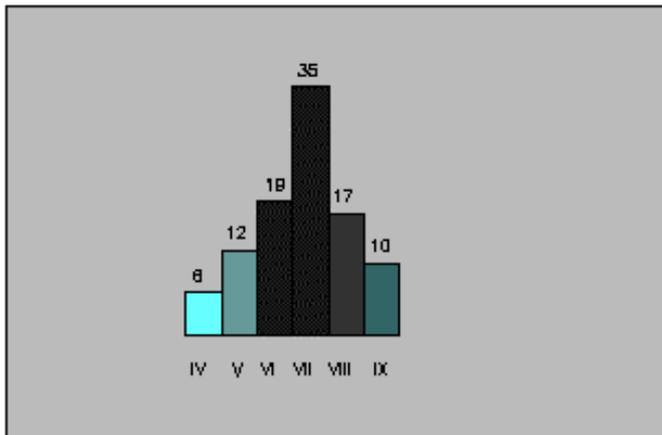
Temperaturen über 10°C im Jahr, also die durchschnittliche Länge der Vegetationsperiode, wird mit 150 Tagen angegeben.

Die jährliche Niederschlagsmenge kann mit 600 bis 850 mm beziffert werden, wobei die Höhe der Niederschläge vom Tiefland zum Gebirge zunimmt. Insgesamt wird das Gebiet mittelmäßig gut mit natürlichem Niederschlag versorgt, da man von einer hohen Niederschlagsmenge erst ab ca. 1000 mm jährlich sprechen kann. Sommerliche Starkniederschläge treten im Juli am häufigsten auf. (Diagramm der sommerlichen Starkniederschläge)

Die im Jahresverlauf hauptsächlich auftretenden Winde kommen aus westlicher Richtung. Bei austauscharmen Wetterlagen tritt im oberen Elbtal der „Böhmische Wind“ als regionale Besonderheit auf, der den hohen Anteil an Südostwinden im Untersuchungsgebiet verursacht. Die durchschnittlichen Windgeschwindigkeiten wurden der Karte „Mittlere jährliche Windgeschwindigkeiten“ der klimatologischen Grundlagenkarten des Freistaates Sachsen entnommen. Daraus ist zu erkennen, daß sich im Naturraum ein mittlerer Windkorridor mit Geschwindigkeiten um 3,9 m/s ausbildet, die sich nach Südosten und Nordwesten auf Geschwindigkeiten um 2,4 m/s reduzieren. Aufgrund dieser geringen Windgeschwindigkeiten kommt es im Bearbeitungsgebiet nur lokal, an steilen Hängen, zu Leeausbildung, welche das Kleinklima beeinflusst. Da das Relief kaum über größere Steigungen verfügt, kann davon ausgegangen werden, daß insgesamt eine gute Durchlüftung des Gebietes gewährleistet ist.

Die Werte der nächstgelegenen Windmeßstation in Wahnsdorf bzw. Klotzsche wurden für die Erstellung einer Windrose verwendet (Klimaatlas der DDR).





Sommerliche Starkniederschläge in Prozent

1.3 **Wetterlage**

Bereits in den vorangegangenen Tagen war ein mitteleuropäischer *Höhentrog* wetterbestimmend. Absinkende Luft an der Vorderseite sorgte für Druckanstieg am Boden. So konnte sich von Westen her eine *Hochzelle* bis ins westliche Mitteleuropa vorschieben. In höheren Luftschichten setzten *Warmluftadvektionen* ein, die auf dem Satellitenbild (Abb. 1) als schleierförmige Wolkenfelder zu erkennen sind. Die *Hochzelle* verstärkte sich am Donnerstag, dem 8. Juli, über den Britischen Inseln, der Nordsee und Südsandinavien. Aus dem *Höhentrog* spaltete sich ein *Tief* in nur 5 km Höhe mit Kern über dem Ostalpenraum ab. Dieses wies einen massiven *Randtrog* über der Osthälfte Deutschland auf, der sich aber bis zum Mittag weitgehend abbaute. Im Gegensatz dazu entstand über Italien und dem tyrrhenischen Meer ein weiteres *Höhentief*, was sich im Laufe des Tages verstärkte. Auf dem Satellitenbild (Abb. 2) ist ein ausgedehnter Wolkenschirm über Bayern, Thüringen, Sachsen und ganz Osteuropa zu erkennen, der im wesentlichen auf das *Höhentief* zurückzuführen ist.

An der Südseite des *Hochs* wanderte ein schwach ausgeprägter *Kaltlufttropfen* über Süddeutschland langsam nach Westen. Auf seiner Vorderseite labilisierte sich die Schichtung, so daß es in Baden-Württemberg, Südhessen und Nordbayern erneut zu Niederschlägen und Gewittern kam. Dieses Niederschlagsgebiet beeinflusste im Laufe des Tages auch Sachsen.

Der Wind war im Untersuchungsgebiet während der Messungen leicht böig und kam aus westlichen Richtungen. Der Boden war feucht, die Vegetation zum Teil noch naß (Raps) von vorangegangenen Regenereignissen. Während der Messung gab es keine Niederschläge, der Himmel war allerdings zu 8/8 bedeckt.

1.4 **Vorgehensweise**

Die Messungen wurden am 8.7.99 in der Zeit von 12.46 Uhr bis 14.16 Uhr durchgeführt. Insgesamt wurden 9 Meßpunkte untersucht.

Folgende Werte wurden simultan mit Hilfe eines Data-Loggers von den Geräten abgelesen, und zwar für jeden Meßpunkt 3 mal im Abstand von jeweils einer Minute:

Uhrzeit
Temperatur in °C
Kurzwellige Einstrahlung in KW/m²
Reflektierte Strahlung in KW/m²
Strahlungsbilanz in KW/m²

Da die Messung die Ermittlung der rel. Luftfeuchte mit dem Assmannschen Aspirationspsychrometer und der Windgeschwindigkeit jeweils mehrere Minuten dauerten, war im zeitlichen Bezug zu den anderen Messungen maximal 1 Meßvorgang pro Standort möglich. Für die direkt benachbarten Standorte 2/3, 4/5 und 8/9 wurde jeweils nur eine Messung durchgeführt.

