

Beiträge zur Kenntnis des photochemischen Klimas von Algerien

(Nordrand der Sahara, Grosser Atlas, Hochebene, Tell-Atlas, Mittelmeer).

Lichtklimatische Studien. III. Abhandlung.¹⁾

Von

E. RÜBEL.

Im Frühjahr 1910 organisierte Prof. Dr. Rikli seine dritte grosse naturwissenschaftliche Studienreise, und zwar nach Algerien. Neben den eigentlichen botanischen Studien versuchte ich wieder, wie auf Riklis zweiter Reise, nach den Canaren, einige Materialien zu sammeln über das Lichtklima. Von Algerien liegen bisher überhaupt noch keine Messungen vor; aus Nordafrika diejenigen Wiesners²⁾ von Kairo, 28. Febr. bis 7. März 1894, und die von Strakosch³⁾ aus Ägypten und Khartum im ägyptischen Sudan, 15. Febr. bis 3. März 1908.

Wie die Wärme und andere klimatologische Daten kann auch das Licht nicht vorausberechnet werden, sondern muss durch Messung empirisch erforscht werden. Die Messungen wurden nach der bekannten von Wiesner vereinfachten Bunsen-Roscoe-Methode gemacht, so dass die Zahlen vollkommen vergleichbar sind mit allen den sich mehrenden Messungen nach dieser Methode.⁴⁾

¹⁾ Ich möchte nachträglich mit diesem Untertitel auch meine beiden früheren lichtklimatischen Publikationen bezeichnen: Rübel, Untersuchungen über das photochemische Klima des Berninahospizes. Lichtklimatische Studien. I. Abhandlung. Vierteljahrsschrift der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich. 53. Jahrg. 1908. 78 S. — Rübel, Beiträge zur Kenntnis des photochemischen Klimas der Canaren und des Ozeans. Lichtklimatische Studien. II. Abhandlung. Ebenda 54. Jahrg. 1909. 20 S.

²⁾ Wiesner, Untersuchungen über das photochemische Klima von Wien, Kairo und Buitenzorg. Wiener Denkschriften 1896.

³⁾ Strakosch, Ein Beitrag zur Kenntnis des photochemischen Klimas von Ägypten und dem ägyptischen Sudan. Wiener Sitzungsberichte 1908.

⁴⁾ Eine Beschreibung der Methode ist hier überflüssig, sie findet sich ausführlich bei Wiesner l. c. und bei Rübel l. c. 1908. Dasselbst findet sich auch die Literatur bis 1907 zusammengestellt.

Chronologische Übersicht der Messungen.

Die angegebene Zeit ist überall Ortszeit. Die Bezeichnung der Sonnenbedeckung ist folgende:

- S_0 Sonne vollständig bedeckt, so dass der Ort, wo sie sich befindet, nicht erkennbar ist;
 S_1 Sonne nur als heller Schein am Himmel erkennbar;
 S_2 Sonnenscheibe sichtbar, aber noch keinen Schatten werfend;
 S_3 Sonne nur durch zarten Schleier verdeckt;
 S_4 Sonne vollkommen frei erscheinend.

Für die Bewölkung benutzte ich die üblichen Zahlen: 0 vollständig wolkenlos bis 10 vollständig bedeckt.

Die Sonnenhöhen habe ich ausgerechnet nach der Gleichung:

$$\sin h = \sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta \cos t$$

worin h die Sonnenhöhe
 φ die geographische Breite
 δ die Sonnendeklination
 t den Stundenwinkel bedeutet.

Es ist J_g die gesamte Lichtintensität
 J_d die Intensität des diffusen Lichtes
 J_s die Intensität des direkten Lichtes.

Wo es von Interesse ist, steht jeweilen beim Ort der Messung noch die Höhenangabe in Metern über Meer.

| Stunde | Ort | Geogr. Breite | Sonne | Bewölkung | Sonnenhöhe | J_g | J_d | J_s |
|--------------------|---------------------------|---------------|-------|-----------|------------|-------|-------|-------|
| 17. März 1910 | | | | | | | | |
| 12 ^h | Marseille, Hafen, an Bord | 43° 18' | 4 | 0 | 45° 6' | 680 | 340 | 340 |
| 1 | Mittelmeer, an Bord | 8 | 4 | 0 | 43 | 620 | 360 | 260 |
| 2 | " " " | 42° 58' | 4 | 0 | 36 | 580 | 290 | 290 |
| 4 | " " " | 38 | 4 | 0 | 19 | 240 | 140 | 100 |
| 5 | " " " | 28 | 4 | 0 | 7 | 95 | 95 | — |
| 18. März 1910 | | | | | | | | |
| 11 ^h | Mittelmeer, an Bord | 39° 20' | 4 | 2 | 47° | 950 | 410 | 540 |
| 12 | " " " | 10 | 4 | 3 | 49° 38' | 1020 | 370 | 650 |
| 1 | " " " | 0 | 4 | 1 | 47 | 900 | 360 | 540 |
| 2 | " " " | 38° 49' | 3-4 | 7 | 41 | 680 | 400 | 280 |
| 3 | " " " | 39 | 0 | 9 | 32 | 280 | 280 | — |
| 5 | " " " | 18 | 2 | 6 | 10 | 190 | 190 | — |
| 19. März 1910 | | | | | | | | |
| 10 ^h 30 | Algier, am Strand | 36° 46' | 4 | 2 | 45° | 1100 | 370 | 730 |
| 12 | " | " | " | " | 52° 26' | — | — | — |

