Universität Rostock Traditio et Innovatio

Holistische Bewertung der Ökosystemdienstleistung renaturierter Hangmoore am Beispiel der Hunsrück-Moore

eingereicht am 2.10.2017

von

Eva Verena Müller | Vollmondstr. 47 | 44894 Bochum

Matrikel-Nr.: 215100292

Gutachter:

PD. Dr. Christian Stolz

Universität Rostock

Ulmenstrasse 69/ Haus 3

18057 Rostock

Zweitgutachter:

Prof. Dr. Gebhard Schüler

Universität Trier

Hauptstrasse 16

67705 Trippstadt

Masterarbeit

Wissenschaftliche Weiterbildung| Fernstudium Umweltschutz

Erklärung

Ich erkläre hiermit, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne fremde Hilfe angefertigt und nur angegebe Quellen und Hilfsmittel benutzt habe.

_____ _____

Ort, Datum Unterschrift

Errata

Zur Masterarbeit von Eva Verena Müller:

„Die holistische Bewertung der Ökosystemdienstleistungen renaturierter Hangmoore am Beispiel der Hunsrück-Moore“

Seite in MA	*Korrektur*
Danksagung	Der Satz: „*Diese Arbeit entstand im Rahmen des EU-Life-Projektes zur Renaturierung degradierter Hangmoore im Nationalpark Hunsrück-Hochwald unter enger Zusammenarbeit (...) Trippstadt*“ ist zu ersetzen durch: **Die Arbeit entstand im Rahmen des Projekts „MoorWaldBilanz“ des Waldklimafonds in Zusammenarbeit mit den Landesforsten RLP, dem Landesamt für Geologie und Bergbau RLP und der Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft (FAWF)**.
S. 13	Fehlende Quellenangabe: Die Fußnote 10 muss mit folgender Angabe enden: (**vgl. KUEPKER 2010**). Die Quellenangabe bezieht sich auf den der Fußnote vorausgehenden Satz über die CVM.
S. 16	Erste Zeile: Falsche Abkürzung für MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT. Richtig: M**E**A
S. 18	Unzureichende Quellenangabe: Nach MALONEY und WARD (1973) muss folgen (**MALONEY und WARD 1973 in RIPPL 2004**)
S. 21	Vergessene Jahresangabe: SUKKOW und JOOSTEN (**2001**)
S. 29	Fehlendes Wort zweite Zeile: ..., *was im engen Zusammenhang mit der Abbaurate* **steht**.
S. 39	Fehlende Quellenangabe: Arealverluste sind für viele Arten der Feuchtgebiete bereits dokumentiert und gefährden die biologische Vielfalt dieser Systeme (**ESSL & RABITSCH 2013**)
S. 45	Rechtschreibfehler erste Zeile: MoorWald**Bilanz**-Projektes
S. 82	Rechtschreibfehler vorletzte und letzte Zeile: T**h**ranenbruch
II/1	Das Literaturverzeichnis ist um folgenden Titel zu ergänzen: **BARBIER, E.B., BURGESS, J.C., FOLKE, C.** (1994): *Paradise lost? The ecological economics of biodiversity*. Earthscan, London. ISBN 1853831816
VI/22-31	***Abb. 15 – 32*** muss „Quelle“ ersetzt werden durch „**Datenquelle**“.

Danksagung

Diese Arbeit entstand im Rahmen des EU-Life-Projektes zur Renaturierung degradierter Hangmoore im Nationalpark Hunsrück-Hochwald unter enger Zusammenarbeit mit der Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft in Trippstadt.

Herrn Prof. Dr. Gebhard Schüler danke ich für die Offenheit und die Unterstützung bei der Wahl des Themas sowie in zahlreichen Gesprächen, die mir halfen, die fachlichen Hintergründe und spezifischen Bedingungen des Untersuchungsraums zu reflektieren und das Verständnis zu vertiefen. Mein Dank gilt gleichermaßen den Mitarbeitern des Nationalparkamts und der Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft, die mich mit Fachwissen und Daten unterstützt haben.

Ich danke PD Dr. Christian Stolz für die Annahme der Themenstellung und den Freiraum, den er mir bei der Bearbeitung ließ.

Des Weiteren danke ich allen, die sich bereit erklärt haben, durch die Teilnahme an der empirischen Befragung meine Arbeit zu unterstützen. Neben vielen privaten Personen haben sich auch Angestellte des öffentlichen Raums sehr hilfsbereit und offen gezeigt.

Mein Dank gilt zudem Frau Margret Scholtes, ohne deren umfangreiches Kartenmaterial und zahlreiche Datensätze zu Untersuchungen im Landschaftsraum diese Arbeit zum gegebenen Zeitpunkt keine ausreichende Beurteilungsgrundlage gehabt hätte.

Großer Dank gilt Herrn Dr. Udo Neumann für die fachlich hochqualifizierte Unterstützung bei der statistischen Methodik und seine jederzeitige Gesprächsbereitschaft, die mir half, die Ergebnisse in einen größeren Kontext einzuordnen.

Insbesondere danke ich meiner Familie und meinem Ehemann für die konstante Motivierung, Geduld, Nachsicht und unermüdliche Unterstützung.

Abstract

The present work examines the ecosystem services of slope bogs in the Hunsrück-Hochwald national park of south-western Germany using a holistic evaluation approach. Following the holistic concept, intermediate components of the services were first determined and converted into corresponding indicators, which can be used as a basis for assessing the ecological services of the suspended peatlands. In order to extent the application scheme, additional components such as possible social and economic benefits were derived by determining interest groups in the region and their specific interests by means of an environmental analysis. According to the benefit-transfer method, a set of indicators was developed and applied based on existing data from previous studies, which reflects all ecosystem functions of the bogs. Cultural and economic values of the ecosystem services were determined and explored by a socio-economic survey using acceptance and willingness to pay for the renaturation of the bogs on the part of the population. In terms of the ecological components, as a result it was found that, due to the incomplete data, no final assessment could be made for all bog-areas. For a few individual areas though, current conditions could be derived based on the indicator-set and thereby some specific ecological services were queried. For instance, basic and regulatory services, such as nutrient and water retention, could be determined to be only modest functional, due to disturbances of the hydrological regime, which is very likely a result of various uses. Furthermore, floristic and faunistic data sets allowed the conclusion for the basic service habitat function to be moderate close to nature. Combining all data, moderate to bad states were deduced for water purification functions, which leads to the judgement of ongoing significant degeneration phenomena. Due to missing data, the basic service of groundwater recharge and the supply service of climate regulation could not be assessed, which leads to possible recommendations for stocktaking in the context of bio-monitoring. On the whole, the results underline the importance of the renaturation and stabilization of the water levels. The results also confirm to continue the re-watering of the slope bogs as a priority objective to reinstall habitat and ecological function close to nature and thereby functional ecosystem services relating thereto. For cultural and economic values, a great potential for development could be predicted by the environmental analysis, which showed substantial acceptance and willingness to pay among the regional population. Yet signs of acceptance deficits and their possible causes point to action considering environmental education and communication issues.

I Inhaltsverzeichnis

		Seite
	Eigenständigkeitserklärung	
	Danksagung	
	abstract	
1	**Einleitung**	**1**
1.1	Der Untersuchungsrahmen	2
1.2	Aufgabenstellung und Zielsetzung	4
1.3	Der Begriff der Ökosystemdienstleistung	6
1.4	Völkerrechtliche Grundlagen und internationaler Zusammenhang	8
1.5	Unterschiedliche Konzepte der ÖSDL	10
1.6	Operationalisierung der Ökosystemdienstleistungen	16
2	**Theoretische Grundlagen**	**20**
2.1	Die Funktionsweise von Mooren	20
2.2	Die Ökosystemleistung von Mooren	24
2.2.1	Stoffkreisläufe	24
2.2.1.1	Der Stickstoffkreislauf	25
2.2.1.2	Der Phosphorkreislauf	27
2.2.1.3	Kohlenstoff- und Methankreislauf	28
2.2.2	Der Wasserhaushalt	30
2.2.2.1	Wasserreinigung	31
2.2.2.2	Retention	33
2.2.2.3	Grundwasserneubildung	35
2.2.3	Klimaregulierende Wirkungsmechanismen	37
2.2.3.1	Verdunstung und Kühlungsleistung	37

2.2.3.2	Globale Klimawirksamkeit	38
2.2.4	Biotopfunktion	39
2.2.5	Erholungsfunktion	40
3	**Der Untersuchungsraum**	**42**
3.1	Entwicklungsgeschichte und Nutzung der Hunsrück-Moore	48
3.1.1	Entwicklungsgeschichte	48
3.1.2	Heutige Nutzung	49
3.2	Gefährdungen	52
3.3	Beschreibung der Renaturierungsmaßnahmen	55
3.4	Beschreibung der Interessengruppen	59
4	**Bewertung der Ökosystemdienstleistungen der Hunsrück-Moore**	**62**
4.1	Die Ökosystemdienstleistungen der Hunsrück-Moore	63
4.1.1	Basisleistungen	64
4.1.1.1	Bewertung der Nährstoffretentionsfunktion	64
4.1.1.2	Bewertung der Lebensraumfunktion und Biodiversität	71
4.1.1.3	Bewertung der Grundwasserneubildungsfunktion	77
4.1.2	Versorgungs- und Regulationsleistungen	78
4.1.2.1	Bewertung der Wasserreinigungsfunktion	78
4.1.2.2	Bewertung der Wasserretention und Hochwasserregulierung	80
4.1.2.3	Bewertung der Relevanz für die Klimaregulierung	86
4.1.3	Kulturelle Leistungen	91
4.1.3.1	Bewertung der Erholungsfunktion	91
4.2	Sozioökonomische Bewertung	95
4.2.1	Das Befragungskonzept	96
4.2.2	Operationalisierung der Maßnahmen zur Ermittlung der Akzeptanz	97

4.2.3	Ermittlung der Zahlungsbereitschaft	98
4.2.4	Die Bedeutung des Umweltbewusstseins für Zahlungsbereitschaft und Akzeptanz	99
4.2.5	Soziodemografische Kennzahlen	100
4.2.6	Statistische Auswertung	100
4.2.6.1	Akzeptanz der Maßnahmen	101
4.2.6.2	Soziodemografische Kennzahlen	104
4.2.6.3	Ermittlung der Zahlungsbereitschaft	105
4.2.7	Interpretation und Schlussfolgerungen	111
5	**Diskussion**	**116**
6	**Zusammenfassung**	**118**
7	**Schlussfolgerungen und Empfehlungen**	**119**
II	**Literaturverzeichnis**	**II / 1**
III	**Tabellenverzeichnis**	**III / 1**
IV	**Abbildungsverzeichnis**	**IV / 1**
V	**Abkürzungsverzeichnis**	**V 1**
VI	**Anhang**	
	Tabellenverzeichnis	**VI / 1 - 17**
	Abbildungsverzeichnis	**VI / 18 - 38**
	Fragebogen	**VI / 39 - 48**

1 Einleitung

Moore sind hochspezialisierte Lebensräume, die in vielerlei Hinsicht von internationaler Bedeutung sind: Sie spielen gleichermaßen für wirtschaftliche Flächen- und Ressourcennutzung wie auch für Wissenschaft und Natur- und Umweltschutz eine wichtige Rolle (SUKKOW & JOOSTEN 2001). Standen seit Beginn des 19. Jahrhunderts überwiegend wirtschaftliche Interessen der Moornutzung zum Torfabbau und zur Erschließung der Flächen für eine forstwirtschaftliche Gewinnoptimierung im Mittelpunkt, so rückt in jüngerer Zeit die ökologische Bedeutung der Moore als schützenswerte Ressource mit wichtigen Funktionen im regionalen und globalen Stoffhaushalt in den Fokus politischer und wirtschaftlicher Entscheidungsträger (JOOSTEN et al. 2017, COLDITZ 1994, NAUMANN et al. 2015, TEEB DE 2012). Durch die Folgen der Degeneration der Moore durch Nutzungsformen und Umwelteinflüsse gewinnen Bemühungen um deren Erhalt und die Minimierung von Gefährdungsfaktoren als Umweltschutzziele an Bedeutung. Gefährdungen für Moorlebensräume im Zusammenhang mit anthropogenen Eingriffen gehen vor allem von Störungen des Landschaftswasserhaushaltes sowie Veränderungen der pedologischen und biotischen Verhältnisse aus, mit denen erhebliche Beeinträchtigungen der Regulations- und Stabilisierungsfunktionen des Naturhaushaltes bis hin zum Verlust der Lebensräume für seltene und spezialisierte Lebensformen verbunden sein können (JOOSTEN et al. 2017, SUKKOW & JOOSTEN 2001). Moore sind per Definition wassergesättigte Landschaften, in denen Torf unter anaeroben Bedingungen gebildet und akkumuliert wird, d.h. dass abgestorbenes Pflanzenmaterial nicht vollständig mineralisiert wird (SUKKOW & JOOSTEN 2001). Aufgrund der dadurch bedingten langfristigen Speicherung von Kohlenstoff in den Torfschichten, wird Moorlandschaften eine wichtige Rolle bei Klimaschutzbemühungen zugesprochen[1]. Weiterhin macht diese Eigenschaft Moore zu einem Landschaftsarchiv, das für den wissenschaftlichen Erkenntnisgewinn vergangener Abläufe und daraus resultierender Bildungsprozesse heutiger Zusammenhänge von hohem Wert ist. Maßnahmen zu Schutz, Wiederherstellung und Erhalt der Moore werden vor dem Hintergrund der Folgen des Klimawandels und der Komplexität des Gesamtgefüges ökologischer Regelglieder zunehmend gezielt gefördert (JOOSTEN et al. 2017, TEEB DE 2014). Dabei konzentrieren sich die Schutzbemühungen vor allem auf die Wiederherstellung der ursprünglichen Standortverhältnisse, um die Anpassungsfä-

[1] Aufgrund ihrer hohen Speicherkapazität an organischem Kohlenstoff auf kleiner Landesfläche, kommt Mooren und Feuchtgebieten eine große Bedeutung als Kohlenstoffsenke und damit eine wichtige Rolle für den Klimaschutz zu. Nach HÖPER legen hydrologisch intakte Moore in Mitteleuropa durchschnittlich zwischen 0,34 und 0,71 C/ha/a fest (ESSL, RABITSCH 2013: 271).

higkeit des Landschaftshaushaltes gegenüber den Folgen des Klimawandels zu verbessern. Die Naturschutzstrategien schließen den Rückbau von in der Vergangenheit anthropogen angelegten Entwässerungseinrichtungen, die Sanierung des Landschaftswasserhaushaltes und einen auf Standortanpassung, moorerhaltende Nutzungsformen und Klimaresistenz ausgerichteten Waldumbau ein. Das Gelingen der Maßnahmen zur Wiederherstellung natürlicher Standort- und Moorwachstumsbedingungen ist einerseits abhängig von der Definition, was als natürlich angesehen wird, und insofern neben dem Kenntnisstand über die speziellen landschaftlichen und landschaftshistorischen Verhältnisse auch von tradierten Werten und Leitbildern. Zum anderen spielen für ihr Gelingen viele Faktoren des Ursache-Wirkungs-Komplexes der Umwelteinflüsse eine wichtige Rolle, denn aufgrund vermehrter Nährstoffeinträge über die Luft finden sich in Böden und Gewässern vorherrschend eutrophe Bedingungen wieder, die die Torfbildungsraten oligo- und mesotropher Moore herabsetzen können[2]. Ein weiterer wesentlicher Faktor dabei ist die soziale Akzeptanz: Ein langfristiges Gelingen der Naturschutzbemühungen hängt sowohl lokal von den Akteuren der Landnutzung ab, als auch im übergeordneten Sinn von der Vermittlung, Entwicklung und gesellschaftlichen Integration naturschutzfachlich orientierter Leitbilder zur Bildung des sozialen Umweltbewusstseins (VON RUSCHKOWSKI 2009). Vor diesem Hintergrund wird in dieser Arbeit die Renaturierung mehrerer kleiner Hangmoorstandorte im Nationalpark Hunsrück-Hochwald, die sogenannten Hangbrücher, betrachtet, ihr potentieller Beitrag zur umweltpolitischen Dimensionsgröße der Ökosystemdienstleistungen eruiert sowie der Zusammenhang zwischen sozialer Akzeptanz und der Inwertsetzung ihres Naturkapitals aufgezeigt.

1.1 Der Untersuchungsrahmen

Diese Arbeit entsteht im Rahmen des Projekts „Moorwaldbilanz“ des Waldklimafonds, das sich in Zusammenarbeit mit den Landesforsten Rheinland-Pfalz, dem Landesamt für Geologie und Bergbau RLP die Renaturierung von Moorwäldern im Nationalpark Hunsrück-Hochwald zur Aufgabe gemacht hat. Neben der Sicherung der Moorlebensraumtypen[3] und Förderung spezialisierter Arten sind die im Zuge der Renaturierung der

[2] „Dabei ist zu beachten, dass selbst im Falle oligotropher, intakter Regenmoore Nähr- und Schadstoffeinträge über die Luft zu Veränderungen des Stickstoff- und Kohlenstoffmetabolismus torfbildender Arten und damit sowohl zu Veränderungen der Stoffumsätze im Akrotelm als auch zu schleichenden Veränderungen der Artenausstattung führen können (z. B. LÜTKE-TWENHÖVEN 1992, FRANKL 1996, VAN DER HEIJDEN et al. 2000). Neben Maßnahmen zur Renaturierung ist hier prinzipiell die Politik zur Verwirklichung von Maßnahmen zur Luftreinhaltung gefordert.“ (SCHOPP-GUTH et al. 2003: 7-9).

[3] **7110** Lebende Hochmoore, **7120** Noch renaturierungsfähige degradierte Hochmoore, **7140** Übergangs- und Schwingrasenmoore, **91D0*** Moorwälder und **91E0** Auenwälder wiederhergestellt werden. Aber auch angrenzende Lebensräume wie **4010** Feuchte Heiden, **4030** Trockene Heiden, **6230*** Borstgrasrasen,

Moore erwartete Aktivierung der CO_2-Bindung, Bewusstseinsbildung bzw. Sensibilisierung der Bevölkerung für die Belange des Naturschutzes sowie Förderung der Akzeptanz von NATURA 2000 erklärte Projektziele. Zur Umsetzung dieser Ziele sind verschiedene Maßnahmen konzipiert und umgesetzt worden, auf die in **Kap. 3.3** näher eingegangen wird. Die Schutzbedürftigkeit der Moore im Hunsrück leitet sich aus Seltenheit und Sensibilität der Standortbedingungen und der an sie gebundenen Biozönosen ab. Das vorrangige Entwicklungsziel des Projektes ist die Wiederherstellung der Primärbiotope, d. h. natürlicher, sich selbst erhaltender, moorbegünstigender Standortbedingungen (vgl. SCHOLTES 2014). Das den Entwicklungszielen zu Grunde liegende Leitbild des Moorschutzes ist ein Moor, mit überwiegend wassergesättigter Torflage. Intakte Moore weisen für die Ökosysteme nützliche Funktionen und Leistungen auf unterschiedlichen Ebenen auf. Hinsichtlich des Stoff- und Wasserhaushaltes können sie eine Rückhaltwirkung ausüben und somit eine Senken- und Regulationsfunktion erfüllen. Weiterhin wirkt sich der wassergesättigte Landschaftszustand kleinklimatisch über die Verdunstung und Nebelwirkung in Form einer Kühlungswirkung auf die Landschaft aus. Man kann diese Funktionen im Naturhaushalt als Leistungen des Ökosystems bezeichnen, die die Natur kostenlos erbringt. In welcher Form die Ökosystemleistungen des jeweiligen Moorstandortes ausgeprägt sind, hängt nicht allein davon ab, ob sie als intakt bezeichnet werden können, sondern auch davon, welche Leistungen die abiotischen Bedingungen hergeben. Bei den Hunsrück-Mooren, den sogenannten Brüchern, handelt es sich um Hangmoore mit sehr speziellen geologischen und hydrologischen Verhältnissen, die von großer Bedeutung für die Ausprägung der Ökosystemleistungen der Moore sind und in folgenden Kapiteln dezidiert dargestellt werden. An dieser Stelle sei darauf hingewiesen, dass die spezifische Moorform in ihrer Charakteristik die Funktionen und Leistungen des Moores determiniert und eine pauschalisierte Beurteilung der Ökosystemleistungen von Mooren im Allgemeinen nicht vorgenommen werden kann (JOOSTEN et al. 2017). So komplex das Gesamtgefüge der Natur ist, so spezifisch muss die Betrachtungsweise sein, um der Lokalität der Verhältnisse Rechnung zu tragen.

6410 Pfeifengraswiesen und **6430** Feuchte Hochstaudenfluren (SNU 2010)

1.2 Aufgabenstellung und Zielsetzung

Ziel dieser Arbeit ist die holistische Bewertung der Ökosystemdienstleistungen (ÖSDL) renaturierter Moore am Beispiel der Hunsrück-Moore. Der Begriff der ÖSDL ist ein anthropozentrisch ausgerichteter Begriff, bei dem die Leistungen der Ökosysteme in unmittelbarem Zusammenhang mit menschlichem Wohlergehen und wirtschaftlichem, materiellem oder gesundheitlichem Nutzen im Vordergrund stehen. Der Begriff entspringt dem Nachhaltigkeitsgedanken und dient der Förderung gesellschaftlicher Sensibilisierung für die Notwendigkeit, die Leistungen der Natur nicht als selbstverständlich und losgelöst von der Verantwortung zu betrachten, für eine nachhaltige Nutzungsfähigkeit des Naturkapitals einen entsprechenden Umgang mit natürlichen Ressourcen zu pflegen (IBISCH et al. 2012, JOOSTEN et al. 2013, TEEB DE 2012). Weiterhin dient der Begriff dazu, den gesellschaftlichen Stellenwert der Gratis-Leistungen der Natur sichtbar hervorzuheben und in eine Sprache zu übertragen, die den tradierten Gedankenformen einer neoklassisch orientierten Marktwirtschaft entspricht: Der Terminus „Dienstleistung“ ist aus sozialen Sektoren der menschlichen Gesellschaft entlehnt. Die Übertragung dieses Konzeptes auf die Natur soll der Bevölkerung einen verständlicheren Zugang zu diesen Zusammenhängen ermöglichen (vgl. BAUMGÄRTNER 2002: 86). Für die Beurteilung der ÖSDL wird bisweilen eine Vielzahl unterschiedlicher Ansätze bemüht, die sich jeweils auf unterschiedliche Einzelaspekte der ÖSDL konzentrieren. Der hier verfolgte holistische Ansatz orientiert sich an einer Bewertungsmethodik, die von SCHRÖDER, LUTHARDT und JELTSCH zur Vereinbarkeit der Fallspezifität mit einer allgemeinen Übertragbarkeit und Anwendbarkeit konzipiert wurde (IBISCH et al. 2012: 134-143). Nach dem Anwendungsschema dieser Methodik erfolgt eine Umgebungsanalyse, anhand derer zunächst die jeweiligen *stakeholder* (Interessensgruppen) und deren unterschiedliche *benefits* (Vorteile, Nutzen) bestimmt werden. Weiterhin werden die ökosystemar bedingten intermediären Komponenten als Basis für die ÖSDL identifiziert und in bestimmte Indikatoren überführt, die ihrerseits anhand von Datenmaterial in Zusammenhang mit den daraus erwachsenen ÖSDL gewichtet werden. Grundlage für die zusammenfassende holistische Bewertung ist demnach ein möglichst dezidiertes Datenmaterial, das alle Komponenten der Indikatoren abdeckt. Da die Ausweisung des Nationalparks Hunsrück-Hochwald und daran angeschlossener Forschungsprojekte erst in jüngster Zeit erfolgten, ist die Gesamtdatenlage für das beschriebene Vorhaben nicht ausführlich genug, um die Methodik empirisch gestützt umzusetzen. In weiten Teilen kann das Ziel der holistischen Bewertung der ÖSDL am Beispiel der Hunsrück-Moore zu diesem Zeitpunkt daher überwiegend auf theoretischen Überlegungen

denn auf empirischen Fakten beruhen. Dennoch soll die Gesamtheit der für die ÖSDL relevanten Faktoren erfasst werden. Neben ökologischen Faktoren fließen daher auch soziale und wirtschaftliche Faktoren in die Bewertung ein. In Bezug auf das Funktionspotenzial des Naturhaushalts werden dabei folgende ökologische Regulationsmechanismen näher betrachtet:

Landschaftswasserhaushalt:	Pufferfunktion, Erosionsschutzfunktion, Grundwasserschutz- und Grundwasserneubildungsfunktion, Abflussregulationsfunktion
Klimawirksamkeit:	CO_2-Senkenfunktion, Temperaturausgleich, Kleinklimaregulation, Niederschlagsbildung
Nährstoffhaushalt:	Nähr- und Schadstoffspeicherung
Lebensraumfunktion:	Arteninventar, Gefährdungsgrade, Biodiversität

Zur genaueren Betrachtung der ökologischen ÖSDL werden die Funktionsweise und besondere Charakteristik der Hangmoore analysiert und die wichtigen Aspekte der jeweiligen Leistungen herausgearbeitet. Ebenfalls werden die Renaturierungsmaßnahmen und ihr erwarteter Einfluss auf die Funktionsweisen der Moore erläutert.

Zu den betrachteten Funktionen mit sozialen Aspekten zählen:

Trägerfunktion:	Erholungsfunktion, Landschaftsbild
Entwicklungspotenzial:	Tourismus
Akzeptanz:	Renaturierungsmaßnahmen der Moore, Naturschutz

In **Kap. 3.4** erfolgt eine Umgebungsanalyse, die aufzeigt, welche sozialen Interessengruppen in der Region vertreten sind. Um die Akzeptanz der Bevölkerung in Bezug auf die Renaturierungsmaßnahmen zu ermitteln, wurde eine qualitativ-empirische Studie vorgenommen, für die ein Fragebogen konzipiert wurde. Ziel der Befragungen ist neben der Ermittlung der Akzeptanz der Naturschutzmaßnahmen auch die Ermittlung des Nutzens, der diesen in der regionalen Bevölkerung beigemessen wird. Zu diesem Zweck werden die Zahlungsbereitschaft für die Maßnahmen des Moorschutzes ermittelt sowie mögliche Erklärungsvariablen herangezogen, die damit in Zusammenhang stehen. **Kap. 4** widmet sich umfassend dem Befragungskonzept sowie der Ableitung der monetären Bewertung aus der Zahlungsbereitschaft der Bevölkerung. Diese kann als Dimensions-

größe dienen, um umweltpolitische Entscheidungen im Zusammenhang mit der Moorrenaturierung zu stützen[4]. Weiterhin sollen in dieser Arbeit Rückschlüsse darauf gezogen werden, ob eine monetäre Beeinflussung der Moore betreffend möglicher Hochwassersituationen an den Vorflutern der Umgebung als relevant für den Sektor Hochwasserschutzmaßnahmen und deren Folgekosten einzuschätzen ist.

Wirtschaftliche Aspekte fließen über folgende Betrachtungen ein:

Produktionsfunktion:	Historische und aktuelle Nutzungs- und Bewirtschaftungsformen, Ermittlung öffentlicher und privatwirtschaftlicher Nutzen
Monetäre Bewertung:	Ermittlung der *benefits* auf Basis kultureller, regulierender und kostenbasierter ÖSDL

1.3 Der Begriff der Ökosystemdienstleistung

Unter ÖSDL versteht man Prozesse, Strukturen oder Funktionen des Ökosystems, die durch den Menschen direkt oder indirekt konsumierbar sind, d. h. sofern aus ihnen ein Nutzen für den Menschen erwächst (Dienstleistungen). Insofern lässt sich dieser Begriff in die Betrachtung von Angebot und Nachfrage integrieren, denn ihm ist die Vorstellung einer wertbestimmenden Nachfrage nach dem dargebotenen Nutzen immanent. Die Untersuchungsgegenstände Ökologie und Ökonomie werden miteinander verbunden und um die menschliche Wertebene, die in jedem der Gegenstände gesucht wird und auch eine soziale Komponente aufweist, erweitert. Die ursprüngliche Idee der Gratisleistungen, die die Natur erbringt, wie Stoffabbau, Wasserabflussausgleich und Sauerstoffbildung, geht auf den 1949 von BOBEK und SCHMITHÜSEN eingeführten Potenzialbegriff zurück, der als „natürliche Anordnung naturgegebener Entwicklungsmöglichkeiten“ verstanden wird (GRUNEWALD et. al. 2013: 2). Der Gedanke wurde in den 70-er Jahren des letzten Jahrhunderts unter anderem von EHRLICH und EHRLICH, WESTMANN und 1984 auch von GRAF aufgegriffen. Der Begriff der ÖDSL taucht in den frühen 80er-Jahren zunächst überwiegend im amerikanischen Raum auf und erhält im Verlauf der 90-er Jahre zunehmend internationale Aufmerksamkeit. Geprägt wird er von CONSTANZA, DAILY, EHRLICH und GOULDER & KENNEDY, in jüngerer Zeit aber vor allem durch das MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT (MEA 2005) und die TEEB-Studie (THE

[4] Der monetäre Bewertungsaspekt der Moore im Hinblick auf ihre Klimawirksamkeit und damit einhergehender potentieller Einsparungen im Zusammenhang mit Klimawandelfolgekosten, kann mangels notwendiger Daten zur C-Bilanzierung, die aktuell im Rahmen einer laufenden Dissertation erhoben werden, noch nicht erfolgen.

ECONOMICS OF ECOSYSTEMS AND BIODIVERSITY, 2009). Die zu Grunde liegende Fragestellung befasst sich mit den Leistungen, die die Landschaft bereitstellt, und ihrem Wert vor dem Hintergrund der Entscheidungsfindung bei der Landschaftsnutzung (vgl. MATZDORF et al. 2010: 2). CONSTANZA definiert die ÖSDL wie folgt: „the benefits human populations derive, directly or indirectly, from ecosystem functions." (CONSTANZA et al. 1997 in MATZDORF 2010: 3). Im Unterschied zu Dienstleistungen der Volkswirtschaftslehre können ÖSDL allerdings auch materieller Natur sein und werden nicht von Menschen erbracht, sondern vom Ökosystem, einer natürlichen Einheit von Lebewesen, die untereinander und zur sie umgebenden physischen Umgebung in einem Austausch- und Abhängigkeitsverhältnis stehen. Das Wort System deckt dabei den komplexen, dynamischen Charakter dieser Verhältnisse auf: Die Einzelglieder sind durch Stoff- und Energieaustausch in einer Weise miteinander und mit der Umwelt verbunden, dass sich bei geeigneten Bedingungen eine sensible Ordnung einstellt. Veränderungen oder Beeinträchtigungen der Einzelglieder führen folglich zu einer Veränderung des Gesamtsystems (vgl. MAINZER 1999: 11). Da der Mensch ebenso Teilglied der natürlichen Systeme ist, steht auch er in unmittelbarer Abhängigkeit von der Funktionsfähigkeit der Ökosysteme, deren mannigfaltige Formen von natürlich bereitgestellten Ressourcen er für sein Wohlergehen nutzt: Stoffliche Ressourcen (Nahrung, Trinkwasser, Atemluft, Roh- und Baustoffe), energetische Ressourcen (Nahrung, Arbeitstiere, fossile Brennstoffe, erneuerbare Energieträger), räumliche Ressourcen (Flächen für Lebensraum, Transport, Produktion, Entsorgung, Sicherung und Erholung), ästhetische Ressourcen (Pflanzen, Tiere, Mineralien und die Landschaft) und funktionelle Ressourcen (natürliche Schutz-, Stabilisierungs-, Ver- und Entsorgungssysteme, Senken- und Regulationsleistungen[5]). Die ÖSDL haben insofern den Charakter eines öffentlichen Guts. Diesem Charakter nach werden sie vom öffentlichen Sektor in Anspruch genommen, jedoch reihen sie sich nicht in das gesellschaftliche Konzept der In-Wertsetzung ein, da sie nicht auf Märkten gehandelt werden. Einem Gut, das nicht auf einem Markt gehandelt wird, wird nach der neoklassischen Ökonomie kein Wert zugesprochen, was zu einer Unterbewertung und folglich zu Überbeanspruchungstendenzen führen kann (KUEPKER 2007). In der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts wurden die Ökosysteme global stärker anthropogen verändert als jemals zuvor (MEA 2005). Die daraus resultierenden anthropogenen Beeinträchtigungen der Ökosysteme bleiben nicht ohne Folgen auch für den Menschen und

[5] Beispiele für Regulationsleistungen sind unter anderem Filter- und Pufferfunktionen von Böden, die für die Reinhaltung des Grundwassers und damit auch für die Versorgung mit sauberem Trinkwasser eine große Rolle spielen. Der Erosionsschutz über die Vegetation und Das Retentionspotenzial von Auen und Mooren sind weitere wichtige Beispiele. Mooren wird zudem als Kohlenstoffsenken eine wichtige Funktion bei der Regulierung des globalen Klimas zugesprochen (vgl. TEEB 2012: 14).

drängen zu internationalem Handeln. Der Begriff der Nachhaltigkeit und damit verbundene Konzepte prägen bereits seit den frühen 80er-Jahren internationale Debatten zur Entwicklungs- und Umweltpolitik, verbunden mit der Einsicht und dem Ziel, den Raubbau an natürlichen Ressourcen zu stoppen und die nachhaltige Nutzungsfähigkeit der Naturgüter mit gesellschaftlicher Gerechtigkeit und intergenerationeller Gleichberechtigung zu vereinen. Der Erhaltung und Verbesserung der ÖSDL kommt neben dem Schutz der Biodiversität dabei eine Schlüsselrolle zu, da mit ihnen die Basis-, Versorgungs- und Regulationsleistungen des Naturhaushaltes auch für kommende Generationen verbunden werden.

1.4 Völkerrechtliche Grundlagen und internationaler Zusammenhang

Da der Begriff der ÖSDL mit den Nachhaltigkeitskategorien und damit untrennbar mit den Zielen des nachhaltigen Wachstums, Schutz der Biodiversität und des Klimas und auch mit den Zielen des wirtschaftlichen, sozialen und räumlichen Zusammenhalts verbunden ist, reichen seine Wurzeln völkerrechtlich bis zu den Anfängen des Konzeptes der Nachhaltigkeit in der internationalen Debatte zurück. Seit den Ursprüngen der internationalen Umweltpolitik mit der UN-Weltumweltkonferenz in Stockholm 1972, die das Vorsorgeprinzip international verankerte, waren die Brundtland-Kommission 1987, bei der erstmalig das Leitbild der nachhaltigen Entwicklung entwickelt wurde, und die Biodiversitäts-Konvention (CBD 1972) in diesem Zusammenhang wichtige Meilensteine. Aus letzterer ging unter anderem die Rio-Deklaration hervor, die grundlegende Prinzipien im Zusammenhang mit nachhaltiger Entwicklung hervorrief und durch die Agenda 21 als politisches Aktionsprogramm unmittelbar umgesetzt wurde. Das darin enthaltene Drei-Säulen-Modell der Nachhaltigkeit strebt eine integrative, interindividuelle und interstaatliche Harmonisierung ökologischer, ökonomischer und sozialer Ziele im Hinblick auf ökologische Gerechtigkeit, Verantwortung gegenüber zukünftigen Generationen und Abgleich der Nutzungen auf gegenwärtige und zukünftige Bedürfnisse an[6]. Diese Ziele halten nach dem völkerrechtskonformen Auslegungsgebot gleichermaßen Einzug in die europarechtliche und nationalrechtliche Ebene. Einen zentralen Gesichtspunkt des Erhalts der Biodiversität und der nachhaltigen Nutzung ihrer Bestandteile bildet die In-Situ-Erhaltung in Art. 8 der CBD, die die Erhaltung von Ökosystemen, Lebensräumen, Populationen und ihren Voraussetzungen in ihrer natürlichen Umgebung gewährleisten soll. Dieses Beispiel veranschaulicht, dass durch den kaskadenartigen Aufbau des Na-

[6] Siehe Artikel 1 der CBD.

turschutzrechtes völkerrechtliche Gebote trotz fehlender zentraler Durchsetzungsinstanzen und defizitärer Durchsetzungsmittel durchaus Wirkung bis in den nationalrechtlichen Bereich entfalten: Die Umsetzung der In-Situ-Erhaltung, die mit dem Gebot der Einrichtung von Schutzgebieten einhergeht, erfolgt auf völkerrechtlicher Ebene durch das dort verankerte Verschlechterungsverbot, das national durch Art. 20a des GG umgesetzt wird, und das Verbesserungsgebot, das europarechtlich durch Art. 191 der AEUV aufgegriffen und im Rahmen der FFH-RL und des Netz Natura 2000 national durch §§ 31 ff. BNatSchG normativ umgesetzt wird. Kernelement von Verbesserungsgebot und Verschlechterungsverbot sind anpassungsorientierte Planung sowie das Erfordernis fortlaufender Überwachung und Aktualisierung des Wissenserwerbs, mit deren Hilfe erst differenzierte Handlungsstrategien entwickelt werden können, die der Komplexität des Wirkungsgefüges innerhalb der Biosphäre gerecht werden. Dies ist vor allem vor dem Hintergrund von Bedeutung, dass Aussagen über zukünftige Entwicklungen komplexer Ökosysteme unweigerlich mit großen Unsicherheiten verbunden sind, da eine Vielzahl von Kausalwirkungen mit häufig noch völlig unbekannten Wirkungen, Faktoren und Effekten die Prozesse auf chaotisch-dynamische Weise prägen (vgl. MITCHELL 2008: 123). Die internationale Bedeutung des Vorsorgecharakters politischer Entscheidungen im Bereich der ÖSDL zeigt sich auch durch das 2001 von UN-Generalsekretär Kofi Annan ins Leben gerufene MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT (MEA). Dabei handelt es sich um eine international zusammengetragene Studie über 24 Schlüssel-Ökosystemdienstleistungen, nach der ein Konzept zu deren Bewertung erarbeitet wurde (siehe **Kap. 1.3.2**) und die inhaltlich eng an den UN-Millennium-Entwicklungszielen zur globalen Zukunftssicherung orientiert ist[7]. Auch der bereits erwähnte TEEB-Bericht, der 2007 aus einer durch die Europäische Kommission initiierten Forschungsinitiative hervorging, beschreibt Ansätze und Konzepte zur Bewertung und Klassifikation der ÖSDL und führt den ökonomischen Wert des Dienstleistungscharakters der ÖSDL ein, der den Wirtschaftsaspekt sowohl der Ressourcenökonomik selbst als auch der ursächlich für den Raubbau am Naturkapital identifizierten menschlichen Aktivitäten in den Fokus rückt. Auf nationaler Ebene realisiert das Bundesumweltministerium (BMU) in Zusammenarbeit mit dem Bundesamt für Naturschutz (BfN) aktuell das TEEB-Projekt durch eine deutschlandweite Erfassung, Systematisierung und ökonomische Bilanzierung der ÖSDL. Eine weitere Verbindungsstelle zwischen wissenschaftlicher Forschung im Bereich Biodiversität und ÖSDL und politischen Entscheidungsträgern bildet die 2010

[7] Die programmatischen Ziele für die globale Zukunftssicherung decken die Handlungsbereiche 1. Frieden, Sicherheit und Abrüstung 2. Armuts- und Hungerbekämpfung 3. Schutz der gemeinsamen Umwelt und ökologische Nachhaltigkeit sowie 4. Menschenrechte, Demokratie und gute Regierungsführung ab.

von der UNO gebildete zwischenstaatliche Wissenschaft-Politik-Plattform für Biodiversität und ÖSDL, IPBES, die neben dem Wissens- und Informationstransfer für politische Entscheidungsträger zur Erlangung relevanter Kenntnisse über Biodiversität und Ökosystemfunktionen und deren Wechselwirkungen auch internationale Vernetzung und Entwicklung geeigneter Instrumente und Methoden zur Umsetzung relevanter Maßnahmen hat. 2011 griff die Europäische Kommission den Begriff in ihrer Biodiversitätsstrategie auf, indem sie als Ziel für 2020 das „Aufhalten des Verlustes an biologischer Vielfalt und der Verschlechterung der Ökosystemdienstleistungen in der EU und deren weitestmögliche Wiederherstellung bei gleichzeitiger Erhöhung des Beitrags der Europäischen Union zur Verhinderung des Verlustes an biologischer Vielfalt weltweit“ erklärt (EU 2011: 2). Im darin enthaltenen Maßnahmenkatalog wird explizit die Verbesserung der Kenntnisse über Ökosysteme und ÖSDL in der EU aufgeführt (Maßnahme 5). All diese Bestrebungen verdeutlichen, wie dringlich die Berücksichtigung der ÖSDL in politischen Entscheidungen und Handlungen vor dem Hintergrund des fortschreitenden Verlusts der Funktionsfähigkeit und Leistungen der Ökosysteme durch anthropogene Belastungen international eingeschätzt wird.

1.5 Unterschiedliche Konzepte der ÖSDL

Der Begriff der ÖSDL verbindet die deskriptive Ebene der Ökologie in Form der systematischen Erfassung ökologischer Funktionen und Abläufe, ihren abiotischen und biotischen Wechselwirkungen und physikalischen, chemischen und biologischen Prozessen auf der einen Seite mit der normativen Dimension der Wertebene im Natur-Mensch-Verhältnis auf der anderen Seite. Welche Dienstleistungen der Natur genau betrachtet werden, hängt davon ab, welche gesellschaftliche Relevanz ihnen beigemessen wird und folglich, welcher Wert ihnen von der Gesellschaft zugeordnet wird. Unter „Wert“ ist hier Präferenz, Interesse oder Dringlichkeit zu verstehen. Die Wertsetzung ist ihrerseits abhängig von der jeweiligen Perspektive, die das methodologische Vorgehen bestimmt. Die Betrachtung kann auf ökosystemarer, leistungsbezogener oder auch raum- und akteursbezogener Ebene stattfinden, was jeweils mit unterschiedlichen Fragestellungen und Bewertungsansätzen einhergeht. Mögliche Handlungsoptionen, die sich aus der Bewertung der ÖSDL ableiten sollen, können daher ökologisch, ökonomisch, sozial oder auch ethisch begründet sein. Allen Ansätzen gemein ist der normative Charakter, aus dem heraus erst die gesellschaftliche Handlungsrelevanz erwächst. Dass der Begriff ÖSDL normativ geprägt ist, geht bereits daraus hervor, dass bei der Beurteilung, wann ein Ökosystem richtig funktioniert, Wertkategorien des Menschen in Form der für

ihn wünschenswerten Zustände vorausgesetzt und als Referenzzustände angenommen werden (vgl. OTT 2016: 21). Im Zentrum des ÖSDL-Konzeptes stehen diejenigen Leistungen der Natur, welche für das menschliche Wohlergehen relevant sind und seine Nutzungsansprüche abdecken (siehe **Tab. 1**, Anhang). Dadurch wird der Bewertungsbereich der ÖSDL über das Materielle hinaus auf nicht-materielle Fragen danach ausgedehnt, was ein gutes Leben sei, was beispielsweise im Begriff des Erholungswerts enthalten ist und auch spirituelle, ästhetische und psychische Komponenten beinhaltet. Nach der internationalen Klassifikation der CICES (HAINES-YOUNG & POTSCHIN 2013) wird zwischen versorgenden und bereitstellenden ÖSDL, regulierenden und instand haltenden sowie kulturellen ÖSDL unterschieden. Erstere meinen alle ernährungsphysiologischen, materiellen und energetischen Leistungen lebender Systeme. Als regulierend werden alle Formen der Beeinflussung von Umweltparametern durch lebende Organismen bezeichnet, und kulturelle ÖSDL decken alle nicht-materiellen oder auf den Verbrauch bezogenen Leistungen der Ökosysteme ab, die die geistigen und körperlichen Zustände des Menschen betreffen. Der konzeptionelle Ansatz des MEA zur Klassifizierung der ÖSDL betont den Zusammenhang zwischen der Funktionsfähigkeit der Ökosystemleistungen und dem menschlichen Wohlergehen. Die Kriterien des menschlichen Wohlergehens sind danach Sicherheit, materielle Grundversorgung, Gesundheit, soziale Beziehungen sowie Entscheidungs- und Handlungsfreiheit. Diese Klassifizierung verdeutlicht die Schwierigkeit, die mit der Ermittlung und Bewertung vieler ÖSDL verbunden ist, denn Leistungen intrinsischer, altruistischer oder subjektiver (ästhetischer, spiritueller) Werte, die nicht für sich genommen als produktiv zu bezeichnen sind, lassen sich schwer quantifizieren oder verallgemeinern. Oftmals ergibt sich der Nutzen für die Gesellschaft auch nicht aus der einzelnen ÖSDL, sondern vielmehr aus dem Wechselspiel mit anderen, aus dem erst eine Produktivkraft erwächst. Eine rein auf quantitativen Daten gestützte Betrachtung erfasst insofern nicht die Gesamtheit der gesellschaftlich relevanten ÖSDL. Nach dem MEA wird daher empfohlen, quantitative Indikatoren numerischer Maßeinheiten durch qualitative, nicht-numerischer Wertmaßstäbe, wie kulturelle Werte, zu erweitern. Des Weiteren soll die Einbeziehung lokaler Gegebenheiten die Entscheidungsfindung optimieren, indem Methoden des *geospatial mapping* zur Anwendung kommen, d. h. statistische Analysen und andere analytische Techniken von Daten mit geografischen oder räumlichen Aspekten fließen in die Bewertung mit ein. Der lokale Bezug wird im MEA auch durch die Integration von *stakeholder*-Kategorien, für die bestimmte ÖSDL von besonderer Priorität sind, unterstrichen, deren Partizipation als qualitativer Indikator für die Akzeptanz bestimmter Entscheidungen betrachtet wird. Monetäre Indikatoren, die sich aus biophysikalischen

Informationen des Naturraums ableiten lassen, können nach dem MEA vor allem zur Ableitung von Werten für die Entscheidungsfindung genutzt werden, und zwar in einem ergänzenden Sinne, sodass Entscheidungen verbessert werden, wenn die Entscheidungsträger über den gesamtwirtschaftlichen Wert alternativer Managementoptionen informiert werden, aber auch über Beratungsmechanismen verfügen, die nicht ausschließlich ökonomische Erwägungen einbeziehen (vgl. MEA 2005: 23)[8]. Zur Beschreibung produktiver und nicht-produktiver Bewertungskategorien nimmt PEARCE eine Unterscheidung in 3 verschiedene Wertebenen im Bereich der Umwelt vor: Auf der individuellen Ebene stellt sich der Wert als persönlicher Nutzen dar und wird in der neoklassischen Ökonomie gleichermaßen als Zahlungsbereitschaft (Nachfrage) in Abhängigkeit von einer Angebotsbereitschaft verstanden. Den Nutzen bildet danach die auf der subjektiven Werteinschätzung beruhende Eigenschaft eines Gutes, zur Bedürfnisbefriedigung eines Wirtschaftsubjektes beizutragen (BAHADIR et al. 2000: 827). Weitere Wertebenen der Umwelt sind die gesellschaftliche, in Form des Gemeinwohls, und die intrinsische der Natur selbst. Man unterscheidet auf diesen Ebenen den direkten Gebrauchswert, der nutzungsabhängig ist, vom nutzungsunabhängigen Nichtgebrauchswert (*non-use-value*), der als Existenzwert selbst, als Optionswert oder als Vermächtniswert vorliegt. Welche Funktion des Naturhaushaltes als Dienstleistung für den Menschen betrachtet wird, hängt vom Wertsystem und der jeweiligen Perspektive ab und wird von der Nutzungseignung für ein spezifisches Interesse bestimmt[9]. PEARCE liefert die Grundlage für den im TEEB-Bericht vertretenen ökonomischen Bewertungsansatz, der zwar den Nutzwert (im Gegensatz zum Eigenwert) ins Zentrum der Betrachtung stellt, aber betont, dass es sich um eine Verbindung ökonomischer mit ethischen Präferenzen handelt, da es im „wohlverstandenen Eigeninteresse des Menschen und damit „klug [ist], sich für den Erhalt der Natur und damit der Sicherung seiner eigenen Lebensgrundlage einzusetzen." (TEEB 2012: 53). Danach ist die ökonomische Perspektive als bewusstseinsfördernde Hilfestellung zur In-Wert-Setzung der Natur für öffentliche Entscheidungsfindungen aufzufassen, um die ökonomischen Größenordnungen der Natur sichtbar zu machen. Durch die Betonung des ökonomischen Wertes soll eine Sensibilisierung für den Wert der Natur erfolgen, wobei bewusst auf eine Ausweitung der Begriffe über

[8] Trotz des breit aufgestellten theoretischen Rahmens wird an der praktischen Umsetzbarkeit des MA-Konzeptes Kritik geübt. Kritisiert wird die Vermischung der Begriffe ökologische Funktion (*ecological function*), Ökosystemdienstleistungen (*ecosystem service*) und Nutzen (*benefit*) u. a. von Wallace, Fisher & Turner, Fischer et al. und Boyd & Banzhaf (IBISCH et al. 2012: 139).

