

6 Zusammenfassung, Diskussion und Ausblick

Die hier vorgelegte Arbeit verfolgt zwei Hauptziele:

1. Implementierung von Methoden zur Wiedergabe von Bewässerungsstrategien und tief liegenden Grundwasserreservoirs in ein meteorologisches Modell und
2. Erstellung einer Verdunstungsklimatologie für das semi-aride Untersuchungsgebiet mit der Methode der statistisch-dynamischen Regionalisierung.

Ein weiterer wichtiger Aspekt liegt in der Verknüpfung von Arbeiten verschiedener Disziplinen im Rahmen des interdisziplinären Forschungsprojektes IMPETUS.

Zunächst werden zwei Methoden vorgestellt, die Verfügbarkeit von Grundwasser in tiefen Bodenschichten und die Bewässerungspraxis im Untersuchungsgebiet im verwendeten Modell FOOT3DK zu repräsentieren.

Die turbulenten Flüsse von Impuls, sensibler und latenter Wärme steuern die atmosphärische Stabilität in der Grenzschicht und sind von zentraler Bedeutung für die Auslösung von Konvektion. Meteorologische Modelle benötigen daher eine möglichst exakte Darstellung der Energiebilanz am Erdboden, um die daraus resultierenden turbulenten Flüsse wiederzugeben. Um die Prozesse am Erdboden realitätsnah simulieren zu können, werden in viele Modelle „Soil-Vegetation-Atmosphere Transfer“- (SVAT-) Module eingebaut. Diese Module verfügen aus Rechenzeitgründen im Allgemeinen über eine geringe Mächtigkeit der simulierten Bodenschicht und haben nicht die Komplexität hydrologischer Bodenmodelle. Ein solches SVAT-Modul ist auch in FOOT3DK enthalten. Es besitzt eine Bodenmächtigkeit von einem Meter.

Um Transpiration simulieren zu können, auch wenn die oberen Bodenschichten trocken sind, reicht eine Bodentiefe von einem Meter im Modell nicht aus. Gerade in ariden und semi-ariden Gebieten liegen Wurzeltiefen oftmals bei 20 m und mehr (*Kleindon und Heimann, 1998*). Zur Lösung des Problems der fehlenden Repräsentation der Transpiration bei trockenen oberen Bodenschichten (*Taylor et al., 1997*) wird eine virtuelle Grundwasserschicht unterhalb der unteren Grenze des SVAT-Moduls eingeführt. Bei dieser Methode wird die untere Begrenzung der Stomataleitfähigkeit durch das verfügbare Bodenwasser auf einen von Null verschiedenen, positiven Wert gesetzt. Dadurch wird Transpiration ermöglicht, ohne den kapillaren Aufstieg von Bodenwasser zur Oberfläche und damit zur Verdunstung an der Oberfläche zu erlauben. Das Verfahren wird unter Verwendung von Transpirationmessungen für das Untersuchungsgebiet kalibriert. Die zur Kalibrierung durchgeführten Sensitivitätsstudien zeigen für die Gebiete außerhalb der Oase nur geringe Unterschiede. Dort ist die Vegetation so spärlich, dass auch bei optimaler Verfügbarkeit von Grundwasser die Transpirationswerte im Flächenmittel selbst mittags unter 30 W/m^2 bleiben.

Innerhalb der Oase kann die Evapotranspiration bei optimaler Grundwasserverfügbarkeit in einzelnen Gittermaschen bis zu 800 W/m^2 erreichen. Allerdings ist aus den Unterschieden in den gemessenen Werten der Transpiration an verschiedenen Tagen ersichtlich, dass die Wasserverfügbarkeit zur Transpiration weder innerhalb noch außerhalb der Oase optimal ist, denn nach Niederschlägen steigt die Transpiration deutlich an. Untersuchungen mit Einstellungen von $F2 = 0,02$ außerhalb und $F2 = 0,2$ innerhalb der Oase reduzieren die mit den hier verwendete Einstellungen simulierten Werte der Evapotranspiration im Schnitt um weniger als 1 W/m^2 . Die resultierenden Änderungen in der Klimatologie können dadurch allerdings bis zu 100 mm im Jahr betragen. An dieser Stelle ist die Kalibrierung an den Transpirationmessungen wesentlich, um verlässliche Ergebnisse zu erhalten.

