

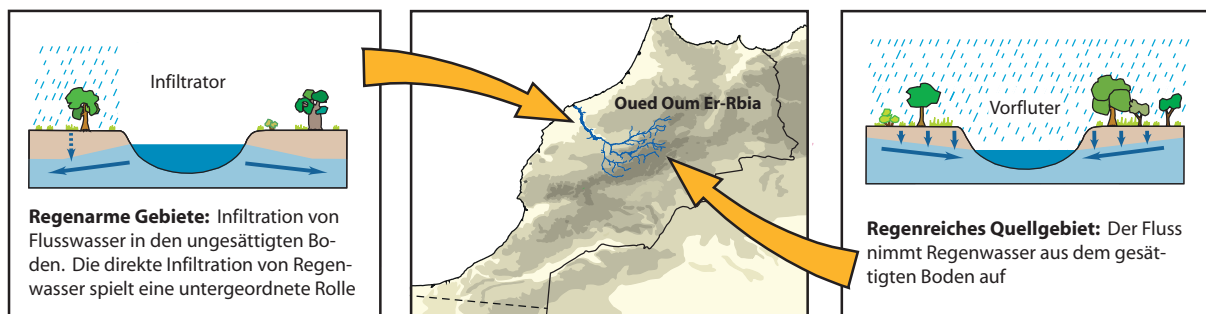


Grundwasser

Was ist Grundwasser?

Grundwasser befindet sich in Hohlräumen von festen oder lockeren Gesteinsformationen. Solche Hohlräume im Gestein sind entweder Poren, Klüfte oder Höhlensysteme. Als Aquifere (Grundwasserträger oder -leiter) kommen Gesteinsformationen in Frage, welche über ein genügendes Volumen an Hohlräumen verfügen. Sandige Schichten zum Beispiel sind reich an Poren und führen oft über weite Distanz Grundwasser, sind also gute Aquifere, während tonige Schichten weitgehend frei von Hohlräumen sind und deshalb nur wenig oder gar kein Wasser führen. Form und Ausdehnung der Aquifere hängen von den geologischen Verhältnissen ab. In vielen Fällen liegen mehrere Aquifere übereinander, wovon sich der oberste oft nahe der Oberfläche befindet und der unterste einen Kilometer tief oder sogar noch tiefer liegen kann. Je grösser die Ausdehnung einer wasserführenden Gesteinsformation ist und je grösser der Anteil an Hohlräumen im Gestein ist, desto mehr Grundwasser kann darin gespeichert werden.

Grundwasservorkommen bilden sich durch Infiltration von Oberflächenwasser aus Flüssen, Seen oder Meeren sowie durch direkte Infiltration von Regenfällen in den Boden. Im Untergrund fliesst das Wasser in Richtung des grössten Gefälles. Seine Fließsgeschwindigkeit hängt im Wesentlichen davon ab, wie gross Poren, Klüfte oder Höhlensysteme im Gestein sind und wie gut sie miteinander verbunden sind.



Der Fluss in seinen Funktionen als Vorfluter und als Infiltrator am Beispiel des Oued Oum Er-Rbia: In den regenreichen Quellgebieten (rechts) fließt infiltriertes Regenwasser im Boden in Richtung Fluss, der als Vorfluter dient und das Wasser abtransportiert. In den regenarmen Gebieten (links) spielt der Fluss die umgekehrte Rolle: er speist das Grundwasser und dient somit als Infiltrator (Grafik M. Wyss).

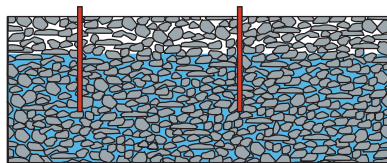
Man unterscheidet Porengrundwasser, Kluffgrundwasser und Karstgrundwasser. Bei Porengrundwasservorkommen befindet sich das Wasser in den Hohlräumen zwischen Sandkörnern, Kies oder Geröll in wenig verfestigten oder unverfestigten Sedimentschichten. Porengrundwasservorkommen sind in der Regel kontinuierlich, das heisst, sie stehen über grosse Distanzen miteinander im Kontakt. Meist bilden sie breite Ströme mit sehr langsamen Fließgeschwindigkeiten im Untergrund.

Kluffgrundwasser ist auf Zonen im Festgestein beschränkt, in welchen das Gestein Klüfte, also Risse aufweist. Stehen diese Klüfte bis in grössere Tiefen miteinander in Verbindung, kann das Wasser weit in den Felsunter-

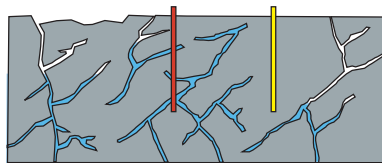
grund hinunter vordringen. Kluftgrundwasservorkommen stehen selten über grössere Gebiete miteinander in Kontakt, sie werden deshalb als diskontinuierlich bezeichnet.

