

DEUTSCHER WETTERDIENST

Seewetteramt

ISSN 0072-1603

Einzelveröffentlichungen

Nr. 110

Die Windverhältnisse in überseeischen Ländern im Hinblick auf die Windkraftnutzung

(ARABIEN)

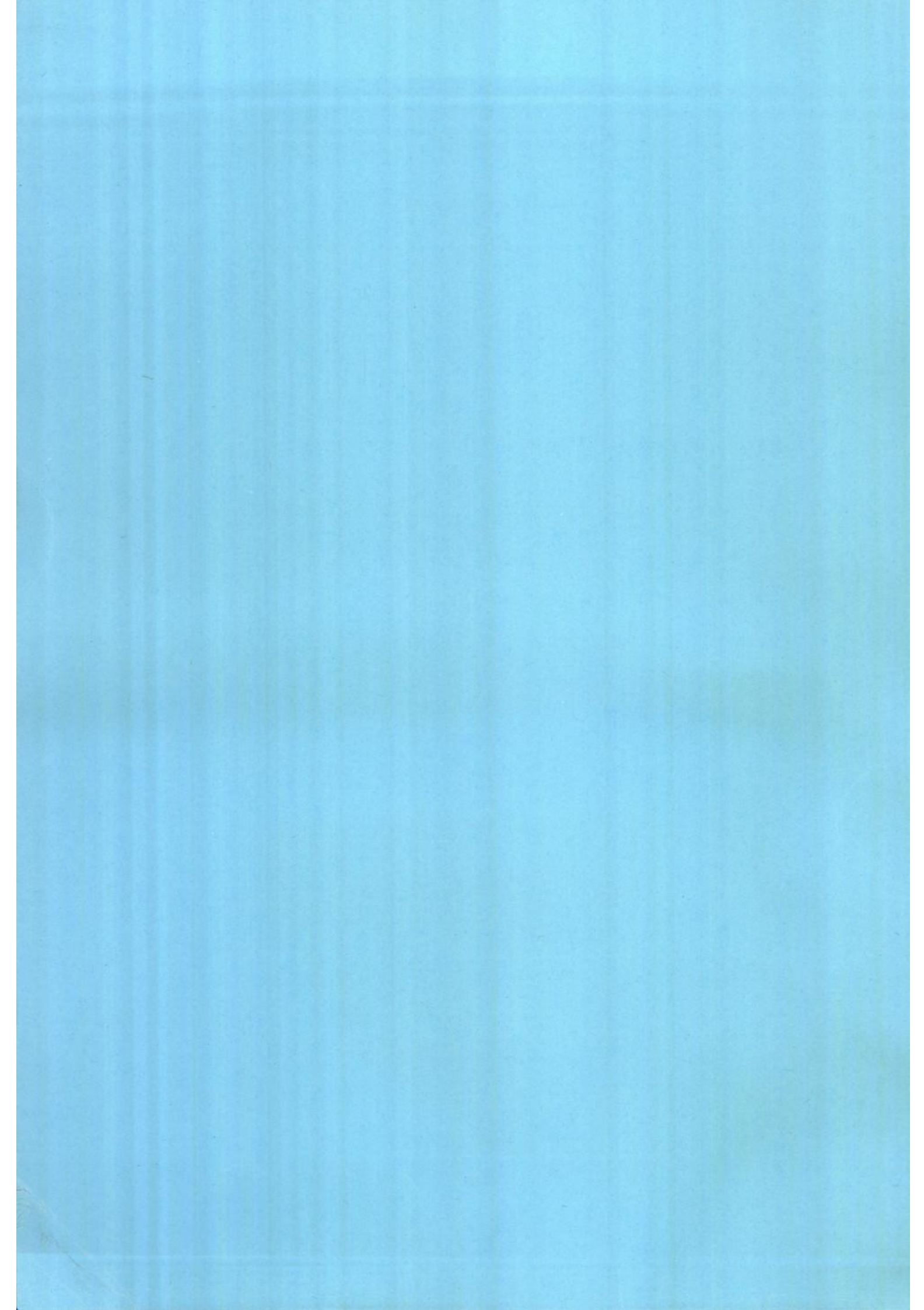
von

G.Duensing, G. Grünewald, V. Wagner, G. Martens



Hamburg

1985



DEUTSCHER WETTERDIENST

Seewetteramt

ISSN 0072-1603

Einzelveröffentlichungen

Nr. 110

Die Windverhältnisse in überseeischen Ländern im Hinblick auf die Windkraftnutzung

(ARABIEN)

von

G.Duensing, G. Grünewald, V. Wagner, G. Martens



Hamburg

1985

Die diesem Bericht zugrundeliegenden Arbeiten wurden mit Mitteln des Bundesministers für Forschung und Technologie, F+E-Vorhaben 03E-1415-A, über die Projektleitung Energieforschung (PLE) in der Kernforschungsanlage Jülich (KFA) gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt liegt jedoch allein beim Autor.

<u>Inhaltsverzeichnis</u>	Seite
Zusammenfassung.....	7
Summary.....	7
Einleitung.....	8
1. Das Klima der Arabischen Halbinsel.....	11
2. <u>Saudi-Arabien</u>	14
2.1 Daten und Auswertung Saudi-Arabien.....	14
2.1.1 Datenmaterial	
2.1.2 Berechnung der Jahresbruttoenergie	
2.1.3 Verwendung von Tagesmittelwerten	
2.1.4 Darstellungsweise der Ergebnisse und Anwendungsbeispiele	
2.2 Riyadh.....	20
2.2.0 Allgemeines	
2.2.1 Windrichtung und Betrag	
2.2.2 Jahresgang der Windrichtung	
2.2.3 Jahresgang des Betrages der Windgeschwindigkeit	
2.2.4 Tagesgang des Windes	
2.2.5 Maximale Windgeschwindigkeit	
2.2.6 Das Wind- und Energieangebot	
2.2.7 Witterung und Wetterphänomene	
2.3 Jeddah.....	24
2.3.0 Allgemeines	
2.3.1 Windrichtung und Betrag	
2.3.2 Jahresgang der Windrichtung	
2.3.3 Jahresgang des Betrages der Windgeschwindigkeit	
2.3.4 Tagesgang des Windes	
2.3.5 Maximale Windgeschwindigkeit	
2.3.6 Das Wind- und Energieangebot	
2.3.7 Witterung und Wetterphänomene	
2.4 Dhahran.....	29
2.4.0 Allgemeines	
2.4.1 Windrichtung und Betrag	
2.4.2 Jahresgang der Windrichtung	
2.4.3 Jahresgang des Betrages der Windgeschwindigkeit	
2.4.4 Tagesgang des Windes	
2.4.5 Maximale Windgeschwindigkeit	
2.4.6 Das Wind- und Energieangebot	
2.4.7 Witterung und Wetterphänomene	

	Seite
2.5	Khamis-Mushait..... 33
2.5.0	Allgemeines
2.5.1	Windrichtung und Betrag
2.5.2	Jahresgang der Windrichtung
2.5.3	Jahresgang des Betrages der Windgeschwindigkeit
2.5.4	Tagesgang des Windes
2.5.5	Maximale Windgeschwindigkeit
2.5.6	Das Wind- und Energieangebot
2.5.7	Witterung und Wetterphänomene
2.6	Turaif..... 37
2.6.0	Allgemeines
2.6.1	Windrichtung und Betrag
2.6.2	Jahresgang der Windrichtung
2.6.3	Jahresgang des Betrages der Windgeschwindigkeit
2.6.4	Maximale Windgeschwindigkeit
2.6.5	Wind- und Energieangebot
2.6.6	Witterung und Wetterphänomene
2.7	Quaisumah..... 41
2.7.0	Allgemeines
2.7.1	Windrichtung und Betrag
2.7.2	Jahresgang der Windrichtung
2.7.3	Jahresgang des Betrages der Windgeschwindigkeit
2.7.4	Maximale Windgeschwindigkeit
2.7.5	Wind- und Energieangebot
2.7.6	Witterung und Wetterphänomene
2.8	Gizan..... 45
2.8.0	Allgemeines
2.8.1	Windrichtung und Betrag
2.8.2	Jahresgang der Windrichtung
2.8.3	Jahresgang des Betrages der Windgeschwindigkeit
2.8.4	Maximale Windgeschwindigkeit
2.8.5	Wind- und Energieangebot
2.8.6	Witterung und Wetterphänomene
2.9	Yanbo..... 49
2.9.0	Allgemeines
2.9.1	Windrichtung und Betrag
2.9.2	Jahresgang der Windrichtung
2.9.3	Jahresgang des Betrages der Windgeschwindigkeit
2.9.4	Maximale Windgeschwindigkeit
2.9.5	Wind- und Energieangebot
2.9.6	Witterung und Wetterphänomene
2.10	Medina..... 53
2.10.0	Allgemeines
2.10.1	Windrichtung und Betrag
2.10.2	Jahresgang der Windrichtung
2.10.3	Jahresgang des Betrages der Windgeschwindigkeit
2.10.4	Maximale Windgeschwindigkeit
2.10.5	Wind- und Energieangebot
2.10.6	Witterung und Wetterphänomene

2.11	Taif.....	56
2.11.0	Allgemeines	
2.11.1	Windrichtung und Betrag	
2.11.2	Jahresgang der Windrichtung	
2.11.3	Jahresgang des Betrages der Windgeschwindigkeit	
2.11.4	Maximale Windgeschwindigkeit	
2.11.5	Wind- und Energieangebot	
2.11.6	Witterung und Wetterphänomene	
2.12	Al Wajh.....	59
2.12.0	Allgemeines	
2.12.1	Windrichtung und Betrag	
2.12.2	Jahresgang der Windrichtung	
2.12.3	Jahresgang des Betrages der Windgeschwindigkeit	
2.12.4	Maximale Windgeschwindigkeit	
2.12.5	Wind- und Energieangebot	
2.12.6	Witterung und Wetterphänomene	
2.13	Tabouk.....	62
2.13.0	Allgemeines	
2.13.1	Windrichtung und Betrag	
2.13.2	Jahresgang der Windrichtung	
2.13.3	Jahresgang des Betrages der Windgeschwindigkeit	
2.13.4	Maximale Windgeschwindigkeit	
2.13.5	Wind- und Energieangebot	
2.13.6	Witterung und Wetterphänomene	
2.14	Hail.....	65
2.14.0	Allgemeines	
2.14.1	Windrichtung und Betrag	
2.14.2	Jahresgang der Windrichtung	
2.14.3	Jahresgang des Betrages der Windgeschwindigkeit	
2.14.4	Maximale Windgeschwindigkeit	
2.14.5	Wind- und Energieangebot	
2.14.6	Witterung und Wetterphänomene	
2.15	Safaniya.....	68
2.15.0	Allgemeines	
2.15.1	Datenmaterial	
2.15.2	Windrichtung und Betrag	
2.15.3	Maximale Windgeschwindigkeit	
2.15.4	Tagesgang des Windes	
2.15.5	Wind- und Energieangebot	
2.15.6	Witterung und Wetterphänomene	
2.16	Übersicht Saudi-Arabien.....	71
3.	<u>Irak</u>	73
3.1	Daten und Auswertung Irak.....	73
3.1.1	Datenmaterial	
3.1.2	Berechnung der Jahresbruttoenergie	

3.2	Mosul.....	75
3.2.0	Allgemeines	
3.2.1	Jahresgang der Windrichtung	
3.2.2	Jahresgang des Betrages der Windgeschwindigkeit	
3.2.3	Tagesgang des Windes	
3.2.4	Maximale Windgeschwindigkeit	
3.2.5	Das Wind- und Energieangebot	
3.2.6	Witterung und Wetterphänomene	
3.3	Baghdad.....	79
3.3.0	Allgemeines	
3.3.1	Jahresgang der Windrichtung	
3.3.2	Jahresgang des Betrages der Windgeschwindigkeit	
3.3.3	Tagesgang des Windes	
3.3.4	Maximale Windgeschwindigkeit	
3.3.5	Das Wind- und Energieangebot	
3.3.6	Witterung und Wetterphänomene	
3.4	Basrah.....	83
3.4.0	Allgemeines	
3.4.1	Jahresgang der Windrichtung	
3.4.2	Jahresgang des Betrages der Windgeschwindigkeit	
3.4.3	Tagesgang des Windes	
3.4.4	Maximale Windgeschwindigkeit	
3.4.5	Das Wind- und Energieangebot	
3.4.6	Witterung und Wetterphänomene	
3.5	Rutba.....	87
3.5.0	Allgemeines	
3.5.1	Jahresgang der Windrichtung	
3.5.2	Jahresgang des Betrages der Windgeschwindigkeit	
3.5.3	Maximale Windgeschwindigkeit	
3.5.4	Das Wind- und Energieangebot	
3.5.5	Witterung und Wetterphänomene	
3.6	Übersicht Irak.....	90
4.	<u>Bahrain</u>	91
4.1	Daten und Auswertung.....	91
4.2	Al Muharraq.....	92
4.2.0	Allgemeines	
4.2.1	Windrichtung und Betrag	
4.2.2	Jahresgang der Windrichtung	
4.2.3	Jahresgang des Betrages der Windgeschwindigkeit	
4.2.4	Tagesgang des Windes	
4.2.5	Maximale Windgeschwindigkeit	
4.2.6	Wind- und Energieangebot	
4.2.7	Witterung und Wetterphänomene	

	Seite
5.	<u>Vereinigte Arabische Emirate</u> 96
5.1	Daten und Auswertung..... 96
5.2	Sharjah..... 97
5.2.0	Allgemeines
5.2.1	Windrichtung und Betrag
5.2.2	Jahresgang der Windrichtung
5.2.3	Jahresgang des Betrages der Windgeschwindigkeit
5.2.4	Tagesgang des Windes
5.2.5	Maximale Windgeschwindigkeit
5.2.6	Wind- und Energieangebot
5.2.7	Witterung und Wetterphänomene
5.3	Das Island..... 101
5.3.0	Allgemeines
5.3.1	Windrichtung und Betrag
5.3.2	Maximale Windgeschwindigkeit
5.3.3	Tagesgang des Windes
5.3.4	Wind- und Energieangebot
5.3.5	Witterung und Wetterphänomene
5.4	Jebel Dhanna..... 104
5.4.0	Allgemeines
5.4.1	Windrichtung und Betrag
5.4.2	Maximale Windgeschwindigkeit
5.4.3	Tagesgang des Windes
5.4.4	Wind- und Energieangebot
5.4.5	Witterung und Wetterphänomene
6.	<u>Kuwait</u> 107
6.1	Daten und Auswertung 107
6.1.1	Datenmaterial
6.1.2	Berechnung der Jahresbruttoenergie
6.2	Kuwait (intern. Airport)..... 108
6.2.0	Allgemeines
6.2.1	Windrichtung und Betrag
6.2.2	Jahresgang der Windrichtung
6.2.3	Jahresgang des Betrages der Windgeschwindigkeit
6.2.4	Tagesgang des Windes
6.2.5	Maximale Windgeschwindigkeit
6.2.6	Wind- und Energieangebot
6.2.7	Witterung und Wetterphänomene

	Seite
7. <u>Katar</u>	113
7.1 Daten und Auswertung.....	113
7.2 Doha.....	114
7.2.0 Allgemeines	
7.2.1 Windrichtung und Betrag	
7.2.2 Maximale Windgeschwindigkeit	
7.2.3 Tagesgang des Windes	
7.2.4 Wind- und Energieangebot	
7.2.5 Witterung und Wetterphänomene	
8. Überblick Emirate.....	117
Anhang A Zur Berechnung der Windenergie.....	118
B Abkürzungsverzeichnis.....	119
C Literaturverzeichnis.....	120

Zusammenfassung

Im Rahmen der intensiven Entwicklung im Bereich der Windkraftmaschinen stellt sich zunehmend auch die Frage nach ihren Einsatzmöglichkeiten. Wachsendes Interesse ist an der Verwendung solcher Anlagen in Entwicklungsländern zu verzeichnen. Zur Auslegung der Produkte werden zuverlässige Wind- und Klimadaten aus diesen Regionen der Erde benötigt.

Die vorliegende Studie versucht, aus verfügbaren Beobachtungen folgende Informationen über Windfeld und Klima an 65 Orten in 19 Ländern zusammenzustellen: Häufigkeitsverteilungen von Betrag und Richtung der Windgeschwindigkeit, Angaben über Extremwindgeschwindigkeiten und Flauten sowie statistische Angaben über relevante Wetterelemente. Das Auftreten von Wind und Wetter wird klimatologisch eingeordnet. Die vorliegende Studie besteht aus den Bänden Arabien, Afrika, Südamerika und Asien.

Summary

The rapid progress in design and construction of wind machines suggests a review of the possibilities of their adequate employment. As the utilization of wind power in developing countries claims more and more interest, the design of such machines and its operating in those regions of the world require reliable wind- and climate-data information.

This study offers an attempt to provide such data, which are extracted from observations at 65 locations within 19 countries. The following information is given: Statistics of wind speed and direction, information on extreme wind velocities as well as calms, statistics of relevant weather elements. The occurrence of wind and weather are related to the regional climate.

This study consists of four volumes: Arabia, Africa, Southamerica and Asia.

Einleitung

Seit geraumer Zeit wird intensiv an der Entwicklung von Windkraftmaschinen gearbeitet. Größere Systeme sind in der Erprobung, kleinere Anlagen werden bereits auf dem Markt angeboten.

Zunehmendes Interesse entsteht am Einsatz von Windkraftanlagen in Entwicklungsländern und damit an den Bedingungen, die sie dort erfüllen müssen. Die Industrie benötigt daher zur Auslegung ihrer Produkte und Angebote bzgl. Typenwahl und Umweltfestigkeit zuverlässige Klimadaten aus den Entwicklungsländern.

Es muß untersucht werden, wie sich das durchschnittliche Energieangebot des Windfeldes dort verteilt und welchen Beanspruchungen die Produkte unterworfen sind. Von der zeitlichen Verteilung der Windgeschwindigkeit hängen wesentliche Konstruktionsmerkmale der Windkraftmaschinen ab. Dabei geht es u.a. um die Wahl der Anlaufgeschwindigkeit für den Rotor und die Festlegung des Arbeitsbereiches, der am häufigsten angetroffen wird und in dem das Gerät optimal arbeiten soll. Daraus folgen Überlegungen, welche installierte Leistung der nachgeschalteten Arbeitsmaschine wirtschaftlich zu vertreten ist.

Es muß weiterhin die Häufigkeit auftretender Maximalwindgeschwindigkeiten aber auch der Flauten bekannt sein, um einerseits die mechanische Belastbarkeit des Systems richtig zu planen, aber auch die Wirtschaftlichkeit der Energieumwandlung zu wahren. Ein Konverter sollte bei möglichst geringen Windgeschwindigkeiten noch verwertbare Energie produzieren und erst bei möglichst hohen Windgeschwindigkeiten aus Sicherheitsgründen abgeschaltet werden. Grundsätzlich gilt es herauszufinden, welche überseeischen Gebiete für den Einsatz von Windkraftanlagen überhaupt geeignet sind.

Soweit Veröffentlichungen aus Entwicklungsländern zu Beginn dieser Studie überhaupt vorlagen, bestanden sie meist aus Isotachenkarten oder Reihen der Jahres- oder Monatsmittelwerte. Solches Material besitzt nur einen begrenzten Wert, da auf seiner Basis keine Aussage über die Windvariabilität, d.h. über Schwellwertüberschreitungsauern oder Richtungsabhängigkeiten gemacht werden können.

In der vorliegenden Arbeit sollen daher die Windverhältnisse mindestens auf der Grundlage von Tagesmittelwerten untersucht werden, besser noch - soweit möglich - mit stündlichen Werten oder anhand sog. synoptischer Werte, d.h. mittels Messungen, die im routinemäßigen meteorologischen Beobachtungsdienst an 4 bis 8 feststehenden Terminen täglich gewonnen wurden.

Neben der Untersuchung der Windverhältnisse spielen weitere Faktoren eine Rolle: die von der Luft abgegebene Leistung ist nicht nur der Windgeschwindigkeitsdifferenz vor und hinter dem Rotor proportional, sondern auch der Luftdichte. Demzufolge ist es erforderlich, neben den Windverhältnissen auch die Temperatur- und Feuchteverteilung zu berücksichtigen, die in den in Frage stehenden Klimazonen recht extreme Werte annehmen kann.

Erfahrungsgemäß sind Produkte in Entwicklungsländern meist besonderen

klimatischen Bedingungen ausgesetzt. Eine weitere Forderung an Windkraftmaschinen in Entwicklungsländern ist daher eine möglichst weitgehende Verschleißfreiheit und Umweltfestigkeit auch bei extremen Bedingungen.

Um hier Hilfen zur optimalen Auslegung solcher Maschinen im Hinblick auf Robustheit und Materialanforderungen zu geben, ist es erforderlich, über Wind, Temperatur und Feuchte hinaus weitere Wetterelemente zu beachten wie Regen, Vereisung, Hagel, oder Sand und Staub in der Luft.

Im einzelnen wurden aus vorliegenden Messungen an 65 Orten folgende Unterlagen zusammengestellt:

- Häufigkeitsverteilungen der Windgeschwindigkeit
- Schwellwertüberschreitungsdauern der Windgeschwindigkeit
- Windrichtungsverteilungen
- Häufigkeitsverteilungen und Extremwertstatistiken relevanter Wetterelemente
- kurze Klimatologien für die untersuchten Gebiete und Stationen

Die ausgewählten Länder mit den jeweils ausgewerteten Stationen sind aus der folgenden Zusammenstellung zu entnehmen.

ARABIEN

SAUDI-ARABIEN: Al Wajh
Dhahran
Gizan
Hail
Jeddah
Khamis-Mushait
Medina
Quaisumah
Riyadh
Tabouk
Taif
Turaif
Safaniya
Yanbo

IRAK: Baghdad
Basrah
Mosul
Rutba

BAHRAIN: Al Muharraq

VEREINIGTE ARABISCHE EMIRATE: Das Island
Jebel Dhanna
Sharjah

KUWAIT: Kuwait

KATAR: Doha

AFRIKA

LIBYEN: Derna
Hon
Jalo
Tripoli
Zuara

ÄGYPTEN: Alexandria
Assuan
Mersa Matruh
Port Said
Suez

NIGERIA: Ikeja
Kano

GABUN: Libreville
TSCHAD: N'Djamena

NIGER: Niamey
Tahoua
Zinder

MALI: Mopti
Nioro du Sahel

SENEGAL: Dakar
St. Louis

ASIEN

INDIEN: Ahmedabad
Haiderabad
Kalkutta
Madras
Neu Delhi
Poona

INDONESIEN: Djakarta

SÜDAMERIKA

BRASILIEN: Belem
Belo Horizonte
(Manaus)
Rio de Janeiro

VENEZUELA: Cagigal
La Orchila
Puerto Cabello

ECUADOR: Guayaquil
Izobamba
Pichilique
Portoviejo
Puyo
Quito (Aeropuerto)

1. Das Klima der arabischen Halbinsel

Diese Beschreibung des Klimas der arabischen Halbinsel umfaßt die Länder Saudi-Arabien, Kuwait, Bahrain, Qatar, Vereinigte Arabische Emirate, Oman, Demokratische Volksrepublik Jemen und Arabische Republik Jemen.

Das bedeutendste Klimaelement für das Leben in dieser Region ist der Niederschlag. Der weitaus größte Teil der Halbinsel ist Wüste. Nur im Südwesten in Hochlagen über 1000 Meter fällt genügend Niederschlag, der eine beständige Vegetation zuläßt. Das verhältnismäßig schmale Gebiet erstreckt sich über eine Länge von 800 bis 1000 km und mit einer Breite von nur reichlich 100 km etwa zwischen Taif (etwa 22 Grad N) und der Arabischen Republik Jemen (etwa 16 Grad N).

Räumlich wie zeitlich zeichnen sich zwei Schwerpunkte mit etwa 50 Millimeter Niederschlag pro Monat im Winter und über 100 Millimeter im Sommer ab, die im Bereich der über 2000 Meter hohen Bergmassive von Bishah und an der Grenze zur Arabischen Republik Jemen auftreten. Hier werden Jahresmengen über 500 Millimeter erreicht.

Ein weiteres Gebiet mit nennenswerten, für den Pflanzenwuchs gerade ausreichenden Niederschlägen (im Winter sogar Schneefall) ist der Höhenzug im Südosten der Halbinsel, d.h. im Norden von Oman (Al Hajer al Gharbi).

In allen anderen Regionen der Halbinsel liegen die Jahresmengen des Niederschlags um 100 Millimeter oder meist noch darunter. Obwohl der Norden der Halbinsel besonders im Winter gelegentlich unter den Einfluß der Westwindzirkulation gerät und Störungsausläufer ostwärts ziehender Zyklonen diesen Bereich streifen, läßt seine geographische Lage im Lee der Bergkette der Levante keine nennenswerten Niederschläge zu. Die geringen Mengen, die verzeichnet werden, fallen hauptsächlich zwischen November und März, einen Zeitraum, in dem 6-8 mal im klimatologischen Mittel Kaltfronten den arabischen Raum überqueren. Schneefall wird durchaus, wenn auch sehr selten, im Bereich der Pipeline Tuarif-Badanah beim Durchgang von Kaltfronten gemeldet.

Im Sommer bildet das südasiatische Monsuntief zwei Kerne unter 1000 hPa aus mit Zentren über Nordindien und dem arabisch-persischen Golf (Abb. 1.A). Zum Süden hin nimmt der Luftdruck über den Äquator hinweg zu bis zur subtropischen Antizyklone im winterlich südindischen Ozean. Die Luftmassen, die von Süden in dieses System einbezogen werden, haben ihren Ursprung im Südostpassat des Indischen Ozeans, der am Äquator zum Südwestmonsun wird und den Süden der arabischen Halbinsel streift. Dieser Zirkulation sind die Sommerniederschläge im Bergland des Südwestens zuzuschreiben.

Im Winter besteht eine Zelle hohen Luftdruckes mit mehr als 1018 hPa als Keil der asiatischen Antizyklone über dem zentralen Hochland von Arabien (Abb. 1.B). Der Nordostmonsun aus der asiatischen Winter-Antizyklone beeinflusst jedoch ebenfalls nur den äußersten Süden der Halbinsel und die Arabische See, während über dem arabisch-persischen Golf eine Nordwestströmung (Winter-Schamal) vorherrscht, die bei

Kaltfrontdurchgängen für wenige Tage verstärkt wird und bis zu 18 m/s erreichen kann.

An allen Küsten treten Land-Seewind-Systeme auf, die sich der allgemeinen Zirkulation überlagern. Begrenzte kurzzeitige Stürme von mehr als 20 m/s sind in allen Regionen zu allen Jahreszeiten möglich. Bleibt der Niederschlag aus, tritt oft erhebliche Lufttrübung durch Sand und Staub auf.

Während es im trockenen Landesinnern nicht so häufig zu Gewittern kommt, gibt es an den Küsten bei genügender Luftfeuchtigkeit bis zu 18 Tage mit Gewittern im Jahr, meist zu Beginn und Ende der winterlichen Regenfälle. Tropische Wirbelstürme mit einem Durchmesser von bis zu mehreren hundert Kilometern mit Orkanwindstärken ziehen vom Indischen Ozean nordwestwärts und erreichen die Arabische See im Durchschnitt einmal im Jahr, den Golf von Oman sehr selten und den arabisch-persischen Golf überhaupt nicht. Vereinzelt ziehen sie bis an den südlichen Küstenbereich der Halbinsel bis hin nach Aden und wirken sich hier durch hohe Windgeschwindigkeiten aus, seltener auch mit Regen.

Über dem arabisch-persischen Golf und über dem Festland werden jedoch gelegentlich Windhosen beobachtet. Sie haben eine horizontale Ausdehnung von wenigen Metern bis zu 100 m. Charakteristisch ist ein schlauch-rüsselartiges Gebilde, das sich meist aus den unteren Wolken bis zum Erdboden erstreckt. Diese Windhosen sind staubführend und erzeugen örtlich sehr hohe Windgeschwindigkeiten. Die Gefahren liegen in dem plötzlichen Einsetzen hoher Windgeschwindigkeiten, die nicht vorhersagbar sind.

Die mittlere Lufttemperatur bewegt sich etwa zwischen 14 Grad Celsius im Januar und 40 Grad Celsius im Juli, wobei der Nordwestteil im Winter am kältesten ist. Hierüber hinaus spielen die Höhenlage und die Entfernung zur Küste eine große Rolle. So sind die Extremwerte der Temperatur sehr unterschiedlich, wie die Tabelle zeigt:

Tabelle 1.1: Absolute Extremtemperaturen in Grad Celsius

Baghdad 35 m NN (Landesinneres im Norden)	Bahrain 2 m NN (Küste Golf)	Muscat 14 m NN (Ostküste)	Riyadh 608 m NN (Zentrales Landesinneres)
Max. 50,2	46,7	48,0	46,6
Min. - 8,5	3,0	9,5	- 7,2

Fahud 232 m NN (Landesinneres im Osten)	Khamis Mushait 2057 m NN (Südwestl. Hochland)	Jeddah 11 m NN (Küste Rotes Meer)
Max. 52,0	32,8	47,0
Min. 5,0	0,2	12,0

Höhenangaben in Meter über NN (m NN)

Bei den gelegentlichen kräftigen winterlichen Kaltluftvorstößen aus Nordwest können in Bagdad und somit im gesamten Norden und Nordwesten bis zu 3 Frosttage im Jahr vorkommen (Kontinentales Klima), während in den Küstenzonen das warme Meerwasser ausgleichend wirkt (maritimes Klima). Allen Stationen gemeinsam ist die große tägliche wie auch jährliche Schwankungsweite zwischen Minimum- und Maximumtemperatur. Nur im Hochland (Khamis Mushait) ist sie etwas geringer. Der Wasserdampfgehalt an den Küsten läßt die Witterung bei den hohen sommerlichen Temperaturen sehr schwül werden. Die Wassertemperaturen liegen in dieser Zeit etwas über 30 Grad Celsius. Im Innern der Halbinsel wird die Schwülegrenze (vgl. Kap. 2.1.4) trotz der außerordentlich hohen Temperaturen wegen des fehlenden Wasserdampfes selten erreicht. Es ist heiß und trocken. Im Winter ist dagegen das Klima wesentlich erträglicher.

Die hohen Mittagstemperaturen bei geringem Wasserdampfgehalt lassen die relative Luftfeuchtigkeit im Landesinnern auf 10 % absinken, während sie an der feuchten Küste des Golfs (Abu Dhabi) um 60 % liegt. Das bei solchen Verhältnissen große Sättigungsdefizit der Luft verursacht eine hohe potentielle Verdunstung, die nur an wenigen Tagen im Jahr durch Niederschläge ausgeglichen werden kann. Die Halbinsel hat ein ausgesprochen arides Klima.

Die große Trockenheit bedingt ein Jahresmittel der Bewölkung von 2 Zehntel. Meistens handelt es sich dabei nur um mittelhohe und hohe Bewölkung, also in Höhen von 3 - 7 km und 7 - 18 km. Das Maximum liegt im Winter bei 3 bis 4 Zehntel. Der Sommer ist verbreitet und fast durchweg wolkenlos. Im Küstenstreifen ist der nässende Frühnebel charakteristisch, wenn in den Wintermonaten eine stärkere nächtliche Ausstrahlung auftritt. Die mittlere Anzahl der Sonnenscheinstunden pro Tag beträgt im Januar 6 bis 8 Stunden, im Juli fast überall 13 Stunden am Tag. Das sind nahezu 100 % der möglichen Sonnenscheindauer.

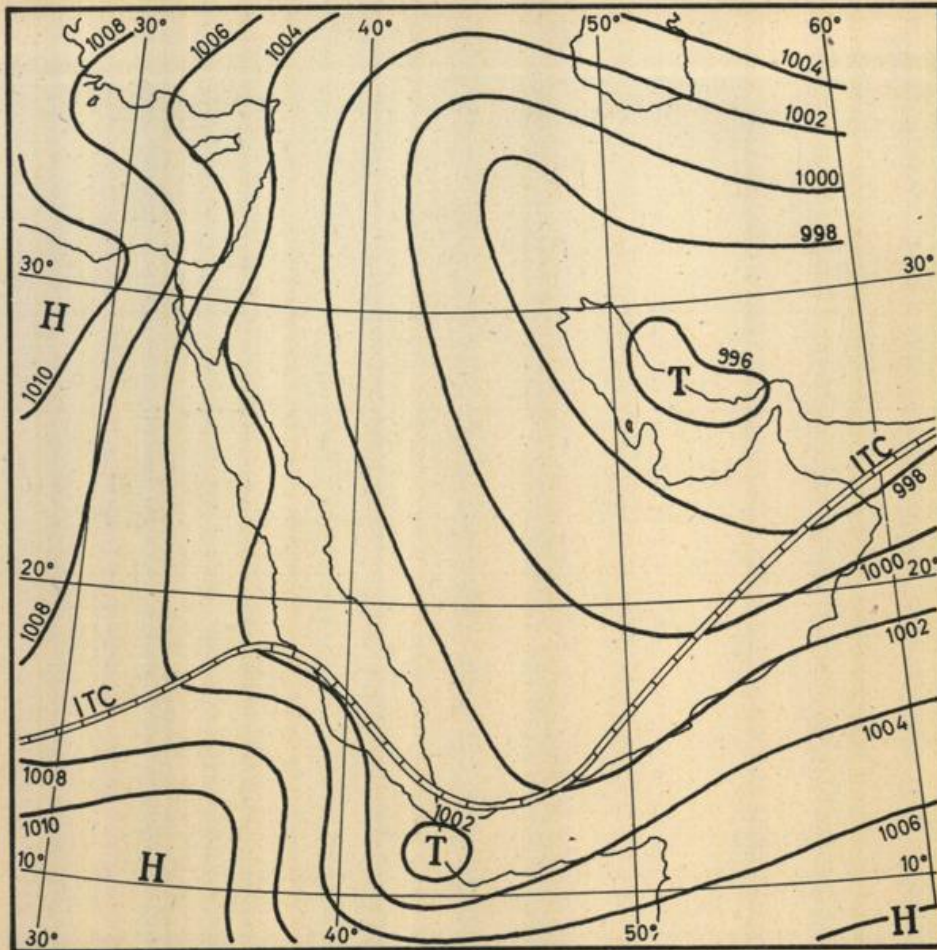


Abb.1.A: Mittlere Luftdruckverteilung (in hPa), JULI

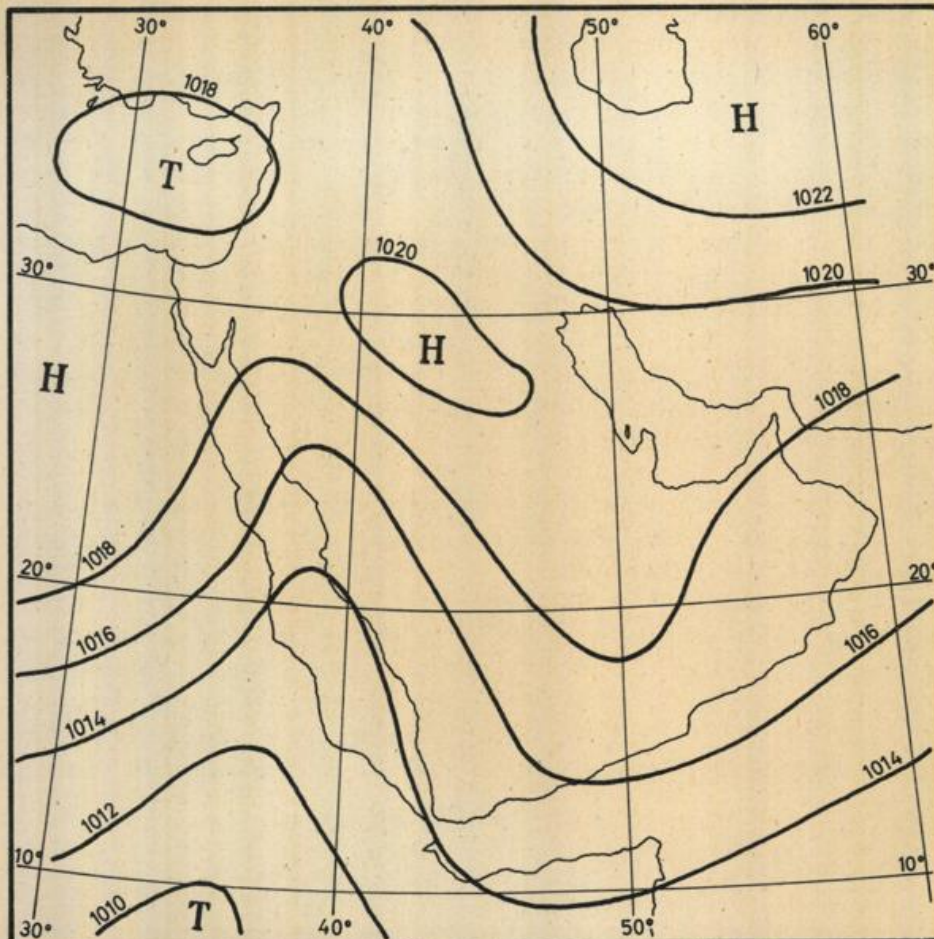


Abb.1.B: Mittlere Luftdruckverteilung (in hPa), JANUAR

2. Saudi-Arabien

2.1 Daten und Auswertung Saudi-Arabien

2.1.1 Das Datematerial

Für die Auswertung der saudi-arabischen Stationen standen für einen Zeitraum von 6 Jahren (1971-1976) tägliche klimatologische Beobachtungen folgender meteorologischer Elemente zur Verfügung:

tägliche Extrem- und Mittelwerte von Lufttemperatur, relativer Luftfeuchte, Luftdruck, die Andauer verschiedener Wetterphänomene wie Gewitter, Regen, Sand-/Staubsturm, Staub in der Luft, trockener und feuchter Dunst, Nebel sowie Tagessummen des Niederschlags.

Die Windbeobachtungen waren als Tagesmittel sowie mit je einer täglichen maximalen Böe - im folgenden auch als Extremwind bezeichnet - nach Richtung und Betrag vertreten. Die Windmesser befinden sich in einer Höhe von 10 m über Grund.

Zur Bildung der Tagesmittel wurde in Saudi-Arabien folgendermaßen verfahren: lagen mehr als 20 stündliche Ablesungen vor, wurde das Mittel aus diesen Werten gebildet, bei weniger als 20 Werten aus den Beträgen der 8 synoptischen Termine (00, 03, 06, ..., 21 UTC), bei weniger als 8 synoptischen Terminen aus den Werten der 4 Haupttermine (00, 06, 12, 18 UTC). Bei Vorliegen von noch weniger Beobachtungen wurde kein Mittelwert gebildet. Auf diese Weise wurde also ein arithmetischer Mittelwert erzeugt. Die vorliegende Arbeit wird im folgenden auch in erster Linie mit solchen Mittelwerten operieren. Gegenüber den Medianwerten liegen die arithmetischen Mittelwerte in der Regel etwas niedriger, da die Windverteilung meist eine positive Schiefe aufweist. Im Fall von Khamis Mushait ergibt sich beispielsweise der arithmetische Mittelwert zu 2,8 m/s, der Medianwert zu 3,1 m/s. Als mittlere Richtung wurde die häufigste der stündlichen Windrichtungen angegeben, ausgewertet nach der 16-skaligen Windrose, so wie in den Abbildungen dargestellt.

Für zwei weitere Jahre (1977/1978) lag für die Stationen Jeddah, Dharan, Riyadh und Khamis-Mushait detaillierteres Material vor, u.a. 4 Terminwerte einiger meteorologischer Parameter sowie eine Windstatistik, basierend auf stündlich abgelesenen Windwerten. Das ermöglichte an diesen Orten weitergehende Untersuchungen, beispielsweise einen Vergleich des Windangebotes aus stündlichen Werten und Tagesmittelwerten.

Ausgewertet wurden die Stationen (Abb. 2.1.A):

Station	Höhe über NN	Breite		Länge	
		N	E	N	E
1. Gizan	3 m	16	52	42	35
2. Yanbo	6 m	24	07	38	03
3. Jeddah	11 m	21	30	39	12
4. Al Wajh	19 m	26	14	36	26
5. Dhahran	21 m	26	16	50	10
6. Quaisumah	356 m	28	20	46	07
7. Riyadh	608 m	24	42	46	44
8. Medina	632 m	24	33	39	43
9. Tabouk	769 m	23	22	36	35
10. Turaif	824 m	31	41	38	40
11. Hail	988 m	27	31	41	44
12. Taif	1457 m	21	29	40	32
13. Khamis Mushait	2057 m	18	18	42	48
14. Safaniya	6 m	28	00	48	46

Aus dem gesamten vorliegenden Datenmaterial läßt sich keine Aussage über die Drehung der Windrichtung machen. Für einen nachgeführten Windkonverter wäre es u.U. interessant zu wissen, wieviele Umdrehungen er in welcher Zeit um seine vertikale Achse vollführen würde. Dazu wären jedoch Analogregistrierungen oder Messungen mit hoher Zeitauflösung vonnöten, aus denen die Integration vorgenommen werden könnte. Solche Unterlagen standen nicht zur Verfügung.

Für jede Station wurde eine Häufigkeitsverteilung der täglichen stärksten Böen angegeben, obwohl diese Werte energetisch kaum relevant sein dürften, da die Dauer einer Böe höchstens im Minutenbereich liegt. Trotzdem ist die Extremwindstatistik für konstruktive Maßnahmen wichtig, und in diesem Zusammenhang wird besonders die maximal aufgetretene Böe interessieren, die jeweils in dem Abschnitt unter "Maximale Windgeschwindigkeit" angemerkt ist.

2.1.2 Berechnung der Jahresbruttoenergie

Die Maßzahlen für die Windenergie werden in kWh pro Jahr und 1 m^2 Fläche senkrecht zur Strömungsrichtung angegeben. Da hier kein bestimmter Konvertertyp zugrunde gelegt worden ist, wurde mit dem Wirkungsgrad 1 bezogen auf eine Rotorfläche von 1 m^2 gerechnet. Es wurde also diejenige Energie berechnet, die im Windfeld potentiell vorhanden ist - wobei das jeweils verfügbare Datenmaterial als Grundlage dienen mußte.

Dieses Verfahren bietet den Vorteil, daß geräteunabhängige Vergleichszahlen gewonnen werden. Die tatsächlich nutzbare Energie hängt allerdings noch von weiteren Konvertercharakteristiken ab, wie Anlaufschwelle, Vollastbereich und Abschaltgeschwindigkeit. Mit Hilfe dieser Kenngrößen kann die voraussichtliche konverterbedingte Energieausbeute aus den Winddauerkurven abgeschätzt werden. Umgekehrt geben

die Winddauerkurven Auskunft über optimale und wünschenswerte Konvertercharakteristiken.

Das genaue Verfahren sowie die Formel, nach der die Bruttoenergie bestimmt wurde, sind in Anhang A erläutert.

Neben der Windgeschwindigkeit v tritt in der Bestimmungsgleichung für die Windenergie die Luftdichte als Variable auf. Neben dem Luftdruck und der Feuchte, deren Einfluß als gering betrachtet werden kann, hängt sie vor allem von der Temperatur ab. Während bei einem mittleren Tagesgang die Dichte um $\pm 1,5$ bis $\pm 2,5$ % variiert, werden im Jahresgang an einzelnen Stationen Unterschiede bis zu ± 10 % zwischen Sommer und Winter erreicht. Die Höhenlage schließlich spielt als dritter Faktor eine Rolle. Vergleicht man etwa den Jahresmittelwert der Dichte von Gizan (3 m Höhe) mit dem der Bergstation Khamis-Mushait (2057 m Höhe), so errechnet sich ein Dichteunterschied von insgesamt ca. 20 %. Aber auch die Unterschiede zu mittelhoch gelegenen Stationen (500 - 1000 m) betragen schon 6 - 8%. Würde man schließlich die Energie mit einer mittleren Dichte der mittleren Breiten abschätzen, so erhielte man eine systematische Überschätzung von ca. 6 - 7 % bei Stationen im Meeresniveau.

Die Dichte wurde dahingehend berücksichtigt, daß zur Energieabschätzung mit einem höhenabhängigen Jahresmittelwert der Dichte gerechnet wurde, variierend mit der Höhe in 500 m - Intervallen. Folgende Werte wurden zugrunde gelegt:

nahe Meeresniveau:	=	1,174 kg/m ³
nahe Meeresniveau - 500 m:	=	1,144 " "
501 m - 1000 m:	=	1,095 " "
1001 m - 1500 m:	=	1,010 " "
1501 m - 2000 m:	=	keine Station
2001 m - 2500 m:	=	0,950 kg/m ³

Die Verwendung des Jahresmittelwertes der Dichte beeinflusst wegen des Jahresganges der Temperatur das Ergebnis dahingehend, daß das Energieangebot im Sommer etwas über-, im Winter etwas unterschätzt wird. Die absolute Größe dieses Einflusses hängt jedoch wesentlich vom Windangebot ab und fällt mit zunehmender Windgeschwindigkeit höher aus.

2.1.3 Verwendung von Tagesmitteln

Bei der Beurteilung des Wind- und Energieangebotes muß beachtet werden, daß die Auswertung auf Tagesmittelwerte zurückgreifen mußte. Dieser Mittelwert liefert zwar ein um so besseres Ergebnis, je geringer die Streuung der Einzelwerte ist, jedoch gibt es in dieser Klimaregion ausgeprägte Tagesgänge des Windes, wie stellvertretend für eine Station am Roten Meer (Jeddah), am arabisch-persischen Golf (Dhahran), im Inland (Riyadh) und für eine Bergstation (Khamis-Mushait) in Abb. 2.1.B gezeigt wird. Allein diese Tatsache muß zu Konsequenzen im berechneten Energieangebot führen.

Das Mittelungsverfahren täuscht einerseits eine drastische Abnahme der

Kalmen, oder anders ausgedrückt, eine Zunahme der Häufigkeit niedriger Windgeschwindigkeiten vor und auf der anderen Seite eine Reduzierung der höheren Windwerte. Quantitativ konnte diese Wirkung an den 4 oben genannten Stationen für die Jahre 1977/78 untersucht werden, in denen zusätzlich eine Statistik stündlich abgelesener Windwerte zur Verfügung stand. Die Verteilungen zeigen die oben genannten Mittelungseffekte, wobei die Tagesmittelwerte z.B. bei Riyadh bei 9 - 10 m/s enden, während die Einzelwerte, wenn auch mit geringen Anteilen, Geschwindigkeitsklassen bis 17 m/s belegen (Abb. 2.1.C).

Man erhält also eine systematische Unterschätzung der Energie bei Verwendung von Tagesmitteln. Die Integration der Windgeschwindigkeitsabhängigen Energiebeiträge (Abb. 2.1.D) macht das deutlich. Generalisierend läßt sich sagen, daß in dem Geschwindigkeitsbereich, den die Tagesmittelwerte überdecken, die berechnete Energieausbeute für stündliche Werte die der Tagesmittel nicht wesentlich übersteigt; nicht ganz so gut gilt das für Jeddah. In allen 4 Beispielen wird der Anteil, der sich aus den stündlichen Werten zusätzlich errechnet, aus den hohen Windgeschwindigkeiten der Stundenwerte gespeist, die nur etwa 5 bis 10 % der Verteilung ausmachen. Dieser Energiemehranteil übersteigt aber zwischen 30 und 128 % die aus den Tagesmitteln errechnete Energie.

Dies ist das Ergebnis des Vergleichs aus zwei Jahren. Es ist aber anzunehmen, daß die Unterschiede sich auch bei längeren Auswerteperioden, wie den vorliegenden 6 Jahren, kaum reduzieren werden.

Aus den dargestellten 4 Vergleichsfällen läßt sich auch kein Parameter ableiten, der es gestatten würde, die Unterschätzung des Wind- und Energieangebotes an den übrigen 9 Stationen anzugeben. Naheliegend wäre eine Überlegung, die am Tagesgang des Windes anknüpft:

Da die höheren Windgeschwindigkeiten proportional zur 3. Potenz entsprechend höhere Beiträge zur Gesamtenergie liefern, muß das Tagesmittel - das den Tagesgang ja eliminiert - eine geringere Energieausbeute liefern als die Summe der Einzelwerte über den Tag, die die hohen Beiträge der Windgeschwindigkeitsmaxime einbeziehen. Denkbar wäre daher, daß das Tagesmittel die Energie um so mehr unterschätzt, je größer die Amplitude des Tagesganges ist, bezogen auf den Tagesmittelwert. Aber auch diese Überlegung führt zu keinem anwendbaren Korrekturverfahren, zumal als einziger Parameter in dem Bearbeitungszeitraum (1971-76) neben den Tagesmittelwerten nur die maximale tägliche Böe zur Verfügung steht. Deren Korrelation zu den Tagesmittelwerten ist jedoch zu schwach, wie das Beispiel Riyadh zeigt (Abb. 2.1.E). Der Unterschied der Ergebnisse aus Tagesmitteln und stündlichen Werten hängt offenbar allein mit der Windverteilung im oberen Windgeschwindigkeitsbereich, d.h. anteilsmäßig mit 5 - 10 % der Fälle, zusammen.

In der Windrichtung kann es bei dem im Lande angewandten Auswerteverfahren durch Auswahl einer (vorherrschenden) Richtung pro Tag zur Bevorzugung einzelner Richtungen kommen. Starke tägliche Richtungsvariationen dürften allerdings unter dem Begriff "variabel" (VRBL) erfaßt worden sein.

2.1.4 Darstellungsweise der Ergebnisse und Anwendungsbeispiele

Das Windangebot wurde in Form einer Windgeschwindigkeitsdauerkurve dargestellt, einer speziellen Form der Summenhäufigkeitsfunktion. Damit läßt sich die Frage beantworten, wie häufig im untersuchten Zeitraum sich die Windgeschwindigkeit innerhalb bestimmter Intervallgrenzen befindet oder wieviel Prozent dieser Zeit von Windgeschwindigkeiten gekennzeichnet ist, die ober- oder unterhalb einer bestimmten Schwelle liegen. Gewonnen wurden diese Kurven durch schrittweises Aufsummieren der in bestimmten Klassen vorliegenden relativen Häufigkeiten.

Die Darstellungen der Windgeschwindigkeitsdauerkurven zeigen in der Vertikalen die Windgeschwindigkeit, die erreicht oder überschritten wird und in der Horizontalen die Dauer in Prozent des Gesamtzeitraumes. Aus Abb. 2.2.G liest man also beispielsweise ab, daß in Riyadh zu 15 % des Zeitraumes 2 m/s unterschritten wurden und in 85 % aller Fälle Windgeschwindigkeiten größer als 2 m/s herrschten. Aus der Differenz der Prozentanteile zweier Windgeschwindigkeiten läßt sich die prozentuale Häufigkeit des dazugehörigen Geschwindigkeitsintervalls bilden.

Auf diese Weise erhält man umgekehrt wieder die relative Häufigkeitsverteilung der Windgeschwindigkeit, die an dieser Stelle für 0,5 m/s - Intervalle gebildet und aus denen der Energieanteil pro Intervall bestimmt wurde. So zeigt beispielsweise in Abb. 2.2.H die Vertikale die Bruttojahresenergie in KWH pro m² und Jahr und in der Horizontalen die Energiebeiträge jedes 0,5 m/s - Intervalls. Die Gesamtenergie an der Station ergibt sich durch Summation der Einzelbeiträge. Dieser Sachverhalt wurde auch tabellarisch dargestellt.

Die Abkürzungen der Windrichtungen sind in der meteorologischen Notation gegeben (vgl. Abkürzungsverzeichnis). Die Jahresgänge für Windrichtung (vgl. Abb. 2.2.B) und Betrag der Windgeschwindigkeit (vgl. Abb. 2.2.D) zeigen in der Vertikalen die einzelnen Monate und in der Horizontalen die Richtungen bzw. die Geschwindigkeitsintervalle. In der vertikalen Ableserichtung läßt sich also verfolgen, wie die Häufigkeit einer bestimmten Windrichtung bzw. Windstärke im Laufe des Jahres variiert oder, bei horizontaler Ablesung, wie die Variablen während eines Monats verteilt sind.

Für jede Station wurde ein Diagramm für die Wärmebelastung eines Tropenreisenden erstellt (Abb. 2.2.J). Das Diagramm enthält neben der Temperatur verschiedene Feuchtemaße, dargestellt in Form von Isolinien, die im Diagramm selbst erklärt sind. Markiert sind 4 Bereiche unterschiedlicher Wärmebelastung: 0 = belastungsfrei, 1 = Übergangsbereich von belastungsfrei nach schwül, 2 = schwül, 3 = sehr schwül, 4 = trocken und heiß.

Die Grenzen dieser Bereiche wurden durch Tests herausgefunden, wobei zu bemerken ist, daß sich für Bewohner von Gebieten höherer Klimabelastung die Grenzen durchaus verschieben können. Der Standort in diesem Diagramm ergibt sich aus Temperatur und Feuchte. So empfindet ein Mitteleuropäer 26 Grad Celsius bei 20 % relativer Feuchte durchaus als unbelastend, bei 50 % relativer Feuchte beginnt

das Schwüleempfinden (Belastungsstufe 1), bei 65 % relativer Feuchte spricht er von Schwüle (Belastungsstufe 2) und 95 % relative Feuchte bei derselben Temperatur von 26 Grad Celcius wird als sehr schwül registriert (Belastungsstufe 3).

Für jeden Monat wurden die mittleren Verhältnisse in den Morgenstunden (Punkte, verbunden durch gestrichelte Linien) und die mittleren Bedingungen am Mittag und frühen Nachmittag (Kreuze, verbunden durch durchgezogene Linien) markiert. Im Laufe des Tages verändert sich die Klimabelastung also längs einer - hier nicht eingezeichneten - Linie zwischen den korrespondierenden Monaten. Im Beispiel Riyadh (Abb. 2.2.J) ist es im Monat Mai morgens noch belastungsfrei, in den Mittagsstunden jedoch trocken und heiß. Im Januar dagegen bleibt es den ganzen Tag über belastungsfrei.

Zur Beurteilung des Klimas und einzelner wichtiger Wetterelemente wurde jeder Station noch eine ausführliche Klimatabelle beigelegt.

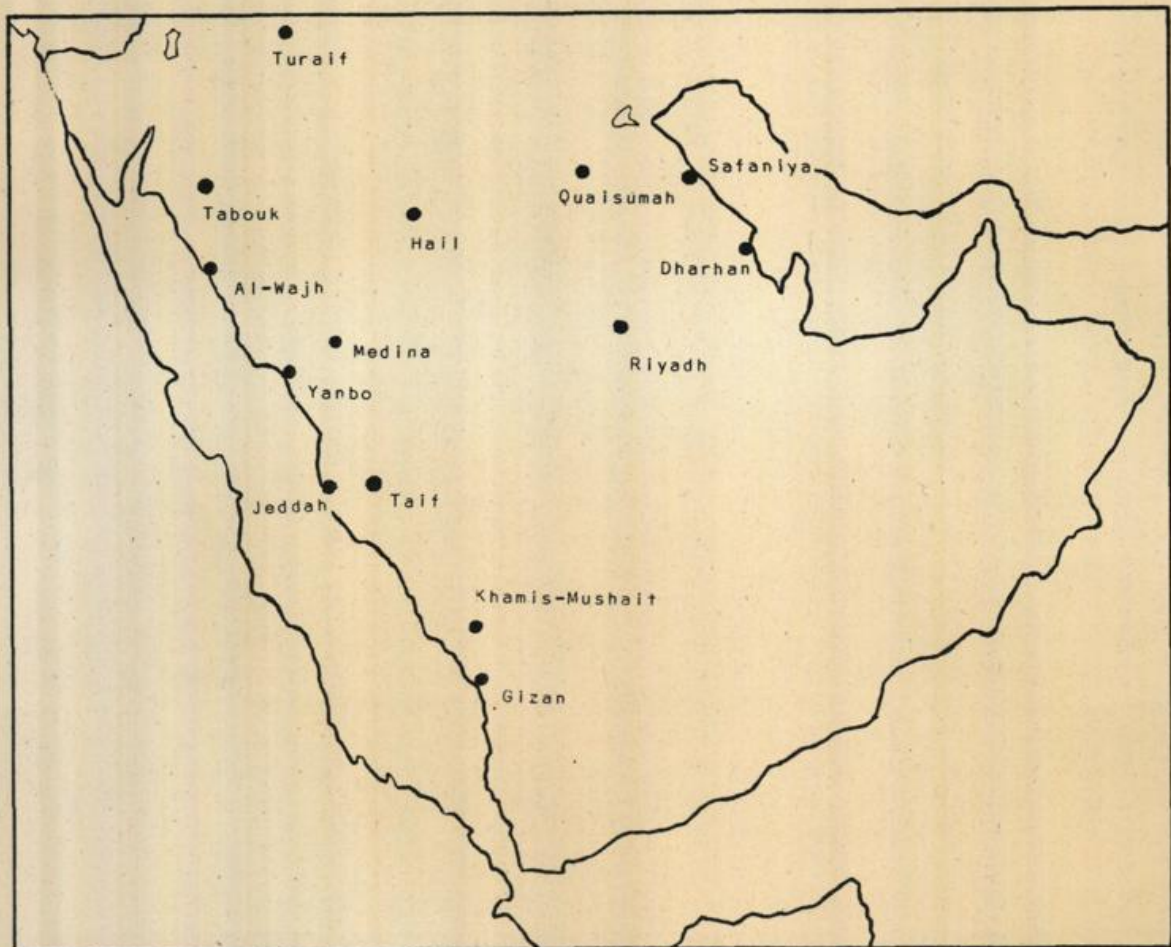


Abb. 2.1.A: Die ausgewählten und bearbeiteten saudi-arabischen Stationen.

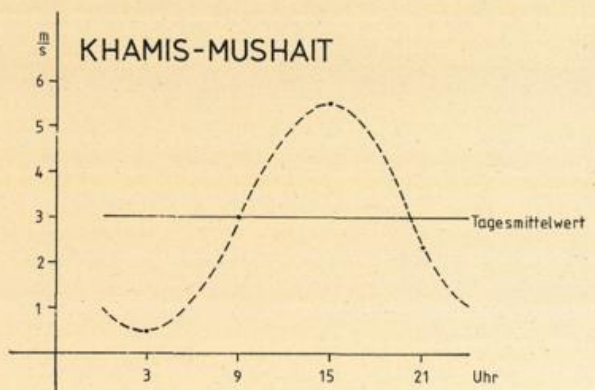
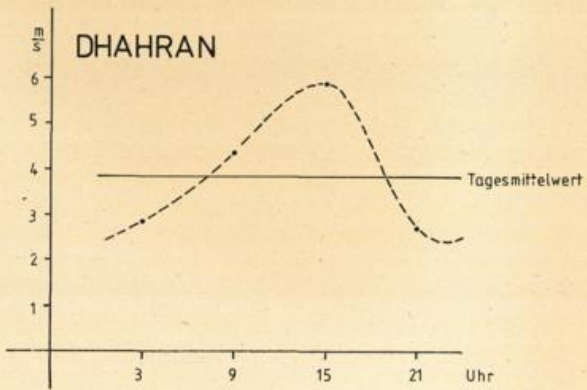
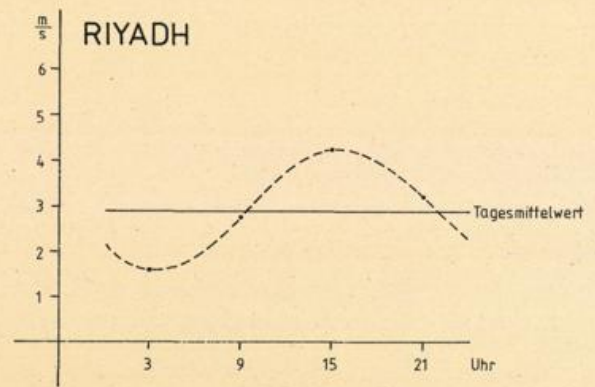
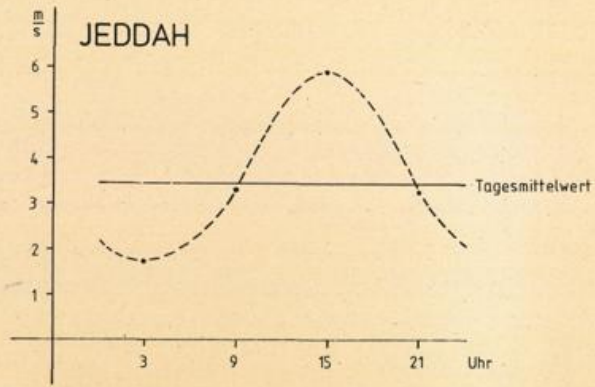
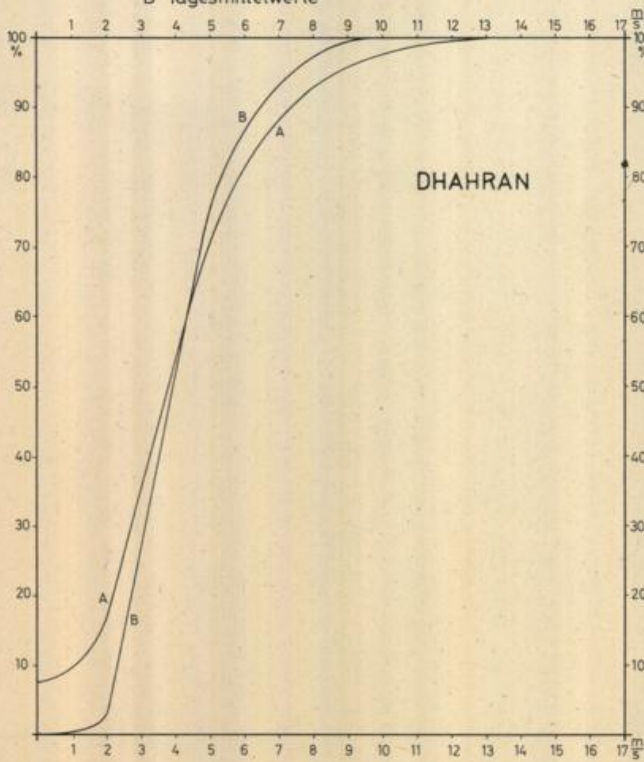


Abb.2.1.B: Mittlerer Tagesgang des Windes aus Terminwerten der Jahre 1977/78

Summenhäufigkeitsfunktion Wind

A stündliche Ablesungen (24 pro Tag)

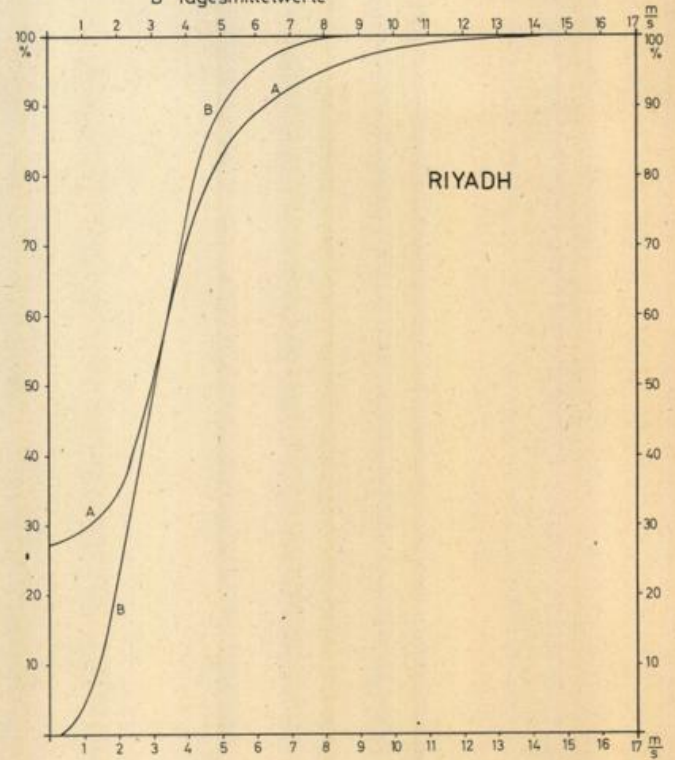
B Tagesmittelwerte



Summenhäufigkeitsfunktion Wind

A stündliche Ablesungen (24 pro Tag)

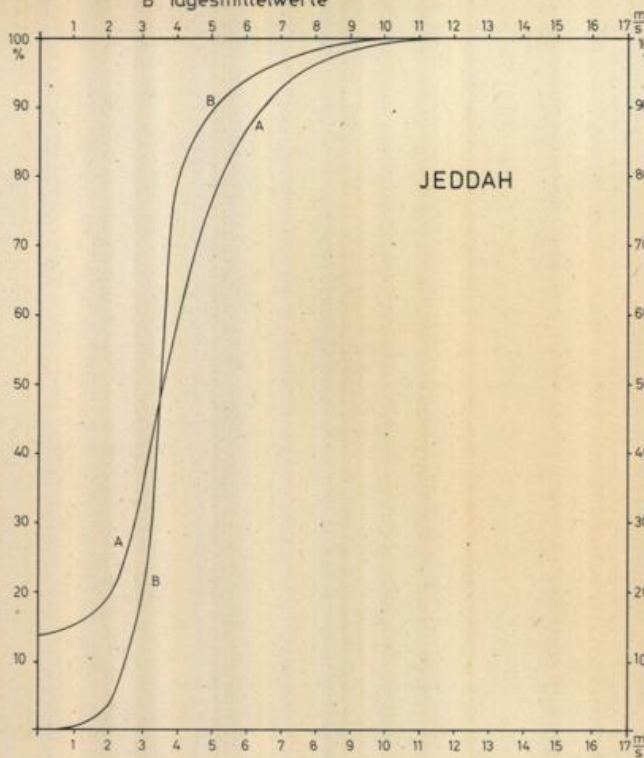
B Tagesmittelwerte



Summenhäufigkeitsfunktion Wind

A stündliche Ablesungen (24 pro Tag)

B Tagesmittelwerte



Summenhäufigkeitsfunktion Wind

A stündliche Ablesungen (24 pro Tag)

B Tagesmittelwerte

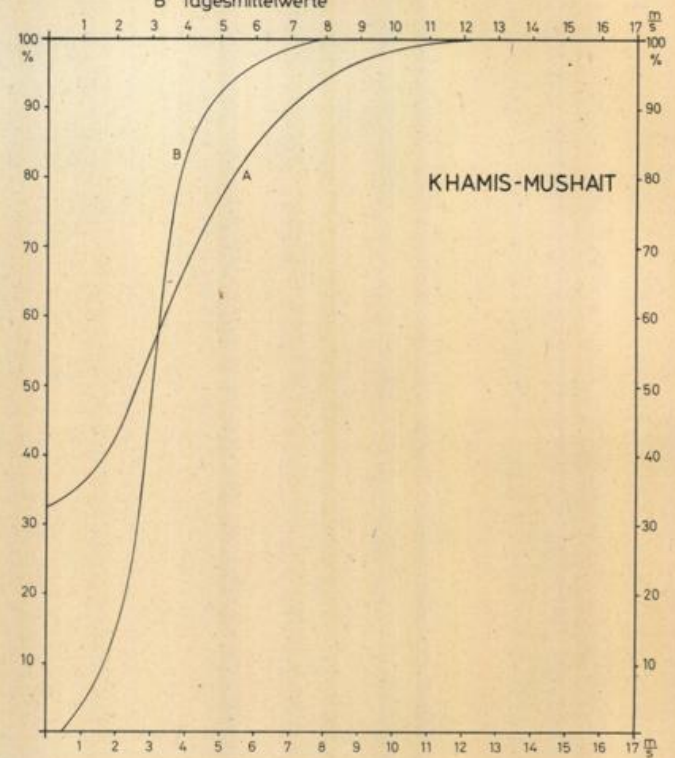


Abb.2.1.C: VERGLEICH DER SUMMENHAUFIGKEITSFUNKTIONEN ANHAND DER JAHRE 1977/78 ZWISCHEN

A: STUENDLICHEN ABLESUNGEN UND B: TAGESMITTELWERTEN DES WINDES

AN DEN STATIONEN DHAHRAN, RIYADH, JEDDAH UND KHAMIS MUSHAIT

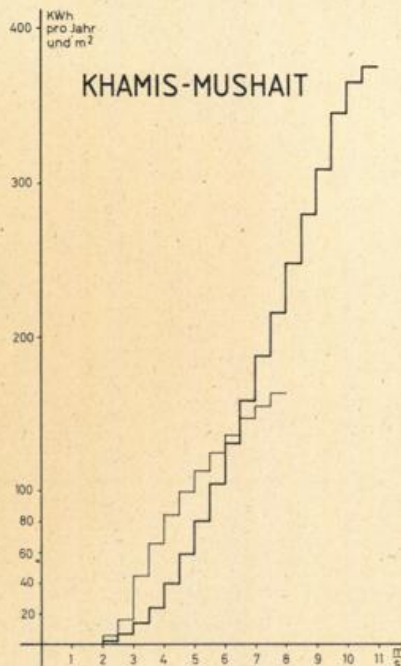
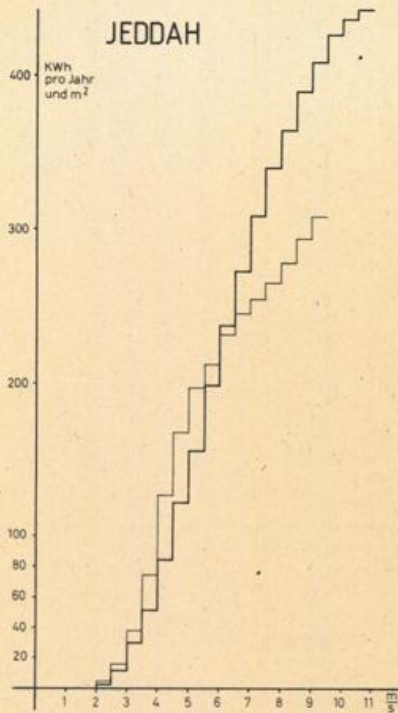
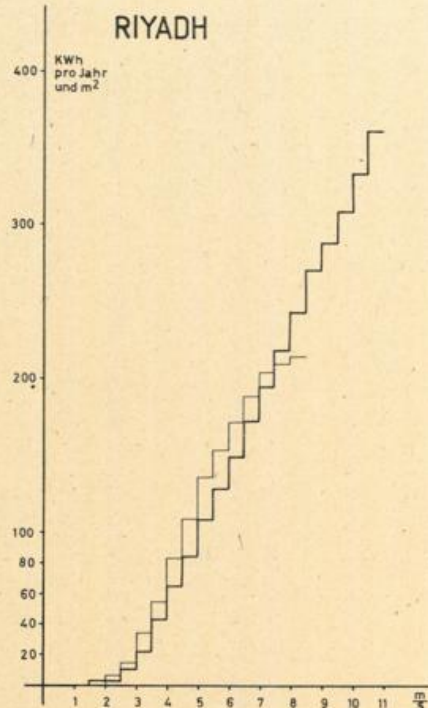
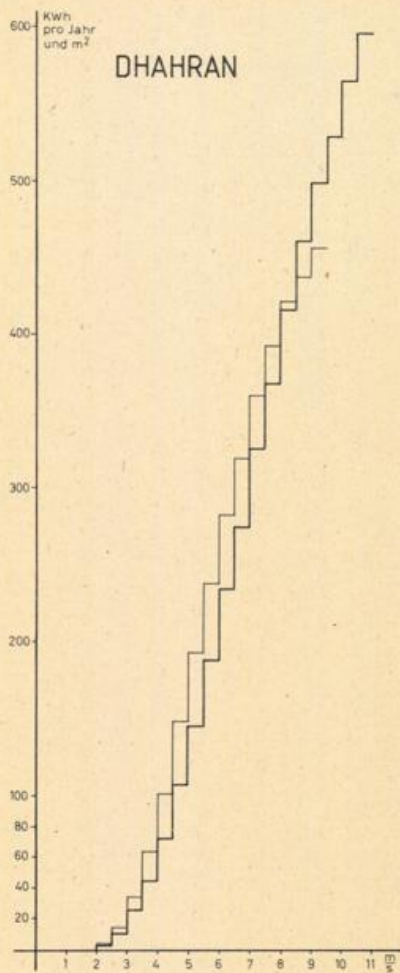


Abb.2.1.D: VERGLEICH DER ENERGIEZUWACHSRATEN PRO GESCHWINDIGKEITSINTERVALL ANHAND DER JAHRE 1977/78 ZWISCHEN STUENDLICHEN ABLESUNGEN (dicke Linien) UND TAGESMITTELWERTEN DES WINDES (duenne Linien) AN DEN STATIONEN DHAHRAN, RIYADH, JEDDAH, UND KHAMIS MUSHAIT

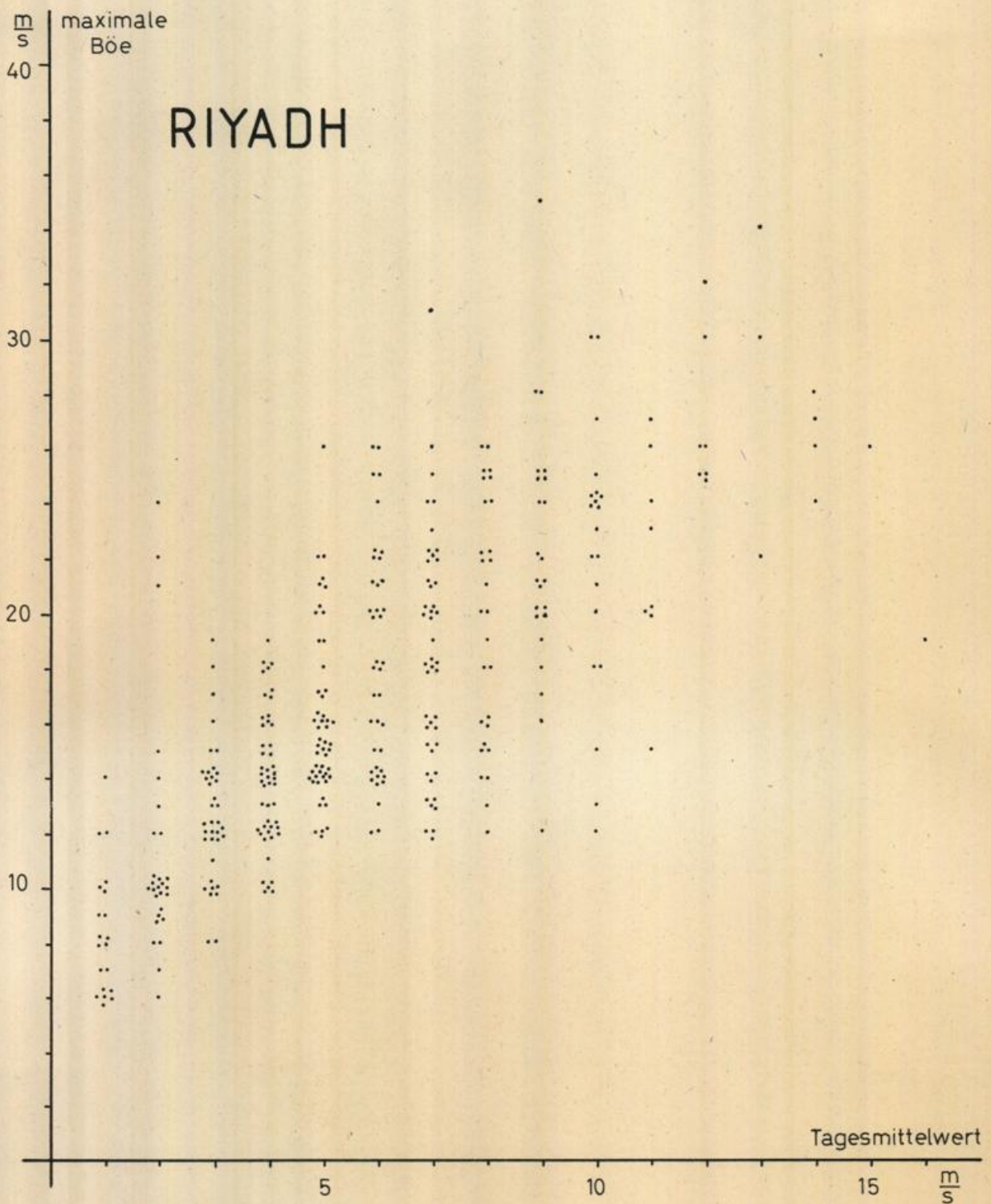


Abb.2.1.E: Korrelation zwischen Tagesmittelwert des Windes und taeglicher maximaler Boe

2.2 Riyadh

2.2.0 Allgemeines

Riyadh liegt im Inneren der Arabischen Halbinsel in 608 m Höhe innerhalb einer breiten und flachen Mulde, die sich von NW nach SE erstreckt. Die sie umgebenden 300 bis 500 m höheren Hügel reichen auf der Westseite bis auf 20 km an die Stadt heran, einzelne Hügel von 200 bis 300 m Höhe liegen im Südwesten in 10 km Entfernung. Der Ostrand der Mulde ist weiter entfernt, die Hügel sind dort niedriger.

Die wenig ausgeprägte Orographie hat nur dann einen Einfluß auf das Windfeld, wenn sich aufgrund der starken Sonneneinstrahlung an den Hügeln kräftige Konvektion entwickelt, d.h. bei gradientschwachen Lagen. Ansonsten überwiegt der Einfluß der großräumigen Luftdruckverteilung, und orographiebedingte Häufungen bestimmter Windrichtungen sind nicht zu erwarten.

2.2.1 Windrichtung und Betrag

In Riyadh treten zwei Windrichtungen bevorzugt auf: nördliche Winde aus NW bis NE und südliche aus SE bis S. Beide Richtungen haben ihre maximale Häufigkeit etwa im gleichen Geschwindigkeitsbereich um 4 m/s, wobei die Nordwinde in den höheren Geschwindigkeitsgruppen am stärksten vertreten sind (Abb. 2.2.A). Die übrigen Windrichtungen haben keinen nennenswerten Anteil an der Richtungshäufigkeitsverteilung. Nur die umlaufenden Winde (VRBL), d.h. hier solche, deren Richtung innerhalb eines Tages häufig wechselt, erreichen im Frühjahr (März bis Mai) und im Herbst (Oktober/November), also während gradientschwacher Zeiten, Anteile von über 10 %. Der Betrag dieser meist thermisch angefachten Winde liegt bei 2 - 3 m/s, erreicht in Extremfällen aber auch höhere Werte.

2.2.2 Jahresgang der Windrichtung

Im Sommer wehen, bedingt durch das ca. 1000 km östlich über dem arabisch-persischen Golf gelegene Monsuntief, fast ausschließlich Nordwinde (Abb. 2.2.B). In dieser Zeit des Monsuns verstärken sich die Luftdruckgegensätze, so daß die nördlichen Windrichtungen im Mittel auch mit den höheren Windgeschwindigkeiten einhergehen. Zum September hin sinkt das Geschwindigkeitsniveau etwas ab.

Im Winterhalbjahr bedingt die über der arabischen Halbinsel liegende Hochdruckzelle wohl auch nördliche, meist aber südliche bis südöstliche Windkomponenten (Abb. 2.2.B). Das liegt daran, daß Riyadh - im Gegensatz zu den Golfstationen wie etwa Dharan, wo auch im Winter überwiegend Nordwinde auftreten - näher im Bereich der Hochdruckachse liegt und die Richtung stärker von den Variationen dieses

Druckgebildes abhängig ist. Das häufigste Auftreten südlicher Windkomponenten ist von Januar bis April/Mai zu beobachten. Während dieser Zeit sind sie auch mit recht hohen Windgeschwindigkeiten verbunden (Abb. 2.2.C), deren Höhepunkt im März/April erreicht ist (4 - 6 m/s). Im November/Dezember betragen die Tagesmittel dieser Richtungen meist nur 2 - 3 m/s. Die während dieser Zeit (November bis März) auftretenden Nordwinde sind in der Regel stärker, z.T. erklärbar durch eine Intensivierung des Winterschamals. Insgesamt sind die extrem hohen Tagesmittelwerte von 8 - 9 m/s häufiger mit Nord- als mit Südwinden verbunden.

2.2.3 Jahresgang des Betrages der Windgeschwindigkeit

In der Zeit zwischen Januar und August liegt das Maximum der Häufigkeitsverteilung meist in der Klasse 3,6-5,0 m/s (Abb. 2.2.D), wobei im März und Juli die nächst höhere Klasse (5,1-6,6 m/s) vergleichbare Häufigkeiten aufweist. Im Juni und Juli werden darüber hinaus die höchsten Tagesmittel mit Werten zwischen 8,2 und 9,7 m/s am häufigsten erreicht, etwa doppelt so oft wie zwischen Januar und März. Für den Rest des Jahres (September bis Dezember) nehmen die Geschwindigkeiten merkbar ab, bei gleichzeitiger Zunahme der Kalmen und der Werte unter 3,6 m/s.

2.2.4 Tagesgang des Windes

Für Riyadh konnte aus Terminwerten ein Tagesgang der Windgeschwindigkeit für 2 Jahre (1977/78) ermittelt werden. Danach stellt sich ein Maximum der Windgeschwindigkeit am Nachmittag gegen 15.00 Uhr und ein Minimum nachts gegen 03.00 Uhr ein, also etwa zur Zeit des Maximums bzw. Minimums im Temperaturgang (Abb. 2.2.E). Der Tagesgang des Windes dürfte demnach in erster Linie thermisch induziert sein. Dieser Tagesgang wiederholt sich auch in den absoluten Windmaxima, die zu diesen Terminen gemessen wurden. Windstillen können im Einzelfall natürlich zu allen Tageszeiten vorkommen.

2.2.5 Maximale Windgeschwindigkeit

Die Richtungsverteilung der Extremwindgeschwindigkeit (Abb. 2.2.F) verhält sich sinngemäß wie die der Tagesmittelwerte, d.h. sie treten vorwiegend aus nördlichen und südlichen Richtungen auf. Erwartungsgemäß ist die Richtungsstreuung etwas größer. Der Betrag des Extremwindes liegt meist zwischen 5 und 12,5 m/s. Dabei treten die höchsten Windgeschwindigkeiten eher aus dem Nord- als aus dem Südsektor auf. Die stärkste Böe des Untersuchungszeitraumes betrug in Riyadh 29 m/s.

2.2.6 Wind- und Energieangebot

Das Windangebot läßt sich aus der Summenhäufigkeitsfunktion, hier in Form einer Windgeschwindigkeitsdauerkurve, entnehmen (Abb. 2.2.C). Daraus wird ersichtlich, daß langandauernde Kalmen in Riyadh nicht sehr häufig sind (1,5 %) und sich im Tagesmittel kaum durchsetzen. Dagegen sind schwachwindige Verhältnisse mit Geschwindigkeiten kleiner als 5 m/s in 75 % des Gesamtzeitraumes anzutreffen, und Geschwindigkeiten über 10 m/s treten im Tagesmittel nicht mehr auf.

Die sich nach dieser Verteilung ergebende Bruttojahresenergie ist für Intervalle von 0,5 m/s in Abb. 2.2.H dargestellt. Danach werden 80 % der Energie im Geschwindigkeitsbereich zwischen einschließlich 3,5 und 7,5 m/s gewonnen. Das sind rund 56 % des gesamten Windangebotes. Die Geschwindigkeiten unterhalb von 3,5 m/s und oberhalb von 7,5 m/s, d.h. ca. 44 % des Windaufkommens, steuern nur je 10 % zur Gesamtenergie bei. Die größten Einzelbeiträge liefern Geschwindigkeiten um 5,5 m/s.

Insgesamt errechnet sich durch Summierung der Einzelanteile ein Energiepotential von 476 kWh pro Jahr und 1 m² Fläche senkrecht zur Luftbewegung. Die Zahlen gibt Tabelle 2.2.1 wieder.

2.2.7 Witterung und Wetterphänomene

Die Temperatur zeigt sowohl einen ausgeprägten Tagesgang als auch Jahresgang (Abb. 2.2.I). Die Amplitude vom mittleren Tagesminimum bis -maximum beträgt im Januar 12 K, im Juli 16 K. Die Jahresamplitude vom kühlfsten Monat Januar zum heißesten Monat Juli beträgt im Mittel 21 K. Die absoluten Extreme liegen im Januar bei -1,0 Grad Celsius (Minimum) (-7,0 Grad Celsius in einer längeren Reihe) und 29,7 Grad Celsius (Maximum), im Juli bei +21,8 Grad Celsius (Minimum) und +46,6 Grad Celsius (Maximum). Die maximale Temperatur bestrahlter Flächen ist für einen schwarzen Stoff mit geringem Wärmeleitvermögen, senkrecht zur einfallenden Strahlung orientiert, bei verhinderter Luftbewegung mit +82 Grad Celsius angegeben.

Die relative Feuchte der Luft ist einmal an die Lufttemperatur gekoppelt, zum anderen vom Wasserdampfgehalt abhängig. So sind in den Monaten, in denen Niederschlag fällt (Dezember bis Mai) höchste relative Feuchtigkeiten von 100 % bis zu 6 mal im Untersuchungszeitraum gemessen worden. An niederschlagsfreien Tagen dieser Monate traten aber auch niedrigste Werte bis zu 3 % (8 mal) auf. Ein Beispiel dafür zeigt der normalerweise trockene Juli (Tab. 2.2.2), wo der Extremwert von 80 % einem seltenen Niederschlagsereignis im Jahr 1973 zuzuordnen ist.

Die geringen Niederschläge fallen hauptsächlich von Dezember bis Mai mit mittleren Monatsmengen zwischen 10 und 20 mm - genommen aus einer 20jährigen Reihe vor 1970. Dagegen brachten die Jahre 1971 - 76 ungewöhnlich große Mengen mit Mittelwerten von 45 mm im März und 65 mm im April, Werte die norddeutschen Mengen nahe kommen.

Allerdings fallen diese Niederschläge kurzzeitig, oft in Verbindung mit Gewittern. Die Maximalwerte in 24 Stunden zeigen, daß derartige Ereignisse das langjährige Monatsmittel sogar übertreffen können. Die Zeit von Juni bis September kann als trocken angesehen werden. Regen in dieser Zeit ist außergewöhnlich.

Gewitter wurden von November bis Mai, vereinzelt auch im Juli registriert. Sie treten im Winter als Frontgewitter bei kräftigem Kaltlufteinbruch (Schamal) auf, im Sommer als lokale Hitzegewitter. Die maximale Andauer wurde mit 10 Stunden im Dezember registriert. Am häufigsten sind sie in den Monaten März und April, in denen bis zu 18 Gewitter auftreten, wobei auch mehrere an einem Tag möglich sind. An solchen Tagen werden dann auch die maximalen Niederschlagsmengen gemessen.

Staub¹ und Sandstürme kommen das ganze Jahr über vor, am häufigsten natürlich in der niederschlagsarmen Jahreszeit. Die längste Andauer mit 5 Stunden wurde im Mai registriert.

Staub in der Luft kann zu jeder Jahreszeit auftreten und ist oft den ganzen Tag über zu beobachten.

Desgleichen muß mit dichtem, trockenen Dunst das ganze Jahr über gerechnet werden.

Feuchter Dunst und Nebel treten meist in Verbindung mit Niederschlägen auf, da nur dann das Feuchtigkeitsangebot ausreichend ist. Aufgrund der Lage der Station Riyadh im Inneren der arabischen Halbinsel gibt es keine Advektion von feuchten Luftmassen, die zur Nebelbildung führen können.

Die Wärmebelastung für Riyadh läßt sich aus Abb. 2.2.J entnehmen. Danach ist das Klima nahezu das gesamte Jahr über belastungsfrei, nur zwischen April und Oktober wird gegen Mittag und am frühen Nachmittag die Witterung als trocken und heiß empfunden. Die Ursache für die ausbleibende Schwüle liegt in der außerordentlich niedrigen Luftfeuchtigkeit, bedingt durch die große Entfernung zum Meer. Der Wind frischt zwar um die Mittagszeit etwas auf, jedoch verbessert sich das Wohlbefinden dadurch nur wenig, da der Wind sehr warm ist.

T A G E S M I T T E L W I N D

RELATIVE HAEUFIGKEITSVERTEILUNG IN PROZENT

M/S	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	N	VRBL	SUMME
0.5- 1.9	1.5	1.2	.5	1.2	.4	.8	1.3	.8	.3	.1	.3	.4	.0	.2	.7	1.2	2.4	13.3
2.0- 3.4	4.6	1.9	1.6	1.4	.8	1.4	4.7	1.9	.4	.2	.3	.4	.3	.8	1.5	3.1	4.4	29.7
3.5- 4.9	4.4	1.3	.7	.8	.9	1.2	5.1	2.0	.2	.2	.4	.3	.3	1.4	3.1	5.6	2.0	29.9
5.0- 6.4	1.8	.9	.2	.2	.2	.6	3.5	1.6	.1	.0	.1	.1	.2	1.2	3.0	3.9	.8	18.4
6.5- 7.9	.5	.0	.0	.0	.0	.1	.8	.5	.0	.0	.0	.0	.1	.2	1.9	1.7	.0	5.8
8.0- 9.4	.3	.1	.1	.0	.0	.1	.0	.1	.0	.0	.0	.0	.0	.1	.4	.2	.0	1.4
SUMME	13.1	5.4	3.1	3.6	2.3	4.2	15.4	6.9	1.0	.5	1.1	1.2	.9	3.9	10.6	15.7	9.6	98.5

CALMEN 1.5

Abb.2. 2.A: Prozentuale Haeufigkeitsverteilung des Windes nach Betrag und Richtung

R I Y A D H

Station: RIYADH

Periode: 1970-1976

Monat	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	N	VRBL	STL
1	98	40	22	22	9	67	204	58	4	0	0	4	27	36	98	62	67	9
2	89	27	18	22	27	36	235	67	9	0	13	4	0	9	44	84	62	0
3	80	44	44	18	40	36	290	93	4	4	4	13	0	9	27	84	111	13
4	80	27	27	49	31	31	160	119	4	18	18	44	9	4	40	62	80	0
5	80	49	44	36	18	18	133	129	9	4	31	27	27	22	31	62	102	4
6	197	27	44	40	9	0	27	31	0	9	9	9	0	31	178	258	22	0
7	49	36	9	4	0	4	4	0	0	0	4	9	0	96	267	307	36	0
8	129	40	0	18	9	4	36	4	9	0	0	0	13	76	164	253	67	4
9	26	49	36	44	18	18	76	22	4	9	4	0	0	36	31	102	71	18
10	107	67	36	40	27	22	111	31	27	0	9	4	4	13	58	107	142	22
11	120	76	27	27	4	76	182	58	9	18	18	9	0	36	36	44	129	67
12	93	49	0	44	44	111	182	76	13	0	4	0	13	13	76	155	76	13

Abb. 2.2.B: Jahresgang der Windrichtung (Tagesmittelwerte) in 1/100 Prozent. Isolinienabstand: 1 Prozent.

NORDWIND
MONAT M/S

MONAT	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1		46	156	267	200	138	83			
2		18	138	193	119	200	37	18		
3		18	64	129	229	37	27			
4		74	74	156	101	27	9			
5		46	147	193	83	27	9			
6		37	138	432	313	267	55			
7		74	239	451	400	561	193	46		
8		74	349	497	304	129	18			
9		92	414	340	119	27				
10		193	276	184	55	9				
11		202	239	01	83	9	9			
12		110	212	322	110	46				

SÜDWIND
MONAT M/S

MONAT	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1		126	284	426	284	47	16			
2		16	332	395	395	110	16			
3		47	79	500	474	95				
4		110	253	426	316	47	16			
5		63	300	363	189	110	16			
6		47	93	63	32					
7		16		16						
8			126	63						
9		16	268	126	47					
10		221	316	110						
11		347	458	300	79	32				
12		205	553	316	237	47				

Abb. 2.2.C: Jahresgang der Nord- und Südwinde in 1/100 Prozent, Riyadh 1970-76. Isolinienabstand: 2 Prozent.

Station: RIYADH

m/s	Kalmen	0.5-2.0	2.1-3.5	3.6-5.0	5.1-6.6	6.7-8.1	8.2-9.7	9.8-11.2	11.3-12.8	12.9-14.3	14.4-15.83
Monat											
1	9	76	227	289	156	58	13	0	0	0	0
2	0	40	218	249	187	49	13	0	0	0	0
3	13	53	129	284	289	44	13	0	0	0	0
4	0	107	182	289	173	40	9	0	0	0	0
5	4	58	276	284	151	44	9	0	0	0	0
6	0	62	164	258	160	129	27	0	0	0	0
7	0	62	133	244	271	93	22	0	0	0	0
8	4	62	267	276	147	62	9	0	0	0	0
9	18	93	378	227	71	13	0	0	0	0	0
10	22	276	333	138	40	4	0	0	0	0	0
11	67	276	347	156	71	13	4	0	0	0	0
12	13	178	316	298	120	40	0	0	0	0	0

Abb. 2. 2.D: Jahresgang der Windgeschwindigkeit (Tagesmittelwerte) in 1/100 Prozent.
Isolinienabstand: 1 Prozent.

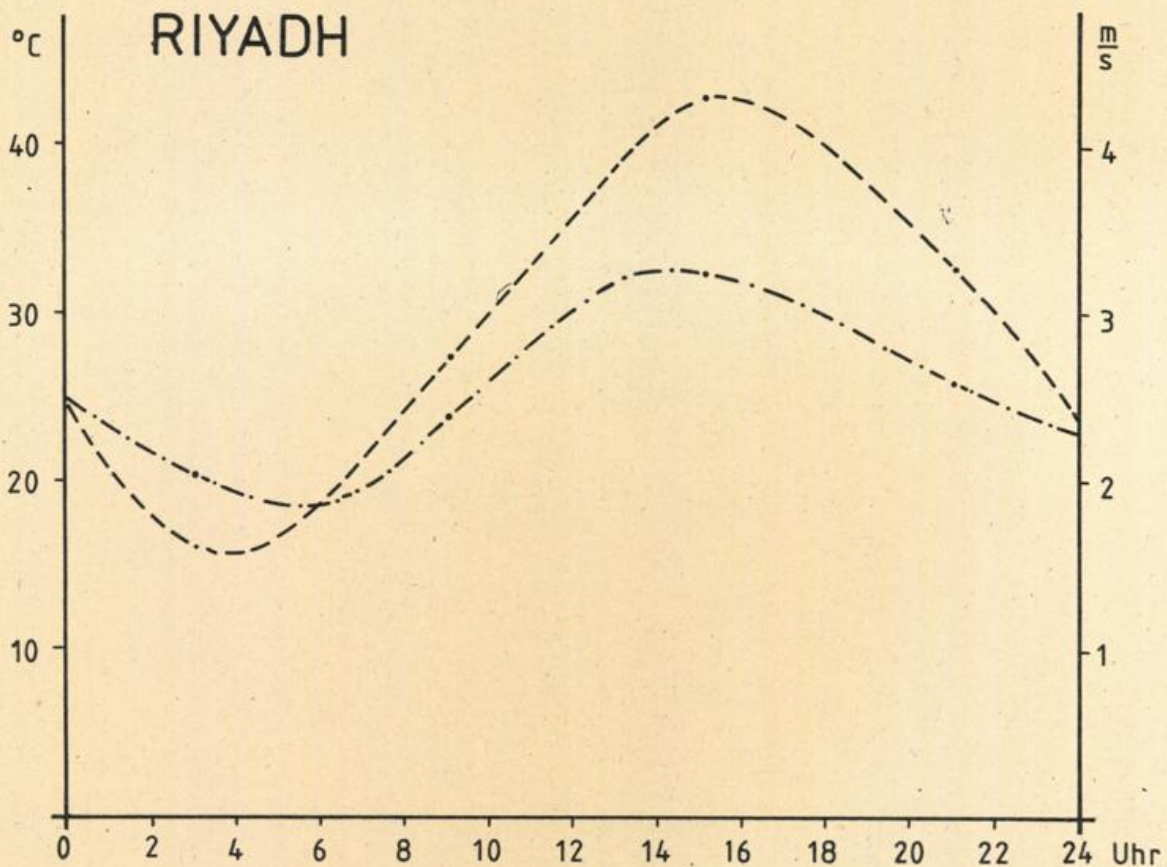


Abb. 2. 2.E: Mittlerer Tagesgang des Windes (----) und der Temperatur (-.-.-), Riyadh, 1977/78

E.X T R E M W I N D

RELATIVE HAEUFIGKEITSVERTEILUNG IN PROZENT

M/S	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	N	VRBL	SUMME
.0- 2.4	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
2.5- 4.9	.8	.2	.4	.6	.4	.3	.4	.4	.1	.0	.2	.0	.1	.0	.3	.3	.1	4.6
5.0- 7.4	6.2	2.2	2.6	2.6	2.5	1.2	5.3	3.6	.6	.4	.6	.5	1.1	.7	1.9	5.6	.7	38.3
7.5- 9.9	4.1	.9	1.1	1.2	.8	.5	3.2	2.5	.5	.1	.4	.5	.6	.5	3.4	5.1	.0	25.4
10.0-12.4	3.1	.5	.4	.3	.4	.4	1.8	1.7	.5	.3	.4	.4	.7	1.2	3.9	6.5	.0	22.5
12.5-14.9	.8	.1	.1	.0	.1	.1	.2	.5	.1	.0	.1	.1	.3	.2	.9	1.1	.0	4.7
15.0-17.4	.3	.1	.1	.1	.0	.0	.0	.2	.0	.0	.0	.2	.1	.2	.4	.6	.0	2.3
17.5-19.9	.1	.1	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.1	.1	.0	.1	.1	.0	.6
20.0-22.4	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.1	.0	.0	.0	.1	.3	.1	.2	.2	.0	1.0
22.5-24.9	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.1	.1	.0	.1	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.3
25.0-27.4	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.1	.0	.0	.1	.0	.2
27.5-29.4	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.1	.0	.0	.1
SUMME	15.4	4.1	4.7	4.8	4.2	2.5	10.9	9.1	1.9	.8	1.8	1.9	3.4	2.9	11.2	19.6	.8	100.0

CALMEN .0

Abb.2. 2.F: Prozentuale Haeufigkeitsverteilung des Extremwindes nach Betrag und Richtung

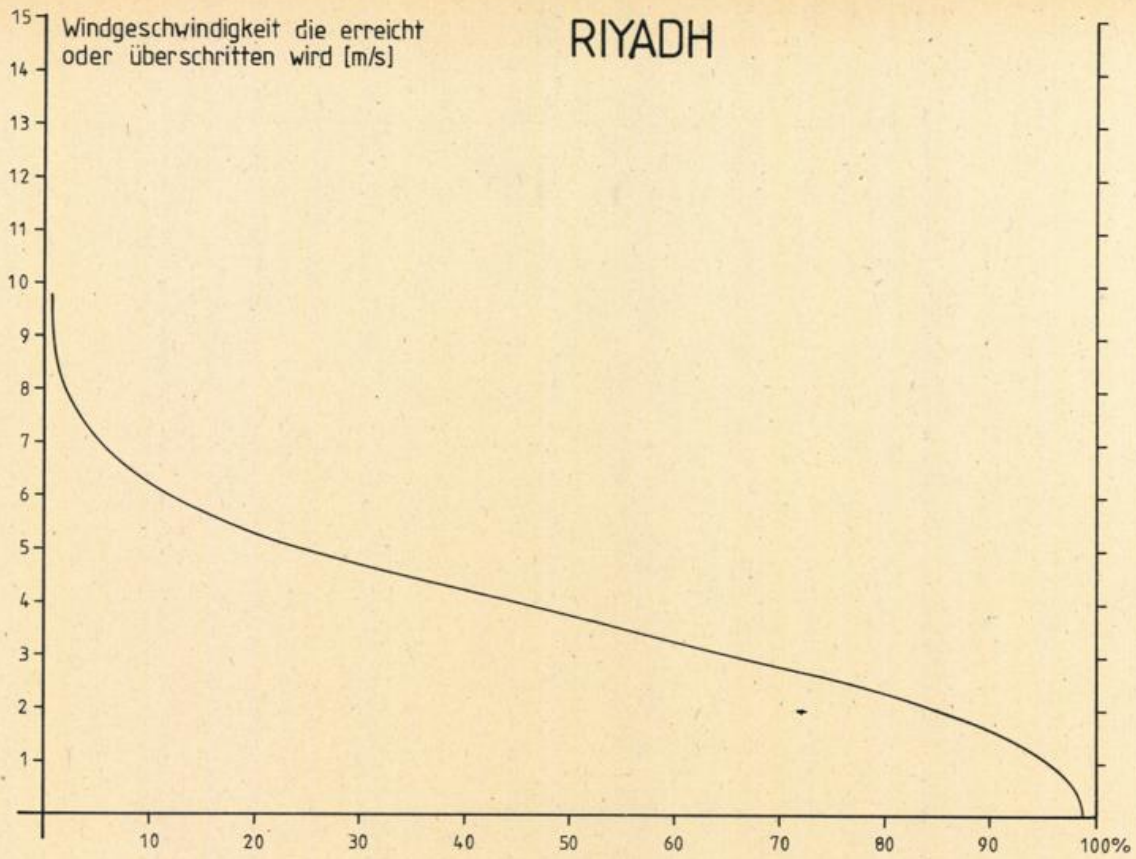


Abb.2. 2.G: Windgeschwindigkeitsdauerkurve aus Tagesmittelwerten des Windes

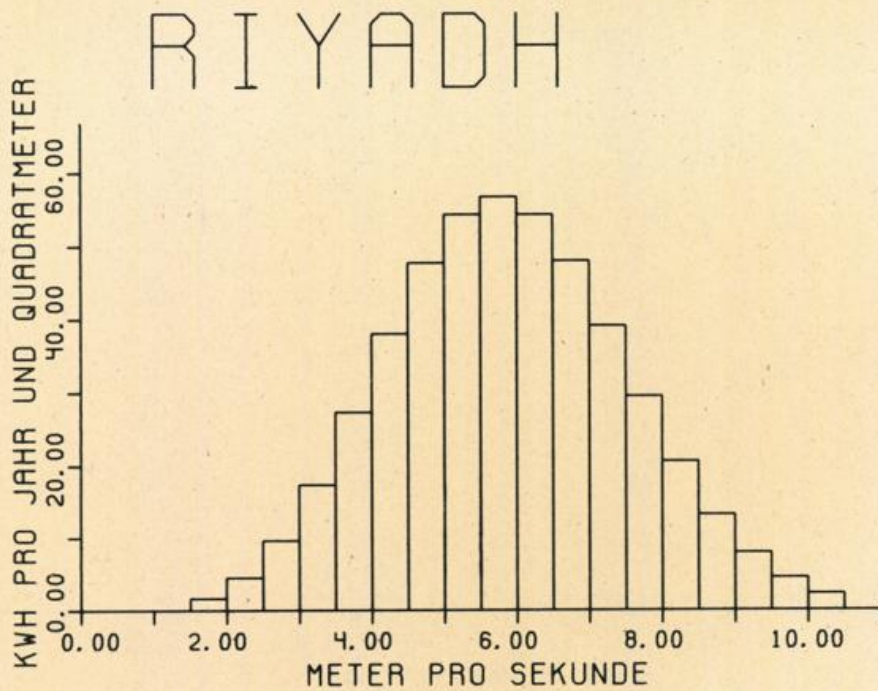


Abb.2. 2.H: Verteilung der Bruttojahresenergie auf Windgeschwindigkeitsintervalle von 0.5 m/s. Periode: 1970-76

RIYADH

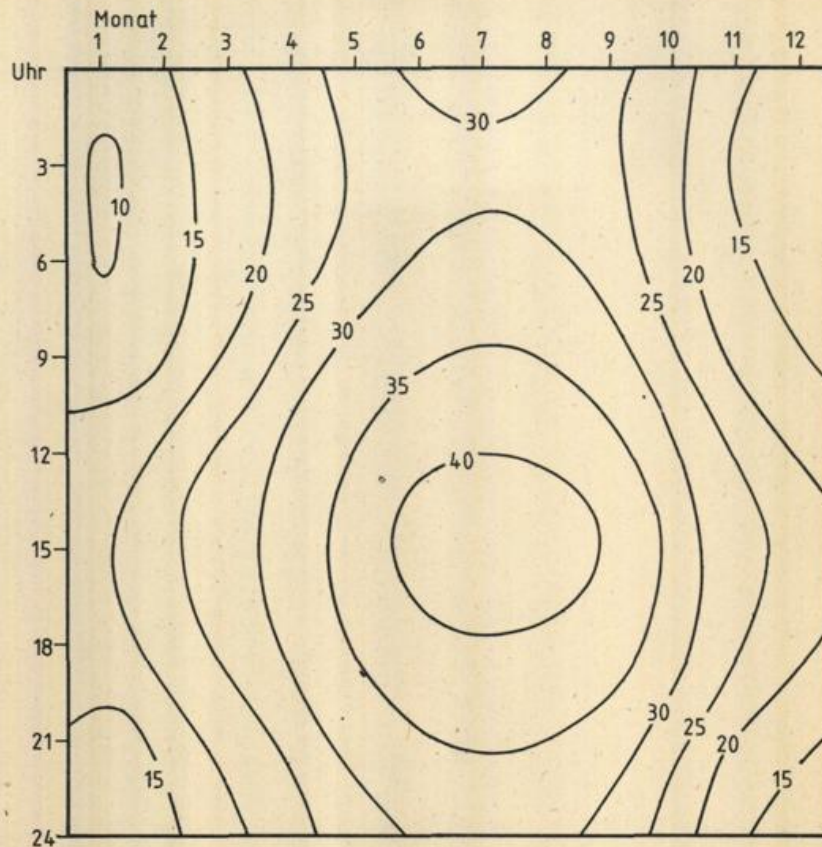


Abb.2. 2.1: Thermoisoplethendiagramm aus Terminwerten der Jahre 1977/78.
Isolinienabstand: 5 K

RIYADH/Saudi-Arabien

Windgeschwindigkeits- Intervall	Häufigkeit in Prozent	Bruttojahres- energie (kWh)	Summe (kWh)
≤ m/s <			
1.5- 2.0	6.11	1.6	2.0 (*)
2.0- 2.5	8.05	4.4	6.4
2.5- 3.0	9.60	9.6	16.0
3.0- 3.5	10.54	17.4	33.3
3.5- 4.0	10.78	27.3	60.6
4.0- 4.5	10.32	38.0	98.6
4.5- 5.0	9.27	47.7	146.3
5.0- 5.5	7.83	54.3	200.6
5.5- 6.0	6.22	56.7	257.3
6.0- 6.5	4.64	54.3	311.6
6.5- 7.0	3.25	48.0	359.6
7.0- 7.5	2.14	39.1	398.7
7.5- 8.0	1.32	29.5	428.2
8.0- 8.5	.76	20.6	448.8
8.5- 9.0	.41	13.3	462.1
9.0- 9.5	.21	7.9	470.0
9.5-10.0	.10	4.4	474.4
10.0-10.5	.04	2.2	476.7

Tabelle 2.2.1: Verteilung der Bruttojahresenergie auf Windgeschwindigkeitsintervalle von 0.5 m/s, bezogen auf 1 m².
(*) dieser Wert enthält die Energiebeiträge der nicht aufgeführten unteren Windgeschwindigkeitsintervalle.

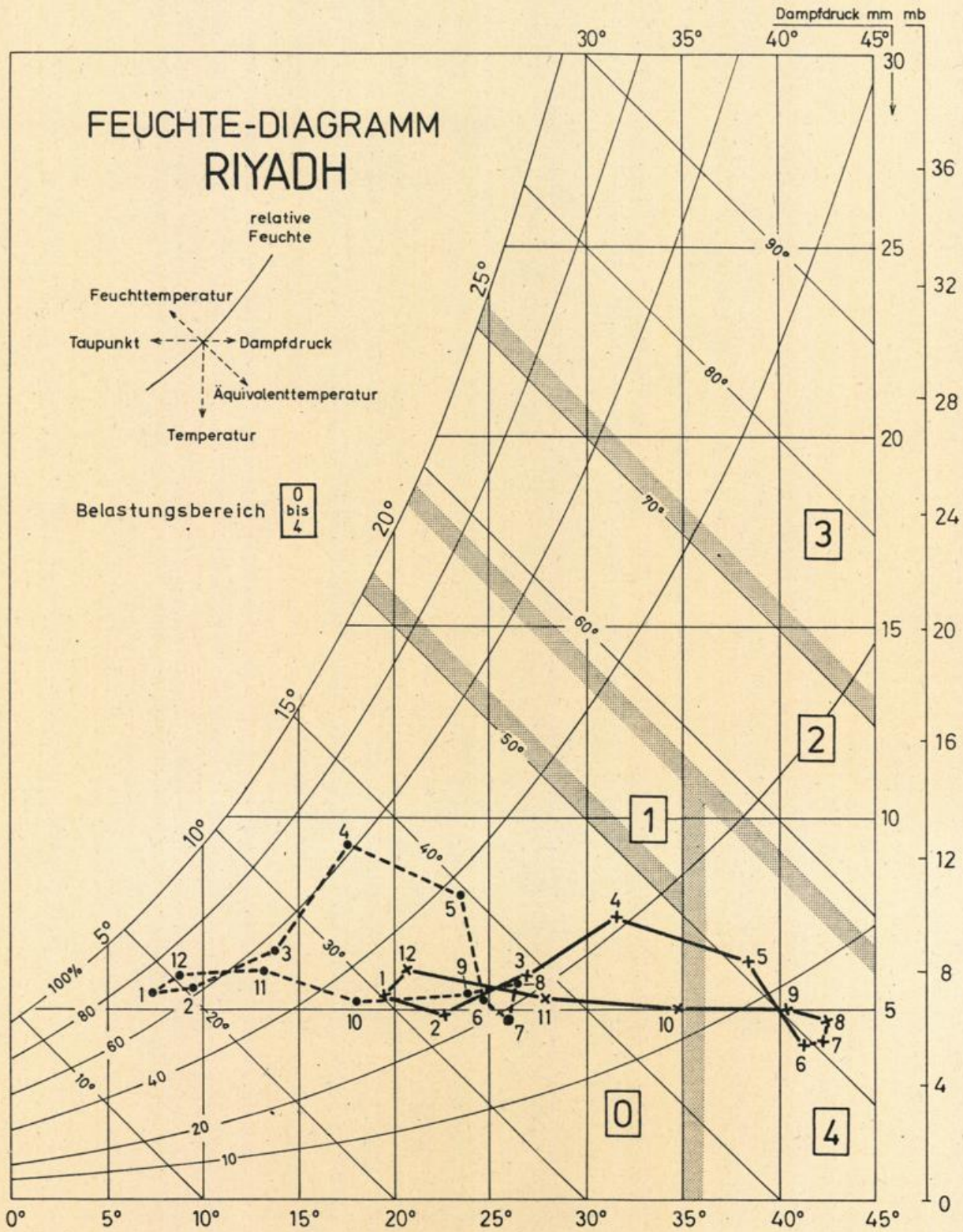


Abb.2. 2.J: Diagramm zur Bestimmung der Waermebelastung.

Belastungsbereiche: 0 'belastungsfrei', 1 'Uebergangsbereich zu 'schwuel'', 2 'schwuel', 3 'sehr schwuel', 4 'trocken und heiss'.

●-----● morgens, x-----x mittags, Ziffern an den Symbolen bezeichnen die entsprechenden Monate.

STATION R I Y A D H

KOORDINATEN: 24 42N 46 44E, 608 m UEBER MEERESNIVEAU

PERIODE: 1970-1976

MONAT	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

LUFTTEMPERATUR (°C)												
ABS. MAXIMUM	29.7	35.0	38.0	42.0	45.6	45.6	46.6	46.3	43.4	41.0	34.0	30.0
MITTL. TAEGL. MAXIMUM	19.4	22.5	26.8	31.5	38.2	41.3	42.1	42.4	40.1	34.4	27.8	20.6
MITTL. TAGESMITTEL	13.3	15.9	20.2	24.6	30.9	33.1	33.9	34.3	31.8	26.2	20.4	14.6
MITTL. TAEGL. MINIMUM	7.2	9.2	13.6	17.7	23.5	24.9	25.7	26.2	23.5	18.0	13.0	8.6
ABS. MINIMUM	-1.0	1.0	5.0	10.6	16.2	20.0	21.8	21.4	17.0	12.4	6.4	-1.0

REL. LUFTFEUCHTE (Prozent)												
ABS. MAXIMUM	100.0	100.0	100.0	100.0	98.0	46.0	80.0	47.0	51.0	90.0	100.0	100.0
MITTL. TAEGL. MAXIMUM	70.8	62.1	57.9	61.2	37.6	21.2	19.9	21.1	25.0	33.3	51.1	69.8
MITTL. TAEGL. MINIMUM	30.7	24.6	23.0	21.0	12.3	7.3	7.2	8.3	8.8	11.9	19.7	33.0
ABS. MINIMUM	7.0	4.0	3.0	5.0	5.0	3.0	3.0	4.0	3.0	3.0	5.0	8.0

LUFTDRUCK (hPa)												
ABS. MAXIMUM	957.1	959.6	954.4	950.6	946.8	941.8	939.1	940.4	947.7	950.8	956.4	957.6
MITTL. TAEGL. MAXIMUM	950.0	948.1	946.6	944.3	941.5	937.4	935.2	936.1	941.3	946.1	949.5	950.4
MITTL. TAEGL. MINIMUM	945.6	943.5	942.2	940.0	937.7	934.2	933.1	933.0	937.9	942.8	945.9	946.3
ABS. MINIMUM	937.1	932.2	933.4	932.5	930.8	921.1	928.7	925.4	934.0	936.9	939.5	938.4

ANZAHL DER TAGE MIT (*)												
1. GEWITTER	2	6	14	19	9	0	3	0	0	0	2	8
2. REGEN (>0.1mm)	22	14	44	46	14	0	3	0	0	0	8	30
3. STAUB-/SANDSTURM	1	2	3	6	10	2	1	1	1	2	1	1
4. STAUB IN DER LUFT	52	59	69	67	98	91	56	63	82	58	83	45
5. DUNST (TROCKEN)	16	38	15	19	11	12	18	3	9	29	31	31
6. MIE 5. (SICHT < 1 km)	0	0	0	0	0	0	2	0	0	9	0	0
7. DUNST (FEUCHT)	14	15	11	6	2	0	4	0	0	0	4	25
8. NEBEL	3	4	0	1	0	0	0	0	0	0	0	5

NIEDERSCHLAG (mm)												
MAXIMUM IN 24 Std	10.0	11.0	56.3	57.0	13.2	0.0	5.0	0.0	0.0	0.0	4.0	16.2

JAERHLICH: (**)												
1970											0.0/0	1.6/0
1971	0.0/0	0.0/0	16.9/0	113.3/1	0.0/0	0.0/0	0.0/0	0.0/0	0.0/0	0.0/0	0.0/0	1.5/2
1972	25.7/1	1.3/0	103.6/5	75.1/3	3.3/4	0.0/1	0.0/0	0.0/0	0.0/0	0.0/1	7.3/2	12.8/1
1973	5.5/0	0.0/0	0.0/0	20.0/3	5.1/3	0.0/0	8.8/0	0.0/0	0.0/0	0.0/0	0.0/0	29.9/2
1974	4.6/0	6.9/2	22.8/1	.8/0	26.1/0	0.0/0	0.0/0	0.0/0	0.0/0	0.0/1	0.0/0	12.6/0
1975	29.3/0	3.4/3	48.4/2	56.3/4	0.0/1	0.0/0	0.0/0	0.0/0	0.0/0	0.0/0	0.0/0	39.5/2
1976	5.3/1	21.7/2	78.7/0	124.3/0	8.9/3	0.0/0	0.0/1	0.0/0	0.0/0	0.0/3	3.5/0	15.3/2

(*) GESAMTZAHLE DER TAGE FUER PERIODE 1973-76, HIERVON ABWEICHEND REGEN: GESAMTPERIODE
 (**) MONATSSUMME / ANZAHL DER FAELE MIT SUMME > 0.1 mm

2.3 Jeddah

2.3.0 Allgemeines

Jeddah liegt im Westen der arabischen Halbinsel in 11 m Höhe direkt am Roten Meer. Der flache Küstenstreifen ist hier von einzelnen bis zu 300 m hohen Hügeln durchsetzt und erreicht, allmählich ansteigend, in 30 km Abstand von der Küste eine Höhe von 400 m. Danach steigt das Gelände zum Randgebirge auf 1500 m Höhe an, die in 100 km Entfernung von der Küste erreicht ist. Die höchsten Berge mit 2540 m schließen sich unmittelbar an.

Obgleich die stärkere orographische Gliederung erst in größerem Abstand von der Küste einsetzt, werden die Winde, die auf Grund der großräumigen Luftdruckverteilung zu erwarten sind, sowohl in Richtung als auch Stärke an der Küste des Roten Meeres örtlich erheblich verändert. Hinzu kommt die sich häufig ausbildende Land-Seewindzirkulation, die sich der allgemeinen Luftbewegung überlagert.

2.3.1 Windrichtung und Betrag

Der Wind weht das ganze Jahr über vorwiegend aus dem Nordsektor von NW bis NE, wobei der Schwerpunkt im Geschwindigkeitsintervall 3 - 5 m/s bei N liegt (Abb. 2.3.A). Mehr als 9 m/s wurden im Tagesmittel aus diesem Sektor während des Untersuchungszeitraumes nicht erreicht.

Die übrigen Richtungen treten, abgesehen von den im November 10 % erreichenden Westwinden, nur selten auf, in insgesamt unter 15 % aller Fälle. Davon machen Südwinde ca. 3 % aus. Bemerkenswert ist, daß Winde aus dieser Richtung Tagesmittelwerte bis zu 12 m/s und damit weit höhere Werte erreichen als die dominanten Nordwinde.

2.3.2 Jahresgang der Windrichtung

Bei den Richtungen des Tagesmittelwindes, d.h. bei der täglich dominanten Windrichtung, tritt kein nennenswerter Jahresgang auf. Der vorherrschende Richtungssektor bleibt das ganze Jahr über NW bis NE, allerdings mit variierenden Häufigkeiten (Abb. 2.3.B). Im Frühjahr und im Oktober bis Dezember bilden die Westwinde ein zweites relatives Maximum, allerdings mit vergleichsweise geringen Häufigkeiten. Im Januar treten anstelle der Westwinde sogar Ostwinde als sekundäres Maximum.

Die Ursache für die Nordwinde ist im Sommer in der Lage der Station am Westrand des arabischen Hitzetiefs zu sehen. Aufgrund des Temperaturgefälles Land/Meer dürfte in den Sommermonaten das Land-Seewindsystem seine stärkste Ausbildung erfahren. Damit würden Winde aus dem

Westsektor tagsüber stärkeres Gewicht erhalten und mit der großräumigen Nordströmung als Resultierende die Nordwestkomponente verstärken. Diese Tendenz ist von Juni bis September/Okttober in Abb. 2.3.B gut zu erkennen. Im Sommer tritt auch eine größere Stetigkeit bezüglich der Richtung auf. Es läßt sich jedoch keine bemerkenswerte Zunahme der Windgeschwindigkeit erkennen.