Die Repräsentation von Bewässerung ist gerade in ariden und semi-ariden Regionen zur realistischen Wiedergabe der Energiebilanz am Erdboden essentiell. In meteorologischen Modellen fehlen derzeit jedoch noch Umsetzungen der Bewässerung. Die im Untersuchungsgebiet stattfindende Form der Bewässerung, die sogenannte Überschussbewässerung, wird durch eine künstliche Erhöhung der Bodenfeuchte auf ihren Sättigungswert für einen begrenzten Zeitraum im Bereich der Oase im Modell dargestellt. Auch für diese Methode erfolgt eine Kalibrierung für das Untersuchungsgebiet anhand von Messdaten. Da die ‚Bewässerung‘ nur innerhalb der Oase umgesetzt wird, sind die Einflüsse dort am deutlichsten (Tagesmaxima mit und ohne ‚Bewässerung‘ unterscheiden sich in einzelnen Gittermaschen um mehrere 100 W/m^2). Die Länge der Bewässerungsperiode pro Tag und die Tageszeit haben dagegen nur minimalen Einfluss auf die Simulationsergebnisse. Da Tage mit ‚Bewässerung‘ jedoch nur mit einer Gewichtung von $0,27$ pro Tag in die Klimatologie eingehen, macht sich die Anzahl von Tagen mit ‚Bewässerung‘ mit jeweils ca. $3,5 \text{ mm}$ im Jahresmittel bemerkbar.

Die Ergebnisse beider Methoden zeigen eine deutliche Verbesserung der Simulationsgüte verglichen mit Simulationsergebnissen ohne Erhöhung der Bodenfeuchte, insbesondere in der Oase. Außerhalb der Oase ist der Einfluss der beiden Methoden geringer, da die Bewuchsdichte hier sehr niedrig ist und wenig Evapotranspiration stattfindet. Probleme bleiben jedoch bei der Wiedergabe der gemessenen Werte bei Entstehung von Zirruswolken. Das Modell ist auf Grund seiner vertikalen Schichteinteilung nicht in der Lage, diese Wolken zu simulieren, was zu einer Abweichung der simulierten von den gemessenen Werten führt. Insgesamt stellen beide Methoden jedoch Möglichkeiten dar, die bisher nicht repräsentierten Größen Grundwasser und Bewässerung in ein SVAT-Modul einzufügen. Sie erhöhen den Rechenzeitbedarf der Modelle nur minimal, es kann jedoch angenommen werden, dass sie nicht nur im Untersuchungsgebiet, sondern auch in

anderen ariden und semi-ariden Gebieten, die Wiedergabe der Energiebilanz am Erdboden deutlich verbessern.

Zur Erstellung einer Verdunstungsklimatologie wird die Methode der statistisch-dynamischen Regionalisierung genutzt. Hierbei wird aus der zeitlichen Verteilung eines großskaligen Parameters auf die zu betrachtende Größe im Untersuchungsgebiet geschlossen. Repräsentanten der resultierenden Klassen der großen Skala werden dann durch dynamisches Nesting mit einem kleinskaligen Modell simuliert und durch gewichtete Anteile wieder zu einer Klimatologie rekombiniert. Als antreibender Parameter auf der großen Skala werden in dieser Arbeit aus Bodendruckverteilungen gewonnene Windrichtungsklassen (CWTs) verwendet, die zur Vermeidung von Redundanzen und Reduzierung der benötigten Anzahl von Repräsentanten in Gruppen zusammengefasst werden. Da der Einfluss von Niederschlag auf die Verdunstung sehr groß ist, wird innerhalb der Gruppen nach Tagen mit und ohne Niederschlag unterschieden. Der Zusammenhang der Auftrittshäufigkeit der CWTs mit dem monatlichen Niederschlag wurde auch von *Knippertz* (2003a) für insgesamt 55 Stationen in Nordwest-Afrika untersucht (Zentrum der Berechnung: 35°N, 5°W, im Unterschied zur hier verwendeten Berechnung: 30°N, 5°W). Für die Region südlich des Atlas' findet *Knippertz* (2003a) ebenfalls einen besonders ausgeprägten Zusammenhang mit den zyklonalen, aber auch mit südwestlichen und südlichen Lagen. Der deutliche Zusammenhang mit den südöstlichen Lagen ergibt sich erst bei täglicher Betrachtung.

