



KERNFORSCHUNGSANLAGE JÜLICH GmbH

Abteilung Sicherheit und Strahlenschutz

Der meteorologische Turm der Kernforschungsanlage Jülich

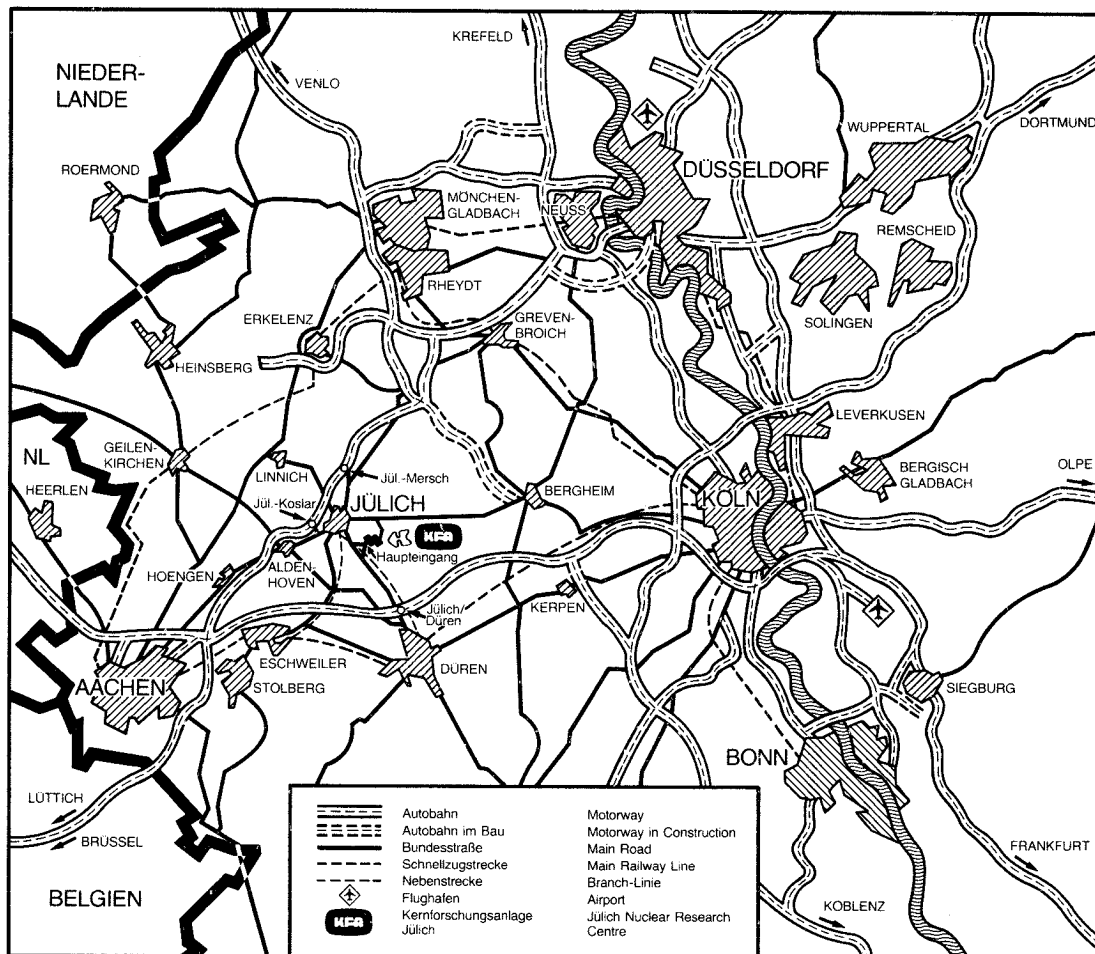
von

G. Polster

H. Geiß

K. Heinemann

Jül-2095
November 1986
ISSN 0366-0885



Als Manuskript gedruckt

Berichte der Kernforschungsanlage Jülich – Nr. 2095
 Abteilung Sicherheit und Strahlenschutz Jüli-2095

Zu beziehen durch: ZENTRALBIBLIOTHEK der Kernforschungsanlage Jülich GmbH
 Postfach 1913 · D-5170 Jülich (Bundesrepublik Deutschland)
 Telefon: 02461/610 · Telex: 833 556-0 kf d

Der meteorologische Turm der Kernforschungsanlage Jülich

von

G. Polster

H. Geiß

K. Heinemann

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung
2. Die meteorologische Meßanlage
3. Die Datenverarbeitung
4. Verwendung der meteorologischen Messungen und der Klimawerte
 - 4.1 Meteorologische Messungen für die
Beurteilung von Kurzzeitemissionen
 - 4.2 Meteorologische Messungen für die
Beurteilung von Langzeitemissionen
 - 4.3 Die meteorologischen Messungen für die Ausbreitungsexperimente
 - 4.4 Meteorologische Messungen für die Arbeiten anderer Institute
der KFA Jülich
 - 4.5 Meteorologische Meßergebnisse für Modellrechnungen
zur Ausbreitung von Luftbeimengungen in der Atmosphäre
 - 4.6 Anwendungen der Klimawerte
 - 4.7 Abruf von Meßwerten

1. Einleitung

Der Transport von Luftbeimengungen in der Atmosphäre als Bindeglied zwischen Emission und Immission wird von meteorologischen Parametern wie z.B. Windrichtung, Windgeschwindigkeit und Stabilität der Luftschichtung im Ausbreitungsraum gesteuert. Um aus gemessenen Emissionsquellstärken mit Hilfe von Modellrechnungen die Immissionskonzentrationen in der Umgebung der Emittenten bestimmen zu können, müssen die meteorologischen Bestimmungsgrößen möglichst genau bekannt sein. Dafür wurde der meteorologische Turm der Kernforschungsanlage Jülich mit seiner meteorologischen Meßanlage in den Jahren 1963 und 1964 aufgebaut. Er wurde nach internationalen Vorbildern, z.B. Brookhaven, USA (1) und Risö in Dänemark (2) konstruiert.

Die Messungen am meteorologischen Turm stellen die Daten für Ausbreitungsrechnungen bereit, die für die Beurteilung, Koordinierung und Begrenzung der während des Reaktor- und Laborbetriebes unvermeidbaren Emissionen notwendig sind, sowie die aktuellen meteorologischen Werte, um bei eventuell auftretenden, stärkeren Emissionen Ausbreitungsrechnungen und Immissionsanalysen durchführen zu können.

Außerdem liefert der Turm die meteorologischen Daten, die für die Durchführung der Ausbreitungsexperimente im Rahmen des Forschungsvorhabens "Ausbreitung von Schadstoffen in der Atmosphäre und Umweltbelastung" gebraucht werden. Gleichzeitig ist er Emissionsort mit variabler Emissionshöhe für die Ausbreitungsexperimente. Die Ausbreitungsexperimente, die 1969 begonnen wurden, waren nötig, weil bis zu diesem Zeitpunkt nur Ausbreitungsparameter aus englischen und amerikanischen Diffusionsexperimenten zur Verfügung standen, die über sehr glatter Bodenoberfläche durchgeführt worden waren und daher nicht auf mitteleuropäische Verhältnisse mit hohem Bewuchs und Bebauung angewandt werden sollten. Mit den in Jülich und in Karlsruhe durchgeführten Diffusionsexperimenten konnten entscheidende Grundlagen für realistischere Ausbreitungsrechnungen gewonnen werden. Das zeigt sich z.B. daran, daß die Ergebnisse dieser Ausbreitungsexperimente, nämlich Ausbreitungsparametersätze für Emissionshöhen von 50 m und 100 m, in die Neufassung der "TA-Luft" (3), die "Berechnungsgrundlage für die Strahlenexposition bei radioaktiven Ableitungen mit der Abluft oder in Oberflächengewässer" (4) und in die "Störfallberechnungsgrundlagen für die Leitlinien des BMI zur Beurteilung der Auslegung von Kernkraftwerken mit DWR" (5) aufgenommen wurden.