Im Winter wirkt sich in Jeddah der nach Nordost gerichtete Trog des Sudantiefs aus, der die Luftströmung auf nördliche, zeitweise sogar auf östliche (Januar) Richtungen lenkt. Ist der Druckgradient allgemein schwach, setzen sich westliche Richtungen in Folge des Seewindes durch.

2.3.3 Jahresgang des Betrages der Windgeschwindigkeit

Der Jahresgang des Tagesmittelwindes ist gering (Abb. 2.3.C). Von Januar bis August ist der Bereich zwischen 2,1 und 5,0 m/s vergleichsweise einheitlich belegt. Auch der Bereich von 5,1 bis 6,6 m/s weist noch eine relativ hohe Belegung auf.

Ab September gehen die Windgeschwindigkeiten zurück. Werte oberhalb von ca. 8 m/s im Tagesmittel sind am ehesten zwischen Dezember und April zu erwarten.

2.3.4 Tagesgang des Windes

Durch die extremen Strahlungsverhältnisse bildet sich an vielen Tagen im Jahr ein Land-Seewind-System aus. Der mittlere Tagesgang des Windes wurde aus 4 Terminen pro Tag (3.00, 9.00, 15.00 und 21.00 Uhr Ortszeit) bestimmt. Das Minimum der Geschwindigkeit liegt gegen 3 Uhr, das Maximum gegen 15 Uhr, läuft also etwa parallel mit dem Temperaturgang (Abb. 2.1.B). Das typische Land-Seewindschema mit je einem Minimum morgens und abends, also jeweils zum Wechsel zwischen Land- und Seebrise, und je einem Maximum mittags und nachts im Höhepunkt der Ausbildung des See- bzw. Landwindsystems kommt hier nicht heraus. Die Wendepunkte sollten morgens zwischen 8.00 und 10.00 Uhr liegen, also kurz nach Beginn der Sonneneinstrahlung und abends zwischen 18.00 und 20.00 Uhr nach Sonnenuntergang. Die vier Meßtermine reichen hier offensichtlich nicht aus, das Phänomen vollständig zu erfassen.

Beim Tagesgang der Windrichtung jedoch tritt der Einfluß des Seewindes deutlich hervor (Abb. 2.3.D). Zur Zeit des stärksten Windes gegen 15 Uhr ist der Anteil der westlichen Richtungen weit höher als zu den anderen vorliegenden Meßterminen. Um 3.00 und 9.00 Uhr, aber auch schon wieder um 21.00 Uhr nehmen die Häufigkeiten der Nordwinde, die bereits als Landbrise zu werten sind, und auch die nordöstlichen Komponenten signifikant zu.

2.3.5 Maximale Windgeschwindigkeit

Die höchsten Windgeschwindigkeiten sind am häufigsten mit Westwinden verbunden, wobei die Geschwindigkeiten zwischen 5 - 7 m/s allerdings niedriger sind als die, die mit nördlichen Extremwinden (7,5 - 12 m/s) auftreten (Abb. 2.3.E). Die Bevorzugung der westlichen Richtungen ergibt sich aus dem Tagesgang, in dem der Wind gegen 15.00 Uhr mit westlichen Richtungen (Seebrise) sein Maximum aufweist. Im Jahresgang nimmt die Geschwindigkeit von im Mittel 7,5 m/s im Oktober bis 9,5 m/s im März/April zu.

Selten, aber dann weitaus am kräftigsten, tritt Südwind, der sogenannte "Khamsin" auf, ein trockener Wind auf der Vorderseite ostziehender Tiefdrucksysteme. Er ist nur nördlich von 20 Grad N anzutreffen, in Jeddah von Januar bis Mai an jeweils bis zu 4 Tagen pro Monat. Der "Khamsin" führt schon ab 5 Bft (10 m/s) erhebliche Mengen Staub und Sand aus Afrika mit sich. Die Sicht geht auf unter 1000 m zurück, gelegentlich sogar unter 50 m. Die höchste gemessene Windgeschwindigkeit in Jeddah während des Untersuchungszeitraumes mit 24 m/s am 13.2.1971 ist diesem "Khamsin" zuzuschreiben.

2.3.6 Wind- und Energieangebot

Das Windangebot, wie es sich im Tagesmittel darstellt, läßt sich aus der Windgeschwindigkeitsdauerkurve entnehmen (Abb. 2.3.F), die hier nicht durch eine Weibullverteilung approximiert wurde. Der Anteil der längeren Windstillen fällt mit 2,7 % entsprechend 9 Tagen im Jahr zwar nicht sehr hoch aus, dafür sind schwachwindige Verhältnisse mit Geschwindigkeiten unter 5 m/s jedoch mit 80 % entsprechend 292 Tagen pro Jahr außerordentlich häufig. Bei einem Teil hiervon werden allerdings ebenfalls Windstillen enthalten sein, die durch den Mittelungsprozeß verdeckt wurden. Das höchste Tagesmittel im Beobachtungszeitraum betrug 12 m/s. Obgleich Jeddah Küstenstation ist, läßt die schwachgradientige Luftdruckverteilung im Mittel keine großen Windgeschwindigkeiten zu.

Etwa 80 % der Energie werden im Geschwindigkeitsbereich zwischen einschließlich 3,5 und 7,0 m/s gewonnen (Abb. 2.3.G). Das sind ca. 53 % des Windangebotes. Die Geschwindigkeiten unterhalb und oberhalb der genannten Grenzen, d.h. insgesamt rund 47 % des Windangebotes, steuern nur noch je 10 % zur Gesamtenergie bei. Die größten Einzelbeiträge liefern Geschwindigkeiten um 4,5 m/s. Auf Grund des mittleren Tagesganges (Abb. 2.1.B) kann man davon ausgehen, daß der überwiegende Teil der Energie tagsüber angeboten wird.

Insgesamt erhält man durch Summierung ein Energiepotential von 408 kWh pro Jahr und m². Die Zahlenwerte gibt Tabelle 2.3.1 an.

2.3.7 Witterung und Wetterphänomene

Die Monatsmitteltemperatur schwankt zwischen 23,6 Grad Celsius im Januar und 31,8 Grad Celsius im Juli, das mittlere tägliche Maximum in den gleichen Monaten zwischen 28,5 Grad Celsius und 37,9 Grad Celsius, das mittlere tägliche Minimum zwischen 18,6 Grad Celsius und 26,5 Grad Celsius. An der Höhe des Minimums ist die ausgleichende Wirkung des Roten Meeres zu erkennen, das die nächtliche Abkühlung dämpft. Als absolutes Minimum sind hier immerhin noch 12 Grad Celsius gemessen worden, während an einer bzgl. der Höhenlage vergleichbaren Station im Inneren der Halbinsel (Hofuf) nur 6 Grad Celsius registriert worden sind. Ein weiterer Grund dafür ist das Fehlen von Kaltlufteinbrüchen (Schamal), wie sie z.B. am arabisch-persischen Golf vorkommen und die Temperatur dort bis knapp unter den Gefrierpunkt absinken lassen können. Kältere Luftmassen aus nördlichen Richtungen streichen entweder über das Rote Meer und erwärmen sich dabei, oder wenn sie aus dem Landesinneren kommen, steigen sie bei Nordost- und Ostwinden von dem 2500 m hohen Randgebirge herab und erwärmen sich dabei föhnartig. Dieser Wind heißt "Samun".

Die absolute Höchsttemperatur lag im Juni bei 47 Grad Celsius. Den mittleren Tagesgang der Temperatur im Jahresverlauf gibt das Thermoisoplethendiagramm in Abb. 2.3.I wieder.

Auf schwarzem Untergrund können Temperaturen bis zu 80 Grad Celsius erreicht werden.

Die relative Luftfeuchtigkeit erreicht in Jeddah auf Grund der Küstenlage im Mittel 80 % am Morgen und 40 % in den Mittagsstunden. Extrem hohe Werte zwischen 90 % und 100 % werden nur nach Niederschlägen, d.h. verhältnismäßig selten gemessen. Jedoch kann es an Flächen, die durch nächtliche Ausstrahlung abgekühlt sind, zu starker Kondenswasserbildung kommen.

Die geringen Niederschläge fallen vor allem in den Monaten November bis Mai. Von Juni bis Oktober ist es in der Regel trocken, und sporadische Fälle von Niederschlag bringen meist weniger als 1 mm. Die durchschnittliche Jahressumme beträgt 60 mm, ist jedoch starken Schwankungen von Jahr zu Jahr unterworfen. Es ist durchaus möglich, daß an einem einzigen Tag diese Regenmenge erreicht wird. So sind in dem Beobachtungszeitraum zweimal über 80 mm Niederschlag pro Tag registriert worden, z.B. 85,9 mm am 4.2.1971 und 83,0 mm am 3.11.1972. Größere Niederschlagsmengen fallen meist in Gewitterschauern.

Gewitter sind im Mittel mit 6 pro Jahr selten und treten eher im Winter und Frühjahr als in den Sommermonaten auf. Der April war im Untersuchungszeitraum als einziger Monat regelmäßig mit einem Gewitter vertreten.

Staub- und Sandsturm kommen im Winter und Frühjahr vor, besonders häufig im März, wobei der Sturm bis zu 11 Stunden andauern kann. Staubtrübung mit teilweise sehr schlechter Sicht kann während des ganzen Jahres angetroffen werden, ebenso trockener und feuchter Dunst.

Es gibt im Durchschnitt 15 Tage im Jahr mit Nebel, die sich hauptsächlich auf den Zeitraum April bis Oktober verteilen.

Das Klima wird aufgrund der Temperatur- und Feuchteverhältnisse als außerordentlich schwül empfunden, vor allem von April bis November, wo auch nachts kaum eine Erleichterung eintritt (Abb. 2.3.J). Die für den Mitteleuropäer angenehmste Zeit reicht von Dezember bis März, wo es zwar tagsüber gelegentlich schwül wird, nachts jedoch belastungsfrei bleibt.

STATION JEDDAH: 21 30N 39 12E, 11M

PERIODE: 1970-1976

TAGESMITTELWIND

RELATIVE HÄUFIGKEITSVERTEILUNG IN PROZENT

M/S	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	N	VRBL	SUMME
0.5- 1.9	.1	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.3	1.0	.4	.6	.2	.4	2.4	5.4
2.0- 3.4	1.0	.2	.1	.4	.1	.0	.0	.0	.1	.4	1.6	3.3	1.1	3.7	4.9	9.1	11.6	37.6
3.5- 4.9	1.8	.5	.2	.3	.0	.0	.2	.3	.2	.2	.5	.9	.2	2.8	7.4	15.8	3.8	35.1
5.0- 6.4	1.3	.2	.0	.3	.1	.1	.0	.7	.2	.1	.0	.2	.1	.9	2.4	8.3	.6	15.5
6.5- 7.9	.2	.2	.2	.1	.0	.0	.01	.2	.1	.0	.0	.0	.0	.1	.1	1.2	.0	2.5
8.0- 9.4	.1	.0	.1	.1	.0	.0	.0	.2	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.1	.0	.6
9.5-10.9	.0	.1	.1	.1	.0	.1	.0	.1	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.5
11.0-12.4	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.1	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.1
SUMME	4.5	1.2	.7	1.3	.2	.2	.3	1.6	.6	.7	2.4	5.4	1.8	8.1	15.0	34.9	18.4	97.3

CALMEN 2.7

Abb.2. 3.A: Prozentuale Häufigkeitsverteilung des Windes nach Betrag und Richtung

Station: JEDDAH

Periode: 1970-1976

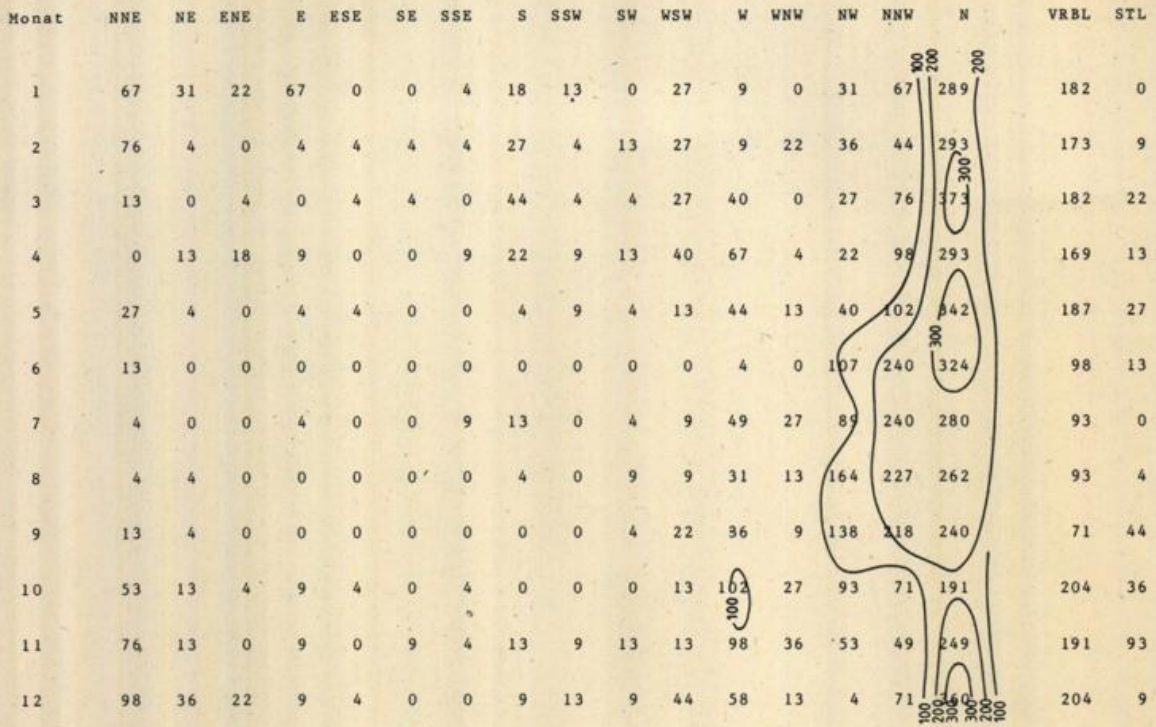


Abb. 2. 3.B: Jahresgang der Windrichtung (Tagesmittelwerte) in 1/100 Prozent. Isolinienabstand: 1 Prozent.

Station: JEDDAH

m/s	Kalmen	0.5-2.0	2.1-3.5	3.6-5.0	5.1-6.6	6.7-8.1	8.2-9.7	9.8-11.2	11.3-12.8	12.9-14.3	14.4-15.83
Monat											
1	0	22	306	302	129	49	9	9	0	0	0
2	9	27	249	275	173	4	9	9	0	0	0
3	22	27	262	266	169	49	27	0	4	0	0
4	13	18	289	289	142	36	0	9	4	0	0
5	27	80	218	280	173	44	4	0	0	0	0
6	13	22	191	369	195	9	0	0	0	0	0
7	0	36	329	329	120	9	0	0	0	0	0
8	4	49	280	373	111	9	0	0	0	0	0
9	44	4	355	293	98	4	0	0	0	0	0
10	36	49	511	155	62	9	4	0	0	0	0
11	93	107	391	235	98	9	0	0	0	0	0
12	9	111	386	337	93	13	9	4	0	0	0

Abb. 2. 3.C: Jahresgang der Windgeschwindigkeit (Tagesmittelwerte) in 1/100 Prozent. Isolinienabstand: 1 Prozent.

JEDDAH

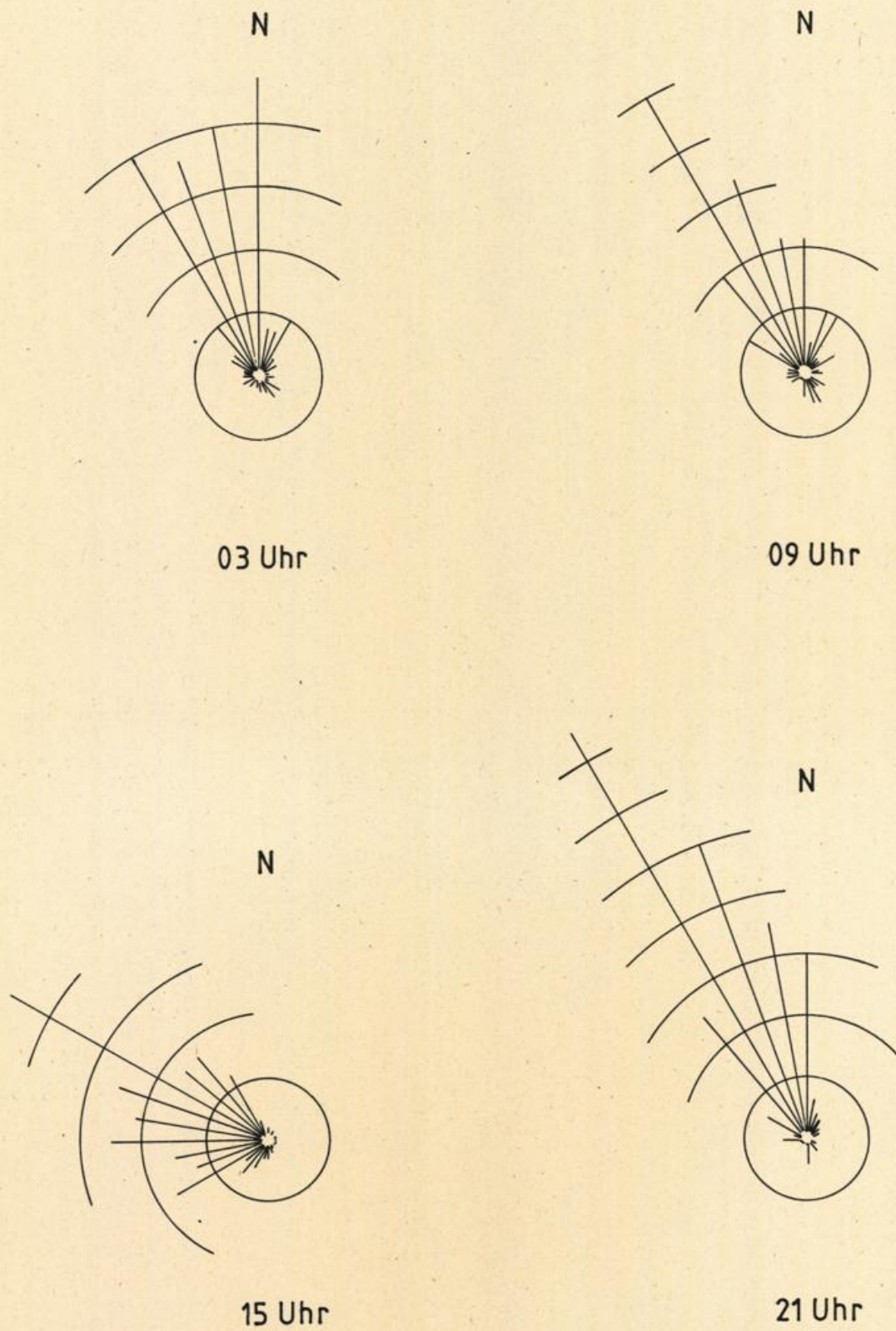


Abb.2. 3.D: Mittlerer Tagesgang der Windrichtung aus Terminwerten
der Jahre 1977/78
Massstab: --- = 1 Prozent

EXTREM WIND

RELATIVE HAEUFIGKEITSVERTEILUNG IN PROZENT

M/S	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	N	VRBL	SUMME
.0- 2.4	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
2.5- 4.9	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.1	.0	.7	.1	.2	.4	.1	.0	1.6
5.0- 7.4	.4	.1	.2	.1	.1	.1	.0	.2	.7	1.1	3.5	10.7	6.8	3.8	3.9	1.6	.0	33.3
7.5- 9.9	.7	.3	.4	.4	.0	.0	.2	.4	.3	.8	2.2	4.8	6.0	6.0	7.6	3.8	.0	33.9
10.0-12.4	.4	.2	.6	.4	.1	.0	.1	.9	.3	.5	.6	1.0	2.3	4.0	7.9	4.5	.0	23.8
12.5-14.9	.1	.0	.1	.4	.1	.0	.1	.5	.1	.2	.1	.1	.3	.8	.9	1.2	.0	5.0
15.0-17.4	.0	.0	.2	.2	.0	.0	.1	.2	.0	.1	.0	.0	.1	.1	.1	.1	.0	1.2
17.5-19.9	.0	.1	.1	.0	.1	.0	.0	.1	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.1	.0	.5
20.0-22.4	.0	.0	.1	.0	.0	.0	.0	.3	.1	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.5
22.5-24.9	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.1	.0	.0	.1	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.2
SUMME	1.6	.7	1.7	1.5	.4	.1	.5	2.7	1.5	2.8	6.5	17.3	15.6	14.9	20.8	11.4	.0	100.0

CALMEN .0

Abb.2. 3.E: Prozentuale Häufigkeitsverteilung des Extremwindes nach Betrag und Richtung

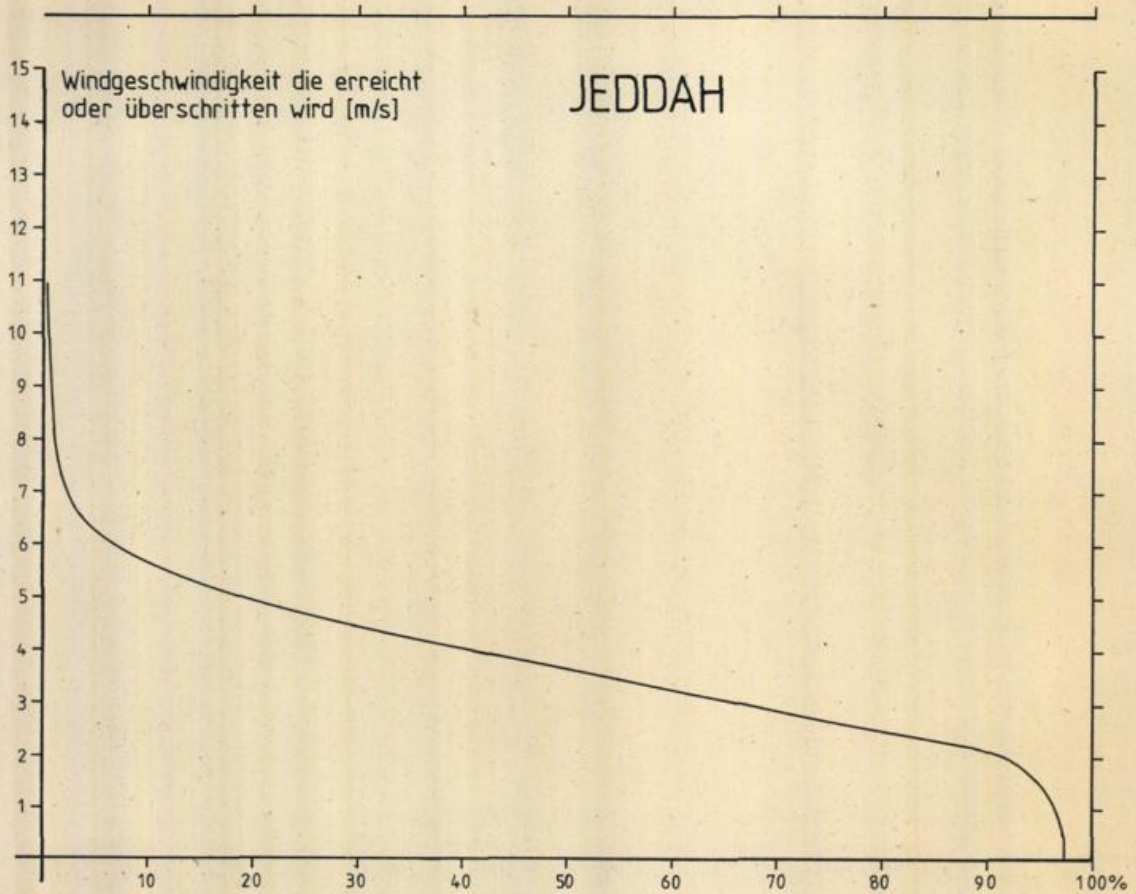


Abb.2. 3.F: Windgeschwindigkeitsdauerkurve aus Tagesmittelwerten des Windes

JEDDAH

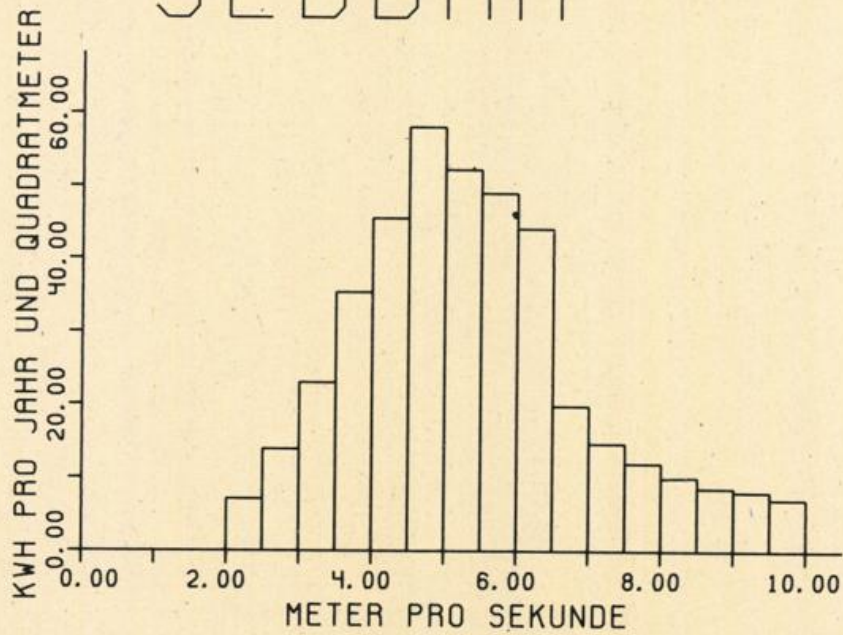


Abb.2. 3.G: Verteilung der Bruttojahresenergie auf Windgeschwindigkeitsintervalle von 0.5 m/s. Periode: 1970-76

JEDDAH/Saudi-Arabien

Windgeschwindigkeitsintervall	Häufigkeit in Prozent	Bruttojahresenergie (kWh)	Summe (kWh)
≤ m/s <			
2.0- 2.5	12.00	7.1	7.1
2.5- 3.0	13.00	13.9	21.0
3.0- 3.5	13.00	23.0	44.0
3.5- 4.0	13.00	35.4	79.4
4.0- 4.5	11.50	45.5	124.9
4.5- 5.0	10.50	58.1	183.0
5.0- 5.5	7.00	52.3	235.3
5.5- 6.0	5.00	49.0	284.3
6.0- 6.5	3.50	44.1	328.4
6.5- 7.0	1.25	19.8	348.2
7.0- 7.5	0.75	14.7	362.9
7.5- 8.0	.50	12.0	374.9
8.0- 8.5	.35	10.1	385.0
8.5- 9.0	.25	8.6	393.6
9.0- 9.5	.20	8.1	401.7
9.5-10.0	.15	7.1	408.8

Tabelle 2.3.1: Verteilung der Bruttojahresenergie auf Windgeschwindigkeitsintervalle von 0.5 m/s, bezogen auf 1 m².

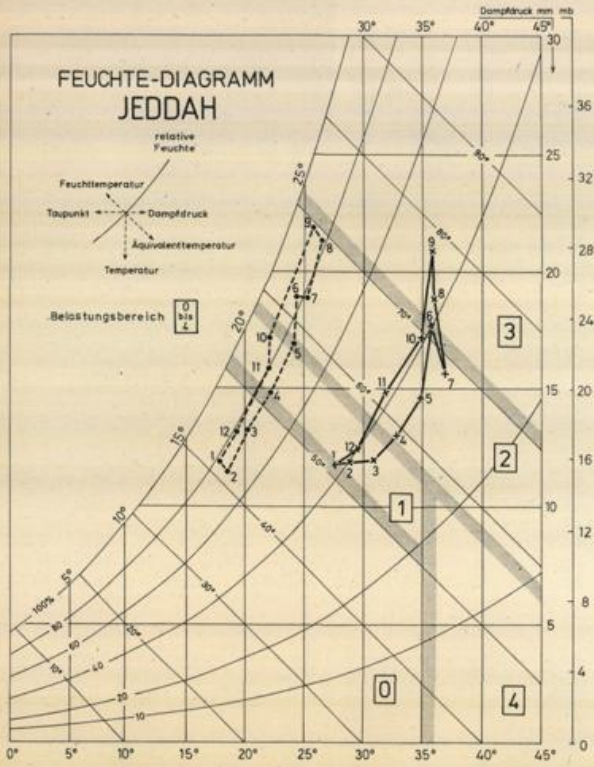


Abb.2. 3.1: Diagramm zur Bestimmung der Weirnebelbelastung.
Belastungsbereiche: 0 'belastungsfrei', 1 'Übergangsbereich zu 'schweiß', 2 'schweiß', 3 'sehr schweiß', 4 'frocken und heiß'.

•••••••• morgens, ——— mittags, Ziffern an den Symbolen bezeichnen die entsprechenden Monate.

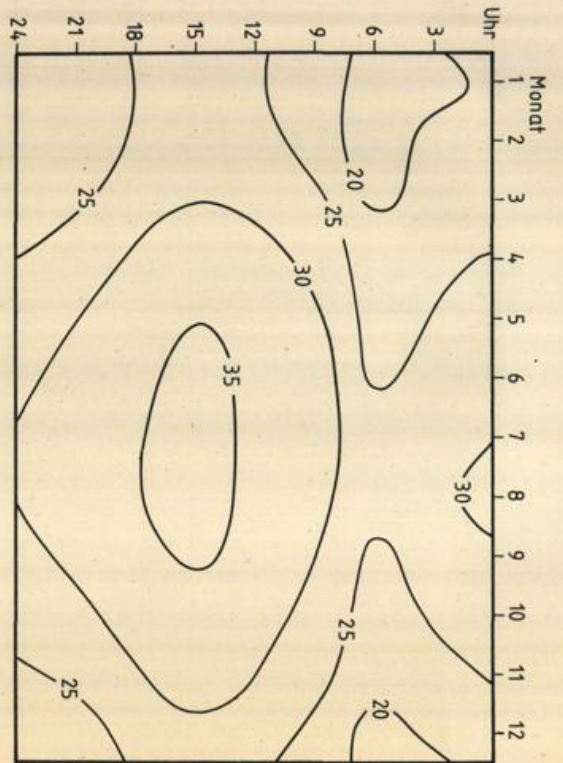


Abb.2. 3.H: Thermoisoplethendiagramm aus Termiinwerten
der Jahre 1977/78.
Isolinienabstand: 5 K

STATION J E D D A H

KOORDINATEN: 21 30N 39 12E, 11 m UEBER MEERESNIVEAU

PERIODE: 1970-1976

MONAT	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
LUFTTEMPERATUR (°C)												
ABS. MAXIMUM	33.4	34.8	42.0	41.5	42.0	47.0	41.8	42.0	45.0	41.4	36.6	34.0
MITTL. TAEGL. MAXIMUM	28.5	28.9	31.0	33.5	35.5	36.1	37.9	36.7	36.0	35.1	32.6	29.5
MITTL. TAEGL. MINIMUM	23.6	23.6	25.5	27.8	29.7	30.3	31.8	31.6	30.9	28.6	27.3	24.3
ABS. MINIMUM	18.6	18.4	20.1	22.1	23.9	24.5	25.8	26.5	25.7	22.2	22.0	19.2
ABS. MINIMUM	12.0	12.0	14.0	14.4	16.4	20.0	22.0	20.7	20.3	15.6	16.3	11.4
REL. LUFTFEUCHTE (Prozent)												
ABS. MAXIMUM	100.0	96.0	98.0	98.0	100.0	100.0	99.0	100.0	100.0	100.0	100.0	97.0
MITTL. TAEGL. MAXIMUM	78.1	77.5	77.8	75.7	76.4	83.7	80.8	82.3	85.7	87.2	80.7	76.5
MITTL. TAEGL. MINIMUM	41.3	39.8	36.9	36.4	36.4	40.8	33.7	42.7	48.6	40.8	41.7	40.4
ABS. MINIMUM	10.0	12.0	7.0	7.0	9.0	10.0	11.0	17.0	4.0	3.0	11.0	9.0
LUFTDRUCK (hPa)												
ABS. MAXIMUM	1019.7	1018.7	1017.1	1013.7	1012.4	1007.9	1008.0	1007.2	1010.2	1012.9	1017.3	1021.1
MITTL. TAEGL. MAXIMUM	1013.9	1012.6	1010.6	1008.4	1006.8	1004.0	1003.5	1003.5	1005.6	1009.5	1012.6	1014.3
MITTL. TAEGL. MINIMUM	1010.5	1009.1	1007.2	1005.1	1003.8	1001.4	1001.0	1000.7	1002.6	1006.0	1009.5	1011.0
ABS. MINIMUM	1004.2	1000.0	997.4	997.9	998.5	996.8	997.8	997.7	998.1	1003.1	1005.3	1002.9
ANZAHL DER TAGE MIT (*)												
1. GEWITTER	1	0	1	3	3	0	1	1	1	2	1	5
2. REGEN (>0.1mm)	13	3	1	6	2	1	0	0	0	2	5	11
3. STAUB-/SANDSTURM	1	3	6	3	2	0	0	2	0	1	2	3
4. STAUB IN DER LUFT	16	33	51	57	53	60	27	35	42	35	42	17
5. DUNST (TROCKEN)	10	33	27	17	7	20	35	24	30	35	21	20
6. WIE 5. (SICHT < 1 km)	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0
7. DUNST (FEUCHT)	7	9	10	13	21	48	30	31	53	46	16	8
8. NEBEL	0	0	0	3	1	4	0	1	6	10	0	2
NIEDERSCHLAG (mm)												
MAXIMUM IN 24 Std	6.0	85.9	3.0	6.9	20.0	.1	0.0	0.0	0.0	3.0	83.0	15.0
JAEHRLICH: (**)												
1970											7.5/1	5.0/0
1971	0.0/1	98.9/0	0.0/0	.3/0	.5/0	0.0/0	0.0/0	0.0/0	0.0/1	0.0/0	0.0/0	6.6/1
1972	8.0/3	0.0/0	0.0/0	0.0/1	0.0/0	.1/0	0.0/0	0.0/0	0.0/0	0.0/2	83.0/0	12.9/1
1973	8.6/0	.1/0	0.0/0	0.0/1	0.0/0	0.0/0	0.0/0	0.0/0	0.0/0	0.0/0	1.0/0	7.0/2
1974	5.2/2	0.0/1	3.0/0	0.0/0	0.0/1	0.0/0	0.0/0	0.0/0	0.0/0	0.0/0	1.6/0	15.0/0
1975	7.4/1	0.0/3	0.0/0	15.6/1	0.0/1	0.0/0	0.0/0	0.0/1	0.0/0	0.0/0	.2/0	5.5/0
1976	0.0/1	0.0/0	0.0/4	0.0/1	20.0/0	0.0/0	0.0/0	0.0/0	0.0/0	4.0/0	0.0/3	0.0/1

(*) GESAMTZAHL DER TAGE FUER PERIODE 1973-76, HIERVON ABWEICHEND REGEN: GESAMTPERIODE
 (**) MONATSSUMME / ANZAHL DER FAELE MIT SUMME > 0.1 mm

2.4 Dhahran

2.4.0 Allgemeines

Dhahran liegt im Nordosten der arabischen Halbinsel in 22 m Höhe am arabisch-persischen Golf. Die Entfernung zur Küste beträgt ca. 10 km. Die flache, ebene Küstenwüste ist hier etwa 50 km breit und steigt erst dann nach Westen hin auf Höhen von 100 bis 200 m an.

In der näheren Umgebung westlich und nordwestlich von Dhahran liegen einzelne ca. 100 m hohe Hügel. Orographisch bedingte Windsysteme sind in dieser wenig gegliederten Landschaft also nicht zu erwarten. Die großräumige Luftdruckverteilung bestimmt somit das Windfeld, dem als lokaler Einfluß nur die Land-Seewindzirkulation überlagert ist.

2.4.1 Windrichtung und Betrag

Die vorherrschende Richtung des Windes ist NW bis NE (Abb. 2.4.A). Daneben erscheint ein sekundäres Maximum mit östlichen Richtungen und einer Häufigkeit von ca. 20 %. Südliche Richtungen, wie sie in dem 400 km entfernten, westlicher gelegenen Riyadh von Oktober bis Mai zu beobachten sind, und sogar noch im 120 km südwestlich gelegenen El Hofuf, werden in Dhahran nur mit sehr geringen Häufigkeiten registriert. Die Station Dhahran bleibt trotz aller Variationen des Winterhochs über der arabischen Halbinsel auf der Ostseite dieses Druckgebildes, so daß hier die nördlichen Richtungen überwiegen. Das sommerliche Monsuntief über dem arabisch-persischen Golf bedingt ebenfalls nördliche Winde. Die Ostwinde kommen durch gelegentliche Variationen des großräumigen Druckfeldes zustande.

2.4.2 Jahresgang der Windrichtung

Das ganze Jahr über dominieren Windrichtungen aus NW und N, wobei sie im Juni und Juli die größte Richtungsstabilität besitzen (Abb. 2.4.B). Daneben heben sich als sekundäres Maximum östliche Richtungen ab mit häufigstem Auftreten zwischen März und Mai sowie zwischen August und Oktober. Östliche Windkomponenten sind in der Regel mit geringeren Windgeschwindigkeiten verbunden als Nordwestkomponenten (vgl. Abb. 2.4.A).

Im Frühjahr treten Winde aus dem Ostsektor bevorzugt auf der Vorderseite ostwärts ziehender Tiefdruckgebilde auf oder wenn sich die Station am Westrand eines nach Süden ausgreifenden Hochkeils mit Zentrum über dem Iran befindet. Ähnlich führt die letztgenannte Situation auch im Herbst zu Ostwinden, wenn sich die Umstellung auf die winterliche Hochdrucksituation vollzieht.

Der gesamte Sektor von NNW bis SSE wird außerdem durch den ausgeprägten Seewind begünstigt, der vom Golf zum Landesinneren weht. Wetterkarten des Nachttermines zeigen häufig westliche Richtungen, also Landwind, die im Tagesmittel jedoch nicht dominieren.

2.4.3 Jahresgang des Betrages der Windgeschwindigkeit

In der ersten Jahreshälfte bis Mai liegen die Geschwindigkeiten meist zwischen 3,5 und 6,6 m/s (Abb. 2.4.C). Im Juni und Juli erreichen die oberen Geschwindigkeitsklassen ihre größte Häufigkeit, und von August bis Dezember tritt dann wieder eine merkliche Abnahme im Betrag des Windes ein. Tagesmittelwerte von mehr als 11 m/s werden meist nur im Juni beobachtet, also während der Zeit, in der das Druckfeld für die Dharan-Region den stärksten Gradienten aufweist, seltener im April und August.

Tagesmittel von mehr als 8 m/s sind häufiger im Sommer als im Winter anzutreffen, obwohl auch der Winter-Schamal kurzzeitig hohe Windgeschwindigkeiten bringen kann. Windstillen im Tagesmittel kommen das ganze Jahr über nicht vor.

2.4.4 Tagesgang des Windes

Für Dhahran konnte aus 4 Terminwerten ein mittlerer Tagesgang der Windgeschwindigkeit und Richtung über 2 Jahre (1977/78) erstellt werden (Abb. 2.1.B und Abb. 2.4.D). Danach stellt sich das Maximum der Windgeschwindigkeit gegen 15.00 Uhr ein, das Minimum abends gegen 21.00 Uhr, also jeweils zu den Zeiten großer bzw. geringer thermischer Labilität der atmosphärischen Dichteschichtung.

Windstillen können im Einzelfall natürlich zu allen Tageszeiten vorkommen.

Der Einfluß des Land-Seewindes deutet sich am ehesten im Tagesgang der Richtung an (Abb. 2.4.D). Die relativ stark vertretenen Häufigkeiten aus dem West- und Nordwest-Sektor um 03.00 und 09.00 Uhr weisen auf den Landwindanteil hin, während um 15.00 Uhr, also zur Zeit der stärksten Seebrise, der Nordwest- bis Ostsektor am häufigsten belegt ist. Das bedeutet umgekehrt jedoch nicht, daß die Ostwinde gemäß dem Tagesgang auch die höchsten Windgeschwindigkeiten aufweisen müssen (vgl. Abb. 2.4.A).

Um 21.00 Uhr beginnt sich das Zirkulationssystem wieder umzustellen, indem die nordwestlichen Komponenten an Häufigkeit wieder zunehmen. Daneben ist zu jeder Zeit die Nordrichtung relativ stark vertreten, die sowohl durch das großräumige Druckfeld bevorzugt ist als auch bereits als Seewind gewertet werden kann.

2.4.5 Maximale Windgeschwindigkeit

Die Häufigkeitsverteilung der täglichen stärksten Böen (Abb. 2.4.E) zeigt ein ausgeprägtes Maximum im Geschwindigkeitsbereich von 5 bis 12,5 m/s, wobei die Richtungsverteilung mit der des Mittelwindes gut korreliert ist. In den Monaten Mai bis Juli liegt das Maximum an der oberen Grenze des genannten Intervalls. Böen von mehr als 20 m/s treten nur von März bis August mit geringen Häufigkeiten (1 mal in 3 Jahren) auf. Die innerhalb des Untersuchungszeitraumes maximale Böe mit 23 m/s ist am 12.4.1971 gemessen worden. Diese hohen Windgeschwindigkeiten treten in Dhahran meist in Verbindung mit dem Winter-Schamal auf, die Richtung dabei ist N.

2.4.6 Wind- und Energieangebot

Das Windangebot läßt sich aus der Summenhäufigkeitsfunktion, hier in Form einer Windgeschwindigkeitsdauerkurve, entnehmen (Abb. 2.4.F). Daraus ist ersichtlich, daß in Dhahran, wie erwähnt, Kalmen als Tagesmittel nicht vorkommen. Dagegen sind schwachwindige Verhältnisse mit Geschwindigkeiten unter 5 m/s in 60 % des Gesamtzeitraumes anzutreffen. Geschwindigkeiten über 12,5 m/s treten als Tagesmittel nicht mehr auf.

Etwa 80 % der Energie werden im Geschwindigkeitsbereich zwischen einschließlich 4,5 und 9 m/s gewonnen. Das sind rund 50 % des gesamten Windangebotes. Die Geschwindigkeiten unterhalb und oberhalb dieser Grenzen, d.h. ebenfalls etwa 50 % des Windaufkommens, steuern nur noch je 10 % zur Gesamtenergie bei. Die größten Einzelbeiträge liefern Geschwindigkeiten um 6,5 m/s. Insgesamt ergibt sich durch Summierung der Einzelanteile ein Energiepotential von 856 kWh pro Jahr und 1 m² Fläche senkrecht zur Luftbewegung. Die Zahlenwerte gibt Tabelle 2.4.1 wieder.

2.4.7 Witterung und Wetterphänomene

Die Temperatur zeigt einen Tages- und Jahresgang maritimen Charakters, d.h., daß die Amplitude geringer ist als bei Stationen im Landesinneren (Riyadh). Der mittlere Tagesgang beträgt im Januar 9,8 K und im August 14,4 K (Abb. 2.4.I). Die Jahresamplitude (Januar - Juli) beträgt bzgl. des Tagesmittels 23,5 K. Die absoluten Extrema liegen bei +1,4 Grad Celsius im Dezember (-0,6 Grad Celsius in einer längeren Reihe) bei Kaltlufteinbruch aus NW und 48,0 Grad Celsius im Juli. Die maximale Temperatur bestrahlter Flächen ist mit 81 Grad Celsius angegeben.

Die relative Feuchte der Luft ist wegen der Nähe des arabisch-persischen Golfes höher als im Landesinneren, dies jedoch wegen der geringen Niederschläge im Mittel nur um wenige Prozent. Besonders mittags treten vergleichsweise hohe Werte auf, die mit der zugehörigen

Temperatur sehr schwüle Witterung erzeugen (Abb. 2.4.J). Von Mai bis Oktober sind sogar die Morgenstunden leicht schwül, und nur die Monate Dezember bis März sind im Mittel belastungsfrei. Im Einzelfall sind aber auch in diesen Monaten schwüle Tage möglich.

Die seltenen Niederschläge fallen hauptsächlich von November bis Mai. Die mittleren Monatsmengen betragen nur wenige Millimeter und erreichen im Frühjahr Werte von nur 10 - 20 mm. Hin und wieder kann es in Verbindung mit Frontgewittern bei Kaltlufteinbrüchen im Frühjahr zu erheblichen Tagesmengen kommen, wie z.B. 44,4 mm am 6.4.1976. Der mittlere Jahresniederschlag betrug im Untersuchungszeitraum 95 mm bei starken Unterschieden von Jahr zu Jahr.

Auf Grund der im Winter stärkeren nächtlichen Ausstrahlung ist in den Küstenstreifen nässender Frühnebel charakteristisch, der aber keinen nennenswerten Beitrag zur Niederschlagsmenge liefert.

Gewitter wurden von November bis Mai registriert, meist als Frontgewitter bei kräftigen Kaltlufteinbrüchen von NW. Am häufigsten sind sie im März und April mit bis zu 3 Gewittern pro Monat. Die maximale Dauer wurde am 22.10.1976 mit 7 Stunden beobachtet, die mittlere Dauer beträgt ca. 3 Stunden.

Staub- und Sandstürme kommen nur in der ersten Jahreshälfte vor, meist nach den winterlichen Niederschlägen. Im Mai und Juni treten sie regelmäßig mindestens jeweils zweimal auf. Die längste Andauer ist am 18.6.1973 mit 10 Stunden registriert worden.

Staub und Sand sind das ganze Jahr über anzutreffen und verursachen starke Lufttrübung mit schlechter Sicht. In den Sommermonaten sind diese Beimengungen am häufigsten. Sie verweilen dann auch oft den ganzen Tag in der Luft.

Feuchter Dunst kann in allen Jahreszeiten auftreten und dauert in den Wintermonaten bis zu 20 Stunden am Tag an.

Nebel ist als nässender Frühnebel von August bis März charakteristisch für das Küstenland. Im November kann er sich bis zu 10 Stunden halten (19.11.1973).

TAOESMITTELMINO
RELATIVE HAUFIGKEITVERTEILUNG IN PROZENT

M/S	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	N	NNE	SUMME
0.5-1.9	.5	.4	.4	1.1	.1	.0	.1	.2	.0	.0	.0	.5	.1	.0	.0	.3	.7	4.2
2.0-3.4	2.7	1.2	1.7	5.3	1.9	.7	.8	.4	.1	.1	2.1	2.6	.9	.4	2.0	3.3	26.5	
3.5-4.9	3.5	1.3	.4	2.2	.9	1.2	.6	.4	.1	.1	1.2	3.4	2.3	1.4	8.0	2.3	29.5	
5.0-6.4	1.8	.6	.2	.8	.8	.5	.7	.2	.1	.1	.0	1.9	4.1	2.3	7.8	1.2	23.5	
6.5-7.9	.7	.1	.0	.1	.1	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.5	2.7	1.8	4.6	.2	11.0	
8.0-9.4	.1	.1	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.2	1.4	1.2	.1	4.4	
9.5-10.9	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.1	.2	.3	.4	.0	1.0
11.0-12.4	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.2	.1	.0	.0	.5
SUMME	9.1	3.7	2.7	9.3	3.8	2.4	2.4	1.2	.3	.5	1.1	4.3	8.8	11.4	7.8	24.4	7.8	100.0

CAKUPAN : 0

Abb. 2. 4.4: Prozentuale Hauftigkeitsverteilung des Windes nach Betrag und Richtung

Station: DHARWANI

Periode: 1970-1976

Monat	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	N	NNE	VEBL. STL.
1	13	22	9	49	27	31	36	18	0	4	0	13	142	245	53	101	58	0
2	49	27	22	58	53	53	40	13	4	4	0	4	49	129	85	120	40	0
3	38	18	9	98	62	31	53	13	13	0	0	9	40	22	52	28	58	0
4	116	44	31	84	49	13	18	18	4	9	4	18	36	40	27	191	80	0
5	138	44	31	98	22	4	13	0	4	0	4	22	13	13	18	73	71	0
6	6	27	13	40	0	4	0	0	0	4	31	31	67	163	929	13	0	
7	111	36	0	62	0	0	0	0	0	4	31	76	44	16	298	49	0	
8	98	44	71	120	22	0	4	0	0	0	36	58	13	22	145	89	0	
9	102	31	44	93	36	0	9	9	0	4	44	80	36	44	165	102	0	
10	71	49	13	147	27	9	9	9	4	0	80	111	49	36	131	93	0	
11	53	27	22	58	49	36	22	22	0	0	98	107	143	49	47	80	0	
12	22	0	9	71	44	38	40	13	0	4	44	129	223	822	62	40	0	

Abb. 2. 4.3: Jahrgang der Windrichtung (Tagesmittelmittel) in 1/100 Prozent. Isolienabstand: 1 Prozent.

Station: DHAHRAN

m/s Monat	0.5-2.0	2.1-3.5	3.6-5.0	5.1-6.6	6.7-8.1	8.2-9.7	9.8-11.2	11.3-12.8	12.9-14.3	14.4-15.83
1	0	27	222	240	93	27	4	0	0	0
2	0	13	182	195	71	22	4	0	0	0
3	0	22	173	244	93	27	13	0	0	0
4	0	22	195	217	71	22	9	4	0	0
5	0	9	129	209	142	49	4	0	0	0
6	0	4	120	178	164	124	22	22	0	0
7	0	18	80	235	155	80	9	0	0	0
8	0	31	289	204	58	18	9	4	0	0
9	0	44	284	182	18	0	0	0	0	0
10	0	98	395	84	40	9	4	0	0	0
11	0	111	249	191	84	9	0	0	0	0
12	0	40	302	178	133	44	13	0	0	0

Abb. 2. 4.C: Jahresgang der Windgeschwindigkeit (Tagesmittelwerte) in 1/100 Prozent.
Isolinienabstand: 1 Prozent.

DHAHRAN

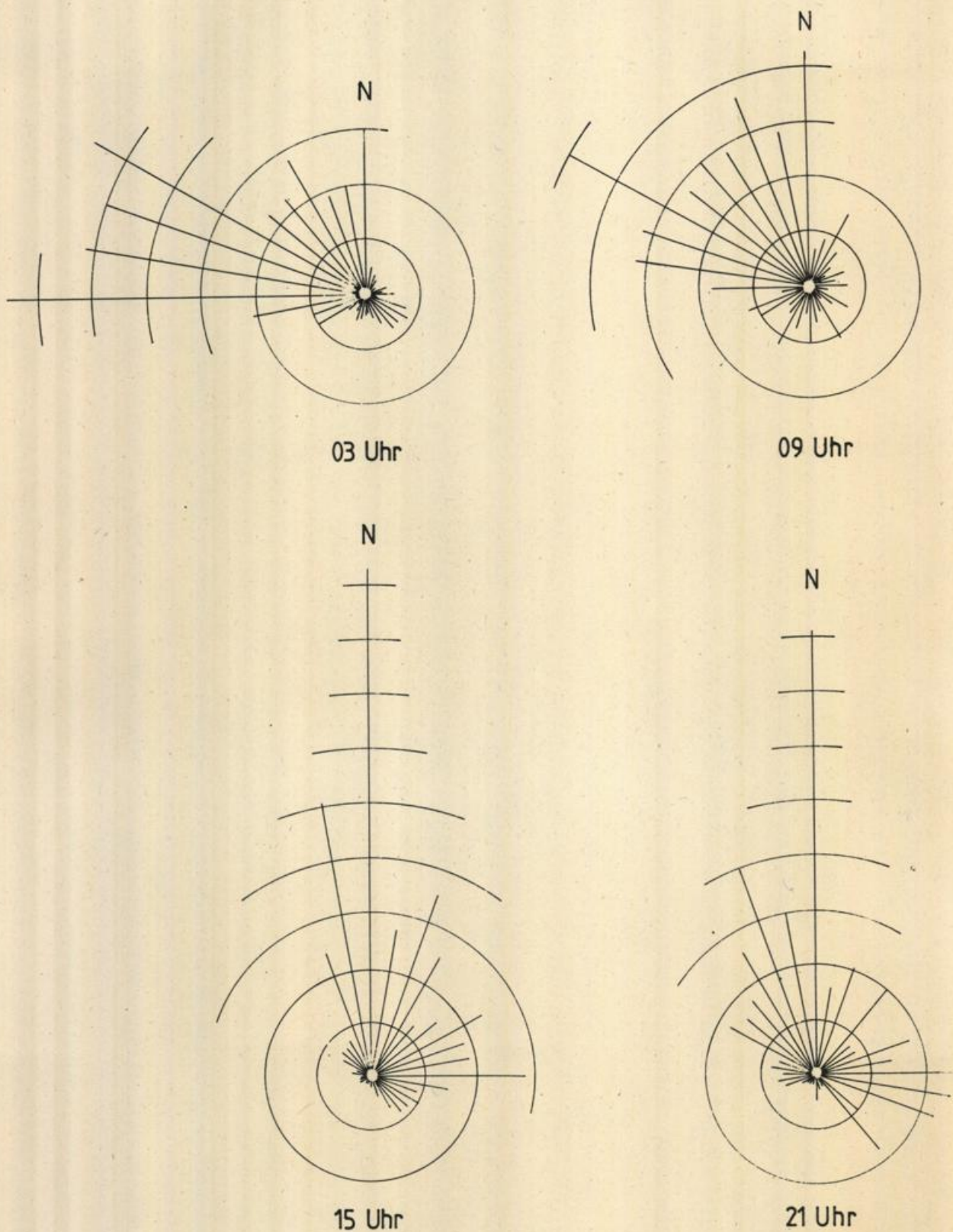



Abb.2. 4.D: Mittlerer Tagesgang der Windrichtung aus Terminwerten
 der Jahre 1977/78
 Maßstab:  = 1 Prozent

EXTREM WIND

RELATIVE HAEUFIGKEITSVERTEILUNG IN PROZENT

M/S	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	N	VRBL	SUMME
.0- 2.4	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
2.5- 4.9	.1	.1	.2	.9	.4	.2	.0	.1	.1	.1	.2	.3	.8	.1	.0	.3	.0	3.9
5.0- 7.4	3.6	1.9	3.6	6.2	1.8	1.1	1.2	1.3	.1	.2	.1	1.4	3.2	1.8	.8	3.6	.0	31.9
7.5- 9.9	5.1	1.5	1.0	2.3	.6	1.3	1.1	.9	.1	.1	.2	.2	1.4	3.0	2.1	10.1	.0	31.0
10.0-12.4	1.8	.3	.2	.4	.2	.3	.3	.2	.0	.1	.0	.2	.8	1.9	2.3	13.9	.0	22.9
12.5-14.9	.3	.0	.0	.1	.1	.0	.0	.0	.0	.0	.1	.0	.4	.5	.8	4.8	.0	7.1
15.0-17.4	.1	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.1	.1	.3	.4	1.4	.0	2.4
17.5-19.9	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.1	.4	.0	.5
20.0-22.4	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.2	.0	.2
22.5-24.9	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.1	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.1
SUMME	11.0	3.8	5.0	9.9	3.1	2.9	2.6	2.6	.3	.5	.6	2.2	6.7	7.6	6.5	34.7	.0	100.0

CALMEN .0

Abb.2. 4.E: Prozentuale Haeufigkeitsverteilung des Extremwindes nach Betrag und Richtung

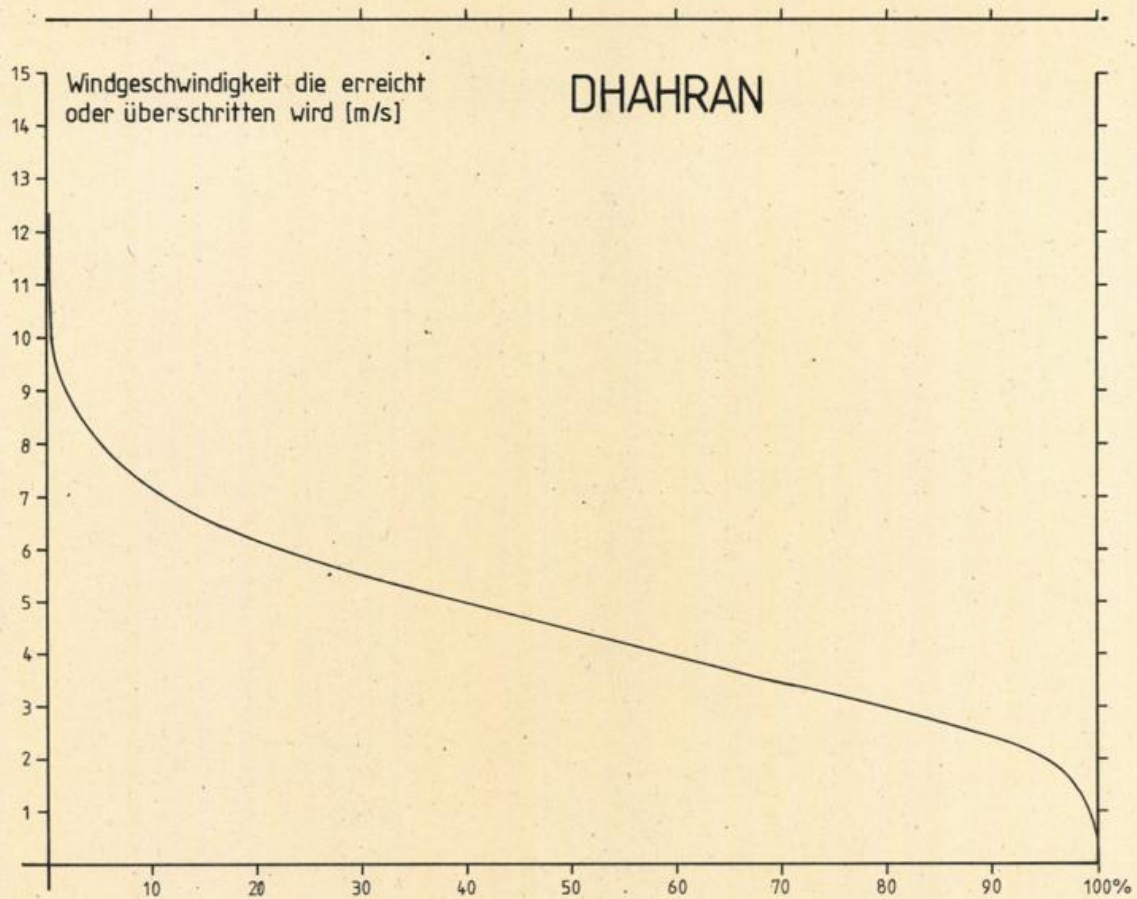


Abb.2. 4.F: Windgeschwindigkeitsdauerkurve aus Tagesmittelwerten des Windes

Windgeschwindigkeits- intervall	Häufigkeit in Prozent	Bruttojahres- energie (kWh)	Summe (kWh)
≤ m/s <			
2,0- 2,5	6,15	3,6	4,6 (*)
2,5- 3,0	8,19	8,8	13,4
3,0- 3,5	9,57	17,0	30,4
3,5- 4,0	10,27	27,9	58,3
4,0- 4,5	10,31	40,8	99,1
4,5- 5,0	9,79	54,2	153,3
5,0- 5,5	8,87	66,2	219,5
5,5- 6,0	7,70	75,5	295,0
6,0- 6,5	6,41	80,8	375,7
6,5- 7,0	5,14	81,6	457,3
7,0- 7,5	3,98	78,2	535,5
7,5- 8,0	2,97	71,3	606,7
8,0- 8,5	2,14	62,0	668,8
8,5- 9,0	1,49	51,6	720,4
9,0- 9,5	1,01	41,2	761,6
9,5-10,0	,66	31,5	793,1
10,0-10,5	,42	23,2	816,3
10,5-11,0	,26	16,4	832,7
11,0-11,5	,15	11,2	844,0
11,5-12,0	,09	7,4	851,3
12,0-12,5	,05	4,7	856,0

Tabelle 2.4.1: Verteilung der Bruttojahresenergie auf Windgeschwindigkeitsintervalle von 0,5 m/s, bezogen auf 1 m².

(*) dieser Wert enthält die Energiebeiträge der nicht aufgeführten unteren Windgeschwindigkeitsintervalle.

DHAHRAN

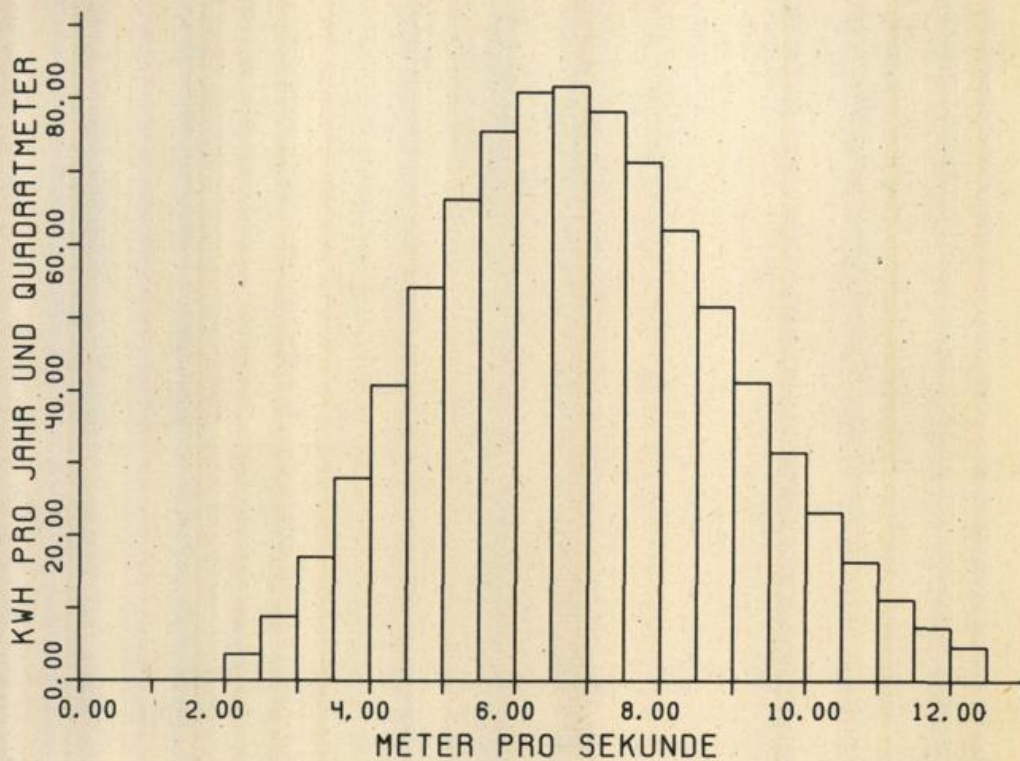


Abb. 2. 4.6: Verteilung der Bruttojahresenergie auf Windgeschwindigkeitsintervalle von 0,5 m/s. Periode: 1970-76

DHAHRAN

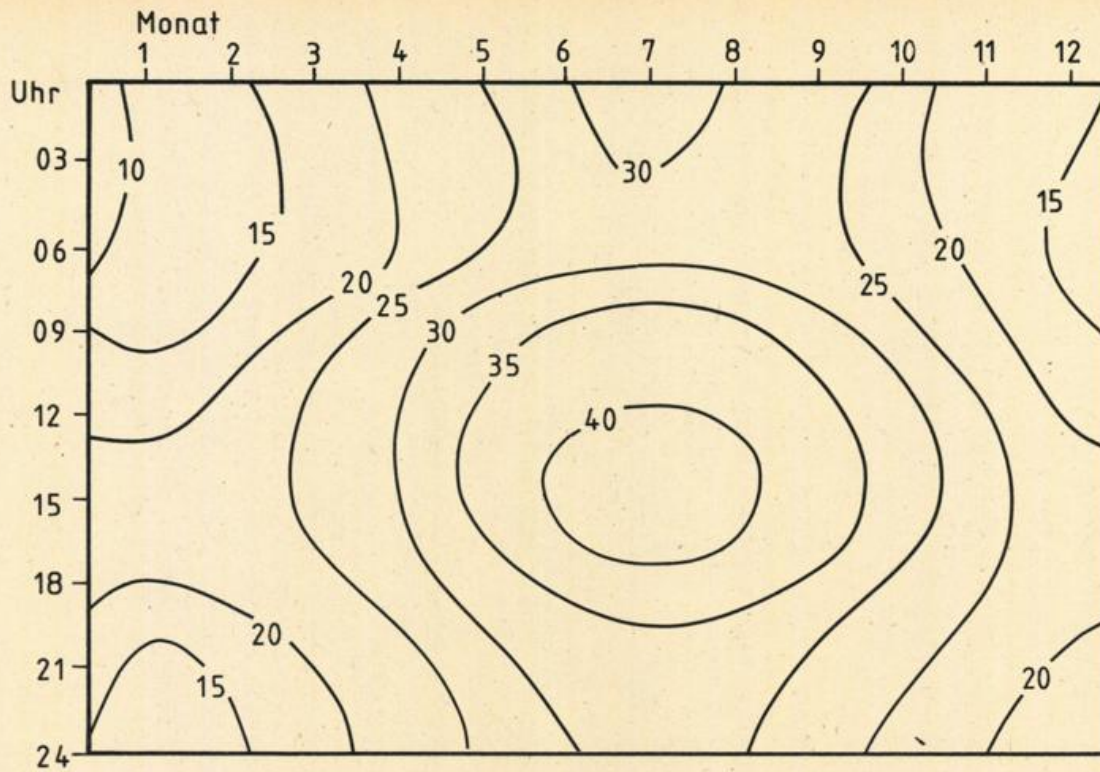


Abb.2. 4.H: Thermoisoplethendiagramm aus Terminwerten der Jahre 1977/78.
Isolinienabstand: 5 K

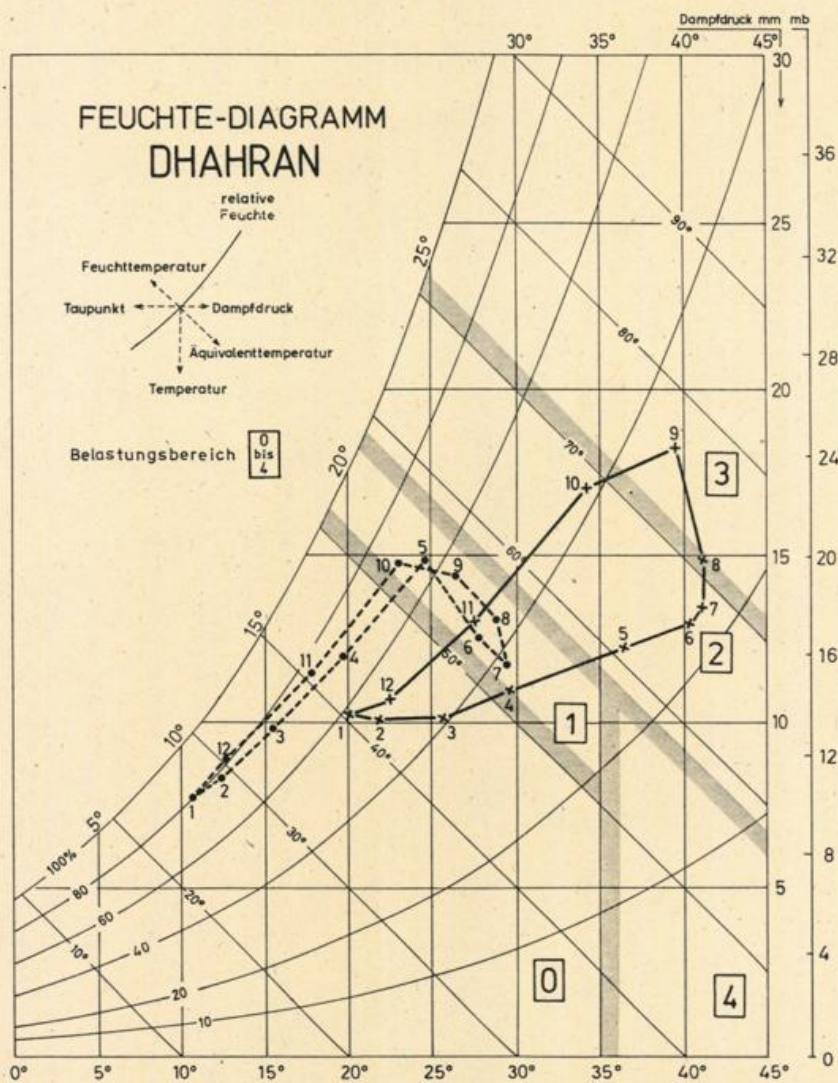


Abb.2. 4.I: Diagramm zur Bestimmung der Wärmebelastung.
Belastungsbereiche: 0 'belastungsfrei', 1 Übergangsbereich zu 'schweil',
2 'schweil', 3 'sehr schweil', 4 'trocken und heiss'.
●-----● morgens, x-----x mittags, Ziffern an den Symbolen bezeichnen die
entsprechenden Monate.

STATION D H A H R A N

KOORDINATEN: 26 16N 50 10E, 21 m UEBER MEERESNIVEAU

PERIODE: 1970-1976

MONAT	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

LUFTTEMPERATUR (°C)												
ABS. MAXIMUM	27.0	36.2	34.4	45.0	46.6	48.0	46.5	46.0	45.0	41.0	36.0	27.5
MITTL. TAEGL. MAXIMUM	19.6	21.3	25.2	30.8	37.0	40.7	41.7	41.4	39.4	34.6	28.3	21.7
MITTL. TAGESMITTEL	14.7	16.1	19.8	24.9	30.4	33.6	34.6	34.2	32.0	27.4	22.1	16.6
MITTL. TAEGL. MINIMUM	9.8	11.0	14.5	19.0	23.7	26.5	27.5	27.0	24.7	20.1	15.8	11.5
ABS. MINIMUM	1.4	3.0	6.0	11.0	15.6	19.6	21.0	19.5	18.8	13.4	9.0	3.4

REL. LUFTFEUCHTE (Prozent)												
ABS. MAXIMUM	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
MITTL. TAEGL. MAXIMUM	94.6	93.0	89.3	86.6	73.4	65.0	63.3	81.3	89.8	92.5	90.3	91.2
MITTL. TAEGL. MINIMUM	53.9	48.2	39.2	35.3	25.4	17.9	18.4	21.4	26.3	30.0	38.5	50.5
ABS. MINIMUM	17.0	16.0	13.0	9.0	5.0	7.0	7.0	4.0	8.0	5.0	13.0	18.0

LUFTDRUCK (hPa)												
ABS. MAXIMUM	1027.4	1025.2	1022.8	1016.9	1012.3	1007.2	1001.0	1005.8	1010.7	1017.0	1023.7	1028.3
MITTL. TAEGL. MAXIMUM	1019.2	1017.1	1014.7	1010.9	1006.3	999.7	996.8	998.3	1004.5	1011.4	1016.8	1019.3
MITTL. TAEGL. MINIMUM	1014.7	1013.3	1010.2	1006.9	1002.9	997.0	994.2	995.6	1001.7	1008.3	1013.4	1015.4
ABS. MINIMUM	1004.1	998.5	998.6	999.1	995.9	991.2	989.2	989.7	995.8	1000.7	1005.4	1006.6

ANZAHL DER TAGE MIT (*)												
1. GEWITTER	4	9	10	14	8	0	0	0	0	5	3	5
2. REGEN (>0.1mm)	19	20	27	20	4	0	0	0	0	0	5	26
3. STAUB-/SANDSTURM	1	11	1	3	4	8	0	0	0	0	0	0
4. STAUB IN DER LUFT	10	26	36	41	46	65	50	57	21	24	18	11
5. DUNST (TROCKEN)	4	25	19	20	13	11	10	32	18	8	11	16
6. WIE %, (SICHT < 1 km)	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
7. DUNST (FEUCHT)	35	45	41	22	11	12	7	41	41	46	35	46
8. NEBEL	10	8	7	0	0	1	0	8	22	25	23	11

NIEDERSCHLAG (mm)												
MAXIMUM IN 24 Std	6.6	23.9	24.8	44.4	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	11.1	32.5

JAEHRLICH: (**)												
1970											0.0/0	0.0/3
1971	2.8/2	1.2/2	2.7/5	44.9/6	0.0/1	0.0/0	0.0/0	0.0/0	0.0/0	0.0/0	3.6/1	0.0/4
1972	13.3/4	12.5/5	37.6/3	9.2/7	0.0/3	0.0/0	0.0/0	0.0/0	0.0/0	0.0/0	5.3/2	2.5/3
1973	5.0/1	0.0/1	0.0/1	1.0/9	0.0/2	0.0/0	0.0/0	0.0/0	0.0/0	0.0/0	0.0/0	11.9/1
1974	1.5/7	12.3/2	27.3/4	0.0/3	1.1/1	0.0/0	0.0/0	0.0/0	0.0/0	0.0/1	0.0/0	94.0/4
1975	20.3/1	1.8/5	2.1/4	2.1/4	.5/5	0.0/0	0.0/0	0.0/0	0.0/0	0.0/0	0.0/0	5.7/4
1976	16.9/2	63.9/3	77.4/4	53.7/2	.4/2	0.0/0	0.0/1	0.0/0	0.0/0	0.0/2	12.5/2	8.9/3

(**) GESAMTZAHLE DER TAGE FUER PERIODE 1973-76, HIERVON ABWEICHEND REGEN: GESAMTPERIODE

(***) MONATSSUMME / ANZAHL DER FAELE MIT SUMME > 0.1 mm

2.5 Khamis-Mushait

2.5.0 Allgemeines

Khamis-Mushait liegt im südwestlichen Hochland der arabischen Halbinsel in 2057 m Höhe innerhalb eines ca. 10 km breiten Tales, das nach NNW geöffnet ist. Der höchste Berg Saudi-Arabiens mit ca. 3000 m liegt 35 km westlich der Stadt. Die in diesem Gebirgszug ausgeprägte Orographie übt einen starken Einfluß auf das Windfeld aus.

Es überrascht, daß Khamis-Mushait als Bergstation ein außerordentlich geringes Windangebot aufweist. Ein Maß für die zu erwartende Windgeschwindigkeit ist die Druckverteilung oder - wie in der Meteorologie für größere Höhen üblich - der Gradient des Geopotentials in dem betreffenden Niveau.

Aerologische Untersuchungen über das Druck- und Windfeld in der Höhe sind in tropischen Regionen vor allem auf klimatologischer Basis - also längerfristig - rar. Veröffentlichungen gibt es z.B. von de Boogard 1977, Rudloff 1965, Thompson 1965, wovon die meisten nur Fallstudien über einzelne Monate sind. Alle diese Versuche, die Höhenströmung darzustellen, konnten auf der arabischen Seite des Roten Meeres nur in Aden auf Vertikalsondierungen zurückgreifen, so daß das Bewegungsfeld über dem Westen der arabischen Halbinsel nur unsicher festzulegen ist. Zum anderen liegen die untersuchten Höhenniveaus ca. 500 bis 1000 m jeweils unter - oder oberhalb der Höhe von Khamis-Mushait. Trotzdem werden die Verhältnisse in Khamis-Mushait mit diesem Material besser beschrieben als mit dem auf Meeresniveau reduzierten Bodendruckfeld.

Als ein wesentlicher Punkt der Untersuchungen zeigt sich, daß im Niveau der Bergstation Khamis-Mushait der Druckgradient allgemein relativ schwach ist und nur zum Frühjahr hin etwas zunimmt. Das bedeutet, daß mit zunehmender Höhe allein - abgesehen von etwaigen Starkwindstrukturen in den unteren 100 - 200 m der Atmosphäre - keine Erhöhung des Windpotentials zu erwarten ist.

So scheint es in Arabien in erster Linie orographiebedingten Strömungsverhältnissen vorbehalten, im Gebirge eine merkliche Windzunahme zu erzeugen. Derartige lokale Möglichkeiten zur Windenergienutzung müßten vor Ort erkundet werden.

2.5.1 Windrichtung und Betrag

In Khamis Mushait treten zwei Windrichtungen als Tagesmittel bevorzugt auf: Winde aus S bis WSW und östliche Winde aus dem Sektor NNE bis SE (Abb. 2.5.A). Die Hauptwindrichtung ist SW. Die genannten Richtungen zeigen ihre maximale Häufigkeit im Geschwindigkeitsbereich 2 - 3 m/s. Geschwindigkeiten von mehr als 8 m/s im Tagesmittel treten nur noch mit Südwestwinden auf.

2.5.2 Jahresgang der Windrichtung

Auch im Jahresverlauf bleibt die Hauptwindrichtung nahezu konstant S - SW (Abb. 2.5.B). Die mit nennenswerter Häufigkeit vertretenen östlichen Komponenten im Bereich NE - ESE kommen vor allem in der zweiten Jahreshälfte vor. In den Monaten September und Oktober lösen sie SW als Hauptwindrichtung sogar ab.

Die Richtungsverteilung bei Khamis-Mushait ist auf zwei Einflußgrößen zurückzuführen.

Erstens ist sie eine Folge der Luftdruckverteilung im Stationsniveau. Hieraus lassen sich aus den anfangs genannten Untersuchungen gewisse Anhaltspunkte für die Richtungsverteilung finden:

Der Luftdruckverteilung im Meeresniveau ist im 700 hPa-Niveau (ca. 3000 m Höhe über NN) eine west- bis südwestliche Höhenströmung überlagert, die im Januar ihre südlichste Position über Südarabien erreicht, im Jahresverlauf nach Norden wandert, im Sommer einem indifferenten Luftdruckfeld weicht und sich ab Oktober von Nordarabien wieder südwärts verlagert. Khamis-Mushait liegt in der ersten Jahreshälfte am gradientschwachen Südrand dieser Höhenströmung. Im Sommer setzt sich ein nach Südwesten gerichteter Bodentrog des arabischen Hitzetiefs bis in Höhen von 1500 - 2000 m durch und kann in Khamis-Mushait den SW-Wind je nach Position durch nördliche bis östliche Komponenten unterbrechen.

Im September und Oktober, wenn SW als Hauptwindrichtung abgelöst wird, ist es dann der Südrand eines Höhenhochs, der die Ostwinde in Khamis-Mushait begünstigt. Danach stellt sich allmählich, den Jahreszyklus abschließend, wieder das Ausgangsfeld der Druckverteilung ein.

Die zweite Einflußgröße, die auf die Richtungsverteilung des Windes wirkt und womöglich zu der außerordentlich beständigen Südwestströmung beiträgt, ist in den örtlichen orographischen Verhältnissen von Khamis-Mushait zu sehen, deren genaue Kenntnis sich uns jedoch entzieht.

Der Anteil der Tage, an denen sich die Windrichtung im Laufe des Tages ändert ("variabel"), ist im Spätsommer etwas geringer als in den übrigen Jahreszeiten. Die Windgeschwindigkeiten liegen bei diesen Tagesmitteln hauptsächlich bei 4,5 m/s, in besonderen Fällen werden aber auch bis zu 9 m/s erreicht.

2.5.3 Jahresgang des Betrages der Windgeschwindigkeit

Das Maximum in der Häufigkeitsverteilung der Tagesmittelwerte der Windgeschwindigkeit liegt auch im Jahresverlauf meist zwischen 2 und 3,5 m/s (Abb. 2.5.C). Im März verschiebt sich der Schwerpunkt zu etwas höheren, im November zu etwas niedrigeren Werten.

Die höchsten Tagesmittel sind in den Wintermonaten zwischen September

und März/April anzutreffen. Sie erreichen im Januar und Februar bis zu 11 m/s, wobei jedoch im Oktober und November noch einmal Zeiten mit geringeren Windgeschwindigkeiten zu erwarten sind. In den Sommermonaten gehen die Tagesmittel kaum über 6,5 m/s hinaus. Werte oberhalb von 8 m/s werden nicht erreicht.

2.5.4 Tagesgang des Windes

Für Khamis-Mushait konnte aus vier Terminwerten ein Tagesgang der Windgeschwindigkeit für 2 Jahre (1977 und 1978) abgeleitet werden (Abb. 2.1.B). Danach stellt sich das Maximum der Geschwindigkeit gegen 15.00 Uhr mit 5,5 m/s ein und das Minimum gegen 03.00 Uhr mit im Mittel 0,5 m/s. Der Tagesgang ist mit einer Doppelamplitude von 5 m/s recht groß und stärker als der der in dieser Hinsicht untersuchten niedrig gelegenen Stationen. Windstillen treten nicht auf. Die Windrichtung weist keinen Tagesgang auf, so daß ein klassisches Berg-Talwind-System nicht vorhanden zu sein scheint. Es mag allenfalls in stark modifizierter Form existieren.

2.5.5 Maximale Windgeschwindigkeit

Die Häufigkeitsverteilung der täglichen stärksten Böen (Abb. 2.5.D) zeigt ausgeprägte Maxima zwischen 5 und 12 m/s in den beiden Richtungssektoren N bis E und S bis W, wobei sich auch hier ein Jahresgang zeigt. In den Wintermonaten von November bis März kommt die monatliche Extremböe ausschließlich aus dem SW-Sektor, in den anderen Monaten wegen der thermisch angefachten kleinräumigen Windsysteme aus fast allen anderen Richtungen. Die stärkste Böe wurde im Untersuchungszeitraum mit 22,5 m/s am 5.7.75 aus NW registriert.

2.5.6 Wind- und Energieangebot

Das Windangebot, wie es sich im Tagesmittel darstellt, läßt sich aus der Windgeschwindigkeitsdauerkurve (Abb. 2.5.E) entnehmen. Es ist, wie eingangs erwähnt, außerordentlich gering, obgleich Kalmen im Tagesmittel nicht auftreten. Schwache Windgeschwindigkeiten unter 5 m/s sind mit 88 % entsprechend 310 Tagen im Jahr anzutreffen. Meist reichen die Tagesmittel nur bis 7,5 m/s, das höchste Mittel im Beobachtungszeitraum ist mit 10 m/s registriert worden.

Die Bruttoenergie errechnet sich wegen der schwachwindigen Verhältnisse nur zu 233 kWh pro Jahr und m² (Abb. 2.5.F). Die Zahlenwerte gibt Tabelle 2.5.1 wieder. Darüber hinaus ist in Khamis-Mushait die Anzahl der Tage, an denen der Wind aus unterschiedlichen Richtungen kommt und daher für den Tag keine Hauptwindrichtung festzulegen ist, recht hoch (vgl. Spalte VRBL in Abb. 2.5.A). Etwa 80 % der Energie werden im Geschwindigkeitsbereich

zwischen einschließlich 3,0 und 7,0 m/s gewonnen. Das sind rund 48 % des gesamten Windangebotes. Die Geschwindigkeiten unterhalb und oberhalb der genannten Grenzen, d.h. etwa 52 % des Windaufkommens, steuern nur je ca. 10 % zur Gesamtenergie bei. Die größten Einzelbeiträge liefern Geschwindigkeiten um 4,5 m/s.

2.5.7 Witterung und Wetterphänomene

Die Monatsmitteltemperatur schwankt zwischen 14,0 Grad Celsius im Dezember/ Januar und 23,3 Grad Celsius im Juli/August. Wegen der Höhenlage sind die Temperaturen gemäßigt. Die täglichen Minimumtemperaturen sinken in keinem Monat unter den Gefrierpunkt. Das absolute Minimum in dem Beobachtungszeitraum lag bei +0,2 Grad Celsius, die absolute Maximumtemperatur betrug 32,8 Grad Celsius. Die Temperatur bestrahlter Flächen (vgl. Abschnitt 2.2.7) kann bis auf 80 Grad Celsius ansteigen.

Die relative Luftfeuchtigkeit ist im Winter und Frühjahr mit etwa 80 % recht hoch, wobei Taubildung möglich ist. Nachmittags geht die Luftfeuchtigkeit auf Werte um 30 % (Winter) und 15 - 20 % (Sommer, Herbst) zurück.

Niederschläge fallen das ganze Jahr über in einer so ausreichenden Menge, daß von März bis November Vegetation möglich ist. Die durchschnittliche Jahresmenge beträgt ca. 200 mm. Wie an den übrigen Orten Saudi-Arabiens sind einzelne Tage mit sehr hohen Niederschlagsmengen möglich. So fielen am 24.3.71 insgesamt 69,9 mm, und am 26.12.73 waren es 74,9 mm.

Gewitter werden das ganze Jahr über als lokale Hitzegewitter beobachtet mit einer Häufung von bis zu 10 Gewittern pro Monat von April bis August. Die Andauerzeiten erreichen bis zu 5 Stunden.

Im Durchschnitt ist mit 3 Staub- und Sandstürmen pro Jahr zu rechnen, wobei im Mittel zwei der Fälle im Juli auftreten.

Staub hingegen kann das ganze Jahr über in der Luft sein, häufiger im Frühjahr und Sommer (bis zu 9 Tagen pro Monat) als im Herbst und Winter (1 bis 3 Tage pro Monat).

Nebel ist in Khamis-Mushait selten. Im Mittel tritt er ca. 3 mal im Jahr auf, dann in der Regel nach starken Niederschlägen.

Die Wärmebelastung in Khamis-Mushait läßt sich aus der Abb. 2.5.H entnehmen. Nach diesen Mittelwerten für Temperatur und Feuchte morgens und mittags ist es in keinem Monat des Jahres schwül, d.h. das Klima ist das ganze Jahr über wärmebelastungsfrei.

TAGESMITTELWIND

RELATIVE HÄUFIGKEITSVERTEILUNG IN PROZENT

M/S	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	N	VRBL	SUMME
0.5- 1.9	.4	1.1	1.4	1.1	.4	.4	.6	1.0	1.4	7.9	1.8	.5	.1	.1	.1	.2	1.6	20.1
2.0- 3.4	1.1	3.2	2.8	3.6	1.7	1.2	.5	3.2	4.8	14.8	3.2	.5	.3	.6	.3	1.0	3.9	46.7
3.5- 4.9	.4	2.0	1.1	2.2	.7	.4	.1	2.4	2.5	5.3	.6	.1	.0	.2	.1	.1	3.0	21.2
5.0- 6.4	.1	.7	.4	.9	.2	.1	.0	1.3	1.4	2.8	.1	.0	.0	.1	.0	.1	.7	8.9
6.5- 7.9	.0	.1	.1	.3	.1	.1	.0	.2	.3	.9	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.3	2.4
8.0- 9.4	.1	.0	.0	.1	.0	.0	.0	.0	.0	.2	.1	.0	.0	.0	.0	.0	.1	.6
9.5-10.9	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.1	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.1
SUMME	2.1	7.1	5.8	8.2	3.1	2.2	1.2	8.1	10.4	32.0	5.8	1.1	.4	1.0	.5	1.4	9.6	100.0

CALMEN .0

Abb.2. 5.A: Prozentuale Häufigkeitsverteilung des Windes nach Betrag und Richtung

Station: KHAMIS-MUSHAIT

Periode: 1970-1976

Monat	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	N	VRBL	STL			
1	0	5	5	14	0	0	5	55	100	200	300	400	400	18	18	0	9	0	0	55	0
2	5	0	0	18	0	5	5	183	73	388	18	0	0	5	0	0	78	0			
3	0	0	0	0	0	5	23	132	192	365	9	0	0	0	0	0	123	0			
4	0	9	9	32	32	5	5	110	119	215	59	0	0	0	0	0	91	0			
5	18	41	41	59	46	78	9	46	46	228	87	18	0	5	5	9	114	0			
6	27	100	110	110	41	5	0	14	50	110	73	14	5	14	5	32	114	0			
7	50	100	82	27	5	0	0	27	27	228	73	32	18	27	18	68	64	0			
8	32	87	32	27	23	9	5	37	37	200	73	18	9	14	14	0	37	0			
9	14	219	36	215	41	27	23	18	14	64	23	5	0	5	0	23	32	0			
10	23	100	90	247	91	73	14	14	5	50	37	5	5	5	5	0	82	0			
11	18	55	64	55	27	37	32	64	55	356	37	18	5	0	5	0	132	0			
12	9	64	14	18	0	5	5	32	114	157	59	0	0	0	0	0	114	0			

Abb. 2. 5.B: Jahresgang der Windrichtung (Tagesmittelwerte) in 1/100 Prozent. Isolinienabstand: 1 Prozent.

Station: KAMMIS-MISWIT

m/s	Klassen	0,5-2,0	2,1-3,5	3,6-5,0	5,1-6,6	6,7-8,1	8,2-9,7	9,8-11,2	11,3-12,8	12,9-14,3	14,4-15,83
Konart	1	0	134	303	187	107	27	5	5	0	0
	2	0	118	296	171	150	48	5	5	0	0
	3	0	32	296	331	150	53	0	0	0	0
	4	0	96	321	224	107	21	5	0	0	0
	5	0	155	401	198	53	0	0	0	0	0
	6	0	134	443	37	16	11	0	0	0	0
	7	0	107	568	134	11	0	0	0	0	0
	8	0	112	481	112	5	0	0	0	0	0
	9	0	80	363	236	166	43	5	0	0	0
	10	0	251	390	171	16	0	0	0	0	0
	11	0	465	417	75	5	0	0	0	0	0
	12	0	294	475	262	85	11	21	0	0	0

Abb. 2-3-C: Abregung der Windgeschwindigkeit (Gesamtwerte) in 1/100 Prozent.
Isoliertenstand: 1 Prozent.

STATION KAMMIS-MISWIT: 18 18N 42 48E 2037M

PERIODE: 1970-1976

EXTREMWIND

RELATIVE HAEUFIGKEITVERTEILUNG IM PROZENT

M/S	NNE	NE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NNW	NN	NNW	N	NNE	SUMME	
-0,0-2,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2,5-4,9	2,0	1,2	5,1	3,5	0,9	1,1	5,1	3,3	2,2	1,1	3,8	2,2	1,1	0,0	1,1	0,0	1,1	1,8	1,8
5,0-7,4	1,1	1,4	4,0	3,0	1,2	2,2	2,8	6,4	4,1	1,7	4,4	0,0	2,2	1,1	2,0	1,1	2,0	30,6	30,6
7,5-9,9	1,1	1,7	2,9	2,8	0,6	2,2	3,0	7,9	3,5	1,1	1,1	2,2	3,3	0,9	1,5	29,4	29,4	29,4	29,4
10,0-12,4	1,1	1,7	2,9	2,8	0,6	2,2	3,0	7,9	3,5	1,1	1,1	2,2	3,3	0,9	1,5	29,4	29,4	29,4	29,4
12,5-14,9	0,3	2,2	0,5	0,8	0,0	1,1	0,5	1,5	1,1	0,3	1,1	0,0	1,1	1,1	1,1	2,2	6,0	6,0	6,0
15,0-17,4	0,2	0,0	0,2	0,2	0,0	0,1	0,2	0,5	0,1	0,0	0,1	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	1,8	1,8	1,8
17,5-19,9	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,5	1,5	1,5
20,0-22,4	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,5	1,5	1,5
22,5-24,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,5	1,5	1,5
SUMME	4,7	3,7	11,2	10,8	2,7	7	1,2	5,6	10,8	21,1	12,3	4,4	1,0	4	1,2	2,8	3,4	100,0	100,0

Abb. 2-3-D: Prozentuale Haeufigkeitsverteilung des Extremwindes nach Betrag und Richtung

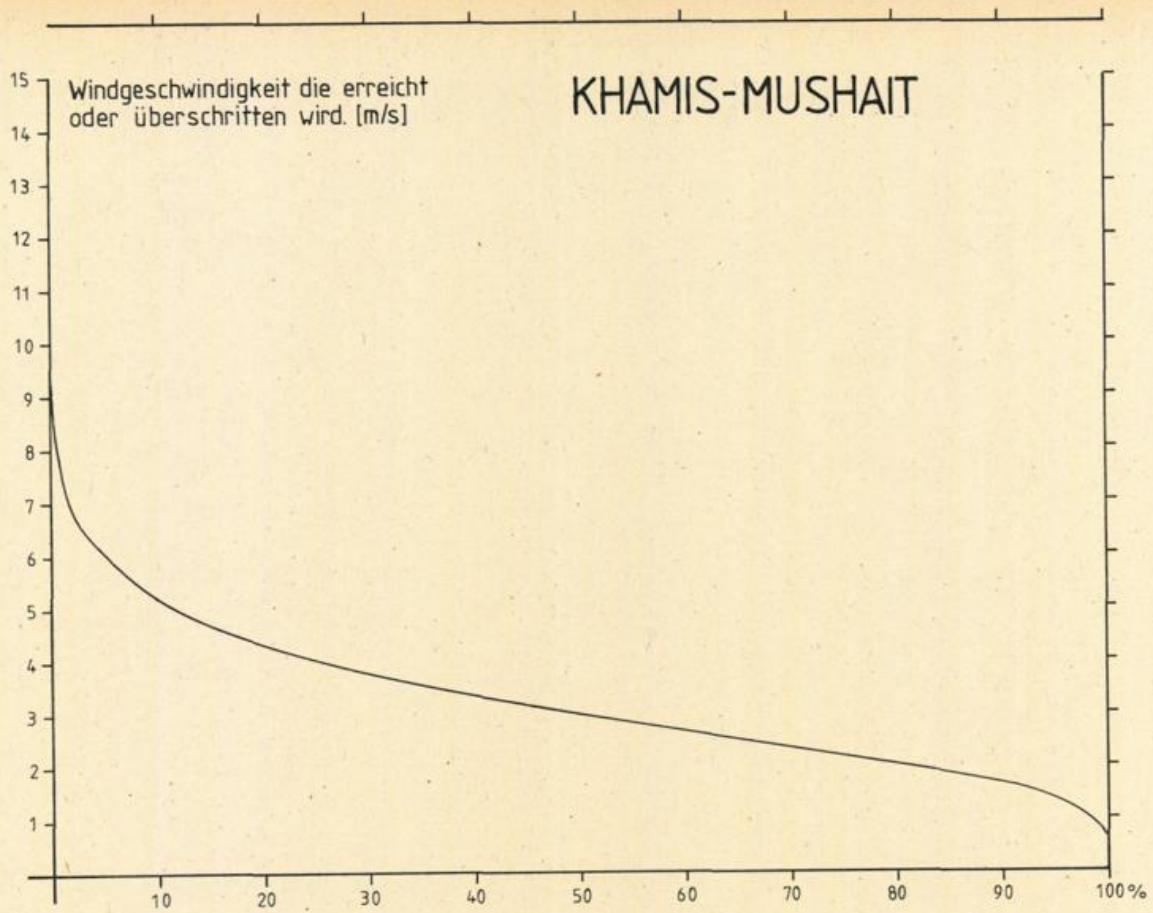


Abb.2. 5.E: Windgeschwindigkeitsdauerkurve aus Tagesmittelwerten des Windes

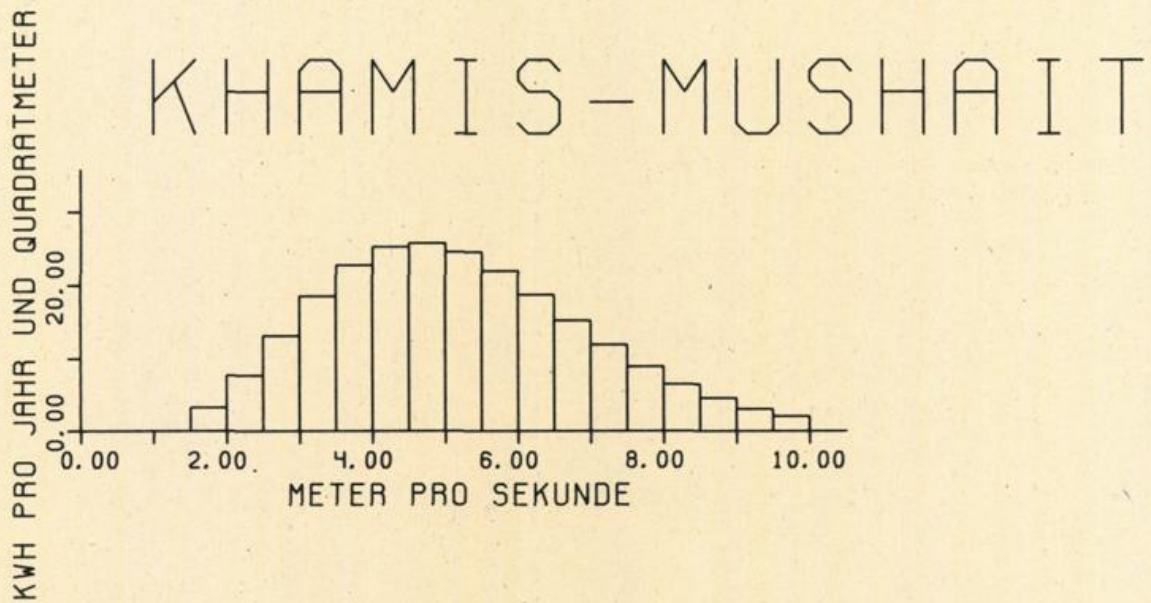


Abb.2. 5.F: Verteilung der Bruttojahresenergie auf Windgeschwindigkeitsintervalle von 0.5 m/s. Periode: 1970-76

KHAMIS-MUSHAIT/Saudi-Arabien

Windgeschwindigkeits- intervall	Häufigkeit in Prozent	Bruttojahres- energie (kWh)	Summe (kWh)
≤ m/s <			
1.5- 2.0	14.53	3.3	3.3
2.0- 2.5	16.17	7.7	11.0
2.5- 3.0	15.15	13.1	24.1
3.0- 3.5	12.93	18.5	42.6
3.5- 4.0	10.35	22.7	65.3
4.0- 4.5	7.89	25.2	90.5
4.5- 5.0	5.76	25.7	116.2
5.0- 5.5	4.06	24.5	140.6
5.5- 6.0	2.77	21.9	162.6
6.0- 6.5	1.84	18.7	181.3
6.5- 7.0	1.19	15.2	196.4
7.0- 7.5	.75	11.9	208.3
7.5- 8.0	.46	8.9	217.2
8.0- 8.5	.28	6.5	223.7
8.5- 9.0	.16	4.6	228.3
9.0- 9.5	.09	3.1	231.4
9.5-10.0	.05	2.1	233.4

Tabelle 2.5.1: Verteilung der Bruttojahresenergie auf Windgeschwindigkeitsintervalle von 0.5 m/s, bezogen auf 1 m².

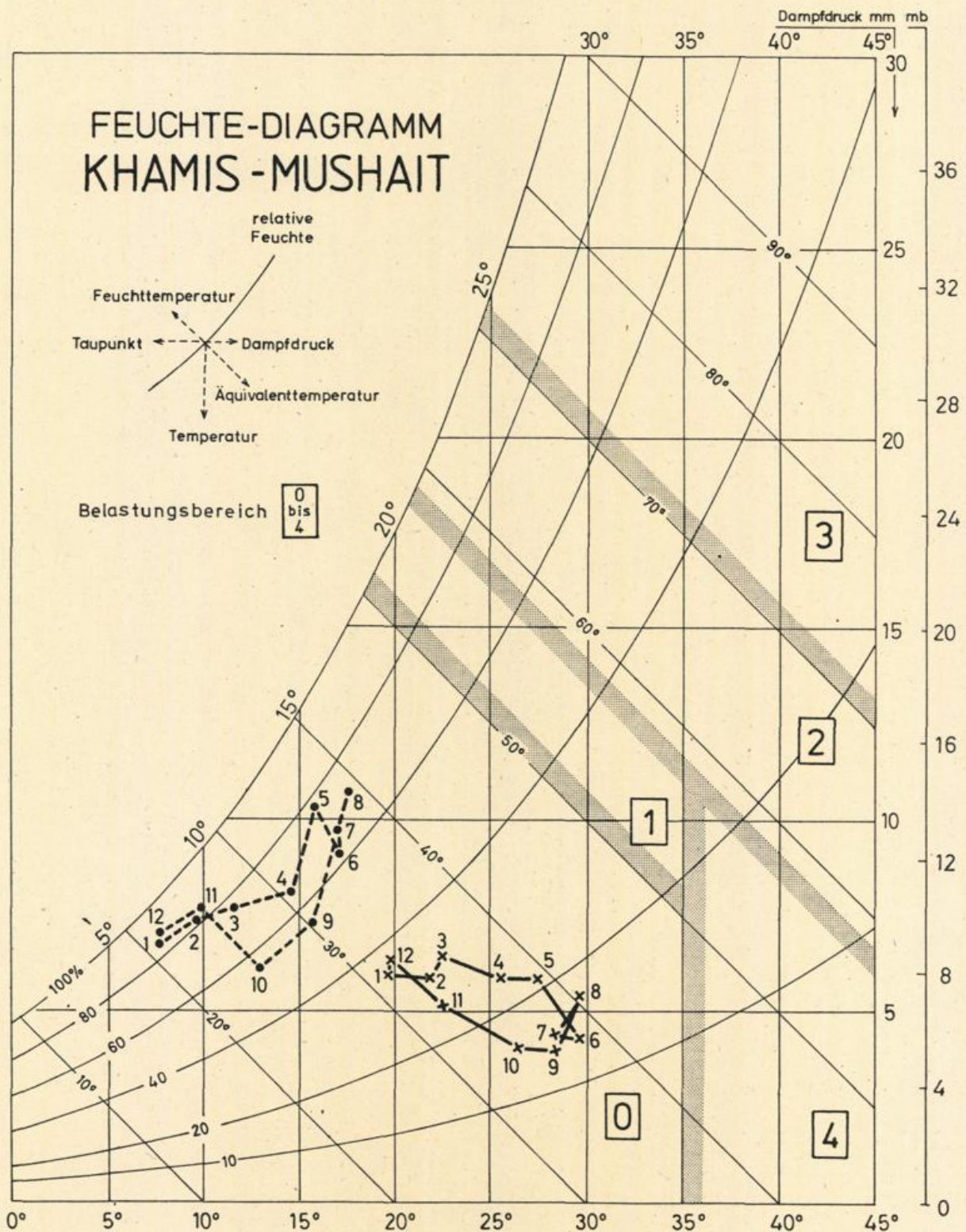


Abb.2. 5.G: Diagramm zur Bestimmung der Waermebelastung.

Belastungsbereiche: 0 'belastungsfrei', 1 Uebergangsbereich zu 'schwuel', 2 'schwuel', 3 'sehr schwuel', 4 'trocken und heiss'.

•-----• morgens, x—x mittags, Ziffern an den Symbolen bezeichnen die entsprechenden Monate.

STATION KHAMIS MUSHAIT

KOORDINATEN: 18 18N 42 48E, 2057 m UEBER MEERESNIVEAU

PERIODE: 1970-1976

MONAT	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
LUFTEMPERATUR (°C)												
ABS. MAXIMUM	26.4	29.2	29.4	29.2	32.2	32.2	32.8	32.5	31.4	29.5	29.0	31.2
MITTL. TAEGL. MAXIMUM	20.1	21.8	23.1	24.7	27.3	29.8	29.8	29.7	28.1	24.7	22.7	20.5
MITTL. TAGESMITTEL	14.0	15.8	17.3	18.8	21.1	23.0	23.4	23.3	21.7	17.9	15.8	13.9
MITTL. TAEGL. MINIMUM	8.0	9.8	11.6	13.0	14.9	16.2	17.1	16.8	15.4	11.1	8.9	7.3
ABS. MINIMUM	3.2	3.7	7.6	7.4	7.0	10.0	10.5	10.6	8.6	5.0	3.4	2
REL. LUFTFEUCHTE (Prozent)												
ABS. MAXIMUM	97.0	99.0	97.0	99.0	95.0	97.0	95.0	97.0	96.0	97.0	99.0	100.0
MITTL. TAEGL. MAXIMUM	85.9	83.0	79.0	75.8	76.1	63.9	68.0	75.0	59.4	59.9	82.7	89.3
MITTL. TAEGL. MINIMUM	33.5	31.3	31.7	28.6	21.7	12.2	16.0	17.4	12.9	14.3	23.9	33.4
ABS. MINIMUM	5.0	7.0	7.0	6.0	4.0	1.0	2.0	5.0	3.0	4.0	5.0	3.0
LUFDRUCK (hPa)												
ABS. MAXIMUM	803.0	802.5	802.2	801.7	801.8	800.2	799.7	798.4	802.5	803.4	805.8	804.4
MITTL. TAEGL. MAXIMUM	799.3	798.6	798.5	798.8	798.9	797.2	796.4	796.4	798.6	800.5	800.6	800.1
MITTL. TAEGL. MINIMUM	796.7	796.2	796.1	796.3	796.2	794.8	794.0	793.8	795.7	797.6	797.9	797.5
ABS. MINIMUM	791.4	791.0	791.9	793.0	793.0	792.6	791.4	791.1	773.5	794.9	795.0	792.4
ANZAHL DER TAGE MIT (*)												
1. GEWITTER	0	2	8	29	29	9	15	24	3	1	6	0
2. REGEN (>0.1mm)	6	7	21	27	44	13	21	32	5	2	14	7
3. STAUB-/SANDSTURM	0	0	0	1	0	1	7	0	0	0	0	1
4. STAUB IN DER LUFT	12	15	37	15	10	30	36	19	4	2	0	2
5. DUNST (TROCKEN)	4	15	2	1	3	3	6	13	1	10	0	2
6. WIE 5. (SICHT < 1 km)	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
7. DUNST (FEUCHT)	2	2	5	8	2	0	1	6	1	0	6	4
8. NEBEL	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	3	2
NIEDERSCHLAG (mm)												
MAXIMUM IN 24 Std	15.4	4.3	69.9	51.2	16.8	9.7	31.0	36.4	9.0	2.6	20.4	74.9
JAEHRLICH: (**)												
1970											0.0/0	7.4/0
1971	15.5/0	0.0/0	7.0/0	61.1/1	42.3/2	0.0/0	31.1/0	0.0/0	0.0/0	0.0/0	20.4/0	0.0/4
1972	0.0/0	6.4/0	52.1/2	0.0/0	2.9/0	9.7/3	6.3/2	16.0/3	0.0/0	2.8/0	6.9/0	3.6/1
1973	28.5/0	0.0/0	0.0/0	6.4/2	17.8/1	6.0/0	14.2/5	22.1/0	9.4/0	0.0/0	6.0/0	84.8/0
1974	0.0/0	3/2	174.5/1	3.0/1	42.7/1	14.2/0	6.5/1	42.6/4	5.0/0	0.0/0	0.0/0	0.0/1
1975	0.0/2	4.5/1	22.5/2	130.9/2	9.6/1	16.2/1	21.0/7	80.8/6	6.6/0	0.0/1	8.6/0	0.0/2
1976	0.0/0	0.0/0	54.3/3	48.8/2	86.3/3	0.0/3	34.8/6	24.4/4	4.5/1	0.0/2	43.7/4	0.0/0

(*) GESAMTZAHL DER TAGE FUER PERIODE 1973-76, HIERVON ABWEICHEND REGEN: GESAMTPERIODE

(**) MONATSSUMME / ANZAHL DER FAELLE MIT SUMME > 0.1 mm

2.6 Turaif

2.6.0 Allgemeines

Turaif liegt im Norden der arabischen Halbinsel in 824 m Höhe über NN. Am Ort verläuft die Pipeline, die den arabisch-persischen Golf mit dem Mittelmeer verbindet. Die 300 km westlich gelegene Bergkette der Levante kann durch Leewirkung das Klima Turaifs beeinflussen. Weitere orographische Beeinflussungen sind wegen der Lage der Station inmitten der gleichförmigen Sand- und Steinwüste, nur unterbrochen von wenigen bis zu 200 m hohen Hügeln in der weiteren Umgebung, nicht zu erwarten.

2.6.1 Windrichtung und Betrag

Die bevorzugte Windrichtung in Turaif ist West. Richtungen um E und ESE sind mit 8 - 9 % des Gesamtkollektivs bedeutend seltener. Alle anderen Richtungen der 16-teiligen Windrose kommen jeweils nur mit Häufigkeiten unter 3 % vor (Abb. 2.6.A). Die westlichen Richtungen haben ihren Schwerpunkt bei 2 bis 3 m/s im Tagesmittel. Tagesmittelwerte von mehr als 10 m/s treten gleichermaßen mit westlichen und östlichen Richtungen auf, wobei die Unterschiede in der Häufigkeit unerheblich sind.

Tagesmittel, denen keine vorherrschende Richtung zugeschrieben werden kann (VRBL), treten an 12 Tagen (3,4%) im Jahr auf und können Beträge bis zu 9 m/s erreichen. Sie sind bei Wetterlagen mit schwachem Luftdruckgradienten bevorzugt zu erwarten und dürften dann meist thermisch bedingt sein. Auch rasch durchziehende Tiefdruckgebiete mediterranen Ursprungs können dazu führen, daß eine vorherrschende Richtung für den Tag nicht festzulegen ist, so daß das Tagesmittel der Windrichtung unter den Begriff 'variabel' (VRBL, Abb. 2.6.A) fällt.

2.6.2 Jahresgang der Windrichtung

Westliche Windrichtungen treten während des ganzen Jahres auf. Sie sind in den Sommermonaten jedoch etwa doppelt so häufig wie in den Wintermonaten (Abb. 2.6.B).

Die Ursache für Westwinde im Sommer ist in der Lage Turaifs an der Westflanke eines Troges zu suchen, der sich sehr häufig zum zentralen sommerlichen Hitzetief mit Schwerpunkt über dem arabisch-persischen Golf nach Nordwesten erstreckt. Manchmal gerät die Station an den Scheitelpunkt dieses Troges. Dann treten nördliche Richtungen auf, die in der Häufigkeitsverteilung ein zweites Maximum bei den Sommermonaten bilden.

Im Winter ist das Druckfeld durch stärkere Variationen zwischen hohem

Druck über den Regionen Sahara - Arabien- Asien und den ostwärts ziehenden Tiefdruckgebieten charakterisiert. Westwinde stellen sich ein, sobald die Station am N- bzw. NE-Rand des nach Osten ausgreifenden Saharahochs liegt oder wenn sie sich am N- bzw. NW-Rand der Ausläufer der asiatischen Antizyklone befindet. Ostwärts ziehende Mittelmeertiefs, die nördlich der Station vorüberziehen, erzeugen gleichfalls Westwinde.

Das sekundäre Maximum mit östlichen Komponenten tritt bei Hochdrucklagen mit Schwerpunkt nördlich der Station auf, ebenso bei südlich vorbeiziehenden Mittelmeerstörungen. Tiefdruckstörungen erzeugen die selteneren südlichen Richtungen.

2.6.3 Jahresgang des Betrages der Windgeschwindigkeit

Tagesmittel der Windgeschwindigkeit von mehr als 9,8 m/s treten nur von November bis Mai auf und erreichen ihre größte Stärke bis zu 15,8 m/s im Februar und März, meist in der Folge ostwärts ziehender Mittelmeerzyklonen. In den Sommermonaten ist der Wind schwächer, und geht selten über ca. 8 m/s hinaus (Abb. 2.6.C). Die weitaus meisten Werte entfallen auf das Geschwindigkeitsintervall von 0,5 bis 3,5 m/s, wobei die Verteilung in den Wintermonaten zur unteren Grenze tendiert, in den Sommermonaten zur oberen wegen des etwas stärkeren Luftdruckgradienten am nord-westlichen Rand des Hitzetiefs.

Insgesamt gesehen liegt das Windgeschwindigkeitsniveau im Winter und Frühjahr jedoch eindeutig höher als im Sommer, und so ist in der kühleren Jahreszeit auch die höhere Energieausbeute zu erwarten.

2.6.4 Maximale Windgeschwindigkeit

Die Häufigkeitsverteilung der täglichen stärksten Böen (Abb. 2.6.D) zeigt ausgeprägte Maxima zwischen 5 und 12 m/s bei den gleichen Richtungen wie im Fall des Tagesmittelwindes (Abb. 2.6.A). Auch die Verteilung der monatlichen höchsten Böe gleicht der Verteilung der Tagesmittelwerte. So sind von November bis Juni Böen von 25 m/s und mehr hauptsächlich aus westlichen Richtungen zu erwarten. Die stärkste Böe trat mit 36 m/s am 13.4.1971 auf. Im August und September sind maximale Geschwindigkeiten von nur 14 bzw. 17 m/s registriert worden.

2.6.5 Wind- und Energieangebot

Das Windangebot läßt sich aus der Summenhäufigkeitsfunktion, hier in Form einer Windgeschwindigkeitsdauerkurve, entnehmen (Abb. 2.6.E). Daraus wird ersichtlich, daß langandauernde Kalmen in Turaif mit 6,6%, d.h. an ca. 25 Tagen im Jahr angetroffen werden und schwachwindige

Verhältnisse mit Tagesmitteln unter 5 m/s in 75 % des Zeitraumes herrschen. Geschwindigkeiten von 10 m/s und mehr treten nur mit knapp 4 % (15 Tage im Jahr) auf.

Die aus dieser Verteilung berechnete Bruttojahresenergie ist für Intervalle von 0,5 m/s dargestellt (Abb. 2.6.F). Etwa 80 % der Energie werden im Geschwindigkeitsbereich zwischen einschließlich 4,5 und 13,5 m/s gewonnen. Das sind nur rund 30 % des gesamten Windangebotes. Damit steuern die Geschwindigkeiten unterhalb und oberhalb der genannten Grenzen, d.h. etwa 70 % des Windaufkommens, nur je ca. 10 % zur Gesamtenergie bei. Die größten Einzelbeiträge liefern Geschwindigkeiten um 7,5 m/s.

Insgesamt ergibt sich durch Summierung der Einzelanteile ein Energiepotential von 741 kWh pro Jahr und pro m² Fläche senkrecht zur Luftbewegung (vgl. Tab. 2.6.1).

2.6.6 Witterung und Wetterphänomene

Aufgrund der Lage im Landesinneren schwankt die Monatsmitteltemperatur zwischen 6,2 Grad Celsius im Januar und 29,2 Grad Celsius im August. Das absolute Minimum bzw. Maximum der Lufttemperatur wurde im Januar mit -5,5 Grad Celsius bzw. 19,4 Grad Celsius, im August mit 15,8 Grad Celsius bzw. 43,0 Grad Celsius gemessen. Diese Werte deuten auf recht hohe Tagesamplituden hin. Temperaturen unter dem Gefrierpunkt sind von Dezember bis März des nachts durchaus üblich und sind ein Indiz dafür, daß in dem Gebiet um Turaif im Winter gelegentliche Schneefälle vorkommen können.

Die relative Luftfeuchtigkeit erreicht in Turaif in den Wintermonaten im Mittel morgens 80 %, mittags 45 %; dagegen gehen in den Sommermonaten bei einem wesentlich höheren Temperaturniveau die Werte bis auf 40 % morgens und 17 % mittags zurück. Nach Niederschlägen sind in Einzelfällen 100 % Feuchte möglich, wohingegen die minimale Feuchte zwischen 0 und 5 % liegen kann.

Der mittlere jährliche Niederschlag beträgt in Turaif 103 mm. Es kommt im Extremfall vor, daß an einem Tag während eines Gewitters die halbe Jahresmenge fällt; das war z.B. am 12.4.1976 mit insgesamt 50,5 mm der Fall. In Verbindung mit Gewittern oder Sandstürmen sind in den Monaten von September bis Mai durchaus Tagesmengen in einer Höhe möglich, die der Monatsmenge entsprechen. Die mit Gewittern verbundenen Niederschläge können sehr heftig sein, wobei Regenintensitäten von 25 mm/h durchaus erreicht wurden.

Gewitter sind im Mittel mit 6 pro Jahr jedoch recht selten und treten eher im Winter und Frühjahr als in den Sommermonaten auf.

Staub- und Sandstürme treten das ganze Jahr über auf, häufiger im Frühjahr, seltener im Hochsommer. Sie sind meist mit Fronten verbunden, und es fällt anschließend kräftiger Niederschlag.

Staub in der Luft ist das ganze Jahr über ohne Bevorzugung einer

Jahreszeit anzutreffen und kann an solchen Tagen bis zu 14 Stunden in der Luft bleiben.

Nebel ist selten in Turaif und dann auch nur von November bis März wahrscheinlich, häufiger ist in dieser Zeit feuchter Dunst.

Die Temperatur- und Feuchteverhältnisse gestalten das Klima in Turaif wegen der Höhenlage nur in den Sommermonaten von Juni bis September tagsüber leicht schwül und heiß. Nachts ist es stets belastungsfrei (Abb. 2.6.G). In Einzelfällen kann nach Regenfällen das Klima auch stärker belastend auf einen Mitteleuropäer wirken.

STATION TURAIF: 31 41N 38 40E, 824M

PERIODE: 1971,1975-1976

TAGESMITTELWIND

RELATIVE HÄUFIGKEITSVERTEILUNG IN PROZENT

M/S	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	N	VRBL	SUMME
0.5- 1.9	.7	.7	.6	1.4	1.6	.6	.6	.6	1.2	.7	1.8	8.4	.7	.8	.6	1.4	2.1	24.5
2.0- 3.4	.2	.7	.3	2.8	1.9	.8	.2	.7	.4	.5	1.8	11.5	1.8	1.0	.6	1.1	.9	27.2
3.5- 4.9	.2	.3	.3	1.1	1.9	.6	.5	.2	.4	.5	.6	7.0	1.3	1.4	.3	.3	.2	17.1
5.0- 6.4	.0	.0	.1	.8	1.6	.4	.0	.4	.3	.2	.6	5.2	.6	.5	.2	.2	.1	11.2
6.5- 7.9	.1	.0	.0	.4	1.0	.3	.2	.1	.2	.4	.6	2.7	.2	.0	.1	.1	.0	6.4
8.0- 9.4	.0	.0	.0	.6	.5	.1	.1	.0	.2	.2	.0	.7	.2	.0	.0	.0	.1	2.7
9.5-10.9	.0	.0	.0	.2	.2	.2	.2	.0	.0	.2	.0	.7	.2	.1	.0	.0	.0	2.0
11.0-12.4	.0	.0	.0	.2	.2	.0	.1	.0	.1	.2	.2	.2	.2	.0	.0	.0	.0	1.4
12.5-13.9	.0	.0	.0	.1	.1	.2	.0	.0	.0	.0	.1	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.5
14.0-15.4	.0	.0	.0	.2	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.2	.0	.0	.0	.0	.0	.4
SUMME	1.2	1.7	1.3	7.8	9.0	3.2	1.9	2.0	2.8	2.9	5.7	36.6	5.2	3.8	1.8	3.1	3.4	93.4

CALMEN 6.6

Abb.2. 6.A: Prozentuale Häufigkeitsverteilung des Windes nach Betrag und Richtung

Station: TURAIF

Periode: 1970-1976

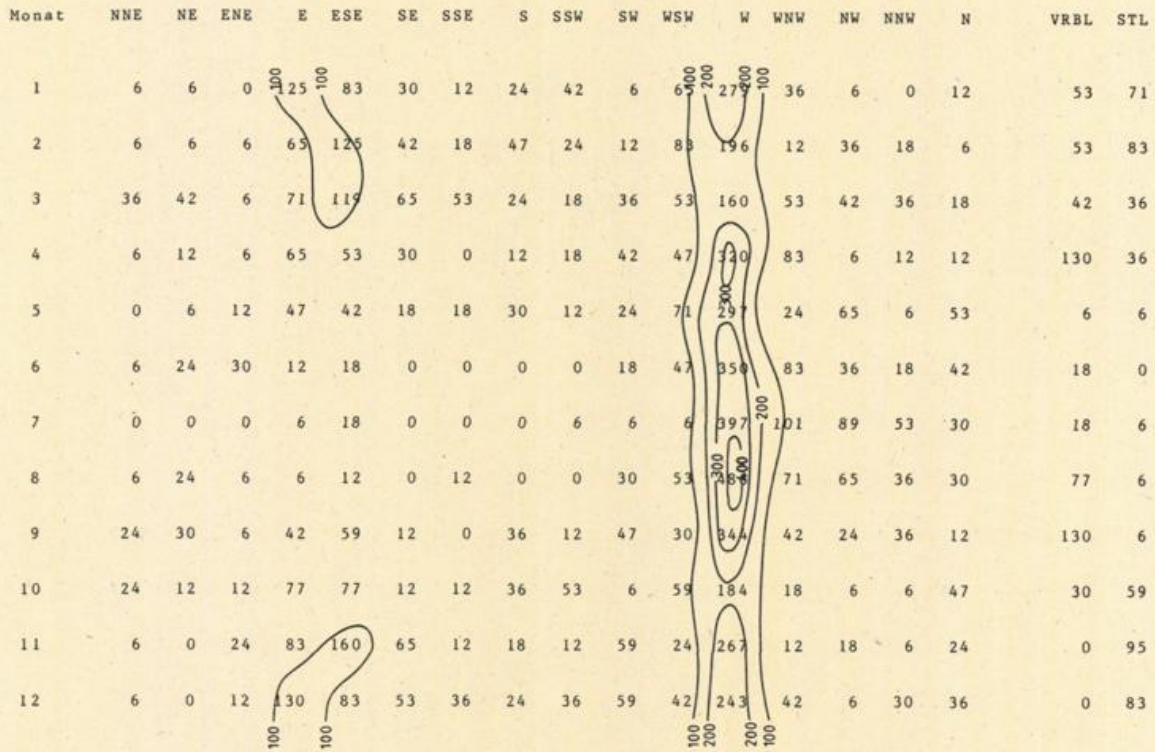


Abb. 2. 6.B: Jahresgang der Windrichtung (Tagesmittelwerte) in 1/100 Prozent. Isolinienabstand: 1 Prozent.