[9] In einer stark ökonomisch ausgerichteten Gesellschaftsstruktur könnte durch diesen Ansatz die monetäre Betrachtungsweise eines Nutzwertes der Natur dominieren: Die Ersetzbarkeit bestimmter Naturteile durch andere mit äquivalenter Nutzbarkeit für den Menschen könnte beispielsweise den Gedanken des Artenschutzes unterlaufen.

die Grenzen der monetären Bewertung hinaus vorgenommen wurde. Zur Bewertung der ÖSDL werden dafür drei unterschiedliche Ansätze in Betracht gezogen: Der Marktbasierte Ansatz betrachtet quantifizierbare Marktpreise, Vermeidungs- und Ersatzkosten sowie produktionsbezogene Funktionen bereitstellender oder regulierender ÖSDL. Die Quantifizierung kann unmittelbar über eine Abschätzung der Kosten für den direkten Ersatz bzw. die Restaurierung/Renaturierung von Umweltleistungen oder mittelbar in Form von Kosten für Vermeidungs- und Ersatzhandlungen im Sinne von Umweltbeeinträchtigungen verursachenden Aktivitäten erfolgen. Vermeidungskosten quantifizieren somit den hypothetisch vermiedenen Schaden, der über Ausweich-, Abwehr- oder Reparaturkosten ermittelt werden kann (vgl. MATZDORF et al. 2010: 8). Kulturelle oder intrinsische Werte werden nach dem Ansatz der *revealed preferences* (offenbarte Präferenzen) unter dem Gesichtspunkt des Kosten-Nutzen-Ausgleichs für eine erbrachte Leistung betrachtet. Hierfür kann beispielsweise die Reisekostenmethode angewendet werden: Individuelle Kosten, die bei der Nutzung eines Angebotes, wie zum Beispiel dem Besuch eines Nationalparks, entstehen, dienen zur mathematischen Ableitung einer Nachfragefunktion, die ihrerseits als Approximationsgröße für die Konsumentenrente dient (vgl. MATZDORF et al. 2010: 10). Der Ansatz der *stated preferences* verfolgt den Gedanken, dass qualitativen Umweltzuständen unterschiedliche Zustandspreise zugeordnet werden können, die in Form der für die Umweltgüter erbrachten Zahlungsbereitschaft direkt aus Umfragen ermittelt werden können. Beim statistischen ökonometrischen *choice modelling* werden dafür ökonomische Präferenzen auf Basis sozialwissenschaftlicher Befragungen über hypothetische oder reale Auswahlen ermittelt. Nutzenstiftende aber nicht-handelbare Güter, denen kein Marktwert zugesprochen wird, können mittels der kontingenten Bewertungsmethode (CVM) in quantitative Relationen zu handelbaren Ressourcen gestellt werden[10]. Nach dem Konzept des TEEB wird die Gesamtsumme aller relevanten Größen der ÖSDL als *total economic value* (TEV) bezeichnet. Eine Übersicht über die Nutzenfunktionen des TEV zeigt ***Abb. 1***. Direkte Werte sind durch ihre unmittelbare Nutzungsfähigkeit als Konsumgut gekennzeichnet. In Anlehnung an BARBIER (1994) kann darunter neben dem Nutzwert auch der Erlebniswert verstanden werden. Indirekte Werte entstehen aus den Leistungen des Ökosystems, aus denen sich Nutzen für den Menschen herleiten. Unter dem Optionswert wird

[10] Diese in der Wohlfahrtsökonomie verankerte Methode wurde Ende der 1940-er Jahre von den Nobelpreisträgern SOLOW und ARROW entwickelt und hat den Vorteil, dass sowohl Gebrauchswerte als auch Nichtgebrauchswerte unterschiedlichster Problembereiche erfasst werden können. Die hohe Flexibilität dieser Methode macht sie allerdings anfällig für verschiedene Verzerrungseffekte (sog. *bias*) und Fehlinterpretationen

eine in die Zukunft projizierte potenzielle Nutzung verstanden. Als nicht-nutzungsorientierter Wert gilt neben altruistischen Werten und dem Vermächtniswert der Existenzwert, der ein intrinsisches Wertmaß des Objektes selbst darstellt und somit als einzige Bewertungsgröße die Charakteristik eines öffentlichen Gutes aufweist, da er nicht den konkurrierenden Marktgesetzen unterliegt und niemand, etwa durch unzureichende Kaufkraft, von dessen Konsum ausgeschlossen werden kann.

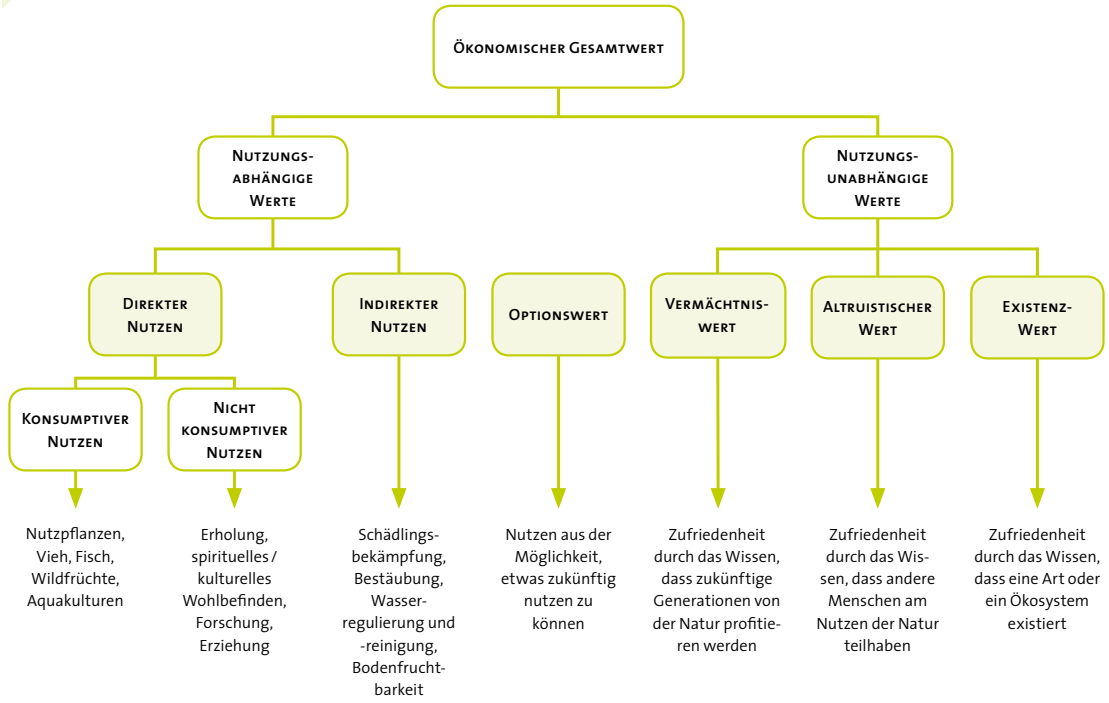


***Abb. 1*:** Nutzenfunktionen des ökonomischen Gesamtwerts (Quelle: TEEB DE 2012: 54)

Wenngleich im TEEB-Bericht bekräftigt wird, dass der ökonomische Wert lediglich als Instrument zur gesellschaftlichen und normativen Wertsetzung dienen soll, steht die monetäre Bewertung der Natur als solche in der Kritik, eine Kommodifizierung der Natur herbeizuführen[11]. Ein weiterer Kritikpunkt wird im anthropozentrischen Charakter der

[11] Nach dieser Argumentation gilt es zu beachten, dass ein monetärer Wert in unterschiedlichen Kontexten verschiedene Bedeutungen hat und daher einen hohen anthropozentrischen Abstraktionsgrad aufweist, der die einzigartigen Merkmale eines Ökosystems nicht einfängt: Das Konstrukt der ökonomischen Eingliederung der Natur in abstrakte Kapitalmärkte mittels isolierter Einzelkomponenten mache demnach die Natur austauschbar, was im krassen Widerspruch zu ihrer Einzigartigkeit stehe. Mit dieser Eingliederung wird das Risiko verbunden, dass eine in Kapital transformierte Natur folglich den Gesetzen der Finanzmärkte unterworfen und somit Vehikel multinationaler Konzerne und kurzfristiger Profitmaximierung sei. Gleichsam wird befürchtet, beim Umgang mit der Natur vor allem auf preisbasierte Elemente und monetäre Kompensationen zu achten und so nicht-finanzielle Elemente außer Acht zu lassen. Bei Fragen des Verursacherprinzips etwa könnten Schadensverursacher durch einmaligen Ausgleich der monetären Preisfestsetzung zu schnell aus der Verantwortung gelassen werden (Kill 2015).

ökonomischen Bewertung selbst gesehen: Der Wert, der Natur zugesprochen wird, orientiert sich am Nutzen für eine dem Menschen dienliche Anwendung oder Verwendung, ohne die es keine ökonomische Wertzuweisung gibt. Daraus erwächst die Betrachtung der Natur als Mittel mit einer instrumentellen Funktion in Bezug auf menschliche Präferenzen, die einer ökozentrischen Betrachtung der Natur als Ziel mit Betonung ihres intrinsischen Wertes gegenübersteht. Strukturen und Prozesse, die die Stabilität eines Ökosystems aufrechterhalten, werden als primäre Werte bezeichnet und sind Voraussetzung für das Entstehen sekundärer Werte, der Ökosystemleistungen, die erst durch den Export in andere Bereiche generiert werden. Primäre Werte zeichnet aus, dass sie weder substituierbar noch über individuelle Präferenzen des Menschen feststellbar und damit auch nicht ökonomisierbar sind (vgl. Eser 2014: 69). Wie bereits GREN et al. 1994 hervorheben, haben auch Nicht-Gebrauchswerte, wie sie im Modell des TEV Verwendung finden, keinen eindeutigen Bezug zu primären Strukturen und Funktionen des Erhalts eines Ökosystems und diese werden daher im Konzept des TEV nicht tatsächlich wiedergegeben (vgl. GEYLER 2007: 29). Ein zentraler Punkt dieser Argumentation wird im mangelnden Kenntnisstand über die Gesamtheit der in der Ökologie ablaufenden relevanten Prozesse und Zusammenhänge gesucht. Den hohen Grad der Komplexität im Bereich der Ökologie erfasste Constanza allerdings bereits 1997, als der Begriff ÖSDL gerade ins öffentliche Bewusstsein avancierte: „Es ist möglich, dass mehrere Ökosystemleistungen aus einer Ökosystemfunktion entstehen, während es auch möglich ist, dass mehrere Ökosystemfunktionen erforderlich sind, um einen einzigen Ökosystemdienst zu schaffen“ (CONSTANZA 1997: 256 in ESER 2014: 70). In diesem Geiste ist die ökonomische Betrachtung nur als Komponente des Ist-Wertes von Natur zu begreifen, als Minimalwert, der eine gesellschaftliche Untergrenze markieren kann, um politische Handlungsnotwendigkeiten anzuzeigen. Die ökonomische Bewertung allein eignet sich nicht, um dem Anspruch der Erfassung des Wertes der Natur selbst gerecht zu werden. Allerdings darf man bei der kritischen Beleuchtung der Übertragung monetärer Werte auf Naturgüter den Gedanken nicht außer Acht lassen, dass auch die Ökonomie eine ethische Komponente aufweist: Die Nutzenfunktion eines Individuums kann über rein ökonomische Faktoren hinaus auf alle Formen der Nützlichkeit, die sich aus der Natur ergeben, auch auf ihre Schönheit, subjektive, intrinsische und altruistische Werte ausgedehnt werden (vgl. Eser 2014: 72). So muss auch der breit aufgestellte Ansatz des TEEB verstanden werden, wobei gerade durch dieses weitgefasste Verständnis eine eindeutige Definition und Bestimmung der ÖSDL erschwert wird und dadurch bislang keine allgemein akzeptierte Methodik zur Bewertung der ÖSDL existiert.

Da in der praktischen Anwendbarkeit das Konzept des MA durch mangelnde Eindeutigkeit der Begriffe Probleme aufwirft, sind neuere Konzepte bemüht, den Begriff der ÖSDL zu konkretisieren und greifbarer zu machen. Ein wesentlicher Aspekt dabei ist die Vereinheitlichung zu gemeinsamen und vergleichbaren Begriffen. BOYD und BANZHAF verfolgen den Gedanken, dass die reinen ökosystemaren Funktionen und Prozesse zwar gesellschaftlichen Wert haben, aber nicht als Dienstleistungen zu verstehen sind. Sie stellen Zwischenstufen in Form intermediater Komponenten des Ökosystems dar und werden nicht unmittelbar als ÖSDL definiert, wenngleich sie als Eingangsleistung in eine Produktionsfunktion gelten, die ihrerseits als Endprodukt unmittelbar konsumierbare Komponenten des Ökosystems, die eigentlichen ÖSDL, die als solche quantitativ beschreibbar und mit anderen endkonsumnahen Gütern vergleichbar sind, hervorbringen (BANZHAF & BOYD 2007 in IBISCH et al. 2012: 139, 141). Um die Bewertungsgrößen für ÖDSL operationabel zu machen, entwickelten BOYD und BANZHAF aufbauend auf Indikatoren, die die Komponenten abbilden, einen Index (*ecosystem services index* – ESI). Auch für die Umsetzung der EU-Biodiversitätsstrategie, nach der die Mitgliedstaaten dazu aufgefordert sind, die Leistungen der Ökosysteme zu erfassen, kartographisch darzustellen, zu bewerten und ihren Nutzen bis 2020 in die volkswirtschaftlichen und umweltökonomischen Rechnungssysteme zu integrieren (ALBERT et al. 2015: 5), ist die Entwicklung von Indikatoren zur Vereinheitlichung der Bewertungsgrößen maßgeblich. Um die Unübersichtlichkeit der Ansätze und Definitionen in eine praktisch anwendbare allgemeingültige Verwendbarkeit des Begriffs zu überführen und auch um einige Kritikpunkte am Konzept der ÖSDL aufzugreifen, scheint es angebracht, sich einer umfassenden, gesamtheitlichen Betrachtung der Leistungen einzelner Ökosysteme zuzuwenden, die die lokalen Gegebenheiten und ökosystemaren Angebote mit einer breiten Anwendbarkeit, die auch die lokale Nachfrageseite abdeckt, verbindet (vgl. IBISCH et al. 2012: 139).

1.6 Operationalisierung der Ökosystemdienstleistungen

Aus den bisherigen Überlegungen kann gefolgert werden, dass es für eine einheitliche Operationalisierbarkeit einer Erfassung der Gesamtheit der ÖDSL bedarf, da die selektive Betrachtung in Bezug auf ein bestimmtes Interesse oder einen erwünschten Nutzen, die nicht das Gesamtsystem berücksichtigen, dazu führen kann, dass Wechselwirkungen oder Wechselbeziehungen zwischen einzelnen ÖSDL übersehen werden. Diesem Gedanken folgend, orientiert sich diese Arbeit an der holistischen Betrachtung der ÖSDL. Methodische Grundlage ist die Verbindung der breiten Anwendbarkeit mit lokaler Fall-

spezifität eines bestimmten Ökosystems, bei der sowohl das aktuelle und potentielle Angebot des lokalen Naturhaushaltes als auch die nutzungsinteressensspezifische Nachfrage berücksichtigt wird. Der lokale Bezug ist daher sowohl in biophysikalischer Hinsicht als auch in gesellschaftlicher von großer Bedeutung: Ziel der Bewertung muss die konkrete Anwendbarkeit im Hinblick auf Handlungsoptionen in den Bereichen Politik, Management und Naturschutz sein, die auf die spezifischen Gegebenheiten des Untersuchungsgebietes abgestimmt ist. SCHRÖDER et al. (in IBISCH et al. 2012) schlagen ein Klassifikationssystem zur Bewertung der ÖSDL vor, das ausgehend von den primären Werten der Prozesse und Funktionen des Ökosystems (*intermediate components*) Indikatoren festlegt, die diese abbilden (siehe ***Abb. 2***, S. 18). Über die daraus resultierenden Informationen können die eigentlichen ÖSDL abgeleitet und in einem weiteren Schritt der Gesamtnutzenwert für lokal relevante Interessensgruppen ermittelt werden. Diese Klassifikation orientiert sich an der von BOYD und BANZHAF entwickelten Produktionskette, nach der nur die aus den intermediaten Komponenten resultierenden Endprodukte als finale Dienstleistungen aufzufassen sind. Wie bereits erwähnt, impliziert dieser Ansatz die Betrachtung der Natur als Produzent (Mittel), wobei eine starke Konzentration auf messbare Leistungen und Nutzenspezifität erfolgt. Um einen gesamtheitlichen Blick, der auch die Natur als Ziel einschließt, zu gewährleisten, kann dieses System um qualitative Werte erweitert werden. Die unterschiedlichen Ebenen dienen der klaren Abgrenzung zwischen den Begriffen Ökosystemfunktion, Ökosystemdienstleistung und Nutzen und zeigen gleichzeitig relevante Wechselwirkungen auf. ***Abb. 3*** (S. 19) zeigt die Erfassung der ÖSDL auf verschiedenen Ebenen. Bei der Auswahl der Indikatoren muss berücksichtigt werden, dass diese Rückschlüsse auf das Untersuchungsobjekt zulassen sollen. Welche Indikatoren in Frage kommen, hängt auch vom vorhandenen Datenmaterial ab, das nach der *benefit-transfer*-Methode aus bereits durchgeführten Studien im Untersuchungsgebiet bezogen wird. Entsprechend kann die Qualität der Indikatoren nur so gut sein, wie das vorhandene Datenmaterial sowohl über den aktuellen Zustand als auch das Entwicklungspotenzial bzw. die voraussichtlichen Veränderungen innerhalb des Ökosystems es zulässt. Aufgrund dieser Abhängigkeit ist davon auszugehen, dass die Indikatoren mit zunehmender Datenverfügbarkeit zukünftig weiterentwickelt und im Hinblick auf Genauigkeit und Aussagekraft präzisiert werden sollten. Mitbestandteil der Analyse der Indikatoren sollten ebenso die Einflussgrößen auf diese und mögliche Folgen der Veränderungen sein (vgl. HANSJÜRGENS et al. 2012: 40). Für die Erfassung qualitativer Indikatoren, wie etwa der kulturellen Bedeutung von Landschaftstypen, deren identitätsstiftende Funktion als Teil der Heimat oder auch der Eigen-

wert der Natur, gibt es bislang keine bundesweit einheitlichen Erfassungs- und Bewertungskriterien (vgl. ALBERT et al. 2015: 35). Im Rahmen dieser Arbeit soll die Erfassung dieser Werte in Form einer soziodemographischen Befragung ermittelt werden. Der Existenzwert lässt sich basierend auf KRUTILLA (1967) danach berechnen, welche Gegenleistung Menschen bereit sind zu erbringen, um die Existenz zu bewahren. Um dieses Verhältnis in ökonomischen Werten auszudrücken, bietet die Kontingente Bewertungsmethode die Möglichkeit, in Form der Zahlungsbereitschaft für den Erhalt bestimmter Teile der Natur den subjektiven, individuellen Wert der Existenz abzubilden (vgl. CARSON und HANEMANN in MÄLER & VINCENT 2005: 836). Zu diesem Zweck wird eine hypothetische Marktsituation generiert. Die daraus gewonnenen Informationen lassen Rückschlüsse darauf zu, wie stark Maßnahmen zum Schutz der Existenz des abgefragten Gutes von den Gesellschaftsmitgliedern gewünscht werden.

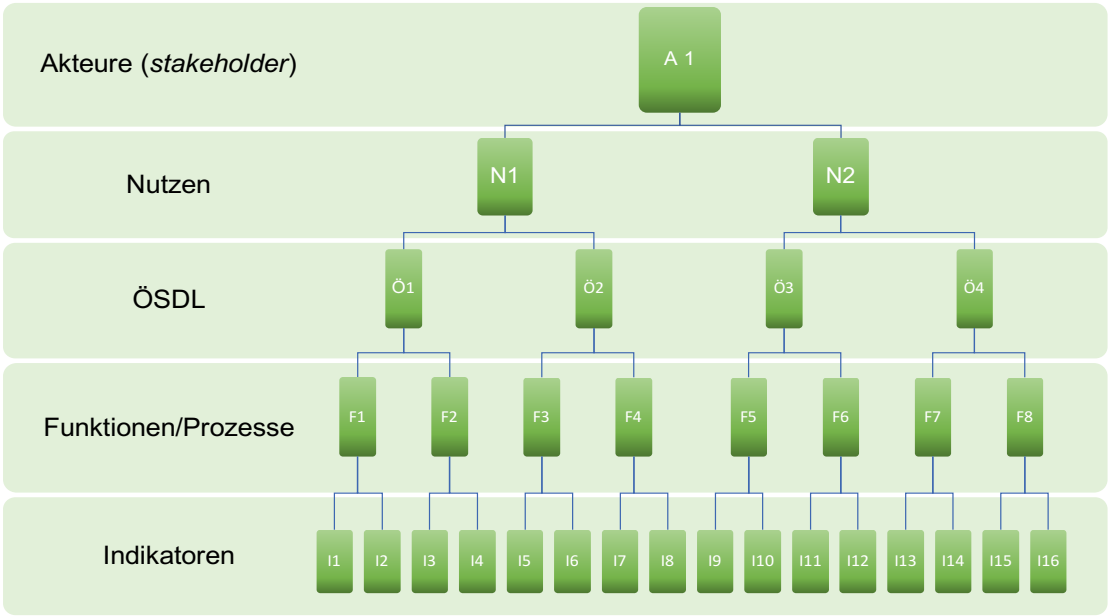


Abb. 2: Klassifikationssystem (erstellt nach SCHRÖDER et al. in IBISCH et al. 2012)

Da individuelles Verhalten von vielen, schwer zu erfassenden Faktoren abhängig ist, wird das Umweltbewusstsein der Befragten als mögliche Erklärungsvariable für die Zahlungsbereitschaft ermittelt. Nach MALONEY und WARD (1973) setzt sich dieses aus den Komponenten tatsächliches Engagement, mündliches Engagement, Affekt und Wissen zusammen. In Anlehnung daran werden umweltrelevante Wertorientierung, umweltbezogene Einstellungen und umweltbezogene Handlungsbereitschaft (in Form der Zahlungsbereitschaft) konzeptionell abgefragt (vgl. RIPPL 2004: 17). Quantitative Werte, die in Form räumlich differenzierter Daten vorliegen, können in eine monetäre Bewertung implementiert werden, so sie vorhanden sind und eine Monetarisierung

sinnvoll erscheint. Kosten für Umweltmaßnahmen sollten dabei einem monetären Nutzen gegenübergestellt werden. Auf diese Weise kann eine Kosten-Nutzen-Analyse als Basis für die Beurteilung von Entscheidungen und Handlungsoptionen erstellt werden. Sind Basisdaten nicht oder nur mangelhaft vorhanden, greift das Vorsorgeprinzip, um die betreffenden ÖSDL dennoch zu berücksichtigen und qualitativ darzustellen. Dasselbe gilt für Leistungen, die nicht oder nur schwer quantifizierbar sind, aber dennoch eine hohe Schutzfunktion genießen sollten (SCHWAIGER et al. 2015).

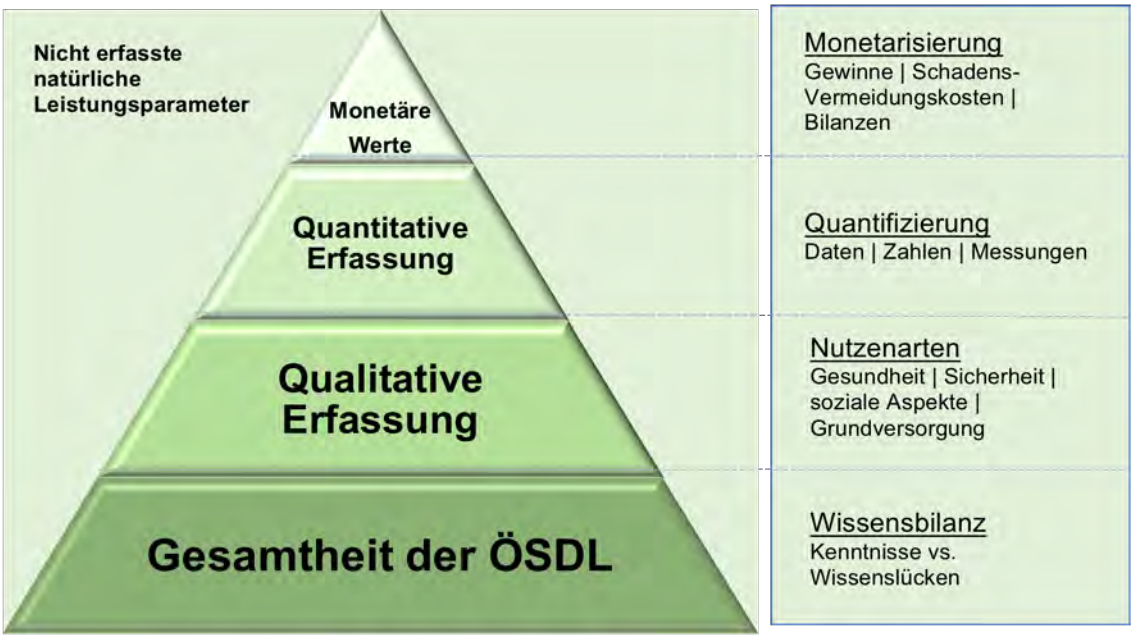


Abb. 3: Erfassung der ÖSDL (erstellt nach TEN BRINK in TEEB 2008, ESER 2014)

2 Theoretische Grundlagen

2.1 Die Funktionsweise von Mooren

Nach SUKKOW & JOOSTEN (2001) sind Moore per Definition spezifische Landschaftstypen, die durch Akkumulation oder oberflächliches Anstehen von Torf gekennzeichnet sind. Die positive Stoffbilanz, die zur Torfbildung führt, ist in Mooren auf einen Feuchteüberschuss zurückzuführen, der je nach geotypologischen Bedingungen auf unterschiedliche Weise entstehen kann[12] und dazu führt, dass die Oxidationsprozesse der Mineralisierung gebremst werden, wodurch organische Verbindungen nur verzögert abgebaut werden. Mineralisierungsprozesse werden endogen durch die biochemischen Eigenschaften organischer Substanz (Abbaustabilität, Stickstoff- und Phosphorgehalte) sowie exogen durch die Umgebungsfaktoren beeinflusst. Beide Einflussebenen stehen in einer empfindlichen Wechselbeziehung zueinander: Die Vegetation als endogener Faktor bildet das Basismaterial für den Abbau und prägt gleichsam die chemische Zusammensetzung des Torfes wie auch die Standortbedingungen (durch Abgabe spezifischer chemischer Stoffe an die Umgebung werden Nährstoffgehalte und Säure-Basen-Verhältnisse beeinflusst). Sie bildet somit den ökologischen Moortyp. Als exogene Einflussfaktoren sind vor allem Temperatur, pH-Wert und Wassergehalt von zentraler Bedeutung. Da Torfwachstum und Abbauprozesse unmittelbar mit den hydrologischen Verhältnissen verbunden sind, bildet die Wasserversorgung die Grundvoraussetzung der Moorbildung bzw. des Aufbaus des Moorkörpers, den sogenannten hydrogenetischen Moortyp. Die Faktoren des Wasserdargebots und der Wasserströmung werden grundlegend durch die Bedingungen des Geotops (Lufthülle, Gestein, Georelief, pedologische Verhältnisse) geprägt. Welcher Moortyp sich ausbildet, ist vom Zusammenspiel zwischen Landschaft, Wasserhaushalt, Vegetation und Torf abhängig (MEIER-UHLHERR et al. 2015). Je nach Herkunft des Wassers unterscheidet man ombrogene, d. h. atmosphärisch gespeiste Moore, Hochmoore oder auch Regenmoore genannt, und geogene, d. h. Grund- oder Oberflächenwasser gespeiste Moore, die sogenannten Niedermoore. In Abhängigkeit der hydrologischen Eigenschaften bildet sich eine spezifische Vegetationsform aus, die wiederum spezielle Wasserstands- und Ionenstromverhältnisse generiert und so die hydrostatischen Eigenschaften des Moorkörpers und in Folge ebenfalls die hydromorphologischen Strukturen mitbestimmt (vgl. SUKKO und JOOSTEN 2001: 187). Diese Strukturen sind dadurch gekennzeichnet, dass das Alter der postmortalen

[12] Dabei wird grundsätzlich zwischen den Vorgängen der Verlandung von Gewässern und der Versumpfung von terrestrischen Lebensräumen unterschieden.

Pflanzenreste im Moorkörper vertikal von oben nach unten zunimmt und damit auch der Grad ihrer Zersetzung, wodurch die Porengröße des Moorbodens und seine hydraulische Durchlässigkeit mit der Tiefe ab- und die Filterwirkung aufgrund der zunehmenden Dichte und Porosität zunimmt. Auf diese Weise bilden Moorböden einen sogenannten diplotelmischen (zweigeteilten) Aufbau aus, der sich in eine aktive, von aeroben Prozessen und intensiver mikrobieller Aktivität dominierte Torfbildungsschicht (Akrotelm), die unmittelbar an die Moorvegetation angrenzt und über Wurzelsysteme bis zu einer bestimmten Tiefe mit Sauerstoff versorgt wird, und eine tieferliegende, dauerhaft wassergesättigte Torferhaltungsschicht (Katotelm) mit geringerer biologischer Aktivität gliedern lässt (vgl. SUKKO und JOOSTEN 2001: 42). Innerhalb dieser Schichten bilden sich verschiedene Substrate aus, die in sedentäre (aufgewachsene) und sedimentäre (sich im Wasser absetzende) Bildungsprozesse unterschieden werden. Sedentär bilden sich Torfe (>30% organische Substanz) und Antorfe (<30-5% organische Substanz); sedimentäre Ablagerungen werden hingegen als Mudden (mind. 5% organische Substanz) bezeichnet (vgl. SUKKO und JOOSTEN 2001: 58), die sich unter ausschließlich reduzierten Bedingungen bilden. Je nach Ausgangsmaterial und Zersetzungsgrad werden unterschiedliche Torfarten voneinander abgegrenzt. Bei der Einteilung der unterschiedlichen Muddearten dient vor allem der Gehalt an organischem, carbonatischem oder silikatischem Material als Kriterium (vgl. SUKKO und JOOSTEN 2001: 62). Anhand der vertikalen Schichtung der Moorsubstrate, die das charakteristische Moorprofil bildet, lassen sich Moore grundsätzlich in primäre und sekundäre Moore gliedern[13], wobei erstere unmittelbar an der Bildung eines Moorlebensraums beteiligt sind und letztere auf bereits vorhanden Mooren entstehen, sodass ein Moor aus unterschiedlichen hydrogenetischen Moortypen zusammengesetzt und durch zeitlich und räumlich dynamische Variationen ausgeformt sein kann (MEIER-UHLHERR et al. 2015). Nach SUKKO und JOOSTEN lassen sich Moore nach ihrem Wasserzufluss in acht unterschiedliche hydrogenetische Moortypen klassifizieren[14]. Je nach Hydrogenese bilden sich unterschiedliche Redoxverhältnisse aus, die ihrerseits den Stoffabbau und die Löslichkeit chemischer Verbindungen beeinflussen: Der Abbau von Ligninverbindungen beispielsweise, der bei der Mineralisierung zur Bildung von Huminstoffen führt, verläuft oxidativ. Oxidation wird durch Mangel an Sauerstoff und die damit verbundene Abwesenheit aerober

[13] Primären Moorentwicklungstypen bilden sich direkt aus einem mineralischen Naturraum. Zu ihnen zählen Verlandungsmoore, grundwassergespeiste Versumpfungsmoore, Überflutungsmoore, Hangmoore und Quellmoore. Sekundäre Moorentwicklungstypen sind Durchströmungsmoore, Kesselmoore, aus Verlandungsmooren entstandene Versumpfungsmoore und Regenmoore (vgl. STEINER & GRÜNIG 1997: 2)

[14] Verlandungsmoor, Überflutungsmoor, Versumpfungsmoor, Durchströmungsmoor, Quellmoor, Hangmoor, Kesselmoor und Regenmoor (SUKKOW und JOOSTEN 2001: 238)

Abbauorganismen unterbunden. Da sauerstoffverzehrende Prozesse im Torf überwiegen, treten sehr schnell anaerobe Bedingungen auf (SUKKO und JOOSTEN 2001: 10), in denen diese Mikroorganismen keine Existenzgrundlage haben. Bei dauerhaft reduzierten Bedingungen der Stoffumsetzung laufen daher die Abbauprozesse so langsam ab, dass der Torfkörper kontinuierlich wächst. Auch die Temperatur spielt bei allen Stoffwechsel- und Umsetzungsprozessen eine wichtige Rolle: Die Geschwindigkeit chemischer und biologischer Prozesse ist nach der VAN´T HOFF´schen Reaktionsgeschwindigkeits-Temperatur-Regel unmittelbar vom Temperaturregime abhängig, wonach sich bei tieferen Temperaturen eine langsamere Zersetzungsgeschwindigkeit einstellt (ACKERMANN 1992).

Die ökologische Moortypologie basiert auf der Wechselbeziehung zwischen den stofflichen Eigenschaften des Wassers und der Ausbildung bestimmter Pflanzengesellschaften. Die stofflichen Eigenschaften des Wassers, das als Regenwasser zunächst oligotroph und schwach sauer ist, werden durch den Landschaftshaushalt und die Verweildauer des Wassers darin geprägt, da je nach Gesteins- und Bodenart sowie Dauer des Kontaktes mit dem Mineralboden Ionen im Wasser gelöst werden, die den Nährstoffhaushalt desselben verändern. Entsprechend den Nährstoffgehalten (insbesondere N_C[15]) und den pH-Verhältnissen können somit Moore in verschiedenen sich in der Vegetation widerspiegelnden Typen auftreten (SUKKO und JOOSTEN 2001: 229), die nach ihren trophischen Verhältnissen von SUKKO und JOOSTEN in fünf verschiedene ökologische Moortypen[16] gegliedert werden, jeweils in Bezug auf Wasserzufuhr, Substrat und Vegetation variieren, unterschiedliche Landschaftsbindungen aufweisen und unterschiedlichen hydrogenetischen Moortypen zugeordnet werden können. Neben der Trophie, die durch das C/N-Verhältnis gekennzeichnet ist und sich in den Trophiestufen oligotroph (nährstoffarm), mesotroph (mäßig nährstoffarm), eutroph (nährstoffreich) und polytroph (nährstoffüberbelastet) wiederfindet, ist auch der pH-Wert ein wichtiges Klassifikationskriterium. Demnach werden Moore in die Säure-Basen-Gruppen sauer (pH < 4,8), basenreich (pH 4,8 - 6,4) und kalkhaltig (pH > 6,4) unterteilt (siehe ***Abb. 4***). Die Acidität des Moorbodens beeinflusst unmittelbar die Mikrobiozönose, die Freisetzung organischer Stoffwechselprodukte, die Löslichkeit bestimmter Nährstoffe und Schwermetalle und ist somit ein bestimmender Faktor für die standorttypische Vegetation. Sie wird durch verschiedene Faktoren beeinflusst: Zum einen spielt dabei die Dilatation der

[15] Stickstoff bezogen auf den Kohlenstoffgehalt des Torfes

[16] oligotroph-sauer (Sauer-Anmoore), mesotroph-sauer (Sauer-Zwischenmoore), mesotroph-subneutral (Basen-Zwischenmoore), mesotroph-kalkhaltig (Kalk-Zwischenmoore) und eutroph (Reichmoore) (SUKKOW und JOOSTEN 2001: 232)

Abbauprozesse eine Rolle, denn bei der unvollständigen Zersetzung postmortalen Pflanzenmaterials entstehen als Zwischenprodukte Fulvo- und Huminsäuren, die den Säuregrad erhöhen. Schreitet der Zersetzungsprozess weiter voran, werden im Verlauf Nichtmetall-Ionen (N, S, P) in mineralische Säuren oxidiert. In der oxidativen Phase des Stoffabbaus, in der aeroben Torfschicht des Akrotelms, kommt es aufgrund der Wurzelatmung zudem zur Freisetzung von CO_2, das oberhalb von pH 5 in Kohlensäure umgewandelt wird und gleichermaßen als Protonendonator fungiert (vgl. BEETZ 2008: 14).

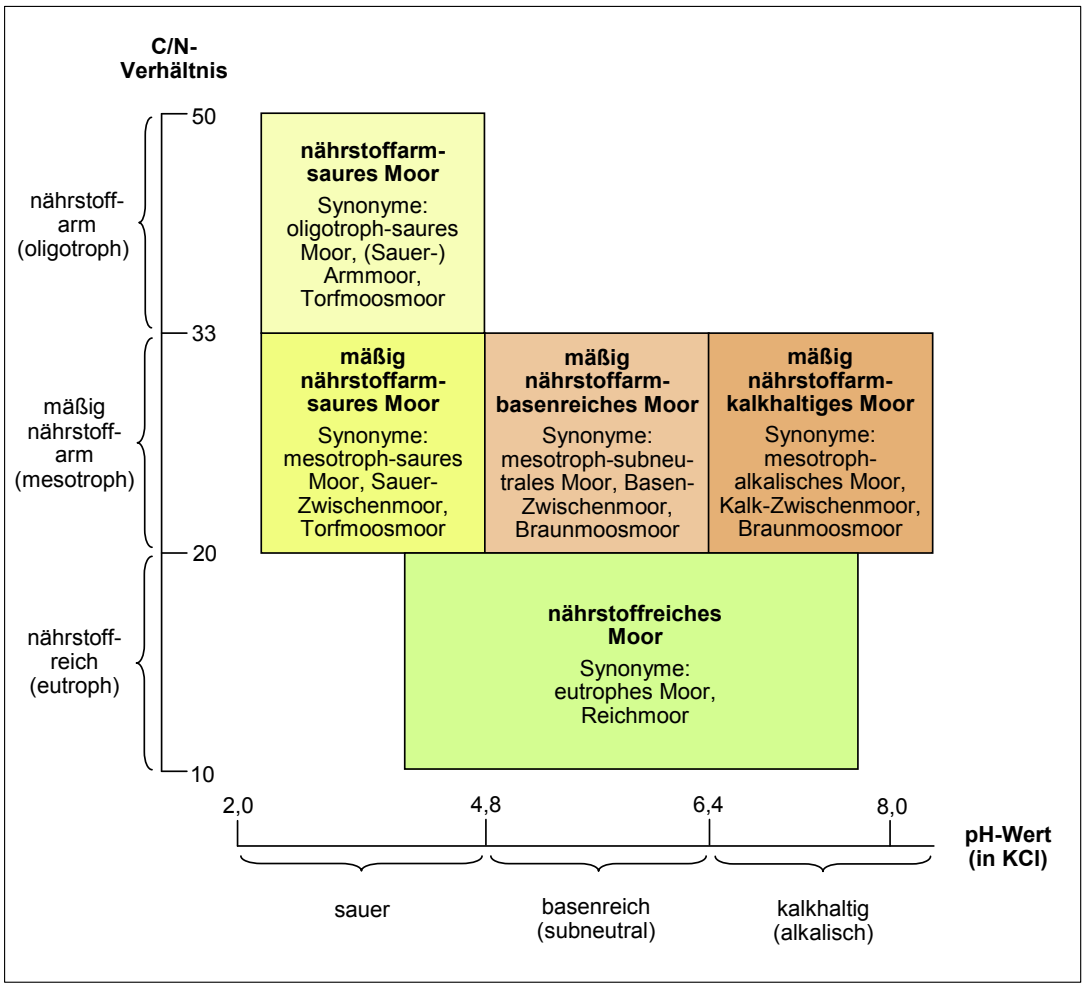


Abb. 4: *Übersicht der ökolog. Moortypen nach SUKKOW (1988), (Quelle: MEIER-UHLHERR et al. 2015: 16)*

Auch die Stoffwechselprozesse der moortypischen Torfvegetation der meisten Moore können das Säure-Basen-Milieus beeinflussen: Torfmoose (beispielsweise der Gattung *Sphangnum*) besitzen die Fähigkeit, durch Bindung von Kalzium oder Magnesium an ihren Zellwänden Wasserstoff-Ionen an die Umgebung abzugeben und so eine Ansäuerung des sie umgebenden Milieus zu bewirken, die ihnen einen Vorteil gegenüber anderen Pflanzenarten mit geringerer pH-Toleranz verschafft (COLDITZ 1994: 77). Da der pH-

Wert auch einen wichtigen Faktor für den Stoffumsatz darstellt und die mikrobielle Aktivität davon abhängt (FIEDLER 2001, BREITENBACH 2007), tritt so eine weitere Rückkopplungswirkung zwischen endogenen und exogenen Faktoren ein. Analog zum BOWEN-Verhältnis (Verhältnis der latenten und sensiblen Wärmeströme), nach dem die Verdunstungsrate eines Bestandes mit zunehmender Bodenfeuchte wächst (BREIL 2015), liegt diese in Mooren tendenziell leicht oberhalb der potentiellen Standortverdunstung. Moorverdunstungsprozesse sind neben dem je nach Temperaturverhältnissen alternierenden Wasserstand auch von Mikroreliefelementen und der artspezifischen und phänologischen Ausprägung der Moorpflanzen abhängig. Farbe und Rauhigkeit der Pflanzenoberfläche beeinflussen die Strahlungsbilanz eines Bestandes dahingehend, dass durch die vegetationsbedingte Beschattung eine ausgleichende Wirkung auf den Bodenwärmehaushalt eintritt und so der latente Wärmestrom sowie turbulente und laminare Luftströmungen gedämpft werden (vgl. GISI 1997: 89). Das kommt auch in Moorwäldern zum Tragen, da dort die Verdunstung von den Vegetationsstrukturen des Baumbestandes (Kronendichte, Schattenwurf, Wind- und Strahlungsschutz) geprägt ist. Die Verdunstungsrate von Mooren kann aufgrund der Vielzahl unterschiedlicher Einflussfaktoren allerdings nicht linear aus der potentiellen Standortverdunstung abgeleitet werden. So zeigt sich, dass Moore im Wechselspiel aller Einflüsse einen Multifaktorenkomplex darstellen, der einer standortspezifisch differenzierten Betrachtung bedarf.

2.2 Die Ökosystemleistungen von Moore

2.2.1 Stoffkreisläufe

Moore stehen mit Atmosphäre, Hydrosphäre, Limnosphäre und Lithosphäre im Stoffaustausch, bei dem die biochemischen Spezies der Stoffe transformiert und teilweise in andere Aggregatzustände überführt werden. Überwiegen die Prozesse der Akkumulation, können Moore im Landschaftshaushalt als Stoffsenken fungieren. Dominieren hingegen Mineralisationsprozesse, steigt die Summe der Stoffausträge, sodass sie sich zu Stoffquellen entwickeln können. Wechsel zwischen diesen Eigenschaften sind je nach Moortyp sogar im jahreszeitlichen Verlauf möglich (KIECKBUSCH 2003). Stoffein- und -austräge werden in Mooren vor allem durch die Faktoren Klima (Niederschlag, Evapotranspiration), physikalische Eigenschaften des Moorbodens (Porenvolumen, Lagerungsdichte, Schichtung), Relief (Gefälle) und Morphologie bestimmt und sind an das hydrologische Regime und die darin vorherrschende hydraulische Leitfähigkeit gekoppelt. Diese ist aufgrund der höheren Lagerungsdichte im Katotelm geringer als im

vergleichsweise grobporigen Akrotelm, in dem der überwiegende Teil der Wasserbewegung (Oszillation) stattfindet. Da auch im Akrotelm mit zunehmender Tiefe die Durchlässigkeit sinkt, werden Wasserspiegelschwankungen in Bezug zur Mooroberfläche ausgeglichen. Man spricht von hydraulisch wirksamen Selbstregulationsmechanismen, die bewirken, dass übermäßiger Abfluss aus dem Moorkörper in Trockenzeiten gebremst wird, wohingegen die hohe Wassersättigung innerhalb des Akrotelms bei großem Wasserzustrom zum Sättigungsabflussverhalten führen kann, wodurch es zu kurzzeitig hohen Abflussspitzen und je nach Gefälleausprägung auch zu Erosionserscheinungen kommen kann (vgl. BÖHLMANN 2004: 25). Intakte Moore können bezogen auf die Stoffkreisläufe je nach hydrologischen und geologischen Bedingungen Senken- und Erosionsschutzfunktionen erfüllen. Sie erbringen damit eine Basisleistung, die Grundlage für Regulierungs-, Versorgungs- und Kulturleistungen ist. Anhand des globalen Ausmaßes der mit den Stoffkreisläufen verbundenen Effekte lassen sich dieser Senkenfunktion die ganze Bandbreite nutzenunabhängiger und nutzenabhängiger Werte zusprechen: Direkte und indirekte nutzenabhängige Werte werden über die Konsumption sauberer Luft und sauberen Wassers, menschliches Wohlergehen (gesundheitsschädigende Wirkung von Stickstoffverbindungen und CO_2-Anreicherung in der Atmosphäre), funktionsfähige Biozönosen (auch als Nahrungsmittel) und dem Erholungswert intakter Landschaften erzielt. Nutzenunabhängige Werte ergeben sich aus Erhalt und Stabilisierung der Funktionsfähigkeit des Naturhaushaltes, dem Vermächtniswert für künftige Generationen, Optionswerte, die sich aus dem Erhalt des heutigen Genpools für künftige Zwecke ergeben können, altruistische Werte aufgrund der Fernwirkung der Prozesse Klima- und Eutrophierungsschutz in andere Bereiche der Erde, und nicht zuletzt dem Existenzwert von Arten mit geringer Resilienz, die schneller von Störungen und Veränderungen innerhalb der Stoffkreisläufe in ihrer Existenz bedroht sind. Als Indikatoren dienen die jeweiligen Festlegungsraten (In- und Output-Bilanzierung).

