

SAHARA

***Wird die Sahara durch den Klimawandel wieder
grüner?***

Hamburg den 15/12/2010

Nina Lehmäcker

SI

Laura Jansen

Herr Janning/Herr Uhle

Biologie/ Geografie

Gliederung:

1. Einleitung (Nina)
2. Wüste
 1. Definition (Nina)
 2. Wüstenarten (Nina)
3. Beispiel Sahara
 1. Klima (Laura)
 2. Vegetation (Laura)
 3. Geschichte (Laura)
 4. Aktuell (Nina)
4. Einfluss von Niederschlag auf die Sahara
 1. Klimageschichte der Sahara (Nina)
 2. Vegetation ↔ Niederschlag (Wechselwirkungen)
(Laura)
5. Fazit (Laura)
6. Literaturverzeichnis

1. Einleitung

Zu dem Thema Sahara kann man vieles sagen. Wir beschäftigen uns hauptsächlich mit der Frage, ob die Sahara durch den Klimawandel in der Zukunft wieder grüner wird.

Zuerst gehen wir darauf ein, was eine Wüste eigentlich ist und welche verschiedenen Arten von Wüsten es gibt. Hier werden wir dann herausfinden, was die Sahara eigentlich für eine Wüste ist und was das mit dem Klima in der Sahara zu tun hat.

Dann setzen wir uns mit der Vergangenheit der Sahara auseinander und betrachten, wie sie heute ist. Dabei beschäftigen wir uns etwas ausführlicher mit der Geschichte und der aktuellen Lage der Sahara, aber auch mit dem Klima und der Vegetation.

Am Ende befassen wir uns noch mit der Sahara in Bezug auf die Veränderung des Klimas. Hier werden wir dann herausfinden, ob es Anzeichen für eine grüne Sahara gibt und ob es überhaupt möglich ist, dass eine grüne Sahara in der Zukunft existieren kann. Abschließend befassen wir uns noch mit den Wechselwirkungen von Vegetation und Niederschlag und welche Auswirkungen sie auf das Klima haben. Außerdem werden wir dann sehen, ob es klimatisch möglich wäre, dass die Sahara in Zukunft wieder grüner wird.

Im Fazit fassen wir zusammen, was wir alles herausgefunden haben, und beantworten die Frage, ob die Sahara in naher oder ferner Zukunft grüner werden könnte.

2. Wüste

2.1. Definition:

Man bezeichnet eine Landschaft als Wüste, wenn sie entweder extrem trocken, d.h. es fallen jährlich weniger als 150 Millimeter Niederschlag¹, oder extrem kalt ist. Dadurch, dass die Gebiete zu trocken oder zu kalt sind, gibt es wenig Leben in einer Wüste. Das Wort „Sahara“ bedeutet auf Arabisch „Meer ohne Wasser“, was sehr zutreffend für die Sahara ist.²

¹Kidsnet.at (06/12/10)

²Buch

2.2. Wüstenarten:

Es gibt viele verschiedene Arten von Wüsten und es kommt auch vor, dass eine Wüste nicht nur aus einer Wüstenart besteht. Das heißt, dass die Wüstenarten sich manchmal überschneiden, ineinander übergehen oder sogar parallel verlaufen. Eine solche Ausnahme ist die Sahara. Man unterteilt die Wüstenarten in Trocken- und Kältewüsten. Trockenwüsten sind Wüsten, in denen es fast kein Wasser zum Überleben gibt, und Kältewüsten sind Wüsten, in denen es zu kalt ist, um zu überleben. Daher leben nur wenige Tieren, Pflanzen und Menschen in einer Wüste. Einige Beispiele für Wüstenarten sind:³