| Stunde | Ort | Geogr. Breite | Summe | Bewöl- kung | Sonnen- höhe | J _g | J _a | J _s |
|-------------------|-----------------------|-------------------------------------|---------|----------------|-----------------|----------------|----------------|----------------|
| 25. März 1910 | | | | | | | | |
| 10 ^h | Blida, am Hang, | 450 m | 36° 29' | 4 | 0 43° | 720 | 240 | 480 |
| 11 | " " " | | | 4 | 0 52 | 900 | — | — |
| 11 45 | " " " | 1000 m | | 4 | 1 54 | 1100 | 360 | 740 |
| 12 | " " " | | | | 55° 5' | — | — | — |
| 12 30 | La Glacière | 1200 m | | 4 | 1 54 | 1190 | 300 | 890 |
| 2 | " | | | 4 | 0 43 | 1100 | 290 | 810 |
| 2 30 | " | 1300 m im tiefen Cedernwald daneben | | | 39 | 160 | — | — |
| | " | | | | | 900 | | |
| 3 | " | Grat, 1400 m | | 2 | 2 34 | 290 | 290 | — |
| 4 30 | Col de Chrea, Gipfel, | 1550 m | | 4 | 2 17 | 360 | 180 | 180 |
| 30. März 1910 | | | | | | | | |
| 12 | Oran | | 35° 42' | 4 | 1 57° 50' | 950 | 380 | 570 |
| 31. März 1910 | | | | | | | | |
| 8 ^h 30 | Naâma, | 1150 m | 33° 22' | 0 | 10 32° | 140 | 140 | — |
| 9 15 | Mékalis, | 1313 m | | 0 | 10 41 | 140 | 140 | — |
| 10 15 | Aïn-Sefra, | 1058 m | 32° 50' | 4 | 4 51 | 1100 | 410 | 690 |
| 12 15 | Moghrar, | 820 m | 35 | 4 | 3 61 | 1000 | 410 | 590 |
| 2 15 | Duveyrier | | | 4 | 1 47 | 950 | 320 | 630 |
| 3 | Beni-Ounif, | 825 m | 7 | 4 | 2 39 | 750 | 260 | 490 |
| 3 45 | Mérirès | | | 4 | 2 31 | 480 | 190 | 290 |
| 4 15 | Bou-Aièche | | | 0 | 8 24 | 83 | 83 | — |
| 5 | Ben-Zireg | | 32° 5' | 4 | 3 14 | 220 | 120 | 100 |
| 5 45 | Nassi-el-Haouari | | | 1 | 2 4 | 52 | 52 | — |
| 1. April 1910 | | | | | | | | |
| 6 ^h 30 | Colomb-Béchar, | 783 m, Wüste | 31° 53' | 0 | 10 8° | 11 | 11 | — |
| 6 45 | " " " | " " " | | 0 | 10 11 | 18 | 18 | — |
| 7 30 | " " " | " " " | | 0 | 10 22 | 65 | 65 | — |
| 8 | " " " | " " " | | 1 | 10 28 | 114 | 114 | — |
| 9 | " " " | " " " | | 0 | 10 40 | 65 | 65 | — |
| 10 | " " " | " " " | | 1 | 10 51 | 190 | 190 | — |
| 11 | " " " | " " " | | 0 | 10 59 | 143 | 143 | — |
| 12 | " " " | " " " | | 0-1 | 10 62° 25' | 190 | 190 | — |
| 1 40 | " " " | " " " | | 3 | 4 54 | 640 | 320 | 320 |
| 2 | " " " | " " " | | 2-3 | 4 51 | 410 | 370 | 40 |
| 3 | " " " | " " " | | 4 | 1 40 | 710 | 280 | 430 |
| 4 | " " " | " " " | | 3-4 | 1 28 | 480 | 240 | 240 |
| 5 | " " " | " " " | | 4 | 1 15 | 290 | 190 | 100 |
| 5 45 | " " " | " " " | | 4 | 1 5 | 83 | 65 | 18 |
| 6 | " " " | " " " | | 1 | 1 2 | 35 | 35 | — |
| 6 15 | " " " | " " " | | — | 1 | 9 | 9 | — |
| | | | | | Lichtsumme | 140 | 93 | 47 |