2.2.1.1 Der Stickstoffkreislauf

Stickstoffeinträge ins Moor erfolgen neben der nassen und trockenen atmosphärischen Deposition vor allem durch die Festlegung in mikrobieller Biomasse und aufgrund sorptiver Retentionsprozesse bei der Torfbildung. Für die Umsetzung des Stickstoffs in pflanzenverfügbare Bindungsformen sind Mächtigkeit und Durchlüftungseigenschaften des Akrotelms entscheidend, da die Prozesse der Nitrifikation von oxidativen Bedingungen abhängen: Die Oxidation von organischem Stickstoff (Ammonium) über Nitrit zu

mobilem, pflanzenverfügbarem Nitrat (NO_3^-) läuft innerhalb der ökologischen Toleranzgrenzen der für die Umwandlung maßgeblichen autotrophen Mikroorganismen[17] ab und ist daher auf die oxischen Mineralisierungshorizonte im Moor beschränkt. Im oxischen Bereich überwiegt Nitrat in gelöster Form im Moorwasser. Bei dauerhaft wassergesättigten Bedingungen dominiert hingegen Ammonuim (NH_4^+). Beide Spezies sind mobil im Moorwasser gelöst und können daher über Abflüsse aus dem Moor ausgetragen werden. Dieser Vorgang ist für die Stoffbilanz vor allem in entwässerten Mooren von Bedeutung, da in diesen aufgrund des Sauerstoffeintrags Mineralisierungsprozesse überwiegen. Auch in Folge von Wiedervernässungsmaßnahmen kann es in wechselfeuchten Bodenbereichen oder bei Wasserständen unter Flur zur Anreicherung von Nitrat in der Bodenlösung und potentiell erheblichen Austrägen in Oberflächen- und Grundwasser kommen (vgl. SUKKO und JOOSTEN 2001: 22). Da in natürlichen Mooren mit dauerhafter Wassersättigung anoxische Bedingungen überwiegen, wird in solchen Moorökosystemen der überwiegende Teil des Bodenstickstoffs in Abhängigkeit von der Verfügbarkeit leicht abbaubarer Kohlenstoffverbindungen über die Denitrifikation zu molekularem Stickstoff reduziert (BÖHLMANN 2004). Bei dieser Redoxreaktion nutzen auto- und heterotrophe Denitrifikanten den im Nitrat gebundenen Sauerstoff für ihren Energiestoffwechsel und setzen dabei gasförmiges N_2 und H_2O als Abbauprodukte frei. Reaktiver Stickstoff wird auf diesem Weg also wieder in elementaren Stickstoff zurückgewandelt, sodass bei vollständiger Denitrifikation von einer Entfernung des Stickstoffs aus dem System gesprochen werden kann. Besonders hohe Denitrifikationsraten werden erreicht, wenn es zu allochthonen Zuflüssen nitrathaltigen Wassers kommt, wie es in Quell- und Hangmooren aus benachbarten Mineralböden oder Oberflächengewässern der Fall sein kann (vgl. KIECKBUSCH 2003, SUKKO & JOOSTEN 2001). Bei unvollständiger Denitrifikation kann als Nebenprodukt auch das klimarelevante Lachgas (N_2O) entstehen. Für die Höhe der Lachgas-Emissionen sind die Faktoren NH_4^+- und NO_3^--Gehalte in Boden und Moorwasser, Sauerstoffgehalte derselben, abbaubare Kohlenstoffverbindungen (C/N-Verhältnis), pH-Werte und Temperatur entscheidend (vgl. BÖHLMANN 2004: 26). In natürlichen, nährstoffarmen und sauren Mooren herrschen Bedingungen vor (niedrige pH-Werte, dauerhaft anoxisches Milieu), die eine Immobilisierung des Stickstoffs in Biomasse begünstigen. Somit können diese durch geringe N-Konzentrationen im Moorwasser und demzufolge geringe N-Austräge als Stickstoffsenken des Landschaftshaushaltes fungieren. Allerdings ist im Hinblick auf die Empfindlichkeit des Gleichgewichts dieser Senkenfunktion auch in natürlichen Mooren die anthropogene

[17] Die obligat aeroben Gattungen Nitrosomonas und Nitrobacter haben ihre ökologische Optimumkurve im neutralen bis schwach alkalischen pH-Bereich.

Belastung durch atmosphärische N-Depositionen als mögliche Stickstoffquelle zu diskutieren (BÖHM 2005, BÖHLMANN 2004, ELLENBERG & LEUSCHNER 2010: 582). Die Senkenfunktion intakter Moore im Hinblick auf Stickstoff hat einen indirekten Nutzen für den Menschen, der im Zusammenhang mit erhöhten Stickstoffbelastungen von Grund- und Oberflächengewässernn und sich daraus ergebenden Eutrophierungs- und Versauerungserscheinungen steht[18]. Als Indikator für die Senkenfunktion dienen *N-Gehalte angrenzender Gewässer* und die *Wasserstufe*, da mit zunehmendem Wasserstand durch anaerobe Verhältnisse Lachgasemissionen reduziert werden.

2.2.1.2 Der Phosphorkreislauf

Aufgrund seiner hohen Adsorptionsneigung kommt Phosphor in Mooren überwiegend in im Torf partikulärer oder gelöster organisch gebundener Form vor (vgl. SUKKO und JOOSTEN 2001: 24). Unter aeroben Bedingungen bildet Phosphor im sauren pH-Bereich sorptive Bindungsspezies mit Fe- oder Al-(Hydr-)Oxiden, wohingegen im alkalischen pH-Bereich Komplexbildungen mit Ca-Kationen vorherrschen. Das bei der Remineralisierung organischen Materials hydrolisierte Ortho-Phosphat ($o\text{-}PO_4^{3-}$) ist unmittelbar pflanzenverfügbar und wird in einem kurzgeschlossenen Kreislauf schnell über Feinwurzeln wiederaufgenommen und erneut in Form partikulären Phosphors in Biomasse festgelegt (GUDERIAN & GUNKEL 2000). In aquatischen Systemen greifen Fällungsreaktionen, bei denen unlösliche Eisenhydroxophosphate und Carbonate sedimentiert werden. In Abhängigkeit vom Redoxpotential wird das in diesen Komplexen gebundene Phosphat unter Sauerstoffabschluss allerdings wieder freigesetzt (Phosphorrücklösung)[19]. Das redoxchemisch freigesetzte Phosphat diffundiert in Folge in höhere Sedimentschichten, wo es unter Anwesenheit von Sauerstoff erneut an oxidiertes Fe(III) adsorbiert werden kann (LUDWIG 2001). Im anoxischen Bereich überstauter Gebiete weist aus diesen Verbindungen gelöstes Phosphat eine hohe Mobilität auf. Bei wechselnden anoxischen und

[18] Durch Stickstoffanreicherungen in Gewässern wird die Primärproduktion von Algen und Wasserpflanzen begünstigt, sodass es zu höheren Sedimentationsraten abgestorbener Biomasse kommt, bei deren Abbau durch die mikrobielle Aktivität vermehrt Sauerstoff verzehrt wird. Die Folge des erhöhten Algenwachstums sind Wassertrübung, erhöhte Fischsterblichkeit durch den Sauerstoffmangel und in Folge toxischer Abbauprodukte anaerober Zersetzungsprozesse. Außerdem kommt es zur Verschiebungen des Artenspektrums: Nitratbelastungen wirken sich negativ auf Arten aus, die empfindlich gegenüber reaktivem Stickstoff sind, sodass eine Reduzierung der N-Belastung direkte positive Rückkopplungseffekte auf den Erhalt der Biodiversität hat (vgl. DEUTSCHER BUNDESTAG 2015: 99). Auch die nitratinduzierte Basenauswaschung, die mit einer pH-Wert-Herabsenkung einhergeht, verändert die aquatische Artenzusammensetzung durch Verdrängung stenöker Arten zugunsten euryöker Arten. Das Vorkommen hoher Individuenzahlen bei geringer Artendiversität schwächt die Widerstandskraft des Gesamtsystems gegenüber Störungen.

[19] Bereits bei <10% Sauerstoffsättigung setzt die Mobilisierung von Phosphat ein und bei <0,5 mgO_2/l kommt es fast zu einer explosionsartigen Freisetzung von PO_4-Ionen aus dem Sediment (SCHLUNGBAUM 2013: 120).

oxischen Bedingungen kann es daher zu steigenden P-Konzentrationen im Porenwasser kommen, die je nach Geo- und Hydromorphologie der Moorfläche potentiell zu erosionsbedingten Austrägen in angrenzende Oberflächengewässer führen können (LENGSFELD 1998 in SUKKO & JOOSTEN 2001; ZAK 2001, MEISSNER & LEINWEBER 2004, RUPP et al. 2004 in VELTY 2005). Diese Prozesse werden im Zusammenhang mit Wiedervernässungen degradierter Moore kontrovers diskutiert. Torfbildung und Sedimentationsprozesse führen in intakten Mooren aufgrund der limitierten Mineralisation zur Retention von Phosphor, sodass diese neben Stickstoff- auch als Phosphorsenken bezeichnet werden. Phosphoreinträge ins Moorökosystem können über atmosphärische Deposition sowie Zuflüsse aus Grund- und Oberflächengewässern erfolgen (dieser Eintragsweg ist besonders in Nachbarschaft zu landwirtschaftlich genutzten Flächen wirksam). Phosphor ist ein limitierender Faktor der Primärproduktion von Pflanzengesellschaften und seine Umsetzungsprozesse (Festlegung und Freisetzung) spielen eine wesentliche Rolle bei Eutrophierungsprozessen von Oberflächengewässern. Daraus ergibt sich ein indirekter Nutzen für den Menschen in Form der Basisleistung, die über den Eutrophierungsschutz den grundlegenden Ökosystemfunktionen zukommt. Als Indikator dienen die *Phosphorgehalte angrenzender Wasserkörper*. Der P-Austrag ist hydrogeologisch, klimatisch und pedologisch geprägt. Letzteres betrifft das Vorkommen Fe- und Al-reicher Torfe, da diese aufgrund des hohen Sorptionsvermögens für Phosphor mit höheren Festlegungsraten einhergehen.

2.2.1.3 Kohlenstoff- und Methankreislauf

Sind die Bedingungen einer verzögerten Humifizierung in einem Moorlebensraum gegeben, wird ein großer Teil des über die Assimilation bei der Photosynthese im Pflanzenmaterial gespeicherten atmosphärischen Kohlenstoffs (CO_2) im Akrotelm festgelegt. Dieser Kohlenstoffspeicherfunktiion[20] wird eine wichtige Rolle im Kohlenstoffkreislauf der Erde zugesprochen, sodass die Renaturierung von Mooren im Hinblick auf die Funktionsfähigkeit dieser Festlegungsprozesse im Zusammenhang mit Maßnahmen gegen den globalen Klimawandel diskutiert werden. Allerdings gilt das vorrangig für schwer abbaubare Kohlenstoffverbindungen wie Lignin, die enzymatisch aufgespalten werden müssen und bei niedrigen pH-Werten und geringer Belüftung nur sehr langsam umgesetzt oder in Form von organisch gelösten Huminstoffen (DOC) nach Aufnahme über die Pflanzen längerfristig im Torf festgelegt werden. Leicht abbaubare Verbindungen werden

[20] Moore weisen bei Einnahme von nur 3% Landesfläche der Erde eine Speicherung von 16-24% des weltweit in Böden gebundenen Kohlenstoffs auf (IMMIRZI et al. 1992 in SUKKOW & JOOSTEN 2001, KOPPISCH 2001 in KIECKBUSCH 2003).

in einem kurzgeschlossenen Kreislauf schnell wieder zu CO_2 umgesetzt, was im engen Zusammenhang mit der Abbaurate. Unter aeroben Bedingungen werden Cellulose und Stärke vollständig in CO_2 veratmet, das dann über Diffusion in die Atmosphäre entweicht. Steigt die Mineralisationsrate, nehmen ebenfalls die gasförmigen Austräge zu, weshalb entwässerte Moore sich zu CO_2-Quellen entwickeln können. In anaeroben Zonen finden bei der Respiration Zwischenschritte in Gärungsprodukte (Milchsäure, Ethanol, Acetat) statt, die dann von anderen Mikroorganismen durch die anaerobe Nitrat- und Sulfatrespiration weiter abgebaut werden. Sind Nitrat und Sulfat restlos reduziert, können anaerobe, methanotrophe Abbauorganismen unter Beteiligung von Coenzymen zur Gewinnung von Chemoenergie Acetat und CO_2 in Methan umwandeln ($CO_2 + 4H_2 \rightarrow CH_4 + H_2O$), das dann durch Diffusion aus dem Akrotelm in die Atmosphäre entweicht kann. Je nach Mächtigkeit des oxidativen Bereichs des Akrotelms kann der Kohlenstoff aus dem aufsteigenden Methan allerdings wieder oxidiert werden (vgl. FREY & LÖSCH 2014: 281). Die Prozesse der chemotrophen Methanogenese sind besonders bei Wiedervernässungen entwässerter Moorsysteme von Relevanz (siehe **Kap. 2.3.2.1**) Ein weiterer Austragsweg von Kohlenstoff aus Mooren ist in gelöster organischer Form (DOC) über den Abfluss in Grund- und Oberflächengewässer. Aus der Senkenfunktion ergibt sich ein indirekter Nutzen für den Menschen durch die Rückkopplungswirkung auf das Globalklima (siehe **Kap. 2.3.3**). Als Indikatoren dienen die *Torfakkumulationsrate* sowie der Grundwasserstand (*Wasserstufe*), da nur in überfluteten Bereichen Mineralisierungsprozesse verlangsamt werden und die Kohlenstoffbindung erfolgt. Spurengasemissionen aus Moorkörpern sind sehr variabel und multifaktoriell von Standort, Witterung, Torfsubstrat, Pflanzenentwicklung abhängig. Um die Klimarelevanz einschätzen zu können, ist daher eine konkrete Spurengas-Bilanzierung notwendig. Aufgrund der hohen Klimawirksamkeit von Methan und den erhöhten Methan-Stoffflüssen bei hohen Wasserständen, können auch intakte Moore mit treibhausgasverstärkenden Effekten verbunden sein. Gleichwohl ist zu beachten, dass entwässerte Moore in der Summe durch die mit der Belüftung des Torfkörpers einhergehende Netto-CO_2-Freisetzung und hohe Lachgasemissionen eine drastisch höhere Treibhausgasrelevanz aufweisen als intakte oder wiedervernässte Systeme (vgl. SUKKOW & JOOSTEN 2001: 36). Ein weiterer Nutzen der Torfakkumulation besteht aus wissenschaftlicher Sicht in der Archivierung vergangener Vegetationsformen, ihrer Zusammensetzungen, landschaftsökologische Prozesse und Veränderungen, die durch die Festlegung des Pflanzenmaterials im Torf auf lange Zeit gespeichert sind. Aus der Rekonstruktion der paläoökologischen Moorgenese lässt sich ein wissenschaftlicher Erkenntnisgewinn ziehen, der auch für aktuelle Fragestellungen auswertbar sein kann.

2.2.2 Der Wasserhaushalt

Wasser ist eine Grundvoraussetzung allen Lebens. Es zirkuliert in einem globalen geochemischen Stoffkreislauf, der über Atmosphäre, Hydrosphäre, Kryosphäre und Limnosphäre alle Wasserreservoirs der Erde miteinander verbindet (dargestellt in ***Abb. 5***).

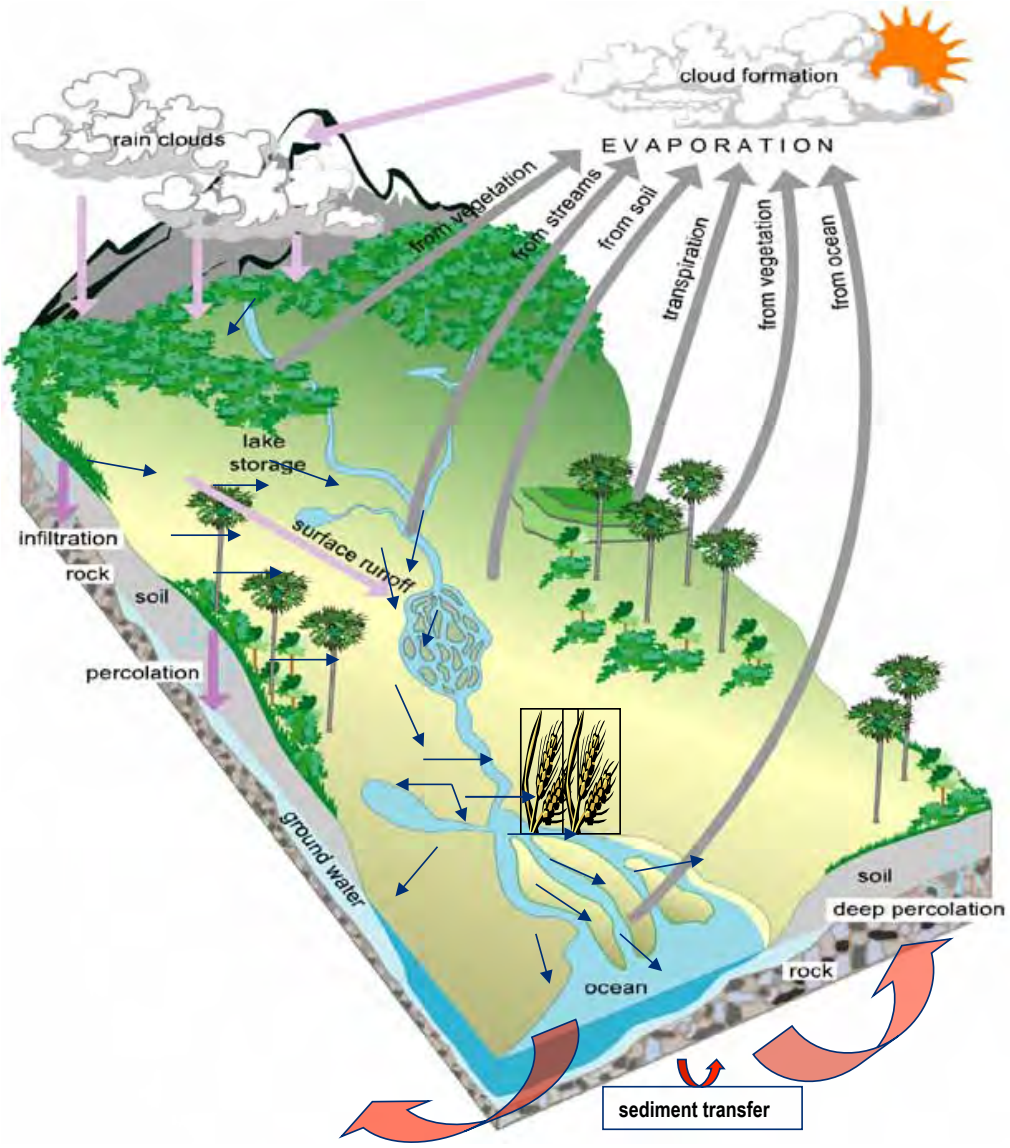


Abb. 5: *Der globale Wasserkreislauf* (Quelle: TEEB 2013: 06)

Dabei durchläuft Wasser alle Aggregatzustände und ist eng an die physikalischen Prozesse Verdunstung (Evaporation, Transpiration, Sublimation), Niederschlag (Regen,

Schnee, Nebel, Tau) und Eisbildung gebunden. Auf der Erde befinden sich ca. 1,4 Milliarden Kubikkilometer Wasser, von denen nur etwa 0,014 % in Form verfügbaren Süßwassers vorliegen (vgl. SCHLUNGBAUM & SELIG 2013, MAYER-TASCH 2009). Ein großer Teil der globalen Süßwasservorräte ist in Gletschern oder im ewigen Eis gebunden oder befinden sich unter der Erde als Grundwasser. Steigender Wasserverbrauch, u. a. wegen des globalen Bevölkerungswachstums, und die daraus resultierende Übernutzung und Verschmutzung sorgen für eine stetige Verknappung der globalen Süßwasservorräte (vgl. MAYER-TASCH 2009:65 ff., 100). Der Klimawandel verstärkt diese Tendenzen zusätzlich, da die Erderwärmung vielerorts zu hohen Verdunstungsraten in Flüssen und Stauseen führt, die Wasserqualität beeinträchtigt und in bestimmten Regionen der Erde mit der Ausbreitung von Dürren und einer Abnahme der Niederschläge einhergeht (vgl. WBGU 2005: 67 ff.). Aber Wasser hat nicht nur als Lebensmittel für den Menschen große Bedeutung, sondern ist auch unerlässlich für die tierische und pflanzliche Nahrungsmittelproduktion. Aufgrund seiner Schlüsselrolle innerhalb der Stoffkreisläufe ist der Wasserkreislauf zudem ein entscheidender Faktor bei der Bereitstellung von Nährstoffen in Ökosystemen und bei der Klimaregulation. Im internationalen Zusammenhang wird Wasser als Kernelement nachhaltiger Entwicklung begriffen[21], und die Bemühungen zum Erhalt, Schutz und nachhaltigen Nutzung von Ökosystemelementen, die im Zusammenhang mit Wasser stehen (Feuchtgebiete, Auen, Moore), werden als prioritäre Ziele lokaler und nationaler Aktionen und internationaler Zusammenarbeit begriffen (RAMSAR CONVENTION SECRETARIAT 2013, UN 1976). Im Folgenden werden diejenigen Leistungen beschrieben, die Moore als wasserbezogene Ökosysteme erbringen.

2.2.2.1 Wasserreinigung

Die Funktion der Wasserreinigung steht im engen Zusammenhang mit der Senkenfunktion von Mooren innerhalb der Stoffkreisläufe (siehe **Kap. 2.2.3**). Die Komponenten der Lithosphäre bestimmen als sogenannte Basislage je nach Lagerungsdichte, Gehalt an Tonsubstanz, Art des formbeständigen Feinbodengerüsts und Ausprägung des Porensystems die Bedingungen der Stauwasserschicht. Moore bilden wassergesättigte Bodenregime, innerhalb derer Wasserbewegungen als gesättigtes Fließen entlang des hydraulischen Gradienten erfolgen und mit dem Porensystem und der davon abhäng-

[21] Durch die UNCED im Rahmen der Rio+20-Konferenz 2012 unter Punkt 122. folgendermaßen zum Ausdruck gebracht: „*We recognize the key role that ecosystems play in maintaining water quantity and quality and support actions within the respective national boundaries to protect and sustainably manage these ecosystems.*“ (RUSSI et al. 2013: 6).

igen hydraulischen Leitfähigkeit in Zusammenhang stehen. Insofern sind Wasserbewegungen nur in Moorsystemen anzutreffen, in denen der Moorwasserstand nicht dem Grundwasserstand entspricht, wie es in Durchströmungsmooren mit lateralem Grundwasserfluss der Fall ist. In diesem Fall bilden die Eigenschaften des Bodengefüges (Körnung, Porengröße, Porenform und Porenkontinuität) die Faktoren der Wasserdurchlässigkeit (kf-Wert), die im Bodenprofil durch den vertikalen Dichtezuwachs nach unten hin abnimmt, wodurch wiederum die Filterwirkung steigt (MÜCKENHAUSEN 1975, KLINGENFUß et al. 2015). Für die abiotische Filterwirkung im Zusammenspiel zwischen Hydro- und Lithosphäre sind chemisch-physikalische Vorgänge des Stoffaustauschs wie Sorption/Desorption und Ionenaustausch in Abhängigkeit von Reaktion und Pufferung (Säuregrad, pH), Redox-Verhältnissen sowie Flockungsvorgängen oder Peptisation im kolloidalen Bereich verantwortlich. Bei diesen abiotischen Vorgängen können im Wasser gelöste Stoffe (sowohl Nähr- als auch Schadstoffe) an organische Partikel gebunden werden. In flurnahen Moorsystemen[22] mit Torfbildung greifen zur Filterwirkung des Wassers biotische Vorgänge der Akkumulation während des Torfwachstums, bei dem im Wasser gelöste Stoffe in pflanzenverfügbarer Form aufgenommen werden und im organischen Material der Torfpflanzen festgelegt werden. Aufgrund der langsamen Abbauraten unter Sauerstoffmangel im sauren Milieu des Moorwassers können diese Festlegungsprozesse als Senkenfunktion für Nähr- und Schadstoffe (z. B. Schwermetalle) betrachtet werden. Der indirekte Nutzen dieser Regulierungsleistung leitet sich aus der Eutrophierungsproblematik im Zusammenhang mit Nitrat- und Phosphatüberschüssen von Grund- und Oberflächengewässern, der ökologischen Belastung derselben durch Schwermetalle und der Reinhaltungsproblematik von Trinkwasser ab (SRU 2015, DEUTSCHER BUNDESTAG 2015, BMUB 2017). Daraus ergeben sich unmittelbare konsumptive Nutzen in Form von Versorgungsleistungen für den Menschen: Zum einen sprechen gereinigte Oberflächengewässer für eine intaktere Biozönose von Süßwasserfischen (siehe **Kap. 2.2.1.1**), zum anderen kann potentiell eine Einsparung der Kosten für die technische Trinkwasseraufbereitung ermittelt und daraus ein monetärer Wert abgeleitet werden[23]. Die Belastungssituation des Trinkwassers mit Nitrat beispielsweise (vgl. DEUTSCHER BUNDESTAG 2015:80) spiegelt die gesundheitliche Dimension der Wasserreinigungsfunktion für den Menschen wieder. Durch die Resilienz fördernde Wirkung der Wasserreinigung in Bezug auf das Gesamtsystem werden

[22] Torfbildung ist an Wasserstände der Wasserstufen 5+ (bedingt auch 4+) gebunden. In darunterliegenden Wasserstufen (2+ und 3+) setzen Degradierung, Mineralisation und in der Folge Nährstofffreisetzungsprozesse ein, wodurch sich Moore zu Stoffquellen entwickeln (vgl. KLINGENFUSS et al. 2015).

[23] Nährstoffausträge verursachen hohe Kosten bei der Wasseraufbereitung in Kläranlagen (TEEB DE 2012)

Artenvielfalt und Heterogenität des Naturhaushaltes stabilisiert, sodass ebenfalls ein kultureller Nutzen im Sinne des ästhetischen Landschaftsempfindens daraus erwächst. Voraussetzung für die Senkenfunktion ist allerdings, dass es in Folge einer Wiedervernässung nicht zu erhöhten Austrägen von Nährstoffen kommt. Im Fall von Nitrat kann dies je nach Grad der Wiedervernässung durch wechselfeuchte Milieus bei Wasserständen unter Flur der Fall sein, da dann Mineralisierungsprozesse zu erhöhten Nitratkonzentrationen im Moorwasser führen. Auch auf die Phosphor-Freisetzung wirken sich Milieuwechsel zwischen anoxischen und oxischen Bedingungen begünstigend aus: Durch die bei Wiedervernässung einsetzenden reduktiven Bedingungen kann es nach Auflösung der Eisen(III)-Verbindungen zu hohen Dissoziationen von Phosphat ins Moorwasser kommen. Außerdem werden die Nährstoffausträge maßgeblich durch die hydrologisch und klimatisch bedingte Abflussmenge beeinflusst, sodass die Stoffsenkenfunktion je nach Standortbedingungen variieren kann und situativ geprüft werden muss. Indikatoren dieser Senkenfunktion sind Wasserstand (*Wasserstufe*) und Torfwachstumsraten (*Akkumulationsrate*) in Kombination mit der standortspezifischen (torfbildenden) *Vegetation* als Zeigerfunktion der Bodenwasserverhältnisse (KLINGENFUSS et al. 2015). Auch die *Nitrat- und Phosphatausträge* in angrenzende Grund- und Oberflächengewässer können als Indikatoren dienen.

2.2.2.2 Retention

Wasserretention in Böden ist an die Beziehung zwischen Wassergehalt und Saugspannung gekoppelt und daher vor allem abhängig von Porenvolumen und Porengrößenverteilung. Das Retentionspotenzial wird in der sogenannten pF-Kurve ausgedrückt (dekadischer Logarithmus der Saugspannung in cm Wassersäule)[24], die in Torfen je nach C_{org}-Gehalt, Zersetzungsgrad, Genese, Stratigraphie, Lagerungsdichte und Porosität variiert (vgl. TIEMEYER et al. 2016). Ein geringerer Zersetzungsgrad des Torfes geht mit einem höheren Sättigungsvermögen einher, sodass selbiges, wie auch die hydraulische Leitfähigkeit, durch die kompressionsbedingte höhere Dichte mit zunehmender Tiefe vom Akrotelm ins Katotelm vertikal abnimmt. Die grobporigere Struktur des oberen Akrotelms bewirkt bei Wasserzustrom, dass Wasserspiegelschwankungen bis zu einem gewissen Grad ausgeglichen werden können (vgl. NUSKO 2011: 22). Bei der Wasserspeicherung in Mooren kann zwischen der statischen Speicherkomponente in Form des

[24] Der pF-Wert wird auch als Matrixpotenzial bezeichnet und steht mit den Kapillarkräften so in Zusammenhang, dass der Wert bei völliger Wassersättigung $\Psi_m = 0$ ist. Je geringer der Wassergehalt, desto negativer der Wert. Diese beiden Werte sind entsprechend negativ korreliert: Mit zunehmender Entfernung vom Grundwasser steigt die Saugspannung, wohingegen die Wassersättigung sinkt.

Wassers der permanent wassergesättigten Zone und der dynamischen Speicheränderung, die je nach Wasserdargebot und Quellverhalten des Moorprofils (hydrodynamisch) und der Vegetation (pflanzenphysiologisch) variiert, unterschieden werden (vgl. MEYER 2011: 29). Der statische Speicher hängt von der Mächtigkeit des Moorkörpers ab, da er mit dem Porenvolumen des Katotelms korreliert ist. Die hydrodynamischen Parameter stehen in Zusammenhang mit dem Untergrund und den Substraten: Gering wasserleitende Substrate, wie Mudden, vermindern Versickerungsverluste und wirken stabilisierend auf den statischen Speicher (KLINGENFUSS et al. 2015). Das Oszillationspotenzial ist abhängig von aktiven Luftpolstern innerhalb der Vegetation im Akrotelm, die sich je nach Wasserdargebot auffüllen. Auf diese Art dehnt sich das Akrotelm bei hohem Wasserstand aus und zieht sich bei Wasserknappheit zusammen (Mooratmung). Vor allem emersive Arten tragen durch luftreiche und flache Wurzelgewebe dazu bei, dass sich das Speichervolumen dynamisch ändert. Tiefwurzelnde Pflanzengesellschaften hingegen fixieren das Akrotelm mit dem Untergrund, sodass wenig bis keine Bewegung erfolgen kann (SUKKO & JOOSTEN 2001). Ein Moor kann allerdings nicht mehr Wasser aufnehmen, als seinem Aufspeicherungsvermögen entspricht, sodass es bei weiterem Wasserzustrom zu einem lateralen Abfluss kommt. Das laterale Abflussverhalten wird von den Faktoren des Geotops bzw. der Hangneigung mitbestimmt. Bei niedrigem Wasserdargebot und höheren Verdunstungsraten, wie es unter warmen Temperaturen im Sommer der Fall sein kann, verhindert die vertikale hydraulische Porenstruktur aufgrund der zunehmenden Saugspannung in die Tiefe das Abfließen des Wassers. Dieses Phänomen der hydraulischen Selbstregulation ist im Sinne des Retentionsvermögens vor allem in Trockenperioden von Bedeutung, da dann das Moor als Landschaftswasserspeicher fungieren kann. Im Zusammenhang mit Hochwasserereignissen können Moore als Retentionsraum fungieren und einen mindernden Einfluss auf Abflussspitzen ausüben, wenn sie sich im Einzugsgebiet eines Fließgewässers mit Hochwasserproblematik befinden. In einem solchen Fall ergibt sich ein direkter, ggf. sogar monetärer Nutzen aus der Abmilderung von Hochwasserereignissen durch die Verringerung damit verbundener Kosten. Auch wenn keine Relevanz für den Hochwasserschutz vorliegt, haben Moore durch die Verdunstungsleistung einen günstigen Einfluss auf den Landschaftswasserhaushalt in Trockenperioden. Sie tragen damit zum Schutz der Vegetation vor Trockenschäden bei. Dieser indirekte Nutzen spielt möglicherweise im Hinblick auf klimawandelbedingt steigende Temperaturregime im Sommer zukünftig eine Rolle.

Als Indikator für die Wasserretentionseigenschaften eines Moores dienen analog zum Oszillationsvermögen *Mächtigkeit* und *Vegetationsform des Akrotelms*. Kommen vermehrt Helophyten wie Kleinseggenarten und oberflächlich wurzelnde Kräuter vor, steigt

das dynamische Speichervolumen. Die *Wasserstufe* ist ein weiterer Indikator: Durch höhere Wasserverfügbarkeit im Porenvolumen wird ein Puffer für Verdunstungsleistungen in Trockenperioden gebildet (siehe **Kap. 2.2.2.1**). Auch das *Substrat* liefert Informationen über die Retentionseigenschaften: Hohe Schluff- und Tonanteile weisen ein höheres Wasserspeicherpotenzial auf. Als Indikator für potentielle Hochwasserretentionseigenschaften dient die Einbettung in ein *Überflutungsgebiet* eines Fließgewässers (KLINGENFUSS et al. 2015).

2.2.2.3 Grundwasserneubildung

Grundwasser ist als das unterirdische Wasser in Böden und Gesteinen definiert, das in der gesättigten Zone unterhalb des Grundwasserspiegels auftritt. Innerhalb dieser Bodenzone fließt es entlang des hydraulischen Gradienten von Gebieten, in denen es durch Infiltration von Oberflächenwasser aufgefüllt wird, zu Gebieten, in denen es wieder austritt, wobei es zu unterschiedlich langen Verweilzeiten kommen kann, innerhalb derer chemische Transformationsprozesse die Beschaffenheit des Wassers verändern. Die Gundwasserneubildungsrate wird nach DIN 4049-3 (1994) als Zugang des infiltrierten Wassers durch den Sickerraum zum Grundwasser definiert. Sie ist somit eine Bilanzgröße des Landschaftswasserhaushaltes und gleichzeitig auch eine wichtige Voraussetzung für die Versorgungssicherheit in Bezug auf sauberes Trinkwasser (BAUMEISTER et al. 2017). Die an der Grundwasserneubildung beteiligten Prozesse des Wasserhaushaltes sind Niederschlag, Abfluss und Verdunstung. Für die Berechnung wird der Gebietsniederschlag als Input und die Evapotranspiration als Größe der maximalen potentiellen Verdunstung, also als Output angenommen. Der sich daraus ergebende Überschuss geht in Abhängigkeit der geologischen Verhältnisse als Gebietsabfluss in die Gleichung ein (MEYER & TESMER 2000). Man unterscheidet dabei in die Abflusskomponenten oberirdischer Abfluss und Zwischenabfluss (*interflow*). Überwiegen im anstehenden Gestein wasserdurchlässige Schichten und eine geringe Klüftung, steigt der Anteil an oberirdischem Abfluss. Bei Vorhandensein periglazialer Deckschichten auf geneigten Hanglagen überwiegt hingegen der Zwischenabfluss, der dann oberflächennah über das Gewässernetz in angrenzende Vorfluter abtransportiert wird und der Grundwasserneubildung nicht zur Verfügung steht (vgl. SPALTENBERGER o.D.:4). Weitere Bodenfaktoren, die die Verfügbarkeit des Wassers zur Grundwasserneubildung mitbestimmen, sind das Wasserrückhaltevermögen des Substrats, das in Abhängigkeit von Körnung, Lagerungsdichte und Humusgehalt des Bodens die Größe der nutzbaren Feldkapazität bestimmt, sowie der kapillare Aufstieg, der als klimaabhängige Größe entlang des hydraulischen Gradienten von Matrix- und Gravitationspotenzial bestimmt

wird. Das Gravitationspotenzial (Ψ_z) stellt die vertikal nach unten gerichtete Kraft dar, wohingegen das Matrixpotenzial (Ψ_m) die nach oben gerichtete Saugspannung ist, die mit zunehmender Entfernung von der Grundwasseroberfläche bzw. mit abnehmender Wassersättigung steigt. Zum kapillaren Aufstieg kommt es entsprechend des Verhältnisses zwischen diesen Größen, wenn das Matrixpotenzial das Gravitationspotenzial übersteigt (vgl. SCHÜLER 1999:66). Überwiegt der kapillare Aufstieg im Boden, kommt es zu negativen Werten für die Grundwasserneubildung, die allerdings erst bei Verbrauch der Bodenwasservorräte tatsächlich abnimmt (vgl. SCHÜLER 1999:86). Zur Berechnung der Grundwasserneubildungsrate sind nach SCHÜLER (1999) auf Grundlage folgender Wasserbilanzgleichung genaue Kenntnisse zu den Berechnungsgrößen notwendig:

$$V - kA = N_B - E - T - \delta \Theta$$

V = Versickerung kA = kapillarer Aufstieg N_B = Bestandesniederschlag
E = Evaporation T = Transpiration $\delta \Theta$ = Veränderung des Bodenwasservorrats

Durch die in **Kap. 2.2.1.2** beschriebenen Retentionsprozesse und das damit einhergehende verzögerte Abflussverhalten tragen Moore potentiell zur Versickerung von Oberflächenwasser in tiefere Grundwasserschichten und somit zur Grundwasserneubildung bei. Auch in Mooren, die nicht unmittelbar grundwassergespeist sind, kann die Grundwasserneubildung je nach Sickerrate an der Moorunterkante stattfinden. Grundwasser trägt zu einem erheblichen Teil zur bundesdeutschen Trinkwasserversorgung bei. Die Priorisierung des Grundwassers für die Trinkwassergewinnung liegt im Vergleich zu Oberflächengewässern in der hydrogeologischen Entkeimung pathogener Erreger begründet, die den Aufbereitungsaufwand verringert. Der direkte konsumptive Nutzen dieser Ökosystemfunktion liegt daher in der Bereitstellung sauberen Trinkwassers. Für die Grundwasserneubildungsrate dienen als Indikatoren die *Wasserbilanz* (Speisung aus Niederschlag und Zuflüssen), der *oberirdische Abfluss*, die *Verdunstungsrate* (Evapotranspiration) und das *Retentionspotenzial* (KLINGENFUSS et al. 2015).

2.2.3 Klimaregulierende Wirkungsmechanismen

2.2.3.1 Verdunstung und Kühlungsleistung

Aufgrund ihrer Einbettung in den Wasserhaushalt sind Moore stark klimaabhängige Biotoptypen. Klimaregulierende Rückkopplungswirkungen der Moore auf das Regionalklima sind durch die in **Kap. 2.1** beschriebenen Prozesse der Evapotranspiration und damit einhergehender Nebelbildung und Kaltluftentstehung verbunden. Durch die physikalischen Vorgänge bei der Verdunstung flüssigen Wassers in die Gasphase und dessen vertikalen Transport in die Atmosphäre sind Wasser- und Energiekreislauf miteinander gekoppelt. Der Energieaustausch erfolgt über den Verdunstungswärmestrom, durch den die während des Verdunstungsprozesses im Wasserdampf gespeicherte Energie an die Atmosphäre abgegeben wird (OSTROWSKI 2014, HUTTER 1991). Die Verdunstungsrate ist von standörtlichen Faktoren wie Geländerelief/Exposition, Strahlungsbilanz, der Vegetationsform (artspezifische Verdunstungsrate) und ihres phänologischen Verlaufs (Evaporation) sowie von der Wasserstufe des Moores abhängig und variiert je nach Temperaturamplitude im jahreszeitlichen Verlauf. Nach der BOLTZMANN-Verteilung steigt in Trockenperioden das Verdunstungspotenzial analog zum Sättigungsdampfdruck mit steigenden Lufttemperaturen in Abhängigkeit zur Größe der Wasseroberfläche und der Luftbewegung (Wind). Die Verdunstung ist daher umso geringer, je feuchter und kühler die Umgebungsluft ist (ROEDEL & WAGNER 2010, FLÜHLER & ROTH 2004). Bei offenen Wasserflächen findet eine permanente Wassernachlieferung für Verdunstungsprozesse statt, sodass die reale Verdunstung der potenziellen Verdunstung entspricht. Für die tatsächliche Verdunstung kommen als Faktoren die Vegetation (Transpiration) und der aus ihr und dem Boden erfolgende kapillare Aufstieg hinzu. Reichen im Akrotelm kleinere Poren höher hinauf, steigt der kapillare Aufstieg und somit auch die Verdunstungsleistung (SUKKOW & JOOSTEN 2001). Grundsätzlich gilt, dass sich die tatsächliche Verdunstung mit steigendem zur Verfügung stehendem Wassergehalt der potenziellen Verdunstung annähert. Je höher also die Wasserstufe eines Moores ist, desto größer die potentielle Verdunstungsleistung[25]. Dementsprechend kann sich auch die Moorgröße auf die Verdunstungsrate auswirken, wobei sich der advektive Verdunstungsanteil in großen Mooren auf die Moorränder beschränkt. Die zur Verdunstung benötigte Energie wird

[25] „Bei Wasserständen zwischen ca. 25 cm bis maximal 50 cm unter Flur [kann man] von optimaler Wasserzufuhr, also potentieller Verdunstung sprechen [...]. Sie ist mit zunehmendem Grundwasserflurabstand immer weniger vom Sättigungsdefizit und der Globalstrahlung abhängig, da der kapillare Aufstieg aus dem Grundwasser immer geringer sowie der Einfluss von Haft- und Sickerwasser auf die Evapotranspiration immer größer wird“ (MUNDEL 1982a in SUKKOW & JOOSTEN 2001: 211).

der Umgebung nach den Gesetzen der Thermodynamik in Form von latentem Wärmefluss entzogen, sodass dadurch von einer Verdunstungskühlung gesprochen werden kann (HUTTER 1991). Diese mikroklimatische Kühlungswirkung ist vor allem für Arten der Feuchtgebiete, die bei hohen Temperaturen schnell unter Trockenstress leiden, von Bedeutung. Der Nutzen dieser Landschaftsfunktion ist insofern systemisch begründet und ist in der Stabilität der Biozönosen zu suchen (indirekter Nutzwert). Die Kühlungsleistung wird durch Faktoren, die die Strahlungsintensität und Advektion an einem Standort einschränken, herabgesetzt, sodass sich größere Gehölze oder Moorwald durch Schattenwurf und Windschutz hemmend darauf auswirken. Indikatoren für die Kühlungsleistung sind die Menge des zur Verfügung stehenden Wassers (*Wasserstufe*), die *expositionellen Gegebenheiten*, die zur Entstehung von Kaltluft und deren Luftmasseaustausch führen (z. B. Hangneigung, Hangexposition, Windverhältnisse) und die *Strahlungsbilanz* des Standortes (KLINGENFUSS et al. 2015).

2.2.3.2 Globale Klimawirksamkeit

Die Funktion der Moore für das Globalklima steht in unmittelbaren Zusammenhang mit der Kohlenstoffspeicherfunktion dieser Lebensräume (siehe **Kap. 2.2.1.3**). Menschliche Aktivitäten seit Beginn der Industrialisierung haben dazu geführt, dass die Treibhausgaskonzentration in der Atmosphäre mit zunehmender Geschwindigkeit ansteigt, wobei CO_2 neben Methan und Lachgas den größten Beitrag zum Treibhausgaseffekt leistet. Innerhalb ihrer physikalischen Absorptionsbande absorbieren diese Gase die von der Erdoberfläche ausgehende Infrarotstrahlung und emittieren sie innerhalb ihrer Emissionsbande wieder. Nach dem KIRCHHOFF´schen Strahlungsgesetz tritt in der Folge eine Erwärmung der Troposphäre ein, die die Verdunstungsrate und somit die Wasserdampfgehalte der Luft erhöht, wodurch eine positive Rückkopplung einsetzt, die den Treibhauseffekt weiter verstärkt (BOGUMIL 2005). Methan kann innerhalb der Troposphäre zur Bildung von Ozon beitragen ($CH_4 + 4O_2 \rightarrow CH_2O + H_2O + 2O_3$), dessen biologische Wirkung sich in Zellmembranschäden und Lähmungen der Spaltöffnungen bei Pflanzen (SMIDT 2004) und auch als Zellgift für den menschlichen Organismus zeigen kann (SCHNEIDEMESSER et a. 2015). Innerhalb der Stratosphäre hingegen trägt es, wie auch N_2O, zum Abbau der dortigen Ozonschicht bei. Methan fungiert dort als Quellgas für Wasserdampf, der sich in Kombination mit sogenannten Reservoirgasen (z.B. HCl), die eine lange Verweildauer haben, zu einem Katalysator mit hohen Ozon-Zerstörungsraten entwickeln kann. Lachgas wiederum weist eine unmittelbar ozonabbauende Katalysereaktion mit hohem Wirkmechanismus auf ($N_2O + O\ (^1O) \rightarrow 2\ NO + O_3 \rightarrow O_2 + NO_2$, $NO_2 + O \rightarrow O_2 + NO \rightarrow \circlearrowleft$). CO_2 erreicht nur in geringen Konzentrationen die

Stratosphäre absorbiert zwar zu einem Teil die dortige Infrarotstrahlung, allerdings übertrifft die Emission in den Weltraum die Absorptionsleistung, sodass ein Energiedefizit eintritt, das zu einer Abkühlung der Stratosphäre führt. Viele chemische Reaktionen in der Atmosphäre sind temperaturabhängig, so zum Beispiel die Bildung von irisierenden Perlmuttwolken, die bei sehr niedrigen Temperaturen, vor allem während der dunkeln Polarnacht über dem Südpol, zur Ansammlung von Reservoirgasen führen, die durch die nachwinterlich einsetzende Sonnenstrahlung schlagartig in großer Zahl photodissoziieren und den Abbau der Ozonschicht weiter vorantreiben (DAMERIS 2005). Diese Zusammenhänge machen deutlich, wie komplex die Wirkmechanismen des globalen Klimawandels sind. Sensible Standorte mit hoher Vulnerabilität und mäßiger Resilienz gegenüber Störungen sind vom Klimawandel besonders betroffen. Arealverluste sind für viele Arten der Feuchtgebiete bereits dokumentiert und gefährden die biologische Vielfalt dieser Systeme. Nährstoffeinträge aus der Umgebung wie der atmosphärischen Stickstoffdeposition gefährden diese hochspezialisierten Lebensräume zusätzlich. Die Bedeutung von Feuchtgebieten und Mooren als Kohlenstoffsenke ist zwar zunehmend auch in den Fokus politischer Entscheidungsträger gerückt[26], der anthropogene Eintrag von Luftstickstoff gefährdet allerdings den langfristigen Erfolg der Renaturierung von Moorgebieten, die zur Torfbildung auf nährstoffarme Bodenmilieus angewiesen sind. Eine geringere Torfakkumulation wirkt sich wiederum negativ auf das Kohlenstoffspeicherpotenzial aus. Um als Kohlenstoffsenken fungieren zu können, sind daher nicht nur Maßnahmen der Wiederherstellung von Feuchtgebieten gefragt, sondern auch solche der Luftreinhaltung.