1.5 Beschreibung der Messgeräte

1.5.1 Temperaturmessung

elektrisches Thermometer (*Bildanhang 3*) :

Thermoelemente liefern eine selbständige Spannung wenn die Übergangslötstellen zweier Metalldrähte unterschiedliche Temperaturen aufweisen. Wird eine Lötstelle auf bekannter, konstanter Temperatur gehalten (durch spezielle elektrische Schaltungen), entsteht durch die auf die andere Lötstelle wirkende Außentemperatur eine Spannungsdifferenz, welche der Temperaturdifferenz proportional ist.

1.5.2 Feuchtigkeitsmessung

Psychrometer (*Bildanhang 4*) :

Das Aspirations – Psychrometer nach Aßmann zur Temperaturmessung besteht aus zwei gleichen, ventilierten Thermometern, wovon eines von saugfähigem, mit durch destilliertes Wasser befeuchteten Stoff (Gazestumpf) umhüllt ist. Beide Thermometer sind durch ein vernickeltes Gehäuse gegen direkte Sonneneinstrahlung weitgehend geschützt und werden von einem Luftstrom, welcher durch den Aspirator (einen Ventilator) erzeugt wird, mit konstanter Geschwindigkeit (ca. 2 m/s) umspült (belüftet). Das dadurch verdunstende Wasser kühlt das eine Thermometer bis zum Gleichgewicht zwischen Wärmeabgabe und –zufuhr aus der Umgebung, während das andere die Temperatur an der Luft anzeigt. Aus der gemessenen Temperaturdifferenz (psychrometrische Differenz zwischen trockener und feuchter Temperatur), welche zur stattfindenden Verdunstung proportional ist, kann die Luftfeuchte berechnet werden. Je trockener die Luft ist, desto größer ist der Wärmeverlust durch Verdunstung und somit die Temperaturdifferenz zwischen den beiden Thermometern.

1.5.3 Windmessung

Schalenanemometer (*Bildanhang 5*) :

Drei oder vier, auf einer drehbaren Welle befestigte halbkugelige Schalen werden durch den Wind in eine Drehbewegung versetzt, da auf der hohlen Seite der Schalen ein größerer Druck als auf die gewölbten erzeugt wird. Die Welle ist zur Berechnung der von der

Windgeschwindigkeit abhängigen Drehzahl mit einer optischen Einrichtung zur Zählung der Umdrehungen ausgestattet. Impuls- bzw. Frequenzzählung

1.5.4 Strahlungsmessung

Pyranometer (*Bildanhang 1*) :

Zur Messung der Globalstrahlung (direkte Sonnenstrahlung und diffuse Himmelsstrahlung) werden zwei dünne Metallstreifen, von denen einer schwarz (gute Absorption), der andere weiß (gute Reflexion) gefärbt ist, nebeneinander gelegt und durch die Strahlung unterschiedlich erwärmt. Der Temperaturunterschied als Maß für die Strahlungsquantität wird thermoelektrisch gemessen. Zum Schutz vor Niederschlag und Wind und zum Ausschluß von Effekten der langwelligen Sonnenstrahlung sind die Geräte durch zwei konzentrische Halbkugeln geschützt. „Solarimeter“ mit Quarzglas – Halbkugeln erfassen nur den kurzwelligen Strahlungsstrom und halten die langwellige terrestrische Strahlung ab. Zwei gegeneinander geschaltete, oberflächenparallele Pyranometer, von denen das eine zur Messung der Globalstrahlung zum Zenit, das andere zur Messung der Reflexstrahlung gegen die Erdoberfläche exponiert ist, ermöglichen durch gleichzeitiges Messen von Ein- und Ausstrahlung die Ermittlung des Albedo. Die Meßwerte werden über ein Voltmeter mit der Einheit mV ablesbar.

Fehlerbetrachtung: differente Meßhöhen und Abweichungen von der Horizontalen machen einen exakten Wertvergleich mehrerer Messungen schwierig. Zeitverzögerungen zwischen den Messungen von einfallender und reflektierter Strahlung, die Trägheit des Meßgerätes, Veränderungen der Strahlungsverhältnisse im Meßraum sowie die Inhomogenität der Oberflächen sind weitere Fehlerquellen.

Strahlungsmesser (*Bildanhang 2*) :

Zur Ermittlung der Strahlungsbilanz dienen zwei Pyrradiometer. Indem das Gerät parallel zur Erdoberfläche gehalten wird, teilt sich der Meßraum entlang der Horizontale in zwei Halbräume. Zwei Schwarzflächen, die eine zum oberen Halbraum, die andere nach unten zur Erdoberfläche gerichtet, werden durch halbkugelförmige Abdeckung aus Polyäthylen (Lupolen) vor Wind und Niederschlägen geschützt. Diese sogen. Dome lassen fast das ganze (solare und terrestrische) Strahlungsspektrum von 0.3 bis 60 µm durchdringen. Die Temperaturdifferenz zwischen diesen beiden Platten, eine zum oberen Halbraum, die andere zum unteren Halbraum gerichtet, wird gemessen.