| Stunde | Ort | Geogr. Breite | Sonne | Bewöl- kung | Sonnen- höhe | J _g | J _a | J _s |
|-------------------|-----------------------------|---------------|-------|----------------|-----------------|----------------|----------------|----------------|
| 2. April 1910 | | | | | | | | |
| 6 ^h 30 | Colomb-Béchar, 783 m, Wüste | 31° 53' | 4 | 2 | 8° | 190 | 115 | 75 |
| 7 | " | " " | 3 | 5 | 15 | 190 | 140 | 50 |
| 8 | " | " " | 3-4 | 7 | 28 | 290 | 190 | 100 |
| 9 | " | " " | 4 | 3 | 40 | 320 | 200 | 120 |
| 10 | " | " " | 4 | 1 | 51 | 640 | 240 | 400 |
| 11 | " | " " | 4 | 1 | 59 | 640 | 200 | 440 |
| 12 | Hassi-el-Haouari | " " | 4 | 0 | 62° 48' | 720 | 220 | 500 |
| 1 | Ben-Zirég | " " | 4 | 0 | 59 | 620 | 200 | 420 |
| 2 | Bou-Aièche | " " | 4 | 0 | 51 | 530 | 170 | 360 |
| 3 | Beni-Oumif, 823 m | " 32° 7' | 4 | 0 | 40 | 430 | 160 | 270 |
| 4 | " | " " | 4 | 0 | 28 | 290 | 115 | 175 |
| 5 | " | " " | 4 | 1 | 15 | 75 | 60 | 15 |
| Lichtsumme | | | | | | 206 | 84 | 122 |
| 3. April 1910 | | | | | | | | |
| 8 ^h | Beni-Oumif, Wüste | 32° 7' | 2 | 2 | 28° | 83 | 83 | — |
| 9 | " " | " " | 4 | 1 | 40 | 360 | 150 | 210 |
| 10 | " " | " " | 4 | 0 | 51 | 480 | 190 | 290 |
| 11 | " " | " " | 4 | 0 | 59 | 550 | 200 | 350 |
| 12 | Col de Taghla, " | " " | 4 | 0 | 62° 56' | 650 | 200 | 450 |
| 1 | " " | " " | 4 | 0 | 59 | 570 | 190 | 380 |
| 2 | " " | " " | 4 | 0 | 51 | 440 | 150 | 290 |
| 3 | Zenâga " | " " | 4 | 0 | 40 | 240 | 115 | 125 |
| 4 30 | Figuig, Oase | " " | 4 | 1 | 22 | 150 | 100 | 50 |
| Lichtsumme | | | | | | 153 | 62 | 91 |
| 4. April 1910 | | | | | | | | |
| 9 ^h | Beni-Oumif, 823 m | 32° 7' | 3-4 | 3 | 41° | 290 | 190 | 100 |
| 10 | " " | " " | 2 | 7 | 52 | 240 | 240 | — |
| 5. April 1910 | | | | | | | | |
| 9 ^h | Aïn-Sefra, 1060 m | 32° 50' | 4 | 0 | 40° | 240 | 120 | 120 |
| 10 | " in den Dünen | " " | 4 | 0 | 51 | 300 | 150 | 150 |
| 11 | " " | " " | 4 | 0 | 59 | 580 | 150 | 430 |
| 12 | " " | " " | 4 | 0 | 63° 0' | 580 | 150 | 430 |
| 2 30 | " " | " " | 4 | 1 | 46 | 300 | 100 | 200 |
| 3 | " " | " " | 4 | 1 | 40 | 260 | 100 | 160 |
| 4 | " " | " " | 4 | 0 | 28 | 200 | 100 | 100 |
| 5 | " " | " " | 4 | 0 | 16 | 115 | 100 | 15 |
| Lichtsumme ca. | | | | | | 136 | 50 | 86 |
| 6. April 1910 | | | | | | | | |
| 7 ^h | Aïn-Sefra, 1058 m | 32° 50' | 4 | 0 | 16° | 115 | 90 | 25 |
| 8 | " in den Dünen, 1100 m | " " | 4 | 0 | 28 | 290 | 115 | 175 |
| 9 | am Dj. Mekter, 1370 m | " " | 4 | 0 | 40 | 410 | 130 | 280 |