2.2.4 Biotopfunktion

Das Biotop in seiner Funktion als Lebensraum setzt sich sowohl aus abiotischen Parametern wie den Standortbedingungen und aus biotischen Parametern wie der Artenausstattung zusammen. Die Artenausstattung in Mooren ist auf die besonderen Standortbedingungen des Feuchtbiotops spezialisiert und ist nicht durch die Quantität der Biodiversität gekennzeichnet, wohl aber durch den qualitativen Aspekt des Vorkommens seltener Arten. Viele dieser Arten werden durch die Überlagerung der Effekte von Lebensraumzerstörung und steigenden Jahresmitteltemperaturen bedroht. Kalt-stenotherme Arten der Feuchtgebiete sind in ihrer ökologischen Amplitude an bestimmte Standortbe-

[26] Das UBA hat als Schätzung externer Umweltkosten einen zentralen Schätzwert von 70 €/t CO_{2-eq} als marginale Schadenskosten für öffentliche Investitionen angesetzt (ESSL, RABITSCH 2013: 267).

dingungen geknüpft, die sie im Lebensraum Moor vorfinden. Der Kühlungseffekt der Verdunstungsleistung spielt dabei ebenso eine wesentliche Rolle wie ein ausgeglichener Moorwasserstand und die Wechselbeziehungen zu anderen standortspezifischen Arten. Stenöke Arten weisen einen niedrigen Grad der biologischen Resilienz gegenüber Störungen auf, sodass die Lebensgemeinschaften der Moore häufig empfindliche Systeme mit hoher Vulnerabilität darstellen (ESSL & RABITSCH 2013). Durch den Erhalt dieser seltenen Arten und ihrer Biotope wird die Vielfalt der regional vorkommenden Lebensraummosaike und des naturräumlichen genetischen Pools sichergestellt und somit die Ökosystem-Diversität des regionalen Gesamtsystems gestärkt. Durch die Einbettung in Großlebensräume steigern Moore mit ihrem kleinstandörtlichen Artenspektrum deren Gesamtdiversität, Widerstandsfähigkeit und Anpassungsfähigkeit gegenüber Störungen und Veränderungen. Die Biotopfunktion erfüllt somit in Bezug auf ÖSDL verschiedene Nutzwerte: Den Optionswert für bislang unbekannte künftige Nutzungen, einen direkten nicht-verbrauchenden Nutzwert im Rahmen der Freizeiterholung (siehe **Kap. 2.2.5**), den indirekten Nutzwert durch die stabilisierende Wirkung auf das Gesamtsystem, den Vermächtniswert der Erhaltung der existierenden Vielfalt für künftige Generationen sowie den Existenzwert, der jeder Art als Eigenwert immanent ist. Als Indikator dieser Lebensraumfunktion kann die Naturnähe dienen, die im Moorlebensraum die wesentlichen Parameter für die Existenz standortangepasster Arten bildet. Biozönosen von Moorlebensräumen sind an die Standortfaktoren Wasserstand, trophische Verhältnisse und für die Bildung natürlicher Bedingungen notwendige Biotopstrukturen gekoppelt. In Anlehnung an KLINGENFUSS et al. sind demnach die *Naturnähe des Wasserstandes*, die der *Standorttrophie* und die der *Biotopstruktur* entscheidende Indikatoren (KLINGENFUSS et al. 2015:32).

2.2.5 Erholungsfunktion

Der Erholungswert einer Landschaft stellt eine kulturelle Leistung dar und ist eng an subjektives, ästhetisches und spirituelles Empfinden gebunden. Als solcher ist er schwer quantifizierbar. Dennoch lässt sich durch gesundheitsfördernde Effekte der naturräumlichen Erholung auf das menschliche Wohlbefinden der Aspekt der nachhaltigen Sicherung der Qualität eines Lebensraumes als Teil des Vorsorgeprinzips auffassen, wodurch sich eine hohe Schutzfunktion ergibt. Die Sicherung des Erholungswertes von Natur und Landschaft ist bereits in § 1 des BNatSchG als konsistentes Ziel des Naturschutzes und der Landschaftspflege verankert. Die Erholungsfunktion wird in der Landschaftsplanung ebenso wie die Diversität von Landschaften als kulturelles Erbe betrachtet, das neben der Landschaftswahrnehmung von Eigenart, Vielfalt und Schönheit durch das Erleben

vertrauter Landschaft mit ihren Besonderheiten auch eine identitätsstiftende Komponente hat. Inspiration und Ästhetik-Empfinden beim Betrachten von Natur werden als Teil von Kultur und Kunst aufgefasst. Naturbezogene Erholung und Ökotourismus stehen häufig im Zusammenhang mit Naturnähe, typischer Landschaft und dem kleinflächigen Mosaik verschiedener Biotope (vgl. GRUNEWALD & BASTIAN 2013: 264). Moore prägen regionaltypische Landschaften durch ihre Einzigartigkeit und Eigenart, durch den Wechsel der Biotopstrukturen im Vergleich zur Umgebung, das Vorkommen standorttypischer Arten und das Attribut der Seltenheit dieses Biotoptyps[27]. Durch ihre mikroklimatische Kühlungswirkung können sie zum Stressabbau beitragen. Neben psychischen Heileffekten tragen sie über die Verbesserung der Landschaftswasserqualität auch zum konsumptiven Nutzen für das physische menschliche Wohlergehen in Form sauberen Trinkwassers bei. Als Nutzen-Kategorien können Erlebnisnutzen, Optionswert und fremdenverkehrs-wirtschaftliche Nutzen herangezogen werden. Erlebnisnutzen sind monetär über die *Zahlungsbereitschaft* einer Person für die Erholungsaktivität bewertbar. Der Optionswert meint in diesem Fall die Option zur Freizeiterholung, die durch das Angebot entsteht und je nach Nachfrage potentiell in Anspruch genommen werden kann. Der Nutzen für den Fremdenverkehr ergibt sich aus den Einnahmen, die unmittelbar aus dem Tourismus bezogen werden und die regionale Wirtschaft fördern. Beispielsweise kann an die Nutzung des Naturraums zu Erholungszwecken die Vermarktung regionaler Produkte angeschlossen sein, woraus sich ein sozioökonomischer Nutzen für die Region ergibt. Als Indikator dieses Nutzens kann das *Primäreinkommen*, das durch touristische Wertschöpfung erzielt wird, dienen (KLINGENFUSS et al. 2015). Außerdem kann das Tourismuspotenzial anhand der Ausstattung der Region mit landschaftlichen oder kulturellen Besonderheiten, des Bildungs- und Erholungsangebotes sowie über aktuelle Besucherzahlen abgeschätzt werden. Das Besucherpotenzial wird dafür aus den *Anfragen an Informationszentren, Besucherzahlen für Führungen und Naturerlebnispfade* und anhand der *Übernachtungen pro Jahr* ermittelt (vgl. SCHUBERT & JEUTHER 2015 in TIEMEYER et al. 2016: 273), wobei darauf hingewiesen werden muss, dass sich das Potenzial der Region nicht zwingend im aktuellen Angebot der Infrastruktur widerspiegelt. Defizite der Infrastruktur und des Bildungs- und Erholungsangebotes limitieren indes das Tourismuspotenzial, das als Optionswert eine angebotsabhängige Größe darstellt. SCHUBERT & JEUTHER (2015) weisen anhand einer empirischen Studie die Bedeutung

[27] Moore als torfspeichernde Ökosysteme haben in Europa im Vergleich zu anderen Kontinenten enorme Verluste erlitten. Während von den wachsenden Mooren der Welt außerhalb der Tropen bisher etwa 20 % durch menschliche Aktivitäten vernichtet wurden, beläuft sich diese Zahl für Europa auf 60% (SUKKOW & JOOSTEN 2001: 406).

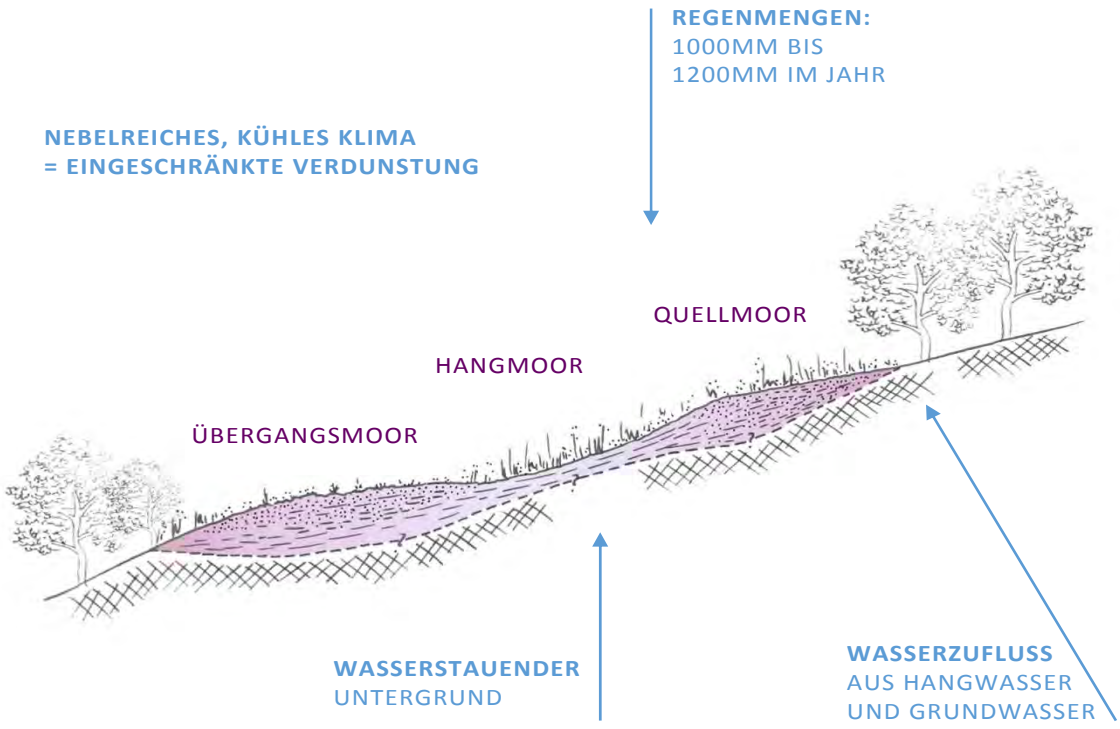
der gezielten Bildungs- und Öffentlichkeitsarbeit für die Steigerung der Sensibilität der lokalen Bevölkerung und der Akzeptanz von Schutzmaßnahmen in Moorökosystemen nach. Sowohl das Tourismuspotenzial als auch die identitätsstiftende Komponente innerhalb der Region sowie die Behebung von Konflikten zwischen Naturschutzzielen und Erholungsnutzung werden demnach in Abhängigkeit vom Informations- und Bildungskonzept betrachtet (SCHUBERT & JEUTHER 2015 in TIEMEYER et al. 2016). Die Attraktivität der Moore für Besucher steigt nach dem Bewertungsverfahren von SCHUBERT & JEUTHER (2015) mit zunehmender *Vielfalt*, geringer anthropogener *Nutzung* und der *Naturnähe*, auch was Pflanzen- und Tierarten betrifft. In die Beurteilung des Informations- und Bildungsangebotes fließt zudem die Bewertung der Störungsempfindlichkeit des Moorgebietes mit ein, da die Erholungsnutzung und auch die Vermittlung der Schutzwürdigkeit für die Steigerung der Akzeptanz mit den Schutzzielen vereinbar sein müssen. Einer hohen *Störungsempfindlichkeit,* zum Beispiel durch seltene, störungsempfindliche Arten, muss durch entsprechende Besucherlenkungs- und Aufklärungskonzepte Rechnung getragen werden (vgl. SCHUBERT & JEUTHER 2015 in TIEMEYER et al. 2016: 284). Für die Entwicklung dieser Konzepte ist im Planungsverlauf von Renaturierungsmaßnahmen zu untersuchen, welche Maßnahmen zur Akzeptanzförderung notwendig sind, wo Defizite des Bildungs- und Erholungsangebotes bestehen und wie die lokale Infrastruktur für diese Zwecke genutzt und ausgebaut werden kann (vgl. SCHUBERT & JEUTHER 2015 in TIEMEYER et al. 2016: 285).

3 Der Untersuchungsraum

Der Hunsrück liegt im Rheinischen Schiefergebirge, dem größten zusammenhängenden deutschen Mittelgebirge, und ist geologisch durch Tonschiefer, Grauwacken und Quarzitgestein geprägt. Aufgrund der unterschiedlichen Verwitterbarkeit dieser geologischen Formationen bildeten sich in denjenigen Gebieten, die von Tonschiefer dominiert sind, stärker verwitterte Bereiche mit Mulden aus, wohingegen die aus dem frühen Devon stammenden Quarzite aufgrund der langsameren Verwitterbarkeit von Südwest bis Nordost ziehende Sättel von 600-800 m ü. NN formen. Auf den Hängen dieser Sättel sammeln sich Schuttdecken aus skelettreichem, basenarmen Material (vgl. SCHAUMBURG 2002: 22), das durch Solifluktion langsam talabwärts gleitet (SCHOLTES & NINDEL 2013, SCHÜLER 2012, SCHOLTES et al. 1997, REICHERT 1975). Innerhalb der Quarzitkämme fungieren Längs- und Querklüfte, die in Form von Rissen und Spalten das Gestein durchziehen, als Grundwasserleiter, wodurch der oberflächennahe Wasser-

transport (Interflow) an den Hängen je nach Neigungsgrad zum Teil hohe Fließgeschwindigkeiten erreichen kann (vgl. SCHAUMBURG et al. 2002: 22). Das Porengrundwasser fließt teilweise auch innerhalb der weniger wasserleitenden, zum Teil mehrere Meter mächtigen Hangschuttlagen vertikal bis zur Stauschicht und oberhalb dieser horizontal talwärts. Dabei kommt es je nach Geologie des Untergrundes bei dichter Lagerung stellenweise zu Wasserstauungen. Bei höherem Skelettanteil des Untergrunds, und dadurch bedingt höherer Durchlässigkeit der Basislage, können auch vertikale Versickerungen auftreten (SCHOLTES 2014). An wasserstauenden Gesteinslagen tritt das grundgesteinsbedingt nährstoffarme Quellwasser stellenweisel aus. Ein Effekt, der in Form höherer Schüttungen unmittelbare Reaktionen auf Niederschläge zeigt. Durch die Bodenwasserversickerungsprozesse wird eine verzögerte Abgabe hoher Niederschlagsmengen an die Umgebung gewährleistet. Durch diese zeitliche Abpufferung hoher Abflussspitzen, vor allem nach längeren Trockenperioden, entfalten die Moore eine potentiell ausgleichende Wirkung auf den Landschaftswasserhaushalt (SCHOLTES & NINDEL 2013, SCHÜLER 2012). Entlang der Basislage der Quarzitzüge bildet sich vor allem in den Wintermonaten und im Frühjahr in den Schuttdecken der Unterhangbereiche Grundwasser (vgl. SCHOLTES & NINDEL 2013: 7), dessen Bildung maßgeblich wichtig für die Schüttung der Sickerquellen und die Wasserversorgung während der folgenden Vegetationsperiode ist (vgl. RUTHSATZ 1999: 15). Die Quellaustritte aus dem Quarzit sorgen für eine hohe, flächenhafte Wasserversorgung aus dem Grundgestein, die die Moorbildung begünstigt. Auch die klimatischen Bedingungen, die durch Niederschläge bis zu 1200 mm/a und submontane bis montane Temperaturregime geprägt sind, begünstigen eine kontinuierliche Vernässung und somit die Moorbildung (vgl. SCHÜLER 2012). HOFFMANN (1957b in SCHOLTES et al. 1997: 24) misst neben den Niederschlägen auch dem Nebelniederschlag in den Höhenlagen über 500 m eine wichtige Bedeutung für die Moorentwicklung zu: Aufgrund der damit verbundenen hohen Luftfeuchte, werden Verdunstungs- und Transpirationsprozesse gehemmt, wodurch mehr Wasser im Moor verbleibt. Der Wind im Untersuchungsraum kommt entsprechend der topographischen Lage aus westlicher und östlicher Richtung. Mit durchschnittlich nur 37 windstillen Tagen im Jahr ist ihm als klimatischer Faktor eine hohe Bedeutung für die Wasserverdunstung beizumessen (vgl. SCHOLTES et al. 1997: 24). ***Abb. 6*** (Anhang) zeigt die Verteilung der Moorstandorte im Untersuchungsraum. An den Berghängen bilden sich, durch den Abfluss des Hangwassers gespeist, im Hunsrück vor allem Hangmoore mit relativ geringmächtigen Torflagen von 30-60 cm oder Quellmoore, die teilweise Torflagen von bis zu 2 m bilden und hangabwärts in kleine Fließgewässer münden (SCHOLTES 2014). Grund-

sätzlich weisen Quellmoore im Vergleich zu anderen Moortypen aufgrund der Versorgung mit sauerstoffreichem Quellwasser eine hohe Torfzersetzung und infolge geringere Torfmächtigkeiten auf (SUCCOW & JESCHKE 1990 in SCHOLTES et al. 1997). Hangmoore sind klimatisch gebunden, da sie stark vom jahreszeitlich schwankendem Wasserangebot abhängig und in ihrem Torfwachstum auf diejenigen Perioden beschränkt sind, in denen es aufgrund hoher Wasserzufuhr zu Überrieselungen des Torfkörpers kommt (SCHOLTES et al. 1997, vgl. SUKKOW & JOOSTEN 2001:350, vgl. JOOSTEN et al. 2017: 45). In Trockenperioden wird das Niederschlagswasser durch Interzeption und Evapotranspiration weitestgehend verbraucht und es kommt in Folge der zeitweiligen Abtrocknung zur Mineralisierung der Torfschicht. Die periodische Speisung und das sich mit dem Höhenwachstum des Torfkörpers vergrößernde Gefälle bedingen, dass Hangmoore in der Regel flachgründig sind und unmittelbar auf dem mineralischen Untergrund auflagern (vgl. SUKKOW & JOOSTEN 2001:350). Da das Wasser im Hangmoor nicht steht, sondern fließt, wird es als soligen bezeichnet (GÖTTLICH 1990: 7). Die Faktoren der Hangmoorbildung sind in ***Abb. 7*** dargestellt.



Faktoren der Moorbildung - stark vereinfachte Darstellung eines Moorquerschnittes, M. Scholtes

***Abb. 7**:* Faktoren der Moorbildung (Quelle: SCHOLTES 2014: 6)

Die im Rahmen des MoorWaldBilnaz-Projektes untersuchten Mooren befinden sich im FFH-Gebiet des Nationalpark Hunsrück-Hochwald auf dem Hunsrück-Hauptkamm. Der Nationalpark wurde im Jahr 2015 als 16. Deutscher Nationalpark ausgewiesen und in den seit 1980 bestehenden, nordöstlichen Teil des Naturparks Saar-Hunsrück integriert (vgl. KABELITZ 2015: 91). Es handelt sich um Staatswaldflächen des Landes Rheinland-Pfalz, die die Gebiete Hochwald und Idarwald abdecken und administrativ in vier rheinlandpfälzische Verbandsgemeinden[28] und zwei saarländische Gemeinden[29] gegliedert sind. Die Flächen sind den Biotoptypen der Zwischenmoore, Moorheiden und Moor- und Bruchwälder zugeordnet und gemäß § 24 LpflG RhPf, § 20 c BNatSchG und der EU-FFH-RL[30] als gefährdete, prioritäre Lebensräume eingestuft (SCHOLTES et al. 1997). Ökologisch betrachtet handelt es sich um offene, oligotroph-saure bis mesotroph-oligotroph-saure Übergangs- und Zwischenmoore der hydrogenetischen Moortypen Quell-, Hang-, vereinzelt auch Nieder- oder Regenmoore, im Hunsrück „Brücher“ genannt, die teilweise durch Moorwaldbestände geprägt sind (vgl. SCHOLTES et al. 1997: 12). Die Hangmoore entwickeln sich auf der durch Quarzit- und Tonschieferstufen verdichteten Basislage, die die Grundlage ihrer Stauwasserversorgung bildet. Da das unterirdische Relief aus kleinflächigen Wechseln geologischer Ausprägung mit unterschiedlichen Verwitterungsstadien besteht, weist das Ausgangssubstrat eine hohe Heterogenität auf. In Folge kommt es zu einer mosaikartigen Ausprägung der Standortverhältnisse (vgl. SCHOLTES et al. 1997: 16). Aus Standortkartierungen von HOFFMANN (1957) und LEHMANN (1986) geht hervor, dass die einzelnen Moore über Vermoorungs- und Vernässungbereiche miteinander in Verbindung stehen und ein sogenanntes Bruchsystem bilden, das über den gesamten Hunsrückhauptkamm quert (vgl. SCHOLTES et al. 1997: 7, SCHOLTES & NINDEL 2013). Die Brücher weisen jeweils Unterschiede hinsichtlich der Hangneigung und Wasserversorgung auf, sodass sich in Abhängigkeit dieser Faktoren auch verschieden große Mosaike unterschiedlicher Ausprägungen des Moortyps bilden (vgl. SCHOLTES 2013: 10). Das Wasserdargebot schwankt jahreszeitlich zwischen hohen Wasserständen in den Wintermonaten und Austrocknung im Sommer (SCHOLTES et al. 1997). Die Böden weisen einen mäßig geringen bis sehr geringen Basengehalt und pH-Werte im sauren bis stark sauren Bereich auf. Das basenarme Ausgangssubstrat des

[28] Birkenfeld, Hermeskeil, Herrstein und Thalfang am Erbeskopf (STAATSVERTRAG 2014, § 1: 31)

[29] Nohfelden und Nonnweiler (STAATSVERTRAG 2014, § 1: 31)

[30] § 24 LPflG RhlPf (Landespflegegesetz Rheinland-Pfalz): Pauschalschutz seltener Arten und Biotope
§ 20 c BNatSchG (Bundesnaturschutzgesetz): Schutz bestimmter Biotope
EU-FFH-RL (Flora-Fauna-Habitat-Richtlinie der Europäischen Union): Erhalt natürlicher Lebensräume und wildlebender Arten

Quarzits, Devonschiefers und Lößlehmschuttdecken führt zur Bildung saurer Braunerden mit Podsolierungstendenzen. Besonders auf den fichtengeprägten Standorten verstärkt der Einfluss der sauren Nadelstreu auf den ohnehin basenarmen Kuppenboden in Kombination mit starken Niederschlägen die Prozesse der Podsolierung (vgl. SCHOLTES et al. 1997: 11). Hangmoore sind zudem durch eine talabwärts gerichtete Nährstoffarmut gekennzeichnet (vgl. SUKKOW & JOOSTEN 2001: 350). Die Hangneigung wirkt sich fördernd auf Erosionsprozesse aus, was besonders unter dem Einfluss anthropogen angelegter Gräben und Wege zur Tiefenerosion führen kann (SCHOLTES & NINDEL 2013). Nach der europäischen FFH-Richtlinie finden sich unter den Mooren im Untersuchungsraum die Lebensraumtypen (LRT) der Übergangs- und Schwingrasenmoore (7140) und Moorwälder (91DO)[31]. Die LRT verfügen jeweils über charakteristische biotische und abiotische Lebensraumausstattungen und weisen Erhaltungszustände der Abstufungen A (hervorragend), B (gut) und C (mittel bis schlecht) auf. Auf den Moorflächen im Untersuchungsraum finden sich allerdings ebenfalls Moorwälder ohne LRT-Status, bei denen Torfmächigkeit oder Vegetationszusammensetzung nicht mit den FFH-LRT kongruent sind (vgl. SCHÄFER & WEY 2013). Für den Untersuchungsraum werden die in **Tab. 2** aufgeführten Teilflächen abgegrenzt (siehe Anhang).

Fasst man die Flächengrößen der als LRT 7140 und 91DO klassifizierten Moorflächen in allen Erhaltungszuständen zusammen, so ergibt sich eine Gesamtfläche von 48, 4617 ha Lebensraum der Hang-, Hoch- und Zwischenmoore nach Anhang FFH-RL (vgl. SCHOLTES & NINDEL 2013: 52). Neben diesen Brüchern zählen auch Riedbruch, Thranenbruch und Langbruch zu den Bruchsystemen des Hunsrückkamms. Sowohl das Palmbruch als auch das Oberluderbruch werden durch aus Klüften austretendes, nährstoffarmes Quellwasser gespeist und bildeten sich in den darunterliegende Quarzitschuttdecken. Sie liegen wie auch das Langbruch am Ober- bzw. Mittelhang der Hochwaldrücken. Thranenbruch und Riedbruch hingegen liegen an den südlichen Mittel- und Unterhängen des Hochwaldes auf Devonschieferformationen und sind in das Quell- und Bachsystem des Thranenbaches integriert (RUTHSATZ 1999). Die Brücher unterscheiden sich zum Teil hinsichtlich ihres hydrologischen Chemismus, vor allem Ionengehalte und Säuregrad betreffend, je nachdem von welchem Quellwasser sie gespeist werden. Die pH-Werte variieren von über 5 und bis zu saureren Gehalten unter pH 4,5, was sich

[31] Nach der EU-Definition sind Moore des LRT 7140 oligo- bis mesotroph-saure und basenreiche Standorte mit oberflächennahem oder anstehendem, nährstoffarmen Mineralbodenwasser, die durch das Vorkommen von Torfmoose und/oder Braunmoose geprägt sind (HOFSTETTER et al. 2011). LRT 91DO umfasst oligotrophe Laub- und Nadelwälder auf feucht-nassem Torfsubstrat mit hohem Grundwasserspiegel (BFN 2017)

jeweils vegetationsökologisch wiederspiegelt, da die biotische Ausstattung an die Austauscher-Pufferbereiche der Substrate des jeweiligen Standorts gebunden ist (vgl. RUTHSATZ 1999: 35). Auf den mäßig-basenarmen Standorten, wie es Riedbruch und Thranenbruch mit pH-Werten über 5 darstellen, überwiegen Erlen- und Birkenbruchwäler. Auf den saureren Standorten wachsen hingegen eher Moorbirkenwälder, die von offenen, meist von Pfeifengras dominierten Flächen durchsetzt sind (vgl. RUTHSATZ 1999: 36). Grundsätzlich finden sich auf den Flächen die Pflanzengesellschaften der Zwischenmoore, Kleinseggenrieder, Moorheiden und Moorwälder im Wechsel mit Borstgrasrasen und Heiden wieder (vgl. SCHOLTES & NINDEL 2013: 14). Zu den floristischen Besonderheiten der Brücher zählen typische Hochmoor-Pflanzenarten, bei denen es sich teilweise um seltene oder wertgeben Arten der LRT handelt. Torfmoos-Gesellschaften der Gattung *Sphagnum* zählen zu den wesentlichen torfbildenden Pflanzengruppen temperierter Regionen (MEISTER & LIEBERT o.D.)[32]. Auch andere Moosvorkommen sind in einigen Brüchern anzutreffen[33], die für den LRT charakteristische Vegetations-Konsortien bilden. SCHOLTES (2013) gibt eine Übersicht über die biotische Ausstattung der Brücher, demnach zu den Zeigerarten, die eine enge Standortbindung aufweisen, schnelle Reaktionen auf Standortveränderungen zeigen und insofern besonders geeignet zur Erfolgskontrolle von Naturnähe und Regenerationserscheinungen sind, folgende Arten zählen: *Moosbeere* (*Vaccinium oxycoccus*), *Scheidiges Wollgras* (*Eriophorum vaginatum*), *Schmalblättriges Wollgras* (*Eriphorum angustifolium*), *Spitzblütige Binse* (*Juncus acutiflorus*) und *Adlerfarn* (*Pteridium aquilinum ssp. Capense*). Von besonderer Bedeutung sind Vorkommen wertgebender Arten nach Anhang der FFH-Richtlinie für die Lebensraumtypen (LRT 7140). **Tab. 3** (siehe Anhang) gibt eine Übersicht über moortypische Arten, ihren Schutzstatus und ihre Zeigerqualität. Allerdings kommen diese Arten nach SCHOLTES nur in geringen Anteilen vor, was auf eine fortgeschrittene Degeneration schließen lässt (vgl. SCHOLTES & NINDEL 2013: 54). Weiterhin sind nicht wertgebende Arten zu nennen, die aufgrund ihrer Standortbindung bestimmte Eigenschaften indizieren, die auf Degenerationsprozesse und Störungen oder auch Naturnähe des Wasserhaushaltes schließen lassen. Die Spitzblütige Binse (*Juncus acutiflorus*) zeigt beispielsweise ganzjährig durchsickerte Bereiche an, wohingegen Pfeifengras (*Molilia caerulea*)

[32] Nach HAUSTEIN (1993, in SCHOLTES & NINDEL 2013) sind für die Brücher folgende Sphagnum-Arten nachgewiesen: *Sphagnum spp. (angustifolium, capillifolia, cuspidatum, fallax, flexuosum, girgensohnii, magellanicum, nemoreum, palustre, papillosum, rubellum, rufescens, russowii, subnitens, tenellum).*

[33] *Aulacomnium palustre, Calypogeia muelleriana, Calypogeia neesiana, var. Meylanii, Cephalozia bicuspidata L., Cephalozia connivens, Dicranella heteromalla, Dicranum scoparium, Hypnum cupressiforme, Kurzia pauciflora, Leucobryum glaucum, Mylia anomala, Odontochisma sphagni, Orthodicranum montanum, Polytrichum commune, Polytrichum strictum, Tetraphis pellucida* (nach HAUSTEIN 1993 in SCHOLTES & NINDEL 2013)

längere Trockenperioden im Jahresverlauf und Adlerfarn (*Pteridium aquilinum*) dauerhaft trockene Bereiche markieren (SCHÄFER & WEY 2013). Die Wälder um die Brücher bieten zudem ideale Biotopbedingungen für *Wildkatze, Schwarzspecht, Hohltaube* und *Raufußkautz* (vgl. SCHOLTES & NINDEL 2013: 14). Die faunistische Ausstattung weist für diesen Lebensraum typische, aber zum Teil sehr seltene Artvorkommen auf. Darunter finden sich neben der *Bechsteinfledermaus*, dem *Skabiosen-Scheckenfalter*, dem *Gemeine Dukatenfalter*, dem *Große Mohrenfalter* und dem *Gemeinen Scheckenfalter* auch diverse Libellen- und Heuschreckenarten. Auf weitere Charakteristika der abiotischen und biotischen Ausstattung wird in **Kap. 4.1** näher eingegangen. Eine Übersicht über die Lage der einzelnen Bruchsysteme innerhalb der Schutzgebiete zeigt ***Abb. 8*** im Anhang.

3.1 Entwicklungsgeschichte und Nutzung der Hunsrück-Moore

3.1.1 Entwicklungsgeschichte

Die Moore im Hunsrück sind vermutlich im Zuge des Wasserüberschusses bei abnehmenden Temperaturen im mittleren Subboreal um 3000 bis 2000 v. Chr. entstanden (SCHOLTES et al. 1997). Wie FRENZEL (1991 in SCHOLTES 2002: 68) anhand pollenanalytischer Untersuchungen an Torfen der Brücher nachweisen konnte, waren die Hunsrückwälder der frühen Jungsteinzeit (ca. 4000 v. Chr.) von Eichen- und Lindenbeständen mit Anteilen von Ulme und Ahorn geprägt. Ab ca. 3000 v.Chr. weist FRENZEL einen Wandel hin zu buchendominierten Wäldern nach, der auf klimatische und anthropogene Ursachen zurückgeführt wird (vgl. SCHOLTES & NINDEL 2013:18). Als Einflüsse auf die Moorbildung werden Nutzungstätigkeiten des Menschen genannt, der durch Rodungen und Waldweidennutzung in die vorherrschende Vegetation eingriff, die Wälder auflichtete und die Entwicklung von Heidelandschaften begünstigte. FRENZEL vermutet, dass durch die nutzungsbedingte Entnahme des Eichen- und Lindenholzes der ursprüngliche Eichenmischwald geschwächt und dadurch die Bedingungen für eine flächenhafte Ausbreitung der Buche ermöglicht wurden. Auch auf Brandrodungen in ehemaligen Siedlungsbereichen des Spätneolithikums konnte durch den Nachweis abgelagerter Holzkohleschichten im Untergrund der Moore geschlossen werden (vgl. FRENZEL 1991 in SCHOLTES & NINDEL 2013: 18). Mit zunehmender Besiedelungsdichte und technischer Weiterentwicklung im Mittelalter und der frühen Neuzeit intensivierte sich die Nutzung der Wälder für Brenn- und Bauholz, Waldweide, Streu, für Köhlerei und Röderwirtschaft (vgl. SCHOLTES et al. 1997: 5). Gegen Ende des ersten Jahrhunderts n.Chr. trugen die

unter dem Bistum Trier in Erscheinung tretenden Waldbesitzer mit steigendem Holzverkauf und künstlich erhöhten Wildbeständen zur fortschreitenden Waldzerstörung und flächenhaften Verheidung bei (vgl. SCHOLTES et al. 1997: 5). Die mit der Übernutzung einhergehende zunehmende Auflichtung der Wälder begünstigte die Vernässung der Brücher und die Entwicklung moortypischer Flora und Fauna. Auch die klimatischen Bedingungen während der Periode der „kleinen Eiszeit" zwischen dem 16. Und dem 19. Jahrhundert trugen mit kalten, trockenen Wintern und kalten, aber wiederum nassen Sommern zur Moorentwicklung bei (vgl. SCHOLTES et al. 1997: 5). Der Nadelholzanbau wird erstmalig gegen Ende des 18. Jahrhunderts schriftlich nachgewiesen und im 19. Jahrhundert fortgesetzt. Mit der Einführung der systematischen Waldbewirtschaftung im Staatswald des Königreichs Preußen wurde die schlagweise Waldbewirtschaftung eingeführt, Buchen- und Fichtenbestände gefördert, ein Wegenetz erschlossen und die Entwässerung der Feuchtstandorte zur Umwandlung der Flächen in erwerbssteigernden Hochwald eingeleitet. Zu Jagdzwecken wurde zudem der Wildbestand absichtlich gefördert (vgl. SCHOLTES et al. 1997: 6), wodurch Fraßschäden das Aufkeimen junger Laubbaum-Sukzessionen zusätzlich erschwert haben dürften. Nach HOFFMANN (1957 a, in SCHOLTES et al. 1997: 6) geht aus Standortkartierungen der 50er Jahre des vergangenen Jahrhunderts eine ökonomisch fokussierte Bewirtschaftungsweise hervor, die erst 1968 in den „Waldbauregeln Trier" durch eine ökologische motivierte Waldentwicklung abgelöst wurde.

3.1.2 Heutige Nutzung

Die Flächen der Brücher liegen heute im seit 2004 als FFH-Gebiete gemeldeten Naturraum Hoch- und Idarwald. Wie ***Abb. 8*** im Anhang zu entnehmen ist, befindet sich ein Großteil der Brücher im Naturschutzgebiet Hangbrücher bei Morbach. Für Nutzungen jeglicher Art gelten dem Schutzstatus entsprechende Regelungen nach dem BNatSchG (§§ 30 ff.), wonach Nutzungen nur in Einklang mit der Verträglichkeit des Schutzinteresses erlaubt sind. Zu den aktuellen Nutzungen im Untersuchungsgebiet zählen Trinkwassergewinnung und daran angebundene Leitungstrassen, forstliche Eingriffe im Rahmen Nationalparkplanung und das damit in Verbindung stehende Forstwegenetz, Jagd, die Erholungsnutzung in Form der Erschließung durch Wanderwege.

<u>Trinkwassergewinnung</u>

Im Untersuchungsgebiet unterhalten die Wasserwerke Morbach und die Gemeinde

Hundheim Trinkwassergewinnungsanlagen. Zudem gibt es verschiedene Quellfassungen, an denen die Entnahme von Trinkwasser möglich ist. ***Abb. 9*** zeigt die Standorte der Quellfassungen entlang der Moorstandorte. Einige der Quellfassung (Spring und Engelswasgeswiese) werden im Grundwasser-Einzugsbereichen der Brücher vermutet (vgl. SCHOLTES et al. 1997: 42). **Tab. 4** zeigt eine Übersicht über gewonnene Schüttungen aus Quellfassungen im Untersuchungsraum.

Tab. 4: Quellschüttungen ausgewählter Quellen im Untersuchungsraum, Summenangaben Jan - Aug 2017

Birkenfeld Q1	Birkenf. Pottasch. 2	Oberhambach	Börfink	Thranen-weiher	Brücken Q 2
1896 cbm/d	3492 cbm/d	475 cbm/d	525 cbm/d	761 cbm/d	978 cbm/d

(Quelle: Verbandsgemeindewerke Birkenfeld)

Abb. 9 zeigt Trinkwasserzugänge durch Brunnen entlang der Moorstandorte und gibt in Kombination mit den Quellschüttungsdaten eine Übersicht über die Nutzungsintensität.

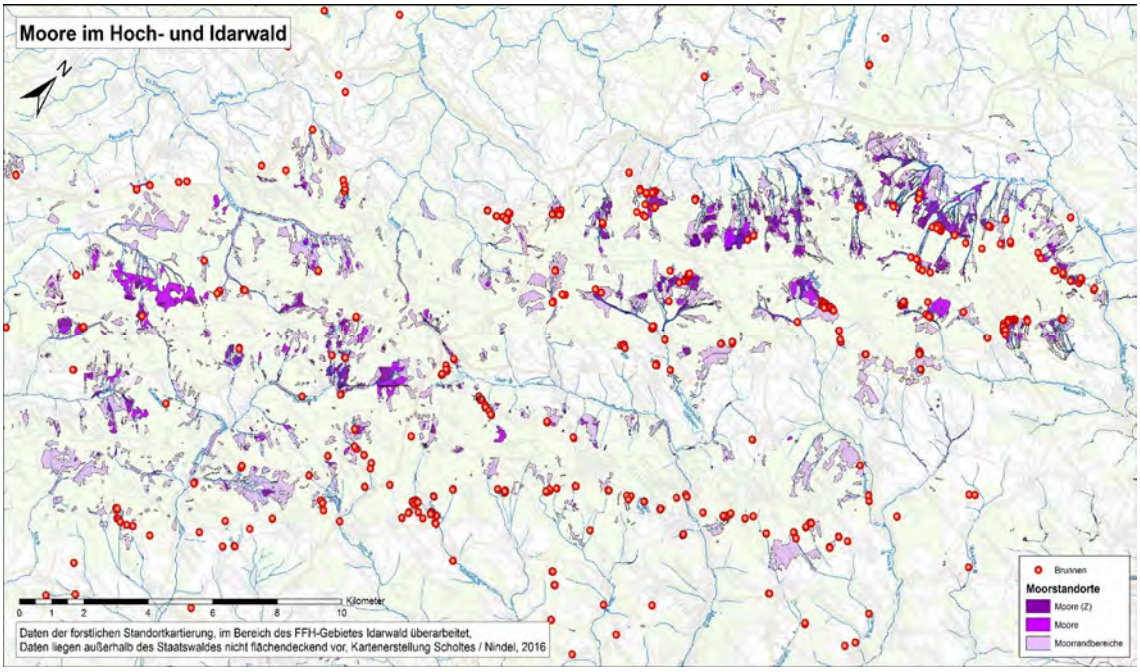


Abb. 9: Trinkwasserbrunnen entlang der Moorstandorte (Quelle: SCHOLTES 2016)

Forstliche Nutzung

Im Rahmen der Morrenaturierungsmaßnahmen wurden seit 2012 Altfichtenrhodungen auf verschiedenen Bruchflächen vorgenommen. 2015/16 wurden auf 6 Bruchflächen in unterschiedlichem Umfang Altfichten entnommen. Aktuell in der Durchführung (09/2017) befinden sich Rhodungsmaßnahmen auf drei Teilflächen des Thranenbruchs von zusammen 24,5 ha. Damit weist das Thranenbruch insgesamt einen Flächenanteil von

35 ha Kahlschlag bei einer Gesamtflächengröße von 60 ha auf. Die Rhodungen sind Teil des Maßnahmeplans zur Wiedervernässung der Moorstandorte und werden in **Tab. 5** im Anhang wiedergegeben.

Jagd

Zur Eindämmung hoher Wildtierpopulationen wird das Schwarzwild in Abstimmung mit dem Landesjagdgesetz (LJG), § 31 Abs. 2Satz 2 LJG „Abschussvereinbarung und Abschusszielsetzung“ und der Landesjagdverordnung (LJVO) seit 2013 ganzjährig intensiv bejagt. Um der Problematik des Wildverbisses und der Ausbreitung der nach Europa eingeschleppten Afrikanischen Schweinepest entsprechende Eindämmungskonzepte entgegenzusetzen, entwickelte das Nationalparkamt Hunsrück-Hochwald gem. § 6 (2) RVO vom 20.3.2015 einen Wildtierregulierungsplan (EGIDI 2017). Verbissschäden stellen vor allem für angrenzende Waldbesitzer einen Nutzungskonflikt dar, da sie Wachstumseinbuße durch Biomasseentzug oder Aufwendungen für intensive Baumschutzmaßnahmen und folglich wirtschaftliche Belastungen nach sich ziehen. Neben den ökonomischen Auswirkungen spielen aber auch ökologische Konflikte eine Rolle: Da im Besonderen vitale und wuchskräftige Baumverjüngungen gefährdet sind, können Verbissschäden Intensionen des ökologischen Waldumbaus untergraben. Aber auch das Absterben der Pflanze, die Entmischung des Bestandes zuungunsten verbissgefährdeter Baumarten und damit auch eine Herabsenkung der Biodiversität können die Folge sein (vgl. AMMER et al. 2010: 44). Vor diesem Hintergrund wurden seit 2015 bereits große Drückjagden in 3,5 Monaten/Jahr durchgeführt (vgl. EGIDI 2017: 7). Auch im Zusammenhang mit Förderungsmaßnahmen moortypischer Gehölze, wie der Moorbirke, wird die Schwerpunktbejagung in Bruchbereichen diskutiert. Neben diesen Regulierungsbemühungen wurde aber auch eine 1.370 ha große Wildruhezone eingerichtet (vgl. EGIDI 2017:9).

Erschließung des Wegenetzes (Erholung)

Das Gebiet des Nationalparks ist von einem sehr engmaschigen Forstwegenetz durchzogen. „Insgesamt ist das forstwirtschaftliche Wegenetz im Gebiet der Nationalparkkulisse so eng gezogen, dass man keine über 100 Hektar große, durch Wege unzerschnittene Fläche [...] finden kann.“ (RITTER 2013 in BAUSCH et al. 2014: 20, 21). Im Rahmen der Nationalparkplanung ist aufgrund der hohen Konfliktbelastung für einige dieser Forstwege ein Rückbau geplant. ***Abb. 10*** (Anhang) stellt den aktuellen Planungsstand des Wegerückbaus dar. Das Wanderwegenetz dagegen ist nur sehr gering ausgebaut. Eine Übersicht über die vorhandenen Wanderwege bietet ***Abb. 11*** (Anhang).

3.2 Gefährdungen

Gefährdungen der Moorlebensräume stehen vor allem in Zusammenhang mit Störungen des Wasserhaushaltes. Aus den vergangenen Nutzungen, insbesondere durch das angelegte Drainagesystem und die Umwandlung der Vegetationsgesellschaft in Nutzholzbaumarten, ergeben sich tiefgreifende Veränderungen (vgl. SCHÜLER 2012: 2): Entwässerung geht in Mooren mit chemischen, physikalischen und biologischen Umwandlungen einher, die durch das Eindringen von Luft in bislang wasserdominierte Bereiche verursacht werden. Höhere Anteile trockener, durchlüfteter Poren erhöhen im Vergleich zu wassergesättigten den Transport diffundierender Gase zwischen Boden und Atmosphäre. Auf die Hohlräume der entwässerten Bodenporen wirken nicht länger die Kräfte des Auftriebs, sondern die des Gewichtes des Moorkörpers, wodurch es zur Kompression der organischen Auflage und in Folge der erhöhten Lagerungsdichte zur Schrumpfung des Moorvolumens kommt (Moorsackung). Schrumpfung der Bodenporen und damit einhergehende Schrumpfrisse im Gefüge der organischen Auflage behindern den kapillaren Aufstieg von Grundwasser, die Wasserleitfähigkeit und Wasserspeicherkapazität, wodurch das Fortschreiten der Austrocknung, Durchlüftung und mikrobielle Aktivität befördert werden. Beim einsetzenden Torfabbau setzen oberhalb der verdichteten Schicht bodenbildende Prozesse der Vererdung und Vermulmung ein, sodass Nährstoffe Verlagerungs- und Auswaschungsprozessen unterworfen sind (SUKKOW & JOOSTEN 2001). Die Verdichtungsschicht unterhalb der mineralisierenden Auflage führt dazu, dass Niederschlagswasser weniger gut versickern kann, wodurch es zu erhöhtem Abflussverhalten mit hohem Erosionspotenzial und in Folge in Vorflutern zu Verlandungs- und Eutrophierungseffekten kommt. Durch veränderte Bodenparameter und verschlechterte Wassertransportvorgänge in die Wurzelzone geht die natürliche Vegetationsdecke nach und nach verloren. Bloßliegender Boden bietet eine Angriffsfläche für Winderosion und verändert seine Energiebilanz dahingehend, dass geringere Wärmekapazität und Wärmeleitfähigkeit größere Temperaturunterschiede zwischen Tag und Nacht herbeiführen. Mit diesen gravierenden Veränderungen geht der Verlust der Funktionen im Landschaftshaushalt einher: Retentions-, Wasserreinigungs- und Grundwasserneubildungspotenziale gehen verloren. Höhere Mineralisationsraten führen in entwässerten Mooren zur Freisetzung von CO_2 und Lachgas in die Atmosphäre sowie Nitrat, Phosphat und gelöstem Kohlenstoff (DOC) in die Bodenlösung (THIEMEYER et al. 2016). Im aquatischen System können Eutrophierung und größere Aufwendungen bei der Trinkwasseraufbereitung die Folge sein. Über Grundwasser oder Niederschläge ins Moor eingebrachte Schwefelverbindungen können unter Sauerstoffzufuhr oxidieren

und zu einer Anreicherung von Sulfationen im Bodenwasser führen. Sulfationen zeichnet eine hohe Mobilität aus, sodass sie leicht ins Grundwasser verlagert oder erosiv in angrenzende Gewässer ausgewaschen werden können (SPRINGER 2006). Moore verlieren daher bei Entwässerung ihre Stoffsenkenfunktion und entwickeln sich potentiell zu Stoffquellen. Auch die kühlungs- und mikroklimatische Funktion geht verloren, da die Gesamtverdunstung des Systems aufgrund des gesunkenen Wasserstandes und der fehlenden Vegetation sinkt. Letztlich wird an den Lebensraum Moor angepassten Arten die Lebensgrundlage entzogen, sodass sich diese aus dem Gebiet zurückziehen oder lokal aussterben. Das Grabensystem, das, wie Kartenwerke aus 1791 bereits dokumentieren, im Zuge der Bewirtschaftung angelegt wurde, wirkt wie ein Entwässerungssystem, das den oberirdischen Abfluss steuert. Zusätzlich zum flächenhaft angelegten Moorgrabensystem bilden Entwässerungsgräben entlang der hangsenkrecht und hangparallel angelegten Wirtschaftswege ein weiteres Drainagesystem. Hangparallel angelegte Draingräben leiten das hangabwärtsfließende Wasser ab und entfalten dabei erosionsfördernde Wirkungen. Gräben mit Eintiefungen bis zur mineralischen Stauwasserschicht entziehen dem Mooruntergrund, zum Teil auch der Grundwassersohle, das Wasser, weniger eingetiefte Gräben leiten Sickerwasser aus der Torfschicht ab, sodass die gesamte Wasserversorgung der Moore durch das Grabennetz unterbrochen wird (ZEMKE 2014). Aufgrund der damit verbundenen Veränderungen der hydraulischen Eigenschaften, fließt das Wasser deutlich schneller aus der Landschaft ab. Mit sinkender Wasserstufe entwickelt sich die moortypische Moosvegetation zugunsten zunehmender Heidevegetation zurück. Durch die eintretende Kompression der Moorablagerungen bei der Moorsackung und den dadurch herbeigeführten Verlust der Retentionsfunktion (SCHOLTES & NINDEL 2013) treten bei hohen Niederschlagsereignissen im Winter kumulative Entwässerungseffekte auf: Die zunehmend höhere Abflussgeschwindigkeit verstärkt Tiefenerosions- und Begradigungstendenzen, wodurch wiederum eine Rückkopplungswirkung auf die Abflussgeschwindigkeit in Gang gesetzt wird (vgl. SCHOLTES & NINDEL 2013:58, ZEMKE 2014). Im Sommer kann es, verstärkt durch Verdunstungsprozesse, bei geringeren Torfmächtigkeiten zur vollständigen Austrocknung kommen. Mineralisierung, Torfabbau und Artenverarmung sind die Folge. Mit zunehmendem Grad der Degeneration bzw. der Zersetzung der Torfe sinkt die Wasserhaltefähigkeit des Torfkörpers, da Moorwachstum und Wasseranstieg positiv korreliert sind (SCHÜLER 2012). Ausgedehnte Pfeifengrasheiden zeigen solche Degenerationsstadien an und begünstigen die Entwicklung hin zu reliktischen Moorstandorten mit Birkenwaldgesellschaften (vgl. SCHOLTES 2016). Als weiterer Störfaktor des natürlichen Grundwassertransports und des oberflächennahen Stauwassers wird die Entnahme zur Trinkwassergewinnung betrachtet, wodurch auch

die Grundwasserneubildung beeinträchtigt wird (vgl. SCHOLTES & NINDEL 2013: 58). Auch die forstliche Nutzung fördert durch Bodenverdichtungen entlang ehemaliger Rückewege und Durchforstungsgassen Beeinträchtigungen des Wasserhaushaltes, die bis in den Untergrund führen können. Neben der Steigerung der Erosionsanfälligkeit solcher Böden, wirken sich vor allem die gestörten Versickerungseigenschaften der dichten Bodenlagerung negativ auf die Stauwasserzufuhr aus (ZEMKE 2014). Auch dem Fichtenanbau wird ein entwässernder Effekt zugesprochen: Wie Moorsackungserscheinungen an Randbereichen der Brücher belegen, weisen Nadelholzbestände einen hohen Wasserverbrauch auf (HOFFMANN 1957b in SCHOLTES & NINDEL 2013, REICHERT 1975). Durch ihr flaches Wurzelsystem behindern Fichten außerdem die Versickerung des Wassers in die oberflächennahe Torfschicht und fördern deren Vererdung. Auf sauren Fichtenstandorten bilden sich hydrophobe Rohhumusschichten, die das Versickern des Regenwassers zusätzlich behindern (SCHOLTES & NINDEL 2013). Aufgrund ihrer Konkurrenzstärke und häufigen Samenproduktion dominieren Fichtenverjüngungen schnell mit hohen Stammzahlen die Sukzession auf Freiflächen und in Randlagen eines Bestandes (MLUS 2016), wodurch sie auch auf Feuchtstandorten die aufkommende natürliche Vegetation leicht verdrängen (SCHOLTES & NINDEL 2013). Auf bewaldeten Standorten steht durch die Abschirmung des Kronendachs und des Evapotranspirations- und Interzeptionsverlustes ohnehin eine geringere Menge Niederschlagswasser für die Versickerung, und somit auch für die Stau- und Grundwasserbildung, zur Verfügung[34] (vgl. SCHOLTES & NINDEL 2013, GOLDBERG & BERNHOFFER IN LOZAN et al. 2011)[35]. Ein weiterer Gefährdungsaspekt im Zusammenhang mit der Bewirtschaftung besteht in Nährstoffanreicherungen durch Düngung oder Kalkung im Einzugsgebiet der Moore. Waldkalkungen werden grundsätzlich durchgeführt, um die Standorteigenschaften unter Nadelholzbeständen zu verbessern. Die mit der Kalkmelioration verbundene Anhebung des pH-Wertes dient zur Stimulierung der biologischen Aktivität und damit zur Steigerung der Bodenfruchtbarkeit, wodurch allerdings Nährstoffe freigesetzt und in Grund- und

[34] GOLDBERG & BERNHOFFER zufolge gehen in bewaldeten Gebieten zwei Drittel des Niederschlags durch Verdunstungsprozesse verloren (GOLDBERG & BERNHOFFER in LOZÀN et al 2011: 101).