1.6 Beschreibung der Meßpunkte

Die Meßpunkte sind in den beiliegenden Karten dargestellt. Sie setzen sich zusammen aus:

- | | |
|---------|--|
| Punkt 1 | Meßstelle im Weizenfeld |
| Punkt 2 | Rübenfeld |
| Punkt 3 | Meßstelle auf benachbartem Phacelienfeld |
| Punkt 4 | Maisfeld |
| Punkt 5 | Meßstelle auf asphaltiertem Weg |
| Punkt 6 | Meßstelle auf Weidefläche (Grünland) |
| Punkt 7 | Meßstelle auf benachbartem Rapsfeld |
| Punkt 8 | Meßstelle über der Wasserfläche eines Teiches mit Schwimmblatt-Vegetation |
| Punkt 9 | Meßstelle über Teich ohne Vegetation, komplett von Baumkronen überschattet |

2 Ergebnistabellen

2.1 Meßwerte

Nr.	Meßpunkt	Uhrzeit	Luft-temp. in °C	T trocken °C	T feucht °C	Kurz-wellige Sonneneinstrahlung W/m ²	Reflektierte Strahlung W/m ²	Strahlungsbilanz W/m ²	Windgeschwindigkeit in m/s
1	Weizenfeld	12:46:15	20,222	18,8	16,2	334,56	60,591	242,11	2,5
		12:47:15	20,356			328,74	62,257	247,31	2,4
		12:48:15	20,524			336,88	60,801	253,62	2,6
2	Rübenfeld	12:59:15	20,813	19,0	16,5	340,07	76,766	249,15	2,2
		13:00:15	20,591			336,30	75,638	243,59	1,8
		13:01:15	20,501			331,64	5,056	244,33	1,9
3	Phacelienfeld	13:05:15	20,795	19,0	16,5	283,64	61,674	208,68	
		13:06:15	20,784			27,28	58,705	206,46	
		13:07:15	20,818			274,62	58,193	202,00	
4	Mais auf Kuppe	13:20:15	20,310	18,9	16,4	246,67	35,198	188,62	2,4
		13:21:15	20,266			244,35	34,325	185,65	1,8
		13:22:15	20,400			244,35	34,325	185,65	2,3
5	Asphalt	13:35:15	20,167	18,9	16,4	244,45	27,927	168,58	
		13:36:15	20,301			244,36	26,182	183,43	
		13:37:15	20,379			244,94	25,6	178,6	
6	Weide	13:46:15	21,451	19,4	16,8	196,06	58,761	150,01	0,6
		13:47:15	21,465			223,40	50,905	153,71	1,1
		13:48:15	21,442			222,82	51,196	154,46	0,3
7	Raps	13:51:15	21,291	19,0	16,2	227,47	35,487	166,33	
		13:52:15	21,245			228,04	33,741	165,22	
		13:53:15	21,36			235,32	30,833	171,53	
8	Wasser mit Schwimmblattpflanzen	14:00:15	20,812	18,6	16,0	89,011	6,3995	88,738	0,4
		14:01:15	20,768			92,496	5,8174	86,134	0
		14:02:15	20,731			92,496	7,5626	86,134	0
9	Freie Wasserfläche unter Bäumen	14:13:15	20,417	18,2	16,2	25,014	1,1635	30,443	0
		14:14:15	20,149			21,815	1,1635	33,413	0
		14:15:15	19,960			18,906	0,58173	34,899	0
		14:16:15	19,794			22,107	1,1635	28,217	0

2.2 Ermittlung der Albedo

Nr.	Messpunkt	Uhrzeit	Sonnenstrahlung in W/m ²	reflektierte Strahlung in W/m ²	Albedo in %
1	Weizenfeld	12:46:15	334,56	60,591	18.33%
		12:47:15	328,74	62,257	
		12:48:15	336,88	60,801	
			333.39	61.214	
2	Rübenfeld	12:59:15	340,07	76,766	22.56%
		13:00:15	336,30	75,638	
		13:01:15	331,64	5,056	
			336.00	75,82	
3	Phacelienfeld	13:05:15	283,64	61,67	21.39%
		13:06:15	274,28	58,7	
		13:07:15	274,62	58,19	
			278.19	59.52	
4	Mais -auf Kuppe	13:20:15	246,67	35,19	14.12%
		13:21:15	244,35	34,32	
		13:22:15	244,35	34,32	
			245.12	34,61	
5	Asphalt	13:35:15	244,45	27,92	10.12%
		13:36:15	244,36	26,18	
		13:37:15	244,94	25,60	
			244,58	26,57	
6	Weidenfläche	13:46:15	196,06	58,76	25.05%
		13:47:15	223,40	50,90	
		13:48:15	222,82	51,19	
			214,09	53,62	
7	Raps	13:51:15	227,47	35,48	14.12%
		13:52:15	228,04	33,74	
		13:53:15	235,32	30,83	
			230.28	33.35	
8	Wasser mit Bewuchs	14:00:15	89,01	6,39	7.22%
		14:01:15	92,49	5,81	
		14:02:15	92,49	7,56	
		91.33	65,93		
9	Wasser ohne Bewuchs	14:14:15	21,81	1,163	4.63%
		14:15:15	18,90	0,581	
		14:16:15	22,10	1,163	
		20.94	0,969		

Die Albedo ergibt sich aus folgender Formel:

$$\text{Reflektierte Strahlung (W/m}^2\text{)} / \text{Sonneneinstrahlung (W/m}^2\text{)} \times 100$$

