



Martin Kuba

Ökosystemare Prozesse und Ecosystem Services

Eine geografische Betrachtung der anthropogenen Einwirkungen
auf die Auwälder des Tarimflusses in Nordwest China

Selbstverpflichtung für Nachhaltiges Publizieren:

Nicht nur publizistisch, sondern auch als Unternehmen setzt sich der oekom verlag konsequent für Nachhaltigkeit ein.

Bei Ausstattung und Produktion der Publikationen orientieren wir uns an höchsten ökologischen Kriterien.

Dieses Buch wurde auf 100 % Recyclingpapier, zertifiziert mit dem FSC®-Siegel und dem Blauen Engel (RAL-UZ 14) gedruckt. Auch für den Karton des Umschlags wurde ein Papier aus 100 % Recyclingmaterial, das FSC® ausgezeichnet ist, gewählt. Alle durch diese Publikation verursachten CO₂-Emissionen wurden durch Investitionen in ein Gold-Standard-Projekt kompensiert. Die Mehrkosten hierfür trägt der Verlag.

Mehr Informationen finden Sie unter:

<http://www.oekom.de/allgemeine-verlagsinformationen/nachhaltiger-verlag.html>



ClimatePartner[®]
klimateutral

Verlag | ID: 128-50040-1010-1082

Die vorliegende Publikation wurde unter dem Titel „Ökosystemare Prozesse und Ecosystem Services - Untersuchungen zu bodenhydrologischen Prozessen, vegetationsstrukturellen Parametern und anthropozentrischer Betrachtung der Auwälder am Unterlauf des Tarim in Nordwest China“ als Dissertation an der Katholischen Universität Eichstätt-Ingolstadt eingereicht. Es handelt sich um einen vollständigen Abdruck.

Bibliographische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliographie; detaillierte bibliographische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

© 2017 oekom, München

oekom verlag, Gesellschaft für ökologische Kommunikation mbH
Waltherstrasse 29, 80337 München

Umschlagabbildung: © Martin Kuba

Produktion und redaktionelle Betreuung: Volker Eidems

Korrektur: der Autor

Druck: Bosch-Druck GmbH, Ergolding

Alle Rechte vorbehalten

ISBN 978-3-96238-001-4

E-ISBN 978-3-96238-420-3



Martin Kuba

Ökosystemare Prozesse und Ecosystem Services

Eine geografische Betrachtung
der anthropogenen Einwirkungen auf
die Auwälder des Tarimflusses
in Nordwest China

*„Nichts ist, nichts ist geworden, alles ist stets im Werden,
in dem ewigen Strom der Veränderung ist kein Stillstand.“*

(Goethe)

ZUSAMMENFASSUNG

Der Tarim, der am Nordrand der Taklamakanwüste in China fließt, ist einer der längsten endorheischen Flüsse der Erde. Er wird nahezu ausschließlich durch Zuflüsse aus den umliegenden Gebirgen gespeist und ist innerhalb des Tarimbeckens eines der bedeutendsten Wasservorkommen. Seine Auen stellen einen der weltweit größten Standorte für die sogenannte Tugavegetation und ihre prägende Baumart *Populus euphratica* dar, welche eine hohe Anpassung an die herrschenden klimatischen Bedingungen aufweisen. Erhalt, Regeneration und Neubildung von Beständen von *Populus euphratica* sind von den typischen hydrologischen und morphodynamischen Prozessen, insbesondere sommerlicher Hochwässer und resultierenden Flussbettverlagerungen abhängig.

Durch eine anthropogene Übernutzung der Wasserressourcen seit dem 20. Jahrhundert sind weite Teile der natürlichen Vegetation entlang des Flusses verloren gegangen oder weisen einen stark degradierten Zustand auf. Dies trifft insbesondere auf den Unterlauf des Tarim zu. Dieser Bereich von etwa 300 km Länge war zwischen den 1970er Jahren und der Jahrtausendwende komplett ausgetrocknet, so dass wichtige Prozesse unterbrochen und die Baumbestände hier besonders stark von Flächenverlust und Degradation betroffen waren. Dies wirkte sich auch auf gewisse ökosystemare Funktionen und Prozesse aus, die unter Anwendung einer anthropozentrischen Perspektive als Ecosystem Services angesprochen werden können. Durch ein wasserbauliches Überleitungsprojekt wird diesem Flussabschnitt derzeit in unregelmäßigen Abständen, derzeit etwa ein bis zweimal jährlich, Wasser zugeführt, um die Ökosystemfunktionen zu erhalten, beziehungsweise zu fördern. Dennoch sind die Auwälder des Tarimunterlaufes nach wie vor als stark degradiert anzusprechen. Insbesondere wichtige Prozesse einer generativen Bestandsverjüngung und -neubildung finden auch heute nicht oder nur stark eingeschränkt statt.

Die vorliegende Arbeit untersucht unterschiedliche Aspekte des bodenhydrologischen Systems und der Waldvegetation, sowie deren Zusammenhänge in einem etwa zehn Quadratkilometer großen Untersuchungsgebiet. Die Auswertung der aus kontinuierlichen Messungen des Bodenwassergehalts abgeleiteten Saugspannungen an verschiedenen Standorten zeigte einerseits, dass diese im Gebiet meist ausreichend hoch sind um zu einer Versorgung der Pflanzen beizutragen. Andererseits wurde deutlich, dass sich die Maßnahme der ökologischen Flutungen innerhalb des Untersuchungsgebiets sehr differenziert auf die Bodenwassergehalte einzelner Standorte, im Sinne einer Erhöhung dieser durch vertikale Transportprozesse, auswirkte. Während an einigen Standorten die gemessenen Werte einen deutlichen Einfluss des übergeleiteten Wassers anzeigen, weisen andere Standorte lediglich eine klimatisch geprägte, jahreszeitliche Dynamik auf.

Untersuchungen der Vegetationsstrukturen an den Messstellen zeigten unter Anderem, dass eine Verjüngung der Bestände, welche vornehmlich durch Prozesse der vegetativen Vermehrung erfolgt, an solchen Standorten wahrscheinlicher ist, an denen auch eine Reaktion der Bodenwassergehalte auf ökologische Flutungen feststellbar war. Hiermit wurde ein wichtiger Beitrag zur Erforschung der Rolle des Bodenwassers für die Wasserversorgung der *Populus euphratica* geliefert, ein Aspekt, der in der Forschung bisher weniger Berücksichtigung erfahren hat.

Ein weiterer wichtiger Aspekt dieser Arbeit war die Betrachtung der Waldvegetation am Tarimunterlauf unter dem Gesichtspunkt der Ecosystem Services. Aus vorhandenen Publikationen wurde hierfür ein konzeptioneller Rahmen entwickelt unter dem die beiden ökosystemaren Funktionen der Speicherung von Kohlenstoff und der Retention von Sand und Staub betrachtet wurden. Unter Berücksichtigung der spezifischen lokalen und regionalen Gegebenheiten wurde ein monetärer Wert dieser Ecosystem Services ermittelt.