- **Binnenwüste**, welche, wie der Name schon sagt, im Inneren eines Kontinents liegt. Das bedeutet, dass sie weit vom Meer entfernt ist und dass dort sehr wenig Regen fällt. Außerdem sind Binnenwüsten oft von Hügeln oder Gebirgsketten umgeben, welche den Regen noch zusätzlich abhalten. Ein Beispiel für eine Binnenwüste ist die Taklamakan Wüste in Nordwest-China.
- **Eiswüste/ Kältewüste**, welche so kalt sind, dass keine Pflanzen mehr wachsen und es auch sehr schwer ist für Tiere und Menschen zu überleben. Eine Kältewüste ist eine Wüste, die sehr kalt ist und eine Eiswüste ist eine kalte, aber auch eisbedeckte Wüste. Auf der Erde gibt es beide Wüstenarten nur in Kombination, aber auf anderen Planeten ist das nicht immer so. Die größte Eiswüste der Erde, die gleichzeitig auch die größte Wüste der Erde ist, ist die Antarktis.
- **Sandwüste**, deren Oberfläche zum größten Teil oder sogar ganz aus Sand besteht. Der Sand entsteht durch Bodenerosionen. Dabei werden die Sandkörner durch den Wind verweht und zu immer kleineren Sandkörnern geformt. Dadurch ist die Landschaft voll von Dünen, die durch den Wind aufgetürmt wurden. Beispiele für Sandwüsten sind die Rub al-Chali Wüste auf der arabischen Halbinsel und Teile der Sahara.
- **Stein-/ Felswüste**, welche hauptsächlich aus kantigem Schutt und Felsmaterial besteht. Der Schutt bedeckt Hochflächen und ist kaum passierbar für den Menschen. Aber auch auf Kamelen oder mit einem

³ Wueste-wueste.com (06/12/10)

Auto ist es sehr schwer, wenn nicht sogar unmöglich, durch eine Stein-/ Felswüste zu kommen. Stein-/ Felswüsten gibt es vor allem in der Sahara.

3. Beispiel Sahara

3.1. Klima:

Das Klima der Sahara zeigt sich an dem, was ihr fehlt: Wasser, fruchtbarer Boden, Vegetation und Besiedlung. Sie liegt im Bereich eines globalen Wüstengürtels, der zwischen dem 15. und 35. nördlichen Breitengrad die ganze Erde umfasst. Ursache für die extreme Trockenheit und Hitze liegen nicht wie bei anderen Wüsten in großen Gebirgszügen, großen Entfernungen zum Meer oder kalten Meeresströmungen, sondern allein in den klimatischen Bedingungen, die an den Wendekreisen herrschen. Denn über dem Äquator steigen erwärmte, wasserreiche Luftmassen auf, kühlen dabei ab und regnen sich wieder aus. Nördlich und südlich davon sinken über dem Wendekreis die trockenen Luftmassen wieder ab und erwärmen sich dabei. Als bodennaher Passatwind strömen sie zurück zum Äquator. Diese vorherrschenden Winde und die weiten Distanzen zum Meer bewirken eine sehr geringe Luftfeuchtigkeit. Durch die hinzukommenden hohen Temperaturen der Luft mit hoher Wasserspeicherfähigkeit wird Regen zum absoluten Sonderfall.

Durch fehlende Feuchte und Bewölkung, sowie den hohen Sonnenstand sind die Temperaturunterschiede zwischen Tag und Nacht höher als in anderen Wüsten. Innerhalb von wenigen Stunden kann die Temperatur von 50°C auf 5°C sinken. Allerdings ist auch dies wieder abhängig von den Regionen, in denen man sich befindet. Die Luftfeuchtigkeit beträgt in manchen Gebieten tagsüber nur knapp über 5% und im Durchschnitt fallen jährlich nur 0 bis 25 mm Regen. Die klimatische Grenze der Sahara wird Nordrand genannt, dies ist ein Bereich, indem es durchschnittlich nicht mehr als 100mm pro Jahr regnet. Dann gibt es noch den Südrand, indem jährlich 150 mm Regen fallen.