Die Auswahl von Repräsentanten ist durch den zur Verfügung stehenden Nestingzeitraum vom 1.11.2001 bis 31.12.2002 beschränkt. Es kann aber für jede Gruppe mindestens ein Vertreter gefunden werden. Die Ergebnisse der Rekombination der Repräsentanten werden anhand von Messdaten für das Jahr 2002 validiert. Der simulierte Jahresniederschlag trifft die gemessenen Niederschläge gut, für die Evapotranspiration liegen keine Messwerte zum Vergleich vor. Die Differenz von Niederschlag minus Evapotranspiration (P-E) beträgt ca. 180 mm, was auf der Tatsache beruht, dass durch das simulierte Grundwasser und die simulierte Bewässerung zusätzlich zum Niederschlag Wasser in das Gebiet eingebracht wird, das dort verdunsten kann. Die Rekombination von Extremjahren ist mit der vorgestellten Methode nicht zufriedenstellend zu lösen, da die Auswahl der Repräsentanten nicht für alle Windrichtungsgruppen, insbesondere mit Niederschlag, optimal möglich war. Da für die Extremjahre nur Messdaten des Niederschlags der Station Ouarzazate vorliegen, muss eine Fehlerabschätzung darauf basieren. Es wird zunächst angenommen, dass der Niederschlag im Untersuchungsgebiet die Hälfte des Niederschlages an der Station Ouarzazate beträgt, wie im Zeitraum 1991 bis 2001, für den auch Niederschlagsdaten der Station Foum Zguid vorliegen. Unter dieser Annahme wird der Niederschlag für das Trockenjahr 1984 um ca. 10 mm zu hoch dargestellt, für das Feuchtjahr 1989 um ca. 20 mm zu niedrig. Die

Absolutwerte der Unsicherheiten sind gering, machen im Jahr 1984 jedoch 50% des simulierten Niederschlages aus, im Jahr 1989 knapp 25%. Die absolute Änderung der Verdunstung kann (bei identischen Einstellungen für ‚Grundwasser‘ und ‚Bewässerung‘ und identischer Anzahl von Tagen mit ‚Bewässerung‘) jedoch lediglich die absolute Änderung des Niederschlages betragen. Damit ist der Fehler in der Verdunstungsklimatologie zumindest im Flächenmittel gering, im Vergleich mit mittleren jährlichen Evapotranspirationswerten von 233 mm für das Jahr 1984 und 311 mm für das Jahr 1989. Es erscheint trotzdem ratsam, die Methode mit den hier genutzten Repräsentanten nur für hinreichend lange Zeiträume zu verwenden, in denen die Einflüsse der extremen Trocken- und Feuchttore gedämpft werden. Die Klimatologie für den Zeitraum 1958 bis 1997 liefert ein räumlich differenziertes Bild der mittleren jährlichen Evapotranspiration im Untersuchungsgebiet. Um die Güte der Ergebnisse einzuschätzen, werden hier einige mit anderen Methoden ermittelte Werte der Evapotranspiration verglichen.

Der **Local Climate Estimator (LocClim)** der **Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO, 2002)** liefert klimatologische Monatswerte verschiedener Parameter, darunter auch Niederschlag und potentielle Evaporation (Verdunstung einer offenen Wasserfläche), aus einer Interpolation von Stationsdaten, kombiniert mit einer linearen Höhenfunktion. Damit ergeben sich mittlere Jahreswerte der potentiellen Evaporation von 1389,6 mm für die Station Ouarzazate und 1411,2 mm für die Station Zagora (30°19’N,5°52’W), die im Untersuchungsgebiet liegt. Allerdings liefert LocClim für Ouarzazate 381,6 mm und für Zagora 416,4 mm mittleren jährlichen Niederschlag und bezeichnet die Qualität der Niederschlagsangabe für Zagora als seltsam („strange“). Der Niederschlagswert für Ouarzazate ist nach vorliegenden Daten (siehe Abb. 2.2) deutlich zu hoch. Von der Station Zagora stehen leider keine verwertbaren Datenreihen zur Verfügung, um direkt an dieser Station Simulationsergebnisse validieren zu können, allerdings sind die Niederschlagswerte für die Region ebenfalls deutlich zu hoch. Die mit LocClim ermittelten Werte der potentiellen Evaporation übersteigen die simulierte tatsächliche Evaporation (engl.: *actual evaporation*) erheblich. Dies ist auch zu erwarten, da die Verdunstung einer offenen Wasserfläche wesentlich größer ist, als die Verdunstung von feuchtem Boden oder die Transpiration von Pflanzen. Werte der tatsächlichen Evapotranspiration werden von LocClim nicht geliefert.

