

2 Untersuchungsgebiet und Kontext der Arbeit

2.1 Das Untersuchungsgebiet Wadi Drâa

Die räumliche Verteilung des Niederschlages in Marokko wird durch die Atlas-Gebirgsketten (Hoher und Mittlerer Atlas, AntiAtlas, TellAtlas und SaharaAtlas) dominiert. Sie verlaufen von ca. 10°W, 29°N bis ca. 10°E, 37°N von Südwest nach Nordost mit einer maximalen Höhe von 4.165 m (Jebel Toubkal) und stellen dadurch eine ausgeprägte orographische Barriere dar. Der mittlere jährliche Niederschlag zeigt ein Maximum in der Gebirgsregion und generell etwas höhere Niederschläge nördlich als südlich des Kamms (siehe Abb. 1.1). Die Höhenzüge des Atlasgebirges stellen eine zentrale Wetter- und damit auch Wasserscheide für Nordafrika dar. Während an den Nordhängen und in den Hochlagen des Hohen Atlas Niederschläge durch Tiefdruckgebiete in Verbindung mit der Polarfront verursacht werden, spielen südlich dieser Gebirgskette zunehmend subtropische Systeme und tropische Luftmassen eine wesentliche Rolle bei der Niederschlagsgenerierung (Hasler, 1980; Knippertz, 2003a). Die Atlas-Gebirgsketten markieren eine Klimagrenze zwischen der mediterranen Winterregenzone und der subtropischen Trockenzone (Hasler, 1980). Die erneuerbaren Wasserressourcen betragen in Marokko 30km³ pro Jahr (Gleick, 1998), das verfügbare Wasser pro Person lag 1995 unter 1.700m³ pro Jahr und wird bei einem Bevölkerungswachstum von 1,8% im Jahr 2025 bei weniger als 1.000m³ pro Jahr liegen (Population Reports, 1998). Auf Grund der stark unterschiedlichen Verteilung der Wasserressourcen innerhalb Marokkos (vgl. Abb. 1.1) ist die Wasserverfügbarkeit pro Person jedoch in den Regionen südlich des Hohen Atlas als deutlich geringer anzunehmen.

Bei dem in dieser Arbeit betrachteten Untersuchungsgebiet handelt es sich um einen Teil des Einzugsgebietes des Wadi Drâa in Südost-Marokko. Das Flusseinzugsgebiet erstreckt sich vom Südhang des Atlas-Gebirges bis an den Rand der Sahara und wird durch die gestrichelte Linie in Abb. 2.1 begrenzt. In diesem Gebiet werden 13 Messstationen von IMPETUS betrieben. Sie sind mit den zugehörigen Symbolen ebenfalls in Abb. 2.1 zu finden. Darüber hinaus sind zwei Klimastationen des Marokkanischen Wetterdienstes eingezeichnet, deren Niederschlagsdaten in der Arbeit verwendet werden. Das Einzugsgebiet des Drâa ist überwiegend karg, lediglich entlang des Flusslaufes finden sich Oasen. Südlich des Stausees „El Mansour Ed Dahbi“ bei der Stadt Ouarzazate wird Bewässerungswasser durch ein System von Kanälen entlang der Flussoase verteilt. Der Focus der hier vorliegenden Arbeit liegt auf dem mittleren und unteren Draâ, südlich der Stadt Ouarzazate. Das FOOT3DK-Simulationsgebiet ist als schwarzes Rechteck in Abb. 2.1 eingezeichnet.

