

Ber. Naturf. Ges. Freiburg i. Br.	68	S. 47–73	11 Abb.	1 Tab.	Freiburg, 1978
-----------------------------------	----	----------	---------	--------	----------------

Die klimatologische Meßstation / Hartheim des Meteorologischen Instituts der Universität Freiburg i. Br.

von

Lutz Jaeger, Freiburg i. Br.

Inhalt

	Seite
1. Einleitung	48
2. Meßstation	48
3. Meßwertgeber	53
3.1 Windgeschwindigkeit	54
3.2 Windrichtung	55
3.3 Temperaturmessungen	55
3.4 Luftfeuchte	57
3.5 Messungen der Strahlungstemperatur	57
3.6 Strahlung	58
3.6.1 Kurzwellige Strahlung	58
Langwellige Strahlung	59
3.7 Sonnenscheindauer	59
3.8 Niederschlag	60
3.9 Thermometerhütte.	61
4. Registrierung	61
4. Registrierung	61
4.1 Analoge Registrierung	61
4.2 Digitale Registrierung	63
4.2.1 Hardware	63
4.2.2 Software	68
5. Datenauswertung	69
6. Ziele und Aufgabenstellungen	71
7. Schluß	72
Schriftenverzeichnis	72

Anschrift des Verfassers:

Dr. LUTZ JAEGER, Meteorologisches Institut der Universität, Werderring 10, D-7800 Freiburg i. Br.

Zusammenfassung

Der vorliegende Bericht beschreibt die geographische Lage und Charakteristik der Meßstation des Meteorologischen Instituts. Anschließend werden die Meßwertgeber für die klimatologischen Parameter und ihre Anordnung beschrieben. Es folgt die Beschreibung der analogen Registrierung und die Struktur der Hardware und Software des in Hartheim eingesetzten Siemens Prozeßrechners PR 310. Nach der Datenauswertung werden kurz die Zielsetzungen der langjährigen Datenerfassungen angesprochen.

Summary

The Climatological Research Station of the Departement of Meteorology at Freiburg University (Freiburg i. Br. FRG).

The geographical situation and characteristics of the station are described. Then details about the sensors used in carrying out the climatological measurements are given. The analogous data registration techniques and the structure of hard- and software of the Siemens process computing system PR 310 are described subsequently. Finally a brief description of data processing and aims of the long standing observations are given. The station and its surroundings (forest stand) is also used in ground truth measurements for remote sensing purposes.

Einleitung

Zusammen mit anderen Instituten der Universität Freiburg betreibt das Meteorologische Institut in der südlichen Oberrheinebene bei Hartheim eine Meßstation. Neben dem Meteorologischen sind als weitere derzeit ständig in Hartheim arbeitende Institute das Institut für Forstliche Ertragskunde und das Institut für Bodenkunde und Waldernährungslehre zu nennen. Im Jahre 1970 wurden an dieser Station mikroklimatologische Messungen begonnen. Diese Untersuchungen werden seit Herbst 1972 unter der Leitung von Professor Dr. A. KESSLER durchgeführt. Im Laufe der Jahre haben die drei in Hartheim tätigen Institute ihre Anlagen stufenweise ausgebaut, der Aufbau der Meßstation des Meteorologischen Instituts erfolgte im wesentlichen aus Landesmitteln und mit Unterstützung der wissenschaftlichen Gesellschaft der Universität Freiburg, vor 1972 auch aus Mitteln der Deutschen Forschungsgemeinschaft. Der aktuelle Ausbau der Station sowie die Zielsetzung der Messungen sollen hier beschrieben werden. Neben der Bearbeitung wissenschaftlicher Fragestellungen dient die Meßstation der Ausbildung von Studierenden aus der Geowissenschaftlichen und aus der Forstwissenschaftlichen Fakultät.

Meßstation

Die Wahl des Standorts bei Wärmehaushaltsuntersuchungen wird diktiert vom Kriterium der Homogenität des Umfeldes. Der hohe meßtechnische Aufwand derartiger Experimente macht es unmöglich, auch noch advektiv herangeführte Eigenschaften der Atmosphäre zu erfassen. Man versucht daher, die Energieumsätze an der Erdoberfläche in möglichst gleichförmigem Gelände zu erfassen.

Die Kiefernbestände in der Rheinebene südwestlich von Hartheim bieten die o. a. Voraussetzungen. Hartheim liegt in Südbaden im Landkreis Breisgau-Hochschwarzwald etwa 20 km südwestlich von Freiburg. Das Untersuchungsgebiet selbst ist in der Rheinaue gelegen (Abb. 1), in einem 14 Jahre alten Kiefernbestand (*Pinus sylvestris*). Geographische Koordinaten sind 47° 56' n.B./7° 36' ö.L., die Höhe der Meßstelle über NN beträgt 201 m.

Der Untergrund der Rheinaue ist im wesentlichen aus Schottern und Sanden aus dem alpinen Raum aufgebaut (MOLL 1964). Die obersten 50 cm sind feinkieshaltige, sandig-schluffige Schüttungen mit sehr geringem Humusanteil. Die Korngrößenzusammensetzung des Bodenmaterials ist folgende:

Ton	2 µ	7,6 %
Schluff	2 – 20 µ	20,8 %
Staub	20 – 63 µ	31,0 %
Feinsand	63 – 200 µ	22,1 %
Grobsand	200 – 2000 µ	18,5 %

Der Skelettanteil am Gesamtboden beträgt 25,3 % (HÄDRICH/TAJCHMANN 1972).

Die zur Berechnung des Bodenwärmestroms notwendigen Konstanten, Dichte und spezifische Wärme des Bodens an der Meßstation wurden von Herrn Dr. HÄDRICH im Institut für Bodenkunde und Waldernährungslehre im Labor bestimmt. Für den Term $c \cdot \varrho$ ergeben sich im trockenen Zustand folgende Werte (Einheit J/cm³ °C):

Tiefe	0 – 5 cm:	1.0730
	5 – 10 cm:	1.1451
	10 – 40 cm:	1.1292

Durch die hydrologischen Verhältnisse, Jahresniederschläge ca. 600 mm bei einem Grundwasserspiegel von 7 m unter Flur, wird der Untersuchungsraum zum Trockengebiet. Während der Vegetationszeit (April–September) beträgt die durchschnittliche Niederschlagsmenge ca. 408 mm, die aus klimatologischen Daten ermittelte potentielle Verdunstung dagegen erreicht in der gleichen Zeit Werte um 530 mm (TAJCHMANN 1972). Das Jahresmittel der Temperatur liegt bei 10°C.

Die Rheinaue ist nach der TULLASchen Rheinkorrektur trockengefallen; die ehemaligen Altrheinarme sind heute wasserfrei. Die Niederschläge werden vollständig im heute vorhandenen Bestand und im Boden umgesetzt; es gelangt kein Niederschlagsanteil ins Grundwasser (SCHÄFER 1977).

Die mittlere Bestandshöhe in der Umgebung der Meßstelle betrug im Winter 1977/78 ca. 6,5 m. Die Baumreihen verlaufen von SSW nach NNO (Abb. 2). Die Stammzahl beträgt ca. 1200/ha (TAJCHMANN 1972).

Die Horizontalabwicklung wurde mit einem Theodoliten vom Meßturm aus vorgenommen (Abb. 3). Dabei befand sich die optische Ebene 7 m über Grund. Die nächstgelegene Erhebung ist der Tuniberg in einer Entfernung von 7 km, der Schwarzwaldrand liegt etwa 12 km entfernt.

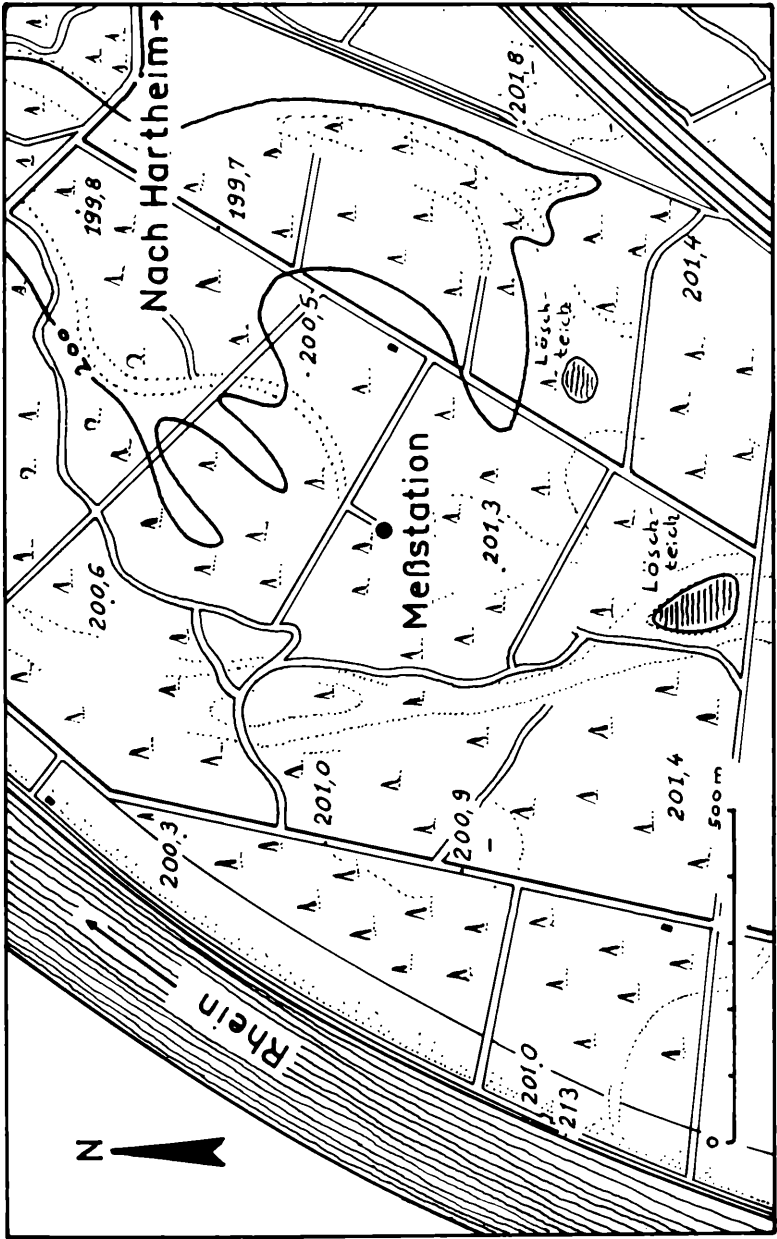


Abb. 1 Lage der Meßstation.