Im Winter beträgt die Temperatur in der Sahara am Tage ca. 30°C, im Sommer erreichen die Temperaturen bis zu 50 °C. Im Gebirge liegt die minimale Temperatur bei -20°C. Diese starken Temperaturunterschiede führen zu einer

starken Verwitterung der Landschaft.⁴ Zudem weht in der Sahara immer ein trockener Wind. Stürme wehen den Sand auf und können tagelang die Sicht trüben. Sie finden vor allem in den heißen Sommermonaten statt und können Windgeschwindigkeiten von 100km pro Stunde erreichen. Die Winde bestimmen das Aussehen der Sahara ganz besonders in den Dünenlandschaften, aber auch das Wasser prägt das Aussehen der Sahara, welches vor Urzeiten den Fels erodierte. Dabei kommt es vor, dass jahrelang kein Regen fällt. Ab und zu kann es jedoch passieren, dass im Winter sintflutartige Regenfälle vom Himmel stürzen. In kürzester Zeit sind die Bäche dann wieder gefüllt und werden zu reißenden Strömen.⁵

3.2. Vegetation:

Artenarmut zeichnet die Sahara aus. Auf einer Fläche von etwa zehn Mio. km² leben nur 1400 Pflanzenarten, im tropischen Regenwald findet man eine solche Anzahl schon auf wenigen km². Die Wasserversorgung ist in der Sahara der entscheidende lebensbegrenzende Faktor. Bäume besitzen meist tiefgründige Wurzeln, damit sie die grundwasserführenden Schichten erreichen können. Der Tierwelt ergeht es ähnlich wie der Pflanzenwelt. Durch die extreme Wasserarmut sind auch ihre Entfaltungsmöglichkeiten beschränkt. Trotz allem trifft man 50 Säugetierarten, 18 Vogelarten, 13 Schlangenarten und 17 Skorpionarten an. Die Tiere und Pflanzen haben sich sehr gut an die Wüstenbedingungen angepasst.

Der Mensch dagegen hat keine körperlichen Anpassungsmöglichkeiten. Der Mensch kann heutzutage nur in der Sahara überleben, weil er von vielen Kulturen das Überleben in der Wüste gelernt bzw. übernommen hat. Insgesamt leben in der Sahara etwa 2.5 Mio. Menschen, von denen der größere Teil Oasenbewohner sind. Trotzdem gibt es immer noch viele Nomaden, da in den Tälern und am Südrand der Sahara Nomadismus die einzige Möglichkeit ist, zu überleben.⁶

⁴ Buch; Sahara: Tiere, Pflanzen, Spuren

⁵ Buch; Die Wüsten Afrikas

⁶ Buch; Die Wüsten Afrikas

3.3. Geschichte:

Nicht immer war die Sahara eine Wüste, wie wir sie heute kennen. Sie war im Laufe der Zeit mal Meer, mal Savanne oder Tropenwald. Als sich Europa in einer Eiszeit befand, herrschten in der Sahara mediterrane Klimaverhältnisse – Giraffen, Büffel und Elefanten weideten in baumreichen Savannenlandschaften und waren für die Jäger und Sammler Motive für ihre Feldbildkunst, welche die Sahara zum größten Freiluftmuseum der Welt macht.⁷ Vor 10 000 - 20 000 Jahren gab es in der Sahara zwei Seen, die besonders wichtig waren für die damalige Zeit. Erstens den Megatschad, welcher so groß war, wie das Kaspische Meer, und zweitens den Arounanasee, welcher mit dem Niger in einem Becken zusammenfloss.

Ein Klimawandel sorgte für den Niedergang dieser Kultur und die Sahara wurde zur größten Wüste der Erde. Die frühesten Zeichen menschlicher Besiedlung, die wir in der Sahara finden, sind die Faustkeile. Wahrscheinlich haben die Menschen damit Jagd auf Elefanten, Giraffen und Flusspferde gemacht.