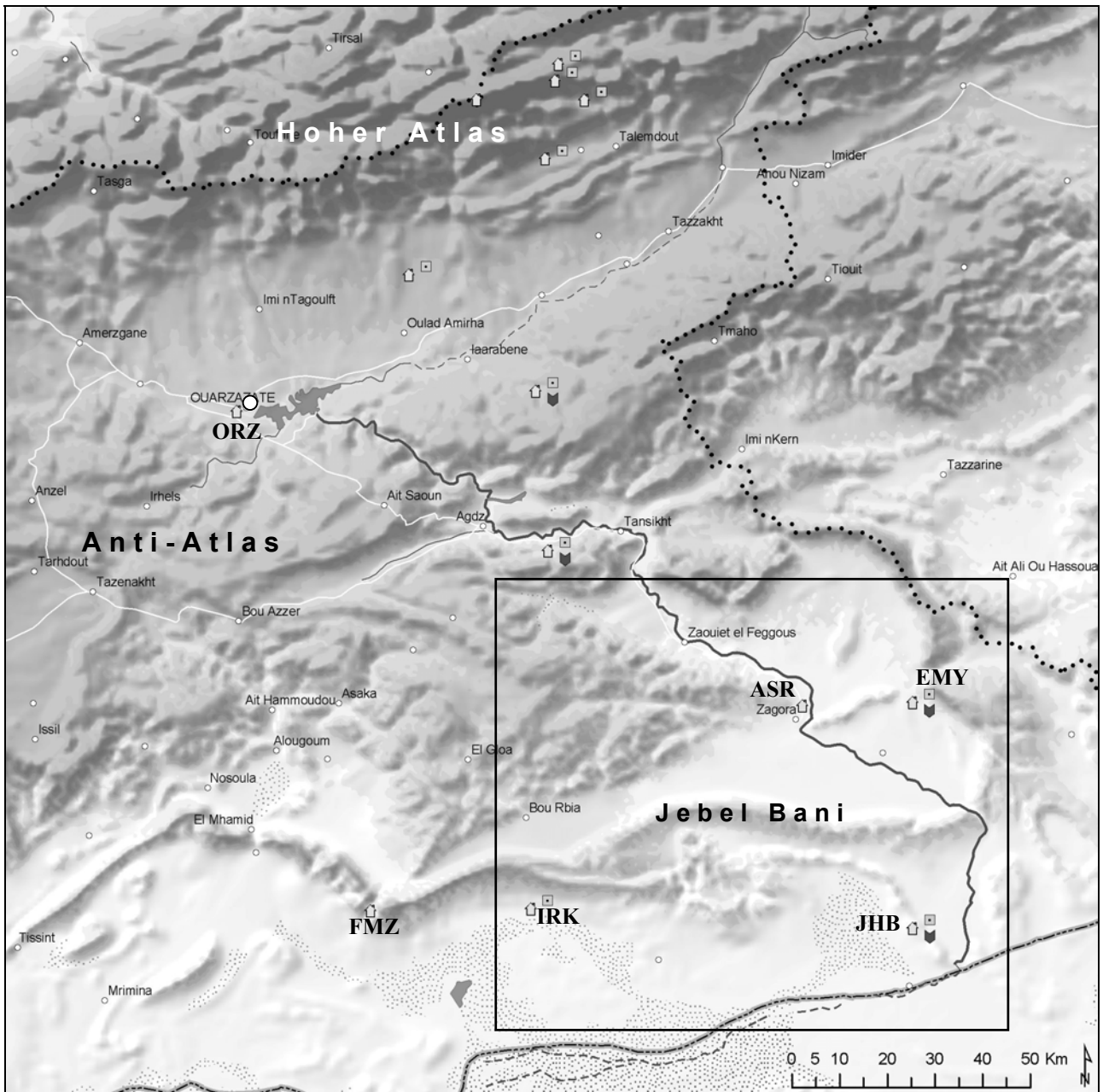


Abbildung 2.1: Ausschnitt des Drâa-Einzugsgebietes (gepunktet: Ränder des Einzugsgebietes) mit FOOT3DK Simulationsgebiet (Rechteck) und Messstationen (Hütte: Klimastation) Ouarzazate (ORZ), El Miyit (EMY), Asrir (ASR), Jebel Hussein ou Brahmin (JHB), Lac Iriki (IRK) und Foum Zguid (FMZ). Weiße Punkte sind Siedlungen, der Stausee ist als dunkelgraue Fläche östlich von Ouarzazate dargestellt. Weiße Linien sind Straßen, graue Linien markieren hydrologische Oberflächenabflusslinien. Der Verlauf des Wadi Drâa ist durch die dickere schwarze Linie gekennzeichnet.

Die Orographie des Drâa Einzugsgebietes ist im Norden durch die steilen Hänge des Hohen Atlas geprägt. Südlich davon befindet sich zwischen dem Hohen Atlas und dem Anti-Atlas das Becken von Ouarzazate. Hier liegt Grundwasser z.T. erst in Tiefen von 20 m vor (Steuer, 2002). Südlich des Anti-Atlas' durchfließt der Drâa ein ausgedehntes Becken, das von steilen Hängen eingefasst ist. Südlich des Durchstoßes durch den Jebel Bani (Geländeschwelle zwischen den Stationen EMY und JHB, siehe Abb. 2.1) fließt der Drâa durch ein Gelände mit geringen Höhenunterschieden. Die

steilen Hänge, die im Untersuchungsgebiet vorkommen, beeinflussen sowohl die bodennahen Winde als auch teilweise die lokale Niederschlagsverteilung.