2. Die meteorologische Meßanlage

Der meteorologische Turm ist 124 m hoch. Er ist als Gittermast mit 7 Plattformen konzipiert. An den Plattformen sind 7 einschwenkbare Ausleger montiert, auf denen die meteorologischen Meßgeräte installiert sind. Für die Messungen am Boden, in 2 m Höhe, ist ein 2 m Mast, etwas abseits vom Turm, errichtet worden. Somit kann in 8 Höhen: 2 m, 10 m, 20 m, 30 m, 50 m, 80 m, 100 m, und 120 m kontinuierlich gemessen werden (Abb.1).

Zur Bestimmung der Ausbreitungsrichtung von Abluftfahnen wird die Windrichtung in 30 m, 50 m und 120 m Höhe gemessen. Die Ausbreitungsgeschwindigkeit wird nach dem Windprofil, je nach Emissionshöhe, festgelegt, dazu stehen Windgeschwindigkeitsmessungen aus allen 8 Meßniveaus zur Verfügung. In allen 8 Meßhöhen werden auch Temperatur und Luftfeuchte gemessen. In 30 m Höhe ist ein Strahlungsbilanzmesser und in 20 m Höhe der Sonnenscheinautograph montiert. In 30 m Höhe befindet sich außerdem ein automatischer Sonnenscheinindikator vom Typ Helior. Vektorwindfahnen wurden in 50 m und zeitweise auch in 120 m Höhe betrieben. 1986 werden diese durch Ultraschallanemometer, Typ DA-300 der Firma Kaijo Denki in 30 m, 50 m und 120 m Höhe ersetzt. Niederschlag wird am Erdboden mit Ombrometer, Hellmann-Regenschreiber und Hellmann-Regenmesser erfaßt. Abgesetzt vom Turm steht noch eine Thermometerhütte, bestückt mit Aspirationspsychrometer, Extremthermometern und Thermohygrograph für die Klimamessungen nach den Richtlinien des Deutschen Wetterdienstes. Einzelheiten der Instrumentierung sind in den Tabellen A1 bis A6 zusammengestellt.

Alle elektrischen Meßsignale der Meßwertgeber werden im Betriebsgebäude des meteorologischen Turmes analog registriert und seit 1981 parallel dazu einer Digitalmeßanlage zugeführt, die an das Rechenzentrum des Zentralinstituts für Angewandte Mathematik angeschlossen ist. Die Digitalmeßanlage liefert alle 10 Minuten einen Datensatz der Turmmeßwerte auf Terminal oder Drucker (Abb.2),

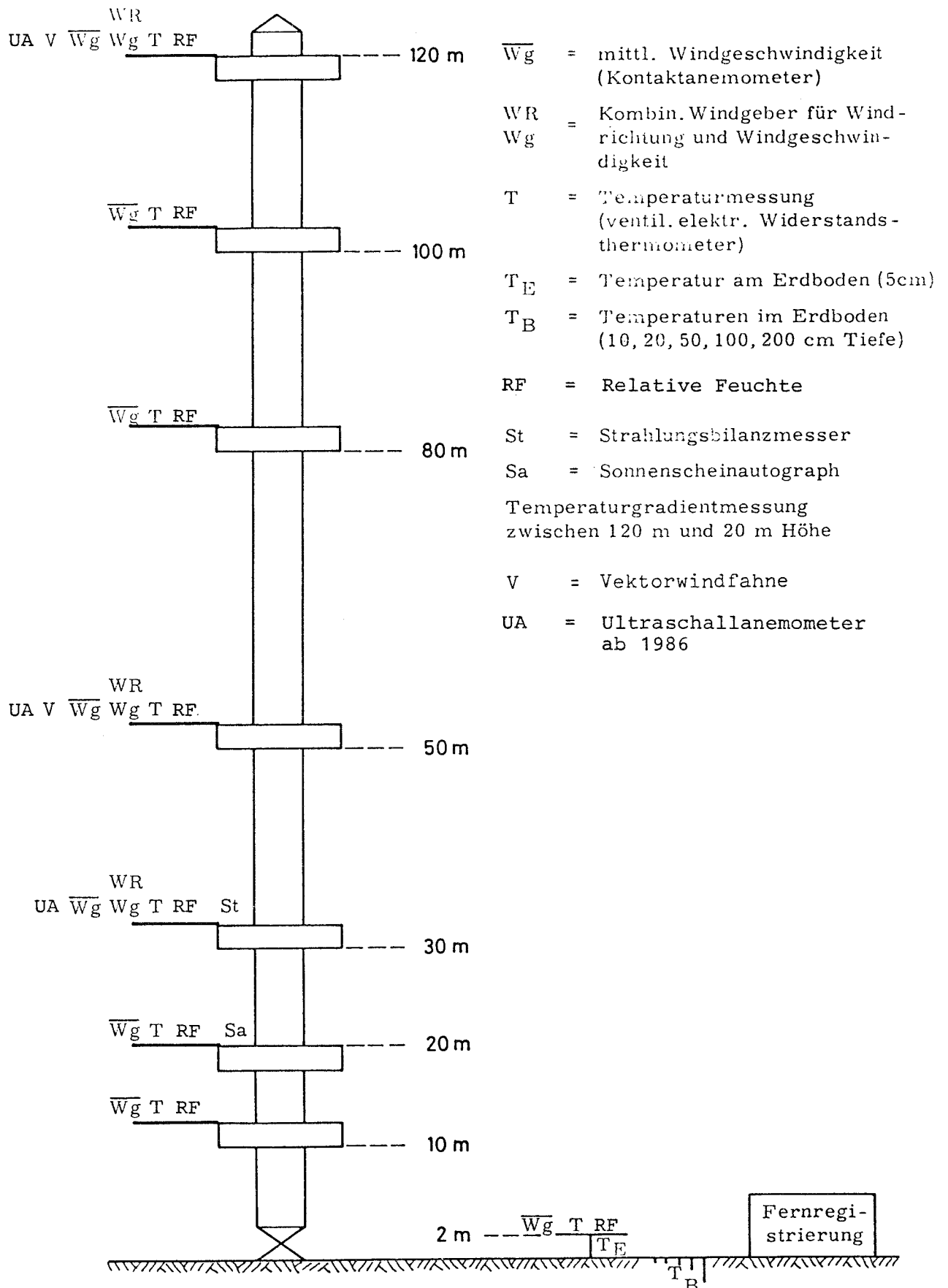


Abb. 1 Meßeinrichtungen am meteorol. Turm (schematisch)

30.6.86 Stunde:11 10-Min.-Intervall: 00

Hoehe(m)	2	10	20	30	50	80	100	120
Windgeschw.(m/s)	1.4	2.1	2.8	3.3	3.9	4.3	4.5	4.7
Temperatur(°C)	24.3	23.9	23.3	23.3	22.7	22.2	22.0	21.9
Horizont.Flukt.(°)					20.7			
Vertikal Flukt.(°)					13.4			
Windrichtung(°)				104	89			78
Windricht.Schwank.(°)				20.7	21.6			15.1

Diffusionskategorie:B

Strahlungsbilanz(cal/cm² min):0.56

Sonnenschein (Min): 10.00

Niederschlag (mm): 0.00

Druck (mm Hg):756.91

Windspitze (m/s): 5.00 2.Min. 40.Sec.