Station: TURAIF

m/s	Kalmen	0.5-2.0	2.1-3.5	3.6-5.0	5.1-6.6	6.7-8.1	8.2-9.7	9.8-11.2	11.3-12.8	12.9-14.3	14.4-15.83
Monat											
1	97	194	154	129	121	40	16	40	8	8	0
2	113	121	121	210	154	105	32	8	24	0	24
3	49	154	218	162	129	105	89	57	32	16	16
4	49	121	146	97	129	97	49	32	40	8	0
5	8	113	275	170	81	65	8	32	8	0	0
6	0	137	251	170	129	24	0	0	0	0	0
7	8	57	146	170	105	16	0	0	0	0	0
8	8	210	348	234	81	40	16	0	0	0	0
9	8	226	299	81	65	0	0	0	0	0	0
10	81	469	275	105	40	16	0	8	0	0	0
11	129	388	275	162	32	89	40	24	8	8	0
12	113	267	194	49	57	49	8	8	0	0	0

Abb. 2. 6.C: Jahresgang der Windgeschwindigkeit (Tagesmittelwerte) in 1/100 Prozent. Isolinienabstand: 1 Prozent.

EXTREM WIND

RELATIVE HAEUFIGKEITSVERTEILUNG IN PROZENT

M/S	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	N	VRBL	SUMME
.0- 2.4	.0	.0	.1	.2	.2	.0	.0	.0	.0	.0	.1	.3	.2	.0	.1	.1	.0	1.3
2.5- 4.9	.5	.0	.4	1.3	.9	.3	.2	.6	.7	.5	.9	4.1	.6	.7	.7	1.7	.0	14.1
5.0- 7.4	1.7	.4	.8	2.1	2.7	1.0	1.0	1.4	1.5	.8	2.8	8.6	1.9	.8	1.0	1.7	.0	30.2
7.5- 9.9	.4	.2	.4	2.0	1.2	.4	.4	.6	.5	.4	1.0	6.0	1.3	.4	.7	.6	.0	16.5
10.0-12.4	.2	.1	.3	1.4	2.1	.5	.5	.6	.5	.4	1.2	7.6	.8	.2	.2	.4	.0	17.0
12.5-14.9	.2	.0	.1	.4	1.1	.1	.2	.5	.2	.1	.4	2.6	.4	.1	.1	.1	.0	6.6
15.0-17.4	.1	.0	.0	.4	1.1	.4	.3	.3	.1	.2	.4	2.0	.1	.0	.1	.2	.0	5.7
17.5-19.9	.0	.0	.1	.2	.3	.1	.1	.1	.1	.0	.1	.7	.0	.0	.1	.0	.0	1.9
20.0-22.4	.0	.0	.1	.1	.2	.0	.0	.2	.1	.2	.2	.9	.0	.0	.0	.0	.0	2.0
22.5-24.9	.0	.0	.0	.1	.1	.1	.0	.0	.1	.0	.1	.1	.0	.0	.0	.0	.0	.6
25.0-27.4	.0	.0	.0	.0	.1	.0	.0	.0	.0	.0	.1	.5	.0	.0	.0	.0	.0	.7
27.5-29.4	.0	.0	.0	.0	.1	.0	.0	.0	.0	.1	.0	.1	.0	.0	.0	.0	.0	.3
SUMME	3.1	.7	2.5	8.2	10.1	2.9	2.7	4.3	3.8	2.7	7.3	33.5	5.3	2.2	3.0	4.8	.0	96.9

CALMEN 3.1

Abb.2. 6.D: Prozentuale Haeufigkeitsverteilung des Extremwindes nach Betrag und Richtung

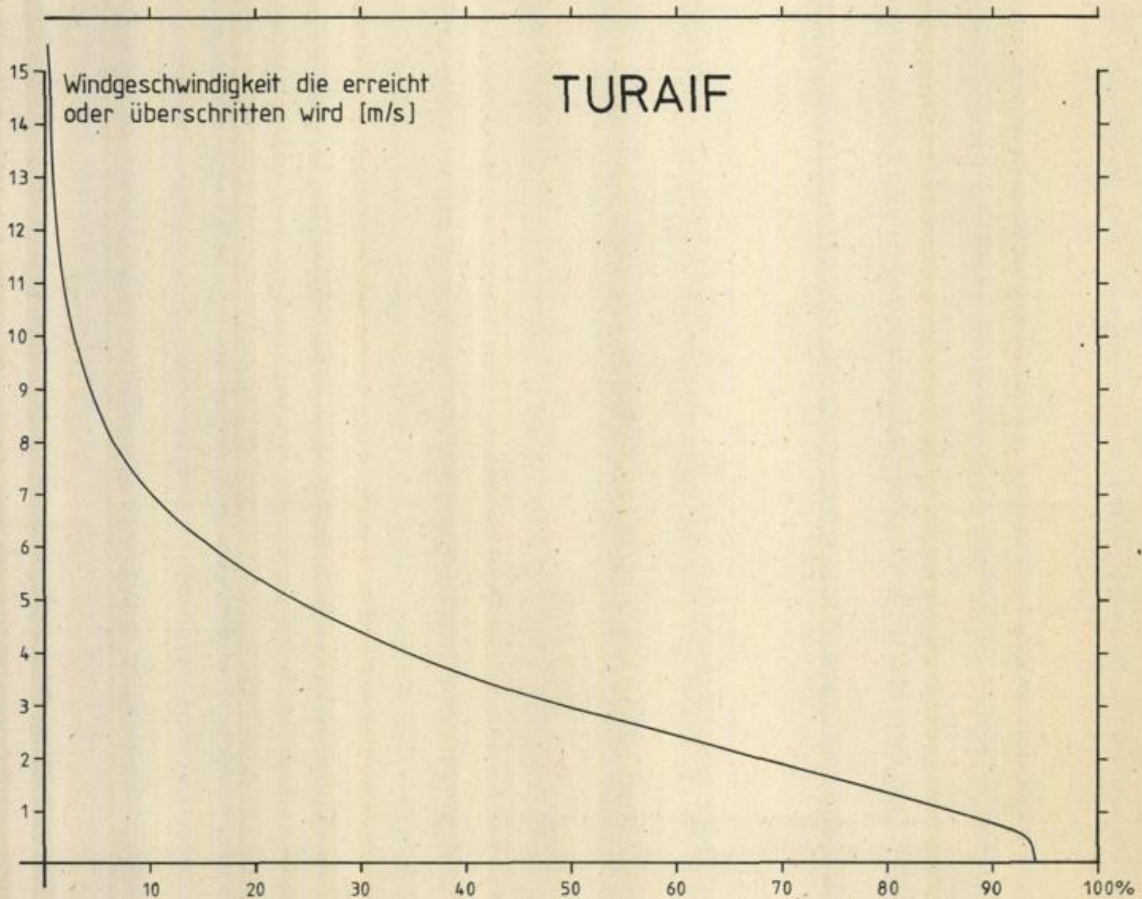


Abb.2. 6.E: Windgeschwindigkeitsdauerkurve aus Tagesmittelwerten des Windes

KWH PRO JAHR UND QUADRATMETER

TURAIIF

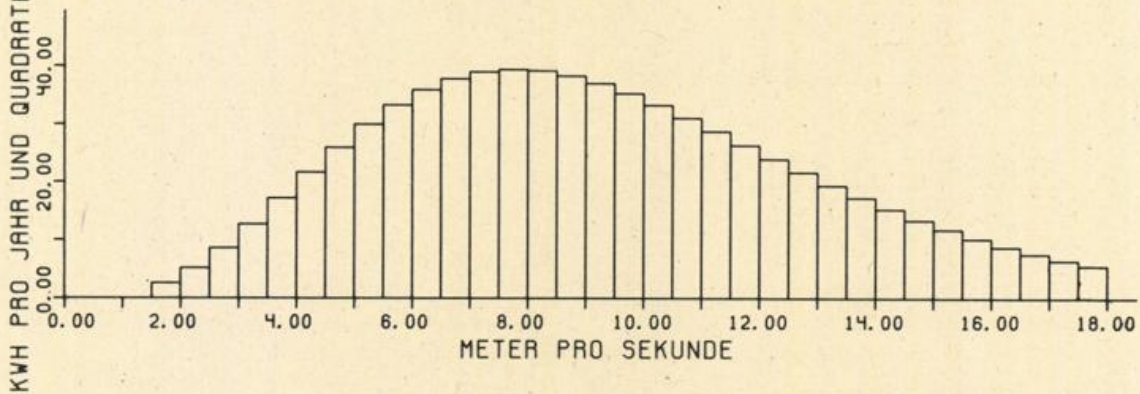


Abb.2. 6.F: Verteilung der Bruttojahresenergie auf Windgeschwindigkeitsintervalle von 0,5 m/s. Periode: 1970-76

TURAIIF/Saudi-Arabien

Windgeschwindigkeitsintervall	Häufigkeit in Prozent	Bruttojahresenergie (kWh)	Summe (kWh)
≤ m/s <			
1,5- 2,0	10,04	2,6	3,6 (*)
2,0- 2,5	9,50	5,2	8,8
2,5- 3,0	8,67	8,6	17,4
3,0- 3,5	7,74	12,7	30,2
3,5- 4,0	6,80	17,2	47,4
4,0- 4,5	5,90	21,7	69,1
4,5- 5,0	5,07	26,0	95,1
5,0- 5,5	4,32	30,0	125,1
5,5- 6,0	3,65	33,3	158,4
6,0- 6,5	3,07	35,9	194,3
6,5- 7,0	2,56	37,8	232,1
7,0- 7,5	2,13	39,0	271,1
7,5- 8,0	1,76	39,4	310,5
8,0- 8,5	1,45	39,2	349,7
8,5- 9,0	1,19	38,3	388,0
9,0- 9,5	,98	37,0	425,0
9,5-10,0	,79	35,3	460,4
10,0-10,5	,65	33,3	493,7
10,5-11,0	,52	31,1	524,8
11,0-11,5	,42	28,8	553,6
11,5-12,0	,34	26,4	580,0
12,0-12,5	,27	24,0	604,0
12,5-13,0	,22	21,7	625,7
13,0-13,5	,17	19,4	645,1
13,5-14,0	,14	17,3	662,4
14,0-14,5	,11	15,3	677,7
14,5-15,0	,09	13,4	691,1
15,0-15,5	,07	11,8	702,9
15,5-16,0	,05	10,2	713,1
16,0-16,5	,04	8,8	721,9
16,5-17,0	,03	7,6	729,5
17,0-17,5	,03	6,5	736,1
17,5-18,0	,02	5,6	741,7

Tabelle 2.6.1: Verteilung der Bruttojahresenergie auf Windgeschwindigkeitsintervalle von 0,5 m/s, bezogen auf 1 m².
 (*) dieser Wert enthält die Energiebeiträge der nicht aufgeführten unteren Windgeschwindigkeitsintervalle.

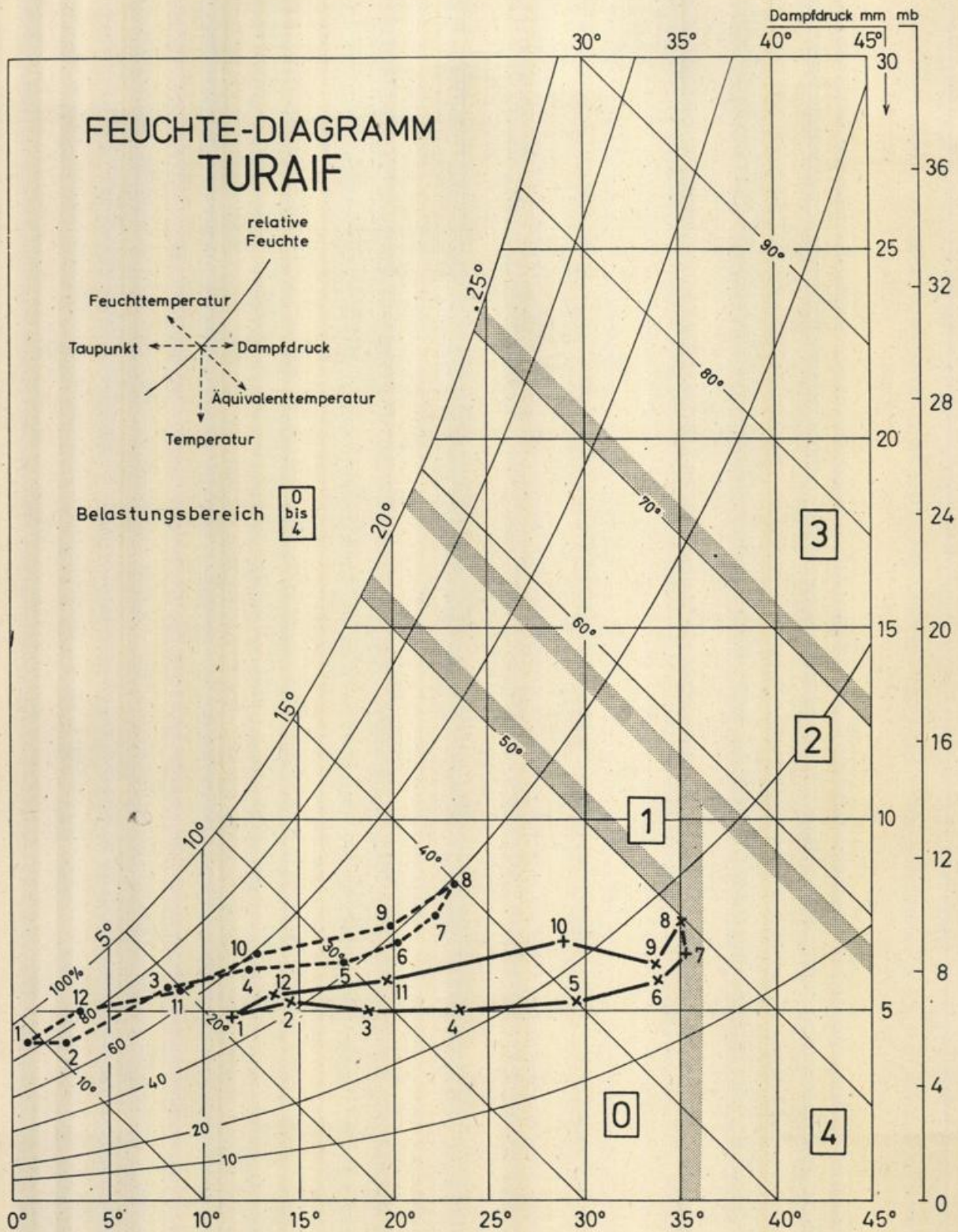


Abb.2. 6.G: Diagramm zur Bestimmung der Waermebelastung.
 Belastungsbereiche: 0 'belastungsfrei', 1 Uebergangsbereich zu 'schuell',
 2 'schuell', 3 'sehr schuell', 4 'trocken und heiss'.
 ●-----● morgens, x-----x mittags, Ziffern an den Symbolen bezeichnen die
 entsprechenden Monate.

STATION T U R A I F

KOORDINATEN: 31 41N 38 40E, 824 m UEBER MEERESNIVEAU

PERIODE: 1971,1973-76

MONAT	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

LUFTTEMPERATUR (°C)												
ABS. MAXIMUM	19.4	27.2	29.6	33.4	38.0	41.1	41.2	43.0	41.0	35.0	31.0	23.4
MITTL. TAEGL. MAXIMUM	11.5	14.5	18.9	23.1	29.6	33.9	35.3	35.1	33.7	29.0	19.9	13.6
MITTL. TAGESMITTEL	6.2	8.7	13.5	17.7	23.4	27.0	29.0	29.2	26.7	20.9	14.1	8.6
MITTL. TAEGL. MINIMUM	.9	2.9	8.1	12.3	17.2	20.1	22.6	23.2	19.7	12.9	8.3	3.6
ABS. MINIMUM	-5.5	-4.2	-5.1	2.1	9.2	13.6	15.2	15.8	11.5	7.0	.8	-3.3

REL. LUFTFEUCHTE (Prozent)												
ABS. MAXIMUM	100.0	100.0	100.0	100.0	98.0	78.0	99.0	74.0	84.0	94.0	100.0	100.0
MITTL. TAEGL. MAXIMUM	87.1	77.8	69.6	58.4	43.1	38.6	38.9	39.9	40.8	58.1	68.0	84.4
MITTL. TAEGL. MINIMUM	49.9	43.4	31.1	24.2	17.5	15.7	16.9	18.0	16.6	23.1	33.6	46.5
ABS. MINIMUM	15.0	7.0	7.0	5.0	5.0	6.0	4.0	7.0	5.0	12.0	16.0	23.0

LUFTDRUCK (hPa)												
ABS. MAXIMUM	934.6	965.0	929.8	927.3	926.8	925.7	919.9	922.0	926.0	929.7	933.6	931.5
MITTL. TAEGL. MAXIMUM	925.0	923.5	923.0	920.9	919.8	918.1	918.8	916.4	920.0	923.0	925.5	925.8
MITTL. TAEGL. MINIMUM	921.4	919.5	919.5	917.5	916.7	915.1	913.1	913.8	917.1	920.1	922.6	922.5
ABS. MINIMUM	908.8	908.6	907.5	903.4	909.0	911.4	908.9	905.2	911.5	914.8	914.2	903.3

ANZAHL DER TAGE MIT (**)												
1. GEWITTER	0	5	3	0	2	1	0	0	1	1	3	1
2. REGEN	17	16	14	14	1	1	0	0	2	3	9	21
3. STAUB-/SANDSTURM	2	2	3	9	2	2	0	0	1	0	3	1
4. STAUB IN DER LUFT	1	8	10	16	8	9	10	5	8	15	10	8
5. DUNST (TROCKEN)	9	2	1	1	2	0	2	1	2	5	4	2
6. WIE 5. (SICHT < 1 km)	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
7. DUNST (FEUCHT)	45	30	13	4	1	0	0	0	0	0	15	41
8. NEBEL	1	2	1	0	1	0	0	0	0	0	1	2

NIEDERSCHLAG (mm)												
MAXIMUM IN 24 Std	13.5	20.5	50.5	14.2	33.1	.2	0.0	0.0	3.3	23.9	16.2	19.1

JAEHRLICH: (**)												
1970												
1971	15.5/2	3.0/1	6.1/2	41.3/2				0.0/0	0.0/0		0.0/0	12.6/0
1972												
1973	0.0/0	0.0/0	0.0/0	0.0/0	0.0/0	0.0/0	0.0/0	0.0/0	0.0/0	24.6/3	32.5/1	9.0/1
1974	39.8/2	17.3/1	31.5/1	.3/0	0.0/0	0.0/0	0.0/0	0.0/0	0.0/0	0.0/0	18.0/0	7.2/0
1975	18.6/0	49.2/0	1.0/0	10.6/1	0.0/0	.2/0	0.0/0	0.0/0	2.2/0	0.0/0	.8/0	42.4/0
1976	0.0/2	11.4/0	52.3/0	1.5/3	33.1/1	0.0/0	0.0/0	0.0/0	3.3/0	4.0/0	6.5/0	7.6/1

(*) GESAMTZAHL DER TAGE FUER PERIODE 1973-76, HIERVON ABWEICHEND REGEN: GESAMTPERIODE

(**) MONATSSUMME / ANZAHL DER FAELLE MIT SUMME > 0.1 mm

2.7 Quaisumah

2.7.0 Allgemeines

Quaisumah liegt im Norden der arabischen Halbinsel in 356 m Höhe, die Entfernung zum arabisch-persischen Golf beträgt in der Luftlinie 220 km. Diese Station liegt wie Turaif an der Pipeline, die quer durch den Norden Saudi-Arabiens geführt ist.

Aufgrund der ebenen Umgebung von Quaisumah ist eine orographische Beeinflussung des Windes nicht zu erwarten. Nur bei schwachgradientigen Wetterlagen wird sich die Windrichtung und -stärke kurzzeitig nach den thermischen Verhältnissen richten.

Bei der Beurteilung des Windangebotes an dieser Station ist zu beachten, daß im Untersuchungszeitraum in etwa 57 % aller Fälle zwar die Windrichtung, nicht aber der Betrag der Windgeschwindigkeit registriert wurden. Dies gilt allerdings nur für das Tagesmittel. Die Extremwindgeschwindigkeiten weisen keine nennenswerten Meßlücken auf.

2.7.1 Windrichtung und Betrag

Der vorherrschende Richtungssektor ist N bis W (Abb. 2.7.A) und aufgrund der Lage Quaisumahs an der Ostflanke des arabischen Winterhochs bzw. im Westen des sommerlichen tiefen Drucks über dem Golf im klimatologischen Mittel auch zu erwarten. Ein der Häufigkeit des Westwindes entsprechendes relativ schwaches sekundäres Maximum zeigt östliche Richtungen.

Östliche und westliche Winde sind im Geschwindigkeitsbereich 2 - 5 m/s am häufigsten vertreten. Die höheren Geschwindigkeiten treten eher mit nördlichen Winden, dem "Schamal", auf.

2.7.2 Jahresgang der Windrichtung

Die Richtungen N bis W treten aufgrund der genannten Luftdruckverteilung im gesamten Jahresverlauf als Hauptwindrichtung auf, erreichen jedoch die größte Häufigkeit in den Sommermonaten (Abb. 2.7.B).

Mit geringer Häufigkeit treten - außer im Juli - auch östliche Komponenten das ganze Jahr über auf, mit Schwerpunkten im Winter, Frühjahr sowie Spätsommer. Als Ursachen kommen im Winter vor allem Lagen in Betracht, die hohen Druck nördlich Quaisumahs bringen sowie - seltener - Tiefdruckstörungen, die auf einer sehr südlichen Bahn ostwärts ziehen. Bei nördlicheren Zugbahnen treten auch Südkomponenten auf. Im Sommer wehen Ostwinde bevorzugt, sobald die Station

mehr auf die Nordflanke des Hitzetiefs über Arabien gerät. Richtungen, die im Tagesmittel als 'variabel' klassifiziert werden, treten im Laufe des Jahres relativ häufig auf. Ihr Vorkommen verteilt sich ungleichmäßig über das Jahr und ist jeweils abhängig vom großräumigen Luftdruckgradienten. Ist dieser schwach, so überwiegen konvektive Verhältnisse und bestimmen die Windrichtung.

2.7.3 Jahresgang des Betrages der Windgeschwindigkeit

Das vorliegende Datenkollektiv für Quaisumah läßt keinen ausgeprägten Jahresgang des Betrages der Windgeschwindigkeit erkennen (Abb. 2.7.C). Das gilt vor allem für den Hauptgeschwindigkeitsbereich von 2 bis 5 m/s. Die höchsten Tagesmittelwerte zwischen 9,8 und 11,2 m/s werden im Juni und Dezember erreicht, den Monaten, in denen Beiträge oberhalb des Schwachwindbereiches von ca. 5 m/s am häufigsten sind. Windstillen sind vorwiegend im Winterhalbjahr (Oktober - Januar) zu erwarten. Allgemein kann man die Windverhältnisse als schwachwindig einordnen. Es tritt kein Tagesmittel mit mehr als 11 m/s auf, aber auch 8 m/s werden nur selten überschritten. Der Schamal, der am arabisch-persischen Golf höhere Windgeschwindigkeiten aus nördlichen Richtungen mit sich bringt, wirkt sich an der im Landesinneren gelegenen Station Quaisumah im Tagesmittel nur noch geringfügig aus.

2.7.4 Maximale Windgeschwindigkeit

Die täglichen stärksten Böen (Abb. 2.7.D) haben eine Richtungsverteilung vergleichbar mit der der täglich vorherrschenden Winde. Thermisch angeregte Böen oder solche in Verbindung mit Frontdurchgängen bewirken eine größere Richtungsstreuung des Extremwindes.

Im Winterhalbjahr sind die extremen Böen meist mit Sand- und Staubstürmen verbunden, denen fast immer starke Regenfälle folgen.

Der Geschwindigkeitsbereich der täglichen stärksten Böen liegt in der Regel zwischen 5 und 12 m/s. Die stärkste Böe des Beobachtungszeitraumes wurde am 14.5.1976 mit 34 m/s registriert.

2.7.5 Wind- und Energieangebot

Das Windangebot, wie es sich im Tagesmittel darstellt, läßt sich aus der Windgeschwindigkeitsdauerkurve entnehmen (Abb. 2.7.E). Schwachwindige Verhältnisse mit Tagesmitteln unter 5 m/s sind mit 71 % entsprechend 259 Tagen im Jahr recht häufig. Darin enthalten sind Windstillen, die den ganzen Tag über andauern, mit 5,6 % entsprechend 20 Tagen pro Jahr. Tagesmittel von mehr als 15 m/s traten in dem Beobachtungszeitraum nicht auf.

Etwa 80 % der Energie werden im Geschwindigkeitsbereich zwischen einschließlich 4,0 und 8,5 m/s gewonnen. Das sind rund 45 % des gesamten Windangebotes. Die Geschwindigkeiten unterhalb und oberhalb der genannten Grenzen, d.h. ca. 55 % des Windaufkommens, steuern nur je ca. 10 % zur Gesamtenergie bei. Die größten Einzelbeiträge liefern Geschwindigkeiten um 6 m/s.

Insgesamt erhält man durch Aufsummierung der Einzelanteile in Abb. 2.7.F ein Energiepotential von 590 kWh pro Jahr und pro 1 m². Die Zahlenwerte gibt Tabelle 2.7.1 wieder.

2.7.6 Witterung und Wetterphänomene

Die Monatsmitteltemperatur schwankt zwischen 11,1 Grad Celsius im Januar und 34,4 Grad Celsius im Juli und August. Das mittlere tägliche Maximum erreicht Werte zwischen 16,2 Grad Celsius im Januar und 43,0 Grad Celsius im August, das mittlere tägliche Minimum zwischen 6,0 Grad Celsius im Januar und 27,1 Grad Celsius im September. Der erhebliche Jahresgang von 23,3 K und auch die große Tagesamplitude sind typisch für Stationen im Landesinneren, weil Meere und größere Seen wegen der höheren Wärmespeicherkapazität des Wassers hier nicht temperatúrausgleichend wirken können.

Da Quaisumah im Norden Saudi-Arabiens von Kaltluftausbrüchen aus NNW erreicht wird, kann von Dezember bis März in dieser frischen Kaltluft in Strahlungsnächten die Temperatur unter den Gefrierpunkt absinken.

Die relative Feuchte ist das ganze Jahr über im allgemeinen niedrig. Es werden mit der vorherrschenden Windrichtung auch kaum feuchte Luftmassen advehiert, da sie einen weiten Weg über das nördliche Landesinnere von Saudi-Arabien und die Wüste des Irak genommen haben. Lediglich in den winterlichen Morgenstunden werden im Mittel 70 % überschritten. Nach Niederschlägen allerdings kann die 100 %-Marke durchaus erreicht werden, ebenso werden aber auch in denselben Monaten zwischen den vereinzelt Regenfällen Werte von 10 % und darunter verzeichnet (vgl. Tab. 2.7.2: Dezember-April).

Niederschläge sind in Quaisumah sehr spärlich und fallen nur in den Monaten November bis Mai. In der Periode 1970 - 1976 lagen die mittleren Monatsmengen mit Ausnahme des Mai unter 20 mm. Wie auf der gesamten arabischen Halbinsel sind die Regenmengen starken Schwankungen unterworfen. Es können in allen Regenmonaten Tagesmengen vorkommen, die der mittleren Monatssumme entsprechen oder sie übersteigen. Niederschlag fällt meist nach Staub- und Sandstürmen, in denen auch die extremsten Böen gemessen wurden. Länger anhaltender Regen wäscht die Staubbeimengungen aus der Luft aus und verhindert auch weiteres Aufwirbeln der Partikel am Boden.

Gewitter treten nur während der Niederschlagsmonate November bis Mai auf. Pro Saison werden 15 Gewitter gezählt, am häufigsten sind sie im April und Mai. In diesen Monaten gibt es nach der vorliegenden Statistik in der Regel 4 Gewitter. Sie können bis zu 7 Stunden andauern.

Staub- und Sandstürme sind am häufigsten im Mai. In den anderen Monaten sind sie möglich, jedoch können sie auch in einzelnen Jahren ganz ausbleiben. In diesen Staub- und Sandstürmen ist die stärkste Böe der jeweiligen Monate gemessen worden.

Staub in der Luft kann das ganze Jahr über auftreten und hält sich an einzelnen Tagen bis zu 13 Stunden in der Luft.

Nebel ist nur zwischen Dezember und März registriert worden mit einer geringen mittleren Häufigkeit von 1 mal pro Monat. Er tritt vorwiegend an Tagen mit Niederschlag auf und kann dann bis zu 8 Stunden andauern.

Die Wärmebelastung für Quaisumah läßt sich aus der Abb. 2.7.G entnehmen. Danach ist das Klima morgens immer belastungsfrei, mittags wird es von Mai bis Oktober als trocken und heiß empfunden. Nach Niederschlägen im April und Mai kann die Schwülegrenze überschritten werden, da dann die relative Luftfeuchtigkeit hohe Werte erreichen kann.

STATION QUAISUMAH: 28 20N 46 07E, 356M

PERIODE: 1970-1976

TAGESMITTELWIND

RELATIVE HÄUFIGKEITSVERTEILUNG IN PROZENT

M/S	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	N	VRBL	SUMME
0.5- 1.9	.9	.2	.5	1.4	.4	.1	.2	.4	.5	.5	.5	.5	.2	.5	1.1	2.6	4.2	14.7
2.0- 3.4	1.5	1.2	.7	2.7	.6	1.1	1.2	1.5	.1	.1	.1	2.7	1.5	2.0	2.8	4.8	1.3	25.9
3.5- 4.9	1.6	.7	.5	2.2	.9	1.9	1.1	.7	.1	.0	.2	2.2	2.6	2.0	3.6	4.9	.5	25.7
5.0- 6.4	.8	.2	.2	1.5	.4	1.9	.5	.8	.1	.0	.1	1.4	.7	1.1	2.8	3.4	.6	16.5
6.5- 7.9	.4	.0	.0	.4	.6	1.4	.4	.2	.0	.1	.1	.9	.5	.8	1.4	1.3	.2	8.7
8.0- 9.4	.0	.0	.1	.2	.1	.0	.1	.0	.0	.0	.0	.1	.0	.6	.8	.4	.0	2.4
9.5-10.9	.0	.0	.0	.0	.0	.1	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.1	.2	.0	.4
11.0-12.4	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
12.5-13.9	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
14.0-15.4	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.1	.0	.0	.0	.1
SUMME	5.2	2.3	2.0	8.4	3.0	6.5	3.5	3.6	.8	.7	1.0	7.8	5.5	7.1	12.6	17.6	6.8	94.4

CALMEN 5.6

Abb.2. 7.A: Prozentuale Häufigkeitsverteilung des Windes nach Betrag und Richtung

Station: QUAISUMAH

Periode: 1970-1976

Monat	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	N	VRBL	STL		
1	10	0	10	75	10	70	15	15	0	10	5	100	100	70	40	75	100	115	60	30
2	50	30	20	25	35	65	25	15	15	10	15	65	30	80	90	120			60	0
3	30	5	25	45	20	120	40	55	10	10	0	40	30	50	130	115			45	5
4	45	40	25	65	20	35	50	50	30	20	10	35	40	70	90	85			35	5
5	70	50	10	100	35	35	25	75	5	5	10	90	35	50	45	170			115	5
6	15	25	10	15	5	5	20	10	0	5	0	70	50	230	200	205			30	5
7	0	5	5	0	0	0	0	5	0	0	0	75	105	255	270	180			30	0
8	20	10	10	85	5	5	0	15	0	0	5	75	105	175	180	160	100		55	20
9	80	15	0	70	30	15	10	15	15	5	10	60	55	105	100	195			105	15
10	25	35	10	15	20	45	10	85	10	10	5	40	5	60	115	110			80	95
11	45	40	20	75	20	50	25	55	5	25	25	45	60	30	85	100			25	20
12	25	15	10	75	75	30	25	20	20	5	5	135	100	60	30	70	100	115	20	40

Abb. 2. 7.B: Jahrgang der Windrichtung (Tagesmittelwerte) in 1/100 Prozent. Isolinienabstand: 1 Prozent.

Station: QUAISUMA

m/s	Kalmen	0.5-2.0	2.1-3.5	3.6-5.0	5.1-6.6	6.7-8.1	8.2-9.7	9.8-11.2	11.3-12.8	12.9-14.3	14.4-15.83
Monat											
1	70	105	187	152	117	35	0	0	0	0	0
2	0	117	176	164	94	94	23	0	0	0	0
3	12	105	246	351	211	94	47	0	0	0	0
4	12	105	258	234	70	35	0	0	0	0	0
5	12	129	269	328	246	82	12	0	0	0	0
6	12	105	269	234	199	141	35	23	0	0	0
7	0	47	199	199	187	70	23	0	0	0	0
8	47	187	340	363	129	59	23	0	0	0	0
9	35	222	164	152	94	47	12	0	0	0	0
10	222	105	129	129	59	47	23	0	0	0	0
11	47	117	222	117	105	35	23	0	0	0	0
12	94	117	129	152	141	129	23	23	0	0	0

Abb. 2. 7.C: Jahrgang der Windgeschwindigkeit (Tagesmittelwerte) in 1/100 Prozent. Isolinienabstand: 1 Prozent.

EXTREM WIND

RELATIVE HAEUFIGKEITSVERTEILUNG IN PROZENT

M/S	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	N	VRBL	SUMME
.0- 2.4	.0	.1	.0	.1	.0	.0	.0	.3	.1	.1	.0	.1	.1	.0	.2	.1	.0	1.2
2.5- 4.9	1.1	.4	.4	1.5	.3	.3	.3	1.0	.2	.2	.4	1.2	.9	.5	.8	2.2	.0	11.7
5.0- 7.4	2.2	.9	.9	3.8	1.8	1.0	.8	2.2	.7	.6	.5	3.5	2.9	2.4	4.7	6.2	.0	35.1
7.5- 9.9	1.2	.5	.6	1.9	1.0	.6	.5	1.1	.4	.3	.3	2.1	2.1	2.0	2.4	3.8	.0	20.8
10.0-12.4	.7	.5	.3	1.1	.8	.9	.9	1.2	.4	.2	.1	2.2	2.8	2.4	3.4	4.1	.0	22.0
12.5-14.9	.1	.0	.0	.1	.2	.2	.1	.2	.0	.1	.0	.5	.4	.5	1.0	1.2	.0	4.6
15.0-17.4	.0	.0	.0	.0	.1	.0	.0	.0	.0	.1	.0	.3	.3	.4	.7	.6	.1	2.6
17.5-19.9	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.1	.1	.0	.2	.0	.0	.4
20.0-22.4	.0	.0	.0	.1	.1	.0	.1	.0	.0	.0	.0	.1	.1	.0	.1	.1	.0	.7
22.5-24.9	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.1	.0	.1	.0	.0	.2
25.0-27.4	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.1	.0	.0	.0	.1	.0	.0	.2
SUMME	5.3	2.4	2.2	8.6	4.3	3.0	2.7	6.0	1.8	1.6	1.4	10.1	9.8	8.2	13.7	18.3	.1	99.5

CALMEN .5

Abb.2. 7.D: Prozentuale Haeufigkeitsverteilung des Extremwindes nach Betrag und Richtung

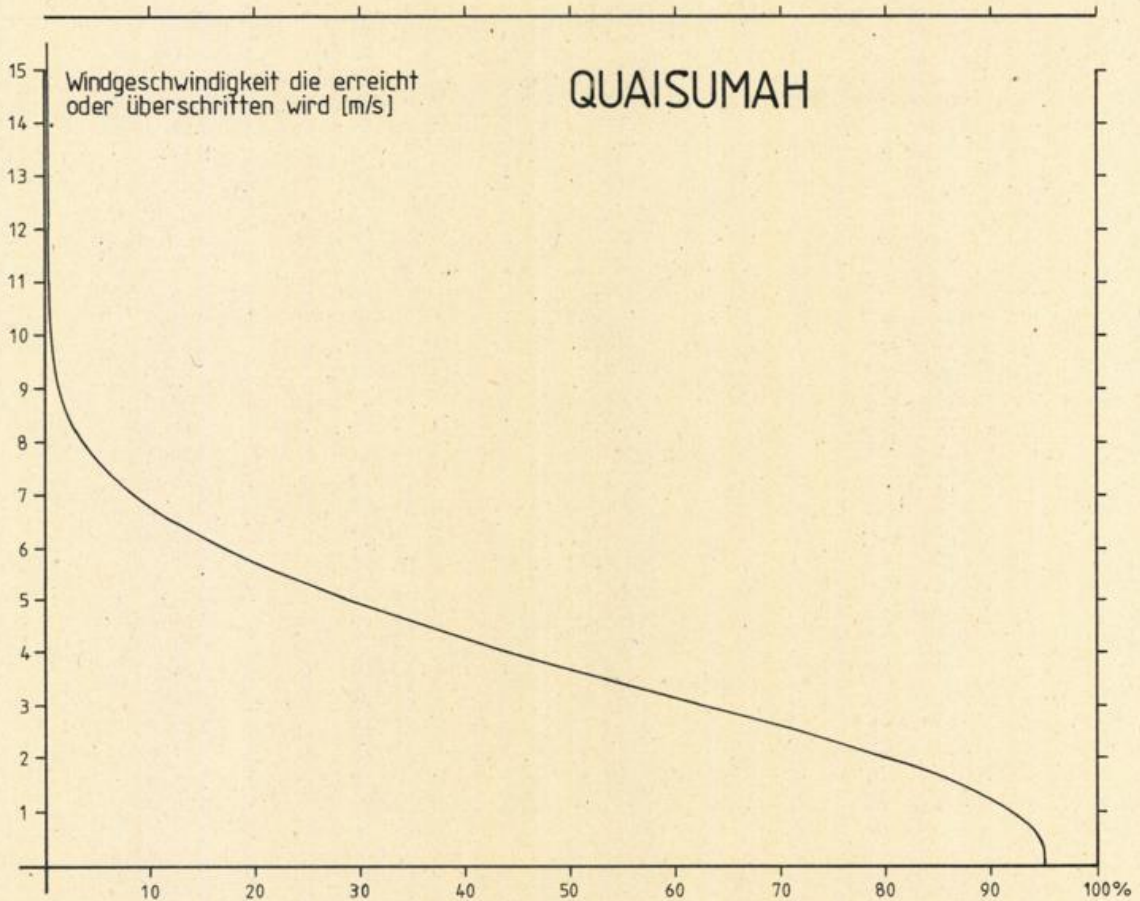


Abb.2. 7.E: Windgeschwindigkeitsdauerkurve aus Tagesmittelwerten des Windes

QUAISUMAH

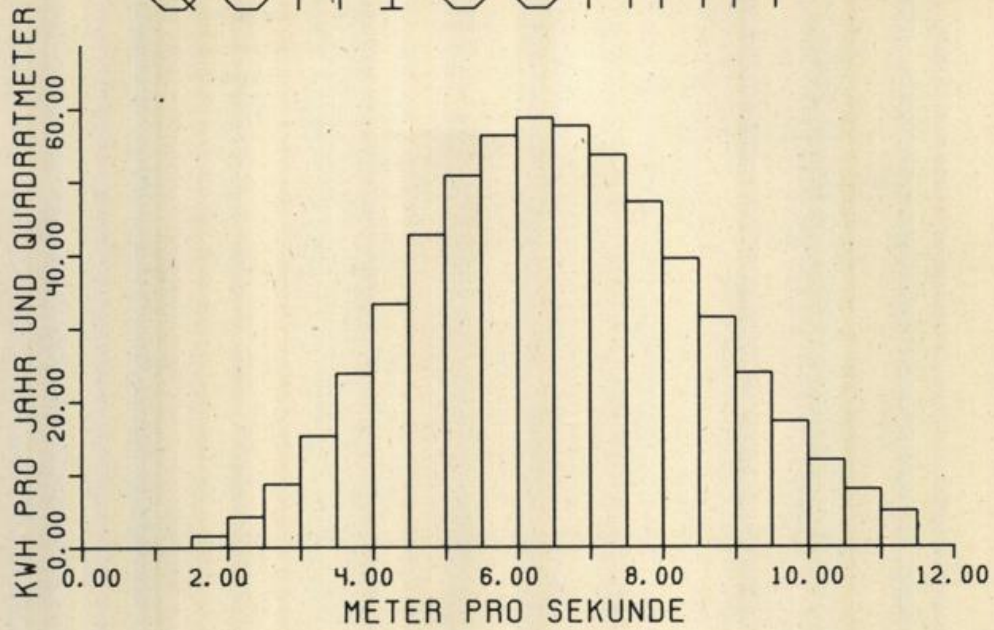


Abb.2. 7.F: Verteilung der Bruttojahresenergie auf Windgeschwindigkeitsintervalle von 0.5 m/s. Periode: 1970-76

QUAISUMAH/Saudi-Arabien

Windgeschwindigkeitsintervall	Häufigkeit in Prozent	Bruttojahresenergie (kWh)	Summe (kWh)
≤ m/s <			
1.5- 2.0	6.01	1.6	2.1 (*)
2.0- 2.5	7.38	4.2	6.3
2.5- 3.0	8.38	8.7	15.1
3.0- 3.5	8.92	15.3	30.4
3.5- 4.0	9.00	23.8	54.2
4.0- 4.5	8.65	33.3	87.5
4.5- 5.0	7.95	42.7	130.1
5.0- 5.5	6.99	50.7	180.8
5.5- 6.0	5.90	56.2	237.1
6.0- 6.5	4.79	58.6	295.7
6.5- 7.0	3.73	57.5	353.2
7.0- 7.5	2.80	53.5	406.7
7.5- 8.0	2.02	47.1	453.8
8.0- 8.5	1.40	39.4	493.2
8.5- 9.0	.94	31.4	524.6
9.0- 9.5	.60	23.8	548.5
9.5-10.0	.37	17.2	565.7
10.0-10.5	.22	11.9	577.6
10.5-11.0	.13	7.9	585.5
11.0-11.5	.07	4.9	590.4

Tabelle 2.7.1: Verteilung der Bruttojahresenergie auf Windgeschwindigkeitsintervalle von 0.5 m/s, bezogen auf 1 m².

(*) dieser Wert enthält die Energiebeiträge der nicht aufgeführten unteren Windgeschwindigkeitsintervalle.

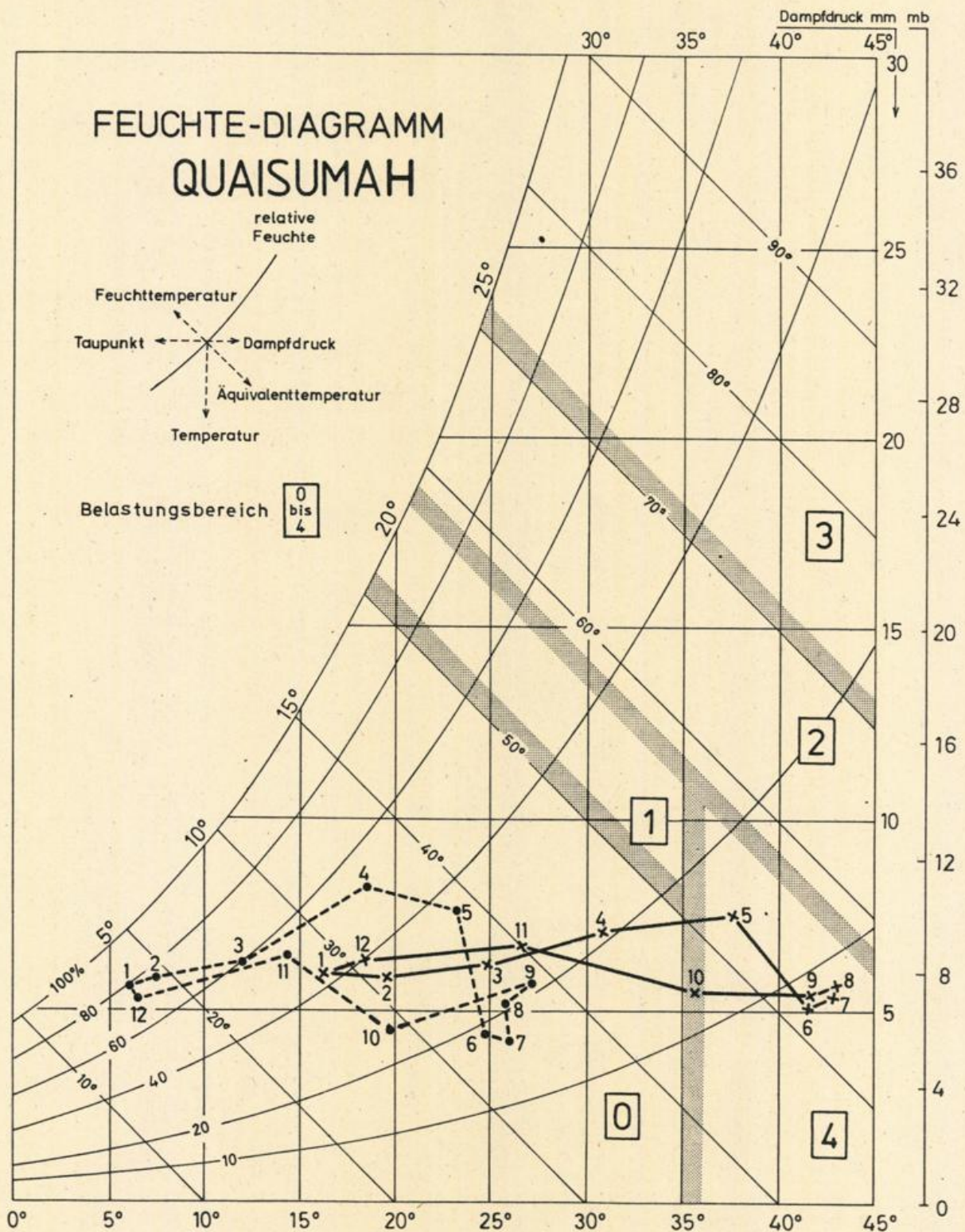


Abb.2. 7.G: Diagramm zur Bestimmung der Waermebelastung.
 Belastungsbereiche: 0 'belastungsfrei', 1 Uebergangsbereich zu 'schuell',
 2 'schuell', 3 'sehr schuell', 4 'trocken und heiss'.
 ●-----● morgens, x-----x mittags, Ziffern an den Symbolen bezeichnen die
 entsprechenden Monate.

STATION QUAISUMAH

KOORDINATEN: 28 19N 46 5E, 356 m UEBER MEERESNIVEAU

PERIODE: 1970-1976

MONAT	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

LUFTTEMPERATUR (°C)												
ABS. MAXIMUM	27.4	32.0	35.0	42.0	45.4	46.7	48.5	47.5	45.8	42.4	37.2	30.4
MITTL. TAEGL. MAXIMUM	16.2	19.5	24.8	30.7	37.6	41.5	42.9	43.0	41.3	35.6	26.5	18.2
MITTL. TAGESMITTEL	11.1	13.4	18.4	24.6	30.3	33.1	34.4	34.4	34.2	27.8	20.4	12.3
MITTL. TAEGL. MINIMUM	6.0	7.4	12.0	18.5	23.1	24.7	26.0	25.8	27.1	19.9	14.3	6.4
ABS. MINIMUM	-1.2	-2.8	.1	9.0	12.3	19.4	20.0	21.1	17.0	9.6	5.0	-1.2

REL. LUFTFEUCHTE (Prozent)												
ABS. MAXIMUM	100.0	100.0	100.0	100.0	94.0	32.0	42.0	38.0	51.0	80.0	98.0	100.0
MITTL. TAEGL. MAXIMUM	79.7	75.0	59.6	51.5	36.3	19.4	17.6	20.4	20.6	26.8	52.4	71.0
MITTL. TAEGL. MINIMUM	43.4	36.3	27.2	23.3	16.0	9.2	9.3	9.3	9.3	12.0	26.3	39.5
ABS. MINIMUM	10.0	10.0	2.0	3.0	6.0	3.0	3.0	2.0	2.0	3.0	6.0	10.0

LUFTDRUCK (hPa)												
ABS. MAXIMUM	988.0	986.7	985.1	984.3	977.0	971.7	967.6	967.3	976.4	980.1	988.0	989.2
MITTL. TAEGL. MAXIMUM	979.3	977.4	975.3	972.8	968.0	963.4	960.7	957.4	968.2	973.5	978.2	979.4
MITTL. TAEGL. MINIMUM	975.5	973.4	971.7	969.6	964.7	960.8	958.4	955.5	965.5	971.0	974.9	976.1
ABS. MINIMUM	964.9	960.1	960.5	956.4	952.6	950.7	948.4	926.7	941.1	964.8	966.6	966.2

ANZAHL DER TAGE MIT (**)												
1. GEWITTER	4	4	9	14	16	0	0	0	0	4	0	7
2. REGEN (>0.1mm)	19	12	22	20	17	0	0	0	0	0	5	21
3. STAUB-/SANDSTURM	0	1	1	2	9	3	0	1	0	1	0	1
4. STAUB IN DER LUFT	3	3	9	9	5	18	7	10	4	2	6	4
5. DUNST (TROCKEN)	3	1	2	0	0	0	1	0	0	0	3	2
6. WIE 5. (SICHT < 1 km)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7. DUNST (FEUCHT)	31	30	18	12	2	0	0	0	0	1	3	12
8. NEBEL	4	6	3	0	0	0	0	0	0	0	0	4

NIEDERSCHLAG (mm)												
MAXIMUM IN 24 Std	24.9	23.6	17.3	26.2	13.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	22.2	16.0

JAEHRLICH: (**)	1970										0.0/0	.3/0
	1971	4.2/0	0.0/2	16.7/0	28.6/1	5.2/0	0.0/0	0.0/0	0.0/0	0.0/0	28.0/2	11.4/1
	1972	0.0/0	0.0/0		22.9/3	0.0/0	0.0/0	0.0/0	0.0/0	0.0/0	0.0/0	1.0/1
	1973	0.0/1	5.3/1	7.8/0	8.6/1	0.0/0	0.0/0	0.0/0	0.0/0	0.0/0	0.0/0	49.4/0
	1974	31.1/1	9.4/1	40.0/2	.8/0	9.4/2	0.0/0	0.0/0	0.0/0	0.0/0	0.0/0	14.5/3
	1975	13.4/3	5.7/1	5.2/3	55.4/2	19.7/2	0.0/0	0.0/0	0.0/0	0.0/0	.4/0	6.0/4
	1976	39.4/0	65.8/4	19.1/1	32.5/4	20.6/2	0.0/0	0.0/0	0.0/0	0.0/0	0.0/1	0.0/2

(*) GESAMTZAHLE DER TAGE FUER PERIODE 1973-76, HIERVON ABWEICHEND REGEN: GESAMTPERIODE

(**) MONATSSUMME / ANZAHL DER FAELE MIT SUMME > 0.1 mm

2.8 Gizan

2.8.0 Allgemeines

Die Station Gizan liegt im Südwesten der arabischen Halbinsel in 3 m Höhe direkt am Roten Meer. Der flache Küstenstreifen ist mit Hügeln von kaum mehr als 30 m Höhe durchsetzt, steigt zum Landesinneren langsam an und erreicht in ca. 30 km Entfernung vom Roten Meer Höhen von über 100 m. Dann jedoch folgen nach Osten hin stärkere orographische Strukturen, und nach weiteren 30 km werden nach einer steilen Abbruchkante in NW von Gizan schon Höhen von 2000 m erreicht.

Die vielschichtige Topographie der Umgebung Gizans läßt lokale Modifikationen des Windfeldes bezüglich des großräumigen Druckfeldes erwarten sowie deutliche Einflüsse von Land-Seewind- bzw. Berg-Talwind-Systemen, zumindest im Tagesgang. Die vorliegenden Tagesmittelwinde lassen jedoch eine weitergehende Untersuchung nicht zu.

Zu beachten ist, daß in 48 % der Fälle zwar die Richtung, nicht jedoch der Betrag des Tagesmittelwindes vorlag, so daß das Datenkollektiv bzgl. der Richtung umfangreicher ist als für den Betrag. Der Extremwind stand jedoch lückenlos zur Verfügung.

2.8.1 Windrichtung und Betrag

Die größten Häufigkeiten der Windrichtungsverteilung liegen im Westsektor zwischen NNW und S, wobei die nördlichen Winde in der Regel etwas höhere Geschwindigkeiten erreichen als die Südwinde (Abb. 2.8.A). So wurden die höchsten Tagesmittelwerte aus N bis NNW mit Werten um 8 bis 9,5 m/s gemessen.

Insgesamt liegt das Windgeschwindigkeitsniveau niedrig. Kalmen, die den ganzen Tag über andauern, sind allerdings nur in 0,3 % aller Fälle zu erwarten.

2.8.2 Jahresgang der Windrichtung

Der Jahresgang der Windrichtung (Abb. 2.8.B) zeigt von April/Mai bis in den November hinein eine Dominanz der Westwinde. Von Mai bis August treten neben den Westwinden mit größerer Häufigkeit auch Nordwestwinde auf, die im Juni die reinen Westwinde sogar für kurze Zeit als Hauptwindrichtung ablösen. Spätestens ab Oktober, teilweise schon im August gewinnen daneben südliche Winde an Bedeutung, die von Dezember bis März die Hauptwindrichtung bilden.

Die Ursache für die Bevorzugung der Nordwest- und Westwinde im Sommer

ist in der Lage Gizans auf der Westseite des tiefen Drucks über der arabischen Halbinsel zu suchen. Im Winter ist nicht in erster Linie der hohe Druck über Arabien, sondern vielmehr der ostnordostwärts gerichtete Trog des Sudantiefs für die südliche Strömungsrichtung verantwortlich. Vergleicht man die Windrichtung in Gizan mit den vorherrschenden Richtungen auf dem Roten Meer, so ist sowohl bei den südlichen Richtungen im Winter wie bei den nördlichen im Sommer eine Verschiebung der relativen Häufigkeit zugunsten westlicher Komponenten in Gizan klar zu erkennen. Hierin drückt sich die modifizierende Wirkung des Seewindes aus, der den vielfach küstenparallelen Wind über dem Meer zum Land hin ablenkt.

2.8.3 Jahresgang des Betrages der Windgeschwindigkeit

Die Windgeschwindigkeit weist keinen signifikanten Jahresgang auf (Abb. 2.8.C). Das Tagesmittel liegt hauptsächlich zwischen 2 und 5 m/s. Der Juli ist hier die Ausnahme, indem die Schwachwindhäufigkeit abnimmt zugunsten stärkerer Winde bis zu 9,7 m/s. Die höchsten Tagesmittelwerte des Jahres treten im April und Juli auf und liegen bei 8 bis 9 m/s, allerdings mit geringer Häufigkeit. Trotz des reduzierten Umfangs des zur Verfügung stehenden Datenmaterials läßt sich das Windangebot in Gizan mit einiger Sicherheit als schwachwindig einstufen.

2.8.4 Maximale Windgeschwindigkeit

Die Häufigkeitsverteilung der täglich stärksten Böen ist im Geschwindigkeitsbereich zwischen 5 und 12 m/s etwa gleichmäßig über den gesamten Sektor zwischen NW und S verteilt, jedoch mit einem deutlichen Maximum bei West im Geschwindigkeitsbereich von 5 bis 7,5 m/s (Abb. 2.8.D).

Sturmböen größer als 17,5 m/s sind zwar selten, dann aber oft mit Gewittern gekoppelt. Die absolut höchste Böe des Untersuchungszeitraumes in Gizan war eine Gewitterböe mit 24 m/s.

2.8.5 Wind- und Energieangebot

Das Windangebot läßt sich aus der Windgeschwindigkeitsdauerkurve (Abb. 2.8.E) entnehmen. Danach treten Kalmen mit 0,3 % im Tagesmittel zwar selten auf, jedoch sind in 90 % aller Fälle schwachwindige Verhältnisse mit Geschwindigkeiten kleiner als 5 m/s anzutreffen. Werte von 10 m/s wurden im Tagesmittel nicht erreicht.

Etwa 80 % der Energie werden im Geschwindigkeitsbereich zwischen einschließlich 3,0 und 6,0 m/s gewonnen (Abb. 2.8.F). Das sind rund 64 % des gesamten Windangebotes. Die Geschwindigkeiten unterhalb und

oberhalb der genannten Grenzen, d.h. ca. 36 % des Windaufkommens, steuern nur je ca. 10 % zur Gesamtenergie bei. Die größten Einzelbeiträge liefern Geschwindigkeiten um 4 m/s.

Insgesamt ergibt sich durch Summation ein Energiepotential von 317 kWh pro Jahr und 1 m² Fläche senkrecht zur Strömungsrichtung (vgl. Tab. 2.8.1).

2.8.6 Witterung und Wetterphänomene

Die Temperatur zeigt in Gizan wegen der ausgleichenden Wirkung des Roten Meeres einem gemäßigten Tages- und Jahresgang. Die Amplitude zwischen dem mittleren Tagesmaximum und -minimum ist mit 7,6 K im Januar und 7,3 K im Juli im Jahresverlauf außerordentlich konstant.

Die mittleren Tagestemperaturen liegen im Januar bei 25,7 Grad Celsius, im Juli bei 33,7 Grad Celsius und zeigen damit im Jahresgang eine Amplitude von 8 K. Die absoluten Extreme während des Untersuchungszeitraumes lagen im Dezember bei +15,8 Grad Celsius (Min) und +34,5 Grad Celsius (Max), im Juli bei +22,4 Grad Celsius (Min) und +40,7 Grad Celsius (Max).

Die relative Feuchte in Gizan ist wegen der Lage der Station direkt am Roten Meer und bei meist auflandigen Winden hoch; 100 % werden jedoch sehr selten erreicht. Die Höchstwerte liegen im Winter meist bei 82 bis 85 % und gehen im Sommer wegen der ansteigenden Temperaturen über Land auf im Mittel 74 bis 78 % zurück. Die niedrigsten Werte, die meist um Mittag erreicht werden, liegen bei 50 bis 58 % im Winter und 47 bis 53% im Sommer. Werte unter 10 % traten im Untersuchungszeitraum nicht auf.

Niederschläge sind in allen Monaten möglich, jedoch außerordentlich gering. Außer im Dezember und Januar treten sie meist mit Gewittern auf. Ein Jahresgang ist in dem für Niederschlagsuntersuchungen zu kurzen Zeitraum nicht eindeutig zu erkennen, eher kann man von trockenen und weniger trockenen Jahren sprechen. Die Jahresmengen variierten im Untersuchungszeitraum zwischen 7 und 62 mm. Die Niederschlagsmengen in den einzelnen Monaten reichen von nicht meßbaren Spuren bis zum Vielfachen der mittleren Monatsmenge innerhalb weniger Stunden. Der stärkste Regenguß im untersuchten Zeitraum brachte im März 1974 26,6 mm in 2,5 Stunden.

Gewitter treten außer im Dezember und Januar während des ganzen Jahres auf, besonders häufig aber von Juli bis Oktober. Das ist die Zeit mit den höchsten Temperaturen bei gleichzeitig höchstem Anteil der Westwinde, deren Häufigkeit im Juli sprunghaft ansteigt (vgl. Abb. 2.8.B).

Die Gewitter können starke Niederschläge bringen. In der Mehrzahl der Fälle kommt es nur zu geringen Niederschlägen; oft fallen nur Spuren. Die Andauer beträgt in der Regel 1 bis 4 Stunden, in der Hauptgewitterzeit aber auch bis zu 7 Stunden.

Sand- und Staubstürme gehen normalerweise mit Gewittern einher, besonders wenn die Niederschlagsmengen gering sind. Allerdings erzeugt nicht jedes Gewitter auch Sand- oder Staubsturm, so daß die Häufigkeit letzterer geringer ist als die der Gewitter. Die Andauer der Sandstürme ist auch kürzer als die der Gewitter und überschritt 4 Stunden im Untersuchungszeitraum nicht.

Staub und trockener Dunst treten das ganze Jahr über auf und sind oft den ganzen Tag in der Luft. November und Dezember sind die staubärmsten Monate.

Nebel und feuchter Dunst gehören zu den seltenen Ereignissen. Nebel gab es im Untersuchungszeitraum nur viermal und dauerte nicht länger als 3 Stunden. Feuchter Dunst trat im Untersuchungszeitraum nur sporadisch auf und auch nur während eines einzigen Jahres.

Die Wärmebelastung ist für den Mitteleuropäer in Gizan außerordentlich hoch (Abb. 2.8.G). Wegen des hohen Feuchtegehaltes der Luft sind die Verhältnisse tags wie nachts durchgehend schwül bis sehr schwül. Nur in den Wintermonaten Dezember bis Februar ist es morgens etwas erträglicher, wenngleich auch hier die Werte bereits im Übergangsbereich zum Schwüleempfinden liegen.

STATION GIZAN: 16 52N 42 35E, 3M

PERIODE: 1970-1976

TAGESMITTELWIND

RELATIVE HÄUFIGKEITSVERTEILUNG IN PROZENT

M/S	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	N	VRBL	SUMME
0.5- 1.9	.0	.0	.0	.0	.2	.0	.0	.0	.2	.1	.5	1.2	.2	.2	.0	.1	.5	3.2
2.0- 3.4	.7	.5	.6	1.9	.9	.7	.4	4.0	5.7	6.8	3.7	9.5	3.3	4.2	3.2	1.5	3.5	51.1
3.5- 4.9	.2	.4	.1	.2	.3	.5	1.1	5.8	2.7	4.0	.8	4.7	1.4	6.9	4.0	1.0	.5	34.6
5.0- 6.4	.0	.1	.0	.0	.1	.3	.1	1.4	.1	1.2	.0	1.0	.4	3.2	1.4	.1	.0	9.4
6.5- 7.9	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.3	.1	.0	.0	.0	.0	.2	.4	.1	.1	1.2
8.0- 9.4	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.1	.0	.0	.1	.0	.2
SUMME	.9	1.0	.7	2.1	1.5	1.5	1.6	11.5	8.8	12.1	5.0	16.4	5.4	14.7	9.0	2.9	4.6	99.7

CALMEN .3

Abb.2. 8.A: Prozentuale Häufigkeitsverteilung des Windes nach Betrag und Richtung

Station: GIZAN

Periode: 1970-1976

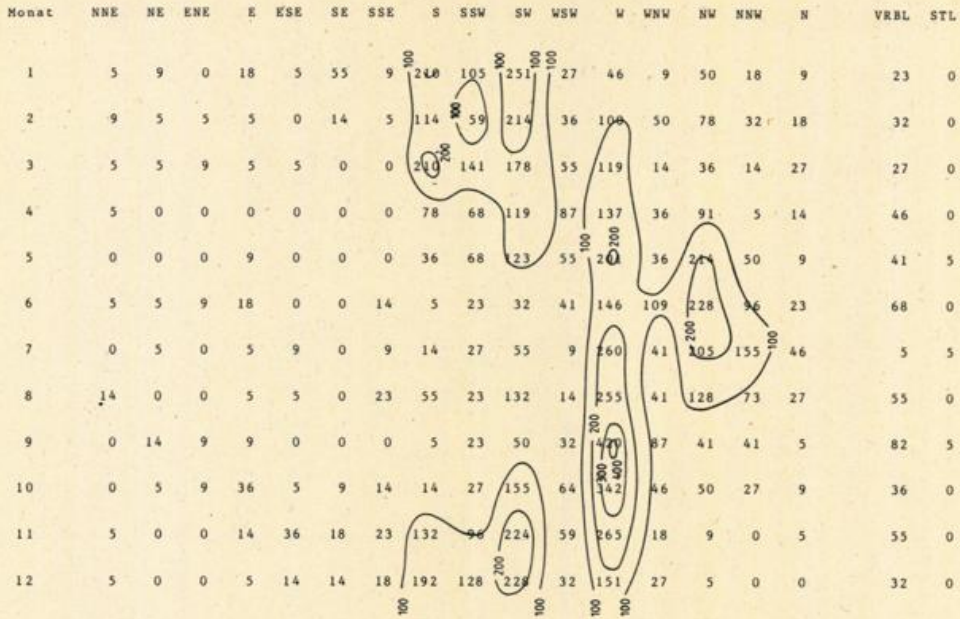


Abb. 2. 8.B: Jahresgang der Windrichtung (Tagesmittelwerte) in 1/100 Prozent. Isolinenabstand: 1 Prozent.

Station: GIZAN

m/s	Kalmen	0.5-2.0	2.1-3.5	3.6-5.0	5.1-6.6	6.7-8.1	8.2-9.7	9.8-11.2	11.3-12.8	12.9-14.3	14.4-15.83
Monat											
1	0	9	523	189	27	9	0	0	0	0	0
2	0	9	559	325	117	9	0	0	0	0	0
3	0	45	487	487	90	9	0	0	0	0	0
4	0	18	379	352	63	18	9	0	0	0	0
5	9	27	352	252	54	0	0	0	0	0	0
6	0	36	469	451	108	9	0	0	0	0	0
7	9	0	171	325	234	45	9	0	0	0	0
8	0	18	370	370	72	9	0	0	0	0	0
9	9	36	541	370	126	0	0	0	0	0	0
10	0	18	379	54	9	0	0	0	0	0	0
11	0	45	532	126	9	0	0	0	0	0	0
12	0	45	415	144	9	0	0	0	0	0	0

Abb. 2. 8.C: Jahresgang der Windgeschwindigkeit (Tagesmittelwerte) in 1/100 Prozent. Isolinenabstand: 1 Prozent.

EXTREM WIND

RELATIVE HÄUFIGKEITSVERTEILUNG IN PROZENT

M/S	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	N	VRBL	SUMME
.0- 2.4	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
2.5- 4.9	.0	.0	.1	.1	.0	.0	.0	.2	.2	.4	.4	.7	.2	.0	.0	.0	.0	2.3
5.0- 7.4	.0	.0	.0	.1	.2	.2	.5	3.5	4.4	4.2	6.5	10.1	3.4	1.3	.6	.4	.0	35.4
7.5- 9.9	.2	.0	.0	.1	.1	.1	.3	4.1	5.0	5.7	5.5	6.6	5.0	2.6	1.8	.4	.0	37.5
10.0-12.4	.1	.0	.1	.0	.0	.1	.1	1.6	3.1	1.6	1.4	2.1	2.8	2.1	1.6	.7	.0	17.4
12.5-14.9	.0	.0	.1	.0	.0	.0	.1	.2	.3	.2	.0	.5	.5	1.1	.7	.4	.0	4.1
15.0-17.4	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.1	.1	.1	.0	.0	.3	.6	.1	.5	.2	.0	2.0
17.5-19.9	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.1	.1	.0	.0	.0	.2	.1	.0	.1	.1	.0	.7
20.0-22.4	.0	.0	.0	.1	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.1	.0	.0	.3
22.5-24.9	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.1	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.1	.0	.0	.2
25.0-27.4	.0	.0	.0	.0	.0	.1	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.1
SUMME	.3	.0	.3	.4	.3	.5	1.2	9.9	13.1	12.1	13.8	20.5	12.6	7.3	5.4	2.3	.0	100.0
CALMEN	.0																	

Abb.2. 8.D: Prozentuale Häufigkeitsverteilung des Extremwindes nach Betrag und Richtung

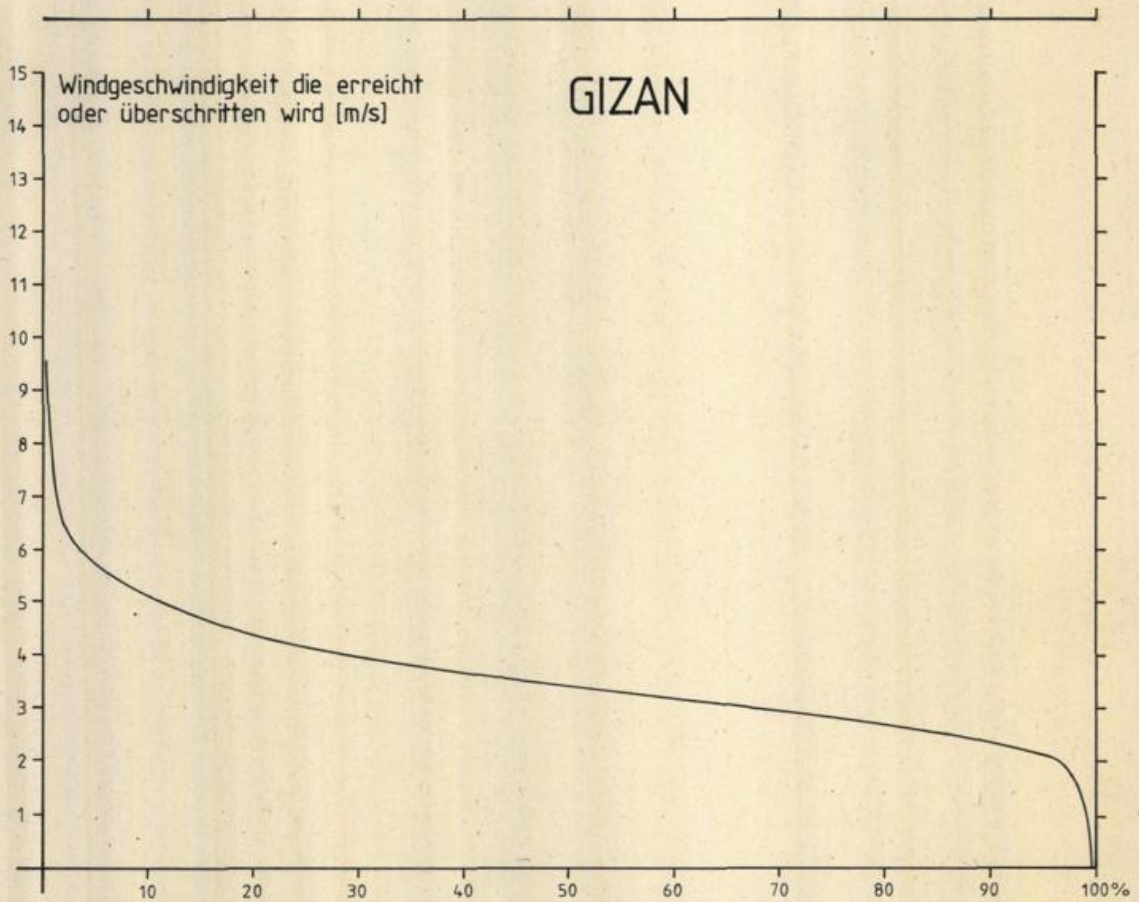


Abb.2. 8.E: Windgeschwindigkeitsdauerkurve aus Tagesmittelwerten des Windes

GIZAN

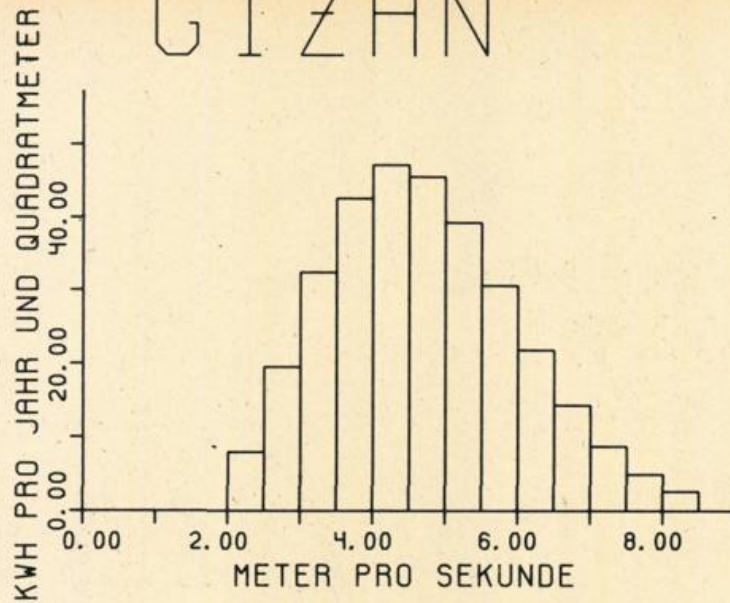


Abb.2. 8.F: Verteilung der Bruttojahresenergie auf Windgeschwindigkeitsintervalle von 0.5 m/s. Periode: 1970-76

GIZAN/Saudi-Arabien

Windgeschwindigkeitsintervall	Häufigkeit in Prozent	Bruttojahresenergie (kWh)	Summe (kWh)
≤ m/s <			
2.0- 2.5	13.28	7.9	7.9
2.5- 3.0	18.17	19.5	27.4
3.0- 3.5	18.29	32.4	59.7
3.5- 4.0	15.65	42.6	102.3
4.0- 4.5	11.91	47.2	149.5
4.5- 5.0	8.25	45.6	195.1
5.0- 5.5	5.27	39.3	234.4
5.5- 6.0	3.12	30.6	265.1
6.0- 6.5	1.73	21.8	286.9
6.5- 7.0	.90	14.3	301.2
7.0- 7.5	.44	8.7	309.9
7.5- 8.0	.20	4.9	314.8
8.0- 8.5	.09	2.6	317.4

Tabelle 2.8.1: Verteilung der Bruttojahresenergie auf Windgeschwindigkeitsintervalle von 0.5 m/s, bezogen auf 1 m².

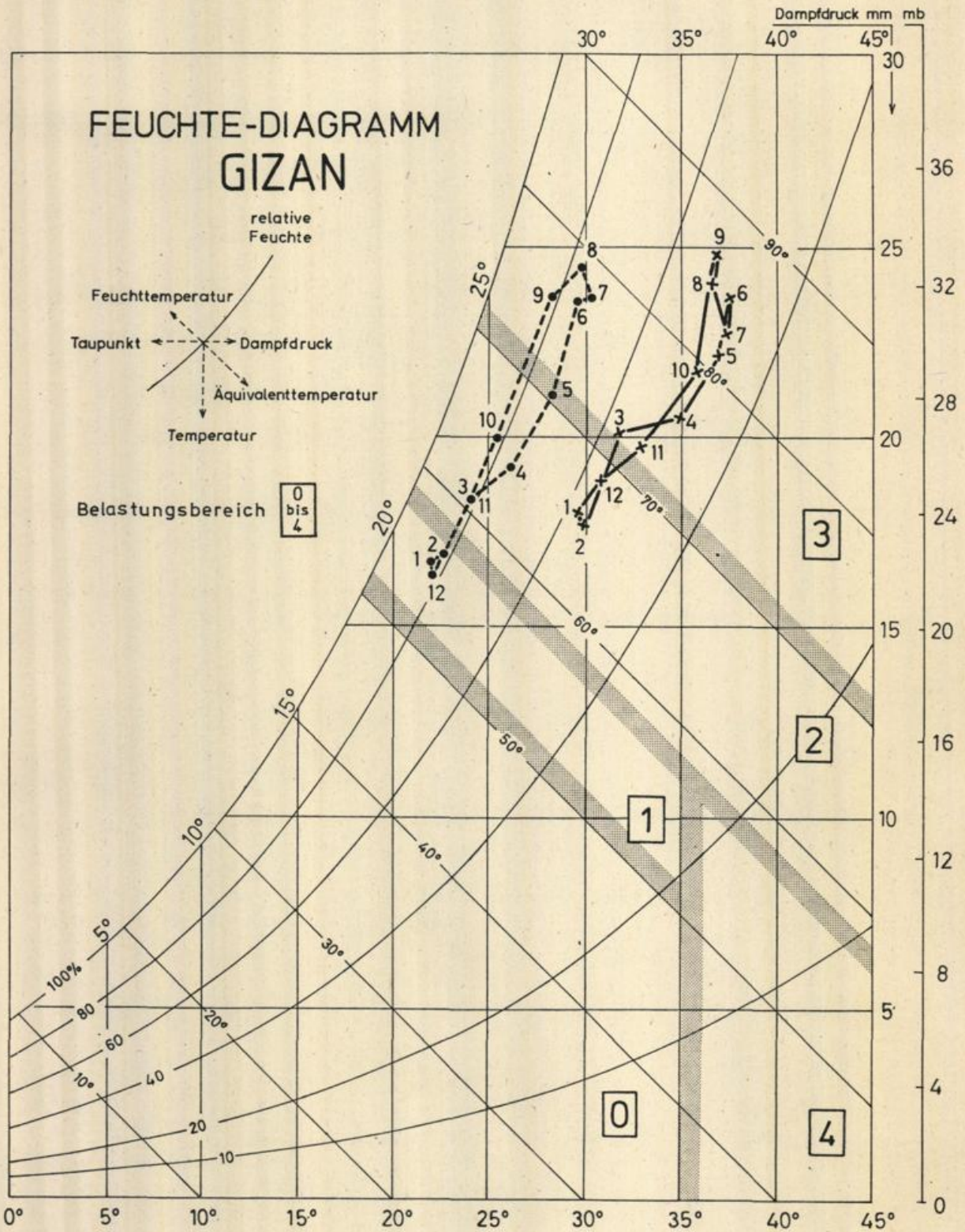


Abb.2. 8.G: Diagramm zur Bestimmung der Waermebelastung.
 Belastungsbereiche: 0 'belastungsfrei', 1 Uebergangsbereich zu 'schwuel',
 2 'schwuel', 3 'sehr schwuel', 4 'trocken und heiss'.
 ●-----● morgens, x-----x mittags, Ziffern an den Symbolen bezeichnen die
 entsprechenden Monate.

STATION G I Z A N

KOORDINATEN: 16 52N 42 35E, 3 m UEBER MEERESNIVEAU

PERIODE: 1970-1976

MONAT	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
LUFTTEMPERATUR (°C)												
ABS. MAXIMUM	31.8	32.6	35.5	39.6	41.0	40.2	40.7	40.0	39.4	40.0	36.4	34.5
MITTL. TAEGL. MAXIMUM	29.5	30.2	31.8	34.7	36.8	37.2	37.3	37.0	37.0	36.1	33.0	30.6
MITTL. TAGESMITTEL	25.7	26.2	27.9	30.3	32.5	33.3	33.7	33.3	32.8	30.8	28.3	26.3
MITTL. TAEGL. MINIMUM	21.9	22.6	23.9	25.9	28.2	29.4	30.0	29.6	28.6	25.6	23.7	22.0
ABS. MINIMUM	19.0	19.0	20.6	21.0	19.3	18.0	22.4	23.1	21.8	19.0	17.0	15.8
REL. LUFTFEUCHTE (Prozent)												
ABS. MAXIMUM	95.0	97.0	96.0	95.0	100.0	97.0	93.0	94.0	100.0	95.0	98.0	96.0
MITTL. TAEGL. MAXIMUM	84.9	83.3	82.6	76.2	74.2	76.0	73.9	78.4	81.7	81.0	82.5	84.2
MITTL. TAEGL. MINIMUM	59.5	58.3	58.0	49.5	47.7	49.5	47.6	51.9	53.9	48.7	52.6	57.6
ABS. MINIMUM	34.0	37.0	30.0	16.0	20.0	27.0	27.0	36.0	31.0	10.0	25.0	35.0
LUFTDRUCK (hPa)												
ABS. MAXIMUM	1019.9	1018.1	1015.8	1012.9	1011.9	1009.8	1008.9	1008.0	1012.1	1014.2	1017.6	1019.6
MITTL. TAEGL. MAXIMUM	1014.6	1013.3	1011.4	1009.5	1007.7	1004.5	1003.7	1004.3	1006.9	1010.9	1013.8	1015.0
MITTL. TAEGL. MINIMUM	1011.1	1009.8	1007.8	1005.7	1004.1	1001.5	1000.9	1001.1	1002.9	1006.7	1009.8	1011.3
ABS. MINIMUM	1006.3	1005.0	1002.5	1002.3	998.0	997.5	997.4	996.7	999.3	1003.3	1006.6	1007.6
ANZAHL DER TAGE MIT (*)												
1. GEMITTER	0	1	6	3	2	2	11	14	17	11	6	0
2. REGEN	5	2	5	4	1	1	5	8	3	6	7	7
3. STAUB-/SANDSTURM	0	0	0	2	6	0	5	5	7	2	1	0
4. STAUB IN DER LUFT	12	17	29	44	42	59	96	76	37	10	6	4
5. DUNST (TROCKEN)	3	3	12	4	8	3	13	14	13	0	3	3
6. WIE 5. (SICHT < 1 km)	2	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
7. DUNST (FEUCHT)	2	0	1	1	0	0	6	4	0	0	6	1
8. NEBEL	0	0	0	1	0	0	0	0	2	0	1	0
NIEDERSCHLAG (mm)												
MAXIMUM IN 24 Std	22.6	1.3	26.6	16.8	16.2	.2	.4	5.8	10.4	22.0	17.0	3.8
JAERLICH: (**)												
1970											.4/0	.6/0
1971	1.8/0	0.0/1	0.0/0	4.5/0	0.0/0	0.0/0	0.0/0	0.0/0	0.0/0	0.0/0	0.0/0	6.3/0
1972	0.0/0	.2/0	3.0/0	0.0/0	0.0/0	0.0/0	.1/0	4.0/1	0.0/0	0.0/0	0.0/0	.2/0
1973	32.3/2	0.0/0	0.0/1	0.0/0	0.0/1	0.0/0	0.0/1	0.0/3	0.0/2	22.5/0	-1/0	3.8/1
1974	0.0/0	0.0/1	27.7/3	0.0/0	16.2/0	0.0/3	0.0/1	7.1/2	.3/1	9.9/0	0.0/0	0.0/0
1975	0.0/0	1.3/0	0.0/0	20.2/0	0.0/0	0.0/0	1.3/4	12.7/2	12.4/0	0.0/0	0.0/0	0.0/1
1976	0.0/1	0.0/0	11.4/0	0.0/0	0.0/1	.2/0	0.0/0	0.0/2	0.0/0	6.6/0	23.8/2	0.0/0

(*) GESAMTZAHL DER TAGE FUER PERIODE 1973-76, HIERVON ABWEICHEND REGEN: GESAMTPERIODE
 (**) MONATSSUMME / ANZAHL DER FAELE MIT SUMME > 0.1 mm

2.9 Yanbo

2.9.0 Allgemeines

Yanbo liegt im Westen der arabischen Halbinsel direkt am Roten Meer in 6 m Höhe. Die in der Umgebung der Stadt flache Küste ist zum Landesinneren hin von 150 m hohen Hügeln durchsetzt und geht ab ca. 60 - 100 km landeinwärts in ein Hochland von 500 - 1000 m Höhe über. Innerhalb dieser Region, weiter im Norden und Ostnordosten Yanbos, werden die höchsten Erhebungen von ca. 1000 - 1500 m, vereinzelt bis 2000 m erreicht. Dazwischen erstrecken sich von NE nach SW Wadis, die bei Yanbo die Küste des Roten Meeres erreichen. Diese vielgestaltete Orographie dürfte neben dem Land-Seewindsystem erheblich zur Modifizierung des Windfeldes beitragen.

Bei der Interpretation der Daten ist zu beachten, daß beim Tagesmittelwind in 57 % der Fälle zwar die Richtung, nicht jedoch der Betrag der Windgeschwindigkeit vorlag.

2.9.1 Windrichtung und Betrag

Die größten Häufigkeiten der Windrichtung werden in dem Sektor zwischen S und NNW beobachtet (Abb. 2.8.A). Winde aus dem Ostsektor sind bedeutungslos. Die Tagesmittelwerte des Windes sind an den Küstenstationen in erster Linie durch die Seewind-Komponente geprägt. Die Hauptwindrichtung ist WNW mit Tagesmittelwerten meist bei 5 - 6,5 m/s. Auch höhere Tagesmittelwerte sind mit Richtungen zwischen W und NW verbunden. Insgesamt liegt das Windangebot erheblich höher als südlich, etwa in Jeddah oder Gizan.

2.9.2 Jahresgang der Windrichtung

Der Wind kommt mit geringen Variationen das ganze Jahr über aus dem Sektor W bis NNW, wobei im Sommerhalbjahr zwischen April und September überwiegend westliche Richtungen herrschen (Abb. 2.9.B). Daneben treten südwestliche Richtungen vor allem zwischen März und September, besonders aber im April und Mai auf.

Die Richtungsverteilung im Sommer erklärt sich durch den tiefen Druck östlich der Station über der arabischen Halbinsel, wobei die Betonung westlicher Richtungen auf den starken Einfluß des Seewindes hinweist. Die Kompensationsrichtung E des Landwindes tritt beim Tagesmittel hier nicht in Erscheinung.

Südkomponenten treten u.a. auf der Südseite ostziehender Zyklonen auf, vor allem im April und auch noch im Mai. Im Sommer sind es eher lokale Luftdruckdepressionen im Norden oder Nordosten der Station, die

zu vergleichsweise schwachen Südwestwinden führen.

Im Winterhalbjahr überrascht das Fortbestehen der Hauptwindrichtung NW bis W, denn mit zunehmend hohem Druck über der arabischen Halbinsel sollten südliche bis südöstliche Winde zu erwarten sein. Hier sind eine Reihe von Faktoren für das Fortbestehen der genannten westlichen Richtungen verantwortlich. Bei meist flachem Hochdruck über Arabien werden Winde aus südöstlichen und östlichen Richtungen in Yanbo durch die Gebirge abgeschwächt oder ganz ferngehalten, so daß sich der Seewind aus W ungehindert durchsetzen kann. Bereits 160 km weiter östlich, in Medina, sind zum gleichen Termin häufig Südkomponenten zu beobachten. Klimatologisch spielt außerdem der zwischen der arabischen und nordafrikanischen Antizyklone über dem Roten Meer nach Nord gerichtete Trog eine Rolle, der mit dem im Winter aktiven Sudantief zusammenhängt. Auf seiner Vorderseite treten in Yanbo ebenfalls Nordwinde auf - wegen des Landeinflusses allerdings modifiziert als NW-, während in Medina - ungefähr im Scheitel des Troges - bereits Ostwind weht. Zum dritten sind es die Mittelmeertiefs, die über Arabien ostwärts ziehen und westliche, z.T. aber auch südliche Winde bringen können.

2.9.3 Jahresgang des Betrages der Windgeschwindigkeit

Der Jahresgang der Windgeschwindigkeit in Yanbo besitzt ein deutliches Maximum im Sommer (Juni), in dem auch die höchsten Tagesmittelwerte registriert werden (Abb. 2.9.C). Die Beträge liegen dann meist bei 5,1 - 6,6 m/s, erreichen aber gar nicht so selten auch 10 m/s und mehr. Im Winter nimmt die Windgeschwindigkeit ab und liegt meist bei 3,6 - 5,0 m/s.

Der Dezember vereint eine große Anzahl schwachwindiger Fälle unterhalb von 5 m/s mit wenigen Fällen wiederum sehr hoher Windstärken oberhalb von 12,9 m/s im Tagesmittel.

2.9.4 Maximale Windgeschwindigkeit

Die Verteilung der täglichen stärksten Böen zeigt deren Maximum zwischen 7,5 und 12 m/s aus W bis NNW (Abb. 2.9.D), richtungsgleich etwa mit dem Tagesmittelwind. Die stärksten Böen kommen aus dem Nordsektor, aber auch aus SW traten im Untersuchungszeitraum Böen bis zu 20 m/s auf.

Derart starke Böen aus SW dürften vorwiegend mit dem Auftreten des "Khamsins" verknüpft sein, eines trockenen staubgeladenen starken Windes auf der Vorderseite ostwärts ziehender Tiefdrucksysteme.

Die stärkste Böe, die im Untersuchungszeitraum registriert wurde, betrug 24 m/s.

2.9.5 Wind- und Energieangebot

Das Windenergieangebot läßt sich aus der Windgeschwindigkeitsdauerkurve (Abb. 2.9.E) entnehmen. Danach treten Kalmen im Tagesmittel nur selten auf (mit 0,3 % entsprechend ca. 1 Tag) und auch schwachwindige Verhältnisse mit Werten unter 5 m/s nur in 42 % aller Fälle. Damit ist in Yanbo das höchste Windenergiepotential der untersuchten Stationen in Saudi-Arabien zu verzeichnen.

Die Verteilung der Bruttojahresenergie auf die einzelnen Geschwindigkeitsintervalle zeigen Abb. 2.9.F und Tab. 2.9.1. Etwa 80 % der Energie werden im Geschwindigkeitsbereich zwischen einschließlich 5,0 und 10,5 m/s gewonnen. Das sind rund 57 % des gesamten Windangebotes. Die Geschwindigkeiten unterhalb und oberhalb der genannten Grenzen, d.h. ca. 43 % des Windaufkommens, steuern nur je ca. 10 % zur Gesamtenergie bei. Die größten Einzelbeiträge liefern Geschwindigkeiten um 7 m/s. Insgesamt ergibt sich für Yanbo ein Energiepotential von 1338 kWh pro Jahr und 1 m² senkrecht zur Strömungsrichtung.

2.9.6 Witterung und Wetterphänomene

Die Temperatur steigt im Monatsmittel von 20,0 Grad Celsius im Januar auf 30,9 Grad Celsius im Juli an und weist damit eine Jahresamplitude von 10,9 K auf. Der mittlere Tagesgang ist zwar im Winter etwas stärker als der Jahresgang und reicht von 13,6 K im Januar bis 10,4 K im August; insgesamt ist der Unterschied aber nicht erheblich. Hierin macht sich die unmittelbare, temperaturlausgleichende Nachbarschaft des Roten Meeres bemerkbar. Die absoluten Extreme betragen während des Untersuchungszeitraumes im Dezember 6,3 Grad Celsius im Minimum und 35,8 Grad Celsius im Maximum, und im Juni 17,0 Grad Celsius im Minimum und 48,0 Grad Celsius im Maximum.

Die mittlere relative Feuchte ist in Yanbo hoch wegen der unmittelbaren Nähe des Roten Meeres und beständigen auflandigen Winden. Im September und Oktober sind die Werte mit 75 - 76 % am höchsten, wobei in wenigen Fällen 100 % erreicht werden können. Im Frühjahr gehen die Werte auf ca. 68 - 70 % zurück. Die Minima treten gegen Mittag ein und liegen im Winter in der Regel bei 35 % und erreichen in den Monaten September/Oktober etwa 45 - 47 %. Werte unter 6 % traten im Untersuchungszeitraum nicht auf.

Niederschläge sind in Yanbo sehr selten. Legt man die mittlere Jahresmenge zugrunde, so kann dieser Ort als einer der trockensten Saudi-Arabiens gelten. Es gibt 'feuchte' Jahre, in denen etwas Niederschlag fällt, meist sporadisch in der Zeit zwischen November und April, am häufigsten im Januar. Die einzelnen Regenereignisse können dann allerdings innerhalb weniger Stunden mehr Regen bringen als der mittleren Jahressumme entspricht. Die größte Menge des Untersuchungszeitraumes fiel mit 25,5 mm in weniger als 7 Stunden im Januar 1974.

Gewitter treten im Winter und im Frühjahr auf und können mehrere Stunden andauern. Häufig sind Niederschläge mit Gewittern verknüpft.

Es ist aber nicht ungewöhnlich, daß auch Gewitter ohne jeden Niederschlag auftreten. Das längste Gewitter im Untersuchungszeitraum dauerte 5 Stunden und brachte keinen Niederschlag.

Staub in der Luft tritt das ganze Jahr über auf und kann, bei Zugrundelegung des Beobachtungszeitraumes, bis zu 9 Stunden, in Einzelfällen sicher auch länger in der Luft bleiben.

Staub- und Sandstürme sind aber vorzugsweise im Zeitraum November bis Mai im Zusammenhang mit Gewittern und den damit einhergehenden böig auffrischenden Winden zu verzeichnen.

Nebel ist ein seltenes Ereignis und tritt nur für kurze Zeit im September und Oktober auf, der Zeit der allgemein höchsten Werte der relativen Feuchte. Etwas häufiger kommt feuchter Dunst vor, ebenfalls bevorzugt im Sommer/Herbst zur Zeit der höchsten Feuchtwerte, ist aber mit meist weniger als 1 - 2 Stunden von kurzer Dauer.

Die Wärmebelastung (Abb. 2.9.G) ist etwas geringer als weiter südlich. Vor allem von Dezember bis Februar kann das Klima für den Mitteleuropäer als gut verträglich bezeichnet werden. Erst ab Mai bis Oktober mit zunehmenden Temperatur- und Feuchtwerten bleibt es ganztägig schwül bis sehr schwül. Die beiden verbleibenden Monate April und November bringen wenigstens in den Morgenstunden eine gewisse Erfrischung.

STATION YANBO: 24 07N 38 03E, 6M

PERIODE: 1970-1976

TAGESMITTELWIND

RELATIVE HÄUFIGKEITSVERTEILUNG IN PROZENT

M/S	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	N	VRBL	SUMME
0.5- 1.9	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.1	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.2	.0	.1	.4
2.0- 3.4	.0	.3	.0	.2	.1	.1	.1	.6	.3	.7	.3	1.3	1.9	1.5	1.9	.2	1.0	10.5
3.5- 4.9	.0	.0	.3	.5	.0	.0	.6	1.7	1.1	2.0	.8	4.2	8.0	6.2	3.6	.5	1.2	30.7
5.0- 6.4	.1	.1	.0	.4	.0	.0	.2	.8	.3	1.5	1.2	5.7	11.6	7.5	2.0	.0	.3	31.7
6.5- 7.9	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.2	.5	.3	2.2	6.3	3.3	1.1	.0	.2	14.1
8.0- 9.4	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.1	.1	1.2	3.6	2.1	1.0	.0	.0	8.1
9.5-10.9	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.1	1.2	1.1	.4	.3	.0	.2	3.3
11.0-12.4	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.2	.2	.1	.0	.0	.0	.5
12.5-13.9	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.1	.0	.2	.0	.0	.0	.3
14.0-15.4	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.1	.0	.0	.0	.1
SUMME	.1	.4	.3	1.1	.1	.1	1.0	3.1	1.9	4.8	2.8	16.1	32.7	21.4	10.1	.7	3.0	99.7

CALMEN .3

Abb.2. 9.A: Prozentuale Häufigkeitsverteilung des Windes nach Betrag und Richtung

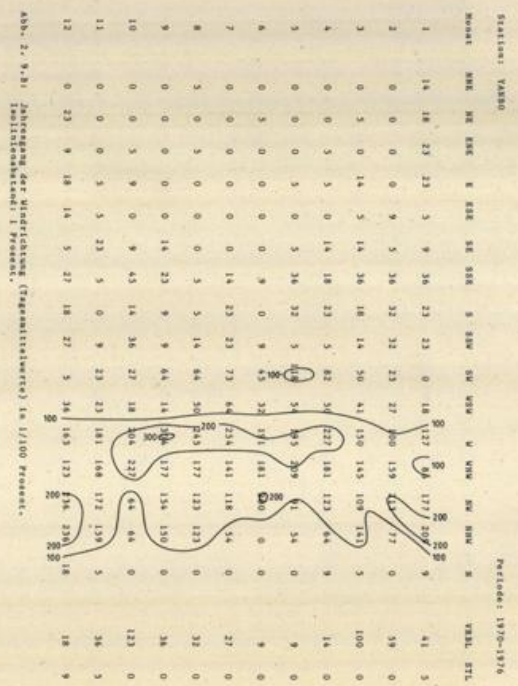


Abb. 2. *a) Jahresgang der Windrichtung (Frequenzkurve) in 1/100 Prozent. Zeitinhaltsstand: 1 Prozent.

Station: YANBO

MONAT	Kalben	0,5-2,0	2,1-3,5	3,6-5,0	5,1-6,6	6,7-8,1	8,2-9,7	9,8-11,2	11,3-12,8	12,9-14,3	14,4-15,85
1	11	21	223	308	53	21	32	0	0	0	0
2	0	21	148	308	74	11	0	32	0	0	0
3	0	0	74	212	191	117	32	0	0	0	0
4	0	0	53	339	339	127	85	21	11	0	0
5	0	0	42	244	392	117	138	11	21	11	11
6	0	0	11	170	488	255	191	106	21	21	0
7	0	0	21	106	286	148	64	32	0	0	0
8	0	0	11	212	339	255	159	11	0	0	0
9	0	0	42	371	403	276	106	64	0	0	0
10	0	0	74	297	244	32	0	11	0	0	0
11	11	0	138	276	201	21	0	0	0	0	0
12	11	0	223	244	138	32	0	11	0	0	0

Abb. 2. *a) Jahresgang der Windgeschwindigkeit (Frequenzkurve) in 1/100 Prozent. Zeitinhaltsstand: 1 Prozent.

EXTREM WIND

RELATIVE HAEUFIGKEITSVERTEILUNG IN PROZENT

M/S	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	N	VRBL	SUMME
.0- 2.4	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
2.5- 4.9	.0	.0	.0	.0	.0	.1	.0	.1	.1	.1	.2	.1	.0	.0	.1	.0	.0	.8
5.0- 7.4	.0	.0	.1	.4	.2	.0	1.6	1.5	.8	2.1	1.6	7.5	4.9	1.5	.6	.3	.0	23.1
7.5- 9.9	.1	.2	.2	.7	.1	.2	.5	1.1	.6	.9	1.8	9.2	8.7	3.1	.7	.2	.0	28.3
10.0-12.4	.1	.1	.2	.6	.1	.0	.3	.1	.2	.5	.9	8.9	11.3	3.5	1.1	.1	.4	28.4
12.5-14.9	.1	.1	.0	.1	.0	.1	.1	.0	.1	.1	.4	4.2	4.3	1.6	.5	.0	.1	11.8
15.0-17.4	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.1	.0	.0	.1	1.9	1.6	.6	.4	.1	.2	5.0
17.5-19.9	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.1	.0	.8	.4	.3	.3	.0	.0	1.9
20.0-22.4	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.1	.0	.1	.1	.1	.0	.0	.4
22.5-24.9	.1	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.1	.0	.0	.0	.0	.2
SUMME	.4	.4	.5	1.8	.4	.4	2.5	2.9	1.8	3.8	5.1	32.6	31.4	10.7	3.8	.6	.7	99.9

CALMEN .1

Abb.2. 9.D: Prozentuale Haeufigkeitsverteilung des Extremwindes nach Betrag und Richtung

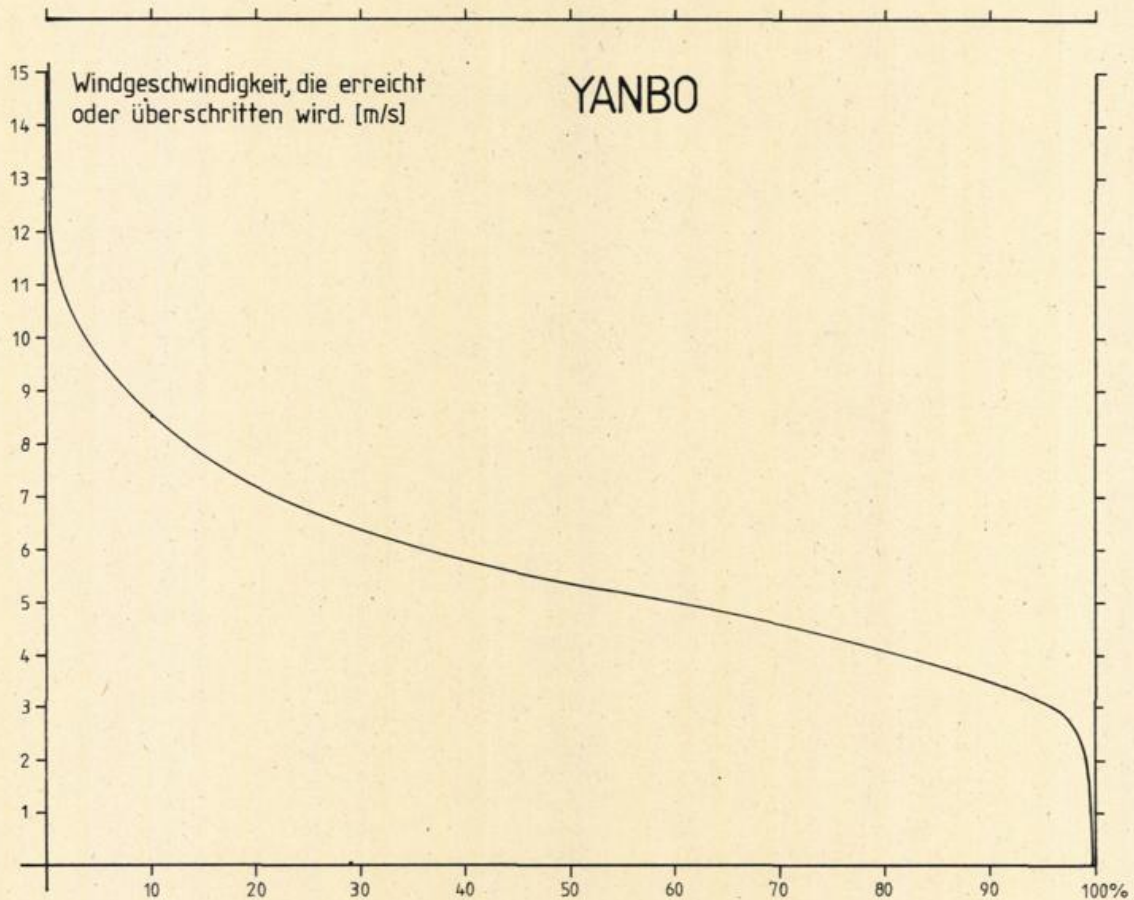


Abb.2. 9.E: Windgeschwindigkeitsdauerkurve aus Tagesmittelwerten des Windes

YANBO

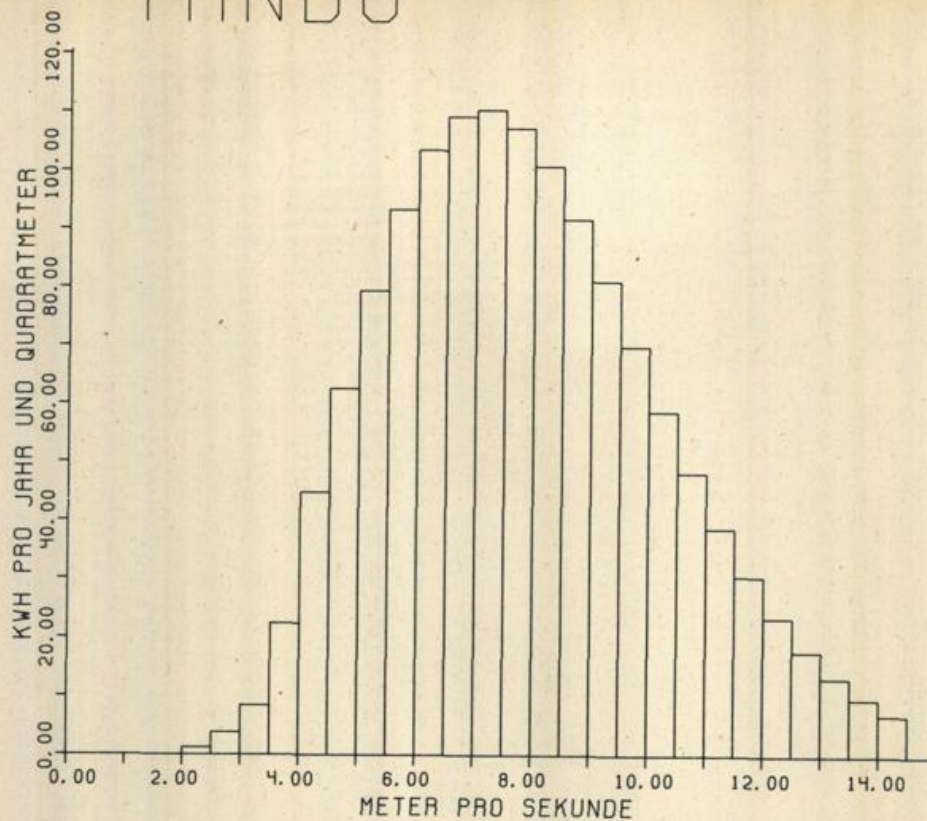


Abb.2. 9.F: Verteilung der Bruttojahresenergie auf Windgeschwindigkeitsintervalle von 0.5 m/s. Periode: 1970-76

YANBO/Saudi-Arabien

Windgeschwindigkeitsintervall	Häufigkeit in Prozent	Bruttojahresenergie (kWh)	Summe (kWh)
2.0-2.5	2.00	1.2	1.2
2.5-3.0	3.50	3.8	5.0
3.0-3.5	4.75	8.4	13.4
3.5-4.0	8.25	22.4	35.8
4.0-4.5	11.32	44.8	80.6
4.5-5.0	11.32	62.6	143.2
5.0-5.5	10.63	79.4	222.6
5.5-6.0	9.53	93.4	316.0
6.0-6.5	8.23	103.6	419.6
6.5-7.0	6.89	109.3	529.0
7.0-7.5	5.62	110.4	639.4
7.5-8.0	4.47	107.3	746.7
8.0-8.5	3.48	100.8	847.5
8.5-9.0	2.65	91.7	939.3
9.0-9.5	1.99	81.1	1020.4
9.5-10.0	1.46	69.9	1090.3
10.0-10.5	1.06	58.7	1149.0
10.5-11.0	.75	48.2	1197.3
11.0-11.5	.53	38.7	1236.0
11.5-12.0	.36	30.5	1266.5
12.0-12.5	.25	23.5	1290.1
12.5-13.0	.17	17.8	1307.9
13.0-13.5	.11	13.3	1321.2
13.5-14.0	.07	9.7	1330.9
14.0-14.5	.05	7.0	1337.9

Tabelle 2.9.1: Verteilung der Bruttojahresenergie auf Windgeschwindigkeitsintervalle von 0.5 m/s, bezogen auf 1 m².

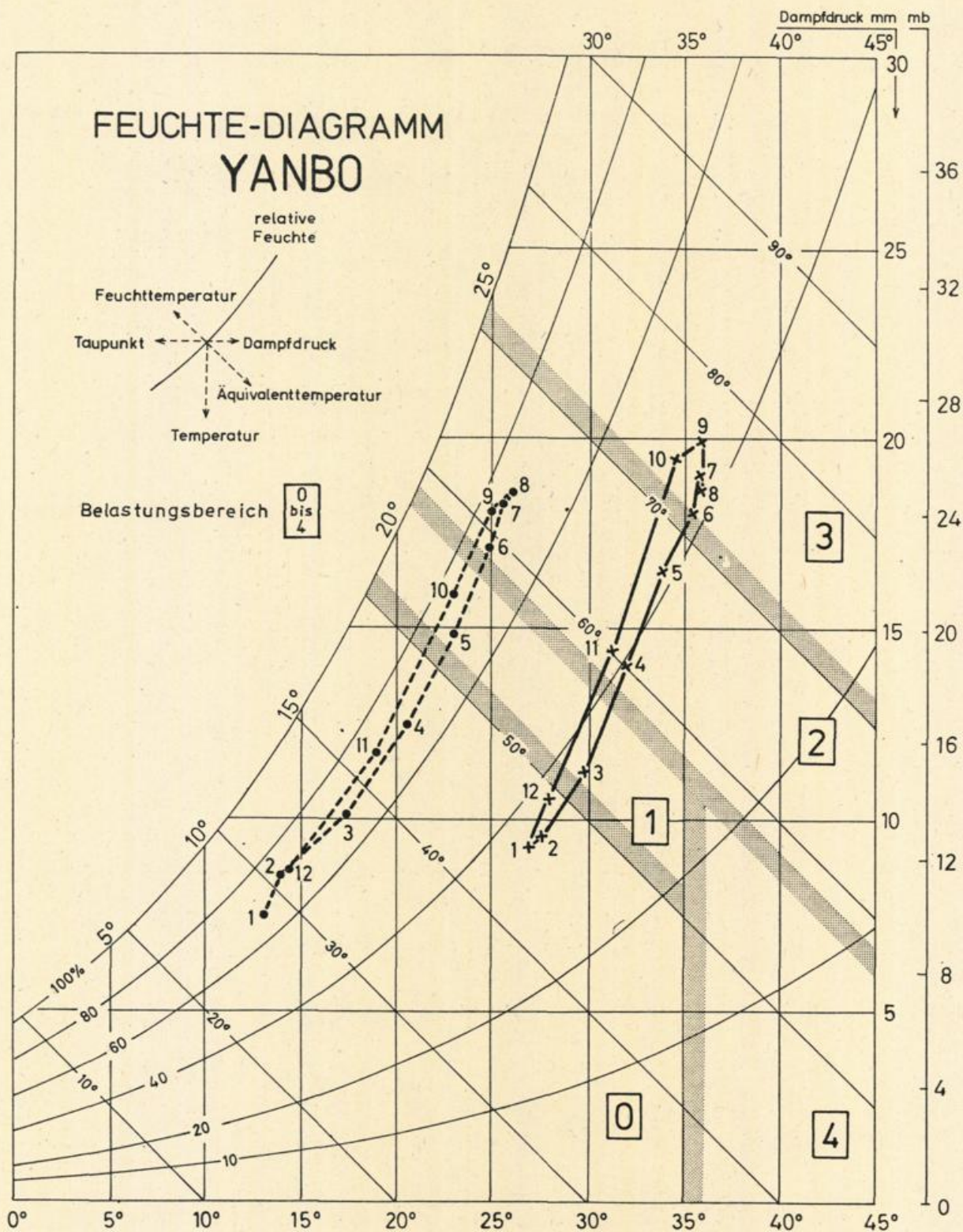


Abb.2. 9.G: Diagramm zur Bestimmung der Waermebelastung.
 Belastungsbereiche: 0 'belastungsfrei', 1 Uebergangsbereich zu 'schwuel',
 2 'schwuel', 3 'sehr schwuel', 4 'trocken und heiss'.
 ●-----● morgens, x-----x mittags, Ziffern an den Symbolen bezeichnen die
 entsprechenden Monate.

STATION Y A N B O

KOORDINATEN: 24 7N 38 3E, 6 m UEBER MEERESNIVEAU

PERIODE: 1970-1976

MONAT	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
LUFTTEMPERATUR (°C)												
ABS. MAXIMUM	38.8	33.8	37.0	41.0	42.0	48.0	44.5	42.7	43.6	40.0	39.4	35.8
MITTL. TAEGL. : AXIMUM	26.8	27.4	29.7	32.1	33.9	35.5	36.2	36.1	35.7	34.5	31.6	28.0
MITTL. TAGESMITTEL	20.0	20.7	23.5	26.2	28.4	30.1	30.9	30.8	30.3	28.8	25.3	21.1
MITTL. TAEGL. MINIMUM	13.2	14.0	17.3	20.3	22.8	24.7	25.5	25.6	24.9	23.2	19.1	14.2
ABS. MINIMUM	7.8	7.1	9.4	11.6	16.2	17.0	18.6	19.2	17.6	11.4	11.4	6.3
REL. LUFTFEUCHTE (Prozent)												
ABS. MAXIMUM	97.0	100.0	100.0	99.0	100.0	96.0	99.0	93.0	100.0	100.0	96.0	100.0
MITTL. TAEGL. MAXIMUM	68.1	70.4	68.5	69.2	70.7	72.5	73.7	73.1	75.8	75.5	70.8	69.9
MITTL. TAEGL. MINIMUM	34.9	33.9	35.7	39.7	41.6	41.6	42.5	42.1	45.2	47.7	41.1	37.9
ABS. MINIMUM	11.0	6.0	6.0	8.0	14.0	8.0	7.0	19.0	7.0	8.0	14.0	9.0
LUFTDRUCK (hPa)												
ABS. MAXIMUM	1021.2	1020.5	1019.5	1015.2	1014.1	1008.6	1009.3	1008.4	1010.6	1017.0	1020.5	1022.5
MITTL. TAEGL. MAXIMUM	1015.4	1014.0	1011.7	1009.5	1007.9	1004.7	1004.2	1003.9	1006.0	1010.8	1013.8	1015.9
MITTL. TAEGL. MINIMUM	1012.3	1010.9	1008.5	1006.5	1005.0	1002.2	1001.9	1001.4	1003.4	1007.8	1010.9	1012.8
ABS. MINIMUM	1005.8	1004.2	999.2	1000.9	1000.4	998.0	997.4	996.6	997.3	1002.0	1007.6	1004.0
ANZAHL DER TAGE MIT (*)												
1. GEMITTER	1	0	1	2	1	0	0	0	0	0	2	1
2. REGEN (>0.1mm)	2	0	2	2	0	0	0	0	0	0	1	1
3. STAUB-/SANDSTURM	0	2	0	0	4	0	0	0	0	0	0	1
4. STAUB IN DER LUFT	1	4	6	5	9	7	7	5	1	1	1	1
5. DUNST (TROCKEN)	0	0	1	0	0	3	4	0	0	4	0	0
6. WIE 5. (SICHT < 1 km)	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7. DUNST (FEUCHT)	0	0	0	1	0	2	2	1	0	3	0	0
8. NEBEL	0	0	0	0	0	0	3	0	3	0	0	0
NIEDERSCHLAG (mm)												
MAXIMUM IN 24 Std	23.5	0.0	6.8	9.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.8	3.0
JAERLICH: (**)												
1970										0.0/0		0.0/0
1971	0.0/0	0.0/0	0.0/0	0.0/0	0.0/0	0.0/0	0.0/0	0.0/0	0.0/0	0.0/0	0.0/0	0.0/0
1972	.7/2	0.0/0	0.0/0									0.0/0
1973	0.0/0	0.0/0	0.0/0	0.0/0	0.0/0	0.0/0	0.0/0	0.0/0	0.0/1	0.0/0	0.0/1	0.0/1
1974	23.5/2	0.0/0	13.1/1	0.0/0	0.0/0	0.0/0	0.0/0	0.0/0	0.0/0	0.0/0	1.8/0	3.0/0
1975	0.0/1	0.0/1	0.0/0	9.2/0	0.0/0	0.0/0	0.0/0	0.0/0	0.0/0	0.0/0	0.0/0	0.0/0
1976	0.0/1	0.0/0	0.0/1	0.0/0	0.0/0	0.0/0	0.0/0	0.0/0	0.0/0	0.0/0	0.0/1	0.0/0

(*) GESAMTZAHL DER TAGE FUER PERIODE 1973-76, HIERVON ABWEICHEND REGEN: GESAMTPERIODE

(**) MONATSSUMME / ANZAHL DER FAELE MIT SUMME > 0.1 mm

2.10 Medina

2.10.0 Allgemeines

Medina liegt im Westen der arabischen Halbinsel, 632 m über Meeresniveau in einer hügeligen Mulde, die von zahlreichen Trockenflußläufen durchzogen ist. Die umgebenden Gebirge erreichen im Westen zwischen Medina und dem Roten Meer ca. 1000 - 1500 m Höhe mit zwei Gipfeln von ca. 2000 m. Im Osten sind die Gebirge niedriger. Die Entfernungen zu den Gebirgen betragen von Medina aus nach Westen etwa 40 km, nach Osten 60 - 80 km. Nach Nordwesten ist die Senke offen, nach Süden erstreckt sich ein ausgedehntes Lavafeld.

2.10.1 Windrichtung und Betrag

Die Hauptwindrichtung ist WSW bis WNW. Das Maximum der Verteilung liegt bei W im Geschwindigkeitsbereich von 3,5 - 5 m/s im Tagesmittel (Abb. 2.10.A). Als sekundäres Maximum treten östliche Winde auf mit der größten Häufigkeit im gleichen Geschwindigkeitsintervall.

Über alle Geschwindigkeitsbereiche machen Ostwinde von NE bis SE 31 %, Westwinde von NW - SW 57 % aus; Kalmen sind unbedeutend.

2.10.2 Jahresgang der Windrichtung

Die Richtung des Tagesmittelwindes bleibt nahezu das ganze Jahr über W (Abb. 2.10.B). In den Wintermonaten von Oktober bis Januar wird diese Richtung zwar durch Ostwinde als Hauptwindrichtung abgelöst, wobei der Westwind als sekundäres Maximum erhalten bleibt und in der Häufigkeit nur wenige Prozent unter der des Ostwindes bleibt. Im Sommer tritt neben dem reinen Westwind gelegentlich noch NW auf.

Die West- bis Nordwestwinde im Sommer sind aufgrund der großräumigen Luftdruckverteilung zu erwarten. Verschiedentlich nimmt das Druckfeld über Arabien angenähert die Gestalt an, wie sie z.B. in Abb. 1.A als klimatologisches Mittel gezeichnet wurde. Dann ist die Windrichtung NW. In aller Regel aber liegt die Station am Südrand eines kleinräumigen Troges und hat damit Westwind. Ebenso häufig bilden sich im Bereich Medina sekundäre Gebiete tiefen Luftdrucks, die ebenfalls meist zu Westwinden führen.

Im Winter dreht die Hauptwindrichtung auf E. Dies ist eher dem nordwärts gerichteten Trog über dem Roten Meer zuzuschreiben als dem hohen Luftdruck über Arabien. Tiefdruckgebiete mediterranen Ursprungs und ihre Ausläufer sorgen aber auch im Winter für Westwinde in Medina.