Da keine Messungen oder mit anderen Mitteln bestimmten Werte der tatsächlichen Evapotranspiration aus der Region vorliegen, kann eine Validierung hier nur im Vergleich mit anderen semi-ariden Untersuchungsgebieten durchgeführt werden. *Taylor et al. (1997)* ermitteln für das HAPEX-Sahel Gebiet Flüsse latenter Wärme, die um die Mittagszeit zwischen 100 und 280 W/m² liegen, abhängig im wesentlichen von Variationen der Bodenfeuchte und der

Vegetationsdichte, die durch den Niederschlag der vorhergehenden Monate bestimmt ist. Untersuchungen für ein Gebiet mit verschiedenen Ackerbaukulturen und Weideland in Neu-Süd-Wales, Australien, im Oktober 1995 ergeben mittlere tägliche Werte des latenten Wärmefflusses zwischen 5:30 und 15:30 LST (Local Standard Time) von ca. 150 W/m^2 (Cleugh et al., 2004). In der hier vorliegenden Arbeit werden mittägliche Flüsse latenter Wärme in dieser Größenordnung nur simuliert, wenn Niederschlag oder Bewässerung simuliert wird. Dies ist darauf zurückzuführen, dass die Vegetationsbedeckung und die Verfügbarkeit von Bodenfeuchte im hier untersuchten Gebiet im Vergleich zum HAPEX-Sahel Gebiet und dem Untersuchungsgebiet in Australien geringer sind.

Für ein teilweise bewässertes Anbaugebiet in der Türkei ermittelt Droogers (2000) potentielle Evapotranspiration von 1372 mm für die Wachstumsphase vom 1. Mai bis 1. Oktober. Für zwei Tage wird diese mit der simulierten tatsächlichen Evapotranspiration verglichen. Die Verhältnisse der potentiellen zur tatsächlichen Evapotranspiration liegen bei ca. $3/4$. Unter der Annahme, dass dieses Verhältnis für die ganze Wachstumsphase gilt, ließe sich daraus eine tatsächliche Evapotranspiration von ca. 1000 mm ableiten. Die in dieser Arbeit ermittelten Werte liegen mit 262 mm pro Jahr im klimatologischen Flächenmittel bei ca. $1/5$ der von Droogers (2000) ermittelten Werte. Der Unterschied kann auch in diesem Fall auf erhebliche Differenzen der Bewuchsdichte und des zur Verfügung stehenden Wassers (bei dem Untersuchungsgebiet in der Türkei handelt es sich um intensiv bewirtschaftete und gut bewässerte Flächen mit Obstgärten, Baumwolle und Wein) zurückgeführt werden. Die von Ringersma und Sikking (2001) ermittelten Transpirationswerte für Buschland in Burkina Faso liegen im August und September 1998 zwischen 10 und 18 mm über eine Woche akkumuliert. Da es sich bei diesem Zeitraum um die Wachstumsphase der betreffenden Pflanzen (*Piliostigma* und *Ziziphus*) handelt, können diese Werte als Maximalwerte betrachtet werden. Eine Extrapolation eines mittleren Wertes von 14 mm pro Woche auf ein Jahr würde zu einem Wert von 784 mm führen. Da die Wachstumsphase dieser Pflanzen nur von April bis Oktober dauert, ist die jährliche Transpiration in der Realität sicherlich geringer. In diesem Vergleich erscheinen simulierte jährliche Transpirationswerte außerhalb der Drâa-Flussoase von über ca. 200 mm pro m^2 als durchaus realistisch, da die Gittermaschen nicht vollständig bewachsen sind, sondern z. T. erhebliche Anteile an unbewachsenem Boden enthalten. Nizinski et al. (1994) haben die Transpiration von Akazien (*Acacia Tortilis*) im Senegal von August 1989 bis Juli 1992 gemessen. Bei einem jährlichen Niederschlag von 182 mm und potentieller Evapotranspiration von 2256,2 mm, ermitteln sie eine Transpiration von 313,5 mm pro Jahr. Die jährliche Evapotranspiration für Gittermaschen außerhalb der Oase, die teilweise mit Akazien bestanden sind, liegt zwischen weniger als 50 mm und über 200 mm und erscheint daher durchaus

im realistischen Rahmen zu sein. Insgesamt kann aus dem Vergleich mit Literaturwerten für andere aride und semi-aride Gebiete der Schluss gezogen werden, dass die Ergebnisse der simulierten Klimatologie realistische Werte darstellen.