Die Ergebnisse dieser Arbeit, sowie die daraus abgeleiteten Handlungsempfehlungen stellen einen wichtigen Beitrag für die zukünftige Gestaltung von Forschung und Praxis im betreffenden Gebiet dar. So konnten konkrete Empfehlungen für das Management der ökologischen Flutungen gegeben und Ansätze für weitere wissenschaftliche Beschäftigung mit der Tugavegetation aufgezeigt werden.

ABSTRACT

The Tarim River on the northern edge of the Taklamakan Desert in China, is one of the longest endorheic rivers in the world. It is almost solely fed by tributaries from the surrounding mountains and it is one of the most important water sources within the Tarim Basin. Its riparian areas are one of the world's largest sites for the so called Tugai vegetation and its predominant tree species *Populus euphratica* which is highly adapted to the climatic conditions. Preservation, regeneration and establishment of stands of *Populus euphratica* are dependent on the regionally typical hydrological and morphodynamical processes, e.g. high floods in summer and concomitant riverbed relocation.

Due to an anthropogenic overuse of the water resources since the 20th century, wide parts of the natural vegetation along the Tarim River have vanished or are in a highly degraded condition nowadays, especially at the lower reaches of the river. This part of about 300 km of length fell dry completely between the 1970s and the beginning of this century, so important processes could not take place. This has also affected certain ecosystem functions and processes which can be addressed as ecosystem services using an anthropocentric perspective. Through artificial water conveyances the lower reaches are provided with water about one to two times per year in order to restore these ecosystem functions. Even though the aim of this project was to refill the groundwater resources as well as the Tetema Lake, the riparian forests are still in a highly degraded condition. Important processes fostering a generative reproduction of *Populus euphratica* do still not take place today or are only very restricted.

In this thesis, different aspects of the soil-hydrological system and the tree vegetation as well as their interrelations are investigated in an exemplary research area of about ten square kilometers. The analysis of data of the soil water tension showed that at most sites water supplies are sufficiently high to contribute to vegetation demand. Furthermore, it was shown, that the water conveyances have a spatially heterogeneous effect on the soil water. While at some sites the measured values are clearly influenced by ecological floodings, other sites show an annual dynamic characterized by climatic factors.

Investigations of the tree vegetation structures showed that a rejuvenation of existing stands - mainly through processes of vegetative regeneration- is more likely to be successful at sites where a reaction of the soil water tensions on the ecological floodings could be detected. This is an important contribution to the understanding of the role soil moisture plays for the water supply of *Populus euphratica*.

Another important aspect of this thesis was to investigate the Tugai vegetation at the lower reaches of the Tarim River under the perspective of ecosystem services. A conceptual framework was developed by adapting existing models. The ecosystem functions "carbon storage" and "retention of sand and dust" were translated to ecosystem services and valued in monetary terms under consideration of local and regional conditions.

The results of this work and the derived recommendations constitute an important contribution for future research and management in this area.

قىسقىچە مەزمۇنى:

جۇڭگو دەرىجىسىدىكى تەكلىماكان قۇملىقىنىڭ شىمالىي گىرۋىكىگە جايلاشقان تارىم دەرياسى دۇنيادىكى ئەڭ ئۇزۇن ئىچكى قۇرۇقلۇق دەريالىرىدىن ھېسابلىنىدۇ. تارىم دەرياسى، ئەتراپتىكى تاغ تىزمىلىرىدىن ئېرىگەن سۇنى مەنبە قىلىدىغان بولۇپ، تارىم دەرياسى ۋادىسى ئۈچۈن ئەڭ مۇھىم بولغان سۇ بايلىقىدۇر. توغراق — تارىم ۋادىسى دەريا بويلاپ ئۆتىدىغان تەبىئىي تارقالغان ئاساسى دەرىجىسى بولۇپ، بۇ جايدا دۇنيادىكى كۆلىمى ئەڭ چوڭ بولغان توقاي ئورمانلىقىنى ھاسىل قىلغان. توغراقنىڭ مەۋجۇت بولۇشى، تەرەققى قىلىشى ۋە توغراق مائىسلىرىنىڭ شەكىللىنىشى تارىم دەرياسىغا ھەر يىلى يازدا كېلىدىغان كەلكۈن ۋە لاي-لانغانلىقنىڭ تىنىشى قاتارلىق رايونلۇق ھىندرو-مورفولوگىيەلىك جەريانلاردىن ئايرىلالمايدۇ.

20-ئەسىردىن باشلاپ، ئىنسانلار سۇ ئىشلىتىش پائالىيەتنىڭ ھەددىدىن زىيادە كۆپىيىشىگە ئەگىشىپ، تارىم دەرياسى ۋادىسىدىكى، بولۇپمۇ دەريا تۆۋەنكى ئېقىن بۆلىكىدىكى تەبىئىي ئۆسۈملۈك يېپىنچىلىرى كۆپلەپ قۇرۇپ كەتتى ياكى چېكىنىش ھالىتىدە تۇرماقتا. ئالدىنقى ئەسىرنىڭ 70-يىللىرىدىن باشلاپ، تارىم دەرياسى تۆۋەنكى ئېقىنىغا سۇ يېتىپ كېلەلمەي دەريانىڭ 300 كېلومېتىردىن ئارتۇق بۆلىكى قۇرۇپ كەتتى، بۇنىڭ بىلەن بۇ رايوندىكى جۇغراپىيەلىك ۋە ئېكولوگىيەلىك جەريانلارنىڭ داۋاملىشىشى تەسىرگە ئۇچراپ ئېكولوگىيەلىك سىستېما مۇلازىمىتى شەكىللەندۈرۈلدى.

تارىم دەرياسى تۆۋەنكى ئېقىنىنىڭ بۇزۇلغان ئېكولوگىيەلىك مۇھىتىنى ئەسلىگە كەلتۈرۈش ئۈچۈن، جۇڭگو ھۆكۈمىتى 2000-يىلىدىن باشلاپ ھەر يىلى تارىم دەرياسىنىڭ تۆۋەنكى ئېقىنىغا ئېكولوگىيەلىك سۇ باشلاپ كەلمەكتە. گەرچە بۇ قۇرۇلۇشنىڭ تەسىرىدە تۆۋەنكى ئېقىن رايونىنىڭ يەر ئاستى سۇ ئورنى مەلۇم دەرىجىدە يۇقىرى كۆتۈرۈلۈپ دەريانىڭ ئاخىرلىشىش ئورنى بولغان تېتىما كۆلىنىڭ سۇ يۈزى بەلگىلىك مىقداردا ئاشقان بولسىمۇ لېكىن دەريا ئۆسۈملۈك يېپىنچىلىرى يەنىلا ئومۇمىيۈزلۈك ھالدا چېكىنىش ھالىتىدە تۇرماقتا. توغراقنىڭ ئىككىلەمچى تەرەققى قىلىشى ۋە توغراق مائىسلىرىنىڭ شەكىللىنىشى پەقەت دەرياغا يېقىن بولغان ئورۇنلارغا چەكلەنمەكتە.