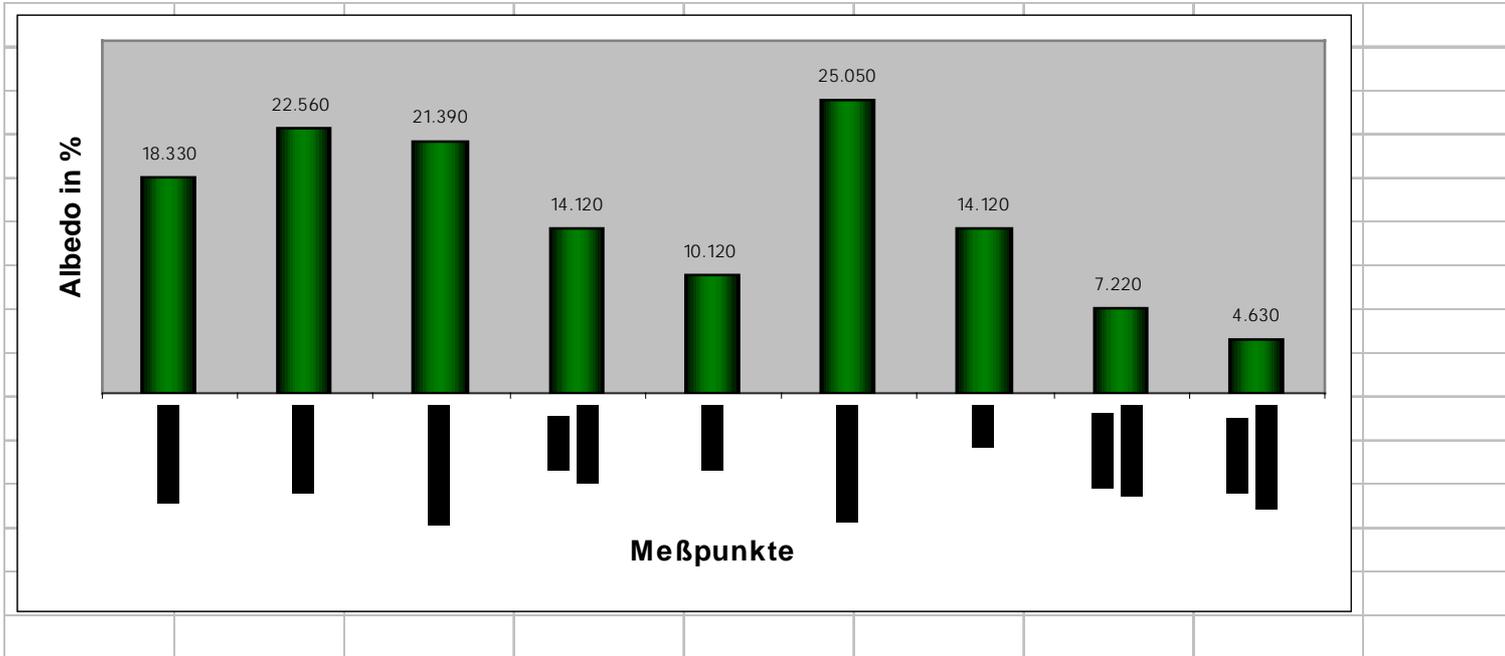
2.3 Ermittlung der relativen Feuchte

Nr.	Meßpunkt	Uhrzeit	T trocken °C	T feucht °C	Dampfdruck h Pa	rel. Feuchte. in %	Taupunkt in °C
1	Weizenfeld	12:46:15	18,8	16,2	12,5	77	14,7
2	Rübenfeld	12:59:15	19,0	16,5	12,8	78	15,0
3	Phacelienfeld	13:05:15	19,0	16,5	12,8	78	15,0
4	Mais auf Kuppe	13:20:15	18,9	16,4	12,7	78	14,9
5	Asphalt	13:35:15	18,9	16,4	12,7	78	14,9
6	Weide	13:46:15	19,4	16,8	13,0	77	15,3
7	Raps	13:51:15	19,0	16,2	12,4	75	14,5
8	Wasser mit Schwimmblattpflanzen	14:00:15	18,6	16,0	12,3	77	14,4
9	Freie Wasseroberfläche unter Bäumen	14:13:15	18,2	16,2	12,8	82	15,0

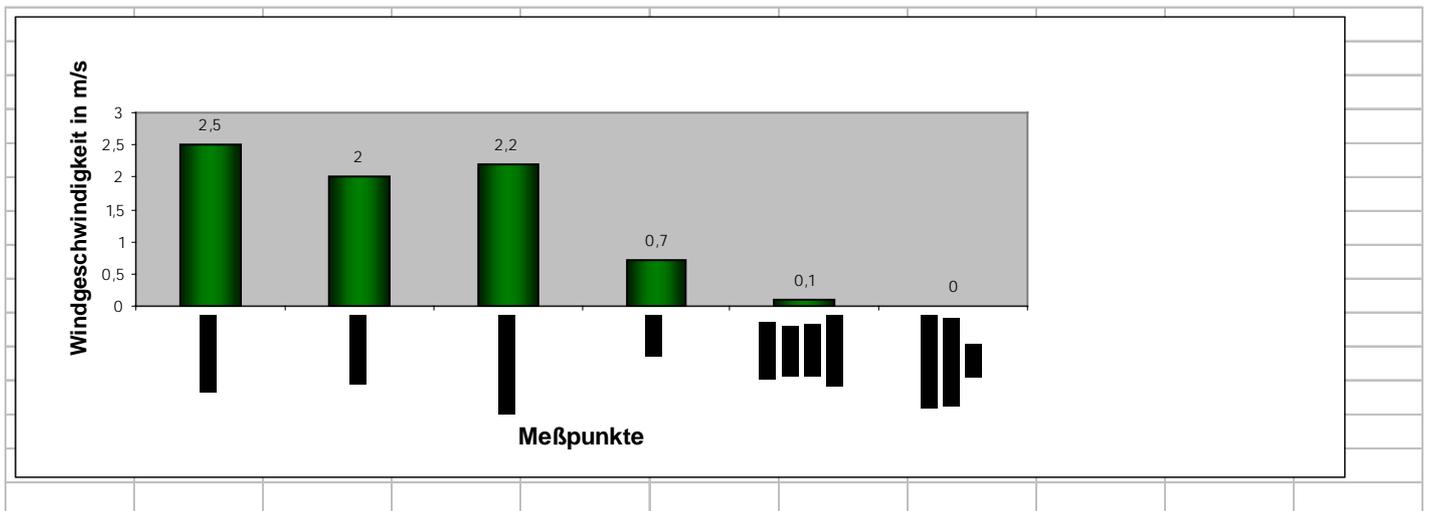
Die relative Feuchte und der Taupunkt wurden aus der gerätespezifischen Ermittlungstabelle abgelesen.