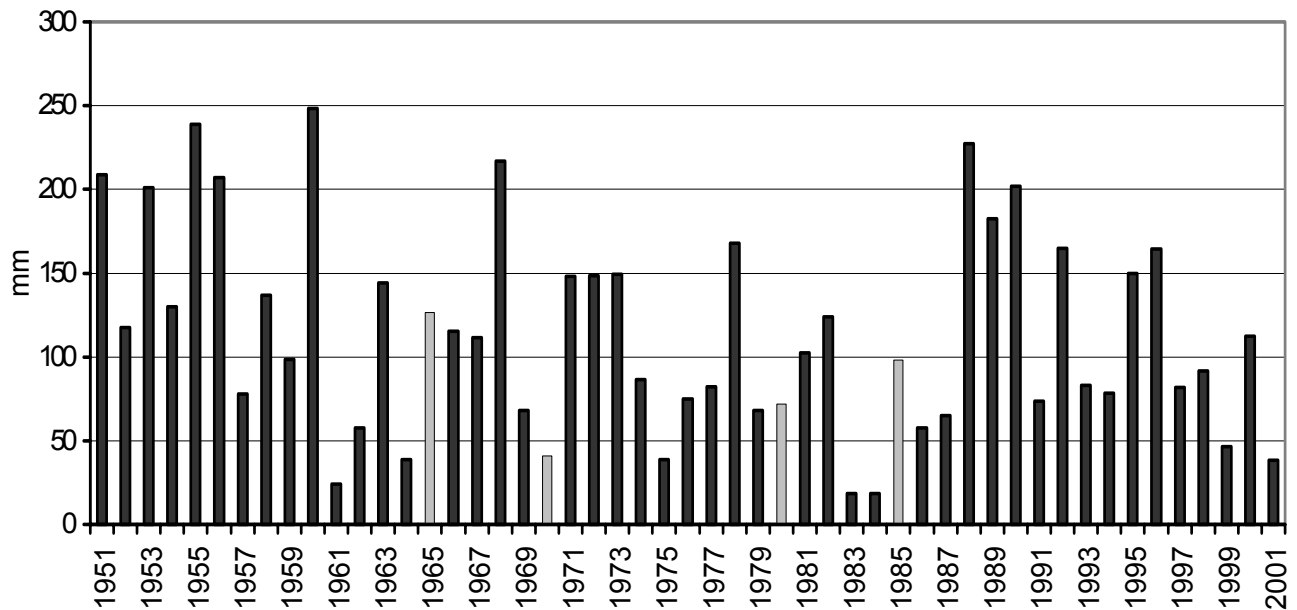


Abbildung 2.2: Niederschlagsverteilung Ouarzazate (30°56'N; 6°54'W; 1140 m ü. NN, WMO Nr. 60265) für die hydrologischen Jahre 1951 bis 2001. Hellere Balken stellen unvollständige Jahresdaten dar

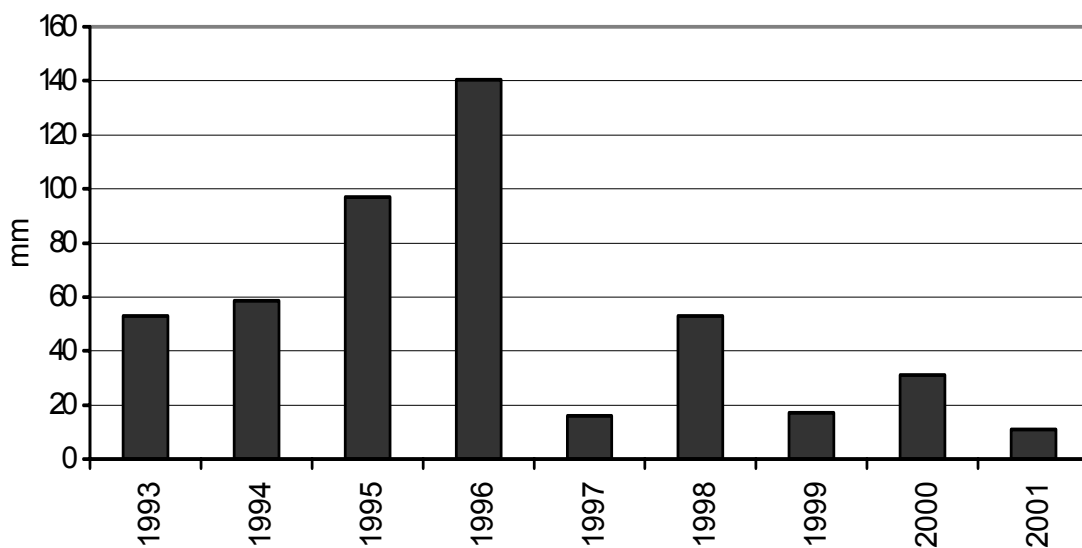


Abbildung 2.3: Wie Abbildung 2.2 für Foug-Zguid (30°05'24''N, 6°52'30''W, 670 m ü. NN) für die hydrologischen Jahre 1992 bis 2001