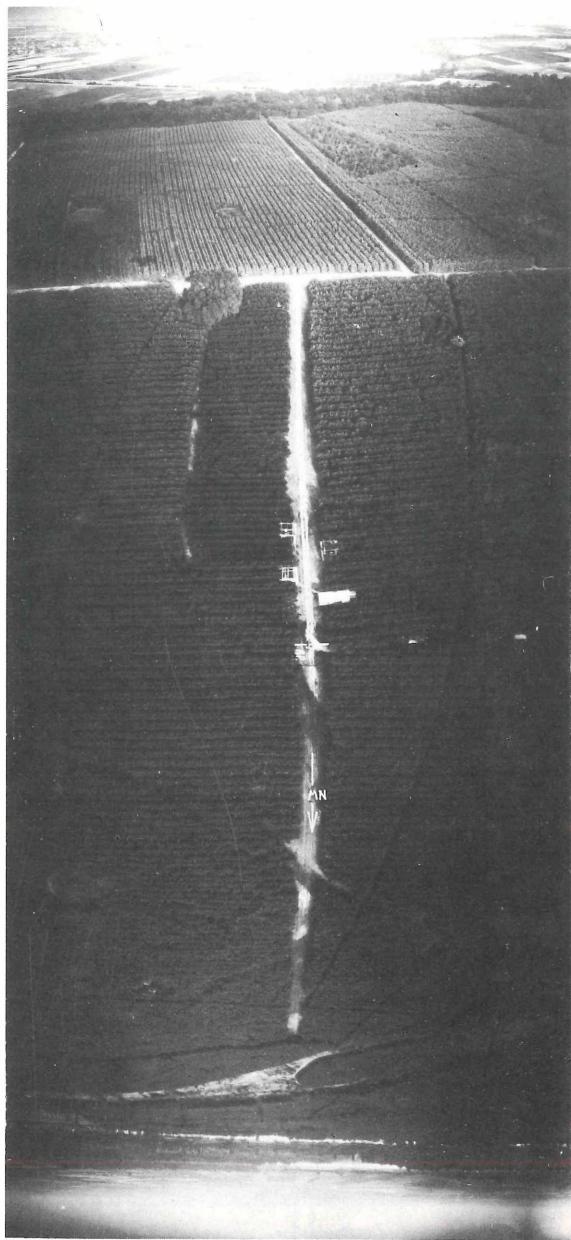


Abb. 2: Luftbild der Meßstation (Freigegeben durch das Regierungspräsidium Freiburg am 8.2.1978, Nr. P-13404). Linker Bildrand: Rhein, Rhein-Seitenkanal und landwirtschaftliche Nutzflächen im Elsaß. Bildmitte: Kiefernbestand mit Meßstation. Rechter Bildrand: Autobahn, östlich davon Ortsteil und landwirtschaftliche Nutzflächen der Gemeinde Hartheim.

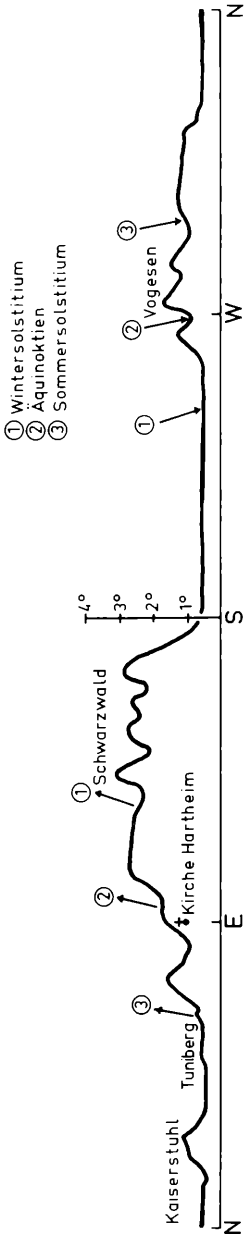


Abb. 3: Horizontabweichung, vom Meßturm aus vorgenommen.

Meßwertgeber

Mit Ausnahme der eingegrabenen Bodenthermometer, der Niederschlagsmesser und der Meßgeräte in der Thermometerhütte sind alle Meßfühler an einem Meßturm aus Stahlrohren angebracht (Abb. 4). Der Turm erreicht mit Blitzschutz eine Höhe von 18 m, die obersten Wind-, Temperatur- und Feuchtegeber sind in 15,40 m Höhe montiert (Abb. 5). Die Seitenlänge beträgt 2 m, das Fundament besteht aus Betonsockeln.

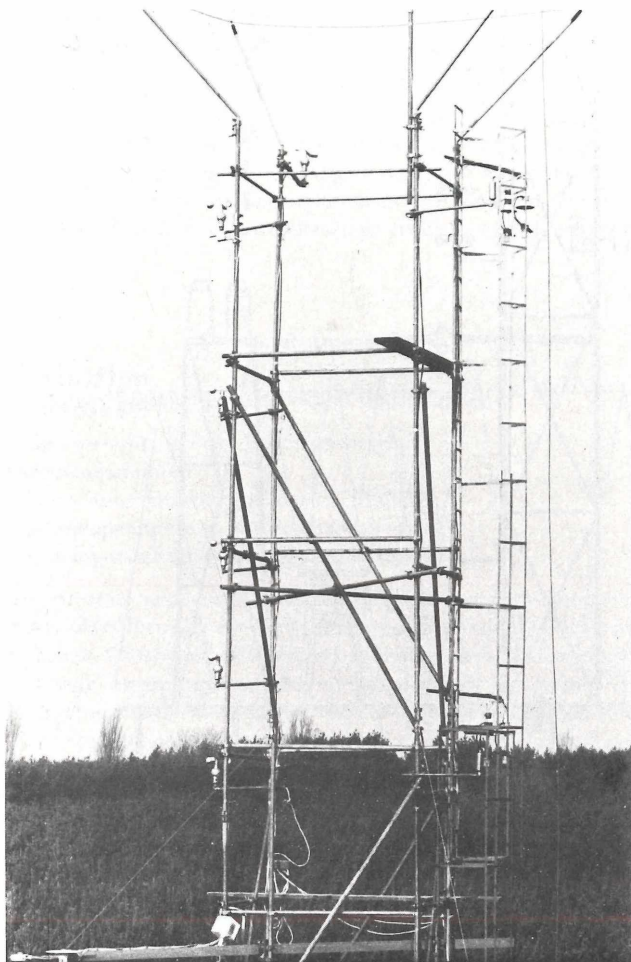


Abb. 4: Ansicht des Meßturms.

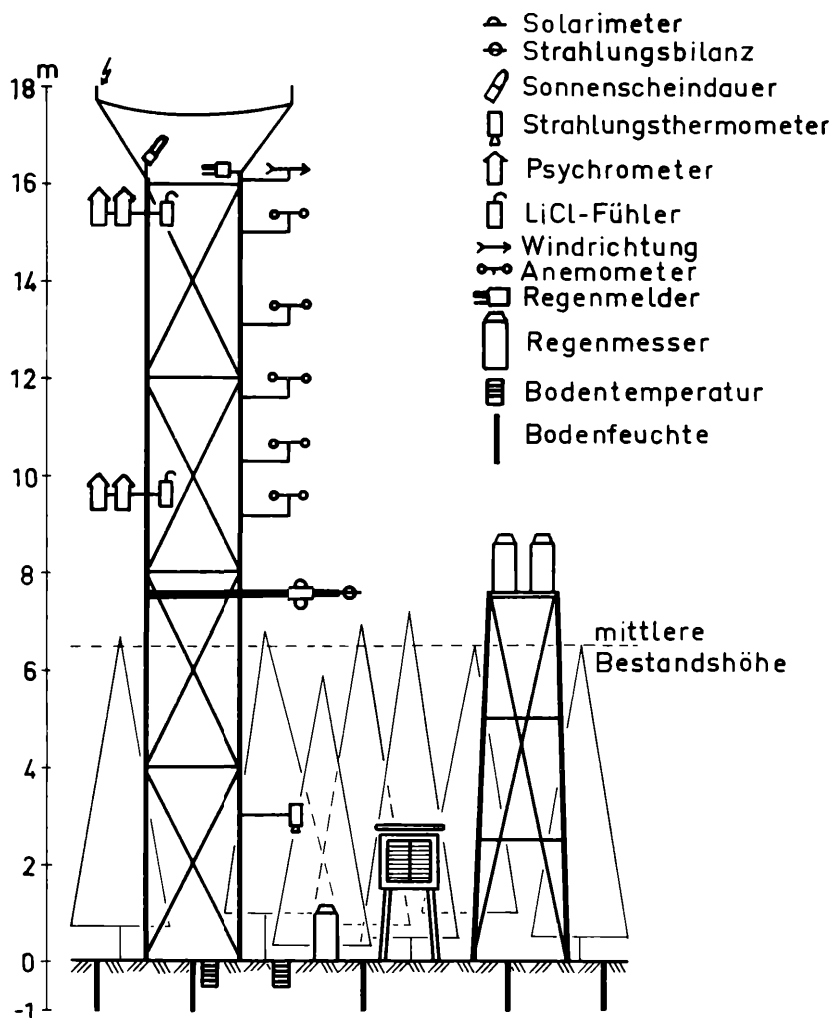


Abb. 5: Schematische Darstellung der Meßstation und Anordnung ihrer Meßfühler.