2.4 Diagramme

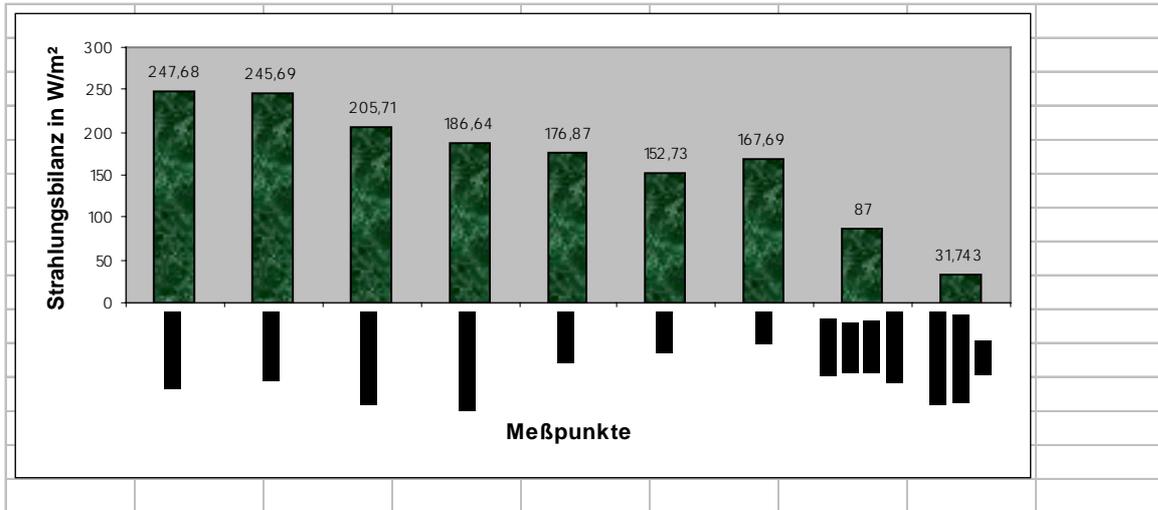
2.4.1 Albedo



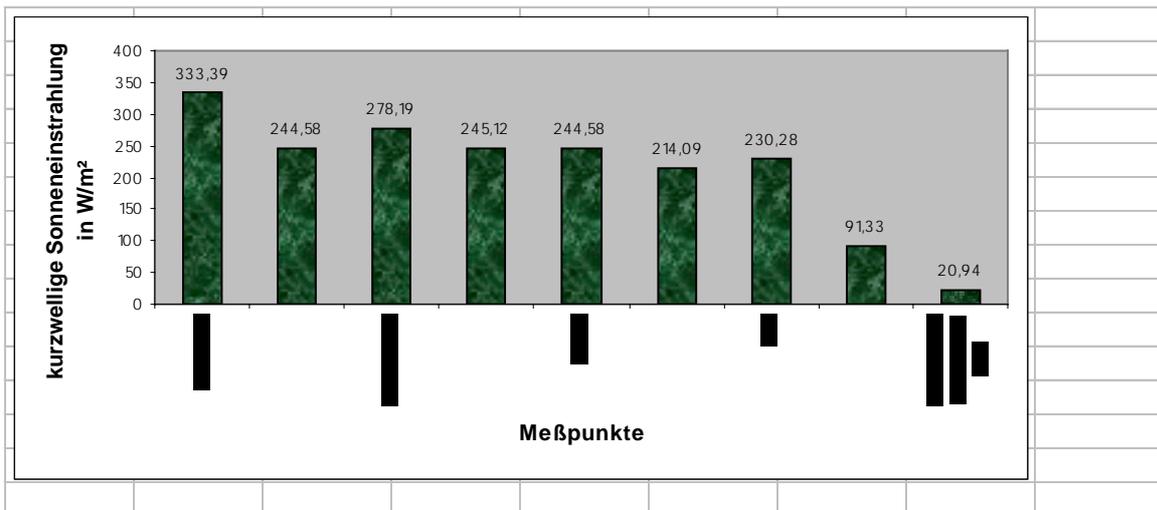
2.4.2 Windgeschwindigkeit



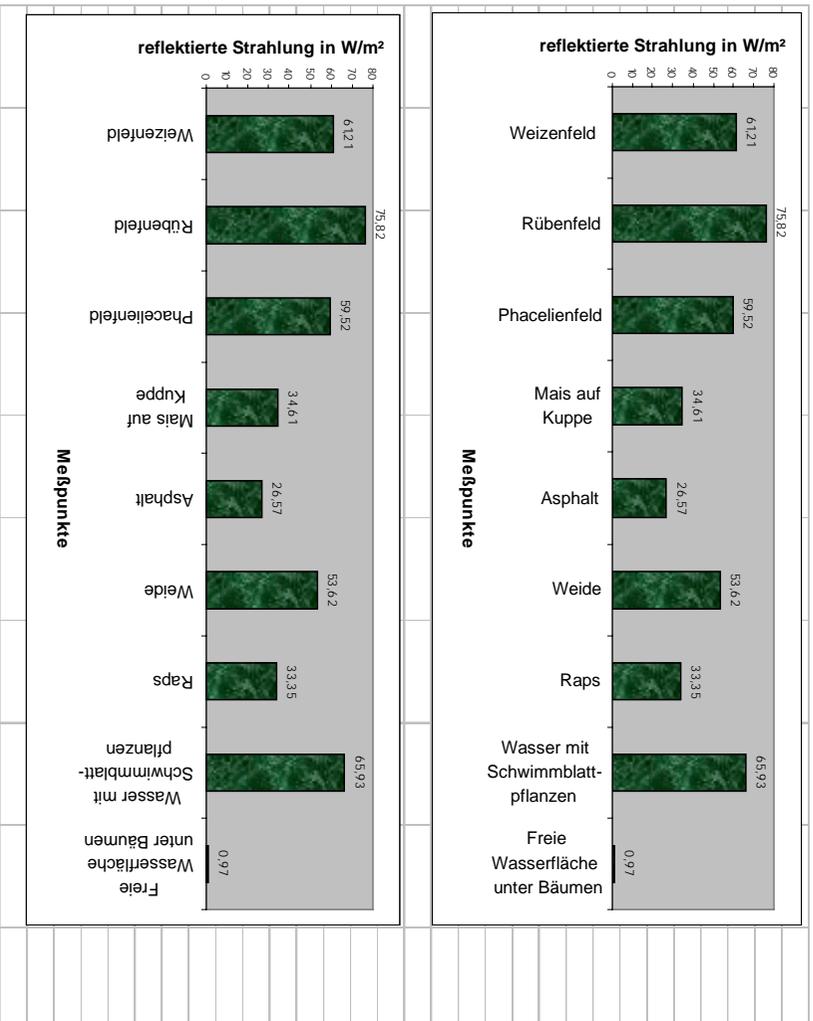
2.4.3 Strahlungsbilanz



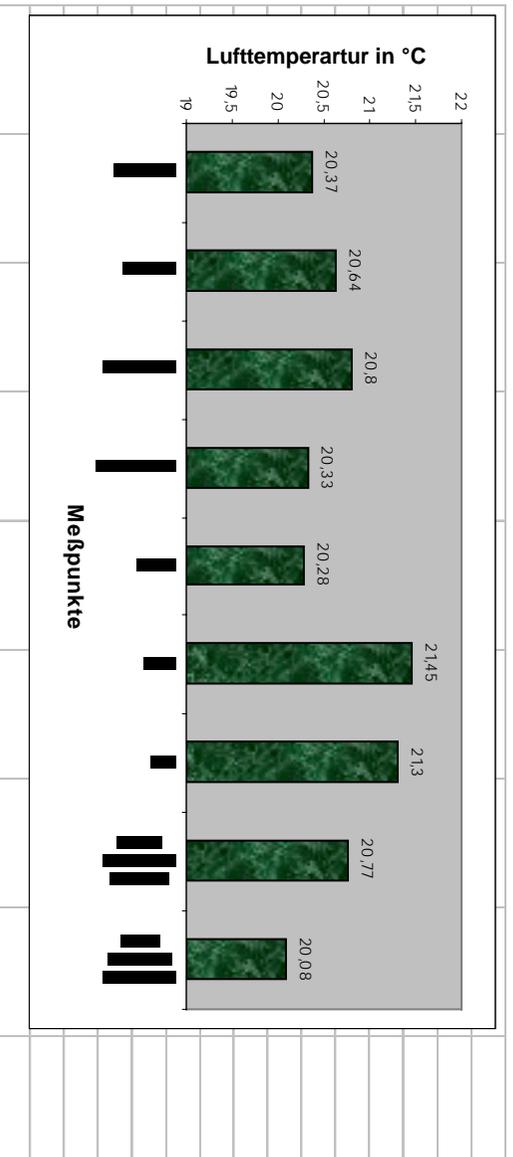
2.4.4 Kurzwellige Sonneneinstrahlung



2.4.5 Reflektierte Strahlung



2.4.6 Lufttemperatur



3 Beurteilung der Werte

3.1 Windstärke

Die Windstärken im Untersuchungsgebiet werden vor allem durch das Relief beeinflusst: Die Meßpunkte 1, 2/3 und 4/5 liegen windexponiert auf einem ausschließlich landwirtschaftlich genutzten Rücken, der etwas höher ist als die angrenzende Umgebung und in Ost-West-Richtung verläuft - also in etwa in Windrichtung. Es gibt keinen nennenswerten Baumbestand in der Nähe, der den Wind abschwächen könnte. Dementsprechend wurden hier mit 2,6 bis 1,9 m/sec die höchsten Windgeschwindigkeiten gemessen.

Meßpunkt 6 dagegen liegt in einem nach Süden orientierten Seitental am unteren Teil des Osthangs und damit im Windschatten seines Westhangs. Zusätzlich gebremst und abgelenkt wird der Wind durch den waldartigen Baumbestand am Westhang, so daß