بۇ دوكتۇرلۇق ماقالىسىدە، 10 كوۋادرات كېلومېتىر كۆلەمدىكى تەتقىقات ئورنىدا، ئوخشاش بولمىغان نۇقتىلاردىن چىقىش قىلىپ تۇرۇپ تۇپراق، سۇ، ئۆسۈملۈك ۋە ئۇلار ئوتتۇرىسىدىكى مۇناسىۋەت توغرىسىدا تەھلىل ئېلىپ بېرىلدى. نەتىجىدىن كۆرسىتىلىشىچە، ئېكولوگىيەلىك سۇ باشلاش قۇرۇلۇشىنىڭ تۇپراق نەملىكىگە بولغان تەسىرى ئۆزگىرىشچان ئالاھىدىلىككە ئىگە بولۇپ بىر قىسىم ئورۇنلاردىكى تۇپراق نەملىكى دەرياغا كەلگەن كەلكۈننىڭ تەسىرىگە ئۇچرىغان. يەنە بىر قىسىم ئورۇنلاردىكى ئۆلچەشتە تۇپراق نەملىكىنىڭ پەقەت پەسىللىك ئۆزگىرىش ئالاھىدىلىكى ئەكس ئەتتى.

ئۆسۈملۈك يېپىنچىلىرىنى تەكشۈرۈش نەتىجىسىدە كۆرسىتىلىشىچە توغراق مائىسلىرىنىڭ ھاسىل بولۇشى پەقەت دەرياغا يېقىن بولغان ئورۇنلاردا يۈز بەرگەن بولۇپ بۇ تۇپراق نەملىكىنىڭ توغراقنىڭ ھاسىل بولۇشى ۋە ئۆسۈپ-يېتىلىشىدە ھالقىلىق رول ئوينايدىغانلىقىنى ئىپادىلەيدۇ.

تارىم دەرياسىنىڭ تۆۋەنكى ئېقىنىدىكى توغراق ئورمانلىرىنىڭ ئېكولوگىيەلىك سېستېما مۇلازىمىتىنى باھالاش بۇ ماقالىدە ئېلىپ بېرىلغان يەنە بىر ئاساسى تەتقىقات مەزمۇنى بولۇپ، ماتىماتىكىلىق مودېللاش ئۇسۇلىدىن پايدىلىنىپ توغراق ئورمانلىرىنىڭ <كاربون تۇراقلاشتۇرۇش> ۋە <قۇم-بوراننى تىزگىنلەش> قاتارلىق ئېكولوگىيەلىك مۇلازىمىتى ھېسابلاپ چىقىلدى ۋە پۇلغا سۈندۈرۈلۈپ كۆرسىتىلدى.

ماقالىدە ئېرىشىلگەن يەكۈن كەلگۈسىدە بۇ رايوندا ئېلىپ بېرىلىدىغان تەتقىقاتلار ۋە رايونلۇق ئىمكانىيەتلىك سىجىل تەرەققى قىلىشىنى ئەمەلگە ئاشۇرۇش پىلانى ئۈچۈن بەلگىلىك تەكلىپ پىكىرلەر بىلەن تەمىنلەيدۇ.

摘要

中国塔克拉玛干沙漠北缘的塔里木河是世界上最长的内流河流之一。塔里木河起源于周围山脉冰雪融化而形成的支流，是塔里木盆地最重要的水源。胡杨林 (*Populus euphratica* Oliv.) 是分布在塔里木河河岸地区的建群种，组成世界上面积最大的吐加依林。胡杨林的保存，更新和形成取决于夏季洪水泛滥和河床搬迁等区域典型的水文和动力学过程。

自 20 世纪以来，由于人类水资源过度开发，沿塔里木河，特别是下游地区的自然植被大部分已经消失或处于高度退化的状态。从上世纪 70 年代开始，塔里木河下游 300 公里的河道断面完全干涸，造成下游地区生态地理过程停顿，导致区域生态系统服务的大幅度下降。为恢复塔里木河下游受损生态系统，自 2000 年开始，中国政府每年往塔里木河下游进行一到两次的人工生态输水。尽管通过该项目地下水位在一定程度上上升、塔里木河尾端湖——台特玛面积有所扩大，但是，河岸林植被生态系统仍处于高度退化的状态。胡杨林发育和更新过程只限制在河道附近低洼区域。

本论文，在约十平方公里的研究区从不同方面出发研究了土壤——水文系统——植被及其之间的相互关系。研究显示，输水对土壤水的影响具有空间异质性。一部分监测点的土壤水分含量明显受到生态洪水的影响，也有一部分监测点对输水没有反应。

对植被结构的调查表明，植被长势恢复和新实生苗的形成只发生在生态洪水能影响的地区。这表明土壤水分对胡杨生长发育有重要的作用。

本论文另一个重要方面是从生态系统服务角度出发研究了塔里木河下游的吐加依林植被。通过调整经验模型开发了一个概念框架。“碳储存”和“防风阻沙”等生态系统功能被转化为生态系统服务，并货币化。

本论文结果和推导的建议对该地区今后的相关研究和可持续管理具有一定的参考价值。

INHALTSVERZEICHNIS

1	Einleitung und Rahmen der vorliegenden Arbeit	1
1.1	Das SuMaRiO-Projekt	1
1.2	Problemstellung und Zielsetzung	2
2	Forschungsstand zum untersuchten Raum und Ecosystem Services	5
2.1	Lage und Entstehung des Tarimbeckens	5
2.2	Klimatische Bedingungen	5
2.3	Der Tarim	8
2.3.1	Hydrologische Prozesse	10
2.3.2	Morphodynamische Prozesse	12
2.4	Tugaivegetation	14
2.5	Anthropogene Einflüsse auf die Ökosphäre	21
2.5.1	Besiedlungsgeschichte und Bevölkerungsentwicklung	21
2.5.2	Transformation der landwirtschaftlichen Produktionsverhältnisse	22
2.5.3	Ökologische Krise und das Überleitungsprojekt	25
2.6	Bodenfeuchte	28
2.7	Theorie Ecosystem Services	36
2.7.1	Die Ausgangslage	36
2.7.2	Grundzüge des Konzeptes	38
2.7.3	Verwendung der Begriffe	43
2.7.4	Kaskadenmodell der Ecosystem Services	45
2.7.5	Kritische Betrachtung des Konzeptes	47
3	Untersuchungsgebiete	50
3.1	Untersuchungsgebiet Unterlauf	50
3.2	Untersuchungsgebiet Argan	53
4	Material und Methoden	60
4.1	Messung der Grundwasserstände	60
4.2	Messung des Bodenwassergehalts	61
4.3	Ermittlung der Saugspannung	64
4.4	Kreuzkorrelationsfunktionen	68
4.5	Parameter der Vegetationsaufnahmen	69
4.6	Photogrammetrische Vegetationsaufnahmen	73
4.7	Vegetationskartierungen auf Plot-Ebene	75

