

Räumliche Variabilität der pflanzlichen Wasserversorgung an Trockenstandorten in Südmarokko

Maik Veste^{1,2}, Markus Staudinger¹

¹ Universität Hamburg, Biozentrum Klein-Flottbek und Botanischer Garten, Ohnhorststraße 18, 22609 Hamburg

² corresponding author: Universität Bonn, Nees-Institut für Biodiversität der Pflanzen, Meckenheimer Allee 170, 53115 Bonn, maik.veste@t-online.de

Zusammenfassung

Die räumliche Variabilität der Wasserversorgung der Vegetation wurden in einer *Artemisia herba-alba* Steppe und in einem Wadisystem mit vorherrschender *Acacia tortilis* in Südmarokko untersucht. Eine deutliche Heterogenität der Wasserpotentiale konnte in dem Wadisystem bei El Miyit nachgewiesen werden. Die gemessenen Wasserpotentiale wurden in Klassen eingeteilt, die als Grundlage für eine räumliche Differenzierung der Wasserversorgung in dem Untersuchungsgebiet dienen.

1. Einleitung

In Südmarokko sind entlang des Klima- und Höhengradienten vom Hohen Atlas bis zum Saharavorland verschiedene Vegetationseinheiten ausgebildet. In den mittleren Lagen des Hohen Atlas von 1600m – 2300m sind *Artemisia herba-alba*-Steppen großräumig ausgebildet, die eine strukturell relativ gleichmäßige Vegetationsverteilung aufweisen. Halbsträucher wie *Artemisia herba-alba*, *A. mesatlantica*, *Teucrium mideltense* und *Adenocarpus bacquei* dominieren den Bestand.

Mit der Abnahme der Niederschläge nach Süden hin wird die Vegetation zunehmend kontrahierter, bis sie schließlich auf einzelne Wadisysteme beschränkt wird. Im Gebiet von El Miyit, knapp südlich Zagora werden diese sandreichen Wadis vornehmlich von *Acacia tortilis* ssp. *raddiana*, *Anvillea radiata*, *Convolvulus trabutianus*, *Gaillonia reboudiana*, *Panicum turgidum*, *Retama raetam*, und *Ziziphus lotus* aufgebaut. Über die, in diesen Einheiten auftretenden räumlichen Muster der Vegetation vgl. STAUDINGER & FINCKH (2003). Neben der Niederschlagsmenge sind in Trockengebieten auch aber auch die hydrologischen Bodeneigenschaften für Wasserverfügbarkeit und Vegetationsverteilung von Bedeutung. Eine verringerte Infiltration des Niederschlages führt zu erhöhten Oberflächenabflüssen und damit zu einer deutlichen Umverteilung des Wassers im Ökosystem. Dies kann lokal zu einer besseren Wasserversorgung der Pflanzen führen. So haben langjährige Untersuchungen im zentralen Negev-Hochland bei einem jährlichen Niederschlag von 97 mm ergeben, daß Oberflächenabflüsse von den oberen Felshängen zu einem zusätzlichen Wasserzufluß im unteren Hangbereich von 200 – 300 mm führen (YAIR & SHAHACK 1987, YAIR 2001) und so Biomasse und Produktivität der Vegetation steigern (TENBERGEN 1991). Diese kleinräumigen

Unterschiede in der pflanzlichen Wasserversorgung lassen sich mit Hilfe des Wasserpotentials der Pflanzen nachweisen (VESTE & BRECKLE 2003). Für die Wasseraufnahme müssen die Pflanzen negativere Wasserpotentiale aufbauen als der Boden, wobei die Grösse des Wasserpotentialgradienten auch von den Bodeneigenschaften beeinflusst wird (EHLERS 1996). Bei den hier vorgestellten Untersuchungen im Rahmen des IMPETUS (Integratives Management Projekt für einen tragfähigen Umgang mit Süßwasser in Westafrika)- Projektes (IMPETUS 1999) wurde die kleinräumige Variabilität der Wasserversorgung erfasst und in Beziehung zur Ausbildung der Vegetationsmuster gestellt.