Karstgrundwasser schliesslich tritt nur in Gebieten mit vorwiegend kalkigen Gesteinen auf, in welchen als Resultat der Auflösung von Kalkgestein durch kohlenensäurehaltiges Regenwasser oft weit verzweigte Höhlensysteme ausgebildet sind, die bei Regenfällen den grössten Teil des Wassers aufnehmen und unterirdisch abführen. In Gebirgen tritt Karstgrundwasser immer, Kluftgrundwasser gelegentlich als Quellwasser wieder an die Oberfläche.

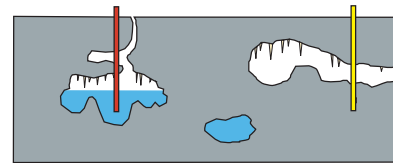
Grundwasser kann auch in Mischformen auftreten, so ist es z.B. möglich, dass sehr poröse Festgesteine sowohl Klüfte wie auch kommunizierende Poren aufweisen oder dass in kalkigen Gesteinen sowohl wassergefüllte Karsthöhlen wie auch wassergefüllte Klüfte vorkommen. In Porengrundwasserleitern sind Bohrungen zu beinahe 100% erfolgreich, während es in Kluft- und Karstgrundwasserleitern oft schwierig ist, die wasserführenden Strukturen zu treffen.



Porengrundwasser: Tritt vor allem in Lockergesteinen wie Kies und Sand mit kommunizierenden Poren auf.



Kluftgrundwasser: Tritt bevorzugt in massigen Gesteinen wie z. B. Granit auf.



Karstgrundwasser: Tritt nur in Gesteinen mit einem hohen Anteil an Kalk auf.

Die drei Grundwasserformen: Porengrundwasser, Kluftgrundwasser und Karstgrundwasser. Rot: erfolgreiche Bohrungen, gelb: erfolglose Bohrungen (Grafik M. Wyss).

Grundwasservorkommen Marokkos

62% der Grundwasservorkommen Marokkos liegen nördlich des Atlasgebirges, 21% im Atlas und nur 17% liegen südlich des Atlas in den Sahararegionen. Diese ungleiche Verteilung der Grundwasservorkommen repräsentiert die Verteilung der Niederschläge in Marokko, wenn auch nicht so akzentuiert wie bei den Oberflächengewässern, da die Grundwasservorkommen Wasservorräte über längere Zeiträume speichern können und damit eine ausgleichende Funktion haben.

Da sich das Grundwasser unter der Erdoberfläche befindet, sind Datenerhebung und Erforschung des Grundwassers mit erheblichen Schwierigkeiten verbunden. Die Grundwasservorkommen Marokkos sind deshalb weit weniger gut bekannt als die Oberflächenwasservorkommen.

Direkt zugänglich sind nur Grundwasservorkommen, die in Form natürlicher Quellen, durch Brunnen und durch Bohrungen erschlossen sind. Können solche Grundwasservorkommen über längere Zeit beobachtet werden – wobei vor allem die Entwicklung der Wasserstände in den Bohrlöchern und Brunnen sowie die chemische und bakterielle Zusammensetzung des Wassers von Interesse sind – ist es möglich, räumliche Ausdehnung, Reserven und Nutzungsgrad abzuschätzen und die Wasserqualität zu dokumentieren.

