

2. Regionaler Überblick

2.1 Allgemeines

Unter dem Begriff Sahelzone wird ein ca. 6000 km langes und 400 - 600 km breites Gebiet südlich der Sahara bezeichnet, daß sich vom Atlantischen Ozean bis zum Horn von Afrika quer durch den afrikanischen Kontinent erstreckt (Abb. 1). Mit ca. 4,5 Mio. km² entspricht dies ungefähr einer Fläche, die 13 mal so groß wie die von Deutschland (350.000 km²) ist. Das Wort „Sahel“ kommt ursprünglich aus dem Arabischen, wo es „Ufer“ oder „im Küstenbereich liegend“ bedeutet und wurde erstmals von CHEVALIER (1900) in das wissenschaftliches Vokabular aufgenommen. In die Schlagzeilen der Weltpresse kam der Sahel allerdings erst durch die Dürrekatastrophen in den Jahren 1969-73, als mehrere Jahre hintereinander die Niederschläge katastrophal niedrig ausfielen und für Mensch und Tier dramatische Folgen hatten (MENSCHING 1974).

An der Sahelzone haben die Staaten Niger, Mali, Tschad und Sudan Anteil. In Mauretanien gehört nur die südliche, in Senegal und Burkina Faso nur die nördliche Hälfte zum Sahel.

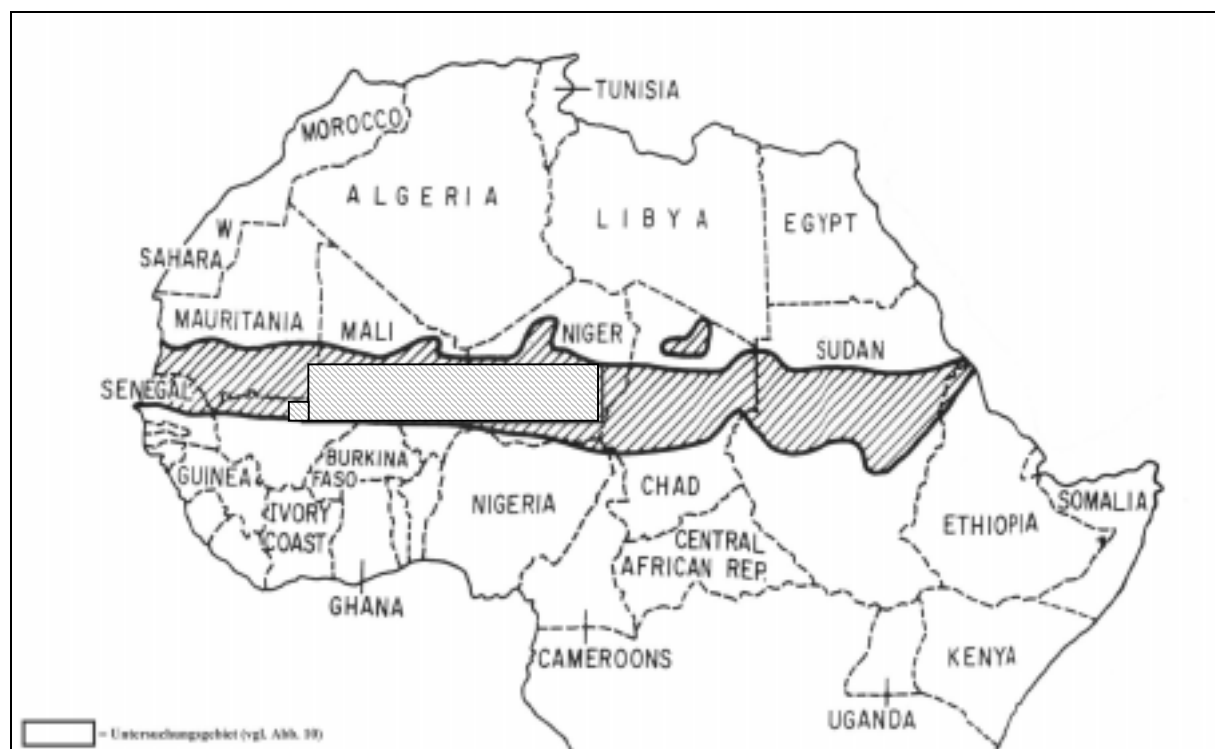


Abb. 1: Die Sahelzone in Afrika

Das Untersuchungsgebiet erstreckt sich über ca. 2000 km Ost-West-Ausdehnung in die Länder Niger, Mali und Burkina Faso hinein (schraffiert; verändert nach LE HOUËROU 1989).

2.2 Klima

Der Sahel ist naturgeographisch eine klimatisch-vegetationsmäßige Übergangszone von der vollariden Sahara zu den wechselfeuchten tropischen Savannen (KRINGS 1982). Die Sahelzone war in ihrer Geschichte wiederholten Klimaschwankungen ausgesetzt. Es wechselten sich feuchte und trockene Phasen voneinander ab (Abb. 2). Vor ca. 18000 Jahren hatte sich die Wüste weit nach Süden vorgearbeitet. Die Vegetation ging stark zurück und Sanddünen breiteten sich im Sahel aus. Als sich vor 8000 Jahren das Klima wieder veränderte und die Niederschläge zunahmen, konnte sich die Vegetation nach Norden hin ausbreiten und die Wüste bis auf kleine, isolierte Gebiete zurückdrängen. Der Tschadsee war um ein Vielfaches größer als heute, und droht in den kommenden Jahren völlig auszutrocknen (KRINGS 1982). Vor 2000 Jahren wurde das Klima wieder trockener, Flüsse und Seen bildeten sich stark zurück und der Regenwald schrumpfte auf einen schmalen Küstenstreifen. Die Wüste breitet sich seither wieder in Richtung Süden aus (LEISINGER 1992). Der Niger-Fluß bildet im Südosten Malis ein großes Binnendelta aus, das für die Bevölkerung eine wichtige Lebensgrundlage darstellt. Nach LE HOUËROU (1989) befand sich dieses Delta zu Beginn des letzten Jahrtausends noch etwa 150-200 km weiter nördlich.