Windgeschwindigkeit

In südwestlicher Exposition sind am Meßturm fünf Schalensternanemometer in Höhen von 9,60, 10,69, 11,99, 13,45 und 15,40 m montiert. Die Abstände sind logarithmisch gewählt. Die Geber selbst weisen dreiarmlige Schalensterne auf (Typ Lamb-

recht Nr. 1469 K 100) und haben einen mittleren Anlaufwert von ca. 0,5 m/s. Jeweils nach einem Windweg von 100 m wird im Anemometergehäuse ein Mikroschalter geöffnet, wodurch eine zuvor kurzgeschlossene Spannung von 15 V zur Impulsabgabe zur Verfügung steht. Die Anemometer werden in unregelmäßigen Abständen im Windkanal des Meteorologischen Instituts der Universität Karlsruhe geeicht¹. Im Laufe dieses Jahres sollen drei weitere Windweg-Meßwertgeber im Bestand installiert werden.

Windrichtung

Ebenso wie die Anemometer ist die Windfahne zur Messung der horizontalen Windrichtung nach Südwesten exponiert, in 16,20 m Höhe (System Lambrecht, Typ 1466 M). Die Windfahne steuert einen Schleifbügel, dessen Stellung auf einem ringförmigen, geteilten Potentiometer den Abgriff von vier Spannungen (0–24 V) ermöglicht, wodurch die Windrichtung reproduziert werden kann. Dieser Richtungsgeber bedarf keiner Wartung, es wird allerdings etwa alle zwei Jahre die Richtungskonstanz überprüft.

Temperaturmessungen

Die Temperaturmessungen gliedern sich in fünf Gruppen:

1. die Lufttemperaturen in den Psychrometern
2. die Bodentemperaturen
3. die Umwandlungtemperaturen der LiCl-Fühler
4. die Feuchttemperaturen in den Psychrometern
5. die Innentemperatur des Strahlungsbilanzmessers.

Alle Temperaturmessungen werden mit Pt 100-Widerstandsthermometern in Vierleiterschaltung ausgeführt. Die zur Vermeidung von Induktionsstößen beim Schalten bifilar gewickelten Widerstände (Fa. Heraeus, Hanau) sind in Glas eingeschmolzen und werden sowohl im analogen als auch im digitalen Falle durch einen Gleichstrom von 10 mA abgefragt. Die Abweichung von der Norm (DIN 43 760) (und die Einflüsse der Thermospannungen der notwendigen Lötstellen sowie der Kontaktwiderstände) werden im geregelten Temperaturbad erfaßt (Fa. Haake, Berlin). Diese Eichungen im bewegten Temperaturbad werden in Jahresabständen wiederholt. Der dabei durchgemessene Temperaturbereich reicht von ca. -20° bis $+40^{\circ}\text{C}$. Die negativen Celsiusgrade im Eichbad werden mit einem Eis-Kochsalz-Gemisch erzeugt, Temperaturen über 0°C im Wasserbad, wobei zwischen 0°C und $+10^{\circ}\text{C}$ mit Eis geregelt werden muß. Die Lufttemperaturen werden mit Psychrometern gemessen, die in 15,40 m und in 9,60 m Höhe in nordwestlicher Richtung exponiert sind. In jeder

¹ Herrn Prof. Dr. H. DIEM sei an dieser Stelle für die Eichungen der Anemometer gedankt.

Meßhöhe sind jeweils zwei Psychrometer installiert, wobei ein Gerät die analoge, und das andere die digitale Anzeige liefert (Abb. 6). Von der gleichzeitigen Abfrage der Widerstandsthermometer durch analoge und digitale Registriereinheiten wurde abgesehen. Eine derartige Konzeption war ursprünglich geplant, wobei der Parallelbetrieb durch Entkopplung beider Registriersysteme über Trennverstärker realisiert werden sollte (KIESE/SURKOW, 1971). Aufgrund negativer Erfahrungen wurde diese Konzeption jedoch verworfen.

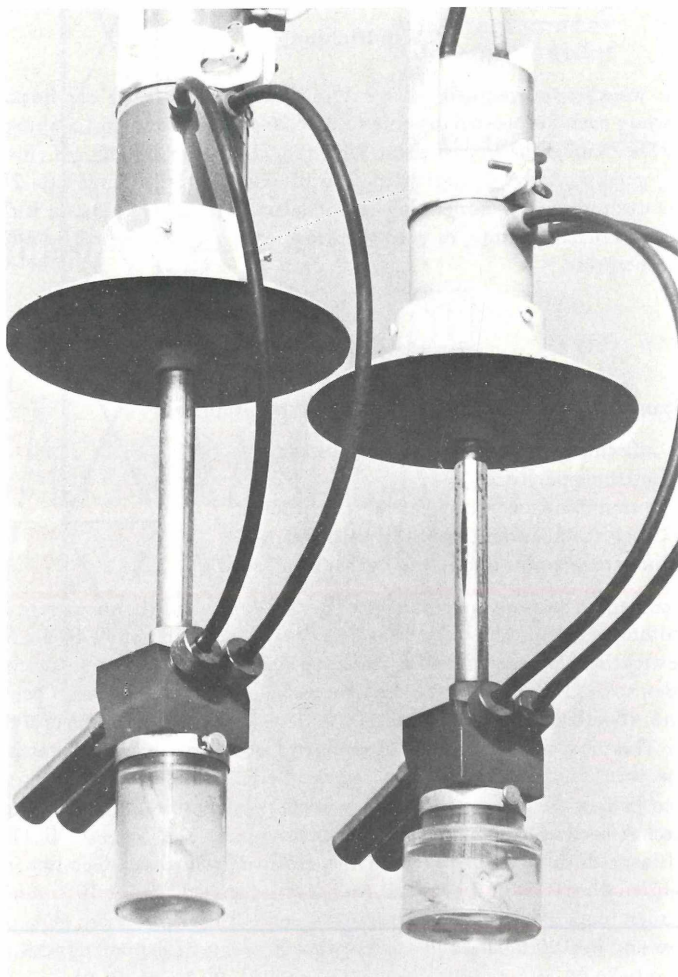


Abb. 6: Psychrometer, links für digitale, rechts für analoge Abfrage.

Die beiden Meßwiderstände in den Psychrometern sind doppelt strahlungsgeschützt; die Kohlen in den Lüftermotoren werden vierteljährlich erneuert, um Fehlmessungen durch Stehenbleiben der Motoren zu verhindern. Aufgrund der Befeuchtung des einen Meßwiderstandes durch einen Musseline-Strumpf ist dessen Halbwertszeit gegenüber dem trockenen Pt 100-Widerstand verlängert. Durch Überzug von Schrumpfschläuchen über die trockenen Widerstände wurde eine Angleichung der Empfindlichkeit vorgenommen.

Die Bodentemperaturen werden in 1, 3, 5, 10, 20 und 40 cm Bodentiefe gemessen. Hier stecken die Widerstandsthermometer in den Bohrungen von 5 mm starken Kupferplättchen, die ihrerseits in eine PVC-Leiste eingesetzt sind, in Abständen die die o. a. Meßtiefen garantieren. Bodentemperaturleisten und Psychrometer sind in der Institutswerkstatt hergestellt. Die Leisten wurden in der Nähe des Meßturms, möglichst ohne Störung des Bodenprofils eingegraben.

Luftfeuchte

Zu einem wird die Luftfeuchtigkeit in den beiden Höhen 9,60 und 15,40 m mit den oben erwähnten Psychrometern gemessen. Ein Problem hierbei ist die Befeuchtung des einen Widerstandsthermometers; der Wasserstrom kann abreißen. Durch Verdichtung des Ansaugstrumpfes und Verringerung der Ansaughöhe auch bei niedrigem Wasserstand in den Vorratsbehältern konnten die Ausfälle fast gänzlich behoben werden. Zum anderen wird im Winterhalbjahr ebenfalls in den Meßhöhen 9,60 und 15,40 m die Luftfeuchtigkeit mit LiCl-Feuchtefühlern (Siemens Typ M55401-A2) gemessen, da bei den Psychrometern durch Frost die Wasserbehälter zerstört werden können. Da die Genauigkeit der Feuchtemessungen mit den LiCl-Fühlern hinter der der Messungen mit den Psychrometern zurückbleibt und darüberhinaus Salzzersetzung, Verschmutzung, Korrosion an den Sockeln und häufige Notwendigkeit der Salzregeneration bei diesen Gebern vorkommen, werden sie im Sommerhalbjahr abgebaut. Meßprinzipien und Charakteristika der LiCl-Fühler sind eingehend von LIENEWEG (1955) beschrieben worden. Die Überprüfung erfolgt durch die parallel messenden Psychrometer sowie für beide (LiCl-Fühler und Psychrometer) durch Kontrollmessungen mit dem ASSMANNschen Aspirationspsychrometer.

Messungen der Strahlungstemperatur

Zu den nicht ständig durchgeführten mikroklimatologischen Messungen in Hartheim gehören berührungslose Oberflächentemperaturmessungen mit den Infrarot-Strahlungsthermometern KT 13 und KT 24 der Firma Heimann, Wiesbaden. Eine Beschreibung des Thermometers KT 13 sowie Meßmethodik und Ergebnisse finden sich bei KESSLER (1971). Der spektrale Empfindlichkeitsbereich des KT 13 reicht von 4–40 μm , der des KT 24 von 8–35 μm . Bei beiden Geräten ist der Emissionsgrad des Meßobjekts von 0,1 bis 1 stufenlos einstellbar. Eine Intensivierung von Strahlungs-

temperaturmessungen fand während der drei Kampagnen des 1976 durchgeführten Flugzeugmeßprogramms (FMP) der DFVLR statt. Die Meßstation Hartheim lag im Flugstreifen 4 des Testgebietes „südlicher Oberrhein“. Es ist geplant, vom Turm aus automatisch Strahlungstemperaturen im Bestand über einen längeren Zeitraum zu messen.

Strahlung

Auf eine direkte Messung der Strahlungsbilanz wird verzichtet. In einer Höhe von 7,55 m am Meßturm in südlicher Exposition ist eine Strahlungseinheit installiert, die die Komponenten der Strahlungsbilanz mißt (Abb. 7).