2.10.3 Jahresgang des Betrages der Windgeschwindigkeit

In Medina ist ein Jahresgang nur in den höheren Geschwindigkeitsbereichen des Tagesmittelwindes oberhalb von 6,6 m/s zu erkennen (Abb. 2.10.C). Diese höheren Durchschnittswerte treten vor allem im Winter und Frühjahr auf und dürften in erster Linie den Störungen aus dem mediterranen Bereich zuzuschreiben sein. Im Sommer liefern die Beobachtungen in den meisten Fällen Werte zwischen 3,6 und 5 m/s.

2.10.4 Maximale Windgeschwindigkeit

Die Richtungshäufigkeitsverteilungen des Extremwindes und des Tagesmittelwindes verlaufen im wesentlichen parallel (vgl. Abb. 2.10.A, D), wobei die Zwischenrichtungen erwartungsgemäß etwas stärker belegt sind. Der Hauptgeschwindigkeitsbereich liegt für Böen aus östlichen wie westlichen Richtungen zwischen 5 und 10 m/s. Die stärksten Böen treten am wahrscheinlichsten aus Richtungen um West auf. Die stärkste Böe während des Untersuchungszeitraumes betrug in Medina 29 m/s.

2.10.5 Wind- und Energieangebot

Das Windangebot, wie es sich im Tagesmittel darstellt, ist aus Abb. 2.10.E zu entnehmen. Der Anteil der ganztägigen Kalmen ist mit 0,3 % gering. Dafür herrschen allerdings in 81 % aller Fälle Winde von weniger als 5 m/s im Tagesmittel vor und klassifizieren die Windverhältnisse in Medina als 'schwachwindig'. Tagesmittel über 11 m/s wurden nicht registriert.

Etwa 80 % der Energie werden im Geschwindigkeitsbereich zwischen einschließlich 3,5 und 6,5 m/s gewonnen. Das sind rund 73 % des gesamten Windangebotes (Abb. 2.10.F). Die Geschwindigkeiten unterhalb und oberhalb der genannten Grenzen, d.h. ca. 27 % des Windaufkommens, steuern nur je ca. 10 % zur Gesamtenergie bei. Die größten Einzelbeiträge liefern Geschwindigkeiten um 4 m/s. Der größte Teil der Windenergie wird tagsüber angeboten.

Durch Summierung erhält man ein Energiepotential von ca. 427 kWh pro Jahr und m² senkrecht zur Strömungsrichtung (vgl. Tab. 2.10.1).

2.10.6 Witterung und Wetterphänomene

Die Temperatur steigt im Monatsmittel von 17,3 Grad Celsius im Januar auf 35,4 Grad Celsius im August und weist damit eine Jahresamplitude von ca. 18 K auf gegenüber einer Jahresamplitude von ca. 10 K, die 160 km weiter westlich in Yanbo am Roten Meer herrscht. Aufgrund der Höhenlage von 632 m erreichen die Minimumtemperaturen relativ niedrige

Werte. Die absoluten Extrema betragen während des Untersuchungszeitraumes im Januar +1,0 Grad Celsius (Min) und +30,0 Grad Celsius (Max) und im Juli +47,1 Grad Celsius (Max) und +22,8 Grad Celsius (Min). Die mittlere Tagesamplitude liegt zwischen 11 K (Januar) und 15 K (Oktober) und damit unter der Jahresamplitude.

Die relative Feuchte erreicht in Medina nur selten einmal 100 %. Der einzige Fall im Untersuchungszeitraum trat im Zusammenhang mit 3 aufeinanderfolgenden Regentagen auf. In der Regel erreicht die relative Feuchte ihre höchsten täglichen Werte mit 45 - 58 % im Winter und Frühjahr. Diese Werte nehmen zum Sommer hin mit ansteigenden Temperaturen auf Werte um 20 % ab. Die Feuchte kann aber auch weit niedrigere Werte annehmen. Das absolute Minimum wurde mit 2% gemeldet.

Niederschläge treten zwar in der Regel im Winterhalbjahr auf, sind jedoch mit Monatsmittelwerten unter 10 mm äußerst gering. Nur im März und April werden 10 mm im Monatsmittel knapp überschritten. Die Zeit von Juni bis Oktober ist praktisch ganz trocken. Wenn Niederschläge fallen, können sie innerhalb weniger Stunden das Monatsmittel und sogar das Jahresmittel übertreffen. Die Statistik zeigt auch hier, daß zwar der Niederschlag in Medina bezüglich der Jahreszeit relativ regelmäßig eintrifft, aber trotzdem trockene und feuchte Jahre zu unterscheiden sind.

Gewitter gehen oft mit Niederschlägen einher, so daß ihre Saison mit der Zeit der größten Niederschlagswahrscheinlichkeit übereinstimmt. Aber auch hier treten hin und wieder z.T. sogar langanhaltende Gewitter ohne nennenswerten Niederschlag auf.

Staub in der Luft tritt praktisch das ganze Jahr über auf und kann bis zu 24 Stunden in der Luft bleiben.

Sand- und Staubstürme wurden im Beobachtungszeitraum nur 2 mal gemeldet.

Nebel und feuchter Dunst treten praktisch nicht auf.

Die Wärmebelastung (Abb. 2.10.G) ist insgesamt meist gering. Allerdings ist das Klima dem Wärmeempfinden des Mitteleuropäers gemäß von April bis Oktober in den Mittagsstunden als 'trocken und heiß' einzustufen.

STATION MEDINA: 24 33N 39 43E, 632M

PERIODE: 1970-1976

TAGESMITTELWIND

RELATIVE HAEUFIGKEITSVERTEILUNG IN PROZENT

M/S	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	N	VRBL	SUMME
0.5- 1.9	.1	.0	.1	.3	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.1	.3	.1	.3	.2	.1	.0	1.6
2.0- 3.4	1.7	1.4	2.1	3.4	.8	.1	.0	.1	.1	.8	1.7	9.8	2.1	1.8	1.6	.8	.3	28.6
3.5- 4.9	1.6	1.6	3.4	6.8	1.5	.4	.2	.1	.3	1.4	3.9	20.5	3.0	2.8	2.9	.5	.2	51.1
5.0- 6.4	.4	.3	1.6	4.6	.4	.2	.1	.0	.0	.3	1.9	4.6	.4	.6	.3	.1	.0	15.8
6.5- 7.9	.0	.1	.4	.9	.1	.1	.0	.0	.0	.0	.1	.4	.0	.0	.0	.0	.0	2.1
8.0- 9.4	.0	.0	.1	.1	.1	.0	.0	.0	.0	.1	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.4
9.5-10.9	.0	.0	.0	.1	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	0.1
SUMME	3.8	3.4	7.7	16.2	2.9	.8	.3	.2	.4	2.6	7.7	35.6	5.6	5.5	5.0	1.5	.5	99.7

CALMEN .3

Abb.2.10.A: Prozentuale Haeufigkeitsverteilung des Windes nach Betrag und Richtung

Station: MEDINA

Periode: 1970-1976

Monat	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	N	VRBL	STL	
1	36	31	129	222	200	27	4	9	0	9	9	53	200	18	31	22	4	9	13
2	40	22	93	129	9	4	0	0	0	0	4	71	266	27	27	49	4	4	4
3	36	13	71	191	27	9	0	0	0	13	6	275	40	18	40	27	0	0	0
4	36	4	53	155	9	18	4	0	9	44	98	249	44	27	49	0	0	0	0
5	9	4	22	53	4	9	4	13	4	31	124	89	80	44	31	0	0	0	0
6	13	13	58	18	9	0	0	4	0	4	36	391	102	89	53	9	0	0	0
7	0	0	9	0	4	0	0	4	4	31	98	300	31	53	67	4	0	0	0
8	13	9	18	9	4	0	0	0	9	36	44	142	84	80	27	13	0	0	0
9	13	58	49	162	36	13	0	0	4	31	44	217	75	93	36	27	0	0	0
10	44	80	67	200	53	13	0	4	4	31	36	133	36	40	31	18	31	4	4
11	71	36	89	293	71	13	9	0	0	4	40	226	13	22	36	9	0	0	0
12	75	71	111	244	200	27	0	9	4	0	18	53	204	18	18	62	44	0	4

Abb. 2.10.B: Jahresgang der Windrichtung (Tagesmittelwerte) in 1/100 Prozent. Isolinienabstand: 1 Prozent.

Station: MEDINA

m/s Monat	Kalmen	0.5-2.0	2.1-3.5	3.6-5.0	5.1-6.6	6.7-8.1	8.2-9.7	9.8-11.2	11.3-12.8	12.9-14.3	14.4-15.83
1	13	9	262	311	178	40	13	0	0	0	0
2	4	22	191	342	169	27	0	0	0	0	0
3	0	9	191	373	191	53	4	4	0	0	0
4	0	13	173	355	186	67	4	0	0	0	0
5	0	0	195	506	111	13	0	0	0	0	0
6	0	0	200	497	102	0	0	0	0	0	0
7	0	0	142	537	146	0	0	0	0	0	0
8	0	13	155	546	102	9	0	0	0*	0	0
9	0	4	222	493	80	0	0	0	0	0	0
10	4	31	422	302	67	0	0	0	0	0	0
11	0	27	386	391	120	9	0	0	0	0	0
12	4	53	311	439	129	22	4	0	0	0	0

Abb. 2.10.C: Jahresgang der Windgeschwindigkeit (Tagesmittelwerte) in 1/100 Prozent.
Isolinienabstand: 1 Prozent.

STATION MEDINA: 24 33N 39 43E, 632M

PERIODE: 1970-1976

EXTREM WIND

RELATIVE HAEUFIGKEITSVERTEILUNG IN PROZENT

M/S	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	N	VRBL	SUMME
.0- 2.4	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
2.5- 4.9	.3	.3	.1	.6	.1	.1	.0	.2	.0	.0	.3	.4	.2	.2	.2	.1	.0	3.1
5.0- 7.4	1.6	2.2	3.0	6.4	2.0	.8	.4	.6	.2	1.4	2.8	11.4	4.0	1.8	1.7	1.3	.0	41.6
7.5- 9.9	.8	1.1	2.8	5.2	2.6	.5	.3	.2	.2	.8	3.8	9.5	3.4	1.0	1.1	.5	.0	33.8
10.0-12.4	.3	.4	1.3	2.7	.8	.2	.1	.2	.4	.5	3.4	4.7	1.0	1.0	.6	.1	.0	17.7
12.5-14.9	.0	.0	.1	.3	.2	.1	.0	.0	.0	.1	.4	.5	.2	.1	.0	.0	.0	2.0
15.0-17.4	.0	.0	.0	.1	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.3	.1	.0	.0	.0	.0	.0	.5
17.5-19.9	.0	.0	.0	.1	.0	.0	.0	.0	.0	.1	.1	.1	.0	.1	.0	.0	.0	.5
20.0-22.4	.0	.1	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.1	.0	.0	.0	.2
22.5-24.9	.0	.1	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.1	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.2
25.0-27.4	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
27.5-29.4	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.1	.0	.0	.0	.0	.1
SUMME	3.0	4.2	7.3	15.4	5.7	1.7	.8	1.2	.9	2.9	11.1	26.7	8.9	4.3	3.6	2.0	.0	99.7

CALMEN .3

Abb.2.10.D: Prozentuale Haeufigkeitsverteilung des Extremwindes nach Betrag und Richtung

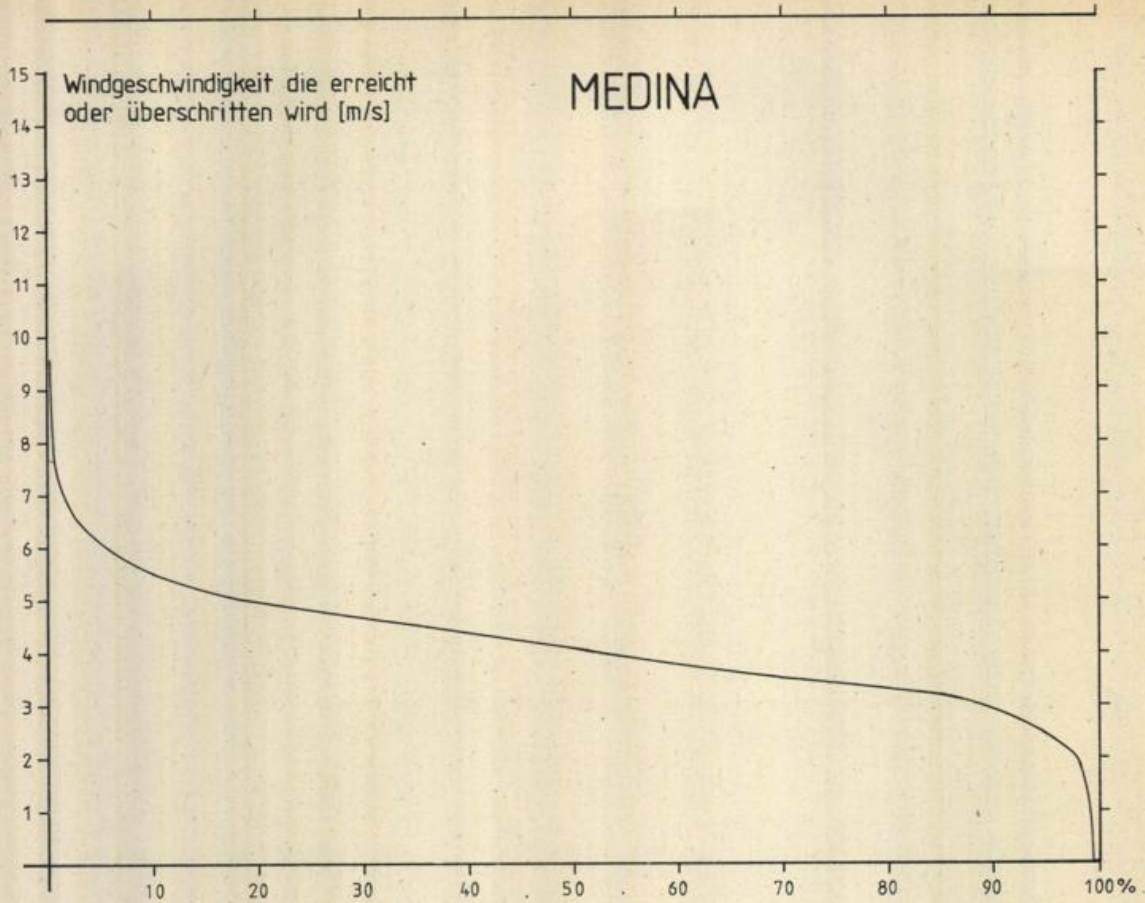


Abb.2.10.E: Windgeschwindigkeitsdauerkurve aus Tagesmittelwerten des Windes

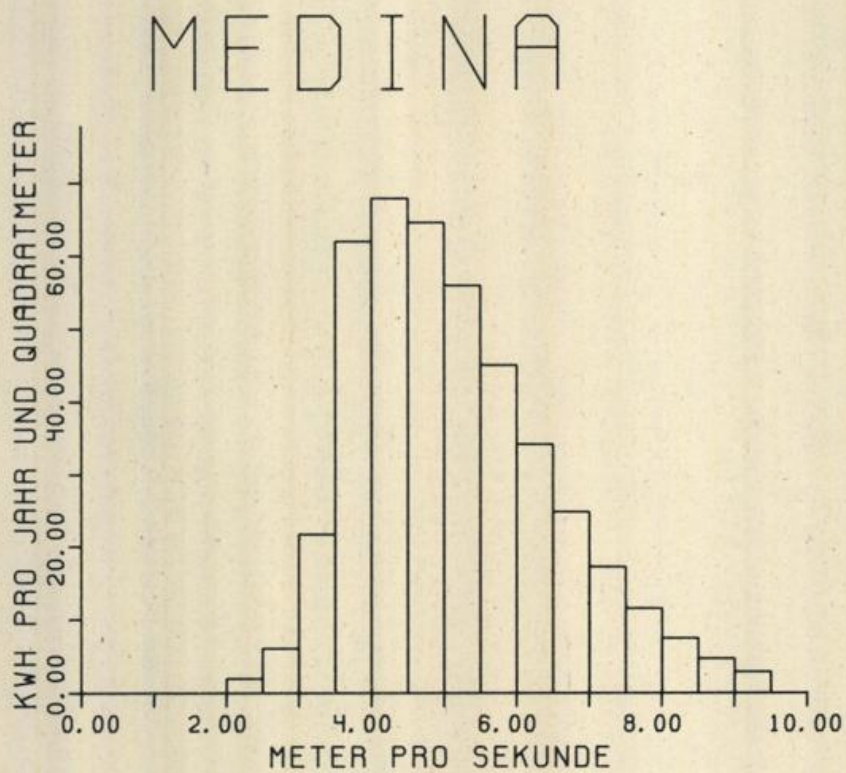


Abb.2.10.F: Verteilung der Bruttojahresenergie auf Windgeschwindigkeitsintervalle von 0.5 m/s. Periode: 1970-76

MEDINA/Saudi-Arabien

Windgeschwindigkeits- intervall	Häufigkeit in Prozent	Bruttojahres- energie (kWh)	Summe (kWh)
≤ m/s <			
2.0- 2.5	3.50	1.9	1.9
2.5- 3.0	6.00	6.0	7.9
3.0- 3.5	13.20	21.7	29.6
3.5- 4.0	24.49	61.9	91.5
4.0- 4.5	18.41	67.8	159.3
4.5- 5.0	12.56	64.5	223.8
5.0- 5.5	8.06	55.9	279.7
5.5- 6.0	4.94	45.0	324.7
6.0- 6.5	2.92	34.2	358.9
6.5- 7.0	1.68	24.8	383.7
7.0- 7.5	.94	17.2	400.9
7.5- 8.0	.51	11.5	412.4
8.0- 8.5	.27	7.4	419.8
8.5- 9.0	.14	4.6	424.4
9.0- 9.5	.07	2.8	427.2

Tabelle 2.10.1: Verteilung der Bruttojahresenergie auf Windgeschwindigkeitsintervalle von 0.5 m/s, bezogen auf 1 m².

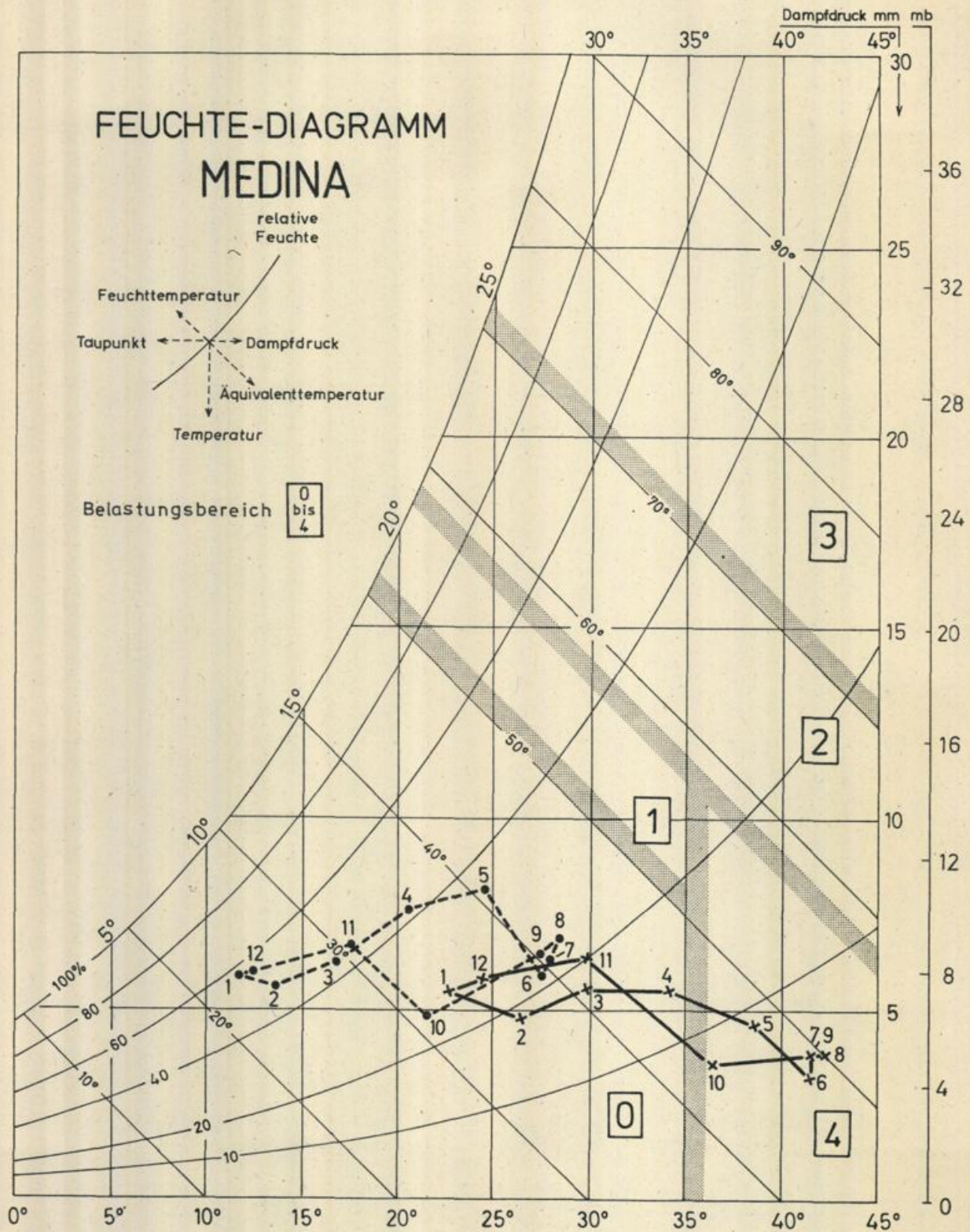


Abb.2.10.G: Diagramm zur Bestimmung der Waermebelastung.
 Belastungsbereiche: 0 'belastungsfrei', 1 Uebergangsbereich zu 'schwuel',
 2 'schwuel', 3 'sehr schwuel', 4 'trocken und heiss'.
 ●-----● morgens, x-----x mittags, Ziffern an den Symbolen bezeichnen die
 entsprechenden Monate.

STATION MEDINA

KOORDINATEN: 24 33N 39 43E, 632 m UEBER MEERESNIVEAU

PERIODE: 1970-1976

MONAT	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

LUFTTEMPERATUR (°C)												
ABS. MAXIMUM	30.0	35.0	38.0	41.0	44.0	45.3	47.1	46.2	46.0	41.0	36.0	31.7
MITTL. TAEGL. MAXIMUM	22.9	26.3	30.0	34.1	38.7	41.9	41.7	42.1	41.6	36.4	29.9	24.2
MITTL. TAGESMITTEL	17.3	19.9	23.5	27.4	31.7	34.6	34.8	35.2	34.5	28.9	23.6	18.4
MITTL. TAEGL. MINIMUM	11.8	13.6	16.9	20.6	24.7	27.4	27.9	28.7	27.4	21.4	17.4	12.6
ABS. MINIMUM	1.0	6.6	7.0	13.3	17.0	23.0	22.8	24.5	20.6	16.0	10.5	4.0

REL. LUFTFEUCHTE (Prozent)												
ABS. MAXIMUM	91.0	82.0	91.0	100.0	90.0	60.0	36.0	37.0	43.0	65.0	86.0	93.0
MITTL. TAEGL. MAXIMUM	57.8	48.5	43.4	41.8	30.2	20.7	21.7	23.1	22.3	26.1	45.3	55.2
MITTL. TAEGL. MINIMUM	26.0	19.4	16.6	14.6	9.8	6.6	7.4	7.2	7.6	8.8	20.0	25.6
ABS. MINIMUM	11.0	5.0	2.0	3.0	2.0	2.0	3.0	3.0	3.0	4.0	7.0	9.0

LUFTDRUCK (hPa)												
ABS. MAXIMUM	956.0	951.8	951.5	947.5	946.0	944.8	941.8	940.9	944.6	948.0	952.5	955.0
MITTL. TAEGL. MAXIMUM	946.1	944.3	942.8	941.2	939.3	937.3	936.1	936.0	938.5	942.6	945.1	946.3
MITTL. TAEGL. MINIMUM	941.8	939.9	938.4	936.8	935.4	933.9	932.8	932.6	934.7	938.6	940.9	942.2
ABS. MINIMUM	932.5	930.6	929.0	930.4	930.8	929.8	928.3	928.1	929.1	932.1	935.0	934.4

ANZAHL DER TAGE MIT (*)												
1. GEWITTER	1	0	1	1	6	0	0	0	0	2	1	3
2. REGEN (>0.1mm)	4	2	8	15	5	0	0	1	0	1	6	4
3. STAUB-/SANDSTURM	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0
4. STAUB IN DER LUFT	3	9	15	10	6	2	7	2	2	0	7	5
5. DUNST (TROCKEN)	3	6	12	2	2	0	0	2	1	1	0	0
6. WIE 5. (SICHT< 1 km)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7. DUNST (FEUCHT)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8. NEBEL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

NIEDERSCHLAG (mm)												
MAXIMUM IN 24 Std	20.0	.5	38.0	38.0	13.6	0.0	0.0	.2	0.0	3.9	21.5	14.4

JAEHRLICH: (**)	1970										0.0/0	0.0/0
	1971	0.0/0	0.0/0	47.0/0	38.0/0	12.0/0	0.0/0	0.0/0	0.0/0	0.0/0	4.4/0	.3/0
	1972	21.0/0	0.0/0	0.0/0	13.5/0	2.3/0	0.0/1	0.0/0	0.0/0	0.0/0	2.7/0	0.0/0
	1973	0.0/1	0.0/0	0.0/0	.4/0	0.0/1	0.0/0	0.0/0	0.0/0	0.0/0	0.0/0	.3/0
	1974	19.3/0	.4/0	28.8/0	0.0/0	13.9/1	0.0/0	0.0/0	0.0/0	0.0/0	.2/0	15.3/0
	1975	0.0/3	0.0/0	0.0/1	19.8/1	0.0/0	0.0/0	0.0/0	.2/0	0.0/0	0.0/0	0.0/0
	1976	0.0/1	.5/1	1.2/3	3.1/1	4.6/0	0.0/0	0.0/0	0.0/0	3.9/1	21.5/2	0.0/0

(*) GESAMTZAHL DER TAGE FUER PERIODE 1973-76, HIERVON ABWEICHEND REGEN: GESAMTPERIODE

(**) MONATSSUMME / ANZAHL DER FAELE MIT SUMME > 0.1 mm

2.11 Taif

2.11.0 Allgemeines

Taif liegt im Südwesten der arabischen Halbinsel in 1457 m Höhe, ca. 60 km südöstlich von Mecca und etwa 100 km vom gemeinsamen Hafen Jeddah am Roten Meer entfernt.

Südlich der Stadt Taif weist das Randgebirge der arabischen Halbinsel bis in den Jemen hinein Höhen von mehr als 2000 m auf. Bereits 35 km südwestlich von Taif erhebt sich ein Gipfel von 2544 m Höhe.

In dieser gebirgigen und stark gegliederten Landschaft dürften sich Windverhältnisse einstellen, die vor allem orographisch bedingt sind und sich kaum auf andere Gebiete Saudi-Arabiens übertragen lassen.

2.11.1 Windrichtung und Betrag

Anders als in Jeddah an der Küste verteilt sich die Windrichtung in Taif auf den gesamten Richtungssektor zwischen NW und SW mit kleinen sekundären Maxima bei Süd und Südost. Der Hauptgeschwindigkeitsbereich des Tagesmittelwindes liegt bei 3 bis 4,5 m/s. Die höchsten Tagesmittelwerte wurden aus West und Südwest registriert und überschritten 9 m/s nicht.

2.11.2 Jahresgang der Windrichtung

Im Gegensatz zur Küstenregion (Jeddah) zeigt der Jahresgang der Windrichtung im Binnenland bei Taif ein uneinheitliches Bild (Abb. 2.11.B). Im Sommer konzentriert sich die Hauptwindrichtung weitgehend auf W bis NW, im Einklang mit dem allgemein tiefen Druck über Arabien. In den übrigen Monaten jedoch weht der Wind mit breiter Streuung aus allen Richtungen des Süd- und Westsektors zwischen E und NW. In dieser Zeit erreicht auch die Anzahl der Fälle mit variablen Winden, bei denen sich keine vorherrschende Tageswindrichtung festlegen läßt, die größte Häufigkeit. Winde aus dem Sektor zwischen N und ENE sowie um S bleiben das ganze Jahr über selten.

Die Gründe, die zu einem so unterschiedlichen Verhalten des Windfeldes auf so kurze Distanz zwischen Küste (Jeddah) und Binnenland (Taif) führen, liegen zum einen in der Höhenlage Taifs (1457 m), in der das windbestimmende Druckfeld bereits deutliche Unterschiede zum Bodendruckfeld im Meeresniveau aufweist. Eine klimatologische Aerologie dieser Region liegt bisher nicht vor, wie am Beispiel der Station Khamis-Mushait erläutert wurde. Die zweite Einflußgröße ist in der vielgestaltigen Orographie dieser Bergregion zu sehen, die lokale Windverhältnisse erzeugt, die nicht dem großräumigen Luftdruckfeld

entsprechen.

2.11.3 Jahresgang des Betrages der Windgeschwindigkeit

Taif besitzt einen ausgeprägten Jahresgang der Windgeschwindigkeit mit einem gut definierten Maximum zwischen Juni und September (Abb. 2.11.C). Der größte prozentuale Anteil liegt im Sommer zwischen 3,6 bis 6,6 m/s, in den übrigen Monaten meist unter 3,6 m/s. Der Wind ist also insgesamt trotz der Höhenlage der Station relativ schwach.

2.11.4 Maximale Windgeschwindigkeit

Die Häufigkeitsverteilung des Extremwindes (Abb. 2.11.D) ähnelt der des Tagesmittelwindes weitgehend, allerdings mit einer stärkeren Streuung bzgl. der Richtung. In der Regel erreichen die Böen Werte zwischen 5 und 12 m/s, selten mehr als 17,5 m/s. Die heftigsten Böen treten oft in Gewittern auf oder mit Sand- und Staubstürmen aus Nordwest oder Süd ("Khamsin").

Die stärkste Böe, die im Untersuchungszeitraum registriert wurde, betrug in Taif 33 m/s.

2.11.5 Wind- und Energieangebot

Das Windangebot läßt sich aus Abb. 2.11.E, der Windgeschwindigkeitsdauerkurve, entnehmen. Ganztägige Kalmen werden nicht verzeichnet, jedoch ist das Windangebot überwiegend schwach. Im Tagesmittel werden 5 m/s nur in 20 % aller Fälle überschritten. Die höchsten Tagesmittelwerte überschritten 9,5 m/s praktisch nicht.

Entsprechend gering fällt das Energieangebot aus, dessen Beiträge in den einzelnen Windgeschwindigkeitsintervallen Abb. 2.11.F und Tab. 2.11.1 zu entnehmen sind. Etwa 80 % der Energie werden im Geschwindigkeitsbereich zwischen einschließlich 3,5 und 6,5 m/s gewonnen. Das sind rund 63 % des gesamten Windangebotes. Die Geschwindigkeiten unterhalb und oberhalb der genannten Grenzen, d.h. ca. 37 % des Windaufkommens, steuern je ca. 10 % zur Gesamtenergie bei. Die größten Einzelbeiträge liefern die Geschwindigkeiten um 4,5 m/s. Die Bruttojahresenergie beläuft sich auf 397 kWh pro Jahr und m² senkrecht zur Strömungsrichtung.

2.11.6 Witterung und Wetterphänomene

Die Temperatur steigt im Monatsmittel von 15,2 Grad Celsius im Januar

auf 28,7 Grad Celsius im August an und weist damit eine Jahresamplitude von 13,2 K auf. Der mittlere Tagesgang der Temperatur ist im Winter geringfügig größer, im Sommer etwas geringer als die Jahresschwankung. Zwar fehlen in Westen Arabiens die Kaltluftereinbrüche von Norden, wie sie in der Golfregion vorkommen, jedoch können wegen der Höhenlage der Station im Winter negative Temperaturen auftreten. Im Untersuchungszeitraum wurde als absolutes Minimum -1,0 Grad Celsius im Dezember und Januar gemessen. Die absoluten Maxima erreichten im Juni und Juli +38,2 Grad Celsius gegenüber +47,0 Grad Celsius in Jeddah ca. 120 km westlich am Roten Meer.

Die relative Feuchte nimmt im Sommer morgens Werte um 30 bis 40 % an, im Winter um 80 %. Mittags geht sie auf Werte um 10 - 15 % im Sommer und auf 25 bis 30 % im Winter zurück. Wasserdampfsättigung wird nur im Winter während der Morgenstunden erreicht, der ggf. zu Nebel und feuchtem Dunst führt.

Niederschläge können in jedem Monat auftreten, bringen aber Monatssummen von mehr als 10 mm im Mittel nur zwischen März und Mai. Der niederschlagsärmste Monat war während des Untersuchungszeitraumes der Februar. In einer längeren Vergleichsreihe war dieses Minimum jedoch nicht signifikant. Die stärksten Niederschläge fallen meist in Gewitterschauern und können die mittlere Monatsmenge übertreffen. Die Niederschlagsdauer beträgt meist weniger als 1 oder 2 Stunden, kann aber auch einen halben Tag lang dauern. Als größte Tagesmenge des Untersuchungszeitraumes wurden 39,2 mm während eines über 11 Stunden dauernden Gewitters im April 1975 verzeichnet. Insgesamt ist Taif zum Südwesten Arabiens zu rechnen, der nicht ganz so trocken ist wie die übrigen Gebiete.

Gewitter treten häufig auf und sind praktisch während aller Monate im Jahr möglich. Ihre größte Häufigkeit erreichen sie im April und Mai. Die Andauer beträgt häufig mehr als 3 Stunden; das längste Gewitter wurde im Untersuchungszeitraum mit 11 Stunden gemeldet.

Staub- und Sandstürme können während des ganzen Jahres auftreten und gehen hin und wieder mit Gewittern einher. Der Sand wird von den Gewitterböen aufgewirbelt, aber mit dem nachfolgenden Regen fällt er bald wieder aus. Die Andauer dieser Sandstürme ist mit weniger als einer Stunde vergleichsweise kurz. Der längste Sandsturm des Untersuchungszeitraumes dauerte zwischen 2 und 3 Stunden. Dagegen ist Staub in der Luft weit häufiger anzutreffen und kann den ganzen Tag andauern. Dieses Phänomen wird während des ganzen Jahres beobachtet.

Nebel und feuchter Dunst bleibt auf die "kühlere" Jahreszeit beschränkt, in der während der Morgenstunden Wasserdampfsättigung fast oder ganz erreicht wird. Nebel wurde bis zu 5, feuchter Dunst bis zu 14 Stunden registriert.

Die Wärmebelastung (Abb. 2.11.G) ist in Taif während des ganzen Jahres gering und erreicht nur von Juni bis September über Mittag die Grenze zum heißen und trockenen Bereich. Schwül wird es praktisch nie.

TAGESMITTELWIND

RELATIVE HAEUFIGKEITSVERTEILUNG IN PROZENT

M/S	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	N	VRBL	SUMME
0.5- 1.9	.0	.2	.0	.0	.0	.0	.0	.2	.0	.3	.1	.4	.1	.1	.0	.1	.2	1.7
2.0- 3.4	.5	1.4	.4	.9	.5	1.8	.9	3.3	2.4	4.3	3.8	6.2	1.3	4.8	1.0	.4	2.9	36.8
3.5- 4.9	.2	.7	.4	1.1	.5	3.0	.9	2.2	1.4	4.7	4.3	9.1	3.2	6.2	1.3	.2	1.9	41.3
5.0- 6.4	.1	.1	.0	.1	.3	1.4	.2	1.2	.6	1.6	1.0	4.2	1.7	3.5	.4	.1	.1	16.6
6.5- 7.9	.0	.1	.0	.0	.0	.1	.0	.1	.2	.4	.1	.8	.5	.9	.0	.1	.0	3.3
8.0- 9.4	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.1	.0	.1	.0	.0	.0	.0	.0	.2
9.5-10.9	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.1	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.1
SUMME	.8	2.5	.8	2.1	1.3	6.3	2.0	7.0	4.6	11.5	9.3	20.8	6.8	15.5	2.7	.9	5.1	100.0

CALMEN .0

Abb.2.11.A: Prozentuale Haeufigkeitsverteilung des Windes nach Betrag und Richtung

Station: TAIF

Periode: 1970-1976

Monat	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	N	VRBL	STL
1	13	53	0	31	4	100	4	100	49	100	53	138	4	107	13	9	27	0
2	9	36	0	13	9	44	13	67	53	129	80	107	9	111	9	9	58	0
3	13	4	9	13	0	36	22	58	58	120	107	195	31	58	36	9	53	0
4	9	4	4	27	13	58	9	58	44	142	89	124	49	116	9	4	40	0
5	4	18	18	13	18	31	18	40	31	147	71	204	18	120	27	0	44	0
6	4	13	9	4	0	31	9	4	22	53	22	15	204	169	62	4	36	0
7	4	0	0	0	0	22	0	27	4	31	84	264	164	195	0	4	4	0
8	4	4	0	0	0	4	0	13	13	44	138	204	71	138	67	0	9	0
9	9	13	4	40	0	76	0	40	13	89	53	155	58	173	4	9	62	0
10	0	22	4	36	44	67	40	93	27	67	116	120	4	62	22	4	98	0
11	4	18	0	22	9	103	53	98	49	124	62	102	40	64	13	4	36	0
12	9	62	22	13	31	44	31	89	98	107	58	178	27	138	4	13	40	0

Abb. 2.11.B: Jahresgang der Windrichtung (Tagesmittelwerte) in 1/100 Prozent. Isolinienabstand: 1 Prozent.

Station: TAIF

m/s	Kalmen	0.5-2.0	2.1-3.5	3.6-5.0	5.1-6.6	6.7-8.1	8.2-9.7	9.8-11.2	11.3-12.8	12.9-14.3	14.4-15.83
Monat											
1	0	36	388	250	98	18	4	0	0	0	0
2	0	22	406	254	58	18	0	0	0	0	0
3	0	4	312	321	138	40	9	0	0	0	0
4	0	22	294	352	125	4	0	4	0	0	0
5	0	13	392	357	62	4	0	0	0	0	0
6	0	0	178	477	111	36	0	0	0	0	0
7	0	0	18	348	374	89	0	0	0	0	0
8	0	0	18	334	374	98	4	0	0	0	0
9	0	0	223	428	147	4	0	0	0	0	0
10	0	9	348	406	62	4	0	0	0	0	0
11	0	18	544	321	45	9	0	0	0	0	0
12	0	40	579	285	53	9	0	0	0	0	0

Abb. 2.11.C: Jahresgang der Windgeschwindigkeit (Tagesmittelwerte) in 1/100 Prozent.
Isolinienabstand: 1 Prozent.

STATION TAIF : 21 29N 40 32E, 1457M

PERIODE: 1970-1976

EXTREM WIND

RELATIVE HAEUFIGKEITSVERTEILUNG IN PROZENT

M/S	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	N	VRBL	SUMME
0- 2.4	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
2.5- 4.9	.1	.0	.0	.2	.1	.1	.0	.0	.1	.0	.0	.3	.0	.1	.0	.0	.0	1.0
5.0- 7.4	1.6	.8	.9	2.0	1.1	1.3	1.6	2.1	1.0	1.1	1.6	4.1	2.0	1.8	1.9	2.6	.0	27.5
7.5- 9.9	1.2	.9	1.5	1.6	1.5	.8	1.1	2.5	1.6	1.7	3.0	7.3	3.7	2.7	2.5	2.1	.0	35.7
10.0-12.4	1.0	.7	.6	.8	.6	.5	.6	2.0	1.2	1.4	3.5	4.9	3.0	2.1	1.6	1.3	.0	25.8
12.5-14.9	.5	.2	.2	.4	.2	.1	.1	.6	.5	.4	.7	1.3	.7	.8	.3	.2	.0	7.2
15.0-17.4	.1	.0	.0	.1	.1	.0	.1	.2	.3	.1	.3	.2	.1	.1	.1	.0	.0	1.8
17.5-19.9	.1	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.1	.0	.0	.0	.1	.0	.0	.1	.0	.4
20.0-22.4	.1	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.1	.0	.1	.0	.1	.0	.0	.0	.0	.4
22.5-24.9	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
25.0-27.4	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.1	.0	.0	.0	.0	.1
27.5-29.4	.1	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.1
SUMME	4.8	2.6	3.2	5.1	3.6	2.8	3.5	7.4	4.9	4.7	9.2	18.1	9.8	7.6	6.4	6.3	.0	100.0

CALMEN .0

Abb. 2.11.D: Prozentuale Haeufigkeitsverteilung des Extremwindes nach Betrag und Richtung

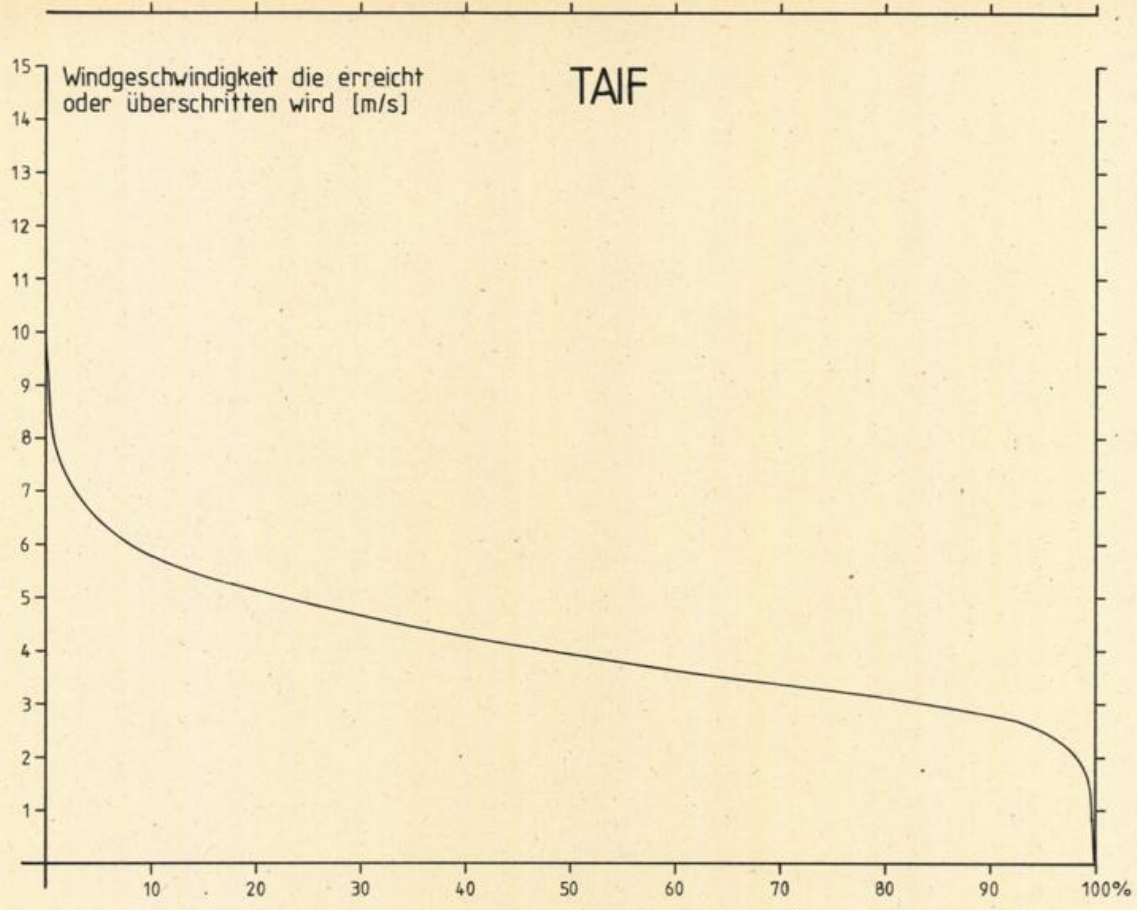


Abb.2.11.E: Windgeschwindigkeitsdauerkurve aus Tagesmittelwerten des Windes

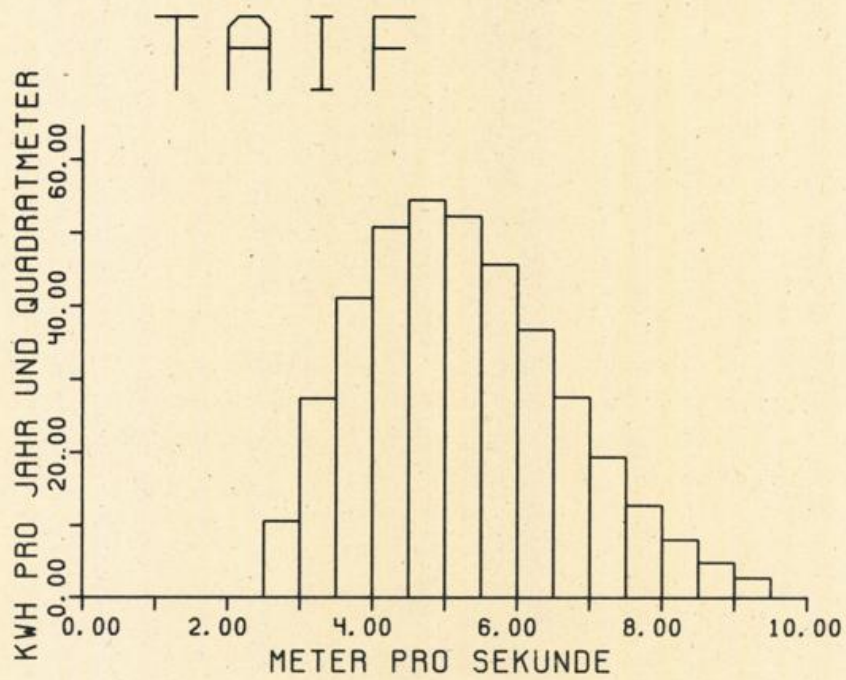


Abb.2.11.F: Verteilung der Bruttojahresenergie auf Windgeschwindigkeitsintervalle von 0.5 m/s. Periode: 1970-76

TAIF/Saudi-Arabien

Windgeschwindigkeits- intervall	Häufigkeit in Prozent	Bruttojahres- energie (kWh)	Summe (kWh)
≤ m/s <			
2.5- 3.0	11.50	10.6	12.9 (*)
3.0- 3.5	18.04	27.4	40.3
3.5- 4.0	17.63	41.1	81.4
4.0- 4.5	14.95	50.8	132.2
4.5- 5.0	11.49	54.5	186.7
5.0- 5.5	8.17	52.3	239.0
5.5- 6.0	5.44	45.7	284.7
6.0- 6.5	3.41	36.8	321.5
6.5- 7.0	2.03	27.6	349.2
7.0- 7.5	1.15	19.4	368.6
7.5- 8.0	.62	12.8	381.4
8.0- 8.5	.32	8.0	389.4
8.5- 9.0	.16	4.8	394.2
9.0- 9.5	.08	2.7	396.9

Tabelle 2.11.1: Verteilung der Bruttojahresenergie auf Windgeschwindigkeitsintervalle von 0.5 m/s, bezogen auf 1 m².

(*) dieser Wert enthält die Energiebeiträge der nicht aufgeführten unteren Windgeschwindigkeitsintervalle.

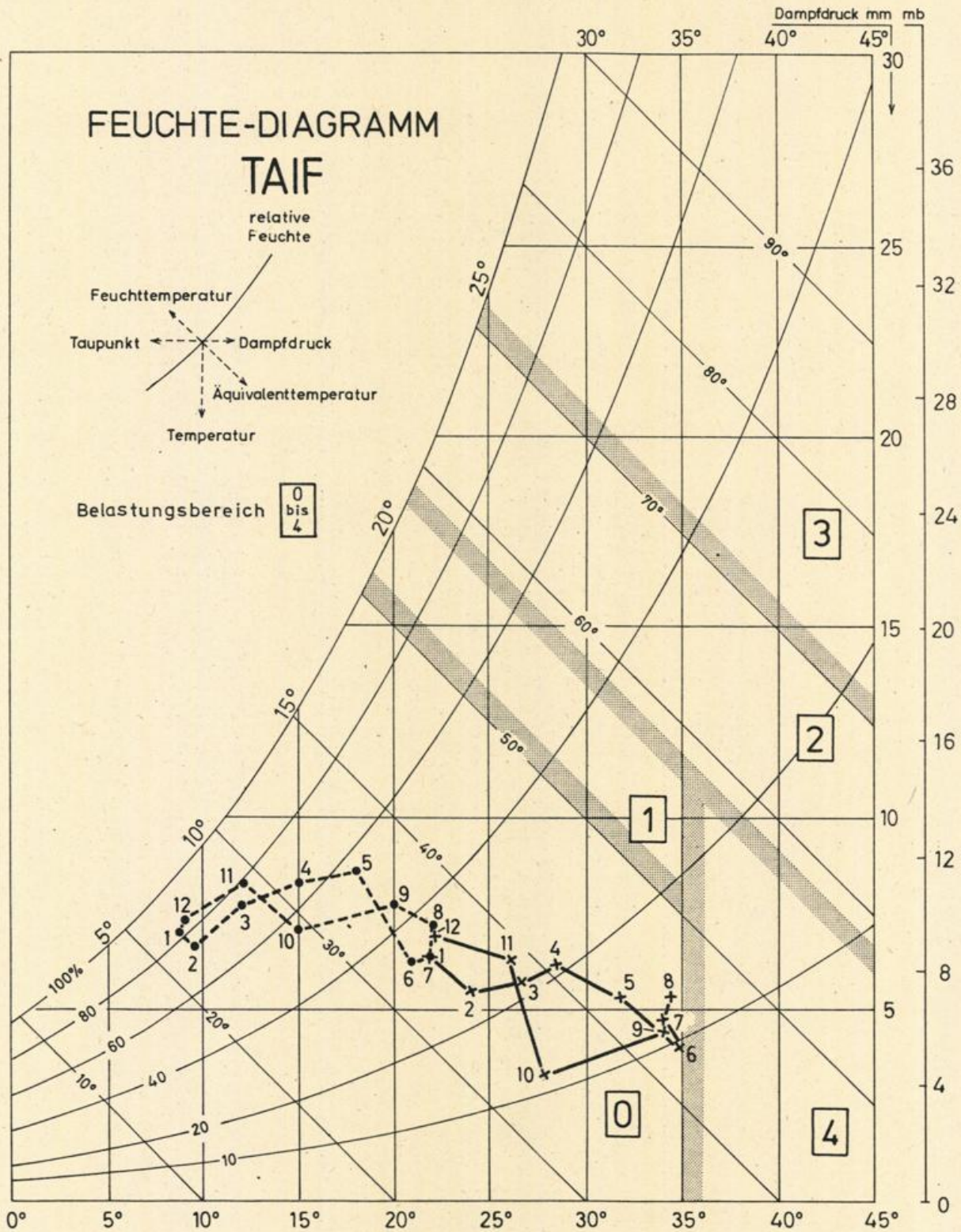


Abb.2.11.6: Diagramm zur Bestimmung der Waermebelastung.
 Belastungsbereiche: 0 'belastungsfrei', 1 Uebergangsbereich zu 'schwuel',
 2 'schwuel', 3 'sehr schwuel', 4 'trocken und heiss'.
 ●-----● morgens, x-----x mittags, Ziffern an den Symbolen bezeichnen die
 entsprechenden Monate.

STATION T A I F

KOORDINATEN: 21 29N 40 32E, 1457 m UEBER MEERESNIVEAU

PERIODE: 1970-1976

MONAT	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

LUFTTEMPERATUR (°C)												
ABS. MAXIMUM	28.0	32.6	32.4	35.0	36.4	38.2	38.2	38.0	37.6	34.6	29.8	27.8
MITTL. TAEGL. MAXIMUM	22.0	24.3	26.4	28.4	31.8	34.5	33.9	34.6	34.1	29.7	25.8	22.3
MITTL. TAGESMITTEL	15.2	16.9	19.4	21.8	25.0	27.9	27.9	28.7	27.2	22.4	18.8	15.6
MITTL. TAEGL. MINIMUM	8.4	9.6	12.3	15.1	18.2	21.3	21.9	22.7	20.2	15.0	11.7	8.9
ABS. MINIMUM	-1.0	2.0	6.3	7.0	5.6	17.0	15.6	17.6	13.8	8.8	7.3	-1.0

REL. LUFTFEUCHTE (Prozent)												
ABS. MAXIMUM	100.0	100.0	100.0	97.0	97.0	78.0	71.0	73.0	75.0	93.0	100.0	100.0
MITTL. TAEGL. MAXIMUM	83.6	74.8	72.3	65.1	56.3	33.4	32.1	36.4	44.0	54.9	79.5	83.9
MITTL. TAEGL. MINIMUM	31.9	25.3	22.4	21.0	15.8	9.6	12.0	13.1	11.5	12.4	25.1	33.9
ABS. MINIMUM	4.0	5.0	5.0	5.0	3.0	3.0	4.0	2.0	1.0	5.0	5.0	7.0

LUFTDRUCK (hPa)												
ABS. MAXIMUM	860.9	866.7	858.7	859.4	858.1	857.5	855.5	855.1	860.3	860.4	861.0	861.9
MITTL. TAEGL. MAXIMUM	856.5	855.7	855.0	855.0	855.0	853.3	852.5	852.6	855.0	857.5	857.9	857.5
MITTL. TAEGL. MINIMUM	865.5	852.8	852.0	852.0	852.3	850.9	850.2	850.1	852.3	854.7	855.1	854.7
ABS. MINIMUM	848.7	846.7	846.7	845.8	848.3	848.0	847.0	847.6	847.6	850.0	851.4	849.2

ANZAHL DER TAGE MIT (**)												
1. GEWITTER	1	0	15	27	38	4	4	7	15	19	14	5
2. REGEN (>0.1mm)	6	1	21	39	29	5	4	9	7	14	14	11
3. STAUB-/SANDSTURM	1	2	1	0	2	0	3	3	1	1	0	1
4. STAUB IN DER LUFT	10	7	21	7	14	22	18	15	14	4	1	4
5. DUNST (TROCKEN)	19	8	19	14	24	12	7	7	18	22	33	24
6. WIE 5. (SICHT < 1 km)	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0
7. DUNST (FEUCHT)	24	7	14	7	2	0	0	0	2	6	20	30
8. NEBEL	11	5	4	2	0	0	0	0	0	1	4	7

NIEDERSCHLAG (mm)												
MAXIMUM IN 24 Std	7.6	.2	38.0	39.2	32.2	10.8	7.5	8.9	10.7	7.7	15.0	26.6

JAEHRLICH: (**)												
1970											15.0/0	26.0/0
1971	0.0/0	.2/0	27.8/2	17.1/0	62.1/0	0.0/0	0.0/0	-1/1	0.0/0	0.0/0	0.0/0	0.0/0
1972	7.9/2	0.0/1	52.4/1	40.7/2		18.1/2	7.5/0	10.2/4	10.7/0	5.0/0	12.0/1	3.2/0
1973	1.2/1	0.0/0	0.0/0	21.1/4	29.5/3	0.0/1	2.0/0	0.0/1	7.5/3	8.9/1	6.0/0	29.4/4
1974	.2/1	0.0/0	30.4/0	1.5/1	28.5/5	.2/0	2.5/0	0.0/0	9.9/1	3.5/3	0.0/0	0.0/1
1975	1.9/2	0.0/2	5.1/1	143.1/0	7.0/1	1.1/0	.3/0	11.2/3	0.0/3	0.0/0	10.7/0	.6/3
1976	.2/1	0.0/1	21.5/4	38.9/3	13.8/4	0.0/0	0.0/3	.9/0	2.0/1	22.6/3	24.4/1	1.4/1

(*) GESAMTZAHLE DER TAGE FUER PERIODE 1973-76, HIUVON ABWEICHEND REGEN: GESAMTPERIODE
 (**) MONATSSUMME / ANZAHL DER FAELE MIT SUMME > 0.1 mm

2.12 Al Wajh

2.12.0 Allgemeines

Al Wajh liegt im Westen der Arabischen Halbinsel direkt am Roten Meer in 19 m Höhe. Die Küste in der Umgebung der Bucht von Al Wajh besteht aus 15 - 20 m hohen Steilabhängen zum Wasser. Landeinwärts liegt ein ca. 5 km breiter ebener Streifen, der teilweise sumpfig ist. Daran schließen sich steilere Hügel an, die den allmählichen Übergang zum Gebirge einleiten, das hier in 60 km Entfernung von der Küste ungefähr 1000 m hoch ist.

2.12.1 Windrichtung und Betrag

Die Hauptwindrichtung in Al Wajh ist West (Abb. 2.12.A), ähnlich wie weiter im Süden in Yanbo. Ein noch nennenswerter Anteil entfällt auf Richtungen zwischen WNW bis E. Winde aus dem Südsektor treten nur selten auf und sind meist schwächer als die Westwinde.

Die Geschwindigkeiten in der Hauptwindrichtung W liegen in der Regel zwischen 2 und 5 m/s, aber auch die höchsten Tagesmittel werden ausschließlich als West- bis Nordwestwinde beobachtet. Geschwindigkeiten von über 12 m/s wurden im Untersuchungszeitraum im Tagesmittel nicht überschritten.

2.12.2 Jahresgang der Windrichtung

Die Hauptwindrichtung W bleibt mit gewissen Fluktuationen auch im Jahresgang erhalten (Abb. 2.12.B). Ab August bildet sich ein sekundäres Maximum bei NW und zum Winter hin ein noch schwächeres bei NE. Südwinde sind selten, treten dann aber bevorzugt im Frühjahr auf der Vorderseite ostwärts ziehender Mittelmeerstörungen auf.

Die Richtungsverteilung im Sommer steht im Einklang mit dem tiefen Druck über Arabien, modifiziert durch das See-Wind-System, das die Windrichtung auf W bis NW zwingt. Die Gegenrichtung des Landwindes tritt im Tagesmittel nicht hervor.

Das Fortbestehen der Westwinde im Winter und die zunehmende Häufigkeit nördlicher und nordöstlicher Komponenten ist - wie in Yanbo - dem Einfluß des Trops über dem Roten Meer zuzuschreiben, der mit dem Sudantief in Verbindung steht und nördliche Komponenten bewirkt. In dieser Situation kommt es dann sehr häufig dazu, daß diese Luftströmung durch die warme Landmasse abgelenkt wird, so daß auflandige Winde aus NW bis W vorherrschen. Dieser ablenkende Effekt des erhitzten Landes läßt über dem Roten Meer rasch nach, so daß dort das ganze Jahr über vorwiegend nur Nord- bis Nordwestwind herrscht.

2.12.3 Jahresgang des Betrages der Windgeschwindigkeit

Die Variationen des Betrages der Windgeschwindigkeit sind im Jahresverlauf außerordentlich gering (Abb. 2.12.C). Die größte Häufigkeit weist der Geschwindigkeitsbereich zwischen 2,1 und 5 m/s auf. Erst bei höheren Windgeschwindigkeiten ab ca. 8 m/s macht sich ein Jahresgang bemerkbar, in dem die höchsten Windgeschwindigkeiten im Winter und, etwas häufiger noch im Frühjahr erreicht werden. Juli und August weisen im schwachwindigen Bereich unterhalb von 5 m/s relativ hohe Anteile auf.

2.12.4 Maximale Windgeschwindigkeit

Die stärksten Böen treten meist - wie auch das Tagesmittel - aus W bis WNW auf, meist mit Geschwindigkeiten zwischen 5 und 12 m/s (Abb. 2.12.D). In diesem Richtungssektor erreichen sie auch die größten Geschwindigkeiten. Hin und wieder gehen die Böen mit Gewittern, Sandstürmen oder Niederschlagsereignissen einher, sehr häufig jedoch auch ohne besondere Wettererscheinungen. In den Monaten Januar bis März erreichen sie ihre höchsten Werte, also in der Zeit, in der die Station am ehesten in den Einflußbereich von Mittelmeerstörungen gerät. Extremwinde aus südlichen und östlichen Richtungen sind insgesamt seltener und schwächer.

Die stärkste Böe des Untersuchungszeitraumes betrug 22,5 m/s und wurde im Februar registriert.

2.12.5 Wind- und Energieangebot

Das Windangebot läßt sich aus der Windgeschwindigkeitsdauerkurve (Abb. 2.12.E) entnehmen. Danach treten ganztägige Kalmn zwar nicht auf, jedoch bleibt das Windangebot in über 80 % der Gesamtzeit mit unter 5 m/s überwiegend schwach.

Die Bruttojahresenergie (Abb. 2.12.F, Tab. 2.12.1) verteilt sich in ihren Hauptbeiträgen so auf den Geschwindigkeitsbereich, daß etwa 80 % der Energie im Geschwindigkeitsbereich zwischen einschließlich 3,5 und 8,5 m/s gewonnen werden. Das sind rund 65 % des gesamten Windangebotes. Die Geschwindigkeiten unterhalb und oberhalb der genannten Grenzen, d.h. ca. 35 % des Windaufkommens, steuern nur je ca. 10 % zur Gesamtenergie bei. Die größten Einzelbeiträge liefern Geschwindigkeiten um 3,5 m/s. Das Gesamtenergiepotential errechnet sich zu 502 kWh pro Jahr und 1 m² Fläche senkrecht zur Strömungsrichtung.

2.12.6 Witterung und Wetterphänomene

Die Temperatur steigt im Monatsmittel von 17,9 Grad Celsius im Januar auf 28,3 Grad Celsius im August an und weist damit eine Jahresamplitude von 10,4 K auf. Der mittlere Tagesgang nimmt im Winter eine vergleichbare Amplitude an, sinkt aber im Sommer auf ca. 7,5 K ab, worin sich die ausgleichende Wirkung des Roten Meeres ausdrückt. Die absoluten Extreme betragen während des Untersuchungszeitraumes +5,0 Grad Celsius im Minimum (Januar) und +43,0 Grad Celsius im Maximum (Juni).

Die relative Feuchte ist wegen der unmittelbaren Lage des Ortes am Meer und bei den beständigen auflandigen Winden vergleichsweise hoch. Von Mai bis Oktober übersteigen die mittleren Maxima in der Regel 80%, bewegen sich in den übrigen Monaten aber immer noch bei Werten über 70%. Über Mittag geht die Feuchte auf 60 bis 40 % zurück. Feuchtwerte unter 7 % traten im Untersuchungszeitraum nicht auf.

Wasserdampfsättigung wird am ehesten im Sommerhalbjahr erreicht, was besonders im Juli und August hin und wieder zu Nebel und feuchtem Dunst führt. Nebel kann morgens durchaus einmal 4 - 5 Stunden anhalten, über See löst er sich jedoch rasch auf. Feuchter Dunst wird in Einzelfällen auch ganztägig beobachtet.

Al Wajh gehört zu den niederschlagsärmsten Gebieten Arabiens. Niederschläge können am ehesten zwischen November und März erwartet werden, sind aber in der Regel gering und bleiben während einzelner Jahre auch ganz aus. Die größten Regenmengen fallen bei Gewitterschauern und können in kurzer Frist die allerdings geringen mittleren Monatsmengen überschreiten. Die größte Menge des Untersuchungszeitraumes wurde mit 29 mm im Dezember 1971 gemessen. Über die Andauer dieses Ereignisses liegt keine Information vor.

Gewitter können im Winter und Frühjahr auftreten, sind aber sehr seltene Ereignisse. Sie dauern meist weniger als eine Stunde, wobei der Niederschlag manchmal vor Erreichen des Bodens wieder verdunstet ist.

Staub- und Sandstürme sind ebenfalls selten, treten aber am ehesten im Frühjahr, der Zeit der stärksten Böen auf. Die Dauer ist mit weniger als einer Stunde in der Regel sehr kurz. Staub in der Luft dagegen ist während aller Jahreszeiten ein gewohntes Phänomen und kann länger als einen Tag anhalten.

Die Wärmebelastung (Abb. 2.12.G) in Al Wajh ist hoch, vor allem im Sommer, wo tagsüber sehr schwüle Bedingungen erreicht werden. Im Winter wird es für den Mitteleuropäer erträglicher, wobei die Monate Dezember bis März weitgehend ganztägig belastungsfrei bleiben.

TAGESMITTELWIND

RELATIVE HAEUFIGKEITSVERTEILUNG IN PROZENT

M/S	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	N	VRBL	SUMME
0.5- 1.9	.0	.0	.0	.1	.0	.0	.0	.1	.0	.0	.0	.2	.1	.4	.0	.2	.4	1.5
2.0- 3.4	1.2	1.4	.6	1.6	.2	.2	.1	.6	.2	.6	1.0	16.1	3.6	4.6	1.9	2.0	1.6	37.5
3.5- 4.9	3.1	2.2	1.0	1.1	.4	.2	.0	.8	.3	.5	.4	18.8	5.2	4.1	2.0	2.1	.6	42.8
5.0- 6.4	1.2	.5	.0	.2	.1	.1	.0	.1	.0	.0	.0	3.7	2.7	1.7	.9	.6	.1	11.9
6.5- 7.9	.1	.1	.0	.0	.0	.0	.0	.1	.0	.0	.0	.5	1.4	1.0	.6	.1	.0	3.9
8.0- 9.4	.1	.0	.0	.0	.1	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.3	.4	.5	.1	.0	.0	1.5
9.5-10.9	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.1	.0	.0	.2	.1	.1	.0	.0	.0	.5
11.0-12.4	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.1	.0	.0	.0	.0	.0	.1
12.5-13.9	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.1	.0	.0	.0	.0	.0	.1
14.0-15.4	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.1	.1	.0	.0	.0	.2
SUMME	5.7	4.2	1.6	3.0	.8	.5	.1	1.7	.6	1.1	1.4	4.0	13.6	12.5	5.5	5.0	2.7	100.0

CALMEN .0

Abb.2.12.A: Prozentuale Haeufigkeitsverteilung des Windes nach Betrag und Richtung

Station: AL WAJH

Periode: 1970-1976

Monat	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	N	VRBL	STL
1	112	107	36	45	0	9	4	13	4	4	0	157	81	45	22	67	99	0
2	31	36	13	49	18	9	0	18	4	13	4	255	148	90	31	18	22	4
3	63	13	9	27	13	9	4	9	4	13	22	331	99	108	22	45	45	0
4	27	9	0	22	13	13	9	45	9	9	18	358	85	112	45	13	18	0
5	4	4	4	13	4	0	0	9	0	13	18	448	125	167	54	13	18	0
6	13	0	0	18	0	4	0	9	4	9	0	403	85	130	27	27	9	0
7	0	4	0	0	9	0	0	13	4	22	36	509	152	40	9	9	0	0
8	0	0	0	13	0	0	0	13	0	9	13	480	121	179	54	4	0	0
9	4	0	0	4	0	4	0	0	4	0	4	327	161	152	130	13	0	0
10	49	13	13	27	4	4	0	13	0	4	18	331	72	134	72	67	9	0
11	72	85	18	31	0	4	0	18	9	9	13	242	10	85	58	157	31	0
12	179	148	67	54	4	4	0	9	4	9	4	204	112	72	18	63	18	0

Abb. 2.12.B: Jahresgang der Windrichtung (Tagesmittelwerte) in 1/100 Prozent. Isolinienabstand: 1 Prozent.

Station: AL WAJH

m/s	Kalmen	0.5-2.0	2.1-3.5	3.6-5.0	5.1-6.6	6.7-8.1	8.2-9.7	9.8-11.2	11.3-12.8	12.9-14.3	14.4-15.83
Monat											
1	0	5	227	428	86	27	14	9	9	5	0
2	5	14	246	359	86	32	14	18	0	0	5
3	0	5	227	396	150	32	27	5	0	0	5
4	0	9	273	323	118	64	23	9	0	0	0
5	0	18	332	291	86	45	5	5	0	0	0
6	0	5	227	364	91	41	14	0	0	0	0
7	0	0	450	332	50	14	0	0	0	0	0
8	0	14	341	387	82	23	0	0	0	0	0
9	0	14	273	309	141	64	9	0	0	0	0
10	0	50	373	278	55	23	9	0	0	0	0
11	0	9	400	387	127	18	5	0	0	0	0
12	0	14	364	441	141	23	5	0	0	0	0

Abb. 2.12.C: Jahresgang der Windgeschwindigkeit (Tagesmittelwerte) in 1/100 Prozent.
Isolinienabstand: 1 Prozent.

STATION AL WAJH: 26 14N 36 26E, 19M

PERIODE: 1970-1976

EXTREM WIND

RELATIVE HAEUFIGKEITSVERTEILUNG IN PROZENT

M/S	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	N	VRBL	SUMME
.0- 2.4	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
2.5- 4.9	.5	.2	.1	.4	.2	.0	.0	.2	.2	.6	2.9	1.1	.4	.3	.2	.0	.0	7.5
5.0- 7.4	2.0	.7	.6	.4	.8	.4	.2	1.7	1.1	1.2	2.2	26.8	7.4	2.2	1.9	1.1	.0	50.7
7.5- 9.9	.1	.2	.1	.2	.6	.4	.2	.6	.4	.0	.4	10.5	6.2	1.7	.4	.1	.0	22.1
10.0-12.4	.1	.1	.0	.2	.2	.3	.3	.1	.1	.1	.1	4.8	4.8	1.2	.4	.2	.0	13.0
12.5-14.9	.0	.1	.0	.0	.1	.0	.1	.1	.0	.0	.0	1.3	2.0	.4	.0	.0	.0	4.1
15.0-17.4	.0	.0	.0	.1	.1	.1	.0	.0	.0	.0	.1	.4	.7	.1	.0	.0	.0	1.6
17.5-19.9	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.1	.2	.1	.2	.0	.0	.6
20.0-22.4	.1	.0	.0	.0	.0	.0	.1	.0	.0	.0	.0	.0	.1	.0	.0	.0	.0	.3
22.5-24.9	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.1	.0	.0	.0	.0	.0	.1
SUMME	2.8	1.3	.8	1.3	2.0	1.2	.9	2.7	1.8	1.5	3.4	46.9	22.5	6.1	3.2	1.6	.0	100.0

CALMEN .0

Abb.2.12.D: Prozentuale Haeufigkeitsverteilung des Extremwindes nach Betrag und Richtung

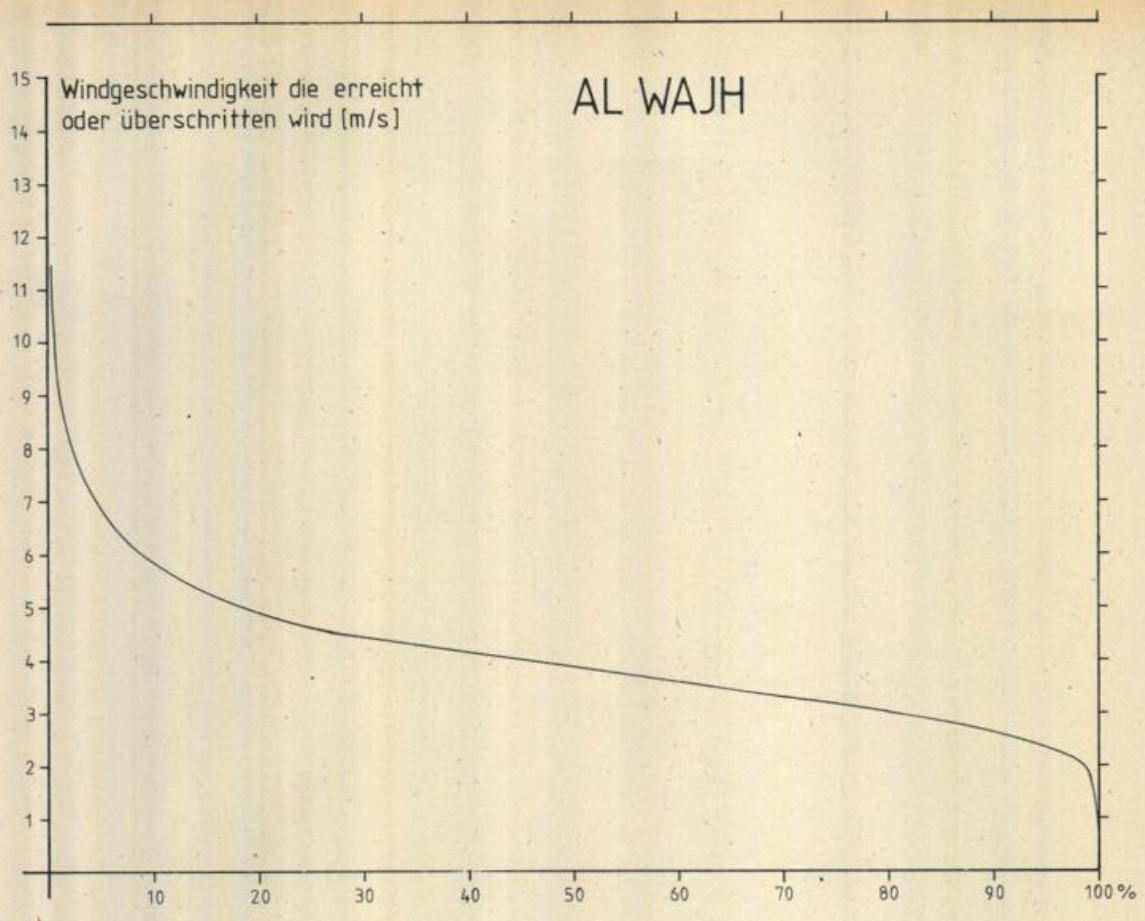


Abb.2.12.E: Windgeschwindigkeitsdauerkurve aus Tagesmittelwerten des Windes

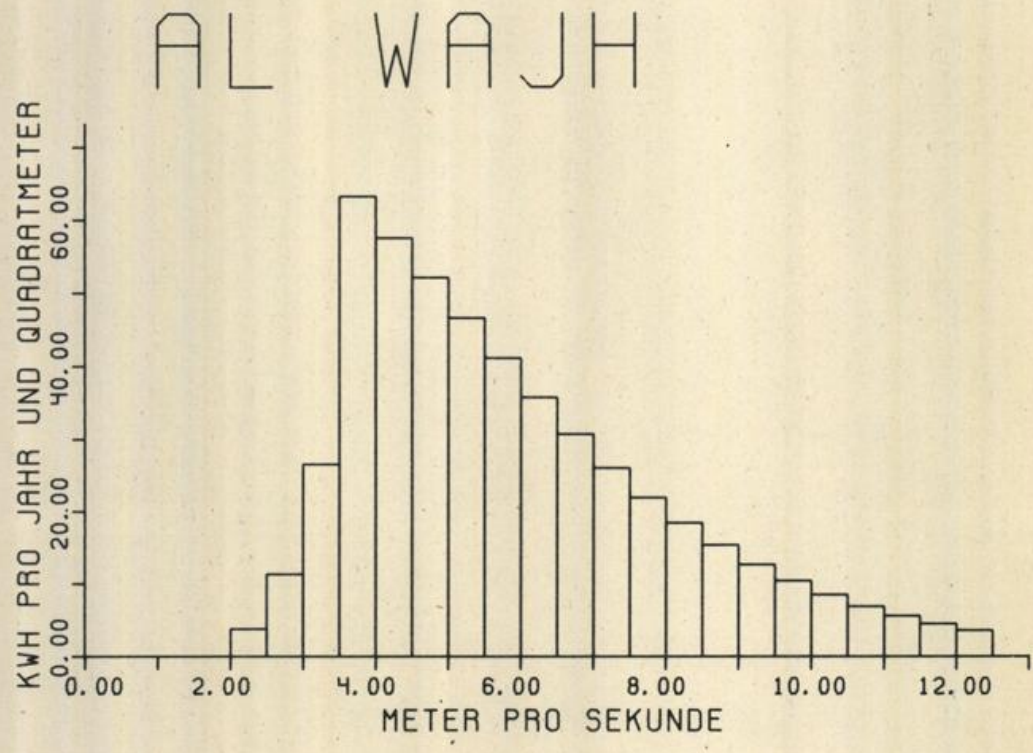


Abb.2.12.F: Verteilung der Bruttojahresenergie auf Windgeschwindigkeitsintervalle von 0.5 m/s. Periode: 1970-76

AL WAJH/Saudi-Arabien

Windgeschwindigkeits- intervall	Häufigkeit in Prozent	Bruttojahres- energie (kWh)	Summe (kWh)
< m/s <			
2.0- 2.5	6.50	3.8	3.8
2.5- 3.0	10.50	11.3	15.1
3.0- 3.5	15.00	26.6	41.7
3.5- 4.0	23.22	63.2	104.9
4.0- 4.5	14.52	57.5	162.4
4.5- 5.0	9.43	52.1	214.5
5.0- 5.5	6.24	46.6	261.1
5.5- 6.0	4.19	41.1	302.2
6.0- 6.5	2.83	35.7	337.9
6.5- 7.0	1.93	30.7	368.6
7.0- 7.5	1.33	26.1	394.7
7.5- 8.0	.92	22.0	416.7
8.0- 8.5	.64	18.4	435.1
8.5- 9.0	.44	15.3	450.4
9.0- 9.5	.31	12.6	463.0
9.5-10.0	.22	10.4	473.4
10.0-10.5	.15	8.5	481.9
10.5-11.0	.11	6.9	488.8
11.0-11.5	.08	5.6	494.4
11.5-12.0	.05	4.5	498.9
12.0-12.5	.04	3.6	502.5

Tabelle 2.12.1: Verteilung der Bruttojahresenergie auf Windgeschwindigkeitsintervalle von 0.5 m/s, bezogen auf 1 m².

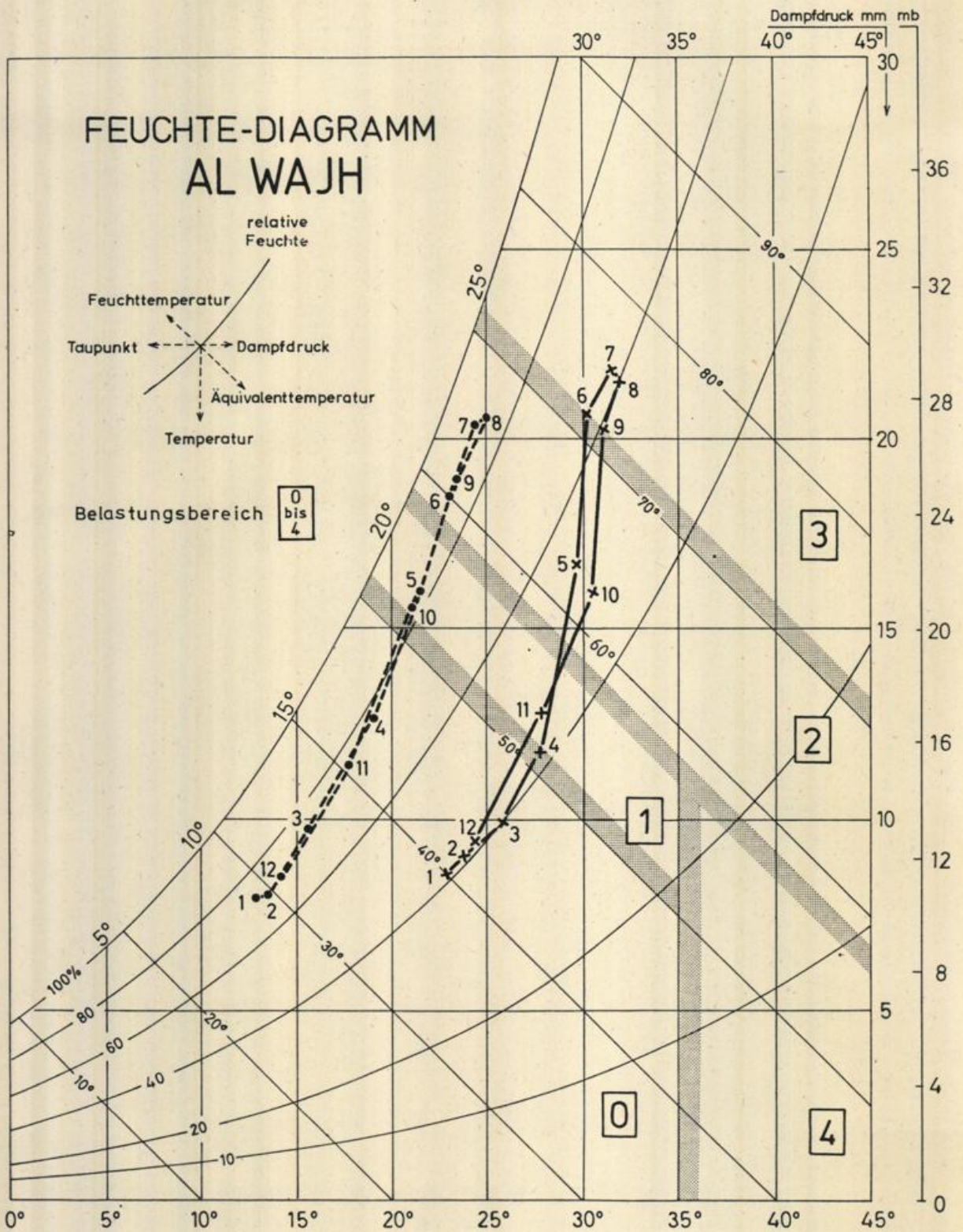


Abb. 2.12.G: Diagramm zur Bestimmung der Waermebelastung.

Belastungsbereiche: 0 'belastungsfrei', 1 Uebergangsbereich zu 'schwuel', 2 'schwuel', 3 'sehr schwuel', 4 'trocken und heiss'.

•-----• morgens, x—x mittags, Ziffern an den Symbolen bezeichnen die entsprechenden Monate.

STATION A L W A J H

KOORDINATEN: 26 13N 36 27E, 19 m UEBER MEERESNIVEAU

PERIODE: 1970-1976

MONAT	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
LUFTEMPERATUR (°C)												
ABS. MAXIMUM	32.5	32.0	36.0	38.6	36.2	43.0	38.0	41.0	42.0	39.0	35.6	32.0
MITTL. TAEGL. MAXIMUM	23.3	23.7	25.7	28.3	29.6	30.7	31.9	32.1	30.9	30.6	27.9	24.4
MITTL. TAGESMITTEL	17.9	18.5	20.6	23.7	25.6	27.0	28.2	28.3	26.9	25.9	22.9	19.1
MITTL. TAEGL. MINIMUM	12.8	13.5	15.6	19.1	21.6	23.2	24.4	24.6	23.4	21.2	17.8	14.1
ABS. MINIMUM	5.0	7.0	9.0	11.0	16.0	20.0	21.0	21.5	19.0	15.0	13.0	6.7
REL. LUFTFEUCHTE (Prozent)												
ABS. MAXIMUM	95.0	96.0	100.0	98.0	98.0	100.0	100.0	98.0	99.0	99.0	96.0	96.0
MITTL. TAEGL. MAXIMUM	70.7	69.8	73.3	76.7	83.5	88.0	89.4	86.9	88.4	82.4	74.5	69.9
MITTL. TAEGL. MINIMUM	40.5	41.2	39.6	41.8	52.7	62.8	60.8	60.0	59.7	48.5	43.8	40.8
ABS. MINIMUM	10.0	15.0	8.0	8.0	11.0	12.0	17.0	13.0	9.0	7.0	9.0	12.0
LUFTDRUCK (hPa)												
ABS. MAXIMUM	1023.4	1019.4	1019.6	1014.9	1014.3	1008.7	1007.8	1007.4	1010.2	1014.0	1019.4	1021.9
MITTL. TAEGL. MAXIMUM	1015.0	1013.2	1011.1	1008.6	1006.8	1003.9	1003.2	1003.3	1005.8	1009.7	1013.0	1015.1
MITTL. TAEGL. MINIMUM	1011.6	1009.9	1007.9	1005.6	1004.2	1001.8	1001.0	1001.2	1003.5	1007.1	1010.2	1012.0
ABS. MINIMUM	1002.5	1001.5	997.2	997.2	1000.2	997.6	996.4	997.3	998.0	1003.4	1002.2	1004.3
ANZAHL DER TAGE MIT (*)												
1. GEWITTER	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	3	0
2. REGEN (>0.1mm)	6	3	6	1	0	0	0	0	0	0	3	8
3. STAUB-/SANDSTURM	0	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0
4. STAUB IN DER LUFT	1	5	10	10	10	6	4	10	1	3	2	2
5. DUNST (TROCKEN)	0	3	3	0	0	0	4	7	5	0	0	0
6. WIE 5. (SICHT< 1 km)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7. DUNST (FEUCHT)	0	1	3	3	8	26	17	15	9	4	0	1
8. NEBEL	0	0	3	0	1	6	4	1	0	4	0	0
NIEDERSCHLAG (mm)												
MAXIMUM IN 24 Std	5.0	1.4	10.0	.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.5	29.0
JAERLICH: (**)												
1970											0.0/0	2.5/0
1971	0.0/0	0.0/0	0.0/0	0.0/0	0.0/0	0.0/0	0.0/0	0.0/0	0.0/0	0.0/0	0.0/1	32.0/1
1972	0.0/1	0.0/0	.8/1	0.0/0	0.0/0	0.0/0	0.0/0	0.0/0	0.0/0	0.0/0	.8/0	0.0/0
1973	0.0/1	0.0/0	0.0/0	0.0/1	0.0/0	0.0/0	0.0/0	0.0/0	0.0/0	0.0/0	1.0/1	0.0/0
1974	11.0/0	1.0/1	28.8/1	0.0/0	0.0/0	0.0/0	0.0/0	0.0/0	0.0/0	0.0/0	0.0/0	6.2/0
1975	.7/0	1.4/0	0.0/0	0.0/0	0.0/0	0.0/0	0.0/0	0.0/0	0.0/0	0.0/0	0.0/0	7.0/3
1976	0.0/3	.1/1	.5/0	.2/2	0.0/0	0.0/0	0.0/0	0.0/0	0.0/0	0.0/0	4.5/0	0.0/0

(*) GESAMTZAHL DER TAGE FUER PERIODE 1973-76, HIERVON ABWEICHEND REGEN: GESAMTPERIODE

(**) MONATSSUMME / ANZAHL DER FAELE MIT SUMME > 0.1 mm

2.13 Tabouk

2.13.0 Allgemeines

Tabouk liegt 769 m über dem Meeresspiegel im Nordwesten der arabischen Halbinsel in einer flachen Mulde. Sie ist nach Norden hin offen und geht in den anderen Himmelsrichtungen in das Randgebirge über, das im West- und Südteil Höhen bis über 2000 m erreicht. Zahlreiche Flußläufe kommen aus diesem Gebirge und sammeln sich 10 km nördlich der Stadt in einem See, der wie die Flußläufe allerdings meist trocken ist.

Das Klima von Tabouk und auch das Windfeld werden durch die stark gegliederte umgebende Orographie bestimmt. Ein Einfluß des Roten Meeres ist wegen der Entfernung von ca. 150 km und der trennenden Gebirge gering.

2.13.1 Windrichtung und Betrag

In Tabouk weht der Wind hauptsächlich aus dem Westsektor mit breiter Fächerung von SW bis N (Abb. 2.13.A). Gelegentlich kommen nordöstliche, seltener östliche Winde vor. Der Hauptgeschwindigkeitsbereich des Tagesmittelwindes liegt zwischen 2 und 5 m/s. Höhere Geschwindigkeiten bevorzugen die Richtungen W, bzw. SW. Letztere dürften mit dem "Khamsin" in Verbindung stehen, einem trockenen, meist staubbeladenem Südwind auf der Vorderseite ostwärts ziehender Tiefdrucksysteme.

Während des Untersuchungszeitraumes wurden in Tabouk Tagesmittelwerte von 9 m/s nicht überschritten.

2.13.2 Jahresgang der Windrichtung

Der Wind weht auch im Jahresgang hauptsächlich aus dem genannten Richtungssektor SW bis N (Abb. 2.13.B). Südwestliche Richtungen werden zwischen Januar und April, nordwestliche Komponenten während der übrigen Monate bevorzugt. Hinzu kommt ein kleines sekundäres Maximum östlicher Winde im Winterhalbjahr.

Der allgemein tiefe Druck über Arabien erklärt im Sommer die nördlichen Komponenten des Windes. Gelegentlich schiebt sich vom östlichen Mittelmeer ein flacher Hochdruckkeil bis nach Nordarabien vor, der dann schwache südwestliche Winde in Tabouk anregen kann.

Im Winter und Frühjahr hingegen liegt der Hauptanteil in der Richtungsverteilung eher bei südwestlichen Winden, die entweder auf der Vorderseite ostziehender Mittelmeerstörungen auftreten oder bei

Lage der Station an der Südflanke eines Keils des sibirischen Hochs, der oft weit in den Westen Arabiens hineinreicht. Nord- und Ostwinde dagegen wehen bei starker Aktivität des Sudantiefs, das einen Trog zeitweise weit nach Nordosten verlagert, wobei die ablenkende Komponente des Seewindes - wie sie in Al Wajh wirksam ist - fehlt. Zu beachten ist jedoch, daß sich bei geringen Druckgradienten Windrichtungen einspielen, die rein lokalen Gegebenheiten gehorchen.

2.13.3 Jahresgang des Betrages der Windgeschwindigkeit

Im Geschwindigkeitsbereich oberhalb von 5 m/s sind es vorwiegend die ersten 5 Monate des Jahres die eine nennenswerte Belegung aufweisen. In der Regel hängen diese Fälle mit dem Übergreifen mediterraner Tiefdruckstörungen zusammen.

Im schwachwindigen Bereich, unterhalb von 5 m/s, zeigt das zweite Halbjahr nochmals eine deutliche Windabnahme gegenüber den ersten 6 Monaten.

2.13.4 Maximale Windgeschwindigkeit

Die Richtungsverteilung des Extremwindes (Abb. 2.13.D) zeigt starke Parallelen zu der der Tagesmittelwinde. Spitzenböen von über 20 m/s sind meist mit südwestlichen Richtungen verbunden. Insgesamt liegt auch hier das Geschwindigkeitsniveau aus dem Westsektor zwischen WSW und N höher als das östlicher Maximalwinde.

Die stärkste Böe, die im Untersuchungszeitraum registriert wurde, betrug 27,5 m/s.

2.13.5 Wind- und Energieangebot

Das Wind- und Energieangebot ergibt sich aus der Windgeschwindigkeitsdauerkurve (Abb. 2.13.E). Zwar treten auch in Tabouk ganztägige Kalmen nur in 1,4 % der Fälle auf, der Anteil schwacher Winde unter 5 m/s beträgt aber fast 95 %. Wir haben es hier also mit einem der windschwächsten der untersuchten Orte zu tun.

Entsprechend gering fällt die Jahresbruttoenergie (Abb. 2.13.F, Tab. 2.13.1) aus. Etwa 80 % der Energie werden im Geschwindigkeitsbereich zwischen einschließlich 3,0 und 7,5 m/s gewonnen. Das sind rund 42 % des gesamten Windangebotes. Die Geschwindigkeiten unterhalb und oberhalb der genannten Grenzen, d.h. ca. 58 % des Windaufkommens, steuern nur je ca. 10 % zur Gesamtenergie bei. Die größten Einzelbeiträge liefern Geschwindigkeiten um 4 m/s. Insgesamt ergibt sich ein Energiepotential von 239 kWh pro Jahr und 1 m² Fläche senkrecht zur Strömungsrichtung.

2.13.6 Witterung und Wetterphänomene

Die Temperatur steigt im Monatsmittel von 9,7 Grad Celsius im Januar auf 29,6 Grad Celsius im August an. Der mittlere Tagesgang beträgt ca. 14 K im Winter und ca. 15,5 K im Sommer. Der große Jahresgang von knapp 20 K im Temperaturregime markiert deutlich den Unterschied zu den Küstenstationen. Die Absolutbeträge der Temperaturen kennzeichnen die Höhenlage (769 m), die die relativ niedrigen Temperaturen in vergleichsweise geringer Entfernung vom Roten Meer (ca. 120 km) erklären. Im Winter ist Frost durchaus möglich. Die absoluten Extrema bewegten sich in den Jahren 1970-76 zwischen -5,2 Grad Celsius (Januar) und +44,7 Grad Celsius (August).

Die relative Feuchte ist naturgemäß geringer als an der Küste, erreicht - vor allem im Winter und Frühjahr - aber doch kurzzeitig 100%, begünstigt durch die relativ niedrigen Temperaturen. Im allgemeinen variieren die mittleren Maximalwerte, die meist morgens erreicht werden, zwischen 70 % im Januar und knapp unter 40 % im Juni/Juli. Die mittäglichen Minimalwerte liegen zwischen 30 % im Dezember/Januar und etwas über 10 % im Juni. Als geringster Wert des Untersuchungszeitraumes wurde im Juni 3 % relative Feuchte verzeichnet.

Niederschläge sind im Nordwesten Arabiens, und damit auch in Tabouk, rar. Wenn es regnet, geschieht das fast ausschließlich im Winter und Frühjahr. Man kann zwischen 'feuchten' und 'trockenen' Jahren unterscheiden. Im Untersuchungszeitraum schwankte die Jahresmenge zwischen 85,9 mm im Jahre 1974 und 1,6 mm im Jahre 1976. Die einzelnen Niederschlagsereignisse treten verhältnismäßig isoliert auf, können aber innerhalb von wenigen Stunden Regenmengen bringen, die der mittleren Jahresmenge entsprechen.

Die größte Menge des Untersuchungszeitraumes fiel mit 34,8 mm in 9 Stunden im März 1974.

Gewitter kommen im Winter und Frühjahr vor, jedoch nicht in jedem Jahr. Sie sind auch nicht notwendigerweise mit den Maximalniederschlägen des Monats verknüpft. Dagegen wurden Gewitter ohne Niederschlag, wie sie andernorts in Arabien auftreten, hier nicht beobachtet. Die Andauer überschreitet eine Stunde nur selten.

Staub- und Sandstürme sind vergleichsweise häufig, besonders im Februar, April und Mai, also besonders auch während der Monate mit Niederschlag. In der Regel treten sie jedoch an trockenen Tagen auf und nur selten sind sie mit Störungen verbunden, die auch Niederschlag bringen. Staub in der Luft und trockener Dunst sind sehr häufig und während des ganzen Jahres anzutreffen und können bis zu einem ganzen Tag andauern.

Nebel ist äußerst selten und trat im Untersuchungszeitraum nur zweimal für kurze Zeit auf, nachdem es am Vortag geregnet hatte. Etwas häufiger beobachtet man feuchten Dunst, der sich bis zu gut 4 Stunden hält. Auch er tritt in 50 % aller Fälle nach vorausgegangenem Regen auf.

Die Wärmebelastung (Abb. 2.13.G) ist in Tabouk gering. Nur zwischen Juni und September wird die Witterung um die Mittagszeit als trocken und heiß empfunden.

TAGESMITTELWIND

RELATIVE HAEUFIGKEITSVERTEILUNG IN PROZENT

M/S	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	N	VRBL	SUMME
0.5- 1.9	1.0	1.3	.3	1.3	.5	.5	.4	.2	.1	1.0	.3	1.2	.6	3.2	2.0	1.9	6.9	22.7
2.0- 3.4	.8	2.8	.4	2.2	.8	1.8	.4	.2	.2	3.6	1.7	5.1	2.7	8.4	5.1	3.9	3.7	43.8
3.5- 4.9	.2	.9	.1	1.0	.5	1.2	.2	.3	.2	3.0	1.2	2.9	1.4	4.8	2.2	2.8	1.9	24.8
5.0- 6.4	.2	.1	.1	.6	.2	.4	.1	.1	.0	1.3	.3	.9	.1	.5	.2	.2	.2	5.5
6.5- 7.9	.0	.0	.0	.0	.0	.1	.0	.0	.1	.4	.1	.1	.0	.1	.0	.0	.0	.9
8.0- 9.4	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.4	.1	.1	.0	.0	.0	.0	.0	.6
9.5-10.9	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.1	.0	.0	.0	.1
11.0-12.4	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.1	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.1
12.5-13.9	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.1	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.1
SUMME	2.2	5.1	.9	5.1	2.0	4.0	1.1	.9	.6	9.8	3.7	10.3	4.8	17.1	9.5	8.8	12.7	98.6

CALMEN 1.4

Abb.2.13.A: Prozentuale Haeufigkeitsverteilung des Windes nach Betrag und Richtung

Station: TABOUK

Periode: 1970-1976

Monat	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	N	VRBL	STL	
1	9	77	41	99	36	86	18	9	5	86	27	36	23	108	14	72	90	5	
2	32	45	9	81	9	45	18	14	9	88	50	36	9	68	14	68	113	50	
3	27	50	9	72	14	54	14	9	18	144	14	54	18	110	32	45	149	5	
4	18	72	18	54	5	27	5	23	14	140	36	41	27	86	54	41	149	5	
5	0	32	5	0	5	18	5	5	9	102	32	81	41	140	90	113	144	14	
6	23	14	9	0	0	0	0	0	0	54	23	104	50	135	122	189	86	5	
7	9	0	0	5	0	0	0	0	0	81	50	108	59	207	36	90	54	0	
8	0	5	0	5	0	0	0	0	14	86	23	59	63	180	162	77	126	0	
9	5	9	0	18	0	5	5	0	0	45	41	120	77	200	112	117	32	126	0
10	9	36	9	50	14	36	5	14	0	101	27	59	27	135	113	36	140	0	
11	27	18	9	59	45	59	14	14	14	68	5	86	14	240	86	23	158	9	
12	18	172	9	81	81	45	5	5	14	36	50	59	5	153	99	59	113	18	

Abb. 2.13.B: Jahresgang der Windrichtung (Tagesmittelwerte) in 1/100 Prozent. Isolinienabstand: 1 Prozent.

Station: TABOUK

m/s Monat	Kalmen	0.5-2.0	2.1-3.5	3.6-5.0	5.1-6.6	6.7-8.1	8.2-9.7	9.8-11.2	11.3-12.8	12.9-14.3	14.4-15.83
1	6	211	287	146	59	18	0	6	0	0	0
2	64	164	304	146	35	6	6	0	0	0	0
3	6	199	252	170	100	6	0	0	0	0	0
4	6	70	275	299	152	41	29	0	6	6	0
5	18	53	363	258	41	0	12	0	0	0	0
6	6	59	281	351	6	6	0	0	0	0	0
7	0	12	498	281	29	0	0	0	0	0	0
8	0	47	504	322	35	0	0	0	0	0	0
9	0	111	580	158	6	0	0	0	0	0	0
10	0	351	386	158	12	0	0	0	0	0	0
11	12	504	392	123	23	6	0	0	0	0	0
12	23	486	299	82	35	0	0	0	0	0	0

Abb. 2.13.C: Jahresgang der Windgeschwindigkeit (Tagesmittelwerte) in 1/100 Prozent. Isolinenabstand: 1 Prozent.

STATION TABOUK: 28 22N 36 35E, 769M

PERIODE: 1970-1976

EXTREM WIND

RELATIVE HAEUFIGKEITSVERTEILUNG IN PROZENT

M/S	NNE	NE	ENE	E ₁	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	N	VRBL	SUMME
.0- 2.4	.0	.0	.1	.1	.1	.0	.0	.1	.0	.0	.0	.1	.2	.0	.2	.1	.0	1.0
2.5- 4.9	1.0	.5	1.1	1.3	.6	.3	.5	.2	.4	.2	.6	1.9	1.3	1.0	2.3	1.6	.0	14.8
5.0- 7.4	2.4	.5	1.6	3.9	2.6	.8	.8	.4	.5	.4	2.9	4.0	3.3	3.0	6.1	7.8	.0	41.0
7.5- 9.9	.4	.3	.2	1.2	1.5	.6	.3	.1	.5	.7	3.7	2.8	1.3	.8	1.5	3.3	.0	19.2
10.0-12.4	.3	.1	.2	.6	.6	.2	.3	.3	.6	.5	4.1	2.7	.9	.7	1.1	2.2	.0	15.4
12.5-14.9	.1	.0	.0	.1	.1	.0	.0	.1	.4	.8	1.5	1.2	.2	.0	.1	.7	.0	5.3
15.0-17.4	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.1	.1	.2	.7	.5	.0	.1	.0	.2	.0	1.9
17.5-19.9	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.2	.1	.2	.1	.1	.0	.0	.0	.0	.7
20.0-22.4	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.1	.1	.1	.1	.0	.0	.0	.1	.0	.5
22.5-24.9	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.1	.0	.0	.0	.0	.0	.1
25.0-27.4	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
27.5-29.4	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.1	.0	.1
SUMME	4.2	1.4	3.2	7.2	5.5	1.9	1.9	1.3	2.8	3.0	13.8	13.5	7.3	5.6	11.3	16.1	.0	100.0

CALMEN .0

Abb. 2.13.D: Prozentuale Haeufigkeitsverteilung des Extremwindes nach Betrag und Richtung

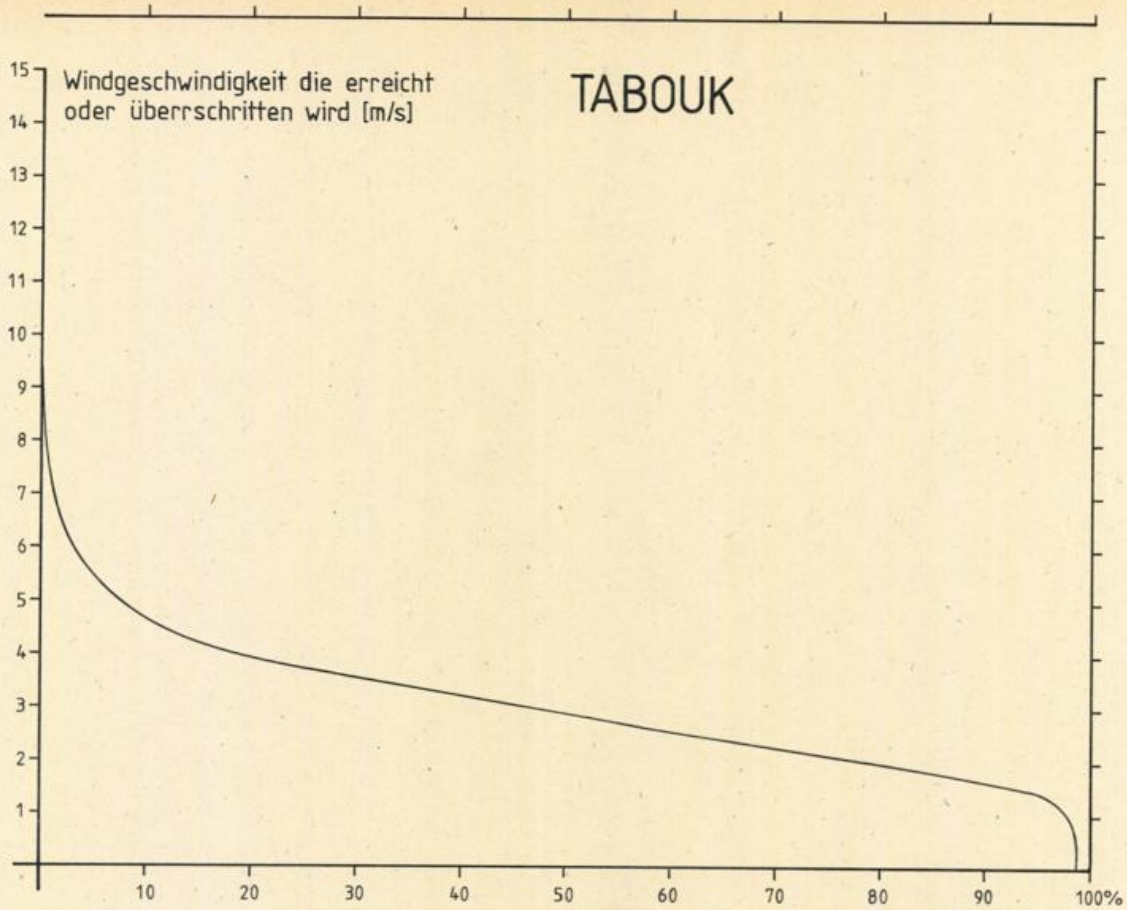


Abb.2.13.E: Windgeschwindigkeitsdauerkurve aus Tagesmittelwerten des Windes

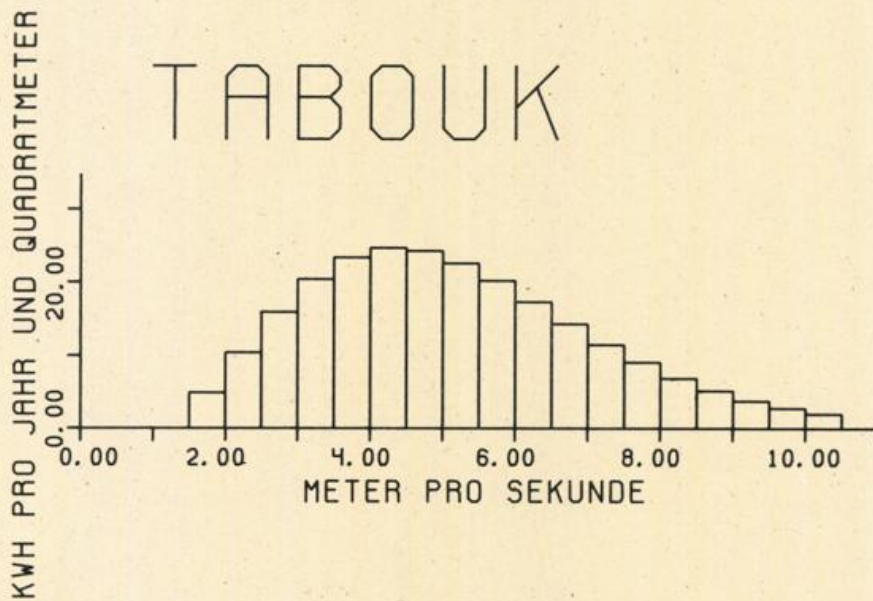


Abb.2.13.F: Verteilung der Bruttojahresenergie auf Windgeschwindigkeitsintervalle von 0.5 m/s. Periode: 1970-76

TABOUK/Saudi-Arabien

Windgeschwindigkeits- intervall	Häufigkeit in Prozent	Bruttojahres- energie (kWh)	Summe (kWh)
≤ m/s <			
1.5- 2.0	19.00	4.9	4.9
2.0- 2.5	19.03	10.4	15.3
2.5- 3.0	15.92	15.9	31.2
3.0- 3.5	12.42	20.4	51.6
3.5- 4.0	9.27	23.4	75.1
4.0- 4.5	6.70	24.7	99.7
4.5- 5.0	4.72	24.3	124.0
5.0- 5.5	3.26	22.6	146.6
5.5- 6.0	2.21	20.2	166.8
6.0- 6.5	1.48	17.3	184.1
6.5- 7.0	.97	14.3	198.4
7.0- 7.5	.63	11.5	209.9
7.5- 8.0	.41	9.1	219.0
8.0- 8.5	.26	6.9	225.9
8.5- 9.0	.16	5.2	231.1
9.0- 9.5	.10	3.8	235.0
9.5-10.0	.06	2.8	237.7
10.0-10.5	.04	2.0	239.7

Tabelle 2.13.1: Verteilung der Bruttojahresenergie auf Windgeschwindigkeitsintervalle von 0.5 m/s, bezogen auf 1 m².

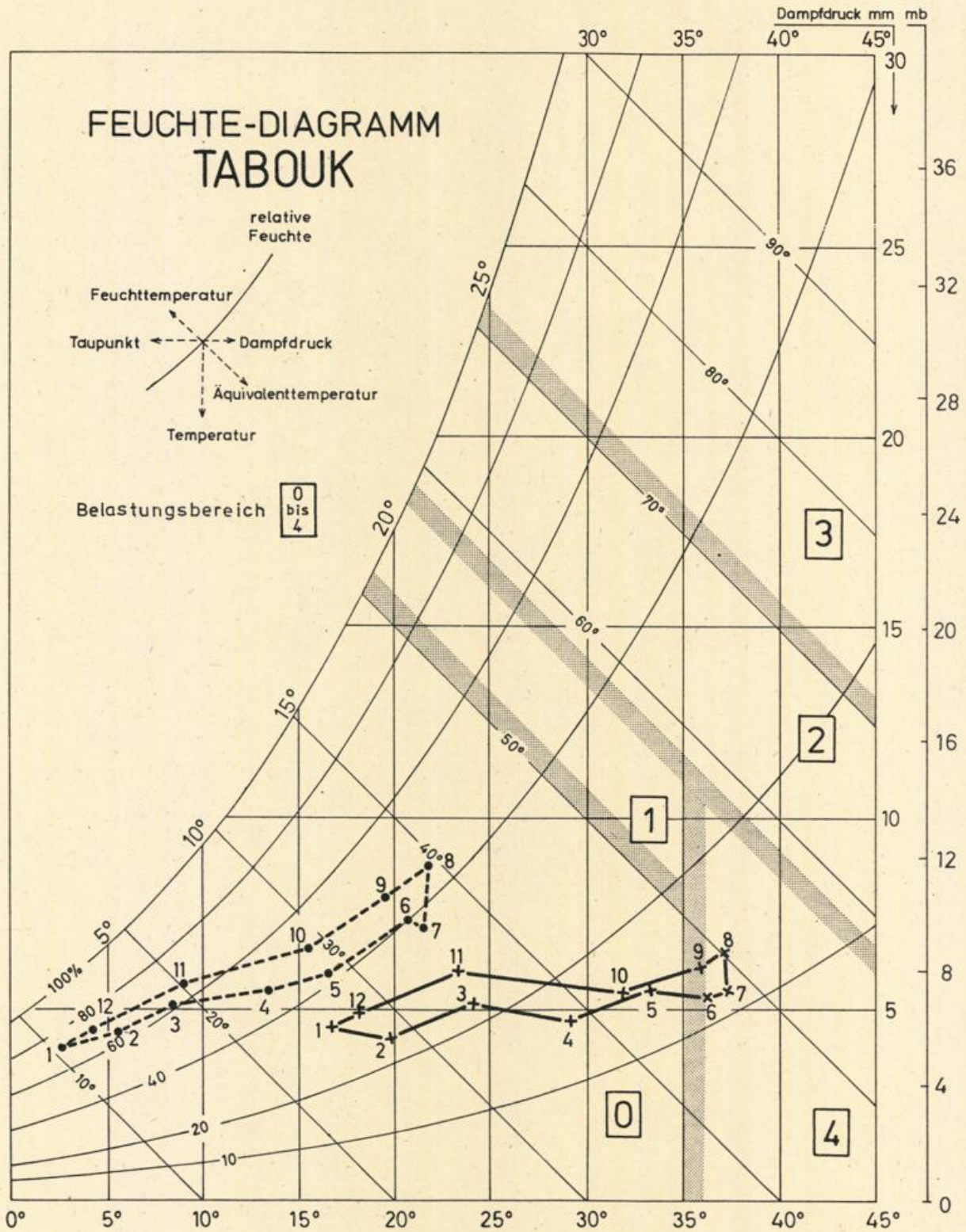


Abb.2.13.G: Diagramm zur Bestimmung der Waermebelastung.

Belastungsbereiche: 0 'belastungsfrei', 1 Uebergangsbereich zu 'schwuel', 2 'schwuel', 3 'sehr schwuel', 4 'trocken und heiss'.

●---● morgens, ×---× mittags, Ziffern an den Symbolen bezeichnen die entsprechenden Monate.

STATION T A B O U K

KOORDINATEN: 28 22N 36 35E, 769 m UEBER MEERESNIVEAU

PERIODE: 1970-1976

MONAT	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

LUFTTEMPERATUR (°C)												
ABS. MAXIMUM	30.0	31.2	36.0	38.4	44.6	42.4	43.0	44.7	40.6	38.4	33.0	27.4
MITTL. TAEGL. MAXIMUM	16.9	19.9	24.2	29.3	33.5	36.6	37.1	37.3	36.1	32.0	23.7	18.1
MITTL. TAGESMITTEL	9.7	12.8	16.4	21.3	24.8	28.7	29.3	29.6	27.8	23.7	16.4	11.1
MITTL. TAEGL. MINIMUM	2.5	5.7	8.6	13.4	16.7	20.9	21.5	21.9	19.5	15.4	9.0	4.1
ABS. MINIMUM	-5.2	-1.7	-1.0	1.4	10.0	16.0	16.8	19.0	14.4	10.0	.2	-3.8

REL. LUFTFEUCHTE (Prozent)												
ABS. MAXIMUM	100.0	100.0	99.0	96.0	72.0	64.0	66.0	63.0	81.0	80.0	100.0	100.0
MITTL. TAEGL. MAXIMUM	72.3	65.7	61.6	49.6	42.5	39.9	38.6	45.5	47.8	50.5	65.6	70.4
MITTL. TAEGL. MINIMUM	30.7	25.4	22.6	17.0	13.8	11.5	12.4	14.3	13.4	15.6	28.4	30.4
ABS. MINIMUM	9.0	4.0	3.0	4.0	4.0	3.0	4.0	5.0	4.0	5.0	4.0	9.0

LUFTDRUCK (hPa)												
ABS. MAXIMUM	940.5	936.7	935.5	934.4	932.8	929.6	927.7	931.3	932.5	934.9	939.1	938.9
MITTL. TAEGL. MAXIMUM	931.2	929.3	928.4	926.8	926.0	924.7	923.0	923.4	926.4	929.3	931.2	932.0
MITTL. TAEGL. MINIMUM	927.3	925.4	924.5	922.9	922.1	920.9	919.5	919.7	922.6	925.8	927.5	928.4
ABS. MINIMUM	917.2	916.0	912.4	913.0	916.6	912.7	913.9	914.9	916.9	921.1	920.4	918.3

ANZAHL DER TAGE MIT (**)												
1. GEWITTER	2	0	3	0	0	0	0	0	0	0	3	1
2. REGEN	6	4	8	6	0	0	0	0	0	1	5	7
3. STAUB-/SANDSTURM	3	9	7	15	10	2	3	1	1	5	2	0
4. STAUB IN DER LUFT	21	34	43	59	51	49	36	57	35	29	20	14
5. DUNST (TROCKEN)	12	17	13	10	12	19	23	44	38	31	26	13
6. WIE 5. (SICHT < 1 km)	0	2	0	0	1	0	0	0	7	0	0	0
7. DUNST (FEUCHT)	0	4	0	2	0	0	0	0	0	0	5	2
8. NEBEL	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0

NIEDERSCHLAG (mm)												
MAXIMUM IN 24 Std	10.0	33.6	34.8	9.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	.1	12.2	9.6

JAEHRLICH: (**)												
1970											0.0/0	0.0/0
1971	0.0/0	0.0/0	1.1/0	10.0/0	0.0/0	0.0/0	0.0/0	0.0/0	0.0/0	0.0/0	0.0/0	11.7/0
1972	6.8/0	0.0/0	13.9/0	2.3/0	0.0/0	0.0/0	0.0/0	0.0/0	0.0/0	0.0/0	12.2/2	0.0/0
1973	0.0/1	0.0/0	0.0/0	.1/0	0.0/0	0.0/0	0.0/0	0.0/0	0.0/0	0.0/0	20.0/0	0.0/0
1974	14.8/1	3.4/0	56.2/2	0.0/0	0.0/0	0.0/0	0.0/0	0.0/0	0.0/0	0.0/0	10.0/0	1.5/0
1975	.5/1	33.6/0	0.0/0	8.8/1	0.0/0	0.0/0	0.0/0	0.0/0	0.0/0	0.0/0	0.0/0	1.6/0
1976	1.0/0	0.0/0	0.0/1	0.0/3	0.0/3	0.0/0	0.0/0	0.0/0	0.0/0	.1/2	.5/0	0.0/0

(**) GESAMTZAHL DER TAGE FUER PERIODE 1973-76, HIERVON ABWEICHEND REGEN: GESAMTPERIODE

(**) MONATSSUMME / ANZAHL DER FAELE MIT SUMME > 0.1 mm

2.14 Hail

2.14.0 Allgemeines

Hail liegt im nördlichen Landesinneren der arabischen Halbinsel in 988 m Höhe. Im Süden und Westen der Stadt erreicht das Bergland überwiegend Höhen von mehr als 1000 m, nördlich und östlich sind die Höhen der Hügel geringer. In der Umgebung von Hail gibt es einige Flußläufe, die jedoch meist trocken sind.

2.14.1 Windrichtung und Betrag

Die Windrichtungsverteilung (Abb. 2.14.A) zeigt zwei Hauptwindrichtungen an: Süd und Nord, die sich als zwei isolierte Maxima abbilden. Der Hauptgeschwindigkeitsbereich liegt für beide Richtungen zwischen 2 und 5 m/s, wobei jedoch die höheren Tagesmittelwerte eher mit Südwind auftreten.

Die höchsten Windgeschwindigkeiten im Tagesmittel sind jedoch mit Westwinden verknüpft, jedoch - wie die Ostwinde - mit einer vergleichsweise geringen Häufigkeit.

2.14.2 Jahresgang der Windrichtung

Im Jahresgang der Windrichtung (Abb. 2.14.B) bilden sich deutlich zwei Windregime heraus: eines mit Nordwinden im Sommer und ein zweites mit Südwinden während der übrigen Jahreszeiten. In den Monaten April/Mai sowie September gehen die beiden Regimen ineinander über. Während die Südwinde im Sommer praktisch bedeutungslos werden, behält der Nordwind auch außerhalb des Sommers, also zur Zeit des Südwindregimes, noch Bedeutung.

Mit geringerer Häufigkeit treten Ostwinde zwischen Herbst und Frühjahr, westliche Winde eher im ersten Halbjahr auf.

Die große Häufigkeit der Nordwinde im Sommer wird durch den tiefen Druck über Arabien verursacht, der sich östlich und südlich der Station, ausgehend von der Golfregion und Südasien, bildet. Südwinde, vorherrschend im Herbst, Winter und Frühjahr haben zwei Ursachen: im ersten Fall erstreckt sich die asiatische Antizyklone zeitweilig weit nach SW. Dann liegt Hail auf der Westseite eines Hochkeils. Im zweiten Fall liegt die Ursache in einem Trog des Sudantiefs, der sich besonders im Herbst und Winter über das Rote Meer hinweg bis nach Arabien erstreckt. Hail liegt dann an der Ostseite des Troges.

Wenn dieser Trog südostwärts schwenkt und die Station dann im meist gradientschwachen Bereich seiner Nordflanke liegt, stellen sich

schwache Nord- oder auch Ostwinde ein.

Die seltenen, aber verhältnismäßig starken Westwinde treten vornehmlich im Winter und Frühjahr auf der Süd- oder Rückseite von Störungen auf, die vom Mittelmeer zum arabisch-persischen Golf ziehen.

2.14.3 Jahresgang des Betrages der Windgeschwindigkeit

Schwache Winde unter 5 m/s herrschen das ganze Jahr über mit nur geringen jahreszeitlichen Schwankungen vor. Erst außerhalb dieses Schwachwindbereiches kristallisiert sich ein Jahresgang heraus. Danach sind höhere Windgeschwindigkeiten mit der größten Wahrscheinlichkeit nur während der ersten fünf Monate des Jahres zu erwarten.