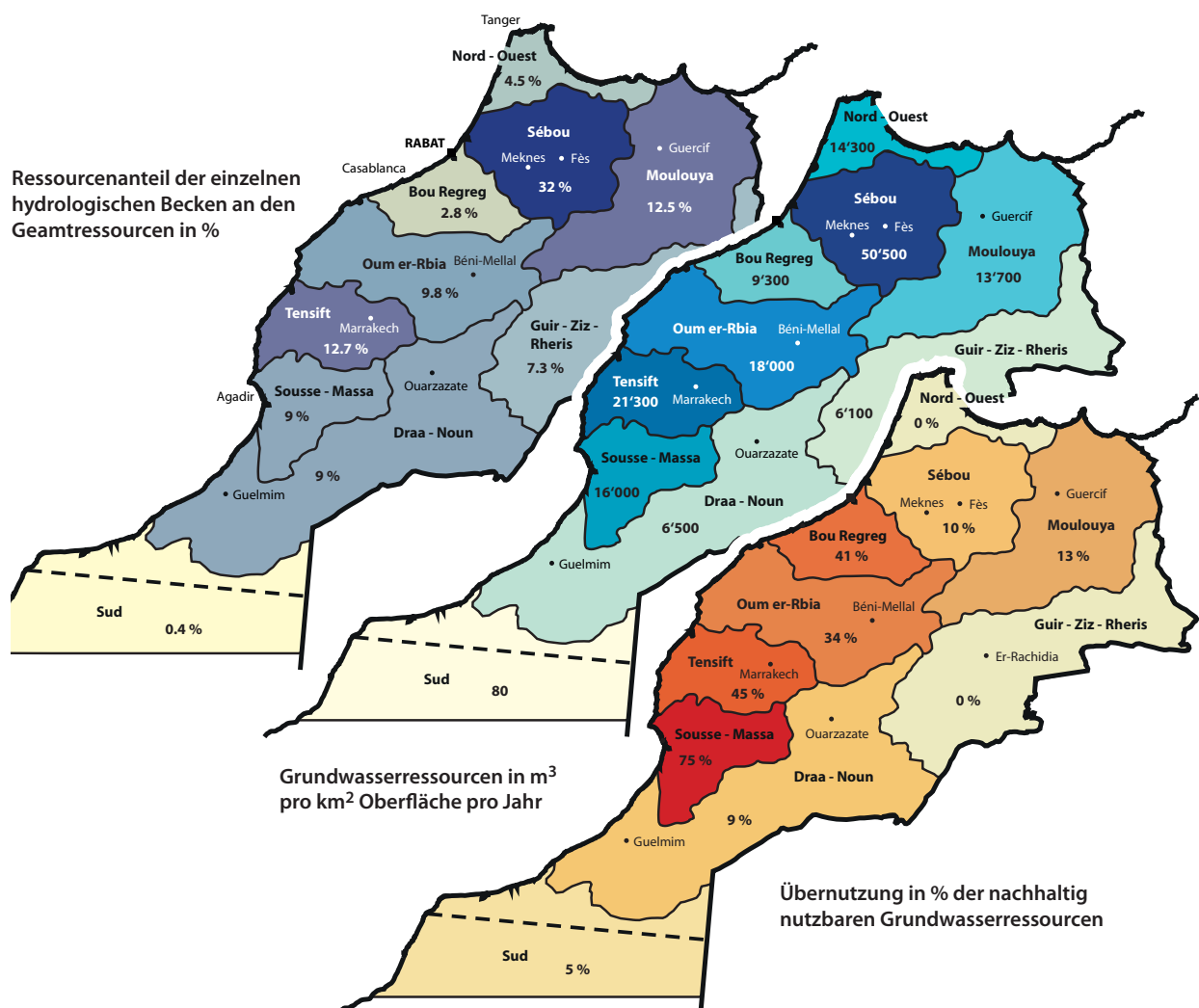
Am besten bekannt sind jene Grundwasservorkommen in den bevölkerungsreichen Gebieten Nordwest- und Westmarokkos, welche wegen der Ausdehnung bewässerter Landwirtschaftsgebiete seit den 1960er-Jahren intensiv und auf hohem technischem Niveau genutzt werden. Dort wurde schon früh deutlich, dass die Vorräte durch Übernutzung stetig abnehmen, sodass ein Messnetz zu ihrer Überwachung eingerichtet wurde, auf dessen Daten heute aufgebaut werden kann.

Weit weniger gut bekannt sind die Grundwasservorkommen im Atlas und in Südmarokko, welche seit Alters her zur Bewässerung genutzt werden, da die Oberflächengewässer dort aufgrund der geringen Niederschläge nicht das ganze Jahr über Wasser führen. Wegen viel geringerer Bevölkerungsdichte und weniger intensiver Landwirtschaft bestand aber in diesen Gebieten in der Vergangenheit kaum die Gefahr der Übernutzung. Deshalb und weil die Berggebiete und die Gebiete südlich und östlich des Atlas gesamtwirtschaftlich nie von grossem Interesse waren, erschien eine Überwachung offenbar weit weniger notwendig als in Nordmarokko, so dass die Datenlage zu diesen Grundwasservorkommen sehr dürftig ist.