4.8 Geostatistische Analysen	75
5 Ergebnisse	78
5.1 Messergebnisse Grundwasser	78
5.2 Messergebnisse BF	81
5.3 Ergebnisse der photogrammetrischen Vegetationsaufnahmen	95
5.4 Ergebnisse der geostatistischen Analysen	100
5.5 Ergebnisse der Vegetationskartierungen auf Plot-Ebene	103
6 Analyse ausgewählter Ecosystem Services	117
6.1 Der Ecosystem Service „Kohlenstoffspeicherung“	117
6.1.1 Einbindung in das theoretische Konzept	117
6.1.2 Einbindung in das theoretische Konzept	117
6.1.3 Argan: Berechnung des Kohlenstoffdioxidgehalts der Waldvegetation	119
6.1.4 Argan: Ergebnisse	120
6.1.5 Unterlauf: Berechnung des Kohlenstoffdioxidgehalts der Waldvegetation	123
6.1.6 Unterlauf: Ergebnisse	134
6.2 Der Ecosystem Service „Schutz der Infrastruktur vor Sandverwehungen“	135
6.2.1 Einbindung in das Theoriegebäude	135
6.2.2 Erfassungsmethode	137
6.2.3 Ergebnisse	140
7 Zusammenführende Betrachtung und Diskussion der erzielten Ergebnisse	143
7.1 Teilzielsetzung 1: Kontextualisierung der Umweltproblematik im Untersuchungsgebiet	143
7.2 Teilzielsetzung 2: Beschreibung (boden-)hydrologischer Prozesse	146
7.3 Teilzielsetzung 3: Untersuchung der Vegetationsstruktur	153
7.4 Teilzielsetzung 4: Zusammenführung der bodenhydrologischen und vegetationsstrukturellen Messungen unter ökosystemaren Gesichtspunkten	157
7.5 Teilzielsetzung 5: Setzung des Theoretischen Rahmens der Ecosystem Services	161
7.6 Teilzielsetzung 6: Bewertung ausgewählter Ecosystem Services	163
7.7 Ableitung von Handlungsempfehlungen	167
8 Fazit	170
9 Quellenverzeichnis	172
9.1 Literatur	172
9.2 Internetquellen	189
10 Anhang	190

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1: Struktur des SuMaRiO-Projekts.	2
Abbildung 2: Monatsmittel der Temperatur und des Niederschlags (1981 bis 2010) der Messstation Tikanlik.	6
Abbildung 3: Schematische Darstellung der bodennahen Windverhältnisse im Tarimbecken im Frühjahr und im Sommer.	8
Abbildung 4: Hydrographische Karte der wichtigsten Flüsse des Tarimbeckens.	9
Abbildung 5: Prozentuale monatliche Abflussverteilung des Tarim in den Jahren 1956 bis 1990 an drei Messstationen.	10
Abbildung 6: Jährliche Abflusssummen des Tarim für den Zeitraum 1956 bis 2004 an drei Messstationen.	11
Abbildung 7: Flussbettverlagerungen des Tarim zwischen 1903 und 2000 in einem Gebiet am Mittellauf.	14
Abbildung 8: Ausgewählte phänologische Phasen von <i>Populus euphratica</i> am Tarim und monatlicher prozentualer Anteil des jährlichen Abflusses.	16
Abbildung 9: Prozessmodell der generativen Bildung eines Bestandes von <i>Populus euphratica</i> .	18
Abbildung 10: Darstellung der Konnektivität innerhalb eines Ökosystems.	30
Abbildung 11: Wasserhaushaltsmodell eines Standortes am Tarim.	31
Abbildung 12: Verteilung von Gravitations-, Matrix-, und hydraulischem Potential, sowie dem volumetrischen Wassergehalt in einem Boden unter Potentialgleichgewichtsbedingungen.	32
Abbildung 13: Verlauf allgemeiner pF-Kurven in verschiedenen Böden.	33
Abbildung 14: Entwicklung der Weltbevölkerung von 1950 bis 2100.	37
Abbildung 15: Nationaler Pro-Kopf-Wasserfußabdruck ausgewählter Länder.	38
Abbildung 16: Zahl der veröffentlichten Artikel mit dem Thema „Ecosystem Services“.	41
Abbildung 17: Konzeptioneller Rahmen des ESS-Ansatzes.	42
Abbildung 18: Kaskadenmodell der Ecosystem Services nach Spangenberg.	44
Abbildung 19: Modifiziertes Kaskadenmodell der Ecosystem Services.	47
Abbildung 20: Übersicht über das Untersuchungsgebiet Unterlauf.	51
Abbildung 21: Kartierschlüssel zur Identifikation von Altarmstrukturen.	52
Abbildung 22: Schlüssel zur digitalen Vegetationskartierung im Untersuchungsgebiet Argan.	54
Abbildung 23: Karte der ermittelten Oberflächenbedeckung im Untersuchungsgebiet Argan.	55
Abbildung 24: Satellitenbild, geomorphologische Einteilung und kartierte fluviale Strukturen des Untersuchungsgebiets Argan.	57

Abbildung 25: Vergleich des Verlaufs des Tarim im Untersuchungsgebiet Argan zwischen 1964 und 2011.	58
Abbildung 26: Lage der Bodenfeuchte- und Grundwassermessstationen im Untersuchungsgebiet Argan.	61
Abbildung 27: Anteile der Tonfraktionen an den Gesamtproben bei unterschiedlich gewählten Grenzwerten von 52 Bodenproben.	65
Abbildung 28: Dreiecksdiagramm der Korngrößenfraktionen der entnommenen Bodenproben.	66
Abbildung 29: Veranschaulichung der Bestimmung des hydraulischen Gradienten.	68
Abbildung 30: Transekte der Vegetation und des Grundwasserflurabstands in Argan.	70
Abbildung 31: Beispielbilder von Exemplaren von <i>Populus euphratica</i> unterschiedlicher Alters- und Zustandsklassen.	72
Abbildung 32: Entzerrtes und referenziertes Foto zur photogrammetrischen Auswertung und gemessene morphologische Merkmale.	74
Abbildung 33: Zeitreihen der Grundwassermessungen.	78
Abbildung 34: Kreuzkorrelationsfunktion zwischen den stündlichen Messungen der beiden Grundwassermessstellen.	79
Abbildung 35: Zeitreihe der Grundwasserstände an GW 2 für den Zeitraum 1.6.2012 bis 1.7.2013.	80
Abbildung 36: Zeitreihen der Tagesmittelwerte der pF-Werte.	83
Abbildung 37: Zeitreihen der hydraulischen Gradienten.	86
Abbildung 38: Kreuzkorrelationsfunktionen zwischen GW 2 und den saisonal geprägten Sensoren.	88
Abbildung 39: Kreuzkorrelationsfunktionen zwischen GW 2 und den episodisch geprägten Sensoren.	89
Abbildung 40: Kreuzkorrelationsfunktion zwischen GW 2 und den Sensoren L17_1, L1_S3 und L2_S3.	91
Abbildung 41: Kreuzkorrelationsfunktion zwischen GW 2 und dem Sensor L15_S1.	92
Abbildung 42: Räumliche Visualisierung der den Verlauf prägenden Komponente der Messwerte der Sensoren an den Bodenfeuchtemessstationen.	94
Abbildung 43: Lineare Regressionsmodelle des Kronendurchmessers mit den abhängigen Variablen „Baumhöhe“ und „Brusthöhendurchmesser“.	100
Abbildung 44: Hot-Spot-Analyse der Anzahl von Bäumen.	102
Abbildung 45: Hot-Spot-Analyse der Kronendurchmesser.	103
Abbildung 46: Anteil lebender Baumvegetation in den Altersklassen nach der Entfernung zum Gerinne.	112
Abbildung 47: Anzahl lebender Baumvegetation in den Altersklassen nach der Entfernung zum Gerinne.	113