2.14.4 Maximale Windgeschwindigkeit

Die größten Richtungshäufigkeiten des Extremwindes gruppieren sich um die gleichen Richtungen wie beim Tagesmittelwind (Abb. 2.14.D). Auch hier kommt die Bedeutung der Winde aus dem Westsektor als Grundströmung für die stärksten Böen klar heraus.

Die Extremwinde aus fast allen Richtungen erreichen meist Geschwindigkeiten zwischen 5 und 10 m/s, die starken Extremwinde aus W dagegen erreichen Werte bis zu 22 m/s. Die stärkste Böe des Untersuchungszeitraumes betrug in Hail 30 m/s (Mai 1975).

2.14.5 Wind- und Energieangebot

Bei verhältnismäßig seltenen ganztägigen Kalmen (0,9 %) kommen - ähnlich wie in Tabouk - in ca. 90 % der Zeit nur schwache Winde unter 5 m/s vor; 12 m/s wurden im Tagesmittel nicht überschritten (Abb. 2.14.E). Das Windangebot ist also als gering einzustufen.

Das bedeutet infolgedessen auch für Hail eine relativ geringe Ausbeute an Windenergie (Abb. 2.14.F, Tab. 2.14.1). Etwa 80 % der Energie werden im Geschwindigkeitsbereich zwischen einschließlich 3,0 und 7,5 m/s gewonnen. Das sind rund 47 % des gesamten Windangebotes. Die Geschwindigkeiten unterhalb und oberhalb der genannten Grenzen, d.h. ca. 53 % des Windaufkommens, steuern nur je ca. 10 % zur Gesamtenergie bei. Die größten Einzelbeiträge liefern die Geschwindigkeiten um 4,5 m/s. Integriert über alle Geschwindigkeitsintervalle ergibt sich insgesamt ein Energiepotential von 281 kWh pro Jahr und 1 m² Fläche senkrecht zur Strömungsrichtung.

2.14.6 Witterung und Wetterphänomene

Die Temperatur steigt im Monatsmittel von 9,4 Grad Celsius im Januar auf 30,1 Grad Celsius im August an und weist damit eine Jahresamplitude von 20,7 K auf - typisch für ein kontinentales Klima. Die mittlere Tagesamplitude variiert zwischen 12 - 13 K im Winter und um 15 K im Sommer. Die Höhenlage der Station (988 m) macht sich auch bei den Temperaturminima bemerkbar, so daß Frost in den Monaten Dezember bis Februar nicht selten ist. Die absoluten Extrema während des Untersuchungszeitraumes betragen -9,4 Grad Celsius im Februar und +43,0 Grad Celsius im Juli und August.

Die relative Feuchte ist wegen der niedrigen Temperaturen im Winter höher als im Sommer und erreicht dann hin und wieder 100 %. Geringere Werte als 6 % wurden auch im Sommer nicht registriert. Im Mittel bewegen sich die relativen Feuchtwerte morgens im Winter bei 70 - 80%, im Sommer zwischen 20 und 30 %. Mittags gehen sie im Winter auf 30 - 40 %, im Sommer auf Werte um 10 % zurück.

Niederschläge treten in der Regel zwischen November und Mai auf. Sie sind in Hail aber - wie im gesamten Inneren Arabiens - relativ gering und bringen auch von Jahr zu Jahr sehr unterschiedliche Mengen: so 55,0 mm im Jahr 1973, aber 260,3 mm im Jahr 1976. Dabei kann innerhalb kurzer Zeit - an einem Tage - der einer Monatsmenge entsprechende Regen fallen. Die größte Menge des Untersuchungszeitraumes fiel mit 47,9 mm in knapp 3 Stunden im März 1976. Niederschläge treten mit Störungsausläufern von West her auf und auch in einzelnen Gewittern.

Gewitter sind weitgehend nur in der Niederschlagsperiode zu erwarten. Sie sind nicht notwendigerweise mit Niederschlägen verbunden. Gleichermaßen fallen auch nicht immer die monatlichen Maximalniederschläge in Gewitterschauern. Die mittlere Andauerzeit von Gewittern beträgt etwa eine Stunde oder weniger. Die beiden längsten Gewitter des Untersuchungszeitraumes dauerten je 3 Stunden und brachten einmal nur 3,2 mm und einmal keinen Regen.

Staub- und Sandstürme sind selten und treten hin und wieder im Frühjahr auf, teils isoliert, teils zusammen mit Störungen, die Gewitter oder auch geringfügigen Regen bringen. Ihre Dauer betrug zwischen 1/2 und 4 Stunden.

Staub in der Luft und trockener Dunst kommen in nahezu allen Monaten vor und können bis zu einem Tag andauern.

Nebel und feuchter Dunst treten in der kühlen feuchteren Jahreszeit auf, aber ebenfalls relativ selten. Oftmals folgen diese Ereignisse vorausgegangenem Regen. Im Untersuchungszeitraum wurden Fälle mit Nebel, der bis zu 10 Stunden andauerte, beobachtet.

Die Wärmebelastung ist in der Regel gering für den Mitteleuropäer. Nur von Juni bis September wird es über Mittag trocken und heiß (Abb. 2.14.G).

STATION HAIL: 27 31N 41 44E, 988M

PERIODE: 1970-1976

TAGESMITTELWIND

RELATIVE HAEUFIGKEITSVERTEILUNG IN PROZENT

M/S	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	N	VRBL	SUMME
0.5- 1.9	2.6	1.5	.5	1.8	.2	.7	.4	3.5	.3	.5	.2	.4	.1	.5	.9	3.8	.5	18.4
2.0- 3.4	3.2	2.8	.5	2.6	.5	1.5	.8	8.0	1.6	1.4	.7	1.7	.7	2.7	4.3	12.4	.2	45.6
3.5- 4.9	.9	.8	.3	.7	.1	.7	.5	5.2	1.0	1.7	.4	2.2	.8	1.5	2.2	5.7	.0	24.7
5.0- 6.4	.0	.1	.0	.0	.0	.1	.1	2.1	.9	.8	.3	1.0	.3	.5	.7	.9	.1	7.9
6.5- 7.9	.0	.1	.0	.0	.0	.0	.0	.4	.2	.5	.1	.2	.1	.0	.0	.1	.0	1.7
8.0- 9.4	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.1	.0	.1	.1	.1	.1	.0	.0	.0	.0	.5
9.5-10.9	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.1	.1	.0	.0	.0	.0	.2
11.0-12.4	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.1	.0	.0	.0	.0	.0	.1
SUMME	6.7	5.3	1.3	5.1	.8	3.0	1.8	19.3	4.0	5.0	1.8	5.8	2.2	5.2	8.1	22.9	.8	99.1

CALMEN .9

Abb.2.14.A: Prozentuale Häufigkeitsverteilung des Windes nach Betrag und Richtung

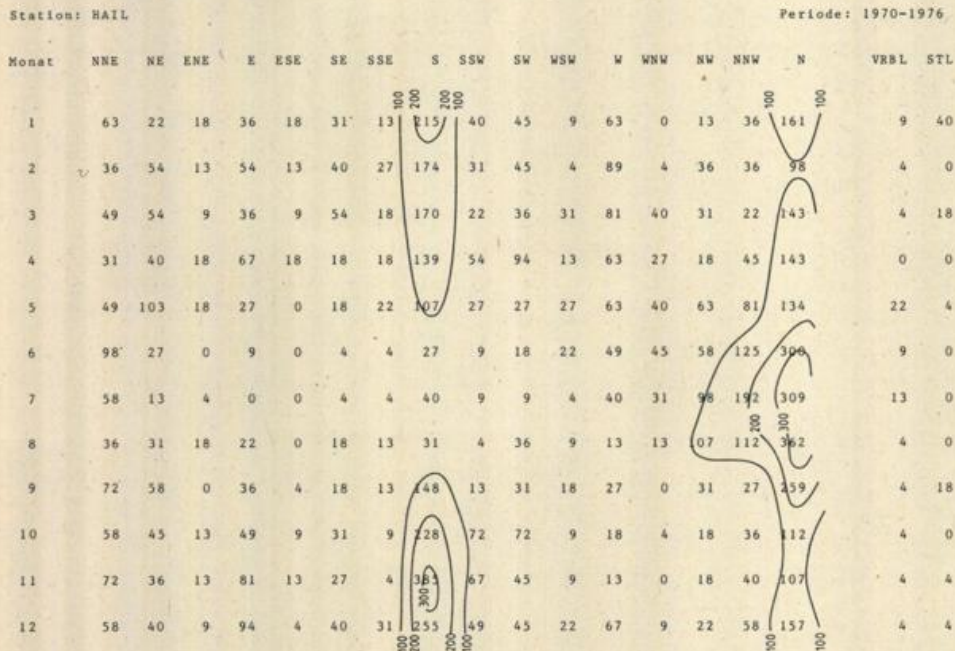


Abb. 2.14.B: Jahresgang der Windrichtung (Tagesmittelwerte) in 1/100 Prozent. Isolinenabstand: 1 Prozent.

Station: HAIL

m/s	Kalmen	0.5-2.0	2.1-3.5	3.6-5.0	5.1-6.6	6.7-8.1	8.2-9.7	9.8-11.2	11.3-12.8	12.9-14.3	14.4-15.83
Monat											
1	41	149	329	180	86	36	18	0	0	0	0
2	0	126	288	203	108	32	5	5	0	0	0
3	18	81	275	297	117	32	9	5	0	0	0
4	0	99	306	243	113	27	14	5	5	0	0
5	5	68	356	297	72	32	5	5	0	0	0
6	0	104	419	216	59	0	0	0	0	0	0
7	0	126	464	176	45	5	0	0	0	0	0
8	0	144	432	212	50	0	0	0	0	0	0
9	18	167	441	140	14	0	0	0	0	0	0
10	0	248	392	108	23	0	0	0	0	0	0
11	5	239	423	212	63	5	0	0	0	0	0
12	5	266	446	185	68	5	5	0	0	0	0

Abb. 2.14.C: Jahresgang der Windgeschwindigkeit (Tagesmittelwerte) in 1/100 Prozent.
Isolinienabstand: 1 Prozent.

STATION HAIL: 27 31N 41 44E, 988M

PERIODE: 1970-1976

EXTREM WIND

RELATIVE HAEUFIGKEITSVERTEILUNG IN PROZENT

M/S	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	N	VRBL	SUMME
.0- 2.4	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.1	.0	.1
2.5- 4.9	.7	.4	.3	.8	.5	.3	.2	1.6	.4	.2	.1	.0	.0	.0	.3	.9	.0	6.7
5.0- 7.4	4.0	1.3	.9	4.2	1.8	1.4	1.3	6.8	2.2	1.7	1.7	2.3	1.6	.7	2.6	9.9	.0	44.4
7.5- 9.9	1.1	.3	.2	.9	.4	.4	.6	3.9	1.5	1.5	.9	2.9	1.7	1.0	2.2	5.3	.0	24.8
10.0-12.4	.1	.2	.0	.4	.3	.2	.4	3.9	1.7	.9	1.7	2.8	1.0	.3	1.0	1.7	.0	16.6
12.5-14.9	.0	.0	.0	.1	.0	.0	.1	1.2	.2	.5	.6	.9	.1	.0	.1	.1	.0	3.9
15.0-17.4	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.4	.0	.3	.5	.4	.1	.0	.0	.0	.0	1.7
17.5-19.9	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.1	.1	.0	.1	.1	.2	.0	.0	.0	.0	.0	.7
20.0-22.4	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.1	.0	.1	.1	.2	.0	.0	.0	.0	.0	.5
22.5-24.9	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.1	.0	.0	.0	.0	.0	.1
25.0-27.4	.1	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.1
27.5-29.4	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.1	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.1
SUMME	6.0	2.2	1.4	6.4	3.0	2.3	2.7	18.0	6.0	5.4	5.7	9.8	4.5	2.0	6.2	18.1	.0	99.7

CALMEN .3

Abb.2.14.D: Prozentuale Haeufigkeitsverteilung des Extremwindes nach Betrag und Richtung

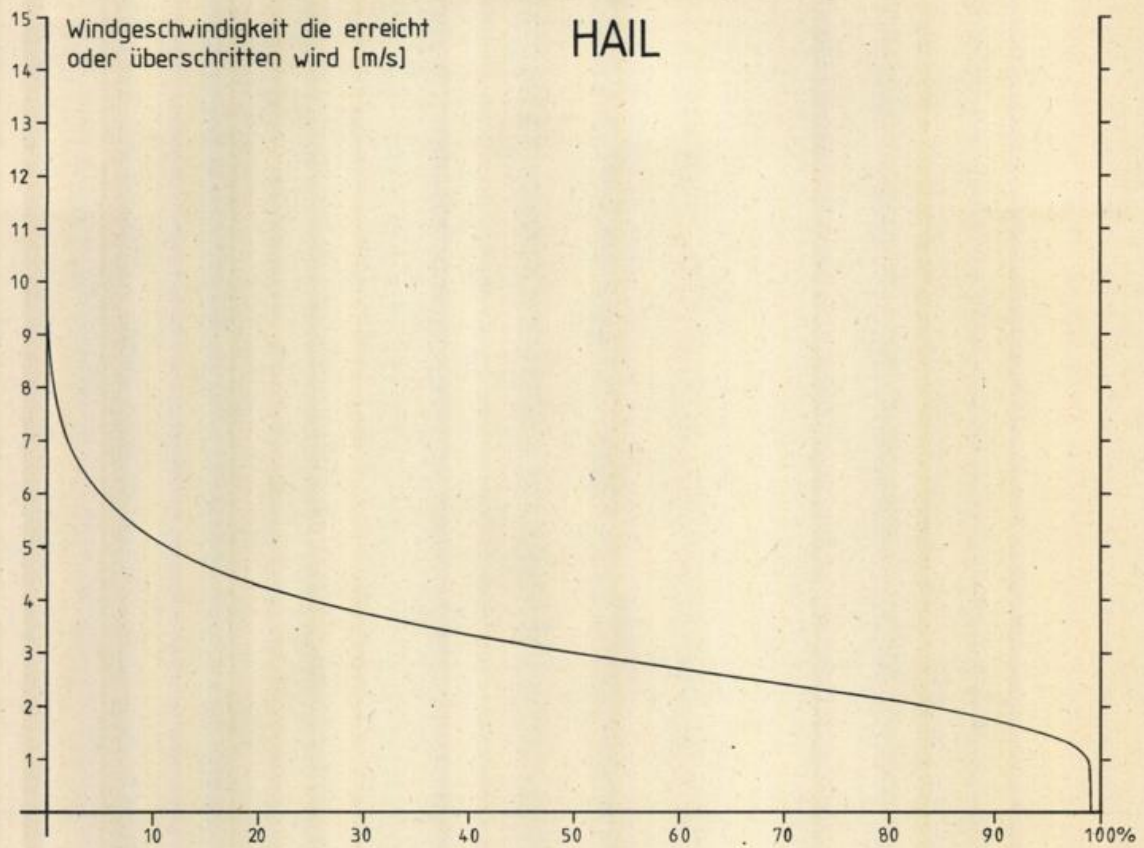


Abb.2.14.E: Windgeschwindigkeitsdauerkurve aus Tagesmittelwerten des Windes

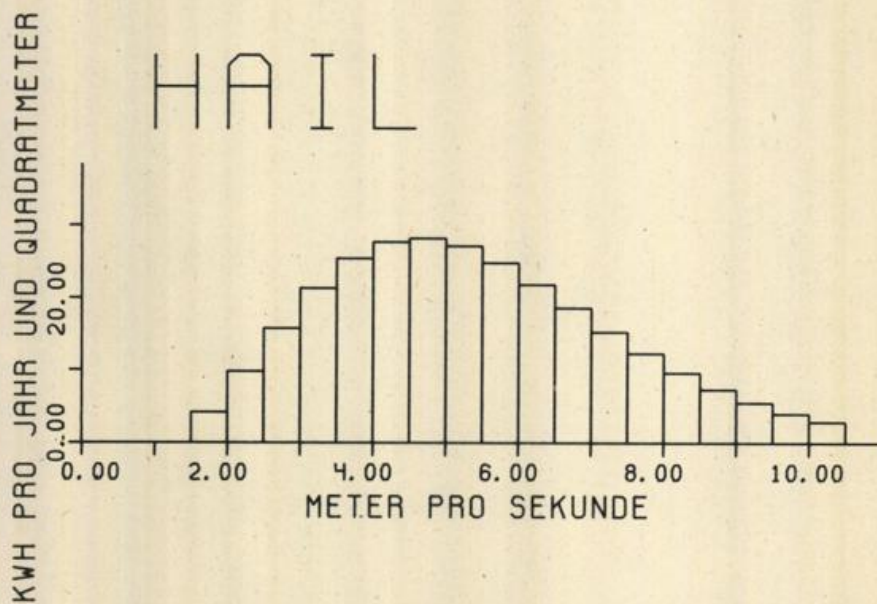


Abb.2.14.F: Verteilung der Bruttojahresenergie auf Windgeschwindigkeitsintervalle von 0.5 m/s. Periode: 1970-76

HAIL/Saudi-Arabien

Windgeschwindigkeits- intervall	Häufigkeit in Prozent	Bruttojahres- energie (kWh)	Summe (kWh)
≤ m/s <			
1.5- 2.0	16.29	4.2	4.2
2.0- 2.5	17.94	9.8	14.0
2.5- 3.0	15.88	15.8	29.8
3.0- 3.5	12.95	21.3	51.2
3.5- 4.0	10.05	25.4	76.6
4.0- 4.5	7.53	27.7	104.3
4.5- 5.0	5.49	28.2	132.5
5.0- 5.5	3.90	27.1	159.6
5.5- 6.0	2.72	24.8	184.4
6.0- 6.5	1.87	21.8	206.3
6.5- 7.0	1.26	18.6	224.8
7.0- 7.5	.84	15.3	240.1
7.5- 8.0	.55	12.3	252.4
8.0- 8.5	.36	9.6	261.9
8.5- 9.0	.23	7.3	269.3
9.0- 9.5	.14	5.5	274.8
9.5-10.0	.09	4.0	278.8
10.0-10.5	.06	2.9	281.7

Tabelle 2.14.1: Verteilung der Bruttojahresenergie auf Windgeschwindigkeitsintervalle von 0.5 m/s, bezogen auf 1 m².

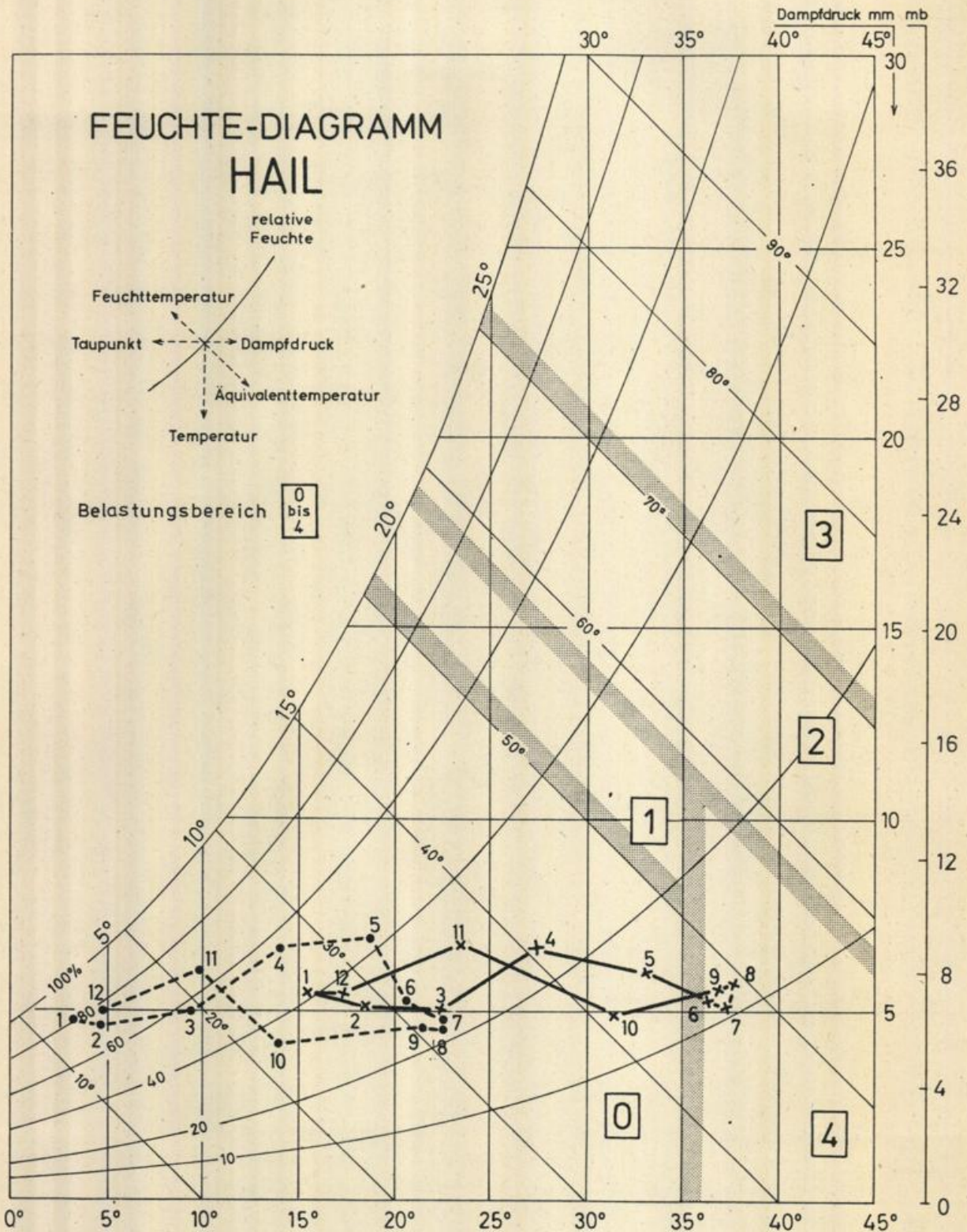


Abb.2.14.G: Diagramm zur Bestimmung der Waermebelastung.

Belastungsbereiche: 0 'belastungsfrei', 1 Uebergangsbereich zu 'schwuel', 2 'schwuel', 3 'sehr schwuel', 4 'trocken und heiss'.

•-----• morgens, x-----x mittags, Ziffern an den Symbolen bezeichnen die entsprechenden Monate.

STATION H A I L

KOORDINATEN: 27 31N 41 44E, 988 m UEBER MEERESNIVEAU

PERIODE: 1970-1976

MONAT	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

LUFTTEMPERATUR (°C)												
ABS. MAXIMUM	27.0	31.4	33.4	39.0	39.8	41.4	43.0	43.0	41.2	36.4	35.0	27.0
MITTL. TAEGL. MAXIMUM	15.4	18.5	22.6	27.4	33.0	36.3	37.3	37.9	36.9	31.6	23.6	17.1
MITTL. TAGESMITTEL	9.4	11.6	15.9	20.7	25.9	28.4	29.8	30.1	29.1	22.7	16.7	11.0
MITTL. TAEGL. MINIMUM	3.3	4.7	9.1	14.0	18.7	20.4	22.3	22.2	21.3	13.9	9.8	4.8
ABS. MINIMUM	-6.0	-9.4	.8	6.0	10.8	19.0	17.7	16.4	12.4	2.8	2.4	-7.0

REL. LUFTFEUCHTE (Prozent)												
ABS. MAXIMUM	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	75.0	52.0	49.0	50.0	76.0	100.0	100.0
MITTL. TAEGL. MAXIMUM	80.4	71.4	58.9	56.5	41.9	28.5	23.8	24.7	25.4	34.7	67.4	77.4
MITTL. TAEGL. MINIMUM	40.8	31.5	26.5	24.4	16.8	11.7	10.6	11.8	11.7	14.7	30.6	37.5
ABS. MINIMUM	12.0	12.0	8.0	7.0	4.0	6.0	6.0	6.0	7.0	7.0	7.0	14.0

LUFTDRUCK (hPa)												
ABS. MAXIMUM	915.7	912.1	912.4	909.8	906.6	907.7	901.0	902.8	907.0	911.0	914.5	916.2
MITTL. TAEGL. MAXIMUM	907.1	905.6	904.5	903.0	901.5	899.7	897.8	898.2	901.8	905.4	907.3	907.7
MITTL. TAEGL. MINIMUM	903.0	901.4	900.8	899.5	898.5	897.0	895.5	895.9	899.0	903.7	904.1	903.9
ABS. MINIMUM	894.4	890.7	891.0	888.3	886.5	892.2	891.1	892.0	893.3	897.0	897.8	895.2

ANZAHL DER TAGE MIT (*)												
1. GEWITTER	1	1	6	5	6	0	0	0	0	0	2	3
2. REGEN (>0.1mm)	26	15	21	25	15	1	0	0	0	1	24	17
3. STAUB-/SANDSTURM	0	1	1	1	3	0	0	0	1	0	0	0
4. STAUB IN DER LUFT	4	8	12	25	5	3	0	0	2	1	2	4
5. DUNST (TROCKEN)	0	11	0	3	1	0	0	0	0	0	1	3
6. WIE 5. (SICHT< 1 km)	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0
7. DUNST (FEUCHT)	2	4	1	0	0	0	0	0	0	0	2	10
8. NEBEL	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	2	3

NIEDERSCHLAG (mm)												
MAXIMUM IN 24 Std	38.2	6.2	47.9	39.9	8.6	2.0	0.0	0.0	0.0	-2	36.5	13.2

JAEHRLICH: (**)												
1970											9.2/0	.4/0
1971		.1/0	.6/0	21.3/0	13.6/0	7.3/2	0.0/0	0.0/0	0.0/0	0.0/0	22.9/1	9.2/0
1972	28.0/1	0.0/1	22.7/1	47.4/2	3.1/0	2.0/1	0.0/0	0.0/0	0.0/0	0.0/0	47.5/1	16.7/0
1973	0.0/0	2.7/0	0.0/1	.2/1	1.1/1	0.0/0	0.0/0	0.0/0	0.0/0	0.0/0	34.0/0	17.0/1
1974	34.1/0	23.3/0	60.9/0	0.0/1	6.6/3	0.0/0	0.0/0	0.0/0	0.0/0	0.0/0	33.1/0	7.4/2
1975	17.7/0	4.6/0	0.0/0	63.0/4	.2/0	0.0/0	0.0/0	0.0/0	0.0/0	0.0/0	0.0/2	2.1/2
1976	118.3/0	11.2/0	65.5/0	29.2/1	43.1/0	0.0/0	0.0/0	0.0/0	0.0/0	.2/1	54.5/0	3.2/0

(*) GESAMTZAHL DER TAGE FUER PERIODE 1973-76, HIUVON ABWEICHEND REGEN: GESAMTPERIODE

(**) MONATSSUMME / ANZAHL DER FAELE MIT SUMME > 0.1 mm

2.15 Safariya

2.15.0 Allgemeines

Safariya liegt am Westufer des arabisch-persischen Golfs etwa auf halbem Wege zwischen Dhahran und Kuwait. Die flache ebene Küstenwüste ist hier ca. 40 km breit und steigt erst dann landeinwärts nach Westen hin allmählich auf nur geringe Höhen von 100 bis 200 m an. Offensichtliche topographische Besonderheiten, die zu nachhaltigen Beeinflussungen des Windfeldes führen könnten, sind somit nicht gegeben. Allerdings dürfte ein überlagertes Land-Seewind-System existieren.

2.15.1 Datenmaterial

Den Auswertungen von Safariya liegt ein Datenmaterial zugrunde, das von dem in Abschnitt 2.1 beschriebenen abweicht. Die Winddaten bestehen aus Stundenmittelwerten des Betrages und der Windrichtung, also je 24 Werte pro Tag aus dem Zeitraum 1973 - 1976. Daneben stand der entsprechende stündliche Extremwert der Windgeschwindigkeit zur Verfügung, woraus die Statistik über die maximalen Windgeschwindigkeiten berechnet wurde.

Die Klimadaten, die in der Klimatabelle abgedruckt sind, orientieren sich an einer Veröffentlichung von IMCOS (1976).

2.15.2 Windrichtung und Betrag

Der Wind weht in Safariya hauptsächlich aus NW bis NE (Abb. 2.15.A) und damit im wesentlichen von der Seeseite her. Hiervon gibt es auch im Jahresverlauf (Abb. 2.15.B) keine nennenswerten Abweichungen. Der genannte Richtungssektor macht 50 % aller Fälle aus. Die restlichen 50 % der Fälle verteilen sich recht gleichmäßig auf die anderen Himmelsrichtungen.

Die Stundenmittel der Windgeschwindigkeit liegen, über alle Richtungen summiert, hauptsächlich zwischen 1,5 und 5,4 m/s. Das sind mehr als 70 % aller Fälle. Dabei treten mit den nördlichen Winden auch die höheren Windgeschwindigkeiten auf, die im Stundenmittel vereinzelt Werte bis 16 m/s erreicht haben (Abb. 2.15.A). Starke Winde gibt es häufiger im Winter und Frühjahr als in den anderen Jahreszeiten. Bei den niedrigen Windgeschwindigkeiten ist der Jahresgang gering (Abb. 2.15.C).

Die Kalmen betragen nur 0,5 %.

2.15.3 Maximale Windgeschwindigkeit

Die höchsten Windgeschwindigkeiten liegen zu ca. 95 % unterhalb der Starkwindschwelle von ca. 11 m/s (Abb. 2.15.D). Die stärksten Böen treten im Winter und Frühjahr auf. Der höchste Wert des Untersuchungszeitraumes wurde im April mit 23 m/s (Sturmböe) gemessen.

2.15.4 Tagesgang des Windes

In Safaniya weist das Windfeld einen gut ausgebildeten Tagesgang auf, der in engem Zusammenhang mit einem ausgeprägten Land-Seewind-System steht.

Nachts dokumentiert sich der Landwind durch große Häufigkeit westlicher Windrichtungen mit Schwergewicht bei Norwest (Abb. 2.15.E), die auch morgens noch sehr häufig sind. Im Laufe des Vormittags stellt sich dann der Seewind ein mit einer markanten Drehung auf östliche Winde (Abb. 2.15.E; 12, 18 Uhr). Erst spät am Abend gegen 22 Uhr setzt dann wieder das Landwindregime ein.

Auch hier ist das Land-Seewind-System überlagert vom "Schamal", der mit nord- bis nordwestlichen Winden Tag und Nacht existiert.

Der Tagesgang des Betrages des Windes (Abb. 2.15.F) wird am deutlichsten am Unterschied zwischen 12- und 24-Uhr-Termin. Oberhalb des Schwachwindbereiches von etwa 5 m/s sind die Geschwindigkeitsklassen mittags weit häufiger belegt als nachts. Im Schwachwindbereich ist es umgekehrt.

Kalmen sind in Safaniya sehr selten und weisen keinen Tagesgang auf.

2.15.5 Wind- und Energieangebot

Bei einem zwar außerordentlich geringen Kalmenanteil von nur 0,5 % liegen aber nur 26 % des Windangebotes oberhalb des Schwachwindbereiches von 5 m/s (Abb. 2.15.G). Starkwinde mit Windgeschwindigkeiten größer als ca. 11 m/s treten in nur 1 % aller Fälle auf. Damit und aufgrund der Gesamtverteilung, errechnet sich die Bruttojahresenergie zu 614 kWh pro m².

Etwa 80 % der Energie werden im Geschwindigkeitsbereich zwischen einschließlich 4,0 und 9,5 m/s gewonnen (Abb. 2.15.H, Tab. 2.15.1). Das sind rund 41 % des gesamten Windangebotes. Die Geschwindigkeiten unterhalb und oberhalb der genannten Grenzen, d.h. 59 % des Windaufkommens, steuern nur je 10 % zur Gesamtenergie bei. Die größten Energiebeiträge liefern die Geschwindigkeiten um 6 m/s.

2.15.6 Witterung und Wetterphänomene

Für Safaniya liegen keine weiteren Klimadaten vor, so daß für die Witterungsbeschreibung auf die Station Ras-al-Khafji (28 26 N, 48 30 E), etwa 40 km nördlich am Golf gelegen, zurückgegriffen werden muß. Die orographischen Gegebenheiten entsprechen denen von Safaniya (vgl. Kap. 2.15.0).

Ras-al-Khafji ist - wie Safaniya - als ausgesprochene Küstenwüstenstation anzusprechen mit recht hohen Schwankungen der Lufttemperatur, aber auch der Luftfeuchtigkeit, je nach der Windrichtung.

Das mittlere tägliche Maximum der Temperatur beträgt 40,4 Grad Celsius im Juli und das entsprechende Minimum nur 8,3 Grad Celsius im Januar. Der mittlere Tagesgang bewegt sich zwischen 9 K im Winter und 12 K im Sommer. In den Monaten Juni bis September wurden absolute Höchstwerte zwischen 46 und 47 Grad Celsius gemessen, aber auch im Januar sind 27 Grad Celsius erreicht worden. Die absoluten Tiefstwerte lagen in drei Monaten unter dem Gefrierpunkt und betragen im Januar -2,3 Grad Celsius und im Februar -2,9 Grad Celsius.

Die Variation der Luftfeuchtigkeit ist stark durch den Tagesgang des Windes mit auflandigen Komponenten tagsüber und ablandigen des nachts bestimmt. Die relative Feuchtigkeit verläuft deshalb in den Sommermonaten invers zu anderen Stationen. Sie liegt dann in den Morgenstunden mit 20-30 % niedriger als am Mittag und Nachmittag (40-50 %). In den Monaten November bis März ist die Tagesschwankung recht gering und pendelt um Werte nahe 60 %.

Wie an allen Golfstationen verteilt sich die geringe jährliche Niederschlagsmenge von weniger als 100 mm auf sporadische Fälle an etwa 15 Tagen in den Monaten November bis April oder Mai. Es ist vorgekommen, daß bis zu 45 % der durchschnittlichen Jahresmenge in einem dieser Monate innerhalb von 24 Stunden gefallen sind - ein Charakteristikum dieser Region.

Gewitter sind äußerst selten und auf die Winter- und Frühjahrsmonate beschränkt. Die damit verbundenen Niederschläge können in seltenen Fällen durchaus einmal in Form von Hagel niedergehen.

In den Monaten Dezember bis März tritt im allgemeinen keine Wärmebelastung durch Schwüle auf, und auch im Sommer bleibt es morgens meist belastungsfrei. Von November bis April, besonders aber von Mai bis Oktober, wird es im Tagesverlauf in aller Regel außerordentlich schwül (Abb. 2.15.I).

Station: SAFANIYA / Saudi-Arabien

Koordinaten: 28 00 N 48 46 E Höhe Über Meeresniveau: 6 m

Periode: 1973 - 76

m/s	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
10	.2	.5	.7	1.6	1.1	.9	.7	.5	.3	.2	.1	+0	+0	+0	+0	.0
20	.1	.4	.6	1.2	.8	.8	.7	.6	.2	.1	+0	+0	+0	+0	+0	.0
30	.2	.5	.7	1.2	.7	.5	.4	.4	.2	.1	+0	+0	+0	.0	.0	.0
40	.2	.6	.8	1.2	.6	.5	.4	.3	.1	.1	+0	+0	+0	+0	+0	.0
50	.2	.6	.7	1.1	.5	.5	.4	.3	.1	.1	+0	+0	+0	.0	+0	.0
60	.2	.5	.6	.8	.4	.4	.2	.2	.1	+0	+0	.0	.0	.0	.0	.0
70	.2	.5	.6	.8	.3	.2	.1	.1	+0	+0	+0	.0	.0	.0	.0	.0
80	.2	.6	.6	.6	.2	.1	+0	+0	+0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
90	.3	.4	.5	.6	.2	.1	+0	+0	+0	+0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
100	.2	.5	.4	.6	.2	.1	+0	+0	+0	+0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
110	.1	.4	.4	.7	.3	.1	.1	+0	+0	+0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
120	.2	.4	.4	.6	.2	.1	.1	+0	+0	+0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
130	.1	.4	.4	.7	.3	.1	.1	+0	+0	+0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
140	.2	.4	.4	.5	.2	.2	.1	.1	+0	+0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
150	.2	.5	.4	.5	.2	.2	.1	.1	+0	+0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
160	.3	.5	.4	.5	.2	.1	.1	.1	+0	+0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
170	.3	.4	.4	.4	.2	.2	.1	.1	+0	+0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
180	.2	.4	.3	.4	.1	.2	.1	.1	+0	+0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
190	.2	.4	.3	.3	.1	.1	.1	.1	+0	+0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
200	.2	.4	.3	.3	.1	.1	+0	+0	+0	+0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
210	.3	.5	.3	.2	.1	+0	+0	+0	+0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
220	.2	.5	.3	.2	.1	+0	+0	+0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
230	.2	.5	.3	.2	.1	+0	+0	+0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
240	.4	.5	.3	.2	+0	+0	+0	+0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
250	.3	.5	.3	.3	+0	+0	+0	+0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
260	.3	.4	.3	.2	+0	+0	+0	+0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
270	.3	.5	.4	.2	.1	+0	+0	+0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
280	.2	.4	.3	.3	.1	+0	.0	.0	+0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
290	.3	.6	.5	.6	.2	+0	+0	+0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
300	.3	.5	.5	.7	.2	.1	+0	+0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
310	.2	.5	.4	.7	.2	.1	+0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
320	.2	.5	.6	.9	.3	.2	.1	.1	+0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
330	.3	.7	.8	1.4	.5	.4	.2	.1	+0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
340	.2	.5	.7	1.1	.6	.4	.3	.2	.1	+0	.1	+0	.0	.0	.0	.0
350	.1	.6	.7	1.5	.9	.8	.5	.4	.1	.1	.1	+0	+0	.0	.0	.0
360	.2	.6	.8	1.5	.9	.7	.5	.5	.2	.1	+0	+0	+0	.0	.0	.0

Kalmen: 0,5

Station: SAFANIYA / Saudi-Arabien

Koordinaten: 28 00 N 48 46 E Höhe Über Meeresniveau: 6 m

Periode: 1973 - 76

Monat	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Richtung												
10	9.6	5.6	6.9	5.1	7.0	10.2	5.9	5.3	5.9	4.4	7.2	8.0
20	7.3	7.3	4.4	5.6	4.9	8.3	5.1	5.5	4.4	3.1	2.4	6.4
30	5.5	5.5	4.7	4.6	4.2	5.8	5.0	6.5	4.7	4.3	3.9	4.8
40	5.4	6.0	7.0	5.8	5.4	4.7	6.3	5.7	4.2	4.3	3.5	2.7
50	2.9	6.3	5.6	5.6	7.0	4.0	4.2	5.0	4.2	3.4	3.3	2.4
60	2.3	4.9	4.5	4.3	4.6	3.4	3.4	3.7	2.8	2.2	2.0	1.9
70	1.0	4.4	2.7	4.0	3.4	2.2	3.4	3.5	2.5	3.2	1.4	.7
80	.9	2.6	3.1	3.8	2.5	1.9	2.6	2.4	2.6	3.0	1.5	1.1
90	1.1	2.0	2.1	2.8	3.8	1.3	1.6	1.8	2.6	2.2	1.3	1.0
100	.9	1.8	2.1	3.0	3.3	1.5	1.4	2.2	2.7	2.7	1.3	1.3
110	.8	2.4	2.9	2.8	3.2	1.3	1.4	1.7	1.9	2.4	1.5	1.1
120	.6	1.9	3.5	3.0	3.0	1.0	1.3	1.6	1.7	2.7	1.9	1.3
130	1.4	2.0	3.2	2.4	2.8	1.0	1.4	1.9	1.4	3.2	2.3	1.8
140	1.6	2.3	3.3	2.6	1.5	.5	1.0	2.0	2.1	2.8	1.5	2.3
150	2.3	2.0	3.5	2.9	2.2	.7	.7	1.8	2.0	2.1	1.9	2.7
160	2.3	1.9	3.6	3.6	1.7	.5	1.2	1.6	1.6	2.9	2.8	1.9
170	3.5	2.2	2.4	2.9	1.7	.6	1.1	1.3	1.7	2.9	2.0	2.3
180	3.4	2.1	1.9	2.2	1.3	.7	.8	1.4	1.3	1.8	2.1	2.5
190	2.6	2.7	2.0	1.5	1.4	.7	.8	1.0	1.3	1.8	1.8	2.5
200	2.1	2.2	1.3	1.4	1.1	.5	.6	1.5	1.2	1.8	1.5	2.0
210	1.3	1.2	1.1	2.3	1.1	.9	.7	1.6	1.9	1.4	1.7	1.8
220	1.0	.9	1.2	1.7	1.2	.7	1.0	1.7	1.9	1.6	1.7	1.1
230	.8	.9	1.4	1.2	.9	.9	.6	2.1	1.7	2.0	1.7	1.4
240	.8	.9	1.4	1.8	1.4	1.2	.9	2.1	1.7	2.0	2.0	1.2
250	.6	.7	.7	2.4	1.0	.8	1.3	1.5	2.2	2.5	1.3	1.3
260	.7	.6	.7	1.9	1.4	.7	1.1	1.8	2.1	1.8	1.1	.7
270	.9	1.0	1.4	1.6	1.4	1.0	1.4	1.9	2.3	1.8	2.1	1.5
280	.7	1.0	.9	1.0	1.2	.8	1.5	1.6	2.1	1.8	1.8	1.7
290	1.2	1.7	1.6	1.4	1.9	1.5	4.1	3.6	2.6	2.7	4.0	1.5
300	1.9	1.2	1.4	1.8	1.6	2.8	4.1	2.5	3.2	2.0	3.7	2.7
310	1.7	1.5	1.9	1.4	1.5	2.7	2.8	2.4	2.3	2.5	2.8	3.5
320	3.8	2.8	2.2	1.2	2.0	4.8	3.9	2.7	3.3	2.0	3.8	4.2
330	4.1	4.2	3.3	2.1	3.4	6.3	7.4	3.0	4.9	3.7	4.2	4.5
340	5.2	3.7	3.6	2.0	2.7	5.9	5.6	3.4	4.0	4.0	4.4	4.4
350	9.2	4.7	3.9	2.6	4.1	8.8	6.9	4.8	4.4	5.5	10.8	5.8
360	6.9	4.0	4.6	3.3	3.4	9.2	8.5	6.5	4.7	4.8	7.0	7.3

Abb. 2.15-B: Jahresgang der Windrichtung. Isolinenabstand: 5 Prozent

Abb. 2.15.A: Häufigkeitsverteilung des Windes nach Betrag und Richtung in Prozent

Station: SAFANIYA / Saudi-Arabien

Koordinaten: 28 00 N 48 46 E Höhe über Meeresniveau: 6 m
 Periode: 1973 - 76

Monat m/s	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	7.2	7.5	6.6	7.1	7.6	7.7	7.8	9.9	12.1	10.2	5.4	5.3
2	10.4	13.0	19.0	19.0	13.7	11.6	20.2	23.8	25.1	21.3	17.7	12.7
3	13.8	14.9	16.3	15.7	17.9	14.8	21.0	20.1	18.7	19.6	18.7	13.4
4	22.6	23.3	22.0	22.5	25.1	27.8	29.0	26.3	23.3	26.2	22.7	24.6
5	14.3	12.0	10.2	11.1	13.3	11.6	10.4	9.5	8.8	9.1	11.6	12.5
6	14.3	10.3	7.5	9.1	8.2	9.0	6.2	4.7	4.9	5.4	9.0	11.5
7	8.5	7.7	5.8	6.2	5.4	6.5	2.8	2.6	2.9	3.0	6.9	9.1
8	4.6	6.2	5.7	5.0	4.9	6.2	1.6	1.9	2.4	2.2	3.7	6.4
9	2.5	2.4	2.9	1.3	2.1	2.6	.4	.4	.7	1.2	.9	2.2
10	.9	1.1	1.7	1.5	.9	1.2	+0	+0	.2	.6	1.5	.8
11	.4	.8	1.2	.4	.4	.8	.1	+0	.1	.3	.8	.3
12	+0	.5	.4	.3	.3	.2	.0	.0	.0	+0	.3	.2
13	+0	+0	.2	.3	.2	.0	.0	.0	.0	.0	.2	.3
14	.0	.0	.1	+0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	+0	+0
15	.0	.0	.1	.0	+0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
16	.0	.0	.0	.0	+0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
Kalmen	.3	.3	.3	.4	.1	.2	.4	.6	.9	.9	.4	.7

Abb. 2.15.C: Jahressgang des Betrages der Windgeschwindigkeit

Station: SAFANIYA / Saudi-Arabien

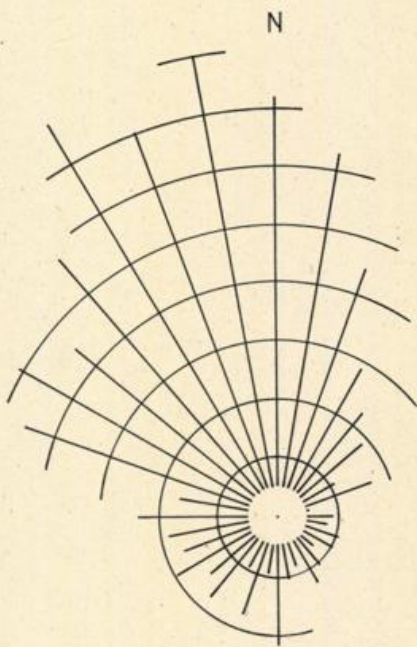
Koordinaten: 28 00 N 48 46 E Höhe über Meeresniveau: 6 m

Periode: 1973 - 76

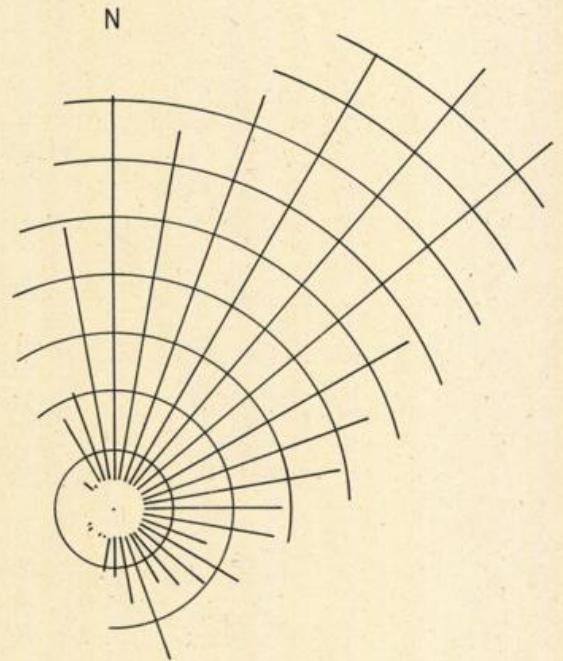
Monat m/s	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	1.1	.7	.7	.8	.8	.9	1.4	1.6	1.8	1.9	1.0	.5
2	4.5	5.0	3.8	4.0	4.7	4.5	3.6	4.9	6.1	5.5	2.9	3.5
3	6.2	9.5	7.3	7.1	8.1	8.1	7.4	8.8	11.4	9.8	8.1	7.5
4	14.4	18.3	20.9	19.5	18.9	17.4	24.2	23.3	25.0	25.7	24.2	15.5
5	11.4	12.1	13.3	13.3	14.1	14.3	17.9	17.3	17.7	17.6	11.2	11.4
6	11.2	11.5	11.2	12.1	13.0	13.2	16.2	15.7	12.1	11.5	10.0	11.8
7	11.9	8.9	9.3	10.2	11.4	10.3	11.5	11.2	8.3	9.9	10.1	10.5
8	16.4	10.2	8.9	11.4	12.2	12.2	10.1	9.2	8.4	7.3	12.5	13.7
9	9.1	6.6	6.9	6.4	5.5	5.9	4.0	4.1	4.1	4.1	6.7	8.3
10	5.7	5.7	4.9	5.5	3.1	4.8	1.8	1.9	2.4	2.7	4.2	6.8
11	3.3	5.0	4.6	3.0	2.7	3.7	1.3	1.1	1.2	1.8	2.6	4.2
12	2.3	2.3	3.3	2.7	2.1	2.5	.3	.4	.7	.9	1.6	2.7
13	1.3	2.7	2.3	1.8	1.8	1.5	.1	.4	.7	.7	2.5	2.1
14	.5	.6	1.0	1.0	.3	.5	.1	.2	.2	.3	1.0	.6
15	.4	.6	.6	.5	.5	.3	.0	.0	+0	.1	.5	.4
16	.1	.3	.1	.5	.2	.1	.0	.0	.0	.1	.6	.1
17	.1	.2	.1	.2	.2	.0	.0	.0	.0	.0	.3	.3
18	.1	+0	.1	.1	.1	.0	.0	.0	.0	.0	.0	+0
19	.0	.0	.2	.1	.1	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
20	+0	.0	.1	.0	.1	.0	.0	.0	.0	.0	.0	+0
21	+0	.0	+0	.0	.1	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
22	.0	.0	+0	.0	.1	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
23	.0	.0	.0	+0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0

Abb. 2.15.D: Jahressgang der Maximalwindgeschwindigkeit

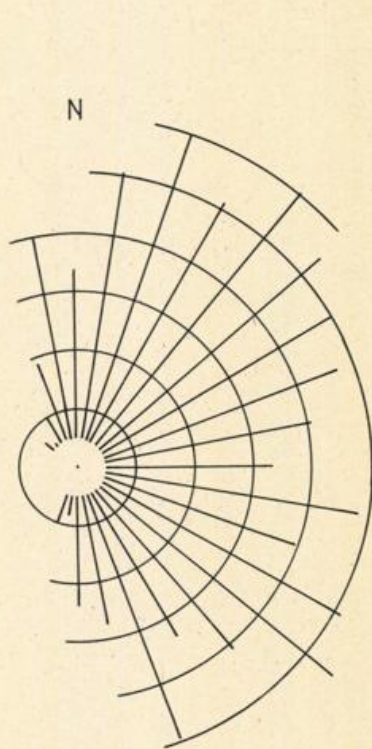
SAFANIYA



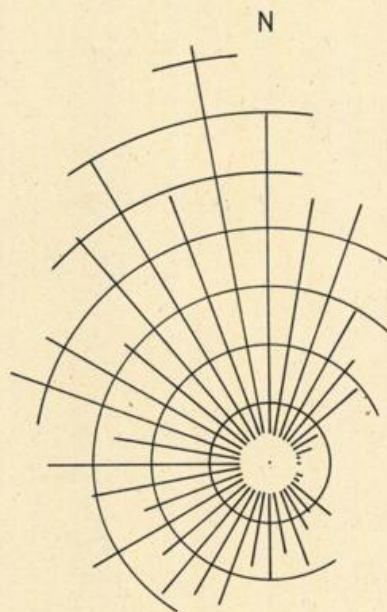
06 Uhr



12 Uhr



18 Uhr



24 Uhr

— a 1%

Abb. 2.15.E: Tagesgang der Windrichtung

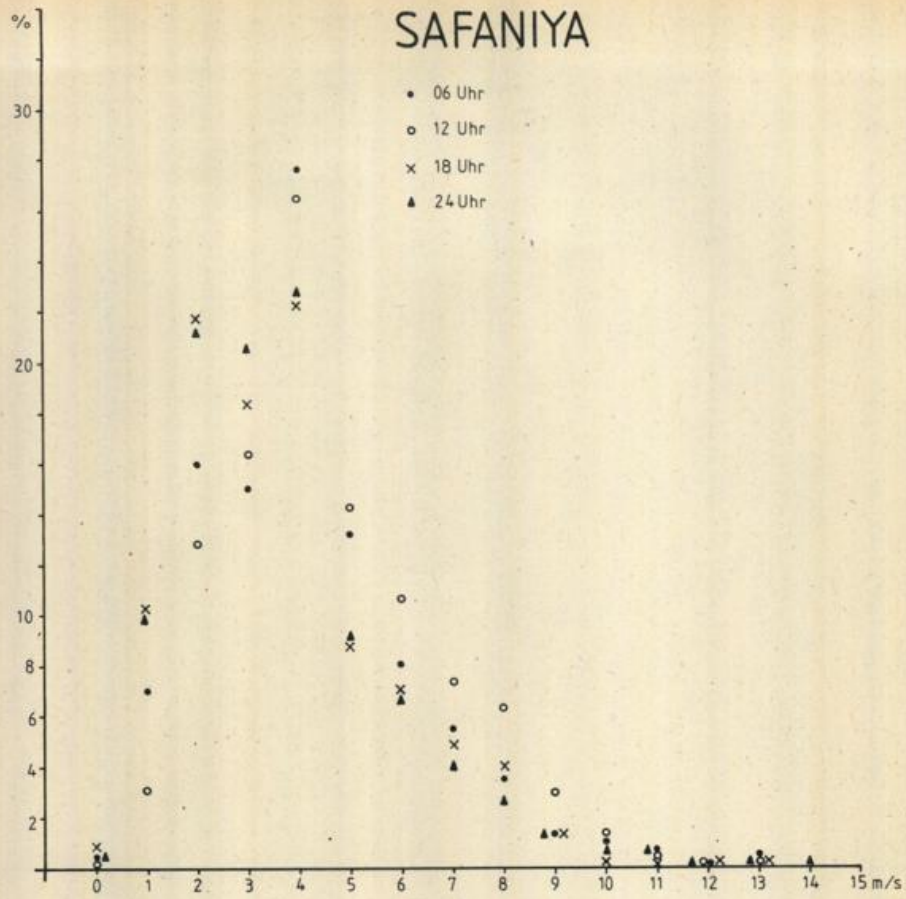


Abb. 2.15.F: Tagesgang des Betrages der Windgeschwindigkeit. Die Werte der Geschwindigkeitsskala bezeichnen jeweils die Mitte des zugehörigen Geschwindigkeitsintervalls.

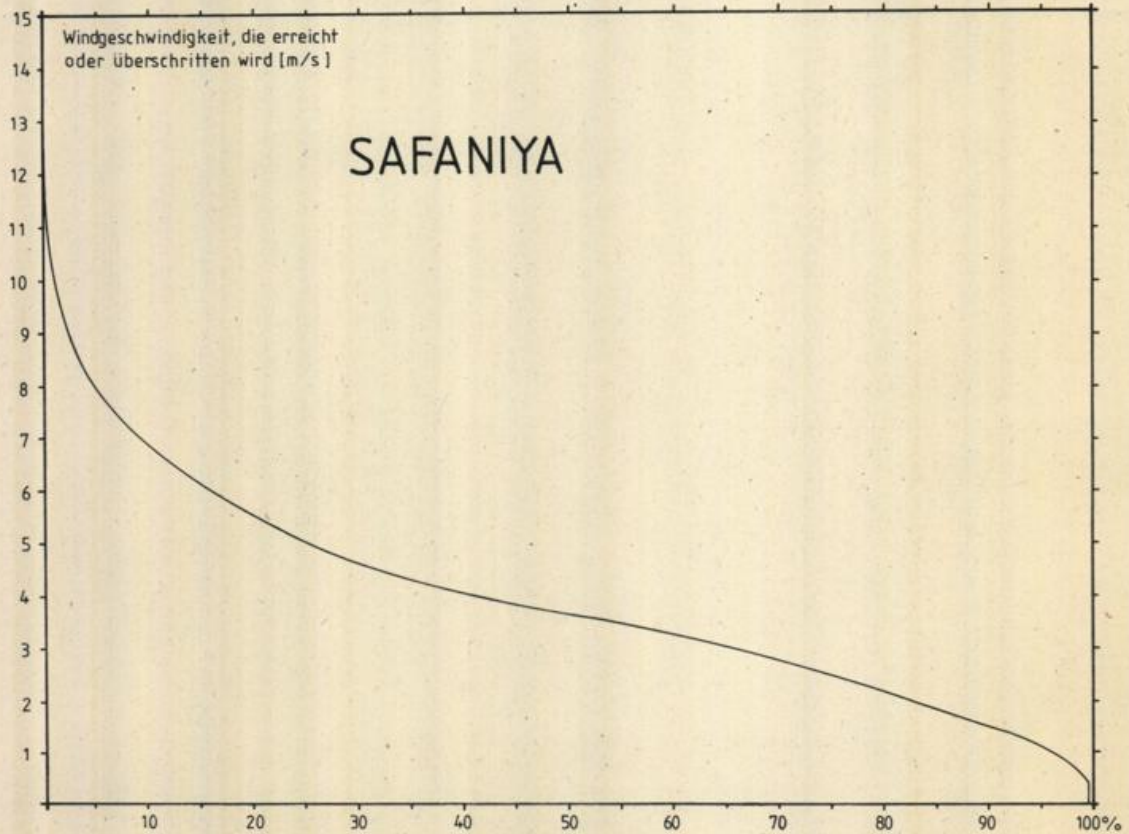


Abb. 2.15.G: Winddauerkurve

SAFANIYA

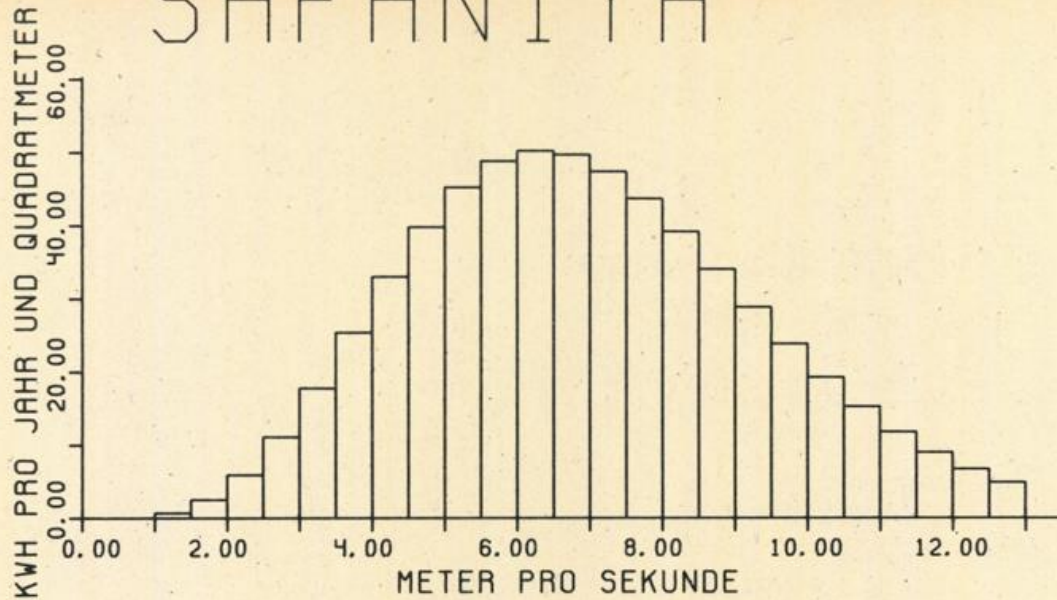


Abb. 2.15.H: Verteilung der Bruttojahresenergie auf Windgeschwindigkeitsintervalle von 0,5 m/s

SAFANIYA/Saudi-Arabien

Windgeschwindigkeitsintervall	Häufigkeit in Prozent	Bruttojahresenergie (kWh)	Summe (kWh)
< m/s <			
1.0- 1.5	6.51	.7	.7
1.5- 2.0	8.88	2.5	3.1
2.0- 2.5	10.05	5.9	9.1
2.5- 3.0	10.36	11.1	20.2
3.0- 3.5	10.05	17.8	38.0
3.5- 4.0	9.31	25.4	63.4
4.0- 4.5	8.31	33.0	96.3
4.5- 5.0	7.19	39.8	136.2
5.0- 5.5	6.05	45.2	181.4
5.5- 6.0	4.96	48.8	230.1
6.0- 6.5	3.98	50.2	280.4
6.5- 7.0	3.13	49.7	330.1
7.0- 7.5	2.41	47.4	377.5
7.5- 8.0	1.82	43.7	421.2
8.0- 8.5	1.35	39.2	460.4
8.5- 9.0	.98	34.1	494.4
9.0- 9.5	.71	28.9	523.3
9.5-10.0	.50	23.9	547.2
10.0-10.5	.35	19.3	566.6
10.5-11.0	.24	15.3	581.8
11.0-11.5	.16	11.8	593.6
11.5-12.0	.11	9.0	602.6
12.0-12.5	.07	6.7	609.3
12.5-13.0	.05	4.9	614.1

Tabelle 2.15.1: Verteilung der Bruttojahresenergie auf Windgeschwindigkeitsintervalle von 0,5 m/s, bezogen auf 1 m².

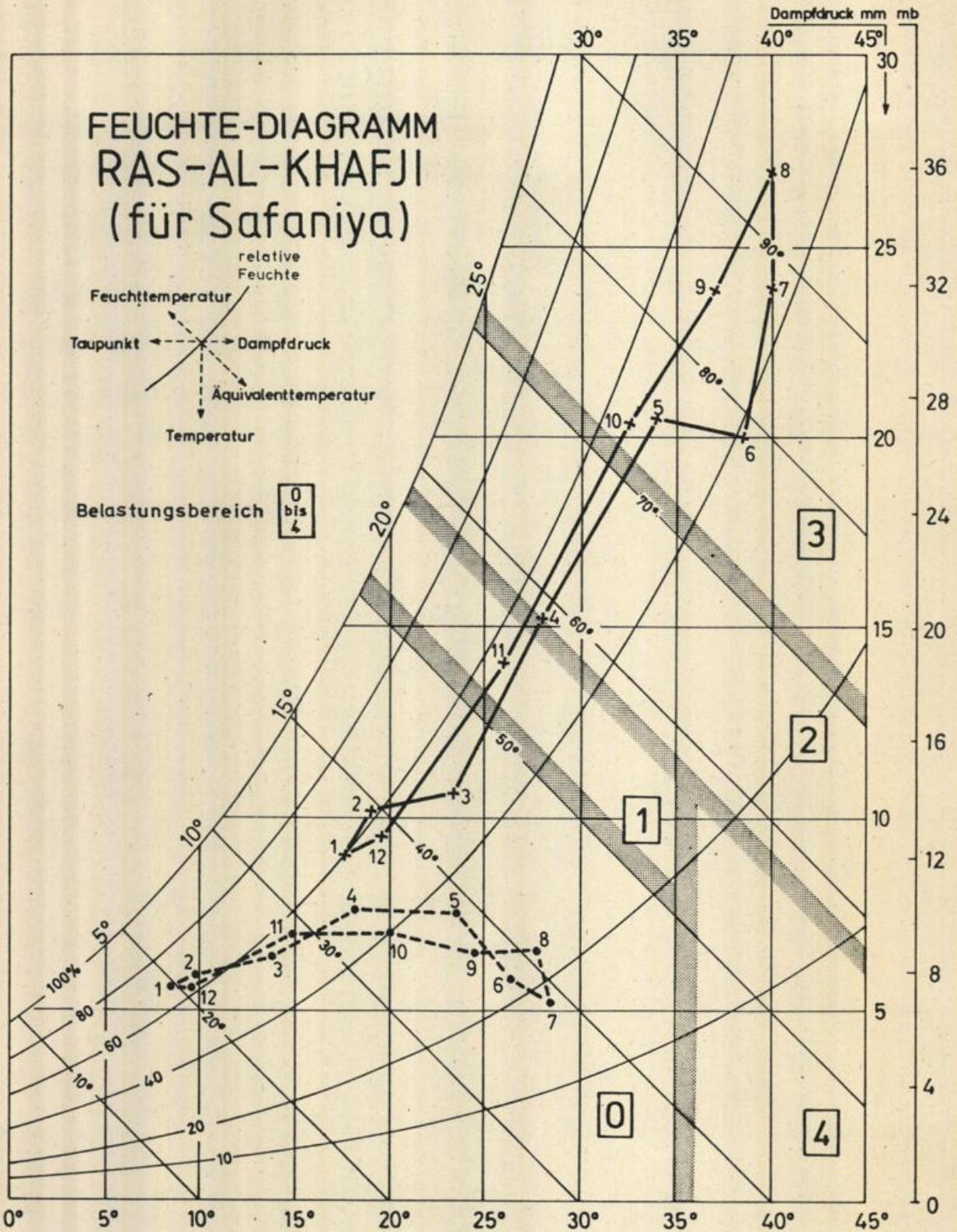


Abb. 2.15.1: Diagramm zur Bestimmung der Wärmebelastung.
 Belastungsbereiche: 0 'belastungsfrei', 1 Übergangsbereich zu 'schwül', 2 'schwül', 3 'sehr schwül', 4 'trocken und heiss'.
 • - - - • morgens, x - - - x mittags, Ziffern an den Symbolen bezeichnen die entsprechenden Monate.

Station: RAS AL KHAFJI (für Safaniya)

Koordinaten: 28 26N 48 30E

15 m über Meeresniveau

Monat	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Periode
LUFTTEMPERATUR (°C)													
abs. Maximum	27,0	36,9	36,7	42,8	43,1	46,6	46,4	46,3	47,0	41,5	35,9	28,8	1962-74
mittl. t8gl. Maximum	17,7	19,9	23,3	27,9	34,1	38,8	40,4	40,0	37,2	32,6	25,9	19,7	1961-74
mittl. t8gl. Minimum	8,3	9,8	13,8	18,0	23,3	26,3	28,2	27,6	24,3	20,0	14,8	9,6	1961-74
abs. Minimum	-2,3	-2,9	6,0	8,0	13,8	18,0	23,8	22,0	17,8	13,4	5,0	-0,6	1962-74
REL. LUFTFEUCHTE (Prozent)													
Mittel 09 Uhr	70	65	55	50	37	23	19	24	29	40	58	65	1967-74
Mittel 15 Uhr	60	61	60	54	51	39	43	49	51	56	56	57	1967-74
MITTL. ZAHL DER TAGE MIT													
Gewitter	0,6	0,3	0,7	1,5	0,9	0,0	0,0	0,1	0,0	0,2	0,6	0,9	1962-74
Hagel	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1962-74
Niederschlag (> 1 mm)	3,6	2,1	1,7	2,8	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	1,5	2,8	1962-74
NIEDERSCHLAG (mm)													
mittl. Monatshöhe	27,0	12,6	9,8	9,5	3,6	0,0	0,0	0,0	0,0	2,1	14,0	15,3	1962-74
höchstes Tagesmaximum	42,0	26,3	18,9	10,0	31,1	0,0	0,0	0,4	0,0	23,0	42,4	23,4	1962-74

2.16 Übersicht Saudi-Arabien

Einen Überblick über das Energieangebot, wie es sich aus den Tagesmittelwerten des Windes errechnet, gibt Abb. 2.15.A. Die windreichsten Regionen sind auch hier - ähnlich wie in Europa - die Küsten. Im Landesinneren nimmt das Windangebot rasch ab. Anders als beispielsweise in Deutschland die Mittelgebirge (W. Benesch et.al. 1978), weisen größere Höhenlagen in Saudi-Arabien offenbar kein größeres Windenergieangebot auf (vgl. Tabouk 769 m, Hail 988 m, Khamis-Mushait 2057 m), da - soweit es die verfügbaren Unterlagen erkennen lassen - der Gradient des Druckfeldes mit der Höhe rasch abnimmt. Vielmehr werden stärkere Winde in den Gebirgen lokal bedingt sein und vor Ort erkundet werden müssen. Auch das überraschend hohe Energieangebot in Yanbo mit 3 bis 4 mal so hohen Werten gegenüber den anderen Stationen am Roten Meer muß als lokale Besonderheit angesehen werden. Demgegenüber erscheint der Wert in Safaniya als zu gering, zumal er aus Stundenmittelwerten errechnet wurde. Es sei bereits hier darauf hingewiesen, daß andere Golfstationen dieser Region, die an späterer Stelle dieser Studie untersucht werden, höhere Werte aufweisen.

Unberührt von der genannten allgemeinen vertikalen Windabnahme in den Tropen bleibt das Phänomen der allgemeinen Windzunahme in den unteren Dekametern der Atmosphäre und das Auftreten sogenannter 'low leveljets'. Letzteres sind Windmaxima, die im Höhenbereich zwischen mehreren 10 Metern bis zu 2000 m Höhe vorkommen können. Diese Stärkwindmaxima treten vorzugsweise nachts auf und verschwinden tagsüber, sie besitzen also einen umgekehrten Tagesgang wie der bodennahe Wind. Sie treten jedoch nicht regelmäßig auf, sondern hängen von verschiedenen atmosphärischen Bedingungen ab. Dieses Phänomen wurde bevorzugt in den USA untersucht, wo in besonderen Fällen Windgeschwindigkeiten über 35 m/s gefunden wurden. Für Arabien sind derartige Untersuchungen jedoch nicht bekannt. Für Abschätzungen zur Windkraftnutzung wird die vertikale Variation des Windes bedeutsam, wenn aus Gründen des höheren Windangebotes Windräder in größeren Höhen installiert werden.

Ziehen wir den norddeutschen Küstenbereich zum Vergleich (ca. 4000 kWh pro Jahr und m^2 (Duensing und Zöllner, 1978)) hinzu, so liegt die Jahresbruttoenergie, d.h. die potentiell nutzbare Energie des Windfeldes pro Jahr und $1 m^2$ Querschnitt senkrecht zur Strömung in Saudi-Arabien zwischen 4 und 27 % des deutschen Küstenwertes.

Tatsächlich aber liegt die hier errechnete Energie insgesamt etwas zu niedrig, da, wie oben am Beispiel von vier Stationen gezeigt, das Tagesmittel die Energie des Windfeldes systematisch unterschätzt.

Dennoch werden die Konstruktionsmerkmale von Windkraftmaschinen besonders die optimale Nutzung geringer Windgeschwindigkeiten berücksichtigen müssen. Ferner ist denkbar, daß wegen des relativ geringen Energieaufkommens lokale Erzeugungs-/Nutzungssysteme vorteilhafter sind als Verbundsysteme. Das bedeutet wiederum, daß eine wartungsarme und robuste Konstruktion unerlässlich ist. Für diesen Gesichtspunkt gibt die jeweils beigefügte Klimatabelle ausführliche Hinweise.

Wenn auch für Saudi-Arabien in dieser Studie nur Tagesmittelwerte zur Verfügung standen, zeigt sich jedoch schon hier der Vorteil gegenüber solchen Abschätzungen, die mit Jahresmittelwerten durchgeführt wurden. Das Ergebnis in Abb. 2.15.B gibt mit der durchgezogenen Linie die Energieausbeute an, die der Jahresmittelwert des Windes ergeben würde (100 %). Die Punkte markieren das Energiepotential auf Grund der statistischen Verteilung des Tagesmittelwindes. Die Dichte wurde bei diesem Vergleich auf $1,2 \text{ kg/m}^3$ normiert. Daraus ergibt sich:

1. Wird das Energiepotential einer Station aus Tagesmittelwerten berechnet, ergeben sich in den meisten Fällen um 50 %, teilweise um mehr als 100 % höhere Werte als mit dem Jahresmittelwert des Windes.
Bei Verwendung von stündlichen Windbeobachtungen wird der Unterschied noch größer (vgl. Abschn. 2.1.3). Wir schlagen entsprechend der Ergebnisse von Abschnitt 2.3.1 deshalb vor, das hier mit Tagesmittelwerten errechnete Energiepotential um ca. 50 % zu erhöhen, um zu einer ersten Näherung des tatsächlichen Energiepotentials zu gelangen.
2. Bei etwa gleichen Jahresmittelwerten der Windgeschwindigkeit ergeben sich an verschiedenen Orten aufgrund unterschiedlichen Verhaltens des Windes verschiedene Energieausbeuten. So errechneten sich beispielsweise für 5 Orte, deren Jahresmittelwind ungefähr 4 m/s betrug, Energiewerte von 470, 522, 619, 624 und 812 kWh (Abb. 2.15.B).

Es ist also besonders in den windschwachen Zonen der Erde notwendig, eine Abschätzung des Energiepotentials anhand der tatsächlichen Windverteilung eines Ortes vorzunehmen. Dabei geben geeignete Terminwerte, die keiner Mittlung über einen längeren Zeitraum unterzogen wurden, ein besseres Bild als z.B. Tagesmittelwerte. Bei der Planung größerer Windenergieanlagen muß eine Erkundung der lokalen Besonderheiten bezüglich des Windfeldes vor Ort geschehen.

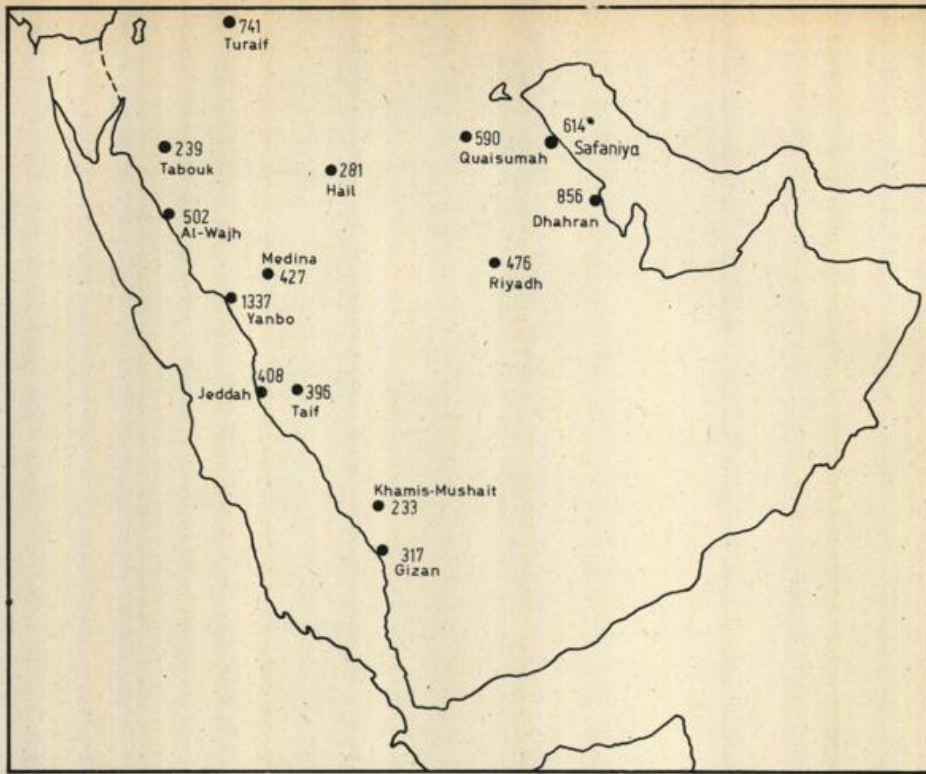


Abb.2.16.A: Uebersicht ueber das Windenergiepotential in Saudi-Arabien in KWh pro Jahr und Quadratmeter, berechnet aus Tagesmittelwerten, 1970-76

* berechnet aus Stundenmittelwerten

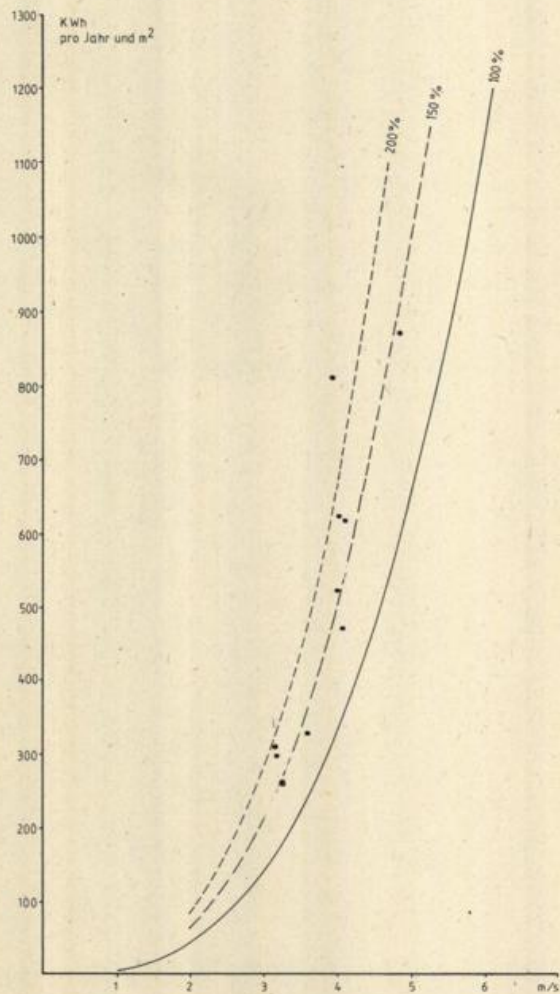


Abb.2.16.B: ● Jahresbruttoenergie, berechnet aus dem Windfeld
 — Jahresbruttoenergie, berechnet aus den Jahresmittelwert der Windgeschwindigkeit
 --- 150 und 200 Prozent der aus dem Jahresmittelwert des Windes berechneten Energie

3. Irak

3.1 Daten und Auswertung Irak

3.1.1 Datenmaterial

Den Auswertungen der irakischen Stationen lagen Klimastatistiken des irakischen Wetterdienstes unterschiedlich langer Zeitabschnitte zugrunde, die im einzelnen in der beigefügten Klimatabelle angegeben werden. Offenbar enden die z.Zt. verfügbaren Auswertungen in den 70er Jahren.

Die Windauswertungen basieren auf einer 30jährigen Reihe von 1941 - 1970 mit 8 Terminablesungen pro Tag (3-stündlich). Dabei waren nur getrennte Statistiken jeweils über Windrichtung und Betrag des Windes, allerdings über denselben Zeitraum, zu erhalten. Es war also nicht möglich, neben den Einzelstatistiken für Richtung und Betrag des Windes auch noch eine Richtungs-Stärke-Häufigkeitsverteilung anzugeben.

Daneben konnten aus den Unterlagen für jede Station und jeden Monat ein mittlerer Tagesgang des Betrages der Windgeschwindigkeit sowie die höchsten Windgeschwindigkeiten der Bezugsperiode angegeben werden, die zwar nicht energetisch, aber doch für konstruktive Maßnahmen von Interesse sein können. Bei diesen Maximalwindgeschwindigkeiten handelt es sich um die höchsten 10-Minutenmittelwerte der jeweils genannten Perioden. Um zu einer Abschätzung der zugehörigen maximalen Böen zu gelangen, scheint unter Berücksichtigung der weitgehend flachen Umgebung der Stationen ein Böenfaktor von 1,3 bis 1,4 realistisch zu sein (Wieringa, 1976). Die unter dem entsprechenden Abschnitt 'Maximale Windgeschwindigkeit' genannten Werte wären demnach mit einem Faktor dieser Größenordnung zu multiplizieren, um einen Schätzwert für die maximalen Böen zu erhalten.

Bearbeitet wurden folgende drei Stationen (Abb. 3.5.A), die einen Querschnitt der irakischen Windverhältnisse von Nord nach Süd bieten:

Station	Höhe über NN	Breite	Länge
Mosul	223 m	36 11 N	43 09 E
Baghdad	34 m	33 14 N	44 14 E
Basrah	2 m	30 34 N	47 47 E

Aussagen über die Drehung der Windrichtung und deren Integration lassen sich aus dem vorliegenden Material nicht machen.

3.1.2 Berechnung der Jahresbruttoenergie

Die Maßzahlen für die Windenergie werden in kWh pro Jahr und 1 m^2 Fläche senkrecht zur Strömungsrichtung angegeben. Da hier kein bestimmter Konvertertyp zugrunde gelegt worden ist, wurde mit dem Wirkungsgrad 1 bezogen auf eine Rotorfläche von 1 m^2 gerechnet. Es wurde also diejenige Energie berechnet, die im Windfeld potentiell vorhanden ist - wobei das jeweils verfügbare Datenmaterial als Grundlage dienen mußte.

Dieses Verfahren bietet den Vorteil, daß geräteunabhängige Vergleichszahlen gewonnen werden. Die tatsächlich nutzbare Energie hängt allerdings noch von weiteren Konvertercharakteristiken ab, wie Anlaufschwelle, Vollastbereich und Abschaltgeschwindigkeit. Mit Hilfe dieser Kenngrößen kann die voraussichtliche konverterbedingte Energieausbeute aus den Winddauerkurven abgeschätzt werden. Umgekehrt geben die Winddauerkurven Auskunft über optimale und wünschenswerte Konvertercharakteristiken.

Das genaue Verfahren sowie die Formel, nach der die Bruttoenergie bestimmt wurde, sind in Anhang A erläutert.

Als Dichtewerte wurden eingesetzt für:

Mosul	:	1,203 kg/m^3
Basrah	:	1,188 kg/m^3
Baghdad, Rutba	:	1,196 kg/m^3

Das sind die Jahresmittelwerte für die jeweiligen Stationen. Für einen jahreszeitlichen Gang des Energieangebotes müßte neben der Windverteilung noch die Variation der Dichte mit ca. $\pm 4-5 \%$ der o.g. Werte zwischen Winter und Sommer berücksichtigt werden.

3.2 Mosul

3.2.0 Allgemeines

Mosul liegt im äußersten Norden von Irak am westlichen Ufer des Tigris, also im Tiefland, in 223 m Höhe und ist im Norden und Osten in etwa 100 km Entfernung von den kurdischen Bergen umgeben. Jenseits der irakischen Grenze erreichen die Höhenzüge 3000 m und mehr. Das nordirakische Tiefland besteht überwiegend aus Wüste oder Salzsteppe. Man findet nur wenige Flüsse, die zum Tigris fließen, im Osten von Mosul und im Westen meist trockene Wadis.

Trotz des überwiegend hohen Luftdrucks im Bereich eines Keils der winterlichen Antizyklone, der sich von Asien zum Mittelmeer erstreckt, ziehen im Winter und Frühjahr gelegentlich Mittelmeerdepressionen über Irak hinweg und beeinflussen das Wetter vor allem im Norden des Landes.

3.2.1 Jahresgang der Windrichtung

Die Hauptwindrichtung liegt in Mosul praktisch das ganze Jahr über zwischen W und N mit den größten Häufigkeiten bei W (Abb. 3.2.A). Besonders deutlich ist das zwischen den Monaten Mai und November der Fall, in denen die relative Häufigkeit auf Werte von über 50 % ansteigt. Während des Winters und im Frühjahr gehen die Anteile aus diesem Richtungssektor auf ca. 30 % zurück zugunsten einer Zunahme von Ost- bis Südwinden, die von ca. 10 % im Sommer auf 25 bis 30 % in den Wintermonaten ansteigen.

Die Kalmenanteile sind im Winter mit 30 bis 40 % sehr hoch und gehen im Sommer auf 20 bis 25 % zurück.

Die Windrichtungsverteilung im Sommer beruht auf der Tatsache, daß sich im Frühsommer das südasiatische Monsuntief nach Westen hin ausdehnt und dabei auch einen Trog vom arabisch-persischen Golf nordwestwärts über Mesopotamien bis zum Hochland von Anatolien erstreckt. Mosul liegt dann normalerweise etwas westlich der Trogachse und weist damit vorwiegend West- bis Nordwestwinde auf.

Im Winter befindet sich Mosul zwischen dem Keil, den die winterliche Hochdruckzelle über Asien bis ins Mittelmeer erstreckt und einer eigenständigen sekundären Hochdruckzelle über Nordarabien, so daß, je nachdem, welches System den stärksten Einfluß auf die Luftströmung ausübt, westliche oder östliche Winde vorherrschen. Vielfach liegt Mosul aber auch in dem gradientschwachen Bereich zwischen beiden Druckgebilden, und entsprechend treten in dieser Jahreszeit die meisten Kalmen auf.

3.2.2 Jahresgang des Betrages der Windgeschwindigkeit

Die Windgeschwindigkeiten liegen meist im Geschwindigkeitsbereich zwischen 0,5 bis 5,4 m/s und machen dort im Winterhalbjahr etwa 50 %, im Sommer gut 60 % aller Fälle aus (Abb. 3.2.b). Auch der nächsthöhere Geschwindigkeitsbereich (5,5 - 10,9 m/s) wird im Sommer häufiger erreicht als im Winter. Die abnehmende Zahl der Kalmen im Zirkulationsbereich des sommerlichen Monsuntiefs erhöht die Anzahl der Fälle in den genannten beiden Geschwindigkeitsklassen.

Anders sieht es in den folgenden beiden Klassen der Windgeschwindigkeit aus, wo zwischen 11,0 und 16,9 m/s Winter und Frühjahr die stärksten Häufigkeiten aufweisen, und erst recht gilt dieses bei Geschwindigkeiten über 17 m/s.

Die Starkwindfälle treten also gleichsam in der Periode der häufigsten Kalmen auf und sind mit den ostziehenden Tiefdruckstörungen aus dem Mittelmeerraum verknüpft.

3.2.3 Tagesgang des Windes

Während jeder Jahreszeit ist ein Tagesgang (Abb. 3.2.C) deutlich zu erkennen mit den höchsten Windgeschwindigkeiten um die Mittagszeit, wenn mit dem Temperaturhöhepunkt die Labilität der Luftmassen am höchsten wird. Nachts ist es windschwächer, und die Werte gehen im Mittel auf die Hälfte der Tagwerte zurück. Oft schläft der Wind auch völlig ein, was durch den Mittelungsprozeß über viele Jahre aber nicht herauskommt. Umgekehrt treten im Einzelfall natürlich zur Zeit des mittäglichen Maximums auch Werte von größer als 4 m/s auf.

Qualitativ ist auch der Jahresgang mit den im Mittel höheren Windgeschwindigkeiten im Sommer (vgl. Abschnitt 3.2.2) gut zu erkennen.

3.2.4 Maximale Windgeschwindigkeit

Die Maximalwindgeschwindigkeiten des Zeitraumes 1941 - 1970, geordnet nach Monaten, gibt für Mosul die folgende Tabelle wieder:

Monat	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Betrag (m/s)	25,0	18,0	17,5	25,0	20,0	23,7	15,0	15,0	16,0	17,5	15,4	17,5
aus Richtg. (Grad)	130	170	180	290	290	270	300	030	290	210	220	170

Die stärksten Winde treten danach bevorzugt in der ersten Jahreshälfte auf und sind mit 25 m/s als schwerer Sturm einzuordnen. Legt man einen Böenfaktor von 1,35 zugrunde (vgl. Abschnitt 3.1.1), müßte mit Böen bis zu 34 m/s gerechnet werden.

3.2.5 Wind- und Energieangebot

Das Windangebot ist aus der Windgeschwindigkeitsdauerkurve zu entnehmen (Abb. 3.2.D). Schwachwindige Verhältnisse mit Geschwindigkeiten kleiner als 5 m/s herrschen in 85 % aller Fälle. Darin enthalten ist ein Kalmenanteil von immerhin 31 %, so daß keine hohe Energieausbeute erwartet werden kann.

Entsprechend errechnet sich die Bruttoenergie zu 427 kWh pro Jahr und 1 m² Fläche senkrecht zur Strömungsrichtung (Tab. 3.2.1). Etwa 80 % der Energie werden im Geschwindigkeitsbereich zwischen einschließlich 4,0 und 11,5 m/s gewonnen (Abb. 3.2.E). Das sind rund 24 % des gesamten Windangebotes. Die Geschwindigkeiten unterhalb und oberhalb der genannten Grenzen, d.h. ca. 76 % des Windaufkommens, steuern nur je ca. 10 % zur Gesamtenergie bei. Die größten Einzelbeiträge liefern die Geschwindigkeiten um 6,5 m/s.

3.2.6 Witterung und Wetterphänomene

Das Monatsmittel der Lufttemperatur steigt von 7,0 Grad Celsius im Januar auf 34,0 Grad Celsius im Juli an und weist damit die hohe Jahresamplitude von 27 K auf. Auch der August ist mit einem Monatsmittel der Temperatur von 33,0 Grad Celsius noch ein sehr heißer Monat. Auffällig ist in diesem Trockenklima der große Unterschied im mittleren Tagesgang zwischen dem Winter mit 10,3 K im Januar und dem Spätsommer mit 22,1 K im September, wenn die Nächte durch die starke Ausstrahlung schon wieder abkühlen, aber mittags noch sehr hohe Temperaturen beobachtet werden. Die absoluten Extremtemperaturen im Verlauf von über 50 Jahren zeigen 7 Monate mit mehr als 40 Grad Celsius (Juli 51,1 Grad Celsius) und 6 Monate mit Frostwerten (Januar -11,1 Grad Celsius). In 9 Monaten des Jahres sind im Untersuchungszeitraum Temperaturen unter 10 Grad Celsius gemessen worden. Die großen Jahres- und Tagesgänge kennzeichnen den kontinentalen Charakter des Klimas von Mosul.

Die relative Feuchte und auch der Dampfdruck zeigen ebenfalls die ausgesprochene Kontinentalität. Nur die Monate Dezember bis Februar weisen morgens Werte um 90 % auf. Mittags liegen sie bei 60 % und gehen in den Sommermonaten auf etwa 15 % zurück. Der Tagesgang der Dampfdruckwerte ist in allen Monaten unbedeutend und erreicht im Mittel etwa 2 hPa im Frühsommer. Aber auch der Jahresgang macht im Mittel nur etwa 5 hPa aus. Dampfdruckwerte von 20 hPa sind in 20 Jahren nur sehr vereinzelt einmal im August überschritten worden. Dann ist es auch in Mosul schwül.

Der Niederschlag ist deutlich auf eine Regenzeit in den Monaten November bis etwa Mai verteilt und fällt während dieser Zeit an 10 bis 15 Tagen im Monat. Monatsmengen von 150 mm sind allerdings in 30 Jahren nur zweimal im Februar und März überschritten worden. Die Übergangsmonate der Regenzeit können aber auch nahezu oder ganz trocken sein. Praktisch ganz ohne Niederschlag sind die Monate Juni bis September. Die mittlere Jahressumme von 390 mm läßt in Mosul ohne Bewässerung keine durchgehende Kultivierung zu, zumal die Verdunstung sehr hoch ist. Maximale Tagesmengen lagen im Untersuchungszeitraum bei 86 mm. Ganz vereinzelte Schneefälle sind in den Monaten November bis Februar gemeldet worden.

Gewitter können in Mosul in allen Monaten beobachtet werden, am häufigsten in den Frühjahrsmonaten März, April und Mai, wenn durch die starke Sonneneinstrahlung die Instabilität im Zusammenhang mit kälterer Luft in der Höhe am kräftigsten auftritt (2 - 4 Tage im Monat). In den trockenen Sommermonaten sind Gewitter in 20 Jahren nur ganz vereinzelt vorgekommen.

Staub und Sand in der Luft ist ein zu allen Jahreszeiten beobachtetes Phänomen in Irak. Allerdings ist der Norden und damit Mosul am wenigsten davon betroffen. Die mittlere Zahl der Fälle steigt mit 0,4 im Januar auf fast 13 im Juli - also zur Zeit der größten Trockenheit - an.

Sand- und Staubstürme sind im Frühjahr zwar am häufigsten, treten aber selbst dann nicht regelmäßig in jedem Jahr auf.

Nebel gibt es in Mosul nur in den Wintermonaten von November bis März, am häufigsten im Dezember und im Monat Januar. Nebel wird meist nicht lange andauern. Häufiger, besonders im Frühjahr, trifft man feuchten Dunst an mit Sichtweiten über 1 km. In den Sommermonaten tritt kein Nebel auf, dafür aber häufig trockener Dunst.

Eine mäßige Wärmebelastung kennt man in Mosul nur in der Mittagszeit in den sehr heißen Sommermonaten Juli bis September (Abb. 3.2.F). Durch die große Trockenheit wird es kaum schwül. Trockene Hitze kann jedoch für den nicht akklimatisierten Europäer dennoch zu gesundheitlichen Beeinträchtigungen führen. Im Juli und August kann leichte bis mäßige Schwüle vorkommen. Morgens gibt es das ganze Jahr über keine Wärmebelastung.

STATION: M O S U L

KOORDINATEN: 36 19N 43 09E 223 M UEBER NN PERIODE: 1941-70

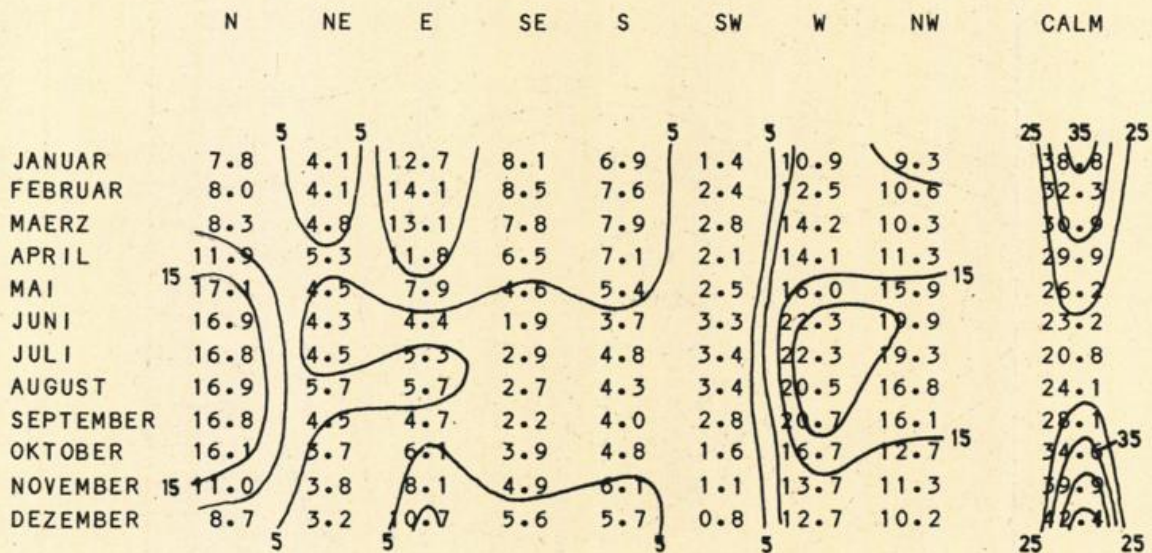


Abb.3.2.A: Jahresgang der Windrichtung in Prozent
Isolinienabstand: 5 Prozent

STATION: M O S U L

KOORDINATEN: 36 19N 43 09E 223 M UEBER NN PERIODE: 1941-70

M/S	0.5- 5.4	5.5-10.9	11.0-16.9	≥17
JANUAR	50.3	10.0	0.8	0.1
FEBRUAR	54.2	12.7	0.7	0.1
MAERZ	56.5	11.6	0.9	0.1
APRIL	55.2	13.9	1.0	0.03
MAI	58.5	14.0	1.2	0.1
JUNI	59.5	16.5	0.8	0.0
JULI	64.1	14.6	0.5	0.0
AUGUST	62.7	12.8	0.3	0.0
SEPTEMBER	61.1	10.5	0.2	0.0
OKTOBER	58.5	6.5	0.3	0.03
NOVEMBER	53.2	6.5	0.3	0.0
DEZEMBER	50.3	6.8	0.5	0.03

Abb.3.2.B: Jahresgang der Windgeschwindigkeit (Betrag) in Prozent

MOSUL

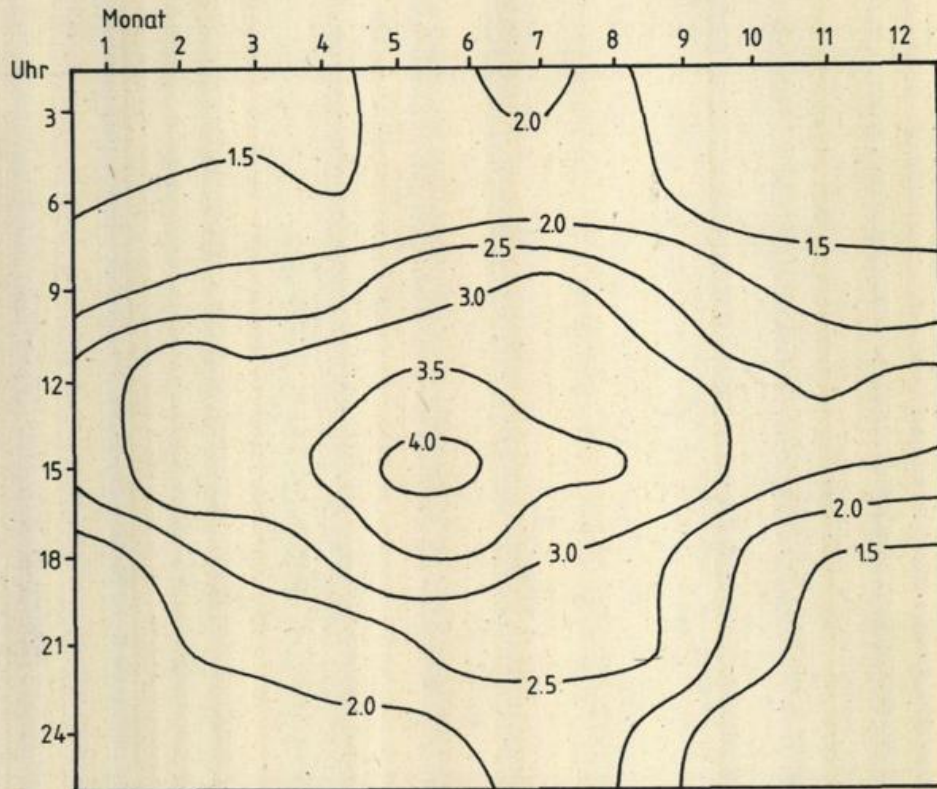


Abb.3.2.C: Isoplethen der Windgeschwindigkeit aus monatlichen Terminmittelwerten 1941-70
 Isolinenabstand: 0.5 Prozent

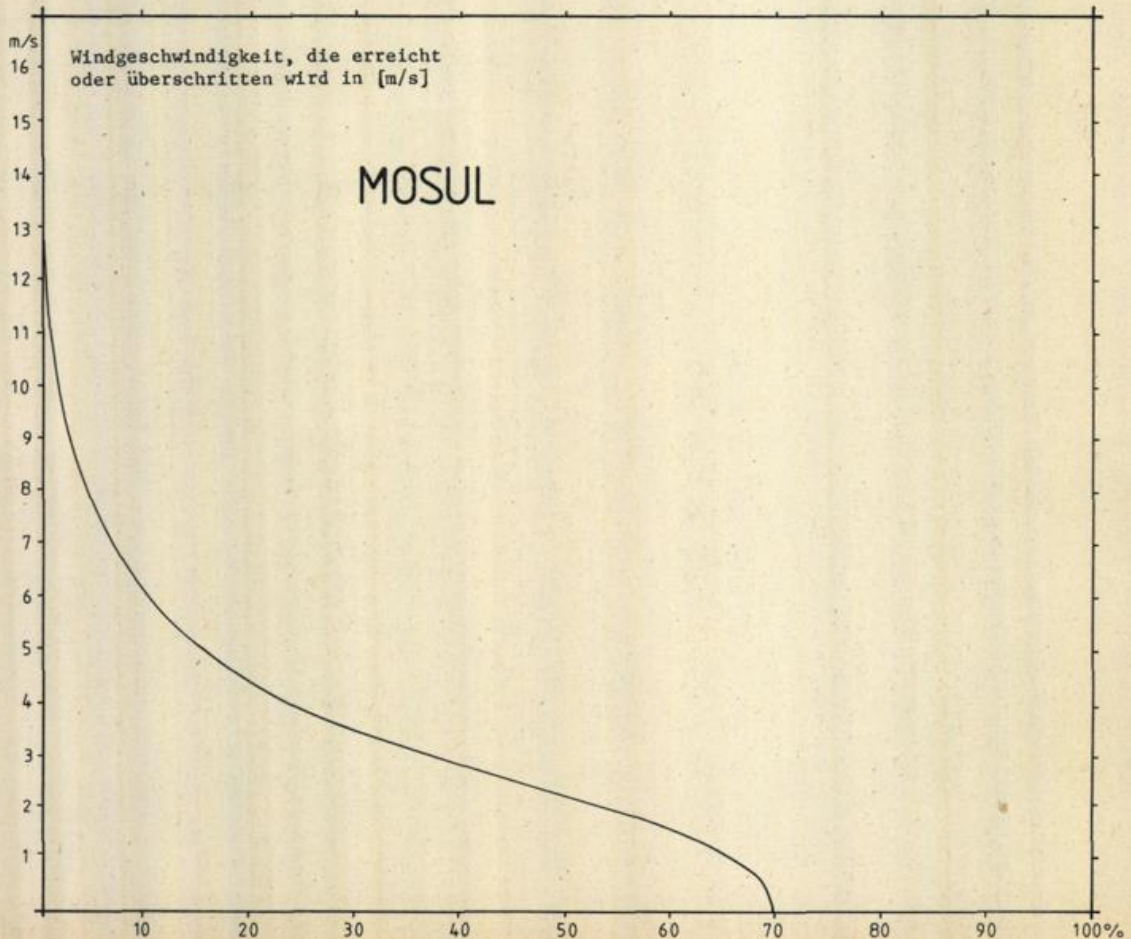


Abb.3.2.D: Windgeschwindigkeitsdauercurve aus Terminwerten der Periode 1941-70

KWH PRO JAHR UND QUADRATMETER

MOSUL

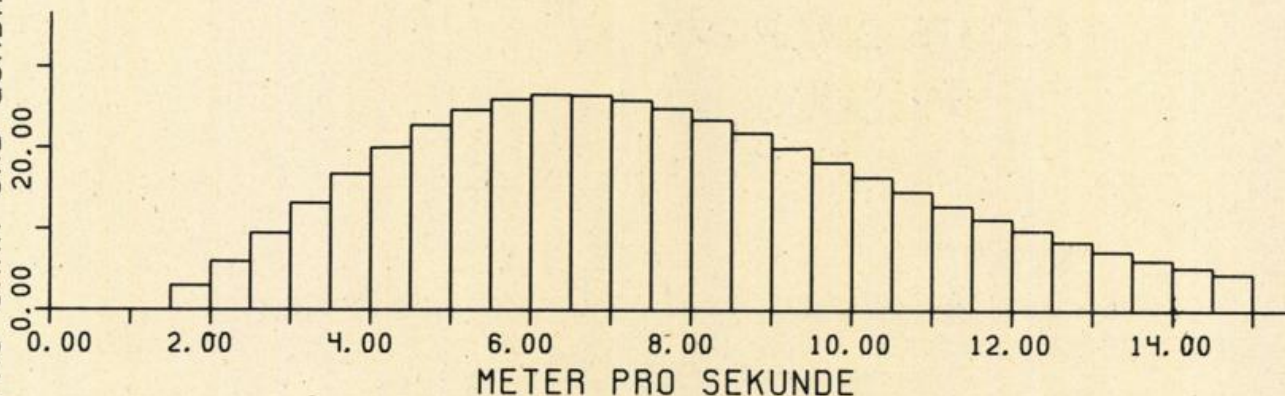


Abb.3.2.E: Verteilung der Bruttojahresenergie auf Windgeschwindigkeitsintervalle von 0.5 m/s. Periode: 1941-71

MOSUL/Irak

Windgeschwindigkeitsintervall	Häufigkeit in Prozent	Bruttojahresenergie (kWh)	Summe (kWh)
< m/s <			
1.5- 2.0	10.56	3.0	3.0
2.0- 2.5	9.93	6.0	9.0
2.5- 3.0	8.65	9.5	18.5
3.0- 3.5	7.30	13.2	31.7
3.5- 4.0	6.06	16.8	48.5
4.0- 4.5	4.96	20.1	68.6
4.5- 5.0	4.03	22.8	91.4
5.0- 5.5	3.25	24.7	116.1
5.5- 6.0	2.60	26.0	142.1
6.0- 6.5	2.07	26.6	168.7
6.5- 7.0	1.64	26.5	195.2
7.0- 7.5	1.29	25.9	221.2
7.5- 8.0	1.02	24.9	246.1
8.0- 8.5	.79	23.5	269.6
8.5- 9.0	.62	21.9	291.5
9.0- 9.5	.48	20.1	311.6
9.5-10.0	.37	18.3	329.9
10.0-10.5	.29	16.5	346.4
10.5-11.0	.22	14.7	361.1
11.0-11.5	.17	12.9	374.0
11.5-12.0	.13	11.3	385.4
12.0-12.5	.10	9.9	395.2
12.5-13.0	.08	8.5	403.7
13.0-13.5	.06	7.3	411.0
13.5-14.0	.05	6.2	417.3
14.0-14.5	.03	5.3	422.5
14.5-15.0	.03	4.5	427.0

Tabelle 3.2.1: Verteilung der Bruttojahresenergie auf Windgeschwindigkeitsintervalle von 0.5 m/s, bezogen auf 1 m².

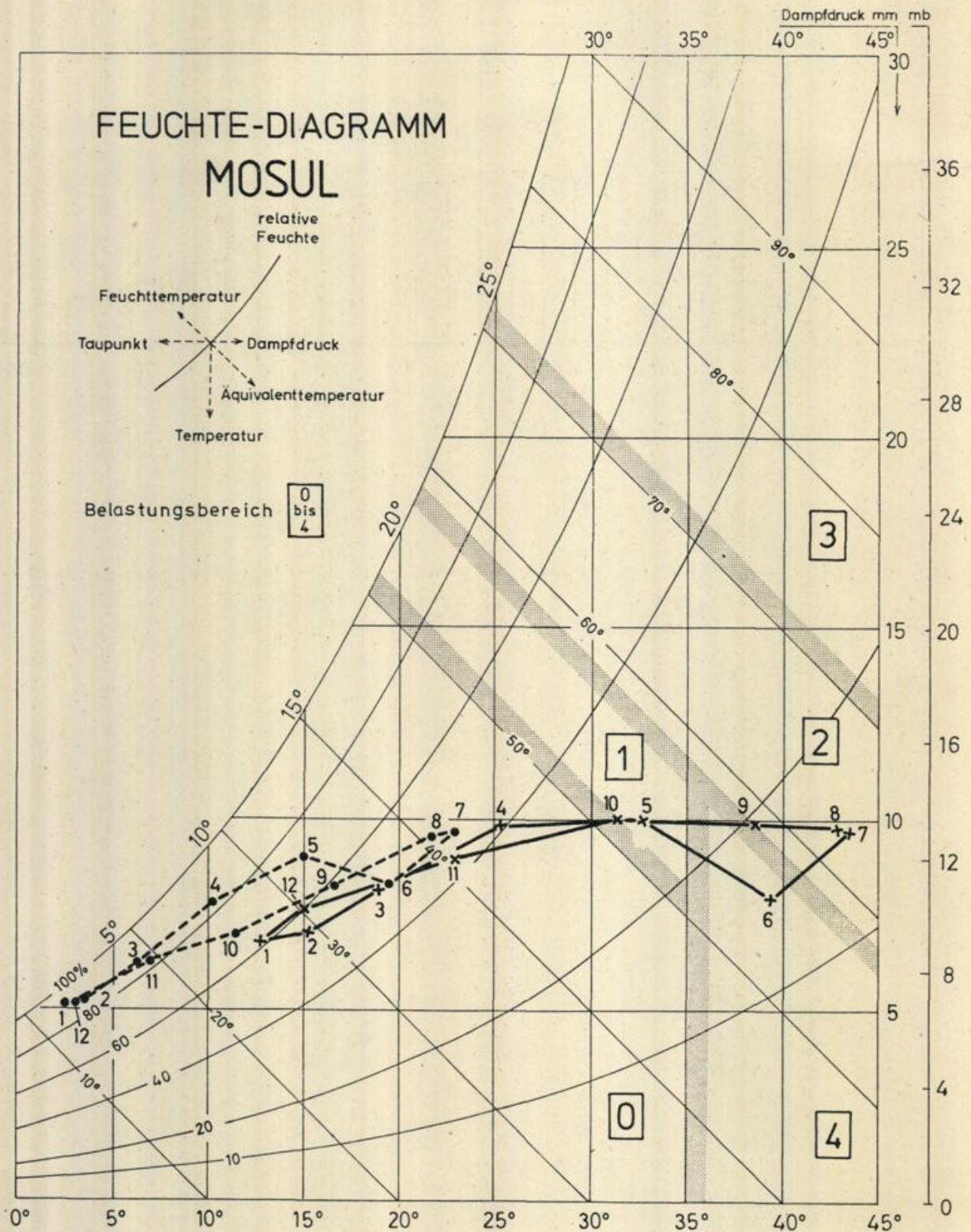


Abb.3.2.F: Diagramm zur Bestimmung der Waermebelastung.

Belastungsbereiche: 0 'belastungsfrei', 1 Uebergangsbereich zu 'schwuel',
2 'schwuel', 3 'sehr schwuel', 4 'trocken und heiss'.

●-----● morgens, x-----x mittags, Ziffern an den Symbolen bezeichnen die
entsprechenden Monate.

STATION: M O S U L

KOORDINATEN: 36 19N 43 09E 223 m UEBER NN

MONAT	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	PERIODE
LUFTTEMPERATUR (°C)													
ABS. MAXIMUM	23.3	26.7	30.6	40.0	44.1	47.6	51.1	49.8	47.2	41.3	35.0	27.2	1923-76
MITTL. TAEGL. MAXIMUM	12.8	15.3	19.0	25.4	32.9	39.6	43.4	43.0	36.7	31.2	22.4	15.0	1941-70
MITTL. TAGESMITTEL	7.0	8.7	12.3	17.4	24.1	30.5	34.0	35.0	27.7	20.5	13.5	8.3	1941-70
MITTL. TAEGL. MINIMUM	2.5	3.5	6.3	10.2	15.0	19.5	22.9	21.8	16.6	11.4	7.0	3.2	1941-70
ABS. MINIMUM	-11.1	-9.4	-3.9	-1.6	6.1	10.0	13.8	12.8	6.9	0.0	-4.4	-7.4	1923-76
REL. LUFTFEUCHTE (Prozent)													
MITTL. TAGESMITTEL	82	76	71	64	48	31	28	30	37	49	67	79	1941-70
MITTEL 06 UHR ORTSZEIT	92	89	87	84	70	49	46	48	58	69	83	90	1941-70
MITTEL 15 UHR ORTSZEIT	61	55	50	41	27	15	15	16	19	29	44	59	1941-70
LUFTDRUCK (hPa)													
MITTL. TAGESMITTEL	1020.5	1019.1	1015.2	1012.3	1010.0	1004.7	999.2	1001.0	1006.8	1014.7	1019.3	1021.0	1953-70
MITTEL 06 UHR ORTSZEIT	1021.8	1019.5	1016.5	1013.5	1011.1	1005.8	1000.4	1002.3	1008.7	1016.2	1020.7	1022.4	1953-72
MITTEL 15 UHR ORTSZEIT	1019.6	1017.9	1013.8	1010.9	1008.1	1002.6	998.6	1000.6	1007.2	1013.2	1018.2	1020.1	1953-72
SONNENSCHINDAUER (Std)													
MITTL. TAGESSUMME	5.1	6.0	6.2	7.0	10.0	12.1	12.4	11.9	10.7	8.6	6.3	5.0	1954-72
MITTL. ZAHL DER TAGE MIT													
SCHNEEFALL	0.3	0.3	0.0	0.03	0.03	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	1941-70
GEWITTER	0.5	1.0	2.6	4.6	3.6	0.6	0.1	0.1	0.3	1.4	1.5	0.4	1941-70
NEBEL	5.5	1.6	1.1	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.03	2.5	5.4	1941-70
FEUCHTER DUNST	6.6	4.9	1.6	1.3	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	2.3	4.0	1964-70
TROCKENER DUNST	0.6	1.4	2.1	2.6	5.3	4.3	5.1	2.3	3.8	4.0	1.8	0.7	1964-70
STAUB IN DER LUFT	0.4	0.4	2.6	4.3	5.8	7.6	12.6	9.3	6.3	3.9	0.8	0.6	1964-70
SAND-/STAUBSTURM	0.1	0.1	0.4	0.3	0.8	0.3	0.3	0.3	0.2	0.5	0.1	0.0	1941-70
TEMPERATURMINIMUM <0 °C	9	5	2	0	0	0	0	0	0	0	2	4	1953-70
NIEDERSCHLAG (mm)													
MAXIMUM IN 24 Std	37.5	56.7	53.2	74.8	40.4	5.4	2.3	0.2	7.1	30.2	86.3	70.9	1941-70
MITTL. MONATSMENGE	67.7	64.2	69.6	50.8	24.7	0.8	0.1	SP	0.7	9.9	36.1	65.6	1941-70
HOECHSTE MONATSMENGE	141.9	182.3	172.7	142.9	142.8	35.4	32.3	30.2	37.1	53.1	126.1	127.7	1941-70
NIEDRIGSTE MONATSMENGE	0.6	5.0	14.3	2.5	SP	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	SP	9.9	1941-70
MITTLERE ZAHL DER TAGE MIT													
MINDESTENS 0.1 mm	13.1	12.1	14.5	13.4	8.9	1.6	0.5	0.4	1.1	6.1	8.5	11.4	1941-70
1.0 mm	9.5	7.6	9.1	7.8	3.6	0.2	0.03	0.0	0.2	2.0	4.7	7.7	1941-70
10.0 mm	2.4	1.9	2.5	1.4	0.7	0.0	0.0	0.0	0.2	1.2	2.3	1941-70	

SP=SPUREN, D.H. NIEDERSCHLAGSMENGEN <0.1 mm

3.3 Baghdad

3.3.0 Allgemeines

Baghdad liegt am Tigris in 34 m Höhe über dem Meeresspiegel etwa in der Mitte zwischen der irakisch-türkischen Grenze im Norden und dem arabisch-persischen Golf im Südosten. Die Stadt ist von Wüste, aber auch von Salzseen im Zweistromland umgeben. Die Entfernung zu den iranischen Zagrosbergen im Osten beträgt etwa 200 km, so daß sich deren Einfluß auf das Klima Baghdads kaum noch auswirkt. Es gibt keine markanten Erhebungen in diesem Flachland.

3.3.1 Jahresgang der Windrichtung

Die Hauptwindrichtung in Baghdad ist das ganze Jahr über NW mit gewissen Variationen zwischen W und N (Abb. 3.3.A). Besonders häufig tritt der Nordwestwind (Schamal) im Sommer auf mit Anteilen von über 50%. Betrachtet man den gesamten Richtungssektor zwischen N und W, so wächst dieser Anteil sogar auf Werte von über 80 % gegenüber 45 - 50 % im Winter.

Daneben besteht im Winter ein sekundäres Maximum in der Häufigkeitsverteilung um SE, das im Sektor E bis S Werte um 30 % annimmt.

Die Erklärung der Windrichtungsverteilung und ihrer monatlichen Variation ist dieselbe wie sie für Mosul gegeben wurde (vgl. Abschnitt 3.2.1). Natürlich weist Baghdad aufgrund der südlicheren Lage andere Prozentanteile in der Richtungshäufigkeitsverteilung auf. Die Hauptwindrichtungen verlagern sich geringfügig von W und E (in Mosul) auf NW und SE in Baghdad.

3.3.2 Jahresgang des Betrages der Windgeschwindigkeit

Der schwachwindige Bereich bis 5 m/s ist mit ca. 65 - 70 % die überwiegende Zeit des Jahres vertreten (Abb. 3.3.B). Im Sommer nehmen diese Werte ein wenig ab auf 55 bis 65 % zugunsten größerer Häufigkeit stärkerer Winde in der nächsthöheren Geschwindigkeitsklasse (5,5 - 10,5 m/s). Gleichmaßen erreichen die Kalmen im Sommer mit Werten um 10 % ihr Minimum gegenüber 15 - 20 % im Herbst und Winter.

Oberhalb von 11 m/s und erst recht oberhalb von 17 m/s treten nennenswerte Häufigkeiten vor allem im Frühjahr auf, die meist in den Zusammenhang mit ostziehenden Mittelmeerstörungen zu stellen sind.

3.3.3 Tagesgang des Windes

Zu allen Jahreszeiten ist ein Tagesgang deutlich ausgebildet (Abb. 3.3.C) in etwa parallelem Verlauf zur Temperatur. Mit zunehmender Labilität der atmosphärischen Dichteschichtung wachsen die Windgeschwindigkeiten im Tagesgang an mit Maximalwerten um Mittag. Nachts, zur Zeit der größten Stabilität der Luft, ist es am windschwächsten. Gemäß den allgemein höheren Windgeschwindigkeiten liegt gegenüber Mosul das Geschwindigkeitsniveau in Bagdad auch im Tagesgang höher als im Norden.

Zu beachten ist, daß die Werte Terminmittelwerte darstellen und im Einzelfall größer oder auch kleiner sein können.

3.3.4 Maximale Windgeschwindigkeit

Die Maximalwindgeschwindigkeiten des Zeitraumes 1941 - 70 geordnet nach Monaten gibt für Bagdad die folgende Tabelle wieder:

Monat	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Betrag (m/s)	25,5	31,0	25,5	35,5	34,8	32,5	19,8	20,5	21,9	29,0	19,4	24,6
aus Richt. (Grad)	180	140	270	280	270	340	320	330	330	300	220	150

Ebenso wie das allgemeine Windangebot liegen auch die Spitzenwindgeschwindigkeiten in Bagdad höher als in Mosul. Wiederum treten die höchsten Werte in der ersten Jahreshälfte auf und können Orkanstärke (ab 32,5 m/s) erreichen. Bei einem Böenfaktor von 1,35 (vgl. 3.1.1) müßte mit Böen bis zu 48 m/s gerechnet werden. Bei Kaltfrontdurchgängen im Winter ist es in Bagdad vorgekommen, daß Hausdächer abgedeckt wurden.

3.3.5 Wind- und Energieangebot

Das Windangebot ist aus der Windgeschwindigkeitsdauerkurve (Abb. 3.3.D) zu entnehmen. Bei einem Kalmenanteil von 13,6 % und bei schwachwindigen Verhältnissen mit Windgeschwindigkeiten kleiner als 5 m/s in ca. 74 % aller Fälle läßt sich ein höheres Energieangebot als in Mosul erwarten.

Die Bruttojahresenergie errechnet sich aus dieser Verteilung zu ca. 680 kWh (Tab. 3.3.1) pro Jahr und 1 m² senkrecht zur Luftströmung. Etwa 80 % der Energie werden im Geschwindigkeitsbereich zwischen

einschließlich 4,0 und 11,0 m/s gewonnen (Abb. 3.3.E). Das sind rund 42 % des gesamten Windangebotes. Die Geschwindigkeiten unterhalb und oberhalb der genannten Grenzen, d.h. ca. 58 % des Windaufkommens, steuern nur je ca. 10 % zur Gesamtenergie bei. Die größten Einzelbeiträge liefern die Geschwindigkeiten um 6 m/s.

3.3.6 Witterung und Wetterphänomene

Die Monatsmittel der Temperatur steigen von 10,0 Grad Celsius im Januar auf 34,8 Grad Celsius im Juli an und weisen damit die hohe Jahresamplitude von 24,8 K auf. Der August ist mit 34,4 Grad Celsius nahezu ebenso heiß wie der Juli. Kennzeichnend für das trocken-heiße Klima ist der große Unterschied im mittleren Tagesgang zwischen dem Winter mit 11,7 K (Januar) und etwa 18 K in den Sommermonaten.