Abb. 2: 10-Minutendatensatz der meteorologischen Meßanlage

30.6.86 16 Uhr

Hoehe(m)	2	10	20	30	50	80	100	120
Windgeschw.(m/s)	0.9	1.5	2.1	2.5	3.0	3.2	3.4	3.5
Temperatur(°C)	27.7	27.1	26.5	26.3	25.7	25.4	25.2	25.1
Temp.Gradient(°C/100m)				-0.2	-0.8	-1.0	-1.3	-1.3
Horizont.Flukt.(°)					25.9			
Vertikal Flukt.(°)					14.2			
Windrichtung(°)				88	85			78
Windricht.Schwank.(°)				27.0	23.1			18.6

Diffusionskategorie:B

Strahlungsbilanz(Watt/m²):423.3

Sonnenschein (Min): 60.00

Niederschlag (mm): 0.00

Druck (mm Hg):756.10

Windspitze (m/s): 6.90 16.Min. 00.Sec.

Abb. 3: Stundenmittel- oder-summenwerte der meteorol.Meßanlage

die später zu Stundenmittel- oder -summenwerten zusammengefaßt werden (Abb.3). Die Analogregistrierung dient der Datensicherung bei Ausfall der Digitalmeßanlage z.B. bei Montage- und Wartungsarbeiten oder

Stromausfällen. Die Digitalmeßanlage, die neben der analogen Registrierung alle Meßwerte des meteorologischen Turmes erfaßt, ermöglicht nun, im Gegensatz zu früheren Zeiten, in denen nur in beschränktem Umfang Daten ausgewertet werden konnten, vielfältige und umfassende Datenauswertungen.

3. Die Datenverarbeitung

Die 10-Minuten-Werte können mit dem Programm "ONLINER" aus dem Speicher der Digitalanlage abgerufen werden. Nach der Übermittlung der Daten an die Großrechenanlage stehen die 10-Minuten-Werte über das Programm "SUBSET" zur Kontrolle und Weiterverarbeitung zur Verfügung.

Das Programm "METEOR" erlaubt die Ausgabe der Stundenmittelwerte von

- Windrichtung
- Windgeschwindigkeit
- Temperatur
- Temperaturgradient
- Diffusionskategorie
- Standardabweichungen der Vektorwindfahnen
- Strahlungsbilanz
- Luftdruck
- Summenwert der Sonnenscheindauer
- Summenwert des Niederschlags

Dabei können beliebig viele Elemente ausgewählt und anschließend ausgegeben werden.

Das Programm "METGRA" ist für die graphische Darstellung der Meßdaten entwickelt worden. Aus der 14-Tage-Matrix der meteorologischen Daten können

damit Diagramme und Tabellen erstellt werden. Folgende Bilder sind möglich:

- Diagramm und Tabelle einer Profilmessung,
- Diagramme für sechs zeitlich aufeinanderfolgende Profilmessungen,
- Diagramm des zeitlichen Verlaufs für Profil- oder Niveaumessungen,
- Tabelle der Niveaumessungen,
- Tabelle der Minima und Maxima aller Messungen eines Tages,
- Diagramm und Tabelle des Windvektors.

Bei der Darstellung des zeitlichen Verlaufs einer Meßgröße kann zwischen dem

- 6-Stunden-Verlauf
- Tagesgang
- Wochengang

gewählt werden. Einige Beispiele hierfür enthalten die Abbildungen 4-6. Das Programm ermöglicht eine sehr komfortable Darbietung der Meßdaten und unterstützt ganz wesentlich die Datenkontrolle.

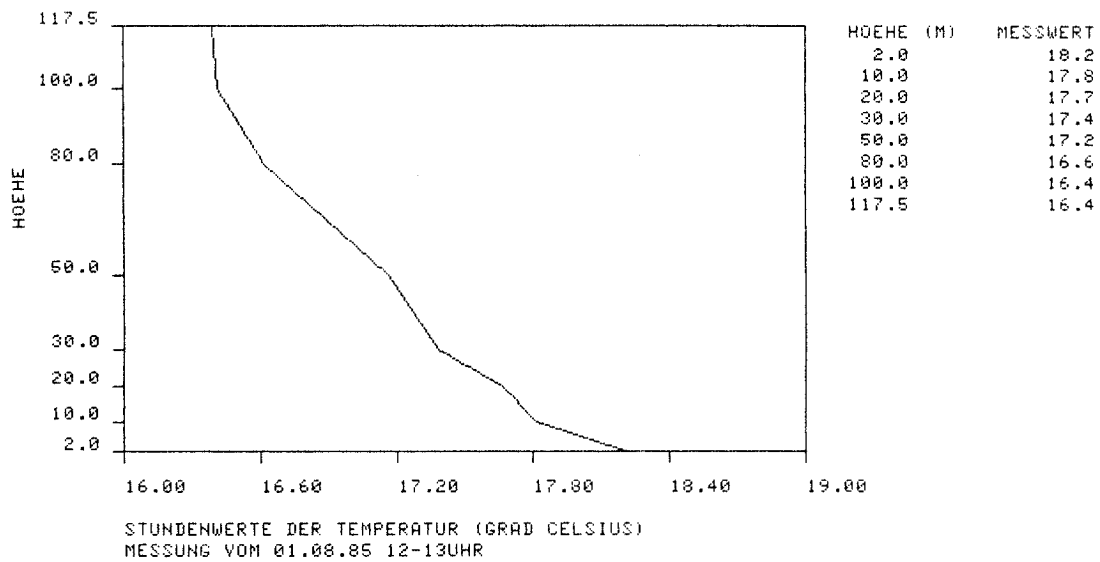


Abb. 4: Temperaturprofil vom 1.8.85 12-13 Uhr

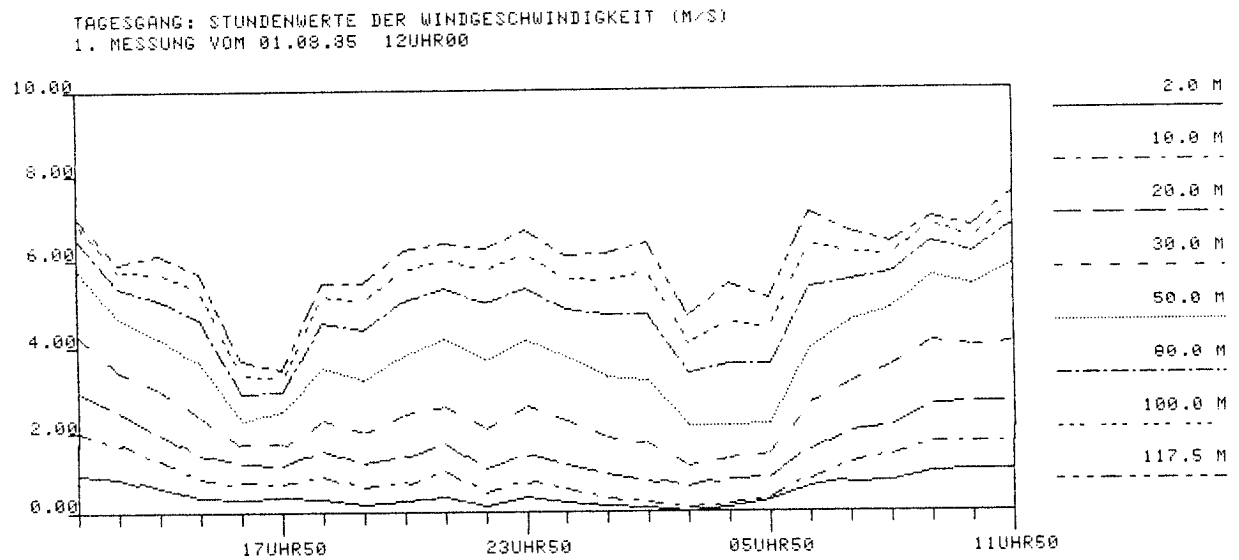
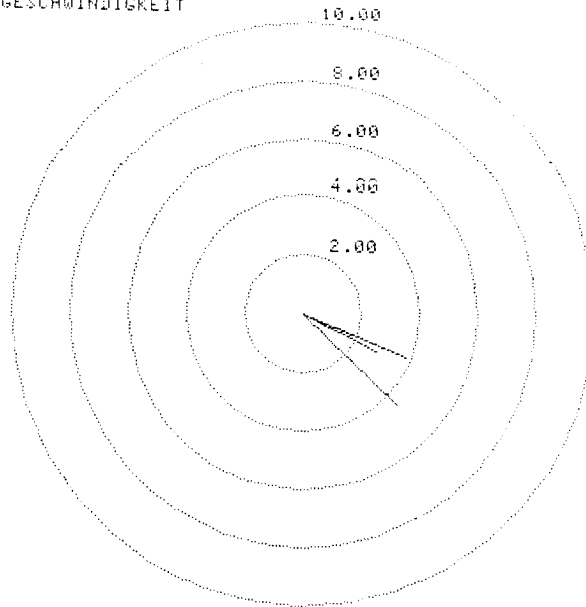