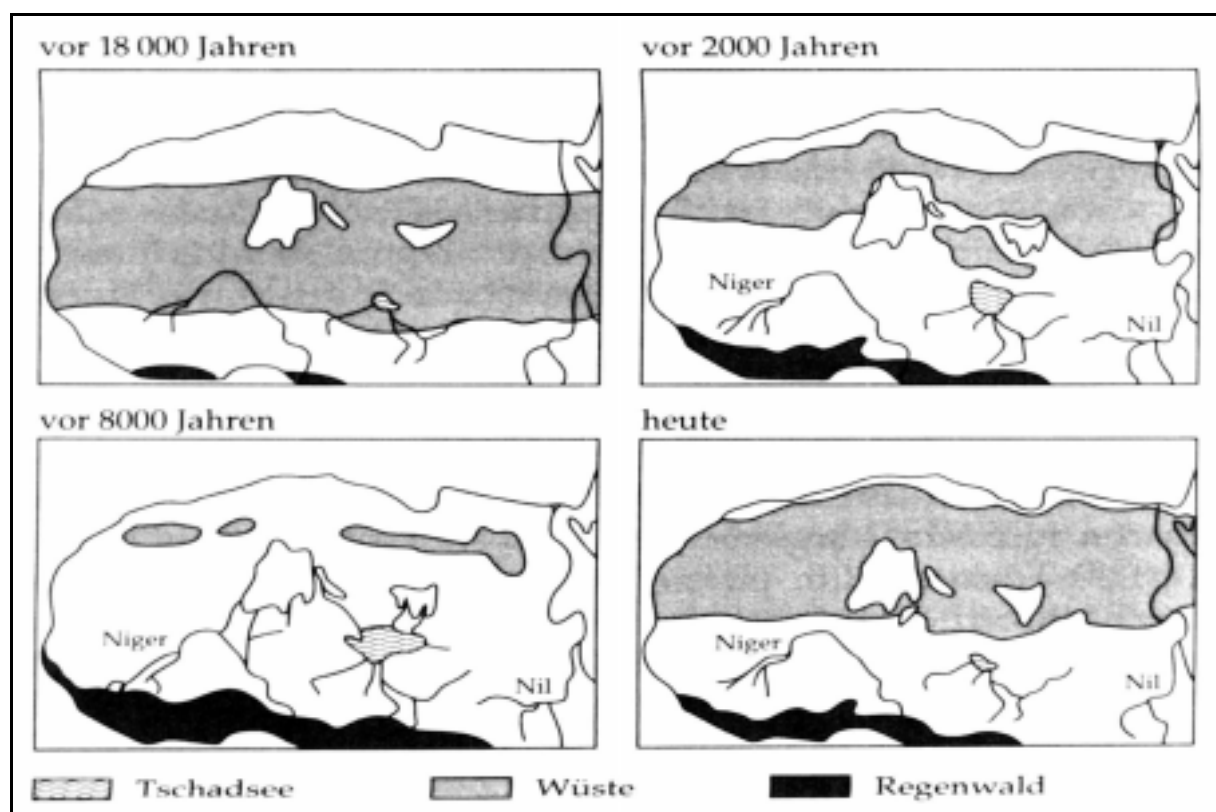


Abb. 2: Die klimatische Entwicklung der Sahara und Sahelzone seit 18000 Jahren. Die Sahara hat ihre alte Größe wieder erreicht, ist aber deutlich nach Norden verschoben. (aus LEISINGER 1992)

Das Klima im Sahel wird durch den Wechsel zwischen einer 9-monatigen Trockenzeit und einer 3-monatigen Regenzeit (Juli-September) bestimmt. Dabei nimmt die Niederschlagsmenge von Norden nach Süden kontinuierlich ab. Die Regenzeit dauert in der Saharo-Sahelischen Übergangszone 15-30 Tage, in der Sahelzone 30-90 Tage und der Sudano-Sahelischen Übergangszone 90-120 Tage (LE HOUÈROU 1989). Charakteristisch für den gesamten Sahel ist aber die höchst ungleiche Verteilung und Intensität der Niederschläge während der Regenzeit, da die Regenschauer nicht flächenhaft, sondern als lokal begrenzte Gewitterschauer niedergehen. Das bedeutet, daß zwischen zwei Niederschlägen an einem Standort mehrere Wochen vergehen können. Damit sind die Pflanzen einem extremen Trockenstreß ausgeliefert und die Gefahr des Verdorrens ist sehr groß. Die Variabilität des jährlichen Niederschlages steigt mit der Trockenheit, also von Süd nach Nord. Der Variationskoeffizient (C.V.) liegt beispielsweise am Südrand der Sahara bei über 80 %, in der Saharo-Sahelischen Übergangszone bei 45 % und der Sudano-Sahelischen Übergangszone bei 25 % (LE HOUÈROU 1989). Die Niederschlagsmengen variieren sehr stark von Jahr zu Jahr. Seit Ende der 60er Jahre liegen sie weit unter dem langjährigen Mittel (Abb. 3). Die Folgen sind eine Verknappung der Wasserressourcen, die zu einer Reduktion der Vegetation und damit zu Mißernten in den Jahren 1971-1974 bzw. 1982-1984 führten. Dadurch kam es insbesondere für die Tuareg-Stämme im Nordsahel zu hohen Viehverlusten.