Die absoluten Extremtemperaturen im Verlauf von über 50 Jahren sind beachtlich. Von April bis Oktober wurden 40 Grad Celsius überschritten, in 2 Monaten sogar 50 Grad Celsius erreicht. Zwischen November und März wurden Frosttemperaturen (Januar -8,5 Grad Celsius) beobachtet. In 7 Monaten des Jahres wurden +10 Grad Celsius unterschritten. Dies kennzeichnet den kontinentalen Charakter des Klimas von Bagdad.

Die relative Feuchte und auch der Dampfdruck sind ebenfalls durch den kontinentalen Einfluß geprägt. Nur in den Monaten Dezember und Januar werden zum Morgenterrnin gelegentlich 90 % relative Feuchte gemeldet. Im Sommer sind es morgens im Mittel höchstens 30 bis 40 % und mittags meist um 10 bis 15 %.

Man findet im Mittel kaum einen Tagesgang der Dampfdruckwerte. Auch ein ausgesprochener Luftmassenwechsel findet nur äußerst selten statt. Bagdad weist praktisch nur kontinentale Luftmassen auf. Der mittlere Unterschied im Dampfdruckwert zwischen Winter und Sommer bleibt gering und erreicht im Tagesmittelwert kaum 4 hPa. Nur im August erreicht der Dampfdruck Werte um 15 hPa und bisweilen auch noch darüber.

Der Niederschlag in Bagdad beträgt in der mittleren Jahressumme etwa 150 mm. Die durchschnittlich 58 Tage mit Niederschlag im Jahr verteilen sich auf die Monate Oktober bis Mai mit jeweils 8 bis 9 Tagen von Dezember bis April. Die Monate Juli und August sind praktisch ganz trocken. Die größte Schwankungsbreite (zwischen 0 und 150 mm) weisen März und April auf.

Die maximale Tagesmenge des Niederschlags lag im Beobachtungszeitraum bei 71 mm (im April), ein Mehrfaches der mittleren Monatsmenge. - Schneefall ist in Bagdad äußerst selten.

Gewitter kommen außer im Juli und August in allen Monaten vor und werden am häufigsten im März und April beobachtet. Im Einzelfall sind bis zu 9 Tagen in beiden Monaten gezählt worden. Dabei tritt bisweilen auch einmal Hagel auf.

In den Wüstengebieten der näheren und weiteren Umgebung wird

insbesondere zwischen März und Juni und besonders im Juli Sand und vor allem Staub aufgewirbelt, der bis in Höhen von 3 - 4 km transportiert werden und sich über mehrere Tage in der Luft halten kann. Vor allem im Sommer werden die Partikel mit dem stetigen NW-Wind (Schanal) südostwärts bis in den arabisch-persischen Golf verfrachtet. Insgesamt gibt es im Jahresmittel immerhin 20 Tage mit Sand- oder Staubsturm in Bagdad, während es im Mittel sogar 105 Tage im Jahr sind, an denen Staub in der Luft gemeldet wird.

Gelegentlich wird in Bagdad Nebel beobachtet, im Mittel an 15 Tagen des Jahres, hauptsächlich im Dezember und Januar mit 6, bzw. 5 Tagen. Starke nächtliche Abkühlung und die Wasserflächen im Tigris- und Euphrattal bilden die Voraussetzung für flachen Bodennebel. Während dieser beiden Monate tritt auch sehr häufig feuchter Dunst auf.

In den Sommermonaten wird dagegen an 15 bis 20 Tagen trockener Dunst bedingt durch feinen Staub gemeldet. Insgesamt sind es im Durchschnitt etwa 166 Tage im Jahr.

Eine Wärmebelastung empfindet man in Bagdad durch die trockene Hitze von Mai bis September in den Mittagsstunden, wobei es im Juli und August gelegentlich auch schwül werden kann. Die etwas erhöhte Windgeschwindigkeit in dieser Jahreszeit wird dann als erleichternd empfunden (Abb. 3.3.F). Morgens bleibt es in der Regel das ganze Jahr über belastungsfrei.

STATION: B A G H D A D

KOORDINATEN: 33 14N 44 14E 34 M UEBER NN PERIODE: 1941-70

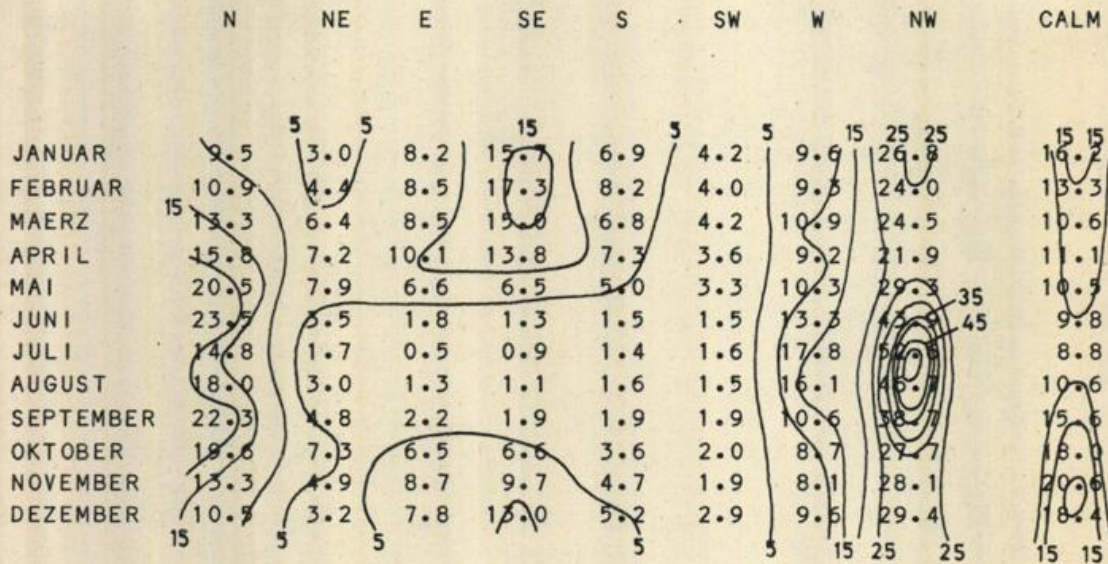


Abb.3.3.A: Jahresgang der Windrichtung in Prozent
Isolinienabstand: 5 Prozent

STATION: B A G H D A D

KOORDINATEN: 33 14N 44 14E 34 M UEBER NN PERIODE: 1941-70

M/S	0.5- 5.4	5.5-10.9	11.0-16.9	≥17
JANUAR	68.0	14.8	1.1	0.0
FEBRUAR	66.7	18.1	1.8	0.1
MAERZ	66.8	20.9	1.7	0.1
APRIL	67.0	20.8	1.0	0.1
MAI	67.6	21.2	0.6	0.02
JUNI	60.1	29.1	0.9	0.0
JULI	55.8	33.8	1.6	0.0
AUGUST	61.3	27.1	0.9	0.0
SEPTEMBER	65.2	18.7	0.4	0.0
OKTOBER	69.1	12.6	0.3	0.0
NOVEMBER	69.1	10.2	0.1	0.0
DEZEMBER	69.5	11.4	0.7	0.0

Abb.3.3.B: Jahresgang der Windgeschwindigkeit (Betrag) in Prozent

BAGHDAD

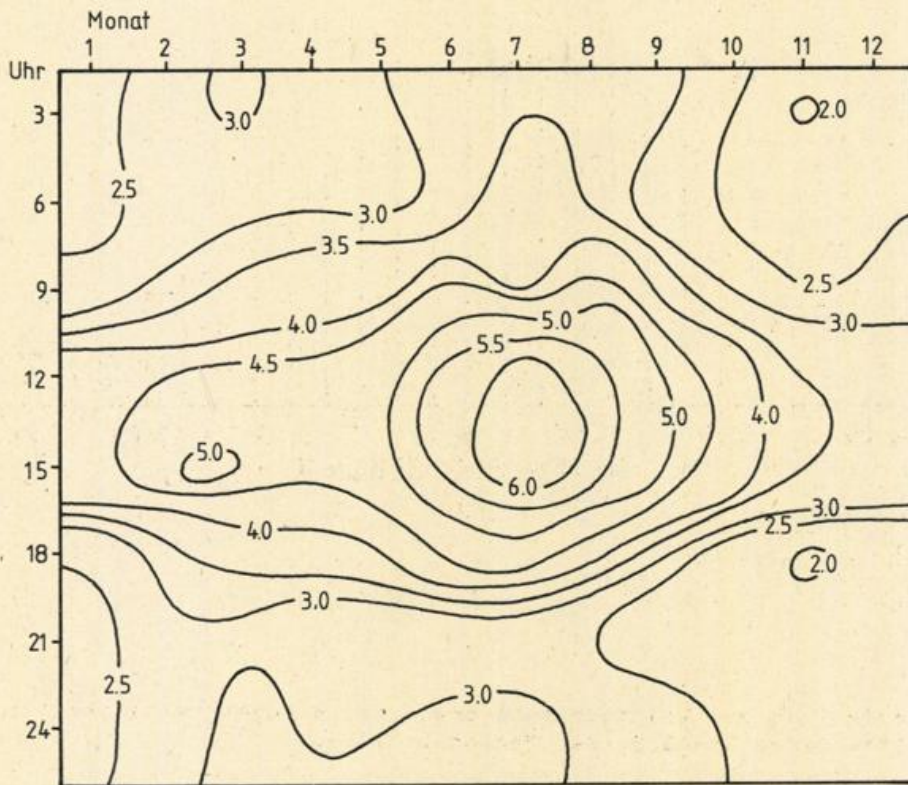


Abb.3.3.C: Isoplethen der Windgeschwindigkeit aus monatlichen Terminmittelwerten 1941-70
 Isolinenabstand: 0.5 Prozent

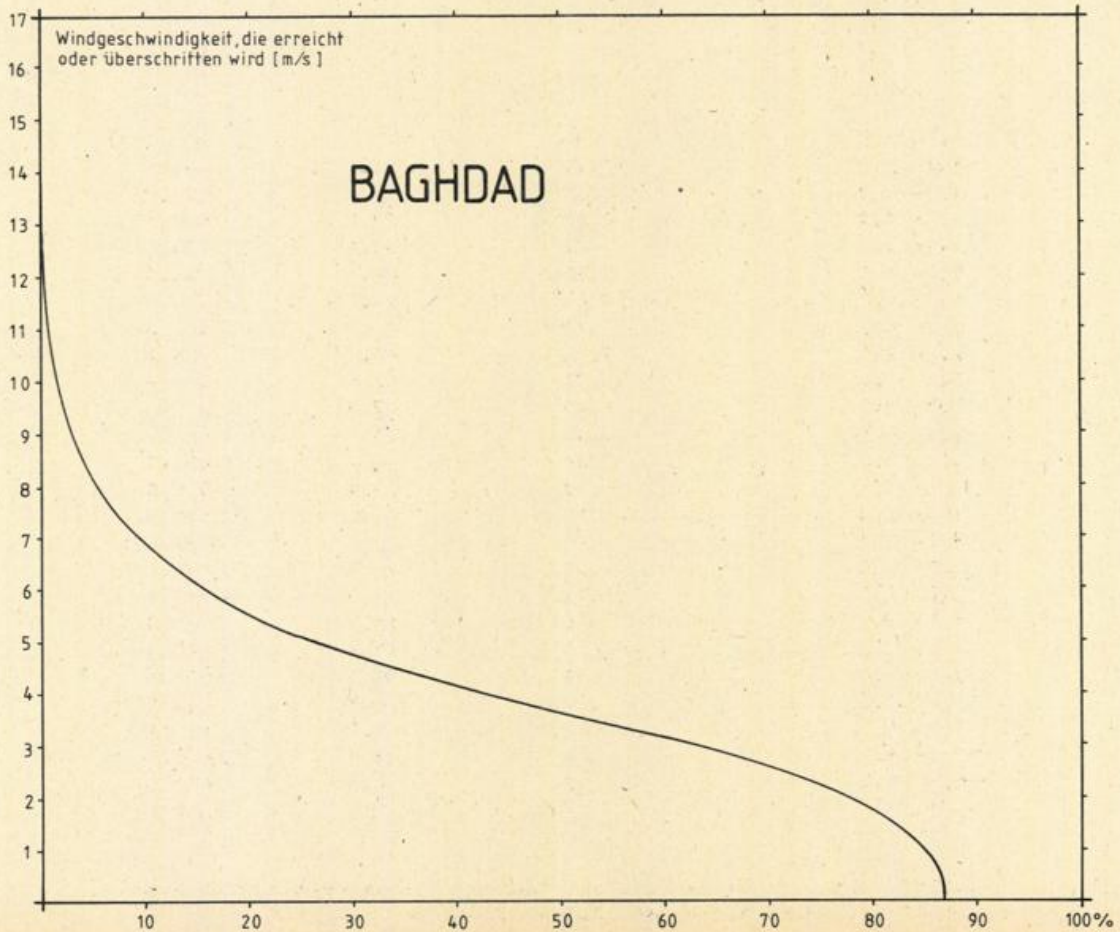


Abb.3.3.D: Windgeschwindigkeitsdauerkurve aus Terminwerten der Periode 1941-70

BAGHDAD

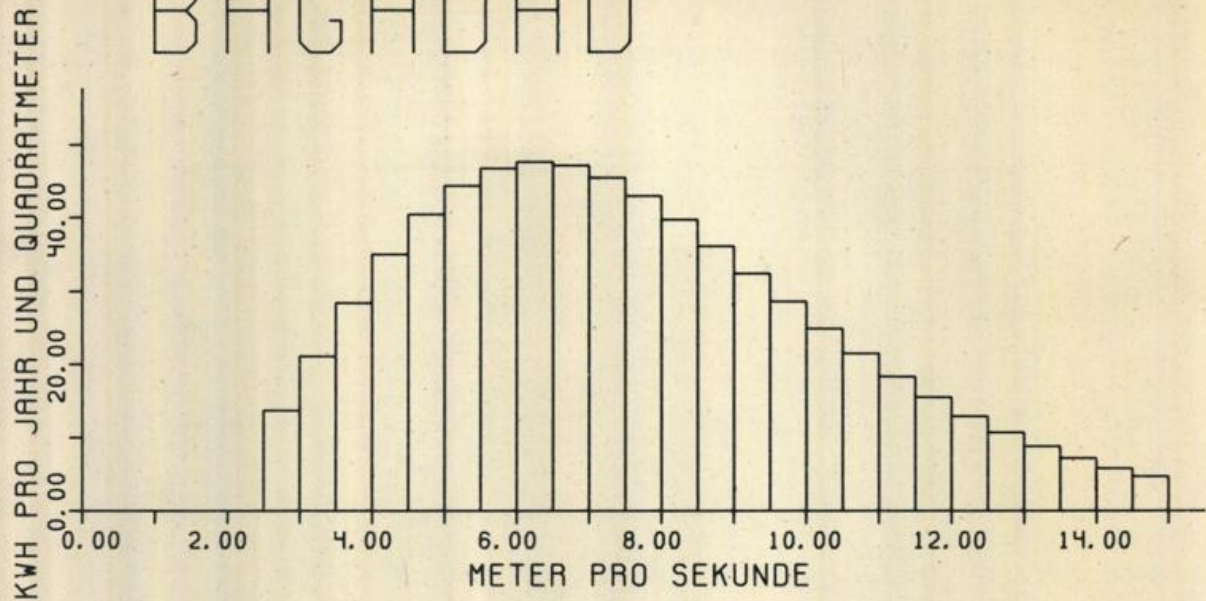


Abb.3.3.E: Verteilung der Bruttojahresenergie auf Windgeschwindigkeitsintervalle von 0,5 m/s. Periode: 1941-71

BAGHDAD/Irak

Windgeschwindigkeitsintervall	Häufigkeit in Prozent	Bruttojahresenergie (kWh)	Summe (kWh)
≤ m/s <			
2.5- 3.0	12.56	13.7	13.9 (*)
3.0- 3.5	11.72	21.1	35.0
3.5- 4.0	10.27	28.4	63.3
4.0- 4.5	8.69	35.0	98.3
4.5- 5.0	7.19	40.4	138.7
5.0- 5.5	5.85	44.3	183.0
5.5- 6.0	4.69	46.7	229.7
6.0- 6.5	3.72	47.6	277.3
6.5- 7.0	2.92	47.1	324.4
7.0- 7.5	2.28	45.4	369.9
7.5- 8.0	1.76	42.9	412.8
8.0- 8.5	1.35	39.7	452.5
8.5- 9.0	1.03	36.1	488.7
9.0- 9.5	.78	32.4	521.0
9.5-10.0	.59	28.6	549.6
10.0-10.5	.44	24.9	574.6
10.5-11.0	.33	21.5	596.1
11.0-11.5	.25	18.3	614.4
11.5-12.0	.18	15.5	629.8
12.0-12.5	.13	12.9	642.8
12.5-13.0	.10	10.7	653.5
13.0-13.5	.07	8.8	662.2
13.5-14.0	.05	7.2	669.4
14.0-14.5	.04	5.8	675.2
14.5-15.0	.03	4.7	679.9

Tabelle 3.3.1: Verteilung der Bruttojahresenergie auf Windgeschwindigkeitsintervalle von 0,5 m/s, bezogen auf 1 m².

(*) dieser Wert enthält die Energiebeiträge der nicht aufgeführten unteren Windgeschwindigkeitsintervalle.

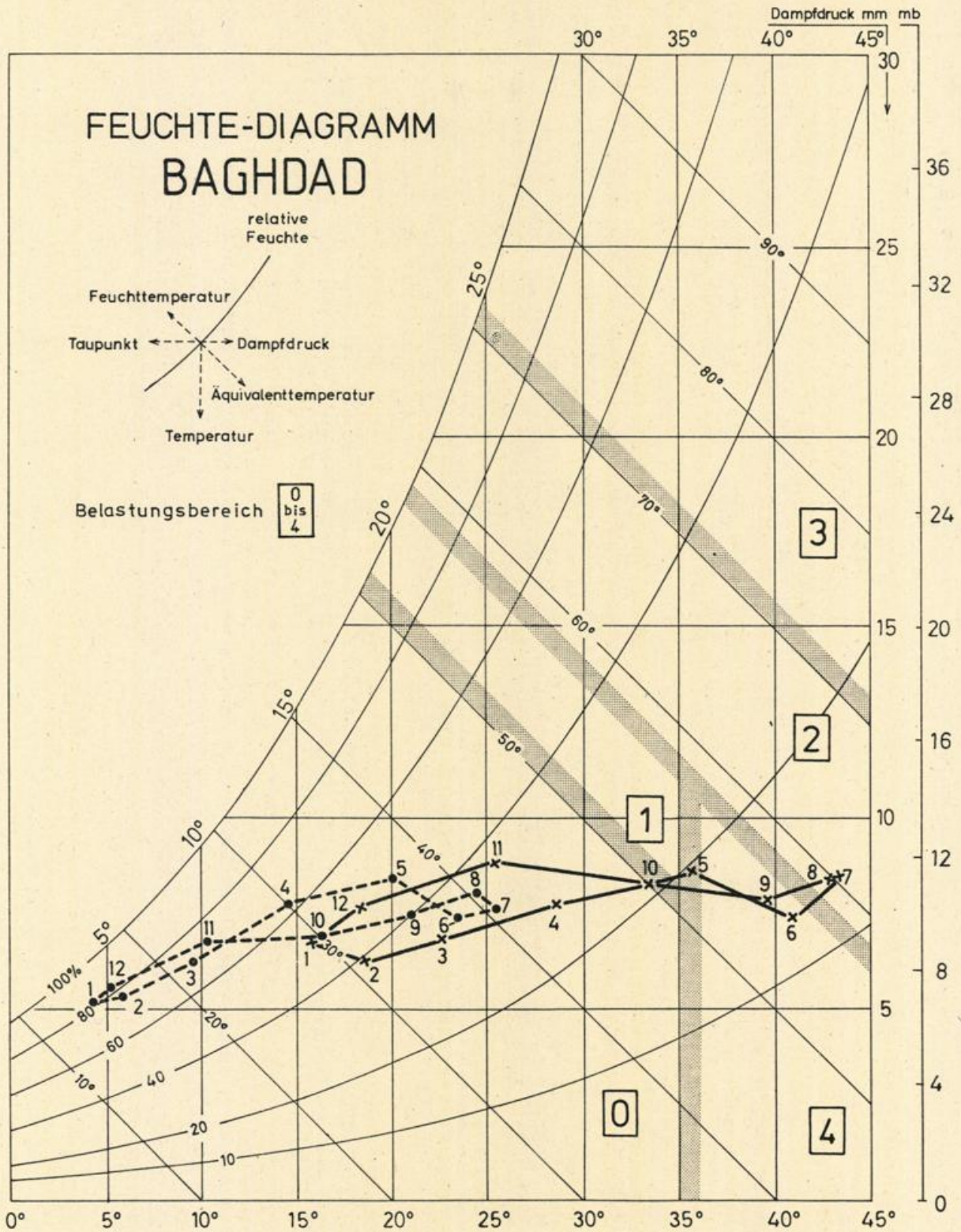


Abb.3.3.F: Diagramm zur Bestimmung der Waermebelastung.
 Belastungsbereiche: 0 'belastungsfrei', 1 Uebergangsbereich zu 'schwuel',
 2 'schwuel', 3 'sehr schwuel', 4 'trocken und heiss'.
 ●-----● morgens, x-----x mittags, Ziffern an den Symbolen bezeichnen die
 entsprechenden Monate.

STATION: B A G H D A D

KOORDINATEN: 33 14N 44 14E 34 m UEBER NN

MONAT	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	PERIODE
LUFTTEMPERATUR (°C)													
ABS. MAXIMUM	25.0	30.0	36.1	43.3	44.7	48.3	50.0	50.2	47.2	42.0	36.7	26.7	1923-76
MITTL. TAEGL. MAXIMUM	16.0	18.7	22.7	28.7	35.8	41.0	43.4	43.3	39.8	33.4	24.6	17.6	1941-70
MITTL. TAGESMITTEL	10.0	12.3	16.3	22.0	28.4	33.0	34.8	34.4	30.6	24.6	17.1	11.0	1941-70
MITTL. TAEGL. MINIMUM	4.3	5.9	9.6	14.6	20.0	23.4	25.3	24.6	21.0	16.2	10.3	5.2	1941-70
ABS. MINIMUM	-8.5	-6.0	-3.3	1.2	10.0	13.5	16.6	17.8	10.6	3.5	-3.0	-6.7	1923-76
REL. LUFTFEUCHTE (Prozent)													
MITTL. TAGESMITTEL	70	61	52	45	33	23	23	24	28	37	56	70	1941-70
MITTEL 06 UHR ORTSZEIT	84	77	70	63	48	34	32	35	40	50	71	83	1941-70
MITTEL 15 UHR ORTSZEIT	50	39	34	27	19	13	13	13	15	22	38	51	1941-70
LUFTDRUCK (hPa)													
MITTL. TAGESMITTEL	1019.4	1018.0	1014.1	1010.9	1008.6	1003.8	998.6	1000.2	1006.5	1013.2	1017.9	1019.8	1955-70
MITTEL 06 UHR ORTSZEIT	1020.7	1019.1	1015.5	1015.2	1012.1	1009.8	1004.7	999.6	1001.2	1007.4	1014.4	1019.2	1955-70
MITTEL 15 UHR ORTSZEIT	1018.7	1017.0	1013.1	1016.4	1009.9	1007.5	1002.6	997.5	1000.1	1005.4	1012.3	1017.2	1955-70
SONNENSCHINDAUER (Std)													
MITTL. TAGESSUMME	6.3	7.4	7.3	8.5	10.0	11.9	11.9	11.6	10.7	9.1	7.2	6.3	1953-70
MITTL. ZAHL DER TAGE MIT													
SCHNEEFALL	0.03	0.03	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.03	1941-70
GEWITTER	0.8	0.8	2.0	2.7	1.6	0.1	0.0	0.0	0.2	0.8	1.2	0.8	1941-70
NEBEL	5.1	1.7	0.4	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	2.0	5.8	1941-70
FEUCHTER DUNST	14.1	10.9	2.4	1.6	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	7.7	16.0	1964-70
TROCKENER DUNST	10.7	9.3	5.9	11.0	14.1	14.9	14.0	18.5	19.1	21.4	14.3	13.1	1964-70
STAUB IN DER LUFT	4.1	6.9	11.0	12.0	12.4	12.0	16.3	10.5	3.7	7.6	3.0	5.4	1964-70
SAND-/STAUBSTURM	1.2	2.1	2.4	2.4	2.6	1.7	3.1	1.3	0.7	1.2	0.9	0.7	1941-70
TEMPERATURMINIMUM < 0 °C	10	6	2	0	0	0	0	0	0	0	2	9	1953-70
NIEDERSCHLAG (mm)													
MAXIMUM IN 24 Std	35.5	47.7	55.6	71.0	65.0	2.0	SP	SP	6.2	22.3	48.9	40.0	1941-70
MITTL. MONATSMENGE	25.3	24.4	22.7	22.3	8.1	0.1	SP	SP	0.3	3.7	17.1	22.9	1941-70
HOECHSTE MONATSMENGE	79.0	85.5	148.7	148.4	73.8	32.0	SP	SP	36.2	26.6	77.8	90.1	1941-70
NIEDRIGSTE MONATSMENGE	0.6	0.7	0.6	SP	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	SP	1.8	1941-70
MITTLERE ZAHL DER TAGE MIT													
MINDESTENS 0.1 mm	8.4	7.8	8.8	8.8	4.9	0.3	0.03	0.03	0.5	4.0	6.7	7.9	1941-70
1.0 mm	3.6	3.2	3.3	3.2	1.2	0.03	0.0	0.0	0.03	0.6	2.3	3.5	1941-70
10.0 mm	0.7	0.8	0.6	0.6	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.5	0.5	1941-70

SP=SPUREN, D.H. NIEDERSCHLAGSMENGEN < 0.1 mm

3.4 Basrah

3.4.0 Allgemeines

Basrah liegt am Westufer des Shatt-el-Arab, dem Mündungsfluß von Euphrat und Tigris und noch etwa 80 km landeinwärts von der Mündung in den arabisch-persischen Golf, hat aber eine Meereshöhe von nur 2 m. Das umgebende Flachland ist mit großen Salz-Sumpfgebieten durchsetzt, und im Nordwesten der Stadt liegt der Binnensee Hor-el-Hammar. Das Klima hat somit einen maritimen Wüstencharakter, wobei nur die flußnahen Gebiete Pflanzenwuchs gestatten.

3.4.1 Jahresgang der Windrichtung

Hauptwindrichtung in Basrah ist - wie weiter nördlich in Bagdad - das ganze Jahr über Nordwest (Abb. 3.4.A). Dieser beständige Nordwest, dessen Häufigkeit im Richtungssektor zwischen W und N von 50 - 60 % im Winter auf 85 bis fast 90 % im Sommer zunimmt, wird "Schamal" genannt.

Im Winter und Frühjahr ist neben der Hauptwindrichtung ein sekundäres Maximum bei SE festzustellen, das im Richtungssektor E bis S im Frühjahr Anteile bis zu 30 % aufweist.

Die Kalmen sind im Sommer mit 5 - 7 % am geringsten und nehmen im Winter auf 10 - 12 % zu.

Die Ursache für die Richtungsverteilung und deren Jahresgang sind gemäß der Luftdruckverteilung die gleichen wie für Mosul (vgl. Abschnitt 3.2.1). Danach ist der Nordwestsektor im Sommer bevorzugt durch die Lage Basrahs am Westrand des Troges über Mesopotamien, der, ausgehend von dem südasiatischen Monsuntief, bis nach Anatolien reicht. Im Winter und Frühjahr ergeben sich nordwestliche oder südöstliche Winde, je nachdem, ob die Station von der eigenständigen Hochdruckzelle über Nordarabien oder von dem Hochkeil des asiatischen Zentralhochs beeinflusst ist.

3.4.2 Jahresgang des Betrages der Windgeschwindigkeit

Die Windgeschwindigkeiten bewegen sich zu 70 - 80 % im Geschwindigkeitsbereich kleiner als 5 m/s, wobei nur ein schwacher Jahresgang erkennbar wird (Abb. 3.4.B). Im Juni und Juli treten schwache Winde in geringerem Maße auf, und auch die Kalmenanteile gehen etwas zurück. Die Windzunahme macht sich vor allem in der nächsthöheren Klasse (5,5 - 10,5 m/s) bemerkbar, die ihre Anteile in diesen zwei Monaten auf 23 - 30 % erhöht.

Windgeschwindigkeiten über 11 m/s überschreiten nur im Frühjahr die 1 Prozent-Marke, und Spitzenwindgeschwindigkeiten über 17 m/s treten mit

dem sog. "Winter-Schamal" hauptsächlich während dieser Jahreszeit auf.

3.4.3 Tagesgang des Windes

Der Tagesgang des Windes ist während des ganzen Jahres gut ausgeprägt (Abb. 3.4.C) mit den höchsten Werten um die Mittagszeit und den geringsten nachts.

Anders als in Mosul fällt hier der eher sprunghafte Anstieg der Windgeschwindigkeit nach 9.00 Uhr und ein ebensolcher Abfall zwischen 15.00 und 18.00 Uhr auf. Für den Rest des Tages, bzw. der Nacht treten kaum bemerkenswerte Variationen auf.

Dem Tagesgang ist deutlich ein Jahresgang mit den höchsten Werten im Juni überlagert. Zu beachten bleibt auch hier, daß es sich um Termin-Mittelwerte der Windgeschwindigkeit handelt, deren Streuung nicht bekannt ist.

3.4.4 Maximale Windgeschwindigkeit

Die Maximalwindgeschwindigkeiten des Zeitraumes 1941 - 70 geordnet nach Monaten gibt für Basrah die folgende Tabelle wieder.

Monat	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Betrag (m/s)	26,8	27,7	28,0	36,0	40,0	18,0	17,6	18,3	16,5	17,5	21,0	18,0
aus Richtg. (Grad)	120	070	360	200	230	320	270	320	320	300	220	170

Nach der vorliegenden Dokumentation trat in Basrah schon Orkan mit 40 m/s auf, wobei die Windgeschwindigkeiten noch höher lagen als die in Mosul gemessenen. Auch hier bringt das erste Halbjahr die höchsten Werte. Legt man einen Böenfaktor von 1,35 zugrunde, so muß mit Böen bis zu 54 m/s gerechnet werden.

3.4.5 Wind- und Energieangebot

Das Windangebot ist aus der Windgeschwindigkeitsdauerkurve (Abb. 3.4.D) zu entnehmen. Bei einem kalmenanteil von 9,1 % und bei schwachwindigen Verhältnissen mit Windgeschwindigkeiten unter 5 m/s in ca. 76 % aller Fälle beträgt das Bruttoenergieangebot 538 kWh pro

Jahr und 1 m^2 senkrecht zur Luftströmung (Tab. 3.4.1).

Etwa 80 % der Energie werden im Geschwindigkeitsbereich zwischen einschließlich 3,5 und 10,5 m/s gewonnen (Abb. 3.4.E). Das sind rund 44% des gesamten Windangebotes. Die Geschwindigkeiten unterhalb und oberhalb der genannten Grenzen, d.h. ca. 56 % des Windaufkommens, steuern nur je ca. 10 % zur Gesamtenergie bei. Die größten Einzelbeiträge liefern die Geschwindigkeiten um 6 m/s.

3.4.6 Witterung und Wetterphänomene

Die südliche Lage im Lande und die Meeresnähe bedingen auch in den Wintermonaten relativ hohe Temperaturen im Gegensatz zum Landesinnern. Sie sinken nur ganz vereinzelt unter den Gefrierpunkt. Das Monatsmittel der Lufttemperatur steigt von 12,4 Grad Celsius im Januar auf 34,0 Grad Celsius im Juli, womit die Jahresamplitude 21,6 K ausmacht. Der mittlere Tagesgang der Temperatur liegt im Winter bei etwa 12 K und steigt auf etwa 17 K im September an. Trotz der Meeresnähe ist der maritime Einfluß nicht so stark, wie man annehmen sollte. Das ist durch die vorherrschenden und gerade im Sommer am stärksten wehenden nordwestlichen, also ablandigen Winde bedingt (Schamal). Eine Seewindkomponente wird damit meist unterdrückt.

Die Extremtemperaturen erreichten rund 50 Grad Celsius im Juli und August und -4 bis -5 Grad Celsius im Januar und Februar. Diese niedrigen Wintertemperaturen treten ein, wenn trockene Kaltluft aus der asiatischen Antizyklone bis weit nach Süden vorstößt und zusammen mit nächtlicher Ausstrahlung eine starke Abkühlung bewirkt. Die Nachttemperaturen können in 7 Monaten 10 Grad Celsius und in 3 Monaten 0 Grad Celsius unterschreiten, im Mittel liegen sie aber nur in 3 Monaten unter 10 Grad Celsius.

Die relative Feuchte geht mittags nicht auf so extrem niedrige Werte zurück, wie man es in trockenen Wüstengebieten des Landesinneren kennt. In Basrah sind Werte um 30 bis 40 % in der Mittagszeit normal. Morgens steigen die Werte auf über 60 %. Im Winter werden 90 % am Morgen und 60 % am Mittag im Mittel beobachtet.

Ein gewisser Tagesgang im absoluten Feuchtegehalt kann besonders im Sommer festgestellt werden mit Höchstwerten am Nachmittag. Vereinzelt werden Werte des Dampfdruckes von 30 hPa überschritten und im Extremfall wohl 35 hPa erreicht. Dieser Wert stellt wohl angenähert das Maximum in der Erdatmosphäre überhaupt dar. Beachtlich ist der Jahresgang des mittleren Dampfdruckes, der bei 15 hPa liegt. Er ist damit höher als im Landesinnern.

Niederschlag erhält Basrah ähnlich wie Bagdad, nämlich im Jahresmittel 139 mm an durchschnittlich 54 Tagen. Die Sommermonate sind praktisch ganz trocken. Der meiste Niederschlag fällt im Dezember (30 mm). Jeder Monat im Jahr kann aber fast oder ganz ohne Niederschlag bleiben. Höchste Monatsmengen von 100 bis 150 mm, also der durchschnittlichen Jahresmenge, hat man im März und April beobachtet. - In Basrah hingegen wurde Hagel im Zusammenhang mit Gewittern im Frühjahr gemeldet.

Gewitter kommen in den Monaten November bis Mai an 1 - 3 Tagen je Monat vor, am häufigsten im April, in dem bis zu 8 Gewittertage verzeichnet sind. Ganz vereinzelt tritt dabei Hagel auf, besonders dann, wenn kalte Luft in größeren Höhen (4000 - 5000 m) weit nach Süden vordringt. Die Monate Juni bis Oktober sind nahezu frei von Gewittern.

Im südlichen Irak beobachtet man die stärksten Sand- und Staubstürme im Juni und Juli, wenn der Nordwestwind (Schamal) im Durchschnitt seine höchste Geschwindigkeit erreicht. Insgesamt zählt man 11 Tage im Jahr, wobei häufig eine Kopplung mit Gewittern zu beobachten ist.

Nebeltage gibt es in Basrah fast ausschließlich im Winter (November bis Februar) mit maximaler Häufigkeit im Dezember. Das ist für dieses Klima beachtlich. Noch häufiger beobachtet man in dieser Jahreszeit feuchten Dunst.

Sehr häufig ist die Luft mit Staub erfüllt, was im Sommer im Mittel an bis zu 20 Tagen der Fall sein kann. Zu dieser Jahreszeit erreichen auch die Sand- und Staubstürme ihr Maximum mit im Mittel 2 Fällen von Mai bis Juli.

Mit seinen hohen Sommertemperaturen und gleichzeitig hohen Dampfdruckwerten von über 20 hPa erfährt man in Basrah am Nachmittag in den Monaten Mai bis September, eventuell auch noch im Oktober eine fühlbare Wärmebelastung durch starke Schwüle (Abb. 3.4.F). Juli und August sind die unangenehmsten Monate, da man auch in den Morgenstunden kaum eine Entlastung kennt. Hier unterscheidet sich Basrah deutlich von den Stationen im Binnenland.

STATION: B A S R A H

KOORDINATEN: 30 34N 44 47E 2 M UEBER NN PERIODE: 1941-70

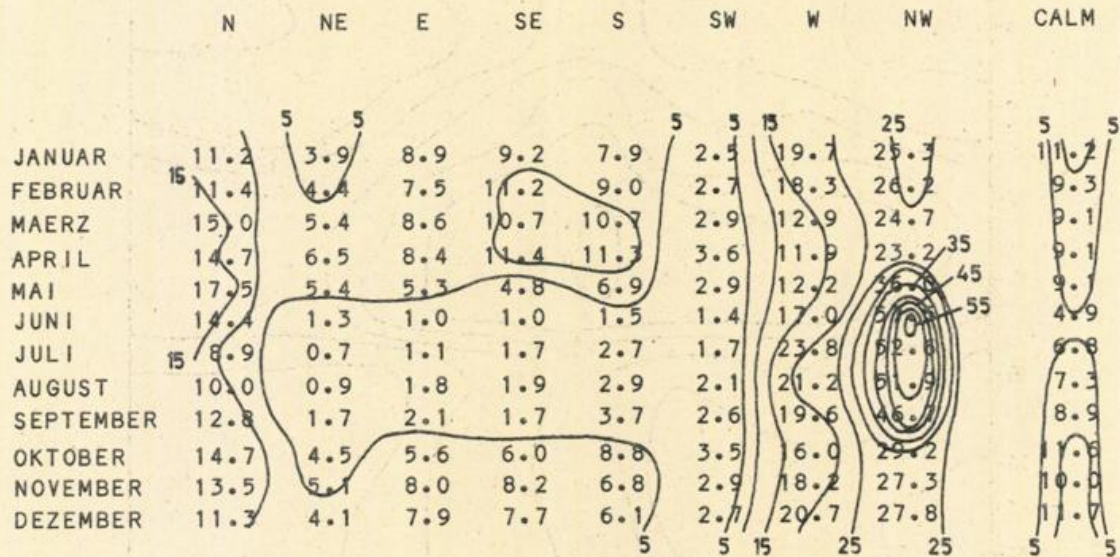


Abb.3.4.A: Jahresgang der Windrichtung in Prozent
Isolinienabstand: 5 Prozent

STATION: B A S R A H

KOORDINATEN: 30 34N 47 47E 2 M UEBER NN PERIODE: 1941-70

M/S	0.5- 5.4	5.5-10.9	11.0-16.9	>17
JANUAR	76.2	11.4	0.9	0.02
FEBRUAR	73.7	15.3	1.7	0.03
MAERZ	70.6	18.4	1.8	0.03
APRIL	72.2	17.3	1.4	0.05
MAI	71.9	18.4	0.6	0.0
JUNI	64.3	30.3	0.4	0.0
JULI	69.7	23.4	0.1	0.0
AUGUST	74.0	18.5	0.2	0.0
SEPTEMBER	78.7	12.3	0.1	0.0
OKTOBER	79.5	8.7	0.1	0.01
NOVEMBER	81.5	8.3	0.2	0.0
DEZEMBER	79.1	8.9	0.3	0.01

Abb.3.4.B: Jahresgang der Windgeschwindigkeit (Betrag) in Prozent

BASRAH

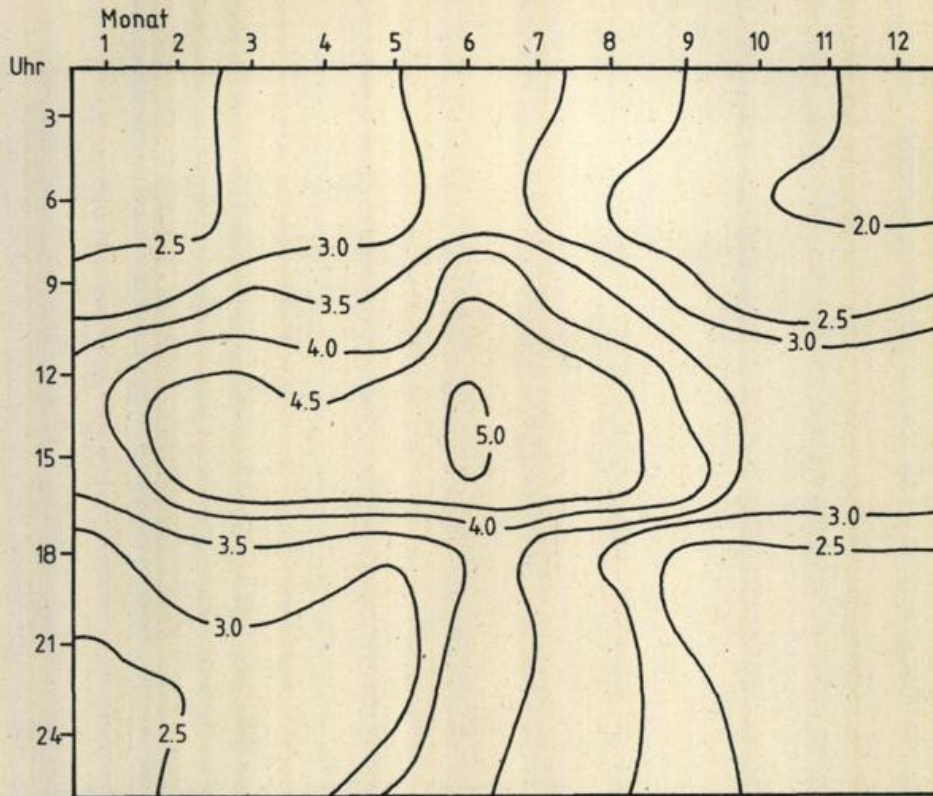


Abb.3.4.C: Isoplethen der Windgeschwindigkeit aus monatlichen Terminmittelwerten 1941-70
Isolinienabstand: 0,5 Prozent

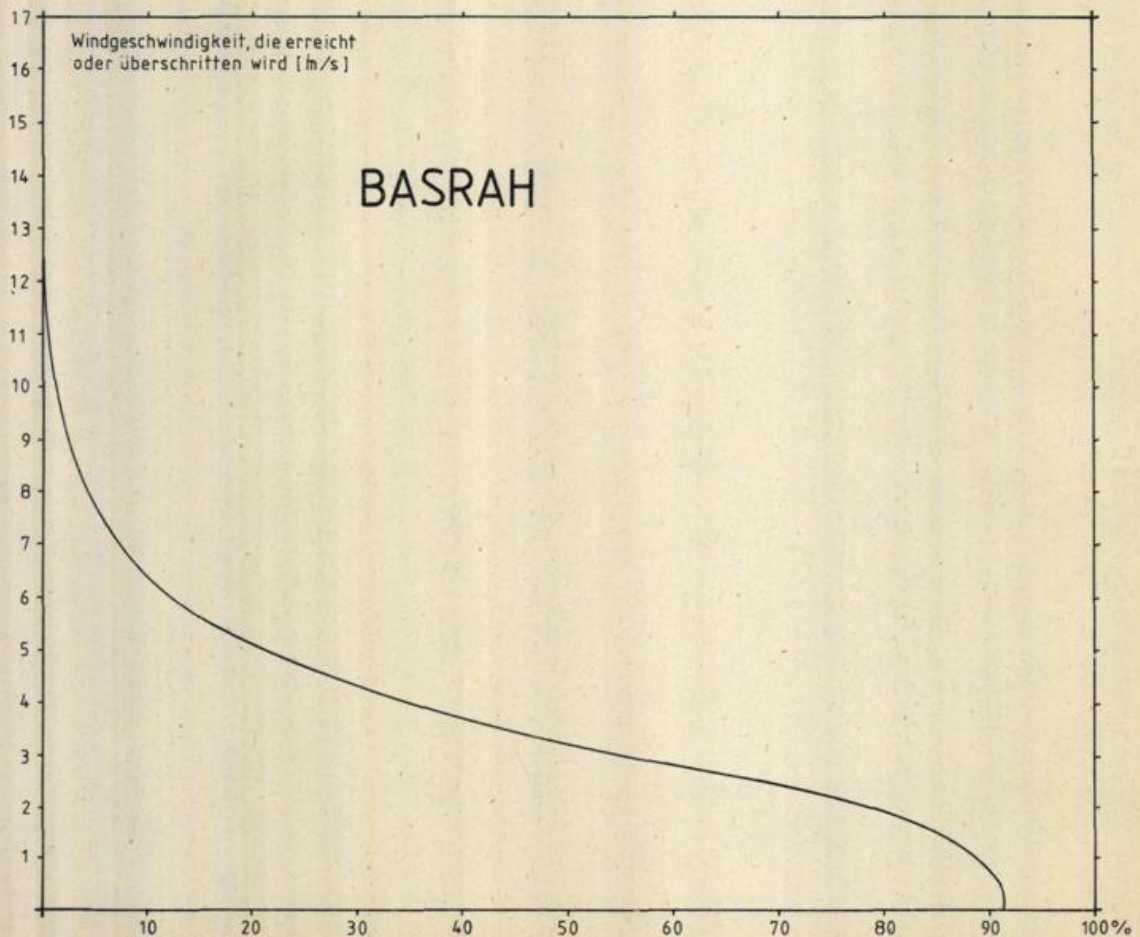


Abb.3.4.D: Windgeschwindigkeitsdauerkurve aus Terminwerten der Periode 1941-70

KWH PRO JAHR UND QUADRATMETER

BASRAH

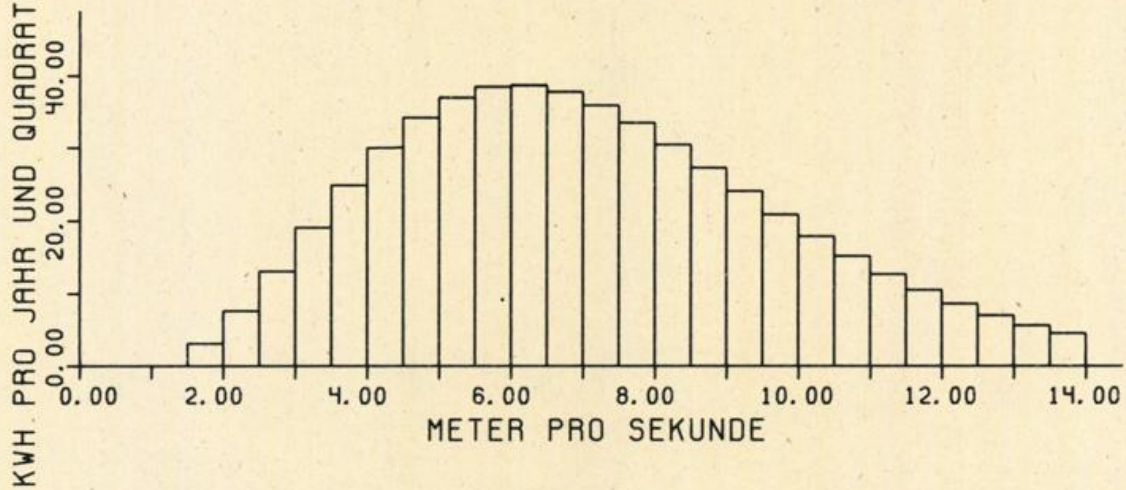


Abb.3.4.E: Verteilung der Bruttojahresenergie auf Windgeschwindigkeitsintervalle von 0.5 m/s. Periode: 1941-71

BASRAH/Irak

Windgeschwindigkeitsintervall	Häufigkeit in Prozent	Bruttojahresenergie (kWh)	Summe (kWh)
≤ m/s <			
1.5- 2.0	11.04	3.1	3.1
2.0- 2.5	12.83	7.6	10.7
2.5- 3.0	12.08	13.1	23.8
3.0- 3.5	10.67	19.1	42.8
3.5- 4.0	9.08	24.9	67.7
4.0- 4.5	7.54	30.1	97.8
4.5- 5.0	6.14	34.2	132.0
5.0- 5.5	4.92	37.0	169.1
5.5- 6.0	3.89	38.5	207.6
6.0- 6.5	3.05	38.7	246.3
6.5- 7.0	2.36	37.8	284.1
7.0- 7.5	1.81	35.9	320.0
7.5- 8.0	1.38	33.5	353.5
8.0- 8.5	1.04	30.5	384.0
8.5- 9.0	.78	27.3	411.3
9.0- 9.5	.59	24.1	435.4
9.5-10.0	.43	20.9	456.4
10.0-10.5	.32	17.9	474.3
10.5-11.0	.24	15.2	489.5
11.0-11.5	.17	12.7	502.2
11.5-12.0	.12	10.5	512.8
12.0-12.5	.09	8.6	521.4
12.5-13.0	.06	7.0	528.4
13.0-13.5	.05	5.6	534.0
13.5-14.0	.03	4.5	538.5

Tabelle 3.4.1: Verteilung der Bruttojahresenergie auf Windgeschwindigkeitsintervalle von 0.5 m/s, bezogen auf 1 m².

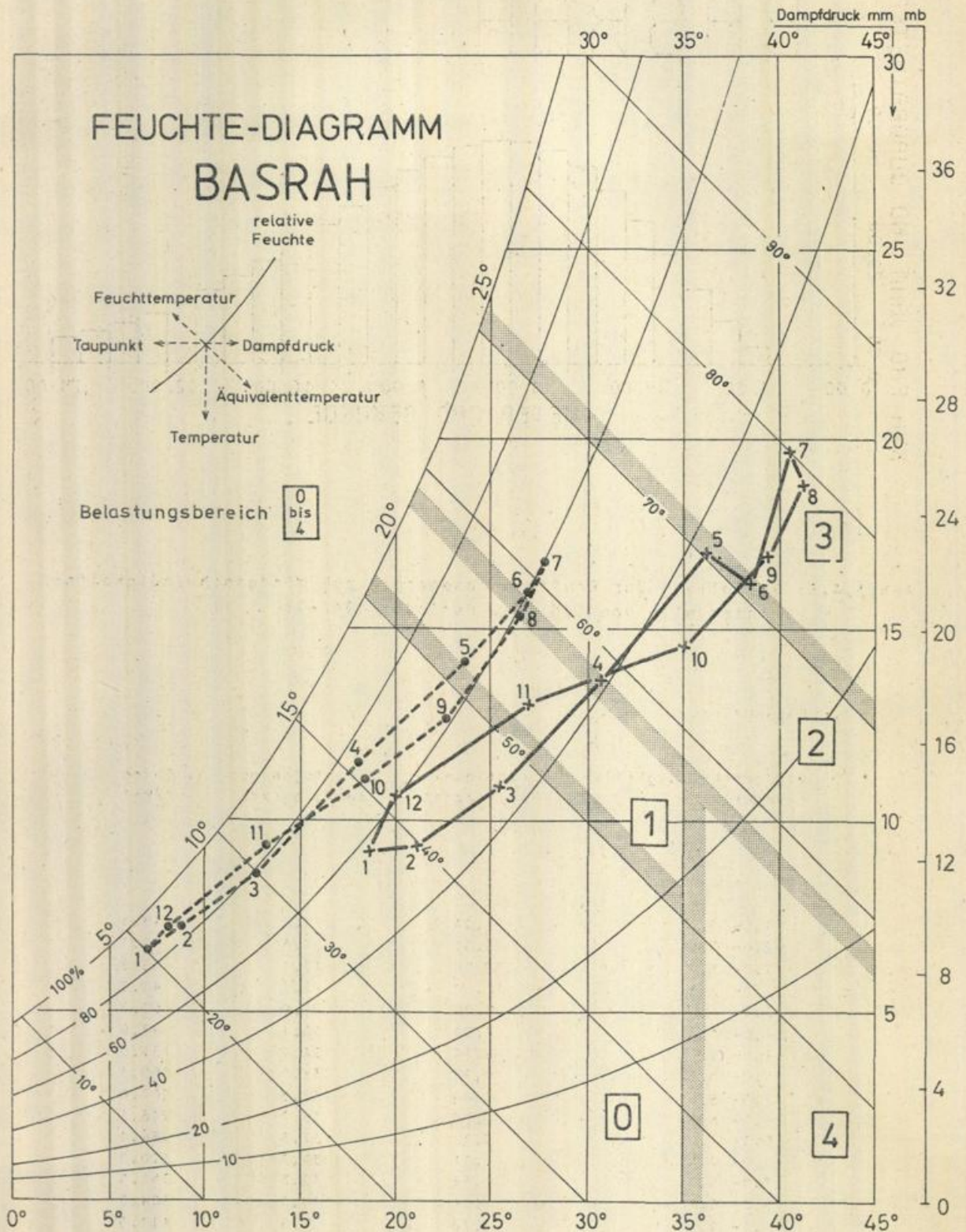


Abb.3.4.F: Diagramm zur Bestimmung der Waermebelastung.

Belastungsbereiche: 0 'belastungsfrei', 1 Uebergangsbereich zu 'schwuel',
2 'schwuel', 3 'sehr schwuel', 4 'trocken und heiss'.

•-----• morgens, x-----x mittags, Ziffern an den Symbolen bezeichnen die
entsprechenden Monate.

STATION: B A S R A H

KOORDINATEN: 30 34N 47 47E 2 m UEBER NN

MONAT	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	PERIODE
LUFTTEMPERATUR (°C)													
ABS. MAXIMUM	30.1	31.4	37.6	44.2	46.2	48.2	50.6	49.2	47.4	45.6	37.1	30.4	1937-76
MITTL. TAEGL. MAXIMUM	18.6	21.0	25.3	30.8	36.1	38.8	40.5	41.3	39.7	35.0	26.9	20.0	1941-70
MITTL. TAGESMITTEL	12.4	14.6	18.7	24.1	29.7	32.7	34.0	33.6	30.6	25.9	19.3	13.6	1941-70
MITTL. TAEGL. MINIMUM	7.0	8.7	12.6	18.0	23.7	26.9	27.7	26.3	22.6	19.3	13.2	8.2	1941-70
ABS. MINIMUM	-4.7	-4.0	1.9	2.8	13.3	18.2	17.1	20.0	13.1	6.1	0.9	-2.6	1937-76
REL. LUFTFEUCHTE (Prozent)													
MITTL. TAGESMITTEL	77	71	64	59	53	50	49	48	50	55	68	78	1941-70
MITTEL 06 UHR ORTSZEIT	89	85	79	74	66	60	60	59	62	70	81	88	1941-70
MITTEL 15 UHR ORTSZEIT	57	50	46	42	38	32	36	33	32	35	49	60	1941-70
LUFTDRUCK (hPa)													
MITTL. TAGESMITTEL	1019.1	1017.7	1014.0	1011.0	1008.0	1002.4	997.5	999.1	1005.2	1012.4	1017.3	1019.3	1953-70
MITTEL 06 UHR ORTSZEIT	1020.3	1018.7	1015.3	1012.1	1009.0	1003.0	998.2	1000.0	1006.1	1013.6	1018.6	1020.7	1953-72
MITTEL 15 UHR ORTSZEIT	1018.4	1017.5	1014.1	1010.9	1007.7	1002.0	997.2	999.0	1004.5	1012.4	1016.8	1018.7	1953-72
SONNENSCHNEIDAUER (Std)													
MITTL. TAGESSUMME	7.2	7.9	8.1	8.5	10.1	11.2	10.7	10.9	10.3	9.5	7.3	6.9	1954-72
MITTL. ZAHL DER TAGE MIT													
SCHNEEFALL	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1941-70
GEWITTER	1.4	1.1	2.7	3.5	2.1	0.03	0.03	0.0	0.03	0.7	1.5	1.7	1941-70
NEBEL	3.7	1.6	0.5	0.2	0.1	0.0	0.0	0.1	0.2	1.1	1.9	4.3	1941-70
FEUCHTER DUNST	8.4	4.7	2.4	1.4	0.6	0.3	0.1	0.9	1.6	4.7	6.3	8.1	1964-70
TROCKENER DUNST	2.7	1.1	1.0	1.1	0.4	0.4	0.6	0.6	2.1	3.3	2.5	1.9	1964-70
STAUB IN DER LUFT	4.4	6.3	15.9	8.6	15.1	14.1	21.9	19.4	8.0	9.4	3.0	3.6	1964-70
SAND-/STAUBSTURM	0	0	1	1	2	2	2	1	1	1	0	0	1941-70
TEMPERATURMINIMUM <0°C	8	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	1953-70
NIEDERSCHLAG (mm)													
MAXIMUM IN 24 Std	32.5	29.9	50.9	87.5	35.6	SP	3.2	SP	0.4	4.4	61.4	57.0	1941-70
MITTL. MONATSMENGE	22.8	13.5	20.2	20.4	7.8	SP	SP	SP	SP	1.1	22.8	30.3	1941-70
HOECHSTE MONATSMENGE	74.6	67.5	107.2	150.5	56.2	SP	33.2	SP	2.2	5.7	150.9	101.7	1941-70
NIEDRIGSTE MONATSMENGE	0.2	SP	SP	SP	0.0	SP	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	1941-70
MITTLERE ZAHL DER TAGE MIT													
MINDESTENS 0.1 mm	8.2	7.2	8.2	7.6	4.0	0.0	0.0	0.1	0.1	2.5	7.6	8.0	1941-70
1.0 mm	3.3	2.6	2.8	2.8	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	2.6	3.5	1941-70
10.0 mm	0.8	0.3	0.5	0.5	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8	1.1	1941-70

SP=SPUREN, D.H. NIEDERSCHLAGSMENGEN <0.1 mm

3.5 Rutba

3.5.0 Allgemeines

Rutba liegt an der Wüstenstraße etwa halbwegs zwischen Bagdad und Amman im westlichen Zipfel von Irak etwa 620 m über Meeresniveau. Die Umgebung ist von Wadis durchzogen, deren größere von SW nach NE verlaufen. Im großen und ganzen ist die Landschaft aber ungegliedert und modifiziert das Windfeld nicht durch größere Erhebungen. Das Klima ist ausgesprochen kontinental und im Sommer außergewöhnlich heiß. Im Winter und Frühjahr erreichen die Mittelmeerdepressionen in abgeschwächter Form das Land.

3.5.1 Jahresgang der Windrichtung

Westliche Richtungen dominieren das ganze Jahr über (Abb. 3.5.A). Daneben erreichen zwischen April und September NW- und N-Komponenten hohe Anteile in der Häufigkeitsverteilung, während von November bis Februar/März eher SW- bis S-Winde mit W vergleichbare Anteile aufweisen. Ostwinde erreichen bezüglich ihrer Häufigkeit die Hälfte bis ein Drittel der Hauptwindrichtung im Winter und werden im Sommer bedeutungslos.

Im Sommer liegt Rutba an der Westseite eines Troges, der ausgehend vom arabisch-persischen Golf sich nach NW erstreckt, womit N- bis W-Winde verbunden sind. Im Winter dagegen wird das Druckfeld von einem flachen Hoch über Arabien geprägt, an dessen Nordflanke in Rutba südliche bis westliche Winde auftreten. Insgesamt ist die Richtungsstreuung im Winter aber größer, da die ostziehenden Mittelmeerzyklonen dieses Gebiet beeinflussen.

3.5.2 Jahresgang des Betrages der Windgeschwindigkeit

Die Kalmenanteile sind im Winter sehr hoch und nehmen im Sommer ab (Abb. 3.5.A). Trotzdem bleibt der Schwachwindbereich von 0,5 - 5 m/s auch im Sommer außerordentlich stark belegt (Abb. 3.5.B). Die höheren Windgeschwindigkeiten ab 11 m/s erreichen ihr Häufigkeitsmaximum im Winter und Frühjahr und ebenso die höchsten Werte oberhalb von 17 m/s, zu einer Zeit also, in der die Kalmen ebenfalls hohe Werte aufweisen. Das bedeutet eine starke Variabilität des Windfeldes in dieser Jahreszeit.

3.5.3 Maximale Windgeschwindigkeit

Die Maximalwindgeschwindigkeiten des Zeitraumes 1941 - 1970, geordnet nach Monaten, gibt für Rutba die folgende Tabelle wieder:

Monat	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Betrag (m/s)	26,5	22,0	21,1	20,0	20,0	20,5	16,7	20,0	17,5	17,6	22,5	19,8
aus Richtg. (Grad)	250	320	150	270	250	220	320	270	090	150	270	300

Die höchste Windgeschwindigkeit ist im Januar mit 26,5 m/s erreicht worden und entspricht schwerem Sturm. Zwischen Juli und Oktober, mit Ausnahme des August, wurden im Maximum steife bis stürmische Winde erreicht.

Setzt man einen Böenfaktor von 1,35 an, so muß mit Böen um 36 m/s, also mit Orkanböen, gerechnet werden.

3.5.4 Wind- und Energieangebot

Das Windangebot ist aus der Windgeschwindigkeitsdauerkurve (Abb. 3.5.C) zu entnehmen. Bei einem relativ hohen Kalmenanteil von 20,1 % und schwachwindigen Verhältnissen unter 5 m/s in ca. 73 % aller Fälle beträgt das Windenergieangebot immerhin 852 kWh pro Jahr und m².

Etwa 80 % der Energie werden im Geschwindigkeitsbereich zwischen einschließlich 5 und 13,5 m/s gewonnen (Abb. 3.5.D, Tab. 3.5.1). Das sind rund 26 % des gesamten Windangebotes. Die Geschwindigkeiten unterhalb und oberhalb der genannten Grenzen, d.h. ca. 74 % des Windaufkommens, steuern nur je 10 % zur Gesamtenergie bei. Die größten Energiebeiträge liefern die Geschwindigkeiten um 8 m/s.

3.5.5 Witterung und Wetterphänomene

Das Monatsmittel der Lufttemperatur hat sein Maximum von 30,6 Grad Celsius im Juli und sein Minimum von 7,4 Grad Celsius im Januar. Die sehr hohe Jahresamplitude beträgt somit 23 K und ist typisch für Wüstenorte. Der mittlere Tagesgang der Temperatur ist das ganze Jahr hindurch ebenfalls sehr groß und reicht von knapp 12 K im Dezember bis fast 18 K im September. Die absoluten Extremwerte erreichten 46,1 Grad Celsius im Juli und -14,4 Grad Celsius im Januar. Frosttemperaturen wurden in den Monaten November bis April verzeichnet.

Die relative Feuchtigkeit kann im Winter morgens 80 % im Mittel überschreiten, sinkt aber zum Mittag auf weniger als 50 % ab. Im Sommer ist es wesentlich trockener mit Morgenwerten um 40 %, die zum Mittag wegen der sehr hohen Lufttemperatur auf etwa 15 % zurückgehen. Vereinzelt ist eine relative Feuchtigkeit von nahe 0 % beobachtet worden. Im Wüstenbereich ist die direkte Zufuhr von Meeresluft sehr selten. Die vorherrschend westlichen Winde haben die Feuchtigkeit der Luft beim Überschreiten der Berge im wesentlichen abgegeben. Dann kommt die Luft abgetrocknet in Rutba an, so daß die Dampfdruckwerte bei geringer Schwankung zwischen 6 hPa im Winter und etwa 10 hPa im Sommer liegen.

Der durchweg geringen Luftfeuchtigkeit entsprechend ist die Bewölkung das ganze Jahr gering und schwankt im Laufe des Tages im Mittel um knapp 2 Achtel.

Der gesamte Niederschlag, der in Irak fällt, wird durch Mittelmeerdepressionen verursacht, die im Winter das Land von West nach Ost überstreichen, dabei aber den größten Teil bereits vorher beim Überschreiten des Gebirges aberegnet haben. Rutba im Südwesten des Landes erhält somit nur äußerst geringe Niederschläge mit durchschnittlich 110 mm im Jahr, die vor allem im Winter und Frühjahr fallen. Es kann aber auch vorkommen, daß die Monate der 'Regenperiode' trocken bleiben. Insgesamt kann man an 59 Tagen im Jahr mit Niederschlag rechnen - relativ häufig, gemessen an der geringen mittleren Jahressumme von 110 mm.

Trotz des bisweilen vorkommenden Frosts ist Schneefall äußerst selten. Vereinzelt werden beim Durchzug von Mittelmeerstörungen, vor allem im Frühjahr, Gewitter gemeldet, aber durchschnittlich nur 9 im Jahr.

Kennzeichnend für ganz Irak und vor allem die Wüstengebiete im Innern und im Westen sind Sandstürme, die wegen der Trockenheit in jedem Monat auftreten können, am häufigsten allerdings im Mai sind.

Nebel ist in Rutba wegen der geringen Luftfeuchtigkeit äußerst selten und kommt im Winter oder Frühjahr einmal vor.

Eine Wärmebelastung tritt während der Monate Juni bis September nur durch trockene Hitze in den Mittagsstunden auf (Abb. 3.5.E). Es ist also kaum jemals schwül.

STATION: R U T B A

KOORDINATEN: 33 02N 40 17E 615 M UEBER NN PERIODE: 1941-70

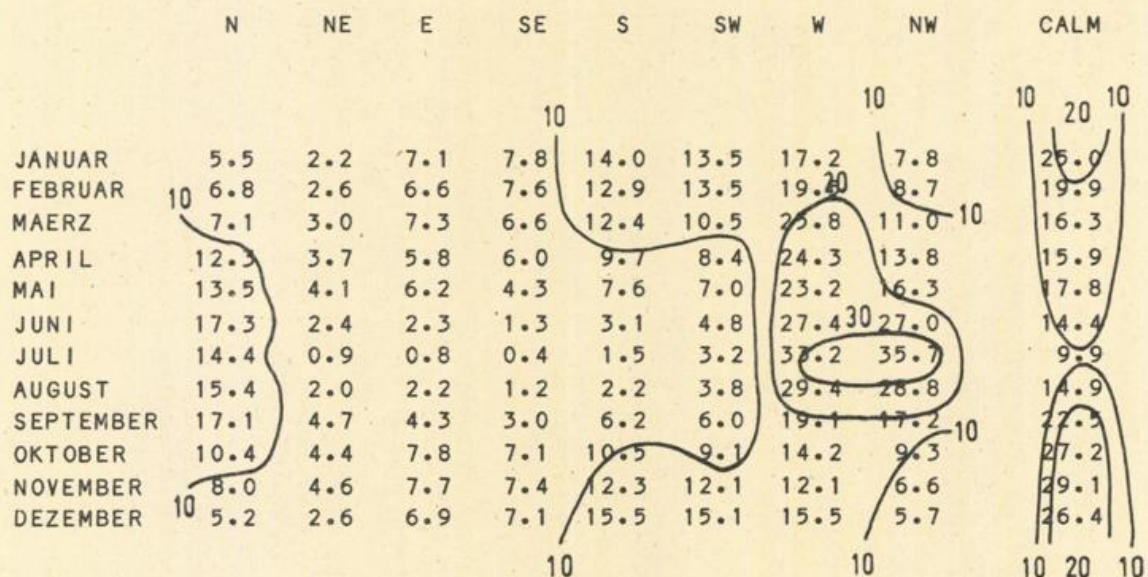


Abb.3.5.A: Jahresgang der Windrichtung In Prozent
Isolinienabstand: 5 Prozent

STATION: R U T B A

KOORDINATEN: 33 02N 40 17E 615 M UEBER NN PERIODE: 1941-70

M/S	0.5- 5.0	5.5-10.5	11.0-16.5	>17
JANUAR	55.8	17.1	2.1	0.10
FEBRUAR	55.2	20.0	3.0	0.10
MAERZ	52.4	25.8	5.5	0.03
APRIL	52.9	27.0	3.8	0.40
MAI	55.6	23.9	2.6	0.10
JUNI	61.2	22.8	1.5	0.10
JULI	57.5	30.7	1.9	0.00
AUGUST	59.4	24.7	1.0	0.00
SEPTEMBER	64.3	12.6	0.6	0.00
OKTOBER	60.8	11.0	1.0	0.03
NOVEMBER	57.8	12.2	0.8	0.10
DEZEMBER	57.6	13.9	2.0	0.10

Abb.3.5.B: Jahresgang der Windgeschwindigkeit (Betrag) In Prozent

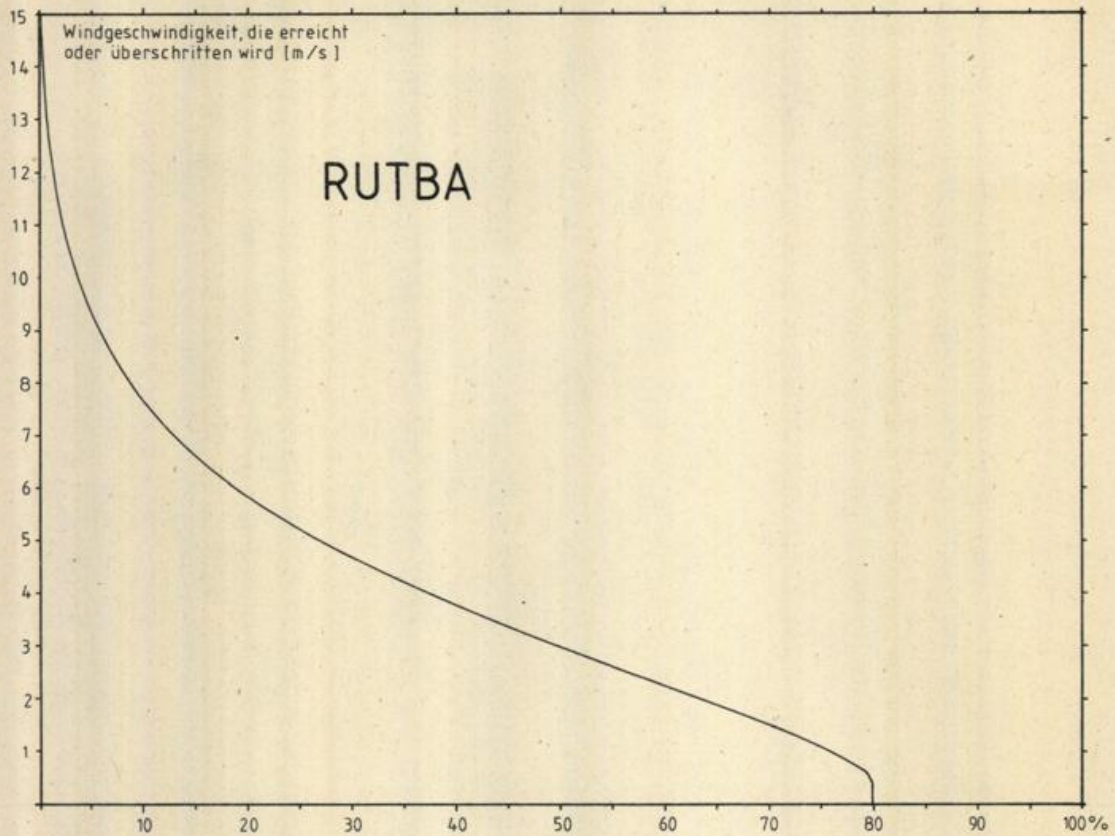


Abb.3.5.C: Windgeschwindigkeitsdauerkurve aus Terminwerten der Periode 1941-70

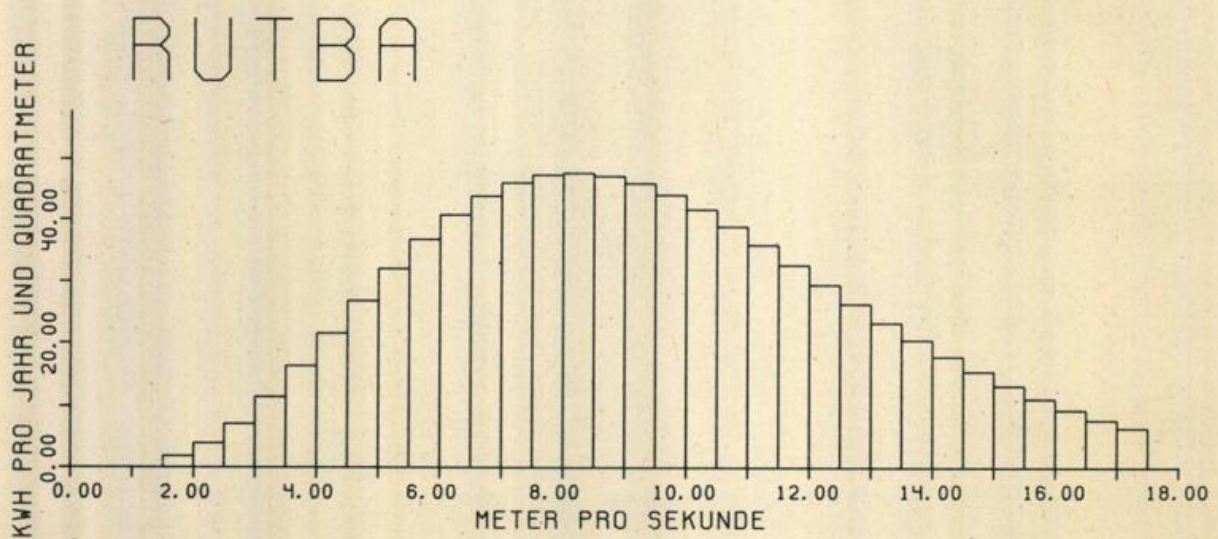


Abb.3.5.D: Verteilung der Bruttojahresenergie auf Windgeschwindigkeitsintervalle von 0.5 m/s. Periode: 1941-71

RUTBA/Irak

Windgeschwindigkeits- intervall	Häufigkeit in Prozent	Bruttojahres- energie (kWh)	Summe (kWh)
≤ m/s <			
1.5- 2.0	6.76	1.9	2.6 (*)
2.0- 2.5	6.91	4.1	6.7
2.5- 3.0	6.75	7.3	14.1
3.0- 3.5	6.39	11.5	25.6
3.5- 4.0	5.91	16.3	41.9
4.0- 4.5	5.36	21.6	63.4
4.5- 5.0	4.79	26.9	90.4
5.0- 5.5	4.23	32.1	122.4
5.5- 6.0	3.69	36.8	159.2
6.0- 6.5	3.19	40.8	199.9
6.5- 7.0	2.73	43.9	243.8
7.0- 7.5	2.31	46.1	290.0
7.5- 8.0	1.94	47.4	337.4
8.0- 8.5	1.62	47.7	385.1
8.5- 9.0	1.35	47.2	432.4
9.0- 9.5	1.11	46.0	478.3
9.5-10.0	.91	44.1	522.4
10.0-10.5	.74	41.7	564.0
10.5-11.0	.60	38.9	602.9
11.0-11.5	.48	35.9	638.8
11.5-12.0	.38	32.7	671.5
12.0-12.5	.31	29.5	701.0
12.5-13.0	.24	26.4	727.3
13.0-13.5	.19	23.3	750.7
13.5-14.0	.15	20.5	771.1
14.0-14.5	.12	17.8	789.0
14.5-15.0	.09	15.4	804.3
15.0-15.5	.07	13.2	817.5
15.5-16.0	.05	11.2	828.7
16.0-16.5	.04	9.5	838.2
16.5-17.0	.03	7.9	846.1
17.0-17.5	.02	6.6	852.7

Tabelle 3.5.1: Verteilung der Bruttojahresenergie auf Windgeschwindigkeitsintervalle von 0.5 m/s, bezogen auf 1 m².

(*) dieser Wert enthält die Energiebeiträge der nicht aufgeführten unteren Windgeschwindigkeitsintervalle.

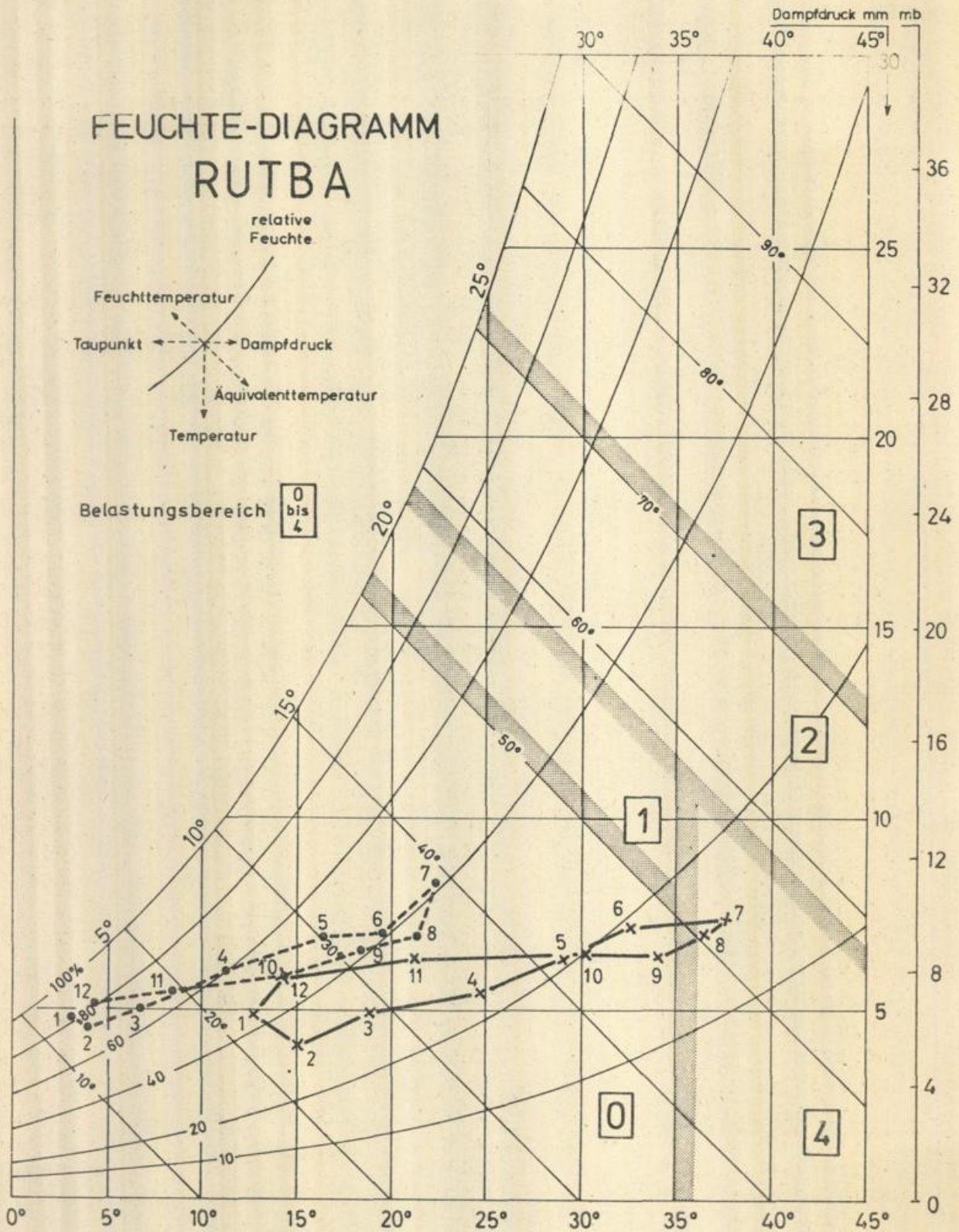


Abb.3.5.E: Diagramm zur Bestimmung der Waermebelastung.
 Belastungsbereiche: 0 "belastungsfrei", 1 Uebergangsbereich zu "schwuel"
 2 "schwuel", 3 "sehr schwuel", 4 "trocken und heiss".
 • - - - • morgens, x - - - x mittags, Ziffern an den Symbolen bezeichnen die
 entsprechenden Monate.

STATION: R U T B A

KOORDINATEN: 33 02N 40 17E 615 m UEBER NN

MONAT	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	PERIODE
LUFTTEMPERATUR (°C)													
ABS. MAXIMUM	25.4	31.6	36.2	39.0	42.2	44.4	46.1	45.5	45.0	40.5	35.0	26.5	1928-76
MITTL. TAEGL. MAXIMUM	13.8	16.1	19.8	25.4	31.5	36.1	38.5	38.7	35.5	29.6	20.2	15.0	1941-70
MITTL. TAGESMITTEL	7.4	9.4	13.0	18.2	23.8	28.4	30.6	30.3	26.7	21.3	14.2	8.9	1941-70
MITTL. TAEGL. MINIMUM	1.7	2.9	6.0	10.7	15.8	19.3	21.7	21.4	17.6	12.9	7.1	3.1	1941-70
ABS. MINIMUM	-14.4	-10.0	-6.1	-2.0	5.5	7.8	14.4	15.0	8.9	0.5	-6.0	-8.9	1928-76
REL. LUFTFEUCHTE (Prozent)													
MITTL. TAGESMITTEL	67	59	52	43	35	26	25	25	29	36	54	67	1941-70
MITTEL 06 UHR ORTSZEIT	82	76	71	61	52	40	41	41	43	50	69	82	1941 70
MITTEL 15 UHR ORTSZEIT	44	39	33	26	22	16	15	14	17	23	36	47	1941-70
LUFTDRUCK (hPa)													
MITTL. TAGESMITTEL	1020.1	1017.6	1013.9	1011.2	1009.6	1006.5	1002.1	1003.0	1008.1	1013.9	1018.1	1019.4	1953-70
MITTEL 06 UHR ORTSZEIT	1020.5	1019.0	1015.4	1012.5	1010.9	1007.1	1002.9	1004.0	1008.8	1015.3	1019.4	1020.8	1953-72
MITTEL 15 UHR ORTSZEIT	1019.5	1017.8	1014.1	1011.1	1009.2	1005.4	1001.6	1002.8	1008.1	1014.1	1018.6	1020.0	1953-70
MITTL. ZAHL DER TAGE MIT													
SCHNEEFALL	0.2	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	1941-70
GEWITTER	0.4	0.4	0.9	1.9	2.8	0.1	0.0	+0.0	0.1	1.3	1.1	0.4	1941-70
NEBEL	1.6	0.4	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	+0.0	0.6	1.3	1941-70
SAND-/STAUBSTURM	0.9	0.5	0.7	0.9	1.2	0.5	0.1	0.1	0.4	0.7	0.3	0.2	1941-70
NIEDERSCHLAG (mm)													
MITTL. MONATSMENGE	13.6	13.6	15.4	16.7	15.0	0.1	0.0	0.0	0.6	5.4	13.3	16.3	1941-70
HOECHSTE MONATSMENGE	56.6	56.4	89.0	123.9	90.8	SP	0.0	0.0	2.5	37.4	50.1	36.6	1941-75
NIEDRIGSTE MONATSMENGE	SP	SP	SP	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1941-70
MITTLERE ZAHL DER TAGE MIT													
MINDESTENS 0.1 mm	7.4	7.1	9.3	7.9	7.3	SP	0.0	0.0	0.8	4.6	6.8	7.4	1941-70
1.0 mm	2.6	2.9	3.1	2.4	2.1	0.0	0.0	0.0	0.1	1.2	2.8	2.8	1941-70
10.0 mm	0.4	0.3	0.4	0.4	0.4	0.0	0.0	0.0	+0.0	0.1	0.3	0.6	1941-70

SP=SPUREN, D.H. NIEDERSCHLAGSMENGEN <0.1 mm
 +0.0: WERT < 0.05

3.6 Übersicht Irak

Eine zusammenfassende Übersicht über das Windenergieangebot, soweit es sich aus den drei bearbeiteten Stationen ergibt, zeigt Abb. 3.6.A. Den Berechnungen zufolge bietet der Norden des Landes offenbar geringere Möglichkeiten zur Windenergienutzung als die Mitte und der Süden. Die größte Energieausbeute errechnet sich für Kutba, die Station, die mit ca. 20 % den zweithöchsten Kalmenanteil - nach Mosul (31 %) - besitzt.

Die Abb. 3.6.B zeigt die Energiesummenkurve, d.h. die Summe über die Zuwachsraten pro Geschwindigkeitsintervall. Man kann der Abbildung entnehmen, daß die entscheidenden Energiebeiträge oberhalb von ca. 5 m/s geleistet werden. Interessant mag sein, daß die windreichste Station (Rutba) unterhalb von 7 m/s noch weit weniger Energie liefert als Baghdad oder Basrah. Erst oberhalb von 10 m/s übertrifft sie auch Baghdad im Energiepotential. Die absolute Differenz zwischen Baghdad und Rutba beträgt ca. 172 kWh und wird von einem Anteil von nur ca. 5 % des Windfeldes in Kutba bewirkt.

Ziehen wir den norddeutschen Küstenbereich mit einem Energieangebot von ca. 4000 kWh pro Jahr und m^2 (Duensing und Zöllner, 1978) als Vergleich hinzu, so liegt die Jahresbruttoenergie, d.h. die potentiell nutzbare Energie des Windfeldes pro Jahr und 1 m^2 Querschnitt senkrecht zur Strömung im Irak zwischen 11 und 21 % des deutschen Küstenwertes.

Die hier verarbeiteten Winddaten bieten als Ablesungen zu festen Terminen (vgl. Abschnitt 3.1.1) den Vorzug, keiner längeren Mittelung etwa über Stunden oder Tage unterworfen zu sein und stellen mit einem Untersuchungszeitraum von 30 Jahren eine verhältnismäßig umfangreiche Stichprobe dar. Das schließt natürlich nicht aus, daß durch lokale Gegebenheiten Stellen zu finden sind - auch im Norden des Landes -, die ein höheres Windenergiepotential besitzen. Das aber müßte vor Ort erkundet werden.

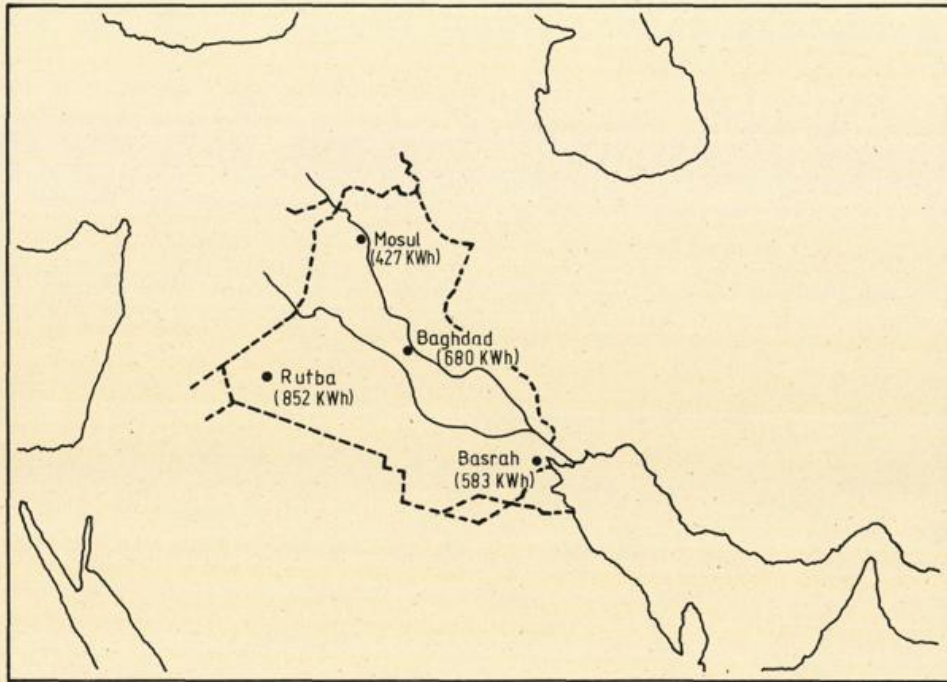


Abb.3.6.A: Uebersicht ueber das Windenergiepotential im I r a k in KWh pro Jahr und Quadratmeter, berechnet aus den Terminwerten des Windes 1941-70

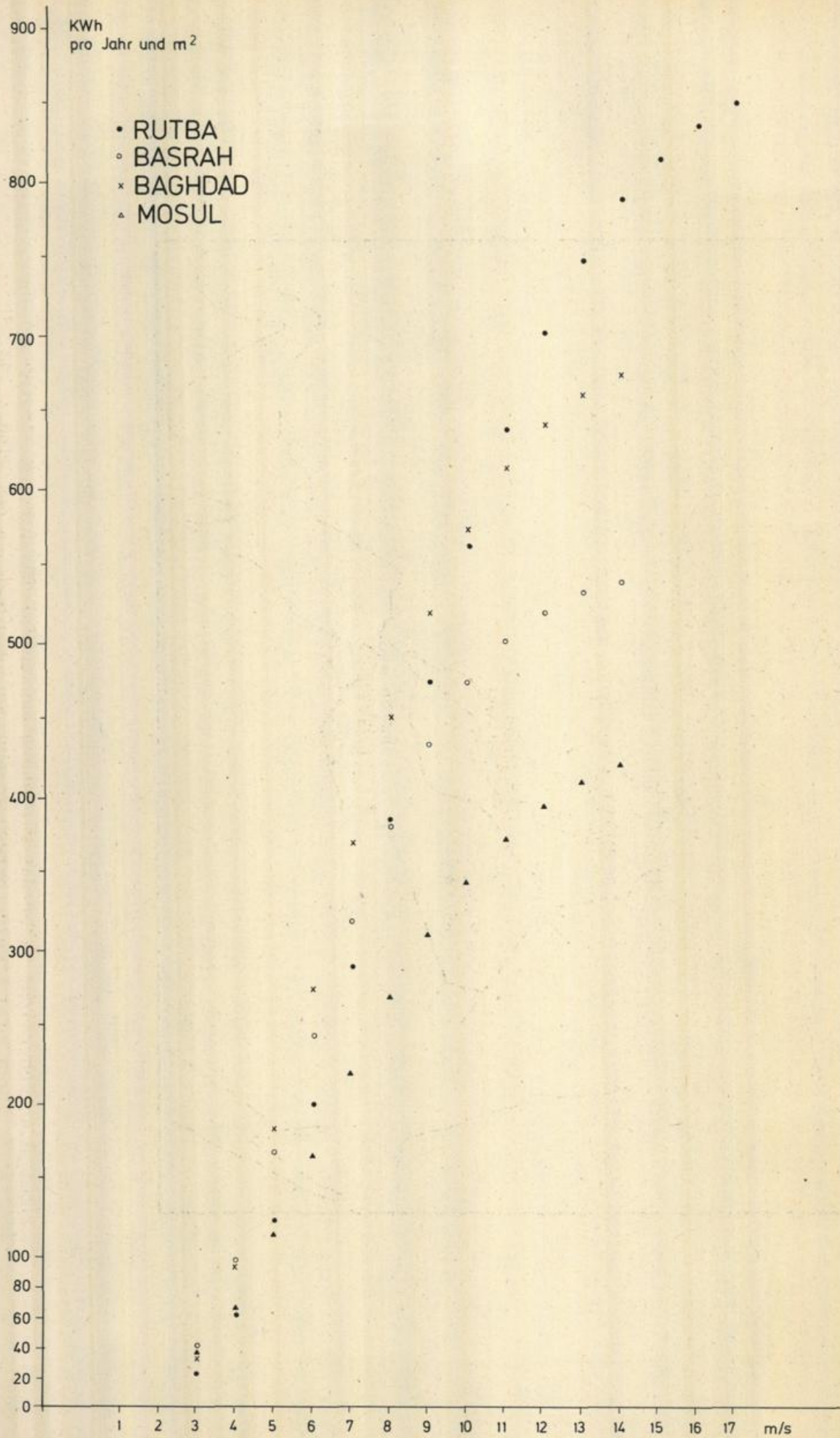


Abb.3.6.B: Vergleich der Energiezuwachsrate pro Geschwindigkeitsintervall zwischen den Stationen Rutba, Basrah, Baghdad und Mosul.

4. Bahrain

4.1 Daten und Auswertung

Für den Zeitraum 1960 - 71 standen für Al Muharraq (26 Grad 16 Min. N, 50 Grad 37 Min. E, 2 m über Meeresniveau) Wetterbeobachtungen zu den Terminen 00, 06, 12 und 18 Uhr UTC zur Verfügung. Die Ortszeit erhält man mit genügender Genauigkeit durch Addition von ca. 3 Stunden.

Windrichtung und Betrag sind in Einheiten von 10 Grad und in Knoten aufgezeichnet. Außerdem enthält jede Meldung u.a. Angaben über Temperatur, Luftdruck, Taupunkt, Niederschläge und ein Spektrum von Wetterereignissen, die in der beigefügten Klimatabelle zusammengefaßt wurden.

Die Windgeschwindigkeiten stellen 10-minuten-Mittelwerte zum Termin dar. Extremwerte des Windes, insbesondere maximale Böen, wurden nicht gemeldet. Wir sind daher auf eine Abschätzung angewiesen (vgl. Kap. 4.2.5). Da mit den vorliegenden Terminen der Tagesgang des Windes ausreichend erfaßt sein dürfte, kann aus diesem Material eine realistische Abschätzung des Windenergiepotentials erwartet werden.

Die Berechnung der Jahresbruttoenergie wird im Anhang A ausführlich beschrieben. Als Dichtewert wurde $1,177 \text{ kg/m}^3$ eingesetzt, ein Jahresmittelwert, der mit $\pm 3,6 \%$ von dem des kühlgsten und heißesten Monats abweicht. Die tägliche Dichteschwankung ist mit unter $\pm 1 \%$ gering.

4.2 Al Muharraq

4.2.0 Allgemeines

Al Muharraq ist eine Hafenstadt auf der gleichnamigen Insel, die zur Gruppe des Scheichtums Bahrain gehört und im mittleren arabischen Golf zwischen der Halbinsel Qatar und dem saudi-arabischen Festland liegt (Abb. 4.2.A). Es handelt sich wie beim Festland um flaches Wüstenland praktisch ohne natürlichen Bewuchs. Dennoch bewirkt die Insellage ein maritim betontes Klima mit hoher Luftfeuchtigkeit, zumal ein nächtlicher, regelmäßig ablandiger Wind wie an der saudi-arabischen Küste hier kaum noch wirksam wird.

4.2.1 Windrichtung und Betrag

Nordwestwinde stellen den prozentual höchsten Anteil der Windrichtungen (Abb. 4.2.B) und treten bevorzugt im Geschwindigkeitsbereich 5,6 - 11,2 m/s auf. Auch die hohen Windgeschwindigkeiten über 14,3 m/s kommen vorwiegend aus dem Nordwestsektor.

Ein schwaches sekundäres Maximum ergibt sich für Ostwinde zwischen SE und NE, die jedoch 8 m/s nur selten überschreiten. Kalmen traten in 6,7 % aller Fälle auf.

4.2.2 Jahresgang der Windrichtung

Der Wind zeigt keinen wesentlichen Jahresgang bezüglich der Richtung und kann als das ganze Jahr über stetiger Nordwestwind angesehen werden (Abb. 4.2.C).

Die Ursache hierfür liegt in der großräumigen Druckverteilung, die sowohl bei tiefem Druck über dem Golf im Sommer als auch bei hohem Druck über der arabischen Halbinsel im Winter Nordwestwinde in Al Muharraq mit nur geringen Variationen erzeugt.

Im Winter treten gelegentlich Ost- bis Südostwinde auf. Das geschieht dann, wenn das asiatische Hochdruckgebiet sich so weit nach Westen ausdehnt, daß der Wind darauf anspricht.

4.2.3 Jahresgang des Betrages der Windgeschwindigkeit

Bis ca. 8 m/s ist ein Jahresgang der Windgeschwindigkeit nicht erkennbar (Abb. 4.2.D). Geschwindigkeiten von mehr als 8 m/s sind im ersten Halbjahr eher zu erwarten als im zweiten, wobei der Juni noch einmal ähnlich häufig starke Winde aufweist wie etwa der März mit

Werten von mehr als 11 m/s.

Stürmische Winde ab ca. 17 m/s traten nur im Januar, Mai und Juni auf.

Kalmen herrschen von Juli bis Oktober zwar mehr als doppelt so oft vor wie im März oder April, überschreiten jedoch nur im September 9 %.

4.2.4 Tagesgang des Windes

Die Richtungsvariation ist in Al Muharraq auch im Tagesgang äußerst gering. Die Hauptwindrichtung bleibt bei allen vier vorliegenden Terminen NW (Abb. 4.2.E). Der Wind weht also ununterbrochen von See her. Die Ursache mag in der Lage der Station begründet liegen, die - vorwiegend von Wasser umgeben - nicht genug Hinterland besitzt, um eine kräftige Landwindkomponente auszubilden.

Der Betrag der Windgeschwindigkeit dagegen zeigt einen Tagesgang, der für verschiedene Geschwindigkeitsklassen in Abb. 4.2.F dargestellt wurde. Demnach sind Kalmen und sehr schwache Winde am häufigsten in der Nacht. Der Geschwindigkeitsbereich von 3,6 - 14,3 m/s ist am häufigsten tagsüber belegt, während ab 14,4 m/s kein signifikanter Unterschied mehr zwischen den unterschiedlichen Uhrzeiten besteht; d.h. hohe Windgeschwindigkeiten lassen keinen signifikanten Tagesgang erkennen.

4.2.5 Maximale Windgeschwindigkeit

Eine Statistik über stärkste Böen liegt für diese Studie bisher nicht vor. Die höchsten 10-Minuten-Mittelwerte lagen mit einem Anteil von 0,04 % zwischen 17,5 und 20 m/s.

Setzt man in erster Näherung einen Böenfaktor von 1,25 (Wieringa, 1976) an, so können in Böen Windgeschwindigkeiten von ca. 25 m/s erreicht werden, was schweren Sturmböen entspricht.

4.2.6 Wind- und Energieangebot

Das Windangebot ist aus Abb. 4.2.G zu entnehmen. Die Kalmen sind mit 6,7 % nicht sehr häufig, und ca. 47,5 % aller Windgeschwindigkeiten überschreiten den als schwachwindig zu bezeichnenden Bereich bis 5 m/s. Es dürfte daher mit einer relativ hohen Energieausbeute zu rechnen sein.

Die Energiebeiträge in den einzelnen Geschwindigkeitsklassen zeigt Abb. 4.2.H. Etwa 80 % der Energie werden im Geschwindigkeitsbereich zwischen einschließlich 5 und 12 m/s gewonnen. Das sind rund 47 % des

gesamten Windangebotes. Dabei tragen die schwachen Winde durch ihre größere Häufigkeit, die selteneren hohen Windgeschwindigkeiten durch ihren Betrag zum Energiepotential bei (Tab. 4.2.1). Die Geschwindigkeiten unterhalb und oberhalb der genannten Grenzen, d.h. ca. 53 % des Windaufkommens, steuern nur je ca. 10 % zur Gesamtenergie bei. Die größten Einzelbeiträge liefern die Geschwindigkeiten um 8 m/s. Insgesamt ergibt sich eine Jahresbruttoenergie von 1321 kWh pro m², ein für diese Regionen recht hoher Wert. Das sind ca. 33 % des an der deutschen Nordseeküste zu erwartenden Wertes (Duensing, Zöllner, 1978).

4.2.7 Witterung und Wetterphänomene

Das Monatsmittel der Temperatur steigt von 17,7 Grad Celsius im Januar auf 34,8 Grad Celsius im August an und weist damit die beachtliche Jahresamplitude von 17,1 K auf. Der mittlere Tagesgang ist durch den maritimen Einfluß verhältnismäßig gering und variiert nur zwischen 6 K im Winter und im Sommer und 7 - 8 K im Frühjahr und im Oktober. Durch das Maximum der Wassertemperatur im August (32 Grad Celsius) bedingt ist das Maximum der Lufttemperatur deutlich gegenüber dem Strahlungsmaximum (im Juni) zum August hin verschoben. Das absolute Maximum des Zeitraumes 1960 - 71 wurde mit 45 Grad Celsius im August, das absolute Minimum mit 3 Grad Celsius im Januar erreicht.

Die relative Feuchte ist in Al Muharrag nachts und morgens hoch und erreicht in Einzelfällen außer in den Sommermonaten 100 %. Im Winter ist der mittlere tägliche Gang nicht groß, im Sommer geht die relative Feuchte von 70 % in der Nacht auf etwa 50 % am Mittag und Nachmittag zurück. Bei Wind vom Festland (im allgemeinen zwischen SW und NW) werden jedoch sehr niedrige Werte erreicht, im Sommer um 15 %, im Winter um 30 %.

Beachtlich sind die extrem hohen Dampfdruckwerte, die auf den Inseln von Bahrain in den Monaten von Juli bis Oktober angetroffen werden. Sie erreichen dann im Mittel zwischen 30 und 35 hPa, was beinahe Weltrekordwerte darstellt. In den Sommermonaten ist im Mittel kaum ein Wechsel zwischen morgens und nachmittags festzustellen.

Trotz des hohen Wasserdampfgehaltes der wassernahen Luftschichten ist der Niederschlag - wie überall an der arabischen Seite des Golfs - außerordentlich gering und selten. Die Monate Mai bis Oktober sind praktisch ganz trocken. Die einzelnen Jahressummen in den Jahren 1960 bis 1971 wiesen aber eine außergewöhnlich große Streuung zwischen 8 und 168 mm auf. Einen Mittelwert über 10 - 12 Jahre zu bilden, ist somit sinnlos. In den meisten Fällen setzen sich die Jahreswerte aus nur ganz wenigen Ereignissen zusammen. So sind Tagesmengen bei einzelnen Schauern von 30, 50 und sogar 60 mm gemessen worden. Trotz der deutlich erkennbaren 'Regenzeit' (November bis April) gibt es keinen Monat, in dem der Regen in den 12 Jahren nicht einmal oder auch wiederholt ganz ausgeblieben ist. Der Schwerpunkt der Niederschlags-tätigkeit, was Menge, Anzahl der Tage und Intensitäten betrifft, liegt neben Januar und Februar eindeutig im April.

Auffällig sind die häufig gemeldeten Spuren, d.h. nicht meßbaren

Beträge von Niederschlag in den Monaten November bis April; offenbar eine Folge des kurzzeitigen Auftretens von Nebel an der Station. Das Phänomen wurde auch anderswo am Golf beobachtet und ist in der Beschreibung des Klimas der Station Sharjah näher erläutert (Große Immissionen von Kondensationskernen durch Rauchgase aus Gasfackeln).

Schnee ist in Bahrain unbekannt, denn die Inseln liegen noch etwas außerhalb der absoluten Frostgrenze, die den nördlichen Golf berührt.

Die Gewitterhäufigkeit ist mit 22 Meldungen zu den vier Beobachtungsterminen in 12 Jahren sehr gering. Ein Drittel davon wurde im April, dem Monat der größten Niederschlagstätigkeit, beobachtet. Die Sommermonate Juni bis August sind ganz frei von Gewitter gewesen, aber auch im September, Oktober und Dezember sind sie äußerst selten zu erwarten. Sie sind an den Durchzug von Kaltfronten vor allem mit höhenkalter Luft gebunden, die Bahrain im Spätwinter und Frühjahr erreichen können. Die Verteilung über den Tag ist ziemlich gleichmäßig mit einer geringen Häufung in den Morgenstunden.

Recht oft ist in Bahrain Staub in der Luft gemeldet worden, weitaus am meisten in den Sommermonaten. An den vier Beobachtungsterminen sind in 12 Jahren insgesamt 3011 Angaben vermerkt, davon allein 611 im Juli, 489 im Juni und 393 im August, also fast die Hälfte der Ereignisse in den trockenen Sommermonaten. Es handelt sich dabei um Staub, der mit der Höhenströmung, meist unabhängig vom Bodenwind, aus den großen Wüstengebieten auf dem benachbarten Festland herangeführt wird. Der sehr häufige N-Wind, vor allem am Tage, und der NW-Wind, die beide über das Meer kommen, haben demnach keinen Einfluß auf die Staubtrübung.

Die Zahl der Staub- oder Sandstürme am Ort ist hingegen unbedeutend.

Nebel konzentriert sich zwar auf die Wintermonate Dezember und vor allem Januar, kommt aber auch in allen übrigen Monaten gelegentlich vor. Die Gesamthäufigkeit ist aber gering und deutlich auf kurze Perioden um den Sonnenaufgang begrenzt. Im Zeitraum von 4 bis 10 Uhr Ortszeit ist mehr als die Hälfte der Nebelmeldungen zu finden.

Die Wärmebelastung (Abb. 4.2.1) durch Schwüle ist außer in den Monaten November bis April am Morgen und von Dezember bis März am Nachmittag die meiste Zeit groß und in den eigentlichen Sommermonaten oft unerträglich, was neben der Lufttemperatur vor allem der hohen Luftfeuchtigkeit (Wasserdampfgehalt) zuzuschreiben ist. Allein der oft beständige N- bis NW-Wind kann etwas Erleichterung bringen, wenn er stärker weht.

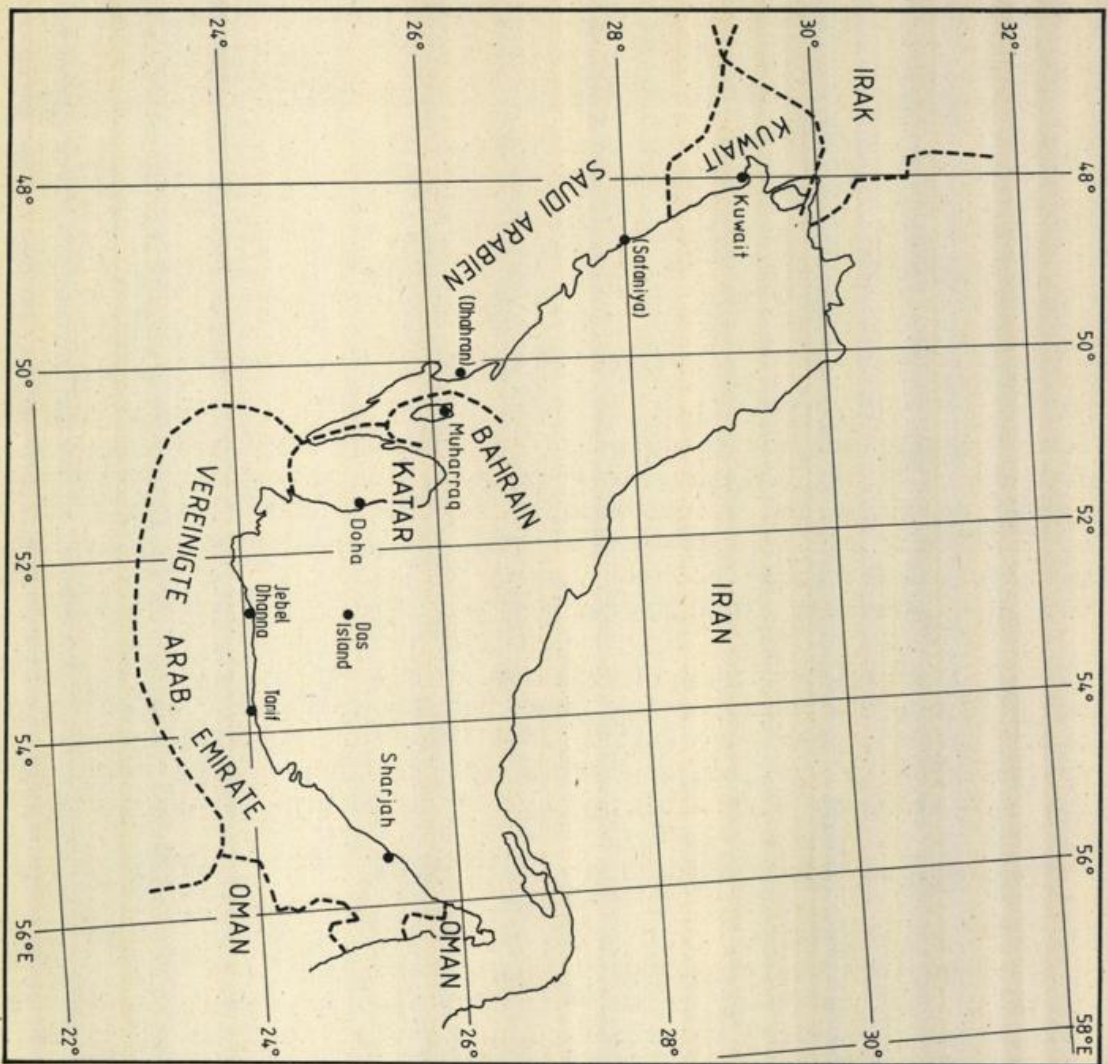


Abb. 4.2.A: Stationsübersicht für den Persischen Golf

STATION: AL MUHARRAQ
 HOBBENWIND: 26 N 30 S 2M ÜBER MEERESNIVEAU PERIODE: 1960-71

W/S	0,2-0,9	1,0-1,9	2,0-3,5	3,6-5,5	5,6-8,1	8,2-11,2	11,3-14,3	14,4-17,4	17,5-21,0
RICHTUNG (*)									
10	+0	2	5	7	5	1	+0	0	0
20	+0	2	6	7	2	+0	0	0	0
30	+0	2	5	7	2	+0	0	0	+0
40	+0	2	3	5	-1	+0	0	0	0
50	+0	1	4	5	-1	+0	0	0	0
60	0	2	5	6	-2	+0	0	0	0
70	0	1	5	6	-2	+0	0	0	0
80	0	2	3	5	-2	+1	0	0	0
90 E	+0	2	5	7	-3	+1	+0	0	0
100	+0	1	4	7	-4	+1	+0	0	0
110	0	2	3	7	-4	+1	+0	0	0
120	+0	1	4	9	-5	+1	+0	0	0
130	0	2	4	8	-6	+1	+0	0	0
140	+0	1	4	8	-6	+1	+0	0	0
150	+0	2	4	8	-6	+0	+0	0	0
160	0	2	4	7	-5	+0	+0	0	0
170	0	1	3	5	-2	+0	0	0	0
180 S	+0	1	2	3	-1	+0	+0	0	0
190	+0	1	2	2	+0	+0	0	0	0
200	0	-1	1	2	+0	0	0	0	0
210	+0	0	2	2	+0	0	0	0	0
220	0	-1	2	2	+0	0	0	0	0
230	0	0	3	4	+0	0	0	0	0
240	+0	2	5	6	+0	0	0	0	0
250	+0	2	5	7	+1	+0	0	0	0
260	0	2	5	9	2	0	0	0	0
270 W	+0	2	7	11	4	+0	+0	0	0
280	0	2	7	1,8	1,4	4	4	0	0
290	0	1	7	1,9	2,2	5	4	+0	0
300	+0	2	8	2,2	2,4	1,1	3	3	0
310	+0	1	6	1,9	2,6	1,6	3	+0	0
320	+0	2	6	1,8	3,1	2,2	6	+0	0
330	+0	2	7	1,9	3,3	2,5	1	+0	0
340	+0	2	8	1,8	2,1	1,1	4	+0	0
350	+0	1	6	1,4	1,0	-3	0	0	0
360 N	+0	2	6	1,1	6	1	+0	0	0
DAUEN	6,7								

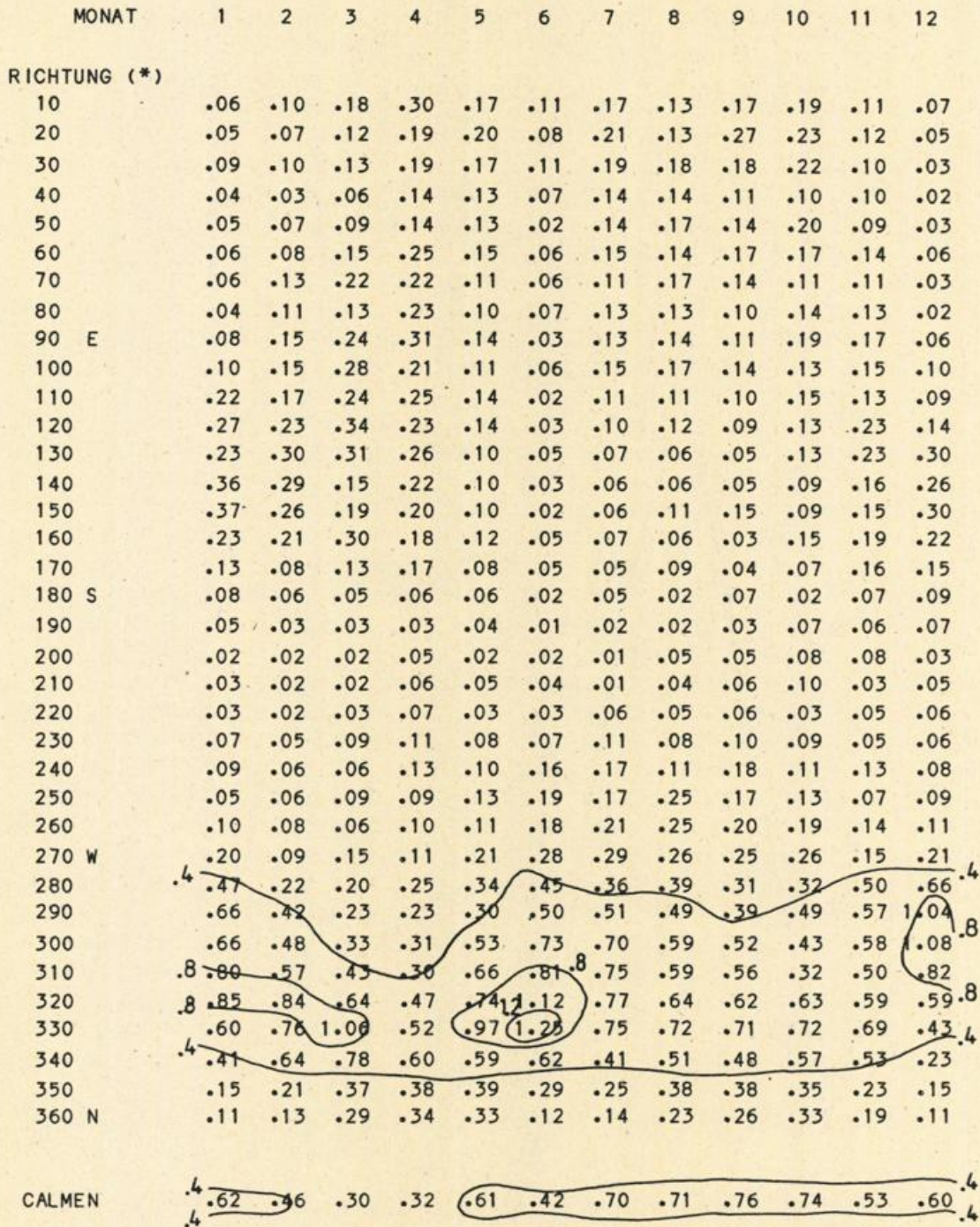
(*) RICHTUNG IN GRAD

Abb. 4.2.B: Prozentuale Häufigkeitsverteilung des Windes nach Betrag und Richtung

STATION: A L M U H A R R A Q

PERIODE: 1960-71

KOORDINATEN: 26 16N 50 37E 2M UEBER MEERESNIVEAU



(*) RICHTUNG IN GRAD

Abb. 4.2.C: Jahrgang der Windrichtung.
Isolinienabstand: 0.4 Prozent

AL MUHARRAQ

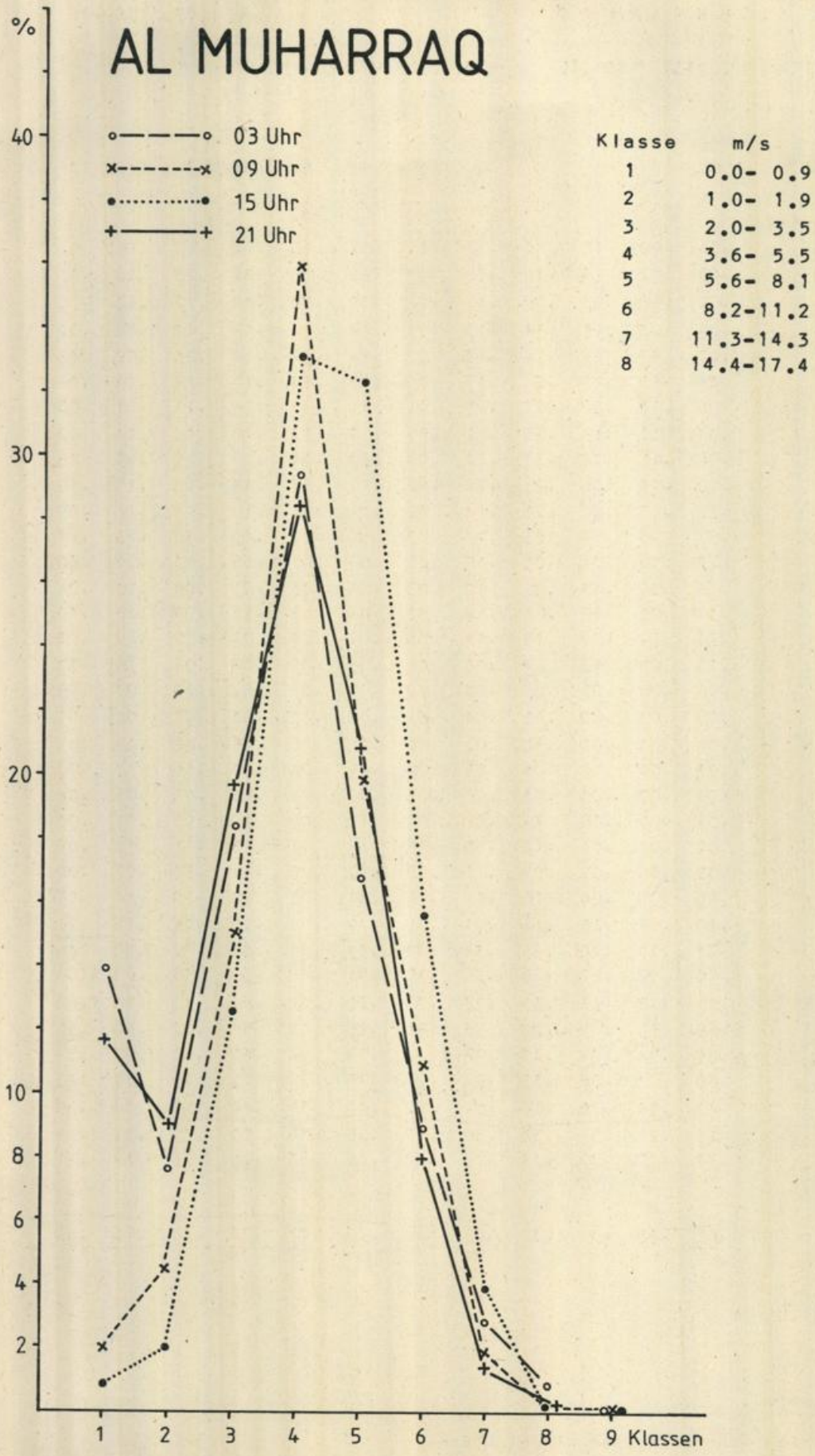


Abb. 4.2.D: Jahresgang des Betrages der Windgeschwindigkeit

AL MUHARRAQ

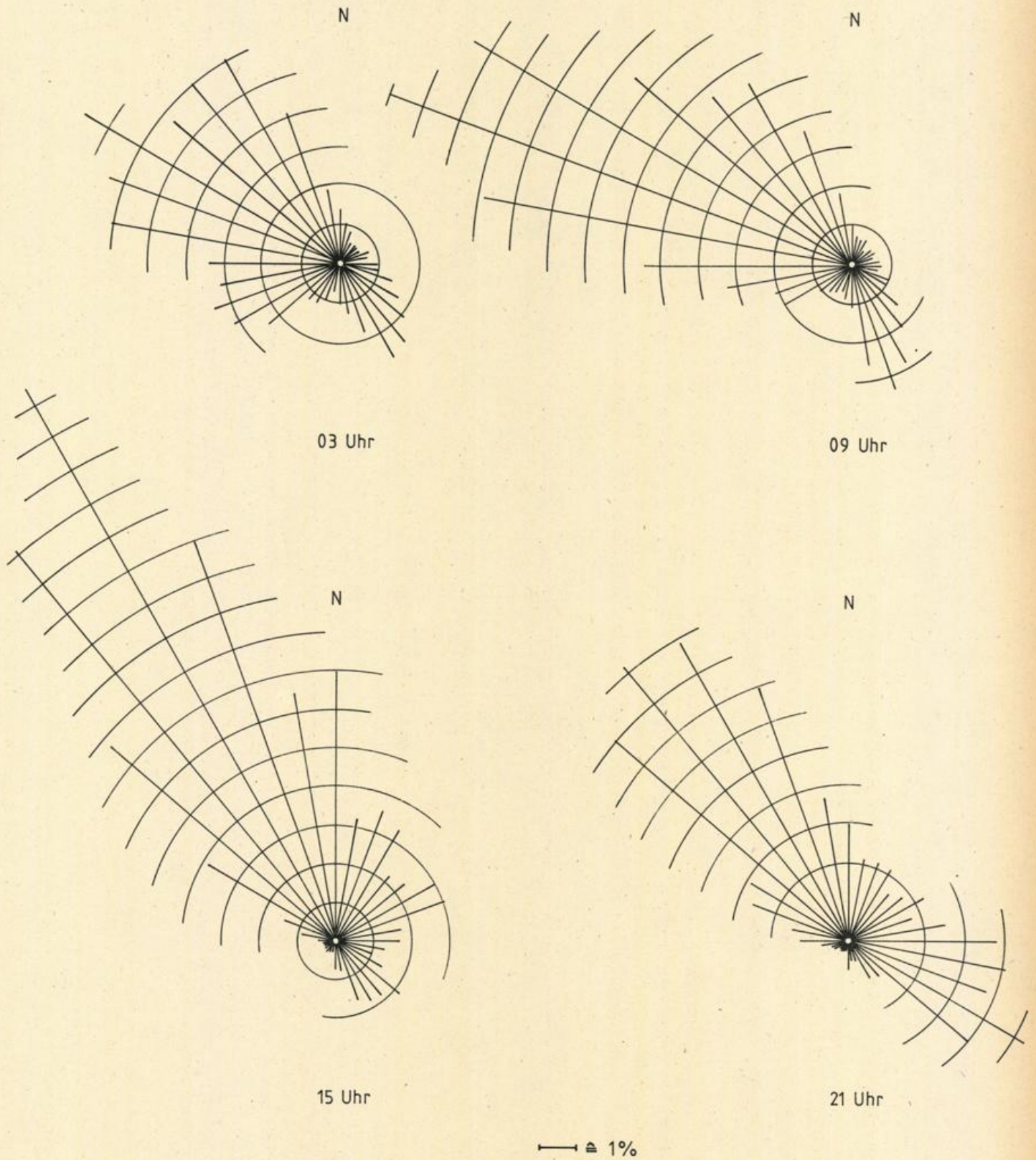


Abb. 4.2.E: Mittlerer Tagesgang der Windrichtung

STATION: A L M U H A R R A Q

KOORDINATEN: 26 16N 50 37E 2M UEBER MEERESNIVEAU

PERIODE: 1960-71

M/S	KALMEN	0,5-1,9	2,0-3,5	3,6-5,5	5,6-8,1	8,2-11,2	11,3-14,3	14,4-17,4	17,5-21,0
MONAT									
1	7,3	5,2	14,9	29,4	25,8	13,6	3,2	.5	.1
2	5,9	4,7	13,5	28,8	27,6	15,3	3,8	.4	
3	3,5	4,5	14,0	31,1	27,5	14,5	4,4	.5	
4	3,8	4,6	16,5	34,2	27,9	9,9	2,9	.2	
5	7,2	5,0	15,5	32,2	25,2	12,1	2,6	.1	.1
6	5,1	5,8	13,9	26,2	27,2	16,4	4,8	.4	.2
7	8,3	5,5	17,4	32,4	26,3	8,7	1,4		
8	8,4	7,1	16,8	37,3	23,9	5,7	.8		
9	9,2	8,9	21,5	35,2	19,9	4,9	.4		
10	8,6	9,0	23,3	33,6	19,0	6,0	.4	.1	
11	6,4	6,9	16,5	33,0	24,7	10,8	1,7		
12	7,1	5,0	13,6	29,2	29,7	12,2	2,9	.3	

Abb. 4.2.F: Mittlerer Tagesgang des Betrages der Windgeschwindigkeit in den einzelnen Klassen.