Abbildung 48: Anteil lebender junger Bäume (Altersklasse I) an der Gesamtzahl lebender Bäume nach Entfernung zum Gerinne.	114
Abbildung 49: Anteil von Bäumen in sehr gutem und gutem Zustand (Zustandsstufen 1 und 2) an der Gesamtzahl lebender Bäume nach der Entfernung zum Gerinne.	115
Abbildung 50: Konzeptionelle Umsetzung des ESS „Kohlenstoffspeicherung“ in das Kaskadenmodell.	118
Abbildung 51: Schema der Berechnung des ESS „Kohlenstoffspeicherung“ für das Untersuchungsgebiet Argan.	119
Abbildung 52: Ergebnis der monetären Bewertung des in <i>Populus euphratica</i> gespeicherten Kohlenstoffdioxids.	121
Abbildung 53: In der Vegetation gespeicherter Kohlenstoffdioxid im Untersuchungsgebiet nach Entfernung zum Fluss.	122
Abbildung 54: Hot-Spot-Analyse des gespeicherten Kohlenstoffdioxids.	123
Abbildung 55: Exponentielle Regression zur Ermittlung des CO ₂ -Gehalts von Zellen mit DT ≤ DA in Abhängigkeit ihrer Distanz vom Fluss.	131
Abbildung 56: Exponentielle Regression zur Ermittlung des CO ₂ -Gehalts von Zellen mit DT > DA in Abhängigkeit ihrer Distanz vom Fluss.	131
Abbildung 57: Exponentielle Regression zur Ermittlung des CO ₂ -Gehalts von Zellen mit DT > 1500 m in Abhängigkeit ihrer Distanz vom nächstgelegenen Altarm.	132
Abbildung 58: Karte des Datensatzes der Bestände von <i>Populus euphratica</i> am Unterlaufs des Tarim.	133
Abbildung 59: Ergebnis der monetären Bewertung des ESS „Kohlenstoffspeicherung“ der Baumvegetation am Unterlauf des Tarim.	135
Abbildung 60: Konzeptionelle Umsetzung des ESS „Schutz der Infrastruktur vor Sandverwehungen“ in das Kaskadenmodell.	136
Abbildung 61: Kartierschema der Gefährdungsbereiche.	138
Abbildung 62: Laterale Straßenverbauung zur Fixierung von Sediment, sogenannte Checkerboards.	139
Abbildung 63: Ergebnis der Kartierung der Gefährdungsbereiche.	142
Abbildung 64: Lage von Transekten der Grundwassermessungen in Ye et al. (2009).	148
Abbildung 65: Koinzidenz der Samenreife von <i>Populus euphratica</i> und des Höhepunkts der Samenreife mit den Zeiträumen der durchgeführten ökologischen Flutungen.	160

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1: Bevölkerungszahlen Xinjiangs von 1949 bis 2012.	22
Tabelle 2: Flächen der <i>Populus euphratica</i> Bestände am Tarim.	25
Tabelle 3: Anteile der Oberflächenbedeckungsklassen des Untersuchungsgebietes.	56
Tabelle 4: Installationstiefen der Bodenfeuchtesensoren, Lage des Grundwasserspiegels zum Zeitpunkt der Bestimmung und Entfernung der Logger zum Fluss.	62
Tabelle 5: Beschreibung der Zustandsstufen von <i>Populus euphratica</i> Exemplaren.	71
Tabelle 6: Kreuztabelle der Merkmale „Altersklasse“ und „Zustandsstufe“ der photogrammetrisch aufgenommenen Bäume.	73
Tabelle 7: Vorläufige Einteilung der Sensoren nach der den Verlauf der pH-Kurven bestimmenden Komponente.	87
Tabelle 8: Deskriptive Statistiken zu den morphologischen Parametern nach Altersklassen, jeweils in [cm].	96
Tabelle 9: ANOVA-Tabelle für die unabhängige Variable „Alter“.	97
Tabelle 10: Ergebnisse der Post-Hoc-Mehrfachvergleichs für die Altersklassen.	98
Tabelle 11: Parameter der linearen Regression des Kronendurchmessers mit der abhängigen Variable „Brusthöhendurchmesser“.	99
Tabelle 12: Parameter der linearen Regression des Kronendurchmessers mit der abhängigen Variable „Baumhöhe“.	100
Tabelle 13: Ergebnisse der Nearest-Neighbor-Analysen von <i>Populus euphratica</i> und <i>Tamarix ramosissima</i> .	101
Tabelle 14: Ausgewählte Daten der Vegetationskartierungen.	111
Tabelle 15: Ausgewählte Daten der Vegetationskartierungen, fortgesetzt.	111
Tabelle 16: Formeln zur Berechnung der Biomasse [kg] von <i>Populus euphratica</i> aus den morphologischen Parametern „Brusthöhendurchmesser“ und „Höhe“.	120
Tabelle 17: Mittlere CO ₂ -Gehalte in [kg] der Zellen in Argan nach Klassen der Distanz zum Gerinne.	125
Tabelle 18: Parameter der Regressionsfunktionen zur Ermittlung des CO ₂ -Gehalts einer Zelle anhand ihrer Distanz zum Gerinne.	126
Tabelle 19: Korrelationskoeffizient nach Spearman zwischen CO ₂ -Gehalt und der Distanz zum Fluss sowie der Distanz zum nächstgelegenen Altarm.	126
Tabelle 20: ANOVA-Tabelle der Mittelwerte des CO ₂ -Gehalts [kg] zwischen den Gruppen DT ≤ DA und DT > DA.	127
Tabelle 21: Deskriptive Statistiken zu den Gruppen DT ≤ DA und DT > DA.	127
Tabelle 22: Mittlere CO ₂ -Gehalte [kg] der Zellen nach Klassen der Distanz zum Gerinne, unterteilt nach den Gruppen DT ≤ DA und DT > DA.	128