2. Material und Methode

2.1 Standorte

Die Messungen wurden in Südmarokko im Mai 2002 auf zwei ökologisch unterschiedlichen und geographisch getrennten Standorten durchgeführt (Abb. 1). Bei der nördlichen, im Hohen Atlas auf 1900m gelegenen, Fläche von Taouigalt handelt es sich um eine *Artemisia herba-alba* Steppe in einem quartär verfüllten Hochtal (Abb. 2a). Geologisch liegt die Fläche auf basenreichen, rezenten Schottern über pliozänen Konglomeraten. Die südlich gelegenen Untersuchungsfläche ist eine saharo-arabische Akaziensteppe im Becken von El Miyit nahe Zagora auf 800m Seehöhe (Abb. 2b). El Miyit liegt in den quartären Wadi-Schottern einer Tiefebene mit E-fallenden Schiefen, die vom Bani-Quarzit umrahmt wird. Die Quarzite sind stark geklüftet und enthalten Kalkstein-Einschaltungen, so daß auch in diesem Caliche-Bildung vorhanden ist. Die Ebene ist deutlich terrassiert, wobei Felsterrassen mit nur geringmächtiger Kiesbedeckung überwiegen. Die rezente Oueds sind durch mächtige Quartärablagerungen gekennzeichnet, die als lokale Porengrundwasserleiter von Bedeutung sind. Als Grundwasserstauer fungieren blaue, z.T. grünlich verwitternde Schiefer des Ordoviziums.

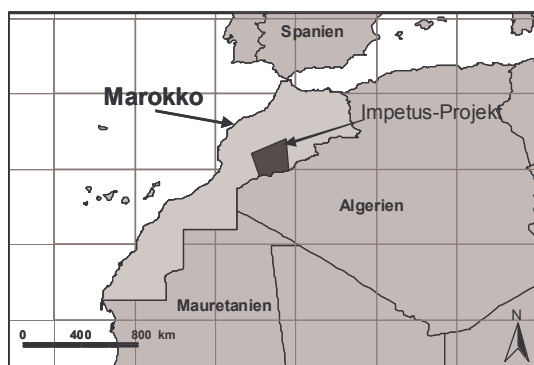
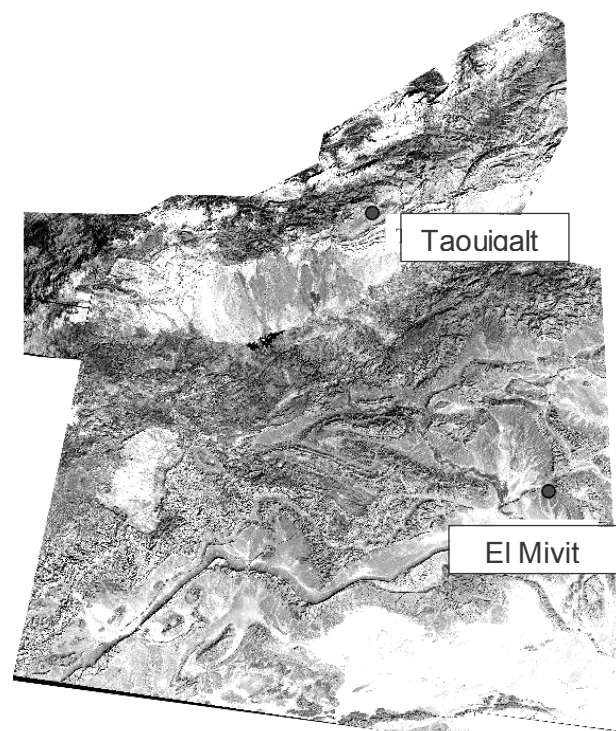


Abb. 1: Lage der Untersuchungsflächen im südlichen Marokko.