Als weiterführende Arbeit wäre eine Verbesserung der Ergebnisse der statistisch-dynamischen Regionalisierung möglich und wünschenswert, die durch eine Verbreiterung der Basis zur Auswahl der Repräsentanten zu erreichen wäre. Die in der vorliegenden Arbeit verwendeten Repräsentanten konnten lediglich aus dem Zeitraum 1.11.2001 bis 31.12.2002 ausgewählt werden. Dadurch fand nur ein starkes Niederschlagsereignis in die Statistik Eingang (31.3.2002, südöstliche Anströmung). Insbesondere für einzelne Jahre, in denen die südlichen Klassen (S, SW und SO) nur selten vorkommen, aber z. B. häufig Niederschläge bei westlichen oder zyklonalen Klassen auftreten, wird dadurch der Niederschlag unterschätzt. Andererseits wird der Niederschlag überschätzt in Jahren, in denen die Gruppe der südlichen Anströmungen besonders häufig auftritt, da das Niederschlagsereignis am 31.3.2002 außergewöhnlich stark war. Des Weiteren kam im Nestingzeitraum kein Tag mit analysierter antizyklonaler Strömung und gemessenem Niederschlag vor. Da solche Tage aber in der Statistik vorkommen, musste hier auf Simulationen zurückgegriffen werden, die Niederschlag an Tagen mit antizyklonaler Strömung simulieren, obwohl an keiner der Stationen im Untersuchungsgebiet Niederschlag gemessen wurde. Für die westlichen Anströmungen, sowie für die Gruppe der nördlichen und nordwestlichen Anströmungen konnte nur jeweils ein Tag mit Niederschlag im Nestingzeitraum gefunden werden. Damit werden die Niederschlags- und Verdunstungsmengen für die entsprechende Gruppe nur durch ein Ereignis dargestellt und saisonale Unterschiede oder unterschiedlich starke Niederschlagsereignisse können nicht in die Statistik einfließen. Eine Ausdehnung des Nestingzeitraumes wäre die Grundlage für eine verbesserte Auswahl von Repräsentanten für die Statistik.

Eine Verwendung von sich zeitlich entwickelnden Bodendruckfeldern, z. B. mit der von *Weimer* (2003) beschriebenen Methode, statt der täglichen Bodendruckfelder als Steuerparameter der statistisch-dynamischen Regionalisierung könnte die synoptischen Prozesse besser darstellen. Eine Verbesserung der Simulationsergebnisse ist allerdings auch in diesem Fall abhängig von dem zur Verfügung stehenden Nestingzeitraum und der Möglichkeit, aus diesem geeignete Vertreter auszuwählen.

Eine Verbesserung der Qualität der Simulationen wäre von einer höheren horizontalen Auflösung des atmosphärischen Teils des Modells zu erwarten. Diese wurde in der vorliegenden Arbeit aus Gründen der Rechenzeit als 3 km x 3 km gewählt. Vergleichssimulationen mit einer Auflösung von 1 km x 1 km könnten Aufschluss darüber geben, inwieweit eine solche Erhöhung der Auflösung zu einer Verbesserung der Simulationsgüte führt, und ob sich die Erstellung einer Klimatologie mit

höherer horizontaler Auflösung lohnen würde. Eine Erhöhung der vertikalen Auflösung durch Verwendung von mehr als 35 Schichten ist kritisch zu betrachten. Zwar könnten natürlich Prozesse in der bodennahen Grenzschicht besser aufgelöst werden, aber die Schwierigkeiten des Modells liegen eher in der Darstellung hoher, dünner Ziruswolken und in der Darstellung eventuell vorhandener trockener Schichten in mittleren Höhen. Die vertikale Auflösung in FOOT3DK kann durch Interpolation der Antriebsdaten aus dem LM erhöht werden, eine feuchte Schicht in der Höhe kann jedoch nur dann simuliert werden, wenn sie sich auch in den LM-Simulationen findet, da das FOOT3DK-Simulationsgebiet aus Rechenzeitgründen nicht groß genug gewählt werden kann um die Quellregionen der Feuchte zu beinhalten.