| Stunde | Ort | Geogr. Breite | Some | Bewöl- kung | Sonnen- höhe | J _g | J _a | J _s |
|------------|-----------------------------------|----------------|------|----------------|-----------------|----------------|----------------|----------------|
| 10 | am Dj. Mekter, | 1670 m 32° 50' | 4 | 0 | 51 | 480 | 140 | 340 |
| 11 | " " | 2000 m " | 4 | 0 | 60 | 680 | 160 | 520 |
| 12 | Gipfel, | 2060 m " | 4 | 0 | 63° 22' | 1000 | 220 | 780 |
| 1 | am Dj. Mekter, unfreier Horizont, | 1750 m " | 4 | 0 | 60 | 830 | 210 | 620 |
| 2 | " " | 1740 m " | 4 | 0 | 51 | 640 | 160 | 480 |
| 3 | " " | 1740 m " | 3 | 5 | 40 | 520 | 290 | 230 |
| 4 | " " | 1400 m " | 4 | 3 | 28 | 480 | 190 | 290 |
| 5 | in den Dünen | 1140 m " | 4 | 1 | 16 | 190 | 115 | 75 |
| Lichtsumme | | | | | | 235 | 76 | 159 |

7. April 1910

| | | | | | | | | |
|----------------|-------------------|---------|---|---|---------|-----|-----|-----|
| 8 ^h | Aïn-Sefra, 1058 m | 32° 50' | 1 | 6 | 29° | 115 | 115 | — |
| 10 | Tiout | | 3 | 6 | 52 | 410 | 260 | 150 |
| 12 | " | | 2 | 7 | 63° 41' | 480 | 480 | — |
| 3 | " | | 3 | 9 | 41 | 410 | 360 | 50 |

8. April 1910

| | | | | | | | | |
|-------------------|-------------|--------------|-----|----|---------|------|-----|-----|
| 7 ^h 30 | Naâma, | 1166 m | 0 | 10 | 22° | 115 | 115 | — |
| 8 | El Harchaia | | 2 | 8 | 29 | 240 | 240 | — |
| 8 45 | Mecheria | 1169 m | 3-4 | 2 | 37 | 480 | 190 | 290 |
| 9 30 | Krebazza | | 4 | 2 | 46 | 720 | 240 | 480 |
| 10 | El Biod | | 4 | 1 | 52 | 730 | 240 | 490 |
| 11 | Rezaina | | 4 | 0 | 59 | 900 | 240 | 660 |
| 12 | Kreider, | 988 m 34° 8' | 4 | 0 | 62° 50' | 1000 | 200 | 800 |
| 1 | " | " | 4 | 0 | 59 | 1000 | 200 | 800 |
| 2 | " Schott | " | 4 | 1 | 51 | 1000 | 200 | 800 |
| 3 30 | " " | " | 4 | 2 | 34 | 720 | 160 | 560 |
| 4 | " " | " | 4 | 2 | 28 | 480 | 160 | 320 |
| Lichtsumme ca. | | | | | | 288 | 83 | 205 |

12. April 1910

| | | | | | | | | |
|----------------|---------------------|----------------|---|---|---------|------|-----|-----|
| 8 ^h | Tlemcen, Mansura, | 1100 m 34° 53' | 4 | 2 | 28° | 400 | 200 | 200 |
| 9 | " Terni, | 1200 m " | 4 | 1 | 40 | 800 | 210 | 590 |
| 10 | " " | " | 4 | 0 | 51 | 900 | 230 | 670 |
| 11 | " " | " | 4 | 0 | 60 | 1000 | 250 | 750 |
| 12 | " Wald Hafr, 1280 m | " | | | 63° 34' | | | |
| 1 | " " | " | 4 | 1 | 60 | 900 | 240 | 660 |
| 3 | " Terni | " | 4 | 2 | 40 | 530 | 160 | 370 |
| 4 | " " | 1230 m " | 4 | 3 | 28 | 400 | 140 | 260 |

13. April 1910

| | | | | | | | | |
|----------------|---------------|---------------|-----|---|-----|-----|-----|-----|
| 3 ^h | Lalla Marnia, | 365 m 34° 51' | 4 | 3 | 41° | 960 | 320 | 640 |
| 4 | " " | " | 3-4 | 3 | 29 | 480 | 240 | 240 |
| 5 | " " | " | 4 | 3 | 16 | 190 | 140 | 50 |

| Stunde | Ort | Geogr. Breite | Sonne | Bewöl- kung | Sonnen- höhe | J _g | J _a | J _s |
|--------------------|---------------|---------------|-------|----------------|-----------------|----------------|----------------|----------------|
| 14. April 1910 | | | | | | | | |
| 10 ^h 30 | Oudjda, 683 m | 34° 41' | 4 | 2 | 57° | 750 | 230 | 520 |
| 12 | " | " | | | 64° 30' | | | |
| 1 | " | " | 4 | 2 | 61 | 960 | 260 | 700 |
| 2 | " | " | 4 | 2 | 52 | 800 | 230 | 570 |
| 3 | " | " | 4 | 1 | 41 | 570 | 180 | 390 |

Wüste am Nordrand der Sahara.