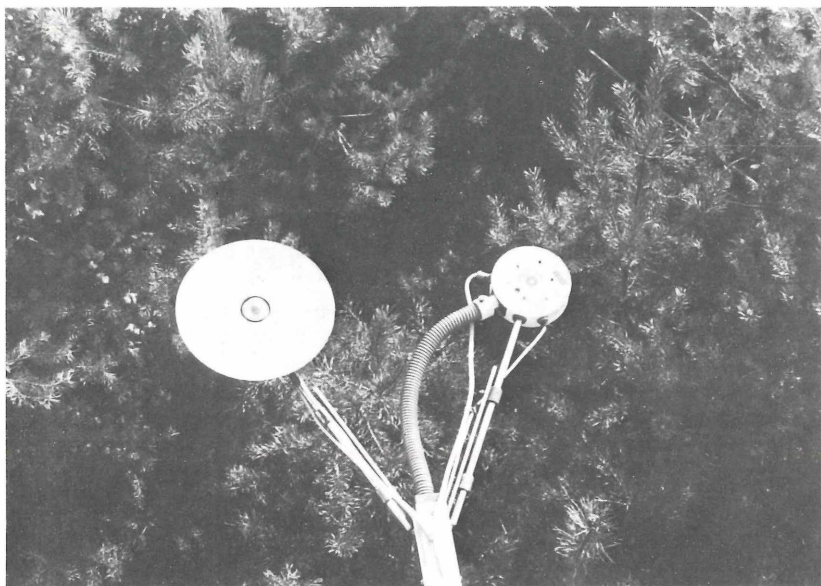


Abb. 7: Strahlungsmeßeinheit, links Pyranometer, rechts Pyradiator.

Kurzwellige Strahlung

Global- und Reflexstrahlung (Spektralbereich $0,3\text{--}3\text{ }\mu\text{m}$) werden jeweils von einem nach oben bzw. nach unten exponierten Pyranometer des Typs Moll-Gorcinsky gemessen (Solarimeter CM 5 der Firma Kipp & Zonen, Delft, Niederlande). Bei Bestrahlung mit einer Energie von 1 W/cm^2 geben die Thermosäulen eine Spannung in der Größenordnung von 110 mV ab. Die Pyranometer werden im Zweijahresrhyth-

mus im Werk des Herstellers kalibriert. In den Wintermonaten wird die die nach oben exponierte Thermosäule abdeckende Glashaube mit Warmluft angeblasen, um Bereifung zu verhindern. Das Moll-Gorcinskysche Pyranometer wird bei ROBINSON (1966, S. 255–261) beschrieben.

Langwellige Strahlung

Die Gesamtstrahlung aus dem oberen sowie aus dem unteren Halbraum im Spektralbereich zwischen 0,3 und 60 μm werden getrennt mit dem von SCHULZE entwickelten und von DÄKE (DÄKE, 1972) verbesserten Strahlungsbilanzmesser aufgenommen. Der Hersteller dieses Pyrradiometers ist die Firma Lange in Berlin. Die langwellige Eigenstrahlung des Gerätes wird mit zwei Pt 100-Widerstandsthermometern (zur analogen und digitalen Anzeige) ermittelt. Beide Thermosäulen geben bei Bestrahlung mit einer Energie von 1 W/cm^2 eine Spannung von etwa 600 mV ab. Aus der Innentemperatur des Gerätes und den beiden mit den Pyranometern gemessenen kurzwelligen Strahlungsströmen lassen sich aus den beiden Pyrradiometermeßwerten die atmosphärische Gegenstrahlung und die langwellige Ausstrahlung der Erdoberfläche bestimmen. Das Innere des eigentlichen Meßgeräts (Aluminiumblock mit Thermosäulen) sowie die Lufträume innerhalb der Lupolenhauben werden durch eine Patrone mit Silicagel-Füllung trocken gehalten. Diese Patrone wurde wesentlich vergrößert (wie auch bei den Pyranometern), ohne den Aluminiumblock im Geräteinnern zu verändern.

Der Strahlungsbilanzmesser wird durch ein Gebläse belüftet. Die Luft wird durch einen PVC-Schlauch in das Gerät geleitet und entweicht tangential über die Lupolenhauben durch entsprechend geformte Bohrungen. Dadurch wird Tau, Reif, Regen und Schnee an den Hauben beseitigt, außerdem sollen durch den Luftstrom der Aluminiumkörper mit den inaktiven Lötstellen der Thermosäulen und die Lupolenhauben auf Lufttemperatur gehalten werden. Im Normalbetrieb ist die Gerätetemperatur im Durchschnitt etwa drei Grad Celsius höher als die Lufttemperatur, da die in das Gerät geblasene Luft die Verlustleistung des Lüftermotors als Wärme mitbringt. Im Winter wird die Gebläseluft zusätzlich geheizt.

Das Observatorium des Deutschen Wetterdienstes in Hamburg hat den bisher gebräuchlichen getrennt vom Pyrradiometer installierten Lüftermotor durch einen flachen Lüfter gleicher Leistung (Fa. Papst, St. Georgen/Schwarzwald), der direkt an das PVC-Gehäuse montiert ist, ersetzt. Durch die flache Bauform des Gebläses werden störende Strahlungseinflüsse auf die Thermosäulen vermieden. Diese neuen Lüfter sollen im Laufe des Jahres auch an die in Hartheim eingesetzten Pyrradiometer montiert werden. Die Eichung des Strahlungsbilanzmesser findet alle zwei Jahre im Herstellerwerk statt.

Sonnenscheindauer

Zur Messung und Fernregistrierung hat die Firma Kunkis in Aachen einen „Sonnenscheinindikator“ entwickelt, der mit zwei Photozellen arbeitet (promet 1/2 '71). Die eine Photozelle regelt als Kompensationszelle die Empfindlichkeit der eigentlichen

Meßzelle, wobei bei unterschiedlichen Strahlungsverhältnissen das Triggerniveau der Geräteelektronik gleich gehalten wird. Um die Meßzelle rotiert ein Bügel, der bei Sonnenschein einen Schlagschatten wirft. Die dadurch im von der Meßzelle gelieferten Strom erzeugten Einbrüche werden zur Information „Sonnenschein“ verarbeitet, die durch keinen Schattenwurf gestörte Stromerzeugung ergibt „kein Sonnenschein“. Nachts wird der den Bügel antreibende Motor abgeschaltet und eine Heizung eingeschaltet, die Bildung von Kondenswasser im durch eine Glashaube geschützten Gerät verhindert. Fehlmessungen ergeben sich, wenn der Bügelmotor bei Tagesanbruch nicht wieder anspringt und bei „verschleierte Sonne“

Niederschlag

Die Niederschlagsmenge wird mit schreibenden Regenmessern nach HELLMANN (Fa. Lambrecht, Göttingen) und einem Niederschlagsgeber HP (Fa. Thies, Göttingen) gemessen. Alle Ombrometer haben eine Auffangfläche von 200 cm², ein HELLMANN-scher Regenschreiber mißt im Bestand, ein weiterer zusammen mit dem Ombrometer HP auf einem 7,60 m hohen hölzernen Meßturm, d. h. die Auffangfläche beider Geräte ist in 8,80 m Höhe exponiert. Die Niederschlagsschreiber arbeiten nach dem Schwimmerprinzip und haben eine Meßgenauigkeit von $\pm 1\%$. Die kleinste auf dem Schreibstreifen erkennbare Niederschlagsmenge beträgt 0,10 mm. Die Geräte sind geheizt, um eine Verformung der Schwimmer durch Eisbildung zu verhindern. Zeitliche Ungenauigkeiten entstehen durch ungleichmäßigen Gang der den Papiervorschub besorgenden Uhrwerke.

Das Ombrometer HP wurde im Observatorium des Deutschen Wetterdienstes auf dem Hohenpeißenberg entwickelt und ist detailliert beschrieben in den Berichten des Deutschen Wetterdienstes Nr. 131 (ATTMANNSPACHER/RIEDL, 1973). Die in Hartheim eingesetzte Version weist keine Wippe auf. Die Niederschläge werden am Grunde eines Trichters durch einen Tropfengeber in von der Charakteristik des Niederschlags unabhängige, immer gleich große Tropfen geformt. Diese Tropfen fallen durch eine optoelektronische Strecke, in der sie gezählt werden. Die Meßgenauigkeit liegt bei 0,005 mm; die zeitgerechte Messung des winterlichen Niederschlags ist durch eine Flächenheizung des Auffangtrichters möglich.

Einsetzen und Ende der Niederschläge können mit einem Regenwächter, der am Stahlurm montiert ist, festgestellt werden (Fa. Reinhardt, Göttingen). Es ist einerseits damit möglich, die Registrierungen der uhrwerksgetriebenen Niederschlagsschreiber zu synchronisieren, andererseits können Niederschlagsintensitäten u. a. m. berechnet werden. Der Geber liefert über ein Relais eine Ja/nein-Information. Niederschlagsbeginn wird angezeigt, wenn zwischen zwei mit geringem Abstand gegeneinander horizontal exponierten Metallröhren durch einen Regentropfen eine elektrisch leitende Verbindung hergestellt wird. Das Ende tritt ein, wenn durch Heizung des einen Rohres der letzte Tropfen des Niederschlagsereignisses auf dem Geber verdampft ist und dadurch der Stromfluß unterbrochen wird.

Thermometerhütte

Zur Anbindung der mikroklimatologischen Messungen des Meteorologischen Instituts an das Klimameßnetz des Deutschen Wetterdienstes dienen Messungen in einer Klimahütte in 2 m Höhe. Diese Hütte ist mit einem Thermohygrographen sowie Maximum-, Minimum- und Stationsthermometer bestückt. Die Thermometer werden jeweils beim Streifenwechsel am Thermohygrographen abgelesen, wobei die Extremthermometer neu eingestellt werden. Eichungen der Thermohygrographen führt die Werkstatt des Meteorologischen Instituts durch.

