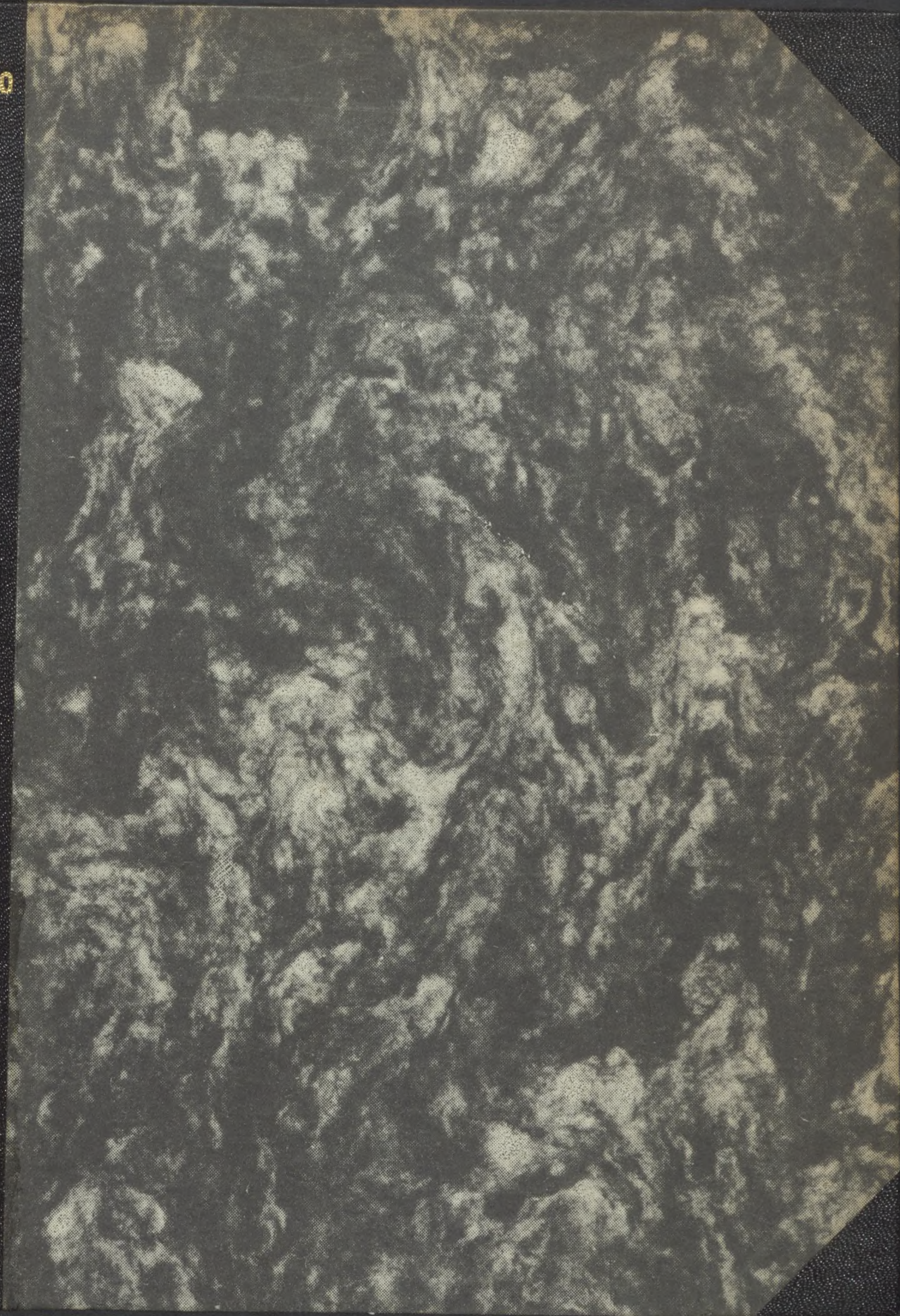
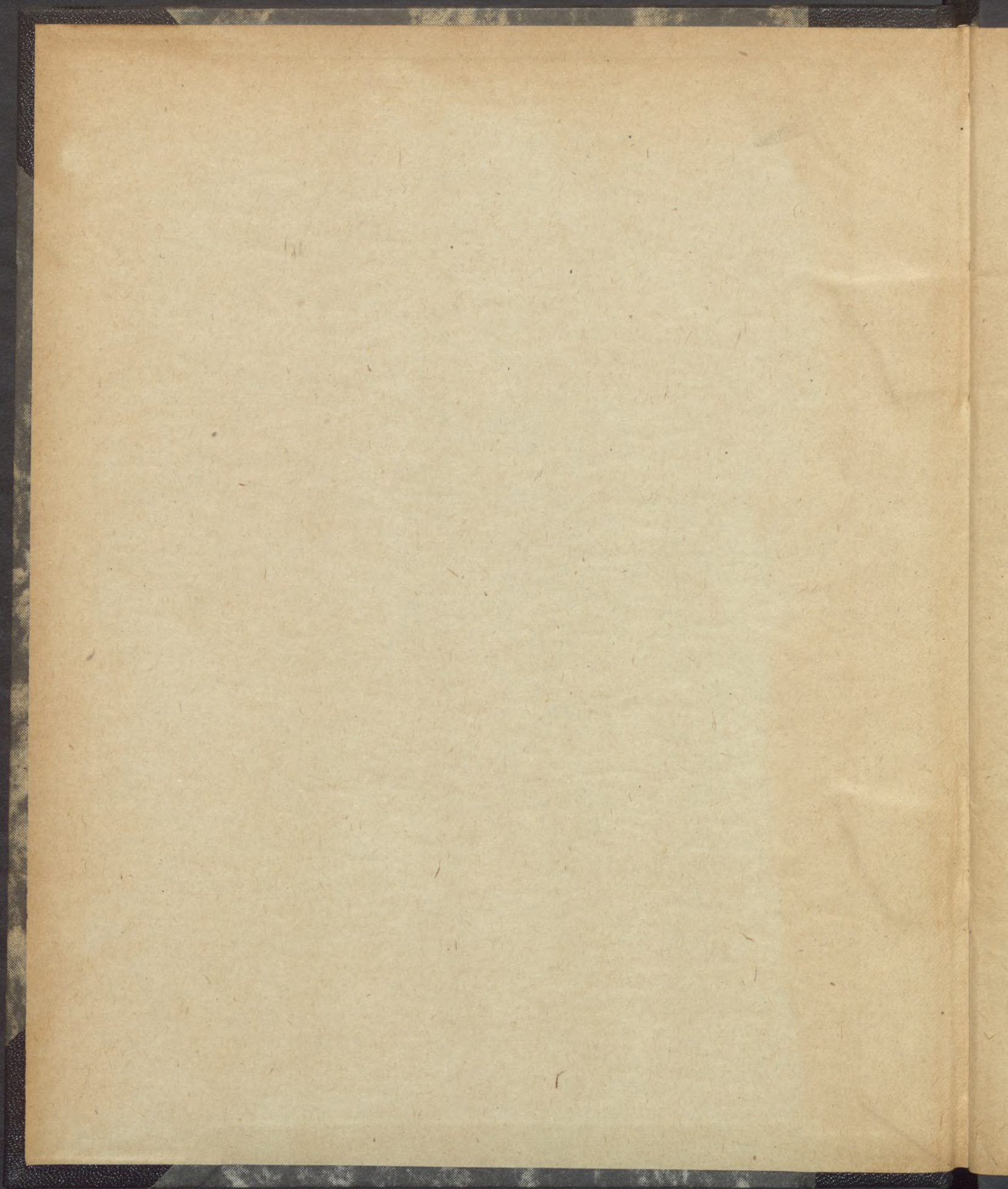


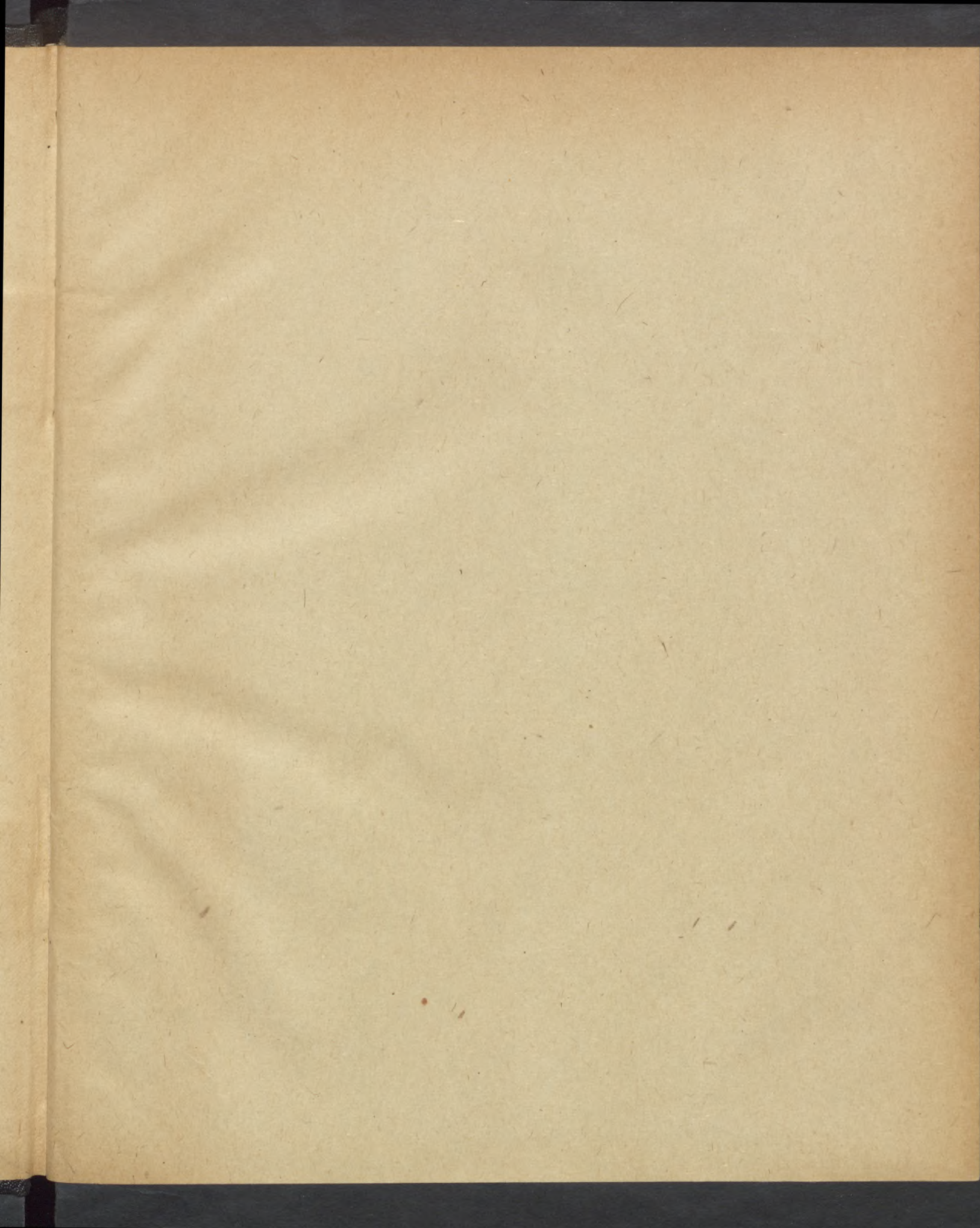
14.852/10

















14.852/10  
~~21029/10~~  
14852/10.

Publications de l'Institut Botanique de l'Université Hongroise pour les Sciences  
Techniques et Économiques Sopron (Hongrie).

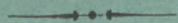
Communications of the Botanical Institute of the Hungarian University of Technical  
and Economic Sciences Sopron (Hungary).

Mitteilungen aus dem botanischen Institut der ung. Universität für technische und  
wirtschaftliche Wissenschaften Sopron (Ungarn).

Nr. 10.

# DER WÜSTENBODEN ALS LEBENSRAUM

BERICHT DER FRANZÖSISCH-UNGARISCHEN SAHARA-EXPEDITION  
IM JAHRE 1936.



## LA VIE DES SOLS DESERTIQUES

RAPPORT DE LA MISSION SAHARIENNE KILLIAN-FEHÉR  
DE L'ANNÉE 1936.

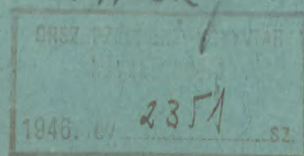
BERICHTERSTATTER: — RAPPORTEUR:

D. FEHÉR.





14,852 / 10





# Der Wüstenboden als Lebensraum.

Bericht der französisch-ungarischen Sahara-Expedition im Jahre 1936.

Berichterstatter: D. Fehér.

## Einleitung.

### I. Zweck und Ziel der Untersuchungen.

Die mikrobiologischen Eigenschaften der Wüstenböden bilden noch derzeit eines der am wenigsten erforschten und infolgedessen auch interessantesten Probleme der bodenbiologischen Forschungsrichtung. Die Erforschung der Lebensverhältnisse und der Lebensgrenzen der Mikroorganismen der Wüstenböden ist nicht nur aus dem Standpunkte der ökologischen Wüstenforschung, sondern auch aus dem Gesichtspunkte der allgemeinen biologischen und physiologischen Forschungsrichtung von ausschlaggebender Bedeutung. Die Kenntnisse, die man hier gewinnen kann, sind wohl geeignet, unseren Wissensbereich über die Lebensmöglichkeiten und über die extremen Lebensgrenzen der Organismenwelt des Bodens ganz wesentlich zu erweitern und im Verhältnis zu unserer bisherigen Auffassung auch in vieler Hinsicht abzuändern.

Es ist nicht lange her, als man noch im allgemeinen die Ansicht vertrat, daß die trockenen Böden der extremen Wüstengebiete vollkommen keimfrei sind und fast jeder Lebensäußerung entbehren. Nach unserer bisherigen Auffassung über die Temperatur und Feuchtigkeitsgrenzen der lebenden Organismen erscheint es auch auf den ersten Blick fast unmöglich daran zu glauben, daß in jenen trockenen, fast gänzlich ausgedörrten Wüstenböden, die oft 5—6 Jahre lang keinen nennenswerten Regen erhalten und wo die Oberfläche des Bodens in den heißen Sommermonaten, abge-

\*) Diese Forschungsarbeiten sind in engster Arbeitsgemeinschaft mit Ch. Killian, Prof. der Universität Alger, mit der Unterstützung der Universität, des Generalgouvernements, der Kolonialakademie und der französischen Akademie der Wissenschaften durchgeführt. Die Laboratoriumsarbeiten wurden in dem bot. Institut der kgl. ung. Universität für technische wirtschaftliche Wissenschaften in Sopron, in dem biologischen Wüstenlaboratorium und in dem bot. Institut der Universität Alger, in Beni-Ounif, bzw. in Alger vollendet. Die Untersuchungsergebnisse sind bereits in französischer Sprache in Buchform bei P. Lechevalier in Paris: Killian et Fehér, avec collaboration de M. Frank: „Recherches sur la Microbiologie des sols désertiques.“ 1939, erschienen.



sehen von der äußersten Dürre, auch sehr oft bis 70° C erwärmt wird, ein aktives Leben vorherrschen könnte.

Im Laufe unserer Arbeiten, die wir in den Halbwüstenböden der Nord-sahara im Jahre 1934 durchführten, versuchten wir auch die Lebensgrenzen der Mikroorganismen-tätigkeit durch die Messung der Bodenatmung festzustellen. Aber schon bei diesen Untersuchungen hat sich herausgestellt, daß in vielen Bodenarten, wo oft ganz außerordentlich niedrige Feuchtigkeitsgrade festgestellt wurden, noch eine ziemlich große Anzahl von Mikroorganismen und eine aktive Bodenatmung zu konstatieren war. Ich war schon seinerzeit der Ansicht, daß aller Wahrscheinlichkeit nach, zwischen den extrem trockenen Wüstenböden der Sahara noch Böden zu finden sind, die einen viel geringeren Wassergehalt zeigen werden. Es war daher eine wichtige Zielsetzung unserer weiteren Forschungen gewesen, in diesen extrem ariden Gebieten die Möglichkeiten eines aktiven Lebens der lebendigen Substanz des Bodens zu erforschen. Wir möchten aber hier gleich betonen, daß zwischen den äußeren Lebensformen der Mikroorganismen dieser extremen Wüstenböden, aus dem Standpunkte ihrer Aktivität, ganz bedeutende Unterschiede vorkommen können.

Unter jenen Kleinlebewesen, die den Boden bevölkern, verstehen wir nicht nur die eigentlichen Bodenbakterien, sondern auch die mikroskopischen Pilze, die Algen und auch die Protozoen des Bodens, die in ihren Lebensräumen in aktiven, lebendigen oder auch in latenten Formen vorgefunden werden können. Es ist ja allgemein bekannt, daß den meisten Bakterien, Pilzen, Algen und auch den Protozoen des Bodens die Fähigkeit zukommt, falls ihre Lebensbedingungen ungünstig werden, entweder resistente Sporen zu bilden, oder sich in Dauerformen umzuwandeln, in welchem Zustand sie dann lange Jahre hindurch der Ungunst der äußeren Verhältnisse widerstehen können. Wenn sodann ihre Lebensbedingungen wieder günstiger werden, so erwachen sie zum neuen Leben und entfalten ihre volle Lebensaktivität.

Die Untersuchung der lebenden Substanz der Wüstenböden kann sich also, wenn sie zu vollen und restlosen Ergebnissen gelangen sollte, nicht allein auf die bloße Feststellung des Vorhandenseins dieser Lebewesen beschränken. Die meisten Laboratoriumsmethoden, mit deren Hilfe die Anwesenheit dieser Mikroorganismen festgestellt werden, sind derart beschaffen, daß sie durch künstliche Nährmedien die Auskeimung der Sporen und der Dauerformen ermöglichen. Man kann also mit ihrer Hilfe wohl die Anwesenheit der betreffenden Mikroorganismen feststellen, ohne jedoch nachweisen zu können, daß diese im Zeitpunkte der Untersuchung sich tatsächlich in einer ihren aktiven Formen vorhanden waren. Um auch diesen wichtigen Teil unserer Forschungen erfolgreich durchführen zu können, haben wir, wie wir später zeigen werden, zunächst die Messung der Lebensakti-



vität durch die Bodenatmung und den Nachweis der lebenden Mikroorganismen auch durch die sogenannten direkten mikroskopischen Methoden eingeführt. Wenn wir den Wüstenboden als einen harmonischen Lebensraum auffassen, so müssen wir gleich zugeben und feststellen, daß hier Verhältnisse vorherrschen, die infolge ihrer Einzigartigkeit, im Laboratorium kaum reproduziert werden können. Nicht nur die Trockenheit des Bodens, sondern auch die außerordentlich niedrige Luftfeuchtigkeit bringen es mit sich, daß hier bezüglich der Feuchtigkeitsgrenzen des Bodens ganz besondere Verhältnisse vorherrschen werden.

Die optimalen Lebensbedingungen der Mikroorganismen hängen aber dabei nicht nur von dem prozentuellen Anteil der in Gewichts- oder Volumenprozenten ausgedrückten Bodenfeuchtigkeit, sondern — wie schon erwähnt — sie hängen auch mit der relativen Dampfspannung der Hohlräume des Bodens zusammen. Nach den neueren Untersuchungen wissen wir es, daß sobald die relative Dampfspannung in den Bodenskapillaren die Dampfspannung einer 10% Schwefelsäure (cca 96%) erreicht und mit der einhergehenden Entquellung des Plasmas, sein osmotischer Druck den kritischen Wert von 58 Atmosphären übersteigt, wo also die Grenze des sogenannten hygroskopisch gebundenen Wassers (*Hy*) erreicht wird, auch die Mikroorganismen des Bodens ihre aktive Lebenstätigkeit allmählich einstellen. In diesem Belange hat schon *Sekera* bei einigen Böden jene niedrigste Grenze des Wassergehaltes ermittelt, wo die Tätigkeit der Mikroorganismen aufzuhören beginnt. Wenn wir in Volumenprozenten ausgedrückten Wassergehalt des Bodens als Grundlage wahrnehmen, so werden wir nach den Angaben von *Sekera* folgende niedrigste Grenze der Bakterientätigkeit erhalten:

Tonboden	43'0	Wk in Vol. %	Hy 13'6	Vol. %
Humoser Lehm Boden	41'0		"	9'0
Humusarmer "	37'6		"	6'2
Sandiger "	32'0		"	4'8
Sandboden	14'6		"	3'0

Für die höheren Pflanzen wird natürlich — wie ich schon erwähnte — im allgemeinen ein bedeutend geringerer Anteil der Bodenfeuchtigkeit nutzbar bleiben, da die Saugkräfte der Pflanzenwurzel nicht nur den osmotischen Widerstand des Bodenwassers, sondern auch jene Hindernisse zu überwinden haben, die bei dem Nachströmen des Wassers in den Wurzeln und später in den Leitungsbahnen entstehen. *Stocker, Harder, Magyar, Birand, Killian, Repp* usw. fanden in den Steppen, Wüsten und Halbwüsten recht hohe osmotische Werte der Bodensäugkräfte vor. Wir sehen also daß die Pflanzen bei ihrer Wasseraufnahme in den Wüstenböden ganz bedeutende Widerstände zu überwinden haben.



Bei unseren ersten diesbezüglichen Untersuchungen haben wir eigentlich nur Halbwüstenböden des Gebietes von Beni-Ounif, das jährlich ungefähr 50—100 mm Niederschläge bekommt, bearbeitet. Aus diesen Messungen ging nun hervor, daß die kritische Feuchtigkeitsgrenze der Mikroorganismen-tätigkeit, namentlich in den Sommermonaten, nach abwärts oft überschritten wird. Als typisches Beispiel möchten wir bemerken, daß wir z. B. bei Böden, mit einer von Volum%-en ausgedrückten Wasserkapazität von 43% nur einen Wassergehalt von 0'2%, bei einem anderen Boden mit 40% Wasserkapazität im Juni bloß einen Wassergehalt von 0'4% vorfanden. Wir haben schon seinerzeit im Laufe dieser Untersuchungen einsehen müssen, daß wahrscheinlich die in der Literatur bekannte unterste Grenze der vitalen Bodenfeuchtigkeit in manchen Fällen viel niedriger liegen dürfte, als man bisher vermutete. Auch bei den übrigen Böden haben wir feststellen können, daß die in dem Schrifttum angegebene unterste Grenze, auch dann, wenn man die Aktivität selbst und nicht allein das absolute Vorhandensein der Mikroorganismen zu Grunde legt, im allgemeinen nach unten sehr oft überschritten wird. Aber auch, wenn wir jene Mikroorganismen betrachten, die wir durch Laboratoriumsmethoden erfaßt haben, müssen wir gleich einsehen, daß zwischen ihnen viele solche gibt, denen kein Sporenbildungsvermögen zukommt. Es gibt ja viele Bakterien, wie z. B. die nitrifizierenden Bakterien, die Arten der Gattungen *Achromobakter*, *Cellulomonas* usw., bei denen die Bildung von Dauerformen nicht bekannt ist. Ihr Vorhandensein in dem Boden dürfte wohl ein Zeichen dafür sein, daß sie sich dort, wenigstens teilweise, im aktiven Zustande befinden.

Bezüglich der Bodentemperatur, bzw. der Wirkung derselben sind die Meinungen einheitlicher. Wir wissen ja, daß die meisten Mikroorganismen des Bodens, namentlich in ihren Dauerformen, extrem hohe Temperaturen vertragen können. Wir haben im Laufe unserer ersten Untersuchungen diesbezüglich experimentelle Untersuchungen durchgeführt. Diese Forschungen haben klar gezeigt, daß Temperaturen, die zwischen 50° und 60° C liegen noch von vielen Mikroorganismen des Bodens sehr gut vertragen werden. Wir müssen aber gleich bemerken, daß gerade in den Bodentiefen um 25—30 cm, wo gewöhnlich die intensivste Mikroorganismen-tätigkeit stattfindet, derart hohe Temperaturen meistens nur ganz selten vorkommen werden. Die Temperaturwirkung wird je nach dem Luftgehalt, nach der Tiefe und der verschiedenen Bodenschichten, stark abgeschwächt. Es war uns übrigens auch schon nach den ersten Untersuchungen klar, daß unter diesen Umständen, in den Wüstenböden zunächst die sporenbildenden Bakterien und die mikroskopischen Pilze des Bodens vorherrschen dürften. Diese letzteren haben ja auch Sporenbildungsvermögen und sie sind im allgemeinen — wie auch unsere Untersuchungen zeigten — sehr resistent und widerstandsfähig gegen die extremen Schwankungen der Bodentemperatur.



Unsere früheren Forschungen wiesen übrigens schon vor einigen Jahren darauf hin, daß z. B. die mikroskopischen Pilze des Waldbodens nicht nur sehr hohe, sondern auch sehr niedrige Temperaturen ertragen können und weil sie auch gegenüber den Säuregraden des Bodens viel unempfindlicher sind, als die meisten Bakterien, so werden sie auch unter den nördlichen kalten, humiden Verhältnissen ihre Lebensbedingungen noch vorfinden können. Besonders interessant war, das regelmäßige Vorkommen der verschiedenen Aktinomyzeten in den trockenen Alkaliböden festzustellen. Diese Gruppe der Mikroorganismen scheint gegen die extreme Trockenheit und gegen die alkalische Reaktion des Bodens recht widerstandsfähig zu sein.

Ein spezielles Kapitel unserer Forschungen vertraten die Bodenalgae. Schon *Francé* wies in seinem bekannten Buch, „Das Edaphon“, bereits im Jahre 1921 viele Algenarten in den verschiedenen Bodengattungen nach. Wie andere und auch unsere früheren Untersuchungen dann zeigten, so kommen sie in allen Bodenarten vor, wobei sie auch noch in einer Tiefe von 1—1'5 m nachgewiesen werden können. Ihr Vorkommen in den Wüstenböden bedeutet ihre außerordentliche Anpassungsfähigkeit. Daß sie extreme Temperaturverhältnisse vertragen können, ist allgemein bekannt. Die Algenflora der Oberfläche der Alkali- und Sandböden der ungarischen Tiefebene trägt ja Temperaturen, die nicht selten auch 40—60° C erreichen können. Auch gegen die Trockenheit sind sie recht unempfindlich. Ganz vertrocknet können sie jahrelang hindurch in latenter Form am Leben bleiben, wobei sie bei der ersten günstigen Änderung ihrer Lebensverhältnisse wieder zum neuem Leben erwachen.

Wir konnten schon bei unserer ersten Untersuchung die Anwesenheit einer Reihe von Bodenalgae in den trockenen Halbwüstenböden der Nord-Sahara feststellen. Es blieb aber noch zu erforschen, ob sie auch in den extrem trockensten Böden der Sahara vorkommen und ob sie auch dort ein aktives Leben entfalten können.

Durch diese und die früheren Überlegungen erwuchs uns klar die hauptsächlichste Aufgabe und der wichtigste Zweck unserer Forschungen. Es war uns vor allem darum zu tun, um mit den Mitteln der modernen biologischen Forschungsrichtung nachweisen zu können, ob diese extrem trockenen Wüstenböden überhaupt Mikroorganismen verschiedener Gattungen enthalten und ob diese dort ein aktives Leben entfalten können. Diese Fragestellung konnte sich natürlich nicht auf den bloßen Nachweis des Vorkommens und der Aktivität dieser Mikroorganismen beschränken. Das Mikrobenleben wird ja mit einer Reihe von biodynamischen Folgeerscheinungen begleitet, die ebenfalls und gebührend beachtet werden müssen. Nachdem wir darüber klar geworden sind, daß die lebendige Substanz des Bodens bei ihrem dynamischen Stoffkreislauf eine primäre und ausschlag-



gebende Rolle spielt, so mußten wir folgerichtig auch den Boden selbst als einen Lebensraum, als einen „Biotop“ auffassen, der zwischen jenen Grenzen, die durch seine physikalisch-chemischen Konstitutionsbedingungen vorgezogen werden, seine dynamische Lebenstätigkeit entfaltet und somit ein, in der Zeit und in dem Raume veränderliches biodynamisches System darzustellen vermag. Da die Lebenserscheinungen des Bodens auch seinen chemisch-physikalischen Aufbau ununterbrochen ändern und umformen, so ist es klar, daß wir uns dazu entschließen mußten, auch die wichtigsten biochemischen und biophysikalischen Komponenten des Bodenlebens als eine, mit dem Mikrobenleben eng zusammenhängende, komplexe Erscheinung zu untersuchen.

Wenn wir uns jetzt die Frage stellen, welche Energiequellen die gesamten biodynamischen Änderungen des Lebensraumes des Bodens beeinflussen, so werden wir neben seinem organischen und anorganischen Nährstoffgehalt unwillkürlich auf die wichtigsten Biofaktoren des Bodenlebens: auf die Wärme- und Lichtenergie der Sonne und auf den Wassergehalt des Bodens zurückkommen müssen. Wir müssen also logischerweise den Boden mit allen seinen biologischen, biochemischen und biophysikalischen Eigenschaften als ein lebendes Gebilde der komplexen Einwirkung der veränderlichen Klimaelemente auffassen. Durch diese Überlegung war daher der Zweck und das Ziel unserer Forschungen: die biodynamische Untersuchung der Wüstenböden, als natürlicher Lebensraum in ihrer Abhängigkeit von den Klimaelementen, gegeben. Da die Lebensgemeinschaften des Bodens ihrerseits mit der oberirdischen Pflanzendecke unzertrennbar verbunden sind, so waren wir dabei natürlich auch bestrebt, durch die Erfassung der oberirdischen Pflanzendecke auch die unumgänglich notwendigen, standörtlichen Merkmale unserer Untersuchungsgebiete, wenigstens im großen und ganzen, zu untersuchen.

## II. *Kurze Geschichte der Forschungsarbeiten.\*)*

Da der Zweck und das Ziel der Expedition auch darin bestand, möglichst die verschiedensten Typen der Wüstenböden der Sahara und den Einfluß der Klimafaktoren näher zu untersuchen, so wurde es uns klar, daß wir die Vollständigkeit unserer Forschungen nur dann erreichen können, wenn wir möglichst einen vollen Längsschnitt durch das gesamte Gebiet der eigentlichen Sahararegion vom Norden bis nach dem Süden bearbeiten können. Zunächst haben wir nur das eigentliche Wüstengebiet der Sahara als Gegenstand unserer Forschungen gewählt. Später entschlossen wir uns auch dazu, um die Einwirkung des Klimas auf die dynamischen

\*) Bezüglich der allgemeinen Charakterisierung des Arbeitsgebietes und der Sahara überhaupt stellte ich die wichtigsten geographischen, geologischen, geschichtlichen und ethnographischen Angaben in dem Anhang dieses Berichtes zusammen. (Siehe Seite 284.)



Tabelle I.  
Die Entfernungen des Reiseweges.  
(Siehe die Abbildungen 1—73.)

	Kilometer	Meter über dem Meeresspiegel
Alger—Mascara	380	20—583
Mascara—Ain-Sefra	320	583—1075
Die Abweichung nach Géryville	120	—
Ain-Sefra—Beni-Ounif	122	1075—826
Beni-Ounif—Colomb-Béchar	200	826—759
Colomb-Béchar—Beni-Abbés	249	759—493
Beni-Abbés—Adrar	413	493—283
Adrar—Sba—Adrar	80	—
Adrar—Aoulef-el-Arab	176	283—274
Aoulef-el-Arab—In-Sallah	170	274—275
In-Salah—Arak	295	275—576
Arak—Tamanrasset	430	576—1420
Tamanrasset—In-Guezzam	416	1420—411
In-Guezzam—Agadez	510	411—524
Agadez—Oued-Izeqrine—Agadez	100	—
Agadez—In-Guezzam	510	534—410
In-Guezzam—Tamanrasset	416	410—1420
Tamanrasset—Arak	430	1420—576
Arak—In-Sallah	295	576—275
In-Sallah—El-Golea	420	275—377
El-Golea—Ghardaia	320	377—593
Ghardaia—Laghouat	205	593—751
Laghouat—Boghari	250	751—845
Boghari—Alger	150	845—20
Zusammen 6977 Km		
rund 7000 km.		

Lebensvorgänge der Wüstenböden vergleichend studieren zu können, auch die Sahelgebiete<sup>1)</sup> und auch die anschließenden Steppen und Savannengebiete des subtropischen Südens zu untersuchen. Infolge dieser Zielsetzung hat

<sup>1)</sup> „Sahel“ der arabische Name des Übergangsgebietes zwischen Wüste und Steppe (Halbwüste).



die Route der Expedition ein Gebiet durchquert, das ungefähr von dem 36. Breitengrad sich bis zum 16. Breitengrad erstreckte. Wir haben also die drei Ketten des Saharaatlas und die algerischen Hochebenen in südlicher Richtung passiert und sodann in der Richtung Beni-Ounif, Colomb-Bechar, Beni-Abbés, Adrar, also auf dem Rande der großen westlichen Sandwüste, weiter durch das Tidikelt-Plateau die Oase In-Salah erreicht. Nach In-Salah wurde die unmittelbare Route über dem Ahaggar nach den Savannen bei Agadez gewählt. Die Rückkehr erfolgte auf dem gleichen Wege, nur mit dem Unterschiede, daß von In-Salah ausgehend die kürzere Route über das Tademait-Plateau, bzw. über die Oasen El-Golea, Ghardaia und Laghouat, auf der engen Passage zwischen der großen östlichen (der Zemoul-el-Akbar) und zwischen der westlichen Sandwüste bei der Oase El-Golea, befolgt wurde.

Die verhältnismäßig beträchtlichen Geldmittel, die zu der Ausrüstung und Durchführung der Expedition notwendig waren, wurden uns vom Generalgouvernement Alger, weiter von der französischen Kolonialakademie und von der Französischen Akademie der Wissenschaften zur Verfügung gestellt. Der Expeditionswagen, ein erprobter und sehr leistungsfähiger Wüstenkraftwagen (Marke Laffly) mit seinem erfahrenen Lenker *Lumeau*, der die Sahara mit seinem Wagen schon öfters bereiste, wurde uns ebenfalls von dem Generalgouvernement zur Verfügung gestellt. Da angesichts der großen Entfernungen und der umfassenden Arbeiten der Expedition die bereitgestellten Geldmittel doch etwas beschränkt waren, so mußte die Anzahl der Teilnehmer auf ein Mindestmaß reduziert werden. Außer dem Verfasser und Professor *Killian*, haben an der Forschungsreise nur der langjährige und verdiente Laborant des Soproner Instituts *Karl Döme*, weiters der bereits erwähnte Lenker *Charles Lumeau* und ein eingeborener, ein negroid-arabischer Diener *Mohamed* teilgenommen. Der letztere hätte auch die Agenden des Koches versehen müssen. Da unsere Hoffnungen in dieser Richtung nicht in Erfüllung gingen, so blieb uns nichts anderes übrig, als *Döme* diese Aufgabe zu übertragen, der trotz seiner anderweitigen Beschäftigung auch in dieser Hinsicht wertvolle Dienste leistete. Die Verpflegung beschränkte sich hauptsächlich auf Konservenmilch, Gries, Reis, Kakao, Zucker, Dörrgemüse, Zwieback und Brot, das aus mitgebrachtem Mehl an den einzelnen Militärstationen gebacken wurde, weiters aus Fleischkonserven, Tee und verschiedenen, eingemachten und konservierten Obstsorten. Frisches Gemüse konnte man nur in den Oasen erhalten. Kartoffeln mußten wir auch selbst mitführen. Die Fleischkonserven haben — leider — südlich des Wendekreises des Krebses infolge der dort aufgetretenen großen Hitze versagt, so daß wir auf dem größten Teil unserer Expedition — da frisches Fleisch nur selten aufzutreiben war — fleischlos leben mußten. Alkoholische Getränke wurden, mit Ausnahme des kleinen Vorrates in unserer Feldapotheke, grundsätzlich nicht mitgenommen.



Mit besonderer Sorgfalt wurde die wissenschaftliche Ausrüstung vorbereitet. Wir mußten ein mobiles Feldlaboratorium mitnehmen, dessen Gewicht ziemlich hoch bemessen werden mußte. Wir nahmen zunächst einen Trockensterilisator und einen Dampfsterilisator mit, dann Mikroskope, Petrischalen, Reagenzgläser, Destillierapparat, zwei Waagen und sonstige Rüstzeuge des mikrobiologischen Laboratoriums. Die Gelatinenährböden mußten, mit Rücksicht auf die zu erwartenden großen Hitzegrade, schon im vorhinein ausgeschaltet werden. Wir haben daher nur Agarnährböden, die sehr gut durchhielten, verwendet. Ein großer Teil der Nährböden wurde im fertigen Zustand mitgenommen, so daß an den einzelnen Stationen nur eine nachträgliche Sterilisation notwendig wurde. Wir nahmen auch eine kolorimetrische Apparatur für die Bestimmung der pH-Werte, weiter zwei *Lundegard*'sche Apparate, für die Messung der Bodenatmung, mit dem übrigen Zubehör mit. Die Verpackung und der Transport hatten natürlich eine sorgfältige und in allen Details durchgedachte Vorbereitung erfordert. Wir haben dies alles mit glücklicher Hand gelöst, so daß auf diesem Gebiete keine Störungen vorgekommen sind. Nur die Photozelleneinrichtung (Tungsram-Selenphotozelle), die wir zur Messung der Lichtintensität verwendet haben, ging dann im Süden infolge der großen Hitzegrade zugrunde. Das Galvanometer hielt jedoch ausgezeichnet durch.

Die Expedition fuhr ohne jede militärische Bedeckung und auch ohne ernste Bewaffnung.<sup>2)</sup> Die politischen Verhältnisse des Arbeitsgebietes waren in diesen Jahren derart geklärt, daß die freie und ungestörte Fahrt und Arbeit von den Behörden, auch ohne militärische Hilfe, verantwortet werden konnte. In dieser Hinsicht können wir ruhig behaupten, daß unsere Expedition ohne die geringste Störung oder Hindernisse durchgeführt werden konnte.

Der Wagen und der Motor hielten ganz ausgezeichnet aus. Gummireifen haben wir nur zweimal wechseln müssen. In Anbetracht der zurückgelegten Entfernungen (rund 7000 km), war das natürlich eine ausgezeichnete Leistung. Die Verkehrswege der Sahara sind nur notdürftig hergerichtet. Der Verkehr selbst wird durch kurzweilige Radiostationen, die in den einzelnen Stationen, bzw. Oasen eingerichtet wurden, gesichert. Die Kraftwagen werden daher, falls sie auf den angezeigten Termin nicht eintreffen, aufgesucht und abgeholt.

Wasser muß natürlich in genügender Menge mitgenommen werden. Mit diesem wichtigen Lebenselement des Wüstenverkehrs, das auch für die Kühlung des Motors verwendet wird, mußte sorgfältig gespart werden.

Nur zweimal erlitten wir Achsenbrüche, die jedoch durch unseren geschickten Lenker *LumEAU*, der auch ein ausgezeichneter Maschinenschlosser

<sup>2)</sup> Die mitgebrachten Gewehre: eine Schrotflinte und ein ausgedientes französisches Militärgewehr besaßen in dieser Hinsicht keine ernste Bedeutung.



war, in kurzer Zeit behoben werden konnten, und nur einmal haben wir, auf der Rückkehr, einen Kolbenbruch des Motors erlebt, den *Lumeau* ebenfalls, trotz der starken Hitze, erfolgreich repariert hat. Kleinere Defekte (Aussetzen der Kerzen, Verstopfen der Leitungen usw.), die bei einer derart ausgedehnten Fahrt unerlässlich sind, möchte ich hier nicht vermerken. Der geschickten Führung *Lumeaus*, die ja bei der großen Hitze und bei den schlechten Wegen große Anstrengungen forderte, verdanken wir sehr viel.

Die Reise und Arbeit der Expedition war keine leichte Aufgabe. Namentlich später, als die Temperatur in den Mittagsstunden fast ständig über 40 °C stieg, war Reise und Arbeit sehr anstrengend und sowohl physisch wie seelisch sehr erschöpfend gewesen. Besonders schwer war es, den Wagen aus dem Sand zu befreien. Derartige Fälle sind oft vorgekommen. Bei diesen Fällen mußten wir die ungefähr 3 m lange und schwere Eisenröhre, die mitgenommen wurde, zunächst unter die hinteren Räder des Wagens schieben und dann diese schwere Last dem befreien und inzwischen vorgefahrenen Wagen nachschleppen. Die größte Sorge machte die Kühlung des Motors. Später, wo die Hitze erheblich gestiegen ist, war die Fahrt beim Rückenwind einfach unmöglich gewesen. Nur bei guter Kühlung fallweise eingetretener Gegenwinde, konnten wir auch in den Mittagsstunden fahren. Später wurde die Reise auf die frühen Morgenstunden und auf die Dämmerung und Abendzeit beschränkt.

Besonders schwierig war die Bodenatmungsmessung im Freien. Sie konnte jedoch mit gutem Erfolg durchgeführt werden, und nur später, als das Dichtungsmaterial der Apparate verflüssigte, mußten wir von der Messung in den heißen Mittagsstunden absehen. Die Arbeit der Expedition war — wie schon erwähnt wurde — anstrengend, aber trotz allem sehr schön, erhaben und lehrreich gewesen. Die Teilnehmer der Expedition haben sich gegenseitig kennen und schätzen gelernt, sie haben sich immer, im Schlechten und im Guten in anhänglicher Kameradschaft ausgeholfen und unterstützt und sie schieden am Ende als gute Kameraden und Mitarbeiter mit dem Andenken einer schönen, arbeits- und erfolgreichen Forschungsreise voneinander.

Wir verließen am 25. Februar 1936, um 6 Uhr früh, Alger. Am gleichen Tage abends wurde die Stadt Mascara auf dem Hochplateau erreicht. Am anderen Morgen legten wir den Weg Mascara—Ain-Sefra (1075 m ü. d. M.) bei schlechtem Schneewetter mit Temperaturen etwas unter 0° zurück, und am 27. Februar wurde Beni-Ounif erreicht. Die Überquerung der letzten Atlaskette und die Ersteigung der Paßhöhe von Beni-Ounif, knapp oberhalb des Quellengebietes des Oued-Zousfana, geschah teilweise bei Schneesturm und bei eiskaltem Nordwind.

In Beni-Ounif wurden unsere Vorräte und die wissenschaftliche Aus-



rüstung aus den Beständen der unter der Direktion von Prof. *Killian* stehenden biologischen Wüstenstation der Universität Alger ergänzt. Am 28. Februar nachmittags fuhren wir dann bei klarem Frühlingswetter nach der großen Oase Colomb-Bechar weiter, die nach glatter Fahrt noch vor der Abenddämmerung erreicht wurde. Hier blieben wir, um vor dem Betreten des eigentlichen Wüstengebietes die vorgeschriebenen Formalitäten erledigen zu können, bis 29. Februar.

Die Weiterreise wurde dann am 1. März in den frühen Morgenstunden angetreten. Bei sonnenklarem Wetter fuhren wir zunächst über das trostlose, düstere Arlal-Gebirge, wo in den späten Morgenstunden auf der Paßhöhe von Menrouar General *Clavery* am 8. Dezember 1928 von den aufständischen Berbern mit seinen Begleitern überfallen und getötet wurde.

Bei hellem Sonnenschein erreichten wir dann das rechtseitige Ufer des Sandbettes des Oued-Zousfana und kamen wir hart an den westlichen großen Dünen der Sandwüste „Zousfana“ vorbei, deren mächtige, in vielen Farben schimmernden Sandberge unseren Augen einen selten schönen Anblick boten.

Gegen Mittag wurde das Tal des, aus dem marokkanischen Atlas kommenden Oued-Guir und seine Mündung in den Oued-Zousfana bei der kleinen, hart an den mächtigen Sanddünen liegenden Oase Igli erreicht.

Von hier ging dann die Fahrt am rechten Ufer des aus dem Zusammenschmelzen der trockenen Flußbetten des Oued-Guir und Oued-Zousfana gebildeten Oued-Saura, am SW-Rand des großen westlichen Erg, bis zu der Oase Beni-Abbés weiter, die noch in den Nachmittagsstunden erreicht werden konnte.

Die Temperatur stieg inzwischen erheblich. Wir maßen zu Mittag bereits 34° C im Schatten. In kaum drei Tagen hatten wir einen Temperaturunterschied von fast 40° C erlebt.

Am 2. März wurde vor unserer Abreise von der meteorologischen Anstalt in Alger radiotelegraphisch Sandsturm vorausgesagt. Wir fuhren bei klarem Wetter nach Süden. Der Weg führt quer über die felsigen, mit schwacher Vegetation von Gräsern und Akazien bedeckten, in das sandige Tal der Oued-Saura mündenden Täler des Djebel-Tabelbala, hart am SW-Rande des westlichen Erg vorbei und führt später am rechten Ufer des Oued-Saura vorbei, der hier die großen Sandberge des westlichen Erg von den niedrigen Dünen des Erg-Raoui trennt.

Der vorausgesagte und erwartete Sturm setzte sich hier gegen Mittag mit voller Stärke ein. Nach Verlassen der kleinen Station Fom-Kheneg bekamen wir einen Achsenbruch, der erst nach Abflauen des Sturmes, in der Nacht behoben werden konnte. Wir bezogen hier unser erstes Feldlager bei sternenklarem Nachthimmel und Windstille.

Der Südsturm setzte sich am anderen Tage schon in den frühen Mor-



genstunden mit voller Stärke wieder ein. Da jedoch der Motor bei dem starken Gegenwind ausreichende Kühlung hatte, fuhren wir trotz dem Sandsturm weiter und kamen gegen Mittag in der großen mittelsaharischen Oase Adrar an.

In Adrar, der inmitten einer Reihe von fruchtbaren Oasen des Touat-Gebietes liegt und mit seiner großen Festung einen wichtigen militärischen und verwaltungstechnischen Mittelpunkt bildet, wurde zunächst unser mobiles Feldlaboratorium in den Räumen des Eingeborenenspitals eingerichtet, und wir schlugen sodann etwas östlich, in der Lehmwüste der Umgebung der Oase auch unsere Station zur Messung der Bodenatmung auf. Wir besuchten inzwischen auch die ausgedehnten Nitratsfelder bei der Oase Sba, wo ebenfalls Messungen und Aufnahmen durchgeführt wurden. Durch die günstige Wetterlage (klares Wetter, mit mäßiger Erwärmung; in den Mittagsstunden bis 24—26 °C) wurden unsere Arbeiten und Beobachtungen recht begünstigt. Hier erfolgten auch die ersten mikroskopischen Untersuchungen mit der Cholodny-Rossi Methode.

Die Weiterreise wurde am 10. März angetreten. Der Weg führte östlich der Touat-Oasen in südwestlicher Richtung auf dem harten Reg-Boden der westlichen Ausläufer des Tidikelt-Plateaus nach der Oase Aoulef-el-Arab. Während der Fahrt wurde eine Reihe von kleineren Versuchsflächen bearbeitet. Von Colomb-Bechar bis Adrar folgten wir der großen Route der fahrplanmäßig verkehrenden Kourierwagen der Compagnie Transsaharienne, die von hier nach Süden in der Richtung Reggan, Quallen und Bidon 5. führt, und die große, wilde, fast völlig wasserlose Steinwüste Tanezrouft in der Richtung Gao—Timbuktu durchquert. Die Station Bidon 5. liegt etwa 500 km südlich von Adrar in dem großen Tanezrouft. Sie besitzt einen 30 m hohen Leuchtturm. Wasser wird von Reggan aus hingeführt, da das Grundwasser hier sehr tief liegt, und somit vorläufig kein Brunnen gebohrt werden konnte. Den Namen Bidon 5. erhielt sie damals, als bei der ersten Überquerung des Tanezrouft die Mission jede 100 km mit einer Benzinkanne (Bidon) bezeichnete. Bidon 5. liegt ungefähr in der Hälfte des Weges zwischen Adrar und Gao.

Von Adrar fuhren wir dann quer auf dem neuen Verbindungsweg nach In-Salah, wo wir die zweite große transsaharische Verkehrslinie Alger—Biskra—El-Golea—In-Salah—Hoggar—Agadez—Fort-Lamy—Kano erreichten.

Die Oase Aoulef-el-Arab, deren gut ausgerüsteter Flugplatz auf der Linie Brazaville—Oran liegt, wurde in den Mittagsstunden bei erheblicher Hitze erreicht (bis 38 °C im Schatten). Wir nahmen Quartier in dem kleinen Bordj und fuhren am 11. März weiter nach In-Salah. Nach einigen steilen Kurven erreicht der Weg, der die im Sande des Erg Chech liegende Oase Tit an der rechten Hand läßt, bald die Höhe des Tidikelt-Plateaus. Wir



fuhren hier durch das tote Reich der fossilen Hölzer der Hochfläche von Tidikelt. Nicht nur kleine Stücke, sondern auch große, 8—12 m lange, mächtige Stämme mit 40—50 cm Durchmesser sind hier, auch ganz nahe zum Weg, sehr oft zu finden. Sie zeigen alle Stufen der Versteinerung, die sich hier unberührt erhalten konnten. Wir bearbeiteten auch hier eine Reihe von kleineren Versuchsflächen.

Bezüglich dem Ursprung der fossilen Hölzer nimmt man heute an, daß aller Wahrscheinlichkeit nach das große Binnenmeer, das die Niederung von Taoudeni in der Kreide bedeckte, sich bis zu dem Tidikelt-Plateau erstreckte, wo sich eine typische Savannenlandschaft mit Baumwuchs entwickeln konnte. Durch plötzlich eingetretenen Klimawechsel starben die oft mächtigen Baumriesen in verhältnismäßig kurzer Zeit. Das trockene Wüstenklima verhinderte dann ihre weitere Zersetzung und der alles bedeckende Sand und Wüstenstaub vollendete dann ihre Versteinerung.

Die Meilensteine und Wegweiser von Aoulef-el-Arab bis über In-Salah hinaus, sind größtenteils fossile Baumstücke. Nach den Angaben von *Savornin*, der sich als erster mit ihnen beschäftigte, dürften sie artenmäßig der Gattung *Sequoia* nahe stehen. Ihre exakte Artbestimmung wurde jedoch bis jetzt nicht durchgeführt. Da wir unterwegs — leider — wieder einen Achsenbruch hatten, so kamen wir erst im Laufe der späten Nachmittagsstunden an den Nordrand der sandigen Rhaba-Region, deren niedrigen Dünen den Weg an manchen Stellen erreichen und oft unliebsame Hindernisse bildeten. Erst gegen 9 Uhr abends fuhren wir bei dem grellen Licht unseres Scheinwerfers, am nördlichen Haupttor, in die große, mittelsahari-sche Festung der Oase In-Salah ein.

Wir bekamen hier bequemes Quartier und gute Räume zur Aufstellung unseres mobilen Laboratoriums, wo dann wir einige der schönsten und erfolgreichsten Tage der Expedition erlebten. Wir bearbeiteten unter anderen auch unsere großen Versuchsflächen in der großen Oase, an den großen Dünen der Sandwüste Rhaba, die stellenweise mit ihren Sandbergen schon an einigen Stellen auch in die Kulturen der Oase eindringt. Einige kleinere Dünen bestürmen auch sogar den Nordwall der Festung, so daß sie ständig, recht mühevoll, abgeräumt werden müssen.

Wir bearbeiteten auch die Gipsfelder in der Nähe der Oase. Gips wird hier in Öfen gebrannt.

Die Temperatur hat inzwischen erheblich zugenommen. In den Mittagsstunden mußten wir auch die Bodenatmungsmessungen einstellen. Besonders heiß war das Laboratorium namentlich dann, wenn die Destillier- und die Sterilisierungsapparate mit ihren mächtigen Primusbrennern betätigt wurden. Trotzdem gelang es uns, steril und erfolgreich zu arbeiten. Für die indirekte Artbestimmung wurden die Kulturen nach Alger, bzw. Sopron



gesandt. Wo es möglich war, mit der Luftpost, die ab El-Golea fahrplanmäßig verkehrte. Bis da gingen sie mit dem Kurierwagen.

Die Tage waren meistens klar und wolkenlos. Aus dem sich immer mehr erwärmenden Zentralbecken der Sahara kommenden kleineren Sandstürme traten jedoch oft auf, ohne unsere Arbeiten ernsthaft stören zu können. Sie begannen meistens bei wolkenlosem Himmel und nach fast völliger Windstille in den Vormittagsstunden und flauten bereits in den frühen Nachmittagsstunden ab. Die Nächte waren meistens still. Von den braunen, aus Lehm gestampften, Außenwällen der Festung eröffnete sich in den Abends- und Morgenstunden ein herrlicher Ausblick nach Norden, auf die steilen Wände des Tademait-Plateaus, nach Westen auf die Sandwüste Rhaba und nach Südosten auf das Djebel Mouydir und auf die ferneren hohen Berge des Ifetessene-Gebirges, die bereits beide zu dem Gebirgssystem des Ahaggars gehören.

In In-Salah wurde auch unsere Ausrüstung umgruppiert, um den schwerbeladenen Wagen etwas erleichtern zu können. Auf Grund der bisher gesammelten Erfahrungen gelang es dann einige Doppelzentner unserer Ausrüstung und Verpflegung hier zurückzulassen.

Am 19. März traten wir die Weiterreise an. Am 18. März begegneten wir noch General *Meynier*, einem der erfolgreichsten Kolonisatoren Frankreichs und dem Förderer unserer Forschungen. Am 19. März verabschiedeten wir uns von ihm bei unserer Abreise. Er kam aus dem französischen Äquatorial-Afrika und fuhr nach Alger nach dem Norden und wir in verkehrter Richtung nach dem Süden.

Die Fahrt war ziemlich schwierig. Der Weg führte hart am Ostrande des Erg Rhaba vorüber, der die Senken und Mulden stellenweise beträchtlich mit Sand verdeckt. In den frühen, kühlen Morgenstunden ging noch die Fahrt. Die Sandkörner hielten bei der Kühle fester zusammen. Mit der zunehmenden Wärme wurde aber ihr Gefüge immer lockerer, so daß der Wagen oft versank und stehen geblieben ist. Wir hatten dabei zum Überfluß auch Rückenwind, so daß auch die Kühlung mangelhaft wurde. Wir hatten bei der großen Hitze schwer und mühsam, schweißtriefend arbeiten müssen, um den Wagen immer und immer wieder aus dem Sand zu befreien.

Erst am harten Steinboden (Reg) am Fuße des Djebel-Azza wurde die Lage besser. Hier begegneten wir auch dem aus dem Süden kommenden Kurierwagen der Linie Kano—Alger. Nachmittags kreuzten wir das ziemlich vegetationsreiche Flußbett des aus dem Djebel-Mouydir kommenden Oued-Botha und fuhren dann bei der Quelle Hassi-Kheneg vorüber. Hier biegt der Weg nach Südosten ab und folgt dem Tal des ebenfalls ziemlich vegetationsreichen Oued-Takoula, das mitten hinein in das Vorgebirge des Ahaggars führt. Bald wird das Tal enger, wir passieren das Nordtor



des Ahaggars zwischen den Bergrücken des Djebel-Ounougouff und des Djebel-Abakkar.

Hier erreichte uns der Abend und wir schlugen unser Feldlager am Fuße des Djebel-Setaff, unweit der Quelle Hassi-In-Takoula auf. Nach einer unvergeßlich schönen, mondhellen Nacht fuhren wir noch vor Sonnenaufgang weiter in das Ahaggar-Gebirge hinein. Bald sprangen die ersten Berggazellen, vom Motorgeräusch aufgeweckt, auf. Bei der kühlen Gebirgsluft ging die Fahrt, die nur zwecks Bearbeitung der Versuchsflächen unterbrochen wurde, flott weiter.

Wir passierten das steinig-sandige, recht vegetationsreiche Flußbett des Oued Keo-Kedda und fuhren bei dem kleinen Bordj-Tadjemout vorüber. Hier sahen wir die letzten, wahrscheinlich künstlich eingepflanzten Dattelpalmen im Hoggar. Der Weg bohrt sich bald zwischen den steilen, wilden Felsenwänden des Oued-Arak in das Tintejert-Gebirge hinein, um das Bordj Arak (nach dem berühmten Saharaforscher auch als Bordj Flammand genannt), das bereits 576 m ü. d. M. liegt, zu erreichen.

Hier hielten wir Mittagsruhe und fuhren bald weiter. Das Arak-Tal ist ziemlich feucht, da es fast jährlich Regen bekommt. In der Talenge sind Überschwemmungen und Hochwasser nicht selten. Als Folge davon ist hier ein kleiner Sumpf mit *Typha elephantina* entstanden. In dem warmen, feuchten Tal trat uns auch erstmalig die, giftige Milchsaft enthaltende tropische Holzpflanze: *Calotropis procera* entgegen. In der heißen, schwülen Nachmittagsluft des sich immer mehr verengenden Arak-Tales fuhren wir dann weiter. Im steilen Kurven folgt der Weg, dessen Flußübergänge nur notdürftig ausgebaut sind, dem immer mehr aufsteigenden Arak-Tal und führt über Felsen und wilden, aber nicht vegetationslosen Schluchten vorüber, um in cca 800 m ü. d. M. das Quellengebiet des Oued-Arak und die Wasserscheide zwischen den Oued-Arak und Oued-Afisfes, bzw. dem Oued-Amsir zu erreichen. Die vegetationsreichen Täler werden von nomaden Touareg mit ihren Kamel- und Ziegenherden fleißig besucht und beweidet.

Wir fuhren über die felsig-sandige Hochfläche der Wasserscheide bei der herrlichen Farbenpracht, der immer tiefer sinkenden Nachmittags-sonne nach Süd-Ost weiter. Bald wurde das Tiselline-Gebirge im Tale des Oued-Afisfes überquert. Wir passierten das breite, sandige, mit großen dahingeschleppten Felsen besäte Flußbett des Oued-Tintejert und erblickten bald in der östlichen Ferne die, von der Abendsonne märchenhaft schön beleuchteten, Bergriesen des Tefedest-Gebirges, an dessen steilen Ostwänden das, von der höchsten Bergkette des Ahaggars, von der Atakor, nach dem großen östlichen Erg, dem Zemoul-el-Akbar, führende breite, mächtige Flußbett des Oued-Irharhar vorbeizieht.

Wir schlugen unser, freies Nachtlager zwischen den im weichen Sand



gebetteten Felsen des Westhanges des fast 1400 m hohen Felsengebirges: Adrar-Siledrar ungefähr 900 m ü. d. M. auf.

In weihenvoller Stille spannte sich der, mit einer bisher nicht gesehnen Sternpracht besäte, dunkle Himmelsbogen der kristallklaren Wüsten- nacht über unsere müden Köpfe. In den ersten Stunden nach Mitternacht standen wir still auf und erblickten bei dem tiefstehenden Mondsichel zum erstenmale das prachtvolle Sternbild, das „südliche Kreuz“, an dem südlichen Horizont.

Bei der frischen Morgenkühle der klaren Gebirgsluft des Ahaggars fuhren wir am 21. März nach In-Eker weiter. Wir nahmen eine Versuchsfläche nach der anderen auf und vergruben unsere ersten Cholodny-Platten in den sandigen, ziemlich vegetationsreichen (vornehmlich Gräser!) Flußbett des Oued-Sersouf. Später nahm aber die Hitze erheblich zu. Die Kühlung begann wieder öfters auszusetzen, so daß wir bis Fort-Ineker 10—12-mal halten und den Wagen gegen den Wind drehen mußten um das Kühlwasser des Motors entsprechend abkühlen zu können.