In Abb. 2.2 ist eine Niederschlagsverteilung für die Jahre 1951 bis 2001 (hydrologische Jahre: jeweils Sept. des Vorjahres bis Aug. des unter dem Balken angegebenen Jahres) für die Stadt Ouarzazate (30°56'N; 6°54'W; 1140 m ü. NN, WMO Nr. 60265) dargestellt. Die mittlere Niederschlagsmenge liegt bei 114 mm/Jahr, sie ist jedoch von einer ausgeprägten interannuellen Variabilität überlagert ist. (Die grauen Balken stellen Jahre dar, in denen nicht für alle Monate

Niederschlagsmessungen vorliegen; die Balken stellen in diesen Fällen nur die in den vorhandenen Monaten gemessenen Niederschläge dar.) Südlich des Beckens von Ouarzazate sind die Niederschläge noch geringer. In Abb. 2.3 sind Niederschläge der hydrologischen Jahre 1992 bis 2001 für die Station Foum Zguid (30°05'24''N, 6°52'30''W, 670 m ü. NN) abgebildet. Der Mittelwert liegt bei 53 mm/Jahr. Auch hier ist eine große interjährliche Variabilität zu erkennen.



Abbildung 2.4: Blick von der Klimastation El Miyit (EMY, 30°21'50''N, 5°37'44''W, 792 m ü. NN) nach Osten

Der nördliche Teil des Drâa Einzugsgebietes ist von Winterregen und mediterranem Klima geprägt. Dies hat seine Ursache in Niederschlagssystemen, die zu einem Teil die Atlas-Kette überwinden und auch die südlichen Berghänge beregnen. Im mittleren und südlichen Einzugsgebiet ist neben deutlich geringeren Niederschlagsmengen ein bimodales Frühjahrs- und Herbstregenregime festzustellen (Knippertz, 2003a). Dies führt zu deutlich unterschiedlichen Vegetationstypen. Während in den Hochlagen des Atlas' Pflanzen der mediterranen Vegetation wachsen (z. B. Dornpolster- und Wacholderheiden), finden sich in den Halbwüstenlandschaften im Süden Pflanzen, die der saharischen Vegetation zuzuordnen sind, z. B. Akazien (*Accacia Panicum*, *Accacia Ziziphus*, siehe Abb. 2.4). Lediglich auf den Salzböden am Südrand des Untersuchungsgebietes finden sich *Zygophyllum* (*Zygophyllum gaetulum*) und Tamarisken (*Tamarix Aphylla*, *Tamarix Africana*) (Finckh und Staudinger, 2002). In der Flussoase, die sich durch das Gebiet zieht, werden im wesentlichen Dattelpalmen (*Phoenix dactylifera*) und dazwischen, bzw. darunter Getreide, Gemüse oder Henna angebaut. Die Gebiete außerhalb der Oase werden als Weidegebiete für Ziegen und zum Sammeln von Feuerholz genutzt. Die mechanischen Schäden durch Tritt und Verbiss führen bei hohem und lang andauerndem Weidedruck zum allmählichen Ausfall sensibler Arten (Finckh und Staudinger, 2002). Von den ca.

4500 verschiedenen Pflanzen, die in Marokko zu finden sind, sind ca. 600 endemisch und 194 bedroht (*Solh et al.*, 2001).

Das Flusseinzugsgebiet des Wadi Drâa stellt eine typische semi-aride Landschaft der subtropischen Breiten dar. Der hydrologische Kreislauf ist durch die Begrenzung des Niederschlages limitiert. Gleichzeitig ist die Verdunstung sehr groß. Durch hohe Temperaturen, starke Einstrahlung, geringe Luftfeuchte und besonders in den Hochlagen der Gebirgszüge hohe Windgeschwindigkeiten liegen optimale Bedingungen für die Verdunstung vor. Oftmals verdunstet Niederschlag bereits wieder bevor er den Boden erreicht. In den Gipfelregionen des Hohen Atlas' fällt ein wesentlicher Teil des Niederschlages in Form von Schnee. Durch die genannten Bedingungen sublimiert ein bisher nicht exakt bekannter Anteil des Schnees direkt wieder und kommt somit dem Grundwasserhaushalt im Untersuchungsgebiet nicht zugute (*Beaty*, 1975; *Schulz et al.*, 2003). Es bildet sich sogenannter „Büßerschnee“ (Schneereste bilden Spitzen und scharfe Kanten, wie Scherben, vgl. *Troll*, 1942). Trotzdem bildet das Schmelzwasser eine wichtige Quelle des verfügbaren Wassers im Untersuchungsgebiet. Unterhalb der Schneefallgrenze kann Niederschlag in den Boden einsickern und die Wasserreservoirs auffüllen. Entlang der oberflächlich abfließenden Wässer bilden sich Flussoasen, die stark landwirtschaftlich genutzt sind. Obwohl die Niederschläge insbesondere im mittleren und unteren Bereich des Drâa selten und spärlich sind, wird nach einem Niederschlagsereignis Regenfeldbau in den Gebieten betrieben, deren Böden das Wasser lange genug halten können, um eine Ernte zu ermöglichen. Der überwiegende Teil des Wassers wird zur Bewässerung der Anbauflächen genutzt, nur ein geringer Teil wird im häuslichen Bereich verbraucht. Ein Teil des Bewässerungswassers versickert, der Rest wird über Transpiration und Evaporation wieder an die Atmosphäre abgegeben.