Registrierung

Bis Anfang 1978 erfolgte die Registrierung der Messungen nur in analoger Weise. Mit der Lieferung eines Prozeßrechners (Siemens PR 310) im Jahre 1977 begannen digitale Registrierungen, die inzwischen fast ausschließlich das Material für die Datenauswertung liefern. Die Registriergeräte waren zunächst in einem Bauwagen untergebracht, der zusätzlich isoliert und mit einem Eternitwelldach gegen übermäßige sommerliche Erhitzung seinem Verwendungszweck entsprechend umgebaut worden war. Ende 1976 wurde der Wagen durch eine massive Holzhütte mit zwei Räumen, 4×4 m und 4×2 m ersetzt. Der größere Raum weist die Registriereinheiten auf, der kleinere dient als Werkzeug- und Materiallager. Diese Hütte wurde ebenfalls mit einem zusätzlichen Welleternitdach versehen. Die Heizung erfolgt durch die Abwärme des Prozeßrechners (ca. 300 Watt) und durch Konvektionsheizkörper; im Sommer arbeitet eine Klimaanlage. Die analoge Datengewinnung wird trotz des Einsatzes der EDV schon am Meßort ohne Reduktion weitergeführt, und zwar aus zwei Gründen. Zum einen können durch Umprogrammierungen oder Ausfälle des Rechners bedingte Lücken durch die vorhandenen Analogmessungen gefüllt werden. Zum anderen sind durch die „gesichtslosen“ Outputs des Rechners besondere Situationen des Wetters o. ä. nicht erkennbar, wohl aber auf den analogen Meßstreifen. Als Beispiel sei hier der Tag der Sonnenfinsternis am 29. April 1976 genannt, dessen Strahlungsverhältnisse durch die Registrierung auf dem Fallbügelschreiber eine besondere Untersuchung ermöglicht haben (Abb. 8).

Analoge Registrierung

Abgesehen von den rein mechanisch arbeitenden Registriergeräten wie Thermohygrograph und Regenschreiber sind fünf elektrotechnische Einheiten im Einsatz:

1. ein Mehrfarbenpunktschreiber (H & B Arucomp 4902) zur Registrierung der Strahlungswerte.
2. ein Mehrfarbenpunktschreiber (Aru 310) zur Registrierung der Bodentemperaturen.

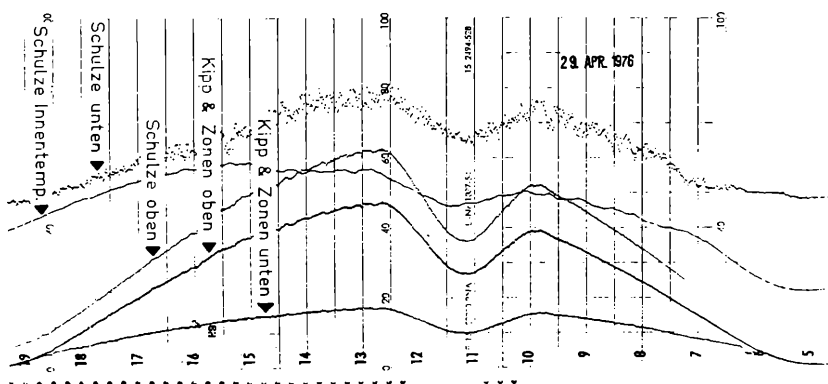


Abb. 8: Analoger Meßstreifen der Strahlungsregistrierungen vom 29. April 1976. Kipp & Zonen unten: in den unteren Halbraum exponiertes Pyranometer. Kipp & Zonen oben: in den oberen Halbraum exponiertes Pyranometer. Schulze oben: in den oberen Halbraum exponiertes Pyrradiometer. Schulze unten: in den unteren Halbraum exponiertes Pyrradiometer. Schulze Innentemp.: Innentemperatur des Pyrradiometers.

3. ein Kompensationspunktschreiber (H & B Polycomp 2) zur Registrierung der Psychrometermeßwerte, der Meßwerte der LiCl-Fühler und der Innentemperatur der Registrierhütte.
4. eine Meßstation für Windweg (Lambrecht Nr. 1489 Z10) zur Registrierung der Windwegimpulse.
5. ein Anzeigergerät für die Windrichtung (Lambrecht Anzeiger Nr. 1476).

Der Fallbügelschreiber Arucomp 4902, der die Registrierung von sechs Parametern ermöglicht, nimmt Strahlungswerte in folgender Belegung auf:

- | | | |
|-------------------|--|------------------------|
| Anschlußklemme 1: | Globalstrahlung, | 0–20 mV |
| Anschlußklemme 2: | Reflexstrahlung, | 0– 5 mV |
| Anschlußklemme 3: | Sonnenscheindauer, | 0– 5 V |
| Anschlußklemme 4: | Gesamtstrahlung von oben, | Meßbereich –10 + 80 mV |
| Anschlußklemme 5: | Gesamtstrahlung von unten, | Meßbereich – 5 + 5 mV |
| Anschlußklemme 6: | Innentemperatur des Strahlungsbilanzmessers, | –20 + 40 °C |

Die nutzbare Schreibbreite des Registrierpapiers ist 120 mm, der Papiervorschub 20 mm/h, die Punktfolge der Meßwerte beträgt 10 s, so daß alle auf dem Schreiber liegenden Meßwerte in einer Minute abgefragt sind. Der Elektronik des Meßwertgebers für die Sonnenscheindauer können bei vorhandenem Sonnenschein Rechteckimpulse mit einer Frequenz von 1,66 Hz und einer Höhe von 5 V entnommen werden. Diese Impulse werden über ein RC-Glied in eine Gleichspannung übergeführt und auf die

Anschlußklemme 3 gegeben. Null Volt entsprechen dadurch der Information „kein Sonnenschein“ oder „Nacht“, 4 V entsprechen der Information „Sonnenschein“

Die analoge Registrierung der Bodentemperaturen erfolgt ebenfalls mit einem Fallbügelschreiber (H & B Aru 310), allerdings ohne Verstärkung der Meßwerte. Der Meßbereich reicht bei allen sechs Bodentiefen von -10 $+ 30^{\circ}\text{C}$, die nutzbare Schreibbreite ist auch 120 mm, der Papiervorschub 20 mm/h, die Punktfolge dagegen 20 s.

Zur Registrierung der übrigen Temperaturwerte wird ein Kompensationspunktschreiber (H & B Polycomp 2) mit zwölf Anschlußstellen verwendet. Auf diesem Gerät werden die vier Meßwerte der beiden Psychrometer (9,60 und 15,40 m), die Meßwerte der LiCl-Fühler, die eines temperaturunabhängigen Prüf Widerstandes von 100 Ω (0°C) und eines Pt 100-Widerstandsthermometers, das die Hütteninnentemperatur aufnimmt, festgehalten. Der Meßbereich umfaßt ein Intervall von -20 $+ 40^{\circ}\text{C}$ auf einer nutzbaren Schreibbreite von 250 mm, der Papiervorschub beträgt 20 mm/h, die Punktfolge ist 10 s.

Die drei Punktdrucker werden durch temperaturkonstante Prüf Widerstände, sowie Prüfspannungen im Millivoltbereich geeicht. Es traten über die Jahre keine Abweichungen von den Eichwerten auf. Die Rückkehrgenauigkeit ist hoch, ebenso die Zuverlässigkeit, Ausfälle treten praktisch keine auf.

Windgeschwindigkeit und -richtung werden auf Wachspapier registriert. Die Meßstation für Windweg (Lambrecht Nr. 1489 Z10) registriert die Windwegimpulse in den fünf Höhen als kleine Peaks, deren Anzahl pro Zeiteinheit die Berechnung der Windgeschwindigkeit ermöglichen. Eine externe Schaltuhr gibt zusätzlich zu jeder vollen Stunde auf die nicht belegte Meßstelle 10 einen Zeitimpuls. Die Erfassung der Windrichtung erfolgt nach dem Prinzip der elektrischen Achse (Lambrecht Anzeiger Nr. 1486 M). Die der jeweiligen Schleiferstellung entsprechenden 4 Teilspannungen am Spannungsteiler im Geber werden über die Fernleitung auf einen gleichartigen Ringwiderstand des Motormeßwerks im Schreiber übertragen. Das Motormeßwerk steuert die Schreibwalze der Registriervorrichtung in der Weise, daß die der jeweiligen Windfahnenstellung entsprechende Windrichtung synchron und phasengleich angezeigt wird.

Digitale Registrierung

Die Abfrage der Meßwertgeber, Umwandlung analoger Meßwerte in digitale Bitmuster, Rechenoperationen mit den gemessenen Daten, Verdichtung, Speicherung und Ausgabe auf ein Protokolliergerät und einen Datenträger besorgt ein Siemens 16-Bit-Prozeßrechner PR 310.

Hardware

Die Struktur der Hardware des in Hartheim eingesetzten Prozeßrechners ist aus Abb. 9 ersichtlich. Die Stromversorgung (24 V) des Rechners und seiner Prozeßperipherie erfolgt durch zwei Lkw-Starterbatterien. Diese Batterien werden durch ein

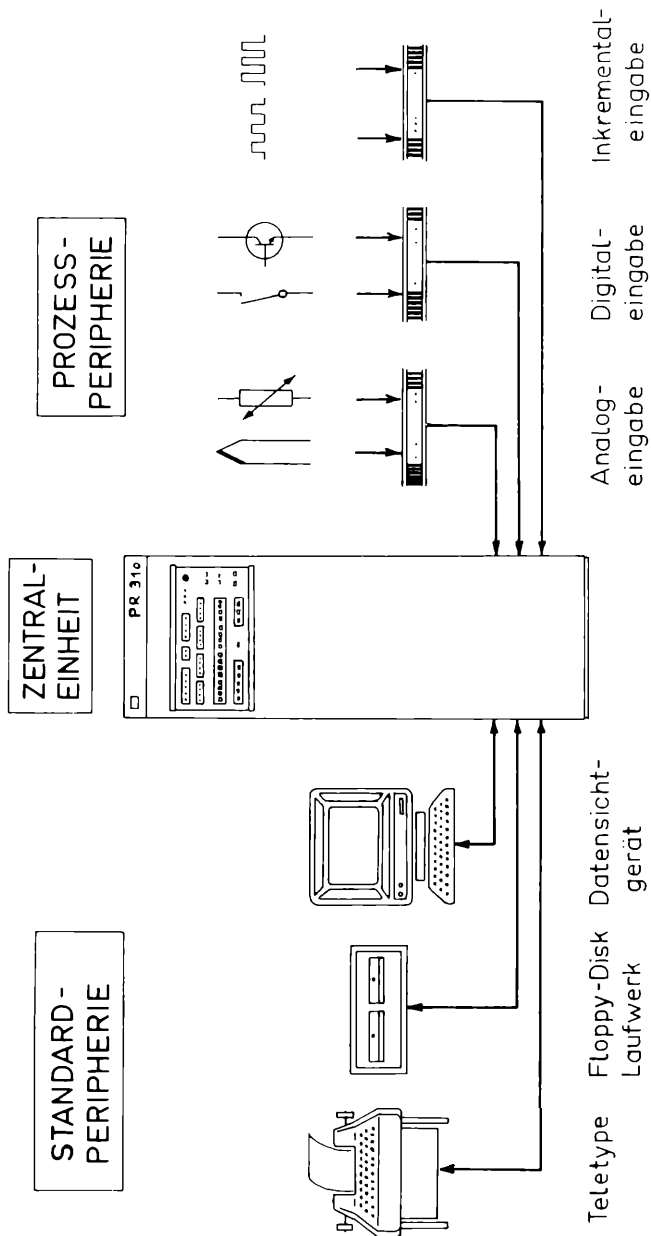


Abb. 9: Darstellung der in Hartheim eingesetzten Rechnerkonfiguration.