Erst vor 10 000 Jahren, als die Eiszeit in Europa sich dem Ende näherte, begann die Sahara trockener zu werden und es entstanden Savannen und bewaldete Hochländer. Bereits in dieser Epoche entstanden die beeindruckenden Felsgravuren und Felszeichnungen. Diese Felsgravuren geben Auskunft über die Veränderung der klimatischen und kulturellen Bedingungen.⁸

3.4. aktuell:

Die Sahara ist aktuell die größte Trockenwüste der Welt mit etwa zehn Millionen km² Fläche. Das ist ein Drittel des afrikanischen Kontinents und entspricht ungefähr der Größe Europas. Deshalb nennen Geographen Afrika auch „Wüstenkontinent“. Die Sahara erstreckt sich von Westen nach Osten über 5500 Kilometer, also vom Atlantischen Ozean bis zum Roten Meer.⁹ Die Sahara ist in neun Becken gegliedert. Die Becken sind durch Absenkungen entstanden. Folge von Vulkanausbrüchen sind die saharischen Hochgebirge Hoggar, Air,

⁷ Buch; Sahara: Tiere, Pflanzen, Spuren

⁸ Buch; Die Wüsten Afrikas

⁹ Marokko_allgemeines_10.html (06/12/10)

Tibesti, Adrar, Iforas und Ennedi.¹⁰ Die elf Länder, auf die sich das Gebiet der Sahara erstreckt, sind Ägypten, Libyen, Mali, Niger, Tschad, Sudan, Mauretanien, Westsahara, Marokko, Algerien und Tunesien.¹¹

Man kann die Sahara in Gebirgsmassive, Geröllflächen, Hochland, Sanddünenfelder und Salzwüste einteilen. Doch in allen Regionen ist es sehr heiß und trocken. Der höchste Punkt in der Sahara ist der Emi Koussai im Tibesti Gebirge mit 3.415m Höhe über dem Meeresspiegel. Der tiefste Punkt ist die Ägyptische Quattera Vertiefung mit 132m unter dem Meeresspiegel. Die Sahara besteht aus ungefähr 70% der sogenannten Stein-/ Felswüste. Das heißt, dass dort hauptsächlich nur Steine und Geröll vorhanden sind. Nur ungefähr 15% der Sahara bestehen aus Sandwüste. Der Rest der Sahara, besteht aus Bergen und Oasen.

Der größte Teil der Wüste liegt heute zwischen 200 und 500 Metern über dem Meeresspiegel. Der einzige immer fließende Fluss, der durch die Sahara fließt, ist der Nil. Durch die Urmeere und ehemaligen Gebirge sind die neun großen Becken mit Ablagerungen bedeckt. Das heißt, man kann oft Grundwasserreserven in einer Tiefe von 25 bis 30 Metern in den Becken finden. In der Sahara gibt es auch noch andere Bodenschätze, wie zum Beispiel Salz, Kohle, Kupfer, Eisen, Titan, Zinn, Blei und Uran. Salz ist einer der häufigsten Rohstoffe, den die Sahara zu bieten hat.

4. Einfluss von Niederschlag auf die Sahara

4.1. Klimageschichte der Sahara:

Dass die Sahara früher Mal grüner war, ist nicht nur eine Vermutung. Es ist eine Tatsache, die von mehreren unabhängigen Forschungen bestätigt wurde. Aber die Sahara war nicht so grün wie z.B. ein Regenwald. An den Flüssen, der Küste und um die Seen herum gab es Wälder, wo auch große Tiere lebten. Ansonsten bestand die Sahara aus Grassavannen (vor allem im Norden), aber es gab auch Wüstengebiete. Der Lybische Sandsee ist ein solches

¹⁰Buch; Die Wüsten Afrikas

¹¹ Marokko_allgemeines_10.html (06/12/10)

Wüstengebiet, welches nie wirklich grün gewesen ist.¹² An den beiden Wendekreisen gibt es besonders viele Wüstengebiete. Die Sahara liegt am nördlichen Wendekreis und dieses ist ein Grund dafür, dass die Sahara zu einer Wüste geworden ist (s.o.).

Eine große Bedeutung haben bei der Klimageschichte der Sahara die Winde. Das Land erwärmt sich schneller als Wasser, und dadurch entsteht Wind. Die Monsunwinde, die das Klima von Nordafrika bestimmen und daher auch das Klima der Sahara, haben sich in den letzten Jahrtausenden nach und nach abgeschwächt.