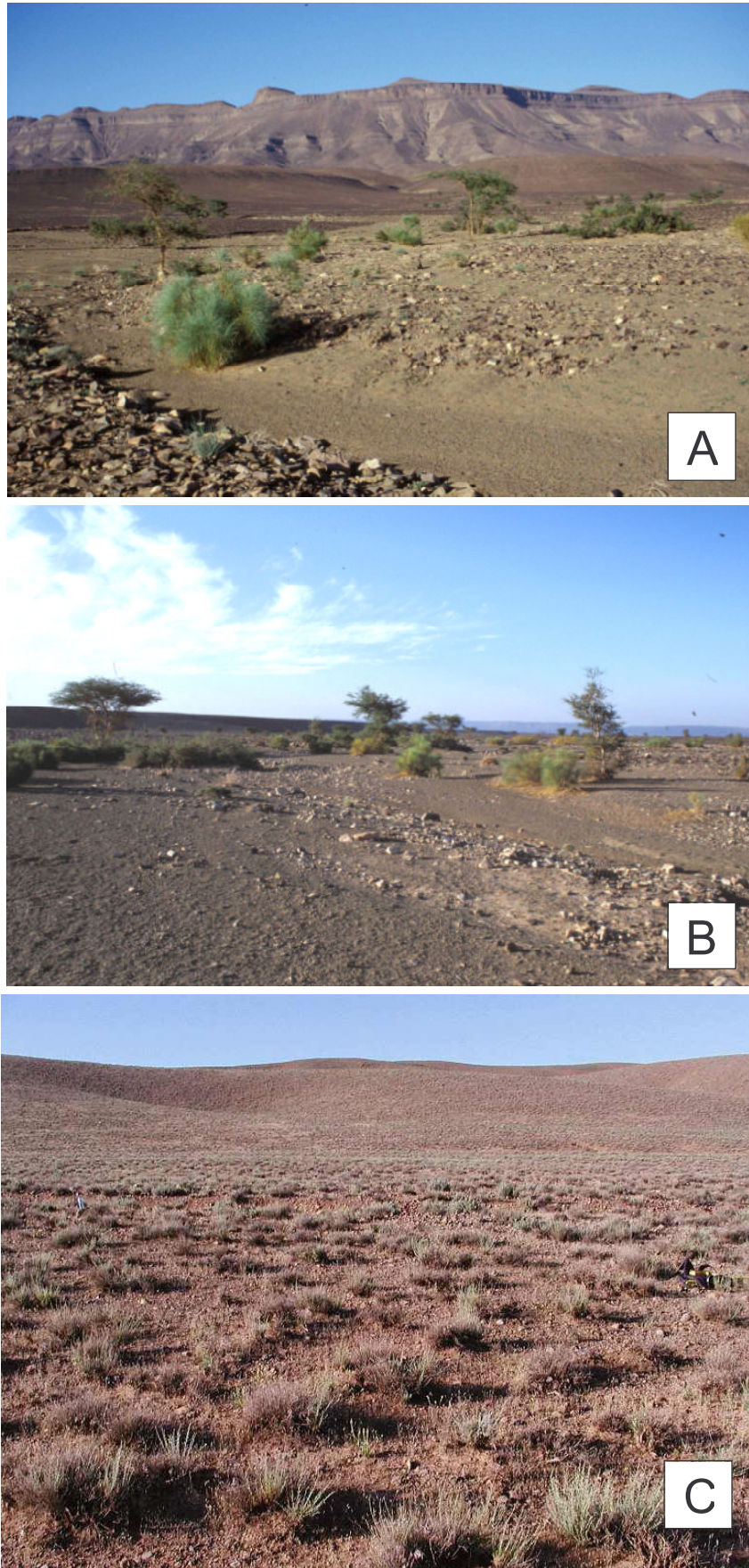


Abb.2: Kontrahierte Vegetation mit *Retama raetam*, *Acacia tortilis* und *Ziziphus lotus* im Wadi El Miyit (A,B) und *Artemisia herba-alba* Steppe in Taoujgalt (C)

2.2 Pflanzen

a) Taoujgalt:

- *Artemisia herba-alba*: (Asteraceae - Anthemideae). Weit verbreitete Art der Sektion Seriphidium in den irano-turanischen Beifußsteppen. Von den Pyrenäen über Nordafrika bis in den zentralen Iran vorkommend.
- *Teucrium mideltense*: Im Hohen Atlas und den nach Osten anschließenden Hochplateaus endemische Kleinart aus der Verwandtschaftsgruppe von *Teucrium polium*.

b) El Miyit:

- *Acacia tortilis* subsp. *raddiana* (Leguminosae – Mimosoideae): *Acacia tortilis* ist die dominierende Baumart des südlichen Marokko. Bei der Subspezies *raddiana* handelt es sich um die baumförmige Unterart mit deutlich ausgebildetem Stamm, die vom Nahen Osten und Nordafrika bis ins tropische östliche Afrika verbreitet ist.
- *Retama raetam* (Leguminosae – Genisteae): Die Gattung *Retama* ist mit 4 Arten in Nordafrika und im östlichen Mittelmeerraum verbreitet. *R. raetam* ist eine typische Art saharo-arabischer Wadi-Vegetation von Nordafrika bis zur arabischen Halbinsel.
- *Whitania adpressa* (Solanaceae): *Whitania* ist eine kleine Gattung strauchiger Nachtschattengewächse mit 10 Arten im Mittelmeerraum, Ost- und Südafrika und Südamerika. *W.adpressa* ist endemisch in den ariden Gebieten des westlichen Nordafrika.
- *Ziziphus lotus* (Rhamnaceae): Mediterran-sudanische Art, die von Spanien bis ins südl. Anatolien und zur arabischen Halbinsel verbreitet ist.