Im Becken von Ouarzazate sammeln sich die Oberflächenwässer im Stausee „El Mansour Ed Dahbi“ östlich der Stadt Ouarzazate. Er hat ein Fassungsvermögen von max. 560 Mio. m³, das jedoch seit dem Bau des Staudammes 1972 noch nicht voll aufgefüllt wurde. Von der Oberfläche des Stausees verdunstet Wasser mit der Rate der potentiellen Verdunstung. Im Rahmen einer Lâcher (aus dem Französischen) wird Wasser aus dem Stausee abgelassen und in die tieferliegenden Teile der Flussoase als Bewässerungswasser eingeleitet. Bei diesem Prozess wird auch Energie aus Wasserkraft erzeugt.

Bei einer Lâcher werden über einen Zeitraum von bis zu 20 Tagen bis zu 50 Mio. m³ Wasser aus dem Stausee durch ein Kanalsystem mit insgesamt ca. 400 km Länge in die Flussoase eingeleitet, wo es durch ein System von fünf kleineren Staudämmen in den einzelnen Oasen des unteren Drâa für eine gewisse Zeit gestaut wird. Innerhalb der Oase wird das Wasser durch Hauptkanäle (sog. Saqyas) in die einzelnen Dörfer verteilt. Dort wird es durch sog. sekundäre und tertiäre Kanäle in

ummauerte, landwirtschaftlich genutzte Parzellen verteilt. Die Anzahl und das Volumen von Lâcher pro Jahr hängt von der Füllhöhe des Stausees ab und ist für den Zeitraum 1998 bis 2002 in Abb. 2.5 dargestellt. In sehr trockenen Jahren (z. B. 2001) werden nur zwei Lâcher ausgelöst, in regenreicheren Jahren können es bis zu zehn sein (z. B. 1998). Lâcher mit einer Wassermenge von weniger als 35 Mio. m³ (unterhalb der dicken Linie in Abb. 2.4) sind im wesentlichen zur Auffüllung des Grundwasserreservoirs vorgesehen und reichen nicht zur Bewässerung aller landwirtschaftlich genutzten Parzellen (pers. Mitteilung *F. Gresens*). In den Jahren 1998 bis 2000 wurden zwar viele Lâcher ausgelöst, jedoch waren in den Jahren 1998 und 2000 nur drei Lâcher groß genug, um Bewässerung in der ganzen Oase zuzulassen, im Jahr 1999 vier. Im Jahr 2001 gab es nur zwei Lâcher, die beide nicht ausreichend Wasser zur Bewässerung führten, in 2002 erfolgte eine Lâcher. Nach einem ergiebigen Niederschlagsereignis sammelt sich das Regenwasser ebenfalls in der Abflussrinne des Wadi Drâa und kann durch das Kanalsystem der Saqyia verteilt werden. Nach einer extremen Trockenperiode im Drâa Tal in den Jahren 2001 bis 2003, in der nicht einmal die trockenheitsresistenten Dattelpalmen Früchte trugen, lieferten im Zeitraum von September 2003 bis April 2004 zwei Lâcher und zwei aus Niederschlagswasser unterhalb des Staudamms bei Ouarzazate gespeiste Bewässerungsaktionen genug Wasser in den Unterlauf des Drâa, um dort wieder eine Ernte zu ermöglichen (pers. Mitteilung *B. Casciarri*). Ein Starkniederschlagsereignis, das eine solche Bewässerungsaktion ermöglicht wird in Kapitel 5.3 beschrieben.