Wiewohl die Messungen sich leider nur auf kurze Zeit erstrecken, lassen sich doch schon interessante Tatsachen ableiten, besonders unter Vergleichung mit den ägyptischen Messungen. Im Atlas muss scharf zwischen Berg und Tal unterschieden werden. Zwischen den Höhenzügen des Atlas liegen an unserer Bahnlinie keine eingeschlossenen Täler, sondern weitgedehnte Kieswüste. Gegen die Sahara hin rücken die Höhenzüge weiter auseinander und verlieren sich nach und nach. Es sollen darum die Zahlen von der Bergbesteigung des Djebel Mekter, eines der höchsten Berge im algerischen Sahara-Atlas, für sich betrachtet werden, diejenigen von Ain-Sefra am Fuss des Berges hingegen können zusammengenommen werden mit den Zahlen von Colomb-Béchar in der nördlichen Sahara. Beide Orte liegen in weitgedehnter Kieswüste und besitzen grosse Dünenansammlungen, die losen Sand in Massen liefern.

Das charakteristische der Wüste ist die geringe Lichtintensität. Wiesner und Strakosch fanden dies in Ägypten, es bestätigt sich hier von neuem. Wiesner¹⁾ erwähnt: „... dass der Grad der Regenhäufigkeit und Regenstärke die Intensität in dem Sinne beeinflussen dürfte, dass, unter sonst gleichen Verhältnissen, die Intensität eine desto grössere ist, je grösser die Regenhäufigkeit und Regenmenge ist. Je öfter und reichlicher der Regen niederfällt, desto mehr wird die Luft von festen, in derselben suspendierten Teilen befreit werden.“²⁾ In dieser Vermutung, die auch Strakosch bekräftigt, liegt nun eine hübsche Bestätigung vor. Am 30. und 31. März 1910 regnete es im Atlas sehr stark. Durch die hierbei gereinigte Luft drang in Ain-Sefra bei 51° Sonnehöhe eine Lichtintensität von 1100. Nachher füllte sich in den trockenen, windigen

¹⁾ l. c. S. 71.

²⁾ In den Alpen zeigen sich die höchsten Intensitäten nach reinigendem Schneefall. Siehe Rübel Berninahospiz l. c. und Dorno, Die mittägliche Ortshelligkeit von Davos im Jahre 1908. Schriften d. naturwissensch. Vereins f. Schleswig-Holstein. Bd. 14, Heft 2.

Tagen die Luft wieder mit suspendierten Teilen; am 5. April konnte sich die Lichtintensität trotz voller Sonne und höherem Sonnenstand (bis 63°) nicht über 580 erheben, also fast die Hälfte war verloren. In Colomb-Béchar war es am 1. April regnerisch, jedoch fiel nur feiner Regen, der den vom zugleich wehenden Wind suspendierten Staub nicht vollständig niederschlagen vermochte. Das Resultat davon zeigte sich in niedriger Intensität. Als die Sonne wieder voll schien am 1. April um 3 Uhr, stieg die Lichtintensität bei 40° Sonnenhöhe nur auf 710, tags darauf bei 63° Sonnenhöhe nur auf 720, am 4. April in der Wüste um Beni-Ounif auf 650. Wir finden eine merkwürdige Übereinstimmung mit der Wüste in Ägypten, wo Strakosch während einer Reihe von Tagen in Kairo, Luxor und Assuan bei Sonnenhöhen von 51 — 55° regelmässig ein Tagesmaximum von 773 fand und Wiesner 1894 in Kairo Maxima von 666 (53° Sonnenhöhe), 714 (53°) und 600 (47°). Der Wüstencharakter drückt diesen Zahlen so den Stempel auf, dass der Unterschied der Höhenlage der Beobachtungsorte verschwindet. Die ägyptischen Messungen stammen aus geringer Meereshöhe, hingegen liegt Colomb-Béchar bei 783 m, Aïn-Sefra bei 1058 m (Schwellenhöhe der Bahn).

Bei der geringen Mittagshelligkeit vom 5. April war eine merkwürdige Färbung zu beobachten. Der hellgraue Anzug, sowie die braunen Hände erschienen vollkommen blau, die sonst grauen abgestorbenen Sträucher von *Aristida pungens* dunkel stahlblau und die Pappeln der Umgebung weissblau und dies nicht etwa nur meinen Augen, sondern auch denen der Kameraden.