2.2 Messung des Wasserpotentials

Das morgendliche Wasserpotential (Ψ_{pd}) wurde mit einer Scholander-Druckbombe (Soil Moisture Santa Barbara, USA; VON WILLERT et al. 1995) gemessen. Zur Minderung der Transpirationsverluste wurden die abgeschnittenen Zweige in Aluminium-Folie verpackt. Als Untersuchungsobjekte wurden in Taoujgalt *Artemisia herba-alba* (n=26), *Teucrium mideltense* (n=23) und in El Myit: *Acacia tortilis* subsp. *raddiana* (n=30), *Retama raetam* (n = 39), *Ziziphus lotus* (n=8) und *Withannia adpressa* (n=3) ausgewählt. Die Messungen wurden im Mai 2002 nach der Regenzeit durchgeführt. Die Niederschlagsmenge bis zu den Messungen betrug in Taoujgalt 160,2 mm und in El Miyt 48,2 mm (Tab. 1).

Tab. 1: Niederschläge (mm) 2001/02 in Taoujgalt und El Myit (IMPETUS 2002).

Monat	Taoujgalt	El Myit
Oktober		5,0
November	4,0	1,4
Dezember	33,8	4,8
Januar	0,6	0,0
Februar	27,8	0,0
März	26,1	10,0
April	48,2	23,6
Mai	19,7 ¹	3,4 ²
Summe	160,2	48,2
Letzte Regenereignisse		
1. April		17,8
11. April		4,6
30. April		1,2
6. Mai	16,1	3,4
9. Mai	3,5	

¹ bis 15. Mai 2002, ² bis 7. Mai 2002

3. Ergebnisse

Das morgendliche Wasserpotential von *Artemisia herba-alba* betrug im Mittel $-1,15 \pm 0,17$ MPa und bei *Teucrium mideltense* $-0,95 \pm 0,20$ MPa. Innerhalb des Schwemmfächers konnte bei den untersuchten Pflanzen kein räumlicher Unterschied des Wasserpotentials festgestellt werden, während es bei den Pflanzen auf dem gegenüberliegenden Hang niedriger lag (Abb. 3).

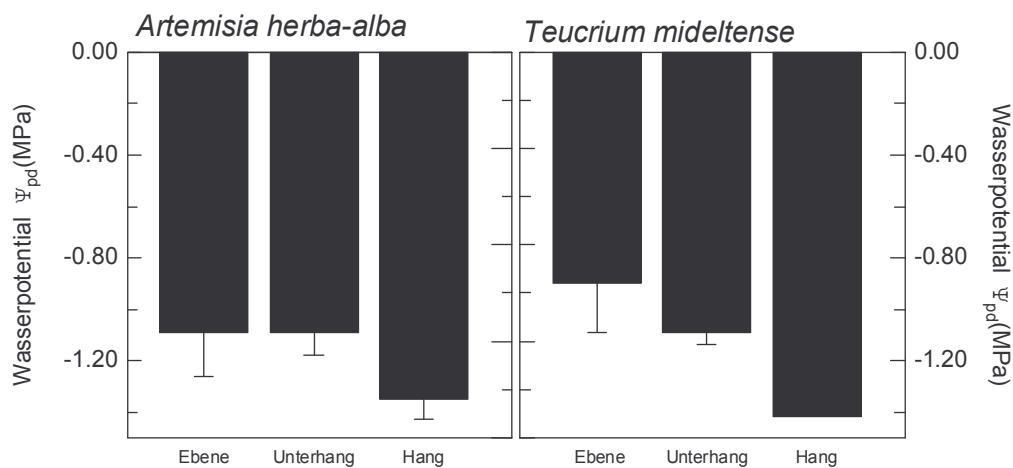


Abb. 3: Morgendliches Wasserpotential von *Artemisia herba-alba* und *Teucrium mideltense* in Toujgalt.

In El Myit betrug das mittlere morgendliche Wasserpotential von *Acacia tortilis* $-0,65 \pm 0,19$ MPa, von *Retama raetam* $-0,78 \pm 0,22$ MPa, von *Withannia adpressa* $-0,70 \pm 0,05$ MPa und *Ziziphus lotus* $-0,75 \pm 0,11$ MPa.