Abb. 5: Tagesgang der Windgeschwindigkeiten vom 1.-2.8.85

STUNDENWERTE DER WINDRICHTUNG UND DER WINDGESCHWINDIGKEIT
VOM 30.11.85 09-10UHR

HOEHE (M)	GESCHWINDIGKEIT (M/S)	RICHTUNG (GRAD)
30.0	2.7	116
50.0	3.7	111
117.5	4.4	133



WENN DIES BILD GELOESCHT WERDEN KANN,
BITTE DIE 'ENTER'-TASTE DRUECKEN

Abb. 6: Diagramm und Tabelle der Windrichtung und der
Windgeschwindigkeit vom 30.11.85 9-10 Uhr

Die Weiterverarbeitung der Klimadaten erfolgt seit 1981 auch computergestützt. Zur Eingabe und Speicherung der täglich anfallenden Klimadaten dient das Dialogprogramm "KLOFF". Korrekturen können mit dem Programm "KLOFFKOR" vorgenommen werden. Mit Hilfe des Programms "KLOFFL" kann der Klimadatensatz am Terminal kontrolliert oder mit dem Drucker ausgedruckt werden. Die Klimatabellen für die einzelnen Monate beziehungsweise die Jahresauswertungen der Klimadaten werden mit dem Programm "MONDAY" erstellt. Beispiele sind in den Tabellen A7 und A8. dargestellt.

Außerdem stehen noch eine Reihe weiterer Auswerteprogramme zur Verfügung (8) (Tab. 1).

"ANEMO"	monatliche Häufigkeitsverteilung von Windrichtung und Windgeschwindigkeit
"KOORSTAT"	Erstellung von Statistiken der verschiedenen meteorologischen Größen pro Tag und Stunde,
"MIWI"	Untersuchung der Wingschwindigkeitsmittelwerte in Abhängigkeit vom Niederschlag,
"SPITZE"	Berechnung und Ausgabe der täglichen Windspitzen
"STAT"	Prozentuale Häufigkeitsverteilung der Windgeschwindigkeit
"STATIS"	Häufigkeitsverteilung nach Diffusionskategorie, Windrichtung, Windgeschwindigkeitsstufe und Niederschlag
"STATWI"	Windgeschwindigkeitsverteilungen
"STURM"	Ermittlung der 10-Minutenintervalle, in denen Windstärke 6 bzw. 8 aufgetreten ist
"TAB 55"	Windverteilungsstatistik
"WIND"	Verarbeitung der Windprofildaten
"WINDIF"	Statistik der mittleren Windgeschwindigkeiten, Häufigkeitsverteilung der Windgeschwindigkeiten (nach Höhe und Diffusionskategorie),
"WIRI"	Berechnung der absoluten und relativen Windrichtungsverteilungen für eine beliebige Anzahl von Jahren,
"WRDK"	Erstellung von Häufigkeitsverteilungen nach Windrichtung und Diffusionskategorie für beliebig viele Jahre.
Tab. 1 Programme zur Auswertung der meteorologischen Meßdaten	

4. Verwendung der meteorologischen Messungen und der Klimawerte

Die meteorologischen Messungen und die Klimawerte der meteorologischen Station der KFA Jülich werden in vielfältiger Weise zur Beurteilung von Emissions- und Immissionsproblemen, zur Analyse von Ausbreitungsexperimenten und Luftqualitätsmessungen, für Planungsfragen und Klimastudien verwendet. Ein Überblick über die verschiedenen Anwendungen wird im folgenden gegeben.

4.1 Meteorologische Messungen für die Beurteilung von Kurzzeitemissionen

Zur Beurteilung von Kurzzeitemissionen (Störfälle o.ä.) werden die 10-Minuten-Werte angewendet. Sie sind auch Basiswerte für die Stundenmittelwerte. Das Meßprogramm ist im Entwurf der Richtlinie KTA 1508: "Instrumentierung zur Erfassung der Ausbreitungsbedingungen radioaktiver Stoffe in der Atmosphäre"(6) niedergelegt. Da solche Emissionen in verschiedenen Höhen vorkommen können, müssen für diese Fälle alle Meßwerte verfügbar sein. Mit den vielfältigen Messungen in 8 Höhen am meteorologischen Turm kann auch die Forderung nach Redundanz der Meßanlage, die in der Richtlinie KTA 1508 niedergelegt werden soll, erfüllt werden.

4.2 Meteorologische Messungen für die Beurteilung von Langzeitemissionen

Die stündlichen Meßdaten werden zur Beurteilung von Langzeitemissionen, insbesondere für Genehmigungsfragen und zur Erstellung der Jahresdosisverteilung in Abhängigkeit von der Windrichtung, der Diffusionskategorie (ermittelt aus dem Temperaturgradienten und der Windgeschwindigkeit in 30 m Höhe), der Ausbreitungsgeschwindigkeit (Windgeschwindigkeit in Emissionshöhe) und der Niederschlagsintensität benötigt. Dieses Anwendungsprogramm der meteorologischen Messungen ist in der Richtlinie zur Emissions- und Immissionsüberwachung kerntechnischer Anlagen des BMI (7) und im Entwurf KTA 1508 (6) vorgeschrieben.

4.3 Die meteorologischen Messungen für die Ausbreitungsexperimente

Im Rahmen des Forschungsvorhabens "Ausbreitung von Schadstoffen in der Atmosphäre und Umweltbelastung" wurden vom Turm Ausbreitungsexperimente mit Tracerfreisetzung in 30 m, 50 m und 100 m Höhe durchgeführt. Dafür wurden alle Meßwerte zur Analyse der Ausbreitungssituation herangezogen. Insbesondere sind zur Validierung und Kalibrierung neuer Modelle für Ausbreitungsrechnungen alle Meßwerte des Wind- und Temperaturprofils, von Turbulenz- und Stabilitätskenngrößen und der Windrichtung in allen verfügbaren Höhen notwendig.

Die Ausbreitungsversuche müssen weitergeführt werden, um den Einfluß der Abraumhalde des Tagebaues Hambach auf die Ausbreitungsbedingungen in der Umgebung der KFA Jülich zu untersuchen. In den letzten Jahren ist mit der Sophienhöhe ein isolierter Berg in sonst relativ flachem Gelände aufgeschüttet worden, der grundlegende Ausbreitungsexperimente mit Hangzirkulationseinflüssen (orographische Effekte) ermöglicht.

4.4 Meteorologische Messungen für die Arbeiten anderer Institute der KFA

Das Institut für Atmosphärische Chemie (ICH 3) und das Institut für die Chemie der Belasteten Atmosphäre (ICH 2) führen Luftqualitätsmessungen am meteorologischen Turm durch und übernehmen dafür meteorologische Daten zur Versuchsauswertung.