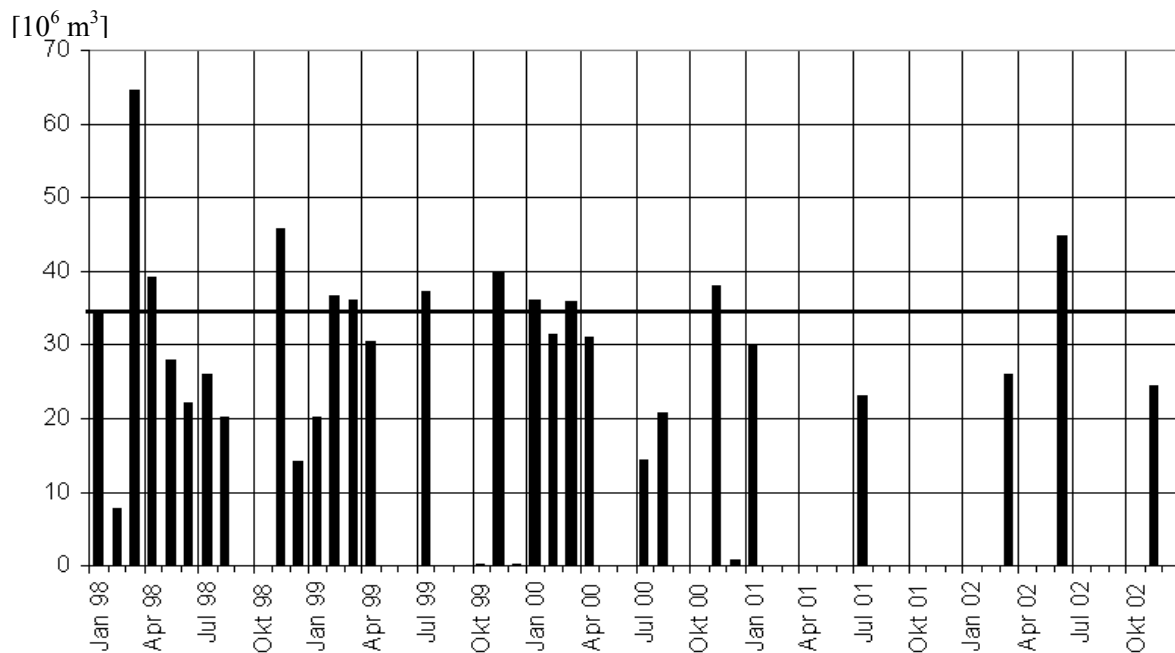


Abbildung 2.5: Volumen der Lâcher der Jahre 1998 bis 2002 in Mio. m³. Pro Balken ist i.A. eine Lâcher dargestellt, in einigen Fällen dauert eine Lâcher über den Monatswechsel an, der Balken für diese Lâcher ist dann entsprechend auf zwei Monate verteilt. (Quelle: ORMVAO)

Die Bewässerungstechnik in den Palmengärten ist die sogenannte Überschussbewässerung. Dabei wird auf das zu bewässernde Gebiet für einen bestimmten Zeitraum Wasser aus dem Kanalsystem geleitet, das dort versickern kann. Die Dauer der Bewässerung für einzelne Areale ist sehr unterschiedlich und hängt von den individuellen Wasserrechten des Anliegers ab. Sie kann von 15 Minuten bis zu 6 Stunden betragen, im Mittel liegt sie zwischen 45 Minuten und 1,5 Stunden. Die Wasserrechte werden i.A. innerhalb der Familien vererbt, in seltenen Fällen auch gekauft. Die Menge des Wassers, das in dem entsprechenden Zeitraum auf ein Feld gelangt, hängt jedoch nicht nur von der Dauer der Bewässerung, sondern auch von dem Gesamtvolumen der Lâcher und der Entfernung der Parzelle vom Hauptkanal, der Saqyia, ab. Liegt eine Parzelle weit von der Saqyia entfernt, können die Verluste durch Verdunstung aus dem offenen Kanal erheblich sein. In wasserarmen Jahren werden daher oft nicht alle Parzellen einer Familie bewässert, sondern nur diejenigen, die entweder besonders guten Boden haben und daher gute Ernte bringen, die mit den wertvollsten und widerstandsfähigsten Pflanzen, nämlich Dattelpalmen, bepflanzt sind und die am nächsten an der Saqyia liegen, um Verdunstungsverluste gering zu halten (pers. Mitteilung *B. Casciarri*).



Abbildung 2.6: Palmengärten in der Oase bei Zagora (30°19'N, 5°52'W)

Seit einigen Jahren sind vermehrt motorbetriebene Grundwasserpumpen in Betrieb, deren Einsatz die Abhängigkeit der Feldbesitzer von Lâcher und niederschlagsgespeister Bewässerung reduziert. Dadurch haben sich die Anbaugelände z. T. vom Wadi entfernt und zur Straße hin verlagert. Allerdings sind diese Pumpen nur für Familien erschwinglich, die ein monetäres Einkommen haben, das den Erwerb und Unterhalt einer solchen Pumpe ermöglicht. Wasser für den häuslichen

Gebrauch entstammt ebenfalls dem Grundwasser und wird z.T. von staatlichen Organisationen bereitgestellt, z. T. aus Brunnen geschöpft.

Der Verdunstung kommt in der Region zentrale Bedeutung im lokalen Wasserkreislauf zu. Durch die Verdunstung von offenen Wasserflächen (z. B. Stausee, Kanäle), von feuchtem Boden (nach Niederschlag oder Bewässerung) und durch Transpiration wird ein bisher nicht näher bekannter Teil des vorhandenen Grund- und Oberflächenwassers an die Atmosphäre abgegeben. In Form von Wasserdampf wird diese Feuchte überwiegend aus dem Untersuchungsgebiet heraustransportiert. Welcher Anteil in Form von Niederschlag im Drâa-Tal wiederverwertet (engl.: *recycled*) wird, ist noch unklar.