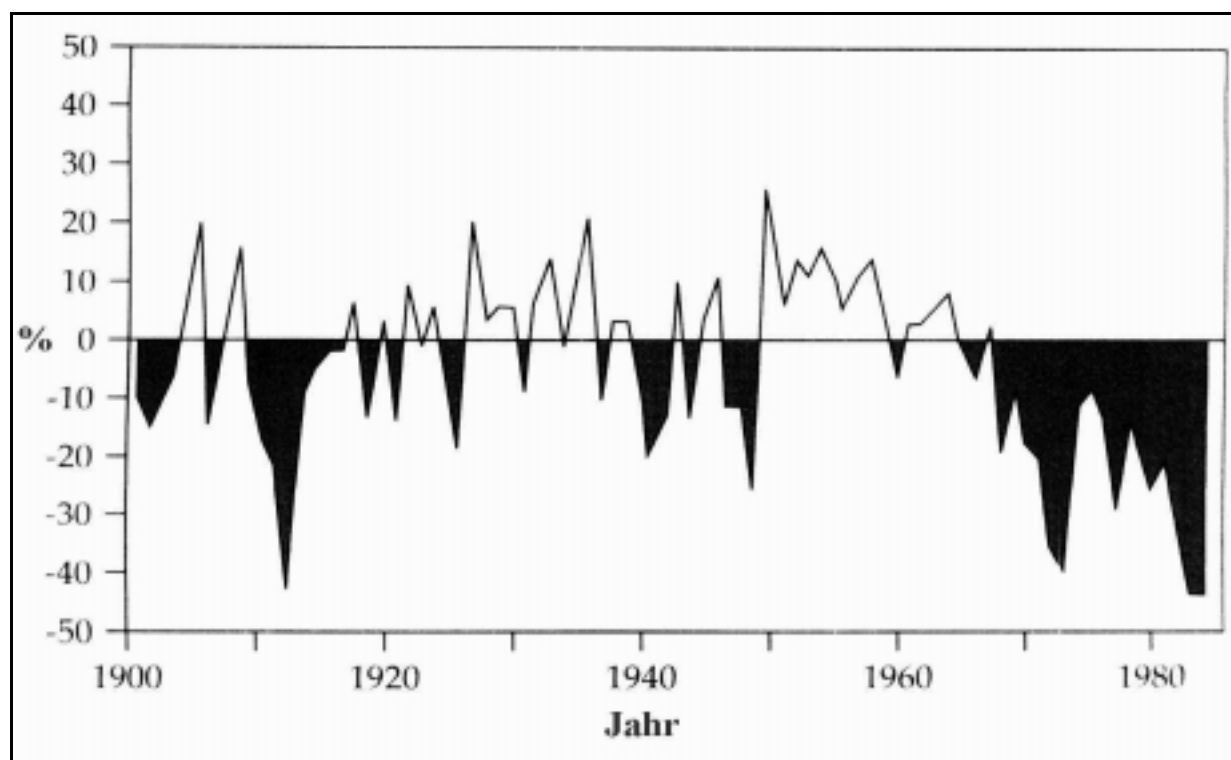


Abb. 3: Abweichung der Niederschläge vom langjährigen Mittel für den gesamten Sahelraum seit 1900 (verändert nach LEISINGER 1992).

LE HOUÈROU (1980) teilt das Gebiet südlich der Sahara anhand der Isohyeten (Verbindungsline zwischen Meßstationen mit gleichem mittleren Jahresniederschlag) in mehrere Zonen ein (Abb. 4):

| | | | |
|---|-------------------------------|------------------------------|--------------------------|
| ➤ | Sahara | < 100 mm | Niederschlag/Jahr |
| ➤ | Sahel | 100 - 600 mm | Niederschlag/Jahr |
| ➤ | Sudan | 600 - 1000 / 1100 mm | Niederschlag/Jahr |
| ➤ | Guinea | 1000 / 1100 - 1500 mm | Niederschlag/Jahr |
| ➤ | Äquatorialer Regenwald | 1500 - 3000 mm | Niederschlag/Jahr |

Weiterhin definiert LE HOUÈROU (1989) speziell für die Sahelzone drei ökoklimatische Zonen:

| | | | |
|---|--|---------------------|--------------------------|
| ➤ | Saharo-Sahelische Übergangszone | 100 - 200 mm | Niederschlag/Jahr |
| ➤ | Sahelzone „senso stricto“ | 200 - 400 mm | Niederschlag/Jahr |
| ➤ | Sudano-Sahelische Übergangszone | 400 - 600 mm | Niederschlag/Jahr |

Saharo-Sahelische Übergangszone

Dieser Vegetationstyp ist gekennzeichnet durch eine Grasflur mit verstreuten Baum- und Buschgruppen, in der vorwiegend die xeromorphen Arten *Panicum turgidum*, *Stipagrostis sp.*, *Aristida pallida* und *Acacia raddiana* vorkommen.

Sahelzone „senso stricto“

Die Vegetationsformation ist eine Dornbuschsavanne, die sich in eine annuelle Krautschicht (dominierende Vertreter sind hier *Cenchrus* und *Zornia*) und eine Baum-Strauchschicht (*Acacia sp.*, *Balanites aegyptiaca*, *Commiphora africana*) gliedert.