Gegen Mittag wurde das kleine Bordj In-Eker, am Fuße des fast 1300 m hohen felsigen Adrar-Taurirt, erreicht. Hier zweigt der Weg nach NO nach Fort-Flatters und weiter quer über dem Sandmeer des Erg Zemoul-el-Akbar nach der großen Oase und Verwaltungszentrale Ouargla ab.

Wir bearbeiteten hier das vegetationsreiche, mit vielen Tamarisken und Acacien bewachsene Sandbett des aus dem, hier schon recht nahe liegenden, Tedefest-Gebirge kommenden Oued-Abezzou.

In den ersten Nachmittagstunden fuhren wir dann weiter. Kaum 10 km hinter In-Eker erblickten wir in der Ferne die, von hier kaum 80—100 km südlich liegende, in NO-Richtung ziehende, höchste Gebirgskette des Ahaggars, den Atakor, mit seinen zahlreichen spitzen und stumpfen, erloschenen Basalt- und Andesit-Vulkankegeln, darunter mit dem 2910 m hohen, spitzgeformten Pic-Ilamane, dem stumpfen, 3000 m hohen Tahat und dem 2784 m hohen Asekrem.

Dann ging die Fahrt in steilen Kurven in den felsigen Tälern des Ahaggars im Reiche der Touareg weiter und wir passierten bald die kleine, aber recht fruchtbare Siedlung In-Amedjel in dem wasserreichen Tal des Oued-Amekenni. Bei der Quelle Tekch-Oulli schlugen wir unser Nachtlager auf und fuhren am 22. März vor Sonnenaufgang weiter. In einem von *Callotropis procera* bewachsenen Tale des Oued Ani-Akli erblickten wir nochmals die von den Strahlen der aufgehenden Sonne beleuchteten Spitzen des Atakors. Dann fuhren wir bei der bereits 1127 m ü. d. M. liegende Oase Tit vorbei, wo am 7. Mai 1902 die Touareg von der, unter dem Kommando von Leutnant *Cotonest* stehenden, kleinen, militärischen Gruppe entscheidend geschlagen wurden. Diese Schlacht entschied dann das Schicksal des Ahaggars. Bei Tit zweigt eine Nebenstraße SW nach Kidal und



nach dem Adrar des Iforas-Gebirges, nach dem Siedlungsgebiet des „Iforas“-Stammes der Touareg ab. Die Hauptstraße wendet sich dagegen nach Osten und klettert im steilen Kurven auf die Hochebene von Tamanrasset, die bereits 1420 m ü. d. M. liegt. Wir trafen unterwegs zwei große Herden von wilden Eseln, die hier nicht selten sind. Araber und Touareg benützen sie oft zur Blutauffrischung ihrer Eselzuchten.

Wir erreichten die Oase Tamanrasset, die eines der wichtigsten Verkehrs- und Verwaltungszentren des Ahaggars bildet, in den Mittagsstunden. Freudig begrüßten wir hier die schönen, künstlich angepflanzten Robinien, die sorgfältig gepflegt werden. Wir richteten unser Feldlaboratorium in den großen, uns zugewiesenen Räumen des inneren Forts ein, wohnten aber selbst in den bequemen Gastzimmern der großen meteorologischen Station „Jules Carde“ der Universität Alger, die neben ihren zeitgemäß eingerichteten Anlagen und Laboratorien auch einen eigenen Kurzwellensender besitzt.

In der klaren Gebirgsluft der Hochebene gingen unsere Arbeiten glatt und störungslos weiter. Auf der Hochfläche von Tamanrasset öffnete sich ein herrlicher Ausblick nach Norden, auf den kaum 50—60 Km weit liegenden höchsten Gebirgszug des Ahaggars, auf den Atakor mit dem Pic-Ilaman, mit dem Tahat und mit dem Asekrem.

Nach Osten erhebt sich der Mont-Adriane und weiter die steilen, über 2000 m hohen Bergspitzen des Djebel-Haggerene, die vom Tamanrasset selbst durch das ziemlich vegetationsreiche, breite Flußbett des Oued Tamanrasset getrennt werden.

Tamanrasset ist der Sitz des feudalen Oberhauptes des Touaregstammes „Ahaggar“,<sup>3)</sup> des „Amenokals“. In unserer Zeit hat diese Würde Akhamouk-Ag-Hemma bekleidet.

Der Name „Tuareg“ ist eigentlich die Mehrzahl der Bezeichnung „Targui“, wie die Angehörigen dieses stolzen Nomadenvolkes richtig heißen. Die hamitischen Ureinwohner der Gebirgsländer des Ahaggars gliedern sich, je nach den von ihnen bewohnten Gebirgen, in vier Stämme: Adjer (oder Ajjer), Iforas, Ahaggar und Air, die alle ihren eigenen Amenokalen unterstellt sind. Die später erst in VII—VIII. Jahrhundert n. Ch. eingewanderten semitischen Araber bewohnen dagegen die Steppen und die Sandwüsten. Sie heißen „Chamba“ und werden von den Stämmen Beni-Zoghba, Beni-Hilail und Beni-Soleim abgeleitet.

Der Einfluß der Touareg reicht nach dem Norden bis zu den Oasen Adrar, In-Salah und bis Ghadames an der tripolitanischen Grenze und nach dem Süden bis zu der Linie des Niger und bis Timbuktu, der früher einmal

<sup>3)</sup> Die Bezeichnung Hoggar ist arabisch. Ahaggar ist der richtige, traditionelle Touaregname. Die Touareg nennen sich auch „Imorhar“ und ihre Sprache ist die uralte Tamascheksprache. (Spreche: „Tamaschek“ aus.)



ebenfalls in ihrem Besitze war. Ihre Unterwerfung begann mit der Schlacht bei Tit im Jahre 1902, konnte aber erst in den Jahren 1916—1918 durch den berühmten Kolonisator, General *Laperrine*, beendet werden.

Auf dem Gebiete ihrer seelischen Befriedigung hat das meiste der frühere Kavallerieoffizier, Vicomte *Foucauld*, der später in den Orden der „weißen Väter“ (*Pères blancs*) eingetreten ist, getan. Ihm verdanken wir auch vieles auf dem Gebiete der erstmaligen, bahnbrechenden, ökologischen, meteorologischen und geographischen Erschließung der inneren Teile des Hoggar-Gebietes.

Während des Weltkrieges wurden die Touareg von den Senoussi der benachbarten lybischen Wüsten, deren Einfluß noch immer nicht erloschen ist, zu einer hellen Revolte aufgewiegelt, der im Dezember 1916 auch *Foucauld*, der im Tamanrasset in seiner Eremitenwohnung ermordet wurde, zum Opfer fiel.

Er ist mit General *Laperrine*, der im Jahre 1918 bei einer Dienstreise anläßlich einer Notlandung, etwa 200 km westlich von Arak auf der Sandwüste Erg Tassedjât den Tod fand, vor der Festung begraben. Mit einem schlichten, aber ergreifenden Denkmal bewahrt Frankreich ihr Andenken.

Die Touareg selbst haben ihr uraltes, feudales System bis heute bewahrt. Sie sind auf zwei Klassen, auf die Klasse der Edelleute, der „Chaggaren“ und auf die Klasse der Diener, man könnte auch sagen Sklaven, der „Imrad“ getrennt. Die Chaggaren bilden das richtige Herrenvolk, das die Arbeit verachtet und aus der Arbeit der „Imrad“ lebt. Sie waren früher gefürchtete Räuber der Karavanenwege. Heute leben sie aus der Viehzucht (vornehmlich Kamel-, Ziegen-, Esel- und Schafzucht), die hier durch die mehr regenreichen Hoggargebiete begünstigt wird. Sie sind ausgezeichnete Kamelzüchter, ihre Kamele sind vorwiegend von weißer Farbe und werden sorgfältig gepflegt. Sie besitzen auch eine uralte eingesessene Schafart mit gewundenen Hörnern, dann auch ihre eigene Hunderasse, die durch besonders starke Exemplare vertreten wird. Sie legen den Koran nach ihrem eigenen Geschmack aus. Sie halten keine Fasttage, heiraten nur eine Frau, die große Freiheit besitzt. Scheidungsprozesse sind bei ihnen nicht selten. Ansonst folgen sie ihrem uralten, matriarkalischen System, das die Abstammung nach der mütterlichen Seite ableitet.

Tamanrasset hat übrigens ein ausgesprochenes Hochgebirgsklima. Die Temperatur steigt auch in den heißesten Sommermonaten nicht höher als 38° C. Die höheren Gebirgslagen erhalten jährlich Regen und die höchsten Spitzen auch Schnee, der sich jedoch in der Regel nicht mehr als 24 Stunden lang halten kann. Die höher liegenden Täler des Ahaggar sind auch dementsprechend recht vegetationsreich. Weiter unten sind die Regen nicht mehr so ausgiebig. Trockenperioden von mehreren Jahren ohne nennenswerte Regenmengen sind nicht selten. Tamanrasset erhielt z. B. seit



1932 bis 1936 keine nennenswerte Niederschläge. Der Boden war auch sehr trocken. Alles erwartete während unserer Aufenthalte sehnsüchtig den himmlischen Segen Allahs. Am 25. März erlebten wir einen schweren Sandsturm, dessen Stärke mitunter 16—20 m/sec betrug. Er flaute glücklicherweise in den Abendstunden ab.

Am 29. März rüsteten wir zu der Weiterreise. Ein großer Teil der Ausrüstung konnten wir zurücklassen. Auch ansonsten mußten wir den Wagen erleichtern, da wir schwierige Wege vor uns hatten und der Motor bei der immer zunehmenden Hitze nicht überlastet werden durfte.

Es blieb also unser mobiles Laboratorium größtenteils in Tamanrasset zurück. Die mikrobiologische Bearbeitung der weiteren Bodenproben erfolgte nach unserer Rückkehr. Es war dies ohneweiteres durchzuführen, da unsere Böden völlig trocken waren und somit eine wesentliche Veränderung ihres mikrobiologischen Zustandes während der Transportdauer nicht zu befürchten war.

Am 30. März früh fuhren wir ab. Der erleichterte Wagen nahm in flotter Fahrt die steilen Kurven und die vorspringenden Felsen huschten im Lichte der Scheinwerfer gespensterhaft vorbei.

Bald fuhren wir ziemlich talwärts und die ersten Strahlen der aufgehenden Sonne konnten wir bereits in dem, fast gerade nach Süden verlaufenden, sandigen, breiten, aber stellenweise mit großen Felsen besäten Flußbett des Oued Zazir erblicken.

Die vor uns liegende Wegstrecke war bis In-Guezzam (fast 416 km) völlig wasserlos. Die Vegetation ist auch recht spärlich. Nur im Sande der Flußbetten war etwas zu finden. Ansonst ist das Gebiet, das den Ostrand der großen Steinwüste, des Tanezrouft bildet, trostlos und fast ausgestorben. Die Hitze nahm inzwischen recht bedeutend zu, so daß in den heißesten Mittagsstunden die Fahrt eingestellt werden mußte. Der Weg mußte dabei streng eingehalten werden, da die Umgebung des Oued Zazir noch wenig bekannt und topographisch nur in großen Zügen aufgenommen wurde. In den Nachmittagsstunden erreichten wir das niedrige Felsengebirge des Djebel-Ezzarine, wo die Fahrt besonders schwierig wurde. Der Weg führt hier auf großen, flachen Felsenstücken, die in einer Sandschicht liegen,<sup>4)</sup> in der der Wagen unzähligenmal versank und jedesmal mit mühseliger, anstrengender Arbeit befreit werden mußte. Und dies alles in der schwülen Hitze, der noch immer gewaltig brennenden Nachmittagssonne.

Als wir den sicheren Boden des harten Flußbettes des Oued Laouni erreichten, waren wir derart erschöpft, daß wir auf die Fortsetzung der Fahrt bis zu der, kaum 80 km liegenden, kleinen Oase In-Guezzam nicht denken konnten.

<sup>4)</sup> Die Araber nennen sie „fech-fech“. (Spreche: „fesched-fesched“ aus.)



Es wurde daher unweit der Felsengruppe Gara-Akeboum Freilager bezogen.

Am 31. März brachen wir vor Sonnenaufgang auf. Wir begegneten bald einer großen Touaregkarawane, von cca 150 Kamelen, die aus dem Soudan Hirse nach dem Norden transportierte. Nach der üblichen Begrüßung und Unterredung mit den Karawanenführern, die zu der unerlässlichen Wüstentiquette gehört, fuhren wir weiter und trafen in den späten Morgenstunden in In-Guezzam ein, wo wir bis 2. April arbeiteten.

Hier erlebten wir in den Mittagsstunden des 1. April die höchste gemessene Schattentemperatur während unserer Reise: nämlich  $46^{\circ}2'$  C.<sup>5)</sup> Unsere Selenphotozelle, die kurze Zeit an der Sonne lag, ging dabei gänzlich zu Grunde. Trotz der unerträglichen Wärme gelang es jedoch einige Bodenatmungsmessungen durchzuführen.

Die Umgebung von In-Guezzam dürfte zu den heißesten Gebieten der Sahara gehören. Es war hier leider seinerzeit noch keine meteorologische Station aufgestellt. Die im Tale des Oued-Laouni gelegene Oase, die eigentlich nur aus dem kleinen Bordj und einigen Lehmhütten besteht, ist sehr wichtig auf dem Wege nach dem Soudan. Sie hat nämlich gute und ausgiebige Brunnen, die von dem unterirdischen Wasser des Oued Laouni gespeist werden und große Karawanen versorgen können. Der eine davon liegt, von einer alten Tamariske beschattet, im Hofe des Bordj.

Das Bordj dient auch als gut eingerichtetes Übergangsquartier für die Passagiere der Kurierwagen der Linie Alger—Tamanrasset—Agadez—Kano und hält einen Kurzwellensender im Betrieb. Die Wagen verkehrten seinerzeit von Tamanrasset nach dem Süden nur zweiwöchentlich und ihr Betrieb wurde zwischen 15. Mai und Anfang November eingestellt. Bei den hohen sommerlichen Temperaturen der Süd-Sahara ist der Kraftwagenverkehr nicht gefahrlos. Die Metallteile erwärmen sich stark, die Kühlung wird schwierig, so daß abgesehen von der Explosionsgefahr der sich stark erwärmenden Benzinbehälter, auch die Fahrt selbst äußerst anstrengend wird. Dies gilt besonders für die schwer beladenen Last- und Kurierwagen. Nur besonders leistungsfähige Wagen mit einer entsprechenden, hitzeresistenten Spezialkonstruktion können in den heißen Monaten des Frühjahrs und des Sommers für den Langstreckenbetrieb gebraucht werden.

Am 2. April traten wir in den frühen und noch verhältnismäßig kühleren Morgenstunden die Weiterreise an. Am Vortage besuchten wir noch die steinzeitlichen Fundorte der Umgebung. Es ist wahrscheinlich, daß seinerzeit die Wüstengrenze weiter im Norden lag. Sie schiebt sich noch immer, wenn auch sehr langsam, nach dem Süden, bis ihr dann ein künftiger grundlegender Klimawechsel ein Ende bereiten wird.

<sup>5)</sup> Da wir die Temperatur nur zeitweise messen konnten, so dürfte es wahrscheinlich sein, daß wir mitunter auch höhere Hitzegrade ertragen mußten.



Es lagen hier, aller Wahrscheinlichkeit nach, Baumsavannen mit eingesprenkten Seen, deren Umgebung von den Menschen der Steinzeit, die hier größtenteils aus dem Fischfang lebten, bewohnt wurden.

Man findet hier noch immer viele trockene Seeegründe, die manche, fein bearbeitete, steinerne Pfeilspitzen beherbergen, mit den hier die Fische seinerzeit erlegt wurden.

Es liegen hier auch viele, roh bearbeitete, steinzeitliche Beile und andere primitive Handwerkzeuge im Sande. Wir fanden viele davon. Ich grub auch die Reste einiger Feuerherden aus, mit zahlreichen Resten von Knorpelfischen.

Bei der aufgehenden Sonne breitete sich bald vor unseren Augen die weite Ebene des Soudans aus, dessen Grenze kaum 20 km südlich von In-Guezzam liegt. Sie ist nur virtuell und wird nirgends besonders markiert. Nur eine alte Shellkanne bezeichnete sie am Wegrande. Hier beginnt dann bald die Kampfzone der Wüste mit den Steppen des Südens. Diese Region bezeichnen die Araber — wie schon erwähnt wurde — als „Sahel“. Wo die jährliche Regenmenge 100 mm erreicht, beginnen die Flußtäler allmählich vegetationsreicher zu werden.

Die Oueds kommen hier übrigens größtenteils vom Osten, aus dem Air-Gebirge, dessen Konturen immer deutlicher und deutlicher wurden.

Die Wüste kämpft aber noch immer um ihre Herrschaft. Der Kampf des Todes mit dem Leben! Große kahle Flächen und Sandwüsten schieben sich noch ein. Hell glitzerten links von uns in der aufstehenden Sonne die Sandhügel der Sandwüste der „toten Dünen“,<sup>6)</sup> die der Weg beiseite läßt. Gegen Abend erreichten wir die kleine Wasserstation Abanrarit, deren ergiebige Brunnen als gute Kameltränken der umgebenden großen Weiden benutzt werden. Am 3. April ging die Reise, nach einer von Tarantellen, die in den Wänden eines alten Feuerherdes hausten, gestörten Nachtruhe, noch in dunkler Nacht, schon um 2 Uhr nach Mitternacht weiter.

Das Passieren der querliegenden sandigen Flußbetten beim Scheinwerferlicht war keine leichte Aufgabe. *Lumeau* meisterte sie jedoch mit glücklicher Hand. Bei der Morgendämmerung befanden wir uns schon in der Baumsteppe.

Hier beginnt das Gebiet der Straußvögel und der Addax-Antilopen. Vormittags erreichten wir das erste sudanesishe Negerdorf Tedjidda-n-Tessem, dessen Salzgruben weite Gebiete mit diesem, in der Sahara so seltenen und kostbaren Stoff versorgen. Tedjidda und Taoudeni sind nämlich die ergiebigsten Salzgruben der Südsahara und des Soudans.<sup>7)</sup>

In der Umgebung passierten wir die ersten subtropischen Roterden, wahrscheinlich falsche Lateritböden, die sogleich bearbeitet wurden. Wir

<sup>6)</sup> „Région des Dunes mortes.“

<sup>7)</sup> Der richtige arabische Name: Bidal-al-Soudan, Das schwarze Reich.



begegneten später zahlreichen Salzkarawanen. Neben dem Kamel werden hier, wo unterwegs mehr Wasser zu finden ist, auch die Esel und die Zebu (die Buckelochsen<sup>8)</sup> als Karawanentiere benutzt. Nach kurzer Rast und recht lebhafter Unterhaltung mit den Negern, ging die Fahrt bei mäßigem Südwind, der unseren Motor gut kühlte, weiter. Die Südwinde, die aus dem mehr bewölkten Äquatorial-Gebiet kommen, sind hier nicht mehr die heißesten. Die wärmste Luft bringen die Nord-, bzw. Nordostwinde, die aus dem heißen Becken der Zentral-Sahara und der lybischen Wüste wehen.

Schon um 1 Uhr nachmittags wurde die Oase In-Gall bei ziemlich großer Hitze erreicht. Sie liegt ungefähr auf dem gleichen Breitengrad wie Timbuktu. In den Steppen ihrer Umgebung treten schon die Giraffen auf.

Die Oase stellt übrigens eines des südlichsten Vorkommens der Dattelpalme (*Phoenix dactylifera*) dar, die — wie bekannt — als Kulturpflanze von Arabien nach den Sahara-Oasen eingeführt wurde. Sie verlangt für ihre Fruchtreife trockene Wärme und nächtliche Abkühlung in den Herbstmonaten. Hier im Süden, wo die Regenmengen größer werden und infolge der immer zunehmenden Bewölkung die nächtliche Abkühlung und auch die sonstigen günstigen Bedingungen für ihre Vegetation immer beschränkter werden, hört dann ihre Kultur auf.

In Agadez wird sie durch die, hier schon wild wachsende *Borassus*-palme (*Hyphaene thebaica*) abgelöst. Bei In-Gall sind auch ausgedehnte Assoziationen der *Callotropis procera* auf Sandboden zu finden. Hier haben wir eine typische Versuchsfläche bearbeitet. Von In-Gall zweigt eine „Piste“<sup>9)</sup> nach Südwesten, nach der englischen Kolonie Nigeria ab, deren Grenze sie bei Birni-n-Konni erreicht.

Die Hauptstraße biegt scharf nach NO, bzw. später nach O ab und überquert die vegetationsreichen Flußbetten einer Reihe aus dem Air-Gebirge kommenden Oueds.

Die Hitze war beträchtlich. Der gute Südwind half aber unserem Motor, die Schwierigkeiten der Kühlung zu überwinden. Die Gegend wurde immer freundlicher. Auf den Steppen wurden die Kamel-, Schaf- und Ziegenherden immer zahlreicher. Auch eine Reihe von Brunnen passierten wir. Bald erschien in der Ferne das Wahrzeichen des Gebietes, der Turm der malerischen Moschée von Agades und wir trafen bald, in flotter Fahrt in diesen wichtigen militärischen, verkehrs- und verwaltungstechnischen Knotenpunkt des Soudans, ein. Wir hielten vor dem, von prächtigen Senegalnegern bewachten Tor, des mit mächtigen, braunen Lehmmauern umgebenen großen Bordjs und meldeten uns bei dem Kommandanten. Nach einem wohlthuend warmen und angenehmen Empfang schlugen wir unser Quartier in dem Hotel der Linie Alger—Kano auf.

<sup>8)</sup> *Buffelus indicus*.

<sup>9)</sup> Die Straßen in der Sahara werden von den Franzosen als „piste“ bezeichnet.



Die Regenlinie von 100 mm macht bei Agadez, der selbst in dem breiten, vegetationsreichen Flußbett des Oued-Alarsas liegt, eine scharfe Biegung nach dem Norden. Agades selbst erhält bereits jährlich 150 mm Regen in durchschnittlich 21 Regentagen. Dies alles als Folge der regenbildenden Wirkung des Air-Gebirges, das die aus dem Süden kommenden, noch feuchte Luftströmung meistens in den Monaten Mai bis Juli in die Höhe treibt und zur Regenbildung zwingt. Das Gebiet selbst hat zwei Temperaturmaxima. Je eines im April—Mai und eines im September—Oktober. Das sommerliche Maximum kann sich hier nicht mehr restlos entwickeln, da in dieser Zeit vom Süden her die Wolkenbildung und damit die Regenperiode beginnt.

Agades ist die Hauptstadt der Touareg des Air-Gebirges. Die Mehrzahl der Bevölkerung besteht jedoch aus den Abkömmlingen der einstigen Negersklaven, die hier ihr recht kümmerliches, aber doch sorgloses Dasein führen. In der Nacht wurde so fleißig getrommelt und getanzt, daß uns der Schlaf wirklich erschwert wurde. Die Besatzung des Bordj bestand dagegen aus Senegalnegern, die dem französischen Kolonialreich hier im Süden vorzügliche Dienste leisten. Für die Unteroffiziere und ihre Familien hat die kluge Militärverwaltung ein regelrechtes, heimatliches Dorf mit typischen Senegalneger-Hütten gebaut.

Südlich von Agades beginnt allmählich das Gebiet der Savannen mit ihren hohen Gräsern, das jedoch erst etwa im Gebiet von Zinder und weiter Süden nach der 500—600 mm Regenlinie sich typisch entwickeln und die Baumsteppe allmählich ablösen kann.

Am 9. April fuhren wir etwa 50 km weiter nach Süden bis zum Oued-Izegrine, wo wir unsere südlichste Versuchsfläche bearbeiteten. Hier machten wir auch unsere südlichste Bodenatmungsmessung. Die Fahrt selbst war unvergeßlich schön. Die westlichen Randdünen der großen, in ihrem Inneren noch fast völlig unbekannten Sandwüste Tenere, drangen weit nach Westen, bis in die Nähe des Weges vor. Ihre rötlich schimmernde Farbenpracht bot in den Strahlen der aufgehenden Sonne einen selten schönen Anblick.

Wir hielten in dem breiten, vegetationsreichen, mit hohen Gräsern und Akazien bedeckten Flußbette des Oued-Izegrine und begannen unsere gewohnten Aufnahmen und arbeiten bei klarem Himmel und bei fast völliger Windstille.

Da die Regenperiode erst später in Juni beginnt, so waren die Gräser noch trocken und die Bäume dürr und laublos. In dieser Jahreszeit vergehen ja oft Monate, die fast völlig regenlos sind.

Gegen ½10 Uhr vormittag begann der Wind aus Nord-Osten immer stärker und stärker werden. Das sich erwärmende Sandmeer der Tenere sandte uns bald, nach einer knappen halben Stunde, seine Grüße in der



Form eines mächtigen Sandsturms von 12—16 m/sec Stärke, der sogar unseren schweren Bodenatmungsapparat umkippte und uns zum schleunigen Rückzug hinter den Wagen zwang. Bald waren wir und alle Fugen des Wagens mit Sand bedeckt. Da die Sonne auch verdeckt wurde und die Sandwolken jede Sicht wegnahmen, konnte auf die Heimfahrt nicht gedacht werden. Gegen 1 Uhr nachmittags flaute dann der Sturm so rasch, wie er gekommen ist, plötzlich ab und wir fuhren bald bei klarem aber recht warmen Wetter nach Hause.

Am 6. April bearbeiteten wir das Flußbett des Oued-Alarsas. Hier fanden wir bereits die ersten Vorläufer der subtropischen, xerophytischen Vegetation: die Dumpalme (*Hyphaene thebaica*), dann die *Boscia senegalensis*, *Cocculus pendulus* etc.

Am 7. April nahmen wir bei einem Abendessen von dem Kommandanten und seinen Offizieren Abschied und am 8. April traten wir, schon um 2 Uhr nach Mitternacht, bei hellem Mondschein und angenehmer Morgenkühle unsere Rückreise an.

Die aufgehende Sonne traf uns schon weit in den Steppen, deren dürre Gräser und zerstreute Akazien die ersten Sonnenstrahlen rötlich beleuchteten. Bald wurde In-Gall passiert, wo wir noch in und neben der Oase einige Aufnahmen machten.

Gegen Mittag passierten wir Tedjidda-n-Tessem und erreichten schon in den frühen Nachmittagsstunden Abanrarit, wo wir rasteten und die Kameltränke beobachteten. Hunderte von schön gepflegten weißen Touareg-Kamelen und die unausbleiblichen Esel tranken an den guten Brunnen, die aus dem, hier ganz nahe an die Erdoberfläche reichenden Grundwasser gespeist werden. In den kühlen Abendstunden fuhren wir dann nach Norden weiter und erst bei Dunkelwerden schlugen wir unser Freilager etwa 150 km südlich von In-Guezzam im Flußbett des Oued-Kezemet auf.

Bei völliger Windstille und bei klarem Wetter begannen wir am 9. April unsere Arbeit. Gegen 9 Uhr brach aber plötzlich ein aus dem NO kommender mächtiger Sandsturm auf, der jede weitere Betätigung unmöglich machte. Da die dichten Sandwolken auch hier jede Sicht wegnahmen, konnte natürlich auf eine Weiterfahrt nicht gedacht werden.

Nur der Wagen bot uns einen notdürftigen Schutz, der jedoch nicht verhindern konnte, daß bald alle Gegenstände und wir selbst auch mit feinem Sand und Staub zugedeckt wurden, wobei Mund und Nase leider auch nicht verschont blieben.

Erst gegen 5 Uhr nachmittags flaute der überaus heftige Sturm, dessen Stärke mitunter auch 10—15 m/sec erreichte, so weit ab, daß die Fahrt bis In-Guezzam fortgesetzt werden konnte. Die Fahrt ging gleich am anderen Tage knapp vor Sonnenaufgang weiter. Wir bekamen aber leider etwa 40 km nördlich von In-Guezzam schon in den Morgenstunden einen



Achsenbruch, dessen Reparatur bei der starken Hitze bis Abend dauerte. Wir bezogen hier wieder im Flußbett des Oued-Laouni Freilager und fuhren am 11. April schon 2 Uhr frühmorgens weiter.

Bei der Morgendämmerung erblickten wir wieder den bekannten Gebirgszug des Atakors. Von der Morgensonne herrlich beleuchtet tauchten die höchsten Spitzen des Ahaggars: der Pic-Ilaman, der Tahat und der Asekrem auf.

Die Hitze wurde aber so unerträglich und bei dem schwachen SO-Wind die Kühlung so mangelhaft, daß wir etwa nördlich des Djebel-Ezzarirene im Tale des Oued-Zazir halten mußten.

Erst in den Nachmittagsstunden konnten wir die Fahrt fortsetzen. Sie ging dann glatt weiter und wurde nur in einigen Gebirgstälern zwecks Bearbeitung einiger interessanten Versuchsflächen unterbrochen. Unser braver Wagen überwand in flotter Fahrt die steilen, aufsteigenden Kurven und hielt noch vor Sonnenuntergang vor dem Tore der Festung von Taman-rasset.

Am 12. und 13. April mußten wir trotz den Osterfeiertagen weiterarbeiten, um unsere Fahrt bei der zunehmender Hitze so bald als möglich fortsetzen zu können.

Am 14. April bestiegen wir mit *Döme* den Mont-Adrienne und holten von seiner Spitze Bodenproben.

Am 16. April bestieg dann *Killian* den Isekram (2000 m) und kam von dort am 17. abends mit Bodenproben und Pflanzen beladen, darunter mit der *Olea Laperrini* u. a. zurück. Am 18. packten wir alles wieder ein, feierten einen herrlichen Abschiedsabend mit dem Kommandanten und seinen Offizieren und fuhren schon um 2 Uhr früh weiter. *Lumeau* nahm bei dem Lichte unserer Scheinwerfer meisterhaft die Kurven der schweren Gebirgsstraßen.

Ich nahm auch wehmütig Abschied von dem herrlichen Sternenbild des südlichen Kreuzes, das ich seither nicht wieder erblicken konnte.

Beim Sonnenaufgang passierten wir die kleine Oase In-Amedjel und aßen bald unsere Jause in dem kühlen Speiseraum des Bordj Ineker.

Dann ging die Reise weiter. Ich fand wieder und hob vom Flußbette des Oued-Sersouf die Chododnyplatten aus, die bei der späteren Untersuchung sehr schöne Befunde ergaben. Wir bekamen aber leider etwas nördlich davon Kolbenbruch in einem Zylinder des Motors, dessen Reparatur *Lumeau* bei der starken Hitze in einigen Stunden wirklich anstrengender Arbeit erledigte.

Wir konnten erst in den ersten Nachmittagsstunden die Reise fortsetzen. Die Fahrt ging glatt weiter. Die Strahlen der untergehenden Sonne beleuchteten mit einer unvergeßlich schönen Farbenpracht die steilen Felsengebirge des Adrar-Tiselline und sie vergoldeten auch die in der Ferne liegenden Bergriesen des Ifetessene-Gebirges.



Bald erreichten wir wieder das Quellengebiet des Oued-Arak und unser Motor dröhnte wieder zwischen den steilen Felsenwänden des Arak-Tales. Wir erreichten noch vor dem Einbruch der Dunkelheit das Bordj in Arak und ruhten erschöpft die Anstrengungen der fast 430 km langen anstrengenden Reise aus.

Am 20. April haben wir bei schwüler Hitze, die zwischen den steilen, von der Sonne fast zur Gluthitze erwärmten Felsenwänden, die das Tal vor einem jeden kühlenden Luftzug verschließen, entsteht, im Arak-Tal gearbeitet.

In der Nacht brauste ein mächtiger Nordsturm über das Tal hinweg, der die Luft abkühlte. Wir begannen die Weiterreise schon um 2 Uhr morgens. Beim Nordausgang des Arak-Tales bekamen wir einen mächtigen Gegenwind aus dem Norden, der unseren Motor so ausgiebig kühlte, daß wir ohne die sonst üblichen Zwangsaufenthalte die Fahrt fortsetzen und In-Salah schon gegen Mittag erreichen konnten.

Nach Verladen der hier zurückgelassenen Gegenstände fuhren wir am 23. früh weiter. Die sandige Region der „Rhaba“, die sich bis zu den steilen Wänden des Tademait-Plateaus vorschiebt, konnten wir bei der kühlen Morgentemperatur, die die Sandkörner fest zusammenhielt, glatt passieren.

In steilen Kurven erkletterte der Wagen den Plateaurand und wir befanden uns bald auf der guten Straße, die hier auf dem harten Lehm-boden des Tademait-Plateaus fast gerade nach Norden, nach El-Golea führt.

Die Flußbetten der vom Osten kommenden Oueds Tebourhar, Chebbaba und Saret sind recht vegetationsreich und von nomaden Arabern, die hier die Touareg ablösen und ihre Kamelzucht treiben, recht lebhaft besucht.

Zur Jause hielten wir bei dem kleinen Fort Miribel, das das Chebbaba-Tal beherrscht. Hier kamen bereits die ersten großen Sandberge der beiden großen Sandmeere; der östlichen großen Erg des „Zemoul-el-Akbar“ und des westlichen Erg in der Ferne in Sicht.

El-Golea liegt hart an dem Ostrand des westlichen großen Erg. Die Randdünen des Zemoul-el-Akbar schieben sich aber auch nach dem Westen vor, so daß zwischen den beiden Sandwüsten nur eine schmale, kaum 30—40 km breite Passage auf hartem Boden entstanden ist, die dann den Kraftwagenverkehr ermöglicht.

Wir hatten unweit der Quelle Saret auch die Straßenabzweigung nach der Oase Quargla passiert und kamen schon in den Mittagsstunden in El-Golea an. Für uns und für alle, die aus dem Süden kommen, endet hier das richtige afrikanische Gesicht der Sahara. El-Golea und die Gebiete weiter nördlich sind schon mehr kultiviert. Auch das äußere Aussehen dieser ausgedehnten Oase, die eine der Hauptstätten der Dattelpalmen-



Tabelle II.  
Ain-Seïra (1075 m ü. d. M.) cca 33° Bg.

	Temperaturschwankungen 1922—1927							
	Mittel $\frac{M+m}{2}$	Mittel des täglichen		Täg- liche schwan- kung	Tägliches Minimum		Tägliches Maximum	
		Maxi- mum	Mini- mum		absolut	im Jahre	absolut	im Jahre
Jänner	6.4	—0.4	13.2	13.6	—8.2	1925	23.8	1924
Feber	9.0	1.8	16.2	14.4	—6.3	1923	24.1	1927
März	11.3	4.2	18.4	14.2	—3.9	1923	29.1	1926
April	15.2	6.9	23.5	16.6	1.0	1927 1925	32.3	1924 1925
Mai	19.6	11.1	28.1	17.0	2.2	1925	36.0	1926
Juni	23.8	15.3	32.3	17.0	6.2	1923	40.1	1922
Juli	28.4	19.3	37.5	18.2	13.0	1927	42.0	1927
August	27.2	18.9	35.5	16.6	13.5	1922	42.9	1926
September	23.7	14.9	32.5	17.6	6.8	1923	40.9	1924
Oktober	17.3	9.5	25.0	15.5	3.3	1923	32.1	1923
November	11.0	5.1	16.9	11.8	—4.0	1922 1927	25.2	1926 1924
Dezember	7.2	0.5	13.9	13.4	—8.3	1922	24.0	1925
Jahresmittel	16.68	8.93	24.42	15.49	—8.3	15. Dezemb. 1922	42.9	16. August 1926

Durchschnittliche jährliche Schwankung 22° C.

kultur bildet, verrät schon vieles von den hier schon deutlich spürbaren Kultureinflüssen des nördlichen Mittelmeergebietes Afrikas.

Am 24. April fuhren wir weiter auf der gutgebauten und markierten Straße nach der großen Oase Ghardaia, die mit seinen modernen Bauten bereits noch ausgeprägter den Antlitz der neuen Afrika trägt.

Am folgenden Tage ging dann die Fahrt über die Halbwüstengebiete, die allmählich in die Steppen der Südhänge des Sahara-Atlas übergehen, nach Boghari.

Bald erschienen auch die ersten Haine der *Pistacia atlantica*. Der Graswuchs wird kräftiger und jetzt im Frühsommer noch üppig grün. Seit Monaten zum erstenmal bekamen wir auch Regen. Das Wetter wurde auch kühler, so daß wir uns wärmer bekleiden mußten. Nach Verlassen der modern ausgebauten Oase Laghouat, passierten wir die nach Südwesten



Tabelle III.

Beni-Ounif (840 m ü. d. M.) cca 32° Bg.

	Temperaturschwankungen 1905—1913							
	Mittel $\frac{M+m}{2}$	Mittel des täglichen		Täg- liche Schwan- kung	Tägliches Minimum		Tägliches Maximum	
		Maxi- mum	Mini- mum		absolut	im Jahre	absolut	im Jahre
Jänner	8.1	1.7	14.5	12.8	—5.5	1905	24.0	1906
Feber	10.0	3.1	16.8	13.7	—2.5	1905	25.0	1907 1908
März	13.6	6.4	20.8	14.4	—2.0	1913	32.0	1905
April	17.9	10.0	25.9	15.9	0.2	1910	34.8	1910
Mai	21.9	13.8	30.0	16.2	4.2	1910	38.6	1907
Juni	28.0	19.1	36.8	17.7	10.4	1913	43.0	1907 1909
Juli	31.7	22.6	40.8	18.2	14.5	1905	45.3	1913
August	31.2	22.3	40.1	17.8	15.0	1909	48.0	1913
September	26.2	17.5	35.0	17.5	9.0	1909	41.0	1905
Oktober	19.9	11.9	27.8	15.9	0.2	1910	36.0	1909
November	14.6	8.0	21.2	13.2	—1.2	1911	31.2	1910
Dezember	10.4	3.7	17.1	13.4	—2.4	1910	25.8	1911
Jahresmittel	19.46	11.67	27.23	15.56	—5.5	6. Jänner 1905	48.0	11. Aug. 1913

Durchschnittliche jährliche Schwankung: 23.6° C.

ziehende Kette des Sahara-Atlas und unser braver Wagen erstieg in flotter Fahrt die Paßhöhe zwischen dem Djebel Amour und dem Djebel des Ouled-Nail und überquerte bald die jetzt noch üppigen, mit weidenden Kamelherden bevölkerten Steppen der Atlas-Hochebene. Der Verkehr auf der gut ausgebauten Straße wurde immer mehr und mehr lebhafter. Laghouat ist ja schon mit Alger durch eine unmittelbare, fahrplanmäßig betriebene Kraftwagenlinie verbunden.

Schon gegen Mittag erreichten wir die am Fuße des mittleren Atlas-Gebirge liegende Stadt Boghari.

Am Abend feierten wir den Abschied, der uns allen, die seit Monaten in harter Arbeit im Schlechten und Guten verbunden waren, nicht so leicht fiel. Am 26. April morgens passierten wir die cca 1000 m ü. d. M. liegende Paßhöhe bei Berrouaghia. Wir hielten den Wagen hier auf einige Minuten



Tabelle III/a.

Ouargla (200 m ü. d. M.) cca 32° Bg.

	Temperaturschwankungen 1923—1927							
	Mittel $\frac{M+m}{2}$	Mittel des täglichen		Tägliche Schwan- kungen	Tägliches Minimum		Tägliches Maximum	
		Mini- mum	Maxi- mum		absolut	im Jahre	absolut	im Jahre
Jänner	10·9	4·8	17·0	12·2	—1·5	1927	27·4	1926
Feber	13·5	6·9	20·0	13·1	—2·7	1924	29·4	1925
März	16·6	10·0	23·2	13·2	1·5	1926	35·1	1928
April	21·7	14·1	29·3	15·2	6·0	1927	41·5	1928
Mai	26·0	18·6	33·4	14·8	10·3	1925	43·2	1927
Juni	31·1	23·4	38·9	15·5	14·8	1925	46·7	1925
Juli	33·8	25·6	42·0	16·4	19·1	1928	48·2	1927
August	33·0	25·0	40·9	15·9	20·2	1925	46·3	1926
September	30·1	22·7	37·5	14·8	15·2	1925	45·5	1924
Oktober	23·0	16·3	29·7	13·4	8·8	1925	40·0	1928
November	16·6	10·5	22·7	12·2	0·5	1928	34·2	1927
Dezember	12·0	6·2	17·7	11·5	—0·9	1926	28·2	1925
Jahresmittel	22·36	15·34	29·36	14·02	—2·7	25. Feber 1924	48·2	17. Juli 1927

Durchschnittliche jährliche Schwankung: 22·9° C.

in einem herrlichen Korkeichenwald, dessen Bestand mit einigen schönen Exemplaren des *Quercus Ilex* vermenget war.

Es war ein herrlicher Morgen. Im Süden lag im grauen Nebel verhüllt der heiße Becken der Sahara und im Norden erhoben sich die hohen Bergriesen des Mitidja-Atlas.

Vogelgesang erfüllte den Wald. Die Luft war infolge des in der Nacht gefallenen Regens klar. Ein unvergeßlicher Anblick, den man erst nach einer monatelangen, schweren Wüstenfahrt so richtig genießen lernt.

Dann ging die Fahrt bergab in die enge Schlucht des Oued-Chiffa, der zwischen steilen Felsenwänden seinen Weg quer durch die Engtäler der umgebenden Bergriesen des Mitidja-Atlas bahnt.

Bald danach öffnete sich unseren Augen die fruchtbare Mitidja-Ebene, das Bett der Chiffa wurde breiter. Auf guter Asphaltstraße erreichten wir



Tabelle IV.

Beni-Abbés (497 m ü. d. M.) cca 30° 15' Bg.

	Temperaturschwankungen 1923–1927							
	Mittel	Mittel des täglichen		Tägliche	Tägliches Minimum		Tägliches Maximum	
	$\frac{M+m}{2}$	Minimum	Maximum	Schwankung	absolut	im Jahre	absolut	im Jahre
Jänner	11·2	3·2	19·2	16·0	–2·4	1923	27·2	1924
Feber	14·2	6·0	22·4	16·4	–1·2	1925	29·8	1923
März	17·9	10·5	25·2	14·7	2·0	1926	34·2	1927
April	21·7	13·9	29·6	15·7	7·0	1923	37·8	1925
Mai	26·9	19·2	34·5	15·3	12·6	1923	40·9	1927
Juni	31·3	23·3	39·3	16·0	14·8	1923	45·6	1925
Juli	35·2	27·1	43·3	16·2	19·7	1923	47·5	1927
August	34·3	26·3	42·4	16·1	20·7	1923	46·6	1925
September	30·5	22·8	38·2	15·4	11·8	1925	44·6	1924
Oktober	23·6	16·7	30·4	13·7	6·2	1923	38·3	1926
November	16·4	9·8	23·1	13·3	0·9	1926	31·5	1925
Dezember	12·0	4·0	19·9	15·9	–2·8	1923	29·0	1925
Jahresmittel	22·93	15·23	30·62	15·39	–2·8	29. Dez. 1923	47·5	18. Juli 1927

Durchschnittliche jährliche Schwankung: 24° C.

die kleinen Städte Blida und Boufarik und liefen dann gegen 1 Uhr nachmittags bei hellem Sonnenschein in Alger ein. Auf der Mustapha-Höhe grüßten uns wieder die azurfarbenen Wogen des Mittelmeeres und wir landeten bald vor dem Universitätsgebäude, wo das Ausladen gleich begonnen wurde. Wir arbeiteten noch bis 14. Mai in Alger und fuhren dann über Marseille und Paris nach Hause.

Die zurückgelegten Entfernungen sind in der Tabelle 1 enthalten. Figur 1 enthält auch den Längsschnitt der Reiseroute mit den Höhenunterschieden.



Tabelle V.

Adrar (285 m ü. d. M.) cca 27° 50' Bg.

	Temperaturschwankungen 1903–1909 und 1913–1924							
	Mittel $\frac{M+m}{2}$	Mittel des täglichen		Täg- liche Schwan- kungen	Tägliches Minimum		Tägliches Maximum	
		Mini- mum	Maxi- mum		absolut	im Jahre	absolut	im Jahre
Jänner	12·4	3·5	21·2	17·7	–7·2	1914	31·0	1917
Feber	15·2	6·2	24·5	18·3	–2·6	1906	37·0	1919
März	20·3	10·5	30·1	19·6	–1·0	1914	43·8	1914
April	24·4	13·9	34·8	20·9	3·0	1917	44·2	1914
Mai	29·1	18·6	39·7	21·1	10·0	1919	48·4	1918
Juni	33·6	22·6	44·5	21·9	10·2	1923	54·0	1914
Juli	36·6	25·0	48·3	23·3	16·7	1923	55·0	1909
August	35·4	24·3	46·5	22·2	16·4	1905	53·0	1906
September	32·5	21·9	43·0	21·1	10·8	1917	50·2	1916
Oktober	25·1	15·2	35·1	19·9	4·0	1909	45·4	1913
November	18·4	9·0	27·8	18·8	–2·0	1917	40·0	1915
Dezember	13·1	4·1	22·0	17·9	–5·0	1915	34·0	1916
Jahresmittel	24·68	14·57	34·79	20·22	–7·2	6. Jänner 1914	55·0	16. Juli 1909

Durchschnittliche jährliche Schwankung: 24·2° C.

### III. Die allgemeinen geographischen und klimatologischen Verhältnisse des Untersuchungsgebietes.

(Siehe die Tabelle II–XII und die Abbildungen 1–10.)

Die eigentlichen Arbeiten wurden erst in Beni-Abbés begonnen und bei der Rückreise ungefähr auf der gleichen Breite bei El-Golea abgeschlossen. Nur zum Vergleich haben wir einige Versuchsflächen bei Ghardaia und einige Waldböden in dem Sahara-Atlas bearbeitet. Das Arbeitsgebiet der Expedition umfaßt daher das Gebiet zwischen den 38. und 16. Breitengraden. Wie die Routenführung zeigt, so haben wir zunächst im Gebiete westlich des Grand Erg Occidental und in der Umgebung von Beni-Abbés gearbeitet. Auf der Reise von Beni-Abbés nach Adrar wurden teilweise noch die Ausläufer des Erg Raoui bearbeitet. In Adrar haben wir



Tabelle VI.

Onallen (Tanezrouft) cca 24° 50' Bg.

a) Regen in mm.

Jahr	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.	Zusammen
1934.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	3
1935.	0	3	0	0	0	0	4	1	2	1	0	0	11
1936.	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	2	0	7

b) Anzahl der Regentage.

Jahr	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.	Zusammen
1934.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	2
1935.	0	1	0	0	0	0	2	2	1	1	0	0	7
1936.	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	1	0	3

Tabelle VII.

In-Salah (280 m ü. d. M.) cca 27° 20' Bg.

	Temperaturschwankungen 1924—1928							
	Mittel $\frac{M+m}{2}$	Mittel des täglichen		Tägliche Schwan- kungen	Tägliches Minimum		Tägliches Maximum	
		Mini- mum	Maxi- mum		absolut	im Jahre	absolut	im Jahre
Jänner	13·0	5·7	20·2	14·5	0·0	1926	30·0	1927
Feber	16·9	8·9	24·9	16·0	1·0	1926—28	34·5	1927
März	20·2	11·7	28·8	17·1	3·8	1925	37·9	1926
April	25·0	16·2	33·8	17·6	8·2	1924	41·5	1928
Mai	29·4	20·6	38·2	17·6	13·5	1928	45·4	1926
Juni	35·1	26·6	43·6	17·0	16·0	1928	50·2	1925
Juli	36·8	28·3	45·4	17·1	23·0	1928	49·9	1926
August	36·0	27·8	44·2	16·4	22·0	1925	48·2	1927
September	32·9	24·7	41·0	16·3	17·0	1925	47·5	1926
Oktober	26·5	18·8	34·2	15·4	9·0	1925	43·0	1928
November	19·3	11·7	26·9	15·2	3·5	1925	35·0	1926
Dezember	14·3	7·1	21·6	14·5	0·0	1927	31·0	1925
Jahresmittel	25·45	17·34	33·57	16·23	0·0	21. I. 1926— 4. XII. 1927	50·2	24. VI. 1925

Durchschnittliche jährliche Schwankung: 23·8° C.



Tabelle VIII.

Tamanrasset (1380 m ü. d. M.) cca 22° 50' Bg.

	Temperaturschwankungen VIII. 1924—I. 1928							
	Mittel $\frac{M+m}{2}$	Mittel des täglichen		Täg- liche Schwan- kungen	Tägliches Minimum		Tägliches Maximum	
		Mini- mum	Maxi- mum		absolut	im Jahre	absolut	im Jahre
Jänner	12·3	4·9	19·7	14·8	—2·6	1927	28·3	1926
Feber	14·0	6·1	21·8	15·7	—2·2	1928	28·2	1926
März	17·9	9·5	26·3	16·8	0·1	1925	31·0	1927—28
April	21·4	14·5	28·3	13·8	8·6	1927	34·6	1927
Mai	25·9	17·9	34·0	16·1	12·2	1926	38·5	1927
Juni	29·6	23·8	35·4	11·6	12·2	1926	39·6	1927
Juli	28·9	22·0	35·7	13·7	14·5	1925	39·8	1925
August	28·2	21·4	35·0	13·6	14·4	1928	38·2	1928
September	26·2	19·4	33·1	13·7	14·6	1926	37·3	1927
Oktober	23·1	16·0	30·2	14·2	9·1	1925	34·5	1927
November	18·5	10·8	26·1	15·3	2·8	1928	29·6	1928
Dezember	14·2	6·9	21·5	14·6	1·1	1924	26·2	1924
Jahresmittel	21·68	14·43	28·92	14·49	—2·6	14. I. 1927	39·8	3. VII. 1925

Durchschnittliche jährliche Schwankung: 17·3° C.

unsere Arbeiten an der Grenze des Erg Chech durchgeführt und auf der Reise nach Aoulef-el-Arab bereits die Region des Touat und des Tidikelt-Plateaus bearbeitet. Bei In-Salah wurde das Gebiet zwischen dem Tademait und dem Tidikelt-Plateau, sowie die Rhaba-Region in Angriff genommen. Auf der Fahrt nach Arak wurde das Vorgelände des Hoggars untersucht. Die weitere Wegstrecke bis In-Guezzam über Tamanrasset umfaßt die Versuchsflächen des Hoggarmassivs. Nach In-Guezzam wurden dann das Sahelgebiet und die Soudansteppe und später auch die Savannen- und Baumsteppe des Soudans bearbeitet. Alle diese Versuchsflächen liegen westlich vom Air-Gebirge. Es wurde teilweise auch die Ostgrenze der Region der toten Dünen bearbeitet.

Klimatologisch gehört das Arbeitsgebiet von Beni-Abbés bis In-Guezzam zu den trockensten Gebieten der Sahara. Beni-Ounif und die angren-



zenden Gebiete bilden im Norden die Grenze, die zwischen 0 und 100 mm jährlichen Niederschlagsmengen liegt. Die südliche Niederschlagslinie, wie die beige-schlossene Karte zeigt, läuft etwa südlich von dem Wendekreis des Krebses und nur bei Tamanrasset und bei den höchsten Hoggarspitzen macht sie dann eine Einbiegung nach Norden. Was zwischen den nördlichen und südlichen 100 mm-Linien liegt, gehört — wie schon erwähnt wurde — zu den trockensten und heißesten Wüstengebieten der Welt. Damit wird natürlich nicht gesagt, daß diese Gebiete vollkommen regenlos sind. Die Regen sind aber ungleichmäßig verteilt und selbst im Hoggar können 3—4 äußerst trockene Jahre zwischen den einzelnen Regenperioden vergehen. Obwohl angesichts der ungeheuren Ausdehnung des Untersuchungsgebietes ganz wenige meteorologische Stationen zur Verfügung stehen, so kann man doch mit Fug und Recht behaupten, daß eigentlich auch die trockensten Teile der Sahara jährlich in gewissen Perioden mehr oder weniger Regen bekommen können. Ausgiebige Regenfälle sind natürlich seltener. Sie kommen regelmäßig erst in 4—8 Jahren vor. Wie die Verhältnisse in der großen Wüste Tanezrouft und in den fast vollständig unerforschten Wüsten Tenere, El-Djoul, Meraia und in dem Erg Chech liegen, sind natürlich vollkommen unbekannt.

In den Tabellen II—XII. bringen wir einige charakteristische Daten. Man sieht ja, daß mitunter auch Temperaturen von 50—54 °C in den heißesten Sommermonaten vorkommen können. Dagegen sind auch die Frosttage im Winter ziemlich häufig. Bezüglich des Sudans bringe ich einen kurzen Vergleich in der Tabelle XII., die einen Vergleich zwischen Kabara—Timbuktu und Agades darstellt. Agades selbst und die umgrenzenden Sahel- und Steppengebiete liegen bereits zwischen den 100 und 150 mm Regenlinien, wobei noch zu bemerken ist, daß über dieses Gebiet gerade nördlich von Agades infolge der niederschlagsbildenden Wirkung des Air-Gebietes, die 100 mm Linie einen Vorsprung macht. Bodentemperaturmessungen werden in Tamanrasset auf der großen meteorologischen Station der Universität regelmäßig durchgeführt.

Das Hochplateau von Tamanrasset hat verhältnismäßig die niedrigsten Lufttemperaturgrade, da hier die höchste Grenze von 40 °C auch in den heißesten Monaten nie, oder nur ganz selten erreicht wird. Die Regenverhältnisse des Hoggar-Gebietes sind noch nicht gänzlich aufgeklärt. Schneefälle kommen in dem Hochgebirge fast in jedem Winter vor. Der Schnee hält sich aber in der Regel auch auf den höchsten Spitzen nicht länger, als 24 Stunden.



#### IV. Die allgemeinen pflanzengeographischen und geologischen Merkmale des Untersuchungsgebietes.

(Siehe die Abbildungen 11—72.)

Jenes recht ausgedehnte Gebiet, das unsere Untersuchungen umfaßt, wird im Norden von dem Sahara-Atlas, bzw. von seinen Hochplateaus, und im Süden von den Savannen des Soudans begrenzt. Die pflanzengeographischen Verhältnisse des Nordrandes der Sahara, bzw. die Hochplateaus sind ja durch die ausführlichen Arbeiten von *R. Maire* und seiner Mitarbeiter hinreichend bekannt. Der eigentliche Ausgangspunkt der Expedition: Beni-Ounif liegt — wie das schon erwähnt wurde — in den Steppenregionen der Nord-Sahara. Etwas südlich davon beginnt die eigentliche Wüstenregion. In der späteren Folge werden wir bei der Beschreibung unserer Versuchsflächen auch unsere Pflanzenaufnahmen mitteilen und diese noch besonders besprechen. Wir möchten aber darauf hinweisen, daß mit der Ausnahme einiger Gebietsteile des Tanezrouft-Gebietes, in dem Raume unserer Untersuchungen nur ganz selten solche Böden oder größere Bodenkomplexe vorkamen, die jeder Pflanzendecke entbehren. In den Niederungen und in den Tälern des Oueds kommt ja immer eine spärliche Vegetation vor, die dann später in jenen Flußtälern, wo das Grundwasser der Oberfläche näher kommt, durch Gebüsch (Ziziphus, Genista, Salaria etc.) und auch durch Bäume und zwar hauptsächlich durch Akazien, oder durch die verschiedenen Arten der Gattung *Tamariscus*, ergänzt

Tabelle IX.

Adrar.

a) Regen in mm.

Jahr	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.	Zu- sammen
1933.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	33	2	36
1934.	0	0	0	0	0	0	1	0	2	0	20	0	23
1935.	0	0	0	0	0	1	0	3	0	8	0	0	12
1936.	0	0	0	0	16	0	0	0	0	0	0	0	16

b) Anzahl der Regentage.

Jahr	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.	Zu- sammen
1933.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	3	2	8
1934.	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	2	0	4
1935.	0	0	0	0	0	1	0	2	0	2	0	0	5
1936.	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1



werden. Von den Koniferen kommt nur der *Cupressus Dupreziana* in den höheren Lagen des Hoggar-Gebirges vor. Das Vorkommen des *Juniperus phoeniciana* bleibt dagegen auf die Gebirgsketten des Atlas-Gebirges beschränkt. Die pflanzengeographischen Verhältnisse des Hoggar-Gebietes und seine angrenzenden Teile hat schon *R. Maire* ausführlich beschrieben. Der südlichste Teil unseres Forschungsgebietes umfaßt die Steppen und die Savannen des Soudans. Wie schon erwähnt wurde, wird hier die 0-Linie der jährlichen Niederschläge etwas südlich des Wendekreises des Krebses angegeben. Bei dem Hoggar-Gebirge weicht diese Linie etwas gegen Norden aus, da das Hoggar-Massiv sehr oft bei entsprechender Konstellation der Klimatelemente Niederschläge bilden kann. Auf den höchsten Spitzen kommen — wie schon erwähnt wurde — ausgiebige Regen fast jährlich vor. Hier wird auch oft vorübergehend Schnee konstatiert. Dementsprechend ist auch die Vegetation. Auf dem unteren Teile des Hoggar-Plateaus sind natürlich trockene Jahre nicht mehr selten. Wir haben auch schon erwähnt, daß im Jahre 1933, also drei Jahre vor unserer Expedition, die letzten ausgiebigen Regen in den niedrigen Regionen gefallen sind.

Nach In-Guezzam, etwa vor Aban-Rarit, liegt die 100 mm Regenlinie. Nach unseren Beobachtungen kann man die ersten Anfänge der Soudansteppe ungefähr 60—80 km südlich von In-Guezzam ansetzen. Der arabische Volksmund bezeichnet diese Gebiete mit dem Namen „Sahel“. Nach der allgemeinen Auffassung von *Chevalier* kann man die eigentliche Grenze der Wüste dort annehmen, wo die jährlichen Niederschläge 100 mm überschreiten. Zwischen dieser Grenze und zwischen der 500 mm Linie liegt nun das Steppengebiet, dessen ersten Anfänge auch mit dem

Tabelle X.

*In-Salah.*

a) Regen in mm.

Jahr	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.	Zusammen
1934.	0	5	1	0	0	0	0	0	0	0	47	0	53
1935.	0	5	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	6
1936.	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	3	0	5

b) Anzahl der Regentage.

Jahr	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.	Zusammen
1934.	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	5	0	7
1935.	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	2
1936.	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	3	0	5



oben erwähnten volkstümlichen Namen „Sahel“ bezeichnet werden. Mit der Zunahme der Niederschlagsmengen ändert sich natürlich das Bild durchgreifend. Die Anfänge sind recht interessant. In dem Sahelgebiet kommt im allgemeinen nur kurzes und schütteres Gras und darunter Dornensträucher vor. Sie findet man auch meistens in den Flußbetten und in den angrenzenden Gebieten, oder in den Niederungen. Dazwischen kommen aber auch noch immer kleinere oder größere, eingesprengte Wüstenteile vor, die vollkommen vegetationslos sind. Man kann ja sehr oft auch fossile Dünen finden, zwischen denen dann unfruchtbarer Tonboden zum Vorschein kommt. Aber auch jüngere Sandsteinplateaus können an die Oberfläche kommen. In diesem Gebiet findet man auch stellenweise falsche Laterithöden, sogenannte Roterden (Tedjidda-n-Tessem). *Marbut* gibt übrigens im allgemeinen an, daß vom Norden nach dem Süden gerechnet zunächst kastanienbrauner Boden, dann Schwarzerde und an der Grenze der Savannen tropische Präriböden zu konstatieren sind.