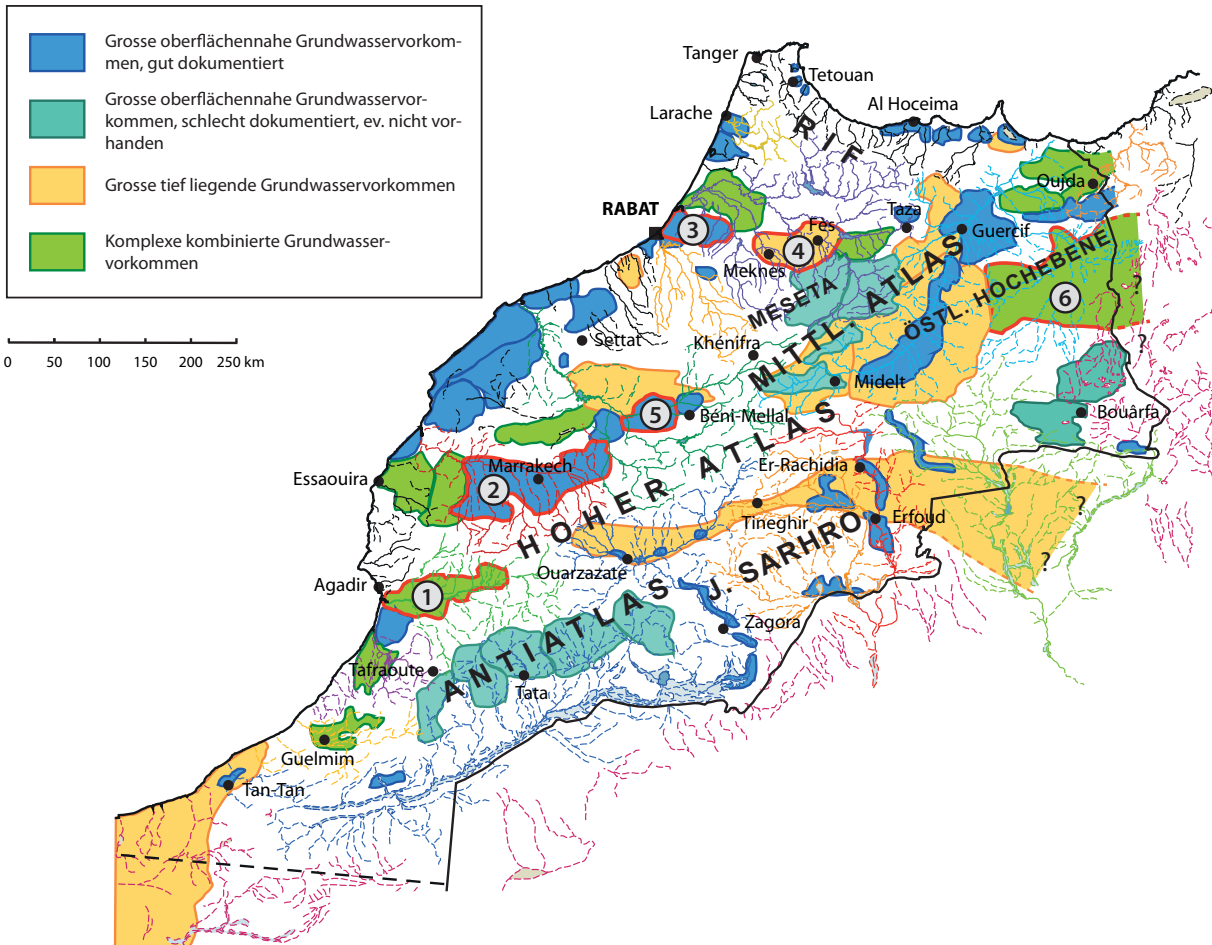
Neben der Niederschlagsmenge bildet der geologische Aufbau, grob gesagt die Gesteinsarten, deren räumliche Anordnung und deren Porenvolumen, eine weitere Kategorie von Rahmenbedingungen für die Vorkommen verschiedener Grundwasserformen. Vom geologischen Aufbau hängen die Ausdehnung eines Vorkommens, dessen Wasservorrat und – abgesehen von Überlagerungen durch anthropogene Verschmutzungen – auch dessen Wasserqualität ab.

Der geologische Aufbau Marokkos ist sehr komplex, dies äussert sich auf drei Ebenen (siehe auch „Geologie“):

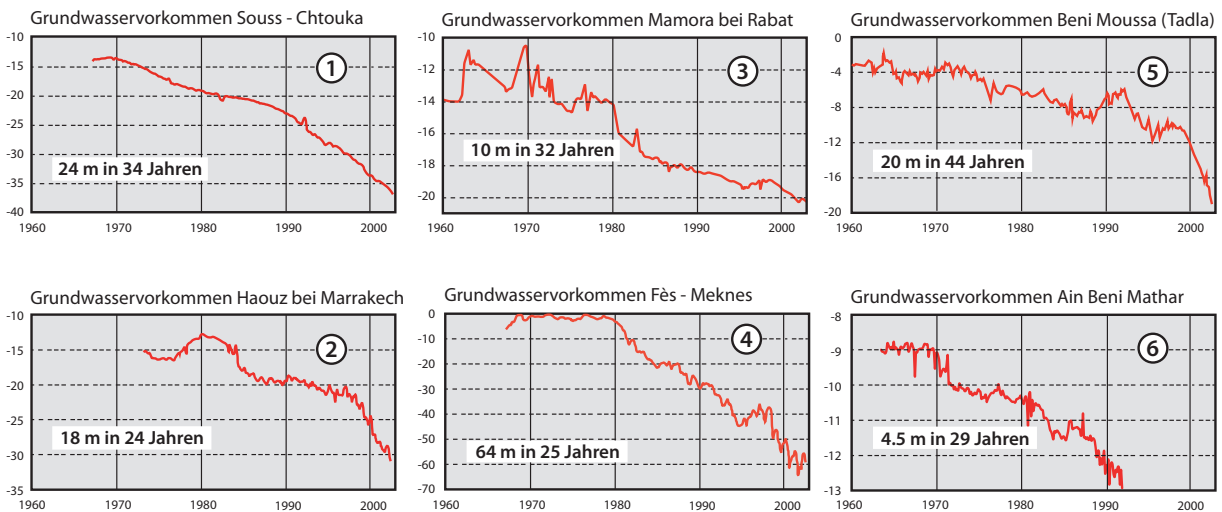
- In Nordwestafrika sind Gesteine aus einer Zeitspanne von nahezu 2'500 Millionen Jahren vom untersten Präkambrium bis zu heutigen Ablagerungen vorhanden. Zum Vergleich: die ältesten Gesteine der Alpen sind ca. halb so alt.
- Es sind teilweise auf engem Raum sehr viele unterschiedliche Gesteinsarten mit unterschiedlichen physikalischen und chemischen Eigenschaften vertreten.
- Die Gesteine sind in den vier Gebirgen Rif, Mittlerer Atlas, Hoher Atlas und AntiAtlas auf komplizierte Weise verfaltet und gebrochen.