Sudano-Sahelische Übergangszone

Die Artenzusammensetzung zeichnet sich durch eine Zunahme an feuchtliebenden Pflanzen aus. Der Anteil perennierender Arten (*Andropogon gayanus*) an der Krautschicht ist höher als in der Sahelzone. Als weitere Arten sind vertreten: *Aristida mutabilis*, *Schoenefeldia gracilis* sowie die fünf Zielarten *Cenchrus biflorus*, *Zornia glochidiata*, *Alysicarpus ovalifolius*, *Brachiaria* und *Dactyloctenium aegyptium*. Neben verschiedenen *Acacia*-Arten findet man unter der Baum- und Strauchschicht vor allem Vertreter der Gattung *Combretum* (*C. micranthum*, *C. nigricans*, *Guiera senegalensis*). Diese Vegetationsformation nennt man auch eine Combretaceen-Savanne.

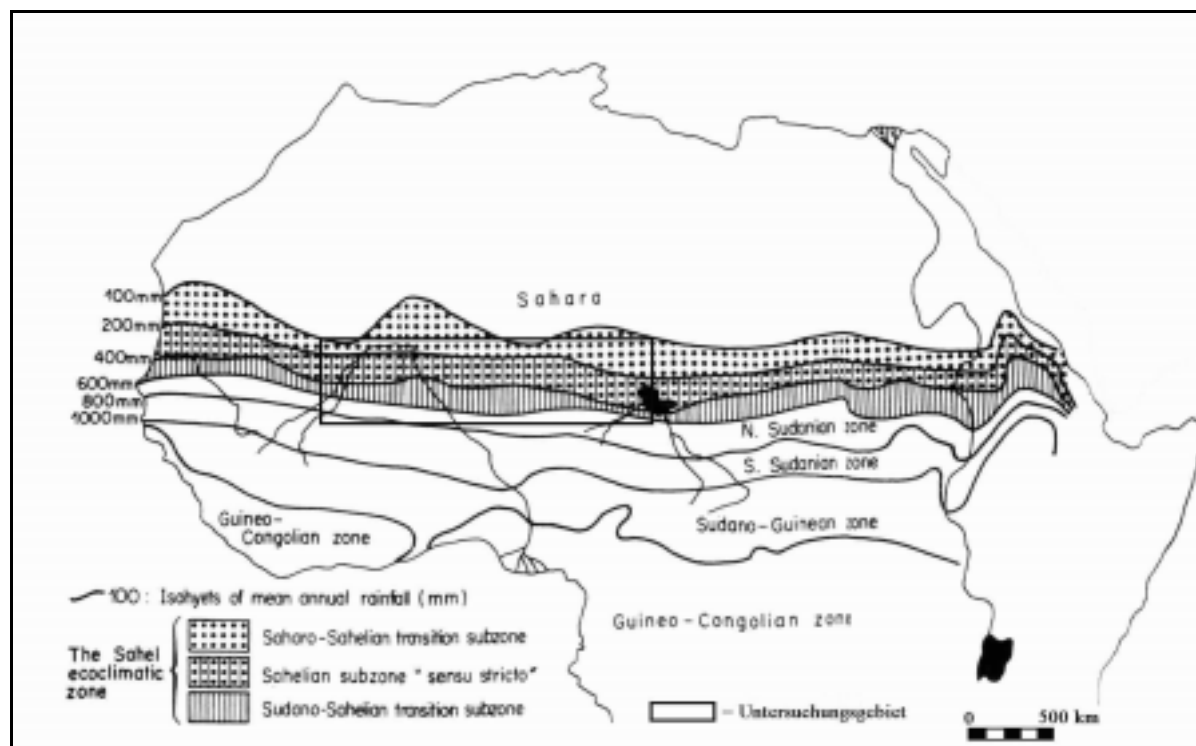
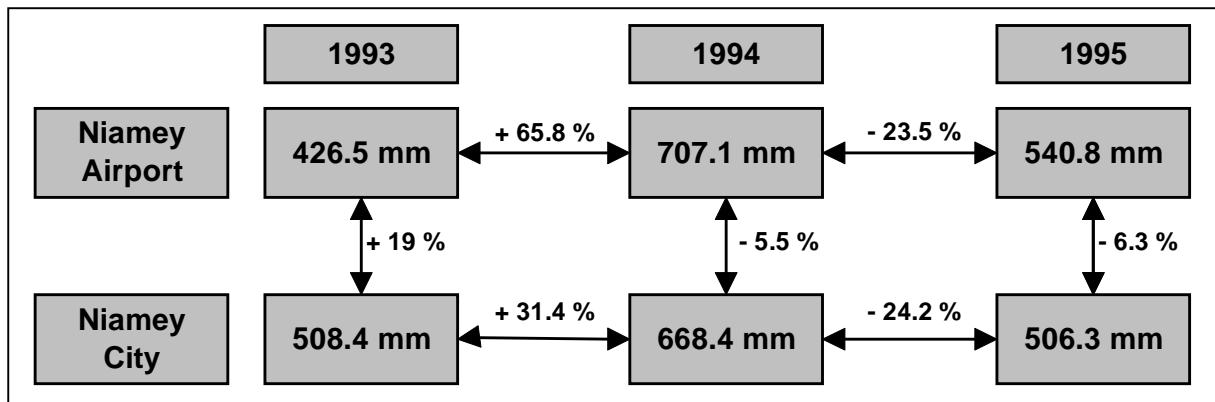


Abb. 4: Ökoclimatische Zonen der Sahelzone (verändert nach LE HOUËROU 1989).