Später schließt sich immer mehr und mehr die Pflanzendecke und die Dornensträucher und auch die Bäume werden immer häufiger. Besonders massenhaft findet man die verschiedenen Akaziensorten vor. Darunter ist bezeichnend die *Acacia tortilis*, die in den trockenen Flußbetten, wo sie mit ihren langen Wurzeln das Grundwasser noch erreichen kann, vegetiert. Es kommen aber auch die *Acacia Seyal* und *Acacia Terek* ebenfalls vor. Charakteristisch ist auch das Vorkommen der Dumpalme (*Hyphaene*

Tabelle XI.

Aoulef-el-Arab.

a) Regen in mm.

Jahr	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.	Zu- sammen
1933.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3	4
1934.	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0	21
1935.	0	3	0	0	0	0	0	0	0	15	0	0	18
1936.	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	6

b) Anzahl der Regentage.

Jahr	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.	Zu- sammen
1933.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	5	7
1934.	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	4
1935.	0	1	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	3
1936.	0	0	0	1	2	0	0	1	0	0	0	0	4



*thebaica*<sup>10)</sup> und mehr südlich des Affenbrotbaumes (*Carica Papaya*). Wir haben das erste kultivierte Exemplar im Garten des Kommandanten in Agades gefunden. Auch die Dumpalme haben wir zum erstenmal bei Agades in kleineren Gruppen vorgefunden. Die verschiedenen *Tamarix*-Arten kommen natürlich auch recht häufig vor. Typisch ist auch das Auftreten der tropischen *Calotropis procera* in den warmen Tälern des Hoggars. Südlich von In-Gall bildet sie bereits zusammenhängende Formationen. Die nach den Saharaöasen von den Arabern eingeführte und hier als Kulturpflanze gezogene Dattelpalme wird nach dem Süden auf der Linie der Oase In-Gall, also unweit von dem 16. Breitengrad abgegrenzt.

Die eigentliche Savannenzone beginnt mit der Regenlinie 500 mm und dauert bis zu der Grenze der 1000—1200 mm Regenzone. In diesem Gebiet reichen die Hochgrassavannen mit ihrem spärlichen Baumwuchs bis an die Urwaldgrenze heran. Für das Zustandekommen des Urwaldes dürfte übrigens nicht die absolute jährliche Niederschlagsmenge, sondern die Zahl jener Monate maßgebend sein, die weniger als 50 mm Regen erhalten. Beträgt die Anzahl dieser Monate mehr als drei, so tritt die Savanne auch dann auf, wenn die Jahresniederschläge bereits 1500 mm erreichen. Zwischen Savanne und Steppe findet man noch sehr oft Gruppen von trockenen Steppenwäldern. Ein typisches Beispiel hiervon findet man bei Agadez. Unser Untersuchungsgebiet gehörte im allgemeinen in die Region des Sahels, und zwar in die Grassteppe mit spärlichem Baumwuchs. Nur etwas südlich von Agadez treten dann die eigentlichen und typischen Baumsteppen und die Anfänge der Savannen auf. Diese südlichen Gebiete sind auch in ihrem klimatischen Verhalten charakteristisch.

Sie haben zwei Temperaturmaxima, und zwar eines im April und Mai und ein zweites im September oder Oktober. Zu der Entwicklung des eigentlichen hochsommerlichen Temperaturmaximums, das in dem Wüstengebiet so typisch ist, kann es nicht mehr kommen, da inzwischen die sommerliche Regenperiode die totale Entfaltung der Sonnenenergie durch die Bewölkung verhindert.

Tabelle XII.

Soudan.

	Kabara	Timbuctu	Agadez
Durchschnittliche jährliche Regenmenge . . .	250 mm	220 mm	152 m
Zahl der Regentage . . . . .	22	32	21
Mittlere Jahrestemperatur . . . . .	27.4°	—	28.1°

<sup>10)</sup> In-Gall bildet sie bereits zusammenhängende Formationen.



Zum Schluß noch einiges über die Oberfläche des Untersuchungsgebietes. Unsere Arbeitsgebiete enthalten Sandböden der beiden großen Sandwüsten des Grand Erg Occidental (Béni-Abbés) und des Grand Erg Oriental (El-Golea). Wir bezeichnen diese Böden mit der arabischen Bezeichnung: „Erg“. Auf den Tidikelt- und Tademait-Plateaus bearbeiteten wir mit kleineren Steinen bedeckte Lehm- und Tonböden. Sie werden im Volksmund als „Reg“ bezeichnet. Im Hoggar-Gebiet wurden in den Tälern der Oueds „Erg“ und auf den Plateaus „Reg“ und Lehm-, bzw. Tonböden untersucht. Die mit größeren Steinen bedeckten Lehm- und Tonböden bezeichnet die arabische Sprache als „Hamada“.

Zwischen In-Salah und Arak wurde ein typischer „Chott“, salzhaltiger Seegrundboden untersucht.

Versuchsflächen südlich vom Hoggar umfassen Erg- und Regböden der Steppenregionen. Die Tademait- und Tidikelt-Hochflächen sind typische Tafelländer mit Kreide- und Sandsteinablagerungen. Auf dem Tademait findet man die Kreideschichten auf dem mittleren Teil. Der Rand wird aus Sandsteinablagerungen gebildet. Das Hoggar selbst ist archaisches Grundgebirge (Granit, Gneis), das wahrscheinlich später gefaltet wurde. Das Faltungsgebirge, das eigentlich ein mächtiges Hochplateau bildet, wird von nicht mehr tätigen Basalt- und Andesitvulkanen unterbrochen. Das Gebirge „Air“, an deren westlichen Ausläufern unsere Versuchsflächen in dem sudanesischen Steppengebiet lagen, ist der gleichen Ursprung.

### V. Die Beschreibung der Versuchsflächen.

(Siehe die Tabellen XIII u. XIV und die Abbildung 5. sowie die Abb. 14–72.)

#### Tabelle XIII.

##### Kurze Beschreibung der großen Versuchsflächen.<sup>11)</sup>

Lgrd. W v. Gr.: Westlich von Greenwich. Östlich von Greenwich wird nicht gesondert angegeben.

*Versuchsfläche I.* 0'8 km östlich von Adrar. Sandiger Reg. Weißlehmiger Untergrund. Vegetationslos. H. ü. M. 282 m. 0° 30' W. v. Gr.; 27° 50'.

*Versuchsfläche II.* Neben Sba, 40 km links der Piste Adrar—Beni-Abbés. Zentrum des Sebkra. H. ü. M. 282 m. 0° 20' W. v. Gr.; 27° 50'.

*Versuchsfläche III.* Sebkra von Sba. Peripherie der Nitratsfelder. H. ü. M. 282 m.

*Versuchsfläche IV.* Oase bei Adrar. Roggenfeld. Sand bis 30 cm. Lehmiger Untergrund. H. ü. M. 282 m. 0° 30' W. v. Gr.; 27° 50'.

*Versuchsfläche V.* Aoulef-el-Arab. Oase. Abgeerntetes Roggenfeld. Roter Sand. Lehmiger Untergrund. H. ü. M. 274 m. 1° 5'; 26° 50'.

*Versuchsfläche VI.* 1 km nördlich von In-Salah. Düne. Vegetationslos. Region der Rhaba. H. ü. M. 275 m. 2° 30'; 27° 20'.

<sup>11)</sup> Die ersten Zahlen geben die Längen-, die folgenden die Breitengrade an. Längengrade von Greenwich gerechnet.



*Versuchsfläche VII.* Oasis in In-Salah, cca 1 km nördlich von Vfl. VI. H. ü. M. 275 m. Bodenvegetation: *Centaurium pulchellum* (Schwartz) Hayek var. *Laurioli* Maire, *Samolus Valerandi* L. Desf., *Polypogon monspeliense* L. Desf., *Phoenix* und Gartenwächse.

*Versuchsfläche VIII.* Neben Vfl. VII. Lehm Boden mit weißer Salzkruste, die das zeitweise aufsteigende Untergrundwasser bildet. Vegetationslos. H. ü. M. 275 m

*Versuchsfläche IX.* Nordost 1 km von Bordj In-Salah. Grobsand mit auskristallisiertem Gips. Ohne Vegetation. H. ü. M. 275 m. 2° 30'; 27° 20'.

*Versuchsfläche X* In-Eker. Flußsand. Oued Abezzou. H. ü. M. 900 m. 3° 6'; 24° 0'. Vegetation: *Atriplex Halimus* L., *Acacia Raddiana* (Savi), *Panicum turgidum* (Forsk.), *Tamarix spec.*

*Versuchsfläche XI.* 4 km westlich von Tamanrasset. Oued Tamanrasset. Nasser Lehm Boden bei einer Quelle. H. ü. M. 1400 m. 5° 25'; 22° 50'. Vegetation: *Adiantum Capillus veneris* L.

*Versuchsfläche XII.* Tamanrasset. Neben der meteorologischen Station. H. ü. M. 1400 m. 5° 25'; 22° 50'. Vegetation: *Zilla macroptera* (Coss. D. R.), *Salsola foetida* (Del.).

*Versuchsfläche XIII.* 1,5 km östlich von Tamanrasset. Felsen. Verwitterungsboden. Vegetationslos. H. ü. M. 1400 m. 5° 25'; 22° 50'.

*Versuchsfläche XIV.* In-Guezzam. Vegetationsloser Reg. Feiner Sandüberflug. Tanezrouft. H. ü. M. 411 m. 5° 40'; 19° 30'.

*Versuchsfläche XV.* 60 km südlich von Tamanrasset. Flußsand. Oued Amzi. H. ü. M. 1000 m. 5° 20'; 20° 20'.

*Versuchsfläche XVI.* 180 km südlich von Tamanrasset. Tal der Oued Zazir. Reg mit Flußsand. Tanezrouft. Zerstreut kleine Insel von *Aristida pungens* (Desf.). H. ü. M. 400 m. 5° 40'; 20° 20'.

*Versuchsfläche XVII.* 60 km nördlich von Abanrarit. Sandiger Lehm. Cassia Assoziation. H. ü. M. 320 m. 5° 50'; 18° 20'. Bodenvegetation: *Andropogon Schoenanthus* L., *Aristida spec.*, *Periploca laevigata* Ait. (= *Daemia cordata*), *Aristida pungens* Desf., *Cornulaca monacantha* Del., *Maerua crassifolia* Forsk., *Aristida acutiflora* Brint. Rupr.

*Versuchsfläche XVIII.* Tedjidda-n-Tessem. Falscher Lateritboden mit Resten von abgestorbenen Pflanzen. H. ü. M. 400 m. 6° 45'; 17° 50'.

*Versuchsfläche XIX.* In-Gall. Palmengarten. Abgeerntet. H. ü. M. 400 m. 6° 50'; 16° 45'. Bodenvegetation: *Zizyphus spina Christi* L. Desf., *Calotropis procera* Ait., *Schouwia purpurea* (Forsk.) Schweinf., sp. *Schimperi* R. Muschler.

*Versuchsfläche XX.* In-Gall. Erg. *Calotropis*-Assoziation. *Citrulus colocynthus* L. O. Ktze. *Panicum turgidum* (Forsk.).

*Versuchsfläche XXI.* Flußsand Agadez. Vorsprung des tropischen Urwaldes, Oued Alarsas. H. ü. M. 480 m. 8°; 17°. Vegetation: *Boscia senegalensis* Lamk., *Salvadora persica* L. Lian auf *Acacia*, *Euphorbia granulata* Forsk. var. *genuina* Maire., *Leptadenia pyrotechnica* Forsk. Decaisne, *Acacia tortilis* (Savi) mit *Loranthus dodoneifolius* (Decard), *Ceculus pendulus* (Forsk., Diels), *Hyphaene thebaica* Mart.

*Versuchsfläche XXII.* 80 km südlich von Agadez. Oued Izegrin. H. ü. M. 480 m. 7° 50'; 16° 40'. Vegetation: *Solenostema Argel.* (Del.), *Boscia senegalensis* Lamk., *Salvadora persica* L., *Maerua crassifolia* Forsk., *Panicum turgidum* Forsk., *Abutilon muticum* Del. Webb., *Aerva persica* (Burm.), *Acacia seyal* (Del.), *Cenchrus catharticus* Del.

*Versuchsfläche XXIII.* Mont Adriane. Spitze. Vegetationsloser Verwitterungsboden. H. ü. M. 1790 m. 5° 35'; 22° 50'.

*Versuchsfläche XXIII/a.* Isekram. H. ü. M. cca 2000 m. Vegetation: *Salvia Schudaei* Batt. und Trabut, *Olea Laperrini* Batt. und Trabut, *Ballota hirsuta* Benth. var. *saharica* Diels, *Panicum turgidum* Forsk.



*Versuchsfläche XXIV.* Tamanrasset. Gerstenfeld. Bewässert. H. ü. M. 1400 m. 5° 25'; 22° 50'. Vegetation: *Astragalus eremophilus* (Boiss.), *Polycarpaea repens* (Forsk.).

*Versuchsfläche XXV.* Flußsand. Arak, Oued Arak. 200 m nördlich vom Bordj. H. ü. M. 576 m. 3° 45'; 25° 15'. Vegetation: *Acacia spec.*, *Callotropis procera* (Ait.), *Aerva persica* (Burns), *Pulicaria crispa* (Forsk., C. H. Schultz), *Imperata cylindrica* (L., P. B.), *Farsetia spec.*, *Saccharum Ravennae* L. ssp. *parviflorum* (Pilger) Maire, *Cassia obovata* Collad., *Calligonum comosum* L'Hér., *Chrozophora Brocchiana* (Vis) Schweinf., *Tamarix Balansae* Gay., *Salsola foetida* Del., *Panicum turgidum* Forsk., *Tamarix gallica* L.

*Versuchsfläche XXVI.* Schott Azirir. Vegetationsloser Lehm Boden mit harter Kruste. H. ü. M. 340 m. 3°; 26° 30'.

*Versuchsfläche XXVII.* Tademait. Tonboden. 120 km nördlich von In-Salah. Vegetationslos. H. ü. M. 670 m. 2° 30'; 28° 30'.

*Versuchsfläche XXVIII.* El-Golea. Oase. Weizenfeld. Bewässert. H. ü. M. 376 m. 2° 50'; 30° 40'. Vegetation: *Pithuranthos scoparius* (Coss und Dür) Benth und Hook., *Thymelaea microphylla* Coss. und Dür., *Aristida pungens* Desf., *Raetama retam* Webb., *Oudneya africana* R. Br.

*Versuchsfläche XXVIII/a.* Düne von El-Golea. H. ü. M. 375 m. 2° 35'; 30° 20'.

*Versuchsfläche XXIX.* Hochpaß nach Boghari. Korkeichenwald. H. ü. m. 1200 m. 2° 50'; 36° 20'.

*Versuchsfläche XXX.* Engpaß vor Medea. *Pinus halepensis*-Wald. H. ü. M. 600 m. 2° 50'; 36° 20'.

*Versuchsfläche XXXI.* Beni-Abbés. Düne. H. ü. M. 2° 20' W. v. Gr.; 36° 10'.

*Versuchsfläche XXXII.* Ghardaia. Lehm Boden. H. ü. M. 480 m. 3° 45'; 33° 10'.

## Tabelle XIV.

### Kurze Beschreibung der kleinen Versuchsflächen.

Lgrd. W. v. Gr.: Westlich von Greenwich. Östlich von Greenwich wird nicht gesondert angegeben.

*Versuchsfläche 1.* Oued Tilía, zwischen Adrar und Aoulef. Lehmiger Sand. H. ü. M. 303 m. 0° 25'; 27° 30'. Vegetation: *Pulicaria crispa*, Forsk. C. H. Schultz., *Hyoscyamus muticus* J. ssp. *Faleslez* (Coss) Maire, *Psoralea plicata* Del., *Noletia chrysocomoides* (Desf. Caso), *Teucrium polium*, *Fagonia glutinosa* Del., *Morettia canescens* (Boiss), *Malcolmia aegyptiaca* (Spr.).

*Versuchsfläche 2.* Neben Vfl. 1. Reg. Ohne Vegetation. H. ü. M. 303 m. 0° 25'; 27° 30'.

*Versuchsfläche 3.* 100 km südlich von Adrar. Reg mit Sandanflügen. Diese sind spärlich mit *Erodium pulverulentum* (Desf.) bevölkert. H. ü. M. 342 m. 0° 35'; 27° 15'. Vegetation: *Aristida plumosa* L. var. *floccosa* (Coss.) Trabut. *Monsonia nivea* (Dec.) Webb., *Morettia canescens* Boiss, *Pulicaria crispa* (Forsk.) C. H. Schultz.

*Versuchsfläche 4.* Neben Vfl. 3. Mit großen Steinen. Vegetationslos. H. ü. M. 342 m. 0° 35'; 27° 15'.

*Versuchsfläche 5.* Zwischen Aoulef und In-Salah. Reg auf Lehm. Tidikelt-Plateau. Fossile Holzreste. Sandflächen mit *Aerva persica* (Burm., Merill.), *Salsola foetida* L., *Farsetia ramosissima* Hochr., *Aristida plumosa* L. var. *floccosa* (Coss) Trabut, H. ü. M. 280 m. 1° 11'; 27°.

*Versuchsfläche 7.* 25 km nach Aoulef. Reg ohne Vegetation. H. ü. M. 280 m. 1° 5'; 27° 15'.

*Versuchsfläche 8.* 60 km nach Aoulef. Reg ohne Vegetation. H. ü. M. 250 M. 1° 8'; 27° 10'.

*Versuchsfläche 9.* Gegenüber Vfl. 8. Region der Rhaba. Sand mit *Zygophyllum*



cornutum (Coss), *Salsola Foetida* L., *Cornulaca monacantha* (Del), *Anabasis articulata* Forsk. (Moq, Tand). H. ü. M. 250 m. 1° 8'; 27° 10'.

*Versuchsfläche 14.* Neben Vfl. 9. Sand ohne Vegetation. H. ü. M. 275 m.

*Versuchsfläche 15.* Cca 15 Km südlich von In-Salah, an der Grenze der Rhaba. Reg mit grobkörnigen Sandinseln mit *Zygophyllum cornutum* (Coss). H. ü. M. 275 m. 2° 25'; 27°.

*Versuchsfläche 16.* 30 Km SW von In-Salah. Sand mit *Zygophyllum cornutum* (Coss). H. ü. M. 280 m. 2° 30'; 26° 50'.

*Versuchsfläche 17.* 70—80 Km Südost von In-Salah. Vegetationsloser Reg.

*Versuchsfläche 18.* Hasi-El-Khenig. Oued Botha, Flußsand auf Ton. H. ü. M. 340 m. 3° 10'; 26° 30'. Vegetation: *Panicum turgidum* Forsk., *Acacia Seyal* Del., *Artemisia judaica* L., ssp. *sahariensis* Maire, *Tamarix aphylla* L. Loesk., *Aristida pungens* Desf., *Aerva persica* (Burm.) Merrill, *Calligonum comosum* L'Hérit., *Pulicaria undulata* (L.), *Citrullus colocynthis* (L.).

*Versuchsfläche 18/1.* Lehm ohne Vegetation bei Versuchsfläche 18. H. ü. M. 340 m.

*Versuchsfläche 19.* 140 Km SO von In-Salah. Oued-Takoula. Flußsand. H. ü. M. 400 m. 3° 20'; 25° 50'. Vegetation: *Acacia tortilis* (Hayne), *Tamarix spec.*, *Panicum turgidum* (Forsk.), *Pulicaria undulata* (L. DC.), *Calligonum comosum* L'Hérit.

*Versuchsfläche 20.* 210 Km SO von In-Salah. Oued-Tibratine. Lehmiger Sand. H. ü. M. 410 m. 3° 20'; 25° 50'. Vegetation: *Acacia tortilis* (Hayne), *Tamarix (spec.)*, *Aerva tomentosa* (Burm., Merrill), *Noletia chrysocomoides* (Desf. Cáo).

*Versuchsfläche 21.* 225 Km SO von In-Salah. Oued Keg-Keda. H. ü. M. 480 m. 3° 30'; 25° 35'. Vegetation: *Tamarix articulata* (Vahl), *Panicum turgidum* (Forsk.).

*Versuchsfläche 22.* 45 Km SO von Arak. Oued Afisfes. Flußsand auf Lehm. H. ü. M. 793 m. 4° 68'; 25° 5'. Vegetation wie bei Vfl. 21. *Farsetia Hamiltoni* Royle, *Bubonium (Asteriscus) graveolens* Forsk., DC., *Pulicaria undulata* L. DC.

*Versuchsfläche 23.* Hassi Tesnou. Oued Mellene. Grobkörniger Sand auf lehmigen Untergrund. H. ü. M. 955 m. 5° 45'; 24° 45'. Vegetation: *Trichodesma africanum* L. R. Br., *Heliotropium undulatum* Vahl. ssp. *erosum*, *Moerua crassifolia* Forsk., *Euphorbia granulata* Forsk., *Moerua glomerata* (Coss) Hork., *Atractylis aristata* Bott., *Pulicaria undulata* L. DC., *Periploca laevigata* Ait., *Fagonia flamandi* Bott., *Brochia cinerea* Vis., *Cotula cinerea* (Del), *Zilla macroptera* Cass et D. R., *Acacia tortilis* (Hayne), *Panicum turgidum* (Forsk.).

*Versuchsfläche 24.* Oued Sersouf. Lehmiger Sand. Zerstreut kleine Steine. H. ü. M. 960 m. 4° 55'; 24° 50'. Vegetation: *Panicum turgidum* Forsk.

*Versuchsfläche 27.* Oued Ani-Akli. Flußsand. H. ü. M. 1100 m. 5° 10'; 23° 20'. Vegetation: *Panicum turgidum* Forsk., *Rottboellia hirsuta* (Forsk.), Vahl, *Saccharum hirsutum* (Forsk.), Boiss., *Calotropis procera* Ait., *Fagonia Bruguierii* DC., *Zizyphus lotus* (L.) Desf. ssp. *saharae* Batt. Maire., *Chlamyphora pubescens* (Desf.), Coss et Dr., *Tamarix spec.*, *Acacia seyal* Del., *Leptadenia pyrotechnica* (Forsk.), Decaisne., *Artemisia judaica* L. ssp. *sachariensis* Maire.

*Versuchsfläche 29.* Neben Vfl. XI. 5 cm unter der Kruste. H. ü. M. 1420 m. 5° 30'; 22° 50'.

*Versuchsfläche 30.* Neben Versuchsfläche 29. Sand ohne Vegetation.

*Versuchsfläche 38.* 300 Km südlich von Tamanrasset. Oued-Laouini. Dünen sand ohne Vegetation. H. ü. M. 500 m. 5° 40'; 20° 25'.

*Versuchsfläche 39.* Neben Vfl. 38. Dünen sand mit *Aristida pungens* Desf. H. ü. M. 500 m. 5° 40'; 20° 25'.

*Versuchsfläche 41.* Cca 70 Km südlich von In-Guezzam. Grenze der Grassteppe. Reg auf sandigem Lehm. H. ü. M. 380 m. 6° 20'; 19° 10'. Pflanzen auf Sandanflug: *Acacia*



Raddiana Savi., Euphorbia granulata (Forsk.), var. genuina Maire, Aerva persica (Burm. Marill.), Schouwia purpurea (Forsk.), Schweinf. ssp. Schimper, Aristida plumosa L. var. floccosa (Coss) Trabut.

Versuchsfläche 43. Bei Oued Zazir. 140 Km südlich von Tamanrasset. Ohne Vegetation. H. ü. M. 560 m. 5° 40'; 21° 45'. Sandiger Reg.

Versuchsfläche 44. Bei Vil. 43. Sandanflug mit Fagonia longispina Batt. und F. Brughierii DC. H. ü. M. 560 m. 5° 40'; 21° 45'.

Versuchsfläche 45. Oued Izedalene. 340 Km südlich von Tamanrasset. Sandanflug auf Reg. H. ü. M. 400 m. 5° 40'; 21° 10'. Vegetation: Chrozophora Brochiana (Vis), Schweinf., Aristida pungens Desf., Citrullus colocynthis L. O. Kntze.

Versuchsfläche 46. Cca 40 Km südlich von In-Guezzam. Reg mit Sand vermischt H. ü. M. 420 m. 5° 53'; 19° 55'.

Versuchsfläche 47. Sandiger Reg cca 50 Km südlich von In-Guezzam. Insel von Fagonia longispina Batt., und Aristida pungens Desf. H. ü. M. 420 m. 5° 44'; 19° 10'.

Versuchsfläche 48. Oued Kezemet cca 40 Km nördlich von Abanrarit. Dünensand mit Aristida pungens Desf. und Fagonia Brughierii DC. H. ü. M. 370 m. 5° 50'; 18° 35'.

Versuchsfläche 49. Oued Irizer. 20 Km östlich von Abanrarit. Sand mit Acacia Raddiana Savi., Aerva persica (Burm., Merrill.), Cassia obovata (Collad.). H. ü. m. 350 m. 6° 10'; 17° 55'.

Versuchsfläche 50. Oued Agadez. Cca 60 Km Südost von Abanrarit. H. ü. M. 300 m. 6° 20'; 17° 40'. Vegetation: Panicum turgidum Forsk., Aristida adscensionis L. var. pumila (Des.) Coss., Fagonia Brughierii DC., Aerva tomentosa Forsk., Aristida plumosa L. var. floccosa (Coss) Trabut., Andropogon Schoenanthus (L.) von Hack.

Versuchsfläche 51. Bei Oued Abadarokum. 50 Km NW von In-Gall. H. ü. M. 400 m. 6° 40'; 17° 10'. Schoenfeldia gracilis Kunth.

Versuchsfläche 52. 40 Km von In-Gall. Oued Abadarokum. Sand. H. ü. M. 400 m. 6° 50'; 16° 55'. Vegetation: Balanites aegyptica Del., Salvadora persica L., Acacia spec., Calotropis procera Ait., Panicum turgidum Forsk.

In der ersten Reihe haben wir unsere Hauptversuchsflächen bearbeitet. Die Abbildung 5. zeigt uns die Route der Expedition und die allgemeine Verteilung der Versuchsflächen. Unsere Hauptversuchsflächen haben wir mit römischen Ziffern numeriert. Die Reihenfolge der Zahlen bezeichnet im allgemeinen die Reihenfolge der Bearbeitung. Daraus folgt aber, daß die nördlichen Versuchsflächen, bei denen wir die Bodenproben erst auf der Rückreise entnahmen, die höchsten Nummern besitzen. Ein Blick auf die Landkarte beweist uns, daß diese Versuchsflächen so verteilt waren, daß möglichst alle Typen der Zentral- und Süd-Sahara, sowie die angrenzenden Teile des Soudans und der Nord-Sahara vertreten sind.

Außer diesen Versuchsflächen haben wir eine ganze Reihe mit arabischen Nummern bezeichneten, kleineren Versuchsflächen bearbeitet. Bei dieser letzten Gruppe war der Rahmen der Untersuchung auf einige typische Merkmale beschränkt. Bei diesen Versuchsflächen haben wir nur den Gesamtsalzgehalt, den Säuregrad, den Wassergehalt und die Pflanzenassoziationen untersucht. Die nähere Beschreibung der Versuchsflächen enthalten die Tabellen XIII. und XIV. auf Seite 235. u. f. Die Versuchsflächen wurden dann in ökologische Gruppen eingeteilt. Diese sind die Folgenden:



I. Oasenböden, II. Wüstenböden, II/a. Sandböden, II/b. Stein- und Kiesböden, II/c. Tonböden, II/d. Seegrund, III. Steppen- und Savannenböden, IV. Verwitterungsböden im Hochgebirge, V. Nasse Tonböden, VI. Falscher Lateritboden, VII. Waldböden.

#### VI. Untersuchungsmethodik.<sup>12)</sup>

Die Untersuchungen haben das Problem, die mikrobiologischen Lebensvorgänge des Lebensraumes der Wüstenböden, auf biologischer und chemisch-physikalischer Grundlage zu erfassen versucht. Wir waren dessen bewußt, daß durchgreifende und in jeder Hinsicht befriedigende Ergebnisse nur dann erzielt werden können, wenn wir das Problem in seiner Gesamtheit mit allen seinen Beziehungen quantitativ und qualitativ erforschen. Die Untersuchungen möchten wir daher der besseren Übersicht halber in zwei Gruppen einteilen. Die erste Gruppe umfaßt die biologischen Untersuchungsmethoden und die zweite unser physikalisch-chemisches Untersuchungsverfahren.

##### 1. Die biologischen Untersuchungsmethoden.

Wie wir schon in unserer Problemstellung klar zum Ausdruck brachten, so haben wir diesmal den Standortsraum der Wüstenböden mikrobiologisch zu untersuchen versucht. Für die Durchführung der mikrobiologischen Untersuchungen war natürlich die Mitnahme eines mobilen Feldlaboratoriums unerläßlich. Die Nährböden haben wir — wie schon erwähnt wurde — bereits im fertigen und entkeimten Zustand mitgenommen. Sie wurden aber vor dem Gebrauch noch einmal gründlich entkeimt. Infolge der hohen Temperaturen, die namentlich in unserem südlichsten Untersuchungsraum bereits Ende März sich bemerkbar machten, war der Gebrauch der Gelatinennährböden unmöglich. Wir waren daher ausschließlich auf die Agarnährböden angewiesen, die auf der üblichen Weise mit Zugabe von Bodenextrakt zubereitet worden sind. Die anaeroben Kulturen haben wir in Burryröhren auf Dextroseagar hergestellt. Die Kultivierung der physiologischen Bakteriengruppen, da die folgerichtige Durchführung dieser Methode mehrere Wochen in Anspruch genommen hätte, erfolgte erst in dem Laboratorium des Botanischen Instituts in Alger, wohin die Bodenproben nach Tunlichkeit auf dem Luftwege gesandt wurden. Es ist nicht wahrscheinlich, daß hier Veränderungen größeren Maßstabes stattgefunden hätten. Die Gründe sind hiefür die folgenden: Wir haben trockene Wüstenböden in der wärmeren Jahreszeit untersucht, so daß größere Veränderungen im Wassergehalt oder in der Temperatur während des Transportes kaum vorkommen konnten.

<sup>12)</sup> Siehe hierzu die Angaben (Nr 16 u. 56) in dem Literaturnachweis.



Wir müssen übrigens auch darauf hinweisen, daß mit der Zunahme der Hitze die Arbeiten im Feldlaboratorium recht schwierig wurden. Wir müßten daher mit großer Genugtuung betonen, daß dabei eine befriedigende Sterilität erreicht werden konnte. Bestimmt wurden folgende mikrobiologische Faktoren:

1. Die Bestimmung der Anzahl der aeroben Bakterien erfolgte auf Bodenextraktagar in Petrischalen und die der anaeroben auf Dextroseagar in Burryröhren. Obwohl wir dessen bewußt waren, daß die Plattenmethode gewisse Nachteile hat und den Bodenbakterien nicht ihr eigenes Lebenselement bieten kann, so haben wir an dieser Methode doch festgehalten, weil sie derzeit noch zwischen allen Methoden verhältnismäßig die besten und zuverlässigsten Resultate liefert.

2. Von den physiologischen Bakteriengruppen wurden durch das sogenannte Verdünnungsverfahren folgende wichtige Gruppen erfaßt:

- a) die nitrifizierenden Bakterien;
- b) die denitrifizierenden Bakterien;
- c) die stickstoffbindenden Bakterien (aerob, anaerob);
- d) die zellulosezersetzenden Bakterien;
- e) die harnstoffzersetzenden Bakterien.

3. Die Arten der Bodenbakterien sind durch Überimpfung der Kulturen später in unserem Institut mit den hierzu notwendigen Differenzialnährböden bestimmt worden.

4. Auf die mengenmäßige Ermittlung der Bodenpilze legten wir auch besonderes Gewicht, da wir schon im Laufe unserer ersten Untersuchungen feststellen konnten, daß diese Mikroorganismen die extreme Trockenheit des Bodens verhältnismäßig gut vertragen können. Die Arten der Bodenpilze wurden dann ebenfalls durch Überimpfen in unserem Institut in Sopron nachträglich bestimmt.

Wir haben uns auch als eine besondere Aufgabe gestellt, die Mikroorganismen in den Wüstenböden in aktiver Form durch die Verwendung der sogenannten direkten mikroskopischen Methoden zu untersuchen. Wir müssen aber dabei betonen, daß die Anwendung der direkten mikroskopischen Methoden in quantitativer Hinsicht und in Bezug auf die spezifischen Funktionen der Bodenmikroorganismen von beschränkter Bedeutung ist. Sie boten aber in unserem Falle den großen Vorteil, daß man durch sie die Bodenbakterien, darunter auch die Aktinomycceten, die Bodenpilze und auch einige Bodenalgen unmittelbar in dem Boden nachweisen und auf Grund ihrer morphologischen Merkmale (Sporenbildung etc.) auch gewisse Folgerungen bezüglich ihrer Lebensaktivität ableiten konnte. Wir wandten hauptsächlich die Methode nach *Rossi-Cholodny* an, und zwar derart, daß



die Bodenproben zunächst auf einen Objektträger gebracht, dann mit sterilem Wasser befeuchtet und nach 3—4-stündigem Stehen mit Alkohol fixiert, bzw. nach der Abspülung des Alkohols auch noch über die Flamme getrocknet wurden. Nach Entfernung der überflüssigen Bodenreste mit sterilem Wasser, wurde dann der Belag des Objektträgers mit Phenylerythrosin durch 10—15 Minuten gefärbt und dann gewaschen. Diese Methode hat uns in qualitativer Hinsicht sehr gute Dienste geleistet. Bei einigen Versuchsflächen verwandten wir die Methode nach den Angaben von *Cholodny* auch derart, daß wir sterile und gründlich gereinigte Objektträger auf der Hinreise in den Boden cca 20—30 cm tief in schiefer Stellung vergruben und nach 2—3 Wochen, gelegentlich der Rückreise dann ausgegraben haben. Die so behandelten Objektträger wurden sogleich nach dem Ausheben über der Flamme fixiert und sodann auf der üblichen Weise gefärbt.

5. Die Bestimmung der Bodenalgae konnte erst nach unserer Rückkehr in unserem Institut in Sopron durchgeführt werden. Da wir — wie gesagt — extrem trockene Böden untersucht haben, so bot dieser Umstand die Gewähr dafür, daß in den mitgebrachten Bodenproben, da der Wassergehalt und die Temperatur derselben inzwischen keine große Änderung erfahren hat, auch die Artzusammensetzung der Algenflora sich nicht wesentlich geändert hat. Auch diesbezüglich haben wir an einigen Versuchsflächen die direkte mikroskopische Methode nach *Rossi-Cholodny* mit Erfolg verwendet.

6. Zu einer ganz besonderen Zielsetzung gehörte, die Bodenatmung in der freien Natur zu bestimmen. Die Kohlensäureproduktion des Bodens bietet nach unserer Ansicht einen ausgezeichneten Indikator für die Beurteilung der biologischen Aktivität der Wüstenböden. Wir haben diese Methode auch schon im Laufe unserer früheren Untersuchungen angewendet. Nur diese letztere Methode kann und konnte uns den einwandfreien Beweis der Vitalität der Wüstenböden bieten. Die Messung der Bodenatmung erfolgte nach der von *Fehér* ausgearbeiteten Methode mit dem Absorptionsapparat von *Lundegardh*.<sup>13)</sup> In der Abbildung 27. zeigen wir die Apparatur, die aus der Bodenglocke für das Sammeln der Kohlensäure und aus dem eigentlichen Absorptionsapparat besteht. Zur Absorption wurde konzentrierte Baritlauge verwendet, die dann mit Salzsäure von  $n/40$  im Felde titriert wurde. Diese Messungen sind natürlich in der Wüste nicht immer leicht durchzuführen. Während unserer ersten Expedition gewannen wir aber die nötige Übung, so daß wir eine ganze Reihe von kompletten Serien, sogar in den heißesten Gebieten der Süd-Sahara ohne jede Schwierigkeit durchführen konnten, wobei die Apparate noch auch bei mächtigen Sandstürmen benutzt werden konnten. Es ist bezeichnend, daß fast

<sup>13)</sup> An einigen Bodenproben wurde dann auch die Bodenatmung im Laboratorium bestimmt. Bezüglich der Methodik siehe Nr. 16 u. 56 im Schrifttum



keine Brüche vorgekommen sind, so daß diese einfache und verlässliche Methode ihre Brauchbarkeit auch unter den schwierigsten Naturverhältnissen erwiesen hat.

7. Von den biologischen Faktoren der Wüstenböden haben wir auch noch die wichtigsten und charakteristischen Leitpflanzen derselben bestimmt, um auch in die pflanzenphysiologischen Verhältnisse einen gewissen Einblick gewinnen zu können.<sup>14)</sup>

## 2. Die biophysikalischen und biochemischen Methoden.

### a) Die biophysikalischen Methoden:

1. Die Bestimmung der *pH*-Werte erfolgte kolorimetrisch mit der Apparatur von *Michaelis*. Die Mitnahme eines elektrophysikalischen Apparates haben wir verworfen, da dieser infolge der Erschütterungen, die während des Transportes unvermeidlich waren, schon am Anfang der Reise so stark gelitten hätte, daß man früher oder später mit einer völligen Unbrauchbarkeit des Apparates hätte rechnen müssen. Das kolorimetrische Verfahren hat sich für unsere Zwecke sehr gut bewährt.

2. Die elektrische Leitfähigkeit, bzw. der Gesamtsalzgehalt wurde elektrophysikalisch bestimmt.

3. Den Wassergehalt ermittelten wir durch Trocknen bei 105 °C im Feldlaboratorium. Dieser Faktor wurde in Volum- und Gewichtsprozenten bestimmt.

4. Um unsere Böden auch physikalisch gut charakterisieren zu können, haben wir natürlich auch die Luft- und Wasserkapazität bestimmt.

5. Wir haben bei allen unseren Feldstationen auch die Bodentemperatur an der Oberfläche und bei 20—50 cm Tiefe gemessen, und auch die Windstärke bestimmt. Es wurden hierzu die *Lamont'schen* Bodenthermometer und ein Windstärkemesser nach *Richard* benutzt. Daß hierbei auch der Luftdruck immer bestimmt wurde, versteht sich von selbst.

6. Wir haben noch, wo es möglich war, auch die Lichtintensität der Sonne ermittelt. Die Bestimmung erfolgte mit einem Selenphotoelement der Tungsram A.-G., in Verbindung mit einem Zeigergalvanometer mit der Empfindlichkeit von  $2-3 \times 10^{-6}$  Ampère. Das Element hat leider später am Südrande der Sahara die dort aufgetretenen, ganz großen Hitzgrade nicht mehr vertragen. Es ist uns immerhin gelungen, einige Serienuntersuchungen zu machen.

<sup>14)</sup> Bei diesen Bestimmungen hat uns *Prof. Maire* weitgehend und tatkräftig unterstützt. Wir danken ihm dafür auch hier auf das innigste.



b) Von den biochemischen Eigenschaften haben wir die folgenden bestimmt:

1. Den Humusgehalt nach dem Bichromatverfahren durch die Verbrennung der organischen Substanz.
2. Den Gesamtstickstoffgehalt durch die bekannte Methode von *Kjehldal*.
3. Den Nitratstickstoffgehalt durch eine kolometrische Methode.
4. Den aufnehmbaren Phosphor- und Kaligehalt nach der Methode von *Sigmond*, wobei der störende Einfluß des Kalkgehaltes entsprechend kompensiert wurde.
5. Der kohlensaure Kalkgehalt wurde dabei mit einem Calcimeter nach *Pason* festgestellt.

Zum Schluß möchten wir noch einige Worte über die Entnahme der Bodenproben sprechen. Es ist ja allgemein bekannt, daß das intensivste Mikrobenleben gewöhnlich etwa in einer Bodentiefe von 20—25 cm stattfindet. Gerade in den Wüstenböden dürfte die Tiefe ganz besonders wichtig sein. Wie unsere Messungen zeigen, so werden die Oberfläche und darunter auch die obersten Bodenschichten oft derart erwärmt, daß dort ein aktives Mikroorganismenleben nur in einer Jahreszeit möglich sein dürfte, wo die extremen Grenzen der Bodentemperatur nicht mehr erreicht werden. Wie unsere weiteren Messungen zeigen, so nimmt aber die Temperatur infolge der isolierenden Wirkung der zunehmenden Dicke des Bodens immer mehr und mehr ab, so daß auch bei ganz hohen Temperaturen in der Tiefe von 20—25 cm Wärmegrade herrschten, die das aktive Mikroorganismenleben noch ermöglichen.

Auf die Sterilität wurde bei der Probeentnahme ein besonderes Gewicht gelegt. Wir haben unsere Geräte mit brennendem Alkohol gründlich abgeflammt und mit einer kleinen, reinen und auf der vorher gesagten Weise keimfrei gemachten Schaufel von 20—25 cm Tiefe genommen und in ebenfalls sterilen Glasgefäßen gesammelt.

## VII. Die Ergebnisse der physikalisch-chemischen Untersuchungen.

(Siehe die Tabellen XV—XIX.)

Um die Untersuchungsergebnisse besser übersehen und auswerten zu können, haben wir die Versuchsflächen in Gruppen eingeteilt. Von diesen Gruppen enthält die Gruppe II/d auch die Untersuchungsergebnisse der Nitratfelder. Wenn wir jetzt an der Hand der Tabellen und der Abbildungen diese Resultate zusammenfassend betrachten, so werden wir zunächst feststellen können, daß fast in allen der untersuchten Böden die aufnehmbaren Phosphor- und Kalivorräte im ausreichenden Maße vorhanden sind. Das gilt auch für die Nitrate. Besonders reichlich sind diese in dem Boden des untersuchten Nitratbodens vertreten. Bezeichnend ist auch



Tabelle XV.

Die Ergebnisse der chemischen Analysen der großen Versuchsf Flächen nach ökologischen Gruppen geordnet.

Ökologische Gruppe :	Nummer der Versuchsf.	Basizität	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> K <sub>2</sub> O		Nitrat- stick- stoff	Gesamt- sticks- stoff	Humus- gehalt	C- Gehalt	C N	CaCO <sub>3</sub> - Gehalt	Gesamt- Salz- gehalt
			nach Sigmond								
			mg/100g								
					mg/100g	‰	‰	mg 100g		‰	‰ <sub>60</sub>
I. Oasenböden	IV.	3.290	10.4	51.98	5.0	0.056	0.19	110	2.1	12.1	3.3
	V.	875	10.1	22.40	—	0.062	0.12	58	0.9	0.8	1.45
	VII.	1.150	8.1	30.77	1.3	0.056	0.10	58	1.1	0.8	2.20
	XIX.	425	16.1	20.74	1.1	0.056	0.25	52	0.9	0.4	0.24
	XX.	375	4.6	6.08	1.1	0.062	0.23	133	2.1	0.4	0.12
	XXIV.	825	63.1	41.20	2.1	0.056	0.24	139	2.5	0.8	0.37
	XXVIII.	2.102	62.1	34.01	1.5	0.045	0.39	226	5.1	9.2	1.70
	XXXII.	—	—	—	—	0.056	0.23	133	2.4	19.2	—
Durchschn. :		1.277	24.85	29.59	1.7	0.056	0.22	113.62	2.10	5.45	1.34
II. Wüstenböd. II/a Sandböden	VI.	575	4.4	31.80	6.0	0.056	0.03	17	0.3	0.8	1.70
	IX.	2.200	12.2	20.18	3.0	0.034	0.04	23	0.7	5.6	2.60
	X.	475	52.1	—	0.8	0.034	0.29	168	4.9	0.4	0.11
	XV.	520	56.1	16.87	1.5	0.045	0.08	46	1.0	0.2	0.18
	XVI.	775	46.1	70.23	0.5	0.056	0.05	29	0.5	0.8	0.60
	XXV.	525	46.1	23.50	2.1	0.028	0.02	12	0.4	0.4	1.50
	XXVIII/a.	625	2.4	29.86	0.9	0.039	0.01	6	0.2	0.8	0.35
	XXXI.	425	1.4	—	—	0.050	0.03	17	0.3	0.4	—
Durchschn. :		765	27.55	27.49	2.1	0.043	0.07	39.8	1.04	1.17	1.1
II/b Stein- und Kiesböden	I.	4.200	10.1	—	4.8	0.056	0.15	87	1.6	14.4	0.92
	XIV.	525	12.1	23.78	0.5	0.056	0.02	12	0.2	0.2	0.50
Durchschn. :		2.364.5	11.1	23.78	2.65	0.056	0.08	49.5	0.9	7.3	0.71
II/c*) Tonböden	VIII.	1.075	9.4	—	1.1	0.062	0.08	46	0.7	1.6	1.90
	XVII.	675	6.0	43.69	1.1	0.056	0.10	58	1.0	0.4	0.17
	XXVII.	1.375	15.2	36.50	2.3	0.050	0.04	23	0.5	6.1	0.45
II/d. Seegrund (Schott.)	II.**)	2.300	7.8	—	18.1	0.078	0.08	46	0.6	8.8	130.40
	III.**)	1.000	4.8	—	20.1	0.067	0.19	110	1.6	—	117.90
	XXVI.	1.000	32.8	67.19	7.1	0.050	0.30	174	3.5	—	23.60
III. Steppen und Savannenböd.	XXI.	462	42.0	24.88	0.5	0.073	0.41	238	3.3	0.2	0.12
	XXII.	1.000	33.6	29.86	0.6	0.056	0.39	226	4.0	1.6	0.50
Durchschn. :		731	37.8	27.37	0.55	0.064	0.40	232	3.65	0.9	0.31

\*) Bei den Gruppen II/c und II/d wurden infolge der heterogenen Natur der Versuchsf Flächen keine Mittelwerte gebildet.

\*\*) Nitratboden.



Ökologische Gruppe:	Nummer der Versuchsfl.	Basizität	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Nitratstickstoff	Gesamtstickstoff	Humusgehalt	C-Gehalt	$\frac{C}{N}$	CaCO <sub>3</sub> -Gehalt	Gesamt-Salzgehalt
			nach Sigmund								
			mg/100g		%	%	%	mg/100g		%	%
IV. Verwitterungsböden im Hochgebirge des Ahaggar	XII.	350	42—	17·14	0·7	0·045	0·06	41	0·9	0·2	0·21
	XIII.	650	16·8	40·92	2·0	0·045	0·07	41	0·9	0·2	0·84
	XXIII.	887	44—	50·32	0·5	0·067	0·23	133	2—	0·4	0·12
	Durchschn.:	629	34·26	36·12	1·06	0·052	0·012	71·66	1·27	0·26	0·39
V. Nasse Tonböden	XI.	725	66—	6·91	0·5	0·045	0·33	19·1	4·2	0·2	0·16
VI. Falsche Lateritböden	XVIII.	2.268	62—	37·88	1·5	0·056	0·19	110	2·0	2·8	1·10
VII. Waldböden	XXIX.	1.775	3—	26·54	0·5	0·224	2·26	1.311	5·8	0·8	0·06
	XXX.	7.425	23—	3·04	0·5	0·168	1—	580	3·5	38·4	1·50
Durchschn.:		4.600	13—	14·79	0·5	0·196	1·63	945·5	4·65	19·6	0·78

die beträchtliche Höhe des Nitratgehaltes der Nitratfelder, was auch zu erwarten war. Charakteristisch ist der Umstand, daß der Gesamtstickstoffgehalt nicht nur in den Wüstenböden, sondern auch in den Böden der Oasen, Steppen und der Savannenböden verhältnismäßig niedrig ausgefallen ist. Besonders niedrig ist der Humusgehalt der Wüstenböden. Die höchsten Werte finden wir bei den Oasenböden und bei den Steppenböden. Daß der Humusgehalt seine höchsten Werte in den Steppen und Oasenböden erreicht, ist leicht zu verstehen. Die Basizität schwankt auch ziemlich. Diese Erscheinung ist ja mit der Verschiedenheit des Kalkgehaltes zu begründen. Die Werte des Gesamtsalzgehaltes sind im allgemeinen ziemlich gleichmäßig ausgefallen. Nur die Böden des Seegrundes weisen höhere Werte auf und es sind natürlich auch die beiden Nitratböden mit hoher Leitfähigkeit ausgezeichnet. Der Umstand, daß in den, von uns als falsche Lateritböden, bezeichneten roten Böden beträchtliche Mengen von Kali- und Phosphorsalze vorhanden sind, bestätigt unsere Annahme, daß wir in diesem Falle nicht mit einem typischen Lateritboden, sondern wahrscheinlich nur mit einem stark eisenhaltigen, roten tropischen Boden zu tun haben.

Die Wassergehaltsbestimmungen, die wir in unserem mobilen Wüstenlaboratorium durchführten, zeigten oft, daß in vielen unserer Böden keine mit unseren Apparaten (Trockenkasten und analytische Waage) wahrnehmbare Mengen von Bodenfeuchtigkeit nachzuweisen waren. Dies bedeutet aber keinen absoluten Wassermangel, sondern nur den Umstand, daß der vorhandene geringe Grad von Bodenfeuchtigkeit mit unserer Apparatur nicht erfaßt werden konnte. Die untere Grenze der Wassergiebig-





Tabelle XVI.

Die chemischen Analysenergebnisse der großen Versuchsflächen nach der numerischen Reihenfolge geordnet.

Nummer der Versuchsflächen	Basi- zität	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Nitrat- Stick- stoff	Gesamt- Stick- stoff	Humus- gehalt	C- Gehalt	C N	Ca CO <sub>3</sub> - Gehalt	Gesamt- Salz- gehalt		
		nach Sigmond							% /o	% /o	% /o	% /o
		mg/100g										
I.	4.200	10.0	—	4.8	0.056	0.15	87	1.6	14.4	0.92		
II.	2.300	7.8	—	18.0	0.078	0.08	46	0.6	8.8	130.40		
III.	1.000	4.8	—	20.0	0.067	0.19	110	1.6	—	117.80		
IV.	3.290	10.4	51.98	5.0	0.056	0.19	110	2.0	12.0	3.30		
V.	875	10.0	22.40	—	0.062	0.12	58	0.9	0.7	1.45		
VI.	575	4.4	31.80	6.0	0.056	0.03	17	0.3	0.8	1.70		
VII.	1.150	8.0	30.73	1.3	0.056	0.10	58	1.0	0.8	2.20		
VIII.	1.075	9.4	—	1.0	0.062	0.08	46	0.7	1.6	1.90		
X.	2.200	12.2	20.18	3.0	0.034	0.04	23	0.7	5.6	2.60		
X.	475	52.0	—	0.8	0.034	0.29	168	4.9	0.4	0.11		
XI.	725	66.0	6.91	0.5	0.045	0.33	191	4.2	0.2	0.16		
XII.	350	42.0	17.14	0.7	0.045	0.06	41	0.9	0.2	0.21		
XIII.	650	16.8	40.92	2.0	0.045	0.07	41	0.9	0.2	0.84		
XIV.	525	12.0	23.78	0.5	0.056	0.02	12	0.2	0.2	0.50		
XV.	520	56.0	16.87	1.5	0.045	0.08	46	1.0	0.2	0.18		
XVI.	775	46.0	70.23	0.5	0.056	0.05	29	0.5	0.8	0.60		
XVII.	675	6.0	43.69	1.0	0.056	0.10	58	1.0	0.4	0.17		
XVIII.	2.268	62.0	37.88	1.5	0.056	0.19	110	2.0	2.8	1.10		
XIX.	425	16.0	20.74	1.0	0.056	0.25	52	0.9	0.4	0.24		
XX.	375	4.6	6.08	1.1	0.062	0.23	133	2.1	0.4	0.12		
XXI.	462	42.0	24.88	0.5	0.073	0.41	238	3.3	0.2	0.12		
XXII.	1.000	33.6	29.86	0.6	0.056	0.39	226	4.0	1.6	0.50		
XXIII.	887	44.0	50.32	0.5	0.067	0.23	133	2.0	0.4	0.12		
XXIV.	825	63.0	41.20	2.0	0.056	0.24	139	2.5	0.8	0.37		
XXV.	525	46.0	23.50	2.0	0.028	0.02	12	0.4	0.4	1.50		
XXVI.	1.000	32.8	67.19	7.0	0.050	0.30	174	3.5	—	23.60		
XXVII.	1.375	15.2	36.50	2.3	0.050	0.04	23	0.5	6.0	0.45		
XXVIII.	2.102	62.0	34.01	1.5	0.045	0.39	226	5.0	9.2	1.70		
XXVIII/a	625	2.4	29.86	0.9	0.039	0.01	6	0.2	0.8	0.35		
XXIX.	1.775	3.0	26.54	0.5	0.224	2.26	1311	5.8	0.8	0.06		
XXX.	7.425	23.0	3.04	0.5	0.168	1.00	580	3.5	38.4	1.50		
XXXI.	425	1.4	—	—	0.050	0.03	17	0.3	0.4	—		
XXXII.	—	—	—	—	0.056	0.23	133	2.4	19.2	—		

keit des Bodens endet für die meisten höheren Pflanzen unter normalen Verhältnissen bei einer osmotischen Saugwirkung von 25—30 Atmosphären. Auch selbst die größte osmotische Saugwirkung entfaltenden Pflanzenwurzeln können im allgemeinen daher Wasser dem Boden nur dann entnehmen, wenn sein osmotischer Widerstand nicht höher als die jetzt angegebene Grenze liegt.<sup>15)</sup> Die Lebensgrenze der Mikroorganismen, hauptsächlich der Bakterien liegt ziemlich hoch und zwar bei einer 50—58 Atmosphären be-

<sup>15)</sup> Nur die Pflanzen der Steppen und Wüstenböden, sowie der Alkaliböden können größere osmotische Saugwirkung entfalten. In diesem Belange möchte ich an die ausführlichen Arbeiten von Magyar, Stocker, Harder u. a. verweisen.



Tabelle XVII.

Die Ergebnisse der physikalischen Untersuchungen der großen Versuchsflächen.

Ökologische Gruppe:	Nummer der Versuchs- fläche	Luft- gehalt	Wasser- gehalt	Feste Par- tikeln	Luft- kapa- zität	Wasser- kapa- zität	pH	Wasser- gehalt in Gewicht
								%
in Volumenprozenten								
I. Oasenböden	IV.	44·0	7·3	48·7	10·—	41·3	7·6	7·3
	V.	43·0	1·8	55·2	6·8	38·0	7·6	1·8
	VII.	7·6	29·7	62·7	4·2	33·1	7·6	29·7
	XIX.	—	—	—	—	—	7·0	—
	XX.	—	—	—	—	—	7·6	—
	XXIV.	—	—	—	—	—	7·2	—
	XXVIII.	—	—	—	—	—	7·8	—
	XXXII.	—	—	—	—	—	7·8	—
Durchschn.:		31·53	12·9	55·53	7·—	37·4	7·52	
II. Wüstenböden II/a Sandböden (Erg.)	VI.	46·8	0	53·2	6·2	40·6	7·4	0·0
	IX.	41·5	1·8	56·5	6·4	37·1	7·3	1·8
	X.	—	0	—	—	—	7·5	0·0
	XV.	—	0	—	—	—	7·6	0·0
	XVI.	45·2	0	54·8	6·—	39·2	7·2	0·0
	XXV.	43·6	0	56·4	9·6	34·0	7·1	0·0
	XXVIII/a	43·2	0	56·8	8·8	34·4	7·2	0·0
	XXXI.	43·6	0	56·4	4·6	39·0	7·2	0·0
Durchschn.:		44·01	0·3	55·68	6·93	37·38	7·3	0·2
II/b Stein- u. Kiesböden (Hamada und Reg.)	I.	54·6	0·0	45·4	9·6	45·0	7·4	0·8
	XIV.	—	—	—	—	—	7·4	—
Durchschn.:		—	—	—	—	—	7·4	—
II/c Tonböden	VIII.	14·8	31·3	53·9	8·7	37·4	7·8	16·3
	XVII.	—	—	—	—	—	7·3	0·0
	XXVII.	—	—	—	—	—	7·5	0·0
Durchschn.:		—	—	—	—	—	7·53	—
II/d Seegrund (Schott.)	II.	—	—	—	—	—	7·6	1·6
	III.	—	—	—	—	—	7·4	0·0
	XXVI.	56·6	—	43·4	6·—	50·6	7·6	0·0
Durchschn.:		—	—	—	—	—	7·5	—
III. Steppen und Savannenböden	XXI.	—	—	—	—	—	7·6	—
	XXII.	44·1	0·0	55·9	4·8	39·3	7·6	—
Durchschn.:		—	—	—	—	—	7·6	—



Ökologische Gruppe:	Nummer der Versuchs- fläche.	Luft- gehalt	Wasser- gehalt	Feste Parti- keln	Luft- kapa- zität	Wasser- kapa- zität	pH	Wasser- gehalt in Gewicht
		in Volumenprozenten						%
IV. Verwitterungsböden vom Hochgebirge	XII.	—	—	—	—	—	7·2	0·0
	XIII.	—	—	—	—	—	7·6	0·0
	XXIII.	—	—	—	—	—	7·3	0·0
	XXIII/a	—	—	—	—	—	7·5	0·0
	Durchschn.:	—	—	—	—	—	7·4	—
V. Nasse Tonböden	XI.	0·0	44·5	51·9	3·6	44·5	7·0	—
VI. Falsche Lateritboden	XVIII.	52·4	0·0	47·0	4·4	48·0	7·7	0·0
VII. Waldböden	XXIX.	—	—	—	—	—	7·8	—
	XXX.	—	—	—	—	—	7·2	—
Durchschn.:		—	—	—	—	—	7·5	—

Tabelle XVIII.

Die Ergebnisse der Messungen über Wasser- und Luftgehalt, sowie über Wasser- und Luftkapazität der großen Versuchsflächen.

	Boden- Nummer	Luft- gehalt	Wasser- gehalt	Feste Par- tikeln	Luft-	Wasser-
		Kapazität				
		in Volumprozenten				
I. Oasenböden	IV.	44·0	7·3	48·7	10·0	41·3
	V.	43·0	1·8	55·2	6·8	38·0
	VII.	7·6	29·7	62·7	4·2	33·1
	Mittel	31·53	12·9	55·53	7·0	37·4
II. Echte Wüstenböden a) Sandböden	VI.	46·8	0	53·2	6·2	40·6
	IX.	41·7	1·8	56·5	6·4	37·1
	XVI.	45·2	0	54·8	6·0	39·2
	XXV.	43·6	0	56·4	9·6	34·0
	XXVIII.	43·2	0	56·8	8·8	34·4
	XXXI.	43·6	0	56·4	4·6	39·0
	Mittel	44·01	0·3	55·68	6·93	37·38
b) Stein(Reg)böden c) Seegrundböden	I.	54·6	0	45·4	9·6	45·0
	XXVI.	56·6	0	43·4	6·0	50·6
III. Savannenböden	XXII.	44·1	0	55·9	4·8	39·3
V. Humider Tonboden	XI.	0	44·5	51·9	3·6	44·5
VI. Subtropischer Tonboden (Falscher Lateritboden)	XVIII.	52·4	0	47·0	4·4	48·0



Tabelle XIX.

Die Ergebnisse der physikalisch-chemischen Analysen der kleinen Versuchslächen.