Die Ursache dafür war, dass die Entfernung zwischen Erde und Sonne im Nordsommer im Laufe der Zeit zugenommen hat und die Luft über Nordafrika dadurch nicht mehr so warm wurde.¹³ Das hatte zur Folge, dass die Monsunwinde schwächer wurden und dadurch auch der Monsun nicht mehr so weit in den Norden Afrikas hereinreichte. Die Auswirkungen wurden nicht sofort sichtbar, aber nach und nach sind durch den Wassermangel immer mehr Pflanzen und Tiere ab- bzw. gestorben.

Aber woher wissen wir so genau, dass die Sahara früher einmal grüner war? Es gibt einige Forschungsgruppen, die sich mit diesem Thema beschäftigt haben. Eine Forschungsgruppe hat vor der Westküste der Sahara Bodenproben genommen und Erstaunliches entdeckt: Sie haben Ablagerungen von Pflanzen gefunden. Diese Ablagerungen wurden aber nur bis vor ungefähr 5500 Jahren nachgewiesen. Danach endet die Ablagerung der Pflanzenüberreste abrupt und niemand weiß genau, warum das so ist. Weitere Gründe für eine grünere Sahara in der Vergangenheit sind, dass überall in der Sahara Felsmalereien, Fossilien und andere Dinge gefunden wurden, die auf früheres Leben hindeuten.

Ob die Sahara jemals wieder grün wird, ist noch ungewiss. Es gibt einige Vermutungen dazu, aber niemand weiß genau, was passieren wird. Früher war die Temperatur in der Sahara höher als heute. Da der Monsun durch die von Menschen verursachte globale Erwärmung wieder zunehmen könnte, ist es gar nicht so abwegig, dass die Sahara wieder grüner werden könnte. Allerdings ist

¹² Dmg-ev.de S.84 (05/12/10)

¹³ Geografie.de (06/12/10)

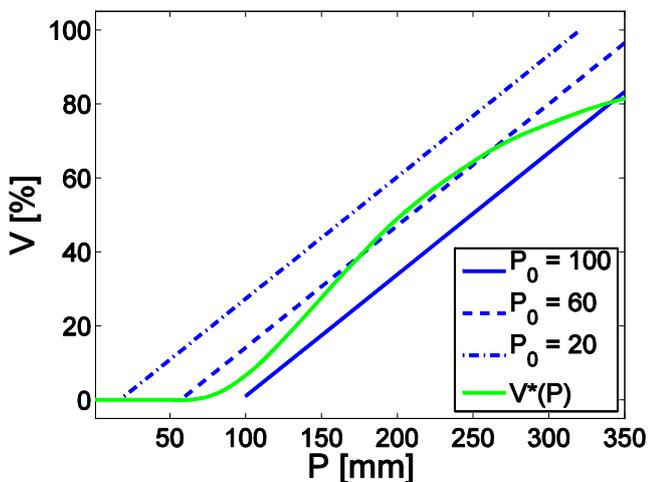
nicht abzusehen, ob der Niederschlag in der Sahara aufgrund der globalen Erwärmung tatsächlich zu- oder eher abnehmen wird. Außerdem würde der Mensch ein Wiederergrünen der Sahara vermutlich durch Viehhaltung verhindern.¹⁴

4.2. Vegetation ↔ Niederschlag (Wechselwirkungen)

Es gibt zwei theoretische Fallbeispiele, die wir im Folgenden erklären werden.