Grundwasserressourcen der einzelnen hydrologischen Becken Marokkos. Jedes Becken deckt die Fläche des Einzugsgebietes des namengebenden Flusses oder südlich des Hohen Atlas mehrerer namengebender Flüsse ab (Grafik M.Wyss unter Verwendung von Daten aus Hachimi, 2009 und aus mehreren Berichten der marokkanischen Wasser- Umwelt- und Energiebehörden).



Karte der bekannten Grundwasservorkommen Marokkos.



Verläufe der Grundwasserspiegel von sechs Grundwasservorkommen (Lokalisierung siehe Karte oben).

Grafiken M. Wyss unter Verwendung von Angaben aus Bzioui, M., 2004, Jellali, M. M., 1997, Makhokh, M., 2009 sowie aus diversen Berichten marokkanischer Staatssekretariate aus den Jahren 2008 bis 2011.

Grundwassertypen in Marokko

In Marokko können grob 4 Typen von Grundwasservorkommen unterschieden werden. Von den Grundwassertypen 1-3 sind ca. 80 bekannte Vorkommen dokumentiert. Ein Vergleich der Grundwasserkarte mit der geologischen Karte (siehe „Geologie“) zeigt einige bemerkenswerte Korrelationen zwischen dem geologischen Aufbau Marokkos und den Vorkommen unterschiedlicher Grundwassertypen:

Häufigste Grundwassertypen in Marokko

| | Typ | Form | Gebiete | Erschliessungsgrad | Nutzung |
|---|--|---------------------|---|---|----------------------------------|
| 1 | Grosse oberflächennahe Grundwasservorkommen | Poren, Kluft | Flusstäler in NW-Marokko, der Meseta und der östlichen Hochebene | Sehr Hoch , durchwegs hohes technisches Niveau | Durchwegs stark übernutzt |
| 2 | Grosse tief liegende Grundwasservorkommen | Poren, Kluft | Meseta, Mittl. Atlas, östl. Hochebene, südl. des Hohen Atlas und ev. Westsahara | Bisher kaum erschlossen | Kaum genutzt |
| 3 | Komplexe kombinierte Grundwasservorkommen | Poren, Kluft | NW-Marokko, Meseta und östl. Hochebene | Mittel bis hoch , meist hohes techn. Niveau | Meist übernutzt |
| 4 | Kleine und kleinste Grundwasservorkommen | Poren, Kluft, Karst | Täler im Rif, im Mittleren Atlas und im Hohen Atlas | Hoch , tiefes techn. Niveau (oft nur Brunnen) | Häufig stark übernutzt |

Typ 1: Grosse oberflächennahe Grundwasservorkommen

Grosse oberflächennahe Grundwasservorkommen liegen hauptsächlich in den jüngsten Ablagerungen des Quartärs, welche maximal zwei Millionen Jahre alt sind, und im Einflussbereich grösserer Flüsse. Diese Ablagerungen sind nur wenig verfestigt und weisen ein grosses Porenvolumen auf, in welchem viel Wasser Platz findet. Eine Ausnahme bilden die Vorkommen des Antiatlas und der Meseta, welche aber auf neueren Karten nicht eingezeichnet sind und möglicherweise in dieser Form gar nicht existieren.

Oberflächennahe Grundwasservorkommen werden durch Infiltration aus ganzjährig oder saisonal wasserführenden Gewässern aufgefüllt, deren Quellgebiete oft ausserhalb des Infiltrationsgebietes in niederschlagsreicheren Zonen liegen. Auch lokale Niederschläge tragen zur Speisung der oberflächennahen Grundwasservorkommen bei. Ausser in Dürre Jahren werden diese Grundwasserressourcen also regelmässig wieder aufgefüllt. Sie gelten deshalb als erneuerbar und können zur Wasserversorgung genutzt werden. Da die oberflächennahen Grundwasserressourcen mit relativ einfachen technischen Mitteln erschlossen werden können, bilden sie die Grundlage der Versorgung von Landwirtschaft, Haushalten und Industrie.

Die oberflächennahen Grundwasservorkommen reagieren schnell auf Klimaschwankungen wie länger andauernde Trockenzeiten oder auf Übernutzung. Übersteigt die Entnahmemenge die jährliche Infiltrationsmenge eines Grundwasservorkommens, senkt sich sein Wasserspiegel rasch. Nach langer Trockenheit oder bei starker Übernutzung können die Wasserspiegel so tief absinken, dass Brunnen und Bohrlöcher weiter abgeteuft werden müssen.