Ökologische Gruppe :	Nummer der Ver- suchs- fläche	Basi- zität	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Nitrat- stick- stoff	Gesamt- Salz- gehalt	pH.	Wasser
			nach Sigmond					gehalt
			mg/100g <sup>1</sup>	mg/100g	‰	‰		
II. Wüstenböden II/a. Sandböden (Erg.)	9.	—	—	—	—	0.33	7.2	—
	14.	—	—	—	—	1.89	7.5	—
	16.	500	8.6	17.14	1.00	0.23	8.—	0
	18.	475	12.2	22.12	0.75	0.36	7.5	0
	19.	575	16.—	31.80	—	0.73	7.6	0
	21.	600	8.—	13.—	—	0.09	7.7	0
	22.	637	52.—	32.07	0.50	0.15	7.8	0
	27.	572	64.—	7.19	0.75	0.01	7.8	0
	38.	400	4.—	14.93	—	0.07	7.0	—
	39.	350	9.—	13.83	0	0.06	7.5	—
	44.	500	25.2	6.36	0.50	0.11	7.2	—
	45.	530	17.2	—	0.75	0.11	7.2	—
	Durchschn.:		21.62	17.60	0.71	0.34	7.5	
II/b. Stein- und Kiesböden (Hamada ung Reg.)	1.	2.175	18.—	22.12	0	0.30	7.8	0
	2.	2.450	40.0	61.38	0.75	0.23	7.8	0
	3.	1.825	14.6	25.16	1.—	0.18	8.—	0
	4.	3.625	20.—	38.71	0.75	0.17	8.—	0
	6.	975	10.—	36.72	0.50	0.23	7.4	—
	7.	2.000	40.—	45.90	1.—	1.23	7.6	0.7
	8.	—	—	—	—	0.85	7.4	—
	15.	662	5.6	33.73	1.50	6.40	7.5	0
	17.	900	44.—	24.61	—	4.72	7.—	0
	43.	575	44.—	32.90	1.—	0.16	7.8	—
	46.	375	8.—	8.30	0.75	0.06	7.1	—
	47.	—	19.2	48.94	—	0.14	8.—	0
	Durchschn.:		23.94	34.40	0.80	1.24	7.6	
II/c. Tonböden	20.	622	13.2	11.61	0.50	0.13	8.—	0
	23.	500	52.—	11.61	1.—	0.41	7.9	0
	24.	625	22.—	13.27	—	0.21	8.—	0
	29.	500	44.—	5.25	0.75	0.69	7.4	4.69
	30.	500	44.—	28.78	—	0.70	7.4	
Durchschn.:		35.04	14.10	0.75	0.43	7.54		
III. Steppen- und Savannen- böden	41.	615	12.—	17.42	0.30	0.08	7.6	0
	48.	690	14.—	35.53	0.25	0.10	7.4	—
	49.	750	26.—	34.56	—	0.11	7.8	—
	50.	500	10.—	8.02	0.75	0.07	7.3	—
	51.	1.775	75.—	47.28	0.50	0.13	7.8	—
	52.	850	44.—	42.03	10.—	1.40	7.6	—
	Durchschn.:		30.16	30.80	2.90	0.31	7.58	



tragenden Saugwirkung. Die Bakterien können somit viel größere osmotische Kräfte entwickeln, als die höheren Pflanzen, da sie für die Wasserleitung in ihren Leitungsbahnen keine Energie benötigen. Durch ihre höheren osmotischen Kräfte können sie daher bereits auch das Hydratwasser, bzw. das hygroskopische Wasser den Bodenkolloiden entziehen. In den Fällen daher, wo wir mit unseren Apparaten kein Wasser mehr nachweisen konnten, war die äußerste Feuchtigkeitsgrenze des Mikroorganismenlebens wahrscheinlich noch nicht erreicht. Diese Messungsergebnisse schließen daher in keiner Hinsicht die ökologische Möglichkeit eines aktiven Mikroorganismenlebens der Wüstenböden aus.

#### VIII. Die Ergebnisse der quantitativen mikroskopischen Untersuchungen.

(Siehe die Tabelle XX.)

Diese Resultate haben wir in der Tabelle XX zusammengestellt. Die Ergebnisse beweisen, daß der Mikrobengehalt der ganz trockenen Wüstenböden, wie dies zu erwarten war, auf ein Mindestmaß herabgedrückt ist. Da unsere Untersuchungsmethoden die lebende Mikrobenflora nicht unmittelbar nachweisen können, so haben wir zusätzlich auch die direkte mikroskopische Untersuchung nach der Methode von *Cholodny* und *Rossi* durchgeführt. Diese Ergebnisse werden noch gesondert besprochen werden. Aber auch dann, wenn wir voraussetzten, daß ein großer Teil, der auf den Agar- und Gelatineplatten reingezüchteten Mikroben in den extrem trockenen Wüstenböden ursprünglich nur in Sporenform vorhanden war und erst durch das Kulturverfahren zum neuen Leben erweckt wurde, werden wir von den äußerst niedrigen Bakterienzahlen überrascht sein. Diese Zahlen beweisen, daß die Lebensmöglichkeiten der Mikroben der Wüstenböden infolge des steten Wassermangels auf ein Mindestmaß reduziert sind. Sie beweisen aber anderseits auch überzeugend, daß man von einer Sterilität oder von einer Totenstarre dieser stark ausgetrockneten Wüstenböden mit Fug und Recht nicht mehr reden kann. Die Grenzen des Lebens sind hier ganz anders gezogen, als man es bisher angenommen hat.

Wir werden in dem systematischen Teil auch jene Arten von Bakterien und Pilze zeigen können, die auch in diesen extrem trockenen Böden ihre Lebensbedingungen noch hinreichend vorfinden konnten. Auch die Resultate der Bodenatmungsmessungen sprechen ja für das Vorhandensein eines aktiven Bodenlebens. Daß der Mikrobengehalt der Oasen und der Waldböden, sowie der Böden der Steppen und der Savannen am größten ausgefallen ist, war mit Recht zu erwarten. Auffallend ist die verhältnismäßig große Zahl der mikroskopischen Pilze in den extrem trockenen Wüstenböden. Wenn wir unsere früheren und diese Untersuchungsergebnisse vergleichend betrachten, so werden wir gleich feststellen können, daß die Pilze die extrem trockenen Umweltfaktoren der Wüstenbö-



Tabelle

Die Ergebnisse der quantitativen mikrobiologischen Untersuchungen

	Nummer der Versuchs- fläche	Bakteriengehalt*			Pilze*	Bakterien*
		aerob	anaerob	gesamt		Pilze
I Oasenböden	IV.	1,200.000	300.000	1,500.000	24.500	61·22
	V.	1,145.000	45.000	1,190.000	10.000	119·00
	VII.	440.000	60.000	500.000	14.000	35·71
	XIX.	298.000	11.000	309.000	24.000	12·87
	XX.	775.000	8.000	783.000	34.000	23·02
	XXIV.	425.000	35.000	460.000	45.000	10·22
	XXVIII.	740.000	42.000	782.000	10.000	78·20
	XXXII.	1,220.000	10.000	1,230.000	30.000	41·00
Durchschn.		780.375	63.875	844.250	23.938	47·65
II. Wüstenböden	VI.	16.000	3.000	19.000	8.000	2·38
II/a. Sandböden (Erg.)	IX.	45.000	1.000	46.000	19.000	2·42
	X.	35.000	6.500	41.500	18.000	2·30
	XV.	350.000	15.000	365.000	22.000	16·59
	XVI.	143.000	22.500	165.500	2.000	82·50
	XXV.	32.600	16.000	48.600	6.500	7·48
	XXVIII/a	12.500	1.500	14.000	1.000	14·—
	XXXI.	1.000	1.000	2.000	10.000	0·20
Durchschn.		79.387	8.312	87.700	10.812	15·98
II/b. Stein- und Kiesböden (Hamada und Reg.)	I.	68.000	2.000	70.000	20.000	3·5
	XIV.	4.000	5.000	9.000	3.300	2·7
Durchschn.		36.000	3.500	39.500	11.650	3·1
II/c. Tonböden	VIII.	48.000	3.000	51.000	20.000	2·55
	XVII.	154.000	23.500	177.500	21.000	8·45
	XXVII.	110.000	10.000	120.000	2.500	48·—
Durchschn.		104.000	12.166	116.166	14.500	19·66
II/d. Seegrund (Schott)	II.	34.000	6.000	40.000	14.000	2·85
	III.	16.600	3.000	19.600	3.000	6·53
	XXVI.	4.000	3.000	7.000	15.500	0·45
Durchschn.		18.200	4.000	22.000	10.800	3·28
III. Steppen- und Savannen- böden	XXI.	755.000	23.000	778.000	32.500	23·90
	XXII.	575.000	6.000	581.000	55.000	10·56
Durchschn.		665.000	14.500	679.500	43.750	17·24
IV. Verwitterungsböden vom Hochgebirge	XII.	46.000	6.000	52.000	13.500	3·84
	XIII.	27.000	12.000	39.000	9.000	4·33
	XXIII.	66.500	500	67.000	20.000	3·35
	XXIII/a	60.000	3.000	63.000	7.000	9·00
Durchschn.		49.875	5.375	55.250	12.375	5·13
V. Nasse Tonböden	XI.	35.000	13.000	48.000	22.500	—
VI. Falsche Lateritböden	XVIII.	265.000	9.000	274.000	17.000	—
VII. Waldböden	XXIX.	1,390.000	70.000	1,460.000	57.000	25·61
	XXX.	1,180.000	15.000	1,195.000	111.000	10·76
Durchschn.		1,285.000	32.500	1,327.500	79.000	18·18

\* Pro Gramm Erde.



## XX.

mit Einschluß der Resultate der Bodenatmungsmessungen.

Nitrifi- zierende	Denitrifi- zierende	Stickstoffbindende Bakterien*			Cellulose zersetzende Mikroorg. aerob*	pH.	Bodenatmung		Anmerkung
		Bakterien*	aerob	anaerob	gesamt		Natur g/m <sup>2</sup> u. St.	Lab. g/kg. u. St.	
1.000	—	10.000	10	10.010	1.000	7.6	—	—	
1.000	100.000	100	0	100	100	7.6	—	—	
100	—	1.000	0	1.000	1.000	7.6	0.022	—	
1.000	100.000	100	0	100	1.000	7.0	—	—	
100	100.000	100	0	100	1.000	7.6	—	0.0018	
10.000	—	100	0	100	1.000	7.2	—	0.0038	
0	100.000	10	0	10	1.000	7.8	—	0.0029	
10.000	500.000	100	0	100	1.000	7.8	—	—	
2.904	180.000	1.439	1.25	1.440	888	7.5	0.022	0.0028	
100	10.000	0	0	0	100	7.4	0.023	—	
10.000	—	10	0	10	10	7.3	—	—	
100	—	100	100	200	1.000	7.5	—	—	
1.000	100.000	100	0	100	10.000	7.6	—	0.0022	
0	100.000	10	0	10	1.000	7.2	—	0.0022	
1.000	10.000	10.000	0	10.000	100	7.1	—	—	
0	100	0	0	100	100	7.2	—	—	
0	1.000	10	10	20	0	7.2	—	—	
1.525	36.850	1.279	13.7	1.305	1.539	7.3	0.023	0.0022	
10	0	0	0	0	0	7.4	0.030	0.0012	
—	1.000	10	0	10	10	7.4	0	0.0026	
5	500	5	0	5	5	7.4	0.015	0.0019	
0	10.000	10	10	20	10	7.8	0.018	—	
10	10.000	1.000	100	1.100	1.000	7.3	—	0.0021	
0	—	0	—	0	10.000	7.5	—	0.0022	
3.3	6.667	336	55	373	6.670	7.5	0.018	0.00215	
10	—	0	100	100	10	7.6	—	—	
1.000	0	0	0	0	10	7.4	—	—	
0	100	100	50	50	100	7.6	—	—	
337	50	33	50	50	40	7.5	—	—	
100	10.000	1.000	100	1.100	1.000	7.6	0.167	0.0035	
100	100.000	1.000	10	1.010	100	7.6	0.215	0.0032	
100	55.000	1.000	55	1.055	550	7.6	0.191	0.00335	
100	10.000	1.000	10	1.010	100	7.2	—	—	
0	0	10	10	20	1.000	7.6	—	—	
0	0	100	—	100	10	7.3	—	—	
0	0	100	0	100	10	7.5	—	0.0025	
25	2.500	302	5	307	280	7.4	—	0.0025	
10	—	100	100	—	100	7.0	—	—	
0	100.000	100	0	—	10.000	7.7	—	0.0014	
100	10.000	100	—	100	1.000	7.8	—	—	
1.000	10.000	100	—	100	1.000	7.2	—	—	
550	10.000	100	—	100	1.000	7.5	—	—	



den verhältnismäßig besser ertragen können, als die, in dieser Hinsicht vielleicht etwas anspruchsvolleren, Bakterien. Wir betonten schon seinerzeit bei der Untersuchung der extrem humiden Waldböden, daß auch hier mit der Zunahme der Bodenfeuchtigkeit das relative Verhältnis der Anzahl der Pilze und der Bakterien zu Gunsten der Pilze verschoben wird. Das gilt auch für die extrem trockenen Wüstenböden. Auch die Untersuchung der ungarischen Alkali- und Sandböden, weiters die Untersuchungen der Wüstenböden Nord-Algeriens, die *Killian* durchgeführt hat, haben zu ähnlichen Ergebnissen geführt.

Sehr interessant ist das Verhalten der nitrifizierenden Bakterien zu beobachten. Diese sind relativ zahlreich in den Wüstenböden vorhanden. Aber ihre Zahl erreicht auch in den Sandböden ein ziemlich beträchtliches Ausmaß.

Aufschlußreich ist auch das Vorkommen der stickstoffbindenden Bakterien. Die anaeroben treten bei unseren Böden gewöhnlich in den Hintergrund. In den kultivierten Oasenböden, wo wahrscheinlich infolge der Bodenbearbeitung auch die Luftversorgung optimal ist, trafen wir die größte Zahl der stickstoffbindenden Bakterien. Dies gilt auch für die Sandböden. Hier dürfte ebenfalls die gute Durchlüftung und damit die optimalen Wachstumsbedingungen für das Vorhandensein dieser Mikroorganismen verantwortlich sein. In den extrem trockenen Wüstenböden tritt die Zahl dieser wichtigen Mikroorganismen wesentlich zurück.

Die Werte der Bodenatmung können, wie das in unseren früheren Arbeiten schon wiederholt betont wurde, im allgemeinen mit den Bakterienzahlen in näheren Zusammenhang gebracht werden. Die Messung der Bodenatmung in der freien Natur beweist natürlich unmittelbar die Lebensaktivität des Mikrobenlebens. Sie konnte aber nicht immer und überall durchgeführt werden. Da die Apparate im Freien aufgestellt werden mußten, so war ihr Gebrauch von der Witterung stark abhängig gewesen. Dort, wo extrem hohe Temperaturen aufgetreten sind, war ihre Handhabung etwas beschränkt. Abgesehen von den rein physischen Schwierigkeiten, die bei ihrer Bedienung entstanden sind, verflüssigte sich auch das Dichtungsmaterial so, daß ihr reibungsloser Gebrauch unmöglich war.

Abgesehen von einigen Ausnahmen, haben wir fast überall positive Ergebnisse erzielt. Nur in einigen Fällen, so bei den Verwitterungsböden der Hochgebirgsregionen, wurde stellenweise ein augenscheinlicher Stillstand der Bodenatmung konstatiert. Da die unvermeidlichen Fehlergrenzen des Apparates relativ hoch sind, so ist seine Empfindlichkeit besonders dort, wo geringe Werte der Bodenatmung zu messen sind, ziemlich begrenzt. Der angebliche Stillstand war also kein Beweis dafür, daß hier die Lebensaktivität der Bodenmikroorganismen aufgehört hätte. Er deutete eher darauf hin, daß die produzierten Kohlensäuremengen, mit Rücksicht auf



die üblichen Fehlergrenzen des Apparates, nicht mehr sicher zu ergreifen waren. Die auffallend positiven Ergebnisse der Bodenatmungsmessungen im Laboratorium und die schönen Resultate der direkten mikroskopischen Untersuchungen beweisen ganz einwandfrei die Richtigkeit dieser Annahme. Die Bodenatmungsmessungen im Laboratorium haben aber auch oft in jenen Fällen positive Ergebnisse erzielt, wo die Freilandmessungen versagten. Die Ergebnisse der beiden Arten dieser Messungen lassen sich natürlich nicht ohneweiteres miteinander vergleichen. Bei den Bodenatmungsmessungen im Laboratorium wird der Boden von seiner natürlichen Lagerung entblößt und da hier durch das Saugen die frische Luft ununterbrochen durchgehen kann, so entstehen unnatürliche Verhältnisse, die schließlich eine Steigerung der Atmung hervorrufen müssen. Außerdem rechnen wir die Ergebnisse der Bodenatmung im Laboratorium immer auf Gewichtseinheit und die Ergebnisse in der Natur auf die Flächeneinheit. Die Zusammenhänge, die anlässlich der Bodenatmungsmessungen ermittelt werden konnten, beweisen klar, daß die meisten Wüstenböden, trotz ihren extremen klimatischen Verhältnissen und trotz ihren geringen Wassermengen, ein aktives Mikrogenleben aufweisen, das sich in einer entsprechenden Bodenatmungstätigkeit äußert.

Am Schlusse dieses Kapitels können wir also in Anbetracht unserer ersten und dieser Untersuchungen mit gutem Rechte feststellen, daß die bisherige Auffassung über die Sterilität und über Totenstarre der Mikrobenaktivität der extrem trockenen Wüstenböden nicht mehr zu halten ist. Man kann in ihnen nicht nur unmittelbar die Mikroben, sondern auch die aktive Lebenstätigkeit derselben nachweisen. Die Grenzen des Lebens sind hier ganz anders gezogen, als wir bisher vermutet haben. Die Anpassungsfähigkeit der Mikroorganismen des Bodens ist außerordentlich groß. Sie können sich ganz geringe Wassermengen des Bodens, die wir mit unseren Apparaten nicht mehr ergreifen vermögen, noch nützlich machen und sie besitzen auch die Fähigkeit, nicht nur in Sporenformen durchzuhalten, sondern unter ganz ungünstigen Bedingungen, mitunter auch bei einem fast vollständigen Wassermangel, infolge ihrer Anpassungsfähigkeit aktives Leben zu entfalten. Daß hierbei die bisher vermutete äußerste Grenze des Bakterienlebens oft überschritten wird, läßt sich mit vollem Rechte vermuten. Es ist auch recht wahrscheinlich, daß die Zellen der Mikroorganismen der Wüstenböden, infolge ihrer hohen Anpassungsfähigkeit, osmotische Kräfte, die die bisher gemessenen höchsten osmotischen Grenzwerte übertreffen, entwickeln können. Unsere Apparatur reichte zu diesen Messungen leider nicht mehr aus.

Die Ergebnisse der letzten Untersuchungen von *Kreybig* und *Endrédy* haben zu dem Ergebnis geführt, daß wenn man den Wassergehalt eines bei cca 20% Feuchtigkeitsgehalt der Luft getrockneten Bodens bestimmt und



diesen Wert mit 2 multipliziert, zunächst die Grenze des hygroscopischen Wassers, und bei dessen zweifachem Wert dann die unterste Grenze der Wassergiebigkeit für die höheren Pflanzen ermitteln kann. Unsere Wüstenböden können wir im obigen Sinne also fast vollkommen ausgetrocknet betrachten. Da wir mit unserer Apparatur auch hier in vielen Fällen keine meßbare Bodenfeuchtigkeit nachwiesen, anderseits aber durch die biologische Beobachtungen den Beweis des aktiven Mikrobenlebens vollkommen einwandfrei erbringen konnten, so werden wir uns leicht davon überzeugen, daß die untere Feuchtigkeitsgrenze des aktiven Mikrobenlebens — wie schon erwähnt wurde — viel niedriger liegt, als bisher angenommen wurde.

#### IX. Die Ergebnisse der direkten mikroskopischen Beobachtungen.

(Siehe die Tabelle XXI und die Abbildungen 73—84.)

In dem vorherigen Abschnitt haben wir die Resultate der mittelbaren bakteriologischen Untersuchungen besprochen. Im Laufe unserer Arbeiten haben wir jedoch auch die direkten mikroskopischen Methoden nach Rossi und Chododny angewendet. Wir wandten dabei die Chododny-Methode derart an, daß wir auf der Hinreise die Objektträger in den Boden vergruben und nach einigen Wochen auf der Rückreise dieselben wieder herausnahmen. Nach dem Ausheben wurde der Objektträger auf der Flamme fixiert und mit Phenylerythrosin gefärbt und sogleich mikroskopisch untersucht. Es soll hier gleich betont werden, daß natürlich die mikroskopischen Methoden allein für die befriedigende zahlenmäßige Untersuchung der Mikroflora des Bodens nicht geeignet sind. Sie sind vornehmlich dazu berufen, um sichere Beweise des tatsächlichen Vorkommens von Mikroorganismen in dem Boden liefern zu können. Man kann dabei natürlich die toten Formen von den lebenden nicht ganz sicher unterscheiden. Es wird aber meistens wohl möglich sein, bei Bakterien und bei Pilzen die Erscheinung der Sporulation, weiter Teilungs- und Wachstumsvorgänge zu beobachten und zu fixieren und daraus mit großer Wahrscheinlichkeit auf die lebenden Eigenschaften der untersuchten Formen folgern zu können. In der Tabelle XXI bringe ich die diesbezüglichen Untersuchungsergebnisse. Wir haben in dieser Untersuchungsreihe hauptsächlich typische Wüstenböden bearbeitet. Nur einige Versuchsflächen, so die Versuchsfläche IV, dann die Versuchsflächen VII und VIII, die Versuchsflächen XIX und XXIV waren vergleichshalber als Oasenböden gewählt. Die kleinen Versuchsflächen wurden zu diesem Behufe so eingeordnet, daß zwischen ihnen nicht nur die eigentlichen Wüstenböden, sondern auch die Böden der Savannen und der Steppen bearbeitet worden sind. In der Tabelle geben wir die sporenbildenden Bazillen, dann die nicht sporenbildenden Bakterien, die Mikrokokken, dann die Azotobakter ähnliche Formen, weiters die Aktino-



Tabelle XXI.

Die Ergebnisse der Untersuchungen nach der Methode Rossi und Cholodny.

Nummer der Versuchsfläche	Rossi- und Cholodny-Methode							
	Bazil- len	Bak- terien	Mikro- kok- ken	Azoto- bakter	Akti- nomy- ceten	Pilze	Algen	Organi- sche Reste
I.	+	+	+	+	+	—	—	—
I/a.	—	—	—	—	—	+	—	—
IV.*	—	+	+	+	—	+	—	+
VI.	—	—	—	—	+	+	—	—
VII.*	—	—	—	+	+	+	+	+
VIII.*	—	+	—	—	+	—	—	—
IX.	+	—	—	—	—	—	—	—
XIV.	—	—	—	—	+	+	—	—**
XV.	+	+	—	+	+	—	+	—**
XIX.*	+	+	—	—	+	+	—	+
XXIV.*	+	+	—	—	—	+	—	+
XXV.	+	+	—	—	+	—	—	+
XXVI.	+	+	—	—	+	—	—	—
%	53·8	61·5	15·4	30·8	69·2	53·8	15·4	—

Nummer der Versuchsfläche	Rossi- und Cholodny-Methode							
	Bazil- len	Bak- terien	Mikro- kok- ken	Azoto- bakter	Akti- nomy- ceten	Pilze	Algen	Organi- sche Reste
1.	+	+	—	—	+	+	—	+
2.	+	+	+	—	+	+	+	—
3.	—	+	—	—	—	+	—	+
4.	+	+	—	—	+	—	—	+
6.	+	—	+	—	+	+	—	+
8.	+	—	—	—	+	+	—	+
9.	+	+	—	+	+	+	—	+
14.	—	+	—	—	+	+	—	+
15.	+	+	+	—	—	+	+	+
16.	+	+	+	—	—	+	—	+
17.	—	+	+	—	+	+	—	—
18.	—	+	—	+	+	+	—	+
18/1.	+	+	+	—	+	+	—	+
19.	—	+	—	+	+	+	—	—**
20.	+	+	—	—	+	+	—	—**
21.	—	—	+	+	—	+	—	+
22.	—	—	—	—	+	+	+	+
24.	+	—	+	—	—	+	—	—**
27.	+	—	—	—	—	—	—	+
29.	—	+	—	+	+	+	—	+
30.	—	+	—	—	—	+	—	+
%	57·1	71·4	38·1	23·8	66·7	90·5	19·0	—

\*) Oasenböden.

\*\*) Modifikation der Methode. (Vergraben der Objektträger auf längere Dauer in der Erde.)



Tabelle XXII.

Die Algenarten der untersuchten Wüstenböden.

Bezüglich der Einteilung der ökologischen Gruppen siehe Tabelle XV.

	Nummer der Versuchsfläche	pH	Wasser- gehalt in Gew. %	Ökologi- sche Gruppe
<i>Schizophyta.</i>				
Anabaena catenula (Kütz.) Born. et Flah.	XX., XXI.	7.6	—	II/a., III.
" constricta (Szaf.) Geitl.	II.	7.6	1.6	II/d.
" Flos-aquae (Lyngb.) Bréb.	XVIII/1., IX.	7.3—7.7	0.0—1.8	II/a.
" Levanderi Lemm.	XIII.	7.6	0.0	IV.
" oscillarioides Bory	IX.	7.3	1.8	II/a.
" sp.	III.	7.4	0.0	II/d.
Aphanocapsa elachista W. et G. S.	XII.	7.2	0.0	IV.
" Grevillei (Hass.) Rabenh.	X.	7.5	0.0	II/a.
" pulchra (Kütz.) Rabenh.	VII., XIX.	7.0—7.6	0.0—29.7	I.
" rivularis (Carmich.) Rabenh.	I.	7.4	1.8	II/b.
" testacea Naeg.	XVI.	7.2	0.0	II/a.
Aphanothece microspora (Menegh.) Rabenh.	XXII.	7.6	—	III.
" pallida (Kütz.) Rabenh.	XIX.	7.0	—	I.
" stagnina (Spreng.) A. Br.	XV.	7.6	0.0	II/a.
Chlorogloea microcystoides Geitl.	I.	7.4	1.8	II/b.
Chroococcus turgidus (Kütz.) Naeg.	XX.	7.6	—	II/a.
Gloeocapsa dermochroa Naeg.	XVIII.	7.7	0.0	VI.
" Itzigsonii (Born.) Hansg.				
Syn. Gloeocapsa magna var. Itzigsonii (Born.) Hansg.	XIX.	7.0	—	I.
" magna (Bréb.) Kütz.	XVIII.	7.7	0.0	VI.
Microcystis elabens (Meng.) Kütz.	XIX.	7.0	—	I.
" orissica W. West.	XIX.	7.0	—	I.
" pseudofilamentosa Crow.	X.	7.5	0.0	II/a.
" pulverea (Wood.) Mig.	I., II., III., VI., IX. XL, XVIII., XIX., XXIII.	7.0—7.7	0.0—44.5	I., II/a., II/b., II/d., IV., V., VI.
Mycoderma Götzei Schmidle.	XVIII., XIX.	7.0—7.7	0.0	VI., I.
Nostoc carneum Ag.	XVIII.	7.7	0.0	VI.
" commune Vauch.	XIX., XXI., I.	7.0—8.0	0.0—1.8	I., II/b., III.
" elsonense Naum.	VII.	7.6	29.7	I.
" ellipsosporum (Desm.) Rabenh.	XIX., XX., XXI.	7.0—7.6	0.0	I., II/a., III.
" gelatinosum Schousboe.	VIII.	7.8	16.3	II/c.
" humifusum Carm.	XVII., XVIII.	7.3—7.7	0.0	II/c. VI.
" minutissimum Kütz.	XII.	7.2	0.0	IV.
" muscorum Kütz.	XXII.	7.6	—	II.
" paludosum Kütz.	IX.	7.3	1.8	II/a.
" revandum W. et G. S.	XXI.	7.6	—	III.
Oscillatoria articulata Gardner.	IV.	7.6	7.3	I.
" Meslini Frémy	XXI.	7.6	—	III.
" sancta Kütz.	XL	7.0	—	V.
Phormidium Hansgirgei Schmidle.	XIX.	7.0	—	I.
Pleurocapsa cuprea Hansg.	II., III., VII., IX.	7.0—8.2	0.0—29.7	II/d., I., II/a., II/c.



	Nummer der Versuchsfläche	pH	Wasser- gehalt in Gew. %	Ökologi- sche Gruppe
Pleurocapsa minor Hansg.	XVII., XVIII., XIX.	7.0-7.7	0.0	VI.
Schizothrix purpurascens Gom. (Kütz.)	IV.	7.6	7.3	I.
" penicillata (Kütz.) Gom.	XL	7.0	—	V.
Scytonema myochrous (Dillw.)	XXIII.	7.3	0.0	IV.
Tolypothrix rivularis Hansg. Ag.	XXIV.	7.2	—	I.
<i>Zygophyta.</i>				
Achnantes linearis W. Sm.	XIX.	7.0	—	I.
Cylindrocystis Brebissonii Bréb.	XIX.	7.0	—	I.
Diatoma hiemale (Lyngb.) Heib.	XIX., XXVIII/a.	7.0-7.2	—	I.
Diatomella Balfouriana Grév.	XIX/2.	7.0	—	I.
Fragillaria intermedia Grunow.	VII.	7.6	29.7	I.
" leptostauron (Ehr.) Hustedt	XXIV.	7.2	—	I.
" tenuicollis Heiberg.	XIX/2.	7.0	—	I.
Navicula anceps Ehrenb.	XXIV.	7.2	—	I.
" viridula Kütz.	VII.	7.6	29.7	I.
Netrium digitus (Ehrenb.) Itzigs.	XXIV.	7.2	—	I.
" interruptum (Bréb.) Lütken	XXIV.	7.2	—	I.
" oblongum Lütken.	VII.	7.6	29.7	I.
<i>Chlorophyceae.</i>				
Apiocystis Brauniana Naeg.	XI.	7.0	—	V.
" consociatus Korschikoff.	II/a., XVII., XXIV., V.	7.2-8.2	0.0-1.8	II/d., II/c., I.
Botrydiopsis arhiza Borzi.	IV., XVIII., XIX., XXI., XXIV.	7.0-7.7	0.0-7.3	I., VI., III.
" minor Schmidle.	II/a.	8.2	—	II/d.
Chlorobotrys polychloris Pascher	VII., IX.	7.3-7.6	1.8-29.7	I., II/a.
Chlorococcum humicolum (Naeg.)	I., II/a., III., V., IX., XI., XVII., XIX., XXI.	7.3-8.2	0.0-44.5	II/b., II/d., I., III., IIa., V., II/c.
Cystococcus humicola Naeg. (Naeg.)	VI., IX.	7.3-7.4	0.0-1.8	II/a.
Eremosphaera viridis de Bary	IV.	7.6	7.3	I.
" " terricola Fehér.	I., IV., XI., XXIV.	7.0-7.6	0.0-44.5	II/b., I., V.
Gloeococcus mucosus A. Br.	XXIV.	7.2	—	I.
Gloeocystis botryoides Naeg.	XV., XIV.	7.4-7.6	—	II/a., II/b.
" (ampla Kütz.) gigas				
" (Kütz.) Lager	XV., XVI.	7.2-7.6	—	II/a.
" rupestris Rabenh.	X., XIV.	7.4-7.5	—	II/a., II/b.
Hormidium flaccidum A. Br.	IV.	7.6	7.3	I.
Oocystis rupestris Kirchn.	XI.	7.0	—	V.
" solitaria Wittr.	V.	7.6	1.8	I.
Palmella hyalina Rabenh.	XIV.	7.4	—	II/b.
" miniata Leibl.	I., V., VIII., IX., XIII.	7.3-7.8	0.0-16.3	II/b., I., II/a., IV.,
Planophyta asymetrica Wille (Gern.) (Syn.: Chlorotetras Gern.)	V., IX.	7.3-7.6	1.3-1.8	I., II/a.
Pyrispora mirabilis W. et G. S.	IV., V.	7.6	1.8-7.3	I.
Schizochlamys gelatinosa A. Br.	I., II., XI.	7.0-7.6	0.0-1.6	II/b., II/d., V.



	Nummer der Versuchsfläche	pH	Wasser- gehalt in Gew. %	Ökologi- sche Gruppe
Tetraspora cylindrica Ag	XL	7.0	—	V.
" lubrica Ag.	XI.	7.0	—	V.
Ulothrix zonata Kütz.	IV.	7.6	7.3	I.
<i>Flagellata.</i>				
Chromulina ochracea Bütschli (Ehrenb.)	VII., XIX.	7.0—7.6	0.0—29.7	I.
Chrysocapsa planktonica Pascher.	XI.	7.0	—	V.

myceten, die mikroskopischen Pilze und die Algen getrennt an. Die Trennung der sporenbildenden Formen von den nicht sporenbildenden ist natürlich nicht vollkommen exakt und darf nicht als solches ausgewertet werden. In den Abbildungen 74 und 77—82 bringe ich auch einige charakteristische Lichtbilder.

Wie die zusammenfassende Darstellung zeigt, so sind zwischen den Mikroorganismen rein prozentuell die Aktinomyceten und weiter die Pilze am stärksten vertreten. Dieser Umstand kommt besonders bei der Betrachtung der kleinen Versuchsflächen zum Ausdruck, da hier die extremen Wüstenböden, bzw. die trockenen Steppenböden untersucht worden sind.

Wir können daher auch auf Grund dieser Untersuchungen mit vollem Recht behaupten, daß die extrem trockenen Wüstenböden keine sterile und leblose Gebilde sind, sondern lebende Mikroorganismen enthalten. Wichtig ist auch die Beobachtung der Azotobakter ähnlichen Bakterien, die auf das Vorkommen dieser wichtigen Mikroorganismengruppe in den Wüstenböden hinweist. Diese Feststellung wurde auch durch die Ergebnisse der indirekten mikrobiologischen Untersuchungen bestätigt.

#### X. Über das Vorkommen der Bodenalgae in den Wüstenböden.

(Siehe die Tabelle XXII und die Abbildung 79.)

Wir haben eine Reihe unserer Versuchsflächen auch hinsichtlich des Vorkommens von Algen mit dem üblichen Züchtungsverfahren untersucht. Die Ergebnisse dieser systematischen Untersuchungen gebe ich in der beigefügten Tabelle an. Hier werden zunächst alle Versuchsflächen aufgezählt, in den Algen zu konstatieren waren. Ich stellte noch auch das Vorkommen der Algen auch nach ökologischen Gruppen geordnet zusammen. Die nähere Betrachtung dieser systematischen Zusammenstellung zeigt zunächst, daß eine stattliche Reihe von Bodenalgae in allen möglichen Gattungen in den Wüsten, in den Oasen, in den Savannen und in den Steppenböden vorgefunden wurde. Diese Befunde wurden auch durch



unsere direkten mikroskopischen Untersuchungen bekräftigt. Zwischen den Gattungen der durch das übliche Kulturverfahren gezüchteten Bodenalgen sind Blaualgen und die Grünalgen recht zahlreich vertreten. Es wurden übrigens hauptsächlich Algenarten gefunden, die mehr oder weniger kosmopolitisch sind und wie meine frühere Arbeit über die regionale Verbreitung der Bodenalgen zeigt, fast in allen Erdteilen zu konstatieren sind. Um das Vorkommen der Bodenalgen, bzw. ihre Existenzberechtigung in den Wüstenböden entsprechend erklären zu können, müssen wir folgendes bemerken. Man war früher der Ansicht, daß diese Mikroorganismen ausgesprochene hydrophyle Organismen sind. Mit der Entwicklung der Lehre über die Mikrobiologie des Bodens hat sich aber immer mehr und mehr herausgestellt, daß diese Mikroorganismen sich recht bedeutend an das Landleben angepaßt haben. Unsere bisherigen und auch diese Untersuchungen liefern die klaren Beweise dafür, daß sie genau so, wie die Bakterien, auch die extrem trockenen Verhältnisse der Wüstenböden vertragen können. Sie sind also aller Wahrscheinlichkeit nach dazu befähigt, Saugkräfte zu entwickeln, die die osmotische Widerstandsgrenze des hygroskopischen Wassers weit übertreffen. Auch in diesem Falle müssen wir darauf hinweisen, daß die Lebensgrenzen des aktiven Mikroorganismenlebens bezüglich der Temperatur und hauptsächlich bezüglich dem Wassergehalt des Bodens auch bei den Algen viel weiter gezogen sind, als man es bisher vermutete.

#### XI. Die systematische Übersicht über die Bakterien der Wüstenböden.

(Siehe die Tabellen XXIII. u. XXIV und Abbildungen 75 u. 84.)

Die Ergebnisse der systematischen Artbestimmungen haben wir in den Tabellen XXIII und XXIV zusammengefaßt. Wir haben insgesamt 98 verschiedene Bakterienarten isoliert. Das quantitative Vorkommen dieser Arten zeigt uns die Tabelle XXIV. Mit Nachdruck möchte ich hervorheben, daß einige der neuen Arten, die wir bei unseren ersten Untersuchungen fanden, auch im Laufe dieser Forschungen nochmals identifiziert werden konnten. In der Tabelle XXIV. wiesen wir auch die Reihenfolge der leitenden Gattungen nach. Besonders interessant ist es jetzt, die eigentlichen Wüstenböden vergleichend zu betrachten. In den Sandböden herrschen die Gattungen *Bacillus* und *Aktinomyces* vor. Auffallend ist das regelmäßige Vorkommen der Strahlenpilze, welcher Befund mit den früheren Ergebnissen von *Fehér* und *Bokor*, die diese Arten bereits auch in den trockenen Sand- und Alkaliböden der Ungarischen Tiefebene fanden, übereinstimmt.



Tabelle XXIII.  
Das Verzeichnis der gefundenen Bakterienarten.

Nummer	Nummer der Versuchsflächen																			
	I	II	AI	V	IA	IIA	XI	X	IX	III	AIX	IA	IIA	IIIA	XIX	XX	IXX	IIIX	AXX	IAXX
	IIXXX	IXXX	XXX	XIXX	IIIAXX	IIAXX	IAXX	AXX	IIIX	IXX	XX	XIX	IIIA	IIA	IA	V	AI	II	I	II
1. Streptococcus luteus Feh. et Kil.	5*																			
2. Micrococcus aurantiacus (Schröter)																				
3. Cohn	5																			
4. candidans Flüge																				
5. candidus Cohn																				
6. Freudenreichii Guillebeau																				
7. luteus (Schröter) Cohn																				
8. ureae Cohn																				
9. Sarcina flava de Bary																				
10. lutea Schroeter																				
11. Serratia marcescens Bizio																				
12. rosea Bergey																				
13. roseo alba (Sack.) Bergey																				
14. Flavobacterium antenniforme (Ravenel) Bergey																				
15. aureus (Ravenel)																				
16. Bergey, Gray and Thornton																				
17. Pseudomonas boreopolis																				
18. striata Chester																				
19. albida (Mc Beth) Bergey																				
20. biazotea (Kell) Bergey																				
21. bibula (Mc Beth a. Scales) Bergey																				
22. cellasea (Kell) Bergey																				
23. firma (Mc Beth and Scales) Bergey																				
24. galba (Kell) Bergey																				

\* Die Zahlen bedeuten das prozentuelle Vorkommen auf den einzelnen Versuchsflächen.



[illegible]







[illegible]



Nummer	Nummer der Versuchsfläche																							
	I	II	IV	V	IA	IIA	XI	X	IX	III	VI	IA	IIA	III	IX	XX	IX	II	III	XXX	XXX	II	III	II
94.	.	.	.	.	.	.	10	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
95.	.	.	.	6	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
96.	.	.	25	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
97.	.	.	13	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
98.	.	.	.	.	.	.	7	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.

Actinomyces roseus Krainsky  
 rutgersensis Waks. et  
 Curtis  
 Saharæ Feh. et Kil.  
 violascens-caesari  
 sp.



Tabelle XXIV.

Das quantitative Vorkommen der einzelnen Bakteriengattungen in den untersuchten Bodentypen in %-n.

											Zusammenfassung		
	Oasenböden	Sandböden	Steinböden	Tonböden	Seegrundböden	Steppen und Savannenböden	Vervitterungsböden aus dem Hochgebirge	Humide Tonböden	Tropische Tonböden	Waldböden	Zahl der gefundenen Arten	Prozentuelles Vorkommen auf sämtlichen Versuchsflächen	Relative Häufigkeit in %en bezogen auf das Vorkommen sämtlicher Gattungen
Streptococcus	—	1	3	—	—	—	—	—	—	—	1	7	0.37
Micrococcus	7	14	3	—	3	3	5	—	12	12	6	63	8.55
Sarcina	1	3	—	—	3	3	5	14	—	—	2	22	3.30
Serratia	1	1	3	—	—	3	—	—	—	—	3	15	0.74
Flavobacterium	—	3	—	3	—	—	—	—	6	—	2	19	1.40
Pseudomonas	—	2	—	—	1	—	—	—	—	4	2	15	1.19
Cellulomonas	2	11	22	49	1	—	8	—	16	7	14	59	10.86
Achromobacter	5	7	10	10	—	5	—	—	6	13	11	37	5.60
Proteus	5	—	—	—	—	—	—	—	6	—	1	15	1.48
Bacillus	45	25	47	31	3	30	5	44	20	54	24	96	33.79
Clostridium	13	1	5	—	2	5	17	28	10	2	8	44	7.82
Actinomyces	21	32	7	7	1	51	60	14	24	10	24	81	24.90

Prozentuelles Vorkommen  
auf sämtlichen Versuchsflächen

Leitende Gattungen.

Relative Häufigkeit.

96%

1. Bacillus

33.79%

81%

2. Actinomyces

24.90%

63%

3. Micrococcus

8.55%

59%

4. Cellulomona

10.86%

44%

5. Clostridium

7.82%

Die Ergebnisse dieser Untersuchungen beweisen uns, daß auch die extremen Wüstenböden von einer verhältnismäßig recht zahlreichen Bakterienflora bevölkert werden. Zwischen diesen herrschen, wie es auch zu erwarten war, die besonders widerstandsfähigen Strahlenpilze und die sporenbildenden Bazillen vor.

## XII. Die mikroskopischen Pilze der Wüstenböden.

(Siehe die Tabellen XXV—XXVI und die Abbildungen 73, 74, 76, 78, 83.)

Auf den untersuchten Versuchsflächen wurden zusammen 38 Arten von mikroskopischen Pilzen reingezüchtet. Die Tabellen enthalten die Verteilung der vorgefundenen Gattungen nach den verschiedenen Gruppen der Versuchsflächen. In den eigentlichen Wüstenböden herrschen die beiden Gattungen *Aspergillus* und *Penicillium* vor. Wir haben schon in unserer früheren Arbeit auf das verhältnismäßig ziemlich massenhafte Vor-







Nummer	Nummer der Versuchsflächen																			
	I	II	IV	V	IA	IIA	XI	X	IX	III	XIV	IAV	IIAV	IIIAV	XIX	XX	IXX	IIXX	IIIXX	a. IIIIXX
29. <i>Sporotrichum polysporum</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
30. <i>Botrytis</i> sp.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
31. <i>Trichothecium roseum</i> Link.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
32. <i>Torula herbarum</i> Link.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
33. <i>Haplographium chlorocephalum</i> Fresm.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
34. <i>Cladosporium herbarum</i> Pers.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
35. <i>Helminthosporium folliculatum</i> Corda	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
36. <i>Macrosporium commune</i> Rabenh.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
37. <i>Alternaria tenuis</i> Nees.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
38. <i>Fusarium merismoides</i> Nieth.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.

\*) Die Bestimmungen wurden von M. Frank durchgeführt.  
Die Zahlen bedeuten das prozentuelle Vorkommen an den einzelnen Versuchsflächen.



kommen der Bodenpilze in den Steppen- und Wüstenböden hingewiesen. Auch diese Resultate haben unsere seinerzeitigen Befunde bestätigt. Die verschiedenen Arten von mikroskopischen Pilzen scheinen im Leben der Wüstenböden eine recht wichtige Rolle zu spielen.

### XIII. *Die Ergebnisse der Bodenatmungsmessungen.*

(Siehe die Angaben der Tabelle XX.)

Die Bodenatmung ist ein sehr guter Wegweiser für die tatsächliche Aktivität der Mikroorganismen des Bodens, da die Kohlensäuremengen, die im Laufe der Bodenatmung entstehen können, abgesehen von gewissen chemischen Zersetzungsprozessen, vorwiegend nur durch die aktive Lebens-tätigkeit der im Boden lebenden Mikroorganismen entwickelt werden.

In der Tabelle XX bringen wir einige typischen Beispiele. In einer früheren Arbeit (56) haben wir auch den täglichen Gang der Bodenatmung auf einigen Versuchsflächen dargestellt. Wichtig ist die Tatsache, daß man in vielen Fällen auch auf den äußerst trockenen Versuchsflächen eine aktive Bodenatmung konstatieren konnte.

Auch diese Untersuchungsergebnisse weisen darauf hin, daß die Böden der extremen Wüstengebiete sich meistens nicht im sterilen Zustande befinden, sondern in vielen Fällen eine aktive Mikrobentätigkeit entfalten können, die durch die direkte mikroskopische Beobachtung und durch den unmittelbaren Nachweis der biologischen Kohlensäureproduktion dieser Böden erwiesen werden konnte.

### XIV. *Einiges über die biochemischen Eigenschaften der untersuchten Wüstenböden.*

(Siehe die Tabellen XV—XIX.)

Der Gesamtstickstoffgehalt ist infolge der allgemeinen Armut an organischen Nährstoffen in diesen Böden nicht besonders hoch. Etwas günstiger gestaltet sich in einigen Fällen der Gehalt an Nitratstickstoff.

Man kann im allgemeinen leicht feststellen, daß der leichtlösliche  $P_2O_5$ -Gehalt der Wüstenböden im allgemeinen nicht unzureichend ist. Auch diese Feststellung weist darauf hin, daß die Frage der Nutzbar-machung der Wüsten- und Halbwüstenböden letzten Endes eine ökologi-sche Frage ist, bei deren Regelung die entscheidende Rolle dem Wasser-faktor zukommen wird. Sollte aber eine durchgreifende mikrobiologische Melioration, der bereits nutzbar gemachten Wüstenböden, infolge der schwierigen ökologischen Verhältnisse, unzureichend sein, so wird ein ge-wisser Grad von Phosphordüngung unerläßlich werden. Dies gilt beson-ders für den Fall, wenn Oasenböden intensiv kultiviert werden, wo die



biologischen Kreislaufprozesse die verbrauchten, löslichen  $P_2O_5$ -Salze aus dem schwerlöslichen Reservevorrat nicht mehr ausreichend ersetzen können.

Der Kalkgehalt ist gewöhnlich hoch und dementsprechend auch die  $pH$ -Werte. Dem hohen Kalkgehalt und den entsprechenden günstigen  $pH$ -Werten dürfte natürlich bei der mikrobiologischen Mobilisierung des unlöslichen  $P_2O_5$ -Gehaltes zweifelsohne eine gewisse Rolle zukommen.

Auffallend ist, wie ich schon erwähnte, der meistens geringe Gesamtstickstoffgehalt. Dieser Umstand läßt sich zunächst durch den geringen Humusgehalt, aber auch durch die Tatsache erklären, daß infolge der extrem trockenen Klimaverhältnisse die Tätigkeit der stickstoffbindenden Bakterien sehr ungünstig beeinflußt wird. Der geringe Humusgehalt ist, abgesehen von den an und für sich geringen Mengen der auf den Boden fallenden organischen Substanz, wahrscheinlich auch durch die rasche Zersetzung zu erklären, die nach den zeitweise aufgetretenen Niederschlägen, infolge der hohen Temperaturen, ihre Aufgabe rasch erledigt. Hier spielt der Wasserfaktor die gleiche wichtige Rolle, wie bei der Gestaltung des leichtlöslichen  $P_2O_5$ -Gehaltes. Durch das Vorhandensein der nitrifizierenden Bakterien, deren Tätigkeit durch die vorwiegend aeroben Verhältnisse gerade in der Hauptvegetationsperiode oft begünstigt wird, wird von Zeit zu Zeit nach den Regenfällen auch ein verhältnismäßig großer Anteil des Stickstofffaktors in die lösliche Form übergeführt und später ausgewaschen.

Was den Kaligehalt der Wüstenböden anbelangt, so sehen wir, daß der wurzellösliche Anteil des Kaliums im allgemeinen nicht allzu niedrig ausfällt. Diese Böden, die wir untersucht haben, dürften daher nicht besonders arm an leichtlöslichen Kaliumverbindungen sein.

Zum Schlusse möchte ich noch darauf hinweisen, daß den jetzt mitgeteilten, bzw. besprochenen Forschungsergebnissen nur der Charakter einer allgemeinen Orientierung zukommen kann. Angesichts der großen Ausdehnung und der räumlich und zeitlich recht wechselvollen chemisch-physikalischen Zusammensetzung der Wüstenböden, können die Untersuchungsergebnisse dieser, im Verhältnis zu der räumlichen Größe des Untersuchungsgebietes nur zerstreut aufgenommenen und bearbeiteten Versuchsflächen, kein endgültiges Bild geben. Sie stellen nur die erstmaligen und allgemeinen, orientierenden, chemisch-physikalischen Forschungsergebnisse einiger der westsaharischen Wüsten- und Oasenböden dar.

#### XV. Zusammenfassende Darstellung der Forschungsergebnisse.

Alle diese Ergebnisse, die wir bis jetzt besprochen haben, weisen auf die Tatsache hin, daß die Wüstenböden nicht mehr als steril und leblos betrachtet werden sollten. Trotz der enormen Wasserarmut, die in diesen



Tabelle XXVI.

Das quantitative Vorkommen der einzelnen Gattungen der mikroskopischen Pilze in den einzelnen Bodentypen in %-n.

											Zusammenfassung		
	Oasenböden	Sandböden	Steinböden	Tonböden	Seegrundböden	Steppen und Savannenböden	Vervitterungsböden aus dem Hochgebirge	Humide Tonböden	Tropische Tonböden	Waldböden	Zahl der gefundenen Arten	Prozentuelles Vorkommen an den Versuchsflächen	Relative Häufigkeit in %-en bezogen auf das Vorkommen sämtlicher Gattungen
Mucor	4	6	—	20	—	6	6	6	6	7	3	25	5·7
Rhizopus	—	—	—	—	—	—	—	—	—	5	1	4	0·4
Cunninghamella	—	—	—	—	—	16	—	—	—	—	1	4	0·7
Piptocephalis	—	3	—	—	—	—	—	—	—	—	1	4	0·7
Syncephalastrum	13	7	—	—	32	—	—	—	—	5	1	36	7·3
Haplosporangium	—	—	—	3	—	—	—	—	—	—	1	4	0·2
Gymnoascus	2	—	—	—	—	18	—	—	—	—	1	8	1·3
Chaetomium	6	2	—	—	—	—	—	—	7	—	1	11	2·0
Aspergillus	42	33	45	30	8	45	50	50	33	8	82	34·6	
Penicillium	18	27	55	30	50	15	32	30	—	15	7	82	26·7
Cephalosporium	6	4	—	—	—	—	—	—	—	—	1	4	0·9
Trichoderma	0	9	—	3	—	—	12	—	20	15	2	36	5·3
Sporotrichum	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	4	0·3
Botrytis	—	2	—	—	—	—	—	—	—	—	1	8	0·5
Trichothecium	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	4	0·4
Torula	2	—	—	—	—	—	8	—	—	10	1	11	2·2
Haplographium	1	2	—	—	10	—	16	—	—	10	1	18	4·6
Cladosporium	5	2	—	—	—	—	—	—	—	—	1	11	1·6
Helminthosporium	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	1	4	0·2
Macrosporium	2	—	—	14	—	—	6	14	17	—	1	14	3·5
Alternaria	—	2	—	—	—	—	—	—	—	—	1	4	0·5
Fusarium	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	4	0·4

## Leitende Arten.

1. Aspergillus	82%	34·6%	3. Syncephalastrum	36%	7·3%
2. Penicillium	82%	26·7%	4. Trichoderma	36%	5·3%
			5. Mucor	25%	5·7%

Böden infolge der klimatischen Trockenheit herrscht, finden wir immer Erscheinungen, die uns deutlich ihre positive und aktive Lebenstätigkeit beweisen. Unsere Forschungen führten zunächst zu dem wichtigen Resultat, daß die Mikroorganismen der Wüstenböden sich den dort herrschenden extrem trockenen Verhältnissen und hohen Temperaturgraden weitgehend anpassen konnten und infolgedessen ihre Lebensfunktion auch unter diesen Umständen aufrecht erhalten können.

Wir haben also hier mit einer besonderen Anpassungserscheinung der Mikroorganismen des Bodens zu tun. Die Grenzen des Mikroorganismenlebens sind also von der Natur wesentlich breiter und weiträumiger



gezogen, als man sie auf Grund der bisher ermittelten Zusammenhänge zwischen Wasserhaushalt des Bodens und zwischen den ökologischen Bedingungen des Mikrobenlebens annahm. Da die Mikroorganismen der trockenen Wüstenböden natürlich nicht ohne Wasser leben können, so ist auch klar, daß sie jene, wenn auch noch so geringe Mengen von Feuchtigkeit, die sie für ihre Lebensfunktion gebrauchen, von irgendeiner Quelle schöpfen müssen. Obwohl diesbezüglich noch keine endgültigen Forschungsergebnisse vorhanden sind, so können wir vielleicht vorläufig doch annehmen, daß sie auch den geringen Feuchtigkeitsgehalt der Luft, der im Wege der Bodenkapillaren an ihre unterirdischen Lebensräume herablangen kann, für ihre, natürlich stark eingeschränkten Lebensfunktionen noch benutzen könnten. Es ist auch nicht ausgeschlossen, daß in den Monaten, wo zwischen den Tag- und Nachttemperaturen scharfe Unterschiede auftreten, auch die an und für sich geringe Taubildung als ihre Feuchtigkeitsquelle in Betracht gezogen werden könnte.

Es ist uns gelungen, durch unmittelbare Messungen, nachzuweisen, daß die lebenden Mikroorganismen der Wüstenböden im Laufe ihrer Lebenstätigkeit Kohlensäure produzieren, die wir durch unsere entsprechende Methodik in der freien Natur unmittelbar erfassen konnten. Aber auch durch direkte mikroskopische Methoden konnte der Beweis der biologischen Aktivität einiger der extrem trockenen Wüstenböden wenigstens mittelbar nachgewiesen werden.

*Zusammenfassend können wir also am Schlusse nochmals feststellen, daß durch unsere ausgedehnten Untersuchungen gelungen ist, die bisher als leblos gedachten Wüstenböden als lebende Gebilde zu charakterisieren, deren Lebenserscheinungen durch die verschiedenen Gruppen der Mikroorganismen, die in ihnen anwesend sind, und die sich den äußerst trockenen Verhältnissen des Wüstenklimas angepaßt haben, getragen werden. Jene äußerste Grenze des Lebens, die man bisher infolge des vollständigen Wassermangels, für das Mikrobenleben des Bodens aufzustellen glaubte, scheint hier wesentlich niedriger zu liegen, da die Mikroorganismen der Wüstenböden aller Wahrscheinlichkeit nach die Fähigkeit besitzen, die ganz geringen, kaum meßbaren Feuchtigkeitsgrade dieser Böden in Zusammenhang mit dem Feuchtigkeitsgehalt der Luft und der Taubildung für ihre Lebensfunktionen ausnützen zu können.*

Bezüglich der weiteren Einzelheiten, sowie auch hinsichtlich der Ergebnisse der jetzt erstmalig durchgeführten chemisch-physikalischen Untersuchungsergebnisse einiger mittel- und südsaharischen Böden, wird auf die ausführlichen Angaben und Erörterungen der einzelnen Abschnitte dieser Arbeit verwiesen.



XVI. *Anhang über Meteorologie.*

(Siehe die Tabellen XXVII—XXIX.)

In diesem Teile haben wir unsere meteorologischen Beobachtungen zusammengefaßt. Diese beziehen sich zunächst auf die Lufttemperaturen. Die Höchstwerte derselben haben wir in In-Guezzam — am 1. April — mit 46'2 °C im Schatten, nachmittags um 1 Uhr, gemessen. Bezüglich der Bodentemperatur bemerken wir, daß namentlich die Temperatur der Oberfläche des Bodens stellenweise recht hohe Werte erreicht hat. So haben wir bei In-Guezzam 62 Grad und in Agadez 60 Grad an der Oberfläche gemessen. Die Temperatur der mehr tiefer liegenden Bodenhorizonte nimmt ziemlich rasch ab, so daß in der Schichte der intensivsten Bakterientätigkeit gewöhnlich Temperaturen vorherrschen, die das Bakterienleben nicht gänzlich unterbinden können. Die Intensität der Sonne bei gänzlich wolkenlosen Himmel betrug in ihrem Höchstwerte 72.000 HK. Da diese Messungen erst im Frühjahr vorgenommen worden sind, so kann man mit Recht versetzen, daß im Sommer die bisher gemessene höchste Intensität von 100.000 HK nicht nur erreicht, sondern vielleicht auch noch überschritten wird.

Um die meteorologischen Verhältnisse unseres Untersuchungsgebietes besser verstehen und beurteilen zu können, bringe ich zunächst die Regenkarte des Gesamtgebietes der Sahara in der Abb. 7 nach den Angaben der „Annales de Physique du Monde, Bd. 2. 1936“. In den Tabellen II—XII werden noch die Beobachtungsergebnisse einiger wichtigen meteorologischen Stationen des westlichen Saharagebietes angegeben. In den Tabellen XXVII, XXVIII und XXIX stellte ich dann die Ergebnisse unserer eigenen Messungen zusammen.

Die älteren Beobachtungsergebnisse sind auf Grund der Angaben der offiziellen Veröffentlichung des Generalgouvernements in Alger: „Les Territoires du Sud de l'Algerie“ (1929), die neueren auf Grund der entsprechenden Mitteilungen der „Office Nationale Meteorologique in Paris“ zusammengestellt.

Bezüglich der Luftfeuchtigkeit mögen noch auf seine recht geringen Werte, die sich im allgemeinen zwischen 2—20% bewegen, hingewiesen werden.



Tabelle XXVII.

Die Ergebnisse der Bodentemperatur und Lichtintensitätsmessung.