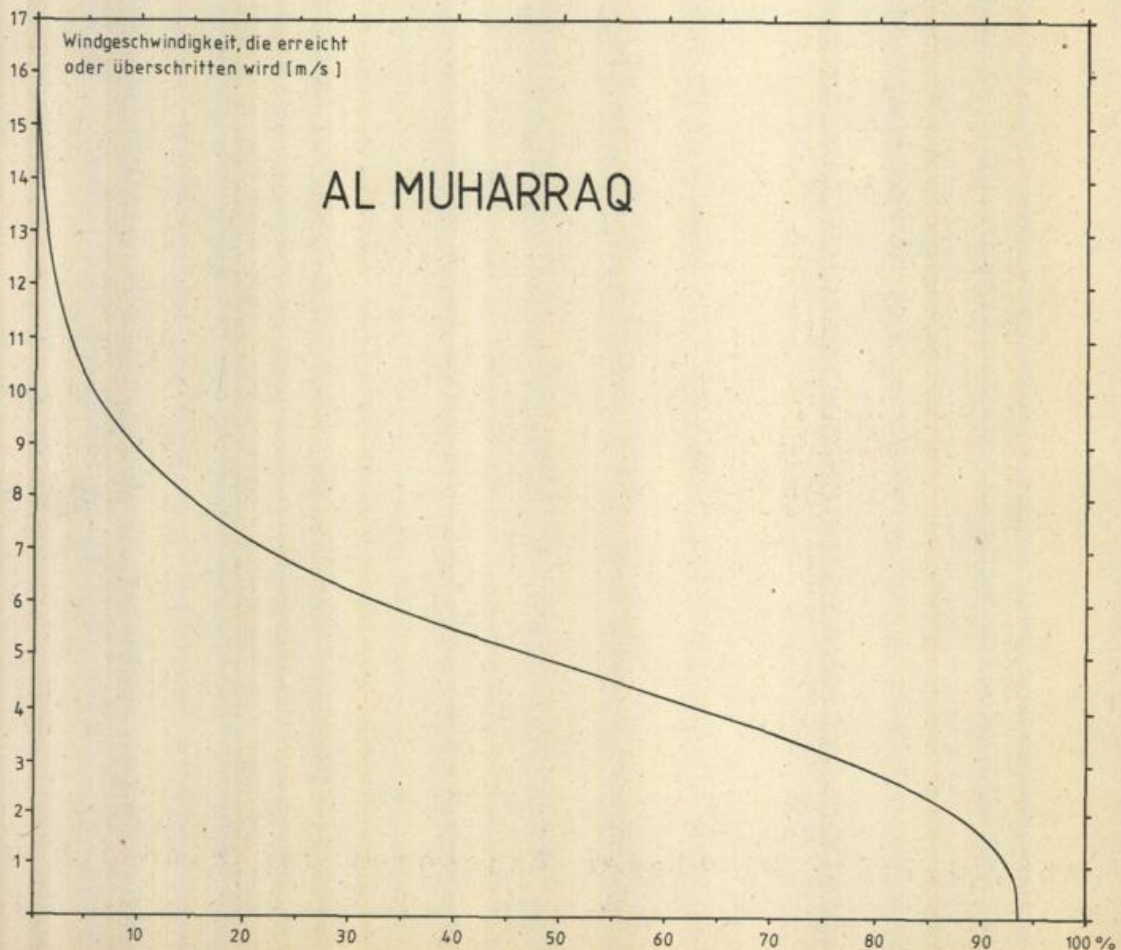


Abb. 4.2.G: Windgeschwindigkeitsdauerkurve

AL MUHARRAQ

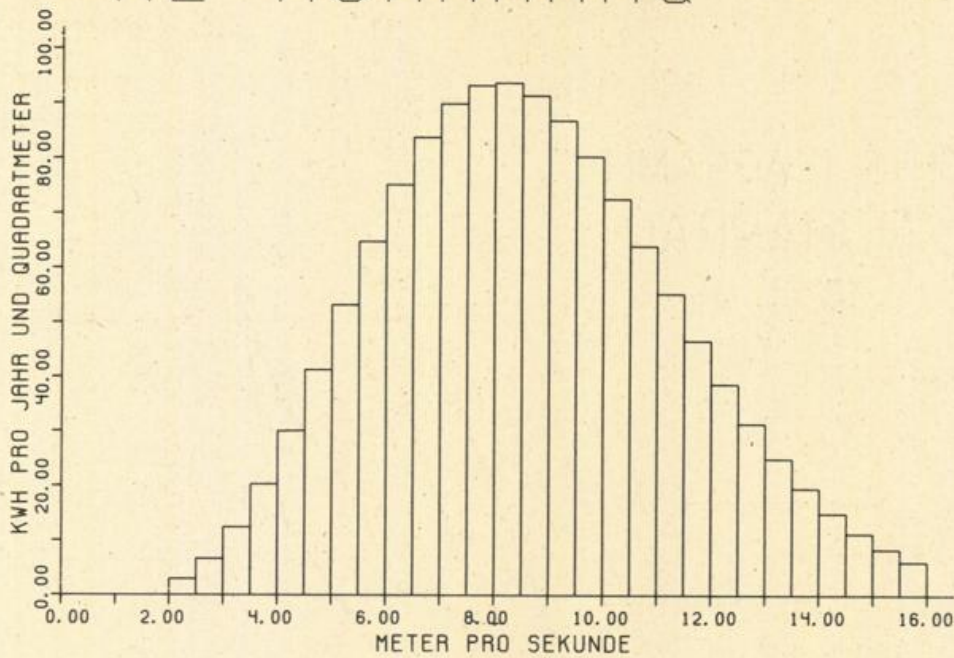


Abb. 4.2.H: Verteilung der Bruttojahresenergie auf Windgeschwindigkeitsintervalle von 0,5 m/s.

AL MUHARRAQ/Bahrain

Windgeschwindigkeitsintervall	Häufigkeit In Prozent	Bruttojahresenergie (kWh)	Summe (kWh)
≤ m/s <			
2.0- 2.5	4.94	2.9	3.8 (*)
2.5- 3.0	6.16	6.6	10.4
3.0- 3.5	6.99	12.4	22.8
3.5- 4.0	7.46	20.3	43.1
4.0- 4.5	7.61	30.1	73.2
4.5- 5.0	7.48	41.3	114.5
5.0- 5.5	7.13	53.2	167.6
5.5- 6.0	6.61	64.8	232.4
6.0- 6.5	5.98	75.2	307.6
6.5- 7.0	5.29	83.8	391.4
7.0- 7.5	4.58	89.9	481.4
7.5- 8.0	3.89	93.2	574.6
8.0- 8.5	3.24	93.7	668.3
8.5- 9.0	2.65	91.4	759.7
9.0- 9.5	2.13	86.8	846.5
9.5-10.0	1.68	80.3	926.8
10.0-10.5	1.31	72.6	999.4
10.5-11.0	1.00	64.0	1063.4
11.0-11.5	.75	55.3	1118.7
11.5-12.0	.56	46.7	1165.4
12.0-12.5	.41	38.7	1204.1
12.5-13.0	.29	31.4	1235.5
13.0-13.5	.21	25.0	1260.5
13.5-14.0	.15	19.6	1280.1
14.0-14.5	.10	15.0	1295.1
14.5-15.0	.07	11.3	1306.4
15.0-15.5	.05	8.4	1314.8
15.5-16.0	.03	6.1	1321.0

Tabelle 4.2.1: Verteilung der Bruttojahresenergie auf Windgeschwindigkeitsintervalle von 0,5 m/s, bezogen auf 1 m².

(*) dieser Wert enthält die Energiebeiträge der nicht aufgeführten unteren Windgeschwindigkeitsintervalle.

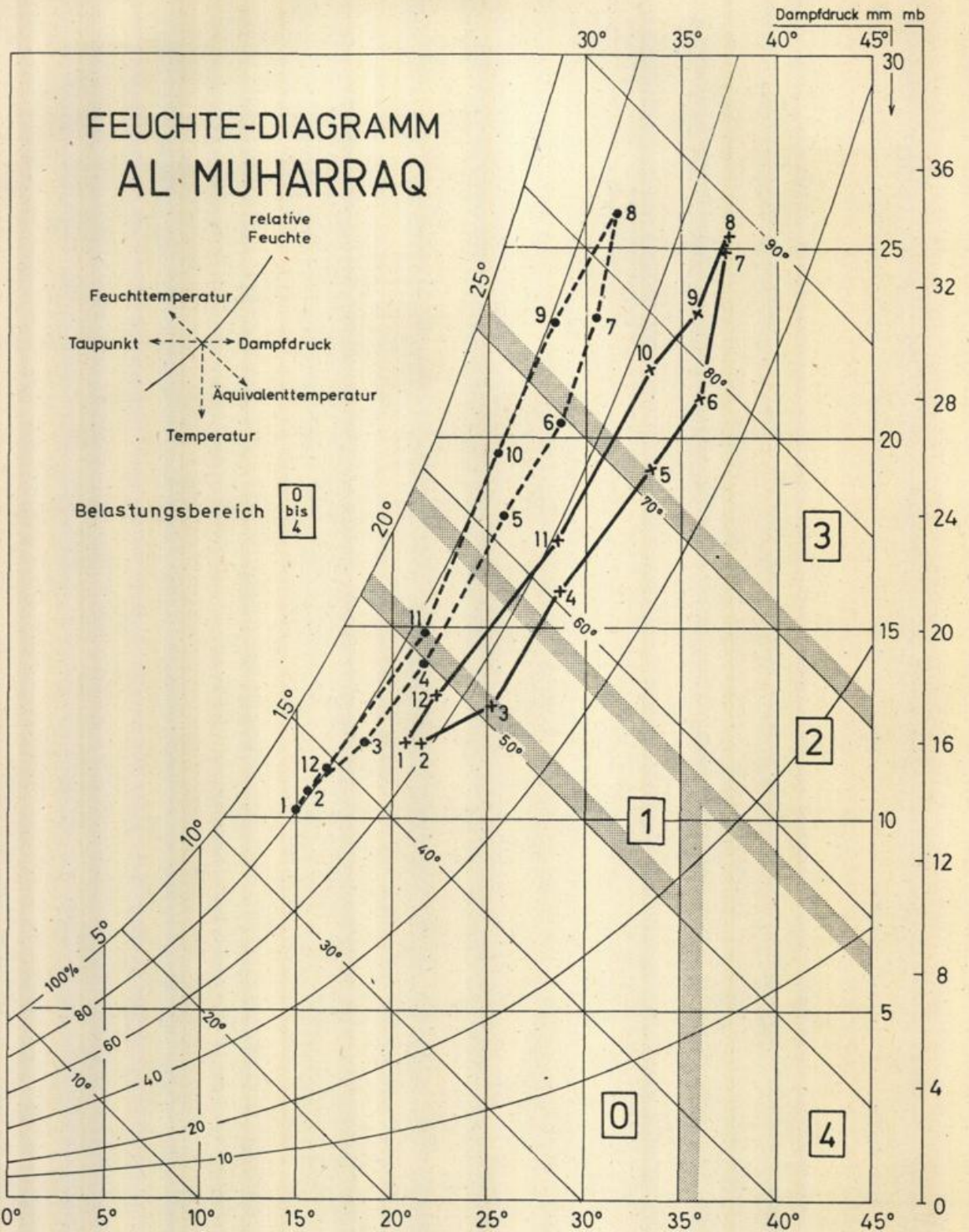


Abb. 4.2.1: Diagramm zur Bestimmung der Waermebelastung.
 Belastungsbereiche: 0 "belastungsfrei", 1 Uebergangsbereich zu "schwuel",
 2 "schwuel", 3 "sehr schwuel", 4 "trocken und heiss".
 • - - - • morgens, x — x mittags, Ziffern an den Symbolen bezeichnen die
 entsprechenden Monate.

STATION: AL MUHARRAQ

KOORDINATEN: 26 16N 50 37E 2 m UEBER NN

MONAT	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	PERIODE
LUFTTEMPERATUR (°C)													
ABS. MAXIMUM	32.0	34.7	38.0	42.0	46.7	45.0	44.0	45.0	42.0	41.0	35.0	29.0	1946-74
MITTL. TÄGL. MAXIMUM	20.5	21.5	25.0	28.7	33.5	36.0	37.5	37.7	36.0	33.4	27.5	22.1	1960-71
MITTL. TÄGSMITTEL	17.7	18.6	21.7	25.1	29.7	32.4	34.1	34.8	32.2	29.4	24.6	19.3	1960-71
MITTL. TÄGL. MINIMUM	14.9	15.6	18.4	21.4	25.8	28.7	30.6	31.9	28.4	25.4	21.6	16.4	1960-71
ABS. MINIMUM	3.0	7.0	8.0	14.0	19.0	23.0	26.6	27.0	24.0	20.0	13.0	6.0	1946-74
REL. LUFTFEUCHTE (Prozent)													
MITTEL 03 UHR ORTSZEIT	81	81	76	74	73	69	70	74	79	80	77	81	1960-71
MITTEL 15 UHR ORTSZEIT	67	62	55	54	49	47	52	52	53	57	60	65	1960-71
ABS. MAX.	100	100	100	100	100	94	94	94	100	100	100	100	1960-71
ABS. MIN.	31	21	22	22	19	13	16	21	14	14	28	28	1960-71
LUFTDRUCK (hPa)													
MITTL. TÄGSMITTEL	1018.9	1017.2	1013.9	1010.8	1007.0	1001.3	997.5	999.2	1005.0	1012.4	1017.0	1018.7	1960-71
MITTEL 09 UHR ORTSZEIT	1020.5	1018.5	1015.5	1012.4	1008.4	1002.4	998.8	1000.4	1006.4	1013.9	1018.6	1020.4	1960-71
MITTEL 15 UHR ORTSZEIT	1017.7	1015.8	1013.0	1010.2	1006.6	1001.0	997.1	998.7	1004.4	1011.6	1016.0	1017.6	1960-71
SONNENSCHINDAUER (Std)													
MITTL. TÄGESSUMME	7.3	8.4	8.8	8.5	10.5	11.8	11.1	10.7	10.8	10.3	8.8	8.1	1960-71
ABS. TÄGSMAX.	10.4	11.2	11.3	12.3	12.9	12.9	12.9	12.1	11.7	11.0	10.5	10.0	1960-71
ABS. TÄGSMIN.	0.0	0.1	0.5	0.0	0.7	8.8	5.0	0.0	9.3	2.8	0.2	0.3	1960-71
MITTL. ZAHL DER TAGE MIT													
GEWITTER	0.8	0.8	1.1	2.4	0.4	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.8	0.4	1960-71
NEBEL	2.8	0.7	0.8	0.5	0.7	0.9	1.2	0.7	0.8	1.0	0.8	1.2	1960-71
STAUB IN DER LUFT	4.4	7.3	9.9	7.9	12.4	17.5	19.0	14.4	9.9	5.8	2.3	5.3	1960-71
SAND-/STAUBSTURM	0.0	0.1	0.7	0.4	0.3	0.3	0.2	0.3	0.1	0.2	0.2	0.1	1960-71
NIEDERSCHLAG	6.8	6.4	6.6	8.3	2.1	0.2	0.2	0.2	0.1	0.3	2.9	3.7	1960-71
NIEDERSCHLAG (mm)													
MAXIMUM IN 24 Std	51.0	60.0	18.6	57.0	5.0	SP	SP	SP	SP	9.0	13.0	41.6	1960-74
MITTL. MONATSMENGE	12.9	20.7	2.7	22.3	1.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8	3.1	7.9	1960-71
HOCHSTE MONATSMENGE	89.1	93.0	14.0	70.2	9.6	SP	SP	SP	SP	9.0	15.4	79.2	1960-71
NIEDRIGSTE MONATSMENGE	SP	SP	SP	SP	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	SP	1960-71
MITTLERE ZAHL DER TAGE MIT													
MINDESTENS 0.1 mm	3.3	3.2	1.9	3.9	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	1.3	1.5	1960-71
1.0 mm	2.0	2.3	0.8	2.3	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	1.3	1.5	1960-71
10.0 mm	0.3	0.7	0.1	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.2	0.2	1960-71

SP=SPUREN, D.H. NIEDERSCHLAGSMENGEN <0.1 mm

5. Vereinigte Arabische Emirate

5.1 Daten und Auswertung

Für den Zeitraum 1960 - 71 standen für Sharjah Wetterbeobachtungen zu den Terminen 00, 06, 12 und 18 Uhr UTC zur Verfügung - der 18 Uhr-Termin aber nur in den letzten drei Jahren der Periode. Die Ortszeit erhält man mit ausreichender Genauigkeit durch Addition von ca. vier Stunden.

Windrichtung und Betrag sind in Stufen von 10 Grad, bzw. in Knoten aufgezeichnet. Außerdem enthält jede Meldung u.a. Angaben über Temperatur, Luftdruck, Taupunkt, Niederschläge und über ein Spektrum von Wetterereignissen, die in der beigefügten Klimatablelle zusammengefaßt wurden.

Die Windgeschwindigkeiten stellen 10-Minuten-Mittelwerte zum Termin dar. Extremwerte des Windes, besonders maximale Böen, wurden nicht gemeldet. Wir sind daher auf eine Abschätzung angewiesen (vgl. Kap. 5.2.5).

Da der 18 Uhr-Termin nur in den drei letzten Jahren regelmäßig gemeldet wurde, ist dieses Kollektiv weniger gut repräsentiert. Da dieser Termin im Tagesgang häufig mit geringeren Windgeschwindigkeiten verbunden ist, könnte die Gesamtabschätzung der Windenergie etwas zu günstige Werte ergeben.

Den Auswertungen von Das Island und Jebel Dhanna lagen andere Daten zugrunde. Diese Winddaten bestanden aus Stundenmittelwerten des Betrages und der Richtung, also je 24 Werte pro Tag. Daneben lagen entsprechend stündliche Maximalbeträge der Windgeschwindigkeit vor, woraus die Statistik über die maximalen Windgeschwindigkeiten berechnet wurde.

Der Zeitraum umfaßte für Das Island die Jahre 1971 - 1978, für Jebel Dhanna 1971 - 1980.

Die Klimadaten, die in den Klimatabellen abgedruckt sind, orientieren sich an einer Veröffentlichung von IMCOS (1976).

Die Berechnung der Jahresbruttoenergie wird im Anhang A ausführlich beschrieben. Als Dichtewert wurde $1,176 \text{ kg/m}^3$ eingesetzt, ein Jahresmittelwert, der mit $\pm 3,5 \%$ vom heißesten und kühllsten Monat abweicht. Die tägliche Dichteschwankung erreicht maximal ca. $\pm 1,8 \%$.

5.2 Sharjah (Ash Shariqah)

5.2.0 Allgemeines

Sharjah liegt am Südende des arabischen Golfs unweit vom Hafen Dubai und gehört zu den Vereinigten Arabischen Emiraten (Abb. 4.2.A). Die Meereshöhe beträgt nur wenige Meter, und auch landeinwärts gibt es außer Sanddünen keine nennenswerten Erhebungen. Erst in 50 bis 100 km Entfernung liegt im Osten der in Nord-Süd-Richtung verlaufende Berg-rücken Al-Hajar al-Gharbi mit Höhen zwischen 1000 und 2000 m, auf denen es im Winter sogar vereinzelt schneit.

Sharjah ist voll dem über den 800 km langen Golf kommenden "Schamal" (sehr beständiger Nordwestwind) ausgesetzt, dem sich ein ausgeprägtes Land-See-Windsystem überlagert, so daß vor allem im Sommer tagsüber ein sehr kräftiger Wind von See bläst und nachts eine nicht unbedeutende ablandige Luftbewegung beobachtet wird.

5.2.1 Windrichtung und Betrag

Vorherrschende Windrichtung ist auch in Sharjah W - NW (Abb. 5.2.A). Dieser Richtungssektor bringt auch zugleich die höchsten Windgeschwindigkeiten, in Einzelfällen von über 20 m/s. Jedoch herrscht diese Windrichtung nicht so ausschließlich vor wie weiter nördlich im Golf (vgl. Muharaq), sondern es tritt ein zweites Richtungsmaximum zwischen E und SSW auf mit jedoch merklich geringeren Windgeschwindigkeiten (2 - 5 m/s). Kalmen hatten einen Anteil von 8,1 %.

5.2.2 Jahresgang der Windrichtung

West- bis Nordwestwinde herrschen das ganze Jahr über vor und wehen in der ersten Jahreshälfte vorwiegend aus West, in der zweiten eher aus NW (Abb. 5.2.B). Daneben gibt es Richtungen von E - SE, die bevorzugt im Winter (Oktober - Januar) auftreten und südliche Richtungen von Dezember bis Juni. Südwinde kommen am häufigsten im Juni vor.

Westliche bis nordwestliche Richtungen rühren im Sommer von dem ausgeprägten Tief über der Golfregion, im Winter von hohem Druck über Arabien her. Ost- bis Südostwinde treten in den Wintermonaten gelegentlich auf, wenn das zentralasiatische Hochdruckgebiet sich keilartig nach Westen ausdehnt.

Dem großräumigen Druckfeld ist jedoch ein außerordentlich starkes Land-See-Windsystem überlagert, das auch zur Zeit der relativ starken Druckgradienten, beginnend im April/Mai, der großräumigen Strömung eine kräftige Landwindkomponente nachts und vormittags entgegengesetzt

und damit südlichen Richtungen zu beachtlichen Anteilen verhilft (Abb. 5.2.B).

Umgekehrt wird natürlich der Seewind den W- bis NW-Wind tagsüber verstärken.

5.2.3 Jahresgang des Betrages der Windgeschwindigkeit

Bis ca. 11 m/s verläuft der an sich schwache Jahresgang in dem Sinne, daß im Frühjahr und Sommer die etwas höheren Windgeschwindigkeiten vorherrschen. Das zeigt Abb. 5.2.C durch eine stärkere Belegung der höheren und entsprechend geringeren Häufigkeit der niedrigen Windgeschwindigkeitsklassen von April bis August. Oberhalb von 11 m/s jedoch treten nennenswerte Beträge nur im Winter bis einschließlich April/Mai auf, so daß im Sommer kaum Starkwinde zu erwarten sind.

5.2.4 Tagesgang des Windes

Sharjah besitzt ein außerordentlich stark ausgeprägtes Land-See-Windsystem. Des nachts bis in den Vormittag hinein weht ein S- bis SE-Wind vom Landesinnern her, der im Laufe des Tages auf NW dreht (Abb. 5.2.D). Am späten Abend geht der Seewind zurück, und vor dem erneuten Aufleben des Landwindes gibt es im allgemeinen keine bevorzugte Richtung mehr (Abb. 5.2.D, 22 Uhr). Ausnahme ist der Mai, der zum 22 Uhr-Termin bereits wieder ausgeprägten Landwind aufweist.

Im schwachwindigen Bereich bis ca. 5 m/s (Klasse 4, Abb. 5.2.E) dominieren die Termine, die mit S - SE, also mit Landwind verbunden sind. Ab 5,6 m/s (Klasse 5, Abb. 5.2.D) überwiegt der NW mit Anteilen bis über 50 %; d.h. ab Vormittag frischt der Wind aus westlichen bis nördlichen Richtungen auf.

Oberhalb von 11 m/s ist praktisch kein Tagesgang im Betrag der Windgeschwindigkeit mehr festzustellen.

5.2.5 Maximale Windgeschwindigkeit

Eine Statistik über Böen liegt für diese Studie bisher nicht vor. Die höchsten 10-Minuten-Mittelwerte lagen mit einem Anteil von 0,07 % zwischen 21,1 und 24,2 m/s. Setzt man in erster Näherung einen Böenfaktor von 1,25 (Wieringa, 1976) an, so errechnen sich Werte von ca. 30 m/s, so daß mit orkanartigen Sturmböen gerechnet werden muß.

5.2.6 Wind- und Energieangebot

Das Windangebot ist aus der Winddauerkurve (Abb. 5.2.F) zu entnehmen. Schwachwindige Verhältnisse mit weniger als 5 m/s treten in etwa 57 % aller Fälle auf, dabei machen die Kalmen 8,1 % aus. Der Starkwindbereich oberhalb von 10,8 m/s wird nur noch in ca. 1 % aller Fälle erreicht.

Die sich aus dieser Verteilung ergebenden Energiebeträge in den einzelnen Geschwindigkeitsklassen sind aus Abb. 5.2.G bzw. Tab. 5.2.1 zu entnehmen. Etwa 80 % der Energie werden im Geschwindigkeitsbereich zwischen einschließlich 5 und 10,5 m/s gewonnen. Das sind rund 42 % des gesamten Windangebotes. Die Geschwindigkeiten unterhalb und oberhalb der genannten Grenzen, d.h. ca. 58 % des Windaufkommens, steuern nur je ca. 10 % zur Gesamtenergie bei. Die größten Einzelbeiträge liefern die Geschwindigkeiten um 7 m/s. Insgesamt ergibt sich für das Jahr eine Bruttoenergie von 994 kWh pro m². Das sind ca. 25 % des an der deutschen Nordseeküste zu erwartenden Wertes (Duensing, Zöllner, 1978).

5.2.7 Witterung und Wetterphänomene

Das Monatsmittel der Temperatur steigt von 18,5 Grad Celsius im Januar auf 33,5 Grad Celsius im August an und weist damit die beachtliche Jahresamplitude von 15 K auf. Der mittlere Tagesgang liegt bei dem ausgesprochenen Strahlungsklima Sharjas zwischen 10 und 12 K. Durch die große Wasserwärme bedingt ist das Temperaturmaximum gegenüber dem Strahlungsmaximum im Juni deutlich zum August hin verschoben. Die absoluten Extremwerte betragen im Zeitraum 1950 - 1971 32 Grad Celsius und 4 Grad Celsius im Winter sowie 48 Grad Celsius und 23 Grad Celsius im Sommer.

Die relative Feuchte ist in Sharjah vor allem in den Nachtstunden ziemlich hoch und erreicht in Einzelfällen oft 100 %. Im Winter ist der mittlere Tagesgang nicht groß, hingegen im Sommer durch die hohen Mittagstemperaturen trotz des Windes von See beachtlich. Bei ablandigem Wind aus der Wüste werden in allen Monaten sehr niedrige Werte erreicht, im Sommer oft um 10 %, im Winter um 20 - 30 %.

Niederschlag fällt in Sharjah sehr selten, im Sommer von Juni bis Oktober praktisch gar nicht. Die Jahressummen weisen eine sehr große Streuung zwischen 15 und 174 mm (= Liter pro Quadratmeter) auf. Einen Mittelwert über 10 - 12 Jahre zu bilden, ist also sinnlos. In den meisten Fällen setzen sich die Jahreswerte aus nur ganz wenigen Ereignissen zusammen. So sind maximale Tagesmengen von 30 bis 75 mm zwischen November und Februar und sogar im Mai beobachtet worden. Ziemlich häufig sind Spuren von Niederschlag, oftmals aus Nebel, vermerkt worden. Ungefähr ein Drittel aller Monatssummen des Untersuchungszeitraumes lag unter 0,1 mm. Auch zeichnen sich überwiegend die Herbst- und Wintermonate vor allem der letzten Beobachtungsjahre durch eine Zunahme der Niederschlags Spuren aus.

Schnee beobachtet man in Sharjah nicht. Es sind auch keine Frosttemperaturen bekannt wie am Nordende des Golfs.

Gewitter sind praktisch nur in den Winter- und Frühjahrsmonaten aufgetreten, während sie von Juni bis Oktober äußerst selten sind. Sie sind an besonders intensive Kaltluftausbrüche in den arabischen Raum gebunden. Sie kamen in einzelnen Jahren des Beobachtungszeitraumes zwischen ein und acht mal vor, am häufigsten im April. Die Gewitter wurden vorwiegend nachts und bis zum frühen Nachmittag beobachtet. Sie müssen nicht in jedem Fall mit Niederschlag verbunden sein. Die meist sehr trockene untere Troposphäre läßt Niederschlag oft schon abtrocknen, ehe er den Boden erreicht. Weit herabhängende Fallstreifen können dann beobachtet werden, über denen sich der Cumulonimbus bis in große Höhen aufgebaut hat.

Bei auffrischendem Wind wird meist Staub in der Luft beobachtet, vereinzelt auch Staub- oder Sandsturm am Ort, und dies im Durchschnitt an 164 Beobachtungsterminen pro Jahr mit einem Maximum von 35 im Juli und einem Minimum von 1 im November. Während also Staub in der Luft verhältnismäßig häufig gemeldet wird, sind Staub-oder Sandstürme zu den Beobachtungsterminen (00, 06, 12, 18 Z) in 12 Jahren doch relativ selten, nämlich nur 16 mal vorgekommen, etwa 5 - 6 mal so häufig allerdings zwischen den Beobachtungsterminen, nämlich 87 mal in 12 Jahren. Von den durchschnittlich 7 Fällen im Jahr treten die meisten im Frühjahr auf, etwa ein Fünftel allein im März, wenn die Böigkeit offenbar am größten ist.

Nebel tritt in der ersten Jahreshälfte im Mittel an zwei bis vier Tagen auf. In der zweiten Jahreshälfte nimmt die Nebelhäufigkeit - abgesehen von September und Oktober - bis auf Werte von 1 mal pro Monat ab.

Die Wärmebelastung (Abb. 5.2.H) durch Schwüle ist an diesem heißen Küstenplatz 4 - 5 Monate ganztägig recht groß, am stärksten im Juli und August. Von Mai bis Oktober sind es vor allem die Mittags- und Nachmittagsstunden, die recht belastend sind, während es morgens noch erträglich sein kann. Nur die Wintermonate sind ganztägig angenehm und ohne Schwüle, etwa vergleichbar mit unseren mitteleuropäischen Sommermonaten.

STATION: S H A R J A H

KOORDINATEN: 20 29N 55 31E 39M ÜBER MEERESNIVEAU

PERIODE: 1960-71

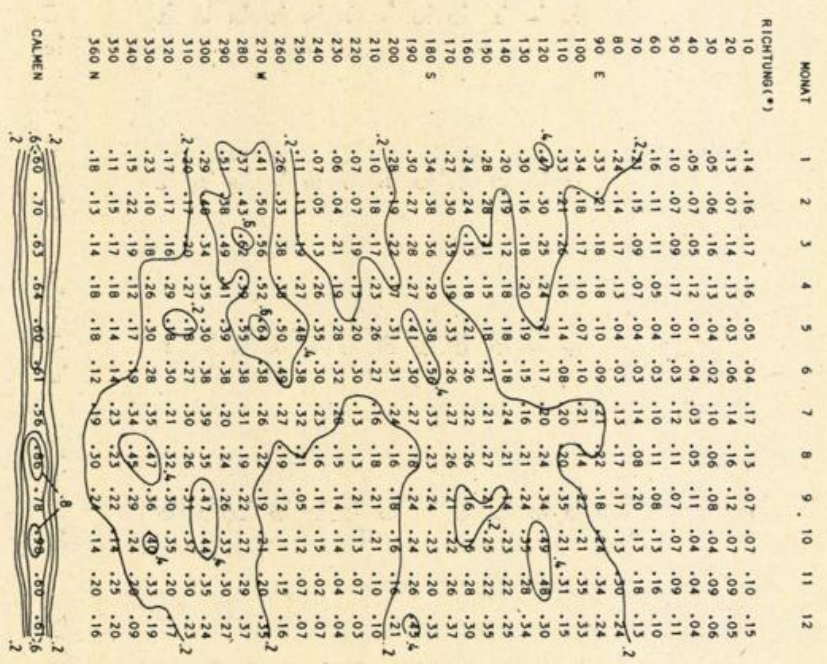
M/S 0,5-0,9 1,0-1,9 2,0-3,5 3,6-5,5 5,6-8,1 8,2-11,2 11,3-14,3 14,4-17,4 17,5-21,0 21,1-24,5

RICHTUNG (*)	0,5-0,9	1,0-1,9	2,0-3,5	3,6-5,5	5,6-8,1	8,2-11,2	11,3-14,3	14,4-17,4	17,5-21,0	21,1-24,5
10	+0,0	+0,0	.1	.2	.6	.1	.0	.0	.0	.0
20	+0,0	.1	.1	.2	.2	.0	.0	.0	.0	.0
30	+0,0	.2	.2	.2	.3	+0,0	.0	.0	.0	.0
40	.0	.1	.2	.3	.1	+0,0	.0	.0	.0	.0
50	.0	.2	.4	.4	.1	+0,0	.0	.0	.0	.0
60	+0,0	.2	.4	.4	.1	+0,0	.0	.0	.0	.0
70	+0,0	.2	.5	.6	.1	+0,0	.0	.0	.0	.0
80	.0	.3	.6	.7	.2	.1	+0,0	.0	.0	.0
90 E	+0,0	.5	.9	.7	.3	.1	+0,0	.0	.0	.0
100	+0,0	.4	1,0	.7	.3	.1	+0,0	.0	.0	.0
110	+0,0	.6	1,0	.7	.3	+0,0	.0	.0	.0	.0
120	.0	.6	1,8	1,0	.2	.1	+0,0	.0	.0	.0
130	+0,0	.6	1,3	.7	.1	+0,0	.0	.0	.0	.0
140	+0,0	.6	1,0	.6	.2	+0,0	.0	.0	.0	.0
150	+0,0	.7	1,2	.8	.2	.0	.0	.0	.0	.0
160	+0,0	.4	.9	1,0	.3	+0,0	.0	.0	.0	.0
170	+0,0	.4	.8	1,4	.5	.2	+0,0	.0	.0	.0
180 S	.0	.4	.8	1,7	.9	.1	+0,0	.0	.0	.0
190	+0,0	.2	.6	1,5	.8	.2	+0,0	.0	.0	.0
200	+0,0	.2	.5	1,1	.6	.2	+0,0	.0	.0	.0
210	.0	.2	.4	.8	.7	.1	+0,0	.0	.0	.0
220	+0,0	.1	.3	.7	.6	.1	.0	.0	.0	.0
230	+0,0	.1	.3	.7	.6	.1	.0	.0	.0	.0
240	+0,0	.2	.3	.7	.6	.1	.0	.0	.0	.0
250	.0	.1	.4	.7	.6	.3	+0,0	.0	.0	.0
260	.0	.1	.4	.9	1,3	.5	+0,0	.0	.0	.0
270 W	+0,0	.1	.4	1,0	1,9	.8	.1	+0,0	.0	.0
280	.0	.1	.3	1,1	2,0	.8	.1	+0,0	.0	.0
290	.0	.1	.3	1,0	2,1	.6	.1	+0,0	.0	.0
300	+0,0	.1	.3	1,2	2,2	.5	.1	+0,0	.0	.0
310	.0	+0,0	.2	1,0	1,7	.2	.2	.0	.0	.0
320	.0	.1	.2	1,0	1,5	.1	.1	.0	.0	.0
330	+0,0	.1	.2	1,0	2,0	.1	.1	.0	.0	.0
340	.0	+0,0	.1	.7	1,5	.2	.2	.0	.0	.0
350	.0	.0	.1	.5	1,3	.2	.2	.0	.0	.0
360 N	.0	.1	.1	.5	1,3	.2	.2	+0,0	.0	.0

(*) RICHTUNG IN GRAD

Abb. 5.2.A: Prozentuale Häufigkeitsverteilung des Windes nach Betrag und Richtung

STATION: S H A R J A H
 KOORDINATEN: 20 29N 55 31E 39M ÜBER MEERESNIVEAU
 PERIODE: 1960-71



(*) RICHTUNG IN GRAD

Abb. 5.2.B: Jahressgang der Windrichtung. Isolinienabstand: 0,2 Prozent

STATION: SHARJAH

KOORDINATEN: 20 25N 55 31E 35M UEBER MEERESNIVEAU

PERIODE: 1960-71

M/S	KALMEN	0.5-1.9	2.0-3.5	3.6-5.5	5.6-8.1	8.2-11.2	11.3-14.3	14.4-17.4	17.5-21.0	21.1-24.5
MONAT										
1	6.9	10.1	21.8	31.2	22.9	5.8	.9	.4	.0	.0
2	8.7	9.7	15.2	31.0	27.5	6.9	.9	.1	.0	.0
3	7.9	7.4	16.3	27.1	28.2	10.3	2.5	.3	.0	.0
4	7.7	7.6	17.4	26.9	30.0	9.0	1.1	.3	.0	.0
5	6.9	5.9	15.3	27.9	33.3	9.7	.8	.1	.0	.1
6	7.3	5.6	15.8	29.5	33.9	7.4	.5	.0	.0	.0
7	6.7	5.4	16.5	30.6	34.3	6.1	.4	.0	.0	.0
8	10.3	9.1	17.8	27.4	30.2	5.2	.0	.0	.0	.0
9	9.6	11.6	20.5	24.2	29.1	5.0	.0	.0	.0	.0
10	11.6	12.0	23.5	22.7	27.4	2.8	.0	.0	.0	.0
11	7.3	10.7	22.3	28.0	27.4	4.1	.1	.1	.0	.0
12	7.7	9.7	22.4	34.6	20.5	4.2	.8	.1	.0	.0

Abb. 5.2.C: Jahresgang des Betrages der Windgeschwindigkeit

SHARJAH

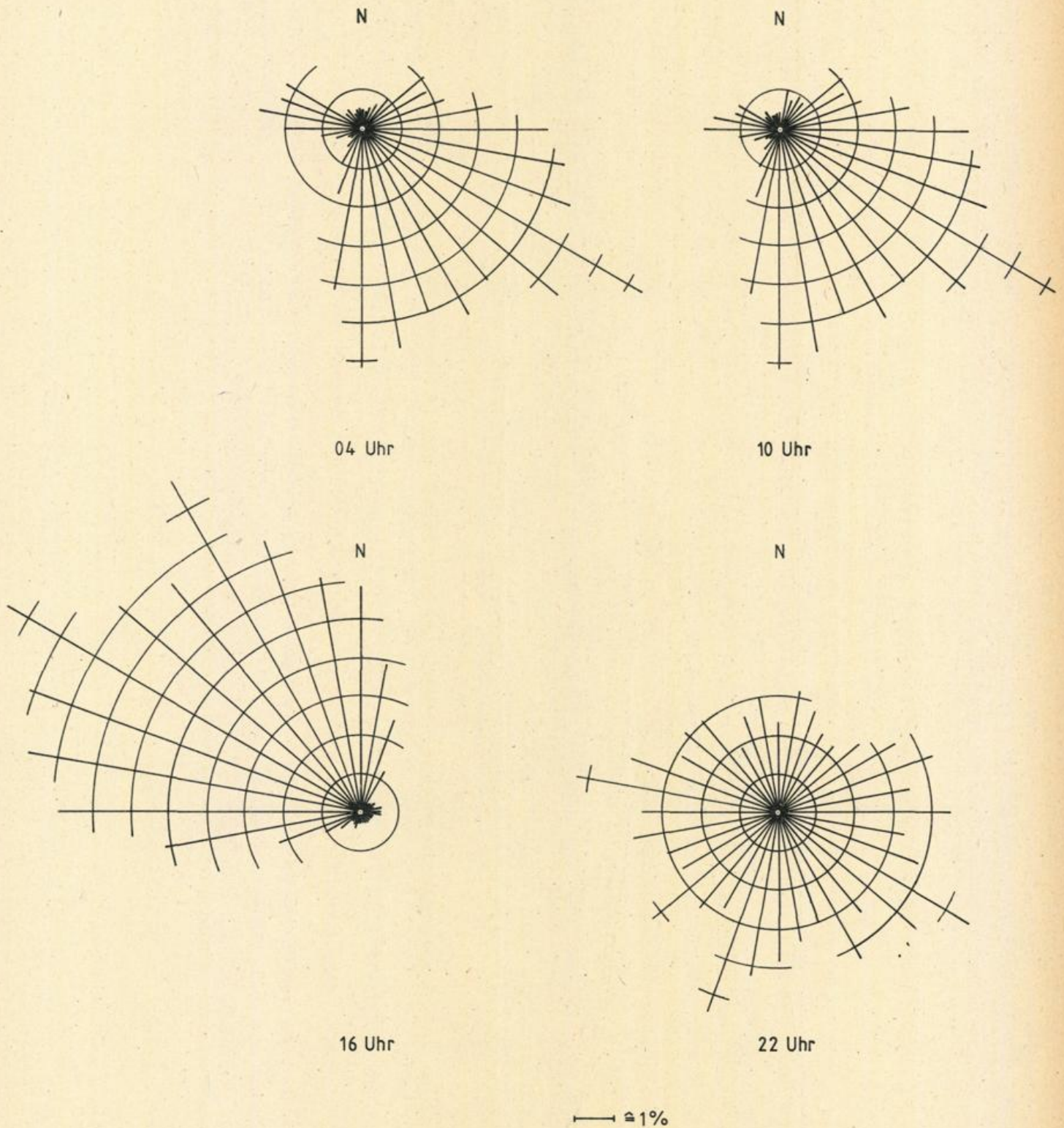


Abb. 5.2.D: Mittlerer Tagesgang der Windrichtung

SHARJAH

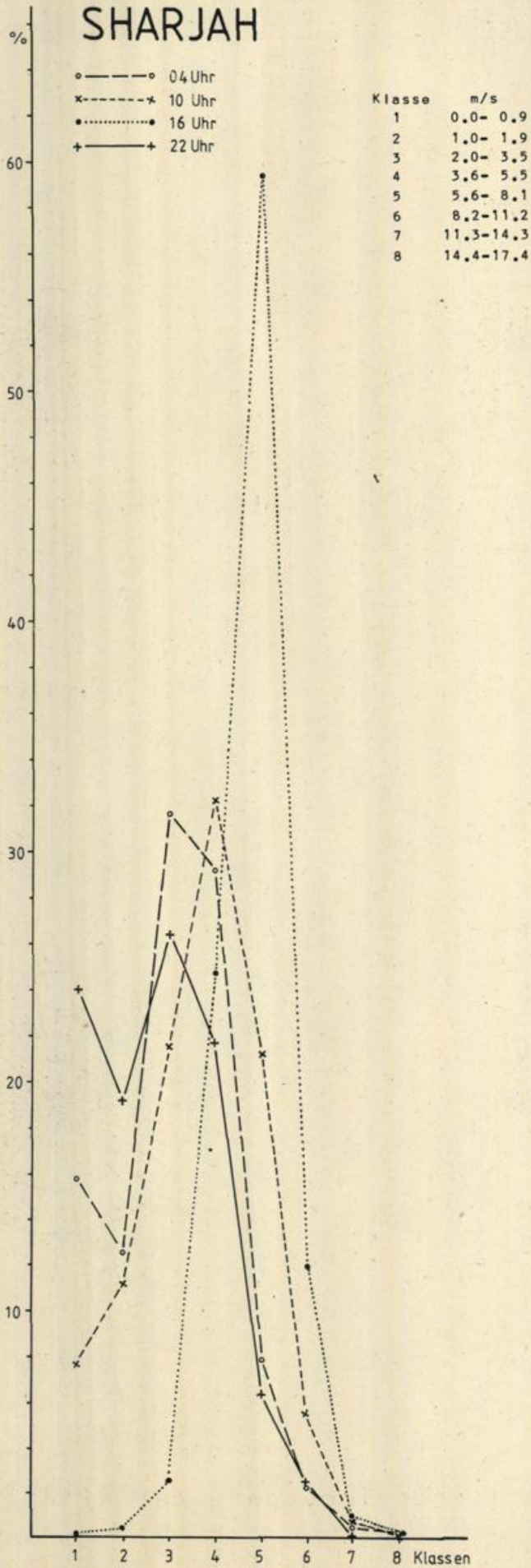


Abb. 5.2.E: Mittlerer Tagesgang des Betrages der Windgeschwindigkeit in den einzelnen Klassen.

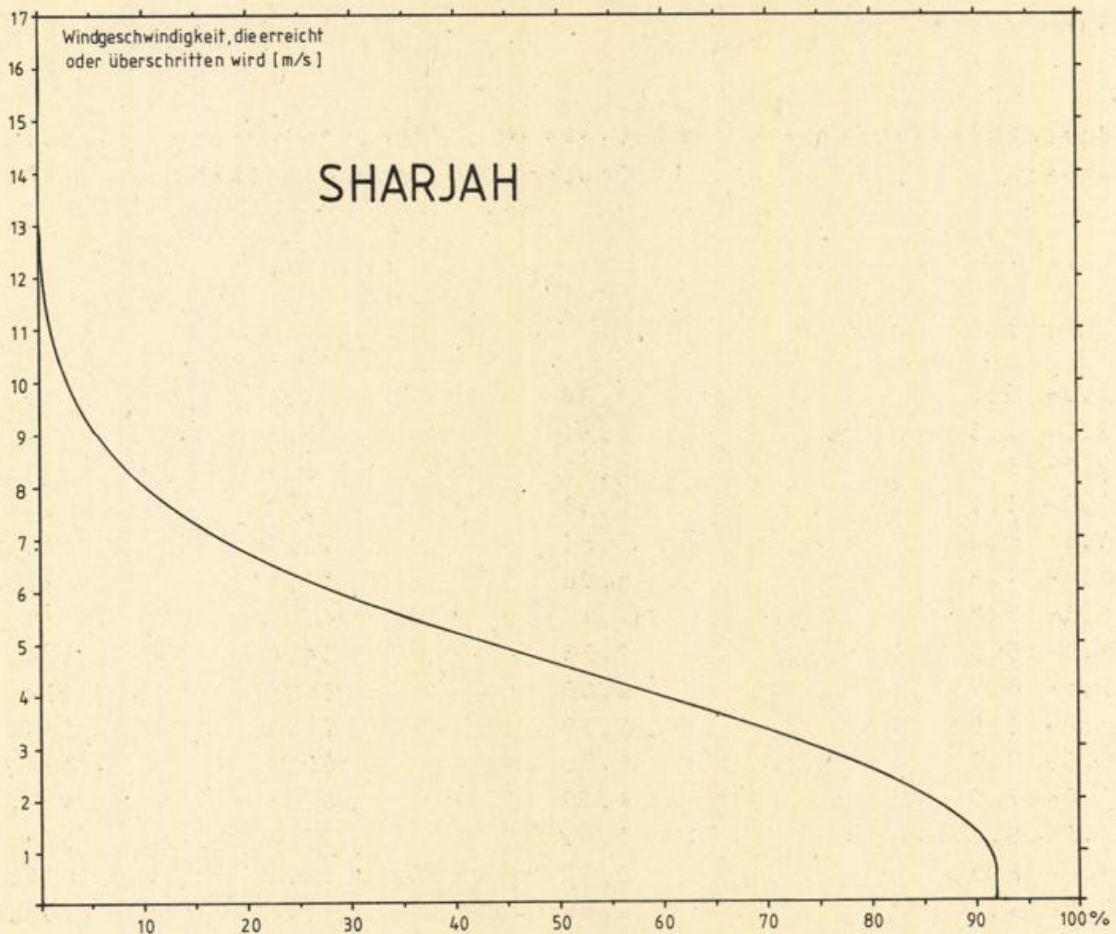


Abb. 5.2.F: Windgeschwindigkeitsdauerkurve

SHARJAH

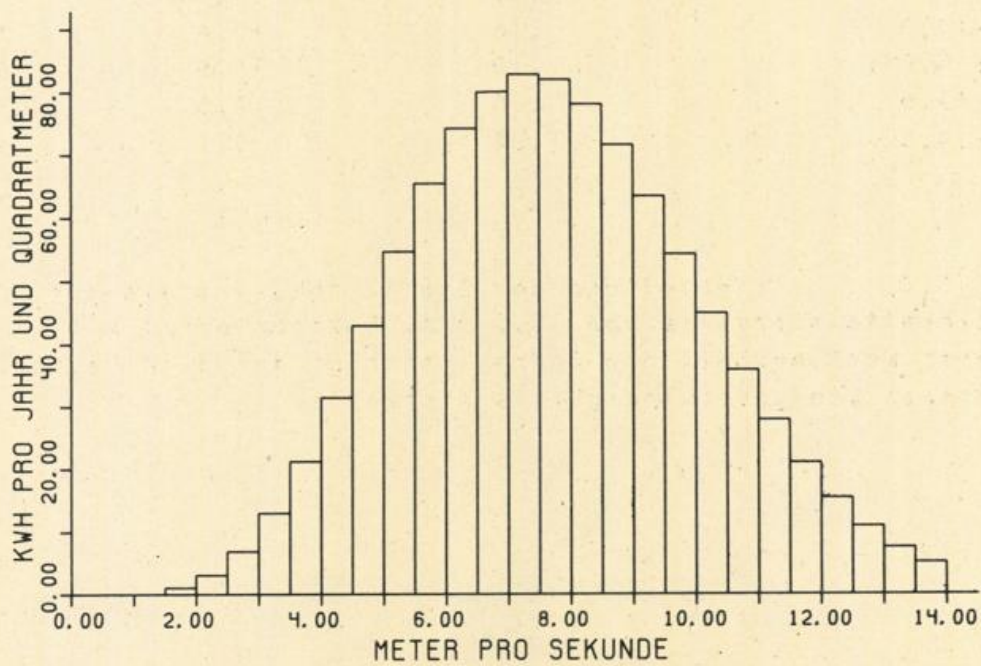


Abb. 5.2.G: Verteilung der Bruttojahresenergie auf Windgeschwindigkeitsintervalle von 0.5 m/s.

Windgeschwindigkeits- intervall	Häufigkeit in Prozent	Bruttojahres- energie (kWh)	Summe (kWh)
≤ m/s <			
1.5- 2.0	3.88	1.1	1.3 (*)
2.0- 2.5	5.32	3.1	4.4
2.5- 3.0	6.49	6.9	11.4
3.0- 3.5	7.33	13.0	24.3
3.5- 4.0	7.82	21.2	45.6
4.0- 4.5	7.96	31.5	77.0
4.5- 5.0	7.77	42.9	119.9
5.0- 5.5	7.33	54.6	174.5
5.5- 6.0	6.68	65.4	239.9
6.0- 6.5	5.90	74.2	314.1
6.5- 7.0	5.06	80.1	394.2
7.0- 7.5	4.22	82.8	477.0
7.5- 8.0	3.42	82.0	558.9
8.0- 8.5	2.70	78.1	637.0
8.5- 9.0	2.08	71.6	708.6
9.0- 9.5	1.55	63.4	772.0
9.5-10.0	1.14	54.2	826.2
10.0-10.5	.81	44.9	871.0
10.5-11.0	.56	35.9	907.0
11.0-11.5	.38	27.9	934.9
11.5-12.0	.25	21.0	955.9
12.0-12.5	.16	15.4	971.3
12.5-13.0	.10	10.9	982.2
13.0-13.5	.06	7.5	989.7
13.5-14.0	.04	5.1	994.8

Tabelle 5.2.1: Verteilung der Bruttojahresenergie auf Windgeschwindigkeitsintervalle von 0.5 m/s, bezogen auf 1 m².

(*) dieser Wert enthält die Energiebeiträge der nicht aufgeführten unteren Windgeschwindigkeitsintervalle.

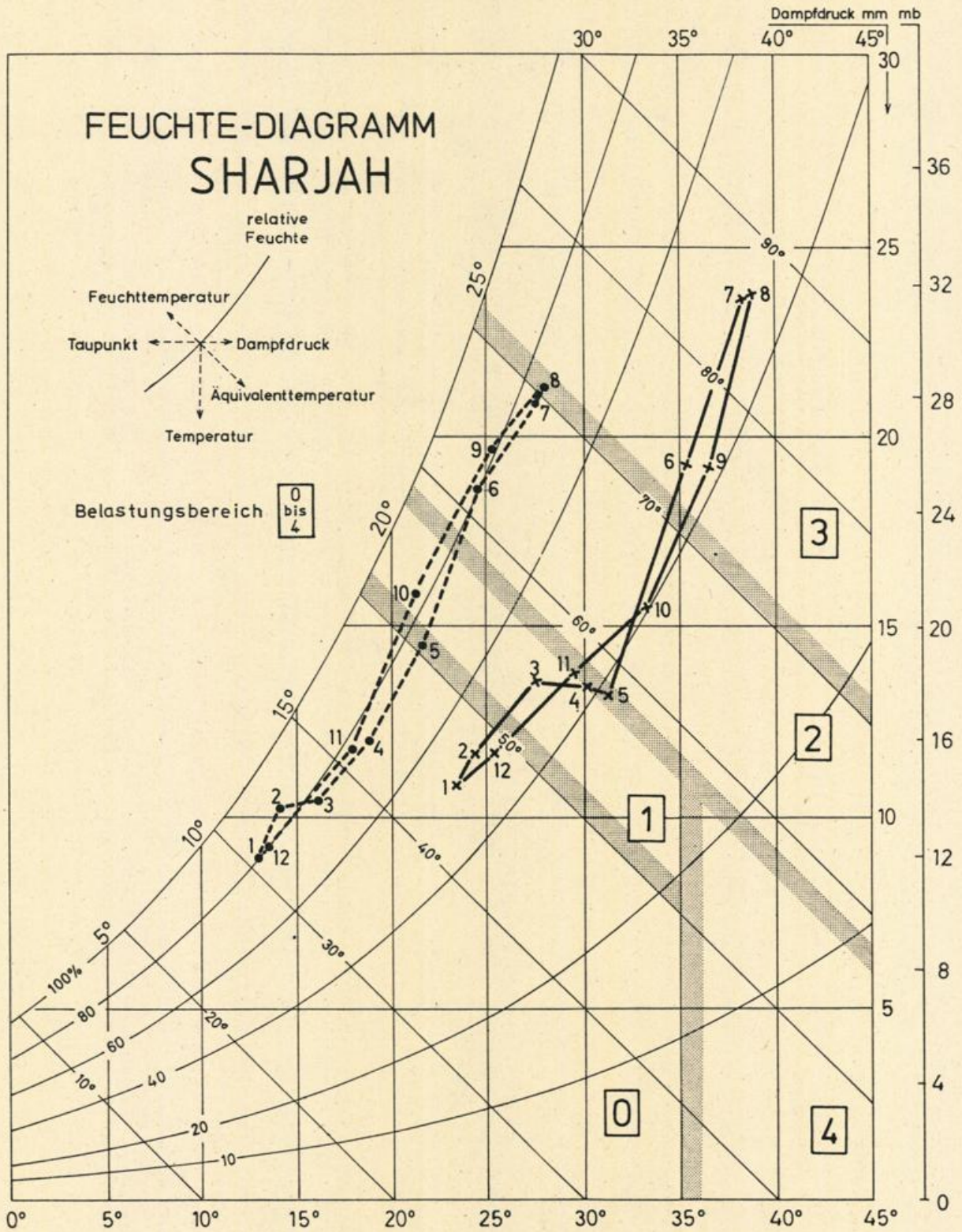


Abb. 5.2.H: Diagramm zur Bestimmung der Waermebelastung.
 Belastungsbereiche: 0 'belastungsfrei', 1 Uebergangsbereich zu 'schwuel',
 2 'schwuel', 3 'sehr schwuel', 4 'trocken und heiss'.
 • - - - • morgens, x — x mittags, Ziffern an den Symbolen bezeichnen die
 entsprechenden Monate.

STATION: SHARJAH

KOORDINATEN: 25 20N 55 31E 5 m UEBER NN

MONAT	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	PERIODE
LUFTTEMPERATUR (°C)													
ABS. MAXIMUM	32.8	36.6	40.4	41.4	44.4	45.0	48.3	47.2	44.6	39.9	36.1	32.2	1950-71
MITTL. TAEGL. MAXIMUM	23.5	24.4	27.5	30.1	31.2	36.4	38.4	38.9	36.8	33.5	29.6	25.3	1960-71
MITTL. TAGESMITTEL	18.5	19.3	21.9	24.5	26.5	30.5	33.1	33.5	31.0	27.4	23.8	19.5	1960-71
MITTL. TAEGL. MINIMUM	13.0	14.1	16.2	18.9	21.7	24.6	27.7	28.0	24.2	21.3	17.9	13.6	1960-71
ABS. MINIMUM	3.9	4.4	8.9	11.7	15.5	18.9	21.7	22.8	17.8	14.6	8.9	3.9	1950-71
REL. LUFTFEUCHTE (Prozent)													
MITTEL 03 UHR ORTSZEIT	83	84	76	74	75	80	75	77	81	83	77	80	1960-71
MITTEL 15 UHR ORTSZEIT	62	64	63	57	60	61	61	62	62	58	55	58	1960-71
ABS. MAX.	100	100	100	100	100	100	100	94	100	100	100	100	1960-71
ABS. MIN.	31	20	12	7	11	10	10	9	11	12	15	20	1960-71
LUFTDRUCK (hPa)													
MITTL. TAGESMITTEL	1017.9	1015.9	1013.1	1010.2	1005.7	999.9	996.6	998.5	1004.3	1011.6	1016.0	1017.6	1960-71
MITTEL 09 UHR ORTSZEIT	1019.8	1017.9	1014.9	1011.8	1007.2	1002.1	997.8	999.9	1006.0	1013.5	1017.9	1019.5	1960-71
MITTEL 15 UHR ORTSZEIT	1016.6	1014.7	1012.1	1009.4	1004.9	999.1	995.8	997.5	1003.2	1010.5	1014.7	1016.3	1960-71
SONNENSCHEINDAUER (Std)													
MITTL. TAGESSUMME	8.6	8.4	9.7	9.0	11.4	11.0	10.4	10.7	10.5	10.3	8.9		1960-71
ABS. TAGESMAX.	10.2	10.8	11.4	11.8	12.3	12.6	11.8	11.5	11.2	10.8	10.5		1960-71
ABS. TAGESMIN.	1.5	0.0	2.6	1.0	8.7	8.0	3.8	9.1	7.8	7.5	0.4		1960-71
MITTL. ZAHL DER TAGE MIT													
STURM	0	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	0.0	<0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	1933-66
GEWITTER	0.9	0.3	0.8	1.2	0.4	0.0	0.1	0.1	0.0	0.2	0.6	0.3	1960-71
NEBEL	2.7	3.5	2.6	2.2	3.9	3.4	1.3	1.8	3.9	2.8	0.9	1.0	1960-71
STAUB IN DER LUFT	3.9	5.9	10.0	7.8	11.3	16.2	17.1	12.8	7.5	3.8	2.3	3.5	1960-71
SAND-/STAUBSTURM	0.2	0.5	1.4	0.9	0.8	0.4	0.8	0.2	0.7	0.3	0.5	0.1	1960-71
NIEDERSCHLAG	5.3	4.8	3.2	4.9	1.0	0.3	0.8	0.3	0.4	0.6	2.2	3.0	1960-71
NIEDERSCHLAG (mm)													
MAXIMUM IN 24 Std	44.1	38.7	13.2	14.8	66.6	SP	8.3	2.4	0.0	19.5	30.2	75.0	1958-70
MITTL. MONATSMENGE	12.3	17.2	4.3	7.9	9.5	0.0	0.7	0.2	0.0	0.8	6.5	12.8	1960-71
HOECHSTE MONATSMENGE	89.1	93.0	14.0	70.2	9.6	SP	SP	SP	SP	9.0	15.4	79.2	1960-71
NIEDRIGSTE MONATSMENGE	SP	SP	SP	SP	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	SP	1960-71
MITTLERE ZAHL DER TAGE MIT													
MINDESTENS 0.1 mm	2.9	2.8	1.5	1.8	0.5	0.0	0.1	0.1	0.0	0.1	0.6	0.9	1960-71
1.0 mm	1.1	1.8	1.1	1.1	0.5	0.0	0.1	0.1	0.0	0.1	0.6	0.7	1960-71
10.0 mm	0.1	0.8	0.1	0.3	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.3	0.3	1960-71

SP=SPUREN, D.H. NIEDERSCHLAGSMENGEN <0.1 mm

5.3 Das Island

5.3.0 Allgemeines

Das Island ist eine Insel, die zu den Vereinigten Arabischen Emiraten gehört und etwa in der Mitte des südlichen Golfs rund 160 km nordwestlich von Abu Dhabi liegt (Abb. 4.2.A). Es handelt sich um eine flache, orographisch ungegliederte Insel, so daß die hier gewonnenen Meßwerte die Windverhältnisse des persisch-arabischen Golfs für diesen Bereich gut wiedergeben.

5.3.1 Windrichtung und Betrag

Der Wind weht hauptsächlich aus dem Nordsektor zwischen West und Ost und besitzt sein absolutes Häufigkeitsmaximum bei NW. Der Richtungssektor W bis N umfaßt ca. 57 % aller Fälle (Abb. 5.3.A). Die Dominanz der NW-Winde unterliegt praktisch keinem Jahresgang, lediglich im September/Oktobre ist eine geringfügige Zunahme nördlicher Komponenten festzustellen (Abb. 5.3.B). Diese Region ist somit von einem stetigen "Schamai" gekennzeichnet, sommers wie winters.

Die Stundenmittel der Windgeschwindigkeiten liegen über alle Richtungen gesehen meist zwischen 2,5 und 4,4 m/s, beim Nordwestwind jedoch höher, nämlich zwischen 5,5 und 8,4 m/s. Aus dieser Richtung wehen auch die stärksten Winde bis zu 15 m/s. Ähnlich hohe Stundenmittelwerte können auch aus dem Ostsektor auftreten. Allerdings sind diese Fälle seltener.

Ein Jahresgang im Betrag des Windes ist ebenfalls nicht sehr ausgeprägt (Abb. 5.3.C). Die genannten höchsten Windgeschwindigkeiten sind am ehesten von Januar bis Juni zu erwarten, mittlere Windgeschwindigkeiten bis zu 13 m/s kommen in fast allen Monaten vor.

Kalmen sind mit im Mittel 3,1 % selten und schwanken zwischen 1,8 im April und 5,9 im August.

5.3.2 Maximale Windgeschwindigkeit

Die höchsten Windgeschwindigkeiten liegen zu ca. 87 % unterhalb der Starkwindschwelle von ca. 11 m/s (Abb. 5.3.D). Oberhalb dieser Schwelle sind auch hier die höheren Beträge in der ersten Jahreshälfte häufiger als in der zweiten. Die höchsten Werte sind von Januar bis April zu erwarten und haben mit 23 - 24 m/s Sturmstärke erreicht. Ähnlich starke Sturmböen sind allerdings auch schon im Oktober aufgetreten.

5.3.3 Tagesgang des Windes

Die vorliegenden Messungen auf Das Island lassen einen Tagesgang der Windrichtung dahingehend erkennen, daß im Verlauf der Vormittagsstunden südliche Winde leicht zunehmen. Bereits am frühen Nachmittag verschwinden sie wieder und stellen sich erst am Morgen wieder ein. Abb. 5.3.E gibt eine Auswahl aus den Verteilungen, die für jede Stunde vorliegen, wieder. Die genaue Lage der Station auf der sehr kleinen Insel ist nicht bekannt; nimmt man aber an, daß sie im Süden von Das Island liegt, so könnte der Südwind als stark abgeschwächter Seewind interpretiert werden. Gemessen an der Tag und Nacht vorherrschenden Nordwestströmung, dem "Schamal", sind die südlichen Winde innerhalb der Richtungsverteilung unbedeutend. Die seltenen Südostwinde können jedoch mittlere Geschwindigkeiten um 14 m/s erreichen (Abb. 5.3.A).

Das Island ist offenbar so klein, daß ein eigenes Land-Seewind-System sich gegen den "Schamal" normalerweise nicht wirksam durchsetzen kann. Andererseits ist die Insel aber wieder weit genug vom Festland entfernt, so daß der dort nachts kräftig ausgebildete Landwind nicht bis dort hinübergreift.

Der Tagesgang im Betrag des Windes ist gering (Abb. 5.3.F). Die Unterschiede in der Belegung der verschiedenen Geschwindigkeitsklassen zwischen Tag und Nacht bleiben im allgemeinen klein. Am auffälligsten ist die Abnahme der Kalmen unter Mittag (vgl. Abb. 5.3.F, 12 Uhr).

5.3.4 Wind- und Energieangebot

Trotz eines geringen Kalmenanteils von 3,1 % bleiben in 60 % aller Fälle die Winde mit weniger als 5 m/s schwach (Abb. 5.3.G). 1,5 % aller Fälle sind dem Starkwindbereich (oberhalb 10,8 m/s) zuzuordnen. Aus der Gesamtverteilung errechnet sich die Bruttojahresenergie zu 921 kWh pro m².

Etwa 80 % der Energie werden im Geschwindigkeitsbereich zwischen einschließlich 4,5 und 10,5 m/s gewonnen (Abb. 5.3.H, Tab. 5.3.1). Das sind rund 47 % des gesamten Windangebotes. Die Geschwindigkeiten unterhalb und oberhalb der genannten Grenzen, d.h. ca. 53 % des Windaufkommens, steuern nur je 10 % zur Gesamtenergie bei. Die größten Energiebeiträge liefern die Geschwindigkeiten um 7 m/s.

5.3.5 Witterung und Wetterphänomene

Das mittlere tägliche Maximum der Lufttemperatur liegt zwischen 37,2 Grad Celsius im August und 22,5 Grad Celsius im Januar. Die mittleren Minimumtemperaturen variieren zwischen 31,2 Grad Celsius im August und 18,0 Grad Celsius im Januar. Der mittlere Tagesgang ist mit 5 bis 6 K das ganze Jahr über gering.

Die absoluten Extremwerte der Temperatur erreichen immerhin in vier Monaten die 40 Grad Celsius-Grenze mit dem Höchstwert von über 43 Grad Celsius im September. Das absolute Minimum unterschritt nur in 4 Monaten 15 Grad Celsius mit einem Tiefstwert von 8,9 Grad Celsius im Januar.

Die am Morgen gemessenen Werte der relativen Luftfeuchte betragen in der ersten Jahreshälfte im Mittel ca. 70 % und nehmen zum Jahresende hin auf etwa 55 % ab. Die jeweiligen Mittagswerte liegen im ersten Halbjahr 5-6 %, im zweiten 3-4 % unterhalb der zugehörigen Morgenwerte.

Die Niederschlagstätigkeit auf dieser Wüsteninsel ist in mehr als 17 Jahren Beobachtungszeit so gering gewesen, daß statistische Angaben nicht gemacht werden können.

Gewitter sind in unmittelbarer Nähe der Insel nahezu unbekannt.

Eine hohe Belastung durch Schwüle ist praktisch im überwiegenden Teil des Jahres gegeben und läßt nur in den Wintermonaten etwas nach (Abb. 5.3.I). In den Sommer- und auch noch in den ersten Herbstmonaten ist sie außergewöhnlich groß und bereitet dem Mitteleuropäer erhebliche Schwierigkeiten.

Station: DAS ISLAND / V A E

Koordinaten: 25 09 N 52 53 E

Höhe über Meeresniveau: 3 m

Periode: 1971 - 78

m/s Richtung	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
10	.1	.1	.9	.8	.5	.4	.2	.1	+0	+0	+0	.0	.0	.0	.0
20	.1	.2	1.1	.7	.5	.3	.1	+0	+0	+0	+0	+0	+0	.0	.0
30	.2	.2	1.1	.6	.4	.2	.1	+0	+0	+0	+0	.0	+0	+0	.0
40	.1	.1	.8	.4	.4	.2	.1	+0	+0	+0	+0	.0	+0	.0	.0
50	.1	.1	.7	.4	.3	.2	.1	+0	+0	+0	+0	.0	+0	.0	.0
60	.1	.1	.8	.5	.4	.2	.1	+0	+0	+0	+0	.0	.0	.0	+0
70	.1	.1	.6	.4	.3	.2	.1	.1	.0	+0	+0	+0	.0	.0	.0
80	.1	.1	.7	.4	.3	.3	.2	.1	.1	+0	+0	+0	+0	.0	.0
90	.1	.1	.7	.5	.3	.3	.2	.2	.1	+0	+0	+0	.0	.0	.0
100	.1	.1	.6	.4	.3	.3	.1	.1	.1	+0	+0	+0	.0	.0	.0
110	.1	.1	.6	.3	.3	.2	.1	.1	.1	+0	+0	+0	.0	.0	.0
120	.1	.1	.5	.3	.2	.2	.1	.1	.1	+0	+0	+0	.0	.0	+0
130	.1	.1	.4	.3	.2	.1	.1	+0	+0	+0	+0	+0	+0	+0	.0
140	.1	.1	.4	.3	.2	.1	.1	+0	+0	+0	+0	+0	+0	+0	.0
150	.1	.1	.4	.3	.2	.1	.1	+0	+0	+0	+0	.0	.0	.0	.0
160	+0	.1	.3	.2	.1	.1	+0	+0	+0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
170	+0	+0	.3	.2	.1	.1	+0	+0	+0	.0	+0	.0	.0	.0	.0
180	.1	+0	.4	.1	.1	.1	+0	+0	+0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
190	+0	+0	.4	.2	.1	.1	+0	+0	+0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
200	+0	.1	.3	.1	.1	+0	+0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
210	.1	.1	.4	.1	.1	+0	+0	+0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
220	+0	.1	.4	.1	+0	+0	+0	+0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
230	.1	.1	.4	.2	.1	+0	+0	+0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
240	.1	.1	.5	.3	.1	.1	+0	+0	+0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
250	+0	.1	.5	.4	.2	.1	+0	+0	+0	+0	+0	.0	.0	.0	.0
260	.1	.1	.6	.4	.3	.2	.1	+0	+0	+0	+0	.0	.0	.0	.0
270	.1	.1	.9	.7	.6	.5	.2	.1	+0	+0	+0	+0	.0	.0	.0
280	.1	.1	.9	.8	.8	.9	.4	.2	.1	+0	+0	+0	+0	.0	+0
290	.1	.1	1.0	1.2	1.1	1.5	1.1	.7	.3	.1	.1	+0	+0	+0	+0
300	.1	.2	1.0	1.1	1.1	1.6	1.8	1.2	.6	.3	.1	.1	+0	+0	+0
310	.1	.1	.9	1.0	1.0	1.2	1.3	1.3	.8	.5	.2	.1	+0	.0	+0
320	.1	.2	1.0	1.0	.8	.8	.7	.7	.4	.3	.2	.1	+0	.0	.0
330	.2	.2	1.2	.9	.7	.5	.3	.3	.2	.1	.1	+0	+0	.0	.0
340	.2	.2	1.0	.7	.5	.4	.3	.2	.1	.1	+0	+0	+0	.0	.0
350	.1	.2	1.0	.7	.5	.4	.2	.1	.1	+0	+0	+0	+0	.0	.0
360	.2	.2	1.0	.7	.5	.4	.2	.2	.1	+0	+0	+0	+0	.0	.0

Kalmen: 3.1

Abb. 5.3.A: Häufigkeitsverteilung des Windes nach Betrag und Richtung in Prozent

Station: DAS ISLAND / V A E

Koordinaten: 25 09 N 52 53 E
 Periode: 1971 - 78

Höhe über Meeresniveau: 3 m

Monat	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Richtung												
10	1.8	2.1	3.1	3.1	2.9	2.5	3.6	3.4	4.9	5.0	53.1	2.0
20	1.7	1.4	2.6	3.4	2.5	1.7	3.5	4.8	4.7	5.1	2.7	2.9
30	1.4	1.8	2.6	2.5	2.3	1.8	2.7	4.8	4.0	4.7	2.6	2.0
40	1.3	1.6	2.2	1.9	1.4	.9	2.3	3.7	3.7	3.1	2.1	1.5
50	1.4	1.5	2.3	1.9	1.1	.9	1.9	3.5	3.9	2.5	2.2	1.9
60	1.9	2.5	2.4	2.3	1.4	1.0	2.3	3.2	3.1	2.8	2.1	2.4
70	2.5	2.7	2.7	2.2	1.5	1.0	1.4	2.7	2.5	1.8	1.8	1.8
80	3.2	3.6	3.2	2.5	1.2	.7	1.1	2.9	2.7	2.1	2.5	2.4
90	4.3	4.6	3.9	2.4	1.3	.7	1.4	2.6	2.2	1.9	2.2	3.2
100	3.2	4.2	4.1	2.5	1.0	.3	.9	2.4	2.3	1.8	2.1	3.0
110	2.3	3.2	2.9	1.7	1.0	.5	.6	1.6	1.9	1.7	1.7	2.9
120	2.3	2.3	2.4	1.9	.7	.4	.7	1.6	1.6	1.4	1.4	2.1
130	1.6	1.8	2.0	1.6	.7	.3	.5	1.4	1.3	1.5	1.0	2.4
140	1.8	1.6	2.2	1.5	.6	.3	.5	1.0	1.0	1.0	1.0	2.3
150	1.6	1.4	1.2	1.5	.8	.6	.7	.9	.9	1.5	1.2	2.3
160	.8	1.1	.9	1.5	.7	.5	.4	.7	.8	.8	.8	2.1
170	.7	.4	.7	1.2	.9	.4	.5	.7	.9	.6	.5	1.7
180	.7	.6	.9	1.2	.9	.6	.8	.7	.9	.9	.6	1.1
190	.8	.5	.9	1.0	.6	.4	.8	.5	.9	.6	.7	1.0
200	.5	.4	.4	.6	.8	.9	.7	.7	1.0	1.0	.5	.6
210	.5	.5	.4	1.2	1.0	.8	.8	.7	1.2	1.0	.4	.8
220	.4	.5	.6	1.0	.8	.9	.8	.8	1.0	.7	.6	.6
230	.4	.4	.8	.8	1.2	1.2	1.1	.9	.9	.9	.7	.6
240	.7	.7	.9	1.3	1.4	1.8	1.8	1.1	1.3	1.1	.7	.6
250	.6	.6	.9	1.2	1.9	2.6	2.8	1.3	1.6	1.3	.8	.8
260	1.0	1.0	1.4	2.1	2.3	3.6	3.9	2.0	2.3	1.6	1.1	1.2
270	1.9	2.4	1.9	3.5	3.5	5.5	6.9	3.3	3.5	3.3	2.0	1.8
280	5 3.6	2.8	3.3	4.7	6.6	7.5	7.0	4.4	3.8	3.8	3.2	2.8
290	10 12.0	8.2	4.7	6.3	9.2	9.8	8.3	6.5	4.6	5.5	6.9	6.5
300	10.8	12.0	6.9	11.4	10.9	12.1	9.4	7.7	3.8	5.7	8.3	11.0
310	10 11.5	10.2	10.3	7.7	11.4	9.4	6.8	5.1	3.9	5.3	10.6	9.6
320	5 6.9	6.9	7.1	5.0	9.6	7.4	5.8	4.0	4.4	3.9	9.2	8.0
330	3.8	4.1	4.1	4.5	5.1	5.0	4.4	4.1	4.9	5.1	7.1	3.2
340	2.8	2.8	3.0	3.0	3.2	5.3	3.2	2.9	4.3	4.9	4.3	2.2
350	2.8	2.2	3.4	2.8	2.4	4.7	3.2	2.8	5.3	5.5	3.5	2.1
360	2.0	2.4	3.4	3.2	3.1	3.3	3.4	2.8	4.9	5.7	5.0	2.7

Abb. 5.3.B: Jahrgang der Windrichtung.
 Isolinienabstand: 5 Prozent

Station: DAS ISLAND / V A E

Koordinaten: 25 09 N 52 53 E
 Periode: 1971 - 78

Höhe über Meeresniveau: 3 m

Monat	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
m/s												
1	1,8	3,4	3,3	3,3	2,7	,7	3,0	3,3	6,7	5,8	4,2	1,6
2	3,1	2,5	2,5	3,7	2,2	2,8	4,0	5,0	5,7	6,1	3,8	3,5
3	14,4	16,6	18,7	23,0	19,7	23,0	25,4	29,8	36,9	40,0	20,9	23,2
4	13,5	14,8	16,6	17,4	19,5	16,6	19,2	19,5	22,0	21,0	17,6	15,7
5	13,2	12,9	15,5	15,4	14,6	13,5	15,2	14,5	12,0	11,4	13,8	14,1
6	14,4	13,1	11,9	13,6	16,4	15,0	12,6	10,9	7,8	6,4	14,9	12,9
7	11,9	12,2	10,0	9,3	10,2	9,1	8,7	6,2	3,6	3,3	10,2	12,3
8	9,9	8,7	8,4	6,1	7,3	7,0	4,8	3,5	1,5	1,9	7,1	6,9
9	6,4	5,5	5,3	2,9	3,2	4,7	2,2	1,1	,4	,7	2,3	3,5
10	4,6	4,1	2,8	1,2	1,5	2,3	,9	,3	,1	,4	1,3	1,6
11	2,3	1,4	1,2	1,1	,3	1,5	,4	,1	,1	,1	,7	,5
12	1,4	,7	,4	,6	,1	,6	,2	,1	+0	,1	,3	,4
13	,3	,6	+0	,4	,2	,4	+0	,0	,0	+0	+0	,2
14	,1	,3	+0	,1	+0	,1	,0	,0	+0	,0	,0	,0
15	+0	,1	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0
Kalmen	2,4	3,1	3,4	1,8	2,2	2,6	3,2	5,9	3,1	2,8	2,9	3,7

Abb. 5.3.C: Jahrgang des Betrages der Windgeschwindigkeit

Station: DAS ISLAND / V A E

Koordinaten: 25 09 N 52 53 E

Höhe über Meeresniveau: 3 m

Periode: 1971 - 78

Monat	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
m/s												
1	,7	1,6	1,3	1,3	,6	,3	,9	1,1	2,3	2,1	1,9	,6
2	,7	,4	,4	,6	,3	,1	,3	,6	,5	,4	,6	,2
3	4,5	4,3	5,5	6,6	5,1	4,4	5,8	9,5	11,0	11,6	5,9	6,8
4	8,4	8,8	11,0	12,7	12,0	10,9	15,2	17,6	21,6	22,9	10,7	12,7
5	10,0	11,4	14,8	15,5	15,1	14,5	17,4	21,3	23,0	22,2	14,9	13,9
6	10,7	13,3	14,9	13,9	14,4	14,6	17,4	16,7	17,0	16,1	14,2	12,0
7	11,7	11,7	12,5	12,7	12,1	12,4	15,2	11,8	10,9	9,5	13,2	11,0
8	10,4	9,8	9,3	10,5	10,7	11,1	8,4	7,2	5,8	5,5	11,1	10,1
9	9,8	9,5	7,0	7,0	8,6	7,5	6,5	5,0	3,6	3,5	8,0	9,0
10	8,8	7,9	6,6	5,9	6,5	7,3	5,8	3,8	2,2	2,8	7,2	7,6
11	7,0	6,8	5,1	4,3	5,7	4,7	3,9	1,9	,9	1,5	5,1	5,9
12	5,8	4,8	3,8	3,4	3,4	4,6	2,4	1,7	,6	1,0	3,3	4,3
13	4,8	4,0	3,4	2,1	2,7	3,1	1,6	1,2	,3	,4	1,5	2,9
14	3,4	3,2	2,4	1,4	1,9	2,2	,7	,3	,1	,2	1,2	1,7
15	1,2	,9	,8	,8	,2	,9	,3	,2	,1	,1	,6	,6
16	,8	,4	,6	,3	,1	,4	,1	,0	+0	,1	,2	,1
17	,4	,4	,2	,3	,1	,3	,1	,0	+0	,1	,1	,2
18	,4	,3	,1	,1	,1	,2	+0	,0	+0	,1	,2	,2
19	,2	,3	,1	,3	+0	,4	+0	,0	+0	,0	,1	+0
20	,1	,1	+0	,2	,1	,1	,0	,0	,0	,0	,0	,0
21	,1	+0	+0	,1	+0	+0	,0	,0	,0	,0	,0	,0
22	+0	,1	+0	,0	+0	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0
23	,0	+0	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0	+0	,0	,0
24	,0	,0	,0	+0	,0	,0	,0	,0	,0	+0	,0	,0

Abb. 5.3.D: Jahrgang der Maximalwindgeschwindigkeit

DAS ISLAND

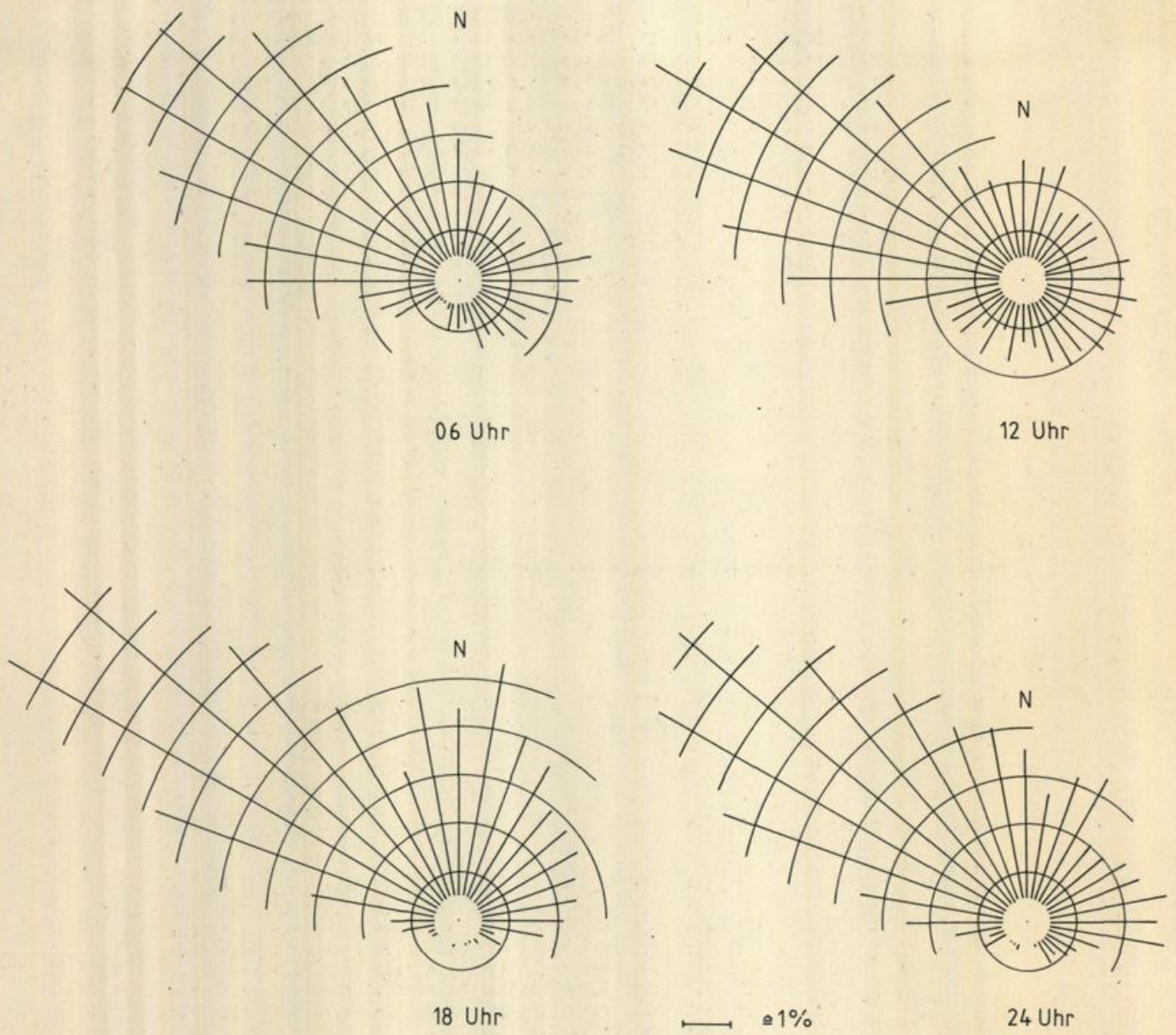


Abb. 5.3.E: Tagesgang der Windrichtung

DAS ISLAND

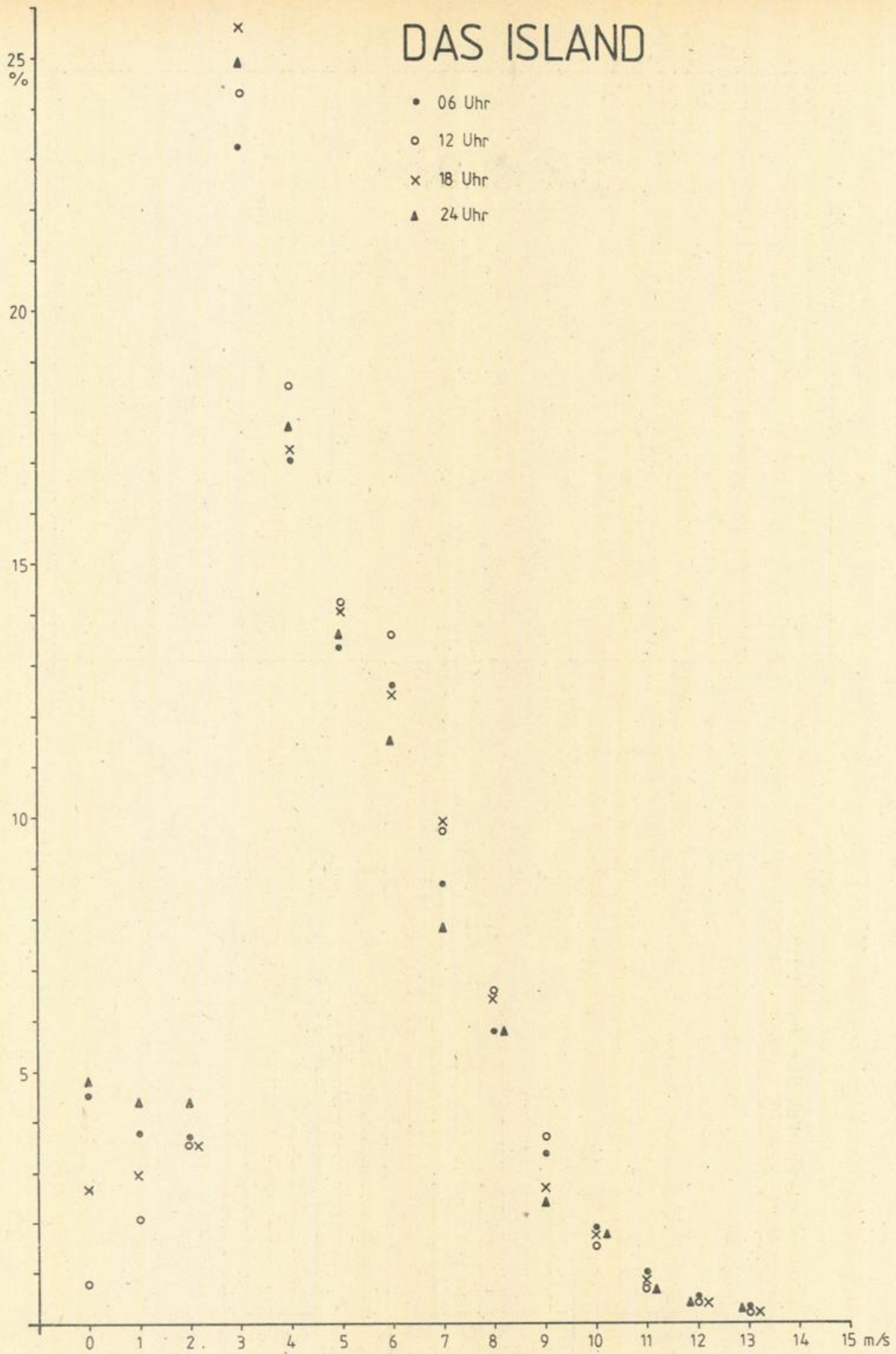


Abb. 5.3.F: Tagesgang des Betrages der Windgeschwindigkeit. Die Werte der Geschwindigkeitsskala bezeichnen jeweils die Mitte des zugehörigen Geschwindigkeitsintervalls.

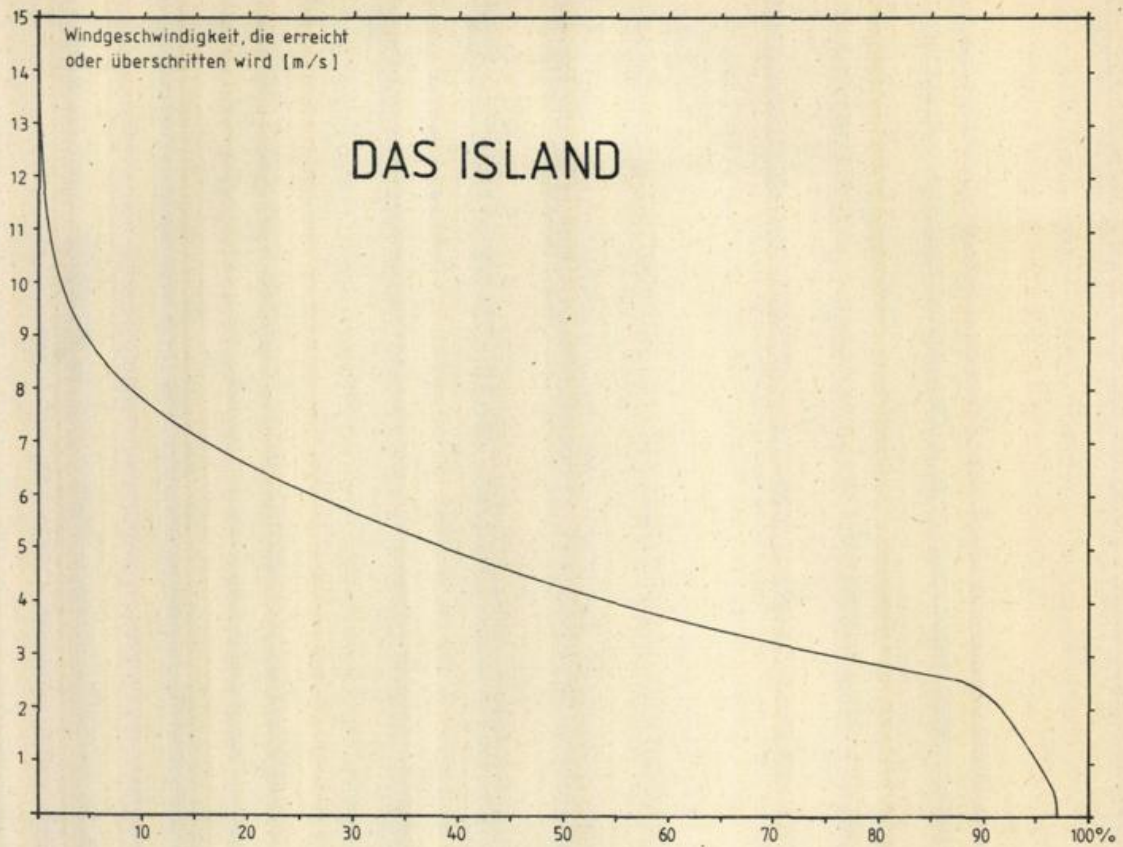


Abb. 5.3.G: Winddauerkurve

DAS ISLAND

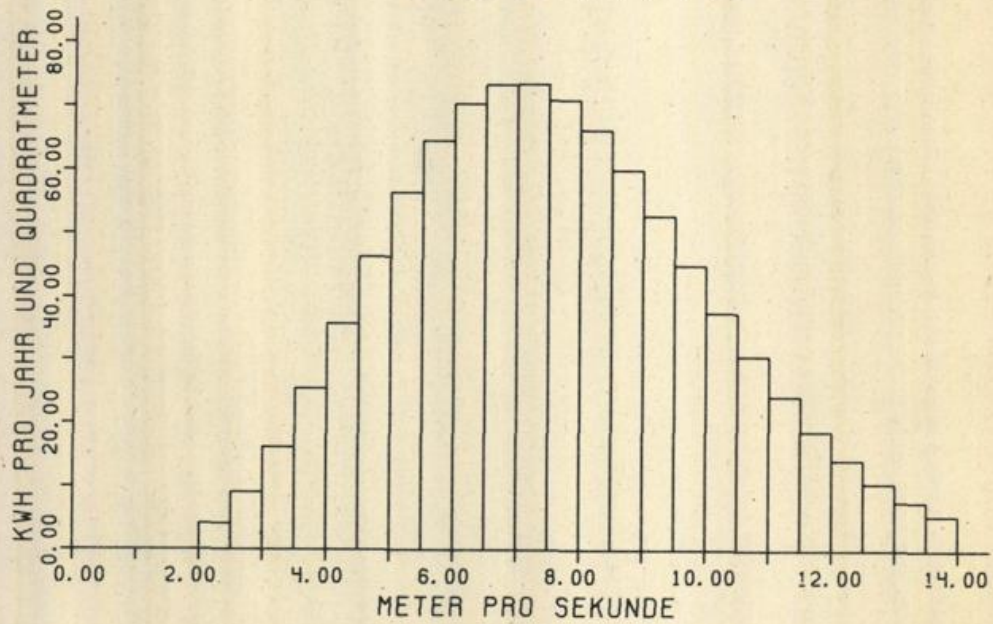


Abb. 5.3.H: Verteilung der Bruttojahresenergie auf Windgeschwindigkeitsintervalle von 0.5 m/s

DAS ISLAND / V A E

Windgeschwindigkeits- intervall	Häufigkeit in Prozent	Bruttojahres- energie (kWh)	Summe (kWh)
≤ m/s <			
2.0- 2.5	7.03	4.1	5.5 (*)
2.5- 3.0	8.43	9.1	14.5
3.0- 3.5	9.16	16.2	30.8
3.5- 4.0	9.31	25.4	56.2
4.0- 4.5	9.01	35.8	91.9
4.5- 5.0	8.38	46.4	138.4
5.0- 5.5	7.54	56.4	194.7
5.5- 6.0	6.57	64.6	259.3
6.0- 6.5	5.58	70.4	329.7
6.5- 7.0	4.62	73.4	403.1
7.0- 7.5	3.73	73.5	476.7
7.5- 8.0	2.95	71.0	547.7
8.0- 8.5	2.29	66.3	614.0
8.5- 9.0	1.73	60.0	674.1
9.0- 9.5	1.29	52.8	726.9
9.5-10.0	.94	45.1	772.0
10.0-10.5	.68	37.6	809.6
10.5-11.0	.48	30.6	840.2
11.0-11.5	.33	24.3	864.4
11.5-12.0	.22	18.8	883.2
12.0-12.5	.15	14.3	897.5
12.5-13.0	.10	10.6	908.1
13.0-13.5	.06	7.7	915.8
13.5-14.0	.04	5.5	921.3

Tabelle 5.3.1: Verteilung der Bruttojahresenergie auf Windgeschwindigkeitsintervalle von 0.5 m/s, bezogen auf 1 m².
 (*) dieser Wert enthält die Energiebeiträge der nicht aufgeführten unteren Windgeschwindigkeitsintervalle.

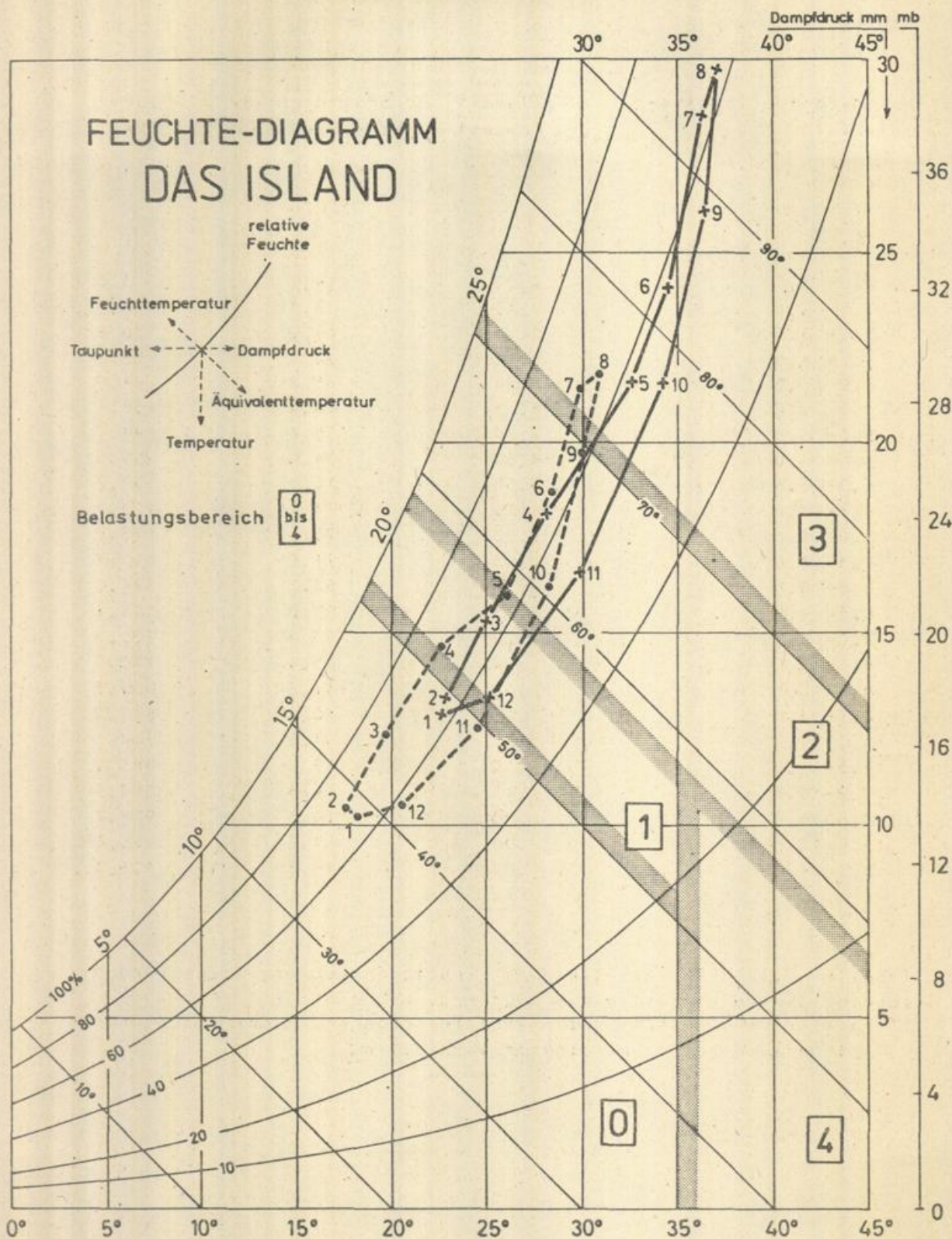


Abb. 5.3.1: Diagramm zur Bestimmung der Wärmebelastung.
 Belastungsbereiche: 0 'belastungsfrei', 1 Übergangsbereich zu 'schwül',
 2 'schwül', 3 'sehr schwül', 4 'trocken und heiss'.
 ● ---- ● morgens, x — x mittags, Ziffern an den Symbolen bezeichnen die
 entsprechenden Monate.

Station: DAS ISLAND

Koordinaten: 25 09N 52 53E

3 m über Meeresniveau

Monat	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Periode

LUFTTEMPERATUR (°C)													
abs. Maximum	28.7	27.9	31.0	36.7	39.4	39.8	41.7	42.8	43.3	40.0	38.9	30.9	1956-74
mittl. tägl. Maximum	22.5	22.6	24.9	28.0	32.5	34.8	36.2	37.2	36.6	34.1	29.9	25.0	1956-74
mittl. tägl. Minimum	18.0	17.7	19.7	22.3	25.9	28.4	30.2	31.2	30.3	28.3	24.5	20.3	1956-74
abs. Minimum	8.9	12.5	11.1	17.3	14.9	20.8	26.1	23.3	26.1	22.8	15.6	10.9	1956-74

REL. LUFTFEUCHTE (Prozent)													
Mittel 09 Uhr	67	70	71	70	64	65	68	67	62	57	54	59	1958-74
Mittel 15 Uhr	63	65	65	64	59	59	64	63	59	53	52	56	1963-74

MITTL. ZAHL DER TAGE MIT Gewitter	0.4	0.2	0.5	1.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	0.5	1958-74

NIEDERSCHLAG (mm)	keine Daten												

5.4 Jebel Dhanna

5.4.0 Allgemeines

Jebel Dhanna liegt am wüstenhaften Ufer des arabisch-persischen Golfs, etwa 220 km westlich von Abu Dhabi, wenn man der Uferstraße folgt (Abb. 4.2.A). Die Umgebung ist flach und besteht meist aus Salzwüste. Ca. 50 km südlich steigt das Gelände allmählich auf 100 - 200 m Höhe an. Abgesehen von Land-See-Effekten dürfte das Winfeld keinen besonderen orographischen Einflüssen unterliegen.

5.4.1 Windrichtung und Betrag

Die Hauptwindrichtung ist NW. In mehr als 65 % aller Fälle kommt der Wind aus dem Sektor zwischen NNE und W (Abb. 5.4.A). Die restlichen knapp 35 % verteilen sich gleichmäßig auf die übrigen Richtungen.

Der Jahresgang der Windrichtung (Abb. 5.4.B) zeigt nur geringe Variationen mit vorwiegend nordwestlichen Winden in der ersten und mehr auf Nord drehenden Winden in der zweiten Jahreshälfte, etwa ab August.

Die Windgeschwindigkeiten liegen meist zwischen 2,5 und 6,4 m/s (Abb. 5.4.A) und machen in diesem Intervall ca. 75 % aller Fälle aus. Die höchsten Stundermittelwerte wurden mit 17 m/s aus SSE erreicht. Das zeigt, daß diese Fälle nicht ausschließlich dem "Schamal" (NW-Wind) vorbehalten sind. Die höchsten Mittel-Windgeschwindigkeiten sind am ehesten von Januar bis April zu erwarten. Bei den niedrigen Geschwindigkeiten ist ein Jahresgang kaum erkennbar (Abb. 5.4.C).

Die Kalmen betragen im Mittel nur 3,9 % und variieren im Laufe des Jahres nur unwesentlich zwischen 2,7 und 5,5 %.

5.4.2 Maximale Windgeschwindigkeit

Die höchsten Windgeschwindigkeiten liegen zu ca. 94 % unterhalb der Starkwindchwelle (Abb. 5.4.D). Darüberhinausgehende Werte sind - wie auf Das Island - am ehesten im Frühjahr zu erwarten und erreichten mit Werten um 21 m/s Sturmstärke. Der ruhigste Monat in dieser Hinsicht ist der September mit dem insgesamt geringsten Windangebot.

5.4.3 Tagesgang des Windes

In Jebel Dhanna gibt es ein gut ausgebildetes Land-Seewind-System, das durch die Messungen auch nachgewiesen werden kann (Abb. 5.4.E).

Zwischen Mittag und Abend herrschen nahezu ausschließlich nördliche Winde. Hier haben "Schamal" und Seewind die gleiche Richtung. Erst relativ spät am Abend geht die Häufigkeit dieser nördlichen Winde zurück zugunsten südlicher, meist südöstlicher Winde, die im Verlauf der Nacht immer häufiger werden und bis in den späten Vormittag hinein nennenswerte Häufigkeiten aufweisen. Dominant bleibt in jedem Fall der überlagerte "Schamal" aus NW bis N.

Auch der Betrag unterliegt einem ausgeprägten Tagesgang derart, daß die höheren Geschwindigkeitsklassen ab 5 m/s tagsüber deutlich stärker belegt sind (Abb. 5.4.F) als nachts. Bei den Klassen unterhalb von 5 m/s, also im Schwachwindbereich, ist es umgekehrt. Schwachwindverhältnisse und Kalmen sind nachts häufiger als tagsüber. Bei den höchsten Windgeschwindigkeiten, hier etwa 11 m/s, verschwinden diese Unterschiede allerdings weitgehend. Das ist ein Hinweis dafür, daß diese Fälle nicht vom Tagesgang, sondern eher von synoptischen Ereignissen wie z.B. dem Durchzug von Störungslinien bestimmt sind.

5.4.4 Wind- und Energieangebot

Bei einem geringen Kalmenanteil von 3,9 % bleiben in 64 % aller Fälle die Winde mit weniger als 5 m/s schwach (Abb. 5.4.G). Nur weniger als 1 % ist dem Starkwindbereich zuzuordnen. Die Bruttojahresenergie berechnet sich aus der Gesamtverteilung zu 786 kWh pro m². Dieser Wert liegt erwartungsgemäß etwas niedriger als der von Das Island auf offener See.

Etwa 80 % der Energie werden im Geschwindigkeitsbereich zwischen einschließlich 4,0 und 9,5 m/s gewonnen (Abb. 5.4.H, Tab. 5.4.1). Das sind rund 56 % des gesamten Windangebotes. Die Geschwindigkeiten unterhalb und oberhalb der genannten Grenzen, d.h. ca. 44 % des Windaufkommens, steuern nur je 10 % zur Gesamtenergie bei. Die größten Energiebeiträge liefern die Geschwindigkeiten um 6 m/s.

5.4.5 Witterung und Wetterphänomene

Für Jebel Dhanna liegen keine Klimawerte vor, so daß an dieser Stelle die Werte von Tarif, 120 km östlich, verwendet werden müssen. Die Klimabedingungen in diesem Bereich des Golfs sind nicht sehr unterschiedlich, so daß ein Rückschluß von Tarif auf Jebel Dhanna erlaubt scheint.

Die Lufttemperatur weist trotz der Küstenlage der Station sehr extreme Werte auf. Der mittlere Tagesgang der Temperatur variiert im Jahresverlauf zwischen 10 und 14 K und entspricht dem an den anderen Küstenstationen rund um den Golf.

Der absolut höchste Temperaturwert mit 48 Grad Celsius wurde im Juli, der absolut tiefste mit nur 6 Grad Celsius im Februar gemessen. Nur im Juli und August lag das absolute Minimum nicht unter 20 Grad

Celsius, während absolute Maxima von mehr als 40 Grad Celsius in 8 Monaten verzeichnet worden sind (März bis Oktober). 30 Grad Celsius sind in jedem Monat mindestens einmal überschritten worden.

Für die Luftfeuchtigkeit liegen nur die Morgenwerte vor, so daß über die tägliche Schwankung nicht viel gesagt werden kann, denn auch für Abu Dhabi sind sie nicht veröffentlicht. Mit dem kräftigen auflandigen Wind tagsüber wird sie jedoch recht groß sein und die Morgenwerte im Sommer von ca. 50 % und im Winter von etwa 75 % noch übersteigen, wenn man die Verhältnisse unmittelbar im Küstenstreifen oder auf den vorgelagerten Inseln betrachtet.

Für den Niederschlag an dieser Küstenwüstenstation gilt das gleiche wie an den anderen Golfstationen. Wenige sporadische Fälle von oftmals der halben durchschnittlichen Jahresmenge beschränken sich auf ganz wenige Tage in den Monaten Oktober bis Mai.

Die hohe Wärmebelastung durch Schwüle entspricht derjenigen an den anderen Küstenstationen des südlichen Golfs.