Abgesunkene Grundwasserspiegel können wieder ansteigen, wenn die betreffenden Vorkommen geschont werden. Die Erholungszeit hängt hauptsächlich von der Infiltrationsmenge und der Fliessgeschwindigkeit des Wassers im Aquifer ab. Stark abgesunkene Grundwasserspiegel brauchen viele Jahre, bis sie wieder auf ihr ursprüngliches Niveau angestiegen sind. Bei abnehmenden Niederschlagsmengen muss in Zukunft generell mit verlängerten Erholungszeiten gerechnet werden.

Zusammen mit den ganzjährig wasserführenden Oberflächengewässern stellen die oberflächennahen Grundwasservorkommen auch die Wasserversorgung der natürlichen Vegetation sicher. Aus diesem Grund sind nicht nur Mensch und Landwirtschaft von Grundwasserabsenkungen betroffen, sondern auch die natürliche Vegetation. Grundwasser aus oberflächennahen Aquiferen gelangt durch kapillaren Aufstieg in die Nähe der Oberfläche, wo es von den Wurzeln der Pflanzen aufgenommen werden kann. Ein Absinken der Wasserspiegel oberflächennaher Grundwasservorkommen hat demnach zur Folge, dass für die Pflanzen weniger oder im schlimmsten Fall gar kein Wasser mehr zur Verfügung steht. Dies kann zu flächendeckendem Absterben der Vegetation führen. In ariden und semiariden Gebieten ist dieser Prozess neben Bodenerosion und Übernutzung durch die Landwirtschaft einer der Hauptauslöser von Desertifikationsprozessen.

Die oberflächennahen Grundwasservorkommen stehen in der Regel in direktem Austausch mit Oberflächengewässern. Wenn Grundwasserreservoirs gut aufgefüllt sind und kaum Wasser aufnehmen können, sinken nach den Flutereignissen im Winterhalbjahr auch die Wasserspiegel von Flüssen und Seen nur langsam ab, wodurch mehr Oberflächenwasser direkt zur Verfügung steht.

Typ 2: Grosse tief liegende Grundwasservorkommen

In der Sahara und in den südlich angrenzenden subsaharischen Gebieten der Sahelzone existieren diverse tiefe Becken im Urgesteinssockel, welche mit bis zu 3'500 m mächtigen Sedimentgesteinsschichten aufgefüllt sind. Einige dieser Schichten können Wasser speichern und bilden tief liegende Aquifere mit teils riesigen Wasservorräten. Diese Grundwasservorkommen dehnen sich häufig über mehr als eine halbe Million Quadratkilometer aus und liegen im Mittel in Tiefen zwischen 100 und 1'000 m. Grundwasser kann aber auch in Tiefen von bis zu 2'500 m gefunden werden. In Marokko wird aufgrund der geologischen Kleinräumigkeit mit keinen tief liegenden Grundwasservorkommen ähnlicher Dimensionen gerechnet, es sind aber einige kleinere Vorkommen bekannt, wovon jenes im Dadès-Tal zwischen Hohem Atlas und Jebel Sarhro das bisher grösste ist, dessen Ausdehnung einigermaßen bekannt ist. Unter dem Gebiet der Westsahara werden ebenfalls tief liegende Grundwasservorkommen vermutet. Die bis heute bekannten tief liegenden Grundwasservorkommen Marokkos befinden sich vor allem in ca. 250 bis 5 Millionen Jahre alten Gesteinen aus dem Mesozoikum und Känozoikum (Jura, Kreide, Paläogen, Neogen). Dabei handelt es sich vorwiegend um karbonatische Gesteine (Kalke und dergleichen) und um Sandsteine.

Es herrscht heute weitgehend Einigkeit darüber, dass die tief liegenden Grundwasservorkommen der Sahara und der Sahelzone zum grössten Teil oder sogar ausschliesslich fossiles Wasser führen (z.B. Fontes, 1980). Dies ist Wasser, welches während Feuchtperioden vor einigen 10'000 bis 100'000 Jahren infiltrierte, bis in grosse Tiefen hinunter sickerte und bis heute erhalten blieb (z.B. Guendouz, 1985). In den vergangenen 15'000 Jahren zogen sich die feuchten Klimate allmählich in äquatornahe Gebiete zurück. Die ursprünglichen Auffüllmechanismen dieser Grundwasservorkommen sind deshalb heute nicht mehr oder nur noch sehr bedingt aktiv. Aus diesem Grund werden die fossilen Grundwasservorkommen in der Regel als nicht erneuerbare Wasserreserven betrachtet. Ein Verbrauch dieses Wassers ist demnach ein irreversibler Prozess, ein Abbau von Ressourcen, welche dadurch für kommende Generationen nicht mehr zur Verfügung stehen.