2.2 Forschungsprojekt IMPETUS

Die hier vorliegende Arbeit wurde im Rahmen des interdisziplinären Forschungsprojektes IMPETUS (Ein **I**ntegratives **M**anagement **P**rojekt für den **E**ffektiven und **T**ragfähigen Umgang mit der Ressource Süßwasser in West-Afrika) erstellt. Im Rahmen von IMPETUS werden zwei für die klimatische Region typische Flusseinzugsgebiete in Westafrika untersucht. Eines der Untersuchungsgebiete liegt südlich der Sahara, in Benin, und eines nördlich davon, in Marokko. Bei dem Untersuchungsgebiet in Benin handelt es sich um das Einzugsgebiet des Ouémé, das im Übergangsbereich von der semi-ariden Sahel-Zone zur sub-humiden Guinea-Küstenregion liegt. Bei dem Untersuchungsgebiet in Marokko handelt es sich um das im vorigen Unterkapitel ausführlich beschriebene Einzugsgebiet des Wadi Drâa, das sich von den Gebirgszügen des Hohen Atlas mit mediterranem Klima bis an den Rand der Sahara erstreckt.

Ziel des Projektes ist in einem ersten Schritt die Erfassung des hydrologischen Kreislaufes in den Untersuchungsgebieten. Im nächsten Schritt werden die Erkenntnisse über die Zusammenhänge im lokalen hydrologischen Kreislauf auf ihre Sensitivität für mögliche zukünftige Änderungen untersucht. Dadurch können die Auswirkungen unterschiedlicher Einflüsse im Vorfeld abgeschätzt und in Form von Szenarien dargestellt werden. Schließlich werden die Ergebnisse der Untersuchungen lokalen Entscheidungsträgern verfügbar gemacht, um damit die Wirkung verschiedener politischer oder wirtschaftlicher Maßnahmen vor deren Umsetzung bereits qualitativ und quantitativ bewerten zu können. Dies soll helfen, das Konfliktpotential über die begrenzte Ressource Süßwasser in der Region zu reduzieren.

Von zentraler Bedeutung für die Quantifizierung des hydrologischen Kreislaufes im Drâa-Tal ist die räumliche und zeitliche Verteilung des Niederschlages und insbesondere die Aufteilung in Schnee und Regen in den Hochlagen des Atlas-Gebirges. Im Rahmen des Projektes IMPETUS werden zwölf Klimamessstationen und zwei Schneemessfelder im Drâa-Einzugsgebiet betrieben.

Die Frage, welcher Anteil des Niederschlages direkt wieder verdunstet oder sublimiert und somit nicht in den Boden einsickert, wird mittels meteorologischer und hydrologischer Simulationen bearbeitet. Für den atmosphärischen Teil der Simulationen wird eine Modellkette, bestehend aus dem Global Modell (GME), dem regionalen Modell LM (Lokal Modell des Deutschen Wetterdienstes) und dem mesoskaligen Modell FOOT3DK betrieben, um Ergebnisse mit hoher räumlicher und zeitlicher Auflösung zu erzielen. Durch Verdunstung vom feuchten Boden nach Niederschlag oder Bewässerung und durch die Transpiration der Pflanzen wird Wasser in Form von Wasserdampf an die Atmosphäre abgegeben.

Kenntnisse der Tiefe und Ganglinien des Grundwassers, sowie der Durchflussmengen der Oberflächengewässer sind notwendig, um zu erfassen, wie, wohin und in welcher Zeit das Bodenwasser verteilt wird. Zu diesem Zweck werden im Rahmen von IMPETUS vier Messpegel in Fließgewässern installiert. Chemische Analysen von Quell- und Brunnenwässern liefern Informationen über die Herkunft und die Abflusslinien, sowie die Qualität (insbesondere Salinität) des Grundwassers (pers. Mitteilung *S. Cappy*). Mit der Methode der Radiomagnetotellurik wurde die Tiefe der grundwasserführenden Schicht in einem Transekt² im Becken von Ouarzazate ermittelt (*Steuer, 2002*).