Das erste Fallbeispiel beschreibt eine starke Wechselwirkung zwischen

Starkes Feedback

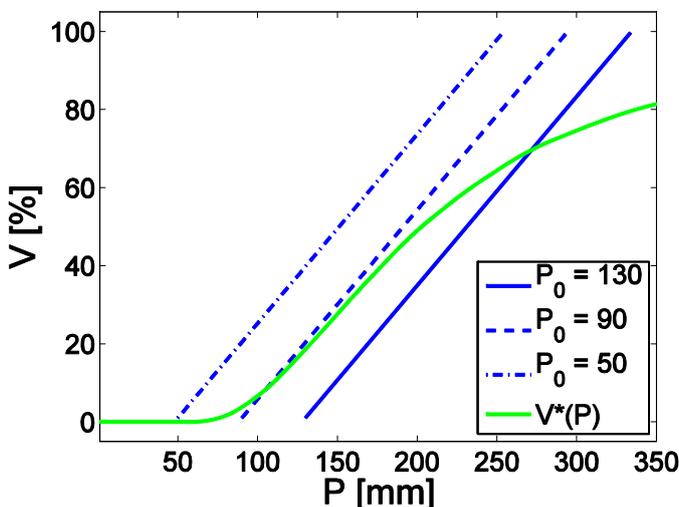


Vegetation und Niederschlag.

Die grüne Kurve steht für die Abhängigkeit der Vegetationsbedeckung V (in %) vom Niederschlag P . Die blaue Kurve steht für die Abhängigkeit des Niederschlags P (in Millimetern pro Jahr) von der Vegetationsbedeckung V . P_0

steht für die Stärke des Monsuns. Im Laufe der letzten 10.000 Jahre hat sich der Monsunregen abgeschwächt und die blaue Kurve verschiebt sich nach links. Punkte, wo sich die blaue und die grüne Kurve schneiden, sind Gleichgewichte, d.h. das Klima wird sich in der Nähe dieser Punkte befinden.

Schwaches Feedback



Es gibt jedoch eine Ausnahme, wenn drei Schnittpunkte vorhanden sind, ist der mittlere "instabil" (wie ein senkrecht aufgestellter Stift). Diesen

Quelle der Abbildungen:
Sebastian Bathiany, Max Planck Institut für Meteorologie Hamburg, veröffentlicht mit freundlicher Genehmigung von Sebastian Bathiany

¹⁴ Sebastian Bathiany

Zustand gibt es daher in der Realität nicht.

Wenn sich P und V nur schwach beeinflussen, gibt es nur ein Gleichgewicht (zweites Fallbeispiel). Im Laufe der Zeit stirbt die Vegetation in der Sahara langsam ab (schwaches Feedback). Wenn sich P und V stark beeinflussen (indem die Vegetation stark auf den Niederschlag zurück wirkt), kann es zwei stabile Gleichgewichte geben.

Sobald das "grüne Gleichgewicht" aufhört zu existieren, stirbt die Vegetation in der Sahara ganz plötzlich aus. Welches der beiden Bilder auf die Realität zutrifft, ist nicht ganz geklärt. Dazu weiß man zu wenig darüber, wie das Klima und die Vegetation früher ausgesehen haben, und wie stark die oben genannten Wechselwirkungen sind. Die Zahlen an den Achsen sind darum auch eine bloße Annahme und geben nicht unbedingt die Realität wieder. Die Grafiken dienen also nur als Erklärungsmodell.

Wenn man den Niederschlag in Zukunft wieder erhöhen würde, macht es einen Unterschied, ob die Wechselwirkung zwischen V und P stark oder schwach ist. Bei schwacher Wechselwirkung läuft alles einfach rückwärts ab, die Sahara wird allmählich grüner. Bei starker Wechselwirkung muss man den Niederschlag deutlich erhöhen, im Gegensatz zur früheren "grünen Sahara", damit man auf das grüne Gleichgewicht zurückspringt. Außerdem muss man aber beachten, dass das Wetter nicht jedes Jahr genau gleich ist, sondern dass es Schwankungen gibt. Wenn die Schwankungen groß genug sind, kann man auch zwischen den Gleichgewichten hin und her kippen. Dann ist es nicht so wichtig, welche Art der Wechselwirkung vorliegt.¹⁵

5. Fazit:

Zusammenfassend kann man sagen, dass es bewiesen ist, dass die Sahara auf jeden Fall einmal grüner war als heutzutage und dass auch damals deutlich mehr Leben vorhanden war. Wie die Sahara sich in Zukunft entwickeln wird, ist nicht klar. Es ist sicher, dass sich etwas verändern wird, aber wie stark und welche der Gleichgewichte eintreffen werden, kann man nicht voraussagen.