die Meßergebnisse hier am Waldrand mit 0,8 bis 1,1 m/sec nur etwa halb so hoch sind wie die des Offenlands. An den Meßpunkten 8 und 9, die direkt in der Talsohle und unter den Bäumen liegen, herrschte während der Messung fast Windstille (0 m/sec, einmal 0,4 m/sec).

Die Windgeschwindigkeit wurde also mesoklimatisch durch die Lage im Relief beeinflusst, sowie mikroklimatisch durch den Bewuchs (Offenland/Waldrand/ Wald).

3.2 Temperatur

Die an den auf der Freifläche gelegenen Meßpunkten 1 – 5 ermittelten Temperaturen liegen zwischen 20,3 und 20,8 °C, während die Ergebnisse von Punkt 6 und 7 am Osthang des Seitentals bis zu 1 °C höher sind. Eine mögliche Ursache dafür sind die Ostexposition des Hanges: Durch sie fällt die direkte Strahlung hier morgens in einem steileren Winkel auf die Oberfläche als auf dem relativ ebenen, etwas nach Westen abfallenden Rücken. Die Strahlungsflußdichte ist damit höher (Lambert'sches Kosinusetz), so daß sich der Osthang bis zur Mittagszeit stärker erwärmen kann.

Gleichzeitig ist hier durch die geringere Windgeschwindigkeit der Austausch mit kühlerer Umgebungsluft geringer.