[35] In diesem Zusammenhang muss allerdings erwähnt werden, dass durch Transpiration über die zahlreichen Stomata der Bäume in Waldökosystemen das Niederschlagswasser nach der Aufnahme zeitnah an die Umgebungsluft abgeben wird. Das Waldinnenklima ist daher durch eine hohe Luftfeuchte gekennzeichnet. Durch Kondensationsprozesse kann das Wasser dadurch teilweise länger in der Landschaft gehalten werden als dies auf Freiflächen der Fall ist (SCHÜLER 2012). Nadelbäume transpirieren allerdings im Jahresverlauf mehr als Laubbäume, da ihre Nadeln über eine größere Oberfläche verfügen als Laubbaumblätter und ganzjährig aktiv sind (WOHLRAB et al. 1992 in MLUR o.D., GOLDBERG & BERNHOFFER in LOZÀN et al. 2011: 101). Da der Basisabfluss und die Verfügbarkeit von Niederschlagssickerwasser daher unter Nadelbaumbeständen eingeschränkter sind, kann im Vergleich zu Mischwäldern von einer negativen Wirkung auf die Grundwasserneubildung ausgegangen werden (vgl. MLUR o.D, FRÖHLICH 2009).

Oberflächengewässer ausgewaschen werden können (PREUHSLER & REHFUSS 1982). Die Anreicherung des Moorstandorts mit Nitrat kann Eutrophierungseffekte nach sich ziehen, die aufgrund ihrer negativen Wirkung auf Moose Verschiebungen im Artengefüge hin zu Riedgräsern und anderen Gefäßpflanzen nach sich ziehen (STROH et al. 2013). Auch die Lagerung von Schlagabraum entlang von Wirtschaftswegen kann, sobald das Material verrottet, ein Eintragsweg für Nährstoffe ins Moorökosystem bilden[36].

Moortypische Bult-Schlenken-Komplexe mit naturnahen Torfmoosdecken und daran angepasster Fauna sind hochspezialisierte Konsortien, die nur innerhalb intakter Moorlebensräume geeignete Lebensbedingungen vorfinden, und daher durch den Rückgang solcher Lebensräume bundesweit stark gefährdet sind (SCHOPP-GUTH & GUTH 2003). Die sensibel angepasste Artenausstattung der Moore reagiert auf alle genannten Gefährdungsfaktoren und indiziert Störungen anhand ihrer Ausprägung. Für die Einschätzung der Wasserverhältnisse eines Moorstandortes eignen sich feuchteliebende Arten, wie Sphagnum oder Königsfarn. Adlerfarn oder Pfeifengras hingegen fungieren als Anzeiger eines Wechsels hin zu weniger durchfeuchteten Verhältnissen. Mit der Ausbreitung von Pfeifengras und dessen Durchwurzelung des Bodens ist die Mineralisierung der Torfschicht verbunden und damit die Verdrängung der Torfmoose sowie des an ihre Existenz angeknüpfte ökologische Konsortiums (vgl. SCHOLTES & NINDEL 2013: 111, 112)[37]. Durch die Hangneigung ist entlang des Grabensystems ohne Eingriffe das Fortschreiten der Tiefenerosion zu erwarten, wodurch der selbstverstärkende Effekt der Entwässerung bis in die Quellmoorbereiche wirken kann. Dementsprechend wird eine Regeneration der Moorstandorte nur mit Durchführung fachlich geplanter Renaturierungsmaßnahmen als erfolgsversprechend angesehen (SCHOLTES et al. 1997: 59).

3.3 Beschreibung der Renaturierungsmaßnahmen

Das Leitbild für das Untersuchungsgebiet strebt die Entwicklung natürlicher Standortbedingungen eines vermoorungsfördernden Wasserhaushaltes sowie natürliche Wälder und naturbedingte Offenländer in natürlichen Strukturausstattungen mit charakteristischer Flora und Fauna an (SCHOLTES & NINDEL 2013). Voraussetzungen dafür ist die

[36] GOLDBERG & BERNHOFFER legen dar, dass bewaldete Flächen aufgrund ihrer großen relativen Oberfläche vergleichsweise mehr Spuren-, und so auch Schadstoffe, aus der Umgebung aufnehmen, wodurch eine „deutlich höhere Belastung des Gebietsabflusses mit Spurenstoffen (z.B. Nitrate, Aluminium, [Sulfat-Schwefel])“ aus anthropogenen Immissionen festgestellt werden kann (GOLDBERG & BERNHOFFER in LOZÀN et al. 2011: 103).

[37] SCHOLTES et al. (1997) schätzen die Entwicklung der Moore ohne regulierende Maßnahmen so ein, dass Pfeifengras und Adlerfarngesellschaften „aufgrund ihrer Konkurrenzkraft bei gestörtem Wasserhaushalt die hier ursprüngliche Vegetation verdrängen“ werden (SCHOLTES et al. 1997: 59).

Wiederherstellung eines torfbildungsfördernden Wasserhauhalts, einer ungestörten, flächenhaften Vernässung durch Grund- und Stauwassereinfluss sowie der spezifischen trophischen Verhältnisse der Standorte, die prioritär durch Renaturierungsmaßnahmen umgesetzt werden muss. Zur Gewährleistung eines ungestörten Grund-, Stau- und Oberflächenwassertransports muss die Verbindung des hydrologischen Einzugsgebiets mit dem Versorgungsgebiet gesichert werden. Als Grundlage dafür müssen die pedologischen Bedingungen im weiteren Einzugsgebiet eine hohe, gleichbleibende Wasserversickerung ermöglichen (vgl. SCHOLTES & NINDEL 2013: 62). **Tab. 6** stellt die Maßnahmen zur Förderung des Wasserhaushaltes dar.

Tab. 6: Maßnahmen zur Förderung des Wasserhaushaltes

Maßnahmen zur Förderung des Wasserhaushaltes	
Stau/ Rükbau der Gräben	• Stauung von Quell-, Bruch, Dach- und Randgräben
Rückbau bewirtschaftungsbedingter Entwässerungsstrukturen	• Rückführung/Wiedereinleitung des Quellwassers in natürlichen Verlauf • Rückbau ehemaliger Wege und hangsenkrecht verlaufender Schneisen, Füllung profilstarker Fahrspuren • Anhöhung des Wege-Niveau und Angleich der Wege-Grabensohle in Abflussrichtung, • Rückbau des Wegenetzes und Verlegung notwendiger Wege auf mineralischen Untergrund
Maßnahmen an natürlichen Bachabschnitten	• Entfernung von Nadelgehölzen entlang des Bachlaufs • Wiederherstellung des natürlichen Bachlaufs und der Durchgängigkeit des Gewässers
Maßnahmen der Trinkwassergewinnung	• Prüfung und Wiedereinleitung nichtbenötigter Trinkwasserentnahme • Rückbau von Entwässerungssystemen

(moduliert nach SCHOLTES & NINDEL 2013)

Für die Umsetzung dieser Maßnahmen sind Beseitigung von Fichtenbeständen im unmittelbaren Umfeld der Moore und die Vermeidung erosionsbegünstigender Prozesse sowie mit der Lagerung von Schlagabraum entlang der Wegegräben verbundene Nährstoffeinträge in die Moore unerlässlich. Die Stauung der Gräben erfolgt in einigen Bereichen des Untersuchungsgebiets anhand von Aufhöhungen der Gewässersohle durch Stützschwellen. Dadurch wird die Retentionsfläche des Moores zurückgewonnen und der Abfluss von überschüssigem Niederschlagswasser verläuft verzögert und trägt

zur Grundwasserneubildung bei. Ein wichtiger Aspekt für den Erfolg der Wiedervernässungsmaßnahmen ist die Einrichtung bzw. Wiederherstellung von Pufferzonen um Moorstandorte herum, die ergänzende Lebensraumfunktionen übernehmen. Die natürliche Strukturausstattung des Biotopkomplexes ist Grundlage für die Wiederansiedelung und den Erhalt der charakteristischen, hochspezialisierten Artenausstattung. Großflächige und zusammenhängende Strukturen, die auch das weitere Einzugsgebiet einbeziehen, sind daher Ziel der Entwicklung der Lebensraumqualität für die charakteristische Flora und Fauna im FFH-Gebiet und auch als Grundlage für deren natürliches Ausbreitungsverhalten zu verstehen (SCHOLTES & NINDEL 2013: 62). Ein weiterer wichtiger Aspekt zur Unterstützung der Regeneration der Moorstandorte und Voraussetzung für die Wiederansiedelung moortypischer Artenstrukturen ist die Entfernung biotopuntypischer Gehölze. Besonders Fichtenforste weisen eine homogenisierte Altersstruktur mit wenig Totholz auf und bilden durch die geringe Strukturvielfalt schlechtere Voraussetzungen für die Entwicklung einer differenzierten Artenausstattung (vgl. MLUR o.D.). Zur Förderung moortypischer Vegetation und ihrer Biotopvoraussetzungen werden die in **Tab. 7** aufgeführten Maßnahmen am Gehölzbestand durchgeführt.

Tab. 7: Maßnahmen der Renaturierung der Moorstandorte an Gehölzbeständen

Maßnahmen an Gehölzbeständen	
Entnahme von Fichten	• Einzelbaumweise aus Moorstandorten und moornahen Mischwäldern • Entbuschung/Entkusselung von Fichtenverjüngungen auf Moorstandorten und in Moorrandbereichen • Rodung mittelalter Fichtenbestände auf Moorstandorten und in Moorrandbereichen • Entnahme von Fichten-Nutzholz
Entnahme von Birken	• Entbuschung/Entkusselung/Auflichtung von Birkenverjüngungen auf Moorstandorten, in Moorrandbereichen und ehemaligen Windwurfflächen

(moduliert nach SCHOLTES & NINDEL 2013)

Rodungen im Sinne von Kahlschlägen, wie sie auf einigen Flächen im Untersuchungsraum durchgeführt werden, werden kontrovers diskutiert. Vorteile dieser Maßnahme sind zum einen finanzieller Natur. Ein großer Eingriff, statt mehrere kleine, verspricht neben dem geringeren Kostenaufwand zudem auch eine Beschleunigung der ökologisch angestrebten Prozesse, was vor dem Hintergrund der zeitlichen Befristung der EU-Förderung

des Projektes von Bedeutung ist. So kann beispielsweise auf Freiflächen im Vergleich zu Fichtenreinbeständen durch die erhöhte Niederschlagsmenge und verringerte Interzeption und Transpiration eine für die Vernässung des Moorstandortes positive Erhöhung der Grundwasserspende erwartet werden (vgl. FRÖHLICH 2009: 53, vgl. KLINCK et al. 2013: 96). GÖTTLEIN et al. (2005) legen allerdings dar, wie Dekompositionsrate und Eutrophierung durch Kahlschläge begünstigt werden: Auf kahlen Flächen versickert zwar deutlich mehr Niederschlagswasser im Boden, gleichzeitig erwärmt sich die Fläche aber auch signifikant bei Sonneneinstrahlung, wodurch gerade bei gestörtem Wasserhauhalt Mikroorganismen zum Humusabbau angeregt werden. Bei Niederschlag können die in der Bodenlösung angereicherten Abbauprodukte NH_4^+ und NO_3^- leicht ausgewaschen und, besonders auf erosionsgefährdeten Hanglagen, in umliegende Oberflächengewässer geschwemmt werden, wo sie zur Eutrophierung beitragen. Auf stark nährstoffangereicherten Böden finden mooruntypische, stickstoffliebende Pflanzen günstige Wachstumsbedingungen und verdrängen die natürliche Vegetation. Neben Stickstoff wird auch Kohlenstoff mineralisiert, sodass neben NO_2 in den ersten Jahren nach dem Kahlschlag auch vermehrt CO_2 entgasen kann (vgl. FRÖHLICH 2009, vgl. KLINCK et al. 2013, siehe **Kap. 2.2.1**). Da die Stickstoffausträge allerdings mit den luftbürtigen N-Depositionseinträgen korreliert sind und Kahlschlagsflächen über eine geringere relative Oberfläche verfügen als bewaldete Flächen, sinken auf ersteren ggf. sogar zunächst die N-Einträge (KLINCK et al. 2013). Der Eingriff selbst zieht durch das Rücken der gefällten Stämme auch Bodenverdichtungen nach sich, was die in **Kap. 3.2** beschriebenen Konsequenzen mit sich bringen kann (vgl. GÖTTLEIN et al. 2003). Für Randbestände kann durch die erhöhte Strahlungsenergie und von der Kahlschlagfläche lateral aufsteigende warme Luftströmung vorübergehend sogar Wasserstress eintreten (vgl. FRÖHLICH 2009: 4). Andererseits können sich je nach Geländeexposition die Bedingungen am Randbestand auch dahingehend entwickeln, dass Stauwasser lateral in den Altbestand eindringt, wodurch die Standfestigkeit der flachwurzelnden Fichtenbestände vermindert wird (vgl. FRÖHLICH 2009: 96). In Bezug auf den Bodenwasserhaushalt kann es auf Kahlschlagsflächen durch die erhöhte Einstrahlung und damit verbundene höhere Verdunstungsraten je nach Jahreszeit bzw. Niederschlagssituation auch zur Austrocknung und in Folge der verminderten Wasseraufnahmefähigkeit (siehe **Kap. 3.2**) zu erhöhten hangabwärtsgerichteten Abflüssen kommen (vgl. FRÖHLICH 2009: 96). Kahlschläge stellen auch für die faunistische Artenausstattung einen erheblichen Eingriff dar. Es kommt beispielsweise innerhalb der Bodenfauna zu Dominanzverschiebungen zugunsten von Generalisten und Offenlandarten. Ans Ökosystem Wald angepassten Arten wird dagegen die Lebensgrundlage abrupt entzogen (vgl. GÖTTLEIN et al. 2003). Die Vorteile

müssen bei der Entscheidung für jede Fläche gegen die Nachteile abgewogen werden. ***Abb. 12*** (siehe Anhang) ist aus dem Pflege- und Entwicklungsplan für das NSG Hangbrücher bei Moorbach entnommen (SCHOLTES 1997) und zeigt einen Überblick über die Maßnahmen im Zusammenhang mit der Gehölzentwicklung und der Förderung des Wasserhaushalts. Auf der Karte werden folgende Teilflächen mit entsprechenden Maßnahmen abgegrenzt:

Z *Zentrale Brücher*: freie Entwicklung, Entfernung von Fichtenverjüngung, keine Holznutzung. Zwischenmoor- und Kleinseggenried-Standorte von Gehölzbewuchs freigestellt. Bei Nadelwäldern z. T. auch durch vorzeitigen Einschlag bzw. Endnutzung. Rückbau der Draingräben bei stark wasserführenden Gräben durch Auffüllung des mineralischen Untergrundes mit Aufhöhung der Grabensohle. Errichtung von Stauanlagen zum Abdichten des hangparallelen Wasserabflusses. Weniger stark wasserführende Gräben und Senken mit organischem Material verfüllen. Rückbau Wegegräben.

R *Randbereiche der Brücher*: 50 % der Bestände ohne Nutzung. Auf den Restflächen bodenschonende, biotopgerechte Nutzung, Förderung Laubgehölzbestockung. Laubgehölzaufforstungen auslichten. Größere, untereinander verbundene Bestandslücken durch starke Durchforstung freistellen. Gräben mit geeigneten, stauwasserleitenden Materialien verfüllen, dadurch Anbindung an das Wassereinzugsgebiet. Bei schwacher Hangneigung gleichmäßige, flächenhafte Wasserversorgung durch Einbau von Zwischendämmen. Erosionsschutz durch Querlagen von Holzstämmen. Auffüllung Wegegräben.

E *Einzugsgebiet der Brücher*: biotopgerechte, naturschutzorientierte Nutzung unter Berücksichtigung des Wasserhaushaltes. Einzelstamm- oder gruppenweise Holznutzung, Verbleib Tot- und Altholz im Bestand. 30 % der Flächen ohne Nutzung. Aufforstungen auslichten, Mischbestände fördern. Weitständige Bestockung durch starke Durchforstung sowie Auffüllung von Gräben und Senken mit organischem Material.

3.4 Beschreibung der Interessensgruppe

Die Nationalparkregion weist im Vergleich zur durchschnittlichen Einwohnerzahl in Rheinland-Pfalz eine vergleichsweise geringe Bevölkerungsdichte bei gleichzeitiger kleinteiliger Siedlungsstruktur auf (vgl. STATISTISCHES LANDESAMT RP 2012 in KABELITZ 2015: 92). Gemäß dem Selbstverwaltungsgesetz für Rheinland-Pfalz (Art. 49 LV RLP)

ist die politische Verwaltung innerhalb des Untersuchungsgebiet die kleinste Gemeindestruktur der Flächenländer in der Bundesrepublik Deutschland (KOHLHAMMER 2013: 1). „Die Gemeinden [sind] in ihrem Gebiet unter eigener Verantwortung die ausschließlichen Träger der gesamten örtlichen Verwaltung (kommunales Selbstverwaltungsrecht), (STUBENRAUCH 2011: 4). Je nach Gemeindetyp (Ortsgemeinde, verbandsfreie Gemeinde, Verbandsgemeinde, kreisangehörige und kreisfreie Städte) werden die Bürger durch ehrenamtliche oder hauptamtliche Bürgermeister in einer sehr kleinräumlichen Organisationsstruktur vertreten. Nach dem Kommunalverfassungsrecht des Landes Rheinland-Pfalz stehen den Bürgern verschiedene Formen der Beteiligung an kommunalpolitischen Entscheidungen offen (Bürgerentscheid, Einwohnerantrag, Einwohnerversammlung, Einwohnerfragestunde, amtliche Einwohnerbefragung). Für Fragen der Landespflege und des Naturschutzes sind die Kreisverwaltungen zuständig (STUBENRAUCH 2011). Auch die Revierleitung der Förster in RLP ist neben staatlichen Stellen stark kommunalisiert, sodass bei der Abgrenzung der Forstamtsbezirke die Bildung kommunaler Gemeinschaftsforstämter zu berücksichtigen ist (SCHÄFER 2017). Politik und Organe des Forstwesens in der Region sind daher auf kleinräumlicher Ebene Förster und Bürgermeister sowie Landräte und Forstamtsleiter, letztere in Zusammenarbeit mit dem Nationalparkamt, das die Funktionen der unteren und oberen Forst- und Jagdbehörde innehat. Nach dem Nationalparkgesetz betraut das Nationalparkamt qualifiziertes Personal der Landesforste in Kooperation mit Verbänden, Vereinen und Kommunen (MULEWF RP 2013). Entsprechend der Nutzungsansprüche, die sich aus den in **Kap. 3.1.2** dargestellten heutigen Nutzungen im Untersuchungsraum ergeben, lassen sich Interessensgruppen (*stakeholder*) ableiten, die mögliche unmittelbare oder indirekte Nutzen aus den ÖSDL der Moore beziehen oder ggf. auch von Nachteilen betroffen sind, die sich aus der Renaturierung der Moore ergeben. Als typischer ländlicher Wirtschaftsraum und aufgrund des hohen Waldanteils hat die forstwirtschaftliche Nutzung in der Region eine große Bedeutung. Einen wesentlichen Teil der heutigen Nutzungen macht zudem die Trinkwassergewinnung aus. Im Einzugsgebiet der Moore gibt es zwei privatwirtschaftliche Mineralwasserbetriebe und ein öffentliches Wasserwerk des Wasserzweckverbandes Birkenfeld der Verbandsgemeinde Herrstein (die Wasserversorgung ist gemäß § 67 Abs. 1 S. 1 Nr. 4 GemO bzw. § 46 Abs. 1 LWG der Verbandsgemeinde zugeteilt). An Werken und Unternehmen im Bereich der Holzindustrie gibt es im zentralen Gebiet der Brücher in Morbach zwei Holzwerke und mehrere kleine holzverarbeitende Betriebe, die an diese Werke angeschlossen sind. Neben dem *Rohstoffhandel Holz* und *Wasser*, ist das *Fischereiwesen* ein weiterer Wirtschaftszweig, der von der Renaturierung der Moore betroffen ist. Da es sich bei den genannten *stakeholdern* sowohl

um öffentliche als auch um privatwirtschaftliche Wirtschaftszweige handelt, lässt sich diese *stakeholder*-Gruppe als **Wirtschaft** zusammenfassen. Gleichwohl diese Gruppe durch wirtschaftliche Interessen gekennzeichnet ist, können unterschiedliche Prioritäten in Bezug auf ÖSDL vorliegen. Weiterhin gibt es in Bezug auf Nutzen durch ÖSDL der Moore die Gruppe der **Gebietskörperschaften**. Darunter ist die *lokale Bevölkerung* und deren öffentliche Vertreter durch *Politik* und Verwaltungsorgane des *Forstwesens (Förster, Forstwirte, Waldbesitzer)* zu verstehen. Ein weiterer wichtiger Aspekt der Nutzung im Untersuchungsgebiet ist **Freizeit und Erholung**. Darunter sind zum einen *Touristen* zu verstehen, die von außerhalb zu Erholungszwecken in das Gebiet reisen und aus ihrer Perspektive eigene Ansprüche und Erwartungen an die ÖSDL der Moore stellen. Naturtourismus kann wirtschaftliche Bedeutung für die Entwicklung der Region haben, sodass dieser Interessensgruppe als Faktor der regionalen Wertschöpfung auch ein Synergieeffekt mit den Gruppen Wirtschaft und Gebietskörperschaft zugesprochen werden kann. Studien über Großschutzgebietsbesucher legen dar, „dass Touristen stärker als die örtlichen Anwohner als Anspruchsgruppe an ein Schutzgebiet erkannt worden sind“ (VON RUSCHKOWSKI 2010: 24), und als potentiell dem Naturschutz gegenüber positiv eingestellte Interessensgruppe betrachtet werden (vgl. VON RUSCHKOWSKI 2010: 36). Daher wird durch diese Gruppe auch der Wirtschaftszweig der Tourismusbranche in Form von *Hotel- und Restaurantbesitzern vertreten.* Mögliche Konflikte zwischen Tourismus und Naturschutz sind nicht ausgeschlossen und bedürfen der Kontrolle bzw. Steuerung. Zum anderen sind in dieser Interessensgruppe ebenfalls Personen zusammengefasst, die sich zu Zwecken der Freizeitgestaltung der *Jagd* widmen. Die Wildbestandsregulierung obliegt zwar der Nationalparkverwaltung, die Einbeziehung privater Jäger unter Berücksichtigung des Tierschutzes ist allerdings Bestandteil der Zielsetzung des Nationalparks (vgl. MULEWF RP 2013: 23). Der Maßnahmeplan zur Wildbestandsregulierung erfolgt daher unter Einbeziehung kommunaler und privater Waldbesitzer und der ortsansässigen Jägerschaft (vgl. MULEWF RP 2013: 23). Hintergrund dieser Regelung ist, dass nach Einschätzung der Landesregierung RP die Wildbestandsdichte ohne menschliche Regulierung die Schutzziele innerhalb der Pflegezonen gefährde, sodass ein Verzicht trotz des langfristig angestrebten Naturschutzziels, jegliche menschliche Regulierung einzustellen, als unmöglich erachtet wird (vgl. MULEWF RP 2013: 24). Die vierte Interessensgruppe bilden Personen die in **Wissenschaft und Naturschutz** im Untersuchungsgebiet tätig sind. Bei diesem Personenkreis kann ein berufliches und/oder privates Interesse an den mit der Renaturierung verbundenen ÖSDL der Moore zugrunde liegen. Der jeweilige Nutzen, der diesen zugesprochen wird, ergibt sich folglich aus den Präferenzen fachlicher oder persönlicher Natur. Damit weist diese Gruppe einen

Blickwinkel auf, der sie von den anderen Gruppen abgrenzt, wenngleich Überschneidungen mit Körperschaften des Forstes zu erwarten sind. **Tab. 8** fasst die Gruppenbildung der verschiedenen *stakeholder* zusammen.

Tab. 8: Interessensgruppen im Untersuchungsgebiet

Interessensgruppe	*stakeholder*
Gebietskörperschaften	• Lokale Bevölkerung • Politiker • Forstwirte, Förster, Waldbesitzer
Wirtschaft	• Wasserwirtschaft • Holzindustrie • Fischereiwesen
Freizeit und Erholung	• Touristen • Hotel- und Restaurantbesitzer • Jäger
Wissenschaft/Naturschutz	• Wissenschaftler • Naturschützer

(eigene Darstellung)

4 Bewertung der Ökosystemdienstleistungen der Hunsrück-Moore

Für die Bewertung sollen die in **Kap. 2** erarbeiteten Indikatoren der einzelnen ÖSDL herangezogen werden. Dafür muss die Datenlage die entsprechenden Kenngrößen abdecken. Die Bewertung wird daher punktuell für einzelne ÖSDL an denjenigen Bruchflächen exemplarisch durchgeführt, für die die Daten der entsprechenden Indikatoren vorliegen. Eine Gesamtbewertung aller für die Ermittlung der ÖSDL notwendigen Indikatoren für eine Moorfläche ist zum gegenwärtigen Zeitpunkt nicht möglich, da die Ergebnisse aufgrund der großen Heterogenität abiotischer und biotischer Faktoren der Einzelbrücher nicht auf andere Bruchflächen übertragbar sind. Im Rahmen dieser Arbeit wird daher in Orientierung an bestehende Bewertungsmatrices ein an die Verhältnisse im Untersuchungsgebiet angepasstes Indikatorenset erarbeitet, das als Grundlage für die Beprobung im Rahmen eines Monitorings dienen kann. **Kap. 4.1** widmet sich den auf bestehendem Datenmaterial basierenden Komponenten der Basis-, Versorgungs- und Regulationsleistungen sowie den kulturellen Leistungen in Form der Erholungs-

funktion am Beispiel geeigneter Einzelflächen. **Kap. 4.2** behandelt die monetäre Bewertung, für die eine empirische, qualitative soziodemographische Studie durchgeführt wurde, anhand derer eine ökonomische Wertzuweisung der Moore im Hunsrück in Form der geäußerten Zahlungsbereitschaft befragter Teile der Bevölkerung vorgenommen werden soll. Im Fokus dieser Betrachtung steht die Renaturierung des gesamten Bruchsystems als wertgebendes Merkmal in der Region.

4.1 Die Ökosystemleistungen der Hunsrück-Moore

Analog zu den in **Kap. 2.2** erarbeiteten Ökosystemleistungen von Mooren, werden die ÖSDL der Hunsrück-Moore über die genannten Indikatoren, die jeweils intermediate Komponenten abbilden und mit den Nutzenfunktionen sowie den Interessensgruppen in Verbindung stehen, erfasst. Die Leistungen lassen sich in die in **Tab. 9** dargestellten Kategorien unterteilen, die in den folgenden Kapiteln näher beleuchtet werden.

Tab. 9: Leistungskategorien, Komponenten und Nutzenkategorien der Hunsrück-Moore

Ökosystemleistungen	Intermediate Komponenten	Nutzenkategorie
Basisleistungen	• Nährstoffkreislauf/ Wasser- und Nährstoffretention • Lebensraumfunktion/ Biodiversität • Grundwasserneubildung	Indirekte und direkte nutzungsabhängige Nutzen Vermächtniswert, Existenzwert, Optionswert
Versorgungs- und Regulationsleistungen	• Wasserreinigung/ Trinkwasser • Hochwasserschutz • Klimaregulierung	Indirekte und direkte nutzungsabhängige Nutzen
Kulturelle Leistungen	• Erholung/Ästhetik • Wertschöpfung	Nicht-konsumptiver, direkter und ökonom. Nutzen,

(eigene Darstellung)

4.1.1 Basisleistungen

4.1.1.1 Bewertung der Nährstoffretentionsfunktion

Nach TIEMEYER et al. (2016) sind die Retentionseigenschaften eines Bodens maßgeblich wichtig für weitere Funktionen, die den hydrologischen Verhältnissen im Zusammenhang stehen. Neben der Vegetation sind dies vor allem die Prozesse der Verdunstung, Grundwasserneubildung und Nährstoffumsetzung (vgl. TIEMEYER et al. 2016: 119, 120). Entsprechend der in **Kap. 2.2.1** dargestellten Zusammenhänge, sind besonders Stickstoff, Phosphor und Kohlenstoff relevante Faktoren der Nährstoffretentionsleistung von Mooren. Da entwässerte und degradierte Moore zu Quellen dieser Stoffe werden und dadurch angrenzende Oberflächengewässer belasten können, muss bei Wiedervernässung überprüft werden, ob die Moore ihre Senkenfunktion erfüllen. Als Indikatoren der Nährstoffretention werden *Wasserstufe* sowie der Nährstoffaustrag in Form von *Nährstoffgehalten angrenzender Oberflächengewässer* hinzugezogen. TIEMEYER et al. (2016) betonen die Bedeutung der *lateralen Prozesse*, da für die Stoffumsetzung, insbesondere die Denitrifizierung, die Grundwasserpassage eine entscheidende Rolle spielt (vgl. TIEMEYER et al. 2016: 50). Im Rahmen der Beurteilung der Nährstoffrückhalteleistung der Hunsrück-Moore müssen vorhandene Daten auf Brauchbarkeit im Hinblick auf diese Indikatoren geprüft werden. Für die lateralen Abflussprozesse liegt keine ausreichende Datengrundlage vor, sodass eine genaue Einschätzung der Abflussverhältnisse und Stoffumsetzungsprozesse auf dieser Grundlage nicht erfolgen kann. Das Nährstoffretentionspotenzial kann zum gegebenen Zeitpunkt lediglich anhand einer groben Einschätzung des *Gebietsabflusses* aus Daten der GDA Wasser RLP sowie der Parameter *Wasserstufe* und *NST-Gehalte angrenzender Oberflächengewässer* abgeleitet und annäherungsweise prognostiziert werden.

Gebietsabfluss

Das Datenmaterial wird von der Internetseite der GDA Wasser RLP (GDA 2017) bezogen. ***Abb. 13*** (siehe Anhang) zeigt eine Übersicht über die von der GDA Wasser ermittelten Abfluss- und Niedrigwasserabflussdaten für das Gebiet. Wie der Darstellung zu entnehmen ist, liegen die Werte im niedrigen bis mittleren Bereich. Für die Messstelle Abentheuer in Landkreis Birkenfeld, die in der Nähe des Erbeskopfes am Traunbach sehr zentral im Hunsrück-Hochwald gelegen ist, liegen Tagesmittelwerte der Abflussmessung der Jahre 2015 bis 2017 vor. Thranenbach und Ochsenfloss entwässern aus den Bruchbereichen Riedbruch, Thranenbruch und Ochsenbruch in das Traunbachsystem. Die Abflusswerte sind in ***Abb. 14*** (S. 65) in einem Verbunddiagramm mit Niederschlagswerten von drei anderen Messstellen in der Nähe (Börfink, Deuselbach und

Hilscheid) dargestellt. Darin zeigt sich eine unmittelbare Reaktion der Abflussmengen auf starke Niederschlagsereignisse in punktuell hohen Abflussspitzen, die als Charakteristikum kurzgeschlossener Systeme auf nach wie vor aktive Entwässerungs- bzw. Störungsvorgänge hinweisen. Die Mittelwerte spiegeln hingegen mittlere bis niedrige Abflussmengen wieder, was der Evaluierungs-Matrix von TIEMEYER et al. (2016) in Kombination mit dem Rückbau der Draingräben und dem Wegfall von Nutzungen, d.h. im renaturierten Zielzustand, einer tendenziell neutralen bis günstigen Relevanz für die Nährstoffretention entspricht.

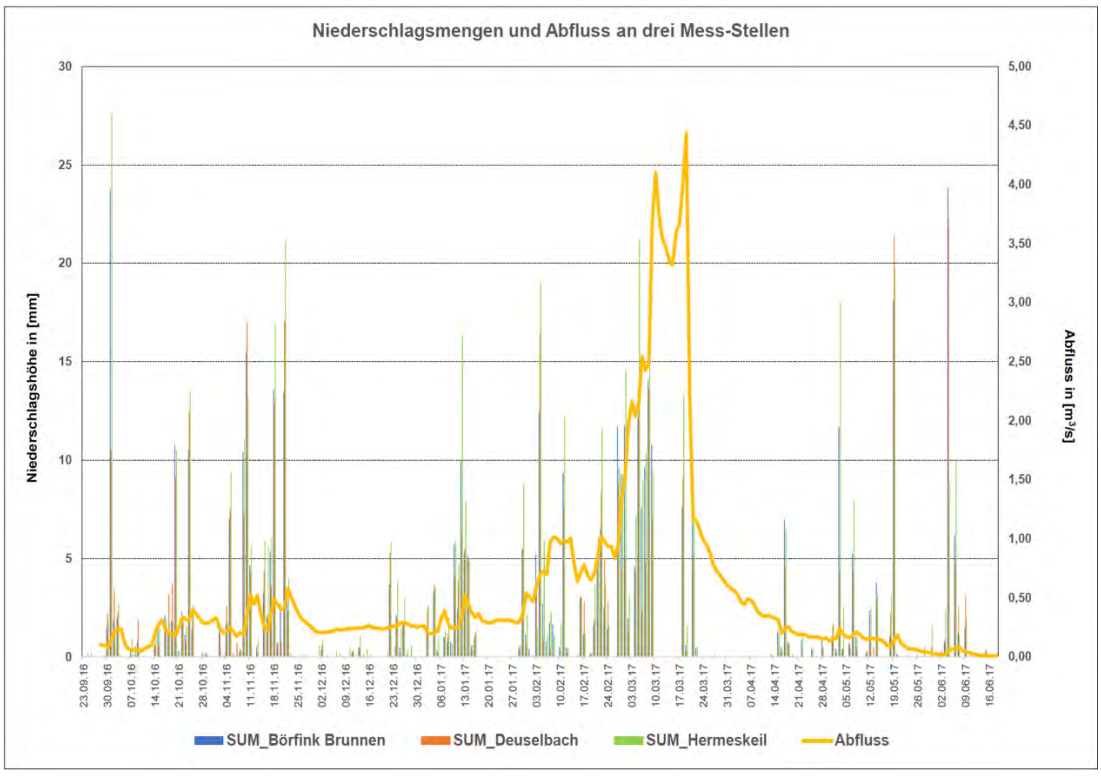


Abb 14: Verbunddiagramm Niederschlag-Abfluss, Abflusswerte der Mess-Stelle Abentheuer (Quelle: Agrarmeteorologie RLP 2017)

Wasserstufe

Nach dem von KLINGENFUSS et al. (2015) erarbeiteten Abfragesystem kann die Wasserstufe aus der Horizontabfolge in Kombination mit der Vegetationsform abgeleitet werden. Für die Bruchflächen Thranenbruch und Tierschbruch liegen Analysedaten der Horizontabfolgen des Bodenprofils vor (VOM LEHN, **Tab. 10**). In Kombination mit den in **Tab. 13** (siehe Anhang) dargestellten Vegetationsformen, lässt sich aus dem verfügbaren Datenmaterial in Anlehnung an das Bewertungssystem von KLINGENFUSS et al. (2015) folgende Übersicht generieren: Für die erste Moorfläche des Thranenbruchs (MOR 192) deutet die Horizontabfolge auf vererdete bis vermulmte Verhältnisse der Humusauflage mit Absonderungsgefüge infolge Schrumpfung und Quellung hin, was stark entwässerte

Übergangsmoorböden vermuten lässt (DBG 2017). Aus den Daten von VOM LEHN (2017) geht eine Torfmächtigkeit der Horizontlagen Hv/Hm/Ha von bis zu 37 cm hervor, sodass nach KLINGENFUSS et al. (2015) eine Einordnung in Wasserstufe 3+ als Zwischenergebnis naheliegt. Vegetationsangaben aus dem Thranenbruch deuten auf Feuchtegrade zwischen 8 und 10 (**Tab. 14**, Anhang) und somit auf die Wasserstufengruppen 4+/5+ hin. Gemäß dem Bewertungssystem folgt daraus eine Eindordnung des Bodenprofils in eine reduzierte Horizontfolge eines dauerhaft wassergesättigten Torfhorizonts, dessen Pflanzenreste und Zersetzungsgrade gut ansprechbar sind (vgl. KLINGENFUSS et al. 2015: 16). Für die Moorfläche MOR 193 im Thranenbruch wird ein teils vererdeter, zeitweilig wassergefüllter, im Schwankungsbereich von Stau-, Grundwasser befindlicher Horizont bei zeitweisem Luftzutritt nachgewiesen, der stellenweise hochmoorigen Charakter aufweist. Die Obergrenze der wassergesättigten Schicht liegt bei 10 cm, sodass nach dem Bewertungssystem als Zwischenbilanz Wasserstufe 4+ angenommen werden kann. Diese Einordnung deckt sich mit den Feuchtegraden der Vegetationsform. Für das Thranenbruch scheint daher im Ergebnis Wasserstufe 5+/4+ als wahrscheinlich. Für das Tierschbruch liegen keine dezidierten Vegetationsdaten vor. Da die Horizontfolge der Moorfläche MOR 186 als wassergesättigte organische Auflage von Hochmoortorf bildenden Pflanzen klassifiziert wird und die Hw-Obergrenze 12 cm beträgt (VOM LEHN 2017), liegt eine Einordnung in Wasserstufe 4+/5+ nahe.

Tab. 10: Ermittlung der Wasserstufe

Bruchname	Horizontabfolge	Zwischenstand Wasserstufe	Vegetationsform	Wasserstufe
Thranenbruch MOR 192	uHv/uHm/uHa, Hv+Hm+Ha ≥ 20 bis 45 cm	3+	Vegetationsform der Wasserstufengruppe 4+/5+	5+/4+
Thranenbruch MOR 193	Hvw/hHr/uHr Hw-Obergrenze ≤ 20 cm	4+	Vegetationsform der Wasserstufengruppe 4+/5+	5+/4+
Tierschbruch MOR 186	hHw/uHr Hw-Obergrenze ≤ 20 cm	4+	Keine Angaben	4+
Tierschbruch MOR 188	uHw/uHr/hHr Hw-Obergrenze ≤ 20 cm	4+	Keine Angaben	4+

(eigene Erarbeitung anhand des Datenmaterials von VOM LEHN 2017)

Für die Moorfläche MOR 188 im Tierschbruch gelten trotz der geringeren Mächtigkeit der Hw-Obergrenze (bis 4cm) vergleichbare Verhältnisse, sodass trotz fehlender Vegetationsdaten auch hier Wasserstufe 4+ angenommen werden kann. Nach KLINGENFUSS et al. (2015) weisen Wasserstufe 5+ eine eindeutige und 4+ eine bedingte Nährstoffretentionsleistung auf. Innerhalb von Trinkwasserförderungsgebieten, wie es im Untersuchungsraum der Fall ist, wird bei Wasserstufe 4+ allerdings eine Austragsgefährdung ins Grundwasser angenommen. Auch bei Anbindung an Oberflächengewässer wird ab Wasserstufe 4+ nur eine mittlere bis schlechte Nährstoffretentionsleistung angenommen. Wasserstufe 3+ und 2+ werden als Stoffquellen eingeschätzt. TIEMEYER et al. (2016) weisen für die Beurteilung der Moorstandorte als Stoffquellen auch auf die Bedeutung einer aktiven Dränung hin. Da auf denjenigen Flächen mit Renaturierungsmaßnahmen aufgrund des Rückbaus der Drainagesysteme keine aktive Dränung vorliegt, wirkt sich das grundsätzlich förderlich auf die Retentionseigenschaften aus. Allerdings können Kahlschläge aufgrund der in **Kap. 3.2 und 3.3** beschriebenen Zusammenhänge vorübergehend zu erhöhten Nährstoffausträgen führen. Für eine weiterführende Einschätzung müssen daher Wasserqualitätsparameter der angrenzenden Oberflächengewässer überprüft werden.

Hydrologische Parameter der Wasserqualität

Dazu wird ebenfalls auf Daten der GDA Wasser RLP und des Gewässerzustandsberichts[38] für RLP aus dem Jahr 2010 zurückgegriffen, die im Internet verfügbar sind. Die Fließgewässer im Untersuchungsraum werden nach LAWA dem hydro-morphologischen Fließgewässertyp 5 zugeordnet (UBA 2014), der durch pH-Werte zwischen 6,5 bis 8 und einer elektrischen Leitfähigkeit zwischen 50 und 300 µS/cm gekennzeichnet ist (UBA 2014). An vier Messstationen im Untersuchungsraum werden kontinuierlich hydrologische Parameter gemessen:

- Hilscheid: Messgrundlage bildet das Röderbachsystem. Es liegen Werte in der Zeitreihe von Mai 1990 bis Februar 2016 vor.
- Damflos, Diebskopf: Hier dient das Flusssystem der Prims der Messung. Werte von Juni 1986 bis Dezember 2016 liegen vor.
- Langweiler: Die Messstation liegt am Langweiler Bach unterhalb der Engelswäsgeswiese und ist daher unmittelbarer Unterlieger des Abflusssystems dieses Bruchs. Werte von April 1991 bis Dezember 2016 liegen vor.

[38] WESTERMANN et al. 2011

- Oberhambach, Sauerbrunnen: Hier fließen Götzenbach und Zwingbach in die Messung ein, die nicht unmittelbar an das Abflussystem der Brücher angeschlossen sind. Für diese Messstelle liegen nur Werte aus September 2011 vor (siehe **Tab. 11**, Anhang).

Für alle genannten Messstellen wurden die Parameter Nitrat, Phosphor, DOC, pH-Wert, elektrische Leitfähigkeit und Sauerstoffgehalt in der Zeitreihe miteinander verglichen (siehe ***Abb. 15 - 32*** im Anhang). Die pH-Werte liegen mit Mittelwerten zwischen 5 und 6 im für den Fließgewässertyp 5 typischen unteren pH-Bereich, was die Neigung zur Versauerung dieses Fließgewässertyps bestätigt (POTTGIEßER & SOMMERHÄUSER 2008). Die gemessenen Phosphat-Werte liegen mit < 0,02 mg/l auf dem Niveau von Hintergrundwerten, was sich mit der im Gewässerzustandsbericht 2010 im Hinblick auf diesen Parameter als gut bewertete Gewässergüte der Flusssysteme Nahe, Drohn und Prims deckt (WESTERMANN et al. 2011). Auch für die Sauerstoffkonzentration liegen mit Werten > 6 mg/l O_2 die chemischen Gütekassen I – II vor. Die Messstelle Damflos weist eine abnehmende O_2-Tendenz seit 2015 auf, was möglicherweise im Zusammenhang mit Eutrophierungserscheinungen stehen kann. Die Nitratwerte weisen mit Mittelwerten zwischen 3,3 und 5,4 mg/l gemäß der Gewässergüteklassifikation nach LAWA (1998) eine mäßige bis deutliche Belastung auf (Gewässergüteklasse II – III). Dies wird auch durch Daten von RUTHSATZ (1999) bestätigt, die im Zeitraum 1992 bis 1996 unmittelbar aus Moorwasserbeprobungen hervorgingen. Daraus ist zu entnehmen, dass zur damaligen Zeit höchste Werte für Nitrat im Oberluderbruch bei 12,19 mg/l lagen, wohingegen die Bruchflächen Riedbruch, Thranenbruch, Langbruch und Palmbruch mit Werten zwischen 2 und 6 mg/l Nitrat eine eher geringe Belastung zeigten (RUTHSATZ 1999:20). Es gibt innerhalb der Zeitreihe in den angrenzenden Oberflächengewässern bislang keine eindeutigen Hinweise auf Auswirkungen der Moorschutzmaßnahmen auf die chemische Beschaffenheit, sodass eine Einschätzung der Relevanz der Wiedervernässung der Moore im Hinblick auf Nährstoffretention zum derzeitigen Zeitpunkt nicht eindeutig erbracht werden kann. Die in der Zeitreihe stabile ökologische Gewässerqualität der angrenzenden Oberflächengewässer mag darin begründet liegen, dass im Hunsrück die Flächennutzung mit 55,3 % Wald einen geringen Nutzungsdruck auf die Gewässer ausübt (vgl. WESTERMANN et al. 2011: 139). Aktuelle pH-, O_2- und C/N-Werte aus Moorbeprobungen liegen für Thranen-, Palm- und Riedbruch (siehe **Tab. 12**, Anhang) vor und weisen auf Eutrophierungstendenzen hin (KOPF, VOM LEHN 2017). Auch ein erhöhtes Algenwachstum innerhalb der Brücher ist nachgewiesen, wobei allerdings aufgrund der Degenerationsstadien derselben eine Bestimmung bis zur Gattung nicht

möglich ist[39]. Ursachen für diese Tendenzen werden aktuell diskutiert. Dabei werden sowohl Kalkungsmaßnahmen der Vergangenheit als auch temporäre Auswirkungen des Füllmaterials der Grabenverschlüsse in Betracht gezogen. Inwieweit die Moore mögliche Stickstoffimmissionen aus der Luft filtern und zurückhalten, kann im Rahmen dieser Arbeit nicht festgestellt werden und erfordert spezifische Messungen. Die abgeleiteten Wasserstufen lassen vermuten, dass zum gegenwärtigen Zeitpunkt eine mäßige Nährstoffretentionsleistung der Brücher vorliegt. Allerdings ist zu beachten, dass pedologische Prozesse zeitlichen Verzögerungen unterworfen sind und die Ableitung der Wasserstufe aus dem Horizontprofil insofern die aktuellen Gegebenheiten in Folge möglicher Wirkungen der Renaturierungsmaßnahmen nicht aktuell abbildet. Eine genaue Messung der Wasserstände innerhalb der Einzelbrücher würde darüber Aufschluss geben, liegt aber zum Zeitpunkt der Bearbeitung nicht vor. Bei Zielerreichung der Renaturierungsmaßnahmen ist allerdings mit einer Anhebung der Wasserstufe zu rechnen, sodass mittelfristig eine Erhöhung des Retentionspotenzials zu erwarten sein könnte. ***Abb. 33*** gibt einen Überblick über die Zusammenhänge der Indikatoren mit den ÖSDL dieser Komponente, ihres Nutzens und der damit in Bezug stehenden Interessensgruppen.