Das Institut für angewandte Physikalische Chemie (ICH 4) macht Experimente zur Schwermetallausbreitung und -ablagerung und Analysen von Niederschlagswasser. Auch dafür werden die meteorologischen Messungen während der Versuchszeiträume benötigt. Außerdem haben Kollegen der Universität Heidelberg 1983 hier am Turm eine Meßkampagne durchgeführt. Zusammenarbeit bestand auch mit der Sonnenenergiegruppe des IKP.

4.5 Meteorologische Meßergebnisse für Modellrechnungen zur Ausbreitung von Luftbeimengungen in der Atmosphäre

Da nur in Jülich und Karlsruhe lange Meßreihen der für Ausbreitungsrechnungen relevanten Parameter und Ergebnisse von Ausbreitungsexperimenten in der Bundesrepublik Deutschland vorliegen, wurden von folgenden Institutionen meteorologische Meßergebnisse für Analysen von Ausbreitungsproblemen und Modellrechnungen angefordert:

Freie Universität Berlin, Universitäten Bochum, Bonn, Frankfurt, Hamburg, Wien, Holländisches Meteorologisches Institut, Landesanstalt¹ für Immissions- und Bodennutzungsschutz des Landes NRW, Deutscher Wetterdienst, RWTÜV Essen, TÜV Rheinland und in Zukunft Firma Rheinbraun im Austausch mit Meßergebnissen vom Rheinbraun-Meßturm auf der Sophienhöhe.

4.6 Verwendung der Klimawerte der meteorologischen Station der KFA Jülich

Für die Klimawerte der meteorologischen Station der KFA Jülich besteht auch großes Interesse. Der Deutsche Wetterdienst übernimmt sie im Datenaustausch, wofür wir synoptische Meldungen und Wetterkarten für die Vorbereitung unserer Experimente erhalten. Der Große Erftverband erhält Niederschlagsmeßergebnisse unserer Station. Für Kühlaggregat- und Kühlturmplanungen forderte die Anlagenplanung Klimawerte an, außerdem erhalten die Institute für Radioagronomie und Biotechnologie Klimawerte unserer Station. Ferner wurden diese auch bei der Abfassung einiger Diplomarbeiten und Dissertationen der Universitäten Bonn und Köln benutzt.

4.7 Telefonischer Abruf von Meßwerten.

Über Telefon werden täglich auch KFA intern für Gasanalysen und die Kalibrierung von Druckmeßgeräten Luftdruck-, Temperatur- und Feuchtwerte abgerufen. Bei Sturmwetterlagen interessiert sich die Sicherheitszentrale für die Spitzenböenwerte. Andere Anrufer sind: Institut für Reaktorbauelemente, Institut für Reaktorwerkstoffe, Institut für Reaktorentwicklung, in Einzelfällen auch die Rechtsabteilung, die Kriminalpolizei und das Bauamt.

Literatur

- 1) I.A.Singer und G.S.Raynor
Analysis of Meteorological Tower Data
Brookhaven National Laboratory 461, Juni 1957.
- 2) H.Bjerrum Möller und K.Jensen
Preliminary Report on the Meteorological Measurements at Risö
Risö Report Nr.8, Februar 1959
- 3) Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft
Ministerialblatt Nr.6, 28. 2. 1983
Karl- Haymanns-Verlag, Köln
- 4) Allgemeine Berechnungsgrundlage für die Strahlenexposition bei radio-
aktiven Ableitungen mit der Abluft oder in Oberflächengewässer.
(Richtlinie zu Paragraph 45 StrlschV.)
GMB1 1979, S.371
- 5) Störfallberechnungsgrundlagen für die Leitlinien des BMI
zur Beurteilung der Auslegung von Kernkraftwerken mit
DWR gemäß Paragraph 28, Abs.3 StrlschV
Bundesanzeiger Nr. 245 a, S.11, 31.12. 1983
- 6) Instrumentierung zur Erfassung der Ausbreitungsbedingungen
radioaktiver Stoffe in der Atmosphäre.
KTA 1508, Regelentwurfsvorlage 1983
- 7) Richtlinie zur Emissions- und Immissionsüberwachung kerntechnischer
Anlagen.
GMB1.Nr.32, 1979
- 8) EDV-Programme-Umweltschutz
Arbeitsbericht 1982 der Abteilung Sicherheit und Strahlenschutz
ASS-Bericht Nr.0372, Mai 1983 , S.193-195

Tab. A1 Die Meßgeräte am meteorologischen Turm Windmessungen			
Meß- größe	Richtung	Geschwindigkeit	Turbulenz
Meß- gerät	Windfahne	Schalenkreuzane- mometer	Vektorwindfahne ¹
Typ	Kunkis R-fdsm	Kunkis Kv-4	MRI 1053 III
Höhe (m)	30, 50, 120	30, 50, 120	50, 120
Anlauf- wert	0, 2 m/s	0, 2 m/s	0, 34 m/s
Genauig- keit	1°	0, 1 m/s	0, 1 m/s
Meß- bereich	0 - 540°	0, 2 - 45 m/s	Azimuth : 0-540° Vertikal: -60-+60°
Registrie- rung	analog digital	analog digital	analog digital

¹ Das Sigmameter von Meteorology Research Incorporation wird mit einer Mittelungszeit von s=30 Sekunden und einer Sammelzeit von τ=180 Sekunden betrieben

Tab. A1 Die Meßgeräte am meteorologischen Turm Windmessungen (Fortsetzung)		
Meß- größe	Geschwindigkeit	Turbulenz
Meß- gerät	Schalenkreuzane- mometer	Ultraschall anemometer ¹
Typ	Lambrecht 1469 I 2m	Kaijo Denki DA 300
Höhe(m)	2, 10, 20, 30, 50, 80, 100, 120	30, 50, 120
Anlauf- wert	0, 2 m/s	0, 005 m/s
Genauig- keit	0, 1 m/s	1 %
Meß- bereich	0, 2 - 45 m/s	0 - 60 m/s
Registrie- rung	digital	digital

¹ Geräte werden 1986 installiert

Tab. A2 Die Meßgeräte am meteorologischen Turm Temperatur			
Meß- größe	Temperatur	Temperatur	Temperatur
Meß- gerät	Elektr.vent. Thermometer	Pt 100 mit Strahlungs- schutz	Pt 100
Typ	Friedrichs 3 PP 115	Friedrichs 3 C 31, 3 F 61	Friedrichs 3 C 31
Höhe (m)	2, 10, 20, 30, 50, 80, 100, 120	0,05	0,1 0,2 0,5 1 und 2 im Erd- boden
Genauig- keit	0, 1 K	0, 1 K	0, 1 K
Meß- bereich	-30 - +40°C	-30 - +40°C	-30 - +40°C
Registrie- rung	analog digital	analog	analog

Tab. A3 Die Meßgeräte am meteorologischen Turm Relative Luftfeuchtigkeit (Geräte werden 1986 installiert)	
Meß- größe	Relative Luftfeuchtigkeit
Meß- gerät	Feuchtegeber mit Schutzhütte
Typ	Lambrecht 800, Pernix mit Schutzhütte 814
Höhe (m)	2, 10, 20, 30, 50, 80, 100, 120
Genauig- keit	2, 5 %
Meß- bereich	0 - 100%
Registrie- rung	analog digital

Tab. A4 Die Meßgeräte am meteorologischen Turm Strahlungsbilanz		
Meß- größe	Strahlungsbilanz (W/m^2)	
Meß- gerät	Strahlungsbilanzmesser	
Typ	Lambrecht ¹ 1612	Schulze-Lange
Höhe (m)	2	30
Meß- bereich	im Spektralbereich 0,3 - 60 μm -200 - 800 W/m^2	im Spektralbereich 0,3 - 60 μm -200 - 800 W/m^2
Registrie- rung	analog digital	analog digital