Ladegerät mit elektronischem Überladungsschutz permanent am oberen Ladepunkt gehalten, ein Netzausfall kann dadurch bis zu vier Stunden abgepuffert werden. Teletype, Floppy-Disk-Laufwerk und Datensichtgerät werden direkt aus dem Netz mit Strom versorgt. Da der permanent arbeitende Fernschreiber Signale aus dem Netz in unqualifizierte Befehle an den Rechner umsetzt, wurde an dessen Stromversorgung eine Drossel vorgeschaltet.

Die Zentraleinheit 310 S des Prozeßrechners ist ein Digitalrechner in hochintegrierter TTL- und n-Kanal-MOS-Technik (LSI).

Ihre Komponenten sind:

Rahmen Zentraleinheit 3101 mit Zentralprozessor,
Zentralspeicher und 15 EA-Anschlußstellen.

- Testfeld mit Testfeldsteuerung.
- Stromversorgungseinheit.

Die einzelnen Baugruppen des Prozeßrechners sind in 19-Zoll-Einschubtechnik in einem Schrank mit den Abmessungen 600 mm × 700 mm × 1800 mm (B×T×H) untergebracht. Die Belegung des Rahmens Zentraleinheit in der Hartheimer Konfiguration geht aus Abb. 10 hervor.

Das Testfeld, in der Fronttür des Schrankes eingelassen, besteht aus Testfeldsteuerung und Bedienfeld. Das Bedienfeld enthält alle Bedienelemente, das Einschalt-schloß und Kontroll- und Anzeigenlampen (LED). Das Testfeld arbeitet mit direktem Zentralspeicherzugriff (DMA-Betrieb).

Der Modul Rechenwerk enthält die Hilfsregister, den Multiplexer, den Arithmetikbaustein und ROMs zu Ansteuerung der umliegenden Funktionseinheiten. Der Arithmetikbaustein ermöglicht folgende Operationen: Additionen, Subtraktionen, Linkschieben, Rechtsschieben, UND-, ODER- und Antivalenzverknüpfungen.

Das Steuerwerk enthält die Takterzeugung (Grundtakt 10 MHz), die Steuerung des Eingabe/Ausgabe- und Zentralspeicherverkehrs, die Rett-Lade-Routine und Registeransteuerungen.

Die Baugruppen Decodierung (ZI) und Prioritierung (PI) erweitern den E/A-Verkehr auf alle Schnittstellen. Sie enthalten Signalformersteuerungen für wortweisen Betrieb mit einer Datenbreite von 16 Bit. Hier wird auch die Abarbeitung von Alar-men durchgeführt. Durch die Baugruppe ZI übernimmt die Zentraleinheit die Initiative beim Datenverkehr mit der Peripherie, d. h., die Zentraleinheit bestimmt Zeitpunkt und Rhythmus der Datenübertragung. Die Steuerung des Datenverkehrs durch ein peripheres Gerät geschieht über die Baugruppe PI.

An technischen Daten des Zentralprozessors seien hier folgende erwähnt: hardwaremäßig steht eine Matrixbefehlsliste mit insgesamt 89 Befehlen, davon 71 Standardbefehle incl. Addition und Subtraktion, 13 Ein/Ausgabe-Befehle und fünf organisatorische Befehle zur Verfügung. Die Hardwarereaktionszeit bei Programmwechsel liegt bei 5,9 µs, der direkte Zentralspeicherzugriff ermöglicht die Ansprache von 1,2 Mio Wörtern pro Sekunde.

Der Kernspeicher-Steuermodul, Timing and Control Assembly (TC) enthält Takt- und Steuerlogik, Adreßregister, Spannungserzeuger und -regler für die Schreib- und Leseströme sowie einen Datensicher-Schaltkreis.

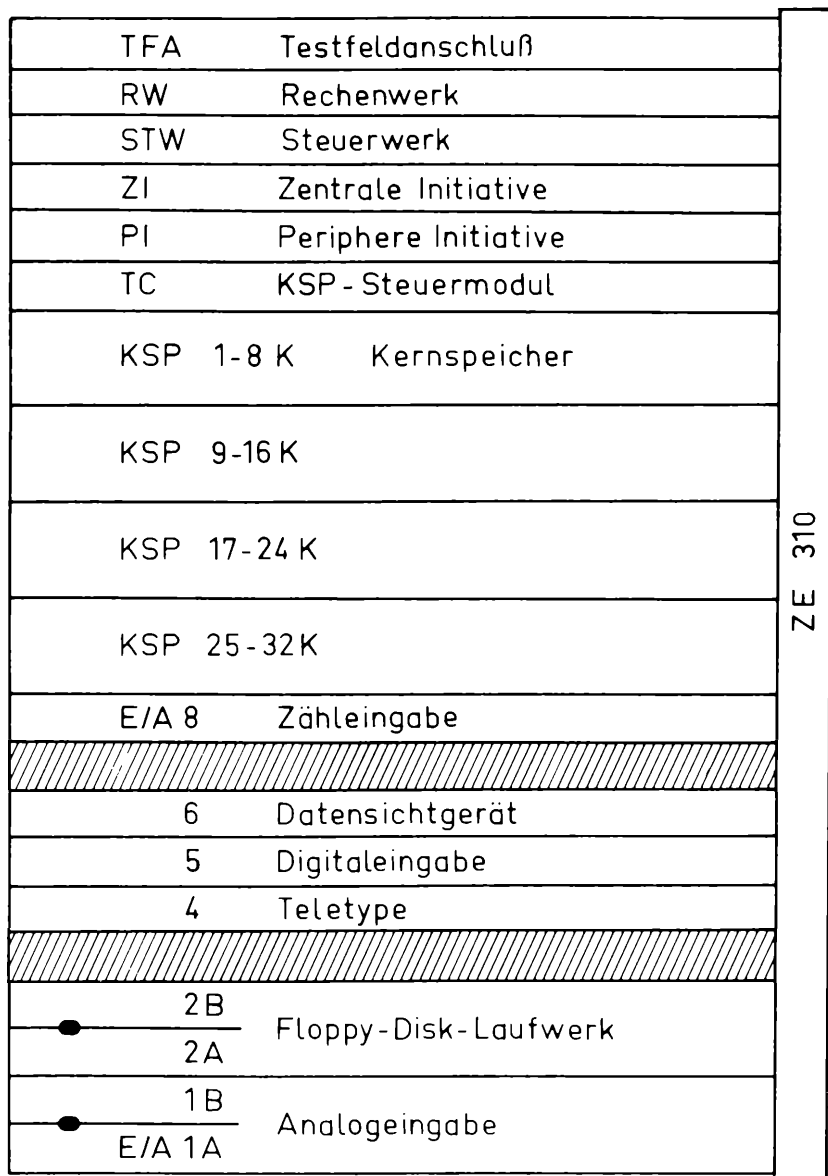


Abb.10: Schematische Darstellung der Belegung des Zentraleinheit-Rahmens des Siemens Prozeßrechners PR 310.

Die 4 Kernspeichermoduln weisen als Speicherart die sogenannte Dreidraht-Stromkoinzidenz mit wahlweisem Zugriff (DMA) auf. Der äußere Durchmesser der verwendeten Rechteckferritkerne ist 0,45 mm. Eine Baugruppe besteht aus Treiber-Schalereinheit DSA (Drive switch assembly), Datenschaltkreiseinheit DCA (Data Circuit assembly) und Kernspeichereinheit MCA (Memory core assembly). Die Kernspeichermatrizen sind zweidimensional angeordnet. Die Kernzahl pro Modul ist bei 16 Bit Wortlänge 147.456 (18 Bit $\times$ 8192). Die Zugriffszeit liegt bei 260 ns, ein Vollzyklus umfaßt 650 ns (max).

Die verbleibenden Einschubplätze im Rahmen Zentraleinheit können als Eingabe/Ausgabe-Anschlußstellen genutzt werden; es sind 8 Schnittstellen vorhanden. Die doppelt breite Anschlußstelle 1 ist von der integrierenden Analogeingabe belegt. Damit können Meßgrößen, die in analoger Form anstehen, z.B. Gleichstrom-, Gleichspannungs- oder Widerstandswerte umgesetzt und verarbeitet werden. Dazu stehen verschiedene Meßverfahren und Meßbereiche zur Verfügung. Für Widerstandsmessungen liefert die Baugruppe einen Konstantstrom von 10 mA, der am zu bestimmenden Widerstand einen Spannungsabfall verursacht, der gemessen wird. Im Fall der Pt 100-Messungen wird zur Nullpunktskorrektur eine interne Kompensationsspannung von -1 V aufgerufen. Die Meßstellendurchschaltung erfolgt über quecksilberbenetzte Relais, die hohe Zuverlässigkeit gewährleisten. Leitungsbruch wird erkannt und mit Fehlermeldung angezeigt. Dies geschieht durch Übersteuerung des Vorverstärkers ins Negative, wodurch ein Überlaufbit gesetzt wird. Die Integrationszeit ist 20 ms zur Störungsunterdrückung, entsprechend der Netzfrequenz. Die Meßkreisdurchschaltungen sitzen in einem separaten Rahmen, zu dem die Verbindung über Steckleitungen hergestellt wird. Die Schalter für die Vorverstärkung im Analogteil sind mit Sperrschichtfeldeffekttransistoren aufgebaut. Diese werden von Optokopplern angesteuert, um Potentialtrennung zwischen Analog- und Digitalteil zu erhalten.