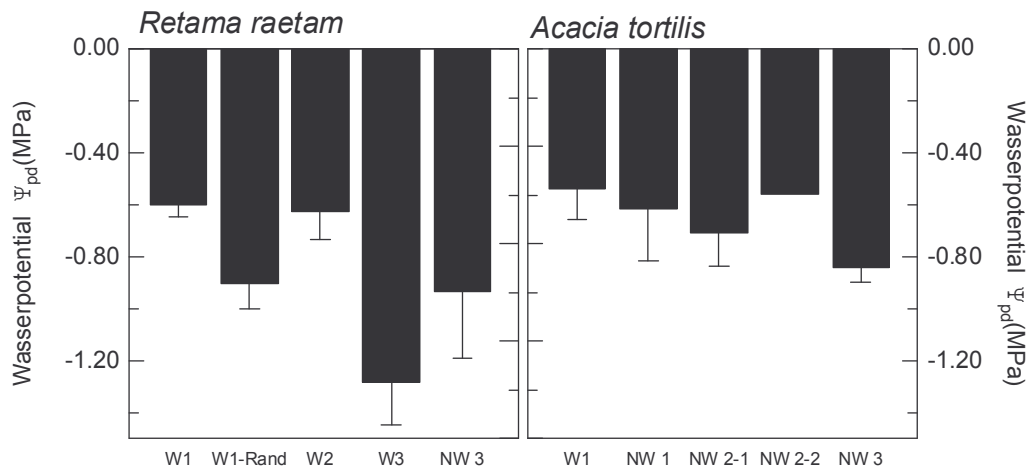


Abb. 4: Morgendliche Wasserpotential (Ψ_{pd}) von *Retama raetam* und *Acacia tortilis* ssp. *raddiana* in verschiedenen Abschnitten des Wadis. Hauptwadi: W1, W2, Nebenwadis NW1-NW3

Im Haupt-Wadi lag das Wasserpotential von *Retama* und *Acacia* deutlich höher als in den Neben-Wadis (Abb. 4). Schon am erhöhten Wadi-Rand war ein deutlich niedrigeres Wasserpotential *Retama* festzustellen. Diese Potentialdifferenz verstärkte sich zu den topographisch höher gelegenen Wadiabschnitten (W3, NW3).

Die gemessenen Wasserpotentiale der untersuchten Arten wurden in Klasse eingeteilt (Abb. 5), die die Grundlage für die räumliche Differenzierung bezüglich der pflanzlichen Wasserversorgung des Untersuchungsgebietes darstellen (Abb. 6). Die Absinken des Wasserpotentials ist mit einer schlechteren Wasserverfügbarkeit für die Pflanzen verbunden.