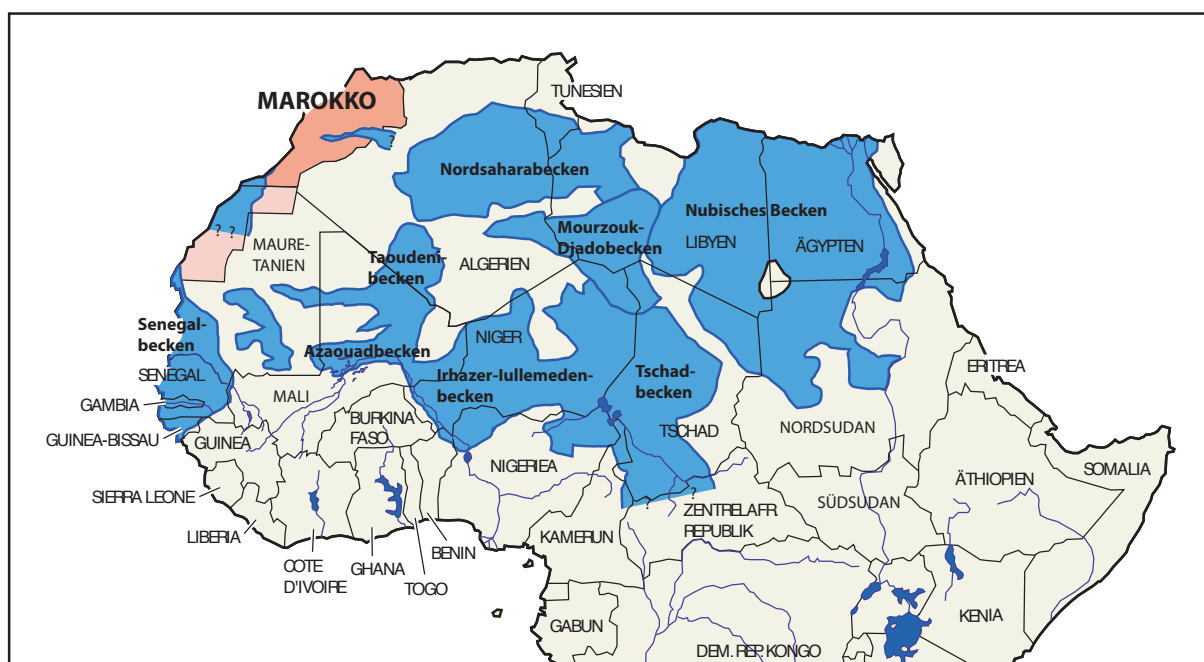
In ariden und semiariden Gebieten werden weltweit immer mehr tief liegende Grundwasserreserven abgebaut. Dies kann massive, grossräumige Grundwasserabsenkungen nach sich ziehen, welche nach dem heutigen Stand des Wissens irreversibel sind. Im Nordsaharabecken in Algerien z.B. sind die Wasserspiegel in den 1980-er Jahren in kurzer Zeit grossflächig um bis zu 50 m gesunken. Im nördlichen Teil des Irhazer-lullemedenbeckens in der Region von Arlit in Nord-Niger wurden fossile Grundwasservorkommen durch industrielle Wassernutzung um über 30 m abgesenkt (Dodo, 1992). Auch im Nubischen Becken wurde dieser Prozess durch massives Abpumpen fossilen Grundwassers zur Versorgung der libyschen Küstenstädte und zur Bewässerung von Landwirtschaftsland (Muammar Gadhafis „Achstes Weltwunder“) in Gang gesetzt, wobei erste Auswirkungen auch bereits im Nachbarland Ägypten spürbar sind.

Einige Studien liefern jedoch Hinweise darauf, dass ein Teil der tiefen Aquifere in der Sahara auch heute noch von Oberflächengewässern gespeist wird (z.B. Fontes et al., 1991; eigene Daten). In diesem Fall könnte von zumindest teilweise erneuerbaren tiefen Grundwasserreserven ausgegangen werden. Um abschätzen zu können, wie viel Wasser jährlich genutzt werden kann, ohne die Existenz der tiefen Grundwasservorkommen zu gefährden, ist es unumgänglich, teilweise erneuerbare Vorkommen und nicht erneuerbare Vorkommen klar unterscheid-

den zu können. Dafür müssen die Speisungsmechanismen der Grundwasservorkommen möglichst genau bekannt sein.

Tief liegende Grundwasservorkommen wurden in Marokko bisher kaum genutzt. Aufgrund der zunehmenden Knappheit von Oberflächenwasser, wegen stetig absinkender Wasserspiegel der oberflächennahen Grundwasservorkommen und wegen erhöhtem Wasserbedarf durch die Ausdehnung bewässerter Ackerbaugebiete beabsichtigt die Regierung jedoch, die bisher bekannten tiefen Grundwasservorkommen vermehrt zur Bewässerung zu nutzen und die Suche nach weiteren Vorkommen zu intensivieren. Obwohl ihre Erschliessung nur mit grossem Aufwand realisierbar ist, wird dies im Vergleich zu den hohen Kosten, die beim Bau neuer Staudämme anfallen, als die günstigste Möglichkeit erachtet, kurzfristig neue Wasserressourcen bereitzustellen.