Tabelle 23: Parameter der Regressionsfunktion für die Gruppe DT<=DA.	129
Tabelle 24: Vergleich der berechneten Kohlendioxidgehalte [t] im Untersuchungsgebiet Argan nach den unterschiedlichen Methoden.	130
Tabelle 25: Parameter der Regressionsfunktion für Zellen DT > 1500 m in Abhängigkeit von DA.	130
Tabelle 26: Ergebnisse der Ermittlung des CO ₂ -Gehalts [t] der Baumvegetation am Unterlauf des Tarim nach dem mittleren Schätzverfahren.	134
Tabelle 27: Charakterisierung der bei der Kartierung angewandten Gefährdungsstufen.	139
Tabelle 28: Zeitraum und Wassermenge der ökologischen Flutungen.	147
Tabelle 29: Von YE et al. (2009) geschätzte Distanz zum Fluss innerhalb derer die ökologischen Flutungen Auswirkungen auf den Grundwasserstand haben.	149
Tabelle 30: Anteil der Baumvegetation der Altersklasse I an der Gesamtzahl der lebenden Baumvegetation in den Untersuchungsflächen und Charakterisierung der bodenhydrologischen Dynamik der Sensoren.	157

LISTE RELEVANTER ABKÜRZUNGEN UND ZEICHEN

ESS-bezogen

CO₂-MEAN	mittlere Schätzmethode zur Bestimmung des in einem Baum / einer Zelle gespeicherten CO ₂
CO₂-MAX	maximale Schätzmethode
CO₂-MIN	minimale Schätzmethode
ESF	Ecosystem Function
ESFB	Ecosystem Function Benefit
ESP	Ecosystem Service Potential
ESS	Ecosystem Service

Statistik

CCF	Kreuzkorrelationsfunktion
Gi*	statistischer Index zur geoinformatischen Hot-Spot-Analyse
Gi_Bin	Zuordnung zu einer von sieben Klassen der Gi_Z-Werte
Gi_p	p-Wert des Gi*-Index
Gi_Z	Z-Wert des Gi* Index
R	Nearest-Neighbor-Index
R²	Bestimmtheitsmaß einer Regressionsfunktion
r_c	Kreuzkorrelationskoeffizient
r_c Max	Maximaler Kreuzkorrelationskoeffizient

Bodenphysik

FK	Feldkapazität
nFK	nutzbare Feldkapazität:
PWP	Permanenter Welkepunkt
ε	Permittivität eines Mediums, angegeben in [F/m] (Farad pro Meter)
θ	volumetrischer Wassergehalt des Bodens [Vol-%]
θ_r	residualer Wassergehalt eines Bodens
θ_s	Sättigungswassergehalt eines Bodens
ψ	Gesamtpotential der auf das Bodenwasser einwirkenden Kräfte
ψ_H	hydraulisches Potential; Summe aus ψ _M und ψ _Z
ψ_M	Matrixpotential
ψ_O	osmotisches Potential
ψ_P	Druckpotential

ψ_z	Gravitationspotential
ψ_Ω	Auflastpotential

Morphologische Parameter

BH	Baumhöhe
BHD	Brusthöhendurchmesser bei 130 cm Höhe
KD	Kronendurchmesser
KH	Kronenhöhe
SH	Stammhöhe

Sonstige

DA	Distanz zu nächstgelegener Altarmstruktur
DT	Distanz zum Tarim
IPCC	International Panel on Climate Change
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nations
L + 'Zahl'	Kurzbezeichnung einer Loggerposition/Untersuchungsfläche der Vegetationskartierung
L+'Zahl'_S+'Zahl'	Kurzbezeichnung eines Sensors an der entsprechenden Loggerposition
MA	Millenium Ecosystem Assessment
öF	ökologische Flutung
PAK	Produktions- und Aufbaukorps des chinesischen Militärs
TEEB	The Economics of Ecosystems and Biodiversity
UNEP	United Nations Environmental Programme

1 EINLEITUNG UND RAHMEN DER VORLIEGENDEN ARBEIT

Der Tarim fließt entlang des Nordrandes der Taklamakan-Wüste, die aufgrund ihrer räumlichen und topographischen Lage eines der trockensten Gebiete der Erde darstellt. Mit Beginn seines Unterlaufes wendet sich der Fluss nach Süden und endet schließlich in den See Tetema. Der Tarim und seine Vorfluter stellen entlang seines Verlaufs die einzige Wasserquelle in diesem Gebiet dar. Niederschläge treten nur in sehr geringen Mengen auf. Sowohl die natürliche Auenvegetation, die sogenannte Tugaivegetation, als auch die landwirtschaftlichen Aktivitäten sind somit vom Fluss abhängig. Trotz dieser Bedingungen ist das Gebiet um den Tarim seit vorchristlicher Zeit besiedelt. Zu Zeiten der Seidenstraße stellten die Oasen wichtige Orte für die Karawanen dar. Wachsende Bevölkerungszahlen und eine stetige Ausweitung der landwirtschaftlich genutzten Fläche haben seit der zweiten Hälfte des vergangenen Jahrhunderts zu weitreichenden Veränderungen in den natürlichen Ökosystemen geführt. Waldflächen wurden gerodet, um die Flächen zu bestellen oder um das Holz der Euphratpappeln (wissenschaftlicher Name: *Populus euphratica*) als Brennstoff oder Bauholz zu verwenden. Die letzten etwa 300 km des Tarim fielen zwischen den 1970er Jahren und dem Jahr 2000 aufgrund der hohen Wasserentnahmen an Ober- und Mittellauf komplett trocken, so dass besonders hier die Tugaivegetation unter ungünstigen hygrischen Bedingungen stark degradierte und Auwaldflächen verloren gingen. Die Auenbereiche des Tarim stellen einerseits einen regionalen Hot-Spot der Biodiversität dar. Andererseits kommt ihnen, global betrachtet, auch für die Euphratpappeln eine hohe Bedeutung zu. Hier ist das größte Vorkommen von *Populus euphratica* zu finden. Seit Beginn dieses Jahrtausends wird dem Unterlauf des Tarim zu ökologischen Zwecken episodisch Wasser aus dem nördlich gelegenen Einzugsgebiet des Bagrash Köl (auch „Bostensee“ genannt) zugeführt.