Versuchsfläche	Zeitpunkt	Tag	Stunde	Bodentemperatur				Licht in H. K.
				Ober- fläche	10 cm	20 cm	40 cm	
Neben Sba II.			4 13	—	—	—	—	62.100
			4 14.30	—	—	—	—	—
			4 15	—	—	—	—	60.300
			4 15.30	—	—	—	—	54.000
Adrar (Oase) IV.			6 10	—	—	—	—	63.180
			6 11.20	—	—	—	—	65.700
			6 12	—	—	—	—	66.150
			6 13	—	—	—	—	68.850
			6 14	—	—	—	—	61.650
			6 15	—	—	—	—	60.750
			6 16	—	—	—	—	56.250
			6 17	—	—	—	—	52.650
			6 18	—	—	—	—	13.500
			7 8	—	—	—	—	52.650
			7 10	—	—	—	—	69.300
			7 12	—	—	—	—	69.750
			7 14	—	—	—	—	61.650
			7 16	—	—	—	—	54.450
			7 18	—	—	—	—	13.950
			8 12	—	—	—	—	34.200
Neben Adrar I.			7 8	—	—	13	19.5	—
			7 8.45	—	—	13.5	19.5	—
			7 10	14.2	19.5	—	—	—
			7 10.45	16.0	19.3	—	—	—
			7 12.15	18.0	19.0	—	—	—
			7 13.20	19.2	19.0	—	—	—
			7 14.35	20.0	19.0	—	—	—
			7 15.25	22.0	19.0	—	—	—
			7 16.45	23.0	19.0	—	—	—
			12 18	18	28	26.8	—	—
Nördlich von In-Salah VI.			13 8	—	—	—	—	48.600
			13 10	34.5	18.8	22	—	54.450
			13 12	—	—	—	—	61.650
			13 14	44	26	22	—	55.350
			13 16	35	27	22	—	51.750
			13 18	21	22.5	23	—	21.150
			14 8	26	19	22	—	—
			14 12	36	23.6	21.6	—	—
			14 14	41	25	21.4	—	—
			14 16	37	28	22	—	—
			14 18	26	—	27.5	—	—
			15 8	13	17	21.2	—	—
			15 10	27	18	21.8	—	—
			15 12	35	21	21.6	—	—
			15 14	40	26.5	21.2	—	—
			15 18	26	27	22.0	—	—
			16 8	20	18	21.2	—	—
			16 12	40	25	21.4	—	—
			16 18	26	28	22.2	—	—
			17 8	28.5	18.8	22.1	—	—
			17 12	48	26	22.4	—	—



Versuchsfläche	Zeitpunkt	Tag	Stunde	Bodentemperatur				Licht in H. K.
				Ober- fläche	10 cm	20 cm	40 cm	
VII. Oase In-Salah zirka 1 Km nördlich von VI.		15	8·15	—	12·5	—	—	—
		15	9	—	13	—	—	—
		15	10·15	—	13·2	—	—	—
		15	10·50	—	13·8	—	—	—
		15	12	—	14·9	—	—	—
		15	12·45	—	16	—	—	—
		15	14	—	16·5	—	—	—
VIII. Bei VII.		17	8·30	—	19·5	—	—	—
		17	9·45	—	19·8	—	—	—
		17	10·30	—	20	—	—	—
		17	11·45	—	22	—	—	—
		17	12·20	—	23	—	—	—
		17	13·20	—	23·5	—	—	—
XII. Tamanrasset	Im Jahre 1936	26	8	—	15	—	21	54·600
		26	9	—	16	—	21	—
		26	10·15	—	20	—	22	68·400
		26	10·50	—	20	—	22	71·100
		26	12·10	—	26	—	22	—
		26	12·50	—	30	—	22·2	70·200
		26	14	—	33	—	22·5	54·000
		26	14·40	—	33	—	22·7	—
		26	15·50	—	33	—	23·2	—
		27	8	—	22	—	21·0	54·600
XIII. 1·5 Km östlich von Tamanrasset	März	27	9	—	23	—	22·2	—
		27	10·15	—	23·8	—	22·4	68·400
		27	10·50	—	25	—	22·6	—
		27	12	—	26	—	23	71·100
		27	12·45	—	28	—	23·2	—
		27	14	—	29	—	23·4	70·200
		27	14·40	—	30	—	23·7	54·000
		27	15·45	—	31	—	24·2	—
		28	6	—	—	—	—	8·100
		28	7	—	—	—	—	31·500
		28	8	—	—	—	—	62·100
		28	9	—	—	—	—	63·900
		28	10	—	—	—	—	67·500
		28	11	—	—	—	—	69·300
		28	12	—	—	—	—	72·000
		28	13	—	—	—	—	67·500
		28	14	—	—	—	—	64·800
		28	15	—	—	—	—	61·200
XIV. Bei In-Guezzam	April	28	16	—	—	—	—	57·800
		28	17	—	—	—	—	28·800
		28	18	—	—	—	—	14·400
		1	7	—	28·2	—	—	13·500
		1	8	—	28·3	—	—	30·600
		1	9	35·5	30	—	—	38·700
		1	10	—	32	—	—	49·500
		1	11·20	55·5	36	—	—	58·500
		1	12	—	—	—	—	72·900
		1	13	62	—	—	—	—
		1	15	58	—	—	—	—
		1	17	46	—	—	—	—



Versuchsfläche	Zeitpunkt	Tag	Stunde	Bodentemperatur				Licht in K. H.
				Oberfläche	10 cm	20 cm	40 <sub>2</sub> cm	
XXI. Agadez	Im Jahre 1936	A p r i l	4 7	17	—	—	—	—
			4 9	20	—	—	—	—
			4 12	60	—	—	—	—
			4 17·30	55	—	—	—	—
			5 7	16	—	—	—	—
			5 9	38	—	—	—	—
			5 13	58	—	—	—	—
			5 16	39	—	—	—	—
			7 7	32	26	—	—	—
			7 8	36	27	—	—	—
			7 8·50	46	28	—	—	—
			7 9·30	52	30	—	—	—
			7 10·50	57	32	—	—	—
			6 7	26	24	—	—	—
XXII. Oued Izegren (80 Km südlich von Agadez)		6 8	30	25	—	—	—	
	6 8·30	33	28	—	—	—	—	
	6 9·30	36	31	—	—	—	—	
	6 10·30	39·5	35	—	—	—	—	

Tabelle XXVIII.

Lufttemperatur- und Luftfeuchtheitsmessungen.

Ort der Beobachtung	Zeitpunkt der Temperatur						Tagesmittel	Lufttem- peratur		Ablesungen der Luftfeuchtigkeit am Register- Hygrometer %		
	Jahr	Monat	Tag	Stunde				Max.	Min.	7h	13h	21h
				7h	13h	21h						
Adrar	1 9 3 6	M ä r z	6	—	23	11	17	23	—	—	5	22
			7	7	24	12	14·3	23	3·5	36	4	24
			8	11	26	18	18·3	26	—	32	0	0
			9	3	—	—	—	—	2	18	—	—
In-Salah			12	—	26	13	19·5	26	—	—	23	17
			13	15	29	17	20·1	30·5	—	—	0	9
			14	15	30	17	20·7	32·3	8	21	0	8
			15	14	36	19	23·0	36	12	27	0	8
			16	17	34	22	26·3	35	12	13	0	4
Tamanrasset			17	15	42	24	26·6	43	12	10	0	3
			18	17	—	—	—	—	—	9	—	—
			23	24	28	21	24·4	33	19	—	18	27
In-Guezzam			24	21	29	20	23·3	30	16·8	36	18	23
			25	24	28	16	22·6	30·2	10	37	15	4
			26	22	37	17	25·3	37	11	18	0	0
			27	23	36	16	25	38	9	4	0	8
			28	11	34	19	21·3	35	9	18	0	10
			29	14	32	—	23	33	11	14	0	0
			31	—	43	29	36	46	—	—	0	2
Agadez		A p r i l	1	26	46	—	36	46·2	19·5	6	0	—
			5	25	27	26	26	37	22	6	0	4
			6	29	36	28	31	41	21·5	9	0	0
			7	30	34	28	30·7	36	21	0	0	1

„0“ Diese Bezeichnung bedeutet, daß infolge des äußerst geringen Feuchtigkeitsgehaltes am Trommel des Apparates keine verlässliche Daten abgelesen werden konnten.



Tabelle XXIX.

Bodentemperaturmessungen in Tamanrasset und Arak.

Datum 1936	Oberflächen- temperatur Minimum	Bodentemperatur (Oberfläche)			Beobachtungs- zeit	Bodentemperatur (in 18 cm Tiefe)			Temperatur		Luftfeuchtigkeit %		
		7h	13h	18h		7h	13h	18h	Min.	Max.	7h	13h	18h
23. III.	6.8	22.0	58.6	20.3	11 h 6'	—	—	—	12.0	27.7	31	20	21
24. III.	12.9	22.2	50.4	25.0	11 h 1'	22.6	22.7	23.5	24.0	27.5	27	20	21
25. III.	11.6	25.8	50.5	20.1	11 h 6'	22.5	22.7	23.6	6.8	26.5	27	16	13
26. III.	—1.2	18.3	61.0	19.0	11 h 8'	21.2	21.4	23.0	5.1	27.0	24	12	14
27. III.	2.0	15.0	56.0	19.9	11 h 8'	21.1	21.4	23.0	9.3	26.2	15	15	18
28. III.	4.0	22.0	57.8	20.4	11 h 5'	21.5	21.9	23.5	11.0	26.8	18	15	18
29. III.	4.8	17.0	—	—	11 h 2'	21.9	—	—	11.4	27.2	18	15	15
30. III.	8.0	21.8	56.8	21.3	11 h 6'	22.5	22.7	24.2	15.3	26.9	18	16	16
13. IV.	8.5	24.6	—	—	11 h 4'	24.8	—	—	—	—	—	—	—
14. IV.	14.2	30.2	56.8	27.1	11 h 5'	26.0	26.7	27.9	16.5	35.2	—	—	—
15. IV.	12.0	27.0	47.2	26.5	7 h 2'	26.4	26.6	27.7	18.0	35.0	—	—	—
16. IV.	14.8	32.0	40.0	26.4	3 h 8'	26.2	26.5	27.2	19.2	33.2	—	—	—
17. IV.	17.9	24.0	49.8	22.2	—	26.1	26.7	27.6	20.0	33.8	—	—	—
18. IV.	—	—	—	—	—	25.9	—	—	16.2	—	—	—	—

Auf Temperaturgleichheit reduzierter Barometerstand: März: 647, April 650.

## Arak, 20. April, Bodentemperatur.

Stunde	Oberfläche	10 cm	Stunde	Oberfläche	10 cm
12h 30'	54°	38°	15h 00'	29 2°	35 30°
13h 15'	51°	39°			
14h 00'	46°	39°	16h 00'	25°	33 1°

XVII. Verzeichnis und Beschreibung der aus den Saharaböden  
gezüchteten neuen Bakterienarten.<sup>16)</sup>

(Siehe die Abbildung 75.)

1. *Streptococcus terricola*. n. sp.

Bodenextraktagar: Runde, weiße, später zusammenfließende Kolonien.

Gelatine: Wird nicht verflüssigt.

Lakmusmilch: Sauere Reaktion.

Größe: 0.8—1.2  $\mu$ .

Gram positiv.

2. *Streptococcus aurantiacus*. n. sp.

Bodenextraktagar: Orangenfarbige Kolonien.

Gelatine: Wird nicht verflüssigt.

Lakmusmilch: Neutrale Reaktion.

Größe: 1—1.2  $\mu$ .

Gram positiv.

3. *Streptococcus luteus* n. sp.

Bodenextraktagar: Graue, zusammenfließende Kolonien.

Gelatine: Wird nicht verflüssigt.

<sup>16)</sup> Hier werden nur jene charakteristische Merkmale angegeben, die im Rahmen des Systems von *Bergey* zur Abgrenzung der neuen Arten notwendig sind.



Lakmusmilch: Neutral.

Größe: 0'2—0'3  $\mu$ .

Gram positiv.

4. *Clostridium album non liquefaciens* n. sp.

Bodenextraktagar: Homogener, weißer Überzug.

Gelatine: Wird nicht verflüssigt.

Lakmusmilch: Sauere Reaktion.

Kartoffel: Weißer Überzug.

Größe: 4'0—6'0  $\mu$  lang und 0'7—0'8  $\mu$  breit.

Sporen: 1'6—1'8  $\mu$  lang und 0'6—1'0  $\mu$  breit.

Gram negativ.

5. *Clostridium album liquefaciens* n. sp.

Bodenextraktagar: Weiße, durchscheinende Kolonien.

Gelatine: Wird verflüssigt.

Lakmusmilch: Sauere Reaktion.

Größe: 3'0—3'5  $\mu$  lang, 0'2—0'3  $\mu$  breit.

Sporen: Oval, 2'0—2'2  $\mu$  lang und 1'0—1'2  $\mu$  breit.

Gram negativ.

6. *Clostridium album minor* n. sp.

Bodenextraktagar: Weiße Kolonien mit unregelmäßigen, filamentartigen Verzweigungen.

Gelatine: Wird nicht verflüssigt.

Größe: 2'0—3'0  $\mu$  lang und 0'15—0'2  $\mu$  breit.

Sporen: Oval, 0'8—1'2  $\mu$  lang und 1'2—1'4  $\mu$  breit.

Gram negativ.

7. *Clostridium albo luteum* n. sp.

Bodenextraktagar: Weißer, etwas gelblich schimmernder Überzug.

Gelatine: Wird nicht verflüssigt.

Lakmusmilch: Neutral.

Größe: 4'0—4'5  $\mu$  lang und 0'3—0'4  $\mu$  breit.

Sporen: Oval, 1'0—1'2  $\mu$  lang und 0'8—1'0  $\mu$  breit.

Gram negativ.

8. *Clostridium hyalinum* n. sp.

Bodenextraktagar: Fester, durchscheinender, zusammenhängender Überzug.

Gelatine: Wird nicht verflüssigt.

Lakmusmilch: Sauer.

Größe: 2'0—2'5  $\mu$  lang und 0'3—0'4  $\mu$  breit.

Sporen: Oval, 1'4—1'6  $\mu$  lang, 1'0—1'2  $\mu$  breit.

Gram negativ.

9. *Actinomyces purpureus* n. sp.

Bodenextraktagar und Glukoseagar: Runde, durchscheinende Kolonien von hellrosa-roter Farbe.

Gelatine: Im Anfang ganz weiße, später rosarote Kolonien. Diese Farbe wird auch vom Nährboden, der nicht verflüssigt wird, übernommen.

Lakmusmilch: Neutral, mit rosarotem, ringförmigen Koagulum.



Kartoffel: Luftmycel mit schwachem, grünlichen Schimmer. Der Nährboden wird schwach blaßrot gefärbt.

Hyphen: 0'1—0'2  $\mu$  breit.

10. *Actinomyces nigricans* n. sp.

Bodenextrakt- und Glukoseagar: Runde, tiefbraune, etwas schwächliche Kolonien, die ihre Farbe nach einigen Tagen auch auf den Nährboden übertragen. Luftmycel weiß.

Gelatine: Nicht verflüssigende, grünlich-weiße Kolonien. Luftmycel weiß. Der Nährboden wird später etwas dunkler gefärbt.

Lakmusmilch: Sauer.

Kartoffel: Grünlich-weiße Kolonien. Luftmycel weiß, der Nährboden wird schwärzlich gefärbt.

Hyphen: 0'2—0'3  $\mu$  breit.

11. *Actinomyces Saharæ* n. sp.

Bodenextrakt- und Glukoseagar: Kleine, weißliche, feste Kolonien, die später eine rotbraune Farbe aufnehmen.

Gelatine: Wird nicht verflüssigt.

Lakmusmilch: Sauer.

Kartoffel: Kolonien und Nährboden werden schwach violett gefärbt.

Hyphen: 0'3—0'4  $\mu$  breit.

XVIII. Die arabischen und tuareg Namen der wichtigsten Oasen- und Wüstenpflanzen.

(Inklusive Pflanzen der Hoggarflora.)

(Nach R. Maire, Alger, mit eigenen Ergänzungen zusammengestellt.)

	Arabisch	Touareg (Tamachek)
Acacia arabica*	Teleh	Taggart
" seyal	"	Tamat
" Raddiana syn. = tortilis	"	Abser
Aerva tomentosa	Makhmila	Témekerkizt
Allium cepa, Zwiebel	—	Ifelli
Anabasis articulata	Ajrem	Abender
Andropogon laniger	Lemmad	Tebberemt
Arachis hypogaea, Erdnuß	—	Goujia
Aristida plumosa var. floccosa	—	Terroumout,
" ciliata	—	Aharai
" pungens	Sebot } Drinn }	Toulloult
" sahelica	—	Aherag
Artemisia judaica var. sahariensis	Chih	Tehéreggelé
Atriplex Halimus	—	Aramas
Sammelname der Algen	—	Adal
Balanites aegyptiaca	Taichot	Teborak
Bassia muricata	Rebbir	Ouhas
Boscia senegalensis	Zekkoum	Tadant
Calligonum comosum	Arta } Issaredj }	Aressou
Calotropis procera	Krounka	Torha
Cannabis sativa Hanf	—	Elkerne

\*) Echte Akazien.



	Arabisch	Touareg (Tamachek)
<i>Capparia spinosa</i> Kappern	Qubbar	Teloûloût
<i>Capsicum annuum</i> Paprika	—	Chitta
<i>Cassia obovata</i>	Senna	Agargar
<i>Cenchrus Prieuri</i>	—	Ouazedj
<i>Centaurea pungens</i>	—	Ahetourkh
<i>Centaureum pulchellum</i>	—	Tifechkan
<i>Cocculus pendulus</i>	—	Amateltel
<i>Colocynthis vulgaris</i>	Hadj	Tagellit
" <i>Citrullus</i>	—	Tiledjest
<i>Crocus sativus</i>	Zafrán	Tanermít
<i>Crotalaria Saharæ</i>	Foula	Afarfar
<i>Cucumis sativus</i>	Faggous	Itekel
* <i>Cupressus Dupreziana</i>	—	Tarout
<i>Cynodon Dactylon</i>	Nejèm	Tagammait
<i>Datura Stramonium</i>	—	Bourzig
<i>Daucus carota</i> , Gelbe Rübe	—	Ezeroudjet
<i>Ephedra altissima</i>	—	Tassekrat
" <i>major var. suggarica</i>	—	Tamatert
<i>Euphorbia granulata</i>	Moulbina	Tellak
<i>Fagonia Bruguieri</i>	Telihiá	Afessor
" <i>glutinosa</i>	Fo	Tamedount
<i>Farsetia aegyptiaca</i>	—	Quartames
" <i>ramosissima</i>	—	Illig
<i>Ficus carica</i>	Bakour	Tâhârt
<i>Gnaphalium luteo-album</i>	—	Tenatfert naman
<i>Haloxylon articulatum</i>	Remt	O:ân ihedan
<i>Hordeum vulgare</i>	—	Tîmzin
<i>Hyphaene thebaica</i> , Borassus- palme oder Dummpalme	Nekhlet fersacun	Tagait
<i>Juncus maritimus</i>	Soumir	Taleggit
<i>Leptadenia pyrotechnica</i>	Asabai	Ana, Añag
<i>Linum usitatissimum</i>	—	Anarka
<i>Lotus Jolyi</i>	—	Amarezrez
<i>Maerua crassifolia</i>	Atil	Tagart
<i>Medicago laciniosa</i>	—	Tachakarout
" <i>sativa</i>	Gedeb	Elfessa
<i>Mentha piperita</i>	Nana	Ennerner
<i>Morettia canescens</i>	Midibi	Aslar
<i>Moricandia arvensis</i>	Krenb	Tammadjei
<i>Myrtus Nivellii</i>	—	Tafeltest
<i>Nerium oleander</i>	Defla	Addefla
<i>Nicotiana rustica</i> , Bauerntabak	Doukhan	Taba
<i>Nigella sativa</i>	Sanouj	Tikamnín
<i>Olea Laperrini</i>	—	Áleo
<i>Oryza sativa</i> , Reis	—	Tâferet
<i>Panicum turgidum</i>	Mrokba	Afezzou
<i>Peganum Harmala</i> <sup>17)</sup>	Harmel	Ellora
<i>Pennisetum americanum</i>	—	Inéli
" <i>ciliare</i>	—	Tezemi
" <i>dichotomum</i>	Mekhamla	Talemfezzout
" <i>orientale</i>	Oumm khemla	Fatfadé
<i>Periploca laevigata</i>	—	Sellouf
<i>Perralderia coronopifolia</i>	—	Aourhed
		Weibliche
		Exemplare:
<i>Phoenix dactylifera</i>	Natchla	Tazzait,

\*\*\*) Keine eigentliche Wüstenpflanze. Kommt in dem Ahaggar und in den höheren Lagen der mittelsaharischen Gebirge vor.

<sup>17)</sup> Kommt auch bei Budapest an den Südhängen des Gellért-Berges vor. Sie wurde wahrscheinlich von den Türken eingeschleppt.



	Arabisch	Touareg (Tamachek)
Phoenix dactylifera, Dattelpalme	Natchla	männliche Exemplare: Azzai, Dattel: Ahegggar
Phragmites communis, Rohr	Kseb	Almes
Pistacia atlantica	—	Tedjoq
Portulaca oleracea	Ridjil	Bender akech
Prunus communis oder Amygdalus communis, Mandelbaum	—	Ibaoubaouen
Pulicaria crispa	Attasa	Tenatfert
Punica Granatum, Granatapfelbaum	Rouman	Terroumant
Retama raetam	—	Telit
Rhus Oxycantha	Jedari	Tahounek
Ricinus communis	—	Oufeni
Rumex simpliciflorus	Hamoud	Taourialt
Saccharum Ravennae ssp. parvi- florum	Kseb	Eseñgel
Salsola foetida	Ressal	Talizza
Salvadora persica	Irak	Tehak
Salvia aegyptiaca	Bou Fettach	Sasaf
" Chudaei	—	Aouit
Schouwia purpurea ssp. Schimperi	Djirdjir	Alouât
Scirpus Holoschoenus	Semmar	Iligga
Stipa retorta <sup>18)</sup>	—	Ahagéré, adjeri
Tamarix aphylla	Ethel	Tabarekkat
Tamarix gallica und Tamarix- arten im allg.	Tarfa	Azaoua
Teucrium Polium	Chendegoura	Takmezzout
Tribulus terrester	Hebalia	Amagelost
Trichodesma gracile	Bedjig	Alkah
Triticum aestivum	—	Ihered
Typha elephantina	—	Taheli
Vitis vinifera, Traube	—	{ Talakat, Tazaouat, Tezebibit
Zea Mays, Kukuruz	—	Engafoulé
Zygophyllum album	Aggaia	Tabelkozt
Zilla spinosa	Chebreg	Aftazzen
Ziziphus Lotus	Cedra	Tabakat
" spina Christi	Segseg	Korna.

### XIX. Die wichtigsten arabischen und tuareg<sup>19)</sup> Begriffe und Bezeichnungen des Wüstenlebens.

(Nach Oberst Voinot mit eigenen Ergänzungen.)

Arabisch	Touareg (Tamachek)	Deutsch
Ain	Tit	Quelle.
Aouina	Tahala	Kleinere Quelle.
Ariga	Tigigit	Kleinere, langgestreckte Dünen.
Bahar	Agelman	See, Meer.
Baten	Abada	Steilufer.
Beni	Kel	Männer eines Stammes.
Bassour	—	Gedeckter Tragsessel der Frauen auf Kamelen.

<sup>18)</sup> Das bekannte Halfgras: *Stipa tenacissima* kommt vorwiegend auf der Atlashoch-  
fläche vor.

<sup>19)</sup> Der Name „Touareg“ ist die Mehrzahl der Bezeichnung: „Targui“.



Arabisch	Touareg (Tamachek)	Deutsch
Bled	Akal	Heimat, Land.
Bordj	—	Kleineres Fort der Eingeborenen.
Châaiba	Agentour	Trockener Graben.
—	Chaggaren	Edelleute.
Chechelin	—	Windsturm.
Chebka	Tahart	Schwer gangbarer, zeitweise noch nasser Teichgrund.
Chott	—	Zeitweise ausgetrockneter, salziger Seegrund.
—	Dahbia	Satteltasche.
Dhaya	Tiouq	Niederung mit Pflanzen (Sumpf).
Diffa	—	Festmahl.
Djama	—	Größere Moschee (türkisch).
Djebel	Adrar	Gebirge.
Djedat	Imsakni	Alte Gräber, Gedenksteine.
Djenan	Afarag	Garten.
Djora	Aderih	Schmalere Fußpfad.
Erg (Areg)	Igidi (Igidan)	Große Sanddünen.
Foggara (Fegga- guir)	Ifeli (Ifalan)	Unterirdische Wasserleitung mit Luftschächten.
Fech-Fech oder Fej-Fej	—	Schwer gangbare Hamada.
Fenek	—	Ein kleiner, in den Dünen lebender Fuchs.
Gara (Gour)	Inkal (Ankalen)	Große Felsen.
Foum	Imi	Engtal.
Gara (Gour)	Tekouit (Tikoumin)	Mit Sand bedeckter Felsen.
Gassi	Ataghri	Pfad zwischen Dünen.
Ghar	Ekaham	Erodierte Berghang oder Ufer.
Gherga	Ilouk	Schlamm.
Guern	Tefensout	Bergspitze.
Guelta	—	Pfütze.
Guemira	—	Meilensteine.
Haci (Hacian)	Anou (Ounan)	Brunnen.
Hassi	—	—
Hamada	Tassili	Harter, mit Steinen bedeckter Wüstenboden.
Haick	—	Frauenkleid.
Harmattan	—	Sturmwind.
Herratine	—	Mischlinge zwischen Arabern und Negern.
Hofra	Abatoul	Niederung.
—	Imrad	Sklave, Knecht.
Kaona	—	Kaffee.
Kasba	—	Große, auf eine Anhöhe gebaute Festung. (Feudales Schloß.)
Kef	Adrar (Idraren)	Steiles Gebirge.
Kaid	—	Bezirksvorsteher, Richter.
Khamsin	—	Windsturm.
Kheneg	Tasboth	Paßhöhe.
Khottara	—	Schöpfwerk.
Kizmet	—	Schicksalsfügung.
Krechbas	—	Fossile Hölzer als Wegweiser.
Kouba	—	Grabstätte eines moh. Heiligen.
Koudia	Adrar	Gebirge.
"	Atakor	Hochgebirge.
Ksar (Ksour)	Aghem (Igherman)	Dorf mit einem kleinen Bordj



Arabisch	Touareg (Tamachek)	Deutsch
Kus-kus	—	Nationalspeise der Araber Hirse oder Reis mit kleineren Stücken von Schafffleisch.
—	Litham	Schleier zur Verdeckung.
Maader	Eteghess	Bewässerte Felder.
Marabut (Morabit)	—	Mohamedanischer Heiliger.
Medjbed (Madjabet)	Abaragga (Iberagaten)	Wüstenstraßen (Piste).
Mehara	—	Reitkamel.
Mechouan	—	Gebratener Schaf.
Melaga	Inemeragen	Zusammenfluß von Flüssen, trockene Flußmündung.
Mendil	—	Seidentuch der Frauen.
Msella	Tamejjida	Moschee, Bethaus.
Nebka	Egif	Kleinere Sanddünen mit Pflanzen- wuchs.
Oued (Oudian)	Aghahar (Ighaharen)	Trockenes Flußbett.
Oued (Oudian)	Tegert (Tegerin)	Fluß oder Bach.
Ouled	Dag	Abkömmlinge eines Stammes.
Ras	Ighef	Bergspitze.
Rahla	—	Kamelsattel.
Rekka	—	Spähtrupp.
Reg	Ténéré	Harter, mit kleineren Steinen be- deckter Wüstenboden.
Reg	Tanezrouft	Sehr trockene Steinwüste.
Remel	Edehi	Sand.
Rezzou	—	Räuberbande.
Roumi	—	Fremder der weißen Rasse.
Sebkha od. Sebkra	Tâsabeq	Salziger Seegrund (Salzsee).
Seguia	Tidjouhamt	Bewässerungskanal.
Serir (Cherir)	—	Der Name des „Reg“ in der Ost- Sahara.
Sil	Andj	Hochwasser.
—	Tamachek	Die Sprache der Tuareg.
Tenia	Tehi	Paß.
Tilmas	Abankor	Niederung mit wasserdurchlässigen Untergrund.
Tob	—	Lehmgebäude der Eingeborenen.
—	Tobol	Trommel.
Zaouta	—	Eremitenwohnung.
Zegag	Taghit	Weg zwischen Bergen oder Anhöhen.
Zeriba	Iqeber	Eingesäumter Acker-, Garten- oder Weideplatz.

### Anhang.

#### XX. Die Wüste Sahara als geographischer und geopolitischer Raum.

##### A) Allgemeine Charakteristik. Die Geschichte ihrer Entdeckung.

(Siehe hierzu die Abbildungen 1—9.)

In dem Alltagsleben wird diese ungeheure Wüste meistens als ein end-  
loses Meer von Sanddünen vorgestellt, die in der Zeit der schweren Stürme  
für Menschen und Tiere Tod und Verderben bedeuten. Nur die Oasen mit



ihrem üppigen Grün unterbrechen, nach dieser Auffassung, diese Einöde.

Heute, wo das Geheimnis der Sahara wenigstens im großen und ganzen aufgeklärt ist, wissen wir schon, daß die hartgründigen Stein- und Felsenwüsten, sowie die großen Gebirge, die Ausdehnung der Sandmeere um ein mehrfaches übertreffen. Ich muß aber gleich betonen, daß die Aufschließung der Sahara auch heute noch erst in großen Zügen gelungen ist. Die bereits mit Kraftwagen befahrbaren und die sonstigen großen Karawanenstraßen beschränken sich auf einige, eng bemessene Gebietsstreifen. Rechts und links von diesen liegen noch ungeheure Wüstengebiete, wie unter anderen die große Sandwüste Erg-Chech, die Steinwüsten El-Djuí und El-Meraia und der südliche Tanezrouft, die weiten Gebiete des Sandmeeres der lybischen Wüste, des Hoggar-Gebirges und der Sandwüste Tenere, die noch gänzlich unbekannt sind und selbst ihr Überfliegen noch kaum gewagt wurde. Die Sahara als geographischer Raum ist, wie gesagt, die größte Wüste der Welt. Ihre Länge vom Norden, vom Saharaatlas, bzw. von dem Mittelmeer bis zu den Soudansteppen beträgt durchschnittlich 2000—3000 km. Ihre Breite vom Westen nach Osten, von den Gestanden des Atlantischen Ozeans bis zu dem Roten Meer rund 5000 km. Ihre genaue geographische Abgrenzung ist heute noch kaum möglich. Von einer verlässlichen kartographischen Aufnahme sind wir noch sehr weit entfernt. Es ist auch schwer, die Grenze in der Übergangszone zwischen Wüste und Steppe scharf zu bestimmen. Es liegen hier Übergangsgebiete, deren Breite 100, sogar 200 Km betragen kann. Nach allen den Daten und Forschungsergebnissen, die heute zur Verfügung stehen, können wir die räumliche Ausdehnung der eigentlichen Wüstengebiete auf 7—8 Millionen Km<sup>2</sup> schätzen; ungefähr 4/5 der Gesamtfläche von Europa.

Es ist besser, von endgültigen Zahlen noch nicht zu sprechen, da große Gebiete kartographisch überhaupt noch nicht aufgenommen sind. Die Engländer haben als die ersten die Aufnahme der östlichen Teile um Ägypten her und hier begonnen.

In der Nord- und Mittel-Sahara hat das französische Militärgeographische Institut sehr eingehende Arbeit geleistet. Auch große Teile von dem französischen Soudan sind bereits bearbeitet. Es sind aber noch immer große, weiße Flächen auf den Karten, die überhaupt nicht bekannt sind.

Fast ein Drittel<sup>20)</sup> dieser großen Wüste steht unter französischer Herrschaft. Hier führt Frankreich seine Kraftlinien zu seinem mächtigen und reichen afrikanischen Kolonialreich. Hier liegen auch die besten Karawanen- und Autostraßen, die das französische Mittelmeer mit dem Soudan verbinden.

Auch der frühere italienische Besitz ist ziemlich bedeutend. Aber nur

<sup>20)</sup> Diese Angaben geben den Zustand vor dem Ausbruch des Krieges. Wie in der Zukunft die Verhältnisse sich noch ändern werden, muß vorläufig dahingestellt werden



nach der Ausdehnung. Ansonsten sind diese Gebiete meistens ganz wilde und schwer befahrbare, wasserlose Sand- und Steinwüsten, deren Beherrschung noch lange Zeit viele Sorgen bereiten wird. Die Herrschaft der Senussi und der, diesen ergebenen Wüstenstämme ist noch nicht endgültig gebrochen.

In Ägypten und südlich davon herrscht England.

Ganz im Westen liegt die spanische Sahara, auch Rio de Oro genannt. Sie ist verhältnismäßig klein.

Der französische Teil ist gut aufgeschlossen. Gute, teils auch mit Kraftwagen befahrbare und gesicherte Wege, gut markierte Flugplätze, Nachschub- und Ölstationen, mit kurzweiligen Sende- und Empfangsstationen versehenen Forts- und Stützpunkte sichern den Besitz dieser strategisch und politisch so wichtigen Gebiete.

Wenn wir uns von den östlichen Teilen, darunter von Ägypten, das ja ein altes Kulturland ist, absehen, so sind die mittleren und westlichen Teile erst im XVIII. und XIX. Jahrhundert besser bekannt geworden.

An der Westküste der Sahara, also an den Gestaden des Atlantischen Ozeans, haben portugiesische und spanische Schiffe schon früher gelandet. Sie haben hier Landungsplätze und kleine Siedlungen gegründet, um ihre Schifffahrt nach dem Süden zu erleichtern.

Große Teile der östlichen und nördlichen Sahara waren bereits den Römern bekannt. Sie faßten zunächst in den nördlichen Küstengebieten Fuß, sie drangen aber, wie es auch in der letzteren Zeit erwiesen wurde, auch bis zu den Savannen des Soudans vor. Ich möchte hier vor allem die Expeditionen von *Svetonius Paulus* und *Julius Maternus* erwähnen.

Zwischen den VIII. und XII. Jahrhunderten begannen dann vom Osten her die nomaden arabischen Stämme Nordafrika zu besetzen, die dann im zähen Ringen mit den Naturgewalten und mit dem Widerstand der Eingeborenen, das Gebiet der Sahara tief, bis zu den südlichen Savannen hinein erobert haben.

Da das Mittelmeer und ihre nördlichen Küstengebiete lange Zeit von den Arabern beherrscht waren, so dräng vom Norden her kein Europäer in das afrikanische Wüstengebiet. Die ersten Forscher mußten, vom Südwesten kommend ihr Glück versuchen.

Der erste, der das heilige, eifersüchtig bewachte Gebiet vom Timbaktu betrat, war der französische Schiffskapitän *Paul Imbert*. Er erreichte am 28. März des Jahres 1618 die Stadt. Dank seiner Geschicklichkeit und seiner Freundschaft mit den Arabern, kam er dann mit heiler Haut davon, so daß er über sein Wagnis nach Hause berichten konnte. Erst nach 200 Jahren gelang es dann dem Engländer *Gordon Laing*<sup>21)</sup> im Jahre 1826

<sup>21)</sup> Er war eigentlich ein Schotte von Geburt und stand als Major im Militärdienst.



wieder Timbuktu zu erreichen. Er bezahlte sein Wagnis mit seinem Leben, da er auf seiner Rückreise ermordet wurde.

Sein Nachfolger war der Forschungsreisende *René Caille*. Allerdings erst nach zwei Jahren, von Senegal aus, das inzwischen von den Franzosen von der See her besetzt wurde. Er betrat Timbuktu im April 1828.

Von diesem Zeitpunkt gerechnet, beginnt die eigentliche Erschließung der Sahara. Im Jahre 1830 hat Frankreich die arabische Herrschaft in Alger gebrochen und von hier aus mit zäher Ausdauer und mit nicht geringem Blutopfer die systematische Eroberung der algerischen Sahara und Marokkos begonnen.

Von den ersten Pionieren der französischen Saharaforschung möchte ich vor allen die Namen von *Lallemand*, *Flatter*, *Bugeaud*, *Duveyrier*, *Flamand*, dann von *Lamy* und *Fureau* erwähnen.

Die letzteren waren die ersten, die im Jahre 1900 über die Oasen Biskra, Quargla, In-Salah und über das Hoggar-Gebirge (nach der Mundart der Touareg: Ahaggar) Agadez und Zinder in den Savannen des Soudans erreicht haben.

Den Fluß Niger hat als erster der Engländer *Mungo Park*, vom Senegal kommend, im Jahre 1796 erreicht. Der deutsche Forscher *Hornemann* hat den Fluß vom Norden her, von Tripolis ausgehend, über die Oase Murzuk vordringend, erreicht. Seine Reise war eine heroische Leistung. Er begann sie im Jahre 1798 und erst im Jahre 1800 konnte er den Niger erreichen.

Der Engländer *Clapperton* hat ihn im Jahre 1822 bei Sokoto vom Südwesten her erreicht.

In der Ost-Sahara haben zwei Engländer: *Grant* und *Speke* bereits in den Jahren 1857—1860 die Quellen des Nils entdeckt.

Der deutsche *Barth* drang sodann in den Jahren 1850—1855, auf den Spuren von *Hornemann* von Tripolis bis Murzuk und weiter bis Timbuktu vor. In der gleichen Zeit hat sein Landsmann *Overweg* seine Reise bis zu dem Tschad-See durchgeführt, wo er schließlich seinen Tod fand.

Eine der schönsten und großartigsten Entdeckungsreisen hat wieder ein Deutscher, der bekannte *Rohlfs*, vollendet. Es ist ihm gelungen, von Tripolis aus über die Kufra-Oasen den guinesischen Meerbusen bei Lagos zu erreichen. Im Jahre 1879 besuchte er zum ersten Male die Kufra-Oasen.

Einer der erfolgreichsten und gründlichsten Saharaforscher war sein Volksgenosse *Nachtigall*. Er reiste im Jahre 1869, von Tripolis ausgehend, über Murzuk nach Tibesti und sodann im Jahre 1870 von Kuka aus über Vadaï bis Kordofan.

Berühmt sind auch die Saharareisen zweier tapferer und erfolgreicher deutscher Forscher: *Schweinfuhr* und *von Lenz*. *Lenz* reiste im Jahre 1880 von Marokko, auf dem, seinerzeit von Europäern noch kaum betretenen



*Die wichtigsten Zeitangaben der Sahara-Forschung.*

N a m e des Forschungs- reisenden	Nationalität	Ausgangspunkt und Reiseweg	Erzielter Endpunkt	J a h r
P. Imbert	Frankreich	Senegal	Timbuktu	1618.
Mungo Park	England	"	Niger-Fluss	1796.
P. Hornemann	Deutschland	Tripolis — Murzuk	} "	1798—1800.
Gordon Laing†	England	Meerbusen Guinea	} Timbuktu	1826.
René Caille	Frankreich	Senegal	"	1826—1827.
H. Barth	Deutschland	Tripolis — Murzuk	} Tchad-See Timbuktu	} 1850—1855.
K. Overweg †	"	"	"	1850—1852.
Richardson †	England	"	"	1850—1851.
E. Vogel †	Deutschland	"	Tchad-See	1855.
G. Rohlfs	"	"	Kuffra-Oasen Lagos, Tchad-See	} 1865—1867. *1879
Duveyrier	Frankreich	Alger	Ghat, El- Golea	1861.
O. Lenz	Deutschland	Marokko	Timbuktu	1880.
G. Nachtigall	"	Tripolis — Murzuk	} Tibesti, Kordofan	} 1869—1877.
Monteil	Frankreich	Senegal	Tchad-See Tripolis	} 1875.
Flatters †	"	Alger	Ahaggar, Gharama-Oase	} 1881.
Lamy †	"	"	Ahaggar, Aga- dez, Zinder, Tchad-See	} 1898—1900.
Fureau	"	"	"	1898—1900.
Flamand	"	"	In-Salah	1899.

† Auf der Reise gestorben.

Karawanenweg bis Timbuktu. An der Erschließung der geographischen Verhältnisse der lybischen Wüste hat in den letzten Jahren, bis zum Ausbruch des Krieges, auch der ungarische Forscher *Almásy* bahnbrechende Arbeit geleistet. Auf dem französischen Teile der Sahara haben fremde Forscher wenig gearbeitet. Erst im Jahre 1922 ist die Expedition des dänischen Forschers *Olufsen* auf diesem Gebiet bis Timbuktu vorgedrungen.

Die mittleren Teile der jetzigen französischen Sahara haben ihre Verslossenheit lange bewahrt. Die Gebirge Hoggar, Air, Adrar-des-Iforas wurden von den tapferen Tuareg zähe verteidigt. Timbuktu konnte der spätere Marschall *Joffre* erst im Jahre 1894 erobern. Tunesien wurde im



Jahre 1881 bezwungen. Die Befriedigung von Marokko konnte aber erst nach dem Jahre 1912 begonnen werden. All dies kostete aber viel Blut. Die tapferen Arabern Algeriens erhoben sich bald unter der Führung *Abd-el-Kaders*, der seinen Stammbaum bis zu der Tochter des Propheten zurückführen konnte. Er konnte erst im Jahre 1847 endgültig besiegt werden und ging in die Verbannung.

In Marokko loderte aber die Flamme erst nach dem ersten Weltkrieg richtig auf. Hier stellte sich der berühmte Kabylenführer *Abd-el-Krim el Khattabi*, der europäische, zeitgemäße, politische und militärische Bildung besaß, an die Spitze der aufständischen Berber und Kabylen. Das Kerngebiet des Aufstandes befand sich in dem schwer zugänglichen Riff-Gebirge des marokkanischen Atlas, dessen Einwohner als „Riff-Kabylen“ bezeichnet werden. Die spanischen Besatzungstruppen wurden rasch erledigt. Auch den Franzosen erging es am Anfang nicht besser. *Abd-el-Krim* hat sich jahrelang behauptet. Erst Marschall *Pétain* gelang es dann im Jahre 1925 mit der Aufwand einer, technisch überlegenen, großen Armee von 200.000 Mann die Riff-Kabylen endgültig niederzuwerfen.

Die meisten Verdienste hat sich bei der Erschließung des Hoggar-Gebirges der französische Missionär aus dem Orden der weißen Väter (*Pères blanches*), *Foucauld*, ein früherer französischer Kavallerieoffizier, erworben.

Er hat sich hier, wenn auch mit friedlichen Mitteln, für die Größe seines Vaterlandes tapfer geschlagen. Erst in den Kriegsjahren 1915—1916 ist es ihm gelungen, das Hoggar-Gebirge wenigstens im großen durchzuforschen. Seine Erfolge mußte er aber mit seinem Leben bezahlen. Er wurde von den Senussi aufgewiegeln Touareg im Jahre 1916 in Tamanrasset, in der Hauptstadt des Oberhauptes der Touareg des Atakors, des Amenokals, getötet. Ein schlichtes Denkmal wahrt sein Andenken in Tamanrasset. Neben seinem steht das Grabmal von General *Laperrine*, des eigentlichen Eroberers und Kolonisators des Hoggars, der im Jahre 1918 anlässlich der Notlandung seines Flugzeuges infolge Wassermangels den Wüstentod fand.

Eine der schwierigsten Aufgabe war die Erschließung der Kuffra-Oasen. Sie sind die Hauptbasis der kriegerischen Sekte der tapferen und fanatischen Senussi.

*Rohlfs* hat sie um 1879 als erster Europäer betreten. Sie blieben dann lange Zeit vor Fremden verschlossen. Erst im Jahre 1921 hat sie die Engländerin Miss *Rosita Forbes* und im 1923 der bekannte ägyptische Forscher *Hassanein bey* wieder erreicht. Heute stehen sie unter italienischer Herrschaft und in der letzten Zeit haben sie sogar auch die Segen der europäischen Kultur in der Form von Fliegerbomben und sonstiger Beilagen der neuzeitlichen Kriegführung kennen gelernt.



Die erste Überquerung der Sahara mit Kraftwagen gelang erst im Jahre 1922 *Citroën*. Der bekannte Automobilfabrikant hat mit seinen Reisegefährten die Wüste über das Hoggar-Gebirge auf der Linie Biskra, In-Salah, Tamanrasset in 21 Tagen durchquert. Den Niger haben sie östlich von Timbuktu bei Gao erreicht.

Bei dieser Reise haben sie noch schwerfällige Raupenschlepper verwendet, da keine vorbereitete Straßen vorhanden waren. Diese Wagen stehen heute in dem städtischen Museum in Alger und in dem Museum der Invaliden in Paris.

Im Jahre 1924, also kaum zwei Jahre nach der Reise von *Citroën*, hat eine französische Militärmission von Colomb-Béchar aus Gao in 7 Tagen erreicht, wobei durch besondere Vorkehrungen auch der wildeste Teil der völlig wasserarmen Wüste „Tanezrouft“ überquert wurde. Heute verkehren fahrplanmäßige Postkraftwagen von Alger über In-Salah—Tamanrasset—Agadez—Zinder bis Kano, bzw. von Colomb-Béchar über Adrar bis Gao und Timbuktu.

Trotzdem, man gebe sich bezüglich der Bezwingung der Wüste keinen Illusionen hin. Rechts und links von den gesicherten wenigen Straßen liegen mächtige, unbekannte Wüstengebiete, deren innerste Teile noch kein Sterblicher betreten hat.

## B) Die Geologie und die Oberfläche der Sahara.

(Siehe die Abbildungen 1, 2, 8, 14, 16, 28, 29, 33, 37—47, 50—54 und 57.)

Der geologische Unterbau der Sahara besteht aus den urgesteinernen Granit und Gneis. Wie die neueren Forschungen zeigen, so wurden diese Urgesteine in der Kreide und in dem Eozen mit Sandstein und mit Ablagerungen aus der Kreide bedeckt.

Auf dieser Art und Weise sind die beiden großen Hochebenen, die Tademaït und die Tidikelt (Plateaus) entstanden.

Stellenweise hat sich das Urgestein in den älteren geologischen Zeitaltern zu mächtigen Gebirgen gefaltet, die durch Andesit- und Basaltvulkanen durchbrochen wurden.

Das größte Gebirge der Wüste liegt zwischen den 20. und 28. Breitengraden und zwischen 0—10 Längengraden von Greenwich gerechnet. Sein ursprünglicher Name ist der tuareg Ahaggar, der arabisch Hoggar genannt wird.

Das Hoggar-Gebirge ist eine von einzelnen Gebirgszügen durchgezogene riesige Hochebene. Seine höchste Spitze ist der Tahat mit 3000 m und unweit davon der Pic-Ilaman mit 2900 m Höhe. Beide sind erloschene Vulkane. Östlich davon liegt das Tibesti-Gebirge, dessen Ausdehnung wesentlich geringer ist, als des Ahaggars. Seine Höhe ist aber bedeutender. Der



größte Berg von Tibesti, der erloschene Vulkan Emir Kusi, erreicht — wie die letzten Messungen zeigen — die erhebliche Höhe von 3500 m.

Südwestlich vom Ahaggar liegt das „Adrar des Iforas“-Gebirge. Es ist Mittelgebirge. Seine durchschnittliche Höhe schwankt zwischen 500—600 m. Es ist das Reich des tapferen Touaregstammes Iforas. Weiter südöstlich finden wir dann das Air-Gebirge, das Wohngebiet des Touaregstammes Air.

Die Araber, die mit ihren Karavanen seit vielen Jahrhunderten die Wüste befahren, waren natürlich bald gezwungen, die Beschaffenheit des Bodens, die für den Marsch der Kamele ausschlaggebend ist, genau kennen zu lernen.

Den Sand, bzw. die Sandwüsten bezeichnen sie mit dem Namen: „Erg“.

Dem harten Wüstenboden, der mit kleinen Steinen bedeckt ist, geben sie die Bezeichnung: „Reg“. Der „Reg“ ist die wichtigste Bodengattung für den Verkehr in der Sahara. Er ist mit Kraftwagen gut befahrbar und eignet sich auch vorzüglich für den Marsch der Kamele.

Viel unangenehmer ist die dritte Bodengattung, die „Hamada“. Sie entsteht infolge der Verwitterung des Urgesteines, wobei der so entstandene Tonboden mit größeren, noch intakten Steinstücken und Steinplatten bedeckt wird. Sind diese Steine in Sand eingebettet, so entsteht eine noch beschwerlichere Gattung des Wüstenbodens, die die Araber mit dem Namen *fech* (sage: fes<sup>h</sup>), oder *fech-fech* bezeichnen.

In der westlichen und mittleren Sahara befinden sich drei große Sandwüsten. Östlich, nahe zu der lybischen Wüste, liegt die östliche große Sandwüste. Sie wird von den Franzosen als „Grand Erg Oriental“, von den Arabern als „Zemoul-el-Akbar“ bezeichnet. Dieses große Sandmeer liegt sehr nahe zu Algerien. Ihr Nordrand ist kaum 300 Km von der Stadt Alger entfernt. Es gehört übrigens zu einem der größten Flußsysteme der Sahara, zu dem des Oued-Irharhar.

Die großen Sandmeere hat man früher als Meeresgründe betrachtet. Nach der neueren Auffassung trifft diese Annahme nicht zu. Die Beschaffenheit und die Zusammensetzung ihres Sandes entspricht nicht dem typischen Meeressande. Es dürfte viel wahrscheinlicher sein, daß sie durch die in sie einmündenden Flüsse und durch den Wind im Laufe der geologischen Periode zusammengetragen wurden. In vielen Jahrhunderten oder Jahr<sup>h</sup>underten!

Die westliche große Sandwüste der Grand Erg Occidental liegt auf der gleichen Höhe.

Der östliche hat eine Breite von 200—300 Km und eine Länge von rund 800 Km. Der westliche Erg ist dagegen bloß rund 150—200 Km breit und



kaum 500—600 Km lang. Er gehört übrigens zunächst zu dem Flusse Zousfana, dessen Quellengebiet auf der Südrampe des Sahara-Atlas liegt.

Der Oued-Zousfana selbst mündet dann später bei der kleinen Oase Igli in den Oued-Saura ein, der sich dann weiter südlich in den Dünen des westlichen großen Erg verliert. Zwischen den beiden Sandmeeren liegt die Tademait-Hochebene. Ihre Sanddünen sind — wie gesagt — bei El-Golea kaum 20—30 Km voneinander entfernt.

Beide Sandwüsten sind ziemlich wasserreich und von nomadisierenden Arabern ständig bewohnt. Dementsprechend sind sie auch hinreichend bekannt.

Im Süden und Südwesten liegen jene große Wüstengebiete, die noch mehr, als die bisher aufgezählten, unbekannt und völlig unerforscht sind.

Sie sind hauptsächlich Steinwüsten, Reg und Hamada, die stellenweise von Sandwüsten: von den Erg Makteir, Quarane usw. unterbrochen sind. Diese sind die Wüsten El-Djuf, Meraia und der große Tanezrouft. Ihre Gesamtlänge beträgt in NO-Richtung fast 2000 Km in einer Breite von 800—1000 Km. Sie grenzen unmittelbar an den Steppen des Soudans und ziehen bis zum Senegal herunter. Die Touareg bezeichnen übrigens fast alle unfruchtbaren Steinwüsten mit dem Namen Tanezrouft. Hier im Süden hat der wildeste aller dieser Wüstenteile keinen besonderen Namen erhalten. Er verkörpert den Begriff: „Tanezrouft“.

Ungefähr mit dem 18. Breitengrade beginnt die Südgrenze der Wüste. Über viele 1000 Km lang zieht die Trennungslinie der in der Wirklichkeit eine oft 100 und mehr Km breiter Gebietsstreifen ist, von den Gestaden des Atlantischen Ozeans bis zu der Westküste vom Roten Meer.

Hier ist die Grenzzone, wo das erwachende Leben der Steppen mit der tödlichen Umarmung der Wüste kämpft. Es erscheint zunächst meistens in den trockenen Flußbetten ein spärlicher Graswuchs, der nach Süden immer dichter und üppiger wird und später auch mit einem kümmerlichen Baumwuchs bereichert wird.

Dieses Kampfgebiet nennt der Araber „Sahel“. Es beginnt in jenen klimatischen Zonen, wo die jährliche Regenmenge regelmäßig bereits etwa 50—100 mm beträgt. Seine Südgrenze liegt bei der 150 mm Regenlinie. Hier beginnen die Steppen mit ihren Gräsern und bereits üppigerem Baumwuchs, die bei 500 mm jährlicher Regenmenge in die Savannen übergehen.<sup>22)</sup> Bei 1000—1500 mm jährlicher Regenmenge beginnt sodann die Urwaldgrenze. Auf Grund der Beobachtungen der letzten Jahrzehnte läßt sich ein langsames Vordringen der Wüste nach dem Süden feststellen.

Diese Verschiebung ist die Folge einer langsamen Klimaänderung,

<sup>22)</sup> Wenn aber dabei die Anzahl der regenlosen Monate 2—3 beträgt, so können sich nur Savannen entwickeln.



die wenigstens in unseren Zeiten eine langsam fortschreitende Vertrocknung herbeigeführt.

Daß die Sahara früher in ihrer ganzen Ausdehnung von einem Meer bedeckt wurde und später nach Abzug des Meeres fruchtbare Erde war, ist kaum anzunehmen, wenigstens nicht in den neueren geologischen Zeitperioden.

Die Reste einer Meeresfauna erscheinen erst in den mächtigen Ablagerungen der Kreide. Der gleichen Periode dürften auch die versteinerten Hölzer des Tidikelt-Plateaus entstammen.

Nach der heutigen Auffassung, die durch großzügige, geologische Forschungen begründet wird, trat bereits nach der Kreide jene Klimaänderung ein, die den Wüstencharakter dieser großen Gebiete verursacht hat. Die Wüste hat sich seither kaum verändert. Man kann heute mit gutem Recht annehmen, daß die Sahara nach der Kreide durch viele Jahrmillionen lang die gleiche Wüste war, wie wir sie heute kennen.

### C) Klima, Wasserhaushalt und die Entstehung der Oasen.

(Vergleiche die Abbildungen 7 und 9 und die Tabellen II—XII)

Wenn wir bedenken, daß die Wüste Sahara, von einigen Ausnahmen abgesehen, keine querliegenden großen Gebirgszüge aufweist, die die Passatwinde, die die nördliche Hälfte Afrikas nach der Länge streifen, in die Höhe zwingen und dadurch sie zur Niederschlagsbildung veranlassen könnten, so können wir in großen Zügen die klimatischen Ursachen der Ausbildung dieses ungeheueren Wüstengebietes hinreichend erklären.

Die südlichen Passatwinde entstehen um den Äquator. Hier erhöhen sich die Luftmassen infolge der Erwärmung, sie leisten dabei infolge ihrer Ausdehnung Arbeit, kühlen sich ab, wodurch hier reichliche Niederschlagsbildung erfolgt. Namentlich bei dem guinesischen Meerbusen, wo die feuchte Seeluft erwärmt und in die Höhe gehoben wird, kommt es zu ausgiebigen Niederschlägen, dessen Menge fast 4000 mm jährlich betragen kann.

In dem nördlichen Soudan, etwa auf der Linie Timbuktu—Agadez—Tibesti, kommt es noch im Sommer regelmäßig zu kleineren Regenperioden mit ungefähr 150—200 mm jährlichen Niederschlagsmengen. Weiter nördlich, wo die Menge der jährlichen Niederschläge unter 100 mm fällt, beginnt der Südrand der Wüste mit der Kampfzone des Sahels. Die 0-Linie beginnt bei dem Westufer des Atlantischen Ozeans und zieht über die nördlichen Ausläufer des Ahaggars bis zu der Südgrenze von Ägypten durch.

Im Norden läuft sie auf den südlichen Ausläufern des Saharaatlas. Zwischen diesen Linien liegt der trockenste Teil der Sahara, dessen durch-



schnittliche Länge von Süden nach Norden ungefähr 1000—1500 Km beträgt. Die nördliche 100 mm Linie befindet sich, infolge der nördlichen Passatwinde, im Norden auf den südlichen Abhängen des Sahara-Atlases, sie zieht dann nach dem Westen über die Oasen Beni-Ounif und Figuig und nach dem Osten fast parallel mit der Mittelmeerküste über Nord-Lybien.

Nur in dem Hochgebirge des Ahaggars kommt es zu sich jährlich wiederholenden Niederschlägen. Auf den höchsten Gipfeln des Atakors liegt auch im Winter teilweise Schnee. Im Ahaggar, bzw. auf seinem Hochplateau sind jedoch Trockenperioden von 3—4 Jahren keine Seltenheiten.

Ansonsten kann es zeitweise, meistens in 6—10 Jahren, auch in den trockensten Wüstengebieten zu örtlichen Platzregen kommen. Diese bringen aber mehr Schaden als Nutzen. 30—60 mm und noch mehr Regen fallen dann meistens in 20—30 Minuten, wolkenbruchartig, nieder.

Die unregelmäßigen und in großen Zeitintervallen auftretenden Platzregen sind also kein Segen für die Eingeborenen, die sich auf die Regellosigkeit ihrer Heimat eingerichtet haben. Der Umstand aber, daß man in der Wüste fast überall einen spärlichen Pflanzenwuchs vorfinden kann, ist allein auf sie zurückzuführen.

Eines der wichtigsten Probleme der Wüstenforschung ist die Erkennung und Erforschung der Lage der unterirdischen Gewässer. Wir wissen es heute, daß in dem Untergrund dieses ungeheuren Gebietes sich ganze unterirdische Flußsysteme und örtliche Wasserbecken gebildet haben.

Man war früher der Ansicht, daß die unterirdischen Gewässer der Sahara als die Reste des Wasserreichtums früherer regenreichen geologischen Zeitalter aufgefaßt werden sollten. Man gab ihnen auch den Namen „Fossile Gewässer“.

Zur Erklärung der Entstehung des Grundwassers wird heute eine andere Annahme herangezogen.

Sie ist auch recht wahrscheinlich. Wir sollen nämlich nie vergessen, daß auch in den trockensten Gebieten von Zeit zur Zeit mächtige, temporäre, wolkenbruchartige Regengüsse heruntergehen, deren Ergiebigkeit oft auch 60—70 mm betragen kann. Davon verdunstet aber nur ein geringer Teil. Der größte Teil sickert durch und erreicht schließlich die wasserundurchlässigen Schichten der Urgesteine. Wenn wir jetzt bedenken, daß 1 mm Regen auf einem Hektar 10 m<sup>3</sup> Wasser darstellt und 1 Km<sup>2</sup> 100 Ha entsprechen, so werden wir leicht berechnen können, daß schon der geringe Niederschlag von 1 mm auf 1 km<sup>2</sup> 1000 m<sup>3</sup> Wasser darstellen wird.

Bei 40 mm Regen wird schon eine ansehnliche Wassermenge von 40.000 m<sup>3</sup> auf je einem 1 Km<sup>2</sup>, und bei einer berechneten Fläche von 100 km<sup>2</sup> die bedeutende Menge von 4.000.000 m<sup>3</sup> Wasser zustande kommen.

Durch diese Regengüsse wird also das Untergrundwasser, das ja in der weiteren Folge nicht mehr verdunsten kann, ganz wesentlich bereichert.



Es werden außerdem die Oueds von ihren niederschlagsreichen Gebieten in den Gebirgen alljährlich und regelmäßig mit Wasser versorgt, daß sich in den sandigen, durchlässigen Flußbetten bis zu dem wasserundurchlässigen Untergrund durchsickert und hier weiterfließt.

In der West-Sahara werden übrigens auch seit Jahrhunderten artesishe Brunnen gebohrt. Schon die Touareg und dann die Araber haben diese angelegt.

Neuerlich werden diese Brunnen von den französischen Kolonialbehörden in der West-Sahara systematisch gebohrt. Die Entstehung der Oasen hängt auf das engste mit dem Gang und mit der Lagerung, bzw. mit der Höhe des Untergrundwassers zusammen.

Falls die Tiefe des Untergrundwasserspiegels 15—20 m nicht überschreitet, so wird das Wasser mit den seit Jahrhunderten benützten primitiven Schöpfbrunnen, den „Khottara“ der Araber, an die Oberfläche gehoben. Diese primitiven, aber doch sehr zweckmäßigen Einrichtungen werden meistens mit Kamelen oder Eseln betrieben.

Einfacher liegen die Verhältnisse dort, wo der Wind aus den Niederungen den Sand herausweht und hier dann die unterirdischen Gewässer als Quellen an den Tag treten können.