Gehen wir über zu den Intensitäten bei bedecktem Himmel. Wir trafen wie gesagt in der Wüste gerade einen dort so seltenen Regentag und zwar nicht mit dem dort üblichen Platzregen, sondern mit echt nordischem zeitweiligen, feinen Regen. Dabei zeigte sich starke Dunkelheit trotz hohem Sonnenstand. Die Mittagsintensität von 190 bei 62° Sonnenhöhe wurde in Wien in den Jahren 1893 und 1894 nur zweimal unterboten mit 121 (65°) und 78 (57°); auf Berninahospiz mit 165 (61° und 65°) und 85 (67°), in Kremsmünster¹⁾ mit 42 (62° , 23. Mai 1902) und erst die 65 bei 40° Sonnenhöhe überhaupt nur durch obige Messung in Kremsmünster, am nächsten kommen in Wien 74 (38° und 46°) auf Berninahospiz 69 (36°), 100 (42°).

Gehen wir über zu den Verhältnissen von diffusem und direktem Licht. Die Zerstreuung des Lichts durch die festen Teile in der Luft lassen ein Vorherrschen des diffusen Lichtes er-

¹⁾ Schwab, Über das photochemische Klima von Kremsmünster. Wiener Denkschriften, Bd. 74, 1904.

warten, die ziemlich beträchtliche Höhe von 1000 m. ü. M. wirkt diesem entgegen. Leider haben Wiesner und Strakosch diese Lichtarten nicht gemessen; es wäre ein Vergleich mit Ägypten sehr interessant gewesen, wo der Wüstenfaktor ohne Beeinträchtigung durch den Höhenfaktor vorliegt. Das direkte Licht erreichte die Stärke des diffusen mehrere Mal bei 28° Sonnenhöhe und auch schon vorher, einmal war es aber noch bei 51° (5. April 10^h) gleich (zum Vergleich: $J_d = J_s$ in Wien durchschnittlich bei 57° , Lissabon 51° , auf dem Meer [an der marokkanischen Westküste] bei 29° , Berninahospiz bei 16°). Wir haben also Ähnlichkeit mit den Verhältnissen auf dem Meeresniveau, doch ändert sich dies bei den höhern Sonnenständen. Auf dem Meere erreicht das direkte Licht nur ausnahmsweise den doppelten Wert des diffusen, hier aber meistens zwischen 46° und 59° Sonnenhöhe und auch noch höhere Werte, so den $2\frac{1}{2}$ fachen (2. April 11^h $200:440$ bei 59° ; 12^h $220:500$ bei 63° ; 3. April 12^h $200:450$ bei 63°), ja sogar fast den dreifachen (Aïn-Sefra 5. April 11^h und 12^h $150:430$ bei 59° und 63°).

Ein Mass für die gesamte Lichtmenge des Tages gibt die **Lichtsumme**. Roscoe hat eine einfache Integrationsmethode angegeben, um aus stündlichen Lichtmessungen die Lichtsumme zu berechnen: Es wird die Fläche berechnet, welche die Tageskurve der Lichtintensität mit der Abscissenachse bildet, auf der die Tagesstunden abgetragen sind. Vergleicht man diese Fläche mit einem Rechteck von der Grundlinie 24 (= der Zahl der Stunden des Tages) und der Höhe der Intensitätseinheit und setzt diese Rechteckfläche = 1000, so drückt der resultierende Bruchteil von 1000 die Lichtsumme aus. Es bedeutet:

$$\begin{aligned} S_g &= \text{Lichtsumme des Gesamtlichtes,} \\ S_d &= \quad \quad \quad \text{diffusen Lichtes,} \\ S_s &= \quad \quad \quad \text{direkten Lichtes.} \end{aligned}$$

In der Wüste ergaben sich folgende Zahlen:

| Datum | Tagesmittel | | Max. Sonnenhöhe | S_g | S_d | S_s |
|----------|-------------|------|--------------------|-------|-------|-------|
| | Sonne | Bew. | | | | |
| 2. April | 4 | 1,7 | $62^\circ 48'$ | 206 | 84 | 122 |
| 3. " | 4 | 0,4 | $62^\circ 56'$ | 153 | 62 | 91 |
| 5. " | 4 | 0,3 | $63^\circ 0'$ | 136 | 50 | 86 |

Geographische Breite 32° und 33° .