¹ ab Juli 1986 nicht mehr in Betrieb

Tab. A5 Die Meßgeräte am meteorologischen Turm Sonnenscheindauer		
Meß- größe	Sonnenscheindauer (h)	
Meß- gerät	Sonnenscheinschreiber	Meßgerät für Sonnenscheindauer
Typ	Lambrecht 1604 Campbell-Stokes	Kunkis Helior KS-s
Höhe (m)	20	30
Meß- bereich	Brennspur bei Sonnenschein	0 V: keine Sonne 5 V: Sonnenschein
Registrie- rung	analog Kartonstreifen	analog digital

Tab. A6 Die Meßgeräte am meteorologischen Turm Niederschlag			
Meß- größe	Niederschlag (mm)		
Meß- gerät	Regenmesser	Regenschreiber	Regenmesser
Typ	Lambrecht 1500	Lambrecht 1507H	Thies Ombrometer HP
Höhe (m)	1	1	1
Genauigkeit	0, 05mm	0, 1mm	0, 005mm/Imp.
Registrie- rung	-	analog	digital

Tab. A7

*** TAGESWERTE FUER : APRIL 1986 ***

TEMPERATUR-EXTREME										TROCKENES THERMOMETER			FEUCHTES THERMOMETER			KFA-JUELICH		
TAG	IN GRAD			MAX.	MIN.	SCHW.	IN GRAD			MITTEL	UND PARAMETER (EIS-WASSER)			DAMPFDRUCK				
	I	II	III				I	II	III		I	II	III	I	II	III		
01	1001.1	1001.9	1005.7	11.1	3.2	7.9	5.1	10.6	5.0	6.4	3.3	5.8	3.6	6.5	6.0	6.9		
02	1005.4	1003.0	999.8	11.5	-1.1	12.6	1.0	10.3	5.4	5.5	0.5	4.9	3.3	6.0	5.1	6.4		
03	997.1	997.5	1002.1	6.8	2.3	4.5	4.4	4.6	2.4	3.4	3.6	3.8	2.1	7.3	7.5	6.9		
04	1006.2	1007.1	1008.3	7.1	1.3	5.8	2.0	6.1	3.1	3.6	1.3	3.1	1.3	6.3	5.6	6.4		
05	1009.3	1010.1	1010.7	6.6	1.4	5.2	2.1	5.8	3.1	3.5	1.1	3.5	2.8	6.0	6.3	7.3		
06	1009.4	1008.1	1005.5	7.5	-0.5	8.0	1.1	6.6	3.5	3.7	0.8	3.3	2.9	6.3	5.6	7.1		
07	999.9	999.3	1001.5	13.0	2.6	10.4	4.8	12.2	7.8	8.2	4.0	9.0	7.0	7.6	9.3	9.5		
08	1003.9	1003.3	1001.8	8.2	5.6	2.6	6.4	7.9	5.7	6.4	6.1	6.6	5.3	9.2	8.9	8.7		
09	997.3	996.1	996.1	5.8	3.3	2.5	3.9	4.3	3.4	3.8	3.5	3.5	3.0	7.6	7.3	7.3		
10	997.1	1002.9	1008.5	6.5	0.6	5.9	1.9	4.8	3.0	3.2	0.8	2.4	0.9	5.7	5.6	5.1		
11	1012.1	1011.1	1010.3	3.0	-2.5	5.5	-1.4	-1.3	-2.5	-1.9	-3.4	E	-3.9	3.5	4.5	3.6		
12	1005.4	1002.1	1001.0	4.5	-6.2	10.7	-4.0	3.5	-1.6	-0.9	-4.5	E	-3.9	3.9	2.9	3.1		
13	999.4	998.7	997.7	6.6	-4.0	10.6	-2.0	4.6	2.2	1.8	-2.8	E	1.1	4.4	4.8	5.9		
14	991.9	988.7	988.9	9.7	1.7	8.0	3.5	9.3	4.8	5.6	2.9	5.8	4.4	7.1	6.9	8.1		
15	988.7	987.9	989.3	14.3	4.3	10.0	6.9	14.1	8.7	9.6	5.4	8.4	7.5	8.0	7.2	9.6		
16	991.9	991.7	992.7	15.0	5.2	9.8	8.0	14.4	9.1	10.2	5.7	8.3	6.6	7.6	6.9	8.1		
17	993.1	991.7	992.9	14.5	5.6	8.9	8.3	12.8	6.8	8.7	5.9	8.0	4.3	7.7	7.5	6.7		
18	993.4	993.5	993.9	9.8	1.4	8.4	4.7	9.4	5.1	6.1	4.1	6.2	4.1	7.7	7.3	7.5		
19	995.4	996.7	1000.3	9.3	3.6	5.7	4.9	7.6	3.9	5.1	3.9	5.3	3.6	7.5	7.3	7.7		
20	999.5	994.5	993.3	10.3	2.7	7.6	5.2	8.0	7.8	7.2	3.8	5.6	7.0	7.1	7.5	9.5		
21	994.3	988.2	987.8	14.0	4.2	9.8	7.0	13.3	8.4	9.8	4.6	10.1	8.6	6.9	10.3	10.7		
22	992.2	995.4	997.4	14.5	6.4	8.1	7.2	13.5	8.4	9.4	4.7	7.3	5.5	6.9	6.1	7.1		
23	998.5	998.9	1000.2	15.2	3.2	12.0	7.3	14.7	10.0	10.5	5.2	8.2	7.2	7.5	6.5	8.3		
24	1001.4	1004.3	1005.3	15.0	6.7	8.3	9.4	14.1	9.8	10.8	7.7	9.6	8.0	9.3	8.9	9.5		
25	1005.9	1005.5	1003.9	11.0	5.4	5.6	8.7	10.6	9.0	9.3	7.5	10.0	8.5	9.6	11.9	10.8		
26	998.5	997.0	996.7	14.3	7.9	6.4	8.5	13.3	11.3	11.1	8.1	10.4	10.3	10.5	10.7	11.9		
27	995.9	996.6	1000.3	15.8	7.0	8.8	9.8	14.0	10.9	11.4	8.1	9.6	8.2	9.6	9.1	9.1		
28	1003.3	1004.2	1005.4	14.1	4.7	9.4	8.1	12.9	9.1	9.8	6.9	9.2	7.5	9.2	9.2	9.3		
29	1006.9	1007.9	1011.1	14.1	7.6	6.5	8.6	12.5	9.7	10.1	7.6	10.3	9.3	9.7	11.1	11.5		
30	1015.9	1017.0	1017.4	15.8	6.6	9.2	7.2	14.9	8.4	9.7	6.7	9.2	6.2	9.5	7.9	8.0		