Oft sind die Meßstationen im Niger über 100 km voneinander entfernt. Aufgrund der hohen lokalen Niederschlagsvariabilität weichen die Meßwerte vor Ort stark von den ermittelten Isohyeten ab. In einer Untersuchung von TAUPIN (1997) wurde die Niederschlagsvariabilität in Niamey / Niger 1994 und 1995 auf einer Fläche von 1 km² gemessen. Es kamen insgesamt 25 Meßgeräte zum Einsatz, die Unterschiede von bis zu 15 % in der Niederschlagsmenge registrierten. Niederschlagsmessungen in Niamey-Airport und Niamey-City zwischen 1993 und 1995 kamen zu ähnlichem Ergebnis (ANNUAIRE METEOROLOGIQUE DU NIGER 1995). Beide Meßstationen sind ca. 5 km voneinander entfernt. 1993 wurden in Niamey-City 19 % mehr Niederschlag gemessen als in Niamey-Airport. In den beiden darauf folgenden Jahren 1994 und 1995 sind die Unterschiede deutlich geringer und betragen 5.5 % für 1994 und 6.4 % für 1995 (Tab. 1). Ebenso wurden an der selben Meßstation von 1993 bis 1995 große Niederschlagsschwankungen festgestellt. Am Niamey-Airport wurden 1993 426.5 mm Jahresniederschlag gemessen, dieser Wert stieg im Folgejahr 1994 um 65.8 % auf 707.1 mm an, sank aber im darauf folgenden Jahr 1995 wieder um 23.5 % auf 540.8 mm. Für Niamey-City fielen diese Schwankungen etwas niedriger aus, so daß hier 1994 31.4 % mehr Niederschlag als 1993 und 1995 24.2 % weniger Niederschlag zu verzeichnen waren. Abb. 5 verdeutlicht diese Problematik anhand der Niederschlagsdaten von Niamey-City der letzten 90 Jahre. Zu Beginn der 70er und Anfang der 80er Jahre lagen die Werte weit unter dem Mittel und führten zu großen Einbußen in der Landwirtschaft und zu Engpässen in der Ernährung.

Tab. 1: Niederschlagsvariabilität in Niamey in den Jahren 1993–1995.

Niamey-City und Niamey-Airport sind 5 km voneinander entfernt. Angegeben sind die mittleren jährlichen Niederschläge und die prozentuale Änderung von Jahr zu Jahr bzw. zwischen den beiden Meßstationen. (ANNUAIRE METEOROLOGIQUE DU NIGER 1995)



Vergleicht man die Niederschlagsdaten mehrere Standorte über einen längeren Zeitraum miteinander, so kann im Niger eine Verschiebung der Isohyeten in südöstliche Richtung und damit ein starker Niederschlagsrückgang beobachtet werden. Abb. 6 zeigt einen Vergleich zweier Meßperioden (1950–1980 und 1981–1995) für den Staat Niger. Der Südwardstrend ist im Westen weniger stark ausgeprägt als im Osten Nigers. Lag die 350 mm Isohyete noch 1990 oberhalb Tahouas, ist sie in den folgenden fünf Jahren deutlich südwärts gewandert. Durch menschliche Eingriffe (u.a. Stauung der Zuflüsse in Nigeria) wird die Austrocknung des Tschadsee weiter beschleunigt, der heute nur noch einen Bruchteil seiner ursprünglichen Größe besitzt.

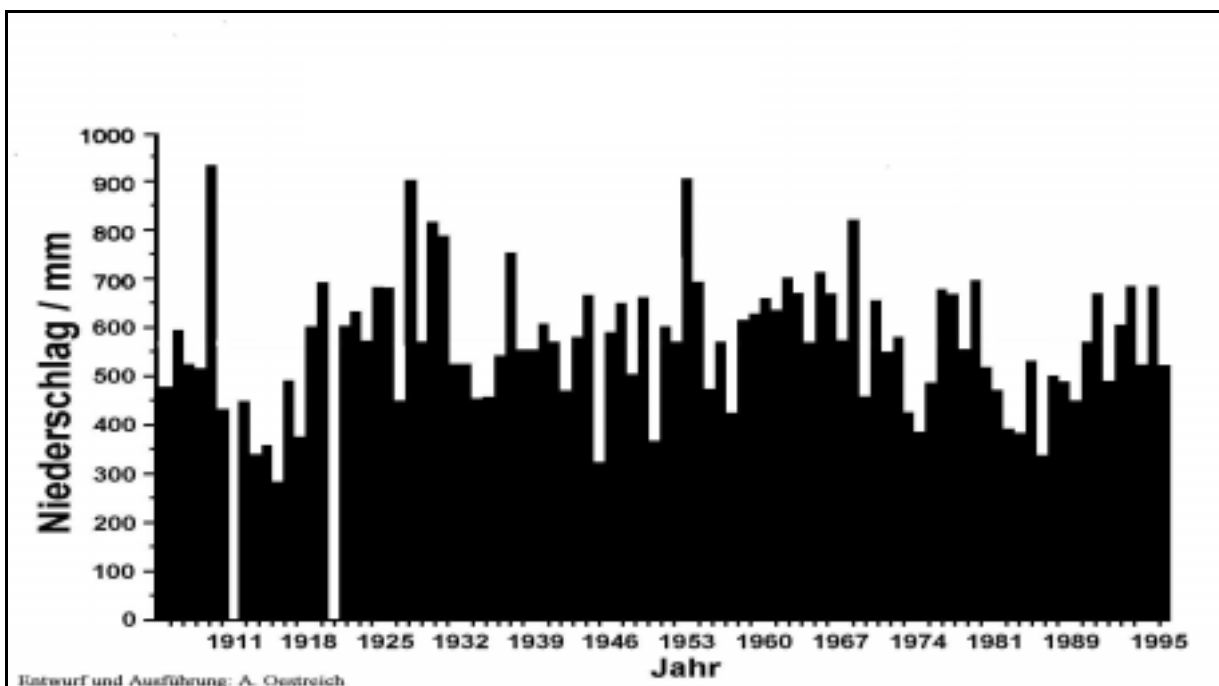


Abb. 5: Niederschlagsdaten aus Niamey-City der letzten 90 Jahre (1905–1995) Angegeben ist der jährliche Niederschlag. Die Meßdaten für 1911 und 1920 fehlen.