Falls ein größerer Becken vom Sande befreit wird, so können große Seen entstehen, die der Volksmund seither als „chott“ (spreche: schott) oder „sebkra“ (schebkra) bezeichnet.

Das Wasser dieser Seen ist aber nicht immer brauchbar. Falls die Ergiebigkeit der Quellen nachläßt, kann ihr Salzgehalt, der ja wegen des hohen Salzgehaltes des Wüstenbodens immer vorhanden ist, infolge der Verdunstung eine derartige Höhe erreichen, daß es weder für das Trinken, noch für die Bewässerung der Oasen verwendet werden kann.

Dort, wo der Untergrundwasserspiegel nahe zu der Oberfläche liegt, haben die Araber die unterirdischen Becken mit Kanälen und Stollen verbunden. Zur Herstellung und zur Durchlüftung dieser unterirdischen Verbindungen haben sie regelrechte Schächten ausgegraben, die auch heute bestehen. Araber nennen das Gesamtsystem „Foggara“. (Siehe die Abb. 9.)

Die Kanäle führen dann das Wasser dort, wo auf dem Terrain größere oder kleinere Niederungen, oder Becken entstehen, ins freie, wo es gesammelt und aufgefangen wird. Die Foggara sind oft tief gegraben. Die Lage und Ergiebigkeit des Untergrundwassers beeinflußt auch die Beschaffenheit und die Nutzbarkeit der Sandwüsten. Liegt der Grundwasserspiegel hoch, so entstehen bei der Wanderung der Dünen in den Bodensenken überall Quellen, die dann freilich später wieder zugeschüttet werden können.

Liegt das Wasser tief, so werden auch die Reg trocken und unfruchtbar. Die westlichen Sandmeere der großen Flüsse sind meistens reich an Quellen und folglich auch reich an Oasen.



Wir sind auch oft dazu geneigt, unter dem Begriff „Oase“ große, zusammenhängende, üppig grüne, mit Palmen reichlich bevölkerte Kulturf lächen zu verstehen. In einigen Fällen trifft es auch teilweise zu. Typische Beispiele sind dafür die Oase Figuig, oder die Oasen El-Golea, Biskra, Colomb-Bechar, oder die Oase Beni-Ounif. Oft sind aber die Kulturf lächen der Oasen mehrfach durch ansehnliche Gebietsstreifen der Wüste unterbrochen. In diesen Fällen bedeutet der Name nur den Sammelbegriff dieser nur lose zusammenhängenden Kulturf lächen, deren Ausdehnung in vielen Fällen auch mehrere Tausende von Quadratkilometern betragen kann.

Der Pflanzenbau der Oasen ist und war auch immer eine recht schwierige Aufgabe. Namentlich dort, wo das Wasser aus der Tiefe geschöpft wird.

Etwas leichter ist, wenn durch die Foggara fließendes Wasser dem Kanalsystemen, den „Seguia“, unmittelbar zugeleitet wird. Infolge der Trockenheit der Luft ist die Verdunstung des zwecks Berieselung verteilten Wassers sehr groß. Aber auch die Pflanzen verdunsten ein mehrfaches des Verdunstungswassers bei normaler Luftfeuchtigkeit. Zur Erzielung der Ernte sind daher große Wassermengen notwendig. Im Hochsommer steht infolge der enormen Hitze und Verdunstung alles still. Anbau und Ernte erfolgen jährlich zweimal, im Frühjahr und im Herbst, bzw. im Winter.

Die Dattelpalme selbst, eine der ältesten Kulturpflanze der Sahara, braucht nur in ihrer Jugend das künstlich zugeführte Wasser. Sie streckt ihre Wurzeln außerordentlich rasch in die Tiefe. In einigen Jahren sind diese bereits in 8—10 m Tiefe, um das Grundwasser möglichst bald erreichen zu können.

Die Wurzeln der älteren Exemplare bohren sich oft bis 15—20 m tief herunter. Die Hauptbedingung der Dattelpalmenkultur ist die entsprechende Tiefe des Grundwasserspiegels. Senkt sich dieser unterhalb des Wurzelsystems der Palmen, so beginnt das Palmensterben, das oft große blühende Oasenteile vernichten kann. Auch die übrigen Bäume und Sträucher der Wüste, so die Tamarisken und Akazien, treiben ihre Wurzeln bald in die Tiefe. Fast alle Wüstenpflanzen sind durch ihr tiefes Wurzelwerk kenntlich.

Besonders charakteristisch ist die große Trockenheit der Wüstenluft. Ihre minimale Werte können auch 2—4% relative Feuchtigkeit erreichen. Sie betragen selten mehr als 10—20%. Infolge des Regenmangels und der Wolkenlosigkeit erwärmt sich dann der mittlere Becken der Sahara ganz beträchtlich. Wir können hier, falls wir die absolute Höhe der Sommertemperaturen betrachten, einige der heißesten Orte der Erde finden. Der meteorologische Dienst ist seit einigen Jahren sehr gut organisiert. Er wird noch weiter ausgebaut, da sein verlässliches Funktionieren eine fast un-



entbehrliche Grundlage des Flugdienstes bildet. Fast in allen großen Oasen sind heute große Stationen ausgebaut, die durch ihre kurzweilige Radioapparate ihre Meldungen regelmäßig weitergeben. In Tamanrasset hat die Universität von Alger eine mächtige Station mit eigenem Kurzwellensender und mit gut eingerichteten Laboratorien aufgestellt. Diesem Umstande ist zu verdanken, daß wir über die klimatischen Verhältnisse der Wüste verhältnismäßig gut orientiert sind.

In den Tabellen II—XII bringe ich zur Orientierung einige charakteristische Daten.

In den Oasen Adrar, In-Salah, Beni-Abbes, Aoulef-el-Arab usw. werden fast in jedem Jahre maximale Temperaturen beobachtet, die auch im Schatten oft mehr als 50° C betragen können. Nur die außerordentliche Trockenheit der Luft bewirkt es, daß die Einwohner diese Tage ohne nachteilige Folgen durchmachen können.

Ansonsten ist das Klima im Winter, im Spätherbst und im Frühling nicht unangenehm. Die Nächte sind sehr kühl, das Thermometer fällt in der Nacht oft unter 0° und es entsteht somit jene Temperaturspannung, die die Arbeitsfreude der Menschen wesentlich erhöht.

In der Süd-Sahara ist die Wolkenbildung stärker. Südlich von der Niederschlagslinie 0 macht sich die Wirkung, der sich im Mai, Juni und Juli regelmäßig einstellenden regenbringenden Tornado, die durch ihre Wolkenbildung die höchsten Temperaturen erniedrigen, fühlbar. Da aber gleichzeitig die Luft feuchter wird, so sind diese Monate für die Menschen, namentlich für den Europäer, oft viel unerträglicher, als die starke, aber trockene Hitze der mittleren Sahara. Südlich der Linie Timbaktu, In-Gall, Agadez, Bilma bringen die Tornados Niederschläge, deren Menge jährlich 150—200 mm betragen kann.

In den Hochgebirgen, namentlich in dem Ahaggar, ist der Winter oft sehr kalt. Die höchste Gebirgskette der Atakor trägt — wie ich schon erwähnte — auch oft Schneedecke, die 24 Stunden oder noch länger die höchsten Gipfel bedecken kann. Schnee und Eis gehören wenigstens vorübergehend in Tamanrasset und in den höheren Lagen des Ahaggars in den Wintermonaten nicht zu den Seltenheiten.

Die größten Temperaturunterschiede zeigen jene Stationen, die in der Mittel-Sahara im Hochsommer die höchsten Temperaturen aufweisen.

In Adrar hat man in einigen Jahren Kältegrade bis 4°—7° unter 0 beobachtet. Die Station In-Salah mißt auch fast in jedem Winter Temperaturgrade unter 0° C. Die weiter nördlich liegenden Oasen, die unter der Einwirkung der kalten Wintertemperaturen der algerischen Hochebene stehen, registrieren in jedem Winter Temperaturgrade, die auch 5°—7° unter 0° C erreichen. Einer der kältesten Orte der Mittel-Sahara ist die Oase Tamanrasset im Ahaggar, die rund 1400 m über dem Meeresspiegel



liegt. Die algerische Hochebene weist dabei auch fast jährlich Temperaturen von  $-10-12^{\circ}\text{C}$  im Winter auf.

Im Jahre 1910 hat Tamanrasset 14 Tage lang in den frühen Morgenstunden Temperaturen unter  $0^{\circ}$  gemessen, die an einigen Tagen  $2^{\circ}$  bis  $7^{\circ}\text{C}$  erreicht haben.

Ständiger Begleiter des Wüstenklima ist der Wind, der über die fast grenzenlosen, weiten Flächen der Wüste sich voll entfalten kann. Im Sommer strömt die stark erwärmte Luft der inneren Wüstengebiete nach dem Norden. Später, als die Tornados und die Wolkenbildung am Südrande der Sahara die Temperatur der Luft erniedrigen, beginnt die heiße Luft des inneren Beckens auch nach dem Süden zu fließen.

Den stürmischen Südwind nennt man in Algerien „Sirokko“, in der eigentlichen Sahara „Chekelin“, in Ägypten „Khamsin“ und in dem Soudan „Harmattan“. In der nördlichen Sahara kommen auch stürmische und kalte Nordwinde vor. Die Winde, die aus der mittleren Sahara kommen, bringen auch den heißen Wüstenstaub und falls sie die Sandwüsten berühren, auch den feinen Wüstensand mit. Diese dringen überall ein.

Der Boden der inneren Wüstengebiete erwärmt sich infolge der starken Insolation außerordentlich stark. Man kann an der Oberfläche, namentlich in den Sandwüsten auch oft  $70-80^{\circ}\text{C}$  messen. Was die Trockenheit und Regenlosigkeit anbelangt, so ist der trockenste Teil der Wüste Ägypten. In den Jahren 1890—1919, also in 29 Jahren wurden nur 18-mal mehr als 10 mm Regen beobachtet. Von diesen 29 Jahren waren die Jahre von 1909—1916, also 17 Jahre fast vollkommen regenlos.

#### D) Einiges über die Pflanzen- und Tierwelt der Sahara.

(Bezüglich der näheren Einzelheiten siehe die Angaben der Tabellen XXX, XXXI und XXXII und die Abb. 13—72.)

Die frühere Auffassung, daß die eigentlichen Wüstengebiete der Sahara einen toten und leblosen Raum darstellen, kann heute nicht mehr bestehen.

Dank den biologischen Wüstenforschungen der letzten Jahre, wissen wir bereits, daß in der Sahara überall pflanzliche und tierische Lebewesen zu finden sind, die infolge ihrer hochgradigen Anpassungsfähigkeit auch während der extremsten Witterungsverhältnisse ihr Dasein aufrecht erhalten können.

Die ersten Expeditionen haben lediglich geographische, geologische und ethnographische Zwecke verfolgt. Erst in den letzten Jahrzehnten wurde dann auch den biologischen Problemen die gebührende Aufmerksamkeit geschenkt. Eine der gründlichsten und erfolgreichsten französischen Expeditionen hat im Jahre 1930 in der Mittel-Sahara und in dem Ahaggar gearbeitet.



Namentlich auf dem Gebiete der beschreibenden Pflanzenkunde wurde hier erfolgreiche Arbeit unter der Führung von *R. Maire*, des bekannten Botanikers und Professors der Universität in Alger, geleistet.

Wer heute auf den üblichen Reisewegen diese große Wüste bereist, wird gleich bemerken, daß nicht nur in den Flußbetten der Oueds, wo das Grundwasser näher zu der Oberfläche kommt, sondern auch in den Bodensenken und Niederungen sich ein spärlicher, oft aber auch ein verhältnismäßig üppigerer Pflanzenwuchs bemerkbar macht.

Es fallen zunächst die Bäume auf. Darunter vor allem die verschiedenen Arten der Tamarisken (*Tamarix*) und der echten Akazien (*Acacia*). Sie sind die typischen Wüstenbäume, zu denen in den nördlichen Randgebieten auch die *Pistacia*-Arten gesellen. Sie sind Xerophyten von hoher Anpassungsfähigkeit, dank ihrem tiefen Wurzelwerk, mit dem sie das Grundwasser oder zu mindest die mehr wasserreichen unteren Bodenschichten erreichen. In der südlichen Sahara und in den einigen Tälern des Ahaggars, finden wir auch den tropischen Baum *Calotropis procera*. Seiner Blätter enthalten giftigen Milchsaft, vor dem man sich hüten soll. Neben den Genannten kommt stellenweise noch auch ein Baum vom niedrigen Wuchs der *Myrtus Nivellii* und namentlich im Hoggar auch Exemplare der *Rhus Oxyacantha* vor. Hier findet man besonders in den höheren Lagen auch die *Olea Laperrini*, weiter an einigen Teilen der Wüste, in den Gebirgen und in den Oasen die *Nerium Oleander* und einige *Ficus*-Arten, wie *F. carica*, *F. salicifolia* var. *teloukat* usw. vor. Die Koniferen sind nur durch zwei Arten vertreten. In dem Sahara-Atlas kommt die *Juniperus phoeniciana* und in dem Hoggar-Gebirge der Zentral-Sahara sehr vereinzelt die *Cupressus Dupreziana* vor. Hier kommen auch die ebenfalls zu den Gymnosperen gehörenden *Ephedra*-Arten: *E. altissima*, *E. major* vor.<sup>23)</sup>

Neben den Bäumen erscheinen auch die typischen Sträucher der Wüste. In der Nord-Sahara tritt uns der Saharaginster (*Genista Saharae*) entgegen. Neben ihm der dornige Strauch: *Ziziphus Spina Christi*. Sie geht bis 2000 m Höhe und auch darüber herauf.

Sehr gewöhnlich ist und kommt auch in den Wüstengebieten der Mittel-Sahara die bekannte Pflanze *Peganum harmala* vor. Dann weiter, fast auf dem ganzen Gebiete die *Maerua crassifolia*, die *Salvadora persica*, dann das schön blühende *Centaureum pulchellum*, der saftige *Atriplex halimus*, die dornige *Zilla spinosa*, die sehr verbreitete *Cassia obovata*, die unangenehm riechende *Salsola foetida*, die ebenfalls weit bekannten *Cenchrus catharticus*, *Aerva tomentosa*, *Farsetia ramosissima*. Eine der am schönsten blühenden Wüstenpflanzen ist die *Nolettia chrysocomoides*. Unangenehm klebrig sind die Triebe der *Fagonia glutinosa*.

<sup>23)</sup> Bezeichnend ist für das Hoggargebiet das Vorkommen mancher Mitglieder der mediterranen Flora.



Tabelle XXX.

Verzeichnis der gefundenen Pflanzenarten und ihr mengenmäßiges Vorkommen auf den einzelnen Versuchsfächen.

Pflanzenart	Ökologische Gruppe	Prozentuelles Vorkommen in den Gruppen
<i>Abutilon muticum</i> (Del.) Webb.	II/a	1·43%
<i>Acacia Raddiana</i> Sara — syn <i>Acacia tortilis</i> Hayne	II, II/c, III	12·85%
<i>Acacia seyal</i> Del.	II/a, III.	5·71%
<i>Adiantum Capillus-veneris</i> L.	V/	1·43%
<i>Aerva tomentosa</i> Forsk.	IIa, II/b, II/c, III.	14·28%
<i>Andropogon laniger</i> Desf.	II c, III.	2·86%
<i>Aristida Adscensionis</i> var. <i>pumila</i> (Dec.) Coss.	III.	1·43%
" <i>acutiflora</i> Brint.	II/c.	1·43%
" <i>brachyathera</i> (Coss et Bal.) Trabut.	II/b.	1·43%
" <i>plumosa</i> L.	III	1·43%
" var. <i>floccosa</i> Coss. et Trab.	II/b, III	5·71%
" <i>pungens</i> Desf.	II/a, II/b, II/c, III.	12·85%
" sp.	II/c.	1·43%
<i>Artemisia herba-alba</i> Asso	II/a.	1·43%
" <i>judaica</i> L. — ssp. <i>Artemisia sahariensis</i> Maire	II/a.	4·28%
<i>Asteriscus graveolens</i> (Frsk) D. C.	II/a.	1·43%
<i>Atractylis aristata</i> Bott.	II/c.	1·43%
<i>Astragalus eremophilus</i> Boiss.	I.	1·43%
<i>Atriplex Halimus</i> L.	II/a, IV.	2·86%
<i>Balanites aegyptiaca</i> Del.	III.	1·43%
<i>Ballista hirsuta</i> Beuth. var. <i>Saharica</i> Diels.	IV.	1·43%
<i>Boscia senegalensis</i> Lamk.	III.	2·86%
<i>Brocchia cinerea</i> Vis. — syn. <i>Brocchia cinerea</i> Del.	II/c.	1·43%
<i>Calligonum comosum</i> L'Hér.	II/a.	4·28%
<i>Calotropis procera</i> Ait.	I, II/a, III.	8·57%
<i>Cassia obovata</i> Collad.	II/a, II/c, III.	4·28%
<i>Cenchrus catharticus</i> Del.	III.	1·43%
<i>Centaurium pulchellum</i> (Schwartz) Hayek var. <i>Laurioli</i> Maire	I.	1·43%
<i>Chrozophora Brocchiana</i> (Vis.) Schweinf.	II/a.	2·86%
<i>Clamidophora pubescens</i> (Desf.) Coss.	II/a.	1·34%
<i>Cocculus pendulus</i> (Forsk.) Diels.	III.	1·34%
<i>Colocynthis vulgaris</i> Schrad. syn. <i>Cytrullus colocynthis</i> Schrad.	I, II/a.	4·28%
<i>Cornulaca monacantha</i> Del.	II/a, II/b, II/c.	5·71%
<i>Erodium triangulare</i> (Forsk.) Muehlenberg	II/a, II/b.	2·86%
<i>Euphorbia glaucescens</i>	II/c.	1·43%
" <i>granulata</i> Forsk.	II/c, III.	2·86%
" var. <i>genuina</i> Maire	III.	2·86%
<i>Fagonia Flamandi</i> Bott.	II/c.	5·71%
" <i>glutinosa</i> Del.	II/b.	1·43%
" <i>Prugnieri</i> D. C.	II/a, III.	1·43%
" <i>longispina</i> Batt.	II/a, II/b, II/c, III.	5·71%
<i>Farsetia Hamiltonii</i> Royle	I/a.	1·43%
" <i>ramosissima</i> Hochr.	II/b.	1·43%
" sp.	II/a.	1·43%
<i>Ficus carica</i> L.	III.	1·43%
<i>Hordeum distichon</i> L.	II/c.	1·43%
<i>Heliotropium undulatum</i> Vahl.	I.	1·43%
<i>Hyoscyamus muticus</i> L. — ssp. <i>Hyoscyamus foleslez</i> (Coss.) Maire	II/b.	1·43%
<i>Hyphaene thebaica</i> Mart.	III.	1·43%



Pflanzenart	Ökologische Gruppe	Prozentuelles Vorkommen in den Gruppen
<i>Imperata cylindrica</i> (L.) P. B.	II/a.	1.43%
<i>Launea glomerata</i> (Cass.) Hook.	II/c.	1.43%
<i>Leptadenia pyrotechnica</i> (Forsk.) Decaisne.	II/a, III.	2.86%
<i>Loranthus europaeus</i> Jaqu.	III.	1.43%
<i>Maerua crassifolia</i> Forsk.	II/c, III.	4.28%
<i>Malcolmia aegyptiaca</i> Spreng.	II/b.	1.43%
<i>Monsonia nivea</i> (Dec.) Webb.	II/b.	1.43%
<i>Morettia canescens</i> Boiss.	II/b.	2.86%
<i>Myrtus Nivellii</i> Batt. et Trab.	II/a.	1.43%
<i>Noletia chrysocomoides</i> Desf.	II/b., II/c.	2.86%
<i>Olea Laperrini</i> Batt. et Trab.	IV.	2.86%
<i>Oudneya Africana</i> R. Br.	II/a.	1.43%
<i>Panicum turgidum</i> Forsk.	I, II/a, II/c, III, IV.	21.42%
<i>Periploca laevigata</i> Ait.	II/c.	2.86%
<i>Phoenix dactylifera</i> L.	I.	1.43%
<i>Pinus halepensis</i> Mill.	VII.	1.43%
<i>Pituranthes scoparius</i> (Coss. et Dur.) Benth et Hook.		
syn. <i>Deverra scoparia</i> Coss. et Dur. Bull.	II/a.	1.43%
<i>Polycarpaea fragilis</i> Del.	I.	1.43%
<i>Polypogon monspeliense</i> (L.) Desf.	I.	1.43%
<i>Psoralea plicata</i> Del.	II/b.	1.43%
<i>Pulicaria crispa</i> (Forsk.) C. H. Schulz.	II/a., II/b.	4.28%
" <i>undulata</i> (L.) D. C.	II/a, II/c.	5.71%
<i>Raetama raetam</i> Webb.	II/a.	1.43%
<i>Rottboellia hirsuta</i> (Forsk.) Vahl		
syn. <i>Saccharum hirsutum</i> Forsk. Boiss.	II/a.	1.43%
<i>Saccharum cylindricum</i> Lamk.	II/a.	1.43%
" <i>Ravennae</i> L.		
ssp. <i>Saccharum parviflorum</i> (Pilger.) Maire	II/a.	1.43%
<i>Salsola foetida</i> Del.	II/a., II/b., IV.	5.71%
<i>Salvadora persica</i> L.	III.	4.28%
<i>Salvia Chudaei</i> Batt. et Trab.	IV.	2.86%
<i>Schoenfeldia gracilis</i> Kunth.	III.	1.43%
<i>Schouwia purpurea</i> (Forsk.) Schweinf.		
ssp. <i>Schouwia Schimper</i> (Jaub. et Sp.) Muschler.	I., III.	2.86%
<i>Solenostemma oleifolium</i> Bull. et Bruce	III.	1.43%
<i>Tamarix aphylla</i> (L.) Karst. — <i>Tamarix articulata</i> Vahl.	II/a.	5.72%
" <i>Balansae</i> Gay.	II/a.	1.43%
ssp. <i>Tamarix gallica</i> L. — <i>milotica</i> (Ereub.) Maire	II/a.	1.43%
" sp.	II/a., II/c.	7.14%
<i>Teucrium polium</i> L.	II/b.	1.43%
<i>Thymelaea microphylla</i> Coss. et Dur.	II/a.	1.43%
<i>Trichodesma africanum</i> (L.) R. Br.	II/a.	1.43%
<i>Ziziphus Lotus</i> (L.) Desf. — ssp. <i>Ziziphus Sahara</i> (Batt.) Maire	II/c.	1.43%
" <i>Spina Christi</i> (L.) Desf.	I.	1.43%
<i>Zilla macroptera</i> Coss. et D. R.	II/c.	1.43%
" <i>spinosa</i> (L.) Prantl	II/c., IV.	2.86%
<i>Zygophyllum cornutum</i> Coss.	II/a., II/b.	2.86%

Sehr oft trifft man ganze Gruppen der *Raetama retam*, weiter das kräftige *Zygophyllum cornutum*, die wohlriechende *Artemisia judaica* var. *sahariensis* und die milchsaftreiche *Euphorbia granulata*.

In den Flußbetten trifft man sehr oft die harten Triebe der *Leptadenia*



Tabelle  
Die gefundenen Pflanzenarten auf dem Sahel-

	Abutilon muticum (Del.) Webb.	
	Acacia Raddiana Savi Syn: Acacia tortilis Hayne.	
	Acacia seyal Del.	
	Aerva tomentosa Forsk.	
	Andropogon Laniger Desf.	
	Aristida acutiflora Brint.	
	Adscensionis L. var. pumila (Dec.) Coss.	
	" plumosa L.	
	" var. floccosa Coss. et Trab.	
	" pungens Desf.	
	Balanites aegyptiaca Del.	
	Boscia senegalensis Lamk.	
	Calotropis procera Ait.	
	Cassia obovata Collad.	
	Cenchrus catharticus Del.	
	Chrozophora Brocchiana (Vis.) Schweinf.	
	Cocculus pendulus (Forsk.) Diels.	
	Colocynthis vulgaris Schrad. Syn: Citrullus colocynthis Schrad.	
	Cornulaca monacantha Del.	
43.		
44.		
XVI.		
39.		
38.		
45.		
46.		
XIV.		
47.		
41.		+
48.		
XVII.		
49.		+
50.		+
51.		
52.		+
XIX.		
XX.		+
XXI.		
XXII.	+	

Ungefähre Abgrenzung des eigentlichen Wüsten-

pyrotechnika, weiter die *Periploca laevigata*, den *Balanites aegyptica*, dann die kleinen, melonenähnlichen, giftigen Früchte des *Colocynthis vulgaris*. Neben ihnen kommt auch an manchen Stellen die *Salvadora persica* vor. Bemerkenswert ist das Vorkommen der tropischen *Typha elephantina* in dem heißen Arak-Tale.

Von den recht zahlreichen Gattungen und Arten der Gräser möchte ich hier vor allem das hohe *Panicum turdigum*, die *Aristida pungens*, A.







Sie bedeckt oft große Flächen der Wüste und gibt ihr ein charakteristisches Bild. Ihr Vorkommen ist hauptsächlich auf die Nord-Sahara beschränkt. Fast alle Wüstenpflanzen besitzen tiefgehendes Wurzelwerk. Ihre Samen, Rhizomen, Knollen und Wurzeln halten jahrelang ohne Wasser aus. Trifft der seltene Regen ein, dann ergrünt die Wüste in erstaunlich kurzer Zeit. Alle Pflanzen wetteifern, so rasch als möglich, die geringe Feuchtigkeit des Bodens auszunützen, ihre Triebe und Früchte auszubilden und schließlich ihre Samen zustande zu bringen.

Ich habe bis jetzt nur von den wildwachsenden Wüstenpflanzen gesprochen. Nun einige Worte über die wichtigste Kulturpflanze der Sahara, über die Dattelpalme (*Phoenix dactylifera*). Sie ist keine einheimische Pflanze. Sie wurde von den Arabern vor Jahrhunderten von Arabien, bzw. von Ägypten her eingeführt und durch systematische Arbeit durch das ganze Gebiet der Sahara-Oasen verbreitet. Ihre Kultur ist heute die wichtigste Einnahmsquelle der Bevölkerung. Ihre Bestäubung wird im Frühjahr oft künstlich vorgenommen, damit die auffallend großen, weiblichen Blütenstände sicher und restlos befruchtet werden.

Die Früchte werden erst im Herbst genießbar. Zu ihrer Reife bedürfen sie der Trockenheit und der Wärme der Luft. Zur Ausbildung ihres Zuckergehaltes sind wahrscheinlich auch die niedrigen Temperaturen im Herbst notwendig. Schwache Fröste schaden auch nicht. Die besten Früchte bringen jene Oasen, bzw. Oasengruppen hervor, die nördlich von dem Ahaggar liegen und große Temperaturschwankungen aufweisen. Diese sind unter anderen: Colomb-Bechar, El-Oued, Figuig, Tuggurt, Biskra, Adrar, In-Salah, Ouargla, Tafilelt, Touat, Aoulef-el-Arab und Beni-Abbés.

In Alger reift sie nicht mehr ein. Die nördlichste Dattelpalmen-Oase ist Bou-Sada, etwa 200 Km südlich von Alger. Ihre Südgrenze, wo infolge der zunehmenden Feuchtigkeit der Luft und der fehlenden Temperatur-extreme ihre Lebensbedingungen nicht mehr vorhanden sind, liegt ungefähr gleichlaufend mit dem 16. Breitengrad. Eines ihres südlichsten Vorkommens ist die Oase In-Gall in dem Sudan. In Gao und Timbuktu kommt sie noch vereinzelt vor. In Agadez fehlt sie. Sie wird im Süden durch die wildwachsende und einheimische Borassuspalme: *Hyphaene thebaica*, abgelöst, die dann weiter südlich den Palmen des tropischen Urwaldes Platz gibt.

In Agadez trifft man übrigens das erste, wahrscheinlich künstlich eingepflanzte Exemplar des Affenbrotbaumes (*Carica Papaya*) in dem Garten des Bordjs, der hier alljährlich seine Früchte bringt. Außerdem werden in den Oasen noch andere Obstbäume, so z. B. Orangen, Citronen, Feigen, Mandeln usw., und eine Reihe von Kulturpflanzen: Reis, Weizen, Gerste etc. und viele Gemüsearten kultiviert.

Was jetzt die Tierwelt anbelangt, so führe ich hier in aller Kürze folgendes an:



Von den niederen Tieren finden wir zahlreiche Insekten, namentlich dort, wo ein gewisser Pflanzenwuchs vorhanden ist, der ihnen einen entsprechenden Lebensraum bietet. In der Tabelle XXXII. bringe ich die Namen einiger von uns gefundenen Insekten aus dem Dünengebiet von In-Salah. Sie wurden von J. Györfi bestimmt. Sie sind der Trockenheit vollkommen angepaßt. Zu Wasser kommen sie nur selten, oder überhaupt nicht. Wie sie ihren Wasserbedarf decken, ist heute noch nicht geklärt. Vielleicht nützen sie, dank ihrer besonderen körperlichen Einrichtungen, die Taubildung, die in den Hohlräumen des Bodens bei den starken und plötzlichen Schwankungen der Wüstenluft zeitweise entstehen kann.

#### Tabelle XXXII.

Einige Vertreter der Insekten-Fauna der Dünen bei In-Salah (bestimmt vom J. Györfi Sopron.)

##### Blattariae.

- Familie: Phyllodromiidae.
- Heterolampra sp.?
- Art: Coleoptera.

- Familie: Carabidae.
- Cychrus sp.?

- Familie: Dermestidae.
- Anthrenus sp.?

- Familie: Tenebrionidae.
- Erodus bilineatus Hbst.
- " nitidicollis Sol.
- Pimeria maura Sol.
- " angulata F.

##### Hymenoptera.

- Familie: Formicidae.
- Camponotus sp.?

- Familie: Vespidae.
- Vespa sp.?

In den Oasen können übrigens die Fliegen zu einem wahren Übel werden. Dies gilt auch bezüglich der großen Kamelfliegen, die an und nahe den Weideplätzen vorkommen. Zu beachten sind auch die Moskitos, darunter auch leider der gefährliche Malariaüberbreiter Anopheles, der in Wassergräben und Teichen seine Brutstätte findet. Es ist ratsam, sich vor ihnen mit Chininprophylaxe zu schützen.

Sehr unangenehm sind die Skorpione, darunter vor allen die große *Buthus occitanus*. In den nördlichen Gebieten kommen die etwas kleinere *Buthus quingyestriatus* und auch einige andere Arten, wie die *Isometrus maculatus* und die *Scorpio maurus* vor, die in den Oasen im Grunde der Lehmmauern der Hütten und unter den Steinen hausen.

Ihr Stich ist gewöhnlich nicht tödlich. Die größeren Arten, wie *Buthus occinatus*, können aber unter Umständen auch gefährliche Stiche beibringen.

Sehr unangenehm sind in Nord-Afrika die Tarantellspinnen (*Lycosa tarantula* oder *Tarantula fasciventris*), deren Biß eine schmerzhaft Ent-



zündung verursacht und die fast auf dem ganzen nordafrikanischen Gebiet verbreitete Walzenspinne (*Galeodes arabs*). Sie werden ihres Bisses halber auch gefürchtet, obwohl sie keine nachweisbaren Giftdrüsen besitzen. Durch ihre Größe (2—3 cm) und ihren behaarten Körper erwecken sie einen eckelerregenden Eindruck. Da sie vornämlich die Häuser bewohnen, so sind sie hier meistens in allen Jahreszeiten lebendig.

Von den Schlangen tritt besonders eine Art in den Sommermonaten, nach Beendigung ihres Winterschlafes, hervor. Sie ist die Hornvipere (*Cerastes cornutus*), mit einem Horn über jedem seiner Augen. Sie bewohnt den Sand und Reg, den letzteren besonders dann, wenn die Steine etwas abgerundet und in, mit Ton gemischten, Sand eingebettet sind. Sie bettet sich entweder in den Sand ein, oder liegt unter den Steinen. Ihr Biß ist meistens tödlich. Heute wird in dem Pasteur-Institut in Alger ein wirksames Serum bereitet. Von einem massenhaften Auftreten kann natürlich nicht gesprochen werden. Die ägyptische Brillenschlange („Naje haje“) kommt erst in den nördlichen und kultivierten Gebieten vereinzelt vor. Sie dringt in die eigentliche Wüste nicht ein.

Von den Säugetieren möchte ich vorerst die Gazellen erwähnen. Überall dort, wo etwas Pflanzenwuchs vorhanden ist, erscheinen diese zierlichen, schlanken Tiere. Ihr typischer Vertreter ist die „Gazella dorcas“. Sie bilden gewöhnlich kleinere oder größere Rudel. Wie die neuesten Beobachtungen zeigen, so können sie, falls ihnen als Nahrung saftreiche Gräser und Kräuter zur Verfügung stehen, wochenlang ohne Wasser aushalten. Sie legen nicht selten Entfernungen von 100—150 Km zurück, um die weit entfernten Quellen oder Wasserader der Wüste zu erreichen.

Neben ihr ist das bekannteste und gleichzeitig auch das unangenehmste Säugetier der Wüste der Schakal (*Canis aureus*). Er kommt, von den Toren von Alger gerechnet, in der ganzen Wüste vor. In den Soudansteppen teilt er seine Beute, die aus Kadavern besteht, mit den Geiern und den Hyänen. Er ist selbst sehr feig, daher ungefährlich; lebende Tiere und Menschen greift er nie an. Falls er ertappt wird, so läuft er davon, ohne seine Beute zu verteidigen.

Die Hyäne tritt erst im Süden auf. Auch in dem Ahaggar kann man sie vereinzelt finden. Hier und im Air-Gebirge kommt auch der Leopard vor. Am Südrand der Wüste und in den angrenzenden Steppen und Baumsteppen treten dann die Antilopen, namentlich die ansehnlichen Addaxantilopen (*Addax nasomaculata*) auf. Sie sind wenigstens dort, wo die Arme der Gerechtigkeit noch hinreichen, geschützt und recht zahlreich vertreten.

Ich möchte noch auch auf das Vorkommen der Wüstenspringmaus (*Jaculus jaculus*) hinweisen, die namentlich in den nördlichen Wüsten-



gebieten oft zu beobachten ist. In den südlichen Dünengebieten lebt noch eine Fuchsart, die die Touareg mit dem Namen: „fenek“ bezeichnen.

Besonders interessant sind die wilden Esel, die in dem Ahaggar und weiter im Soudan auf den Steppen vorkommen. Von den wilden Herden fangen dann die Tuareg und die Araber ihre besten Zuchttiere aus. Sie sind zäh und stark. Man verwendet sie als Last- und Reittiere. Es bestehen oft ganze Karawanen aus Eseln. Den Wassermangel verträgt er nicht gut. Bei größeren Märschen müssen sie mindestens an jedem zweiten Tag getränkt werden. Als Reittier ist er bei den ärmeren arabischen Volksklassen, die keine Pferde und Kamele halten können, sehr verbreitet.

Von den übrigen nützlichen Haustieren sollte hier vorerst das Kamel erwähnt werden, und zwar das arabische Dromedar, der sogenannte „Einhöcker“. Es ist kein einheimisches Tier. Erst die nomaden Araber haben ihn von Ägypten, bzw. von Arabien her seit dem IV—V. Jahrhundert eingeführt. Und es ist auch heute noch immer das wichtigste Verkehrs- und Transportmittel der Wüste.\*)

Als Citroen und seine Gefährten im Winter 1922/23 die Sahara als erste im Auto überquerten, prophezeite man allgemein das Herannahen des baldigen Endes der Kamelherrlichkeit. Diese Annahme war unrichtig. Infolge der schwierigen Nachschubverhältnisse der Betriebsmittel ist der Autoverkehr so teuer, daß neben ihm das Kamel sich weiter behaupten konnte.

Das Pferd ist kein Wüstentier. Sein Gebiet beginnt in den nördlichen Steppengebieten und in den mehr kultivierten Gebieten Marokkos, Algeriens und Tripolis. Auch in den spanischen Kolonien wird intensiv gezüchtet. Auf den guten Weideplätzen des „Adrar-des-Iforas“-Gebirges züchten auch die Touareg Pferde.

Die Vogelwelt ist in den eigentlichen Wüstengebieten kaum vertreten. Nur in den größeren Oasen, wo sie mehr Nahrung finden, trifft man sie zahlreicher. Hier ist natürlich auch die übrige Tierwelt üppiger vertreten. In den eigentlichen extremen Wüstengebieten herrscht sonst Todesstille, nur das ewige Lied des Windes bringt etwas Leben in diese stille Welt, deren majestätische Ruhe auch kein Vogelsang stört. In den südlichen Steppen und in den angrenzenden Wüstengebieten treten dann vor allen die mächtigen Aasgeier auf, die weit in die Wüste hineinkreisen und mit den Schakalen das Aufräumen der Kamelkadaver besorgen.

Die Straußvögel treten erst in den Baumsteppen des Soudans auf, sie sind bereits nördlich von Agadez überall zu finden.

Und nun zum Schlusse etwas von dem Löwen.

Der einstige König der Wüste tritt heute erst in den Steppen und

\*) Zu den weiteren Zucht- und Haustieren gehören: die Schafe, die Ziegen und im Ahaggar und südlich davon die „Buckelochsen“ (die „Zebu“) (*Buffelus indicus*).



Savannen des Soudans auf. Im Ahaggar sind keine zu finden. Im Air-Gebirge kommt er dagegen auch nördlich von Agadez vor. In den achtziger Jahren des vorigen Jahrhunderts hat man noch unweit von Alger auf sie jagen können. Heute ist er im Norden und in der eigentlichen Wüste vollständig ausgestorben.

Die Jagd ist — wie ich schon erwähnt habe — überall streng geregelt. Wenigstens am Papier! Bei der ungeheuren Ausdehnung der Wüste sind aber dort, wo die Hand der Gerechtigkeit die Nomaden nicht mehr erreichen kann, sie die Herren, die sich herzlichst wenig um die Vorschriften und Gesetze der, von ihnen in dem Innern ihrer Seele verhassten, europäischen Eindringlinge kümmern, und nur ihre eigenen Gesetze, die allgewaltigen und ehernen Regeln des Korans und ihrer eigenen Not beachten.

#### E) Die Völker der Sahara.

Die ursprüngliche völkische Gestaltung des Lebensraumes der Sahara wurde in den vergangenen Zeiten von zwei großen Volksbewegungen beeinflusst.

Die erste war die Invasion der Araber, die von Arabien kommend, zunächst die östlichen Küstengebiete und später die ganze Mittelmeerküste Nordafrikas erobert haben, und die zweite das Eindringen der europäischen Kolonisatoren in Nord-Afrika.

Am bekanntesten waren seit jeher die ethnographischen Verhältnisse des uralten Kulturlandes Ägyptens. Seine Bewohner, sowie die ursprünglichen Völker von Nord-Afrika gehörten nicht zu den semitischen, sondern den hamitischen Völkerrassen an. Trotz den wiederholten Mischungen mit den Arabern und Türken, hat das ägyptische Volk noch heute in vieler Hinsicht seinen ursprünglichen Volkscharakter bewahrt.

Südlich von Ägypten wurden die Hamiten von ihren östlichen, semitischen Nachbarn völkisch stark beeinflusst. Die Tibbu der südlichen Sahara, die ursprünglich ebenfalls Hamiten waren, haben im Laufe der Zeiten ihren hamitischen Charakter infolge ihrer wiederholten Mischung mit den semitischen und negroiden Völkern fast gänzlich verloren. Ihr Hauptsitz ist das Tibesti-Gebirge. Auch südöstlich davon, in Borku und Ennedi, bilden sie noch immer das herrschende Element. Ihr Einfluß reicht bis zu dem Tschad-Gebiet. Im Westen sind sie unmittelbar mit den Touareg benachbart. Die von ihnen bewohnten Gebiete der Sahara nennt man die „Sahara der Tibbu“. Die Urvölker der Gebirge der Mittel- und West-Sahara sind die Berber und die Touareg, die ebenfalls hamitischen Ursprungs sind. Nach den letzten Forschungen sind sie auch miteinander nachweisbar verwandt. Sie bewohnen eine zusammenhängende Gebietsfläche, die mit dem Atlas-Gebirge beginnt und bis zu den Steppen des Soudans reicht.

Die Bezeichnung „Berber“ ist arabischer Ursprung. Sie wurden schon



in den älteren Schriften arabischer Gelehrten mit diesem Namen genannt. Man teilt sie heute in zwei weitere Volksgruppen: auf die Getulen und Zeneten auf. Sie waren bereits früher in ständiger Berührung mit den römischen Kolonisatoren, die während einer verhältnismäßig kurzen Zeitspanne fast ganz Nord-Afrika beherrscht und beeinflusst haben. Der Einfluß des römischen Weltreiches machte sich von Ägypten bis Marokko fühlbar. Die römischen Ruinen und Kulturdenkmäler bezeugen noch heute Macht und Kultur dieses Weltreiches in Nord-Afrika. Bis zu der Oase Biskra haben sie gutorganisierte Kolonien angelegt und die neuesten Funde sprechen auch dafür, daß sie ihren Einflußbereich bis zu dem Ahaggar und weiter bis zu dem Tschad-See ausgebreitet haben. Sie haben also in dieser Richtung die Wüste wiederholt überquert. In der Ost-Sahara drang zum Beispiel die Expedition von *Cornelius Baldus* bis zu der Oase Fezzan vor.

Das Eindringen der kriegerischen und dem Wüstenleben seit jeher gut angepaßten arabischen Stämme, begann im VII. und VIII. Jahrhundert, also in dem Zeitalter der großen Khalifen. Sie beherrschten bereits in dem XII. Jahrhundert n. Ch. fast gänzlich die nördlichen Küstengebiete von Nord-Afrika. Sie drangen am Lande und an der See vor. Nach der Eroberung der Küstengebiete begannen sie dann die großen Karawanenstraßen zu besetzen, auf den sie dann später bis in die tropischen Länder von Mittel-Afrika vordrangen. Nach der Unterwerfung der Berber besiegten sie auch teilweise die Touareg und sorgten mit erbarmungsloser Strenge für die Sicherung ihrer Karawanenwege. Hier führten sie neben den Reichtümern der tropischen Länder auch Tausende von Negersklaven nach dem Norden, die dann ihre Oasen und die fruchtbaren Felder der Atlas-Provinzen bearbeitet haben.

Sie waren vorzügliche Kamelzüchter, gewandte Reiter und tapfere Krieger, denen das harte Leben in der Wüste schon in ihrer Heimat bekannt war. Man faßt sie heute unter der Bezeichnung „Chamba“ zusammen. Sie sind auch heute Nomaden. Die beiden großen Sandwüsten, der westliche und der südliche Erg werden auch heute von ihnen bewohnt. Weiter im Süden gelang es ihnen nicht, den Widerstand der ebenfalls tapferen Touareg gänzlich zu brechen. Südlich von der Linie Adrar und In-Salah beginnt das Reich der letzteren. Man teilt daher die mittlere und westliche Sahara nicht nur völkisch, sondern auch geographisch in zwei Teile: auf den Lebensraum der Chamba und auf den Lebensraum der Touareg. Die Chamba bewohnen die Sandwüsten, sie sind die Nomaden der „Erg“. Die Touareg bevorzugen hauptsächlich die Reg und Hamada, und vor allen die Gebirge der Wüste.

Die Berber wurden fast gänzlich auf die Hochebenen der Atlas-Gebirge zurückgedrängt. In der lybischen Wüste sind auch die Chamba die Her-



ren, aus ihnen ist die harte und widerstandsfähige religiöse Sekte der Senussi hervorgegangen.

Ganz im Westen mischten sich dann die Araber mit den Hamiten. Das Resultat der Kreuzung ist das kriegerische Volk der Mauren. Dort, wo sie am zahlreichsten sind, etwa südlich von der spanischen Kolonie Rio-de-Oro, nennt man ihre Heimat „Mauretanien“. Sie sind noch kaum restlos unterworfen. Sie beherrschen noch heute die große Wüste El-Djuf, von wo aus durch ihre Raubzüge die friedliche Bevölkerung der angrenzenden Oasen beunruhigen.

In Marokko entstand desgleichen ein hamitisches und semitisches Mischvolk, der Stamm der tapferen Kabylen, deren Unterwerfung bisher so viel Blut gekostet hat und restlos noch immer nicht beendet ist.

Sprache und Schriftzeichen der hamitischen Berber und Touareg sind im Grunde verschieden von denen der semitischen Araber.

Die Touareg<sup>25)</sup> sind die eigentlichen Herren der Mittel-Sahara. Sie teilen sich in vier Stämme, die nach den Gebirgen, die sie vornehmlich bevorzugen, benannt werden. Diese sind die Stämme: Ajjer, Ahaggar, Iforas und Air oder Azben.

In den angrenzenden Wüsten- und Steppengebieten, die sie im Laufe der Zeiten allmählich besiedelt haben, mischten sich merklich mit den Arabern und auch mit den Negern. Ihr richtiger Name ist in ihrer Sprache: „Imorhar“. Ihre Sprache ist die „Tamachek“- (spreche: „Tamaschek“) Sprache. Hochgewachsene, selbstbewußte Menschen, die ein ausgesprochenes Herrenvolk bilden.

Sie gliedern sich in zwei scharf getrennte feudale Klassen. Auf die Klasse der Edelherren (Chaggaren) und auf die Klasse der Knechte (Imrad). Die letztere wird durch die Sklaven ergänzt. Für die Klasse der Herren ist die Arbeit erniedrigend, ihr Beruf ist der Kampf und der Krieg. Sie werden dementsprechend erzogen. Ihr Gesicht decken sie bis zu der Augenhöhe mit einer Art Schleier, den sie „Litham“ nennen. Sie besitzen eine feudale Stammorganisation. Das Oberhaupt des Stammes ist der „Amenokal“.

Ihre religiöse Auffassung ist recht frei. So wie die Berber, so legen auch die Touareg ganz nach ihrem Gutdünken den Koran aus. Sie heiraten nur eine Frau, die viel größere Freiheit besitzt als die Araberweiber. Sie bewegt sich frei und ohne Schleier. Die Touareg kennen auch keine religiösen Waschungen, lassen das Blut der geschlachteten Tiere nicht aus und halten keine Fastenzeiten. Sie fasten nicht einmal während des Ramadan-festes.

Neben den jetzt besprochenen Völkerschaften möchte ich noch ganz kurz auch die Mozabiten erwähnen, deren Hauptsitz in der großen Oase

<sup>25)</sup> Touareg: Mehrzahl des Wortes Targui, wie sie richtig heißen.



Ghardaia liegt. Sie sind auch Hamiten, die die Vorschriften des Korans ebenfalls nur mit gewissen Änderungen einhalten.

In den nördlichen Oasen der Sahara sind auch zahlreiche Juden zu finden. Ihre Einwanderung begann schon während der Regierung des Kaisers *Trajan*, der in Ägypten und in Tripolis sie stark unterdrückte. Ihre Hauptsiedlungsorte befinden sich neben den größeren Orten der Mittelmeerküste, in den großen Oasen der nördlichen Sahara und Marokkos.

Besonders zahlreich sind neben ihnen auch die Neger, die Abkömmlinge der einstigen Sklaven vertreten. Sie waren und sind auch heute noch das Arbeitsvolk der Oasen. Seitdem sie die französische Herrschaft von ihrem Sklaventum befreit hatte, wuchs auch ihre kolonialpolitische Bedeutung.

Und nun einiges über die allgemeinen kolonialpolitischen Verhältnisse der eigentlichen Saharaländer, wobei in den folgenden natürlich nur die eigentlichen Wüstengebiete berücksichtigt werden können. Diese werden, je nach ihrer Zugehörigkeit, in vier große Gruppen aufgeteilt: Auf die französischen, auf die italienischen, auf die spanischen und auf die britisch-ägyptischen Hoheitsgebiete.

Es entfällt hievon ein beträchtlicher Teil auf den Machtbereich Frankreichs. Das Wüsten-, bzw. Halbwüstengebiet des Atlas<sup>26)</sup> beträgt cca 124.000 Km<sup>2</sup> und wird von cca 176.208 Menschen bewohnt.

Die Verwaltungsbezirke Biskra, Tuggurt, El-Oued, Ghardaia umfassen rund 172.941 Km<sup>2</sup> mit 250.819 Seelen. Südlich davon liegt das Gebiet der eigentlichen französischen Sahara, die von den höheren Verwaltungsstellen in Colomb-Bechar, Timmimoun und Quargla verwaltet wird. Ihr Gesamtbereich ist 1.690.350 Km<sup>2</sup> mit rund 109.843 Seelen. Die wildesten Wüstengebiete gehören dem Verwaltungsbezirk Quargla an, in einer Ausdehnung von 1.126.750 Km<sup>2</sup> mit 35.117 Einwohnern.

Das gesamte Wüstengebiet wird in eine große Verwaltungseinheit des Generalgouvernements in Alger unter dem Namen „Territoires du Sud“ zusammengefaßt. Die Verwaltungszentrale befindet sich in Ain-Sefra. Die Gesamtfläche beträgt nach den vorstehenden rund 2.000.000 Km<sup>2</sup>. Die Daten wurden im Jahre 1937 ermittelt.

Der einstige italienische Besitz ist ebenfalls beträchtlich. Er beträgt 1.842.000 Km<sup>2</sup> mit 725.000 Einwohnern, die zum größten Teile in den mehr fruchtbaren Mittelmeerprovinzen leben (Stand 1934).

Das eigentliche Wüstengebiet Italiens ist wild und viel unfruchtbarer als die französische Sahara. Seine Oasen sind zerstreut und wirtschaftlich nicht annähernd so bedeutend, wie die reichen Dattelpalmenoasen der Franzosen. Italien besaß auch keine Steppenprovinzen im Süden, so daß der größte Teil der italienischen Sahara dem Mutterland mehr

<sup>26)</sup> Alles nach der Lage im Jahre 1934.



Lasten als Nutzen bedeutete. Über die südlichen Teile der italienischen Sahara fehlen noch die zuverlässigen Daten, da die vollständige Erschließung dieses großen Gebietes noch längere Zeit in Anspruch nehmen wird.

Spanien besitzt 285.000 Km<sup>2</sup> der großen Wüste mit kaum 30.000 Einwohnern (1934). Die spanische Sahara, vor allem der berühmte Rio-de-Oro, war noch vor einigen Jahren die wildeste der ganzen Wüste.

Im östlichen Teil der Sahara liegt Ägypten, eines der ältesten Kulturländer der Erde. Es verdankt seine Entstehung dem Nilfluß, der, als einzige Ausnahme der großen Flußsysteme der Sahara, die lybische Wüste bis zu dem Mittelmeer überirdisch überquert und durch seine jährlich wiederkehrenden Hochwasser seinem Tale das wichtigste Element des gesamten organischen Lebens, das Wasser, spendet. Man müßte eigentlich das gesamte Niltal als eine große Oase auffassen, da Ägypten sonst, klimatisch, zu den trockensten Gebieten der Erde gehört. Überall, rechts und links, wo die Wirkung des Nilwassers aufhört, beginnt das stille, öde Reich der lybischen und der arabischen Wüste, das nur spärlich von Oasen besiedelt wird. Das Gebiet von Ägypten umfaßt, die Wüstengebiete eingerechnet, 994.000 Km<sup>2</sup> mit 15,231.000 Einwohnern, wovon nur 50.000 in der Wüste wohnen (1934). Das Land ist nach seiner Verfassung selbständig. In Wirklichkeit ist es aber eine sehr geschickt verwaltete englische Kolonie, dessen wichtigsten militärischen Punkte und vor allem die großen Staudämme des Nilflusses und die Ufern des Suezkanals von England militärisch besetzt und unter schärfster Kontrolle gehalten werden. Die Bevölkerung besteht aus den Abkömmlingen der einstigen Ägypter, den Fellachen, aus christlichen Kopten und Berbern.

#### F) Die wichtigsten Verkehrslinien der Sahara.

(Siehe die Abbildungen 2—4.)

In der Ost-Sahara und namentlich in Ägypten befand sich schon seit vielen Jahrhunderten eine Reihe von guten Karawanenstraßen, die auch die Römer und später die Araber und Türken bei ihren militärischen und sonstigen kommerziellen Reisen und Unternehmungen benützten. Ich bespreche diese an Hand der Abbildung 3. Die erste beginnt in Kairo und führt nach El-Facher (Fachoda). Sie ist eine der ältesten Verkehrswege Nordafrikas in der Richtung der äquatorialen Länder.

Die zweite Route geht von Bengasi aus, berührt die Kufra-Oasen und endet in Abecher. Sie ist schwieriger gangbar als die erstere. Die Länge beider Wege beträgt cca je 3000—3500 Km. Die Kamelkarawanen legen ihn in 3—4 Monaten zurück. Vorausgesetzt, daß die Wasserstationen sich in

<sup>27)</sup> Die am dichtesten besiedelte eigentliche Kulturfläche Ägyptens besteht nur aus 35.210 Km<sup>2</sup> mit einer Volksdichte von 432'6 Km<sup>2</sup>.



guter Ordnung befinden und störende klimatische Einflüsse den Marsch nicht hindern.

Die dritte Karawanenstraße ist eine der klassischen Forschungswege der Ost-Sahara. Sie wurde unter anderen auch von *Barth*, *Rohlfs* und *Nachtigall* benützt.

Sie beginnt in Tripolis und führt nach der Hauptstadt von Fezzan nach Murzuk und weiter über das Toummo-Gebirge nach Bilma und Tibesti und weiter nach dem Tschad-See in einer Länge von rund 3000—3500 Km. Auch dieser Weg ist schwierig. Die östlichen Karawanenstraßen sind für den regelrechten Autoverkehr noch nicht ausgebaut. Es fehlen auch die nötigen Brennstoffstationen. Sie überqueren oft Sandwüsten, wo der Kraftwagen nur schwer, oder überhaupt nicht zu gebrauchen ist.

Die Karawanenstraßen der Mittel- und West-Sahara sind in besonderer Lage, da hier die Sandwüsten kaum  $\frac{1}{3}$ — $\frac{1}{4}$  der Gesamtflächen bedecken und so gelagert sind, daß man sie leicht umgehen kann.

Ich habe schon auf den Umstand hingewiesen, daß der westliche und der östliche Erg durch das Tademait-Plateau getrennt werden.

Man kann also den Weg zwischen den beiden auf hartem Regboden passieren (siehe 4. und 5. auf der Abbildung 3). Hier führt die Verbindung von Alger über El-Golea, In-Salah, Arak und Tamarasset, in dem Ahaggar nach Agadez und weiter über Zinder nach der englischen Kolonie Nigeria.

Die großen Wüsten-Autobusse der „Société Algérienne des Transports Tropicaux“ überqueren auf dieser Straße die Wüste bis Tamarasset wöchentlich und weiter bis Kano in Nigeria zweiwöchentlich. Sie befördern fahrplanmäßig Passagiere, Post, und nach Maßgabe der Möglichkeit auch Lastgut. Ihre Fahrtstrecke beträgt bis Agadez 3000 und bis Kano rund 4200 Km.

Die zweite große Autostraße beginnt an der Endstation der Bahnlinie Alger—Oran—Colomb-Bechar und führt am Westrande des westlichen großen Erg über Adrar, Reggan und über den großen Tanezrouft nach Gao und Timbuktu. Den schwierigsten Teil dieses Weges bildet die Überquerung des großen, wasserlosen „Reg“, des „Tanezrouft“. Auf eine Entfernung von fast 1000 Km ist hier keine einzige natürliche Wasserstation vorhanden. Als eine französische Militärmission seinerzeit diesen Weg zum ersten Male befuhr, haben sie auf je 100 Km eine Benzinkanne (französisch „Bidon“) zurückgelegt. Die fünfte Kanne legten sie ungefähr 500 Km südlich von der Oase Reggan ab. Diese Stelle liegt in der Mitte des wasserlosen Teiles des Weges und wurde mit dem Namen Bidon 5. belegt.

Hier hat die „Compagnie Transsaharienne“, die heute die regelrechte Autoverbindung Colomb-Bechar—Timbuktu aufrecht erhält, eine Station eingerichtet. Wasser und Betriebsstoffe werden vom Reggan, bzw.



Adrar her eingeführt. Die Station hat auch einen Schlafwagen, wo die Passagiere übernachten können und besitzt einen 32 m hohen Leuchtturm als Wegweiser.

Die Straße berührt auch das „Adrar des Iforas“-Gebirge, das Siedlungsgebiet des Touaregstammes „Iforas“, erreicht bei Gao den Niger-Fluß und wendet sich dann SW, um Timbuktu zu erreichen. Die Länge dieser Verbindung beträgt von Colomb bis Timbuktu rund 3600 Km. Eine transversale wichtige Autostraße führt außerdem noch von Tamanrasset nach Ghadames und eine von Tamanrasset nach Gao.

In der Westsahara liegen die Verhältnisse schon etwas schwieriger. Hier sind Gebiete, wie die Wüste El-Djuf, dann weiter die großen, noch kaum bekannten Dünenmeere: Chach (Chech), Quarane, Makteir und Iguidi die gepaart mit einer gewissen Unsicherheit, die Anlage von Autostraßen bis jetzt unmöglich gemacht haben.

Eine der wichtigsten Karawanenstraßen führt hier von Timbuktu nach den Salzgruben in dem Becken von Taoudeni. Ihre Länge beträgt cca 1000 Km. Von hier kann man über die Oase El-Harît der Tafilelt-Oasen die marokkanische Grenze und sodann Meknes erreichen.

Im äußersten Westen führt noch ein Karawanenweg von Agadir nach Matam in Senegal. Diesen Weg benützten früher die Marokkaner nach dem Süden.<sup>28)</sup> Infolge des Räuberunwesens wird er heute auf große Entfernungen kaum mehr benützt. Seine Bedeutung haben teilweise auch die guten Seeverbindungen in den Hintergrund gedrängt. Außer diesen großen Verkehrslinien gibt es natürlich noch eine Reihe von Karawanenwege, die meistens nur lokale Bedeutung haben. Infolge der Einführung des regelmäßigen Postautobusverkehrs wurde die Reisedauer ganz wesentlich verkürzt, früher hat eine Reise vom Algerien nach dem Süden monatelang gedauert. Heute wird die Entfernung Alger—Tamanrasset (2000 Km) in sieben und Alger—Kano (3800 Km) in 10 Tagen zurückgelegt.

#### G) Die wirtschaftspolitische Bedeutung der französischen Sahara.

Ich wies in den vorstehenden schon wiederholt auf die große Bedeutung des Besitzes der Saharaländer aus dem Standpunkte ihrer kolonialpolitischen Bedeutung hin.

Das französische Kolonialreich benützt sie dann dazu, um seine Kraftlinien mit Umgehung der Seewege nach seinen reichen mittelafrikanischen Siedlungen auf dem sicheren Festlande anlegen zu können.

<sup>28)</sup> Im Laufe des jetzigen Krieges wurde dann noch eine „Piste“ an der Westküste des Atlantischen Ozeans von Agadir nach dem Senegal angelegt, die auch für den Kraftwagenverkehr geeignet ist.