APRIL 1986

TAG	REL. FEUCHTIGKEIT IN %			HYGROGRAPH IN %			WINDRICHTUNG UND WINDSTAERKE			BEWOELKUNG: MENGE IN 1/8 UND DICHT E IN STUFEN			SONNEN- SCHEINDAUER IN H			
	I	II	III	TAGES- MITTEL	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
01	75	47	80	67	75	44	80	249	3	248	4	257	2	1	1	9.0
02	91	40	71	67	92	38	71	213	1	297	2	96	2	0	7	8.2
03	88	88	95	90	88	88	96	334	3	345	3	340	2	0	7	1
04	88	60	84	77	88	58	84	310	2	326	3	307	2	7	8	2
05	84	69	95	83	84	68	96	318	3	350	2	265	1	8	1	2.7
06	95	57	91	81	96	55	91	91	1	68	4	57	2	8	8	2
07	88	66	90	81	88	65	90	81	2	27	2	333	1	8	1	3.2
08	96	83	94	91	97	83	95	328	2	27	2	24	2	8	8	3.0
09	94	88	94	92	95	88	94	35	3	33	3	16	2	8	1	1
10	82	66	68	72	81	63	66	2	3	44	4	30	3	8	8	1
11	63	81	72	72	61	80	70	60	2	18	3	32	1	1	0	0.3
12	86	37	56	60	86	34	53	208	1	158	2	104	2	1	0	6.4
13	83	56	82	74	83	53	82	330	1	2	1	207	2	6	1	10.6
14	91	59	94	81	92	57	95	149	2	211	2	145	2	8	1	2.7
15	80	45	85	70	80	42	85	110	2	183	3	156	3	8	1	0.5
16	71	42	70	61	71	40	70	164	3	208	3	190	3	3	0	0.3
17	70	51	67	63	70	49	66	185	2	291	2	267	1	2	1	6.1
18	91	62	86	80	92	61	86	250	2	241	2	259	2	8	2	7.5
19	86	71	95	84	86	71	96	269	2	259	3	282	2	8	2	3.1
20	80	70	90	80	80	70	91	241	2	201	3	283	3	7	1	2.7
21	69	67	90	75	69	67	90	203	2	210	3	276	3	7	1	1.4
22	68	39	64	57	68	37	64	236	3	210	2	166	2	7	1	2.4
23	73	39	68	60	73	38	68	128	2	159	2	119	3	6	1	7.1
24	79	56	79	71	79	54	79	145	2	253	2	136	1	7	1	6.0
25	85	93	94	91	85	94	95	124	1	300	2	41	1	7	1	3.3
26	95	70	89	85	96	70	89	91	1	93	2	156	2	8	1	1
27	80	56	70	69	80	54	70	129	2	235	2	258	2	1	1	2.2
28	85	62	81	76	85	60	81	187	0	334	2	315	2	8	7	5.9
29	87	76	95	86	88	76	96	298	2	314	3	296	2	8	1	1.4
30	93	46	73	71	95	44	73	336	2	6	2	19	2	8	1	10.2

APRIL 1986

TAG	SICHTSTUFE KM			ERDBODEN- ZUSTAND (0-9)			HOLLERITH- SCHLUESSEL ZIFFER			NIEDERSCHLAGSHOEHE IN MM			TAGESSUMME			SCHNEEDECKE IN CM GESAMT + FORM UND NEU	MAXIMALE WINDSPITZE IN M/S
	I	II	III	I	II	III	1	2	3	I	II	III	I	II	III		
01	<=50.0	<=50.0	<=50.0	2	1	1	1			0.1	.	1.2	1.2				17.2
02	<=50.0	<=50.0	<=20.0	1	1	1		12		.	0.2	6.2	0.2				7.5
03	<=10.0	<=10.0	<=4.0	1	1	2	1			0.2	0.0	.	7.5				9.5
04	<=20.0	<=50.0	<=20.0	1	1	1	1			1.1	0.0	1.0	1.0				6.6
05	<=20.0	<=20.0	<=10.0	1	1	2	1			1.0	0.0	2.2	2.2				5.9
06	<=4.0	<=20.0	<=10.0	1	1	2	1			0.0	.	0.7	3.5				9.0
07	<=4.0	<=4.0	<=4.0	2	1	4	1			2.8	.	.	.				8.3
08	<=2.0	<=4.0	<=2.0	1	1	1	1			.	.	.	.				7.8
09	<=2.0	<=4.0	<=4.0	1	1	1	1			.	.	0.0	6.4	8			9.5
10	<=20.0	<=50.0	<=20.0	2	1	1	134	6		6.4	0.0	0.8	0.1	8			12.2
11	<=20.0	<=20.0	<=20.0	4	1	1	3	6		0.1	0.6	7	0.1	7			9.8
12	<=20.0	<=20.0	<=20.0	4	1	1		2		.	.	.	.				4.5
13	<=10.0	<=20.0	<=20.0	4	1	1	13			.	.	0.2	1.2	8			6.7
14	<=20.0	<=50.0	<=50.0	2	1	1	13			1.0	0.2	1.7	1.9				9.9
15	<=50.0	<=50.0	<=20.0	1	1	1	1			0.0	0.1	1.7	1.8				11.7
16	<=50.0	<=50.0	<=50.0	1	1	1	1			0.0	0.0	0.1	0.2				10.1
17	<=50.0	<=50.0	<=50.0	1	1	1	1	1		0.1	0.0	0.7	1.9				12.6
18	<=10.0	<=50.0	<=50.0	2	1	1	1			1.2	0.7	0.7	1.4				7.8
19	<=4.0	<=20.0	<=20.0	1	1	2	1			.	.	3.8	3.8				10.9
20	<=20.0	<=20.0	<=20.0	1	1	2	1			0.0	0.1	2.2	2.3				11.2
21	<=50.0	<=50.0	<=20.0	1	1	2	1	1		0.0	0.6	4.7	5.8				13.1
22	<=50.0	<=50.0	<=50.0	1	1	1	1			0.5	.	.	.				12.7
23	<=50.0	<=50.0	<=50.0	1	1	1	1			.	.	.	.				9.0
24	<=20.0	<=50.0	<=50.0	1	1	1	1			.	0.0	0.4	0.4				9.0
25	<=20.0	<=10.0	<=4.0	1	2	1	1			0.0	3.6	0.6	4.2				4.5
26	<=0.5	<=10.0	<=10.0	1	2	1	1		1	4.4	4.2	.	8.6				6.8
27	<=20.0	<=50.0	<=20.0	1	1	1	1			.	.	.	.				8.7
28	<=4.0	<=10.0	<=4.0	1	1	1	1	1		.	.	.	.				5.0
29	<=2.0	<=2.0	<=2.0	1	1	1	1	1		0.0	0.0	1.6	19.4				7.0
30	<=2.0	<=20.0	<=20.0	2	1	1	1			17.8	.	.	.				7.4

APRIL 1986

*** GESAMTAUSWERTUNG FUER : APRIL 1986 ***

TABELLE 1

	TERMINE			MONATS- MITTEL	MONATS- SUMME
	I	II	III		
LUFTDRUCK (MB)	1000.4	1000.0	1000.9	1000.4	
DAMPDRUCK (MB)	7.4	7.4	7.9	7.6	
LUFTTEMPERATUR (GRAD)	5.0	9.6	6.1	6.7	
MAXIMUM (GRAD)				10.8	
MINIMUM (GRAD)				3.0	
TAGESCHWANKUNG (GRAD)				7.8	
SONNENSCHNEINDAUER (H)				3.5	106.2
REL. FEUCHTIGKEIT (%) :					
PSYCHROMETER	83	61	82	76	
HYGROGRAPH	83	60	82	75	
WINDSTAERKE	2.0	2.5	2.0	2.2	
BEWOELKUNG (1/8)	6.1	6.7	6.1	6.3	
NIEDERSCHLAG (MM) (SUMMEN)	36.7	10.3	28.8		75.7

APRIL 1986

TABELLE 2

	MAXIMUM	AM	MINIMUM	AM
LUFTDRUCK (MB)	1017.4	30.	987.8	21.
DAMPDRUCK (MB)	11.9	25.	2.9	12.
LUFTTEMPERATUR (GRAD)	15.8	27.	-6.2	12.
REL. FEUCHTIGKEIT (%) :				
PSYCHROMETER			37	12.
HYGROGRAPH			34	12.
TAGESNIEDERSCHLAG (MM)	19.4	29.		
SCHNEEDECKE (CM)				