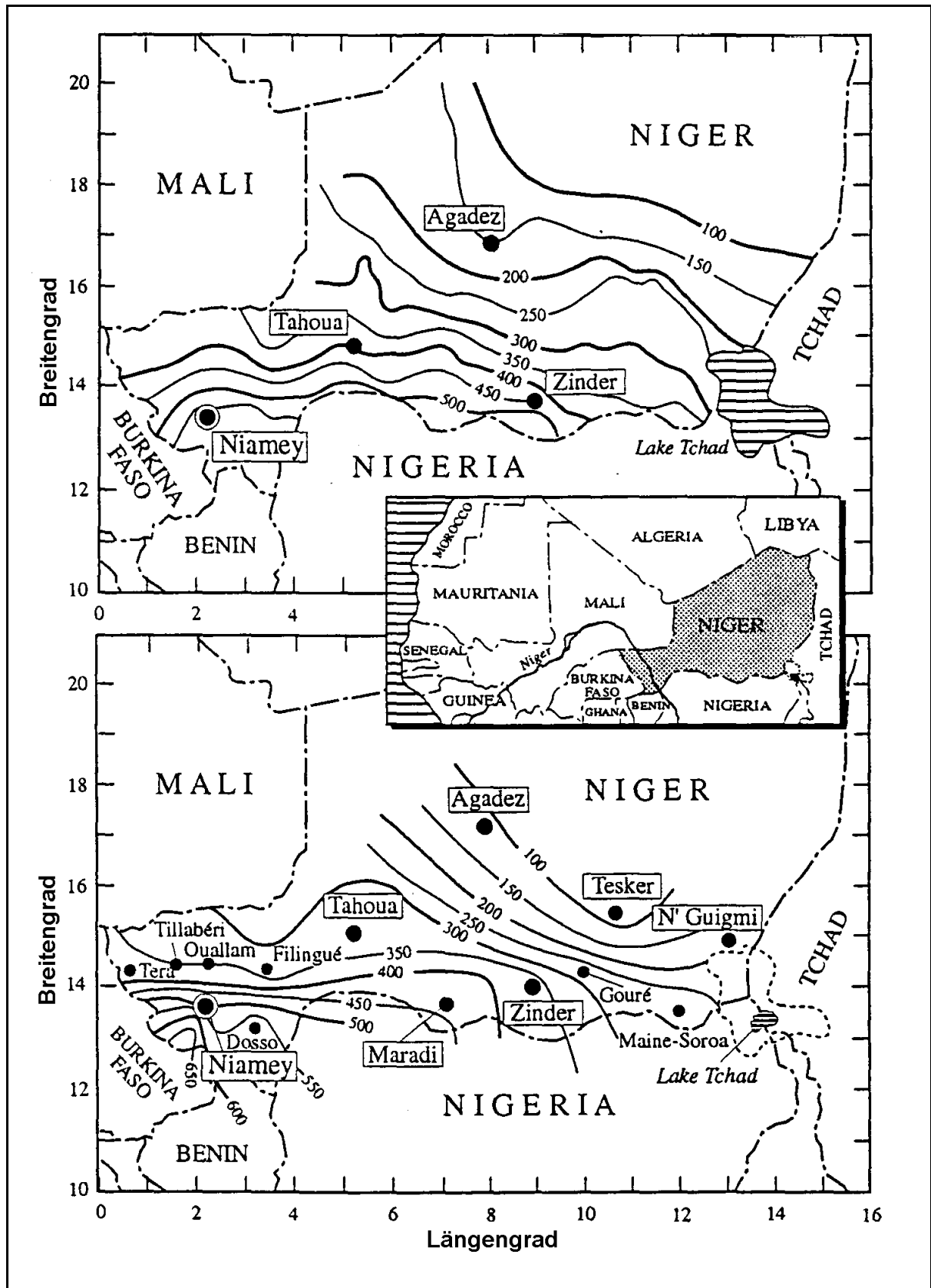


Abb. 6: Vergleich der Isohyeten der Periode 1950–1990 (obere Grafik) und 1981–1995 (untere Grafik) (aus KUSSEROW und OESTREICH 1998).

2.3 Böden

Im Norden des Sahels an der Grenze zur Wüste findet man sog. „Rohböden“, bestehend aus Kies, Geröll oder groben Sanden, weiterhin verfestigte rötliche Dünenböden, die eine dichte Grasbedeckung aufweisen (KRINGS 1982). Im Bereich der Trocken- und Feuchtsavannen des südlichen Sahels herrschen trockene tropische Rotlehmböden vor, die sich für den Anbau von Hirse eignen. Diese Böden sind der Gefahr der Laterisierung ausgesetzt, ein Prozeß, der weite Gebiete des Sahels und südlich davon erfaßt hat. Infolge hoher Verdunstungsraten während der heißen Jahreszeiten werden durch das aufsteigende Bodenwasser Eisenoxid an die Oberfläche abgegeben und dort angereichert. Durch zunehmende Abholzung bilden sich betonharte „Eisenkrusten-Plateaus“, die für den Ackerbau nicht mehr genutzt werden können. Auf diesen Lateritkrusten haben sich bestimmte Vegetationsmuster ausgebildet. Diese Strauchformationen, die aus dem Flugzeug betrachtet an ein Tigerfell erinnern, werden „Brousse tigrière“ genannt (KUSSEROW & HAENISCH 1999).