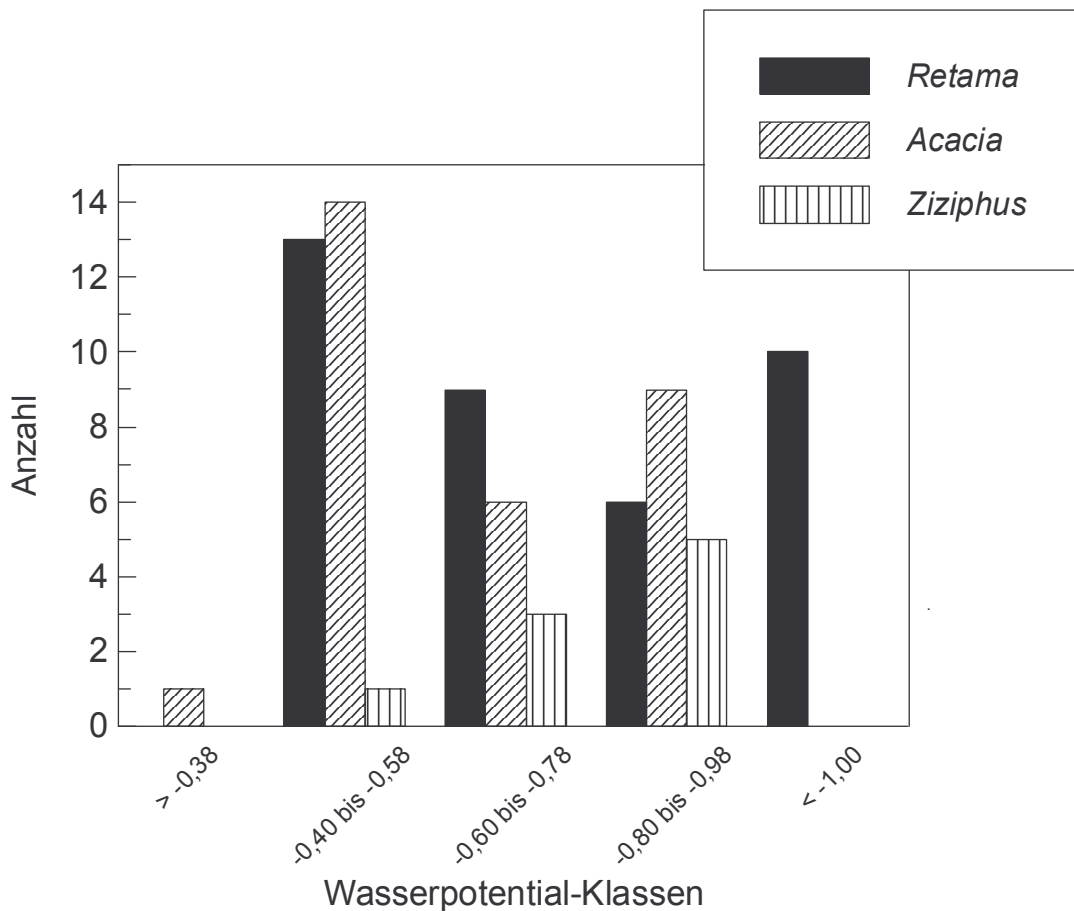


Abb.5: Verteilung der Wasserpotentiale von *Acacia tortilis*, *Retama raetam* und *Ziziphus lotus* in El Myit.

Die Wasserversorgung der Phanerogamen ist im Hauptwadi optimal (Wasserpotentiale > -0.58 MPa) und nimmt in den Nebenwadis ab (Abb. 6). In den höher gelegenen Abschnitten des Wadis (W3) ist die Wasserverfügbarkeit deutlich angespannt (Wasserpotentiale < -1.0 MPa). In diesen Abschnitten kommt ausschließlich *Retama raetam* vor. Die höchsten Dichten von *Acacia tortilis* ist in den unteren Bereichen des Hauptwadis zu finden, wo zugleich die bessere Wasserverfügbarkeit gewährleistet ist.

4. Diskussion

Reliefbedingte Unterschiede bezüglich der standörtlichen Wasserversorgung konnten insbesondere für *Artemisia herba-alba* und *Teucrium mideltense* in Taoujgalt und *Acacia tortilis* und *Retama raetam* in El Miyit aufgezeigt werden. Im Haupt-Wadi laufen die größten Wassermengen aus der Umgebung zusammen, auch besteht hier zugleich die größte

Infiltration und der größte Wasserspeicher. Somit stellt das Haupt-Wadi in El Miyit aus hydrologischer Sicht einen Gunststandort für die Phanerophyten dar, was sich auch in den Wasserpotentialen widerspiegelte. *Acacia tortilis* besiedelt vornehmlich das Hauptwadi, wo eine langfristige Wasserversorgung gewährleistet ist.