1.1 DAS SUMARIO-PROJEKT

Das Verbundprojekt SuMaRiO (Sustainable Management of River Oases along the Tarim River) wird aus dem Förderschwerpunkt „Nachhaltiges Landmanagement“ des Bundesministeriums für Bildung und Forschung der Bundesrepublik Deutschland gefördert. Es befasst sich mit den Wechselwirkungen zwischen ökonomischen und ökologischen Prozessen entlang des Tarim im Nordwesten der Volksrepublik China. Das Projekt zielt darauf ab, das Landmanagement unter den vorherrschenden klimatischen Bedingungen und andauernden gesellschaftlichen und ökonomischen Veränderungen zu unterstützen. Eine Hauptfragestellung liegt in dem Problem begründet, wie Landnutzungsentscheidungen auch hinsichtlich des sich verändernden Klimas eine nachhaltige Wirkung entfalten können. Für den Verlauf des 21. Jahrhunderts wird eine Abnahme der verfügbaren Wasserressourcen in diesem Gebiet prognostiziert. Demgegenüber ist derzeit eine wachsende Nutzung von Land- und Wasserressourcen zu verzeichnen, die mit starker Degradierung der natürlichen Ökosysteme einhergeht. Die zentrale Fragestellung des Projekts lautet also, wie die Nutzung und der Nutzen ökologischer und ökonomischer Systeme in ein bestmögliches Gleichgewicht gebracht werden können. Das Projekt wird in CYFFKA et al. (2013) und RUMBAUR et al. (2015) detailliert beschrieben, die Projektstruktur wird aus Abbildung 1 ersichtlich.

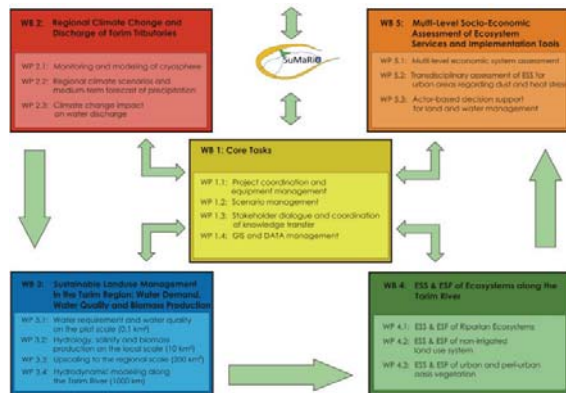


Abbildung 1: Struktur des SuMaRiO-Projekts (Quelle: CYFFKA et al. (2013:82)).

Das Teilprojekt 4.1.4, in dessen Rahmen die vorliegende Arbeit entstanden ist, beschäftigt sich mit den „Ecosystem Services“ und „Ecosystem Functions“ der Auenökosysteme des Tarim sowie den Schutzfunktionen und der nachhaltigen Nutzung der Auwälder.

1.2 PROBLEMSTELLUNG UND ZIELSETZUNG

Die vorliegende Arbeit soll einen Beitrag zum besseren Verständnis der ökosystemaren Prozesse der Tugaivegetation am Unterlauf des Tarim leisten. Im Vordergrund stehen hierbei die Zusammenhänge zwischen dem Bodenwassergehalt und der Vegetation sowie eine Analyse ausgewählter Ecosystem Services. Dabei stellt sich die Frage, inwieweit der Bodenwasserhaushalt der ungesättigten Zone Einfluss auf die phreatophytischen Baumbestände von *Populus euphratica* und damit auf die untersuchten Ecosystem Services hat, die im Wesentlichen von der Menge und dem Zustand dieser Bäume abhängen. Die Analyse und Bewertung ausgewählter Ecosystem Services soll zudem ein Beitrag zu diesem jungen Forschungskomplex liefern. Aufgrund der Komplexität und Diversität dieser drei Untersuchungsgegenstände – Bodenfeuchte, Vegetation und Ecosystem Services – erscheint es sinnvoll, das allgemeine Ziel eines besseren Verständnisses des Ökosystems und auch der Mensch-Umwelt-Interaktionen in verschiedene Teilzielsetzungen zu fassen. Diese geben einen Überblick über die jeweils durchgeführten Arbeiten. Eine wissenschaftliche Herleitung der einzelnen Themenkomplexe erfolgt in den entsprechenden Kapiteln. Aus den gewonnenen Erkenntnissen sollen anschließend Handlungsempfehlungen abgeleitet werden.

- Teilzielsetzung 1: Kontextualisierung der Umweltproblematik im Untersuchungsgebiet

Im Sinne eines holistischen Ansatzes erachtet es der Verfasser als elementaren Baustein geographischen Arbeitens, einen umfassenden Überblick über den untersuchten Raum zu liefern. Durch eine Zusammenschau vorhandener Literatur soll ein Verständnis für die wichtigsten ökosystemaren Funktionen und Prozesse herausgearbeitet werden. Die Ökosysteme der Tarimauen sind in vielfältiger Weise an die Bedingungen der natürlichen Umwelt angepasst. Die Kenntnis der und das Verständnis für Prozesse, insbesondere Mensch-Umwelt-Interaktionen, die auf das natürliche System einwirken, müssen dabei über den eigentlichen Forschungsgegenstand hinausgehen und als Wirkkomplex betrachtet werden.

- Teilzielsetzung 2: Beschreibung (boden-)hydrologischer Prozesse

Aufgrund der hochkontinentalen Klimabedingungen stellt das hydrologische System des Tarim die einzige Wasserquelle für die Vegetation an seinem Unterlauf dar. Durch das Abflussgeschehen wird der Grundwasserspeicher im Gebiet aufgefüllt, was sich durch bodenphysikalische Prozesse auch auf die ungesättigte Bodenzone auswirkt. Dieser Prozess wird anhand vorgenommener Messungen des Grundwasserspiegels, die als Proxy-Daten für den Abfluss dienen, untersucht. Innerhalb des für den Unterlauf als repräsentativ betrachteten Untersuchungsgebiets „Argan“ wurden an verschiedenen Standorten Messungen des Bodenwassergehalts vorgenommen. Anhand dieser Daten sollen charakteristische Eigenschaften der Standorte ausgearbeitet werden. Da, wie unten dargelegt wird, die Kenntnis des volumetrischen Wassergehaltes für eine Beurteilung der Verfügbarkeit des Wassers für Pflanzen nicht ausreichend ist, werden diese Werte in Werte der Saugspannung transferiert und schließlich hinsichtlich ihrer Dynamik untersucht.

- Teilzielsetzung 3: Untersuchung der Vegetationsstruktur

Die Tugaivegetation wird durch lokal variierende Faktoren beeinflusst. Insbesondere die Bestandsstruktur und der Zustand der Leitbaumart *Populus euphratica* werden durch komplexe ökosystemare Prozesse geprägt. Durch die Analyse von Vegetationsaufnahmen, die auf unterschiedlichen Maßstabsebenen und mit unterschiedlichen Methoden durchgeführt wurden, sollen charakteristische Strukturen der Baumvegetation in den Untersuchungsgebieten herausgearbeitet werden. Diese Ergebnisse stellen nicht zuletzt ein Bindeglied zwischen den Untersuchungsgegenständen „Bodenwasser“ und „Ecosystem Services“ dar.