Das frühere nordafrikanische Kolonialreich Italiens ist in dieser Beziehung ziemlich bedeutungslos, da es seiner natürlichen Ergänzungen in den äquatorialen Ländern entbehrt. Nur in dem Kampfe um das Mittelmeer, dessen Beherrschung für die sichere Behauptung der ostafrikanischen Kolonien Italien eine Lebensfrage bedeutete, kam ihm eine nicht zu unterschätzende Bedeutung zu. Diese war aber eine mehr strategische als wirtschaftliche Angelegenheit. Man würde sonst glauben, daß wenn man von dem alten Kulturland Ägypten absieht, die übrigen großen Wüstengebiete aus wirtschaftspolitischer Hinsicht ziemlich bedeutungslos sind.

Die nähere Prüfung ergibt aber ein anderes Bild. Frankreich, das in Nord-Afrika seit 100 Jahren kolonisiert, hat hier eine ausgezeichnete wirtschaftspolitische Organisation geschaffen, die die wirtschaftliche Ergiebigkeit seiner Sahara-Länder auf eine ziemlich bedeutende Höhe gehoben hat.

Im Süd-Algerien, also in dem Raume, wo sich nach Abzug der fruchtbaren Ebenen der Küstengebiete, die eigentlichen Wüstengebiete, mit Einschluß der Steppen der Halbwüsten befinden, hat die statistische Erhebung im Jahre 1931 folgenden Besitz an lebenden Tieren ermittelt.

1,800.000 Schafe,  
137.000 Kamele,  
36.000 Esel,  
23.000 Rinder,  
570.000 Pferde (in den Steppengebieten).

Davon wurde allein der Wert der Schafe auf 300,000.000 Franken geschätzt. Einen besonderen Wirtschaftszweig der landwirtschaftlichen Produktion der Halbwüsten bildet die Verarbeitung der sogenannten — zu der Gattung *Stipa* gehörenden — Halfa-Gräser. Aus den widerstandsfähigen Fasern dieser Gräser, die in den Steppen der Atlas-Hochebenen weite Flächen bedecken, werden Schuhsolen, Pantoffel, Teppiche und neuerdings auch rohe Decken und auch andere Gebrauchsgegenstände hergestellt. Dies bedeutet ein jährliches Einkommen von beinahe 8,000.000 Franken. An Brotfrüchten herrscht Mangel. Die jährliche Ernte der Oasen, hauptsächlich Gerste, Weizen und Roggen, beträgt nur 150.000 Doppelzentner gegen den jährlichen Verbrauch von 500.000 Dz. Der Rest von 350.000 Dz wird von den nördlichen fruchtbaren Mittelmeerprovinzen eingeführt. Ein wichtiger Einfuhrartikel ist die Hirse, die nach den mittelsaharischen Oasen aus dem Soudan auf den Karawanenwegen eingeführt wird. Von den südlichen Steppenprovinzen führen die Karawanen auch ziemlich bedeutende Mengen von Soudangras. Der Reisanbau spielt nur unbedeutende Rolle.

Der Salzbedarf wird teilweise vom Norden, bzw. aus dem Mutterlande und in der Mittel und Südsahara aus den ergiebigen Salzgruben von Taoudeni und Tedjidda-n-Tessem gedeckt. Diese Gruben versorgen auch die Steppenprovinzen. Die Ergiebigkeit der Gruben in Tedjidda ist etwas



geringer. Sie liegen aber viel näher an Verbrauchsgegenden. Zahlreiche Kamele-, Zebu- und Eselkarawane schleppen diesen, in der Wüste sehr kostbaren Schatz, nach dem Süden und auch nach den mittelsaharischen Oasen.

Taoudeni liegt rund 1000 Km nördlich von Timbuktu. Trotz der großen Entfernung wird die Ausfuhr dieser Gruben vom Jahr zu Jahr lebhafter, wozu auch die größere Sicherheit der Karawanenstraßen, die in den letzten Jahren durch die energische Säuberungsmaßnahmen der französischen Militärbehörden herbeigeführt wurde, wesentlich beiträgt.

Eine der wichtigsten Produktionszweige der Oasen bildet der Anbau der Dattelpalme, die — wie ich schon erwähnte — vom Osten her aus Arabien hauptsächlich durch die Araber eingeführt wurde.

Man unterscheidet zwei Sorten der Dattel. Die erste minderer Qualität, wird in den nördlichen Oasen, wo die klimatischen Verhältnisse etwas ungünstiger liegen und namentlich der Mangel an entsprechender Wärmemenge die volle, optimale Entwicklung der Dattel verhindert, geerntet. Die Menge der jährlichen Produktion dieser minderwertigen Sorte beträgt aber immerhin rund 1,000.000 Dz im Werte von 70,000.000 Franken.

Die eigentlichen feinen Datteln, die die richtige Exportware darstellen, werden in den großen, warmen, aber sehr trockenen Oasen der Mittel-Sahara gezüchtet. Die jährliche Produktion ist geringer. Sie beträgt je nach den Witterungsverhältnissen 100.000 — 120.000 Dz in dem Werte von beinahe 30,000.000 Franken. Sie werden aus dem Süden durch die Karawanen nach den Endpunkten der beiden Sahara-Eisenbahnen nach Colomb-Bechar und Tuggurt, bzw. Biskra gebracht, von wo dann auf der Eisenbahn nach Oran und Philippville und von hier auf dem Seewege nach Marseille gebracht werden.

Der Wert der Dattelernte beträgt also jährlich rund 100,000.000 Franken und macht beinahe 60—70% des gesamten Wertes der landwirtschaftlichen Produktion Süd-Algeriens aus.

In den Oasen wird auch der Anbau von Obstbäumen betrieben. Es werden hauptsächlich Feigen, Granatäpfel, Orangen, Zitronen, Marillen und auch oft Trauben angebaut. Der Wert der Gesamternte beträgt jährlich ungefähr 8,000.000 Franken. Sie besitzt aber mehr lokale Bedeutung. Das wichtigste ist die Dattelernte, die als Exportware, nach allen Erdteilen verschickt wird, das meiste hereinbringt und das Wirtschaftsleben der Oasen beherrscht.

Wenn man neben diesen Zahlen die ganz geringe Volksdichte der französischen Sahara in Betracht zieht, wird man leicht begreifen, daß durch gut überlegte und vor allem gut organisierte wirtschaftliche Maßnahmen, die jedes Stück brauchbaren Bodens, geschickt ausnützen ver-



steht, auch die Wüste wenigstens in den Steppen und Oasengebieten nutzbar gemacht werden kann.

Daß der Staatshaushalt Algeriens einen jährlich wiederkehrenden Defizit ausweist, ist allein dem Umstande zuzuschreiben, daß die große Linie der französischen Kolonialpolitik hier für militärische und für andere Zwecke der machtpolitischen Interessen des französischen Reiches derartige Anlagen und Investitionen verlangt, die die Leistungsfähigkeit des Landes weit übertreffen.

## XXII. Schrifttum.

1. *Allen*: Landwirtsch. Versuchsstation, Bd. 115. H. 3—6.
2. *Abadie*: La Colonie du Niger. Paris, 1927.
3. *Bergey*: Manuel of Determinative Bacteriology. 1935.
4. Bulletin du Comité des études historiques et scientifiques de l'Afrique Occidentale Française. Paris, 1920.
5. *Birand*: Untersuchungen zur Wasserökologie der Steppenpflanzen bei Ankara. Jahrbücher für wissenschaftliche Botanik. Bd. 67. H. 1. 1938.
6. *Chevalier*: Carte botanique, forestière et pastorale de l'Afrique Occidentale Française. La Géographie. Bd. XXIV. 1912.
7. Comptes rendus de la deuxième Commission de l' Association internationale de la science du sol, 1929.
8. *Cutler and Crumps*: Problems in Soil Microbiology. London, 1935.
9. *Corbet*: Biological Process in tropical Soils. Cambridge, 1936.
10. *Desplagnes*: Le plateau Central Nigérien. Paris, 1921.
11. *Dubief und Perves*: Observations de météorologie médicale recueillies à Tamanrasset (Sahara central). La Météorologie, No. 21. Paris, 1935.
12. *Dubief et Queney*: Les grands traits du climat du Sahara Algérien. La Météorologie. No. 119. Paris, 1935.
13. *Duclaux*: Traité de Microbiologie, 1901.
14. *Engler und Pruden*: Die Vegetation der Erde, IX Bd. Die Pflanzenwelt Afrikas. Leipzig.
15. Etude comparative des Climats des colonies françaises. Annales de Physique du Monde. Bd. 2. 1936.
16. *Fehér*: Untersuchungen über die Mikrobiologie des Waldbodens. Springer, Berlin, 1933.
17. — Regionale Untersuchungen über den  $P_2O_5$ -Gehalt der Waldböden. Zeitschrift für Phosphorsäure, 2, Nr. 12. S. 705—734. 1932.
18. — Regionale Untersuchungen über den Kaligehalt der Waldböden. Zeitschrift für Pflanzenernährung und Düngung, 33, S. 320—335. 1934.
19. — Experimentelle Untersuchungen über den Einfluß für Temperatur und Wassergehalt des Bodens auf die Lebenserscheinungen der Bodenbakterien. Archiv für Mikrobiologie, 4, S. 447—486. 1933.
20. — Regionale Verbreitung der Bodenalgae. Archiv für Mikrobiologie, 1936.
21. — Les principales lois régissant la vie des sols forestiers. Revue des Eaux et Forêts. Nancy, 1936.
22. *Fehér und Bokor*: Untersuchungen über die Mikrobiologie der Alkaliböden. Archiv für Landwirtschaft, 1930.
23. *Fehér und Frank*: Untersuchungen über die Lichtökologie der Bodenalgae. Archiv für Mikrobiologie, Bd. 7. S. 1—31. 1936.
24. — — Experimentelle Untersuchungen über den Einfluß der Temperatur und



des Wassergehaltes auf die Tätigkeit der Mikroorganismen des Bodens. Archiv für Mikrobiologie, Bd. 8. S. 249—287. 1936.

25. *Gautier*: Le Sahara. Paris, 1932.
26. *Gautier—Lièvre*: Recherches sur la Flore des Eaux continentale de l'Algérie et la Tunisie. Alger, 1931.
27. *Gram*: Karplante vegetationen I Mouydir (Emmidir) I Centralsahara I. Levin and Munkgaards Forlag Kjöbenhavn, 1933.
28. *Grosskopf*: Einführung in die Standortverhältnisse des tropischen Westafrika unter besonderer Berücksichtigung von Kamerun. Kolonialforstliche Mitteilungen. Bd. 1. H. 1. 1938.
29. *Guibier*: Sur la programme forestier de l'Indochine. Mitteilungen des Internationalen Forstkongresses, Budapest, 1936.
30. *Hachisuka*: Le Sahara, vol. I. 1re Partie. Le climat du Sahara et de l'Arabie, par Brooks. Paris, Soc. Ed. Géogr. marit. et coloniales, 1932.
31. *Harder*: Über den Wasser- und Salzgehalt und die Saugkräfte einiger Wüstenböden Beni-Ounifs (Algerien). Jb. wiss. Bot. 72. S. 665. 1930.
32. *Haupt*: Gesundheitsprobleme in den Tropen. Kolonialforstliche Mitteilungen. Bd. 1. H. 1. 1938.
33. *Heitz*: Rapport sur la programme forestier du Gabon. Mitteilungen des Internationalen Forstkongresses, Budapest, 1936.
34. *Henrici*: Physiological studies in South Africa. Report of the Director of Veterinary Education Res. Pretoria, 1927.
35. *Henry*: Les sols forestiers, 1912.
36. *Heske*: Überblick über die Waldverhältnisse Westafrikas. Kolonialforstliche Mitteilungen. Bd. 1. H. 1. 1938.
37. — Ziele und Wege der tropischen Kolonialforstwirtschaft. Bd. 1. H. 1938.
38. — Der tropische Wald als Rohstoffquelle. Zeitschrift für Weltforstwirtschaft. Bd. 6. H. 7. 1939.
39. — Die Wälder des europäisch-afrikanischen Großraumes. Zeitschrift für Weltforstwirtschaft. Bd. 7. H. 5—6. 1940.
40. — Ziele und Wege der tropischen Waldwirtschaft. Zeitschrift für Weltforstwirtschaft. Bd. 5. H. 3. 1937.
41. *Hubert*: Etat actuel de nos connaissances sur la géologie de l'Afrique occidentale. Paris, 1921.
42. *Hugershoff*: Einiges über topographische Aufnahmen auf Reisen. Kolonialforstliche Mitteilungen. Bd. 1. H. 1. 1938.
43. *Jenny*: A Study of the Influence of climate upon the Nitrogen and organic matter content of the Soil. Columbia University of Missouri. Bul. 152. 1930.
44. *Jensen*: Contribution to the microbiology of australien soils. Proc. Linn. Soc., New South Wales, 1934.
45. *Jankowitsch*: Contribution à la meilleure compréhension du problème de l'azote dans les terres nord-africaines. Annales du Service botanique et agronomique de Tunisie, I. X, 1933.
46. *Kádár*: La morfologia dell' altipiano del Gilf Kebir. Societa Geografica Italian. Roma, 1937.
47. *Killian*: Etudes sur la Biologie des Sols des hauts Plateaux Algériens, I. et II. Annales agronomiques, X. 1936 et XI. 1937.
48. — L'amélioration du sol dans les pays steppiques et le rôle de la Botanique agricole. Alger, 1931.
49. — Contribution à l'étude écologique des végétaux du Sahara et du Soudan tropical. Bulletin de la Société d'Histoire naturelle de l'Afrique du Nord. 28. 1937.



50. — Etudes écologiques sur les fluctuations de la pression osmotique chez des psammophytes et quelques halophytes Algériens. Annales de Physiologie. Bd. XI. H. 1. 1935.
51. — Etudes comparatives de la biologie des sols du Nord et du centre Saharien, Annales Agronomiques. Paris, 1940.
52. — Sols et plantes indicatrices dans les parties non irriguées des oasis de Figuig et de Beni-Ounif. Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle de l'Afrique du Nord. Bd. 32. S. 301—314. Alger, 1941.
53. — *Bromus rubens* L. Contribution à l'étude des plantes annuelles xérophytiques du désert. Bulletin de la Société botaniques Suisse. Bd. 52. Berne, 1942.
54. Killian et Dubois: Etudes des conditions édaphiques qui déterminent la répartition des végétaux de rochers dans l'Atlas Mitidjien. Revue Générale de Botanique. Bd. 48. 1936.
55. Killian et Faurel: La pression osmotique des végétaux de sud Algérien. Annales de sud Algérien. Annales de Physiologie. Bd. XII. H. 5. 1936.
56. Killian et Fehér: Le rôle l'importance de l'exploration microbiologique des sols sahariens. S. 81—106 in La Vie dans la région désertique nordtropical de l'ancien monde. P. Lechevalier, Paris, 1938.
- 56a. Killian et Fehér: Recherches sur la Mikrobiologie des sols desertiques. Lechevalier, Paris, 1939.
57. Killian und Scaetta: Observations pédologiques et biologique faites dans la zone dépanage du Niger. Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle. Bd. 31. S. 115—126. Alger, 1940.
58. Keller: Die Methoden zur Erforschung der Ökologie der Steppen- und Wüstenpflanzen. Abderhalden, Handbuch der biologischen Arbeitsmethoden, XI, 6. Berlin, 1930.
59. Kreybig: Die Methoden der Bodenkartierung. Jahrbücher der ung. geologischen Landesanstalt, 1937.
60. Lehmann und Neumann: Bakteriologische Diagnostik, 1927.
61. Lemmet: Le sud Algérien. Alger, 1931.
62. Les Territoires de Sud de l'Algérie. Alger, 1930.
63. Lindau: Die mikroskopischen Pilze, 1922.
64. Lindau und Melchior: Die Algen, 1926.
65. Livingston und Koketsu: The water supplying power of the soil as related to the wilting of plants. Soil Science, IX, 1920.
66. Livingston: Carnegie Institute Washington, 50, 1916.
67. Maire: La Phytogéographie de l'Algérie et de la Tunisie, 1925.
68. — Etudes sur la flore et la végétation du Sahara central. 1933.
69. Méniand: Sur la politique forestière poursuivie au Cameroun. Mitteilungen des Internationalen Forstkongresses, Budapest, 1936.
70. Mildbraed: Über den Tropenwald Westafrikas. Kolonialforstliche Mitteilungen. Bd. 1. H. 1. 1938.
71. Nègre: Etude biologique de la flore bactérienne thermophile du Sahara. Paris, 1918.
72. Niehoff: Oberflächengestaltung, Niederschlag und Abfluß des Niger und seiner Nachbargebiete. Mitteilungen des deutschen Schutzgebietes, 1917.
73. Nowak: Documenta Microbiologica, 1927.
74. Pascher: Die Süßwasserflora, 1914—1937.
75. Physique du sol. Edité par l'Association internationale de la Science du sol, 1926.
76. Polchau, Schirmbaum, Musanga, Smithii, R. Brown: Kolonialforstliche Mitteilungen, Bd. 1. H. 1. 1938.
77. Rabenhorst: Kryptogamenflora, 1878—1937.



78. *Randon and Dhark*: Bacterial nitrification in tropical countries. Soil Science, I. 1934.
79. *Robinson*: The Soils. London, 1932.
80. *Rotmistroff*: Das Wesen der Dürre. Dresden und Leipzig, 1926.
81. *Rivkind*: Etudes des terres du Sahara. Annales du l'Institut Pasteur d'Algérie, I. 7. 1929.
82. *Savornin*: Notice géologique sur le Sahara central. Mission du Hoggar. VI. 1928.
83. — Notice géologique sur le Sahara central. Mission du Hoggar IV. No. 5. 1928.
84. *Scaëtta et Killian*: Observations pédologique et biologiques sur la latérite fossile, les sols latériques et les sols alluviaux, de Gao-Bilakalo. Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle de l'Afrique du Nord. Bd. 32. S. 225—241, 1941.
85. *Sekera*: Die nutzbare Wasserkapazität und die Wasserbeweglichkeit im Boden. Zeitschrift für Pflanzenernährung, Düngung und Bodenkunde, 22. 1931.
86. *Siegrist*: Abrégé de l'analyse physique du sol, etc. Comm. 9. de la S. I. G. M. A. Montpellier, 1930.
87. *Stebbing*: The problem of the Sahara and West Africa. Internationaler Forstkongreß, Budapest, 1936.
88. *Stocker*: Transpiration und Wasserhaushalt in verschiedenen Klimazonen. Jahrbuch für wissenschaftliche Botanik. H. 5. Bd. 78. 1933.
89. *Sutton*: The climate of Heluan. Cairo, 1926.
90. *Stebutt*: The problem of the Sahara in West Africa. Verhandlungen des II. Intern. Forstkongresses, Budapest, 1936.
91. *Shive et Livingston*: Plant World, 17. 1914.
92. *Theodoresco et Vageler*: Probleme der tropischen und subtropischen Bodenkunde. Bodenkunde und Pflanzenernährung, IV. H. 3—4. 1937.
93. *Vageler*: Der Kationen- und Wasserhaushalt des Mineralbodens. Berlin, 1932.
94. *Varga*: Etudes sur la Faune des protozoaires de quelques sols du Sahara et des hauts plateaux Algériens. Annales de l'Institut Pasteur. Bd. 56. S. 101. Paris, 1936.
95. *Waksman*: Principles of Soil Microbiology, 1934.
96. — Soil Microbiology. Annual Review of Biochemistry, I. V. 1936.
97. *Walter*: Die Anpassungen der Pflanzen an den Wassermangel. München, 1926.
98. — Die Wasserverhältnisse an verschiedenen Standorten in humiden und ariden Gebieten. Beihefte zum Bot. Centralblatt, 49. 1932.
99. — Die biologischen Grundlagen der Kolonisation in Libyen. Biologie, VIII. Jahrg. H. 7—8. 1939.

### XXIII. Werke vom allgemeinen Inhalt.

100. *Almásy*: Explorations dans le desert lybique. Cairo.
101. *Augiéras*: Mission Transsaharienne Alger—Dakar. Paris.
102. *Buchanan*: Sahara. London, 1926.
103. *Chudeau*: Sahara Soudanais. 1909.
104. *Demoulin*: La vie des Touareg du Hoggar. Annales de Geographie. 1928.
105. *Forbes (Rosita)*: Geographical Journal. London, 1921.
106. *St. Gsell*: Histoire Ancienne de l'Afrique du Nord. Paris, 1913.
107. *Hassanini Bey*: Rätsel der Wüste. Leipzig, 1926.
108. *Haardt, Auodoin—Dubreuil*: Die erste Durchquerung der Sahara im Automobil. Berlin, 1924.
109. *Klute*: Handbuch der geographischen Wissenschaft. Afrika.
110. *Mission Oulufsen*, 1922—23. Kopenhagen, 1926.
111. *Nachtigall*: Sahara und Sudan. Berlin, 1879.
112. *Rohlf's*: Kufra. Leipzig, 1881.
113. *Fehér*: Quer durch die Sahara. (Ungarisch.) Sopron, 1944.



## La vie des sols desertiques.

Rapport de la Mission Saharienne Killian—Fehér de l'année 1936.\*)

(Travail du Laboratoire de Biologie Saharienne de Beni Ounif et de l'Institut Botanique de l'Université Hongroise de Sopron.)

Rapporteur: D. Fehér.

### Résumé.

Le présent travail a eu comme but l'étude de la microbiologie des sols sahariens. Les premières Recherches, relatives à ce sujet, remontent à l'année 1934; dès lors nous avons pu mettre en évidence que les sols du Nord saharien renferment une vie microbienne active; cette fois-ci nous avons réussi à prouver que tous les sols désertiques y compris ceux qu'on prenait autrefois pour complètement stériles sont peuplés de microorganismes. Nous nous sommes astreints à préciser les conditions de vie dans des sols désertiques extrêmes. Afin de disposer d'un matériel aussi varié que possible nous avons étendu nos Recherches depuis le 37<sup>e</sup> degré de latitude au 16<sup>e</sup> degré de latitude, donc sur une ligne traversant le Sahara de Alger par le Hoggar jusque Agadez dans le Soudan. Des échantillons ont été prélevés parmi les principaux types de sols sahariens et les sols les plus caractéristique des steppes et des savanes du Soudan. A côté de ces terres du désert, proprement dites, nous avons étudié quelques échantillons provenant des oasis ou de la haute montagne du Hoggar.

Nos deux prélèvements extrêmes sont distants de 2000 km. environ et le nombre total d'échantillons récoltés sur ce parcours est de 68.

Nous nous sommes donc posés comme but, d'une part, d'étudier quantitativement la flore microbienne des sols désertiques et, d'autre part, de déterminer son activité vitale, en mesurant la respiration du sol. Pour ces études nous avons utilisé les anciennes méthodes indirectes de culture, puis la méthode directe de Rossi et Cholodny.

Mais nos Recherches ne se sont pas limitées aux études purement biologiques: nous avons exploré, en sus, d'une façon aussi complète que possible, les conditions chimiques et physiques des sols sahariens.

Voici les résultats les plus importants de notre travail concernant la microbiologie des sols désertiques:

1<sup>o</sup>. a) Il est prouvé définitivement que les sols sahariens sont peuplés

\*) Les resultates details sont déjà publié dans le livre: Killian—Fehér et Frank: Recherches sur la Microbiologie des sols desertiques, édité par P. Lechevalier in Paris, 1939



d'une flore microbienne très nombreuse. Nous avons isolé 98 espèces de Bactéries, 28 espèces de Champignons microscopiques et 84 espèces d'Algues.

b) Le dosage de la respiration du sol prouve que la plupart de ces microorganismes ont une vie active.

c) Grâce à l'utilisation de la méthode microscopique directe nous avons pu prouver l'existence de ces micro-organismes, à l'état végétatif, dans les sols désertiques les plus absolus.

2°. Nous fondant sur ces faits nous avons pu conclure que le minimum de la teneur hydrique du sol, indispensable à la vie microbienne est beaucoup moins élevée qu'on ne le supposait autrefois. Très fréquemment les sols étudiés étaient desséchés à un tel point qu'ils ne perdaient plus de poids du tout, dans l'étuve. Comme ils renferment, malgré tout, des organismes vivants, *nous en concluons que les limites de la vie microbienne sont bien plus étendues qu'on ne le pensait jusqu'à présent.* Il est donc probable que les microorganismes du sol se contentent de quantités infimes d'eau que l'on ne peut plus détecter par les méthodes pondérales ordinaires. Ou bien l'eau qu'ils utilisent résulte d'une condensation dans les espaces capillaires du sol, à la suite des changements très brusques des températures qui caractérisent précisément les sols désertiques.

3°. En raison de leur adaptation très poussée aux conditions extrêmes les microorganismes désertiques doivent disposer de forces osmotiques bien supérieures à ce que l'on supposait jusqu'ici.

4°. La nature a doué toutes ses créations d'une faculté merveilleuse d'adaptation. Notre modeste science saurait à peine évaluer quelles sont les conditions limites, imposées par elle, et compatibles avec la perpétuation de la vie. Nos Recherches en fournissent de nouveaux témoignages, tout en démontrant la fragilité des opinions plus anciennes, fondées uniquement sur des expériences in vitro.

5°. Nous avons pu retrouver, au cours de notre lointaine randonnée, toutes les nouvelles espèces de Bactéries, isolées et identifiées lors de nos premières Recherches et nous insistons sur le fait qu'elles sont répandues dans tout le Sahara.

Il s'agit des microorganismes suivants:

Streptococcus luteus,  
Clostridium album liquefaciens,  
Clostridium album non liquefaciens,  
Clostridium luteo-album,  
Actinomyces nigricans,  
Actinomyces Saharæ.



6°. Dans des sols désertiques extrêmes sont les Champignons microscopiques relativement nombreux. La prédilection de ces premiers pour les sols arides prouve qu'ils sont plus résistants que les Bactéries. Ce résultat confirme entièrement nos observations antérieures et celles faites par *Fehér* dans les steppes continentales de la Hongrie.

7°. Parmi les Bactéries des sols désertique proprement dits prédominent les Bacilles sporifères et les Actinomycètes. Cette observation vient à l'appui des résultats de notre premier mémoire et des publications plus anciennes de *Fehér*.

8°. Parmi les Champignons microscopiques un pourcentage important appartient aux genres *Aspergillus* et *Penicillium*, connus par leur résistance. Nous avons isolé, de même, assez fréquemment, les genres *Syncephalastrum* et *Trichoderma*, Champignons du sol très typiques.

9°. Un autre caractèr important de nos sols désertiques réside dans l'abondance des Algues. Parmi les espèces les plus fréquentes nous citons les suivantes:

*Microcystis pulverea*,  
*Nostoc commune*,  
*Nostoc elipsosporum*,  
*Pleurocapsa cuprea*,  
*Botrydiopsis arhiza*,  
*Chlorococcum humicolum*,  
*Palmella miniata*,  
*Schizochlamys gelatinosa*.

10°. Il n'est pas étonnant de constater que le nombre des microorganismes est au minimum dans les sols désertiques extrêmes. Mais nous avons trouvé, avec surprise, que les diverses Bactéries intervenant dans le cycle de l'Azote, en particulier les espèces nitrificatrices et dénitrificatrices puis fixatrices de l'Az, y figurent toujours; elles se retrouvent de même, dans la plupart des autres sols désertiques. Parmi les sols, particulièrement pauvres en microorganismes se rangent les sols caillouteux et graveleux, de même les sols de délitescence des Hautes Montagnes; au contraire les sols des savanes et des steppes et, bien entendu, les sols des oasis, sont les plus riches, au point de vue microbiologique.

Il existe un rapport très précis entre l'intensité respiratoire et les taux microbiens qui peut s'exprimer par la formule déjà établie dans notre premier Mémoire.

12°. Nous renvoyons au texte de notre travail pour tout ce qui concerne les analyses physiques et chimiques des sols désertiques.

13°. Nous avons régulièrement relevé la flore phanérogamique aux endroits où nous avons prélevé nos sols. En comparant ces relevés de place



en place, nous avons trouvé que la limite entre le désert et la savane soudanaise peut être située au 19<sup>e</sup> degré lat., entre In Guezzam et Aban-rarit.

14<sup>o</sup>. Nous avons ajouté, comme appendice, les observations météorologiques faites au cours de notre expédition. Nous insistons, en particulier, sur les résultats de nos mesures relatives aux températures des sols et de l'intensité de la radiation solaire.





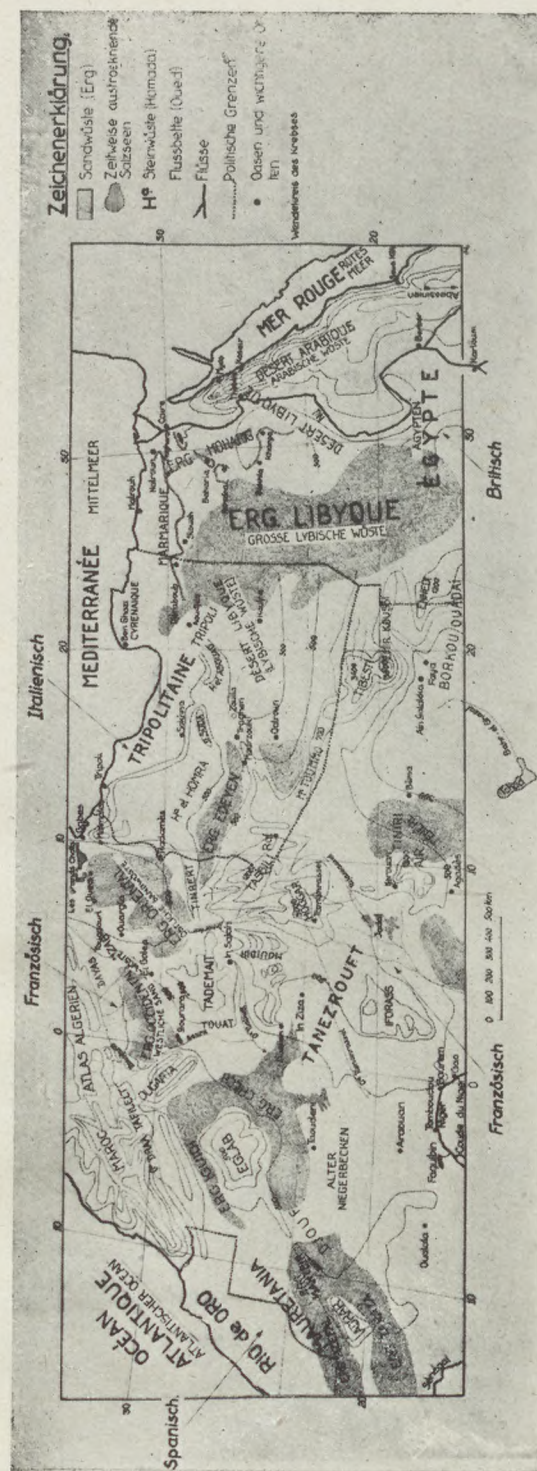


Abb 1.

Die Oberfläche der Sahara. Zusammengestellt nach der Skizze von F. Gantier mit Ergänzungen des Verfassers





Abb. 2.

Verwaltungskarte der französischen Sahara. Die Sandwüsten sind punktiert eingezeichnet.





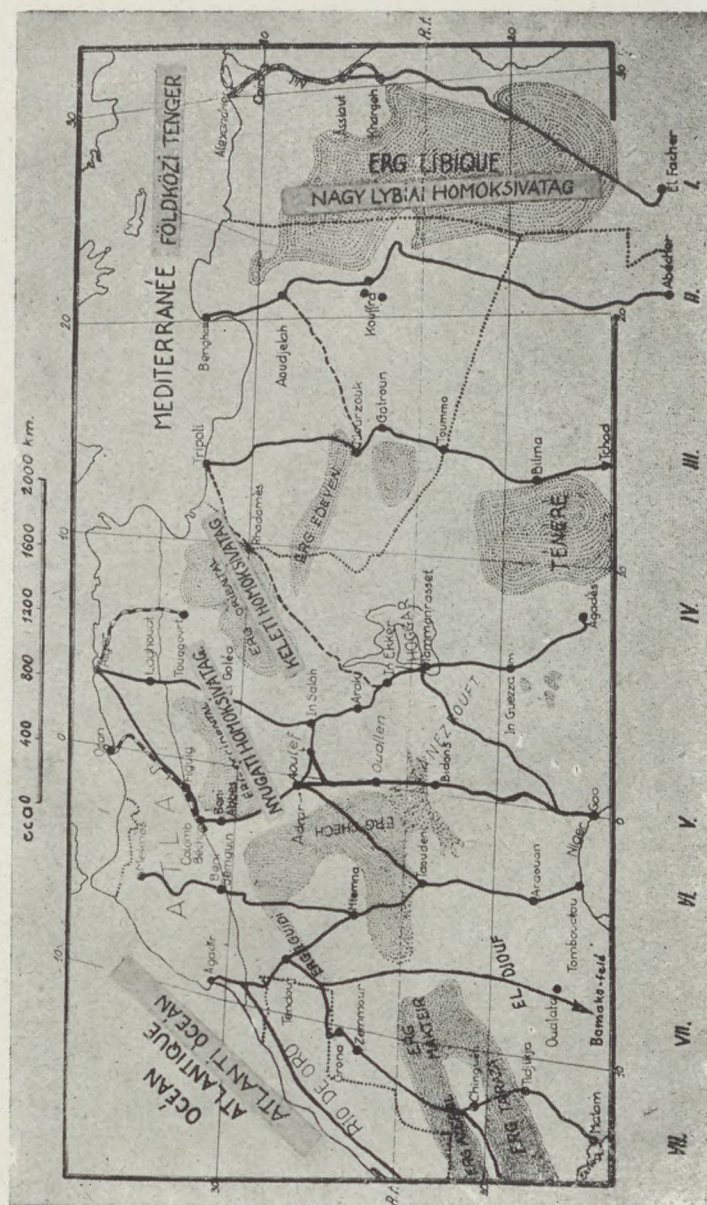


Abb. 3.  
Die wichtigsten Verbindungswege und Eisenbahnen der Sahara.





Abb. 4.  
Die beiden wichtigsten Kraftwagenlinien des Saharaverkehrs und der Weg der ersten Kraftwagenexpedition von Citroen im Jahre 1922.





Abb. 5.  
Der Reiseweg der Expedition mit den Versuchsflächen.



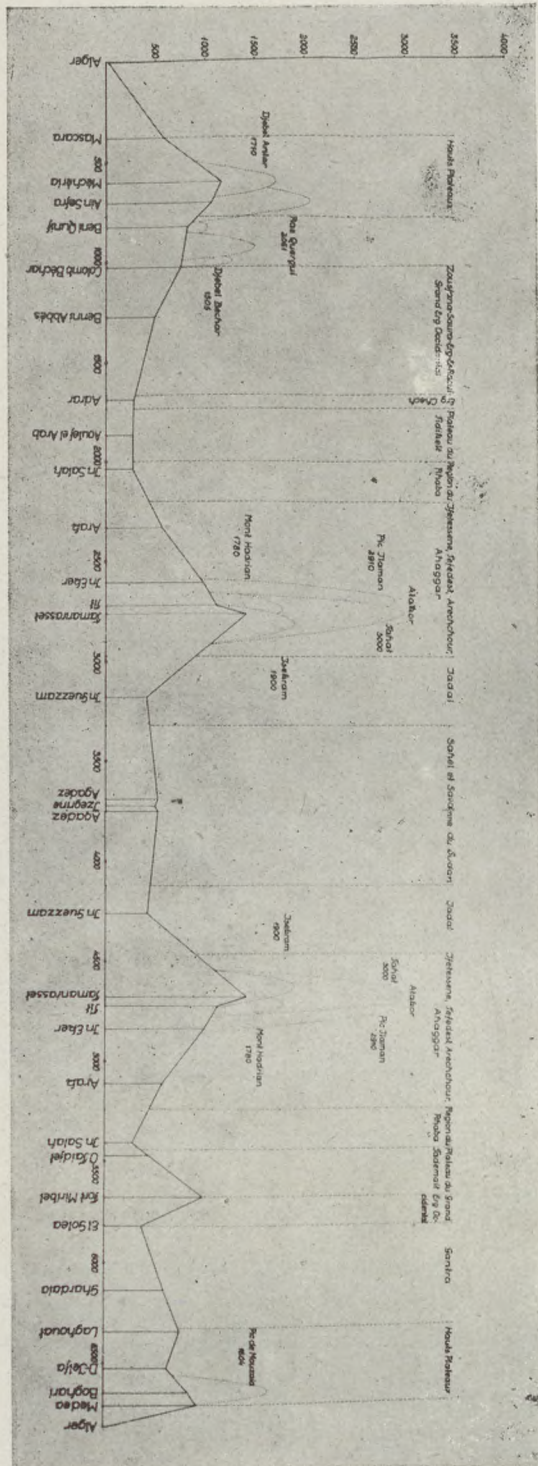


Abb. 6.  
Längsschnitt des Reiseweges. An der x-Achse die Entfernungen in Kilometern, an der y-Achse die Höhen in Metern.







Abb. 7.

Die Regenkarte der Sahara nach den neuesten Aufnahmen zusammengestellt.

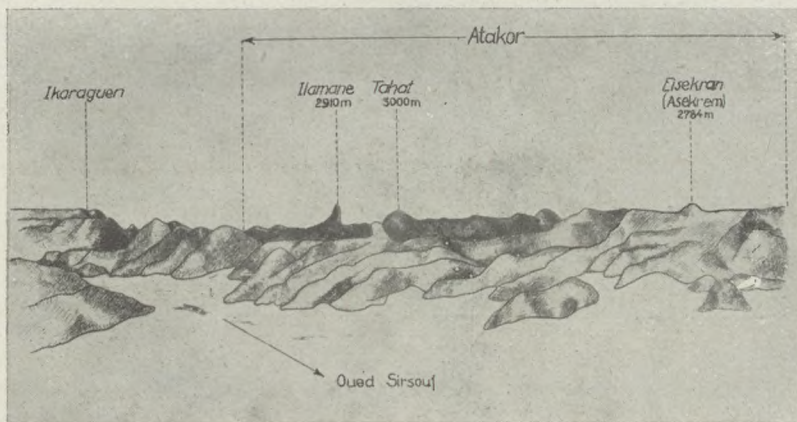


Abb. 8.

Die höchste Gebirgskette des Ahaggars der Atakor von der Hochfläche von Tamanrasset aus gesehen. (Nach Les Territoires du Sud de l'Algérie. Alger, 1929.)



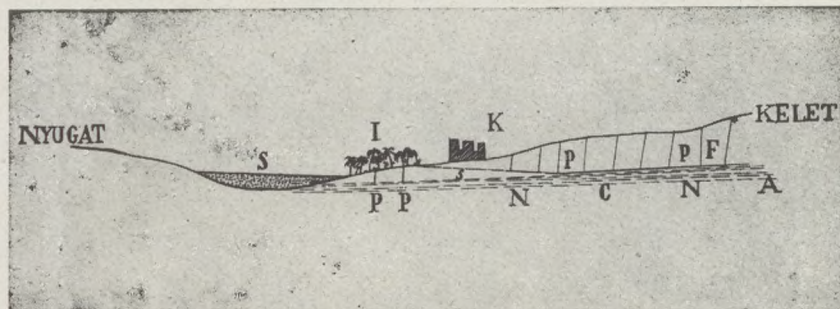


Abb. 9.

Längsschnitt einer „Foggara“ (nach Guillaume). *S* = salziger Seegrund (Sebkra), *J* = Palmengarten, *P. P* = Brunnen mit Schöpfwerk (Khottara), *p. p.* = System der Luftschächte zwecks Durchlüftung des Wassers, *s* = Stollen, *N. N.* = unterirdische Wasserbecken, die durch die Foggara verbunden wurden, *F* = Anfang der Leitung.



Abb. 10.

Das Gebäude der biologischen Wüstenstation der Universität Alger in Beni-Ounif. Im Hintergrund das marokkanische Grenzgebirge mit der Oase Figuig.



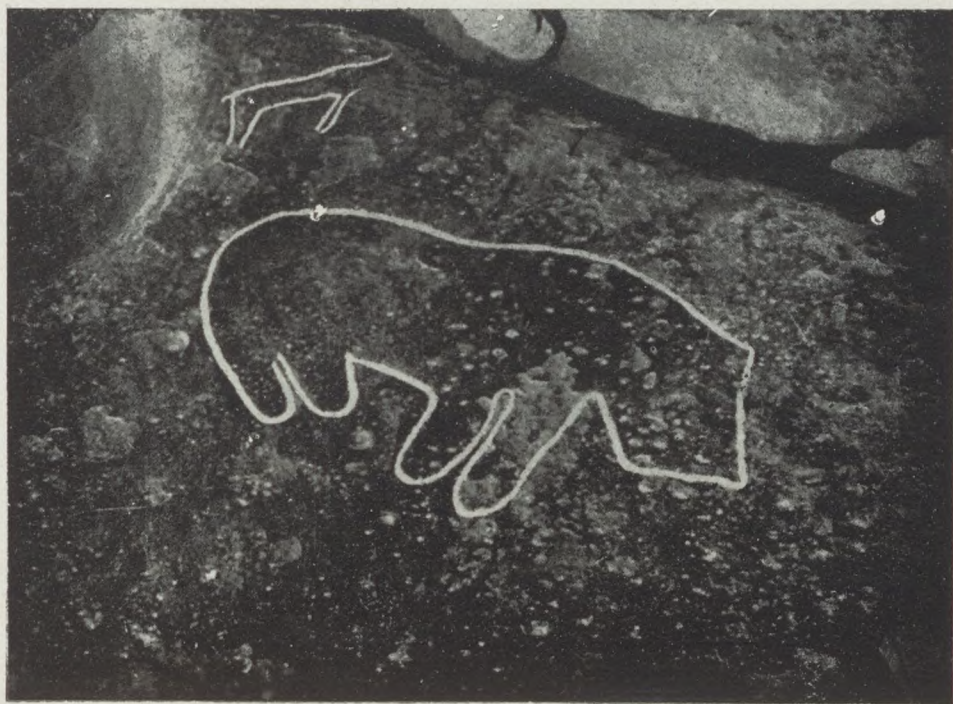


Abb. 11.  
Eingemeiselte Felsenzeichnungen aus der Umgebung von Beni-Ounif. (Wahrscheinlich  
steinzeitlichen Ursprungs.)



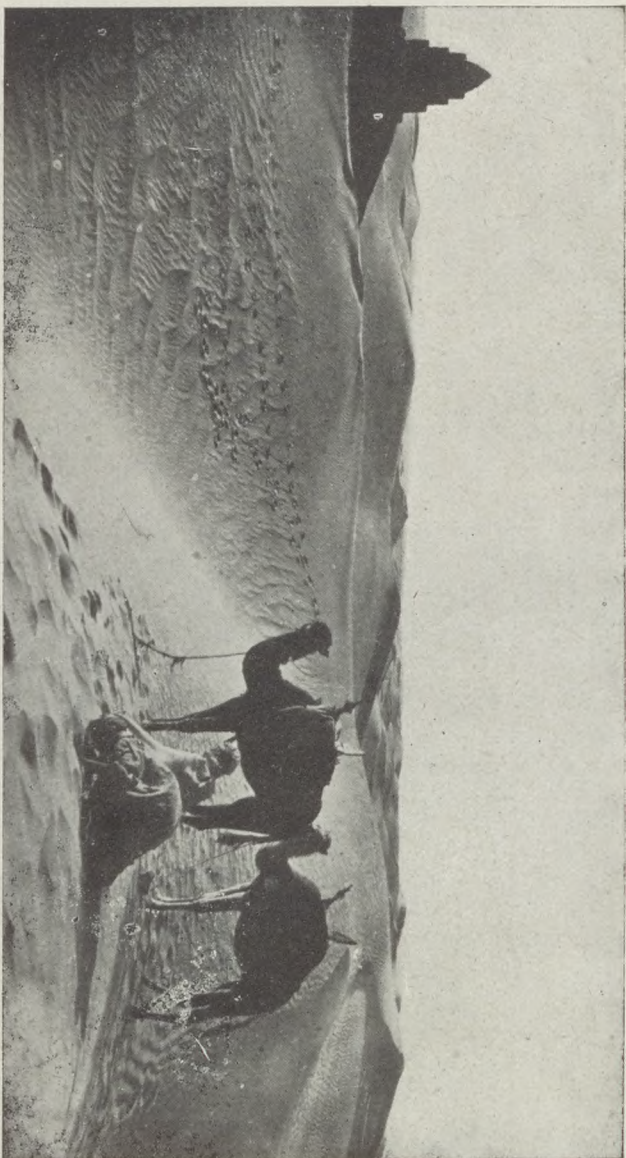


Abb. 12.  
Sonnenuntergang in der östlichen großen Sandwüste in der "Zemoul el Akbar". Links eine „Kouba“, Grabstätte eines Heiligen. (Aufnahme: J. Combier.)







Abb. 13.  
Die zugeschnittene Atlas-Hochfläche bei Ain-Sefra. Im Vordergrund zerstreut Büscheln von  
Halfa-Gräsern. (*Stipa tenacissima*.)



Abb. 14.  
Typischer Bodenprofil eines harten Regbodens in der Umgebung von Beni-Ounif.





Abb. 15.  
Cedernurwald (*C. Atlantica*) in den Mitidja-Atlas bei Teniet el Had.  
Cca 1200—1400 m ü. d. M.



Abb. 16  
Die Nordgrenze der Sandwüste Zousfana bei der Oase Beni-Ounif. Im Hintergrund das  
Quellengebiet des Oued Zousfana: das Djebel Tahtani-Gebirge



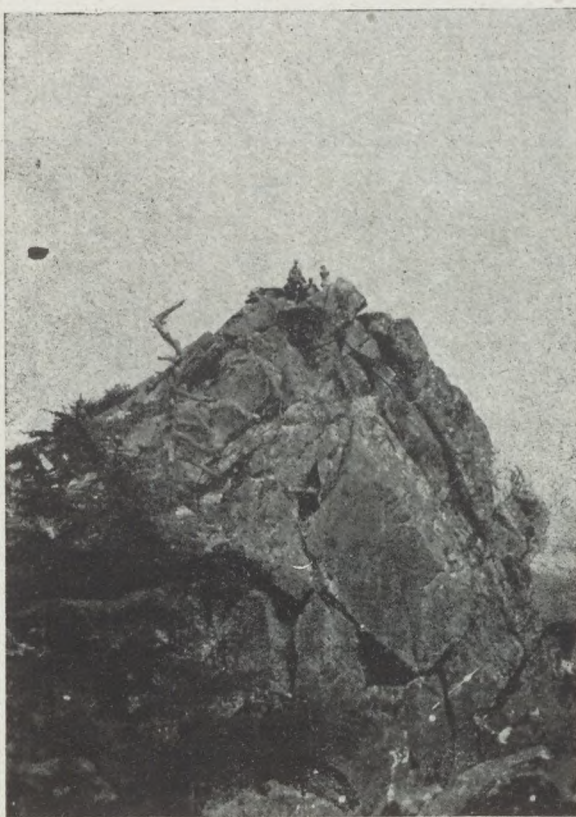


Abb. 17.

Die Höhengrenzen der *Cedrus Atlantica* auf dem Kef Zigha (cca 1800 m ü. d. M.) bei Teniet el Had in dem Mitidja-Atlas Algeriens.



Abb. 18.

Der schlichte mohamedanische Friedhof bei der Oase Sba vor Adrar mit einer Kouba. (Grabstätte eines Heiligen.) Ein Stein am Kopf und einer am Fuße! Allah akbar!



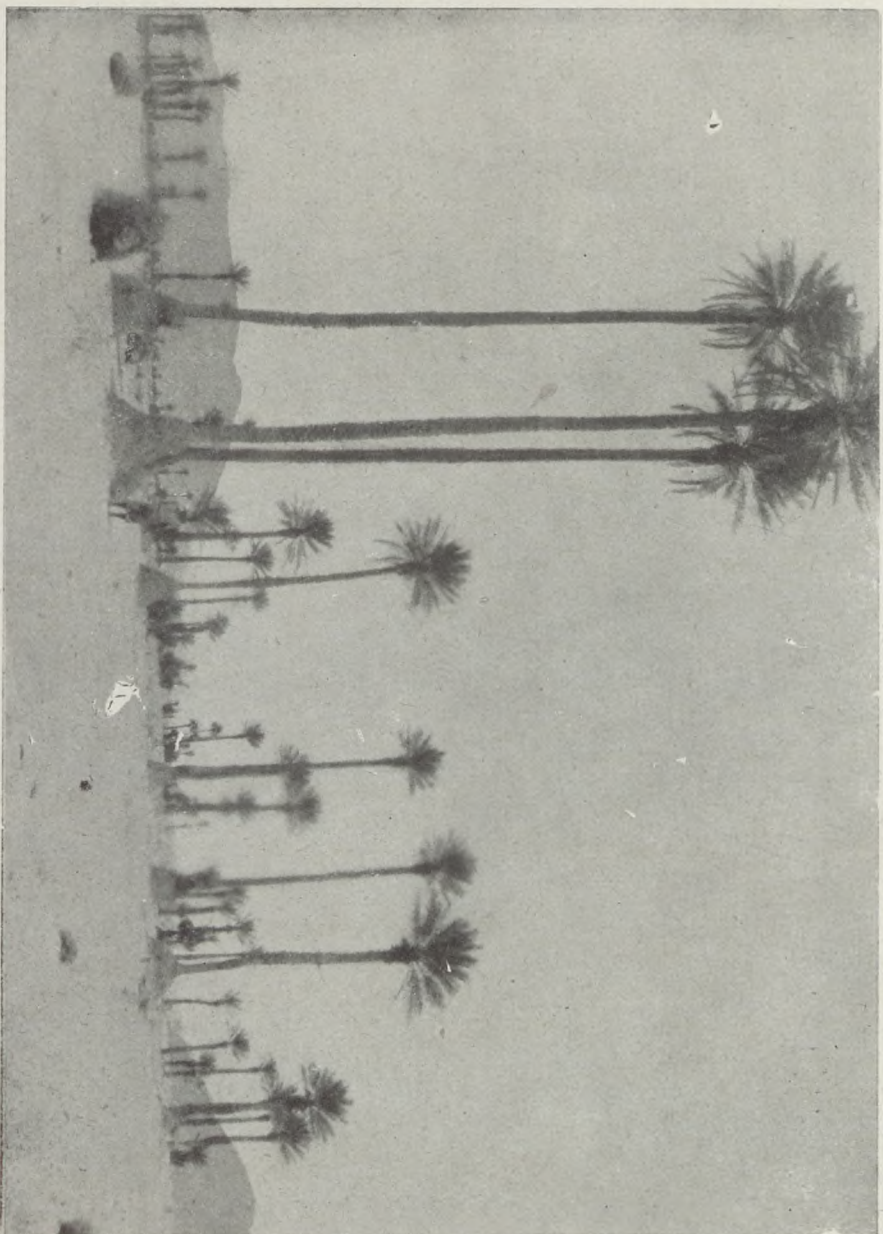


Abb. 19.  
Dattelpalmen am Südrande der Oase Beni-Ounif. Im Hintergrund das Taktani-Gebirge.





Abb. 20.  
Anabasis articulata Association auf einem Regboden zwischen Beni-Ounif und  
Colomb-Bechar



Abb. 21.  
Das Tal des Oued Bediouhat, hinter Colomb-Bechar. Im Vordergrund: Acacia Raddiana.





Abb. 22.  
Dattelpalmen-Oase in Colomb-Bechar.



Abb 23  
Vegetationsloses Nitratfeld bei der Oase Sba. Versuchsfläche II. Das Salz kristallisiert  
sich als weiße Kruste an der Oberfläche des Bodens aus.



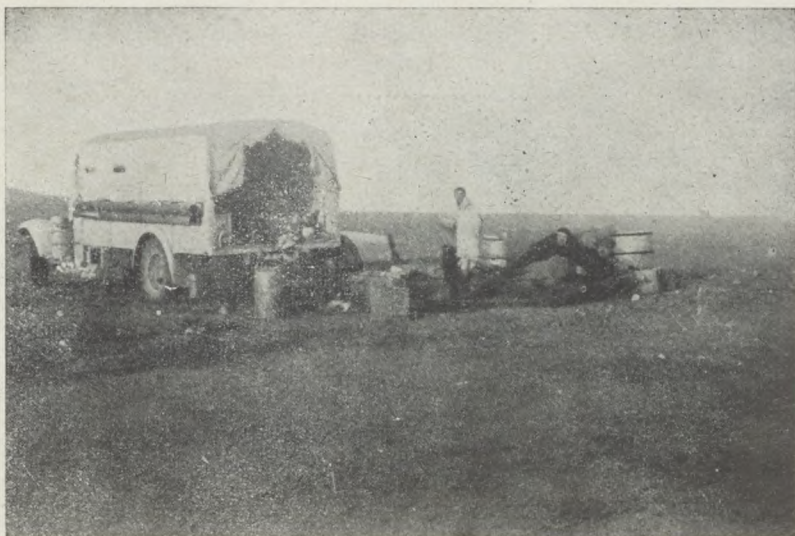


Abb. 24.

Das erste Freilager der Expedition zwischen Beni-Abbés und Adrar am Nordrande des Erg Rhaba in der Morgendämmerung. In der Mitte *Lumeau* nach der gelungenen Reparatur der Wagenachse.



Abb. 25.

Das Karavanenserail in Adrar.



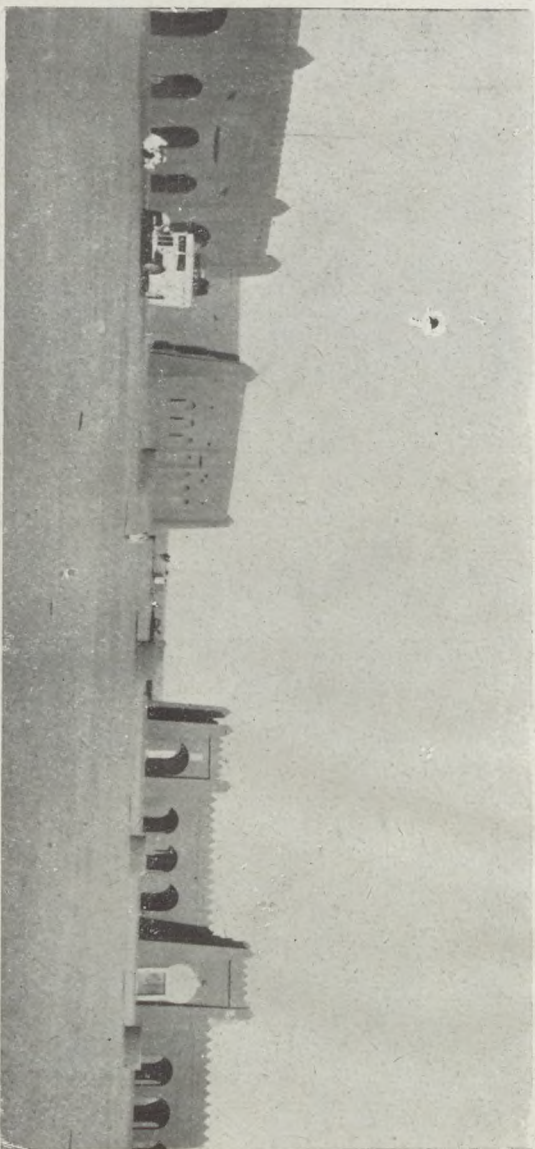


Abb. 26.  
Der Hauptplatz der Oase Adrar mit dem Kurierwagen Alger—Timbuktu.



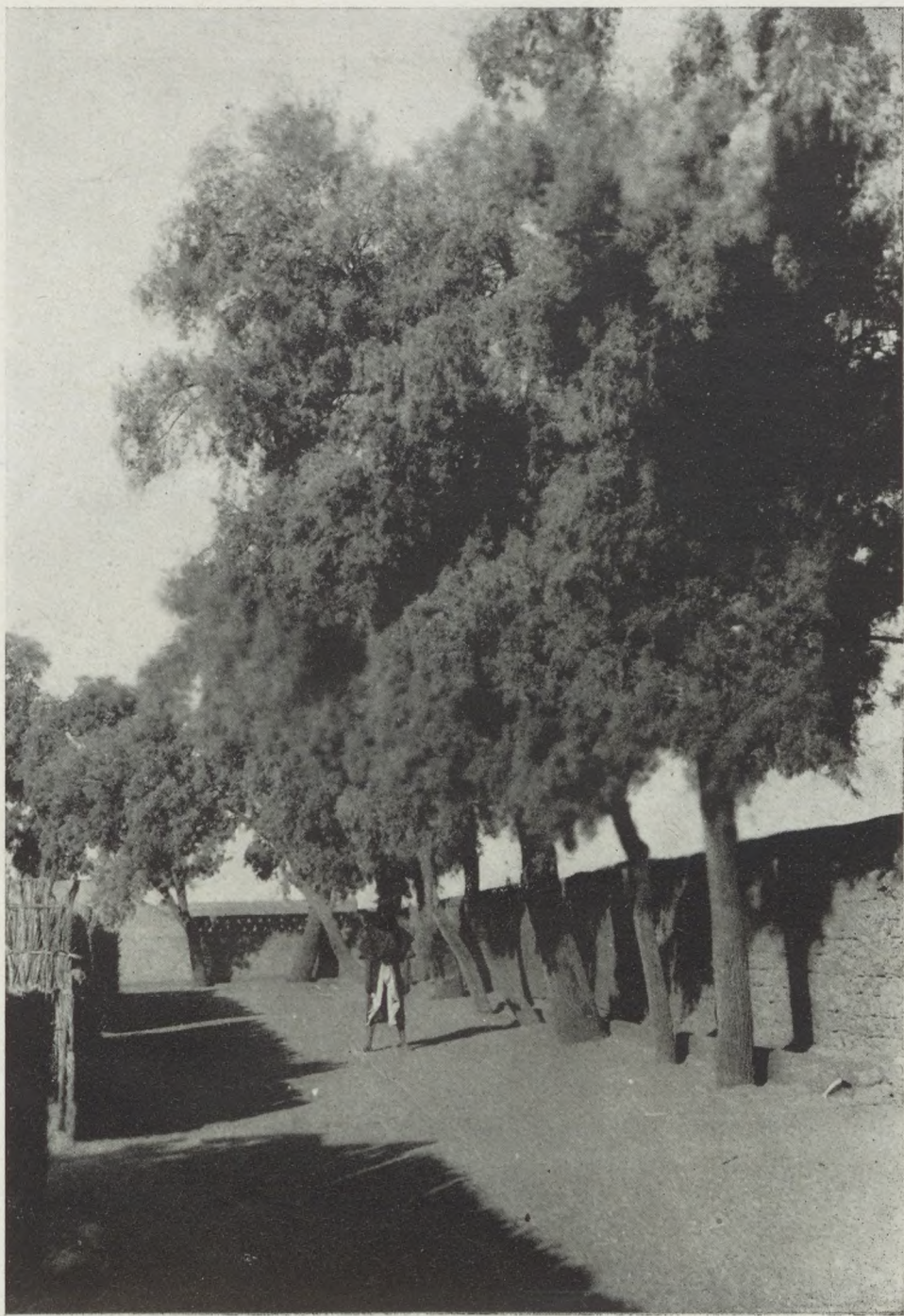


Abb. 27.

Ältere Bäume der *Tamarix africana* in der Oase Aoulef-el-Arab.





Abb. 28.  
Versteinerte Hölzer auf dem Tidikelt-Plateau.



Abb. 29.  
Versteinerte Baumstämme auf dem Tidikelt-Plateau.