Der Analog-Digital-Umsetzer (ADU) ist ein Spannungs-Zeit-Umsetzer, der nach dem Zwei-Rampen-Verfahren (dual slope) arbeitet. Alle analogen Messungen werden auf eine Spannungsmessung zurückgeführt. Die unbekannte Meßspannung wird über die Periodendauer von 20 ms an einen Integrator gelegt. Im zweiten Schritt wird der Integrator durch eine Referenzspannung entgegengesetzter Polarität entladen. Die dazu notwendige Zeit wird durch Impulse konstanter Frequenz gemessen. Die Anzahl der Impulse entspricht dem digitalisierten Meßwert.

Die Meßwertdarstellung erfolgt durch 12 Bits, dem entsprechen ± 1600 Einheiten. Dadurch können beispielsweise Temperaturwerte im hierzu verwendeten Meßbereich $\pm 20\Omega$ in Schritten von 25 Milliohm gemessen werden. Bei der durch diese Analogeingabe erzielbaren Meßgenauigkeit gehen folgende Fehler ein:

Toleranz:	$\leq \pm 5 \cdot 10^{-4} \pm 1/2$ Einheit
Linearitätsfehler:	$\leq 3 \cdot 10^{-4}$
Nullpunktsfehler:	$\leq \pm 1,5$ bis ± 3 Einheiten

Drift des Nullpunktes: $\leq 0,5 \mu \text{ V}/^{\circ}\text{C}$
 für Spannungssignale,
 für Widerstandssignale um den Faktor 100 höher.
 Drift des Endwertes: $\leq \pm 0,3 \text{ bis } 0,75 \cdot 10^{-4}/^{\circ}\text{C}$

Eine Übersteuerung der Eingänge ist bei voller Genauigkeit bis zu 28 % von den Endwerten der Eingangs-Nennbereiche möglich.

An der ebenfalls doppelt breiten Anschlußstelle 2 ist ein Floppy-Disk-Doppellaufwerk angeschlossen. Die in Hartheim verwendeten Softwarepakete sind auf Disketten geliefert worden und können über die Hardwarefunktion Umladen – am Testfeld eingestellt – geladen werden.

Die beiden Laufwerke ermöglichen seriellen oder wahlfreien Zugriff. Die Speicherkapazität beträgt 256 k Bytes bei einer mittleren Zugriffszeit von 326 ms. Durch den mit der Drehung des Datenträgers (360 U/min) lückenlos schritthaltenden Datentransfer wird eine mittlere Datenrate von 20 k Bytes/s ermöglicht. Zwischenpuffer entkoppeln die verschiedenen Zeitbedingungen der Zentraleinheit und der Floppy-Disk-Laufwerke.

Anschlußstelle 3 ist unbelegt. Eine Belegung dieses Steckplatzes ist nicht möglich, da durch die PI-Baugruppe ein Uhrimpuls auf diese Anschlußstelle rangiert wird. Dies erfolgt durch einen Dual-inline Mikroschalter auf dieser Baugruppe. Der Impuls selbst (50 Hz) wird durch eine Elektronik geliefert, deren Oszillator ein temperaturstabilisierter Quarz hoher Schwingungskonstanz ist.

Der Steckplatz 4 ist durch einen Fernschreiber mit angekoppeltem Lochstreifen-Leser/Stanzer belegt; Anschlußstelle 6 schließt eine Zeichen-Bildschirm-Einheit mit Puffer an.

Anschlußstelle 5 verbindet die Digitaleingabe mit der Zentraleinheit. Die Digitaleingabe ist statisch, das heißt, es wird ein gerade anstehender Binärwert abgefragt; der Wechsel eines Signalwertes wird nicht gespeichert. Die Anzahl der Eingänge ist 16, diese werden zu einem Digitalwort zusammengefaßt. Der Eingang ist potentialgetrennt, ein Signal von 0 V bis + 4 V wird als „0“-Signal interpretiert, eine anstehende Spannung zwischen + 10 und + 30 V ergibt das Signal „1“.

Die Anschlußstelle 7 ist unbesetzt, sie ist als Schnittstelle für einen Benson Plotter vorgesehen.

Schließlich nimmt der Steckplatz 8 als letzte E/A-Anschlußstellenmöglichkeit die Inkrementaleingabe auf. Diese Zähl-eingabe besetzt 16 zweipolige dynamische Eingänge (jeder erkannte Impuls wird verarbeitet). Der Störabstand wird erreicht durch dieselben Spannungswertinterpretationen wie bei der Digitaleingabe. Die Zähl-eingabe ermöglicht das Zählen von Impulsen geringer Folgefrequenz (max 100 Hz). Der Inhalt vorgegebener Zentralspeicherzellen wird durch ausreichende Spannungssprünge inkrementiert bzw. dekrementiert.

Software

Die von der Firma Siemens für den Hartheimer Rechner gelieferte Software umfaßt folgende Komponenten:

1. Betriebssystem (ORG 310)
2. Systemgenerator (SYGE 310)
3. Editor (ED 10)
4. Assembler (AS 10)
5. Testhilfe (TH 10)
6. BASIC-310-Interpreter (Prozeß-BASIC)
7. Wartungs- und Testprogramme

Die Anwendung und Bearbeitung der Software-Bausteine erfordert keine Gastrechner. Ihre Lieferung auf Disketten ermöglicht eine schnelle und komfortable Anwendung. Die Wartungs- und Testprogramme sind nur von Wartungstechnikern einzusetzen.

Ein in BASIC geschriebenes Anwenderprogramm mißt in 30-sec-Zyklen die in Tabelle 1 aufgeführten Parameter, rechnet die Rohdaten unter Verwendung von Eichkonstanten usw. um und verdichtet die errechneten Größen zu Mittelwerten, Summen etc., die stundenweise protokolliert und auf Disketten abgespeichert werden. Da bei Netzausfall sowohl Teletype als auch Diskettenlaufwerk nicht arbeitsfähig sind, wird das Netz über die Digitaleingabe überwacht. Bei Ausfall werden Datenfelder eröffnet, die die auszugebenden Meßwerte aufnehmen können, bis Spannungswiederkehr ihre Ausgabe auf die Datenträger ermöglicht.

Wenn dieses Programm nicht arbeitet, d. h. wenn Eichungen oder der Anschluß neuer Meßwertgeber erfolgen, ist die Datenerfassung unterbrochen. Der BASIC-Interpreter in der derzeit verwendeten Stand-alone-Variante duldet keine andere Software im Arbeitsspeicher, weder aktiv noch wartend. In Assembler geschriebene Anwenderprogramme (Siemens AS 10) können zu Mehreren in den Kernspeicher geladen werden und je nach Priorität aktiviert oder in den Wartezustand versetzt werden. Derartige Assemblerprogramme verschiedener Priorität werden derzeit erstellt und sollen das BASIC-Programm ersetzen. Dabei wird die Meßwertabfrage die höchste Priorität erhalten; Rechenoperationen und der E/A-Verkehr mit der Standardperipherie werden, da niedererprior in den Arbeitspausen des Abfrageprogramms abgewickelt.

Datenauswertung

Die gewonnenen analogen Meßstreifen werden, soweit die Registrierungen nicht ausgezählt oder mit dem Lineal gemessen werden können, mit Planimetern ausgewertet. Dabei werden Scheiben-Polar-Planimeter der Firma Ott, Kempten, eingesetzt. Es werden Stundenwerte gewonnen, monatsweise in Listen eingetragen, monatsweise auf Lochkarten übertragen und unter Verwendung der Eichungen im Rechenzentrum der Universität weiterverarbeitet. Mit FORTRAN-Programmen werden hier aus den Stundenwerten Statistiken auf Monatsbasis erstellt und Mittelwerte der einzelnen Parameter mit einem Plotter graphisch dargestellt (Beispiel Abb. 11).

Die im Prozeßrechner erstellten Stundenwerte sind wie oben beschrieben bereits auf Datenträger vorhanden. Die entsprechenden Disketten werden im Rechenzentrum eingelesen und in gleicher Weise wie die vom Lochkarten-Input errechneten Werte weiterverarbeitet.

- 11: Temperatur in 9.60 m Höhe
- 12: Temperatur in 15.40 m Höhe
- 13: Temperaturgradient (9.60 15.40 m)
- 14: Schulze Innentemperatur
- 15: Feuchtetemperatur in 9.60 m Höhe
- 16: Feuchtetemperatur in 15.40 m Höhe
- 17: Temperaturdifferenz Schulze innen Lufttemp. 9.60 m

- 21: Dampfdruck in 9.60 m Höhe
- 22: Dampfdruck in 15.40 m Höhe
- 23: Dampfdruckdifferenz (9.60 15.40 m)
- 24:
- 25: Relative Luftfeuchte in 9.60 m Höhe
- 26: Relative Luftfeuchte in 15.40 m Höhe
- 27: Feuchtedifferenz (9.60 15.40 m)

- 31: Bodentemperatur in 1 cm Tiefe
- 32: Bodentemperatur in 3 cm Tiefe
- 33: Bodentemperatur in 5 cm Tiefe
- 34: Bodentemperatur in 10 cm Tiefe
- 35: Bodentemperatur in 20 cm Tiefe
- 36: Bodentemperatur in 40 cm Tiefe
- 37: Bodentemperaturgradient (1 cm 3 cm)

- 41: Globalstrahlung (Joule)
- 42: Reflexstrahlung (Joule)
- 43: Albedo (%)
- 44: Atmosphärische Gegenstrahlung (Joule)
- 45: Langwellige Ausstrahlung der Erdoberfläche (Joule)
- 46: (E - A) Joule
- 47: Strahlungsbilanz (Joule)

- 51: Globalstrahlung (Langley)
- 52: Reflexstrahlung (Langley)
- 53:
- 54: Atmosphärische Gegenstrahlung (Langley)
- 55: Langwellige Ausstrahlung der Erdoberfläche (Langley)
- 56:
- 57: Strahlungsbilanz (Langley)

- 61: Windgeschwindigkeit in 9.60 m Höhe
- 62: Windgeschwindigkeit in 10.69 m Höhe
- 63: Windgeschwindigkeit in 11.99 m Höhe
- 64: Windgeschwindigkeit in 13.45 m Höhe
- 65: Windgeschwindigkeit in 15.40 m Höhe
- 66: Differenz 13.45 11.99 m
- 67: Differenz 15.40 13.45 m

- 71: Sonnenscheindauer in Minuten
- 72: Sonnenscheindauer in Zehnteln

- 81: Niederschlag (mm)

Tab.1 Meßwerte, die stundenweise auf dem Fernschreiber protokolliert werden. Pro Zeile können sieben Parameter gedruckt werden.