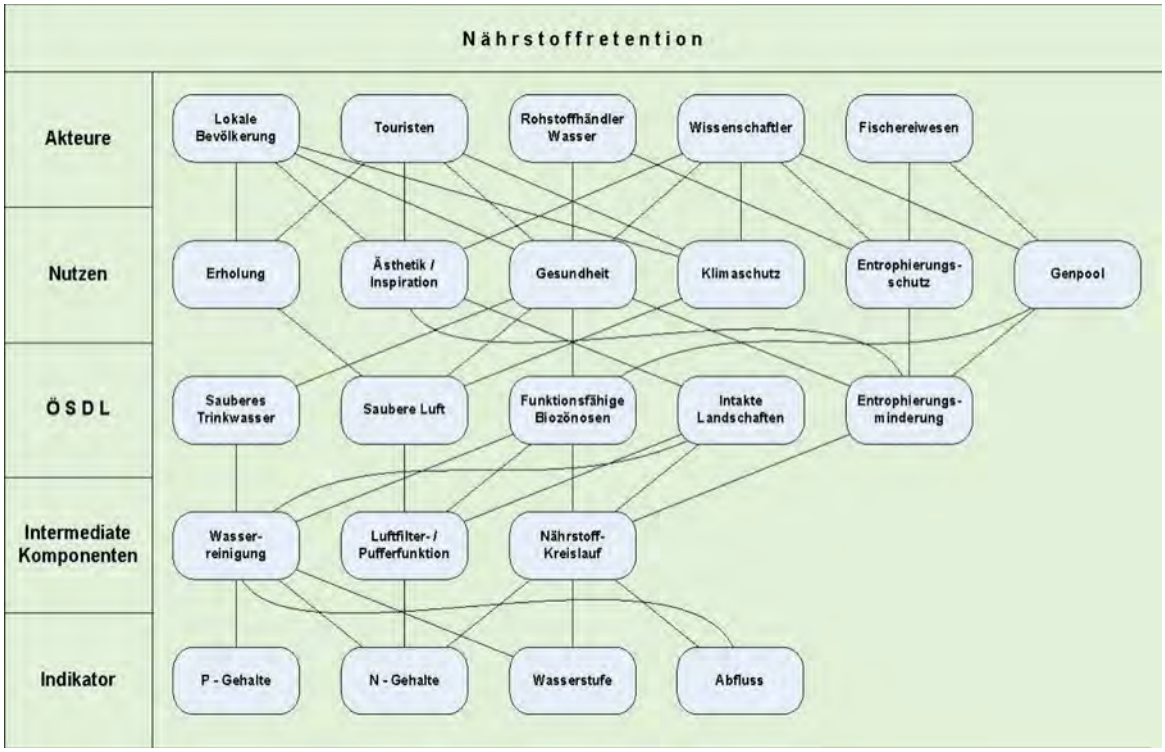


Abb. 33: Holistisches Bewertungsdiagramm Nährstoffretention (eigene Darstellung moduliert nach SCHRÖDER et al. in IBISCH et al. 2012)

[39] Persönliche Angabe Frau Dr. Killmann der Universität Koblenz-Landau, Institut für integrierte Naturwissenschaften (Email vom 8.8.2017, 14.49 Uhr)

Indirekte Gebrauchswerte sind im Wasser- und Klimaschutz, der Forschung und der Gesundheitsvorsorge zu suchen, die direkte, konsumptive Gebrauchswerte wie sauberes Trinkwasser und positive Wirkungen auf das Fischereiwesen nach sich ziehen. Nichtkonsumptive direkte Gebrauchswerte sind im Erholungswert und dem daran angeschlossenen Tourismussektor zu suchen. Intakte Landschaften und ein diversitärer Genpool schließen die Nicht-Gebrauchswerte ein. Aus den Zusammenhängen wird ersichtlich, in welch komplexer Kausalität die Komponenten der Nährstoffretention mit ÖSDL stehen: Als Basisleistung ist die Pufferfunktion der Nährstoffretention von großer Bedeutung für Wasserreinigung und Luftfilterung und entfaltet somit positive Wirkung auf sauberes Trinkwasser und Luft, die ihrerseits Voraussetzungen für intakte Biozönosen und Landschaften bilden. Der Nutzen einer funktionstüchtigen Nährstoffretention erstreckt sich über Gesundheit, Erholung, Klima- und Eutrophierungsschutz bis hin zum Erhalt eines intakten Genpools als Optionswert für zukünftige Generationen auf denjenigen Personenkreis, der lokal von den Leistungen profitiert: Die lokale Bevölkerung gleichermaßen wie zu Erholungszwecken temporär im Gebiet anwesende Touristen, alle Wirtschaftszweige, die von guter Wasserqualität profitieren und nicht zuletzt die Wissenschaft, die auf Basis intakter Regelkreise wichtige Erkenntnisse über Dependenzen im Naturhaushalt gewinnt. Vor allem vor dem Hintergrund erhöhter Stickstoffeinträge in Waldökosysteme könnte die N-Retention in Moorflächen von Bedeutung sein. Untersuchungen der Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft (2016) zeigen, dass die N-Eintragsraten im Untersuchungsraum die von der ÖKO-DATA-GmbH für Stickstoffverbindungen festgesetzten critical loads übersteigen (vgl. FAWF: 16, vgl. NAGEL et al. 2004, vgl. NAGEL & GREGOR 1999). Da Stickstoff als limitierender Faktor der Primärproduktion eine wachstumsfördernde Wirkung auf Pflanzen hat, kommt es zur Festlegung desselben in der Biomasse des Bestandes und durch Holzernte folglich zum N-Entzug aus dem System. Bei Nutzungsverzicht sinken entsprechend die critical loads. Torfmoore sind aufgrund ihrer Anpassung an nährstoffarme, saure Milieus empfindlich gegenüber Stickstoffeinträgen und weisen daher entsprechend niedrige critical loads auf. Nach NAGEL et al. (2004) können Torfmoore maximal 3 - 5 kg N $ha^{-1}a^{-1}$ durch Denitrifikation kompensieren (vgl. NAGEL et al. 2004: 68). Da ein Ernte-Entzug über Biomasse in Mooren nicht stattfindet, muss für eine positive Bilanz der N-Retentionsleistung daher die Festlegungsrate mindestens dem vorherigen Entzug durch die Holzernte entsprechen. Auf Grundlage durchschnittlicher Torfakkumulationsraten für Niedermoore geben SUKKOW & JOOSTEN (2001) für Stickstoff potentielle Fixierungsraten zwischen 4,42 bis 11,9 kg N $ha^{-1}a^{-1}$ an (vgl. SUKKOW & JOOSTEN 2001: 39). Dies gilt allerdings für nichtdegradierte Torfmoosauflagen. Im Vergleich werden für bewirtschaftete Wälder mit

Holzeinschlag Werte von 2 bis 5 kg N $ha^{-1}a^{-1}$ genannt (vgl. LINCKH et al. 1997). Die höchsten Stickstofffixierungswerte werden in Erlenbruchwaldbeständen gemessen, wo die jährlichen N-Fixierungsraten zwischen 50 – 150 kg N $ha^{-1}a^{-1}$ betragen können (vgl. BARTSCH & RÖHRIG 2016:259). Um die Bilanz einer konkreten Moorfläche zu kalkulieren, müssen pro Fläche genaue Daten über Nitrateinträge, den Biomasseentzug durch die Holzernte Torfakkumulationsrate und Nitratausträge ins Sickerwasser der Moorfläche vorliegen. Zum gegenwärtigen Zeitpunkt kann dies nicht erbracht werden. Wenngleich die Relevanz der Moorflächen für die Nährstoffretention nicht eindeutig erwiesen ist, kann davon ausgegangen werden, dass Bruchflächen, die ihr natürliches Retentionspotenzial wiedererlangen, als stabilisierende Teilkomponente eine positive Wirkung auf das Gesamtsystem entfalten. Für die Nährstoffretentionsleistung der Hunsrück-Moore können daher bei Zielerreichung der Renaturierungsmaßnahmen indirekte Gebrauchswerte für die genannten Interessensgruppen prognostiziert werden, deren Nutzen sich aufgrund der Einbettung innerhalb der Stoffkreisläufe über die stabilisierende Bedeutung für das Gesamtsystem erschließt.

4.1.1.2 Bewertung der Lebensraumfunktion und Biodiversität

Für die Bewertung der Lebensraumfunktion der Moorflächen im Untersuchungsraum werden zunächst als Orientierung die Lebensraumtypen der europäischen FFH-Richtlinie herangezogen. Per Definition handelt es sich bei LRT 7140 um Übergangs- und Schwingrasenmoore „auf Torfsubstraten mit oberflächennahem oder anstehendem, nährstoffarmen, z.T. huminsäurehaltigem Grundwasser“ (SSYMANK et al. 1998 in BfN 2010: 1). Nach RIECKEN et al. (2006) ist dieser Lebensraumtyp nach der Roten Liste als stark gefährdet eingestuft und weist eine negative Bestandestendenz auf (vgl. BfN 2010: 4). Zu den typischen Vegetationsformen in RLP zählen neben Woll- und Sumpfgräsern unter anderem Klein- und Großseggenriede, Binsen, Gesellschaften der Moorschlenkenkomplexe wie Faden- und Schnabelseggen (*Caricion lasiocarpae*), verschiedene Sphagnum-Formen sowie die als stark gefährdet eingestuften Glockenheide-Gesellschaften (*Ericion tetralicis*). Der LRT 91DO wird nach dem Natura-2000-Code als „Laubwälder auf feucht-nassem Torfsubstrat mit Sphagnum-Arten und Zwergsträuchern, oligotrophen Nährstoffverhältnissen und hohem Grundwasserspiegeln“ definiert (CORDES & CONZE 2010:62). Als Subtyp werden Erlen- und Birken-Moorwälder mit Übergängen zum Birken-Buchenwald oder im Kombination mit Nadelgehölzen genannt. Die typische Vegetation weist Bestände von Straußgräsern (*Agrostis ff.*), Birkengesellschaften (*Betula prubeszens, carpatica*), Seggen (*Carex ff.*), Faulbaum, Binsengewächse und verschiedene Sphagnum-Arten auf. Weiterhin gelten auch die Moosbeere (O*oxycxoccus*

palustris) und verschiedene Heidekrautgewächse als typisch (vgl. NUNDL 2014). SCHOLTES & NINDEL (2013) weisen zusätzlich auf einigen Bruchflächen die LRT 9110 (Hainsimsen-Buchenwald) und 91E0 (bachbegleitender Erlenwald) nach.

Zur Beurteilung der Erhaltungszustände gelten gemäß Natura 2000-Vorgaben folgende Ausprägungen:

- A – hervorragend: Komplex aus mindestens 4 der aufgeführten Syntaxa, weitgehend ohne Störzeiger
- B – gut: Komplex aus mindestens 3 der aufgeführten Syntaxa, Störanzeiger unter 5 %
- C – mittel bis schlecht: Komplex aus mindestens 2 der aufgeführten Syntaxa, Störzeiger Anteil 5 bis 10 %

Es liegen nicht für alle Moorflächen im Untersuchungsraum aktuelle Daten vor. Anhand des Kartenmaterials von SCHOLTES & NINDEL (2013) kann gegenwärtig die in **Tab. 13** (Anhang) dargestellte Übersicht der Erhaltungszustände nach LRT für einzelne Bruchflächen erstellt werden. Basierend auf den Informationen des MULNV (2017) zu typischen Vegetationsformen der LRT 7140 und 91DO kann anhand der vorliegenden Daten von SCHOLTES & NINDEL (2013), VOGT & RUTHSATZ (1990), RUTHSATZ (1999) und HÖLZER (2015) für einzelne Bruchflächen das in **Tab. 14** (siehe Anhang) dargestellte Vegetationsvorkommen zugeordnet werden. Die Zusammenstellung zeigt, dass die für die LRT typischen Vegetationsformen nicht auf allen Moorflächen und teilweise nur in mäßiger Verbreitung vorkommen. Die verhältnismäßig weite Verbreitung von *Sphagnum magellanicum*, *Drosera rotundifolia* und *Vaccinium oxycoccos* indiziert nicht-Stauwasser geprägte Standortverhältnisse (ELLENBERG & LEUSCHNER 2010). Auch die Ausbreitung der Groß- und Braunseggenriede deutet auf wechselnasse durch Grundwassereinfluss mineralisch geprägte Standorte hin. Allerdings kommen auf allen kartierten Moorflächen zum Teil Dominanzbestände von Störungsanzeigern vor, wie etwa *Molinia ff*. Aus hydrologischen Messungen von KOPF (2017) gehen für Ried-, Tranen- und Palmbruch pH-Werte zwischen 4 und 6 hervor (siehe **Tab. 12** im Anhang), die sich mit Mittelwerten aus Erhebungen von RUTHSATZ aus dem Jahren 1992 bis 1996 decken (vgl. RUTHSATZ 1999: 20), sodass eine Einordnung in eher mesotroph-basenreiche Verhältnisse naheliegt. Die Erhaltungszustände der LRT sind nur für geringe Flächenanteile innerhalb weniger Brücher nachgewiesen (SCHOLTES & NINDEL 2013). HÖLZER (2015) weist Torfmoosvorkommen im gesamten Untersuchungsgebiet nach, die je nach ökologischer Amplitude auch

abseits ausgewiesener Moorflächen geeignete Standortbedingungen vorfinden. Darunter finden sich in unterschiedlich starker Verbreitung zahlreiche Sphagnum-Arten, die allerdings nicht zwingend als Torfbildner in Erscheinung treten müssen. **Tab. 15** (Anhang) kombiniert Informationen aus den Untersuchungen HÖLZERs (2015) mit Daten von DIERSSEN & DIERSSEN (2001) zu den ökologischen Amplituden in Bezug auf Feuchtegrad, Acidität und Nährstoffpräferenzen ausgewählter Sphagnum-Arten. Die nach HÖLZER weit verbreiteten Arten gelten nicht als schützenswerte, seltene oder wertgebende Arten nach LRT. Auch lassen sich aufgrund der Vorkommen keine positiven Torfbildungstendenzen feststellen. Weite Verbreitung zeigen in erster Linie sogenannte Generalisten, die eine weite ökologische Amplitude aufweisen und nur bedingt Rückschlüsse auf die hydrologischen Verhältnisse zulassen. Hohe Feuchtegrade anzeigende Arten zeigen dagegen ein sehr geringes Vorkommen.

Für die faunistische Artenausstattung wird ebenfalls auf SCHOLTES & NINDEL (2013) zurückgegriffen. Die Vorkommen der wertgebenden Arten nach LRT 7140 sowie standörtliche Besonderheiten der Bruchflächen, für die faunistische Erhebungen vorliegen, sind in **Tab. 14** zusammengefasst. Von 15 für LRT 7140 angegebenen wertgebenden Arten ist lediglich die Torf-Mosaikjungfer für eine Bruchfläche (Oberluderbruch) nachgewiesen. Den vorliegenden Erhebungen zufolge, kann eine nach der **Roten Liste Deutschland** als stark gefährdete Art festgestellt werden. Wertgebende Arten des LRT 7140, die stark gefährdet sind und insofern besonderen Schutzcharakter aufweisen sind:

- Bekassine (*Gallinago gallinago*)
- *Moorfrosch (Rana arvalis)*
- Späte Adonislibelle (*Ceriagrion tenellum*: vom Aussterben bedroht)
- Mond-Azurjungfer (*Coenagrion lunulatum*)
- Kleine Moosjungfer (*Leucorrhinia dubia*)
- Große Moosjungfer (*Leucorrhinia pectoralis*)

Daneben zählen noch diverse gefährdete Arten zum faunistischen Inventar des LRT, die ebenfalls im Untersuchungsraum bislang nicht nachgewiesen werden konnten.

Naturnähe Wasserstand

Die vegetationskundlichen Erhebungen deuten darauf hin, dass hohe Feuchtegrade zum gegenwärtigen Zeitpunkt in den Brüchern eher selten vorkommen. Störungsanzeiger wie Pfeifengras (*Molina caerulea*) und Adlerfarn (*Pteridium aquilinum*) können als Anzeichen dafür betrachtet werden, dass das Oszillationsvermögen der Mooroberfläche eingeschränkt ist und die Torfschicht von Mineralisierungsprozessen dominiert wird (vgl.

NUNDL 2014). Üblicherweise geht dies mit einem kontinuierlich zu niedrigen Wasserstand einher, was auf anhaltende Degenerationsprozesse hindeuten kann (SCHOLTES & NINDEL 2013). Als Zielzustände einer naturnahen Wasserstufe sind nach KLINGENFUSS et al. (20) 5+ und 4+ anzusehen. Diese Wasserstufen sind gemäß den Ausführungen in **Tab. 10** zumindest für die Bruchflächen Thranen- und Tierschbruch bereits als wahrscheinlich anzunehmen. Durch die Heterogenität der Entwässerungsstadien und deren Einwirkungen auf die einzelnen Bruchflächen lässt sich ohne konkrete Einzelmessungen allerdings keine allgemeine Aussage bezüglich der Naturnähe des Wasserstands treffen. Um die Erhöhung der Wasserstände und die damit einhergehende Verbesserung des Feuchtgebietcharakters zu überprüfen, sind regelmäßige Pegelmessungen zur Erfassung des Moorwasserstandes über das Jahr sowie Überprüfungen der Vitalität und Dominanz indikativer Vegetationstypen mit besonderem Augenmerk auf Wiederansiedlungen moorspezifischer Arten notwendig.

Naturnähe Standorttrophie

Die trophischen Verhältnisse des LRT 7140 werden wie folgt definiert: „Torfsubstrate, dystrophe, oligotroph-mesotrophe Verlandungszonation von Söllen, Seen und Weihern, sauer bis teilweise basenreich." (CORDES & CONZE et al. 2010: 42). Für LRT 91DO gelten als Voraussetzung einer intakte Standorttrophie ebenfalls oligotrophe Nährstoffverhältnisse sowie ein hoher Grundwasserspiegel und die Zuordnung zur Formation Wald. Die Torfsubstrate der LRT sollen nach der Kartieranleitung für RLP oberflächennahes oder anstehendes, nährstoffarmes, zum Teil huminsäurehaltiges Grundwasser aufweisen. Sowohl die von KOPF (2017) gemessenen pH-Werte als auch die von VOM LEHN (2017) nachgewiesenen Horizontfolgen und die ökologischen Amplituden der Torfmoos-Vorkommen belegen ein Spektrum von armen bis mäßig reichen Nährstoffverhältnissen im Substrat. Dies deckt sich in Anlehnung an ELLENBERG& LEUSCHNER (2010) mit einer eher mesotrophen Klassifizierung. Der Zielzustand einer naturnahen Standorttrophie ist nach KLINGENFUSS et al. (2015) als mesotroph einzuordnen und scheint nach derzeitigem Stand gegeben. Allerdings entspricht dies nicht dem für LRT 7140 charakteristischen oligotroph-mesotrophen Zustand. Die für oligotrophe Verhältnisse zu hohen pH-Werte könnten als Anzeichen einer Eutophierungstendenz gedeutet werden. Wie in **Kap. 4.1.1.1** bereits erwähnt, könnte dies möglicherweise mit temporären Effekten der Renaturierungsmaßnahmen in Zusammenhang stehen: Die Verfüllung der Gräben mit Fremdmaterial, die Nährstoffmineralisation infolge von flächenhaften Kahlschlägen sowie Kalkungsmaßnahmen könnten Mineralisierungsprozesse befördern und so tem-

porär zur Anhebung der pH-Werte und zum Nährstoffaustrag beitragen. Dominanzbestände von Störungsanzeigern behindern zudem potentiell die Ausbreitung moortypischer Sphagnum-Arten, die auf sehr effektive Weise Stickstoff und Phosphat in ihren Torfmoos-Köpfchen akkumulieren (DIERSSEN & DIERSSEN 2001: 66). Diese Eigenschaft kann aufgrund der Einbaurate atmosphärischen Ammoniums besonders im Zusammenhang mit atmosphärischer Stickstoff-Deposition als wichtige Basisleistung der Torfmoosvegetation betrachtet werden. Ein positiver Trend für die Verbreitung feuchteliebender Sphagnum-Arten bleibt abzuwarten.

Naturnähe Biotopstruktur

Die potentielle natürliche Vegetation der Hangmoore im Hunsrück wird nach VOGT & RUTHSATZ (1990) als Erlen- und Birkenbruchwälder des Subtyps nährstoffarmer Standorte (Sphagnum-Subassoziation), da diese auf Nassstandorten mit starker Wasserbewegung und relativ niedriger Nährstoffversorgung stocken (VOGT & RUTHSATZ 1990: 227). Der Standorttyp wird an den Rändern durch Kennarten basenarmer Kleinseggenrieder gekennzeichnet (*Carex ff.*), die als Anzeiger wechselfeuchter und sickernasser Böden gelten. Anhand der pflanzenphysiologischen Untersuchungen von VOGT & RUTHSATZ (1990) lassen sich für einzelne Stellen im Untersuchungsgebiet Erlen-Bruchwälder quelliger, stark durchsickerter Torfböden nasser Standorte mit stagnierendem Grund- und Stauwasser sowie austrocknender Standorte nachweisen (VOGT & RUTHSATZ 1990). Zu den ökologischen Erfordernissen für LRT 91DO gelten witterungs- und niederschlagsabhängige, schwankende Wasserstände, die ein zyklisches Aufwachsen und Absterben der Gehölze und in Folge entsprechende Totholzanteile gewährleisten (vgl. NUNDL 2014:148). Die Verbreitung von Torfmoosen, Wollgräsern und Zwerggehölzen wird als günstig, also naturnah, betrachtet. Beeinträchtigende Faktoren sind Verbissschäden an Naturverjüngungen, Bodenverdichtungen als Folge von Befahrungsschäden sowie Störungen des Wasserhaushaltes durch Entwässerung und Grundwasserabsenkung. Insgesamt scheinen naturnahe, intakte Biotopstrukturen nur auf sehr kleine Einzelflächen innerhalb weniger Brücher beschränkt zu sein. Dies zeigt sich unter anderem in der geringen Verbreitung wertgebender Arten (SCHOLTES & NINDEL 2013). Demgegenüber können Störungsanzeiger wie Pfeifengras und Adlerfarn als verbreitet betrachtet werden. Das Potenzial für den Erhalt und die Verbesserung der Erhaltungszustände ist mit Zielerreichung der Renaturierungsmaßnahmen anzunehmen. Da es sich um stark gefährdete Lebensraumtypen handelt, deren Arten zum Teil Rote Liste Arten sind, greift zur Inwertsetzung im Besonderen der Existenzwert. Weiterhin erwächst daraus gleichermaßen ein potentieller zukünftiger Wert für die Wissenschaft (Optionswert), die mit den

seltenen Arten auf einen spezifischen Genpool zurückgreifen kann. Durch die hohe klimatische Sensibilität und Vulnerabilität weisen die Spezialisten der Moorpopulationen eine potentielle Nutzung als Indikatoren für Veränderungen im Zuge des Klimawandels auf. ***Abb. 34*** gibt eine Übersicht über die kausalen Zusammenhänge der Nutzen-Faktoren nach der holistischen Bewertungsmatrix. Aus der Synthese der Naturnähe Wasserstand, Standorttrophie und Biotopstruktur lässt sich für die Bewertung der Lebensraumfunktion eine bedingt naturnahe Situation ableiten. Trockenheits- und Störungsanzeiger wie Dominanzen von *Molina caerulea* weisen auf Degenerationsstadien hin, die möglicherweise die Verbreitung moortypischer Torfmoose behindert. Mit Aussicht auf die Verbesserung der hydrologischen Verhältnisse im Zuge der Wiedervernässung ist ein positiver Trend allerdings als wahrscheinlich anzunehmen.

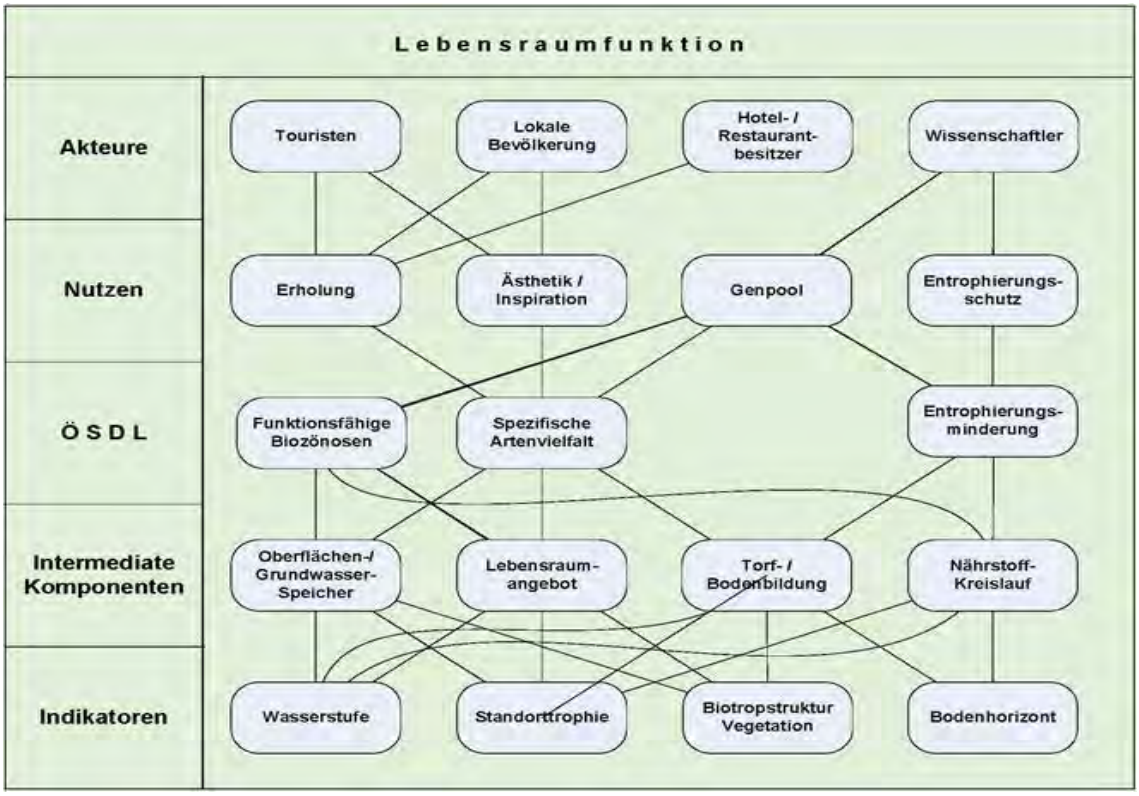


Abb. 34: Holistische Bewertungsmatrix Lebensraumfunktion (eigene Darstellung moduliert nach SCHRÖDER et al. in IBISCH et al. 2012)

4.1.1.3 Bewertung der Grundwasserneubildungsfunktion

Berechnungen der Grundwasserneubildungsrate können durch verschiedene Verfahren und Messungen erfolgen, die unterschiedliche Vor- und Nachteile haben. Lysimetermessungen lassen eine punktuelle Betrachtung zu, bei der auch Parameter der Evapotranspiration ableitbar sind. Neben der geringen Übertragbarkeit auf die Fläche stellt die Verfügbarkeit zusätzlicher atmosphärischer und geologischer Informationen Schwierigkeiten des Verfahrens dar (vgl. MEYER & TESMER 2000:22). Auch Berechnungsmodelle aus Bodenwasserhaushaltsmessungen, dem Gerinneabfluss oder nach Grundwassermodellen sind mit großem Aufwand und hoher Genauigkeit bzw. Verfügbarkeit erforderlicher Eingangsdaten verbunden, die für den Untersuchungsraum bislang nicht vorliegen. Besonders das laterale Abflussverhalten und die genauen geologischen Verhältnisse im Untersuchungsraum sind wenig erforscht. Gerade auf stark geneigten Flächen, wie es bei den Hangbrüchern der Fall ist, kommt eine Bilanzierung der Neubildungsrate nicht ohne die Berechnung der Komponente des schnellen lateralen Abflusses (*interflow*) in Abtrennung zum Gesamtabfluss aus (vgl. ARMBRUSTER 2002:1). Zur Berechnung der Grundwasserneubildungsrate besteht somit noch weiterer Forschungsbedarf auf dem Gebiet bodenphysikalischer Funktionszusammenhänge, sodass an dieser Stelle lediglich allgemeine Überlegungen angestellt werden können. Grundlage der Überlegungen bildet das hohe Kluftvolumen des auf den Höhenrücken anstehenden Taunusquarzits, das als ergiebiges Speichergestein mit oberflächennahem Wasserstau in Frage kommt. Diese Eigenschaften bedingen nach VOGT & RUTHSATZ (1990: 226) eine relativ hohe Grundwasserneubildungsrate von ca. 15-18 % des einfallenden Niederschlags. Dieser positiven Voraussetzung stellen nachfolgende Autoren folgende Einschätzung gegenüber: „Über die geringere Grundwasserneubildung unter Fichtenkulturen im Vergleich zu Buchenbeständen wirkt sich insgesamt der hohe Fichtenanteil im Einzugsgebiet der Brücher negativ auf deren Wasserhaushalt aus“ (REICHERT 1975: 106 in RUTHSATZ & VOGT 1990: 29). Besonders vor dem Hintergrund des Nutzungsdrucks durch die Trinkwasserentnahme im Untersuchungsgebiet und der daraus resultierenden Notwendigkeit einer langfristig nachhaltigen Nutzung der Grundwasserreccourcen sowie der Einschätzung der Verweilzeit des Sickerwassers für den Schadstoffabbau als Voraussetzung für die Versorgungssicherheit mit sauberem Trinkwasser, ist die Ermittlung der Grundwasserneubildung als Basisleistung von großer Bedeutung. Neben der wichtigen Funktion als Trinkwasser für den Menschen hat die Neubildung von Grundwasser für Landschaften mit hoch anstehendem Grundwasserspiegel und deren angepasste Pflanzen- und Tierwelt eine zentrale Bedeutung für den Erhalt ihres Lebensraums. Durch die kontinuierli-

che Entnahme von Trinkwasser aus den Grundwasserressourcen und die Degradationsstadien des hydrologischen Regimes im Zuge der Entwässerung könnte eine Absenkung des Grundwasserspiegels zur Bedrohung dieses speziellen Biotoptyps führen. ***Abb. 35*** zeigt die Zusammenhänge der Nutzen, die sich aus der Grundwasserneubildung sowohl für den Menschen als auch für die Lebensgemeinschaft im Moor ergeben.

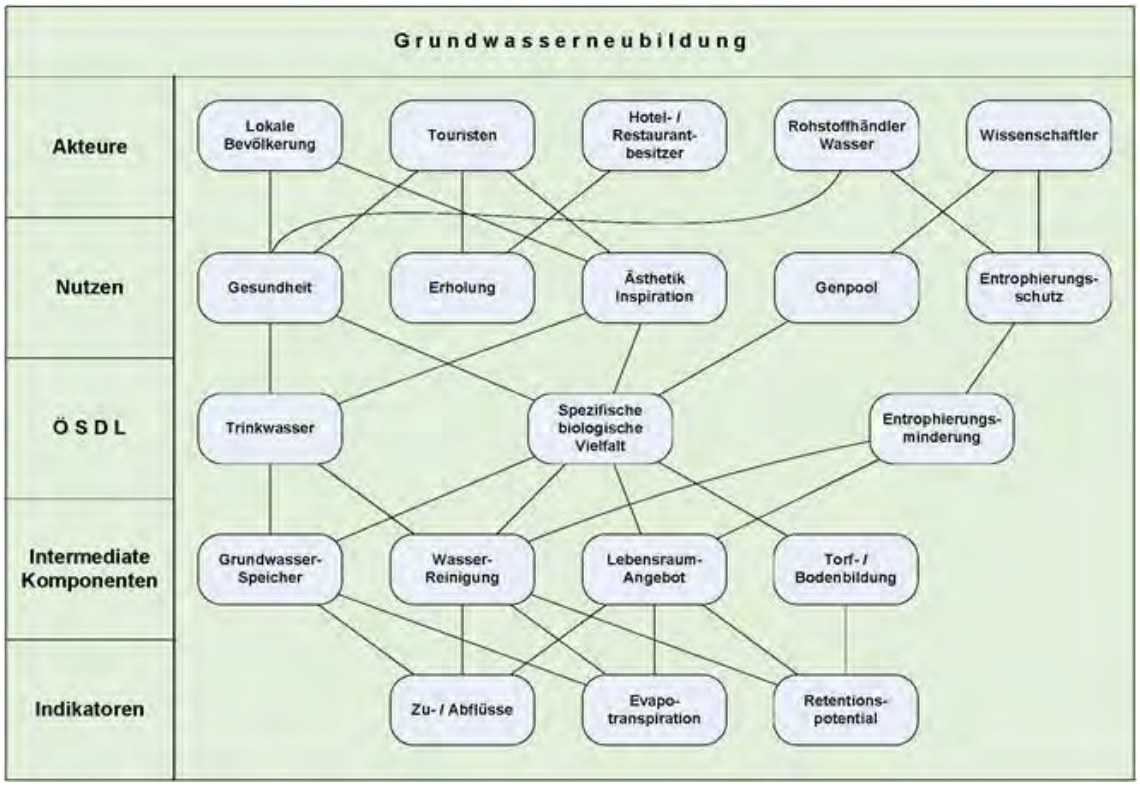


Abb 35: Holistische Bewertungsmatrix Grundwasserneubildungsfunktion (eigene Darstellung moduliert nach SCHRÖDER et al. in IBISCH et al. 2012)

4.1.2 Versorgungs- und Regulationsleistungen

4.1.2.1 Bewertung der Wasserreinigungsfunktion

Die Reinigung des Wasserkörpers innerhalb der Moore wird vor allem durch Zu- und Abflüsse in Form von Niederschlag, lateralem und Gesamtabflussverhalten, aber auch durch die Bodenpassage und die damit verbundenen Grundwasserleiter beeinflusst. Die Ökotone, innerhalb derer die Selbstreinigung in Form von Bioturbation der Mikroorganismen und chemisch-physikalischer Umsetzungs- und Festlegungsprozesse stattfindet, sind aufgrund ihrer sensiblen Funktionszusammenhänge auf intakte Biozönosen angewiesen, um sauberes Wasser und eine dauerhafte Nutzung dieser ÖSDL zu gewährleisten. Die Grundwasserneubildung spielt bei den Reinigungsvorgängen eine große Rolle, da durch die Filterwirkung der Bodenpassage bei diesem Vorgang organisches

Material umgesetzt und das Wasser davon befreit wird. Wie in **Kap. 4.1.1.3** beschrieben, ist dafür essentiell, wie hoch die Abflussmenge ist und wieviel Wasser für die Versickerung zur Verfügung steht, da letztlich nur Sickerwasser die Bodenpassage in der Form durchläuft, dass Filterfunktionen greifen können. In Abhängigkeit von den geologischen Verhältnissen kann auch Wasser aus dem Zwischenabfluss (*interflow*) beim Bodendurchfluss zu Grundwasser werden. Die Geologie bestimmt außerdem Beschaffenheit, chemische Parameter des Wasserkörpers wie Sauerstoffgehalt, Pufferung und durch die Ausprägung von Porenraum und Körnung auch die Besiedlungsdichte der Mikroorganismen, die an der Umsetzung beteiligt sind (SCHWOERBEL & BRENDELBERGER et al. 2015). Das Abflussverhalten weist gemäß den Ausführungen in Kap. **4.1.1.1** zwar im Mittel niedrige bis mittlere Werte auf, die schnelle Ansprache auf starke Niederschlagsereignisse in Form stark erhöhter Ganglinien und damit verbundene hohe Abflussgeschwindigkeiten verkürzen jedoch die Verweilzeit des Wassers im System und damit auch Filterprozesse. In Kombination mit geringen Wasserstufen, durch die Mineralisationsprozesse gefördert werden, können freigesetzte Nährstoffe schnell aus dem System transportiert werden. Die in **Kap. 4.1.1.2** hergeleitete Bewertung der Naturnähe des Wasserstands lässt vermuten, dass das hydrologische Regime Störungen unterworfen ist, die die Wasserreinigungsfunktion beeinträchtigen dürften. Torfbildende Vegetation als Grundlage einer Steigerung der Akkumulationsrate ist bislang nur in sehr geringen Anteilen nachgewiesen. In Kombination mit den Zeigerwerte der vorherrschenden Vegetation, die eher Rückschlüsse auf feuchte denn auf nasse Bedingungen zulassen, können die Bodenwasserverhältnisse in Bezug auf Verweilzeit und Senkenfunktion nicht als günstig angenommen werden. Temporäre Eutrophierungstendenzen dürften die Wasserreinigungsfunktion sogar tendenziell verschlechtern, da in Kombination mit erhöhten Abflussgeschwindigkeiten eine Nährstoffbelastung der angrenzenden Oberflächengewässer die Folge sein kann. Solche Entwicklungen sind bislang nicht eindeutig nachgewiesen und bedürfen der weiteren Beobachtung. Aktuelle Daten aus Thranen- und Tierschbruch belegen allerdings für diese Flächen, dass Die Zersetzungsgrade, Trockenrohdichte und Substrattypen (**Tab. 17,** S. 81) für positive Wasserspeichervermögen sprechen. Mit zunehmendem Retentionspotenzial steigt auch das Wasserreinigungsvermögen, besonders in Kombination mit Stauwasserschichten, die ein verzögertes Versickerungsverhalten ermöglichen. Eine solche Situation ist beispielsweise auf der Moorfläche MOR 193 im Thranenbruch vorzufinden: Wie den Daten von VOM LEHN (2017) zu entnehmen ist, liegt im Katotelm dieser Moorfläche an der Moorbasis eine stauende Schicht aus torfigen und schluffigen Mudden auf schluffigem Lehm vor. Die Auswirkungen dieser Stauschicht auf das Retentionspotenzial sind in **Kap. 4.1.2.2** beschrieben. Durch die damit

verbundene Verzögerung der Tiefenversickerung kann in Bezug auf diese Teilfläche von einer intakten Wasserreinigungsfunktion ausgegangen werden. Allerdings sei auch hier auf die starke Heterogenität verwiesen, die das Bruchsystem kennzeichnet, sodass von dieser Teilfläche keine Rückschlüsse auf das Gesamtsystem gezogen werden können. Vielmehr weisen die schnellen Abflussspitzen wie bereits beschrieben, auf noch immer anhaltende Störungen der hydrologischen Regimes hin. Auch hier gilt, dass mit Zielerreichung der Renaturierungsmaßnahmen erhöhte Moorwasserstände angestrebt werden, die diese Problematik abschwächen. ***Abb. 36*** zeigt das holistische Bewertungsprofil der Nutzen, die der Wasserreinigungsfunktion zugesprochen werden können.

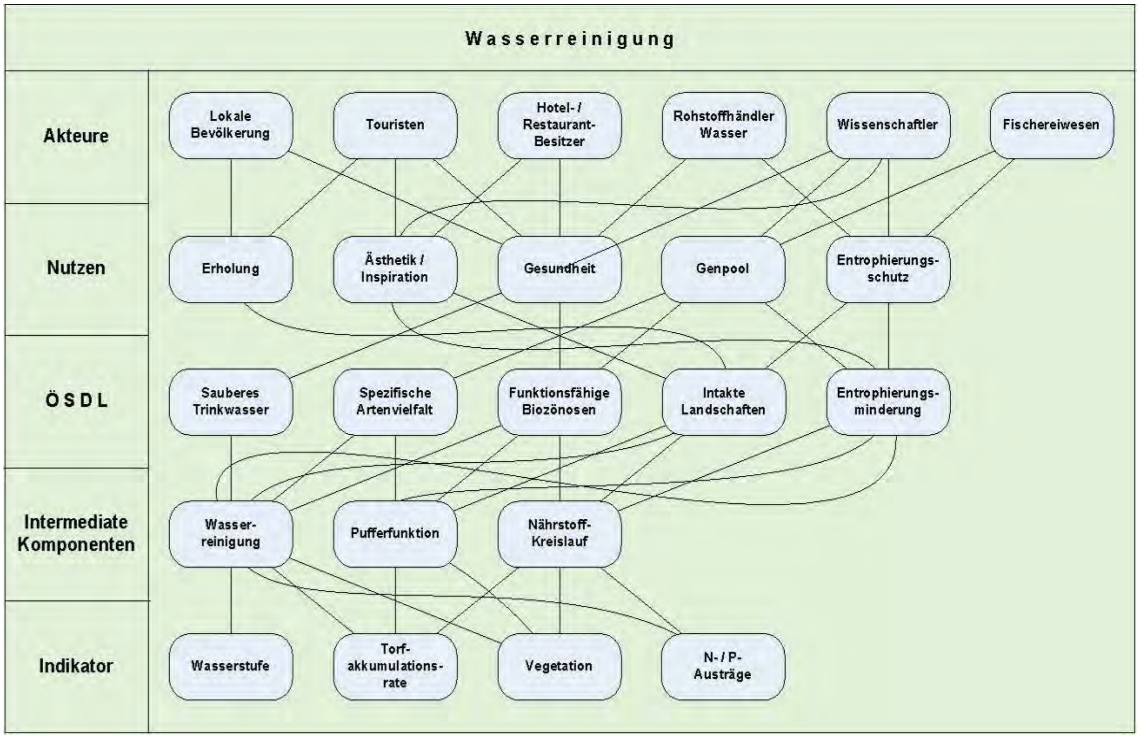


Abb 36: *Holistische Bewertungsmatrix der Wasserreinigungsfunktion* (eigene Darstellung moduliert nach SCHRÖDER et al. in IBISCH et al. 2012)

4.1.2.2 Bewertung der Wasserretention und Hochwasserregulierung

Aufgrund der Abhängigkeit der chemischen Umwandlungs- und Lagerungsprozesse von den hydrologischen Verhältnissen, wurden in Anlehnung an TIEMEYER et al. (2016) als Indikatoren der Wasserretention *Zersetzungsgrad* und *Trockenrohdichte* sowie die abgeleiteten Werte der *Wasserstufen* herangezogen. Auch das *Substrat*, die *Mächtigkeit des Akrotelms* sowie *Vegetationsformen* desselben dienen nach KLINGENFUSS et al. (2015) zur Einschätzung des Wasserspeichervermögens. Auf Grundlage der Daten von VOM LEHN (2017) zu Substrat, Trockenrohdichte und Zersetzungsgrad für eine Bruchfläche des Thranenbruchs und für zwei Flächen des Tierschbruchs (**Tab. 17**) lassen sich für

diese Bruchflächen Ableitungen des Retentionspotenzials vornehmen.