Die ausgewählten Testflächen weisen sowohl Sand- als auch Lateritböden auf. In einer bodenökologischen Bewertung (PERSCHON 1996) der ausgewählten Standorte wurden neben pH-Wert, Phosphat-, Stickstoff- und organische Kohlenstoffwerte sowie eine Reihe von Kationen (H^+ , Al^{3+} , Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+}) untersucht. Insbesondere der pH-Wert stellt eine wichtige Größe bei vielen Bodenprozessen dar. (SCHEFFER und SCHACHTSCHABEL 1992). Hierbei wirkt sich die Bodenacidität direkt oder indirekt aus auf

- die Verfügbarkeit von Nährstoffen
- die Nitrifikation
- das Auftreten toxisch oder antagonistisch wirkender Al^{3+} - und Schwermetall-Ionen
- das Bodengefüge
- die Lebensbedingungen der Bodenorganismen

Für die untersuchten Testflächen wurden pH-Werte zwischen 4.7 und 7.0 ermittelt. Neutrale bis schwach saure Bodenreaktionen sind in der Regel günstig für das Pflanzenwachstum. Dies gilt insbesondere für Phosphat, das in diesem pH-Bereich kaum als Calciumphosphat fixiert und somit gut verfügbar ist (SCHEFFER und SCHACHTSCHABEL 1992). Außer Phosphat ist Stickstoff sehr häufig limitierender Faktor für das Pflanzenwachstum. BREMAN & DEWIT (1983) stellten in Analysen in der Sahelzone fest, daß oberhalb der 300 mm Isohyete ein Mangel an Stickstoff und Phosphat den Ertrag der dortigen Naturweiden erheblich stärker begrenzt als ein Wassermangel.

Nach landwirtschaftlichen Klassifikationsmaßstäben sind die von PERSCHON (1996) ermittelten Werte für Phosphor, Stickstoff und Kohlenstoff sehr gering. Zu hohe Al^{3+} -Werte können hingegen in Verbindung mit pH-Werten unterhalb 5.5 zu einer Pflanzentoxizität führen und damit den Pflanzenbestand auf nur wenige widerstandsfähige Arten reduzieren (FOY et al. 1978). Dies gilt insbesondere für die Lateritplateaus der Brousse tigrée, hier wurden die höchsten Al^{3+} -Werte gemessen.

2.4 Flora und Vegetation

Die Flora der Sahelzone zeichnet sich durch eine geringe Artenzahl von ca. 1500 blühenden Pflanzen auf einer Fläche von 4.5 Mio. km^2 aus (LE HOUËROU 1989). Die hier vorkommenden Arten gehören zum paleotropischen Florenreich, wobei folgende Familien am häufigsten vertreten sind: *Poaceae* (Ordnung *Poales*); *Fabaceae*, *Mimosaceae*, *Caesalpinaceae* (Ordnung *Leguminosae*); *Capparidaceae* (Ordnung *Capparales*); *Malvaceae* (Ordnung *Malvales*); *Combretaceae* (Ordnung *Myrtales*). Es gibt etwa 40 endemische Arten (WHITE 1983). In Abhängigkeit der Niederschläge bildet sich ein Nord-Süd-Gradient in der floristischen Zusammensetzung von der südlichen Sahara zur Sudanzone aus.

Die Zusammensetzung der Kraut- und Grasschicht ist in hohem Maße abhängig von den jährlichen Niederschlägen, die großen Einfluß auf die Samenproduktion und den Samenvorrat im Boden nehmen. Eine Art kann somit an einem bestimmten Standort für ein oder mehrere Jahre dominant und dann im folgenden Jahr völlig ohne besonderen Grund von der Oberfläche verschwinden (LE HOUËROU 1989). Diese Dynamik ist sehr kompliziert und bis heute nicht völlig geklärt. Offensichtlich gibt es Interaktionen zwischen dem Niederschlag und der Samenproduktion. So legen einige Arten unter bestimmten Bedingungen (geringe Niederschläge) eine Samenruhe von einen bis mehreren Jahren ein, z.B. *Cenchrus biflorus* (pers. Mitteilung I. Salifou). Entsprechend haben diese Samen eine dünne Samenschale und können bei ausreichendem Niederschlag schnell wieder keimen und neue Samen bilden. *Dactyloctenium* und *Zornia* hingegen haben eine dickere Samenschale und sind deshalb unempfindlicher gegenüber Wassermangel (DE VRIES & DJIETEYE 1982; CISSÈ 1986). Dies bedeutet für die Zusammensetzung der Pflanzengesellschaft, daß sich z.B. letztgenannte Arten schon nach den ersten Niederschlägen vor der eigentlichen Regenzeit durch ihr früheres Auskeimen einen Konkurrenzvorteil verschaffen können.