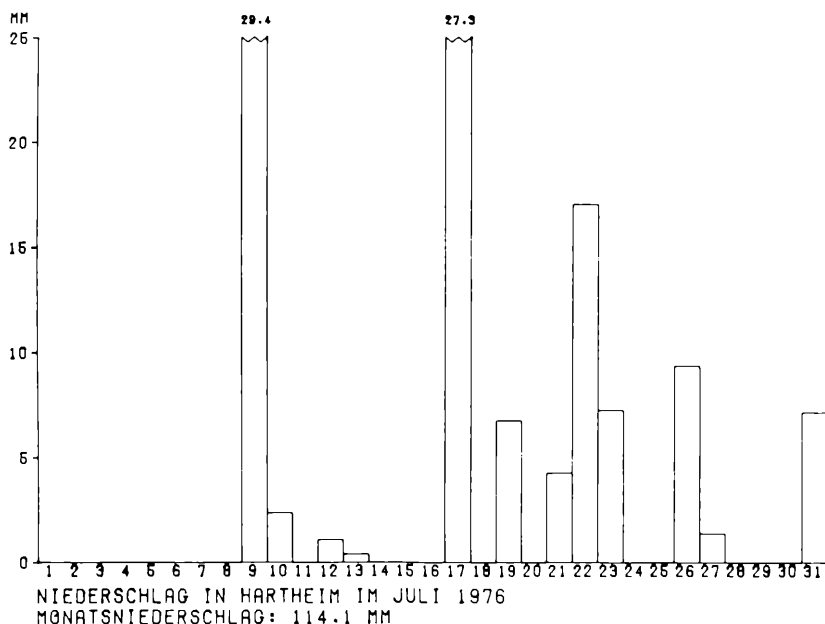


Abb. 11: Beispiel für einen im Rechenzentrum der Universität erstellten Plot einer monatlichen Niederschlagsauswertung.

Ziele und Aufgabenstellungen

In erster Linie dient die Meßstation des Meteorologischen Instituts als Wärmehaushaltsstation. Das Schwergewicht der Messungen liegt bei der *langjährigen* Erfassung des Wärme- und Wasserhaushalts dieses Standorts. Zur Berechnung des Bodenwärmestroms können wöchentlich Bodenfeuchtwerte, gemessen von Mitarbeitern des Instituts für Bodenkunde und Waldernährungslehre, herangezogen werden².

Daneben gilt ein Hauptaugenmerk dem Strahlungshaushalt dieses Bestandes. Die Strahlungsgrößen werden einzeln erfaßt und nach verschiedenen Gesichtspunkten ausgewertet, beispielsweise Tages- und Jahresgänge der Albedo in Abhängigkeit von den Einstrahlungsverhältnissen oder der Sonnenscheindauer und Bewölkung³.

² Die Neutronensonden-Messungen der Bodenfeuchte am Standort Hartheim werden uns freundlicherweise von Herrn Dr. HÄDRICH vom Institut für Bodenkunde und Waldernährungslehre zur Verfügung gestellt.

³ Vom 2,7 km südwestlich der Meßstelle Hartheim gelegenen Tower des Fliegerhorstes Bremgarten werden stündlich die Bewölkungsverhältnisse und die Sonnenscheindauer beobachtet. Die Aufzeichnungen darüber werden uns freundlicherweise vom Leiter der Geophysikalischen Beratungsstelle dort, Herrn Dr. v. RUDLOFF, zur Verfügung gestellt.

Durch die Prioritätsebenenstruktur des Prozeßrechners können simultan auch Spezialuntersuchungen durchgeführt werden, ohne die Routinemessungen zu stören. Um die dazu notwendigen Assemblerprogramme auch in Freiburg austesten zu können, wird derzeit ein in FORTRAN geschriebener Cross-Assembler an die UNIVAC 1100/81 des Rechenzentrums der Universität angepaßt.

Schließlich stehen durch das Flugzeugmeßprogramm der Deutschen Forschungs- und Versuchsanstalt für Luft- und Raumfahrt (DFVLR) digitale Wärmebilder der Meßstation und ihres Umfeldes zur Verfügung, denen auf der anderen Seite mannigfaltige „ground truth-Messungen“ gegenüberstehen. Wie oben schon erwähnt, wurden während der Meßkampagnen zusätzliche Messungen unternommen, um verschiedene Testflächen neben der Meßstation in die Untersuchungen einbeziehen zu können.

Schluß

Zwischen den einzelnen in Hartheim messenden Freiburger Universitätsinstituten findet ein Datenaustausch statt. Durch die analoge Registrierung war die Aktualität der Auswertung, vor allem für die Verwendung meteorologischer Daten in forstlichen Diplomarbeiten nicht immer gewährleistet. Auch auf diesem Gebiet hat der Einsatz des Siemens Prozeßrechners PR 310 eine Verbesserung gebracht.

Den technischen Angestellten des Meteorologischen Instituts, Herrn G. FERNBACH und Herrn H. TRICK möchte ich für Wartungs- und Reparaturarbeiten, sowie für ihre Hilfe bei den Eichungen danken. Sie standen oftmals auch außerhalb der Dienstzeit, auch in Nachtstunden zur Verfügung. Darüberhinaus wurden von ihnen die notwendigen Konstruktionsarbeiten ausgeführt.

Schriftenverzeichnis

- ANONYM (1971): „HELIOR“: Messung und Registrierung der Sonnenscheindauer. – Promet, 1, S. 52, 1 Abb., Offenbach.
- ATTMANNSPACHER, W. u. J. RIEDL (1973): Ein Ombrometer im Baukastenprinzip zur Erfassung und digitalen Ausgabe der Niederschlagsdauer und -menge. – Ber. Dt. Wetterd. Nr. 131, 17, 19 S., 20 Abb., 10 Tab., Offenbach.
- BOUHARROUR, S. u. P. THOMAS (1975): Die Anlage zur Erfassung meteorologischer Daten. Funktionsweise und detaillierte Beschreibung der einzelnen Komponenten. – Gesellschaft für Kernforschung m.b.H., VII + 148 S., 59 Abb., 19 Tab., Karlsruhe.
- DÄKE, C. U. (1972): Über ein neues Modell des Strahlungsbilanzmessers nach Schulze. – Ber. Dt. Wetterd. Nr. 126, 16, 22 S., 12 Abb., 3 Tab., Offenbach.
- DILGER, H. (1976): Das meteorologische Meßsystem des Kernforschungszentrums Karlsruhe. – Gesellschaft für Kernforschung m.b.H., 15 S., 11 Abb., 2 Tab., Karlsruhe.
- HÄDRICH, F. u. S. J. TAJCHMANN (1972): Untersuchungen zur Methodik der Bodenfeuchtebestimmung. – Allg. Forst- u. J. Ztg., 143, 187–192, 2 Abb., 1 Tab., Frankfurt/M.

- KESSLER, A. (1971): Über den Tagesgang von Oberflächentemperaturen in der Bonner Innenstadt an einem sommerlichen Strahlungstag. – *Erdkunde* **25**, 15–20, 7 Abb., 2 Tab., Bonn.
- KIESE, O. u. R. SURKOW (1971): Zeitgemäße Meßwerterfassungsanlagen für bestandsmeteorologische Untersuchungen im Rahmen des Sollingprojektes. – *Meteorol. Rdsch.*, **24**, 50–53, 2 Abb., Berlin.
- LIENEWEG, F. (1955): Absolute und relative Feuchtebestimmungen mit dem Lithiumchlorid-Feuchtemesser. – *Siemens Zeitschrift*, **29**, 212–218, 14 Abb., 1 Tab., Berlin.
- MIELENTZ, P. (1974): Der Prozeßrechner mit seinen Koppelementen. – VIII + 103 S., 59 Abb., 4 Tab., Düsseldorf (VDI).
- MOLL, W. (1964): Übersichtskarte der Bodentypen im südlichen Oberrheingebiet mit Erläuterungen. I. Abschnitt Basel–Staufen. – *Ber. Naturf. Ges. Freiburg i. Br.*, **54**, 135–156, 1 Kart., Freiburg.
- PAUL, M. / E. v. PUTTKAMER (1974): Struktureller Aufbau von Prozeßrechnern. – VIII + 103 S., 63 Abb., 3 Tab., Düsseldorf (VDI).
- ROBINSON, R. (Ed.) (1966): *Solar Radiation*. – XII + 347 S., 219 Abb., 77 Tab., 2 sep. Diagr. New York (Elsevier).
- SIEMENS (1977): Geräteunterlagen, Wartungshandbücher und System- und Softwarebeschreibungen des PR 310, Karlsruhe.
- SCHÄFER, G. (1977): Nährelementhaushalt von Kiefernjunghäusern in der südlichen Oberrheinebene. – *Freiburger Bodenkundliche Abhandlungen*, H. 7, 153 S., 26 Abb., 38 Tab., Freiburg.
- TAJCHMANN, S. J. (1972): Messungen zum Wärmehaushalt über einer Kiefernhecke im Trokengebiet des Oberrheins. – *Allg. Forst- u. J. Ztg.*, **143**, 35–38, 3 Abb., Frankfurt/M.
- (1973): On Vertical Profiles of Meteorological Parameters above a Layer of Rough Vegetation. – *Journal of Geophys. Research*, **78**, 6381–6385, 4 Abb., Richmond, Virginia, USA.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Berichte der naturforschenden Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau](#)

Jahr/Year: 1978

Band/Volume: [68](#)

Autor(en)/Author(s): Jaeger Lutz

Artikel/Article: [Die klimatologische Meßstation / Haftheim des Meteorologischen Instituts der Universität Freiburg i. Br. 47-73](#)