APRIL 1986

TABELLE 3

ZAHL DER TAGE	MIT	
0	LUFTTEMP.-MAXIMUM UNTER 0 GRAD (EISTAGE)	
0	LUFTTEMP.-MINIMUM -10 GRAD ODER TIEFER	
5	LUFTTEMP.-MINIMUM UNTER 0 GRAD (FROSTTAGE)	
25	LUFTTEMP.-MINIMUM 0 GRAD ODER MEHR	
0	LUFTTEMP.-MAXIMUM 25 GRAD ODER MEHR (SOMMERTAGE)	
0	LUFTTEMP.-MAXIMUM 30 GRAD ODER MEHR (HEISSE TAGE)	
0	LUFTTEMP.-MINIMUM 20 GRAD ODER MEHR (TROPENTAGE)	
0	WINDSTAERKE 6 ODER MEHR	
0	WINDSTAERKE 8 ODER MEHR (STURMTAGE)	
0	BEWOELKUNGSMITTEL UNTER 1.6 (HEITER)	
20	BEWOELKUNGSMITTEL UEBER 6.4 (TRUEBE)	
22	MINDESTENS 0.1 MM NIEDERSCHLAG	
17	MINDESTENS 1.0 MM NIEDERSCHLAG	
8	MINDESTENS 2.5 MM NIEDERSCHLAG	
1	MINDESTENS 10.0 MM NIEDERSCHLAG	
18	REGEN	
1	SCHNEE	
3	REGEN UND SCHNEE	
0	HAGEL	
1	GRAUPEL	
8	OHNE NIEDERSCHLAG	
0	SCHNEEDECKE 0 CM UND MEHR	
0	SCHNEEDECKE 1 CM UND MEHR	
2	REIF	
10	TAU	
1	NEBEL (=SICHT UNTER 1000 M)	
0	GEWITTER	

APRIL 1986

TABELLE 4

WINDVERTEILUNG

		WINDRICHTUNGEN												00	SUMME
		345-14	15-44	45-74	75-104	105-134	135-164	165-194	195-224	225-254	255-284	285-314	315-344		
I	I	1.1	1.1	1.1	3.3	4.4	3.3	2.2	3.3	4.4	1.1	2.2	5.6	0.0	33.3
II	II	4.4	5.6	1.1	1.1	0.0	2.2	1.1	5.6	4.4	1.1	4.4	2.2	0.0	33.3
III	III	0.0	6.7	1.1	2.2	1.1	4.4	2.2	1.1	0.0	8.9	2.2	3.3	0.0	33.3
SUMME		5.6	13.3	3.3	6.7	5.6	10.0	5.6	10.0	8.9	11.1	8.9	11.1	0.0	100.0
SUMME DER WINDSTAERKEN		11.0	28.0	8.0	10.0	10.0	19.0	10.0	19.0	20.0	21.0	17.0	21.0		194.0
MITTEL DER WINDSTAERKEN		2.2	2.3	2.7	1.7	2.0	2.1	2.0	2.1	2.5	2.1	2.1	2.1		2.2

APRIL 1986

*** GESAMTAUSWERTUNG FUER : JANUAR - DEZEMBER 1985 ***

KFA-JUELICH

TABELLE 1

	TERMINE			JAHRES- MITTEL	JAHRES- SUMME
	I	II	III		
LUFTDRUCK (MB)	1005.3	1005.0	1005.5	1005.3	
DAMPFDRUCK (MB)	9.6	9.8	9.8	9.7	
LUFTTEMPERATUR (GRAD)	6.9	12.0	7.9	8.7	
MAXIMUM (GRAD)				13.0	
MINIMUM (GRAD)				4.8	
TAGESCHWANKUNG (GRAD)				8.2	
SONNENSCHEINDAUER (H)				4.1	1509.6
REL. FEUCHTIGKEIT (%) :					
PSYCHROMETER	87	67	84	79	
HYGROGRAPH	88	66	84	79	
WINDSTAERKE	2.0	2.4	1.9	2.1	
BEWOELKUNG (1/8)	5.6	5.6	4.8	5.3	
NIEDERSCHLAG (MM) (SUMMEN)	236.4	175.2	226.2		637.5

JANUAR - DEZEMBER 1985

Tab. A8

TABELLE 2

	MAXIMUM	AM	MINIMUM	AM
LUFTDRUCK (MB)	1028.2	13. 10.	940.1	21. 04.
DAMPDRUCK (MB)	25.5	26. 07.	1.5	12. 02.
LUFTTEMPERATUR (GRAD)	31.6	14. 07.	-17.5	08. 01.
REL. FEUCHTIGKEIT (%) :				
PSYCHROMETER			24	03. 06.
HYGROGRAPH			26	03. 06.
TAGESNIEDERSCHLAG (MM)	25.7	10. 06.		
SCHNEEDECKE (CM)	23.0	07. 01.		

JANUAR - DEZEMBER 1985

TABELLE 3

ZAHL DER TAGE	MIT	
34	LUFTEMP.-MAXIMUM UNTER 0 GRAD (EISTAGE)	
24	LUFTEMP.-MINIMUM -10 GRAD ODER TIEFER	
89	LUFTEMP.-MINIMUM UNTER 0 GRAD (FROSTTAGE)	
276	LUFTEMP.-MINIMUM 0 GRAD ODER MEHR	
26	LUFTEMP.-MAXIMUM 25 GRAD ODER MEHR (SOMMERTAGE)	
2	LUFTEMP.-MAXIMUM 30 GRAD ODER MEHR (HEISSE TAGE)	
0	LUFTEMP.-MINIMUM 20 GRAD ODER MEHR (TROPENTAGE)	
2	WINDSTAERKE 6 ODER MEHR	
0	WINDSTAERKE 8 ODER MEHR (STURMTAGE)	
36	BEWOELKUNGSMITTEL UNTER 1.6 (HEITER)	
137	BEWOELKUNGSMITTEL UEBER 6.4 (TRUEBE)	
207	MINDESTENS 0.1 MM NIEDERSCHLAG	
127	MINDESTENS 1.0 MM NIEDERSCHLAG	
80	MINDESTENS 2.5 MM NIEDERSCHLAG	
14	MINDESTENS 10.0 MM NIEDERSCHLAG	
131	REGEN	
14	SCHNEE	
14	REGEN UND SCHNEE	
1	HAGEL	
29	GRAUPEL	
115	OHNE NIEDERSCHLAG	
58	SCHNEEDECKE 0 CM UND MEHR	
54	SCHNEEDECKE 1 CM UND MEHR	
54	REIF	
144	TAU	
45	NEBEL (=SICHT UNTER 1000 M)	
33	GEWITTER	

TABELLE 4

WINDVERTEILUNG

		WINDRICHTUNGEN											00	SUMME
		35-1	2-4	5-7	8-10	11-13	14-16	17-19	20-22	23-25	26-28	29-31	32-34	
I		1.2	0.8	0.5	1.2	7.6	2.0	1.0	2.3	5.2	6.8	2.7	2.0	0.0 33.3
II		2.1	1.5	1.2	1.7	4.1	1.0	1.3	1.2	4.9	6.9	4.5	2.9	0.0 33.3
III		0.9	1.6	1.7	2.0	4.8	2.9	2.6	1.4	4.2	5.7	2.6	2.7	0.2 33.3
SUMME		4.2	3.8	3.5	4.9	16.5	5.9	4.9	4.8	14.3	19.4	9.8	7.7	0.2 100.0
SUMME DER WINDSTAERKEN		68.0	74.0	79.0	97.0	393.0	107.0	95.0	87.0	405.0	534.0	219.0	142.0	2300.0
MITTEL DER WINDSTAERKEN		1.5	1.8	2.1	1.8	2.2	1.6	1.8	1.6	2.6	2.5	2.0	1.7	2.1

JANUAR - DEZEMBER 1985