In ähnlicher geographischer Breite zeigten sonnige Tage auf dem Ozean:¹⁾

| Datum | S | B | Max. h | S _g | S _a | S _s |
|---------------|-----|-----|---------|----------------|----------------|----------------|
| 24. März 1908 | 4,0 | 0,5 | 57° 25' | 312 | 129 | 183 |
| 28. " | 3,3 | 3,6 | 64° 13' | 372 | 176 | 196 |
| 29. " | 3,9 | 3,3 | 65° 7' | 427 | 181 | 246 |

dagegen Kairo²⁾ ($\varphi = 30^\circ$):

| | | | | | | |
|----------------|-----|-----|---------|-----|--|--|
| 29. Febr. 1908 | 4,0 | 0,0 | 51° 49' | 175 | | |
| 1. März 1908 | 4,0 | 2,8 | 52° 12' | 177 | | |
| 2. " | 4,0 | 0,8 | 52° 35' | 175 | | |
| 3. " | 4,0 | 0,1 | 52° 58' | 177 | | |

Es zeigt sich sehr deutlich, wie gering das Licht der Wüste ist gegenüber dem des Ozeans. Die Zahlen der algerischen Sahara stimmen dagegen gut mit denen aus Ägypten, der erste Tag nach etwelchem Regen liegt höher, die späteren tiefer. Die Meereshöhe kommt in dem bedeutenden Anteil des direkten Lichtes zu starkem Ausdruck.

Grosser Atlas. Djebel Mekter 2060 m.

Die Besteigung dieses Höhepunktes des Atlas war zugleich auch ein Höhepunkt unserer Reise. Nach durchqueren des grossen Dünenzuges von Aïn-Sefra mit vorherrschender *Aristida pungens* gelangt man zum Fuss des Berges und sofort wechselt der Anblick. Der Berg trägt einen Gürtel von Halfa (*Stipa tenacissima*). Bei 1370 m erscheinen Rosmarin und andere Mittelmeerpflanzen, die hier Bergpflanzen geworden sind. Bei 1650 m setzt die Steineiche (*Quercus Ilex* var. *ballota*) ein, bei 1750 m verliert sich Halfa und der oberste Teil des Berges gehört dem Eichenbuschwald mit *Juniperus phoenicea*.

Der Gipfel bietet eine wundervolle Rundschau; die Wüste dehnt sich auf allen Seiten ins unendliche wie das Meer, darin ziehen sich einzelne Höhenzüge hin mit vorgelagerter Dünenlandschaft. Von hier aus ist der Staubgehalt der Luft direkt sichtbar. Wie ein leichter Nebel liegt es auf der Niederung, nicht weiss, sondern sandgelb, und man hat den Eindruck, diese sandige Luftschicht reiche gerade bis zum Gipfel des Berges und verliere sich nach oben dann rasch. Das Blau des Himmels erscheint hier oben viel reiner. Gegen die trockenen Hochebenen im Norden liegt Aïn-Sefra ganz offen da, im Süden lagert der grosse Querriegel des Djebel Mekter mit den Sanddünen davor. Im Tale scheint einem die Lage der Dünen unerklärlich, von hier

¹⁾ nach Rübel 1909. — ²⁾ nach Strakosch l. c.

oben ganz natürlich. Die sandigen Winde der Hochebene finden am Djebel Mekter Widerstand¹⁾ und lassen ihren Sand fallen (es ist die Länge der Düne der Breite des offenen Zugangs entsprechend), daher die grosse Trübheit der Luft gerade in den Dünen von Ain-Sefra, die am 5. April bei vollem Sonnenschein und 63° Sonnenhöhe die so geringe Lichtintensität von 580 verschuldete. Beim Ansteigen am Berg vermehrt sich das Licht sehr rasch. Bei 1370 m (40° Sonnenhöhe) ist die Lichtintensität schon auf 410 gestiegen gegenüber 240 am Tage vorher im Tal, auf dem Gipfel 1000 gegenüber 580, also fast auf das doppelte. Vergleichen wir aber diese Zahl mit den Alpen, so erscheint sie immer noch klein: Auf dem Berninahospiz 2309 m haben wir bei S₄ und 60°—67° Sonnenhöhe Intensitäten von 900—1800, im Mittel 1323.

Bemerkenswert ist, dass das direkte Licht 3 1/2 mal so stark ist, als das diffuse (780 : 220).

Die Intensitäten des Nachmittags sind viel höher als die des Vormittags. Es mögen dazu verschiedene unsichtbare Ursachen beitragen, doch eines scheint mir bemerkenswert als Stütze der oben dargelegten Dünenbildung. Die niedrigen Vormittagswerte stammen vom Aufstieg am Nordhang, wo die sandtrübe Luft anprallen soll, die höhern Werte des frühen Nachmittags hingegen vom Osthang, der windgeschützter ist.

Die Hochebene.