Es wird davon ausgegangen, dass Marokko in tiefliegenden Grundwasservorkommen über Vorräte im Bereich von einigen Duzend Milliarden Kubikmetern verfügt, wovon aber nur ein kleiner Teil nutzbar ist, da laut Regierung mit finanziell vertretbarem Aufwand nur Tiefen bis 250 m erbohrt werden und da sich die verantwortlichen Regierungsstellen der Tatsache bewusst sind, dass eine übermässige Nutzung fossiler Grundwässer ökologisch schwerwiegende Folgen haben kann. Die fossilen Grundwässer werden deshalb folgerichtig auch als strategische Reserve für spätere Generationen betrachtet.



Fossile Grundwasserbecken der Sahara und der subsaharischen Gebiete (Grafik M. Wyss nach Institut Méditerranéen de l'Eau, 2008: Les aquifers fossiles au sud de la Méditerranée: Etat synthétique des connaissances, caractéristiques et contraintes d'exploitation).

Typ 3: Komplexe kombinierte Grundwasservorkommen

Wie die oberflächennahen Grundwasservorkommen (Typ 1) liegen auch diese Vorkommen hauptsächlich in den porösen Ablagerungen des Quartärs. Es handelt es sich vermutlich um Überlagerungen von oberflächennahen und tief liegenden Grundwasserträgern, wobei im Detail unklar zu sein scheint, wo die einen aufhören und die anderen beginnen. Um eine nachhaltige Nutzung zu gewährleisten, müssen die einzelnen Grundwasserträger und ihre Auffüllmechanismen deutlich unterschieden werden können.

Typ 4: Kleine und kleinste Grundwasservorkommen

Die Grundwasserkarte Marokkos weist für das gesamte Rif-Gebirge, die Meseta, den Hohen Atlas, grosse Teile des AntiAtlas und den Jebel Sarhro keine grösseren Grundwasservorkommen aus, deren Existenz gesichert ist. Die grossen, oberflächennahen Grundwasservorkommen im Mittleren Atlas, in der Meseta und im AntiAtlas sind in neueren Quellen nicht mehr aufgeführt. Da alle diese Gebiete jedoch über funktionstüchtige Brunnen verfügen,

welche Grundwasser meist aus geringer Tiefe fördern, muss davon ausgegangen werden, dass neben den dokumentierten, grossen Grundwasservorkommen auch unzählige kleine und kleinste Grundwasservorkommen existieren, welche bisher nirgends erfasst sind, obwohl sie für die Versorgung ländlicher Gebiete eine zentrale Rolle spielen:

Rifgebirge: Im Fall des räumlich feinstrukturierten, regenreichen Rifgebirges (600 bis über 1'200 mm Niederschlag pro Jahr) kann davon ausgegangen werden, dass sich genügend Grundwasser ansammelt, vermutlich in Form unzähliger kleinräumiger Vorkommen.

Östlicher Hoher Atlas und Mittlerer Atlas: Das Fehlen grösserer Grundwasservorkommen im östlichen Hohen Atlas und – sollten die schlecht dokumentierten, oberflächennahen Vorkommen tatsächlich nicht existieren – auch im Mittleren Atlas ist nachvollziehbar, bestehen diese Gebiete doch grösstenteils aus Kalkgestein, welches Grundwasser sehr schlecht speichern kann. Trotzdem belegen zahlreiche Brunnen, dass auch in diesen Berggebieten kleine, oberflächennahe Grundwasservorkommen existieren müssen, welche die Besiedelung des Gebirges durch Ackerbauern erst ermöglicht haben, zumal die Oberflächengewässer nur im Frühjahr genügend Wasser zur Bewässerung von Kulturland führen.

Antiatlas und Jebel Sarhro: In dieser Randregion der Sahara fallen jährlich nur zwischen 100 und 400 mm Niederschlag. Diese geringe Menge reicht kaum zur Bildung grösserer Grundwasservorkommen. Die Existenz der, nur auf älteren Karten eingezeichneten, grossen oberflächennahen Grundwasservorkommen muss deshalb in Frage gestellt werden. Auf Grund der grossen Vielfalt an Gesteinen, wovon einige auch gute Grundwasserspeicher sind, konnten aber offenbar trotzdem lokal kleine, isolierte Vorkommen entstehen, welche heute durch Brunnen erschlossen sind. Möglicherweise handelt es sich dabei auch teilweise um kleine, fossile Grundwasservorkommen.

Westlicher Hoher Atlas und Meseta: Das Fehlen grosser Grundwasservorkommen im westlichen Hohen Atlas und in der Meseta ist schwierig zu erklären, zumal beide Gebiete mit 400 bis 1'200 mm genügend Niederschlag für die Bildung grösserer Grundwasservorkommen erhalten. Auch aus geologischer Sicht spricht nichts gegen die Existenz von Grundwasserspeichern, da beide Gebiete aus paläozoischen Gesteinen, darunter zahlreichen terrestrischen Sedimenten wie Sandsteinen und Konglomeraten bestehen, die in der Regel gute Grundwasserspeichergesteine sind. Möglicherweise wurden diese Gebiete nie genügend untersucht, zumal die Existenz von Grundwasser durch funktionstüchtige Brunnen belegt ist.