Tab. 17: Trockenrohdichte und Zersetzungsgrad für Thranen- u. Tierschbruch

Bruchfläche	Horizont	Mächtigkeit	TRD g/cm^3	Zersetzung	Substrat
Tranenbruch MOR 193	hHr	10 - 20	0,08	H4	Hhs, Hnr
	II uHr	20 - 38	0,17	>H8	Ha, Hulb
Tierschbruch MOR 186	hHw	0 - 12	0,07	H2	Hhs
	II uHr1	12 - 18	0,10	H3	Hnr
	II uHr2	18 - 30	0,09	H4	Hnr
	II uHr3	30 - 40	./.	H3	Hnr
	II uHr4	40-50	./.	GS H5	Hulb
Tierschbruch MOR 188	uHr	4 - 12	0,10	H5	Hnr
	II hHr	12 - 22	0,06	H2	Hhs
	III fF	22 - 26	./.	-	Fh, Ha
	IV uHr	26 - 48	0,20	H4	Hnr
	IV uHr2	48 - 65	0,22	H 7-8	Hnr

(eigene Erstellung nach Daten von VOM LEHN 2017)

Die nachfolgenden Interpretationen der Daten basieren auf der Bodenkundlichen Kartieranleitung (SPONGAEL et al. 2009) sowie den Steckbriefen für Moorsubstarte der Hochschule für nachhaltige Entwicklung Eberswalde (MEIER-UHLHERR et al. 2015). Demnach ist das Thranenbruch durch einen von Resten aus Hochmoorpflanzen gekennzeichneten ständig (grund-) wassererfüllten Horizont gekennzeichnet, dessen Substrat bis in eine Tiefe von 20 cm aus Moos- und Riedtorfen zusammengesetzt ist. Im darunterliegenden wassergefüllten Horizont der Übergangsmoore ab einer Tiefe von 20 bis 38 cm liegen amorphe und Birkenbruchwaldtorf-Substrattypen vor. Mit einer Gesamttiefe von 38 cm weist das Thranenbruch eine geringmächtige Torfschicht auf. Trotz der versauernden Wirkung von Sphagnumtorfen liegen die pH-Werte im mesotrophen Bereich. Der Kohlenstoffgehalt liegt mit 46,85 – 47,07 % knapp unterhalb des Richtwertes für Torfe (vgl. HAAG 2012: 52). Die zunehmende Trockenrohdichte und der Substarttyp Birkenbruchwaldtorf lassen darauf schließen, dass das Katotelm aus besonders widerstandsfähigen Resten von Holz und Fasern besteht. Die geringe Mächtigkeit des Akrotelms ist für den Moortyp charakteristisch. Die Überrieselung mit soligenem Wasser bewirkt möglicherweise

zudem den raschen Abtransport saurer Zersetzungsprodukte der Sphagnen (vgl. HAAG 2012). Nach VON PROST können dem Thranenbruch ab einer Tiefe von 10 cm schwache Zersetzungsgrade (H4) mit noch erkennbaren Torfbestandteilen zugeordnet werden. Mit zunehmender Tiefe steigen sowohl die Trockenrohdichte als auch der Zersetzungsgrad in stark zersetzte Bereiche (H8 und mehr). Da geringe Zersetzungsgrade auf lockere Torflagerungsdichten hinweisen, sinkt mit steigendem Zersetzungsgrad die gesättigte Wasserdurchlässigkeit (vgl. SUKKOW & JOOSTEN 2001:85). Für Werte über 5 wird eine geringere Kapillarität und somit eine schwache Wasserdurchlässigkeit angenommen. Das Thranenbruch zeigt bis zu einer Tiefe von 20 cm schwache Zersetzungsgrade, die ein erhöhtes Sättigungsvolumen und damit eine gute Retentionseigenschaft des Akrotelms vermuten lassen. Das Horizontprofil und der Substratyp lassen eine Einstufung in Wasserstufe 4+ bis 5+ zu, die niedrigen Werte der Trockenrohdichte in Kombination mit schwachen Zersetzungsgraden lassen trotz der Geringmächtigkeit des Akrotelms ebenfalls auf gute Retentionseigenschaften schließen. Die Akkumulationsrate scheint aufgrund der eher niedrigen C_{org}-Gehalte nicht hoch zu sein. Eine mögliche Ursache hierfür ist neben dem Charakteristikum der Geringmächtigkeit von Hangmooren, dass es wenig torfbildende Sphagnum-Arten im Bruchsystem zu geben scheint (vgl. HÖLZER 2017). Dennoch weisen die Substrattypen der Moostorfe in Kombination mit schwachen Zersetzungsgraden im oberen Bodenhorizont auf Torfbildungsprozesse hin (vgl. KLINGENFUSS 2015: 17). Auch die Vegetationsangaben für das Thranenbruch (siehe **Tab. 14**) spiegeln hohe Feuchtegrade wider. Zudem trägt das Vorkommen von Kleinseggenarten (*carex ff.*) durch ihr luftreiches Wurzelgewebe zur Steigerung des dynamischen Speichervolumens bei. Die Ergebnisse der Torferhaltungshorizonte zeigen, dass die Trockenrohdichte mit zunehmendem Humifizierungsgrad bzw. höheren Zersetzungsgraden steigt. Dies lässt sich dadurch erklären, dass höhere Anteile organischer Substanz (C_{org}-Anteil) durch ein stabileres Gefüge und eine Zunahme der Porosität gekennzeichnet sind, da der Anteil an Mittel- und Feinporenvolumen zunimmt (SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL 2002). Das Katotelm wirkt so durch die damit verbundene geringere Wasserleitfähigkeit stabilisierend auf den statischen Wasserspeicher. Die Moorbasis besteht ab einer Tiefe von 38 cm aus wasserstauenden, torfigen und schluffigen Mudden (Fh und Fmu) auf schluffigem Lehm (Ls3 und Ls4), was eine geringe Wasserdurchlässigkeit (kf-Werte) und infolge geringe Versickerungsverluste in den Untergrund vermuten lässt. Nach dem Bewertungssystem von KLINGENFUSS et al. (2015: 51) lässt sich daraus für das Tranenbruch eine hohe Retentionsleistung ableiten. Aufgrund seiner hohen Staunässe, wurde das Tranenbruch in der Vergangenheit mit einer sehr dichten

Verteilung von Gräben durchzogen: Mit 266 m/ha weist diese Hangbruchfläche die höchste kartierte Grabennetzdichte auf (vgl. ZEMKE et al. 2015 in CHIFFLARD et al. 2015: 106, 107). Trotz der pedologischen Indikatoren, die für ein hohes Retentionspotenzial sprechen, weisen Daten der Abflussreaktion (vgl. **Kap. 4.1.1.1** und ***Abb. 14***, Anhang) auf ein aktives Entwässerungsgeschehen in Verbindung mit dem Grabennetz hin und sprechen gegen eine intakte Wasserrückhaltefunktion von Boden- und Interzeptionsspeicher (vgl. ZEMKE et al. 2015 in CHIFFLARD et al. 2015:110). Möglicherweise sprechen die aktuellen Beprobungen des Bodenprofils bereits für eine positive Ansprache des hydrologischen Regimes auf die Umsetzung der Wiedervernässungsmaßnahmen und bestätigen somit die Erfolgsaussichten der Renaturierung.

Im Tierschbruch liegt auf der ersten Fläche (MOR 186) ein zeitweilig wassererfüllter hochmooriger Horizont im Schwankungsbereich von Stau- und Grundwasser mit darunterliegenden reduzierten Torfbildungshorizonten der Übergangsmoore mit Wasserüberschuss vor (vgl. SUKKOW & JOOSTEN 2001). Die Substrate weisen in den oberen Bodenschichten Moostorfe, ab einer Tiefe von 12 cm überwiegen Riedtorfe auf, gefolgt von einer Schicht Birkenbruchwaldtorf in 40 – 50 cm Tiefe. Die darunterliegende Moorbasis besteht aus einer Schicht organischer Mudde auf Schluffmudde auf stark sandigem Lehm (Sl4), in tieferen Lagen in lehmigen Sand übergehend (Sl3). Die pH-Werte liegen mit > 4 im mesotrophen Bereich. Für den Torfbildungshorizont hHw über uHr kann Wasserstufe 4+ bis 5+ angenommen werden. Die sehr geringen Zersetzungsgrade und niedrigen Trockenrohdichtewerte sprechen für ein hohes Speichervolumen. Das Akrotelm scheint mit einer Tiefe von 30 cm eine höhere Mächtigkeit aufzuweisen als das Tranenbruch. Erst ab einer Tiefe von 40 bis 50 cm lassen sich höhere Zersetzungsgrade feststellen, die auf eine geringere Wasserleitfähigkeit hinweisen. Allerdings liegen hier dennoch nur mittlere Zersetzungsgrade vor (H5), was in Kombination mit dem eher ins Sandige neigenden Untergrund zu höheren Versickerungsverlusten führen dürfte. Vegetationsdaten für das Tierschbruch liegen nicht vor. Auf Grundlage der Daten lässt sich schließen, dass das Akrotelm der Fläche MOR 186 zwar eine hohe Wasserspeicherkapazität aufweist, dass allerdings im Hinblick auf den Untergrund und das Katotelm mit höheren Versickerungsverlusten und geringerer Wasserstauung zu rechnen ist, was das Retentionspotenzial etwas abschwächt. Nach dem Bewertungsmodul von KLINGENFUSS et al. (2015) liegt damit eine mittlere Wasserretentionsleistung vor. Die zweite Fläche im Tierschbruch (MOR 188) zeigt einen zeitweilig mit Grund- und Stauwasser gefüllten Übergangsmoor-Horizont in der ersten Bodenschicht, gefolgt von reduzierten Übergangs- und Hochmoor-Horizonten mit Moor- und Riedtorf-Substraten bis in eine Tiefe von 22 cm. Darauf folgt eine Schicht organischer Mudde mit amorphem Torf (Fh, Ha),

die in einer Tiefe von 26 cm wieder von reduzierten Übergangshorizonten mit Riedtorf-Substrat abgelöst wird. Die Moorbasis besteht überwiegend aus organischen Mudden (Fh) und Sandmudde (Fms) auf einer Schicht lehmigem Sand, die im Unterboden ab einer Tiefe von 80 cm von sandigem Lehm abgelöst wird. Die Zersetzungsgrade des Oberbodens liegen im sehr schwach zersetzten Bereich, gefolgt von einer mittel zersetzten Schicht (H5), auf die wieder eine sehr schwach zersetzte Schicht (H2) folgt. Erst ab einer Tiefe von 26 cm nehmen die Zersetzungsgrade zu (H4). Ab 48 cm Tiefe liegen mit Werten von H7 bis H8 stark zersetzte Humifizierungsgrade und steigende Trockenrohdichten vor, sodass in Kombination mit dem hier vorliegenden Mudden-Substrat wasserstauende Eigenschaften vermutet werden können. Die pH-Werte liegen auch hier im mesotrophen Bereich. Die Horizontfolge lässt mit zeitweilig bis ständig gefüllten Torfbildungshorizonten auf dauerhafte Wassersättigung und Wasserstufe 4+ bis 5+ schließen. Die wasserdurchlässigen Substrate mit geringen Zersetzungsgraden der oberen Bodenschicht lassen trotz der Unterbrechung einer weniger stark wasserleitenden Schicht dennoch ein hohes Wasserspeichervolumen zu. In Kombination mit niedrigen kf-Werten der stauenden Mudde-Schicht im Katotelm kommt auch für diese Fläche nach KLINGEFUSS et al. (2015) eine Einstufung in ein hohes Retentionspotenzial in Frage. ***Abb. 37*** gibt die holistische Bewertungsmatrix für die Retentionsfunktion wieder. Für die Hochwasserregulierungsfunktion ist entscheidend, ob das Moor in einem Gebiet mit Hochwasserproblematik liegt. Im Einzugsgebiet der Nahe sind „etwa 380 Gewässer Kilometer als Bereiche mit signifikantem Hochwasserrisiko eingestuft“ (HÄSSLER-KIEFHABER et al. 2011: 32). Nach Angaben des MUFV wurden für die Gemeinden entlang der Nahe im Jahr 2010 insgesamt rund 67 Tsd. ERU für hochwasserinduzierte Schäden an der Siedlungsfläche und über 27 Tsd. betroffene Einwohner prognostiziert (vgl. MUFV 2010:42). Allein für die Gemeinde Idar-Oberstein konnten demnach 11.496 EUR Schadenskosten angenommen werden. Weiterhin wurden in der Region 4 potentiell durch Hochwasser betroffene IVU-Betriebe festgestellt werden[40]. Da die Vorfluter des Bruchsystems die Abflussgenese in Einzugsgebiete der Nahe mitprägen, sind sie als Teilaspekte der dortigen Hochwasserproblematik zu begreifen: Die schnellen Abflussspitzen infolge hoher Niederschlagsereignisse als Resultat von Funktionsverlusten des Wasserspeichervermögens sprechen für eine kausale Beteiligung der Degradationserscheinungen der Hangmoore an Intensität und Häufigkeit der Hochwasserereignisse. Zur

[40] Eine Anlage zur Herstellung von Filterschichten und eine Gasturbinenanlage in Bad Kreuznach sowie je ein Betrieb zur Gelatineherstellung in Bad Sobernheim und Monzingen (vgl. MUFV 2010: 23).

konkreten monetären Bewertung muss nach Zielkontrolle der Wiedervernässungsmaßnahmen ein Datenabgleich mit erhobenen Hochwasserschadenskosten[41] erfolgen, der den Beitrag der Hangbrücher am Hochwasserschutz beziffert.

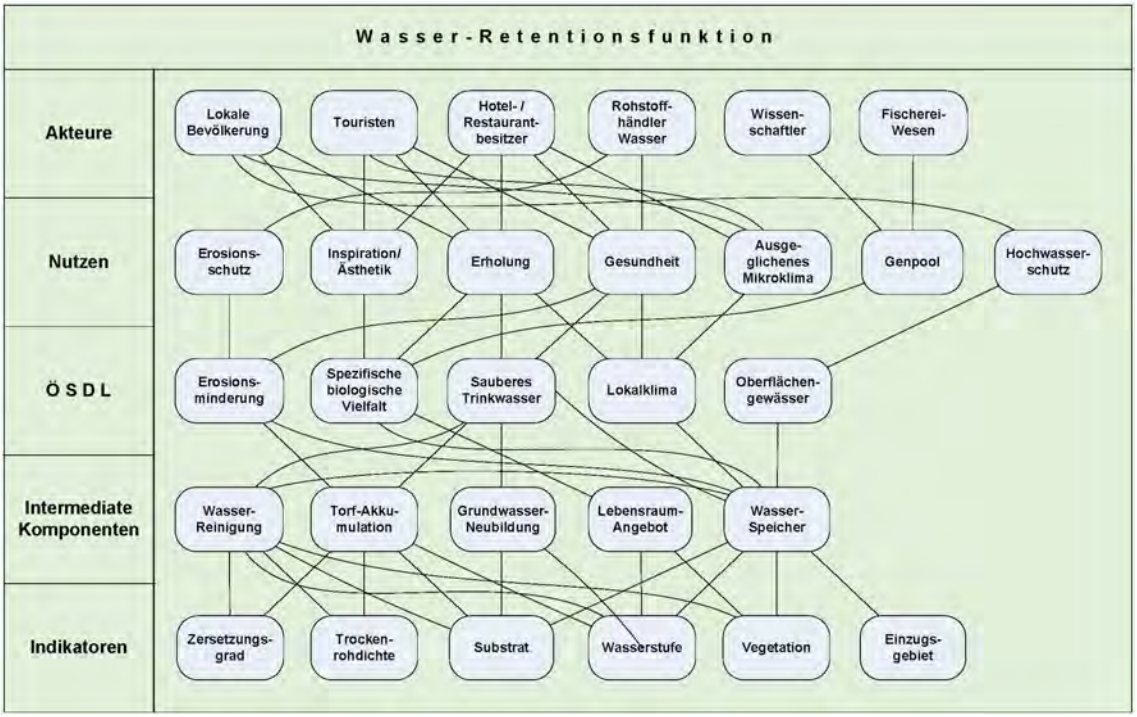


Abb 37: *Holistische Bewertungsmatrix Wasserretentions-Funktion* (eigene Darstellung moduliert nach SCHRÖDER et al. in IBISCH et al. 2012)

Durch den funktionalen Zusammenhang der Wasserretention mit Grundwasserneubildung und Wasserreinigung gehen daraus außerdem unmittelbar konsumptive, direkte Gebrauchswerte in Form sauberen Trinkwassers sowie indirekte Gebrauchswerte durch Wasserschutz und Gesundheitsvorsorge hervor. Aber auch die Nicht-Gebrauchswerte Existenzwert (seltener Arten der Feuchtgebiete), Vermächtniswert (ästhetischer Landschaftsbilder) und Optionswert (genetische Ressourcen der spezifischen Biodiversität) kommen zum Tragen.

[41] Das MULEWF (2014:21) gibt eine Investitionssumme von rund 193 Millionen EUR für örtliche Hochwasserschutzprojekte an, was angesichts der notwendigen Hochwasservorsorge die Bedeutung des natürlichen Wasserrückhalts in Form dezentraler, landschaftlicher Retentionsräume als Beitrag zur finanziellen Entlastung betont.

4.1.2.3 Bewertung der Relevanz für die Klimaregulierung

Klimaregulierende Leistungen von Mooren stehen im engen Zusammenhang mit deren Kohlenstoffspeicherfunktion durch die Akkumulation abgestorbener Pflanzenreste in ihren Torfschichten. Für die Bewertung der C-Speicherkapazität eines Moores ist eine exakte Kohlenstoff-Bilanzierung unabdinglich, die zum Bearbeitungszeitpunkt nicht vorliegt. Über den Beitrag der Moore im Hunsrück zur Senkung des globalen Kohlenstoffvorrats in der Atmosphäre lässt sich daher im Rahmen dieser Arbeit keine Aussage treffen. Ein weiterer, kleinräumig wirksamer Einflussfaktor der Moore auf das Lokalklima ist allerdings in der Verdunstungskühlung zu suchen, die Moore auf ihr unmittelbare Umgebung ausüben (siehe **Kap. 2.2.3.1**). Um diese Funktion bewerten zu können, ist eine Einschätzung der Evapotranspirationsleistung, die an die Wasser- und Energiebilanz des Standortes gebunden ist, notwendig (vgl. KLINGENFUSS et al. 2015: 52). Neben den in **Kap. 2.2.3.1** eruierten Indikatoren *Wasserstufe* und *Exposition* (Strahlungsbilanz, Wind), sind zudem die *artspezifischen Verdunstungsraten* sowie die *Bestandsdichte* und *Charakteristik der Vegetation* von Bedeutung. Für die Berechnung der Verdunstung einer bewachsenen Fläche liegen verschiedene Berechnungsmodelle zugrunde, wie beispielsweise die HAUDE-Formel für die potenzielle Evapotranspiration.

$$ETp_{Haude} = a_{Haude} (e_s\text{-}e)$$

a_{Haude}: Empirischer (konstanter) monatlicher Pflanzenfaktor (HAUDE-Faktor)

e_s-e: Sättigungsdefizit der Luft mit Wasserdampf in hPa

(KAPPAS 2009:100)

Nach KAPPAS (2009) ergibt sich das Sättigungsdefizit aus Lufttemperatur und Luftfeuchte, aus denen die absolute Feuchte der Luft in g/m^3 abgeleitet werden kann. Meteorologische Daten wie auch ermittelte Verdunstungsraten liegen für einzelne Messstellen im Untersuchungsraum vor, die allerdings nicht innerhalb des Untersuchungsgebietes oder an den Moorflächen liegen. Über das Internetportal der Agrarmeteorologie Rheinland-Pfalz sind für die Messstellen Dienstweiler und Bernkastel-Kues Jahressummenwerte für Niederschlag und Verdunstung abrufbar. Bernkastel-Kues befindet sich nördlich des Untersuchungsraums, Dienstweiler hingegen südlich. Aus den Daten gehen die in **Tab. 18** (siehe Anhang) dargestellten Werte für Verdunstungs- und Niederschlagssummen

hervor. KAPPAS (2009) gibt grobe Richtwerte als Tendenzen für unterschiedliche Bedeckungstypen in Mitteleuropa an (siehe **Tab. 19**, Anhang)[42]. Mit Spitzenwerten von 694,49 mm zeigen die Messstellen im Hunsrück aufgrund des hohen Waldanteils in der Region gemessen an diesen Richtwerten für bewaldete Flächen vergleichsweise hohe Verdunstungsmengen. Für die Messstelle Bernkastel-Kues lag im Jahr 2015 die Verdunstungssumme sogar über dem Jahresniederschlag. Allerdings kann aus den meteorologischen Daten der Stationen keine Aussage für die Moorflächen gezogen werden, da für die Berechnung lokale Messwerte benötigt werden. Für die tatsächliche Verdunstung stets feuchter, bewachsener Landflächen liegt ein komplexeres Modell (PENMAN-MONTHEITH-Modell) vor, in dessen Berechnung neben der spezifischen Verdunstungswärme, der Sättigungsdampfdruckkurve und dem Sättigungsdefizit auch die Strahlungsbilanz, der Bodenwärmestrom, die Luftdichte, spezifische Wärme der Luft, aerodynamischer Widerstand, die Psychrometerkonstante sowie der Stomatawiderstand einbezogen werden (vgl. KAPPAS 2009: 102). Für derartig komplexe Berechnungen liegt keine Datengrundlage vor. Auch scheint die Erhebung für die Praxis im Rahmen eines Monitorings zu aufwendig. Vereinfachte Berechnungen auf Grundlage des Wasserhaushaltes bedienen sich zur Berechnung der Verdunstung folgender Wasserbilanzgleichung nach INGRAM (1983):

$$N - A + Z - ET - dW - y = 0$$

N =	Niederschlag	ET =	Evapotranspiration
A =	Abfluss	dW =	Speicherveränderung
Z =	Zufluss	y =	Fehlerterm

(vgl. DIERßEN & DIERßEN 2001: 20)

Für diese vereinfachte, praxisorientierte Berechnung fehlen allerdings ebenfalls konkrete flächenbezogene Eingangsdaten. Obgleich Niederschlagswerte aus nahegelegenen Messstationen für diesen Ansatz brauchbar wären, gibt es bislang keine konkreten Daten über den Gesamtabfluss aus den Moorflächen sowie laterale und aufsteigende Zuströme von Mineralbodenwasser. In Bezug auf die Vegetationstypen gibt EGGELSMANN (1981, 1990) jahreszeitenspezifische Verdunstungswerte an. Demnach liegen die Spitzenwerte im Sommerhalbjahr für Kleinseggenriede bei ca. 530 mm und für Großseggenriede und Fichtenwälder bei etwa 650 mm (SUKKOW & JOOSTEN 2001:

[42] Wobei zu beachten ist, dass neben der Vegetationsart auch edaphische Faktoren wie kapillarer Aufstieg, Bodenart sowie das Alter des Bestandes, die Albedo und Oberflächeneigenschaften eine große Rolle spielen

212). Für Sphagnum-Arten sind unterschiedliche Transpirations-Werte je Art nachgewiesen, wobei die Transpiration von Torfmoosen vergleichsweise gering gegenüber Phanerogamen einzuschätzen ist (ELLENBERG & LEUSCHNER 2010: 581). Intakte Niedermoore verdunsten nach SCHMEIDL et al. (1970), MUNDEL (1982) und INGRAM (1983) „etwa in Höhe der potenziellen Verdunstung oder wenig darüber" (ELLENBERG & LEUSCHNER 2010:580). Grundsätzlich wird die Verdunstungsleistung von Moorstandorten im Vergleich zu Mineralböden um 10-15 % höher eingeschätzt, wobei die Verdunstungssummen mit zunehmender Bewaldung steigen (vgl. FRANKL in ELLENBERG & LEUSCHNER 2010:581). Hohe Bestockungsgrade können durch die erhöhte Transpiration allerdings eine Absenkung des Moorwasserstandes bedingen. Längere Trockenperioden mit anhaltend hohen Verdunstungsraten vergrößern die Gefahr der Wasserzehrung und erhöhen somit potentiell das Auftreten von Zersetzungsprozessen der Torfschicht. Im Zuge sommerlicher Austrocknung kann es infolge niedriger Wasserstände wiederum zur raschen Absenkung der Verdunstungsleistung kommen. Ein Effekt, der besonders bei flachgründigen Torflagen und Störungen des hydrologischen Regimes stärker ins Gewicht fällt.

Aufgrund der fehlenden Parameter für Abflussverhalten und Evapotranspiration auf den konkreten Moorflächen im Untersuchungsraum, wird zur Beurteilung der Verdunstungsleistung auf den *Wasserstand* als Hauptindikator zurückgegriffen. KLINGENFUSS et al. (2015) schlagen zur Einordnung der mikroklimatischen Kühlungsleistung im Hinblick auf den Nutzen für Siedlungsräume eine zusätzliche Beurteilung der Kriterien „Lage im Kaltluft-Austauschgebiet" und „Siedlungsnähe" vor. Beide Faktoren können aufgrund der räumlichen Lage des Untersuchungsgebiets in Entfernung zu Siedlungsgebieten ausgeschlossen werden. Die Hanglage der Brücher begünstigt ggf. Advektionsvorgänge und expositionell bedingte Windentstehung, die als wahrscheinliche Einflussfaktoren auf Verdunstungsprozesse innerhalb der Moore anzunehmen sind. Nach dem Bewertungsschema von KLINGENFUSS et al. (2015) ist die potentielle Kühlungsleistung der Moorflächen Thranen- und Tierschbruch, für die in **Kap. 4.1.1.1** die Wasserstufen 4+ und 5+ ermittelt wurden, als positiv anzunehmen, wenngleich die Lage des Bruchsystems keine Relevanz für besiedelte Flächen aufweist. Die Einbettung in ein großräumig bewaldetes Gebiet mit ohnehin hohen Verdunstungsraten schwächt die Relevanz der moorspezifischen Verdunstung im Vergleich zur Bestandsverdunstung geschlossener Waldgebiete zusätzlich ab. Aufgrund der lückenhaften Datenlage bleibt ungeklärt, ob Verdunstungsprozesse möglicherweise sogar einen verstärkenden Effekt auf hydrologische Störungen und Absenkungen der Moorwasserstände in Trockenperioden mit sich bringen. Um diese

Funktion sicher einschätzen zu können, sind flächenbezogene Lysimeter-Untersuchungen zur Ermittlung der Wasserbilanzgleichung und der Evapotranspirationsprozesse notwendig. ***Abb. 38*** gibt einen Überblick über das holistische Bewertungsmodul der Verdunstungskühlungsfunktion im Hinblick auf Nutzen, die sich daraus ergeben. Der vorrangige Nutzen besteht demnach in der regulierenden Funktion auf den Landschaftshaushalt. Angesichts der durch den Klimawandel prognostizierten steigenden sommerlichen Trockenphasen, Temperaturen und Verdunstungsraten (vgl. CASPER et al. 2013) wächst die Bedeutung naturnaher funktionsfähiger Moore. Aus Untersuchungen des Projektes KlimaLand RP geht hervor, dass zukünftig mit „einer Zunahme von Perioden mit geringem Wasservorrat im Boden während der Vegetationsperiode zu rechnen“ ist (CASPER et al. 2013: 115). Einerseits gefährdet die Situation der sommerlichen Wasserknappheit die geringmächtigen Hangmoore im Hunsrück besonders im Hinblick auf eine Erhöhung der Verdunstungsprozesse infolge steigender Lufttemperaturen. Andererseits bietet der in der Winterperiode im Zuge höherer Niederschlagsmengen wieder aufgefüllte Wasservorrat von Moorflächen durch die Verdunstung im Sommerhalbjahr der unter Trockenstress leidenden Flora und Fauna Rückzugsgebiete, die besonders für klimavulnerable Arten von großer Bedeutung sind. GRIEBELER et al. (2013: 47) legen im Rahmen des Moduls Biodiversität des Projektes KlimaLandRP dar, dass für Leitarten der Hochmoor-Bultgesellschaften und Braunseggensümpfe (*Carex ff.*) stark negative Reaktionsszenarien auf den Klimawandel in Form erheblicher Arealverkleinerungen sowie eine drastische Gefährdungsdisposition für seltene Arten zu erwarten sind. Demnach kommen in diesem Zusammenhang vorrangig Nicht-Gebrauchswerte wie Vermächtnis- und Existenzwert, aber auch potentielle zukünftige Gebrauchswerte (Optionswert) die Biodiversität über die Nutzbarkeit genetischer Ressourcen in der Zukunft entfaltet, zum Tragen. Auch für Waldbestände rechnet der IPCC (2007: 13 in VASCONCELOS et al. 2013: 255) mit einer negativen Wachstumskurve durch den Temperaturanstieg. Trockenstressbedingte Einbuße der Vitalität, Schädigung von Geweben und erhöhte Mortalität sind je nach Vulnerabilität der Baumart mögliche Folgen (vgl. VASCONCELOS et al. 2013: 256.) Die im Untersuchungsraum weit verbreitete Fichte zählt zu den trockenheitssensitiveren Arten. Die mikroklimatische Kühlungswirkung der Moore könnte in diesem Zusammenhang in Zukunft für angrenzende Bestandsareale eine zunehmend wichtigere Rolle einnehmen. Auch die prognostizierte Erhöhung winterlicher Temperaturen schwächt den Bedarf der Fichte an Winterkühlung ab (vgl. VASCONCELOS et al. 2013: 140). Da wassergeprägte Lebensräume auch im Winter niedrigere Temperaturen generieren, wirken Moore das gesamte Jahr als Kühlungsmechanismen der umliegenden Landschaft, so auch der angrenzenden Fichtebestände. An dieser Stelle

greifen direkte Gebrauchswerte in Form der Nutzung des Rohstoffs Holz für die Forstwirtschaft und Pufferung möglicher Kosten für den Klimawandel-induzierten Waldumbau. Die ausgleichende Wirkung der Verdunstungskühlung auf das Mikroklima weist zudem ein Erholungspotenzial auf, von dem auch der Mensch in heißen Trockenperioden profitiert. Um der Wasserspeicher- und Kühlungsfunktion im Landschaftshaushalt nachkommen zu können und gegen sommerliche Austrocknung besser gepuffert zu sein, sind ungestörte hydrologische Verhältnisse der Moore notwendig, sodass der Wiederherstellung naturnaher Wasserstände eine besonders hohe Priorität zukommt.

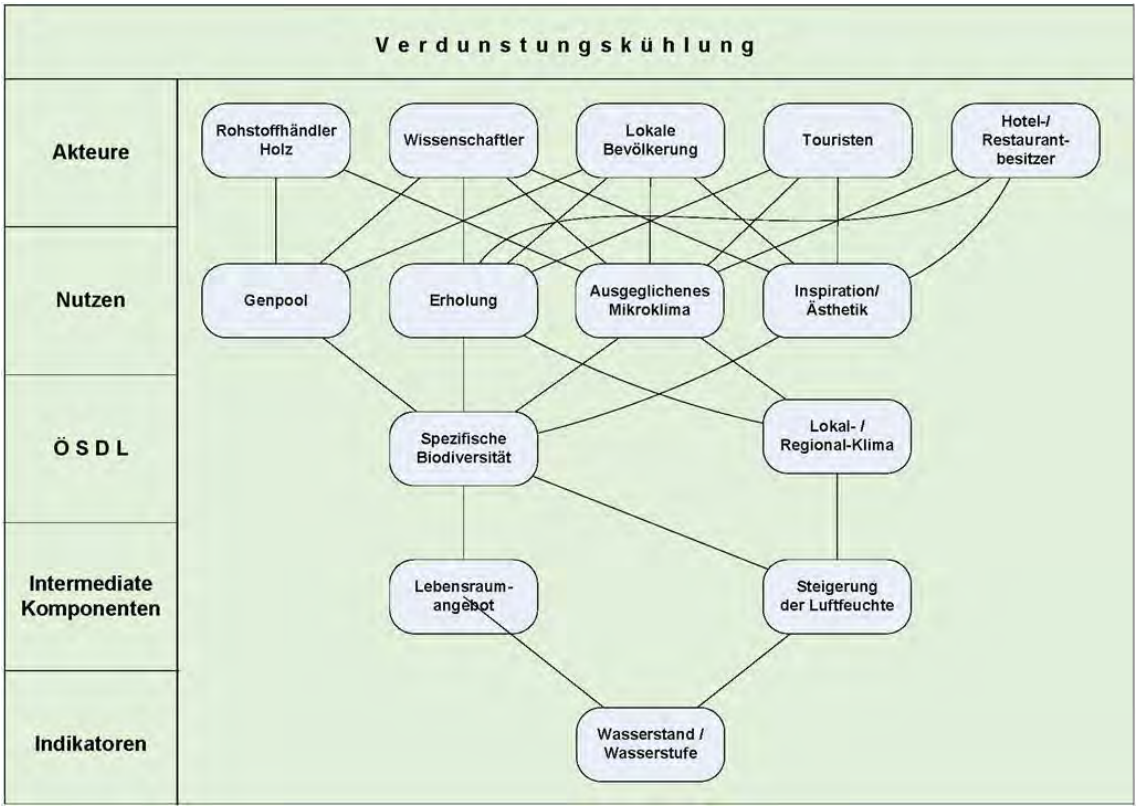


Abb. 38: *Holistische Bewertungsmatrix der Verdunstungskühlungsfunktion* (eigene Darstellung moduliert nach SCHRÖDER et al. in IBISCH et al. 2012)

4.1.3 Kulturelle Leistungen

4.1.3.1 Bewertung der Erholungsfunktion

Unter der Erholungsfunktion werden in Orientierung an SCHUBERT & JEUTHER (in TIEMEYER et al. 2016) kulturelle Leistungen zusammengefasst, die sowohl den Sektor Erholung und Gesundheit wie auch ästhetische und identitätsstiftende Faktoren des Landschaftsbilds und ihre Auswirkungen auf das psychische Wohlbefinden beinhalten[43]. Monetäre Aspekte der Erholungsfunktion können über die Zahlungsbereitschaft von Personen für Erholungsaktivitäten sowie über die touristische Wertschöpfung in der Region abgedeckt werden. Als Vorgriff auf die Auswertung der sozioökonomischen Erhebung in **Kap. 4.2.3.3** wird zunächst die Zahlungsbereitschaft (ZB) für Erholungsaktivitäten aus der geäußerten positiven ZB der Interessensgruppe *Tourismus* herangezogen[44]. Die ZB dieser *stakeholder*-Gruppe ist damit eine Summenbezugsgröße des Erlebnisnutzens der Besucher und Indikator für die erwartete touristische Wertschöpfung. Wie sich aus ***Abb. 39*** (Anhang) schließen lässt, weist die Gruppe *Tourismus* bei der Befragung mit 30,4 % den zweithöchsten Wert positiver ZB auf (15,2 % des Gesamtergebnisses, bei 50 % positiver ZB). Innerhalb der Gruppe zeigt die Hälfte der Befragten (***Abb. 40***, Anhang) eine Bereitschaft, mehr als 40 EUR in die Moorrenaturierung zu investieren. Auch wenn ein Vergleich mit anderen Studien aufgrund der Unterschiedlichkeit der Umweltgüter nur bedingt zweckmäßig ist, bleibt zu bemerken, dass dieser Wert in Relation zu bundesweiten soziologischen Studien im Bereich des Naturschutzes im guten Mittel liegt (vgl. MEYERHOFF 2013, KUEPKER 2007, LIEBE 2007, BERNASCONI & SCHROFF 2003). Die daraus abgeleitete positive Beurteilung des Erholungsnutzens geht, wie ***Abb. 42***[45] veranschaulicht, mit der Erwartung positiver Auswirkungen auf die Region einher. Diese Einschätzung deckt sich mit prognostizierten Entwicklungspotenzialen im Bereich Tourismus (vgl. BAUSCH et al. 2014) und ist möglicherweise mit der Annahme verbunden, dass Moore mit Einzigartigkeit, Seltenheit und Schönheit/Ästhetik assoziiert werden und somit als identitätsstiftende Merkmale Anreiz für steigende Besucherzahlen und folglich der regionalen Wertschöpfung sein können. Da die touristische Nachfrage durch das

[43] Ebenfalls als kulturelle Leistung wird der Nutzen für Wissenschaft, Forschung und Technik aufgefasst, der neben dem naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinn auch die Bereiche Umweltbildung und Naturbewusstsein berührt. Im Rahmen dieser Arbeit stehen allerdings die Aspekte Erholung, Ästhetik und Wertschöpfung in Fokus.

[44] In dieser Gruppe sind Touristen und der angeschlossene Wirtschaftssektor, vertreten durch Hotel- und Restaurantbesitzer, zusammengefasst

[45] Die Abbildung zeigt den kausalen Zusammenhang zwischen positiver ZB und der Erwartung positiver Auswirkungen: Liegt eine negative ZB vor, geht das gleichermaßen mit einer 100 %-igen Erwartung von Nachteilen einher.

touristische Angebot limitiert wird, ist das Entwicklungspotenzial zunächst an die bestehende Infrastruktur in diesem Bereich gekoppelt. Zur Beurteilung wird auf Analysen der Beherbergungsstruktur, Gastronomie- und Verpflegungsversorgung, der Mobilität (Wegenetz, Erreichbarkeit) und des bestehenden Bildungs-, Kultur- und Erholungsangebots des Nationalparks zurückgegriffen. Wie BAUSCH et al. (2014) belegen, kann das Übernachtungsangebot in der Region besonders im Hinblick auf zertifizierte, qualitative Standards als „eher gering" eingeschätzt werden (BAUSCH et al. 2014: 9), wenngleich ein gutes, im Sinne der Qualitätssteigerung allerdings auch notwendiges Entwicklungspotenzial besteht. Auf gastronomischer und versorgungstechnischer Seite wird ein deutliches Defizit sowohl bei der Frage der Streuung entsprechender Betriebe als auch in Bezug auf Qualität und Angebot gesehen[46]. Im Bereich des Nationalparks besteht zwar ein sehr enges, vor allem im Hinblick auf Nutzungskonflikte mit dem Naturschutz belastendes, Wegenetz, dieses besteht aber vorwiegend aus wenig attraktiven Forstwegen ohne offizielle, zertifizierte Wanderwegeignung (vgl. RITTER 2013 in BAUSCH et al. 2014: 20; ***Abb. 11***, Anhang)[47]. Allerdings wird den zur Verfügung stehenden Wanderwegen eine große Qualität und Vielfalt zugesprochen. Weitere touristische Freizeitangebote (Schwimmbäder, Sportarten, Barfuß- und Lehrpfade, Spielplätze, Sternwarte und andere Besonderheiten) werden zwar positiv wahrgenommen, können aber weder quantitativ noch innovativ als relevant im Sinne einer Wertschöpfung betrachtet werden (vgl. BAUSCH et al. 2014:25). Als deutlich positiv für den Erholungsnutzen wirkt allerdings die abwechslungsreiche naturräumliche Gliederung durch großflächig zusammenhängende, nur geringfügig durch Siedlung und Verkehr zerschnittene Wald und Wiesenlandschaft. Neben besonderen Naturdenkmälern zählen auch die geschützten Gebiete mit ihrer großen Vielfalt seltener, bedrohter Tier- und Pflanzenarten, zu denen auch die Moore gehören, als herausragendes Prädikat des Naturerlebens. Bemängelt wird allerdings die gering entwickelte Erlebbarkeit der Naturelemente und eine geringe Ausdehnung von Gebieten mit echter Wildnis (vgl. BAUSCH et al. 2014: 85). Kulturelle Attraktoren werden bis auf einige Besonderheiten (Kelten/Römer-Relikte, Edelsteinvorkommen) als geringfügig reizvoll befunden (vgl. BAUSCH et al. 2014: 36). Der Tourismus entwickelte sich von 2004 bis 2014 wenig dynamisch und eher rückläufig: Besucher- und Übernachtungszahlen im Nationalparkraum sanken bis auf wenige Ausnahmen (z.B. Herrstein +

[46] Neben mangelnder kulinarischer Qualität konnten BAUSCH et al. (2014) feststellen, dass regionale Besonderheiten (Regionalmarken, Wildbret) nur vereinzelt und kaum offensiv angeboten werden. Auch abseits der gastronomischen Versorgung bietet sich in den Bereichen Verpflegung, Gesundheitsversorgung und Touristeninformation das Bild einer Minimalversorgung (BAUSCH et al. 2014: 14, 17).

[47] Im Rahmen der Durchführung des Moorschutzkonzeptes bestehen Planungen, das Wegenetz entlang der Brücher stellenweise zurückzubauen (siehe **Tab. 5, *Abb. 10*,** Anhang).

63%) um bis zu 40 % (vgl. BAUSCH et al. 2014: 45)[48]. Die Aufenthaltsspanne der Besucher liegt mit durchschnittlich 3,4 Tagen im Bereich der Kurzurlauber und Tagesausflügler. In diesem Zusammenhang stellt die räumliche Anbindung eine wesentliche Größe dar. Die Bewertung der Straßeninfrastruktur wurde von BAUSCH et al. durch eine Grundlagenerhebung abgefragt und von 40 % der Befragten als ungenügend, von 60 % jedoch als gut beurteilt, je nach Erreichbarkeitscluster, aus dem die Anreise erfolgt (vgl. BAUSCH et al. 2014: 62, 63). Die Anbindung an den Flughafen Hahn und einige attraktive Großstädte in der Nähe wird positiv bewertet. Der ÖPNV wird aufgrund des mangelnden Angebots an Wochenenden und langen Fahr- und Wartezeiten von einem Großteil der Nutzer als mangelhaft bis ungenügend beschrieben (vgl. BAUSCH et al. 2014: 65). Überregionale Vernetzungsangebote, die vor allem für Wanderer von Bedeutung sind, fehlen, sodass den Fahrgastpotenzialen große Entwicklungsmöglichkeiten mit positiven Synergieeffekten für den regionalen Personennahverkehr zugesprochen werden (vgl. BAUSCH et al. 2014: 67). Trotz großer Defizite der touristischen Infrastruktur, besteht durch die abwechslungsreiche Naturkulisse ein breites Angebot für eine naturorientierte Klientel. Für diese prioritäre Besuchergruppe können Moore als Naturerbe eine hohe Attraktivität darstellen, da sie mit Unberührtheit, Wildheit und Seltenheit assoziiert werden. Zwar ist das Destinationsmanagement für diese Besuchergruppe noch ausbaufähig, im Rahmen des Umweltcampus Birkenfeld und der Produktentwicklung „Wandern auf hohem Niveau“ sind aber bereits vielversprechende Trends in Richtung dieser Orientierung zu erkennen. Aufgrund der geringen Ausbaustufe touristischer Infrastrukturen bietet sich für die Region die Chance, bestehende gesellschaftliche Trends (demographischer Wandel, Informationsgesellschaft, Digitalisierung, Klimawandel) für innovative Entwicklungen zu nutzen und zukunftsfähige Strukturen zu etablieren. Einerseits ist das mit Investitionen verbunden, die aufgrund der wirtschaftlichen Strukturschwäche in der Region nicht leicht zu realisieren sind. BAUSCH et al. (2014) zeigen allerdings Ansätze auf, bestehende Schwächen in Kombination mit der Trendentwicklung für sich zu nutzen und daraus alternative Attraktionen zu generieren[49]. Das Innovationspotenzial der Bevölkerung sollte bei der Entwicklung genutzt und integriert werden, um der Abwanderung jüngerer Bevölkerungsschichten durch diese Chancenbildung entgegenzuwirken.

[48] Positive Tendenzen werden mit erhöhtem Engagement einzelner Verbandsgemeinden und Investitionen von Großakteuren (z.B. im Gesundheitswesen) in Verbindung gebracht.

[49] Als ein Beispiel für den Zuschnitt auf naturorientierte Besucher sei die Einrichtung eines App-basierten Erlebnistrails ohne befestigte Wege (in Absprache mit den Schutzinteressen) in Kombination mit temporären Unterbringungsmöglichkeiten genannt (vgl. BAUSCH et al. 2014: 90).

Als Fazit der Erholungsfunktion kann konstatiert werden, dass der derzeitige Ist-Zustand große Defizite aufweist, die kumulative negative Effekte nach sich ziehen. Allerdings zeigt sich gleichzeitig ein hohes Entwicklungspotenzial, dessen Ausschöpfung von vielen Faktoren abhängig ist: Neben Investitionstätigkeiten betrifft dies auch Kooperationsabläufe zwischen Institutionen und Bevölkerung sowie die Mobilisierung innovativer, junger Akteure, die Trends bewusst aufgreifen. Die Erwartungsäußerung positiver Auswirkungen, die sich in der ZB der Befragten aus dem Tourismussektor ergibt, deckt sich mit Prognosen für die regionale Wertschöpfungswirkung des Entwicklungspotenzials in Zusammenhang mit dem Nationalpark: Tourismusökonomische Effekte auf Basis von Besucherszenarien werden durch BAUSCH et al. (2014:108) mit 5 Mio. EUR Nettowertschöpfung veranschlagt, womit auch ein prognostizierter Anstieg sowohl der verfügbaren Einkommen pro Kopf als auch von tourismusinduzierten Arbeitsplätzen verbunden ist. Um dieses Potenzial auszuschöpfen, und vor dem Hintergrund der Wettbewerbsfähigkeit mit anderen Naturerlebnisangeboten, sind Elemente der Einzigartigkeit wie die Hangbrücher wichtige Pfeiler eines Naturerlebnis-Konzepts.

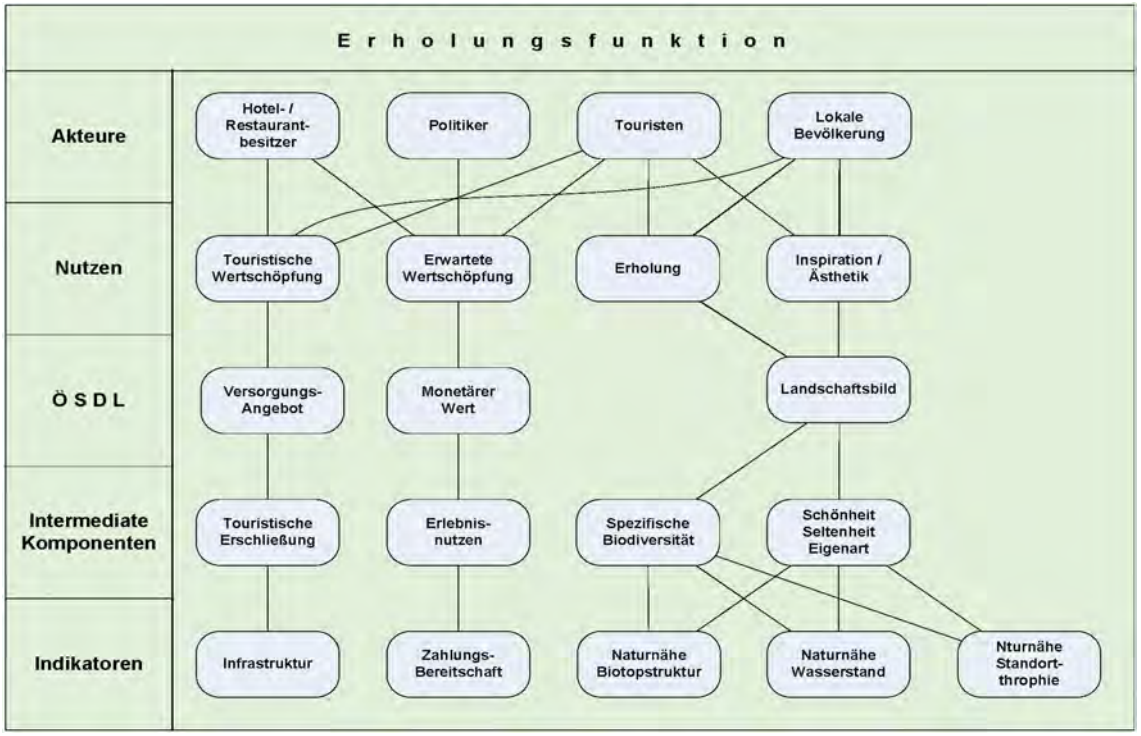


***Abb. 41**: Holistische Bewertungsmatrix der Erholungsfunktion* (eigene Darstellung moduliert nach SCHRÖDER et al. in IBISCH et al. 2012

4.2 Sozioökonomische Bewertung

Neben der Bewertung ökologischer Funktionszusammenhänge rücken bei der holistischen Betrachtung von ÖSDL zusätzlich soziale Aspekte in den Fokus. Um den gesellschaftlichen Nutzen abschätzen zu können, ist daher eine soziodemographische Beurteilung gefragt, die sowohl die Akzeptanz der Naturschutzmaßnahmen als integraler Bestandteil des Erreichens von Naturschutzzielen untersucht, als auch auf Basis der geäußerten Zahlungsbereitschaft eine sozioökonomische Bewertung anstrebt. Beide Aspekte werden in den folgenden Kapiteln näher erläutert. Wie zahlreiche Fälle dokumentieren (vgl. PRETTY & PIMBERT 1995; RUNTE 1990 in VON RUSCHOWSKI 2009;), beeinflussen Widerstände der lokalen Bevölkerung gegen Projekte und Maßnahmen des Naturschutzes Erfolg oder Misserfolg des Naturschutzhandelns. Häufig werden Kommunikationsdefizite und falsche oder ungenügende Informationen als Ursachen erkannt (VON RUSCHOWSKI 2009). Eine kritische Hinterfragung des Rollenverständnisses des Naturschutzes, der in Konkurrenz zu anderen Sektoren der Politik steht, sollte im Hinblick darauf ebenso wenig außer Acht gelassen werden, wie die Tatsache, dass eine erfolgreiche Umsetzung von Schutzkonzepten auf einem breiten, lokalen Rückhalt aller Bevölkerungsschichten beruht. Ziel einer gelingenden Biodiversitätsstrategie muss daher sein, Akzeptanzstrategien in Management und Monitoring von Schutzgebieten zu integrieren (BMU 2007: 64). Diesem Gedanken folgend, können Nutzungsansprüche des Naturschutzes innerhalb eines Nationalparks optimaler mit den Anforderungen des Prinzips der Nachhaltigkeit in Einklang gebracht werden, wenn Kenntnisse über die Nutzungsansprüche der lokalen Bevölkerung in die Schutzgebietsplanung einfließen, da so Konfliktpotentiale früher erkannt, Lösungen gefunden und die Vorhaben nachvollziehbarer kommuniziert und begründet werden können (vgl. VON RUSCHOWSKI 2009: 4). Ermittlung und Ursache von Akzeptanzproblemen nehmen aufgrund komplexer Interessenskonstellationen eine wichtige Rolle ein. Um einzelne Nutzungsansprüche und damit verbundene potentielle Akzeptanzdefizite zu eruieren, wird im anhand der explorativen Studie zunächst die Akzeptanz für ausgewählte, bereits in der Umsetzung befindliche Moorschutzmaßnahmen im Hinblick auf *stakeholder*-Gruppen untersucht. Im zweiten Schritt wird die Akzeptanz der Maßnahmen mit der geäußerten Zahlungsbereitschaft kreuztabelliert, um mögliche Erklärungsansätze für Akzeptanzdefizite im Hinblick auf Nutzungsansprüche zu gewinnen. Dabei wird folgende Hypothese auf ihre Gültigkeit getestet: ***Die Zahlungsbereitschaft für die Moorschutzmaßnahmen ist umso höher, je größer die Akzeptanz der Moorschutzmaßnahmen ist***. Folglich wird ein proportionaler Zusammenhang zwischen der Akzeptanz und der ökonomischen In-Wertsetzung vermutet.