Von zentraler Bedeutung für den zukünftigen Umgang mit Wasser in der Region ist die Frage, wie sich im Rahmen eines zu erwartenden Klimawandels in Folge der Erhöhung des atmosphärischen CO₂-Gehaltes die Menge und Verteilung des Niederschlages, sowie das Verhältnis von Niederschlag zu Evapotranspiration ändert. Selbst wenn der Niederschlag in seiner Menge und zeitlichen und räumlichen Verteilung gleich bleibt, führt eine Erhöhung der Temperatur zu erhöhter Transpiration und damit zu erhöhtem Wasserverbrauch der Pflanzen (z.B. *Le Houerou*, 2002). Da die vorgestellte Methode als Eingangsdaten nur Bodendruckfelder mit einer Auflösung von 5° benötigt, ist sie auch auf Klimaszenarien anwendbar. Unter der Annahme, dass sich die physikalischen Zusammenhänge zwischen den Windrichtungsgruppen und dem Niederschlag nicht ändern, kann mit dieser Methode ebenfalls eine Verdunstungsklimatologie für ein verändertes Klima berechnet werden. Allerdings ist hierin nicht berücksichtigt, dass durch die globale Erwärmung mehr Feuchte advehiert werden kann und sich somit auch die Niederschlagsmengen erhöhen können. Eine mögliche Erhöhung der Transpiration durch höhere Temperaturen, wie von *Le Houerou* (2002) beschrieben, könnte mit dem Modell simuliert werden, indem ein konstanter Faktor in der Temperaturabhängigkeit der Transpiration eingefügt würde. Eine Quantifizierung dieser Effekte wäre eine interessante und nützliche Weiterführung der hier vorgestellten Arbeiten.

Darüber hinaus lassen sich mit der hier vorgestellten Methode aber auch weitere Änderungen der Bedingungen im Untersuchungsgebiet und ihr Einfluss auf die Evapotranspiration untersuchen. Eine Änderung der Verfügbarkeit von Stauseewasser zur Bewässerung kann durch die Gewichtung der simulierten Tage mit ‚Bewässerung‘ dargestellt werden. Das Absenken des Grundwasserspiegels durch Übernutzung kann durch die Änderung der Einstellung in der ‚Grundwasser‘ Methode simuliert werden. Änderungen der Vegetationsbedeckung, sei es durch Weideausschluss oder andere Anbaupflanzen, können durch Änderungen im Kataster dargestellt werden. Eine Änderung der Bewässerungsstrategie, von der Überschussbewässerung z. B. zur

Tröpfchenbewässerung, würde eine Überarbeitung der Methode ‚Bewässerung‘ erfordern, wäre dann jedoch direkt in eine Klimatologie umsetzbar.

Die interdisziplinäre Arbeit im Rahmen des IMPETUS-Projektes hat diese Arbeit erst möglich gemacht. Informationen über Bewuchs und Pflanzencharakteristiken sind in die Kataster eingeflossen, die den hier gezeigten Simulationen unterliegen, besonders der aus LANDSAT-Daten erstellte Datensatz der Landnutzungsklassen hat wesentlich zur Realitätsnähe der Ergebnisse beigetragen. Messdaten der Klimastationen und Transpirationmessungen sind Grundlage der durchgeführten Kalibrierungen, Informationen über die Bewässerungspraxis und die Verteilung von Bewässerungswasser ermöglichten eine Darstellung der Bewässerung im Modell. In einem weiteren Schritt sollen die Ergebnisse der Verdunstungsklimatologie als obere Randbedingung in ein hydrologisches Modell eingebracht werden. Die Erarbeitung von Methoden zur Evaluierung der Effekte geplanter Management-Maßnahmen im Untersuchungsgebiet wird die hier vorgestellten Arbeiten nutzen können und müssen. Die oben beschriebenen Änderungsszenarien bieten eine wissenschaftliche Grundlage zur Erstellung von Management-Strategien für das Untersuchungsgebiet, indem sie die Folgen verschiedener Eingriffe in den hydrologischen Kreislauf für die Evapotranspiration, einen wichtigen Teil dieses Kreislaufes, im Vorfeld simulierbar und damit abschätzbar machen.