Da das Wasser überwiegend zur Bewässerung genutzt wird, sind Informationen über Bewässerungstechniken und den Verbrauch von Bewässerungswasser für verschiedene Anbaukulturen erforderlich. Der Wasserbedarf der landwirtschaftlichen Anbaupflanzen, sowie verschiedener Pflanzen der natürlichen Vegetation im Untersuchungsgebiet bestimmt die Wassernutzungseffizienz, mit der das aufgenommene Wasser von den Pflanzen in Biomasse umgesetzt wird. Zur Ermittlung dieser Größe werden Transpirationmessungen an verschiedenen standorttypischen Pflanzen im Untersuchungsgebiet durchgeführt. Aus Satellitendaten wurde eine Vegetationskarte erstellt, die die Bewuchsarten und Vegetationsdichte im Drâa-Tal flächig beschreibt. Informationen über den Anteil grüner oder trockener Biomasse, über Bewuchshöhen und sonstige Pflanzencharakteristiken entstammen Bodenbeobachtungen (pers. Mitteilungen *F. Gresens* und *M. Staudinger*). In Weideausschlussexperimenten an den Klimastationen wird die natürliche Regenerationsfähigkeit der Vegetation ermittelt, wenn keine Biomasseverluste durch Abweidung eintreten.

Der geringere Anteil des verfügbaren Wassers deckt den häuslichen Wasserverbrauch. Er beinhaltet Wasser für Hygiene, zum Kochen und Trinken. Zur Bestimmung des häuslichen Wasserverbrauches werden Bevölkerungsdaten und Informationen über die Wassernutzung in den Familien benötigt, welche durch ethnologische Untersuchungen im Rahmen des Projektes

² Transekt: Zweidimensionaler Querschnitt; hier: entlang einer Linie nach unten in den Boden

gewonnen werden. Der überwiegende Teil der Bewohner des Drâa-Tales lebt in den städtischen Zentren, besonders in Ouarzazate. Außerhalb der urbanen Zentren sind im wesentlichen die Flussoasen besiedelt. Abseits der Flussoasen finden sich keine permanenten Siedlungen, hier ziehen lediglich nomadische oder transhumante (jahreszeitliche Wanderung zwischen Sommer- und Winterweidegründen) Teile der Bevölkerung mit ihren Herden durch. Der industrielle Wasserverbrauch ist im Drâa-Tal derzeit vernachlässigbar klein. Der Wasserverbrauch im Tourismussektor ist noch nicht genau bekannt.

Die Nutzung des Wassers durch den Menschen stellt die einzige Möglichkeit dar, steuernd in den hydrologischen Kreislauf einzugreifen. Von der Bewässerung und den landwirtschaftlichen Anbaupflanzen über die Beweidung und die Nutzung verschiedener Energieträger (Brennholz, Gas, Strom), bis zum Verbrauch von Wasser für Hygiene und sonstigen häuslichen Gebrauch ist der Einfluss des Menschen ein wesentlicher Faktor im hydrologischen Kreislauf. Im Rahmen des Projektes bildet daher die Analyse der Interaktion der Hydrosphäre, Atmosphäre, Biosphäre und Geosphäre mit der Anthroposphäre einen zentralen Teil der Untersuchung.

Nach der Analyse des aktuellen Zustandes werden die Erkenntnisse über die Zusammenhänge im lokalen hydrologischen Kreislauf auf ihre Sensitivität für mögliche zukünftige Änderungen untersucht. Dies betrifft sowohl globale Klimaänderungen, als auch Änderungen der Landnutzung (z. B. Anbau von Nutzpflanzen mit höherer Wassernutzungseffizienz, Reduktion oder Erhöhung der Beweidung außerhalb der Oasen, Änderung der Bewässerungstechnik, etc.). Diese Entwicklungen können von lokalen politischen und wirtschaftlichen Entscheidungen gesteuert werden. Sie lassen sich in Form von Szenarien simulieren, die in der Lage sind, die Steuerungsmechanismen mit ihren zu erwartenden Auswirkungen darzustellen.

Die in dieser Arbeit erstellte Verdunstungsklimatologie wird zum Verständnis der Komponenten des hydrologischen Kreislaufes in der Region benötigt. Die Fragen, welcher Teil des Bodenwassers durch Transpiration in die Atmosphäre abgegeben wird und dadurch Photosynthese und die Bildung von Biomasse ermöglicht und welcher Teil ohne Biomasse zu produzieren vom Boden oder von Wasserflächen verdunstet, sowie ob, bzw. wie sich dieses Verhältnis optimieren lässt, sind von zentraler Bedeutung für die effiziente Nutzung des Wassers in der Region. Darüber hinaus geht die Evapotranspiration als obere Randbedingung in die hydrologischen Simulationen ein.

In weiterführenden Arbeiten kann die Evapotranspiration mit der hier entwickelten Methode für geänderte Randbedingungen (z. B. Klimaänderung, Änderung der Landnutzung oder Bewässerungsmethode, etc.) berechnet werden. Dies ermöglicht eine Abschätzung, ob und in welchem Maße sich unterschiedliche Entwicklungen oder Steuerungsmaßnahmen auf den atmosphärischen Zweig des hydrologischen Kreislaufes auswirken.