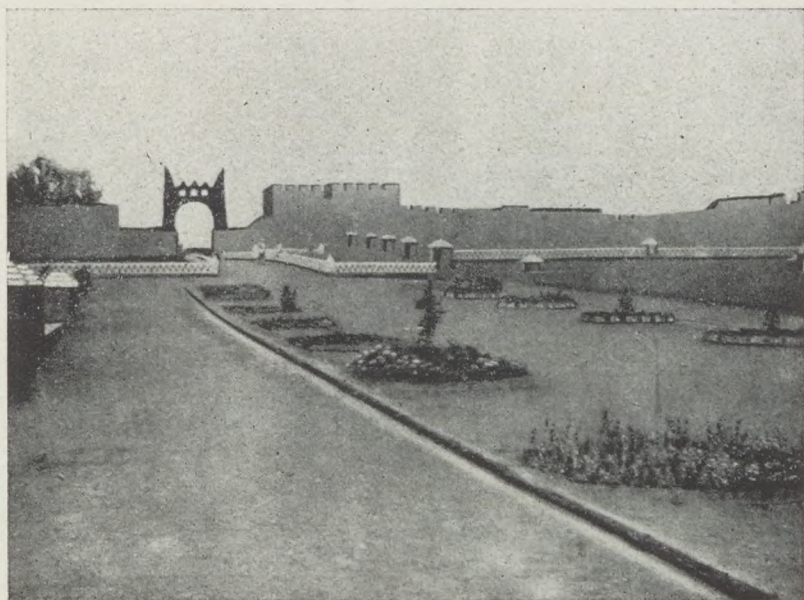


Abb. 30.  
Der Bordj in In-Salah.

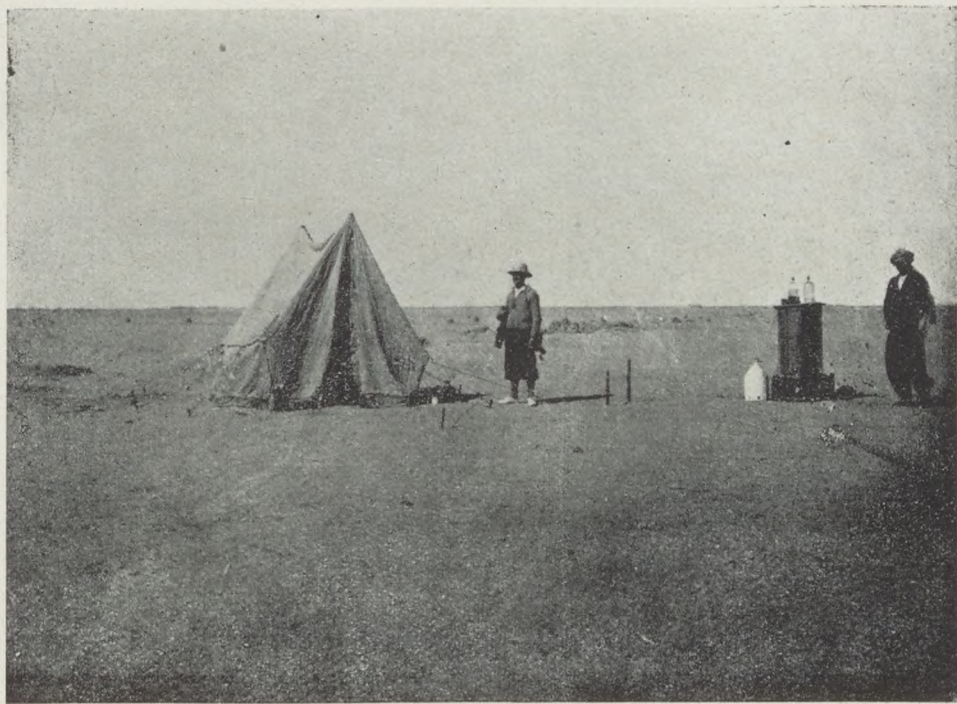


Abb. 31.  
Bodenatmungsmessung auf einem vegetationslosen, harten, steinigen Wüstenboden bei  
Adrar. Versuchsfläche I.





Abb. 32.

Das sandige Tal Oued Keo-Kedda beim Nordeingang des Araktales. Versuchsfläche XXI.  
Tamarix-Gruppen und Panicum turgidum-Büschelein.



Abb. 33.

Die Gypsfelder in In-Salah. Gyps bildet dicke Krusten an der Oberfläche.





Abb. 34.  
Roggenfeld in der Oase In-Salah. Im Hintergrund eine größere Wanderdüne des Erg  
Rhaba, die langsam in die Oase eindringt. Versuchsfläche VII. mit dem Bodenatmungs-  
apparat.



Abb. 35.  
Die Begegnung des Expeditionswagens mit dem Kurierwagen Alger—Fort-Lamy,  
Typischer „Reg“-Boden bei In-Salah.



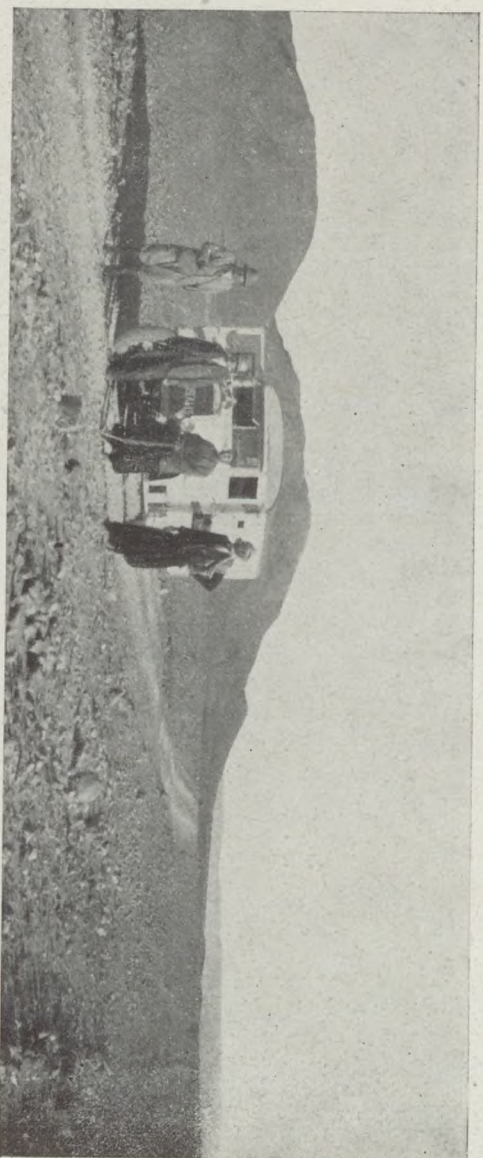


Abb. 36.

Die Expeditionswagen beim Hoggareingang im Gebiete des Djebel-Onogoul. Im Hintergrund das Mouyür-Gebirge.





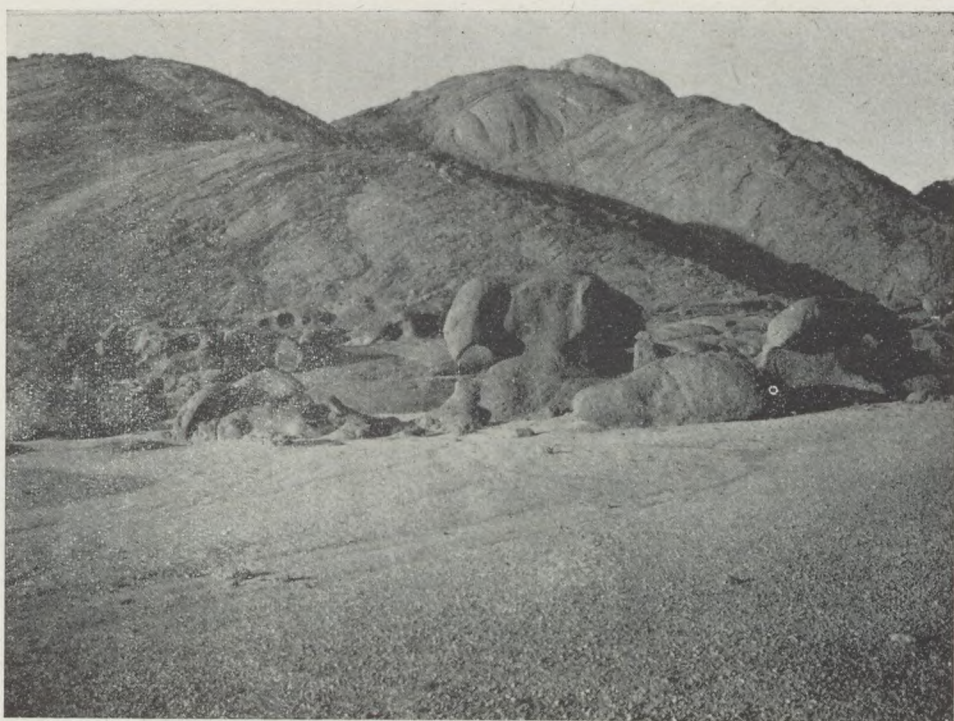


Abb. 37.  
Vom Wind ausgehölte Felsen bei dem Adrar Tinakor im Ahaggar.

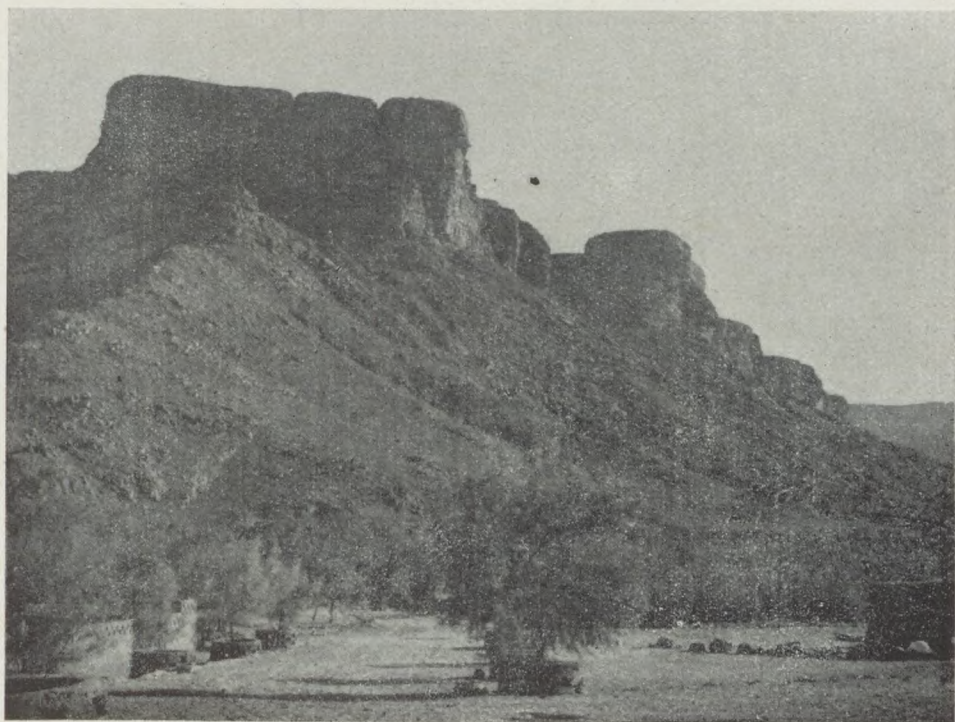


Abb. 38.  
Die Felsenwände des Araktales, vom Westen gesehen. Rechts in der Niederung  
Typha elephantina, vorne Tamarisken.





Abb. 39.

Das Tal des Oued-Botha am Nordrande des Ahaggars. Versuchsfläche 18. *Acacia seyal*, *Artemisia judaica*, ssp. *sahariensis*, *Panicum turgidum*, *Tamarix aphylla*, *Aristida pungens*, *Calligonum comosum* etc.

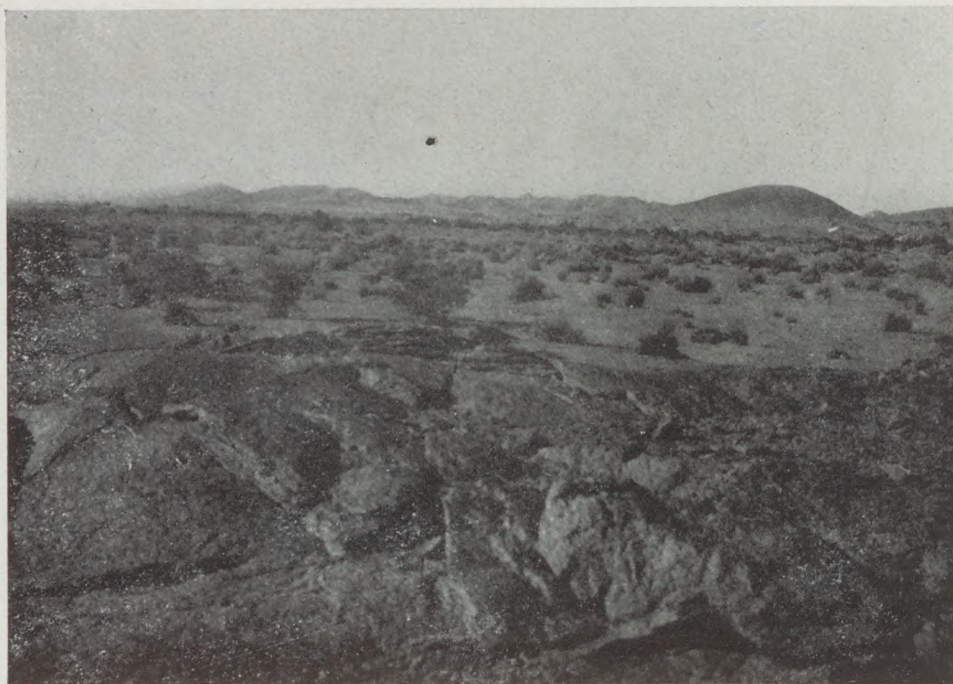


Abb. 40.

Das Tal des Oued-Takoula. Im Hintergrund das Djebel-Abakbar. Versuchsfläche 19. *Acacia Raddiana*, *Tamarix spec.*, *Panicum turgidum* etc.





Abb. 41.

Die hohen Felsenwände des Araktales bei der Versuchsfäche XXV. Im Hintergrund größere Baumgruppen von *Tamarix gallica*.



Abb. 42.

Versuchsfläche 23. im Flußbett des Oued-Mellene bei dem Adrar-Tinakor im Ahaggar. Cca 955 m ü. d. M. Vorne *Acacia Raddiana*, *Maerua crassifolia*, *Trichodesma africanum*, *Euphorbia granulata*, *Pulicaria undulata* etc.





Abb. 43.  
Das 1400 m hohe Bergmassiv des „Adrar Siledrar“ im Hoggar-Gebirge. Im Hintergrund das Ifetesene-Gebirge.



Abb. 44.  
Versuchsfläche 27. im Tale des Oued-Ani-Akli auf der Hochfläche des Ahaggars. Cca 1100 m ü. d. M. Im Vordergrund *Callotropis procera* mit *Panicum turgidum*. Im Hintergrund von links nach rechts der Pic-Ilaman 2910 m und der Tahat 3000 m mit dem Atakor.



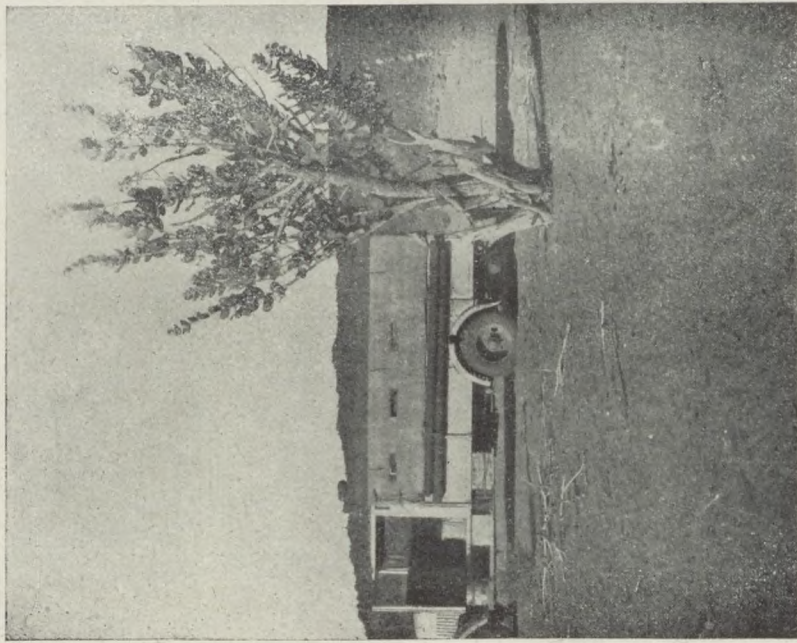


Abb. 45.  
Blühende *Callotropis procera* im Tale des Oued-Ani-  
Akli im Hoggar.

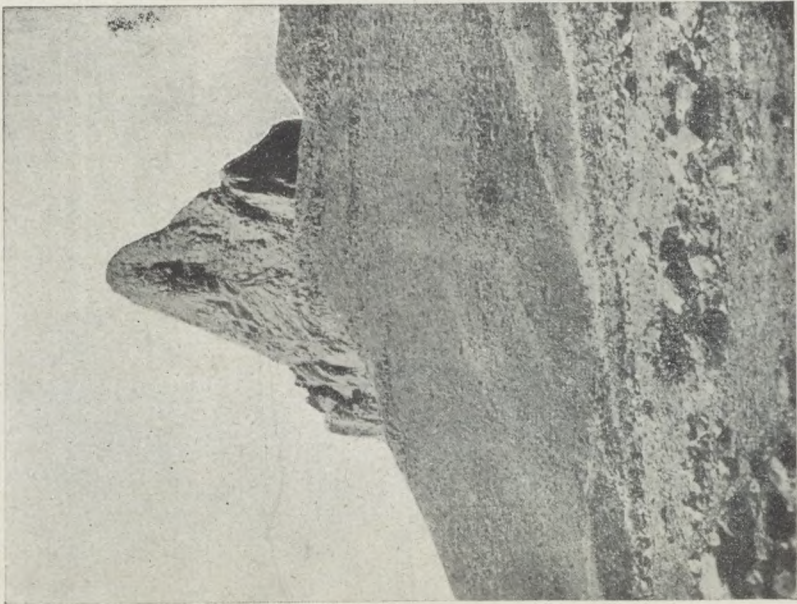


Abb. 46.  
Die Basaltspitze Pic-Illaman im Ahaggar 2910 m.  
(Aufnahme von R. Maire.)





Abb. 47.

Vom Wind ausgehöhlten Felsen des Tinakor.



Abb. 48.

Tamariskenhaine im Tale des Oued-Abezzou bei In-Eker.



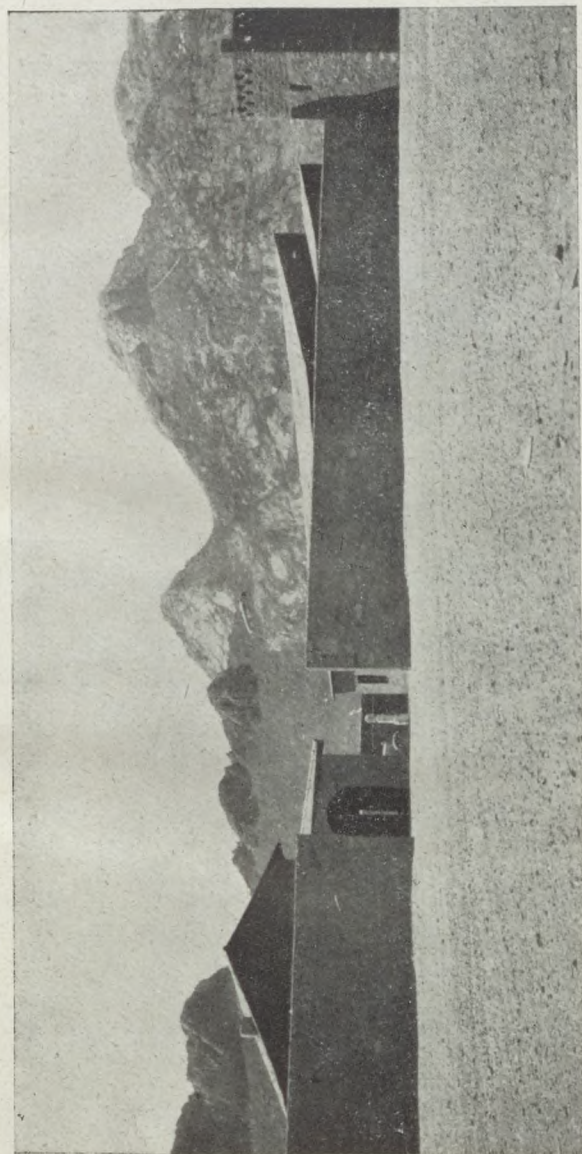


Abb. 49.  
Das Fort In-Eker am Fuße des Taurirt-Tan-Afella Gebirges.





Abb. 50.

Typisches Oued-Tal bei Tamanrasset mit Acacien (*Acacia Raddiana*) und Gräsern im Zentral-Hoggar.



Abb. 51.

Ausblick von der Spitze des Mont-Adriane. Vorne das Djebel-Tinhamour (2500 m), im Hintergrund links der 2784 m hohe Asekrem. Unten die Karavanenstraße nach der Oase Rhat an der lybischen Grenze.



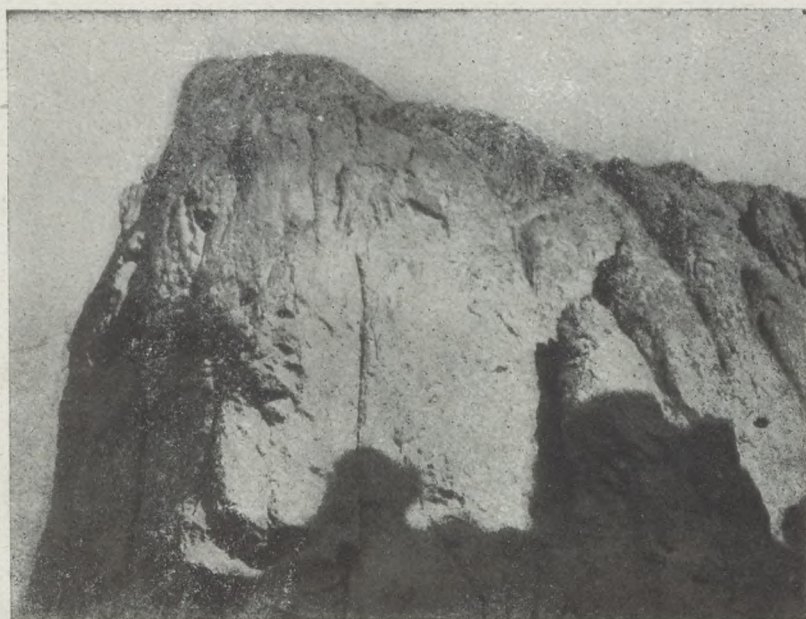


Abb. 52.  
Der Basaltkegel des Mont Adriane. Cca 1780 m. Oben die Versuchsfläche XXIII.



Abb. 53.  
Erloschener Basaltvulkan bei Tamanrasset.



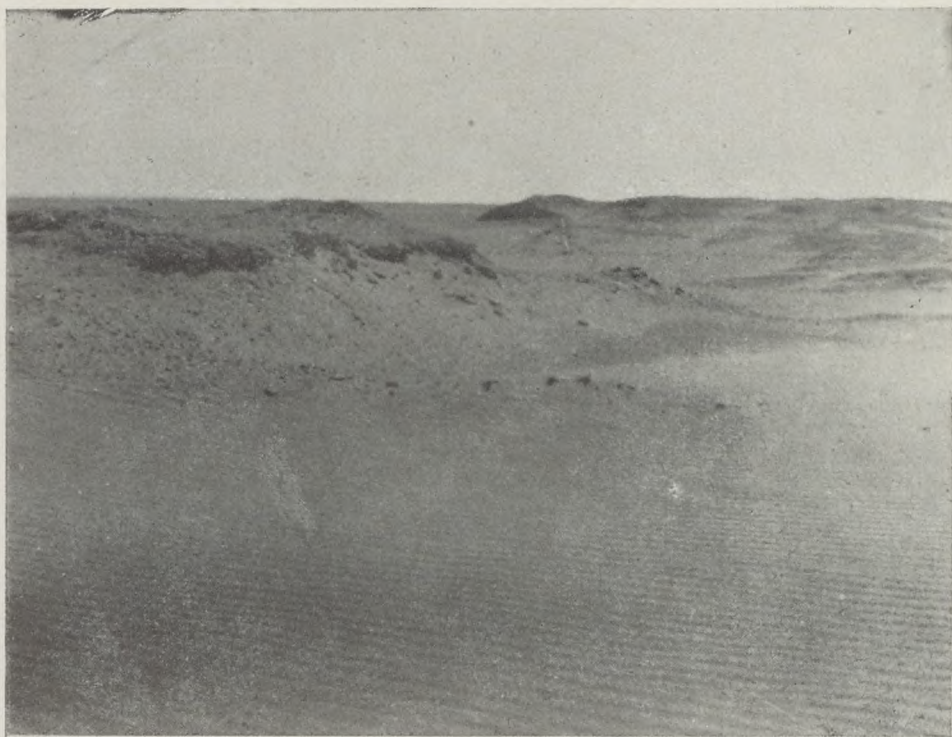


Abb 54.

Der Tanezrouft zwischen In-Guezzam und Tamanrasset.



Abb. 55.

Steinzeitliche Funde aus der Umgebung von In-Guezzam (Süd-Sahara). Roh bearbeitete Steinbeile, in der Mitte eine steinerne Pfeilspitze, rechts Knorpelfischreste



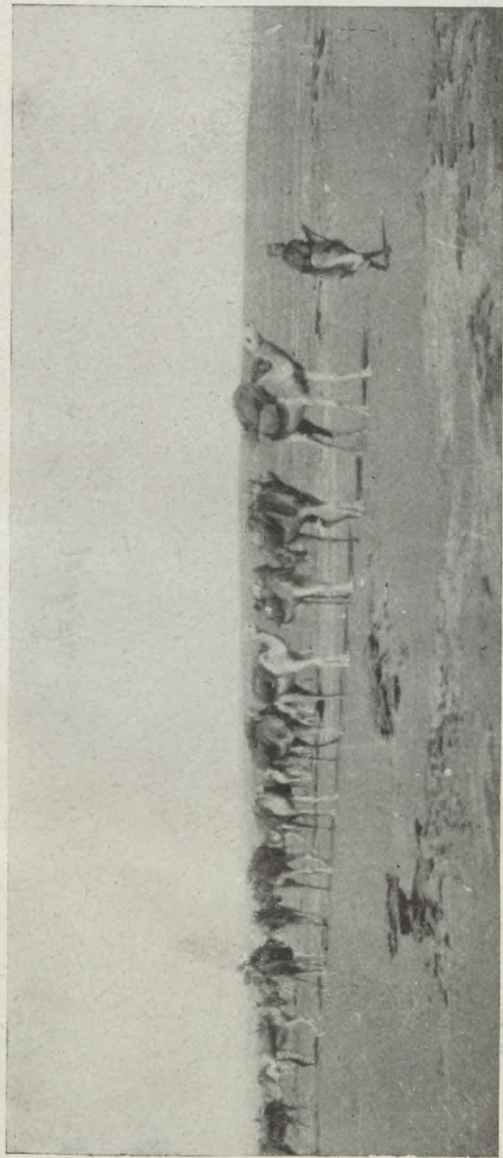


Abb. 56.  
Marschierender Tuaregkaravan in dem Tanezrouft.



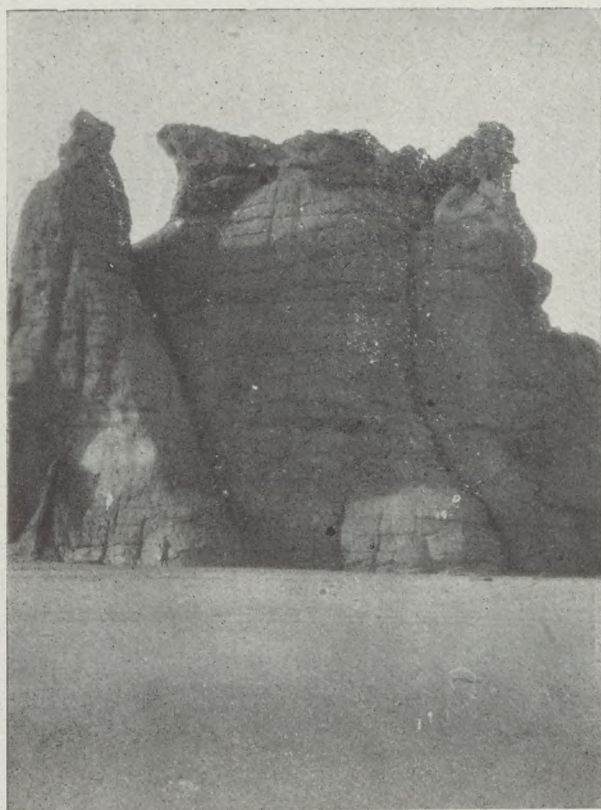


Abb. 57.  
Vom Winde erodierte Felsenberge (Gara-Akeboum) am Südrande des Hoggar-Gebirges,  
etwa 100 km vor In-Guezzam.



Abb. 58.  
Tuaregkaravanenführer aus dem Südsahara. Der Sattel mit dem typischen Tuaregkreuz.





Abb. 59.  
Rast einer größeren Karavane in dem Tanzrouft bei In-Guezzam.  
Stellenweise typischer Hamadaboden.



Abb. 60.  
Tuaregkaravanenführer in der Südsahara.





Abb. 61.

Vegetationsreiche Dünen im Flußbett des Oued-Laouni mit Büscheln von *Panicum turgidum* und *Euphorbia granulata*.



Abb. 62.

Versuchsfläche 48. Flußbett des Oued-Kezemet, etwa 60 Km nördlich von Abanrarit.  
An der Steppengrenze mit *Fagonia Brughieri* und *Aristida pungens*.





Abb. 63.  
Kameltränke bei Abanrarit.



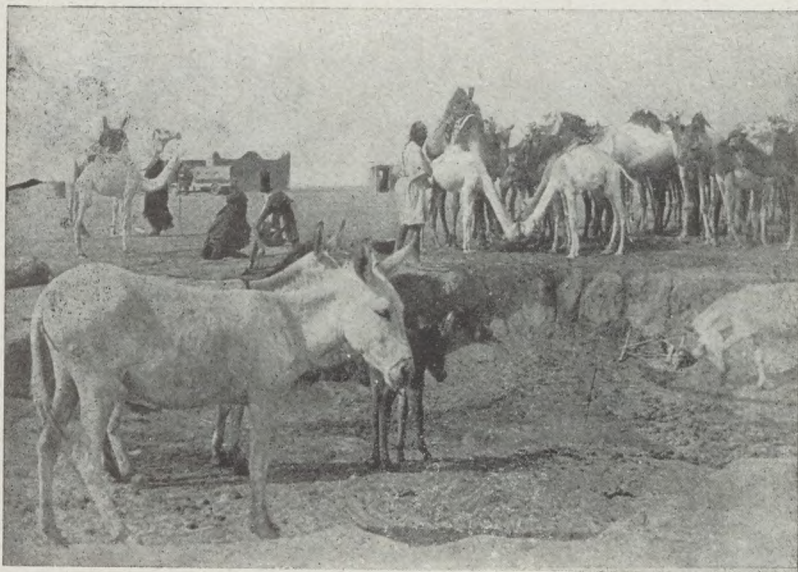


Abb. 64.

Ein einfacher Brunnen bei Abanrarit. Der Grundwasserspiegel liegt kaum 1—1'5 m unter der Bodenfläche.



Abb. 65.

Tuareg Edelmann „Chaggaren“ aus der Südsahara mit seinem Diener (Imrad). Das Gesicht wird mit dem „Litham“ halb verdeckt.





Abb. 66.  
Die unendliche Weite des Tanezrouft bei In-Guezzam.



Abb. 67.  
Versuchsfläche 50. Baumsteppe in dem Nordsudan, südlich von Abanrarit. *Panicum turgidum*, *Aristida adscensionis* var. *pumila*, *Aristida plumosa* var. *floccosa* etc.  
Im Hintergrund Acacien.



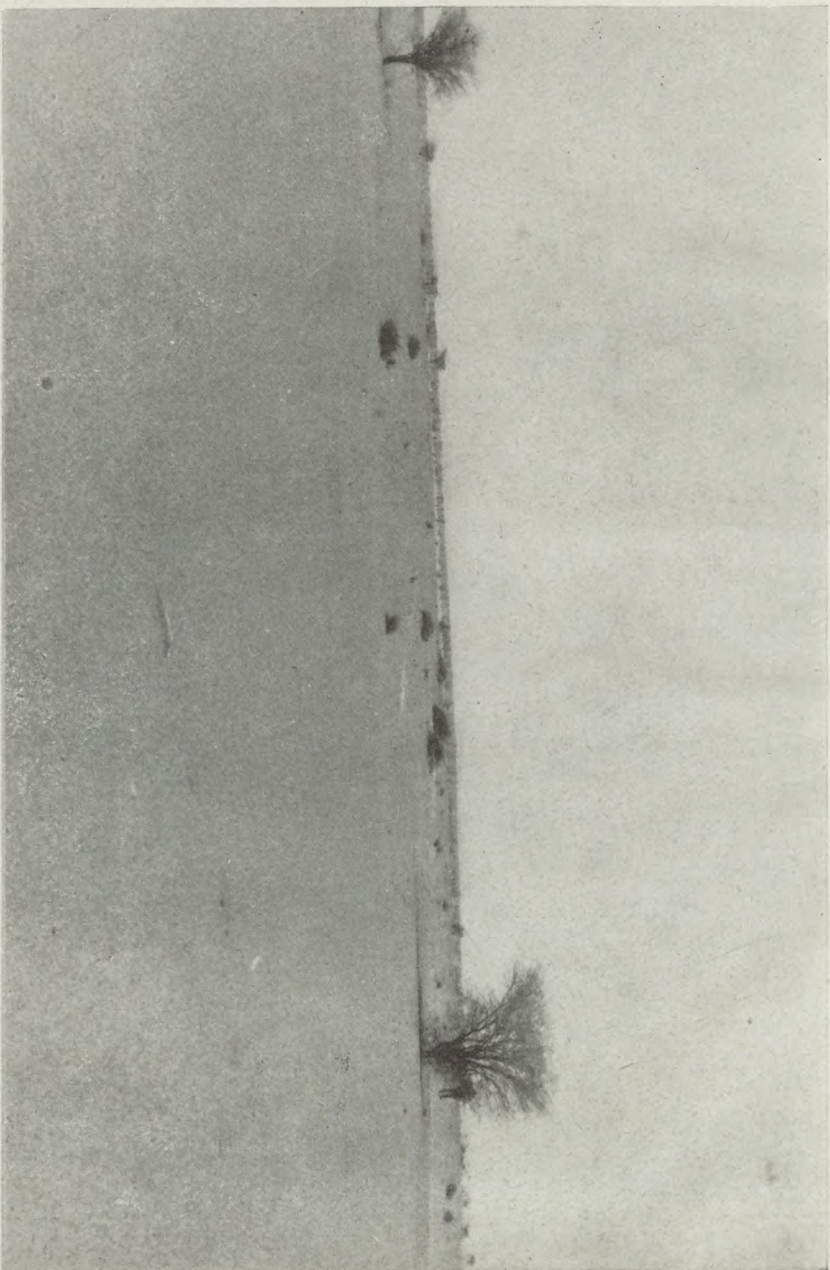


Abb. 68.  
Versuchsfläche 47. Der Sahel beginnt südlich von In-Guezzam. Zerstreut: *Acacia Raddiana*, *Fagonia longispina*, *Aristida pungens*.







Abb. 69

Callotropis procera-Assoziation bei der Oase In-Gall auf Sandboden. Versuchsfläche XX. Im Hintergrund die Dattelpalmen der Oase, die hier die Südgrenze ihres Verbreitungsgebietes bilden.

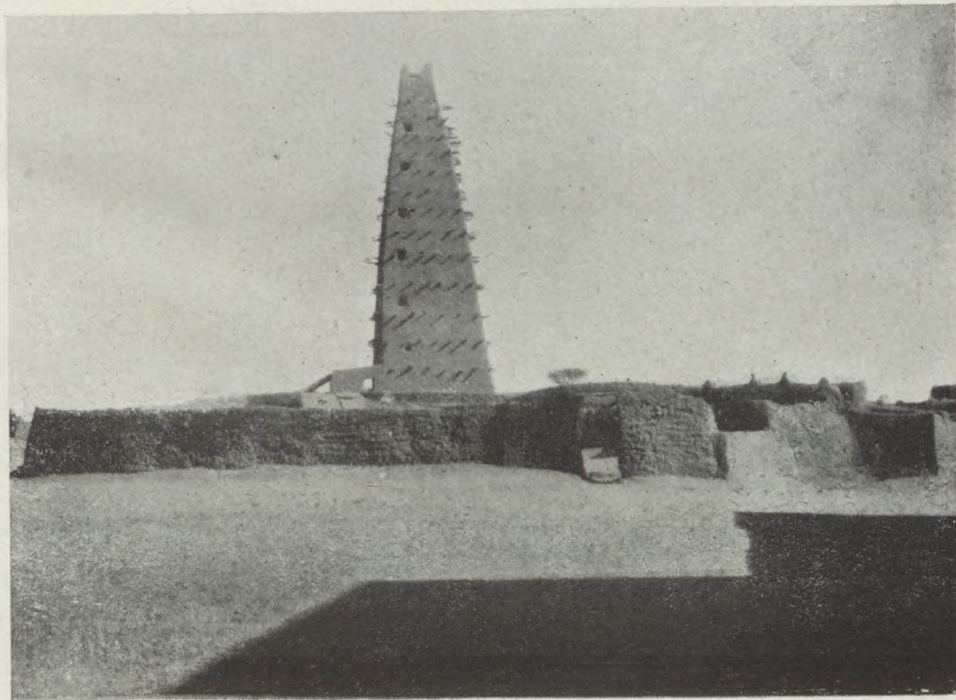


Abb. 70.

Die Moschée in Agadez. Die zahlreichen Kreuzstangen an den Außenwänden des Turmes dienen zur Anlockung der Vögel, deren Exkremente als wertvoller Dünger gesammelt werden.





Abb. 71.  
Versuchsfläche XXII. Bodenatmungsmessung in der typischen Baumsteppe im Tale des Oued-Izegrine, südlich vom Agadez. *Acacia seyal*, *Panicum turgidum*, *Boscia senegalensis* etc.



Abb. 72.  
*Acacia Raddiana* im Tale des Oued-Alarzas bei Agadez



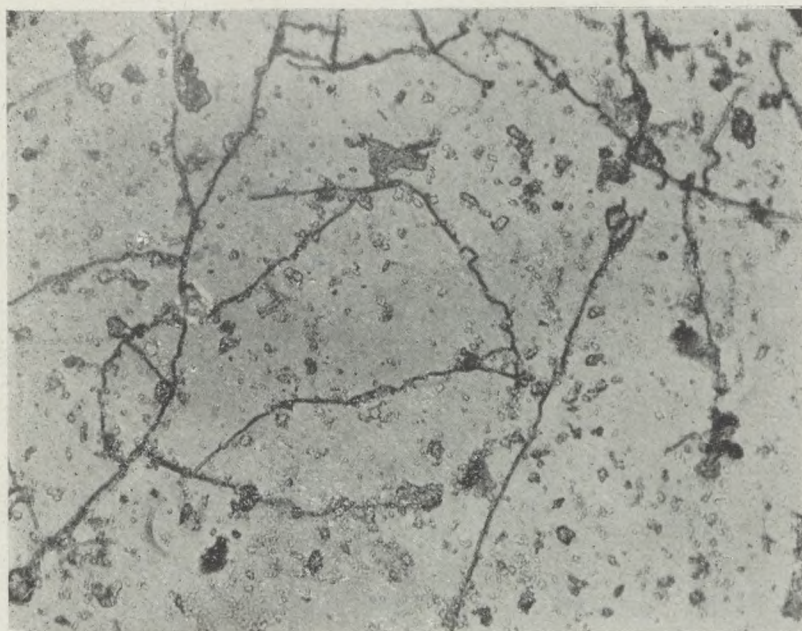


Abb. 73.

Pilzhypen. Versuchsfläche XIV. In Guezzam. Extrem. trockener Leimboden 1/1000.

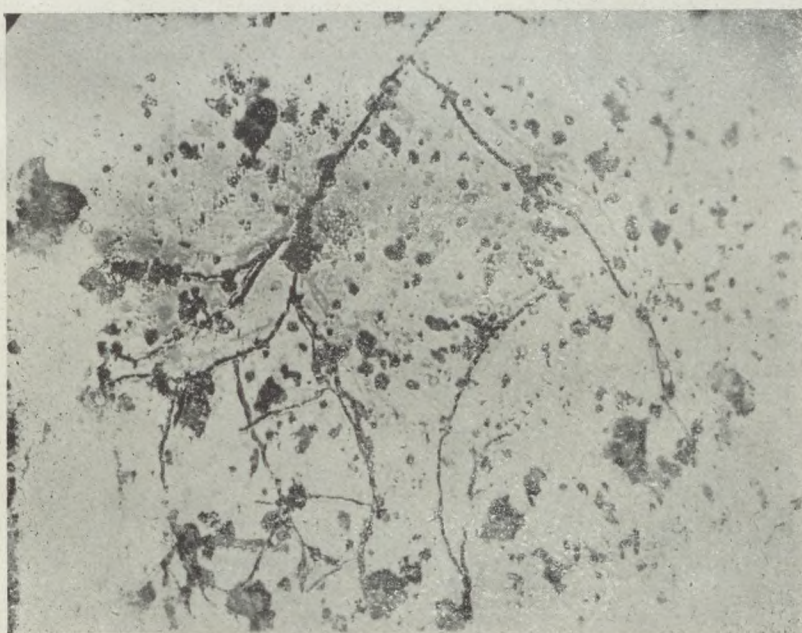


Abb 74.

Pilzhypen. Versuchsfläche XIV. In-Guezzam. Äußerst trockener Leimboden.



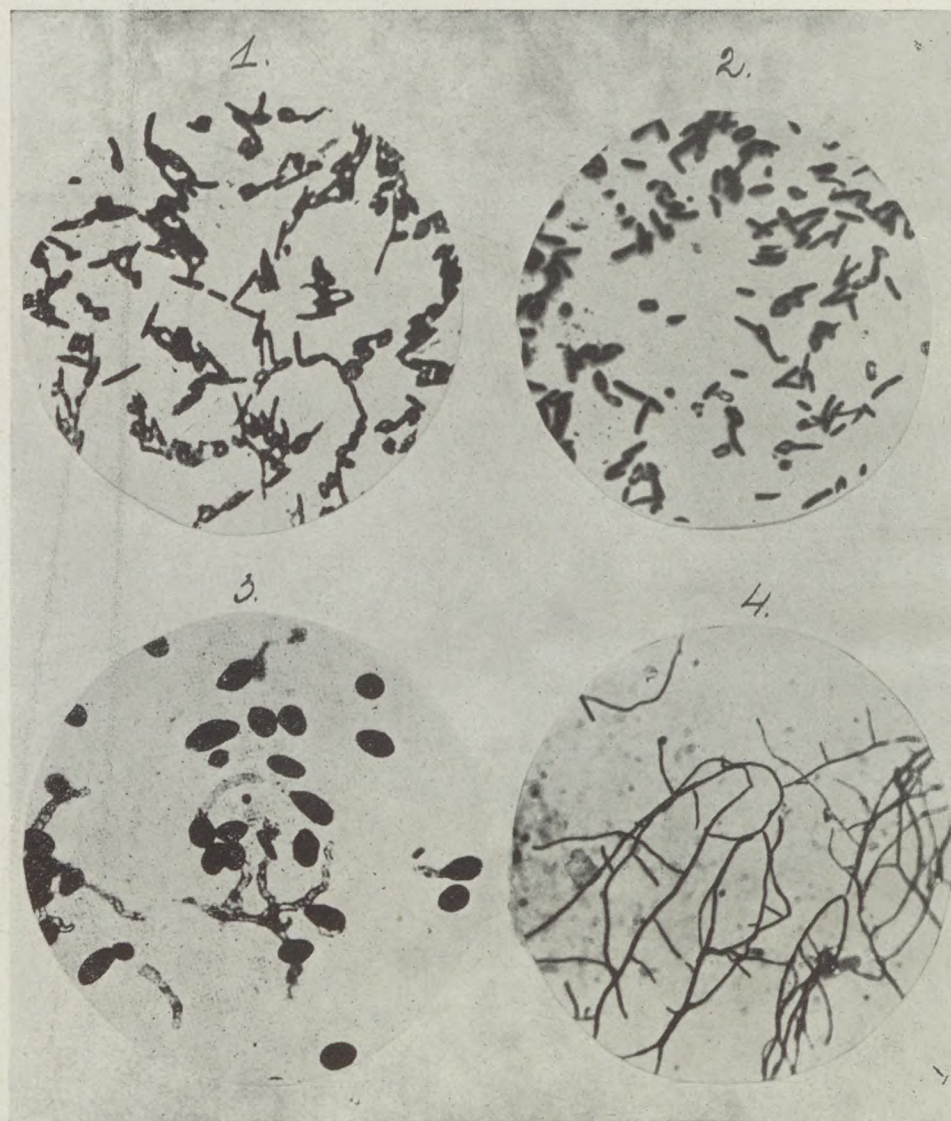


Abb. 75.

1. *Clostridium album non liquefaciens*. 2. *Clostridium album liquefaciens*. 3. *Macrosporium commune*. 4. *Actinomyces purpureus*. Vergrößerung 1 : 500.





Abb. 76.

1. *Aspergillus fumigatus* 2. *Helminthosporium folliculatum*.

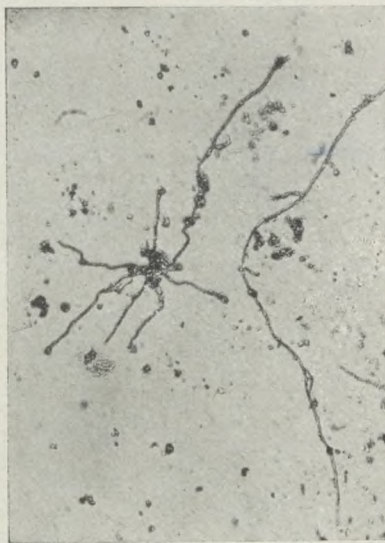


Abb. 77.

Keimende *Actinomyces*. Kolonie aus dem Boden einer Düne bei In-Salah. Versuchsfläche VII.

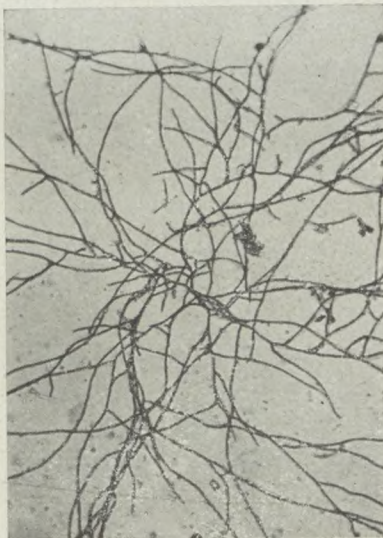


Abb. 78.

Pilzhypen aus dem Boden des Tanezrouft bei In-Guezzam. Versuchsfläche XIV.



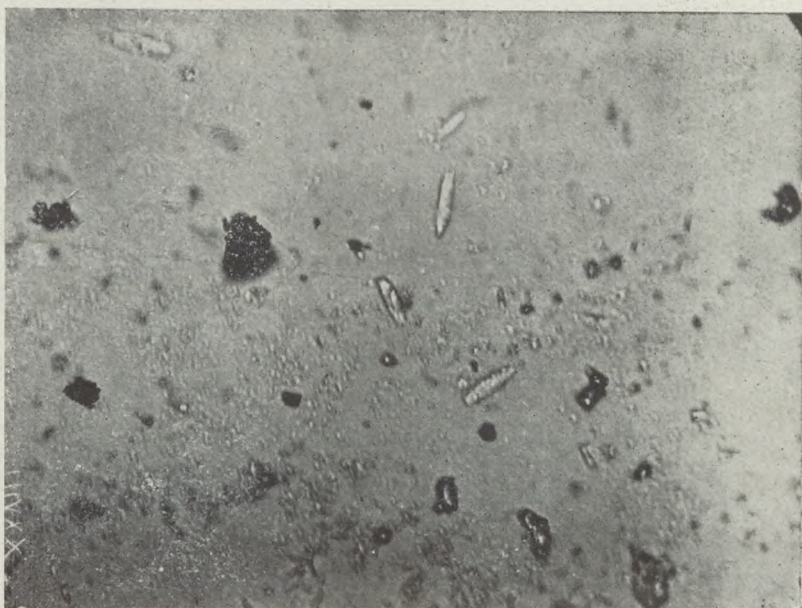


Abb. 79.

Lebende Kieselalgen. Versuchsfläche XXVIII. El-Golea, Dünensand.

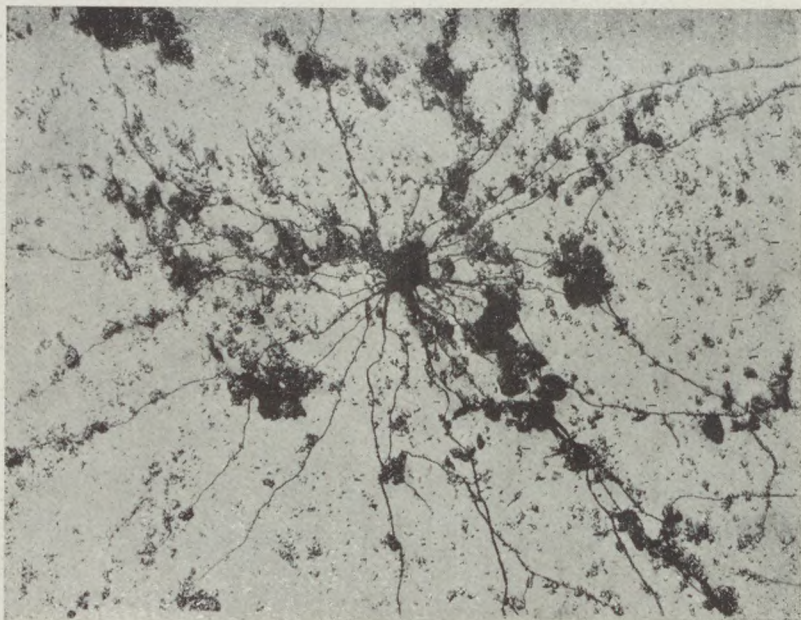


Abb. 80

Actinomyces Kolonie. Versuchsfläche 26. Salziger Seegrund. (Chott-Azizir.) Methode Cholodni-Rossi. 1/1000.



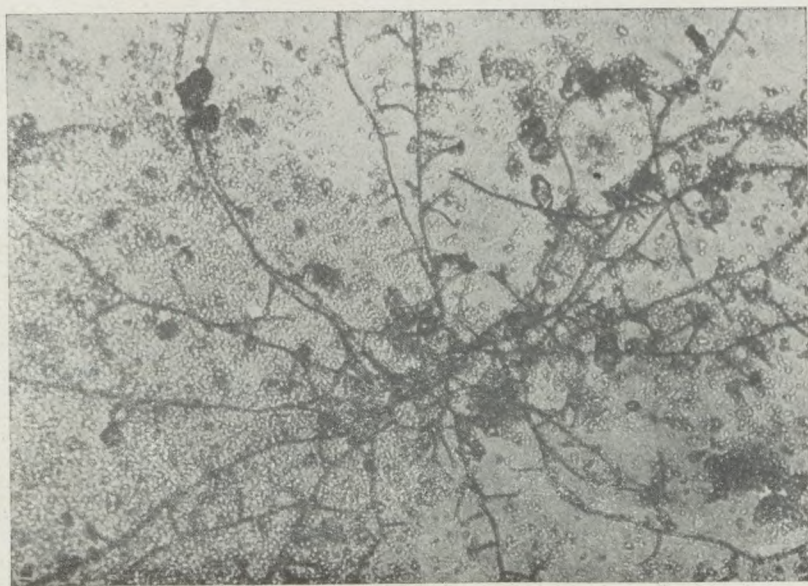


Abb. 81.  
Actinomyces Kolonie. Äußerst trockener Leimboden des Flußbettes des Oued-Amzi.  
Versuchsfläche XV.

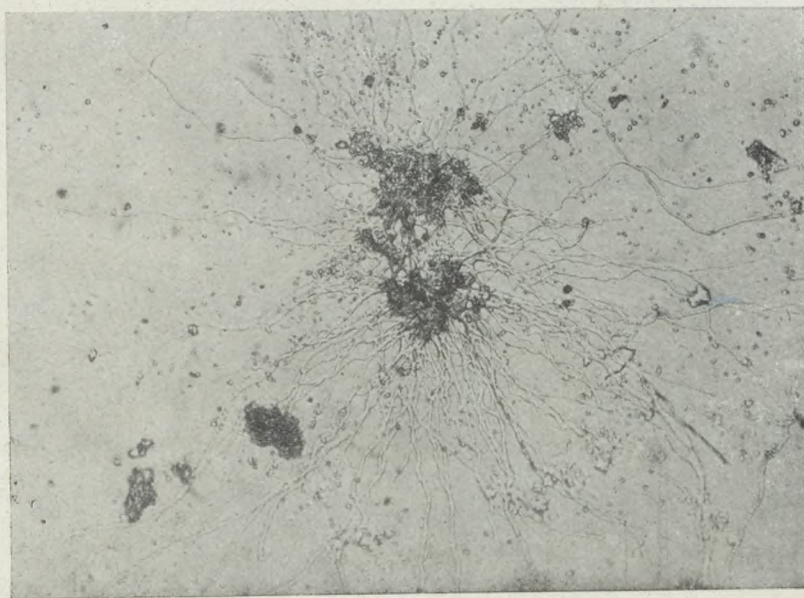


Abb. 82.  
Actinomyces Kolonie. El-Golea, Versuchsfläche XXVIII. Dünensand.



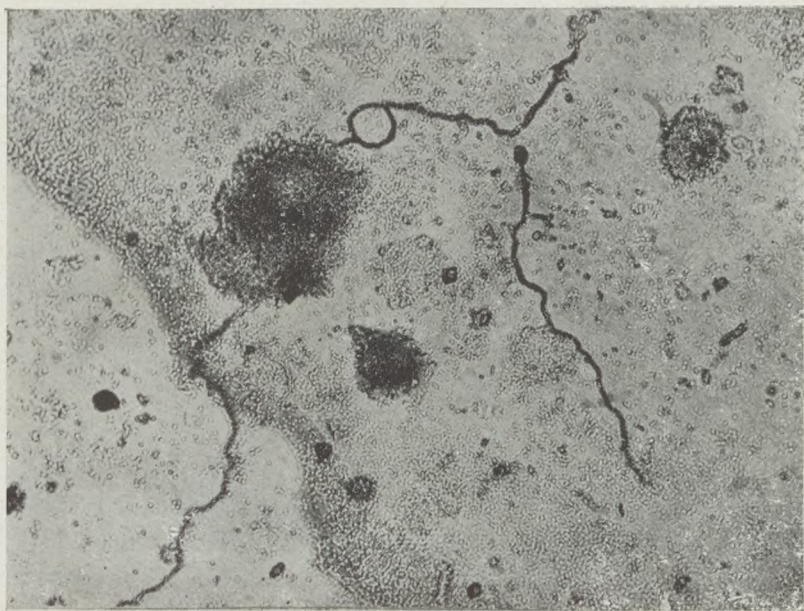


Abb. 83.  
Keimende Pilzsporen. Tanezrouft Versuchsfläche XIV.

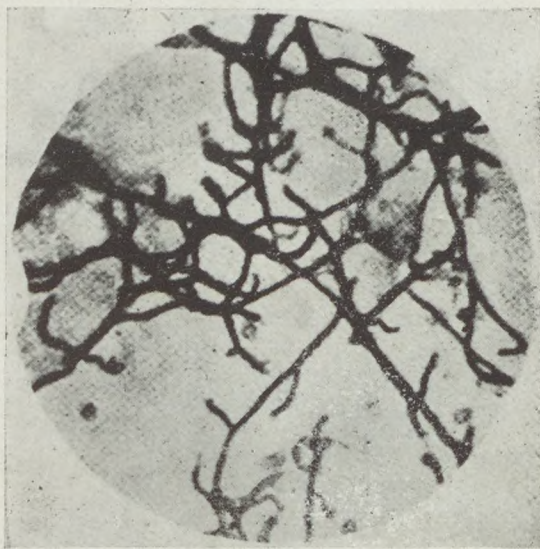


Abb. 84.  
Actinomyces Saharæ. Vergrößerung 1 : 500.



## Inhaltsverzeichnis.

I. Einleitung — — — — —	1
II. Kurze Geschichte der Forschungsarbeiten — — — — —	6
III. Die allgemeinen geographischen und klimatologischen Verhältnisse des Untersuchungsgebietes — — — — —	31
IV. Die allgemeinen pflanzengeographischen und geologischen Merkmale des Untersuchungsgebietes — — — — —	35
V. Die Beschreibung der Versuchsflächen — — — — —	39
VI. Untersuchungsmethodik — — — — —	44
VII. Die Ergebnisse der physikalisch-chemischen Untersuchungen — — — — —	48
VIII. Die Ergebnisse der quantitativen mikroskopischen Untersuchungen — — — — —	55
IX. Die Ergebnisse der direkten mikroskopischen Beobachtungen — — — — —	60
X. Über das Vorkommen der Bodenalgen in den Wüstenböden — — — — —	64
XI. Die systematische Übersicht über die Bakterien der Wüstenböden — — — — —	65
XII. Die mikroskopischen Pilze der Wüstenböden — — — — —	71
XIII. Die Ergebnisse der Bodenatmungsmessungen — — — — —	74
XIV. Einiges über die biochemischen Eigenschaften der untersuchten Wüstenböden — — — — —	74
XV. Zusammenfassende Darstellung der Forschungsergebnisse — — — — —	75
XVI. Anhang über Meteorologie — — — — —	78
XVII. Verzeichnis und Beschreibung der aus den Saharaböden gezüchteten neuen Bakterienarten — — — — —	82
XVIII. Die arabischen und tuareg Namen der wichtigsten Oasen- und Wüstenpflanzen — — — — —	84
XIX. Die wichtigsten arabischen und tuareg Begriffe und Bezeichnungen des Wüstenlebens — — — — —	86
XX. Anhang. Die Wüste Sahara als geographischer und geologischer Raum:	
A) Allgemeine Charakteristik. Die Geschichte ihrer Entdeckung — — — — —	88
B) Die Geologie und die Oberfläche der Sahara — — — — —	94
C) Klima, Wasserhaushalt und die Entstehung der Oasen — — — — —	97
D) Einiges über die Pflanzen- und Tierwelt der Sahara — — — — —	102
E) Die Völker der Sahara — — — — —	112
F) Die wichtigsten Verkehrslinien der Sahara — — — — —	116
G) Die wirtschaftspolitische Bedeutung der französischen Sahara — — — — —	118
XXI. Schrifttum — — — — —	121
La vie des sols desertiques. Résumé — — — — —	125