- Teilzielsetzung 4: Zusammenführung der bodenhydrologischen und vegetationsstrukturellen Messungen unter ökosystemaren Gesichtspunkten

Der Abfluss im Untersuchungsgebiet ist unter den heutigen Bedingungen von natürlichen Prozessen abgekoppelt und nur von Managemententscheidungen abhängig. Durch ein Überleitungsprojekt wird dem Unterlauf des Tarim episodisch Wasser zugeführt. Die Wirksamkeit dieser Maßnahme der ökologischen Flutungen soll hinsichtlich einer möglichen Restaurierung der Vegetationsstrukturen betrachtet werden. Dies stellt gewissermaßen eine Synthese aus den drei vorangegangenen Teilzielen dar.

- Teilzielsetzung 5: Setzung des theoretischen Rahmens der Ecosystem Services

Bei dem Konzept der Ecosystem Services handelt es sich um einen relativ jungen Forschungsansatz. Die Diskussionen um die Verwendung von Begrifflichkeiten und methodisches Vorgehen sind noch nicht abgeschlossen. Daher sollen wesentliche Aspekte des Konzeptes herausgearbeitet und auch kritisch diskutiert werden. Aus einer Weiterentwicklung bestehender Ansätze soll ein theoretisches Konzept entwickelt werden, in dessen Rahmen die untersuchten ESS zu verstehen sind.

- Teilzielsetzung 6: Bewertung ausgewählter des Ecosystem Services

Der ESS „Kohlenstoffspeicherung“

Die Speicherung von Kohlenstoff durch die Vegetation ist ein natürlicher Prozess, der unter anthropozentrischer Betrachtungsweise als „Ecosystem Service“ angesprochen werden kann. Der in den Pflanzen enthaltene Kohlenstoff ist gebunden und kann nicht zu den Prozessen des anthropogenen Klimawandels beitragen. Damit erlangt dieser ESS Bedeutung auf globaler Ebene

ne. Eine Analyse und Bewertung dieses ESS wird anhand erhobener Daten der Baumvegetation zunächst für das Untersuchungsgebiet „Argan“ durchgeführt werden. Anschließend werden räumlich basierte Regeln aufgestellt, anhand derer diese Ergebnisse auf das Untersuchungsgebiet „Unterlauf“ übertragen werden sollen.

Der ESS „Schutz der Infrastruktur vor Sandverwehungen“

Die Vegetation beeinträchtigt durch physikalische Prozesse das bodennahe Windfeld. Je dichter die Bedeckung der Oberfläche mit Vegetation ist, desto stärker wird der äolische Transport von Oberflächensediment gehemmt. Auch dieser natürlich ablaufende Prozess kann unter anthropozentrischer Betrachtungsweise als „Ecosystem Service“ verstanden werden. Eine verringerte Sedimenttransportrate führt dazu, dass die Infrastruktur in geringerem Ausmaß von Sandverwehungen betroffen ist. Diesem Ecosystem Service kommt auf lokaler Ebene eine nicht zu vernachlässigende Bedeutung zu. Zu diesem ESS sollen Methoden der Erfassung und Bewertung neu entwickelt und angewendet werden.

2 FORSCHUNGSSTAND ZUM UNTERSUCHTEN RAUM UND ECOSYSTEM SERVICES

2.1 LAGE UND ENTSTEHUNG DES TARIMBECKENS

Das Untersuchungsgebiet liegt im Tarimbecken, im Süden der chinesischen Provinz Xinjiang, im Nordwesten der Volksrepublik China. Das abflusslose Becken hat eine Fläche von etwa 500 000 km² und wird durch die Gebirgszüge Tien-Shan im Norden, den Pamir im Westen und den Kunlun-Shan im Süden begrenzt. Diese Gebirgszüge erreichen Höhen von jeweils über 7 000 m über Normal-Null. In Ost-West-Richtung erstreckt sich das Becken über rund 1 300 km, die Nord-Süd-Erstreckung erreicht bis zu 650 km. Im Osten öffnet sich das Becken in Richtung Zentralchina. Das Tarimbecken fällt aufgrund stärkerer tektonischer Hebungsraten im Westen von West nach Ost ab. Dies bestimmt auch die heutige Entwässerungsrichtung (YANG (1991), YANG et al. (2006)). Im Mittel werden Höhen von etwa 1000 m über dem Meeresspiegel erreicht. So liegt die Stadt Kashgar im Westen des Tarimbeckens auf etwa 1 300 m NN und Argan im östlichen Teil des Beckens auf gut 800 m NN. Die Extreme, von denen die Region geprägt ist, spiegeln sich auch in den Höhenlagen wider. Der K2, mit 8 611 m NN der zweithöchste Berg der Erde, liegt nur gut 1 300 km von der Turfansenke, mit -755 m NN einer der tiefsten Punkte der Landoberfläche, entfernt (BOHNET et al. (1998)).

YANG (1991) beschreibt, dass die ursprüngliche Anlage des Tarimbeckens etwa im Archäozoikum erfolgte und im Laufe der Zeit verschiedenen Hebungs- und Senkungsprozessen unterworfen war. Im Paläozoikum und Mesozoikum formte es einen Bestandteil des Thetys-Meeres (THEVS (2007)). BLÜMEL (2013) beschreibt eine Senkung des Tarimbeckens synergetisch zur Hebung des Tibet-Plateaus, die seit dem Jura stattfindet. Seit dem Miozän bildet das Tarimbecken schließlich einen kontinentalen Sedimentationsraum (YANG (1991)) und das größte endorheische Becken der Welt (BLÜMEL (2013)). Alleine im Pleistozän haben sich im Tarimbecken so mehrere hundert Meter Sediment akkumuliert (BLÜMEL (2013)). Aufgrund fehlender Faltungen sind die Ablagerungen flach auf den älteren Schichten zu finden, diese bestehen meist aus quartären Sedimenten (YANG (1991)).

Im Inneren des Tarimbeckens liegt die Taklamakan-Wüste, die eine Fläche von über 300 000 km² einnimmt und vorwiegend von hohen Dünenfeldern dominiert wird (GIESE et al. (2005)). Sie ist eine der größten Sandwüsten der Erde und die größte Wüste Chinas (BOHNET et al. (1998)). Die Abgrenzung der Wüste erfolgt im Norden, Westen und Süden durch die lößbedeckten Schwemmfächer die aus den Gebirgen austreten und auf denen sich seit jeher bewohnte Oasen finden (BOHNET et al. (1998)). Nach Osten hin gilt oft der Unterlauf des Tarim beziehungsweise dessen Auengürtel als Abgrenzung der Taklamakan. Diese Grenze ist jedoch als relativ willkürlich zu bezeichnen, da östlich dieses grünen Korridors die Kuruk-Tak-Wüste gelegen ist.

2.2 KLIMATISCHE BEDINGUNGEN

Das Klima im Tarimbecken ist nach der Klimaklassifikation von Köppen-Geiger als kalt arides Wüstenklima zu bezeichnen (KOTTEK et al. 2006). Es zeichnet sich durch extreme Temperaturen und sehr geringe Niederschläge aus. Dies zeigen auch Daten, die der Deutsche Wetterdienst