Station: JEBEL DHANNA / V A E
 Koordinaten: 24 11 N 52 37 E Höhe über Meeresniveau: 6 m
 Periode: 1971 - 80

m/s	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Richtung																	
10	+0	.1	1.0	1.0	.9	.6	.2	.1	+0	+0	+0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
20	+0	.1	.9	.9	.8	.5	.2	.1	+0	+0	+0	+0	.0	.0	.0	.0	.0
30	+0	.1	.9	.7	.6	.4	.2	.1	+0	+0	+0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
40	+0	.1	.7	.6	.5	.3	.1	.1	+0	+0	+0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
50	+0	+0	.6	.5	.4	.2	.1	.1	+0	+0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
60	+0	+0	.6	.5	.4	.2	.1	+0	+0	+0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
70	+0	+0	.5	.4	.3	.2	.1	+0	+0	+0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
80	+0	+0	.5	.3	.2	.2	.1	+0	+0	+0	+0	+0	.0	.0	.0	.0	.0
90	+0	+0	.6	.4	.2	.2	.1	+0	+0	+0	+0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
100	+0	+0	.5	.3	.2	.1	.1	+0	+0	+0	+0	.0	.0	+0	.0	.0	.0
110	+0	+0	.6	.3	.2	.1	+0	+0	+0	+0	.0	.0	+0	.0	.0	.0	.0
120	+0	.1	.9	.4	.1	.1	+0	+0	+0	+0	+0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
130	+0	+0	.9	.4	.2	.1	+0	+0	+0	+0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
140	+0	+0	1.0	.4	.1	.1	+0	+0	+0	+0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
150	+0	.1	1.2	.4	.1	.1	.1	+0	+0	+0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
160	+0	+0	1.1	.4	.2	.1	.1	+0	+0	+0	+0	.0	.0	+0	.0	.0	+0
170	+0	+0	.9	.3	.1	.1	+0	+0	+0	+0	.0	.0	+0	.0	.0	.0	.0
180	+0	.1	.8	.4	.1	.1	.1	+0	+0	+0	+0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
190	+0	+0	.5	.2	.1	.1	+0	+0	+0	+0	+0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
200	+0	+0	.5	.3	.1	.1	+0	+0	+0	+0	+0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
210	+0	+0	.5	.3	.1	.1	.1	+0	+0	+0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
220	+0	+0	.4	.2	.1	.1	.1	+0	+0	+0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
230	+0	+0	.4	.2	.1	.1	.1	+0	+0	+0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
240	+0	+0	.4	.3	.2	.1	.1	+0	+0	+0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
250	+0	+0	.4	.3	.2	.1	.1	+0	+0	+0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
260	+0	+0	.5	.4	.3	.2	.1	+0	+0	+0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
270	+0	.1	.7	.6	.5	.4	.2	.1	+0	+0	+0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
280	+0	+0	.6	.6	.6	.6	.4	.2	.1	+0	+0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
290	+0	+0	.7	.9	1.0	1.0	.8	.5	.3	.1	+0	+0	+0	+0	.0	.0	.0
300	+0	+0	.8	.9	1.1	1.1	.9	.6	.4	.2	.1	+0	+0	+0	.0	.0	.0
310	+0	.1	1.0	1.1	1.1	1.2	1.0	.8	.5	.2	.1	+0	+0	.0	.0	.0	.0
320	+0	+0	1.0	1.1	1.1	1.2	.8	.5	.3	.2	.1	+0	+0	+0	+0	.0	.0
330	+0	.1	1.0	1.0	1.0	.9	.5	.4	.2	.1	+0	+0	+0	.0	.0	.0	.0
340	+0	.1	1.1	1.0	.9	.9	.6	.3	.1	.1	+0	+0	+0	.0	.0	.0	.0
350	+0	.1	1.0	1.0	.9	.8	.4	.2	.1	+0	+0	+0	.0	.0	.0	.0	.0
360	+0	.1	1.2	1.1	1.0	.7	.3	.2	.1	+0	+0	+0	+0	.0	.0	.0	.0

Kalmen: 3.9

Abb. 5.4.A: H8ufigkeitsverteilung des Windes nach Betrag und Richtung in Prozent

Station: JEBEL DHANNA / V A E

Koordinaten: 24 11 N 52 37 E

Höhe über Meeresniveau: 6 m

Periode: 1971 - 80

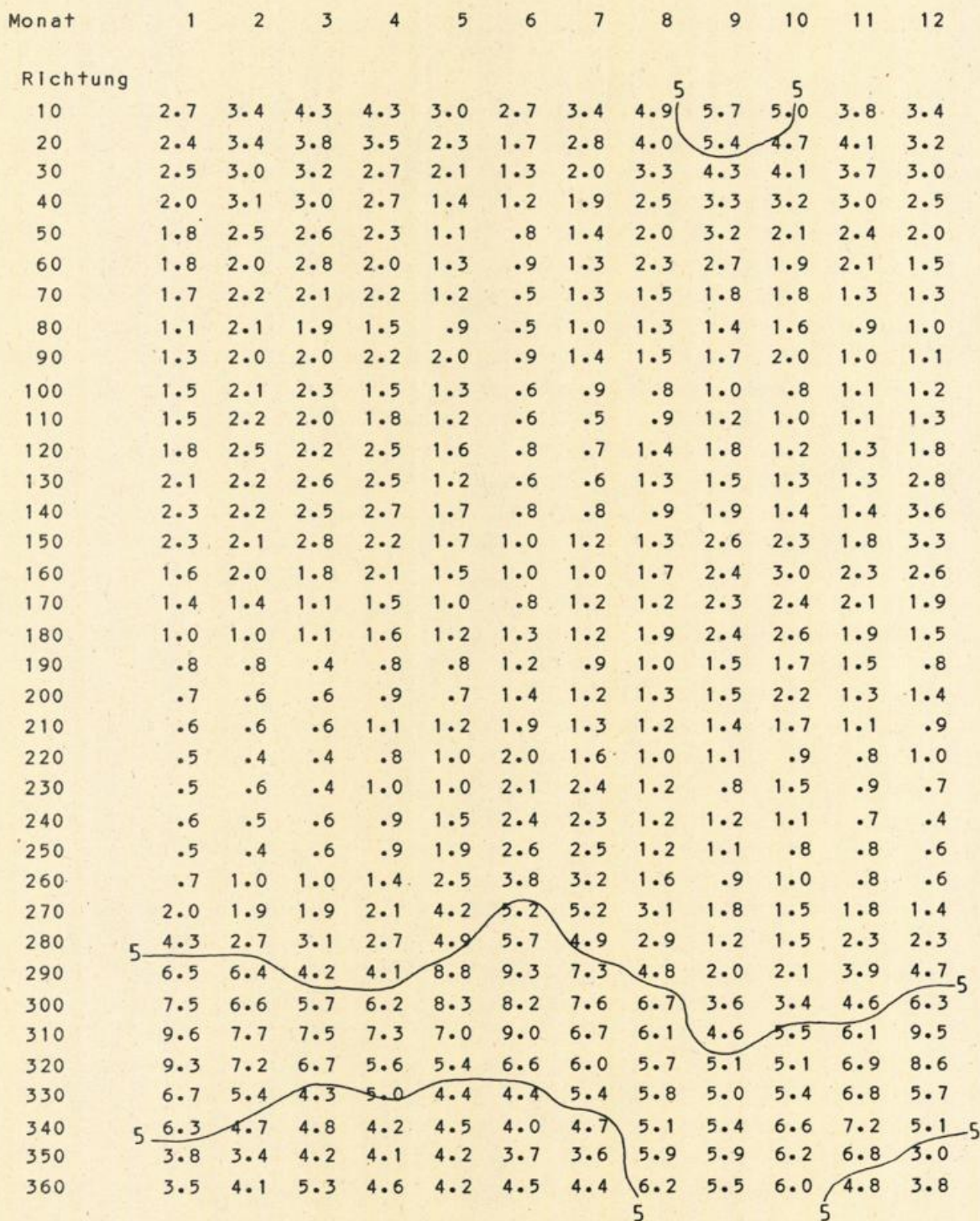


Abb. 5.4.B: Jahresgang der Windrichtung.
Isolinienabstand: 5 Prozent

Station: JEBEL DHANNA / V A E

Koordinaten: 24 11 N 52 37 E
 Periode: 1971 - 80

Höhe über Meeresniveau: 6 m

Monat	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
m/s												
1	.3	.1	.0	.1	.1	.0	.3	.3	2.9	.1	.1	.1
2	1.2	1.4	1.5	1.4	2.2	.9	1.5	1.9	5.1	1.9	1.3	1.6
3	22.0	26.3	22.7	29.7	30.8	21.1	24.0	25.9	30.2	34.1	26.7	30.9
4	17.2	18.0	18.8	18.7	21.1	17.9	20.6	18.8	23.6	24.2	22.8	18.3
5	14.5	14.3	15.2	14.9	15.6	16.4	17.1	18.5	18.1	18.6	17.6	14.5
6	15.2	13.3	13.1	12.0	10.8	15.2	14.9	16.0	11.7	11.5	13.7	12.1
7	9.8	10.6	9.5	7.7	6.9	11.5	8.7	8.5	3.6	3.5	8.3	9.3
8	7.2	6.5	7.0	5.0	4.2	6.8	4.8	4.0	.7	1.2	3.6	5.5
9	6.0	4.0	4.7	2.7	1.9	3.7	2.2	1.9	.1	.5	1.2	2.1
10	2.7	1.2	2.2	1.7	.7	1.6	1.0	.7	.0	.3	.2	.9
11	.7	.5	1.1	1.2	.2	.8	.5	.2	.0	.2	.2	.5
12	.3	.3	.5	.3	.2	.3	.1	.0	.0	+0	+0	.2
13	+0	.1	.1	.1	+0	.1	+0	.0	.0	.0	.0	.1
14	+0	.1	+0	.1	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
15	.0	.0	.0	+0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
16	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
17	.0	.1	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
Kalmen	2.7	3.4	3.5	4.4	5.5	3.8	4.2	3.4	3.9	3.8	4.3	3.9

Abb. 5.4.C: Jahresgang des Betrages der Windgeschwindigkeit

Station: JEBEL DHANNA / V A E

Koordinaten: 24 11 N 52 37 E

Höhe über Meeresniveau: 6 m

Periode: 1971 - 80

Monat	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
m/s												
1	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.4	.0	.0	.0
2	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	2.6	.0	.0	.0
3	5.2	4.9	3.9	6.6	6.0	2.8	4.8	3.7	7.6	5.9	4.1	6.5
4	12.5	14.1	12.3	15.5	16.5	11.5	12.6	14.3	18.5	21.5	14.7	16.8
5	15.8	17.6	17.4	18.0	20.3	15.8	18.9	18.5	23.5	25.4	22.2	18.6
6	14.8	16.1	16.1	16.5	18.1	16.6	19.8	21.5	22.8	22.5	20.9	16.2
7	14.7	12.7	13.5	13.7	14.1	15.2	16.2	16.9	15.0	13.2	14.7	12.2
8	10.5	10.9	9.9	9.2	8.9	11.5	10.0	11.3	6.5	5.9	11.2	9.4
9	7.8	7.7	7.7	6.7	6.5	10.0	7.4	6.6	2.3	2.7	6.6	8.8
10	7.0	7.3	7.6	5.2	4.8	7.0	5.2	4.0	.6	1.4	3.4	5.7
11	5.0	4.2	4.4	3.0	2.3	4.6	2.5	1.6	.2	.5	1.1	2.8
12	3.9	2.5	3.4	2.2	1.4	2.6	1.3	.9	.0	.5	.6	1.6
13	1.7	1.0	2.3	1.7	.5	1.3	.7	.5	.0	.3	.4	.8
14	.6	.5	1.0	1.1	.3	.8	.6	.1	.0	.1	.1	.4
15	.3	.2	.2	.3	.1	.2	.1	.1	.0	+0	.0	.1
16	+0	.1	.1	.1	.1	.1	+0	.0	.0	.0	.0	.1
17	+0	.1	.1	+0	+0	+0	.0	.0	.0	.0	.0	.1
18	.0	+0	+0	.1	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
19	+0	.1	+0	.1	.0	+0	.0	+0	.0	.0	.0	.0
20	.0	.1	+0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
21	.0	.1	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
22	.0	+0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0

Abb. 5.4.D: Jahresgang der Maximalwindgeschwindigkeit

JEBEL DHANNA

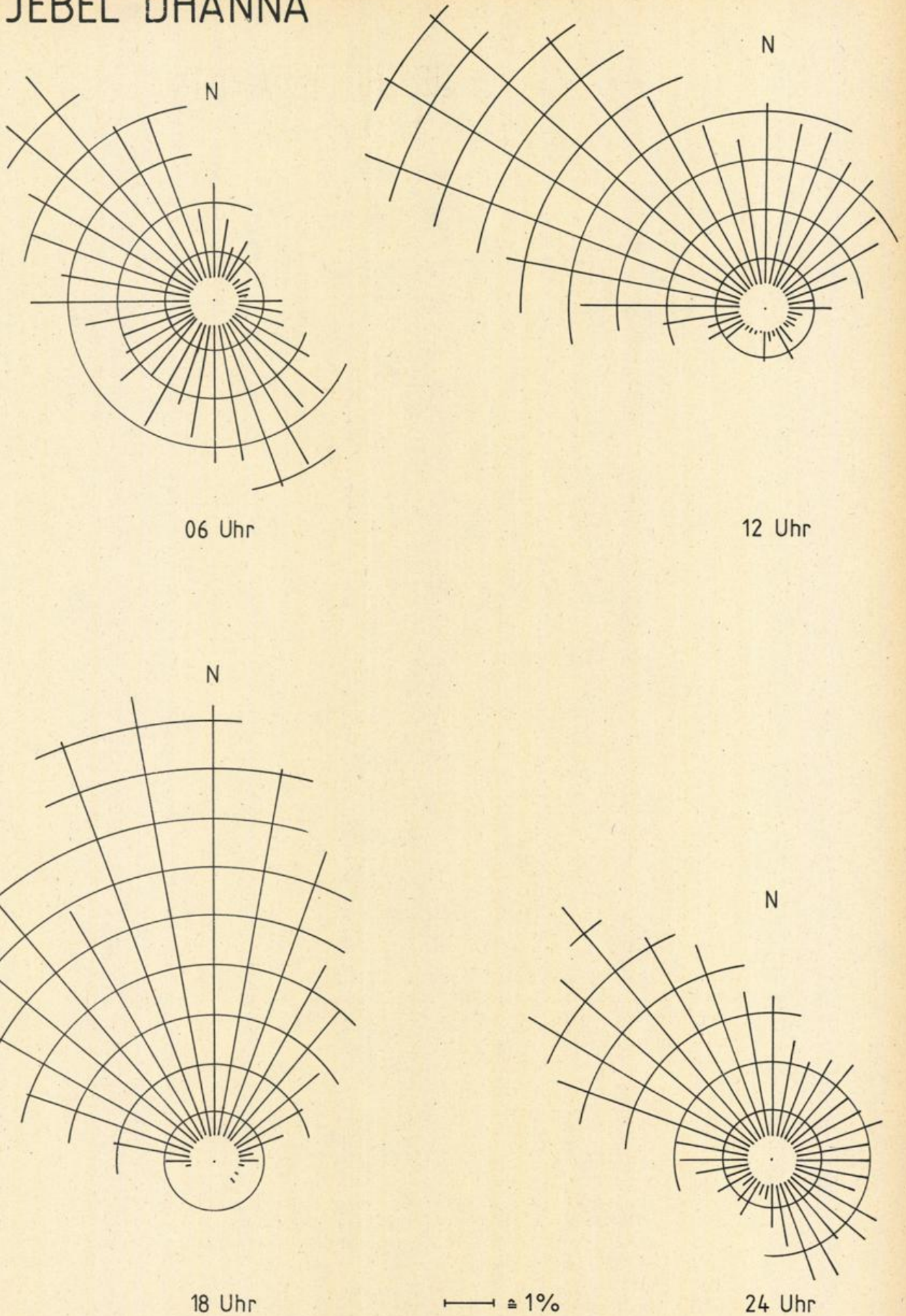


Abb. 5.4.E: Tagesgang der Windrichtung

JEBEL DHANNA

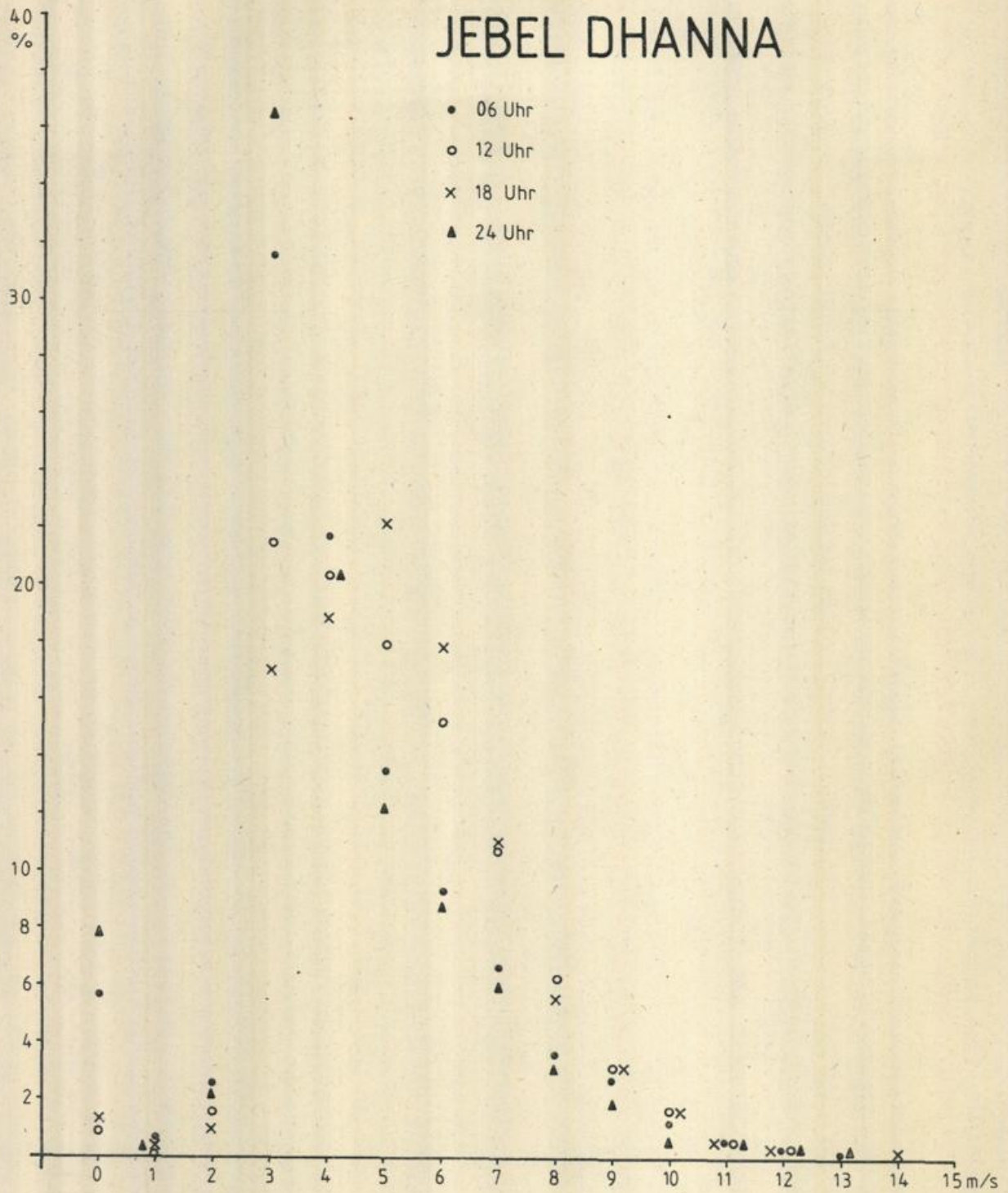


Abb. 5.4.F: Tagesgang des Betrages der Windgeschwindigkeit. Die Werte der Geschwindigkeitsskala bezeichnen jeweils die Mitte des zugehörigen Geschwindigkeitsintervalls.

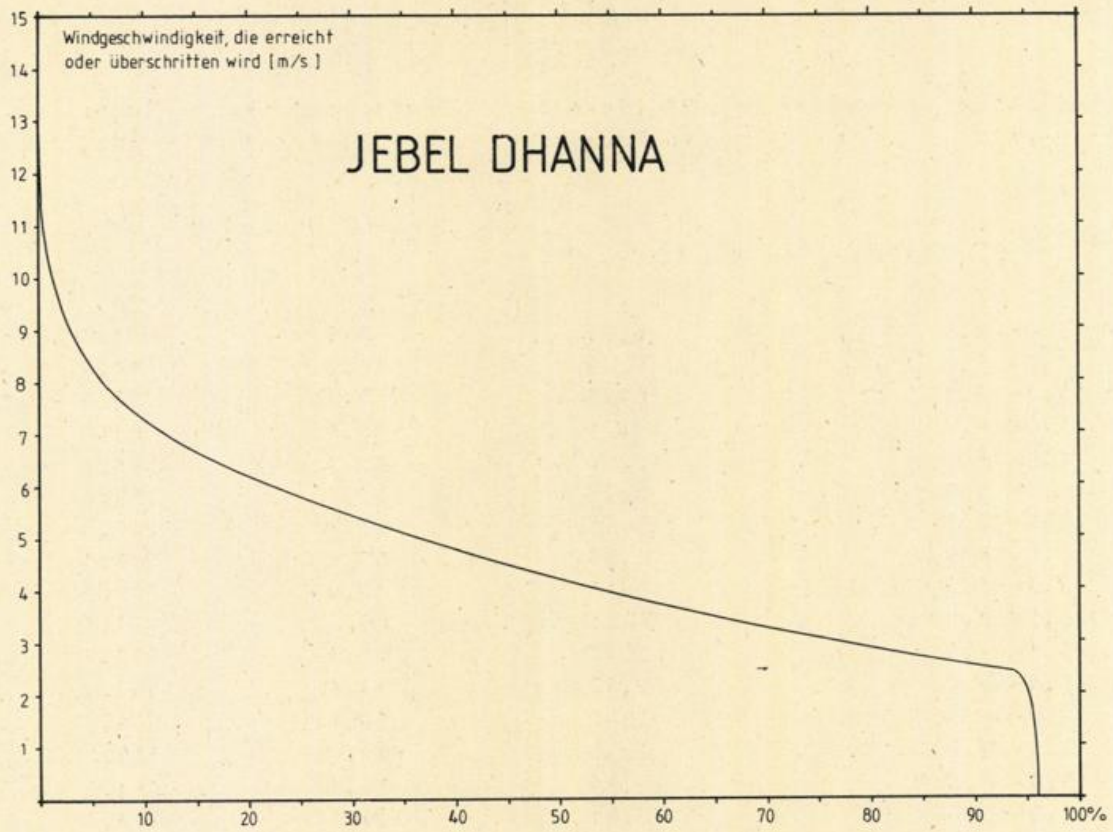


Abb. 5.4.G: Winddauerkurve

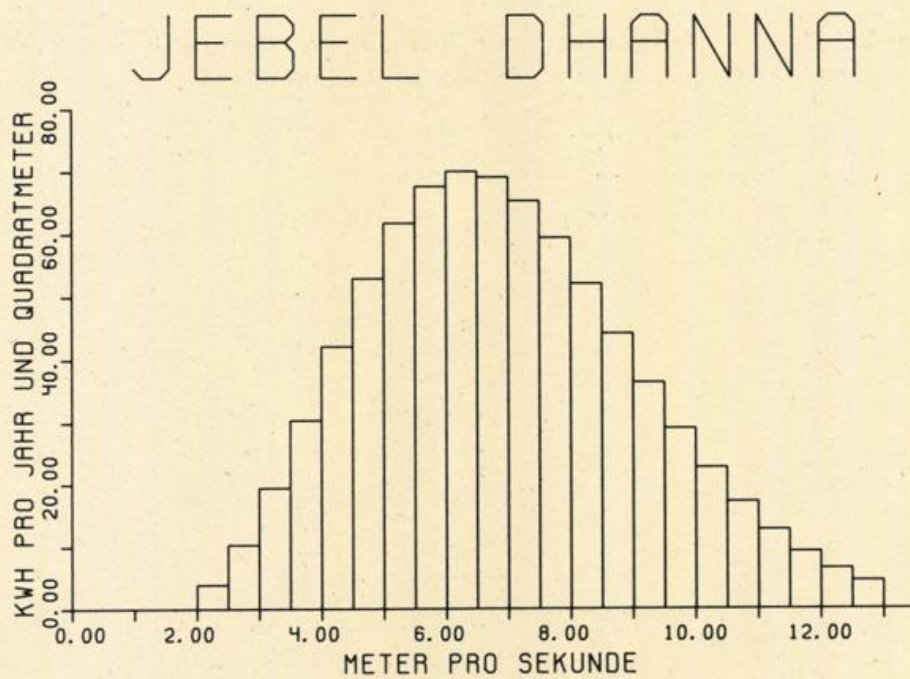


Abb. 5.4.H: Verteilung der Bruttojahresenergie auf Windgeschwindigkeitsintervalle von 0,5 m/s

JEBEL DHANNA / V A E

Windgeschwindigkeits- intervall	Häufigkeit in Prozent	Bruttojahres- energie (kWh)	Summe (kWh)
≤ m/s <			
2.0- 2.5	6.61	3.9	3.9
2.5- 3.0	9.59	10.3	14.2
3.0- 3.5	10.94	19.4	33.6
3.5- 4.0	11.16	30.4	64.0
4.0- 4.5	10.60	42.1	106.1
4.5- 5.0	9.56	52.9	159.0
5.0- 5.5	8.26	61.7	220.8
5.5- 6.0	6.88	67.6	288.3
6.0- 6.5	5.55	70.0	358.3
6.5- 7.0	4.35	69.1	427.4
7.0- 7.5	3.32	65.3	492.7
7.5- 8.0	2.47	59.4	552.2
8.0- 8.5	1.80	52.1	604.3
8.5- 9.0	1.28	44.2	648.5
9.0- 9.5	.89	36.4	684.9
9.5-10.0	.61	29.1	714.1
10.0-10.5	.41	22.7	736.7
10.5-11.0	.27	17.2	753.9
11.0-11.5	.17	12.7	766.6
11.5-12.0	.11	9.2	775.8
12.0-12.5	.07	6.5	782.2
12.5-13.0	.04	4.5	786.7

Tabelle 5.4.1: Verteilung der Bruttojahresenergie auf Windgeschwindigkeitsintervalle von 0.5 m/s, bezogen auf 1 m².

Station: TARIF (für Jebel Dhanna)

Koordinaten: 24 02N 53 45E

16 m über Meeresniveau

Monat	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Periode
<hr/>													
LUFTTEMPERATUR (°C)													
abs. Maximum	34,3	37,5	40,1	44,4	45,5	47,0	48,0	47,2	44,0	43,0	35,5	32,2	1959-72
mittl. tägl. Maximum	22,4	23,9	28,0	32,0	35,6	36,7	38,8	39,1	37,0	33,6	28,5	23,8	1959-72
mittl. tägl. Minimum	12,7	13,5	16,5	19,2	22,6	24,3	24,9	27,9	25,5	21,8	17,4	13,5	1959-72
abs. Minimum	6,5	6,1	8,3	10,0	15,0	18,1	21,0	22,0	19,2	14,4	12,5	7,0	1959-72
<hr/>													
REL. LUFTFEUCHTE (Prozent)	keine Daten												
<hr/>													
MITTL. ZAHL DER TAGE MIT													
Niederschlag (> 1 mm)	1,4	0,9	0,7	1,1	0,5	0,0	0,0	0,1	0,0	0,1	0,2	0,5	1959-72
<hr/>													
NIEDERSCHLAG (mm)													
mittl. Monatshöhe	13,6	5,6	4,4	4,4	4,1	0,0	0,0	0,7	0,0	0,9	3,2	2,8	1959-72
höchstes Tagesmaximum	24,4	10,9	11,0	15,4	20,3	Sp	0,6	8,0	Sp	12,2	26,3	15,2	1959-72

Sp=Spuren, d.h. Niederschlag nicht meßbar.

6. Kuwait

6.1 Daten und Auswertung

6.1.1 Datenmaterial

Für die Windauswertung standen in dem Zeitraum 1971 - 1978 mit Ausnahme der beiden Jahre 1975/76 tägliche Messungen der Winrichtung und des Betrages der Windgeschwindigkeit sowie täglich die stärkste Böe zur Verfügung. Die Meßtermine waren 00, 06, 12 und 18 Uhr UTC. Die Meßhöhe betrug 10 m über Grund.

Darüber hinaus wird in der Klimatabelle eine Übersicht über weitere Klimatelemente wie Lufttemperatur, relative Feuchte, Sonnenscheindauer, Niederschlag sowie verschiedene Wetterelemente gegeben. Dabei traten aber verschiedentlich Lücken in den angegebenen Perioden auf. Aus diesem Grund wurde auch noch jeweils die tatsächlich zugrunde liegende Anzahl von Jahren angegeben.

Sämtliche Daten wurden am internationalen Flughafen von Kuwait, der etwa 10 km von der Küste entfernt liegt, gewonnen.

6.1.2 Berechnung der Jahresbruttoenergie

Die Maßzahlen für die Windenergie werden in kWh pro Jahr und 1 m^2 Fläche senkrecht zur Strömungsrichtung angegeben. Da hier kein bestimmter Konvertertyp zugrunde gelegt worden ist, wurde mit dem Wirkungsgrad 1 bezogen auf eine Rotorfläche von 1 m^2 gerechnet. Es wurde also diejenige Energie berechnet, die im Windfeld potentiell vorhanden ist.

Dieses Verfahren bietet den Vorteil, daß geräteunabhängige Vergleichszahlen gewonnen werden. Die tatsächlich nutzbare Energie hängt allerdings noch von weiteren Konvertercharakteristika ab wie Anlaufschwelle, Vollastbereich und Abschaltgeschwindigkeit. Mit Hilfe dieser Kenngrößen kann die voraussichtliche konverterbedingte Energieausbeute aus den Winddauerkurven abgeschätzt werden. Umgekehrt geben die Winddauerkurven Auskunft über optimale und wünschenswerte Konvertercharakteristika.

Das genaue Verfahren sowie die Formel, nach der die Bruttoenergie bestimmt wurde, sind in Anhang A erläutert.

Die in der Rechnung verwendete Dichte beträgt $1,176 \text{ kg/m}^3$, wobei die Dichte im Jahresverlauf bis zu knapp $\pm 5 \%$, im Tagesverlauf um $\pm 2,5 \%$ schwanken kann.

6.2.0 Kuwait

Kuwait liegt an der Nordwestecke des Arabischen Golfs an einer Bucht, die von Küstenwüste umgeben ist und zum weiten Flachland Mesopotamiens gehört. Der Flughafen, von dem die Klimawerte stammen, hat eine Meereshöhe von 45 m. Im Westen des kleinen Staates an der Grenze zu Saudi-Arabien wird die 200 m-Höhenlinie überschritten. In der geographischen Breite von 20 Grad N steht im Juni die Sonne mittags nahe beim Zenit.

Das Land ist von Trockenwadis und flachen rechteckigen Sandhügeln durchzogen. Flüsse gibt es nicht, jedoch Frischwasserbrunnen im Norden. Kuwait hat trocken-heißes Wüstenklima. Trotz der vorherrschenden, ablandigen Windrichtung sorgt die Nähe des Meeres auch für Zufuhr von feuchter Luft, wenn der Wind aus dem Ostsektor kommt.

6.2.1 Windrichtung und Betrag

Der Hauptwindrichtungsbereich ist W bis N (Abb. 6.2.A). Aus diesem Sektor weht der Wind im Jahresmittel zu etwa 50 %. Ein sekundäres, allerdings deutlich kleineres Häufigkeitsmaximum findet sich bei S bis SSE, ein weiteres, noch geringeres, bei E.

Der Hauptgeschwindigkeitsbereich liegt zwischen 2,0 und 7,9 m/s und reicht damit relativ hoch hinaus. Mittlere und größere Geschwindigkeiten bis etwa 20 m/s treten bevorzugt aus dem Hauptwindrichtungssektor auf, ihre größte relative Häufigkeit erreichen sie zwischen NW und N.

6.2.2 Jahresgang der Windrichtung

Zwischen Juni und August liegt Kuwait am Westrand des Monsuntiefs über Nordwestindien in einer sehr beständigen NW-Strömung (Abb. 6.2.B), die hier Schamal genannt wird und häufig schwere Sand- und Staubstürme verursacht. Ab September verringert sich der Druckgradient; lokale Windsysteme, wie die Land-Seewind-Zirkulation, bestimmen die Richtungsverteilung. Südliche Winde gewinnen zunehmend an Bedeutung, vor allem im Oktober. Im Laufe des November breitet sich ein Keil des sich allmählich verstärkenden zentralasiatischen Hochs über Arabien hinweg aus: NW wird wieder dominant. Störungen aus dem Mittelmeerraum und vom Roten Meer streifen jedoch gelegentlich den Arabischen Golf. Auf ihrer Vorderseite stellt sich oft länger andauernder S- bis SE-Wind ein. Auf diese Weise erreichen S- bis SE-Winde im Frühjahr relativ große Häufigkeiten.

6.2.3 Jahresgang des Betrages der Windgeschwindigkeit

Der Betrag der Windgeschwindigkeit variiert im schwachwindigen Bereich unterhalb von 5,9 m/s nur wenig im Jahresverlauf (Abb. 6.2.C). Am deutlichsten tritt er im Geschwindigkeitsniveau oberhalb von 8 m/s hervor. Dort nimmt die Zahl der Fälle im Juni und Juli deutlich zu gegenüber dem Rest des Jahres, zu einer Zeit also, in der der Druckgradient vom kräftigen indischen Monsuntief her gut ausgeprägt ist.

Die Kalmenanteile sind insgesamt sehr hoch, liegen aber von März bis August mit Werten zwischen 12 und 17 % noch erheblich niedriger als in den Monaten Oktober bis Dezember/Januar, wo sie über 25 % ausmachen.

6.2.4 Tagesgang des Windes

Der Wind in Kuwait besitzt sowohl bezüglich der Richtung als auch des Betrages einen deutlichen Tagesgang. In den Nachtstunden (Abb. 6.2.D, 03 Uhr) sind die Windgeschwindigkeiten relativ schwach und erreichen nur selten den Starkwindbereich. Winde von Land aus NW bis W herrschen vor, doch auch der Südwind (hier ebenfalls Landwind) besitzt noch eine beachtliche Häufigkeit. Zum Morgen (Abb. 6.2.D, 08 Uhr) verschwindet das Maximum bei Süd, aber es weht noch ein reiner Landwind mit Richtungen um NW. Im Laufe des Tages gewinnen die Ostkomponenten, d.h. der Seewind, zunehmend an Gewicht (Abb. 6.2.D, 08, 14 Uhr), wobei der Wind insgesamt merklich auffrischt und seine im Mittel höchsten Geschwindigkeiten erreicht. Nach Sonnenuntergang (vgl. Abb. 6.2.D, 21 Uhr) nimmt der Ostwind rasch zugunsten eines meist relativ schwachen SSE- bis S-Windes ab und weist starke Ähnlichkeit mit der 03 Uhr-Verteilung auf.

Dem Tagesgang dominant überlagert bleibt allerdings der Schamal aus dem Nordwestsektor, der durch das großräumige Druckfeld gestützt wird.

6.2.5 Maximale Windgeschwindigkeit

Die Häufigkeitsverteilung der täglichen maximalen Böen ist aus der folgenden Tabelle zu ersehen:

Tabelle: Maximale Böen
 Periode 1971 - 1974, 1977 - 1978

Klasse m/s	Häufigkeit in Prozent
2,0 - 3,9	0,2
4,0 - 5,9	1,8
6,0 - 7,9	8,8
8,0 - 9,9	19,7
10,0 - 11,9	17,8
12,0 - 13,9	20,8
14,0 - 15,9	12,4
16,0 - 17,9	10,2
18,0 - 19,9	4,5
20,0 - 21,9	2,4
22,0 - 23,9	0,7
24,0 - 25,9	0,4
26,0 - 27,9	0,2
28,0 - 29,9	0,0
30,0 - 31,9	0,0
32,0 - 33,9	0,1

Die Böen liegen damit zu etwa 60 % im Starkwindbereich; ca. 2 % erreichen Sturm- oder Orkanstärke. Wie bei den Terminwerten der 10-Minuten-Mittel (Abb. 6.2.A) kommt die maximale tägliche Böe weitaus am häufigsten aus NW. Ein weiteres Häufigkeitsmaximum liegt bei E bis ESE, während Maximalböen aus südlichen Richtungen, dem sekundären Maximum des Mittelwindes, seltener vorkommen.

Das höchste 10-Minuten-Mittel, das im gleichen Zeitraum gemessen wurde, lag zwischen 26,0 und 27,9 m/s und läßt sich als schwerer Sturm bezeichnen; er kam aus SW.

6.2.6 Wind- und Energieangebot

Die Winddauerkurve (Abb. 6.2.E) zeigt, daß 40 % des Windfeldes oberhalb des Schwachwindbereiches, d.h. oberhalb von 5 m/s liegen und noch rund 4 % in den Starkwindbereich hineinfallen. Trotz des Kalmenanteils von immerhin 19,4 % ist damit eine hohe Energieausbeute zu erwarten.

Die Jahresbruttoenergie errechnet sich daher auch zu insgesamt 1219 kWh pro m² (Tab. 6.2.1) und liegt damit bei ca. 30 % des für den deutschen Nordseeküstenbereich charakteristischen Wertes.

Die Beiträge der einzelnen Geschwindigkeitsbereiche sind in Abb. 6.2.F dargestellt. Danach werden etwa 80 % der Energie im Geschwindigkeitsbereich zwischen einschließlich 5,5 und 12,5 m/s gewonnen. Das sind rund 34 % des gesamten Windangebotes. Die Geschwindigkeiten unterhalb und oberhalb der genannten Grenzen, d.h. ca. 66 % des Windaufkommens, steuern nur je 10 % zur Gesamtenergie bei. Die

größten Energiebeiträge liefern die Geschwindigkeiten um 8,5 m/s.

6.2.7 Witterung und Wetterphänomene

Das Monatsmittel der Temperatur steigt von 12,7 Grad Celsius im Januar auf 37,4 Grad Celsius im Juli und weist damit die außerordentlich hohe Jahresamplitude von 24,7 K auf. Der mittlere Tagesgang ist im Winter mit etwa 10 K am kleinsten und steigt bis zum September auf 17 K an. Er bleibt aber in jedem Fall hinter dem Jahresgang zurück. In einem Beobachtungszeitraum von 20 Jahren erreichten die absoluten Temperaturextreme im Januar -4,0 Grad Celsius im Minimum und 29,8 Grad Celsius im Maximum. Im Juni sind es 49,8 Grad Celsius im Maximum bei einem Minimum von 20,4 Grad Celsius. Das höchste Minimum wurde im Juli mit 23,3 Grad Celsius gemessen.

Nur in den drei Wintermonaten ist vereinzelt (1959, 1963 und 1964) Frost beobachtet worden. In 8 Monaten des Jahres ist die Temperatur über 40 Grad Celsius gestiegen, in 11 Monaten über 30 Grad Celsius, und nur im Januar sind 30 Grad Celsius nicht ganz erreicht worden.

Die relative Feuchte ist in Kuwait während der Tagesstunden das ganze Jahr über niedrig (im Mittel 8 % im Sommer und 40 % im Winter). Nur in den Morgenstunden im Winter (Dezember bis Februar) steigt sie auf 80 % bis 85 %. Die Extremwerte sind praktisch in jedem Monat 100 %, bzw. 1-2 %. Sättigung beobachtet man allerdings nur in der zweiten Nachthälfte bis kurz nach Sonnenaufgang, wobei sehr starker Taufall üblich ist.

Der Küstenwüstenplatz Kuwait hat im Durchschnitt nur 100 mm Niederschlag im Jahr, der praktisch nur als Regen und ganz vereinzelt als Hagel fällt. Diese geringe Menge fällt überwiegend im Winter und Frühjahr, ein Viertel davon allein im Januar. Im November 1967 ist einmal mehr als die mittlere Jahresmenge gemessen worden. Die maximalen Tagesmengen liegen bei 25 bis 40 mm in den Monaten November bis April. Juni bis September sind praktisch niederschlagsfrei, so daß sich die wenigen Regentage des Jahres (3 - 6 im Monat) auf November bis April verteilen, allerdings mit großer Veränderlichkeit von Jahr zu Jahr bezüglich der Menge.

Mit Gewittern tritt im allgemeinen auch Regen auf, obwohl es - wie in Saudi Arabien - durchaus Gewitter ohne Niederschlag gibt. Der quantitative Vergleich zwischen Gewitterhäufigkeit und Niederschlags-tagen verbietet sich allerdings wegen der unterschiedlichen hier vorliegenden Perioden (vgl. Klimatabelle). Von Juni bis Oktober gibt es praktisch keine Gewitter in Kuwait. Die Gewitter, wie auch die Schauerniederschläge, sind meist an durchziehende Störungen von Depressionen aus dem Mittelmeer gebunden. Doch kennt man von Anfang April bis Ende Mai auch die Entwicklung lokaler Gewitter (sog. Sarrayat) längs einer küstenparallelen Linie etwa 10 bis 15 km im Binnenland. Die Gewitterzellen wandern dann mit der Höhenströmung ostwärts und verschwinden beim Überschreiten der Küste.

Bleibt bei einem kräftigen Wind oder Sturm der Regen aus, dann wird

Staub und Sand in die Luft getragen. Im Sommer hat Kuwait keinen Regen, aber im Mittel die höchsten Windgeschwindigkeiten, die Staub und Sand aus dem Landesinnern und aus dem Irak bei instabiler Schichtung bis in große Höhen führen, besonders in den heißen Mittags- und Nachmittagsstunden. Vor allem im Juni und Juli werden somit auch die meisten Sandstürme beobachtet, insgesamt an 27 Tagen im Jahr. Staubstürme gibt es sogar an 56 Tagen im Jahr, und Staub in der Luft, der auch anderswoher gekommen sein mag, hat man im Mittel an 117 Tagen jährlich (an etwa 10 bis 14 Tagen in den Monaten März bis Oktober).

Es sind Zahlen bekannt geworden, die die Mengen von Staub angeben, die monatlich auf Kuwait herabfallen. Sie liegen zwischen 26 Gramm pro m² im Mittel für das Jahr 1974 und 90 Gramm pro m² für das Jahr 1979. Für Juni gilt das Maximum von 119 Gramm pro m².

Nebel ist nicht häufig und dann auf kurze Zeit um den Sonnenaufgang beschränkt. Häufiger kommt feuchter Dunst vor (25 Tage im Jahr, vor allem im Winter).

Trotz der Meeresnähe ist Schwüle bei der Wärmebelastung im Sommer fast unbekannt (Abb. 6.2.G). Von Mai bis Oktober empfindet man in den Mittagsstunden die trockene Hitze als belastend, während die Nacht- und Morgenstunden dank des ablandigen Windes erfrischend wirken. In den Wintermonaten - vor allem bei frischem Wind - kann es morgens empfindlich kühl werden.

Station: KUWAIT (Airport)

Koordinaten: 29 13N 47 58E 55 m Über Meeresniveau

Richtung	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	N	Kalmen	SUMME
m/s																		
0,4 - 1,9	.1	.1	.1	.2	.2	.2	.3	.6	.3	.2	.3	.9	.6	.4	.3	.3	-	5,1
2,0 - 3,9	.6	.6	.5	1,2	.6	.5	1,4	3,5	.9	.3	.7	2,8	3,0	2,5	2,0	1,6	-	22,8
4,0 - 5,9	.7	.5	.5	1,7	1,0	.7	1,4	1,6	.3	.1	.2	1,4	3,1	3,5	3,6	2,8	-	23,0
6,0 - 7,9	.4	.2	.2	1,1	.9	.7	1,0	.4	+0	.1	.1	.5	1,6	3,2	3,5	1,7	-	15,6
8,0 - 9,9	.1	+0	+0	.3	.5	.3	.5	.3	+0	+0	+0	.2	1,0	1,9	1,7	.8	-	7,7
10,0 - 11,9	+0	-	+0	.1	.1	.2	.4	.1	+0	+0	+0	.1	.5	1,4	1,3	.3	-	4,5
12,0 - 13,9	+0	+0	-	+0	+0	.1	.1	.1	+0	+0	-	+0	.1	.5	.5	.1	-	1,5
14,0 - 15,9	-	-	-	-	-	-	+0	+0	-	+0	-	+0	+0	.1	.1	-	-	.3
16,0 - 17,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+0	+0	-	-	.1
18,0 - 19,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+0	-	-	-	-	-	-	+0
20,0 - 21,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
22,0 - 23,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+0	-	-	-	-	-	-	+0
24,0 - 25,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Kalmen																	19,4	19,4

+0: Wert 0,05 Prozent

Abb. 6.2.A: Häufigkeitsverteilung des Windes nach Betrag und Richtung in Prozent.

Station: KUWAIT (Airport)

Periode: 1971-74,77-78

Koordinaten: 29 13N 47 58E 55 m über Meeresniveau

Richtung	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	N
Monat																
1	.8	.7	.1	3.8	3.4	3.0	5.9	4.3	2.2	.4	2.4	8.2	13.3	11.8	10.0	3.4
2	1.6	1.0	1.5	4.7	4.1	4.6	8.3	7.8	1.5	.3	1.0	6.5	8.0	11.5	10.2	6.4
3	2.0	2.3	.7	6.6	4.2	4.5	11.3	9.2	1.8	1.1	1.1	3.6	7.5	8.7	13.1	8.2
4	2.6	1.4	.8	5.3	7.6	5.3	9.5	8.6	1.7	1.4	1.7	4.2	4.3	7.0	10.2	11.3
5	4.5	3.2	2.3	7.2	5.3	1.6	6.6	8.6	.7	1.9	1.3	4.6	5.8	7.8	11.1	11.3
6	2.9	1.9	1.7	2.2	1.3	1.0	1.3	1.7	1.1	.6	1.0	3.9	12.6	21.4	19.7	10.5
7	.5	1.2	.8	3.2	1.1	1.1	2.0	3.9	.0	.3	0.8	6.9	16.8	25.8	19.0	4.4
8	1.9	.7	1.6	3.4	1.5	2.0	2.2	3.9	.9	.9	1.3	6.6	14.5	23.9	12.9	6.2
9	1.1	.6	1.4	5.8	2.4	1.4	2.8	8.4	1.4	1.0	0.7	4.8	10.1	12.6	17.9	10.2
10	1.6	1.2	1.6	6.1	4.0	1.9	4.8	11.8	5.1	1.2	1.9	5.8	6.6	7.4	7.7	6.2
11	2.3	1.2	1.1	3.0	2.6	2.2	3.4	7.2	1.7	.4	1.4	6.8	7.9	12.1	13.9	7.3
12	1.9	1.1	1.1	2.6	1.8	3.5	4.5	3.4	1.5	.2	2.3	9.8	10.6	11.6	9.0	6.3

Abb. 6.2.B: Jahrgang der Windrichtung.
Isolinienabstand: 10 Prozent.

Station: KUWAIT (Airport)

Koordinaten: 29 13N 47 58E 55 m über Meeresniveau

Periode: 1971-74,77-78

Monat	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
m/s												
0.4 - 1.9	5.5	5.2	4.4	2.6	5.4	3.2	4.2	6.0	6.0	7.8	4.9	6.0
2.0 - 3.9	25.0	27.1	22.0	19.3	22.6	13.2	18.4	21.6	25.8	31.7	22.5	24.5
4.0 - 5.9	20.6	18.6	25.4	24.7	24.5	21.0	21.1	24.2	25.1	21.6	27.2	20.8
6.0 - 7.9	12.5	16.7	19.0	19.7	17.7	19.4	17.9	15.5	13.8	9.4	13.1	11.8
8.0 - 9.9	5.8	6.2	9.8	9.9	7.8	12.4	12.0	9.3	7.6	3.0	4.3	4.2
10.0 - 11.9	2.8	4.1	4.0	5.0	4.2	10.1	8.9	5.4	3.5	1.2	1.7	3.4
12.0 - 13.9	1.2	0.9	1.1	1.3	1.1	4.0	4.2	2.0	0.7	0.3	0.8	0.6
14.0 - 15.9	0.4	0.3	0.4	0.4	0.1	0.8	1.1	0.4	-	-	-	-
16.0 - 17.9	-	-	-	-	-	0.6	0.1	-	-	-	-	-
18.0 - 19.9	-	-	-	-	0.1	-	-	-	-	-	-	-
20.0 - 21.9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
22.0 - 23.9	-	-	-	-	0.1	-	-	-	-	-	-	-
24.0 - 25.9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Kalmen	26.2	20.9	13.8	17.1	16.4	15.3	12.2	15.6	17.5	25.0	25.5	28.7

Abb. 6.2.C: Jahrgang des Betrages der Windgeschwindigkeit.

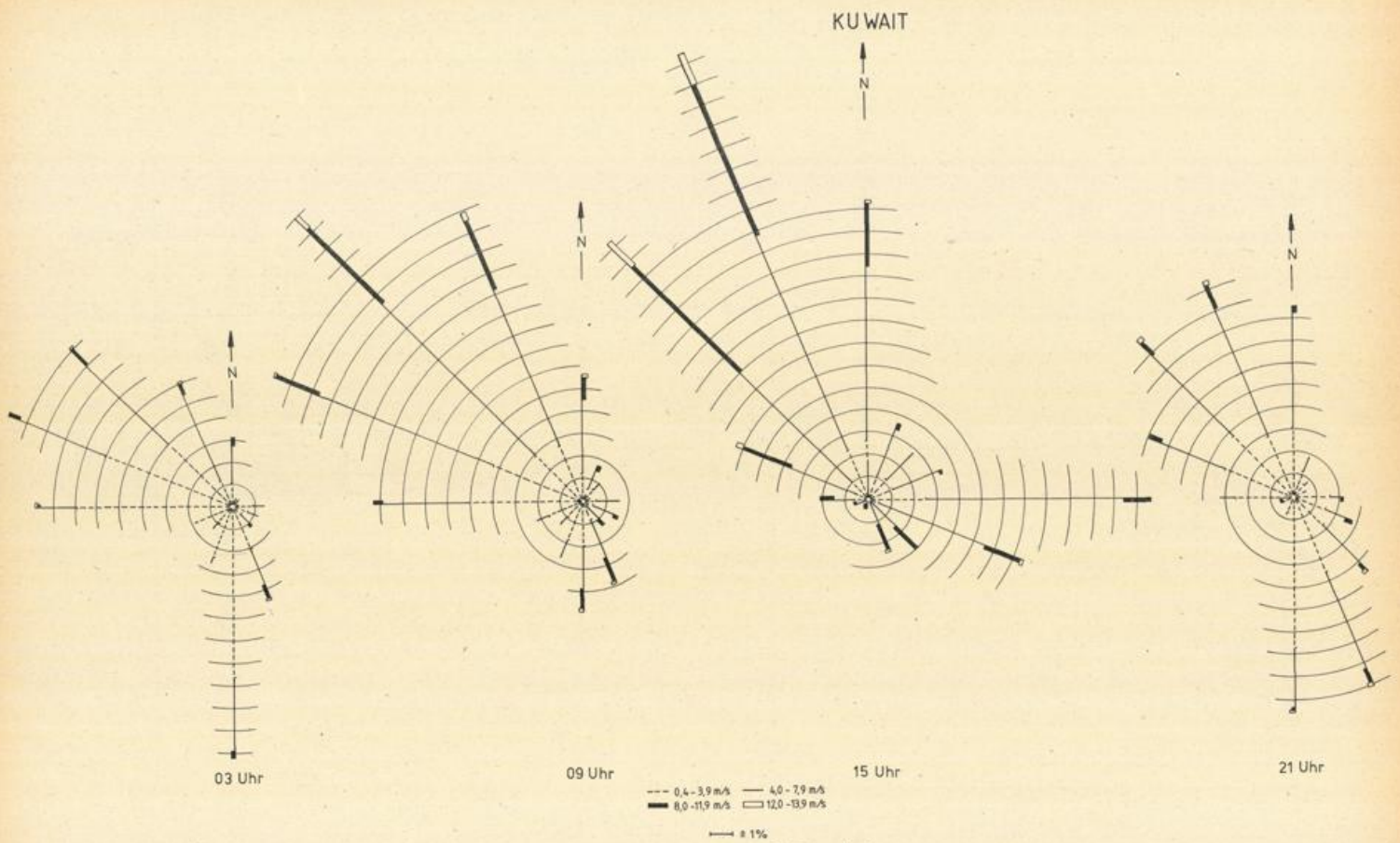


Abb. 6.2.D: Tagesgang des Windes mit Stärkewindrosen zu den Terminen 03, 06, 15 und 21 Uhr Ortszeit.

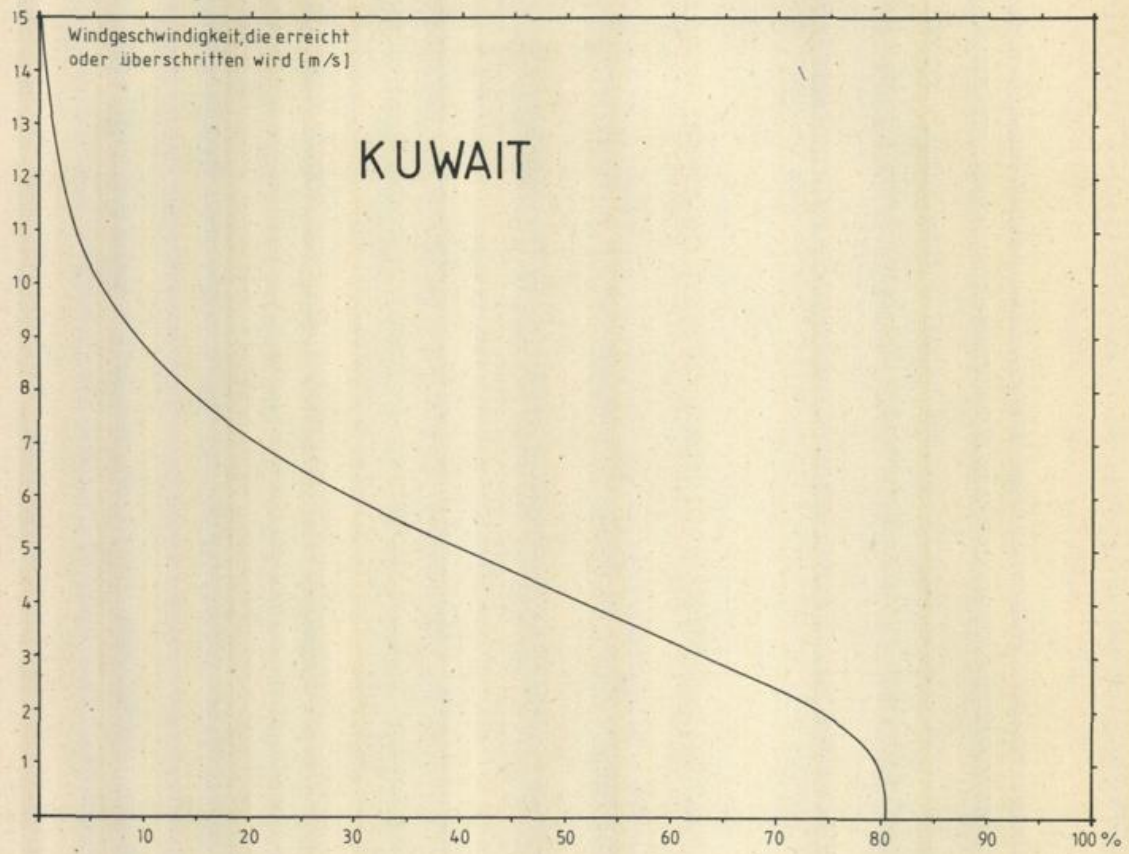


Abb. 6.2.E: Winddauerkurve

KUWAIT

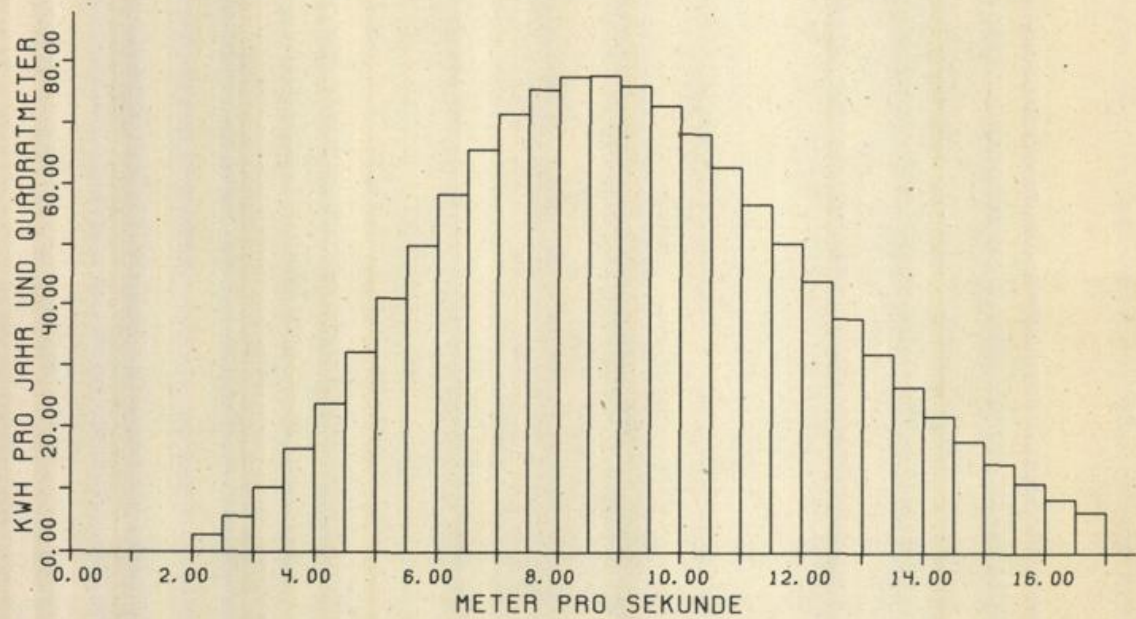


Abb. 6.2.F: Verteilung der Bruttojahresenergie auf Windgeschwindigkeitsintervalle von 0.5 m/s.

KUWAIT/Kuwait

Windgeschwindigkeits- intervall	Häufigkeit in Prozent	Bruttojahres- energie (kWh)	Summe (kWh)
≤ m/s <			
2.0- 2.5	4.74	2.8	4.1 (*)
2.5- 3.0	5.43	5.8	9.9
3.0- 3.5	5.84	10.3	20.2
3.5- 4.0	6.03	16.4	36.6
4.0- 4.5	6.01	23.8	60.3
4.5- 5.0	5.83	32.2	92.5
5.0- 5.5	5.51	41.1	133.6
5.5- 6.0	5.11	50.0	183.6
6.0- 6.5	4.64	58.4	242.0
6.5- 7.0	4.15	65.7	307.7
7.0- 7.5	3.64	71.5	379.2
7.5- 8.0	3.15	75.5	454.7
8.0- 8.5	2.68	77.6	532.3
8.5- 9.0	2.25	77.8	610.0
9.0- 9.5	1.87	76.1	686.2
9.5-10.0	1.53	72.9	759.1
10.0-10.5	1.23	68.4	827.5
10.5-11.0	.98	63.0	890.5
11.0-11.5	.78	56.9	947.5
11.5-12.0	.60	50.5	998.0
12.0-12.5	.47	44.1	1042.2
12.5-13.0	.36	37.9	1080.1
13.0-13.5	.27	32.1	1112.1
13.5-14.0	.20	26.7	1138.9
14.0-14.5	.15	21.9	1160.8
14.5-15.0	.11	17.8	1178.6
15.0-15.5	.08	14.2	1192.8
15.5-16.0	.06	11.2	1204.0
16.0-16.5	.04	8.7	1212.7
16.5-17.0	.03	6.7	1219.4

Tabelle 6.2.1: Verteilung der Bruttojahresenergie auf Windgeschwindigkeitsintervalle von 0,5 m/s, bezogen auf 1 m².

(*) dieser Wert enthält die Energiebeiträge der nicht aufgeführten unteren Windgeschwindigkeitsintervalle.

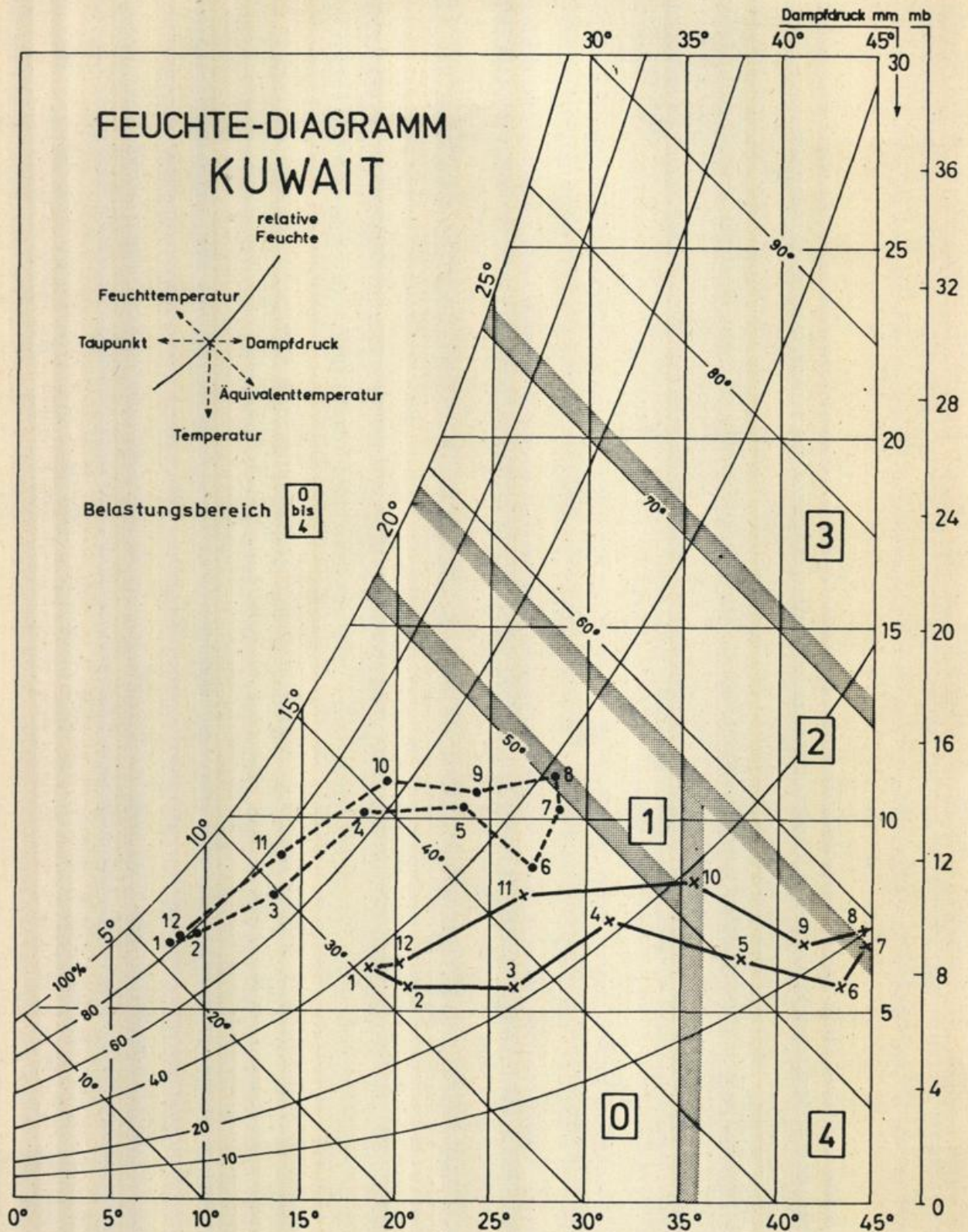


Abb. 6.2.6: Diagramm zur Bestimmung der Wärmebelastung.
 Belastungsbereiche: 0 'belastungsfrei', 1 Übergangsbereich zu 'schwül',
 2 'schwül', 3 'sehr schwül', 4 'trocken und heiss'.
 • ----• morgens, x—x mittags, Ziffern an den Symbolen bezeichnen die
 entsprechenden Monate.

STATION: K U W A I T INTERNATIONAL AIRPORT

KOORDINATEN: 29 13N 47 58E 45 M UEBER NN

MONAT	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	PERIODE (N)
LUFTTEMPERATUR (°C)													
ABS. MAXIMUM	29,8	35,8	41,2	44,2	49,0	49,8	49,2	49,0	47,5	43,2	37,9	30,5	1957-77 (20)
MITTL. TAEGL. MAXIMUM	18,5	20,7	26,1	31,2	38,2	43,4	44,8	44,7	41,4	35,5	26,5	20,0	1957-73 (15)
MITTL. TAGESMITTEL	12,7	15,2	19,8	24,4	31,1	35,7	37,4	36,8	33,3	27,5	20,1	14,0	1957-73 (15)
MITTL. TAEGL. MINIMUM	7,9	9,3	13,5	18,3	23,7	27,1	28,8	28,1	24,2	19,5	13,9	8,5	1957-73 (15)
ABS. MINIMUM	-4,0	-1,1	3,3	9,7	15,0	20,4	23,3	20,6	16,8	11,3	0,7	-1,5	1957-77 (20)
REL. LUFTFEUCHTE (PROZENT)													
MITTL. MAXIMUM	85	80	69	66	47	33	35	39	47	65	77	82	1957-73 (14)
MITTL. MINIMUM	38	31	23	22	13	8	9	10	12	19	31	36	1957-73 (14)
SONNENSCHEINDAUER (STD)													
MITTL. TAGESSUMME	7,6	7,6	7,8	7,8	9,3	10,5	10,3	10,7	10,2	9,4	8,0	7,5	1957-73 (12)
MITTL. ZAHL DER TAGE MIT													
WETTERLEUCHTEN	0,3	0,7	0,7	1,7	0,3	0,3	0,0	0,1	0,1	0,3	1,0	1,3	1957-73 (12)
GEMITTER	1,0	0,8	1,4	3,7	2,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	1,6	1,1	1957-73 (12)
HAGEL	0,0	0,1	0,0	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1957-73 (12)
NEBEL	2,7	1,3	0,3	0,3	0,1	0,0	0,1	0,3	0,7	0,9	1,1	1,2	1957-73 (12)
STAUB IN DER LUFT	5,4	7,7	11,1	10,7	13,6	11,2	11,1	11,8	11,7	10,0	5,7	7,2	1957-73 (12)
SAND-/STAUBSTURM	1,4	1,7	2,8	3,2	3,9	4,8	4,5	1,8	0,7	0,9	0,2	1,2	1957-73 (12)
BEWELKUNG < 2/8	13,1	11,8	13,0	10,7	17,1	28,5	28,7	29,5	27,9	23,1	14,7	14,5	1957-73 (15)
BEWELKUNG > 5/8	4,6	3,7	3,3	3,7	1,9	0,0	0,1	0,1	0,0	0,2	2,0	3,1	1957-73 (15)
TEMPERATURMINIMUM ≤ 10 C	23,4	16,5	4,6	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,1	21,6	1958-75 (17)
TEMPERATURMINIMUM ≤ 0 C	0,6	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	1958-75 (17)
TEMPERATURMAXIMUM ≥ 40 C	0,0	0,0	0,1	0,7	10,9	27,4	30,3	30,6	21,9	1,9	0,0	0,0	1958-75 (17)
TEMPERATURMAXIMUM ≤ 10 C	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	1958-75 (17)
NIEDERSCHLAG (MM)													
TAGESMAXIMUM	25,7	20,3	28,5	39,0	18,7	0,5	0,0	0,0	SP	12,9	33,5	25,4	1957-73 (16)
MITTL. MONATSMENGE	24,2	10,6	10,0	18,2	4,3	SP	0,0	0,0	SP	1,2	16,9	14,7	1957-73 (16)
HOECHSTE MONATSMENGE	73,2	27,6	50,5	67,0	19,0	0,5	0,0	0,0	SP	12,9	107,6	52,9	1957-73 (16)
MITTLERE ZAHL DER TAGE MIT													
MINDESTENS 0,1 MM	6,3	3,8	3,8	3,9	1,4	0,1	0,0	0,0	0,0	0,3	3,2	3,8	1958-75 (17)
1,0 MM	4,3	2,4	2,0	2,2	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	2,0	2,4	1958-75 (17)
10,0 MM	0,6	0,3	0,2	0,6	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,4	0,5	1958-75 (17)

SP=SPUREN, D.H. NIEDERSCHLAGSMENGEN < 0,1 MM
(N)=ZAHL DER JAHRE

7. Katar

7.1 Daten und Auswertung

Die Daten, die den folgenden Auswertungen zugrunde lagen, wurden am Flugplatz von Doha gewonnen. Die Winddaten bestanden aus Stundenmittelwerten des Betrages und der Windrichtung, also aus 24 Werten pro Tag. Daneben lag für jede Stunde der Maximalbetrag der Windgeschwindigkeit vor. Dieses Kollektiv bildet die Basis für die statistische Auswertung der Maximalwindgeschwindigkeiten. Die Anemometerhöhe beträgt 10 m über Grund. Ausgewertet wurden die Daten von 1975 - 1982, also 8 Jahre.

Darüber hinaus wurden noch weitere Klimaelemente ausgewertet, die in der Klimatabelle zusammengefaßt sind. Die Daten lagen auch hier teils auf stündlicher Basis vor, z.B. die Temperatur, teils stand ein Wert pro Tag zur Verfügung, z.B. beim Niederschlag. Die jeweils ausgewertete Periode ist ebenfalls in der Klimatabelle vermerkt.

Die Berechnung der Bruttojahresenergie wird in Anhang A beschrieben. Als Dichtewert wurde 1.173 kg/m^3 eingesetzt, ein Jahresmittelwert, der mit $+ 3,9 \%$ vom heißesten und kältesten Monat abweicht. Die tägliche Dichteschwankung erreicht maximal ca. $+ 1,9 \%$.

7.2 Doha

7.2.0 Allgemeines

Katar ist eine wüstenhafte Halbinsel im südlichen Drittel des persischen Golfes. Das Plateau im Inneren der Halbinsel erhebt sich nur wenig über die Landschaft des schmalen Küstensaumes. Oasen sind selten.

Der Flugplatz von Doha liegt unweit der Stadt direkt an der Ostküste Katars. Die orographische Gliederung der gesamten Region ist so gering, daß dadurch systematische Einflüsse auf das Windfeld nicht zu erwarten sind.

7.2.1 Windrichtung und Betrag

Die vorherrschende Windrichtung ist NW mit einer gewissen Streuung zwischen W und NNE (Abb. 7.2.A). Hiervon gibt es auch im Jahresverlauf keine nennenswerten Abweichungen (Abb. 7.2.B). Der Anteil des genannten Richtungssektors beträgt rund 58 %. Die übrigen Fälle machen abzüglich der Windstillen etwa 38 % aus und verteilen sich in der Weise auf die übrigen Windrichtungen, daß bei S bis SW das Minimum der Richtungshäufigkeitsverteilung liegt.

Der Betrag der Windgeschwindigkeit liegt mit ca. 74 % aller Fälle zwischen 2 und 7 m/s. Die höchsten Windgeschwindigkeiten treten in der Regel mit NW-Winden auf und erreichten vereinzelt Werte bis 20 m/s, liegen also knapp unterhalb der Sturmschwelle. Aber auch bei den in der Regel nicht so starken südöstlichen Winden hat es einzelne Fälle mit 16 m/s gegeben.

Ein Jahresgang im Betrag des Windes deutet sich an (Abb. 7.2.C), wobei eine Zunahme der Häufigkeit höherer Windgeschwindigkeiten zur Jahresmitte hin festzustellen ist. Sie verläuft mit einer Abnahme der Schwachwindhäufigkeiten, d.h. im Bereich unterhalb von 5 m/s, parallel. Gleichzeitig bleibt die Kalmenhäufigkeit bis August nahezu konstant. In den letzten 4 Monaten des Jahres ist eine starke Zunahme von Schwachwind- und Kalmenanteilen festzustellen, stärker als im Frühjahr, und eine entsprechend geringe Häufigkeit bei den stärkeren Winden, besonders deutlich oberhalb von 8 m/s. Die mittlere Kalmenhäufigkeit beträgt 5,7 %.

7.2.2 Maximale Windgeschwindigkeit

Die höchsten Windgeschwindigkeiten, genommen aus dem Kollektiv der stündlichen Maxima, liegen zu ca. 86 % unterhalb der Starkwindschwelle von etwa 11 m/s. Im Jahresgang (Abb. 7.2.D) darf der Juni als der Monat mit der größten, der September als der mit der geringsten

Starkwindhäufigkeit gelten. Sturmstärken mit Geschwindigkeiten oberhalb 21 m/s kommen nur mit ca. 0,1 % vor. Der höchste Wert im Meßzeitraum betrug 27 m/s.

7.2.3 Tagesgang des Windes

Das Windfeld in Doha weist einen gut ausgeprägten Tagesgang auf, der in engem Zusammenhang mit dem dort herrschenden Land-Seewind-System steht.

Nachts dokumentiert sich der Landwind durch eine starke Häufung west- bis nordwestlicher Winde (Abb. 7.2.E). Am Vormittag wandert die Hauptwindrichtung über N nach NE, und mittags wehen die Winde aus einem breiten Sektor zwischen NW und SE mit einer klaren Dominanz nordöstlicher Winde. Damit ist das Seewindsystem voll entwickelt. Im Laufe des Nachmittags kehrt sich die geschilderte Entwicklung um, und um 18 Uhr liegt der Hauptanteil der Richtungsverteilung schon wieder bei NW, mit Landwind für Doha. Gleichwohl haben die Seewindkomponenten zu diesem Termin noch einen höheren Anteil als nachts und morgens. Diesem System überlagert ist der "Schamal" aus NW, der aus dem Kollektiv zu keiner Tageszeit ganz verschwindet.

Der Tagesgang des Betrages des Windes (Abb. 7.2.F) wird am deutlichsten am Unterschied zwischen 12- und 24-Uhr Termin. Schwache Winde unterhalb 4 bis 5 m/s treten nachts weit häufiger auf als tagsüber. Bei den höheren Windgeschwindigkeiten ist es umgekehrt, d.h. tagsüber überwiegen die stärkeren Winde. Ganz kraß bildet sich dieser Sachverhalt in der Kalmenhäufigkeit ab mit Werten von ca. 13 % nachts und 0,1 % am Tage.

7.2.4 Wind- und Energieangebot

Bei einem Kalmenanteil von im Mittel 5,7 % liegen noch 43 % des Windangebotes oberhalb des Schwachwindbereiches von 5 m/s (Abb. 7.2.G). Starkwindfälle mit Geschwindigkeiten ab 11 m/s treten noch in ca. 2,5 % aller Fälle auf. Damit und aufgrund der Gesamtverteilung errechnet sich die Bruttojahresenergie zu 1082 kWh pro m².

Etwa 80 % der Energie werden im Geschwindigkeitsbereich zwischen einschließlich 5 und 11 m/s gewonnen (Abb. 7.2.H, Tab. 7.2.1). Das sind rund 42 % des gesamten Windangebotes. Die Geschwindigkeiten unterhalb und oberhalb der genannten Grenzen, d.h. ca. 58 % des Windaufkommens, steuern nur je 10 % zur Gesamtenergie bei. Die größten Energiebeiträge liefern die Geschwindigkeiten um 7,5 m/s.

7.2.5 Witterung und Wetterphänomene

Die Monatsmittelwerte der Lufttemperatur liegen zwischen 17,3 Grad Celsius im Januar und 34,8 Grad Celsius im Juli und weisen damit einen recht starken Jahresgang von 17,5 K auf. Der mittlere Tagesgang liegt zwischen ca. 9 K im Winter und ca. 13 K im Sommer. Das entspricht den üblichen Verhältnissen in den meeresnahen Küstenorten dieser Region. Die absoluten Höchsttemperaturen in der Meßperiode lagen bei 48,0 Grad Celsius, und von Juli bis August liegt sogar das mittlere tägliche Temperaturmaximum bei über 40 Grad Celsius. Das absolute Minimum wurde mit 5,3 Grad Celsius im Januar registriert, jedoch unterschritten die täglichen Minima 10 Grad Celsius im Mittel nicht.

Die relative Feuchte ist morgens hoch und variiert im Jahresgang zwischen 97 und 83 %. Die Mittagswerte liegen erheblich niedriger mit 50 bis 49 % im Dezember/Februar und um 20 bis 25 % zwischen Mai und August. Das ist erstaunlich insofern, als mit tagsüber auflandigen Winden Zufuhr feuchter Golf Luft zu erwarten wäre. Das geschieht auch tatsächlich, wie das Ansteigen der Feuchttemperatur mittags anzeigt. Der ungeheure Anstieg der Lufttemperaturen tagsüber kompensiert aber diesen Effekt und läßt die relativen Feuchtwerte absinken. Im Minimum kann die Luft mit Werten um 10 % sehr niedrige Werte der relativen Feuchte annehmen.

Die sehr geringe mittlere Niederschlagsmenge von ca. 75 mm im Jahr verteilt sich auf einzelne Regenfälle an etwa 17 Tagen in den Monaten Oktober bis April/Mai. Charakteristisch für diese Region ist, daß die Niederschläge sehr sporadisch und unregelmäßig fallen. So ist es nicht ungewöhnlich, wenn die Niederschlagsmengen einzelner Monate die zugehörigen langjährigen Mittelwerte um ein Mehrfaches übertreffen. Teilweise gilt dasselbe sogar für Tagesmengen.

Gewitter müssen nicht unbedingt mit meßbarem Niederschlag verbunden sein. So ist in vielen Monaten die mittlere Gewitterhäufigkeit deutlich größer als die Niederschlagshäufigkeit. Das kann damit zusammenhängen, daß die Schauer sehr isoliert fallen und an der Meßstation mengenmäßig nicht erfaßt werden; oder der Niederschlag verdunstet vor Erreichen des Erdbodens.

Sichttrübung durch Dunst kommt während des ganzen Jahres vor und wird während der zentralen Trockenmonate jeden zweiten Tag beobachtet. Auch Sand- oder Staubstürme treten bevorzugt in der Mitte des Jahres auf - im Juni/Juli mehr als einmal pro Monat. Nebel ist in den weniger trockenen Monaten um die Jahreswende am häufigsten und wird im Februar im Mittel jeden fünften Tag beobachtet.

Die Sonnenscheindauer ist mit 8 bis 10 Stunden pro Tag erwartungsgemäß lang.

Die Wärmebelastung durch Schwüle ist in den Monaten Dezember bis März gering. In den folgenden Monaten aber nimmt sie stetig zu und erreicht ihr größtes Ausmaß zwischen Juni und Oktober. Während dieser Zeit tritt auch in den Nacht- und Morgenstunden keine Erleichterung ein (Abb. 7.2.I).

Station: DOM/Kater
 Koordinaten: 29 19N 31 34E
 Höhe über Meeresspiegel: 10 m

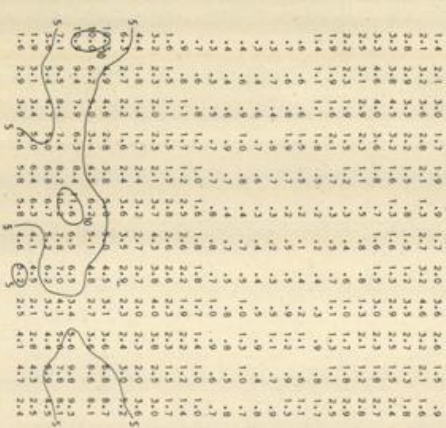
h/m	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
20	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
40	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
60	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
80	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
100	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
120	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
140	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
160	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
180	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
200	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
220	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
240	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
260	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
280	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
300	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
320	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
340	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
360	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20

Abb. 7.2.2a: Häufigkeitsverteilung des Windes nach Betrag und Richtung

Station: DOM/Kater
 Koordinaten: 29 19N 31 34E
 Höhe über Meeresspiegel: 10 m

Richtung	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
10	1.2	2.5	3.1	3.8	4.4	3.6	2.8	3.7	3.6	2.6	2.8	1.7
20	1.4	2.2	2.4	2.7	4.6	3.7	3.6	4.2	3.4	3.1	2.4	1.5
30	1.4	2.0	2.9	4.0	4.5	3.6	4.4	4.2	3.7	4.4	2.8	1.5
40	1.3	1.8	2.7	2.8	3.4	1.9	3.9	4.0	4.4	3.2	2.5	1.0
50	1.0	2.0	2.9	2.0	2.8	1.7	3.4	3.5	3.7	3.1	1.7	1.0
60	1.5	2.4	3.1	2.6	2.4	1.6	3.9	3.1	4.2	3.2	1.8	1.1
70	1.1	2.1	2.9	2.0	1.9	1.3	2.3	2.6	4.2	2.8	1.7	1.7
80	2.1	3.2	3.6	1.7	1.9	1.9	1.7	2.0	3.6	2.6	1.5	1.9
90	2.1	3.2	3.6	2.8	2.1	1.3	2.7	3.2	4.6	3.2	2.1	1.6
100	2.8	2.9	3.5	2.2	1.5	1.8	1.5	1.2	3.5	2.7	1.3	1.8
110	3.3	3.8	4.3	3.2	1.6	1.3	1.6	1.3	2.9	2.5	1.5	2.4
120	3.3	4.6	4.0	3.6	1.8	1.7	1.6	1.5	3.0	2.3	1.8	2.7
130	2.9	3.1	2.9	2.3	1.1	1.5	1.8	1.8	1.3	2.1	1.2	2.8
140	2.2	2.3	1.9	1.5	1.2	1.3	1.4	1.6	1.0	1.7	1.8	2.0
150	1.9	1.9	1.6	1.6	1.1	1.7	1.3	1.5	1.7	1.1	1.3	2.5
160	1.4	1.1	1.1	1.4	1.8	1.9	1.2	1.2	1.4	1.2	1.9	1.1
170	1.8	1.8	1.5	1.9	1.5	1.2	1.1	1.4	1.2	1.1	1.6	1.1
180	1.8	1.8	1.5	1.9	1.5	1.2	1.1	1.4	1.2	1.1	1.6	1.1
190	1.8	1.8	1.5	1.9	1.5	1.2	1.1	1.4	1.2	1.1	1.6	1.1
200	1.8	1.8	1.5	1.9	1.5	1.2	1.1	1.4	1.2	1.1	1.6	1.1
210	1.8	1.8	1.5	1.9	1.5	1.2	1.1	1.4	1.2	1.1	1.6	1.1
220	1.8	1.8	1.5	1.9	1.5	1.2	1.1	1.4	1.2	1.1	1.6	1.1
230	1.8	1.8	1.5	1.9	1.5	1.2	1.1	1.4	1.2	1.1	1.6	1.1
240	1.8	1.8	1.5	1.9	1.5	1.2	1.1	1.4	1.2	1.1	1.6	1.1
250	1.8	1.8	1.5	1.9	1.5	1.2	1.1	1.4	1.2	1.1	1.6	1.1
260	1.8	1.8	1.5	1.9	1.5	1.2	1.1	1.4	1.2	1.1	1.6	1.1
270	1.8	1.8	1.5	1.9	1.5	1.2	1.1	1.4	1.2	1.1	1.6	1.1
280	1.8	1.8	1.5	1.9	1.5	1.2	1.1	1.4	1.2	1.1	1.6	1.1
290	1.8	1.8	1.5	1.9	1.5	1.2	1.1	1.4	1.2	1.1	1.6	1.1
300	1.8	1.8	1.5	1.9	1.5	1.2	1.1	1.4	1.2	1.1	1.6	1.1
310	1.8	1.8	1.5	1.9	1.5	1.2	1.1	1.4	1.2	1.1	1.6	1.1
320	1.8	1.8	1.5	1.9	1.5	1.2	1.1	1.4	1.2	1.1	1.6	1.1
330	1.8	1.8	1.5	1.9	1.5	1.2	1.1	1.4	1.2	1.1	1.6	1.1
340	1.8	1.8	1.5	1.9	1.5	1.2	1.1	1.4	1.2	1.1	1.6	1.1
350	1.8	1.8	1.5	1.9	1.5	1.2	1.1	1.4	1.2	1.1	1.6	1.1
360	1.8	1.8	1.5	1.9	1.5	1.2	1.1	1.4	1.2	1.1	1.6	1.1

Abb. 7.2.2b: Jahresgang der Windrichtung (Häufigkeitsverteilung: 5 Prozent)



Station: DOHA/Katar

Koordinaten: 25 15N 51 34E

Höhe über Meeresniveau: 10 m

Monat	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
m/s												
1	4.8	2.2	4.1	6.2	3.4	4.9	4.6	3.6	9.4	5.3	4.2	5.6
2	7.5	8.8	7.5	7.2	8.1	5.8	7.5	6.8	10.6	8.9	7.6	8.3
3	15.7	16.9	15.5	15.7	15.0	12.6	15.7	15.4	17.8	20.9	16.4	18.8
4	13.4	15.2	13.9	14.5	12.6	13.2	14.5	16.6	16.1	17.7	15.1	15.8
5	14.7	15.6	12.1	14.0	13.8	12.8	15.7	16.1	15.6	15.8	14.0	14.6
6	13.9	12.2	12.0	12.2	13.3	10.6	12.0	11.9	9.0	9.2	12.9	12.9
7	11.0	10.1	10.2	8.7	10.0	9.3	7.4	7.9	5.6	5.9	8.1	8.3
8	7.1	6.1	7.9	6.4	8.5	7.9	6.4	6.4	2.7	4.3	6.3	4.8
9	3.7	4.1	5.1	4.0	5.2	6.6	4.5	5.1	1.3	2.2	3.8	2.3
10	2.6	2.5	4.2	3.1	3.2	5.3	3.1	3.2	.8	1.3	2.2	1.4
11	.7	.8	1.6	1.9	1.1	2.6	1.4	1.2	.3	.4	1.1	.4
12	.4	.2	.6	.9	.7	1.7	.7	.6	.2	.1	.4	.2
13	.4	.2	.4	.6	.5	1.3	.6	.4	.1	.3	.2	.1
14	+0	.0	.2	.2	.1	.5	.3	.1	.0	.1	.1	+0
15	+0	+0	.2	.1	.1	.5	.1	+0	+0	.1	.2	.0
16	.0	.0	.1	.0	+0	.1	.0	.0	.0	.0	+0	.0
17	.0	.0	.0	.0	+0	.1	.0	+0	.0	.0	.0	.0
18	.0	.0	.0	.0	.0	.2	.0	.0	.0	.0	.0	.0
19	.0	.0	.0	.0	+0	+0	.0	.0	.0	.0	+0	.0
20	.0	.0	.0	.0	.0	+0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
Kalmen	4.4	4.8	4.4	4.4	4.2	4.3	5.5	4.8	10.3	7.6	7.3	6.3

Abb. 7.2.C: Jahresgang des Betrages der Windgeschwindigkeit

Station: DOHA/Katar

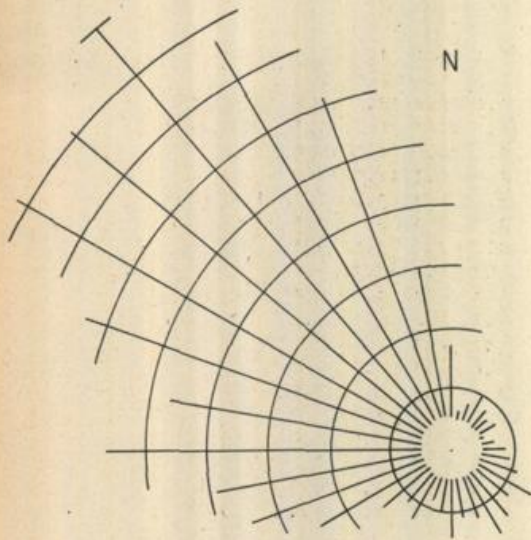
Koordinaten: 25 15N 51 34E

Höhe über Meeresniveau: 10 m

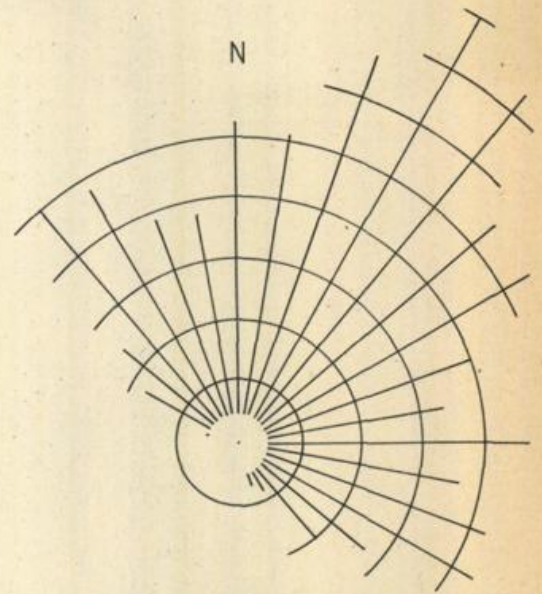
Monat	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
m/s												
1	3.6	.4	1.3	2.4	.7	3.3	.9	2.1	7.3	.0	1.1	.8
2	.4	.9	1.8	1.1	1.9	1.2	5.1	3.9	6.1	7.8	2.3	6.1
3	3.7	5.1	5.1	4.4	4.6	3.5	5.3	5.6	7.6	10.4	9.3	9.4
4	7.5	5.9	10.4	7.0	7.3	5.3	6.9	8.5	9.9	12.8	11.0	11.9
5	8.5	7.6	10.3	10.0	9.8	5.7	10.2	10.1	13.0	14.7	11.0	12.5
6	11.4	10.0	13.1	11.9	10.4	9.9	13.9	13.8	17.5	16.6	14.2	9.7
7	11.3	12.3	10.1	11.8	10.2	7.7	11.4	12.6	15.3	11.3	8.7	11.7
8	10.8	10.1	9.4	11.1	11.0	8.6	9.8	10.6	10.6	8.8	8.9	8.7
9	10.8	10.8	8.2	9.2	9.5	8.8	7.9	8.7	6.0	6.3	7.8	7.9
10	9.9	11.6	8.5	7.9	9.4	8.8	7.5	5.6	3.6	4.7	6.7	7.9
11	6.8	7.0	6.5	5.9	8.0	8.8	5.3	4.6	1.6	2.1	6.1	5.4
12	6.1	6.4	5.8	6.0	5.3	6.3	5.4	4.3	.8	1.7	3.8	3.8
13	3.2	4.7	3.5	3.9	4.1	4.7	3.0	3.1	.3	1.2	2.9	2.0
14	2.5	3.3	2.5	2.2	3.0	3.8	2.7	2.1	.4	.7	2.5	1.1
15	1.9	2.4	2.1	2.4	2.1	5.1	2.1	3.1	+0	.5	1.6	.7
16	.8	.9	.8	1.1	1.2	2.3	.8	.6	.0	.1	.6	.2
17	.3	.4	.3	.6	.5	1.3	.7	.2	.0	.1	.2	.2
18	.1	+0	.1	.4	.5	1.7	.2	.1	.0	+0	.2	.1
19	.3	.0	.2	.4	.2	1.0	.4	.1	.0	+0	.3	.0
20	.3	+0	.1	.1	.1	.7	.4	.1	.0	.1	.3	.0
21	.0	.0	.0	.1	.0	.4	.2	.1	.0	.1	.2	.0
22	.0	.0	.0	+0	.2	.3	.1	.1	.0	+0	.1	.0
23	.0	.0	+0	+0	+0	.5	.0	.0	.0	.0	.0	.0
24	.0	.0	.0	+0	+0	.1	.0	.0	.0	.0	.0	.0
25	.0	.0	+0	.0	.1	+0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
26	.0	.0	.0	.0	.0	.1	.0	.0	.0	+0	.0	.0
27	.0	.0	.0	.0	.0	+0	.0	.0	.0	.0	+0	.0

Abb. 7.2.D: Jahresgang der Maximalwindgeschwindigkeit

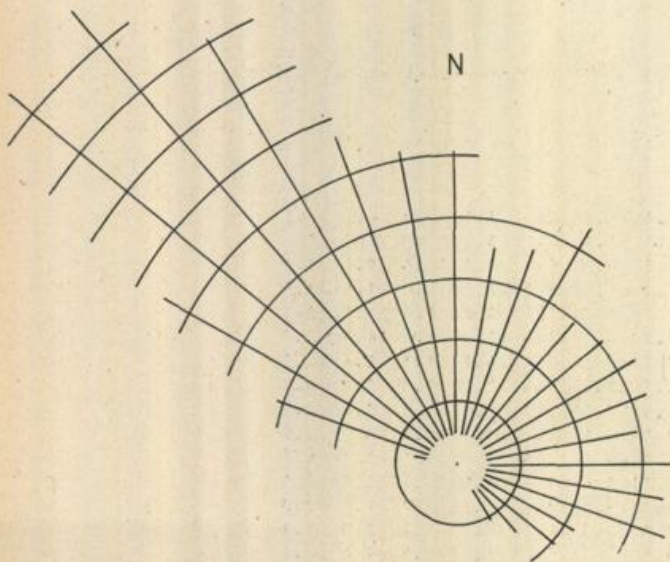
DOHA



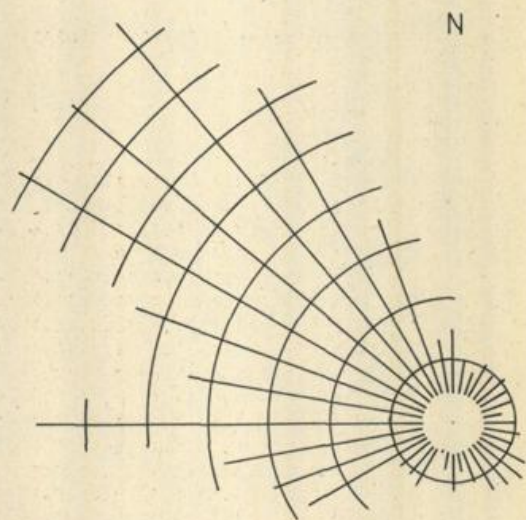
06 Uhr



12 Uhr



18 Uhr



24 Uhr

→ 1%

Abb. 7.2.E: Tagesgang der Windrichtung

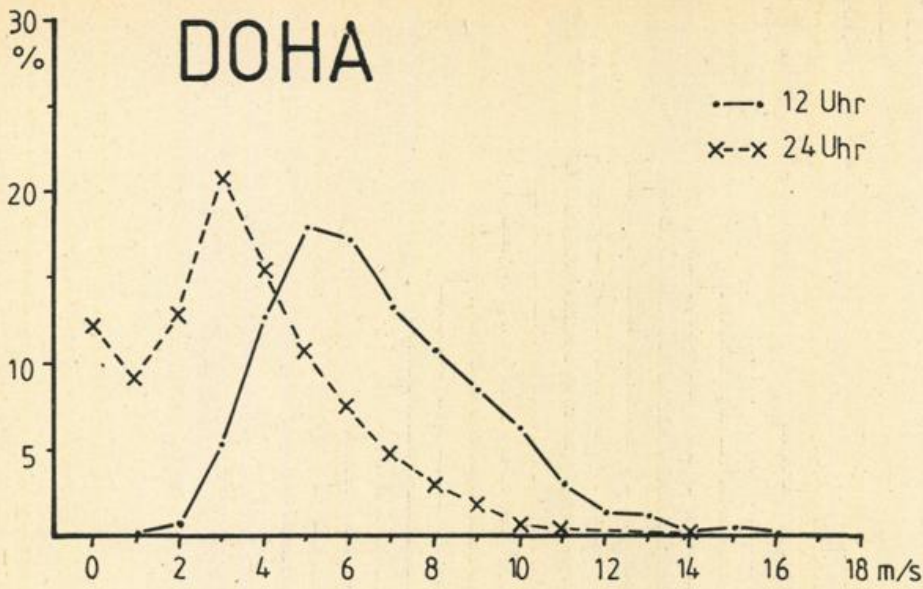


Abb. 7.2.F: Häufigkeitsverteilung des Betrages der Windgeschwindigkeit um 12 und 24 Uhr

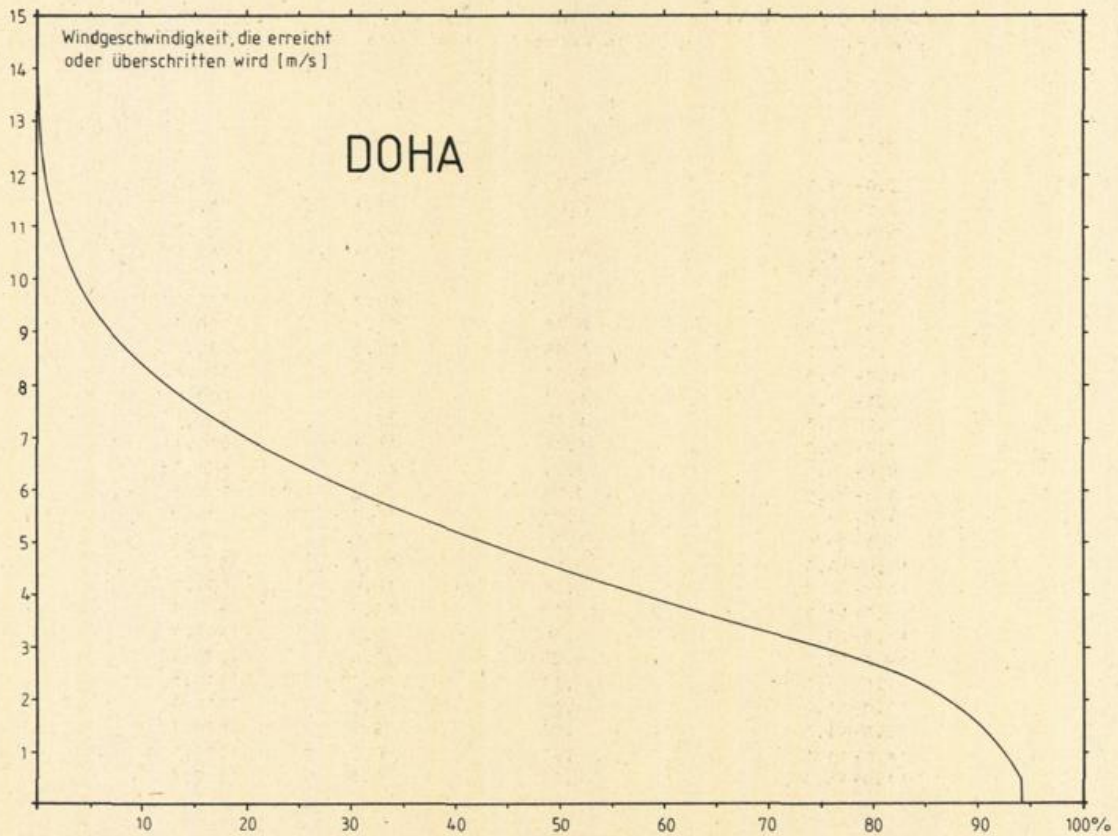


Abb. 7.2.G: Winddauerkurve

DOHA

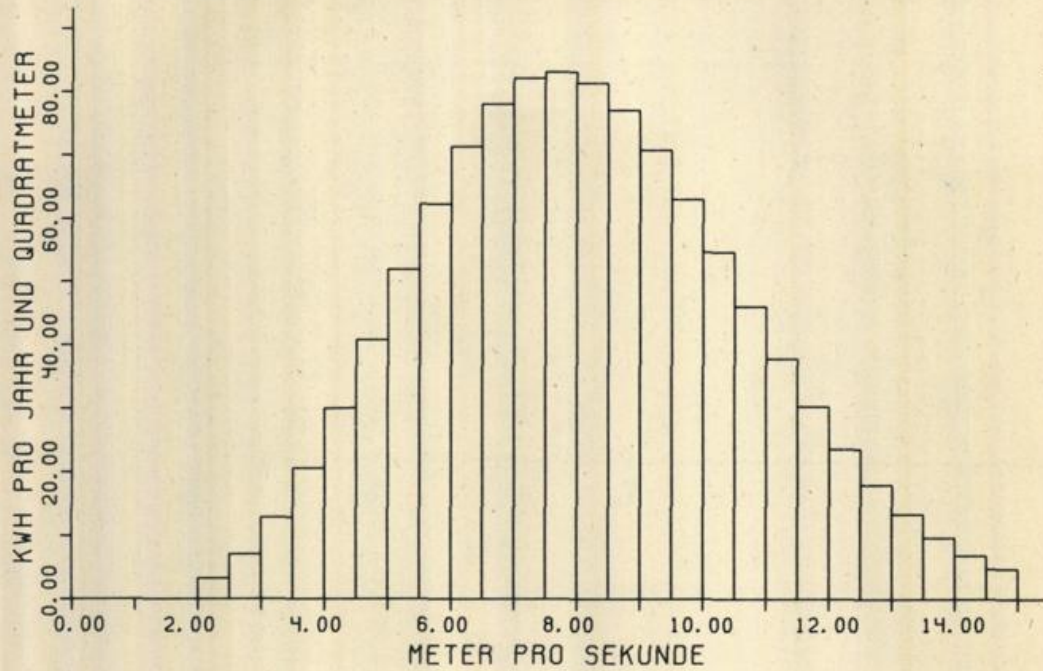


Abb. 7.2.H: Verteilung der Bruttojahresenergie auf Windgeschwindigkeitsintervalle von 0,5 m/s

DOHA/Katar

Windgeschwindigkeitsintervall	Häufigkeit in Prozent	Bruttojahresenergie (kWh)	Summe (kWh)
≤ m/s <			
2,0- 2,5	5,70	3,3	4,9 (*)
2,5- 3,0	6,65	7,1	12,0
3,0- 3,5	7,29	12,9	24,9
3,5- 4,0	7,62	20,6	45,5
4,0- 4,5	7,65	30,1	75,6
4,5- 5,0	7,42	40,8	116,5
5,0- 5,5	6,98	51,9	168,3
5,5- 6,0	6,38	62,3	230,6
6,0- 6,5	5,69	71,3	301,9
6,5- 7,0	4,94	78,0	380,0
7,0- 7,5	4,19	82,1	462,0
7,5- 8,0	3,48	83,1	545,1
8,0- 8,5	2,82	81,3	626,5
8,5- 9,0	2,24	77,0	703,5
9,0- 9,5	1,74	70,7	774,2
9,5-10,0	1,32	63,0	837,2
10,0-10,5	,99	54,6	891,8
10,5-11,0	,72	46,0	937,9
11,0-11,5	,52	37,8	975,7
11,5-12,0	,36	30,3	1005,9
12,0-12,5	,25	23,6	1029,5
12,5-13,0	,17	18,0	1047,5
13,0-13,5	,11	13,4	1060,9
13,5-14,0	,07	9,7	1070,7
14,0-14,5	,05	6,9	1077,6
14,5-15,0	,03	4,8	1082,4

Tabelle 7.2.1: Verteilung der Bruttojahresenergie auf Windgeschwindigkeitsintervalle von 0,5 m/s, bezogen auf 1 m².
 (*) dieser Wert enthält die Energiebeiträge der nicht aufgeführten unteren Windgeschwindigkeitsintervalle.

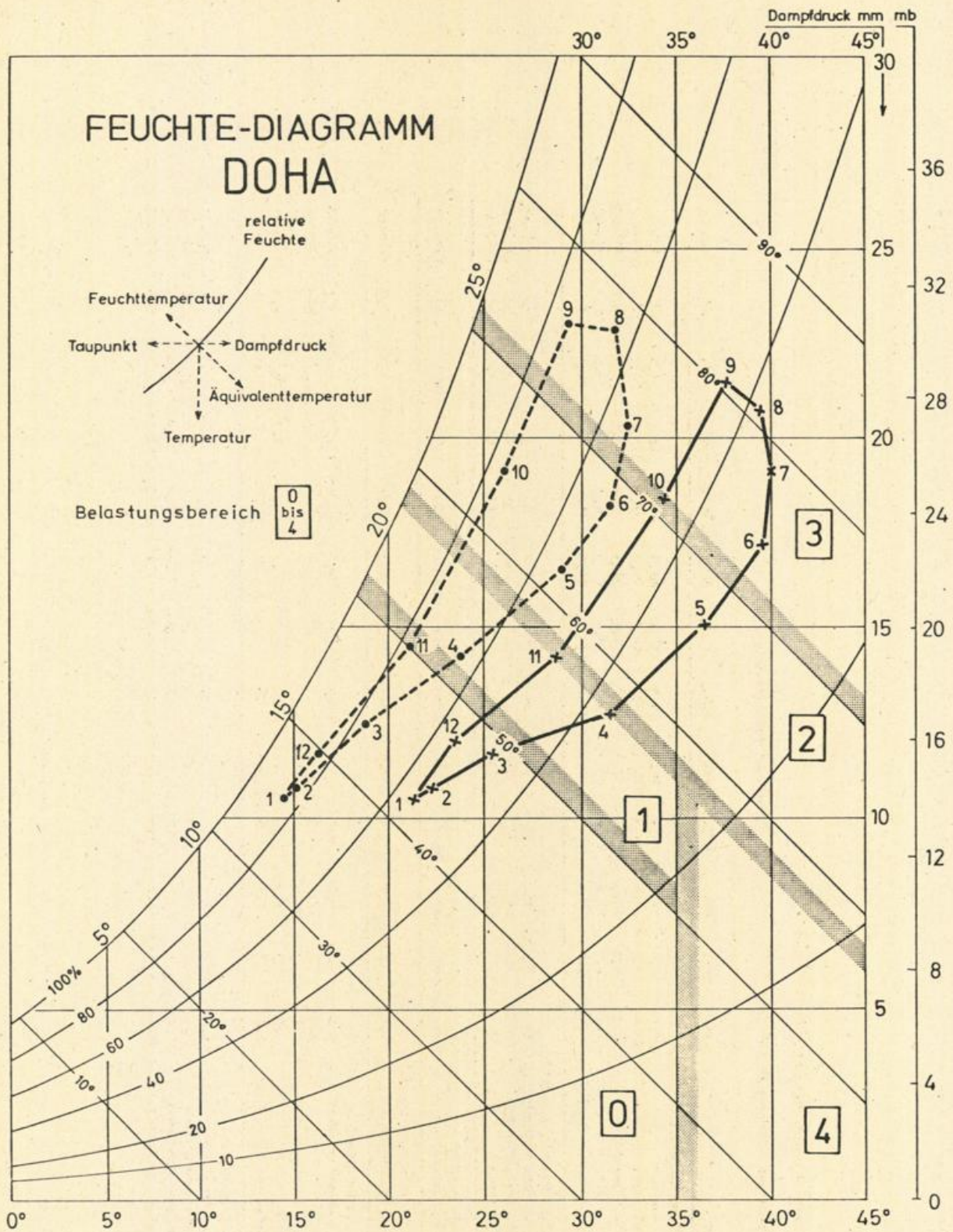


Abb. 7.2.1: Diagramm zur Bestimmung der Wärmebelastung.
 Belastungsbereiche: 0 'belastungsfrei', 1 Übergangsbereich zu 'schwül',
 2 'schwül', 3 'sehr schwül', 4 'trocken und heiss'.
 ● - - - ● morgens, x — x mittags, Ziffern an den Symbolen bezeichnen die
 entsprechenden Monate.

Station: D U H A Airport

Koordinaten: 25 15N 51 34E

10m über Meeresniveau

Monat	JAN.	FEB.	MAR.	APR.	MAI	JUN.	JUL.	AUG.	SEP.	OKT.	NOV.	DEZ.	PERIODE
LUFTTEMPERATUR (°C)													
abs. Maximum	29,1	30,1	35,9	41,4	46,7	46,8	47,1	48,0	45,3	42,1	37,4	31,6	1975-82
mittl. tägl. Maximum	22,0	23,2	27,1	33,3	38,4	41,6	41,7	40,9	39,0	35,4	29,2	24,4	1975-82
mittl. Tagesmittel	17,3	18,0	21,2	26,2	31,3	34,0	34,8	34,4	32,4	29,1	23,9	19,4	1977-82
mittl. tägl. Minimum	13,6	14,1	17,4	21,3	25,5	28,1	29,7	29,3	26,8	24,3	19,8	15,3	1975-82
abs. Minimum	5,3	7,5	9,8	13,4	17,9	21,2	24,9	24,4	21,6	18,9	14,1	7,9	1975-82
REL. LUFTFEUCHTE (Prozent)													
mittl. tägl. Maximum	96	97	93	86	79	84	84	83	83	89	86	93	1977-82
mittl. tägl. Minimum	49	49	41	32	24	21	22	24	38	42	44	50	1977-82
abs. Minimum	20	13	14	13	11	10	9	10	12	12	15	22	1977-82
LUFTDRUCK (hPa)													
mittl. Tagesmittel	1019	1017	1015	1011	1007	1001	998	1000	1006	1013	1017	1019	1977-82
SONNENSCHEINDAUER (Std)													
mittl. Tagessumme	7,9	8,2	8,2	9,0	10,3	11,2	10,3	10,5	10,0	9,6	8,9	7,6	1975-82
MITTL. ZAHL DER TAGE MIT													
Dunst (Sicht < 5 km)	6,7	6,7	8,5	6,7	7,8	10,8	16,8	15,3	11,5	8,0	6,8	9,7	1975-82
Nebel	3,3	5,7	,8	,2	,0	,3	,7	1,0	2,5	3,0	1,3	4,8	1975-82
Staub- oder Sandsturm	,0	,0	,0	,7	,3	1,5	1,5	,5	,2	,0	,3	,2	1975-82
Gewitter	2,7	2,5	5,0	2,0	1,0	,0	,2	,0	,0	3,3	2,0	1,7	1975-82
Niederschlag (≥ 0,1 mm)	3,2	3,7	4,8	,8	,3	,0	,0	,0	,0	,2	1,2	2,8	1975-82
NIEDERSCHLAG (mm)													
mittl. Monatshöhe	11,5	13,8	33,8	1,7	,4	,0	,0	,0	,0	2,9	4,7	6,1	1975-82
höchste Monatshöhe	41,4	30,8	102,3	5,9	1,6	,0	,0	,0	,0	17,3	20,3	27,2	1975-82
niedrigste Monatshöhe	,0	,1	,5	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0	1975-82
höchstes Tagesmaximum	10,0	20,2	48,8	5,6	1,6	,0	,0	,0	,0	17,3	15,5	16,8	1975-82

8. Überblick Emirate

Einen Überblick über das Windenergiepotential im küstennahen Bereich des arabisch-persischen Golfes zeigt Abb. 8.1. Zu beachten ist, daß die Werte nicht streng vergleichbar sind, da sie aus unterschiedlichen Kollektiven stammen. So liegen den Berechnungen von Kuwait, Al Muharraq und Sharjah Terminwerte, den Ergebnissen von Safaniya, Doha, Das Island und Jebel Dhanna Stundenmittelwerte und denen für Dhahran Tagesmittelwerte zugrunde. Ein Vergleich kann also nur grobe Relationen verdeutlichen.

Die berechneten Werte für die Windenergie liegen im Golfbereich zwischen Kuwait und Doha etwa um 1000 kWh pro Jahr und m². Das sind rund 25 % dessen, was im norddeutschen Küstenbereich zur Verfügung steht (Luensing/Zöllner, 1978).

Südlich und östlich von Doha nimmt das Windenergieangebot weiter ab und erreicht bei Jebel Dhanna mit 786 kWh das Minimum in diesem Bereich.

In Klammern notiert wurden die Werte von Dhahran und Safaniya (Abb. 8.1), beide zu Saudi-Arabien gehörend. Der Betrag von 856 kWh bei Dhahran erscheint vergleichsweise niedrig. Das erklärt sich aber daher, daß er sich aus Tagesmittelwerten errechnet. Aus dem Rahmen fällt jedoch Sharjah mit nur 614 kWh, ein Ergebnis, das die Windverhältnisse der Region kaum richtig wiedergeben dürfte. Möglicherweise liegen hier Besonderheiten in der Exposition des Windmessers oder im Meßverfahren vor.

Der Tagesgang in Betrag des Windes ist an allen Stationen gut ausgeprägt, ausgenommen vielleicht die Inselstation Das Island. Der größte Teil der Energie wird daher auch tagsüber anfallen.

Insgesamt dürfte die Golfregion für eine lokale Gewinnung und Nutzung von Windenergie durchaus geeignet sein.

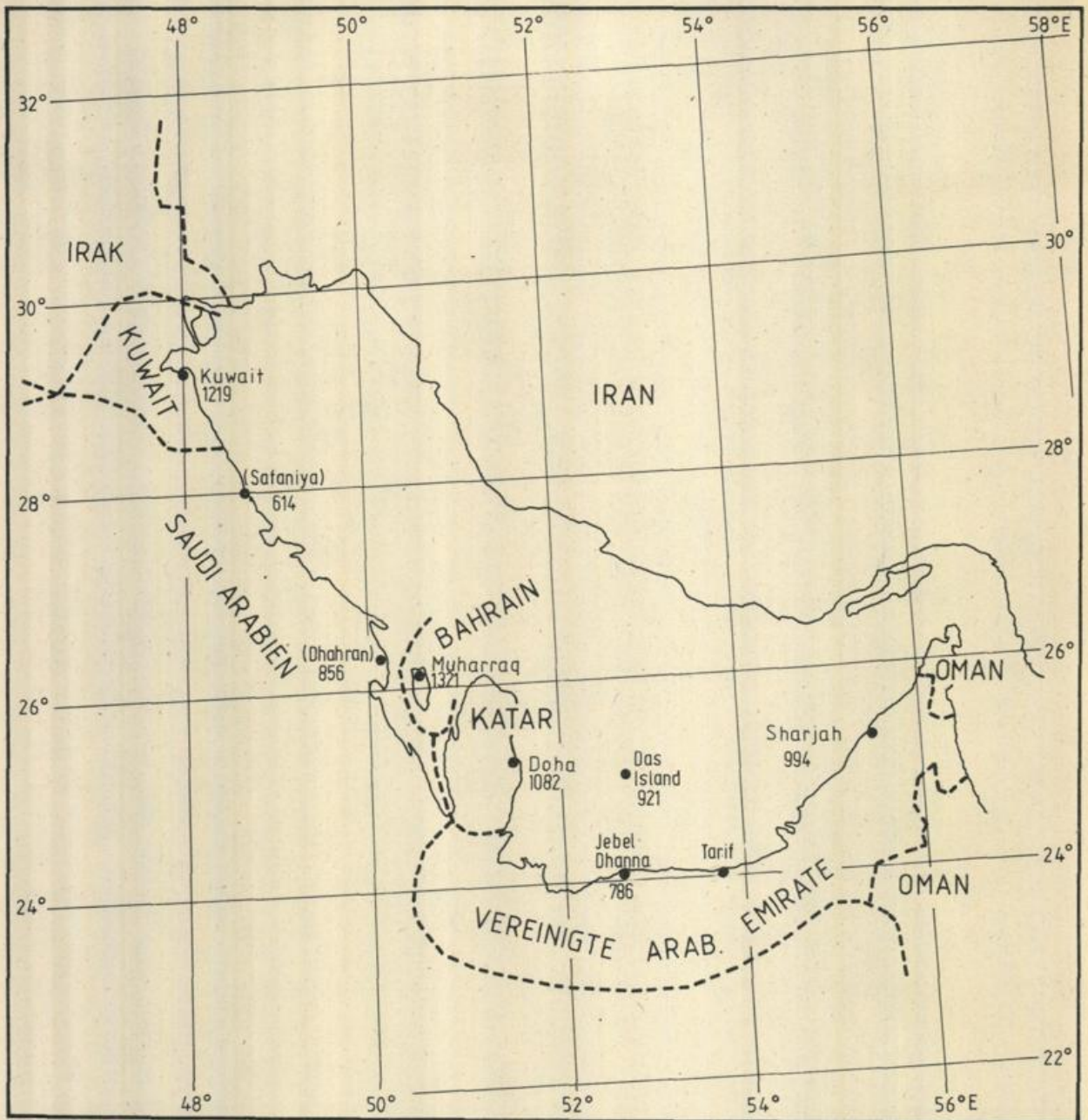


Abb. 8.1: Übersicht über das Energieangebot der Golf-Region
in kWh pro m² und Jahr

Anhang A

Zur Berechnung der Windenergie

Die Berechnung der Jahresbruttoenergie E erfolgte nach der Formel:

$$(1) E = 1/2 \rho A V^3 t \eta$$

- ρ = Luftdichte in g/m^3
 A = Fläche senkrecht zur Luftbewegung
 V = Windgeschwindigkeit in m/s
 t = Zeit in Sekunden
 η = Wirkungsgrad des Windkonverters

Gerechnet wurde an dieser Stelle mit $A = 1 m^2$, $t = 1$ Jahr und $\eta = 1$, so daß sich die Energie in kWh auf eine Fläche von $1 m^2$ senkrecht zur Luftströmung und 1 Jahr bei dem Wirkungsgrad 1 bezieht. Es wird also diejenige Energie berechnet, die im Windfeld enthalten ist, d.h. ein Windenergiepotential. Mit den o.g. Einheitswerten bzgl. Fläche und Wirkungsgrad erhält man vergleichbare Zahlen, die für einen realen Windkonverter modifiziert werden müssen. Zunächst ist der Wirkungsgrad natürlich kleiner als 1. Nach Betz (1962) liegt er bei einem idealen Konverter bei 0.593, real wird er in der Fachliteratur kaum größer als 0.4 geschätzt. Außerdem hängt die tatsächliche Energieausbeute von den Kenngrößen der Windkraftmaschine bezüglich der Anlaufgeschwindigkeit, der Volllastschwelle und der Abschaltgeschwindigkeit ab. Die prozentualen Anteile können aus den Winddauerkurven individuell abgeschätzt werden.

In der vorliegenden Studie wurden - wenn nicht anders erwähnt - die empirischen Häufigkeitsverteilungen an den einzelnen Orten durch eine dreiparametrische Weibullverteilung approximiert. Die Häufigkeitsverteilungen lagen meist in ungleich großen Klassen vor. Um die Energiebeiträge für einheitliche Intervalle (hier 0,5 m/s) zu berechnen, wurden deren prozentuale Anteile über die Summenhäufigkeitsverteilung bestimmt. Der Vorteil einer theoretischen Verteilung besteht dabei besonders in der eindeutigen Berechnung der Anteile der höheren Windgeschwindigkeiten, die in der Regel gering belegt und aus der Summenhäufigkeitsfunktion der empirischen Verteilung graphisch schlecht zu ermitteln sind.

Die Übereinstimmung der empirischen und theoretischen Verteilung war in der Regel gut, besonders vom unteren Drittel der Verteilung an bis zu den hohen Geschwindigkeiten. Wenn größere Abweichungen auftraten, dann meist im Bereich geringer Windgeschwindigkeiten, deren Energiebeiträge aber auch bei hohen prozentualen Anteilen gering sind. Nur wenn die Übereinstimmung zwischen beiden Verfahren über das gesamte Geschwindigkeitsspektrum aufgrund eines Chi-Quadrat-Tests unbefriedigend war, wurde die empirische Verteilung zur Energieabschätzung verwendet.

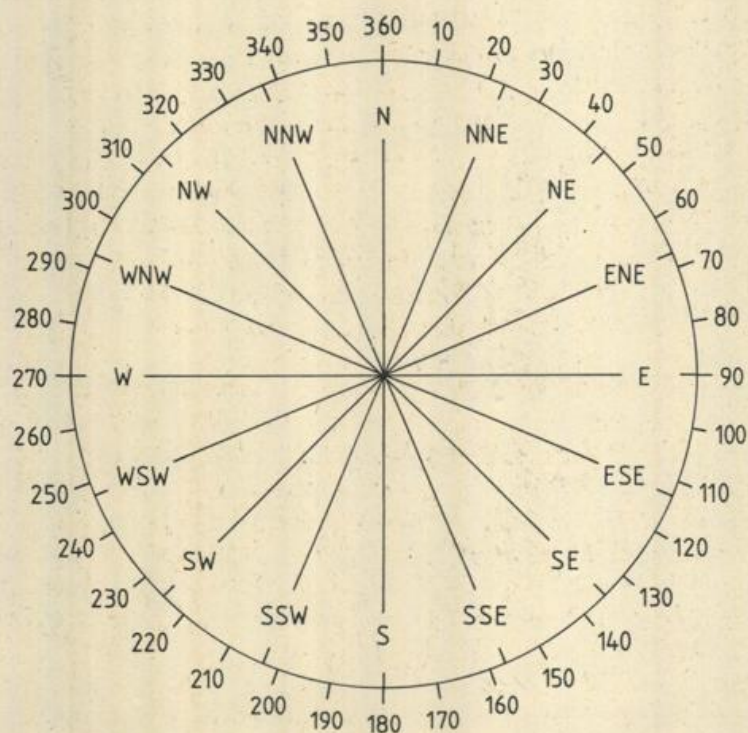
Bei den Rechnungen wurde außerdem die Luftdichte je nach Erfahrung für einzelne Regionen oder Stationen individuell berücksichtigt. Sie hängt neben der Feuchte, deren Einfluß als gering gelten kann, vor

allem von Luftdruck und Temperatur ab. Die Dichte ist in den ariden Zonen der Subtropen gegenüber den mittleren Breiten immerhin um 6 - 7% geringer, und noch größere Unterschiede treten zwischen niedrig und hoch gelegenen Stationen auf. Bei Inlandstationen findet sich auch z.T. ein beachtlicher Jahresgang. Die hier verwendeten Jahresmittelwerte sind jeweils angegeben.

Anhang B

Abkürzungsverzeichnis

Bft	: Beaufort, Windstärke nach Beaufortskala
°C	: Grad Celsius, Temperatureinheit
GMT	: Greenwich Mean Time
UTC	: Universal Time Coordinated, ersetzt seit 1985 die Bezeichnung GMT
hPa	: Hektopascal, Einheit des Luftdruckes (die Einheit Hektopascal ersetzt seit 1984 die Einheit Millibar: 1 hPa = 1 mbar)
K	: Kelvin, Temperatureinheit; wird bei Temperaturdifferenzen (ΔT) angegeben: 1 K entspricht $\Delta T = 1^\circ\text{C}$
kn, kts	: Knoten, Geschwindigkeitseinheit: 1 Seemeile pro Stunde = 0,51 m/s
kWh	: Kilowattstunde, Energieeinheit
mbar	: Millibar, Einheit des Luftdruckes
m NN	: Meter über Normal Null, Höhenangabe
m/s	: Meter pro Sekunde, Geschwindigkeitseinheit



Anhang C

Literaturverzeichnis

- Al-Shalash A.H. (1973) "Rainfall maps of the Kingdom of Saudi Arabia"
Univ. Riyadh, 1393 H. - 1973 A.D.
- Banerji, B.W. (1931) "Meteorology of the Persian Gulf and Makran"
Calcutta, 1931
- Bankwitz, H. et.al. (1975) "Beurteilung der Einsatzmöglichkeiten von Windkraftanlagen in Entwicklungsländern"
Forschungsvorhaben im Auftrag des Bundesministers für wirtschaftl. Zusammenarbeit
201-E 5022-41/74 (740010); März 1975
- Benesch, W. et.al. (1978) "Die Windverhältnisse in der Bundesrepublik Deutschland im Hinblick auf die Nutzung der Windkraft"
Berichte Deutscher Wetterdienst, Nr. 147, Offenbach 1971
- Betz, A. (1926) "Windenergie und ihre Ausnützung durch Windmühlen"
Verlag Vandenhoeck u. Ruprecht 1926
- Bundesminister für Forschung und Technologie (BMFT) (1976) "Nichtnukleare - nichtfossile Primärenergien"
Teil III: Nutzung der Windenergie, BMFT (AGF/ASA) Nr. ASA-ZE/03/75
- Boogaard, v.d.H. (1977) "The Mean Circulation of the Tropical and Subtropical Atmosphere - July"
NCAR/TN-118 + STR, 1977
- Coles, E.F. (1938) "Duststorm in Iraq"
United Kingdom Met. Office
London Prof. Notes 6, No 84, 1938

- Deutsches Hydrographisches
Institut (DHI) (1976) "Handbuch des Persischen Golfes"
DHI, Nr. 2035, Hamburg 1976
- Deutsches Hydrographisches
Institut (DHI) (1978) "Handbuch für das Rote Meer und den
Golf von Aden"
DHI, Nr. 2034, Hamburg 1978
- Deutscher Wetterdienst
(DWD) "Klimaunterlagen des DWD"
Seewetteramt Hamburg
- Duensing, G.
Zöllner, R. (1978) "Die Windverhältnisse in der
Bundesrepublik Deutschland im
Hinblick auf die Windkraft-
nutzung (Teil 2: Küstenvorfeld)"
Deutscher Wetterdienst,
Seewetteramt, Nr. 97, 1978
- Höller, E.,
Stranz, D. (1977) "Klimahandbuch Orient"
Herausg.: Nah- und Mittelost-
verein, Hamburg, Übersee Verlag,
Hamburg 1977
- Hofuf Agricultural
Research Centre (1973) "Reports on the Work of the
Leichtweiss-Institute Research
Team"
Techn. Universität Braunschweig
Publ. No. 7, Hofuf 1973
- IMCOS (1976) "Handbook of the weather in the Gulf"
General Climatic Data
IMCOS Marine LTD, London 1976
- Köppen, W. (1923) "Die Klimate der Erde"
Walter de Gruyter u. Co., 1923
- Perrone, T.J. (1979) "Winter Shamal in the Persian Gulf"
Naval Environmental Predict.
Research Facility, TR 79-06,
Monterrey 93940

- Rudloff, W. et.al. (1965) "Aerologische Monatskarten für die Tropen"
Deutscher Wetterdienst, Seewetteramt, Einzelveröffentlichung Nr. 50, 51, 70, 71, Hamburg 1965
- Rudloff, W.,
Jungmann, H. (1968) "Wärmebelastung des Tropenreisenden"
Umschau, Nr. 17, 1968
- Stranz, D. (1973) "A Strong Shamal in the Arabian Gulf (Dec. 1970)"
Rivista Italiana di Geofisica, Vol.XXII, N.5/6, 1973, pp. 296-298
- Tewari, S.K. (1978) "Economics of Wind Energy Use for Irrigation in India"
Sci, Vol. 202, No 4367, 1978, pp. 481-486
- Thompson, B.W. (1965) "The Climate of Africa"
Oxford Univ. Press, London 1965
- Wieringa, J. (1976) "An objective exposure correction method for average windspeeds measured at a sheltered location"
Quart. J.R.Met.Soc., Vol. 102 1976, pp. 241-253
- World Meteorological Organization (WMO) (1954) "Energy from the Wind"
Techn. Note No 4, WMO-No. 32, TP. 10, 1954
- World Meteorological Organization (WMO) (1981) "Meteorological Aspects of the Utilization of Wind as an Energy Source"
Technical Note No 175
WMO-No 575, Genf, 1981