Zwischen dem kleinen und grossen Atlas dehnt sich von Tafaroua bis Mékalis in einer Breite von 220 km die Hochebene der Schotts 900—1300 m ü. M. Es ist die Gegend der Spiegelungen und Täuschungen. Vom Turm der Kaserne in Kreider sieht man ringsumher Salzseen erglänzen und doch soll die ganze Gegend trocken sein. Wir gehen zum grossen Salzsee. Eine Strecke vor mir sehe ich Kameraden das Ufer erreichen und doch weiter gehen. Sie wandeln auf den Wassern und spiegeln sich darin. Ich erreiche sie mitten im See, es ist absolut kein Wasser da, sondern einfacher, glatter, brauner, weicher Boden. Die Personen in 2—3 km Entfernung erscheinen so gross, wie sonst bei 2—300 m und ist man versucht, ihnen zuzurufen, ohne stark die Stimme zu erheben. Bei all diesen optischen Täuschungen gestalten sich nun die wirklichen Lichtintensitäten folgendermassen: Das Licht war bedeutend stärker als in der Wüste, sehr ähnlich demjenigen auf dem Berggipfel im Atlas. Besonders in bezug auf das Verhält-

¹⁾ Siehe Brockmann und Heim, Vegetationsbilder vom Nordrand der algerischen Sahara. Vegetationsbilder von Karsten und Schenck, 6. Reihe, Heft 4.

nis von direktem zu diffusum Licht zeigten die Zahlen der Hochebene alpine Verhältnisse. Schon bei 28° Sonnenhöhe war das direkte Licht in den Schotts doppelt so stark wie das diffuse, und bei 51°, 59°, 63° wurde sogar der vierfache Wert erreicht, ein sehr hoher Wert in Anbetracht dessen, dass der Ort doch nur 1000 m ü. M. liegt.

Tell-Atlas.

Im Tell-Atlas treffen wir die feuchten Mittelmeerwinde. Wir sind nicht mehr im extrem trockenen Land. Die häufigen Niederschläge bringen eine üppige Flora hervor, in Tlemcen finden wir neben Olive und Johannisbrot die heimatlichen Kirschen, Äpfel und Birnen. Die durch Regen gereinigte Luft lässt auch wieder mehr Licht durch und da wir uns in Tlemcen und Umgebung (14. April) wie in La Glacière-Chrea (25. März) in beträchtlicher Höhe befinden, zeigen die Intensitätswerte grosse Ähnlichkeit mit denen aus alpiner Höhe. In der Tat liegen die Zahlen innerhalb der Variationsbreite bei gleichen Sonnenhöhen auf dem Berninahospiz¹⁾ und zwar teils in der Nähe der Mittelzahlen, teils aber in der Nähe der tiefsten. Auch das Verhältnis des direkten zum diffusen Licht ist sehr ähnlich. Bemerkenswert ist, dass auf dem Col de Chrea 1550 m bei 17° Sonnenhöhe das direkte noch gleich hoch wie das diffuse war. In La Glacière erreichte das direkte fast den dreifachen Wert des diffusen, das Gesamtlicht mit **1190** den höchsten Wert aller meiner Afrikamessungen. In der Hochebene von Terni bei Tlemcen fanden wir ähnliche Zahlen. Das direkte Licht erreichte den dreifachen Wert des diffusen bei 60° Sonnenhöhe, bei 28° noch fast den doppelten (260 : 140).

Mittelmeer.

Über die auf dem Mittelmeer gemessenen Zahlen ist wenig zu sagen. Sie stimmen vollständig überein mit den vor zwei Jahren gemessenen, die damals ausführlich besprochen wurden, worauf ich verweise.²⁾

Zusammenfassung der hauptsächlichsten Resultate.

1. Das Charakteristische der Wüste ist die geringe Lichtintensität bei vollem Sonnenschein.
2. Bei bedecktem Himmel kann in der Wüste die Intensität sehr gering werden (65 bei 40° Sonnenhöhe).

¹⁾ l. c.

²⁾ Rübél 1909 l. c. zusammenfassende Tabelle S. 300.

3. Direkt nach Regen kann sie auch hier zu beträchtlicher Höhe steigen.

4. Der Nordrand der Sahara zeigt trotz der bedeutenden Meereshöhe in seinen Massen des Gesamtlichtes grosse Übereinstimmung mit Ägypten.

5. Das direkte Licht kann im hochgelegenen Nordrand der Sahara den 2,8fachen Wert des diffusen erreichen, auf dem Atlas-Berggipfel den 3,5fachen, auf der blendenden Hochebene der Schotts den vierfachen, im Tell-Atlas den dreifachen.

6. Das Licht auf dem Gipfel des Berges im grossen Atlas erreichte fast den doppelten Wert desjenigen des Tales, reicht hingegen noch lange nicht an durchschnittliche alpine Werte bei diesen Sonnenhöhen.

7. Die Zahlen des Gipfels im Sahara-Atlas (mit Sand in der Luft) bei 2000 m sind sehr ähnlich denjenigen von Hochebene und Tell-Atlas bei ca. 1000 m (ohne Sand in der Luft) bei ähnlichem, teilweise auch ziemlich niedrigerem Sonnenstand.