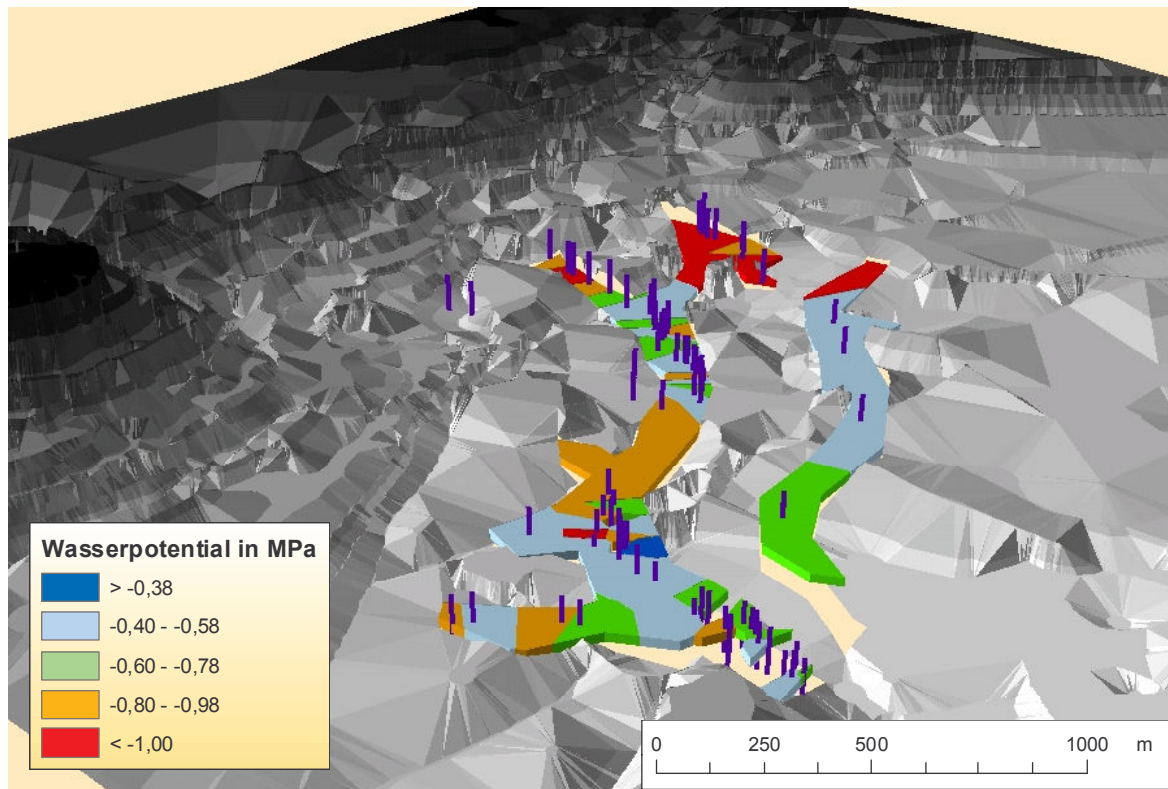


Abb. 6: Räumliche Klassifizierung der Wasserverfügbarkeit im Wadi El Miyit nach Wasserpotential-Klassen (vgl. Abb. 5).

Zwar ist über die maximale Wurzeltiefe dieser Art wenig bekannt; eine Grundwasseraufnahme aus mehr als 12 m Tiefe wurde für *Acacia* im nördlichen Negev nachgewiesen (ADAR et al. 1995). Auch *Retama raetam* hat ein oberflächennahes weit- und mit einer Pfahlwurzel tiefreichendes Wurzelsystem. Die Menge des verfügbaren Wassers ist der Hauptfaktor für die Besiedlung der Habitate. Trotz dieses Wurzelsystems ist die Pflanze an eine über das Jahr verfügbare Wasserressource gebunden. Auch im Negev-Hochland besiedelt *Retama raetam* wie *Acacia tortilis* ebenfalls die Gunststandorte in den Wadis, wo die Wasserversorgung auf Grund der Wasserspeicherung gedeckt werden kann (EVENARI et al. 1982, VESTE 2004). In den Wadis im Zentralen Negev-Hochland liegen die Wasserpotentiale von *Retama* zwischen -0,8 im April und -1,0 MPa im September (TENBERGEN 1991, VESTE & BRECKLE 2000). Die räumliche Unterscheidbarkeit bezüglich der Wasserversorgung dieser Habitate und des Wasserpotentials belegten auch weitere Untersuchungen von *Thymelaea hirsuta* im Zentralen Negev-Bergland (VESTE & BRECKLE

1996, 2000). Zwar konnte hier nach den Niederschlägen Ende März kein wesentlicher Unterschied bezüglich der Wasserversorgung zwischen den Habitaten festgestellt werden. Dagegen ist am Ende der Trockenzeit im September eine räumliche Variabilität der Wasserversorgung deutlich ausgeprägt. Messungen des Wasserpotentials zeigten für *Thymelaea hirsuta* in einem terrasierten Wadi eine signifikant bessere Wasserversorgung ($\Psi_{pd} = -1,2$ MPa) als für Pflanzen im oberhalb gelegenen Felswadi ($\Psi_{pd} = -2,4$ MPa) und am Hang ($\Psi_{pd} = -1,8$ MPa), wo die Wasserversorgung auf Grund der geringeren Infiltration und geringeren Bodenanteils für die Pflanzen angespannter ist. Die Wasserpotentiale von *Artemisia* und *Teucrium* sind deutlich negativer als der Phanerophyten in El Miyit. Die Bodenmächtigkeit und somit die Bodenwasserspeicher sind hier deutlicher geringer und beeinflussen so das morgendliche Wasserpotential.