Die Windstärke nimmt auch über die Verdunstung Einfluß auf die Temperatur: Die relativ feuchte Luft am Verdunstungsort wird bei stärkerem Wind schneller abtransportiert und mit trockenerer Luft gemischt, so daß insgesamt mehr Wasser verdunsten kann. Damit steigt der Anteil der Strahlungsenergie, die für die Verdunstung benötigt wird (latente Energie), und der Anteil, der in fühlbare Wärme umgewandelt wird und damit als Temperatur meßbar ist, sinkt. Der stärkere Wind auf dem Rücken wird also zusätzliche Abkühlung bewirken haben. (Vorausgesetzt, es gab etwas zu verdunsten, was im Meßgebiet aufgrund der Witterung der Fall war).

Daß die gemessenen Temperaturen der Punkte 8 und 9 trotz noch schwächeren Winds wieder niedriger sind als die der Punkte 6 und 7, liegt an der wesentlich geringeren Strahlung aufgrund der Tallage und der Beschattung durch dichten Baumbestand.

3.3 Luftfeuchte

Die für die Meßpunkte 1 – 5 ermittelten Werte liegen mit 77 bzw. 78 % sehr eng beieinander.

Obwohl die verschiedenen Feldfrüchte durch unterschiedliche Evapotranspirationsraten mikroklimatisch durch einen Einfluß auf die Luftfeuchte haben, sind die Feuchteunterschiede in unserer Meßhöhe durch den Wind ausgeglichen. Ein deutlich höherer Wert als über dem Offenland ergab sich für den Meßpunkt 9 (Teich im Schatten). Hier ist durch die geringe Windstärke bis hin zur Windstille der mikroklimatische Einfluß durch Bäume und Wasser hoch. Dazu ist über Wasser die aktuelle Verdunstung gleich der potentiellen (d.h. maximal möglichen), während sie über dem Festland eingeschränkt ist durch die Bodenfeuchte und die Wurzelraumkapazität der jeweiligen Vegetation. Über Wasserflächen wird also schneller eine hohe Luftfeuchte erreicht. Aber die hohe relative Luftfeuchte ergibt sich wohl vor allen aus der niedrigen Temperatur: je niedriger die Temperatur, desto geringer der Sättigungsdampfdruck, so daß im Vergleich zu wärmeren Bereichen selbst bei gleichem oder sogar niedrigerem tatsächlichem Dampfdruck (vgl. Pkt 2 und 6) hier eine höhere relative Luftfeuchte herrschen kann.

3.4 Kurzwellige Einstrahlung

Die Bewölkung von meist 8/8 am Tag der Messung bewirkte, daß ein Teil der Sonnenstrahlung schon an der Wolkenoberseite wieder reflektiert oder von den Wolken absorbiert wurde. Die gemessenen Strahlungswerte lagen mit einem gemessenen Maximum von 336,86 KW/m² deutlich unter denen, die zu dieser Jahres- und Tageszeit bei wolkenfreiem Himmel (Strahlungstag) auftreten (Maximalwerte für Mitteleuropa: 800 KW/m²). Des weiteren ist bei bedecktem Wetter der Anteil an diffuser Strahlung wesentlich höher, so daß Beschattungs- und vor allem Expositionsbedingte Unterschiede wesentlich schwächer sind als an Strahlungstagen. Aus diesem Grund waren auch die Temperaturunterschiede (vgl. Abschnitt „Temperatur“) vergleichsweise gering.

Die Mittelwerte der unbeschatteten Meßpunkte 1 bis 7 liegen zwischen 336 KW/m² und 214,09 KW/m² kurzwelliger Strahlung; die Differenzen zwischen aufeinanderfolgenden Meßpunkten betragen von weniger als 1 KW/m² bis zu 58 KW/m². Sie lassen sich durch Unterschiede in der Dichte der recht schnell mit dem Wind ziehenden Bewölkung erklären – auch Meßungenauigkeiten, bedingt durch das mühsam zu handhabende Doppelpyranometer, werden einen Einfluß haben.

Einen deutlichen Abfall der Strahlung aufgrund der Beschattung konnten wir an den Meßpunkten 8 (Teich mit Bewuchs, lichter Schatten) und 9 (Teich ohne Bewuchs, tiefer Schatten) feststellen. Die Strahlung am Punkt 8 lag mit 91,33 KW/m² lediglich bei etwa 40 % des bisher niedrigsten Wertes von 214 KW/m² (Meßpunkt 6). Im tiefen Schatten des Meßpunkt 9 wurden nur noch 20,94 KW/m² gemessen – zu wenig, als daß auf diesem Teich noch ein Bewuchs möglich wäre.

3.5 Albedo

Die Albedo wird definiert als der Anteil der von einer Oberfläche reflektierten kurzwelligen Strahlung an der einfallenden kurzwelligen Strahlung und kennzeichnet somit das Reflexionsvermögen einer Oberfläche.

Als Referenzwerte für die Beurteilung der Messung wurden folgende Werte nach Oke, 1987 herangezogen :

Dunkler, nasser Boden	5% -
trockener, heller Boden	40%

langes Gras (1m)	16% -
kurzes Gras (2cm)	26%
Landwirtschaftliche Flächen	18% - 25%
Wasser- kleiner Zenitwinkel	3% - 10%
Wasser- großer Zenitwinkel	10% - 100%

Bei den Albedowerten der landwirtschaftlichen Flächen lagen die Werte für Mais und Raps mit 14,12% unterhalb der von OKE angegebenen Bandbreite, was vermutlich mit dem Meßzeitpunkt zusammenhängt: Der Mais war Anfang Juli noch jung und damit der Bedeckungsgrad des Feldes gering, so daß die niedrige Albedo des feuchten, dunklen Bodens den Gesamtwert verringerte. Der Raps starb zu dieser Zeit schon wieder ab, wodurch die eigentliche Struktur der Pflanze nicht mehr gegeben war. Die Werte für Rüben, Phacelien und Weizen liegen innerhalb der o.a. Bandbreite. Die niedrige Albedo des Weizens wird auch durch den Vergleichswert für langes Gras unterstützt. Er kommt durch den „Lichtschachteffekt“ zustande: fällt Licht in einen langen, schmalen Schacht, fängt es sich, weil es immer wieder von einer zur anderen Seite reflektiert wird. Die Struktur des Weizenfeldes – engstehende, gerade, fast parallele Halme - wirkt ähnlich.