¹⁵ Sebastian Bathiany

Man kann nur sogenannte Klimamodelle aufstellen, die eventuelle Fälle beschreiben. Die Entwicklung des Klimas in der Sahara kann man nicht genau voraussagen, weil man einfach immer noch zu wenig über die Vergangenheit weiß und darüber, wie stark die Wechselwirkungen von Vegetation und Niederschlag tatsächlich sind. Untersuchungen zur Wechselwirkung zwischen der Vegetation und anderen Komponenten des Klimasystems sind noch lange nicht abgeschlossen. Jedoch kann man durch die Erkenntnisse der letzten 10-15 Jahren behaupten, dass die Vegetation nicht nur ein passiver „Klimaindikator“ ist, sondern dass das Klima und die Vegetation beide gegenseitig aufeinander reagieren. Ohne diese Dynamik wäre das Klimasystem nicht vollständig zu erklären.

6. Literaturverzeichnis:

¹Andrea Enzendorfer; Wüsten; Kidsnet; online unter:

<http://www.kidsnet.at/Sachunterricht/wueste.html> (06/12/10)

² Sahara: Tiere, Pflanzen, Spuren; Schataneck Elkharassi; Verlag: KOSMOS (-naturführer), 1. Auflage: August 2006

³Wüstenarten;

online unter: <http://www.wueste-wuesten.com/wuestenarten/wuestenarten.htm>
(06/12/10)

□ Sahara: Tiere, Pflanzen, Spuren; Schataneck Elkharassi; Verlag: KOSMOS (-naturführer), 1. Auflage: August 2006

□ Michael Martin; Die Wüsten Afrikas; Verlag: Frederking & Thaler; Auflage: Februar 2007

□ Michael Martin; Die Wüsten Afrikas; Verlag: Frederking & Thaler; Auflage: Februar 2007

□ Sahara: Tiere, Pflanzen, Spuren; Schataneck Elkharassi; Verlag: KOSMOS (-naturführer), 1. Auflage: August 2006

□ Michael Martin; Die Wüsten Afrikas; Verlag: Frederking & Thaler; Auflage: Februar 2007

□ Plattform für Kunst, Kultur und Gesellschaft; Sahara – Die größte Wüste der Erde; online unter: http://www.g26.ch/marokko_allgemeines_10.html (06/12/10)

¹ Michael Martin; Die Wüsten Afrikas; Verlag: Frederking & Thaler; Auflage: Februar 2007

¹¹ Plattform für Kunst, Kultur und Gesellschaft; Sahara – Die größte Wüste der Erde; online unter: http://www.g26.ch/marokko_allgemeines_10.html (06/12/10)

¹² Deutscher Wetterdienst; promet – Numerische Klimamodelle - was können sie, wo müssen sie verbessert werden?, Teil II: Modellierung natürlicher Klimaschwankungen (2003)
online unter: http://www.dmg-ev.de/gesellschaft/publikationen/pdf/promet/pdf_gross/promet_29_14.pdf (05/12/10)

¹³ Anna Rotenstein; Die grüne Vergangenheit der Sahara; (28/11/2008) online unter:
http://geografie.suite101.de/article.cfm/die_gruene_vergangenheit_der_sahara
(06/12/10)

¹ Sebastian Bathiany; Max Planck Institut für Meteorologie Hamburg; Interview vom 09/11/10

Copyright-Hinweis

Die beiden Abbildungen im Kapitel 4.2. Vegetation ↔ Niederschlag (Wechselwirkungen) auf Seite 8 wurden von Sebastian Bathiany vom Max Planck Institut für Meteorologie mit freundlicher Genehmigung zur Veröffentlichung in dieser Arbeit freigegeben.