Diese vergleichenden Untersuchungen des Wasserpotentials zeigen auch für das Untersuchungsgebiet in Südmarokko, dass es möglich ist die räumliche Variabilität der Wasserpotentials zu erfassen und in Beziehung zum Relief und den Bodeneigenschaften zu setzen.

5. Danksagung

Die Untersuchungen wurden im Rahmen des IMPETUS-Projektes vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF, FKZ 07GWK02) sowie vom Ministerium für Erziehung, Wissenschaft und Forschung des Landes Nordrhein-Westfalen (Projekt 14-21 200 200) gefördert. Für die Mithilfe bei der Datenaufnahme danken wir Frank Gresens (Bonn) und Jens Oldeland (Hamburg). Die LANDSAT-Aufnahme des Draa-Einzugsgebietes wurde von Michael Schmidt (Bonn) aufbereitet. Ein Großteil der GPS-Punkte die Grundlage für das digitale Höhenmodell sind wurden von Benedikt Weber (Bonn) aufgenommen.

6. Literatur

- ADAR, E., GEV, I., BERLINER, P., KNOL-PAZ, I. 1995: Water recharge and percolation in sand dune terrain, International Conference on geomorphic response of mediterranean and arid areas to climate change (GERTEC) - Field trip B. The Hebrew University of Jerusalem:1-12.
- EHLERS, W. 1996: Wasser in Boden und Pflanze, Ulmer Verlag, Stuttgart, 272 S.
- EVENARI, M., SHANAN, L. & TADMOR, W. 1982: The Negev – The challenge of a desert, Harvard University Press, Cambridge MA., 437 S.
- IMPETUS 1999: Integratives Management-Projekt für einen Effizienten und Tragfähigen Umgang mit Süßwasser in Westafrika: Fallstudien für ausgewählte Flusseinzugsgebiete in unterschiedlichen Klimazonen. - Projektantrag des BMBF. Universität zu Köln und Universität Bonn. S.
- IMPETUS 2002: Projektjahresbericht, Universität zu Köln und Universität Bonn

- STAUDINGER, M. & FINCKH, M. 2005: Räumliche Vegetationsmuster in ariden Gebieten Südmarokkos - Klassifizierung zugrundeliegender Mechanismen, UFZ-Berichte 01/2005, 41-53.
- TENBERGEN, B. 1991: Vergleichende Landschaftsökologische Untersuchungen im nördlichen Negev-Hochland von Israel, Arbeitsberichte Lehrstuhl Landschaftsökologie Münster 12, 218 S.
- VESTE, M. 2004: Negev- und Sinai-Halbinsel. In: Walter, H. & Breckle, S.-W., Ökologie der Erde, Ökologie der tropischen und subtropischen Zonen, Band 2, Spektrum-Verlag, 629-659.
- VESTE, M. & BRECKLE, S.-W. 1996: Gaswechsel und Wasserpotential von *Thymelaea hirsuta* in verschiedenen Habitaten der Negev-Wüste, Verhandlungen der Gesellschaft für Ökologie 25, 97-103.
- VESTE, M. & BRECKLE, S.-W. 2000: Die Negev – Pflanzenökologische und ökosystemare Betrachtungen, Geographische Rundschau 9/2000, 24-29.
- VESTE, M. & BRECKLE, S.-W. 2003: Ökophysiologie und Populationsökologie halophiler Arten in den Sanddünen von Nizzana (nordwestlicher Negev, Israel), Bielefelder Ökologie Beiträge 17.
- YAIR, A. 2001: Water-harvesting efficiency in arid and semiarid areas, In: Breckle, S.W., Veste, M. & Wucherer, W., Sustainable Land-Use in Deserts, Springer, Berlin, Heidelberg, New York, 289-302.
- YAIR, A. & SHACHAK, M. 1987: Studies in watershed ecology of an arid area. In: Berkofsky, L. & Wurtele, M.G. (eds). Progress in Desert Research, Cap. 10, Rowman & Littlefield, Totawa, New Jersey, 145-193.
- VON WILLERT, D.J., MATTYSEK, R. & HERPPICH, W.B. 1995: Experimentelle Pflanzenökologie – Grundlagen und Anwendungen, Thieme Stuttgart, 344 S.