Die Albedo über dem dunklen Asphalt der Straße ist mit 10,12% wie erwartet geringer als über den Feldern. Reflektierte kurzwellige Strahlung wird (im sichtbaren Bereich des Spektrums) als Farbe wahrgenommen; je höher die Reflexion, desto heller die Farbe. Die dunkle Farbe bedeutet also, daß - jedenfalls im sichtbaren Bereich - relativ wenig Strahlung reflektiert wird.

Beim Wasser ist die Albedo abhängig vom Einfallswinkel der Strahlung. Ist er steil (fast senkrecht zur Oberfläche – kleiner Zenitwinkel), wird ein Großteil der Strahlung absorbiert, die Albedo ist also gering. Bei flachem Einfallswinkel dagegen kann die Albedo bis zu 100% betragen.

Die Messungen an Punkt 8 (Teich mit Bewuchs) und 9 (Teich ohne Bewuchs) fanden kurz nach 14 Uhr und im Sommer (Juli) statt, so daß der Zenitwinkel relativ klein war. Dementsprechend gering war auch die Albedo über den beiden Teichen: Für Meßpunkt 9 wurden nur 4,63% ermittelt, an Meßpunkt 8 waren es aufgrund des stärker reflektierenden Bewuchses mit 7,2% etwas mehr.

3.6 Strahlungsbilanz und langwellige Strahlung

Die Strahlungsbilanz ergibt sich aus der folgenden Formel:

$$R_n = R_s + R_d - a(R_s + R_d) - R_e + R_a$$

Kurzwellige langwellige Strahlungsbilanz

Da für die Kurzwellige Strahlung $R_s + R_d$, die Reflexion $a(R_s + R_d)$ und die Strahlungsbilanz R_n Meßwerte vorliegen, läßt sich die langwellige Strahlungsbilanz $R_a - R_e$ errechnen:

$$R_n - (R_s + R_d - a(R_s + R_d)) = R_a - R_e$$

Ra: Atmosphärische Strahlung, zur Erde gerichtet

Re: Emittierte Strahlung

Damit ergeben sich für die langwellige Bilanz folgende Werte:

Meßpunkt	Strahlungsbilanz	kurzwellige Strahlungsbilanz	langwellige Strahlungsbilanz	Anteil (%) langwellig an gesamt
1: Weizen	247,68	272,18	24,50	9,9
2: Rüben	245,69	260,18	14,49	5,9
3: Phacelien	205,71	218,67	12,96	6,3
4: Mais	180,64	210,51	23,87	13,2
5: Asphalt	176,87	218,01	41,14	23,3
6: Weide	152,73	160,47	7,74	5,1
7: Raps	167,69	196,93	29,24	17,4
8: Teich, lichter Schatten	87,00	84,74	- 2,26	2,6 (-)
9: Teich, tiefer Schatten	30,69	19,97	-10,72	34,9 (-)

Es fällt auf, daß die Bilanz der Meßpunkte 8/9 negativ ist, d.h. die emittierte langwellige Strahlung war größer als die einfallende atmosphärische Strahlung. Das ist auf den Einfluß des Wassers zurückzuführen. Wasser hat eine hohe Wärmespeicherkapazität und kann so zu Zeiten (oder an Orten) höherer Strahlungsintensität mehr Wärme speichern als seine Umgebung. Diese Wärme wird gleichmäßig wieder emittiert und kann so bei geringer langwelliger Einstrahlung (z.B. in Strahlungsnächten oder –wie hier- im Schatten) diese übersteigen.

4 Quellen

Christian Bernhofer/Konrad Miegel: Lehrmaterial zu Vorlesung „Grundlagen der Meteorologie und Hydrologie“, TU Dresden 1997

Josef von Eimern, Hans Häckel: Wetter- und Klimakunde, Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart 1984

Oke, T.R.: Boundary Layer Climates, Routledge, 1987

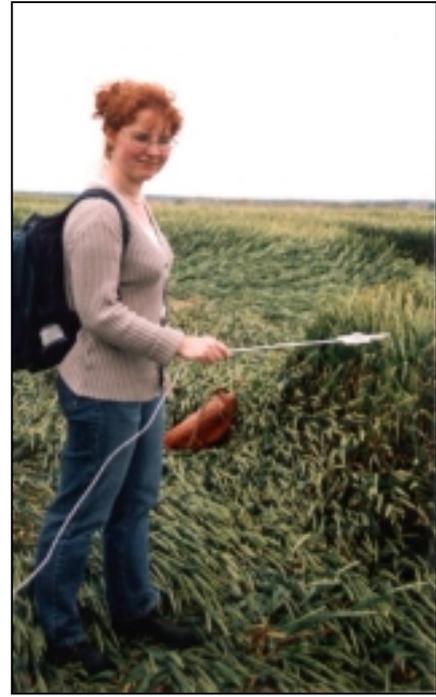
Kleine Enzyklopädie – Technik, 1961

Brockhaus ABC, Naturwissenschaft und Technik, 1980

5 Bildanhang



1 *Pyranometer*



2 *Strahlungsmesser*



3 *elektrisches Thermometer*



4 *Psychrometer*



5 Schalenanemometer



6 + 7 während des Feldpraktikums