2.5 Landwirtschaft

Der Großteil der Bevölkerung (Niger und Mali >80 %, Burkina Faso >90 %; LEISINGER 1992) lebt im ländlichen Raum und ist für ihren Lebensunterhalt auf landwirtschaftliche Arbeit angewiesen. Neben dem Hirseanbau ist die Viehhaltung die dominierende Wirtschaftsform in der Sahelzone. Hierbei haben sich verschiedene Formen der Viehhaltung entwickelt. So findet man in den trockenen Gebieten des Nordsahels nur noch nomadische Viehhaltung (Pastoral Nomadism), wobei durch häufigen Ortswechsel dem Vieh die jeweils bestmöglichen Weidegründe und Wasserstellen zugänglich gemacht werden. Während der Regenzeit wandern die Nomaden mit ihren Herden nordwärts zu den großen Weiden, auf denen vorwiegend annuelle Gräser, u.a. die fünf hier beschriebenen Zielarten, wachsen. Mit dem Beginn der Trockenzeit ziehen die Viehhalter wieder zurück in den Süden der Sahelzone. Eine besondere Art der Viehhaltung beschreibt die Transhumanz, einer nur saisonalen Herdenwanderungen, wobei die Herdenbesitzer sesshaft sind und meist noch Ackerbau betreiben (ähnlich der Almwirtschaft in Mitteleuropa) (GLATZLE 1990). Seminomadismus schließlich umfaßt eine Vielzahl von Zwischenformen, insbesondere solche, bei der durch moderne Veränderungen ehemals reine Nomaden (pure nomads) ganz oder teilweise sesshaft geworden sind. Bei der stationären Tierhaltung werden die Tiere das ganze Jahr nahe der Siedlung gehalten, wobei meist Ernterückstände als Futter dienen. Das Vieh wird nach der Hirseernte auf die Felder gelassen und somit noch als Dungproduzent nutzbar gemacht (SCHLEICH 1985). Oft werden auch Futterpflanzen innerhalb von Hirsefeldern stehen gelassen und bei ausreichender Größe geerntet und verfüttert oder auf dem Markt verkauft. Zu den wichtigsten Nahrungsmitteln in der Sahelzone gehören die Perlhirse (*Pennisetum glaucum*) und die Sorghumhirse (*Sorghum vulgare*). Neben Hirse sind die Exportkulturen Erdnuß und Baumwolle („cash-crops“) von großer Bedeutung, benötigen aber höhere Niederschläge und werden überwiegend in der nördlichen Sudanzone angebaut (KRINGS 1982).

2.6 Desertifikation

Die Desertifikation beschreibt eine schwere Degradationsform von Ökosystemen in den Trockengebieten der Erde. Insbesondere durch die Dürren in der Sahelzone in den 70er Jahren ist man auf dieses Thema aufmerksam geworden. Das Ausmaß der Desertifikation ist bis heute nur schwer zu ermitteln. So geht MABBUTT (1984) von insgesamt 1.5 bis 2 Milliarden ha Fläche aus, die bereits desertifiziert sind. DREGNE (1983) errechnete hingegen über 3

Milliarden ha Fläche aus, wobei jährlich etwa 20 Mio. ha landwirtschaftlich genutzte Fläche hinzukommen.

Der Begriff „Desertifikation“ (AUBREVILLE 1949) stammt aus dem Lateinischen „desertus facere“ und bedeutet wüstmachen, verwüsten. Im Rahmen der UN-Konferenz über Umwelt und Entwicklung (UNCED) in Rio de Janeiro, Brasilien, wurde 1992 die folgende Definition für Desertifikation festgelegt: “Desertification is land degradation in arid, semi-arid and dry sub-humid areas resulting from various factors, including climatic variations and human activities“ (UNEP 1993). Eine weitere Definition gibt MENSCHING (1990): Die Desertifikation ist eine „...Ausbreitung wüstenähnlicher Verhältnisse in Gebiete hinein, in denen sie zonal-klimatisch eigentlich nicht existieren sollten“. Das bedeutet, daß im Gegensatz zur Dürre, der Mensch an der Desertifikation ursächlich beteiligt ist. MENSCHING spricht hier von „man-made desert“. Insbesondere während Dürreperioden wirkt sich der Einfluß des Menschen besonders drastig auf die Vegetation aus. Die Vegetationsschicht bezeichnet GRAINGER (1992) als degradiert, wenn sich über längere Zeit die Vegetation am Standort ändert und sich dadurch die Nutzung durch den Menschen verschlechtert. So bilden sich zunächst punktuell bis flächenhaft nicht bewachsene Flächen in einer ansonsten geschlossenen Vegetation aus. Als Folge zu starker Überweidung ist eine Zunahme der nicht freißbaren Pflanzenanteile in der natürlichen Vegetation zu beobachten. Damit verbunden ist eine Vernichtung wichtiger perennierender Gräser, z.B. einige Arten der Gattungen *Arista* und *Andropogon*, anstelle derer einjährige weniger nahrhafte Gräser treten (LE HOUËROU 1989). Zudem findet eine Abnahme der Vegetationsdichte und eine Änderung des Verteilungsmusters der Gehölzgesellschaft statt (KUSSEROW 1992, 1994). Weitere Indikatoren sind das Absenken des oberflächennahen Grundwasserspiegels, vor allem im Einzugsbereich der Brunnen und der periodisch wasserführenden Talungen (Marigot) (MENSCHING 1990). Die verstärkte Vegetationszerstörung wird durch Bodenerosion gefördert, wobei feine Partikel ausgeblasen und weggeschwemmt werden und ein verkrusteter Horizont zurückbleibt. Dadurch können Samen nicht mehr in den Boden eindringen und auskeimen (HAHN und KUSSEROW 1998).

Abb. 7 zeigt eine Aufnahme aus der Region Tahoua (September 1994). Ein Großteil der Wurzeln dieses Strauches wurde bereits durch Wind und Wasser freigelegt. Im offenen Gelände findet man meist nur an windgeschützten Stellen (unter Büschen und Sträuchern) eine Gras- und Krautschicht. Abb. 8 zeigt eine Aufnahme eines lateritischen Plateaus aus der Region Tillaberi (30 km südlich von Niamey) während der Regenzeit 1994. Hier können vom Wind mitgeführte Samen auskeimen.



Abb. 7:

Folgen der Bodenerosion in der Region Tahoua (September 1994). Diese Aufnahme entstand während der Regenzeit, in der eine geschlossene Grasbedeckung zu erwarten ist. Der sandige Boden ist um ca. 60 cm abgetragen der Wurzelhorizont von *Guiera senegalensis* freigelegt.

Abb. 8:

Bodenerosion in der Nähe von Tillabéri, etwa 35 km nördlich von Niamey (September 1994). Ein Autowrack bietet Schutz gegen Wind- und Wassererosion. Es reichern sich feine Bodenpartikel an, die wiederum vom Wind mitgeführten Samen als Substrat dienen.