4.2.1 Das Befragungskonzept

Ziel der Befragung ist es, sowohl die Präferenzen für die Akzeptanz der Moorrenaturierung als auch den sozioökonomischen Wert in Form der Zahlungsbereitschaft der Bevölkerung zu ermitteln. Das Befragungskonzept basiert auf der Operationalisierung der Ökosystemdienstleistungen renaturierter Moore, die durch die für die Form der Befragung angepasste Präzisierung der aus naturwissenschaftlicher Sicht notwendigen Renaturierungsmaßnahmen erfolgen soll. Um den Befragten eine Entscheidungsgrundlage zu bieten, auf der sie ihre persönliche Beurteilung abwägen können, erscheint es sinnvoll, sie zuvor in angemessener Form über die Maßnahmen und deren Umweltwirkungen zu informieren (vgl. PORST 2014, HOLLENBERG 2016, KÜPKER 2007). Dazu wurde im Vorfeld der Befragung ein eigens erstellter Informationstext über den Moorschutz an die Befragten gesendet. Da es sich um eine qualitative Umfrage handelt, wird für die Befragungsform die standardisierte Befragung durch persönliche, stark strukturierte Interviews gewählt. Diese Befragungsform basiert auf überwiegend geschlossenen Fragen mit mehreren Antwortkategorien, die entweder der Ja-Nein-Dichotomie oder einer Skalierung folgen. Die geschlossene Frageform ermöglicht durch eine größere Einheitlichkeit der Antworten eine bessere Vergleichbarkeit und leichtere Auswertbarkeit und eignet sich besonders gut für die Prüfung von Hypothesen (vgl. REINECKE in BAUR & BLASIUS 2014). Offene Fragen wurden in den Bereichen Soziodemographie, Umweltbewusstsein und Zahlungsbereitschaft eingefügt, um den Befragten die Möglichkeit zu geben, über Inhalt und Wortwahl der Antworten freier entscheiden zu können und nicht-antizipierbare Aspekte im Fragebogen vorkommen zu lassen (vgl. HOLLENBERG 2016: 12). Bei der Darstellung der Sachverhalte wurde nach soziologischen Kriterien gezielt auf allgemeine Verständlichkeit geachtet, auch wenn dies zum Teil zur Simplifizierung ökologisch komplexer Zusammenhänge führt. Damit soll dem Verständnis sämtlicher Begriffe sowie Inhalte der Fragen sowohl in Semantik als auch in Pragmatik nachgekommen werden, um möglichen Verfälschungen der Befragungsergebnisse durch Missverständnisse vorzubeugen (vgl. HOLLENBERG 2016: 2). Zu diesem Zweck muss bei der Konzipierung der Fragen den Grundregeln der kooperativen Kommunikation gefolgt werden, d.h. es muss abgewogen werden, welche Begriffe dem Befragten gegebenenfalls unbekannt sind, welche Formulierungen Unklarheiten oder Mehrdeutigkeiten generieren, ob das Befragungsziel durch die Frage erfasst wird und ob das Informationsspektrum gewährleistet, dass der Befragte ausreichend, aber nicht mehr als erforderlich informiert, also nicht überfordert wird (vgl. PORST 2014: 21-24). Der Fragebogen ist in vier Abschnitte gegliedert, die folgende Bereiche abdecken:

1. Die Maßnahmen
2. Die Zahlungsbereitschaft
3. Das Umweltbewusstsein
4. Soziodemographische Kennzahlen

4.2.2 Operationalisierung der Maßnahmen zur Ermittlung der Akzeptanz

Aus dem Maßnahmekatalog des Moor-Wald-Bilanz-Projektes wurden fünf Maßnahmen konkretisiert, die im Rahmen des Moorschutzprojekts umgesetzt werden[50]. Die operationalisierten Maßnahmen sind:

1. Rückbau der Entwässerungsgräben
2. Entfernung von Baumarten
3. Natur sich selbst überlassen
4. Verzicht auf Bewirtschaftung
5. Förderung moortypischer Pflanzenarten

Diese werden im ersten Teil des Fragebogens auf ihre Akzeptanz überprüft. Zur Veranschaulichung wird den Befragten durch Fotomaterial (siehe Anhang) nähergebracht, was man sich unter den Maßnahmen vorstellen muss und inwieweit sich diese auf das Landschaftsbild auswirken. Zusätzlich wird in einem kurzen, verständlichen Text dargelegt, was mit der Maßnahme bezweckt wird und welche positiven ökologischen Auswirkungen, aber auch welche negativen Folgen in Form von eventuellen Einschränkungen oder Beeinträchtigungen zu erwarten sind. Damit wird eine möglichst neutrale, nicht-suggestive Darstellung bezweckt, die Manipulationen und damit einhergehende Verzerrungen der Ergebnisse vermeiden soll. Der Grad der Zustimmung zur Durchführung der einzelnen Maßnahmen wird nach sozialwissenschaftlichen Methoden auf einer 4-skaligen Likert-Skala erfasst, nach der alle verwendeten Items das eindimensionale latente Konstrukt „Zustimmung/Ablehnung“ abbilden (vgl. SCHUMANN 1997:34, ALBERS et al. 2009:74). Da mittlerer Skalenwerte Uneindeutigkeiten provozieren und ein Indiz dafür sein können, dass die Items nicht richtig verstanden oder die Behauptung als irrelevant empfunden wurden, wird eine 4-stufige Skal gewählt. Damit soll gewährleistet werden, dass dem Befragten keine neutrale Position als Ausweichkategorie zur Verfügung steht (vgl. ALBERS et al. 2009:71).

[50] Die ökologische Herleitung der Notwendigkeit dieser Maßnahmen wurde bereits in **Kap. 3.3** beschrieben.

4.2.3 Ermittlung der Zahlungsbereitschaft

Nach der Beschreibung und Bewertung der gewünschten Ziele zur Verbesserung der Umweltqualitätsparameter durch die Maßnahmen und auch der möglichen negativen Folgen, hat der Befragte eine Beurteilungsbasis, anhand derer er die angenommene persönliche Verbesserung oder Verschlechterung durch seine individuelle Präferenz in Form eines ökonomischen Wertes ausdrücken kann. Dieser (sozio-)ökonomische Wert wird in Anlehnung an KUEPKER (2007) mit Hilfe eines hypothetischen Fonds abgefragt, der den Befragten die Möglichkeit bietet, ihre Präferenzen für ein nicht auf Märkten gehandeltes öffentliches Gut anhand eines gewohnten Gedankenmodells (das des Fonds) aufzuzeigen. Die Präferenz dient der Abschätzung, inwieweit die Realisierung der Schutzmaßnahmen von der Bevölkerung erwünscht ist, und zeigt außerdem den Wert an, der den Maßnahmen in Konkurrenz zu anderen Nutzungsformen zugesprochen wird. Auf der individuellen Ebene entspricht der Wert nach Maßstäben der Wirtschaftswissenschaften dem Nutzen, der nach der neoklassischen Ökonomie von Nachfrage und Angebotsbereitschaft bestimmt wird und sich in der Zahlungsbereitschaft wiederspiegelt. Die Überbeanspruchung der Natur entspricht nach diesem Verständnis einer Unterbewertung (Null-Wert) (vgl. KUEPKER 2007). Um die maximale Zahlungsbereitschaft zu ermitteln, wird er Befragte gebeten, den höchsten Betrag zu nennen, den er bereit ist einzuzahlen. Zur Erhöhung des Anreizes, tatsächlich den maximalen Wert anzugeben, wird eine Rückzahloption eingefügt, sollte der Gesamtbetrag zur Umsetzung der Maßnahmen nicht ausreichen. Es wird weiterhin darauf hingewiesen, dass die Maßnahmen nur dann umgesetzt werden können, wenn insgesamt ein ausreichender Betrag erzielt wurde. Nach KUEPKER (2007: 42) wird der Befragte zur Ermittlung des sogenannten „Grenznutzens“, d. h. desjenigen Wohlbefindens, das durch keine weitere Einheit des konsumierten Gutes gesteigert werden kann, aufgefordert, seine Zahlungsbereitschaft um einen individuellen Betrag zu erhöhen, sollte die Gesamtsumme die Kosten der Maßnahmen nicht decken. Auch für diesen Fall ist eine Rückzahloption eingefügt, wenn der Befragte lieber auf die Durchführung verzichten will, als mehr Geld einzuzahlen. Im Falle der Nicht-Bereitschaft, in den Fond einzuzahlen, werden verschiedene Items zur Verfügung gestellt, um diese Entscheidung zu begründen. Die Items decken 5 plausible Motive ab. Zudem wird auch die Möglichkeit geboten, eine individuelle Antwort zu geben. Dadurch soll herausgefunden werden, welche möglichen Gründe für eine negative Zahlungsbereitschaft bestehen und ob diese ggf. Rückschlüsse auf potentielle Akzeptanzdefizite zulassen.

4.2.4 Die Bedeutung des Umweltbewusstseins für Zahlungsbereitschaft und Akzeptanz

Der Sachverständigenrat für Umweltfragen definiert Umweltbewusstsein als „Einsicht in die Gefährdung der natürlichen Lebensgrundlagen des Menschen durch diesen selbst, verbunden mit der Bereitschaft zur Abhilfe“ (SRU 1978: 445). Das Konzept des Umweltbewusstseins beinhaltet die Komponenten Umweltwissen, Umwelteinstellung und Umweltverhalten. Der Aspekt Umweltwissen ist vor allem vor dem Hintergrund von Bedeutung, dass Informations- und Kommunikationsdefizite häufig als Ursache für Akzeptanzprobleme genannt werden. Mit dieser Variablen könnten möglicherweise Handlungsoptionen im Bereich der Umweltbildung und Informationsstrukturen in Bezug auf das Schutzgebietsmanagement aufgezeigt werden. KRUSE (2002) beschreibt allerdings, dass ein nur geringer Zusammenhang zwischen Umweltwissen und Umweltverhalten besteht (vgl. NEUGEBAUER 2004: 11). Einen direkteren Einfluss auf das Umweltverhalten scheinen Persönlichkeitsfaktoren wie individuelle Motivation und Wertigkeit des Umweltbewusstseins zu haben (vgl. NEUGEBAUER 2004:7). Nach SCHAN und HOLZER (1988 in NEUGEBAUER 2004: 7, 8) weisen Personen mit hoher internaler oder externaler Verantwortungsattribution das höchste Umweltbewusstsein auf, wobei letztere auf eine Verlagerung der Verantwortung nach außen, etwa auf die Politik, abzielen. Beiden Personengruppen ist gemein, dass eine Bereitschaft zu positivem Umweltverhalten mit der Einschätzung verbunden ist, selbst einen wirkungsvollen Beitrag leisten zu können (vgl. LANGEHEINE & LEHMANN 1986 in NEUGEBAUER 2004: 8). Der Umwelteinstellung als dritte Komponente deckt nach NEUGEBAUER sowohl das Wissen (Kognition) als auch Betroffenheit (Affekt) und Verhaltensintention (Konation) ab. Daher wird auf diese Komponente das Hauptaugenmerk bei der Befragung gerichtet. Dabei liegt die Hypothese nahe, ***dass eine positive Einstellung zur Umwelt sowohl eine höhere Zahlungsbereitschaft als auch größere Akzeptanz generieren.*** Es bleibt nachzuwiesen, ob ein linearer Zusammenhang zwischen diesen Variablen besteht. Um die Umwelteinstellung der Befragten einschätzen zu können, werden die Aspekte Verhältnis Mensch/Natur, besonders auch im Hinblick auf die persönliche Bedeutung der Natur, und Wertigkeit bestimmter Naturschutzziele auch im Vergleich zu anderen gesellschaftlichen Aufgabengebieten beleuchtet. Zusätzlich wird eine Bewertung zu erwartender Auswirkungen der Naturschutzmaßnahmen auf das eigene Leben in Form von Nachteilen oder Vorteilen vorgenommen. Da neben dem Umweltbewusstsein auch soziale Faktoren als Erklärungsvariablen für Zahlungsbereitschaft und Akzeptanz in Frage kommen, werden in einem weiteren Schritt soziodemographische Kennzahlen abgefragt.

4.2.5 Soziodemographische Kennzahlen

Im vierten Teil des Fragebogens werden soziodemographische Kenngrößen abgefragt, bei denen die Vermutung naheliegt, dass sie als weitere Erklärungsvariablen in Frage kommen. Dazu zählen neben Alter, Geschlecht, Schulabschluss und Beruf auch die Größe des Haushaltes, das monatliche Haushaltseinkommen sowie die umweltbezogenen Determinanten Spendentätigkeit und Engagement für den Naturschutz (KUEPKER 2007). Für die Zahlungsbereitschaft wird ein Erklärungszusammenhang mit der sozialen Schichtung vermutet, da Zahlungsaufforderungen an eine entsprechende Liquidität gebunden sein könnten. Über den Beruf erfolgt die Einteilung in die *stakeholder*-Gruppen, bei denen Zusammenhänge zwischen der Akzeptanz und der Nutzungsintention naheliegen. Der Aspekt des Umweltwissens könnte an einen höheren Bildungsstand gebunden sein, und somit auch das Erkennen der Notwendigkeit für den Schutz der Natur als Lebensgrundlage des Menschen. Weiterhin gilt es zu prüfen, ob ein aktives Naturschutzengagement als Voraussetzung für eine höhere Zahlungsbereitschaft betrachtet werden kann. In Zusammenhang mit soziodemographischen Parametern lassen sich folglich drei Hypothesen aufstellen, die untersucht und auf ihre Aussagekraft in Bezug auf die Zahlungsbereitschaft und Akzeptanz der Maßnahmen geprüft werden:

Akzeptanz und Zahlungsbereitschaft steigen mit

- ***der Höhe des Einkommens***
- ***höherem Bildungsstand***
- ***naturschutzbezogenem Engagement***

4.2.6 Statistische Auswertung

Zur Datenerhebung wurden von Januar bis einschließlich März 2017 46 Face-to-Face-Interviews im Einzugsgebiet des Nationalparks Hunsrück-Hochwald durchgeführt, die zur Analyse vorliegen. Aufgrund der geringen Fallzahl hat diese Untersuchung explorativen Charakter und lässt daher keine repräsentativen Aussagen zu. Die geschlossene, standardisierte Frageform bedingt dennoch den Einsatz quantitativer Analysen. Der Fokus liegt dabei auf bivariaten Berechnungen, da diese auch bei geringen Fallzahlen aussagekräftige Ergebnisse generieren. Die Analyse erfolgt mit dem Programmpaket IBM SPSS Statistics, Version 22, in der Cloud des Universitätsservers der Universität Rostock. Gemäß den Verfahren der bivariaten Statistik wurden für die interessierenden Variablen disjunkte Gruppen gebildet und plausible Ausprägungskombinationen in einer Kreuztabelle dargestellt. Auf diese Weise werden die Variablen auf mögliche Zusammenhänge geprüft, die als Grundlage für die weiterführende Interpretation der Daten dient.

4.2.6.1 Akzeptanz der Maßnahmen

Zunächst erfolgt die Auswertung der Akzeptanz für jede Maßnahme unabhängig von anderen Variablen anhand der Gesamtfallzahl (***Abb. 43***).

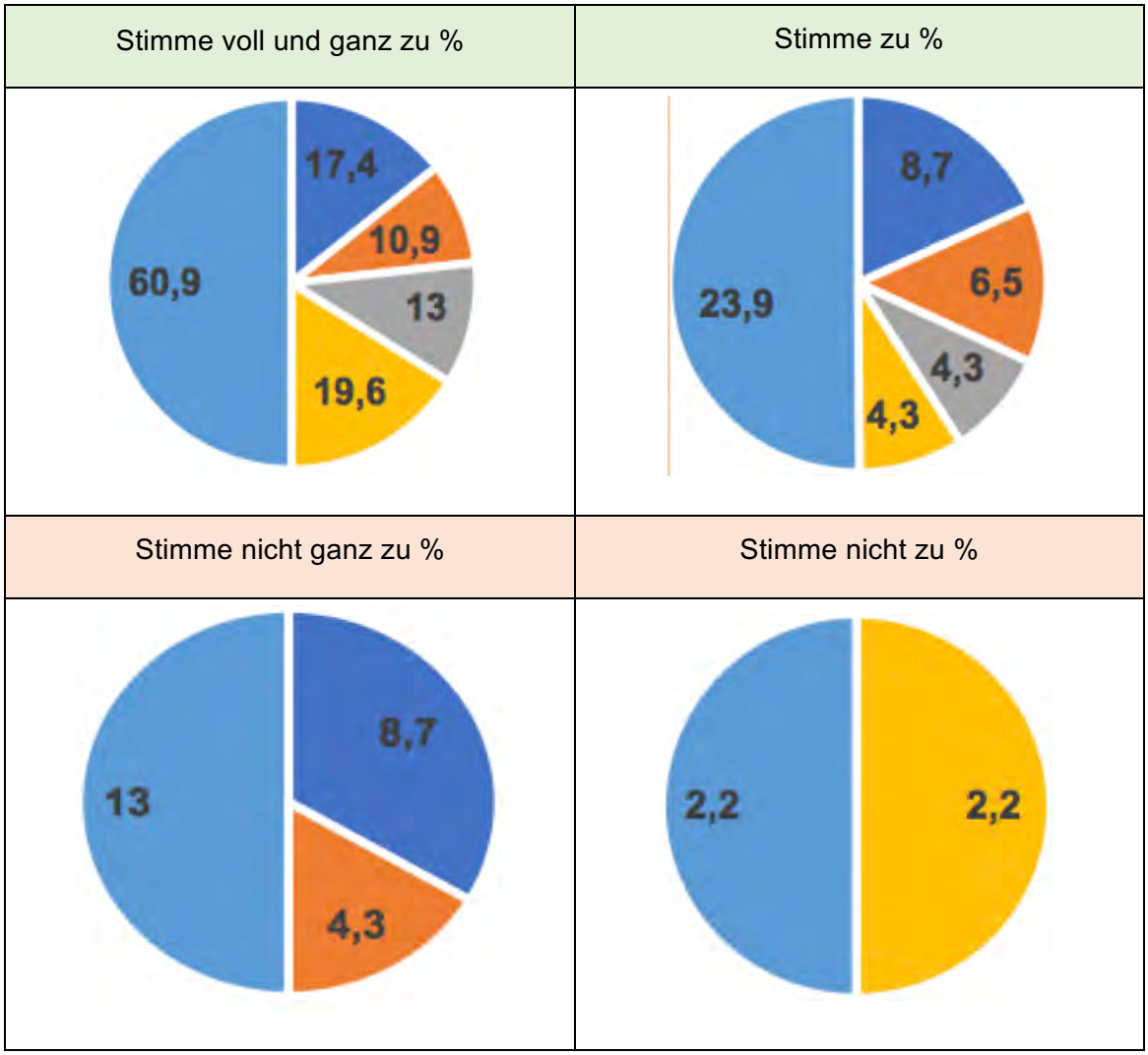


Abb. 43: *Akzeptanz der Maßnahmen anhand der Gesamtfallzahl*: 1 Rückbau Entwässerungsgräben, 2 Entfernung von Baumarten, 3 Natur sich selbst überlassen, 4 Verzicht auf Bewirtschaftung, 5 Förderung moortypischer Pflanzenarten (eigene Erhebung)

Aus **Tab. 20** (Anhang) lässt sich entnehmen, dass die höchste Zustimmung mit 84,8 % (76,1 % der Befragten stimmen voll und ganz zu, 8,7 % stimmen zu) auf Maßnahme 1 „Rückbau der Entwässerungsgräben“ fällt. Ebenfalls 84,8 % Zustimmung erhält Maßnahme 5 „Förderung moortypischer Pflanzenarten“, jedoch mit einer anderen Verteilung des Zustimmungsmusters: 60,9 % stimmen voll und ganz zu, 23,9 % stimmen zu (siehe **Tab. 24**, Anhang). Maßnahme 2 „Entfernung von Baumarten“ mit insgesamt 71,8 % Zustimmung (**Tab. 21**, Anhang) und Maßnahme 4 „Verzicht auf Bewirtschaftung“ mit insgesamt 73,9 % Zustimmung (**Tab. 23**, Anhang) werden noch deutlich positiv bewertet.

Einzig bei Maßnahme 3 „Natur sich selbst überlassen“ halten sich Zustimmung und Ablehnung tendenziell die Waage: 58,7 % der Befragten sprechen sich dafür aus, wohingegen 41,3 % nicht ganz oder gar nicht zustimmen (**Tab. 22**, Anhang). Insgesamt kann der Grad der Zustimmung mit etwa 1/3 der Befragten (28,3 %) mit klarer Zustimmung zu allen Maßnahmen, als hoch aufgefasst werden. Betrachtet man die Verteilung der Akzeptanz in Bezug auf die Interessensgruppen, zeigt sich folgendes Bild:

Maßnahme 1 „Rückbau der Entwässerungsgräben“

Wie **Tab. 20** im Anhang aufzeigt, fällt die größte Zustimmung mit 30,3 % auf die Gruppe *Gebietskörperschaften*. Lediglich 4,4 % dieser Gruppe stimmen jeweils nicht ganz oder gar nicht zu. Innerhalb der Gruppe liegt die größte Zustimmung bei der lokalen Bevölkerung. Die zweitgrößte Zustimmung erfolgt durch die Gruppen *Freizeit & Erholung* und *Wissenschaft/Naturschutz*, wobei letztere mit nur 2,2 % die geringere Ablehnung zeigt. Die größte Ablehnung hingegen zeigen Jäger mit 4,3 % (stimme nicht ganz zu) sowie Personen aus dem Forts- und Fischereiwesen. Keine Ablehnung zeigen Politiker, Personen aus dem Rohstoffhandel sowie Naturschützer. Naturschützer stimmen dieser Maßnahme zu 100 % voll und ganz zu und weisen damit die größte Zustimmung innerhalb der Interessensgruppen auf.

Maßnahme 2 „Entfernung von Baumarten“

Diese Maßnahme findet mit insgesamt 24 % vor allem in der Gruppe *Wissenschaft/Naturschutz* die größte Zustimmung (siehe **Tab. 21**, Anhang). 2,2 % der Wissenschaftler stimmen zwar gar nicht zu, Naturschützer zeigen aber auch bei dieser Maßnahme keine Ablehnung und bilden mit 19,6 % Gesamtzustimmung den Personenkreis mit der größten Akzeptanz für die Maßnahme. Mit 21,7 % Gesamtzustimmung folgen die Gruppen *Freizeit & Erholung* und *Gebietskörperschaften*, innerhalb derer mit 13 % allerdings auch der höchste Gesamtwert der Ablehnung zu finden ist. Den höchsten Einzelwert der Ablehnung erzielt die lokale Bevölkerung mit 8,7 %, die nicht ganz zustimmen. Die Gruppe *Wirtschaft* hält sich mit 4,3 % Zustimmung und 4,4 % Ablehnung die Waage. Eine eindeutige Ablehnung für diese Maßnahme zeigen einzelne Personen aus Tourismus und Wissenschaft. Im Bereich Tourismus wird mit 13 % allerdings der höchste Einzelwert aus einer Teilgruppe für die Zustimmung erreicht. Politiker stimmen der Maßnahme zu 100% voll und ganz zu.

Maßnahme 3 „Natur sich selbst überlassen“

Mit 19,6 % fällt zwar die größte Zustimmung für diese Maßnahme auf die Gruppe *Freizeit & Erholung*, allerdings lehnen auch 10,8 % innerhalb der Gruppe die Maßnahme eher ab. Mit 17,3 % Zustimmung folgt danach die Gruppe *Gebietskörperschaften*, innerhalb derer allerdings mit 17,4 % die Ablehnung überwiegt: 10,9 % der lokalen Bevölkerung stimmen der Maßnahme nicht ganz zu und stehen 8,6 % gegenüber, die ihre Zustimmung zeigen. Persönlichen Interviews war zu entnehmen, dass dies im Zusammenhang mit dem Wunsch nach einem „aufgeräumten“ Wald steht. Mit insgesamt 15,1 % Zustimmung zeigt auch die Gruppe *Wissenschaft/Naturschutz* entgegen 10,8 % Ablehnung eine eher verhaltene Reaktion. Innerhalb der Gruppe weisen Wissenschaftler eine deutliche Zustimmung auf, wohingegen die Ablehnung ausschließlich auf Naturschützer fällt, die hier ihren höchsten Ablehnungswert für eine Maßnahme überhaupt erzielen. Eine reine Befürwortung kommt aus dem Fischereiwesen, wobei auch beim Rohstoffhandel mit 2,2 %, die nicht ganz zustimmen, die Akzeptanz überwiegt. Damit zeigt die Gruppe *Wirtschaft* insgesamt die geringste Ablehnung gegen die Maßnahme (**Tab.22**, Anhang).

Maßnahme 4 „Verzicht auf Bewirtschaftung“

Die Gruppe *Freizeit & Erholung* zeigt mit insgesamt 28,2% die deutlichste Zustimmung für die Maßnahme. Innerhalb der Gruppe stimmen 15,2 % aus dem Bereich Tourismus voll und ganz zu und zeigen damit zusammen mit Naturschützern, die ebenfalls auf diesen Einzelwert kommen, die deutlichste Zustimmung insgesamt. Auch Jäger zeigen innerhalb dieser Gruppe mit 8,7 % Zustimmung und keiner Ablehnung eine deutliche Akzeptanz der Maßnahme. Keine Ablehnung erfolgt außerdem von Seiten der Politiker, Wissenschaftler und das Fischereiwesen. Mit 21,7 % Zustimmung folgt die Gruppe *Wissenschaft/Naturschutz*. Neben der großen Zustimmung, zeigen Personen aus dem Naturschutz mit 4,4 % jedoch auch Ablehnung der Maßnahme. Aus dem Rohstoffhandel sprechen sich 2,2 % ganz gegen die Maßnahme aus, was darin begründet liegen mag, dass ein deutlicher Interessenkonflikt auf Seiten der Holzwirtschaft bestehen dürfte. Mit 6,5 % Zustimmung überwiegt aber auch in der Gruppe *Wirtschaft* die Akzeptanz für die Maßnahme. Anders stellt sich das Bild in der Gruppe *Gebietskörperschaften* dar: Zwar spricht sich die Hälfte der Befragten für die Maßnahme aus – vor allem Politiker zeigen keinerlei Ablehnung, doch zeigen 13 % der lokalen Bevölkerung eine deutliche Ablehnung und machen somit den größten Teil derer aus, die die Maßnahme nicht erwünschen (siehe **Tab. 23**, Anhang). Persönlichen Interviews zufolge findet die Einschränkung, selbst im Wald Holz für den eigenen Bedarf schlagen zu können, keinen Anklang bei der Bevölkerung. Dies scheint eher ein Konflikt mit dem Bestehen des Nationalparks

überhaupt zu sein, da der Bewirtschaftungsverzicht aus den rechtlichen Regelungen der Zonierung innerhalb dieser geschützten Gebiete hervorgeht und die Moorflächen verhältnismäßig geringe Flächenanteile einnehmen. Hier zeigt sich ein möglicherweise wichtiger Punkt der Aufklärung im Rahmen der Umweltbildung.

Maßnahme 5 „Förderung moortypischer Pflanzenarten“

Die größte Zustimmung für diese Maßnahme fällt mit 30,3 % auf die Gruppe *Freizeit & Erholung*. Wie **Tab. 24** im Anhang zu entnehmen ist, zeigt sich innerhalb dieser Gruppe keine Ablehnung für die Maßnahme (100% Zustimmung). Mit 17, 4% voller Zustimmung zeigt der Bereich Tourismus die höchste Akzeptanz. Diesen höchsten Einzelwert hat dieselbe Gruppe ebenfalls für Maßnahme 1 gezeigt. Die Gesamtwerte für Zustimmung und Ablehnung dieser beiden Maßnahmen sind identisch, mit nur 2,2 % eindeutiger Ablehnung zeigt Maßnahme 5 allerdings insgesamt die größte Akzeptanz. Innerhalb der Gruppe *Wirtschaft* halten sich Zustimmung und tendenzielle Ablehnung allerdings die Waage. Mit 10,8 %, die der Maßnahme nicht ganz zustimmen, zeigt die Gruppe *Gebietskörperschaften* den höchsten Ablehnungswert. Dennoch sprechen sich 10,9 % allein aus der lokalen Bevölkerung voll und ganz für die Maßnahme aus. Naturschützer weisen mit 15,2 % den zweithöchsten Einzelwert der Zustimmung auf. Aus der *stakeholder*-Gruppe *Wissenschaft/Naturschutz* zeigen allerdings einzelne Wissenschaftler (2,2 %) eine eindeutige Ablehnung, die mit 4,3 % allerdings von den Befürwortern übertroffen wird.

4.2.6.2 Soziodemographische Kennzahlen

Im Fragebogen wurden die soziodemographische Kennzahlen Alter, Geschlecht, Haushaltsgröße und Haushaltseinkommen, Schulabschluss und Beruf abgefragt, um mögliche Determinanten für Akzeptanz und Zahlungsbereitschaft zu eruieren. Zusätzlich wurden Fragen das Engagement für den Naturschutz betreffend gestellt, die Aufschluss über das Umweltbewusstsein als Erklärungsvariable derselben geben sollen und in **Kap. 4.2.3.3** näher erläutert werden. Betrachtet man zunächst die Altersstruktur, lässt sich feststellen, dass der überwiegende Anteil Befragter (60,9 %) über 50 Jahre alt ist. 23,9 % fallen auf die Altersklasse 31 bis 50 Jahre und mit nur 15,2 % bildet die Altersklasse unter 30 Jahre den kleinsten Anteil. Wie ***Abb. 44*** (Anhang) verdeutlicht, ist diese Verteilung in etwa kongruent mit Angaben zur Altersstruktur in Rheinland-Pfalz des STATISTISCHEN BUNDESAMTES (Statistischen Jahrbuch 2016:31). Die Geschlechterverteilung weist mit 39,1 % eine deutliche Unterrepräsentation weiblicher Befragter im Vergleich zu 60,9 % männlichen auf. Für Rheinland-Pfalz wird ein Geschlechterverhältnis 50,9 % weiblicher Einwohner zu 49,1 % männlicher angegeben (STATISTISCHES BUNDESAMT 2016:26).

Ökonomische Größen wurden über die Höhe des Haushaltseinkommens sowie die Größe des Haushaltes abgefragt. Die Verteilung der monatlichen Haushaltseinkommen ist in **Tab. 25** im Anhang dargestellt. Mit 27,9 % liegt das Gros der Befragten im mittleren Bereich zwischen 3.000 und 4.000 EUR/Monat. Dies deckt sich wiederum mit Angaben zu durchschnittlichen Haushaltseinkommen des STATISTISCHEN LANDESAMTES RHEINLAND-PFALZ (2015:8) für den Landkreis Birkenfeld im Jahr 2015. Wie **Tab. 26** (Anhang) zeigt, sind mit 36,4 % Zwei-Personen-Haushalte bei der Befragung am häufigsten, gefolgt von Drei-Personen-Haushalten mit 20,5 % und Vier-Personen-Haushalten mit 18,2 %. Die statistische Verteilung innerhalb des Bundeslandes zeigt, dass Ein-Personen-Haushalte in der Region durchschnittlich am häufigsten vorkommen (STATISTISCHES LANDESAMT RHEINLAND-PFALZ 2015: 7). Die Verteilung der höchsten Schulabschlüsse zeigt mit 40 % einen Überhang von Personen mit Hochschulabschluss. 27,5 % der Befragten weisen die Mittlere Reife, zusammen 25 % Abitur oder Fachhochschulreife vor. Am geringsten vertreten sind Personen mit Hauptschulabschluss. Damit liegt der Bildungsstand der Befragten über dem deutschlandweiten Vergleich (vgl. STATISTISCHES BUNDESAMT 2016: 78, 82).

4.2.6.3 Ermittlung der Zahlungsbereitschaft

Bei der Ermittlung der Zahlungsbereitschaft (ZB) zeigt sich, dass sich die Hälfte (50 %) der Befragten zahlungsbereit zeigt, die andere Hälfte (50 %) nicht. Von den 50 % mit positiver ZB sind wiederum 32,6 % bereit, noch mehr in den Fond einzuzahlen, sollte der gesammelte Betrag für die Durchführung der Maßnahmen nicht ausreichen. 54,3 % der Zahlungsbereiten sprechen sich in diesem Fall allerdings für den Verzicht auf die Maßnahmen aus. **Tab. 27** im Anhang ist zu entnehmen, dass mehr als ein Drittel der Personen mit positiver ZB (38,5 %) bereit ist, einen Betrag über 50 EUR zu entrichten, jeweils 23,1 % würden 41 bis 50 EUR und 11 bis 20 EUR zahlen. Folglich sind mehr als 60 % der Befragten bereit, mehr als 40 EUR zu zahlen. Wenn eine positive ZB vorliegt, ist der überwiegende Teil der Befragten bereit, den höchsten angegebenen Betrag einzuzahlen. Als Begründungen für eine negative ZB gaben 13 % an, sie hielten die Maßnahmen nicht für sinnvoll. 8,7 % betrachten die Finanzierung der Moorrenaturierung nicht als ihre Aufgabe, weitere 8,7 % sehen sich finanziell nicht in der Lage und 4,3 % sind der Auffassung, dass sich Natur nicht in Geld bewerten lässt. 8,7% entfallen auf den offenen Teil der Frage, wobei hier am häufigsten angegeben wurde, dass die Politik in der Verantwortung gesehen wird, den finanziellen Rahmen für den Naturschutz zu tragen. In der Summe ergibt das 17,4 % der Befragten, bei denen das Profil der externalisierten Verantwortungsattribution greift.

Die ZB in Kombination mit den Interessensgruppen (***Abb. 39***, Anhang) zeigt, dass die Gruppen mit der höchsten ZB *Wissenschaft/Naturschutz* mit 19,5 % und *Freizeit & Erholung* mit 15,2 % positiver ZB sind. Die Gruppe *Wissenschaft/Naturschutz* scheint am ehesten deckungsgleich mit dem Profil der internalisierten Verantwortungsattribution: Im Verhältnis zur negativen ZB liegt besonders unter Naturschützern die größte Bereitschaft vor, aus eigenen Mitteln in einen Fond einzuzahlen. Die hohe Befürwortung der Maßnahmen der Gruppe *Freizeit & Erholung* spiegelt sich auch in einer hohen Bereitschaft wieder, dafür Zahlungen aus eigener Tasche in Kauf zu nehmen. Es muss innerhalb der Gruppe allerdings zwischen dem Tourismus-Sektor und Jägern deutlich unterschieden werden: Jäger zeigen eine reine negative ZB, wohingegen beim Tourismus der Anteil Zahlungsbereiter deutlich überwiegt. Der hohen positiven ZB steht in dieser Gruppe eine insgesamt gleichhohe negative ZB entgegen. Möglicherweise findet in Tourismus und Wissenschaft/Naturschutz eine hohe Identifikation mit dem persönlichen Nutzen eines gelingenden Naturschutzes statt. In der *Wirtschaft* überwiegt die negative ZB: Drei Viertel aus diesem Bereich stimmen gegen eigene Zahlungen. Ebenso liegt die Ablehnung eigener Zahlungen in der Gruppe *Gebietskörperschaften* mit 21,7 % über dem Wert für die Zustimmung (13 %): Im Forstwesen zeigen 60 % der Befragten eine negative ZB. Als häufigster Grund wird hier angegeben, dass die Maßnahmen nicht als sinnvoll erachtet werden.

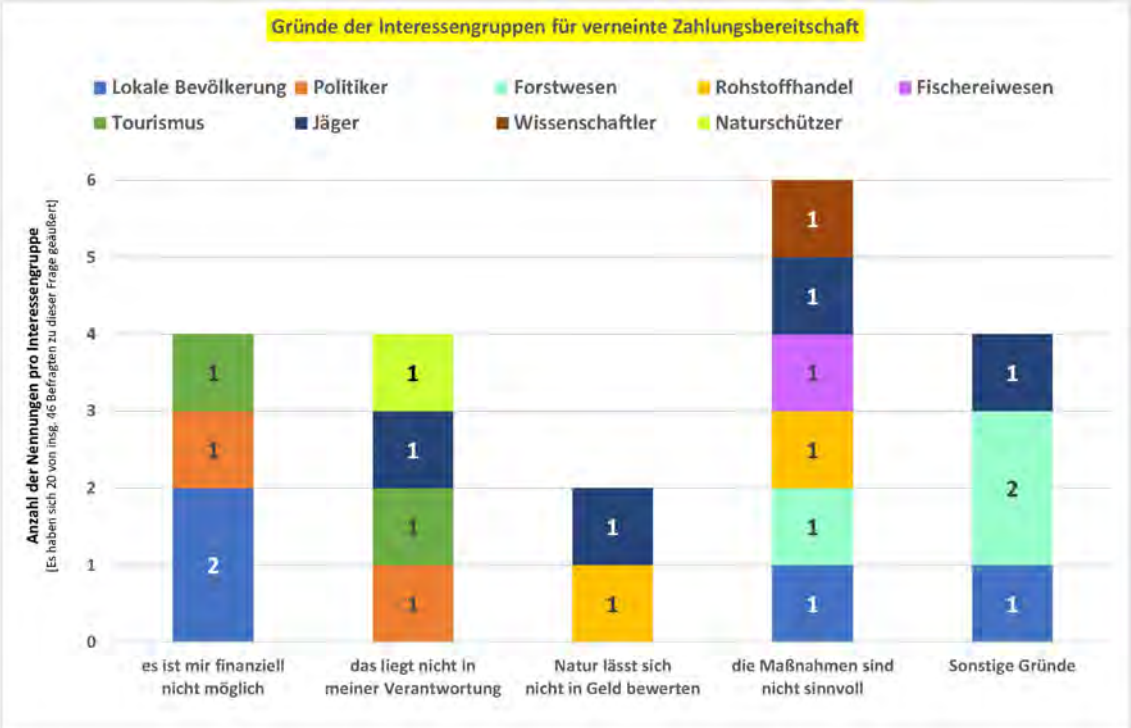


Abb. 45: Gründe für negative ZB (*eigene Erhebung 2017, n = 46)*

Aus der lokalen Bevölkerung zeigt über die Hälfte der Befragten (55,6 %) eine negative ZB, allerdings überwiegt hier als Grund, nicht über die finanziellen Mittel zu verfügen oder die Finanzierung des Naturschutzes nicht in der eigenen, sondern in der Verantwortung der Politik zu sehen. Im Bereich der Politik hingegen liegt die negative ZB bei 100 %. Ein Grund dafür könnte sein, dass Politikern öffentliche Mittel zur Verfügung stehen, die sie für den Naturschutz einsetzen und sich eher in der Verantwortung sehen, mit diesen Mitteln im Sinne des Naturschutzes politisch zu handeln, statt private Mittel für die Belange ihres öffentlichen Amts einzusetzen. ***Abb. 45*** zeigt die Verteilung der genannten Gründe für eine negative ZB. Die soziodemographischen Kennzahlen Alter und Geschlecht scheiden als Determinanten für den Einfluss auf Akzeptanz und Zahlungsbereitschaft aus, da keine Signifikanz feststellbar ist.

Für die ökonomischen Einflussgrößen Haushaltsgröße und Haushaltseinkommen wird eine hohe Signifikanz als Erklärungsvariablen angenommen, die in Form der aufgestellten These „***Akzeptanz und Zahlungsbereitschaft steigen mit der Höhe des Einkommens“*** nicht belegt werden kann: Die größte Bereitschaft, in den Fonds einzuzahlen liegt, wie ***Abb. 46*** (Anhang) veranschaulicht, auf Seiten der mittleren bis niedrigen Einkommen. Selbst bei Geringverdiener mit monatlichen Haushaltseinkommen von 1.000 bis < 2.000 EUR überwiegt die positive ZB. Im Mittelfeld zeigt sich ein deutlicher Unterschied zwischen Einkommen von 3.000 bis < 4.000 EUR mit einer mehrheitlich negativen ZB und Einkommen zwischen 4.000 bis < 5.000 EUR mit einer deutlich positiven ZB. Mit darüber hinaus steigenden Gehältern sinkt die ZB signifikant ab, sodass die These eindeutig wiederlegt ist: Die Zahlungsbereitschaft steigt nicht mit der Höhe des Einkommens. Einkommensschwache Personen zeigen eine deutlich höhere ZB als sehr einkommensstarke. Betrachtet man den potentiellen Einfluss der Haushaltsgröße als ökonomische Komponente auf die ZB, so zeigt sich, dass Zwei-Personen-Haushalte eine signifikant höhere ZB vorweisen (***Abb. 47***, Anhang). Dies steht möglicherweise damit im Zusammenhang, dass Paare ohne Kinder nicht den ökonomischen Belastungen einer Familie ausgesetzt sind und gleichzeitig finanziell abgesicherter sind als Single-Haushalte. Mit zunehmender Haushaltsgröße sinkt die ZB, sodass vermutet werden kann, dass die finanzielle Belastung mit steigender Anzahl der Kinder wächst und die Liquidität eingrenzt. Im Kombination mit dem Bildungsgrad wurde die These aufgestellt, dass ***Akzeptanz und Zahlungsbereitschaft mit höherem Bildungsstand steigen.*** Auch diese These lässt sich nicht bestätigen. Wie ***Abb. 48*** (Anhang) verdeutlicht, übersteigt die positive ZB im Verhältnis zur negativen vor allem bei Personen mit Hauptschulabschluss, gefolgt von Abitur und Fachhochschulreife. Die hohe ZB aus dem Personenkreis mit Hochschulreife lässt sich damit erklären, dass der Anteil Personen mit

diesem Bildungsgrad in der Studie überrepräsentiert ist. Bei näherer Betrachtung wird deutlich, dass innerhalb dieses Personenkreises die negative ZB überwiegt. Da der Bildungsstand als Erklärungsvariable für die ZB offenbar nicht in Frage kommt, werden im Folgenden das Umweltbewusstsein und die Akzeptanz der Maßnahmen als Einflussgrößen betrachtet. Die Auswertung derselben erfolgt durch drei Themenkomplexe:

1. Umweltbezogene Einstellungsfragen:
    - Bedeutung des Umweltschutzes im Vergleich zu anderen Aufgaben in der Gesellschaft (Frage III.6)
    - Spendentätigkeit/Engagement (Frage IV.2, 3)
    - Stellung Natur/Mensch (Fragen III.5d, e und h)
2. Naturbezogene Einstellungsfragen - Bedeutung der Natur für:
    - Erholung und Lebensqualität (Frage III.5a)
    - Ästhetik (Frage III.5f und g)
3. Programmbezogene Einstellungsfragen:
    - Persönliche Auswirkungen des Programms (Frage III.3a)
    - Akzeptanz der einzelnen Maßnahmen (Fragen I.1-5)

Umweltbezogene Einstellungsfragen

Wie **Tab. 28** im Anhang zeigt, wird die Wichtigkeit von Umweltschutz im Vergleich zu anderen Aufgaben in der Gesellschaft von allen Befragten sehr hoch eingestuft. Mit 54,3 % zeigen die Befragten eine verhältnismäßig hohe Spendenaktivität für Belange des Naturschutzes, 60,9 % engagieren sich aktiv für Umwelt- und Naturschutz (siehe **Tab. 29**, Anhang). In Kombination mit der ZB kann allerdings keine deutliche Erklärungsvariable aus der Spendenaktivität und dem persönlichen Engagement für den Natur- und Umweltschutz abgeleitet werden (siehe ***Abb. 49*** und ***50***, Anhang).

Auch die Einschätzung der Stellung von Natur und Mensch zeigt ein deutliches Bewusstsein pro Natur: Über ¾ der Befragten geben an, dass der Wald nicht nur für den Menschen da ist (**Tab. 30**, Anhang), dass Pflanzen und Tiere das gleiche Recht auf den Wald haben wie der Mensch (82,6 %, **Tab 31**, Anhang). Auf immer noch 65,2 % der Befragten trifft zu, dass sie die Holzernte nicht für das Wichtigste am Wald finden (**Tab 32**, Anhang). Aufgrund dieser deutlichen Mehrheit positiver umweltbezogener Einstellungen kommt dieser Punkt als Erklärungsvariable für die Zahlungsbereitschaft ebenfalls nicht in Frage.

Naturbezogene Einstellungsfragen

Beinahe alle Befragten (97,8 %) geben an, den Wald teilweise (13 %) oder voll und ganz (84,8 %) zur Erholung zu nutzen (**Tab. 33**, Anhang). Damit wird die Stellung des Waldes für den Erholungswert bekräftigt. Für 84,8 % trifft es voll zu, dass sie den Anblick eines naturnahen Waldes genießen (**Tab 34**, Anhang). Es bleibt anzumerken, dass die Definition „naturnah" nicht eindeutig geklärt ist und daher individuelle Interpretationsspielräume offenlässt. Dies zeigt sich vor allem in der Diskrepanz zwischen der mangelnden Befürwortung totholzgeprägter Waldflächen, auf denen die Natur sich selbst überlassen wird (Maßnahme 3 zeigte die geringste Akzeptanz) und der hohen Fürsprache für naturnahe Wälder, wie sie hier bekundet wird. Auf den Zusammenhang zwischen Totholz und Naturnähe hätte bei der Befragung näher eingegangen werden müssen, um Defizite der Umweltbildung und individuelle Unterschiede der Beurteilung von Naturnähe vorzubeugen. Gleiches gilt für die Bedeutung der Gesundheit des Waldes: Die große Mehrheit der Befragten (82,6 %) hält diese für sehr wichtig (**Tab 35**, Anhang), obschon auch hier der Interpretationsspielraum groß ist, was einen gesunden Wald ausmacht. Klarere Vorgaben, was unter Waldgesundheit zu verstehen ist wären hilfreich gewesen, um diesen Verzerrungen vorzubeugen. Nichtsdestotrotz bezeugt die überwiegende Mehrheit der Befragten durch die hohe Wertigkeit, die Naturnähe und Waldgesundheit innerhalb des persönlichen Wertesystems einnehmen, eine positive Umwelteinstellung, auch wenn diese nicht unweigerlich mit dem notwendigen Umweltwissen einhergehen muss, um die Abfragepunkte sachgemäß zu beantworten. Für naturbezogene Einstellungsfragen kann anhand dieser Studie kein eindeutiger Einfluss auf die ZB nachgewiesen werden. Das ästhetische Empfinden, das durch die Fragen III.5 f und g abgefragt wurde, kann allerdings als Indiz dafür begriffen werden, warum die Maßnahmen 2 und 3 besonders in der lokalen Bevölkerung geringere Werte der Akzeptanz zeigen: Besonders in dieser Gruppe wird der Anblick eines naturnahen Waldes hochgeschätzt. Kahlschläge und „unaufgeräumter Wald" scheinen dieses ästhetische Empfinden zu stören[51].

Programmbezogene Einstellungsfragen

Die Mehrheit der Befragten (73,9 %) verbindet mit den Maßnahmen der Moorrenaturierung die Erwartung positiver Auswirkungen auf die Region (**Tab. 36**, Anhang). Zwar rechnet etwa die Hälfte (52,2 %) nicht mit Auswirkungen auf das eigene Leben, von denjenigen, die das tun, erwarten allerdings über zwei Drittel Vorteile für sich selbst (**Tab. 37**, **38**, Anhang). ***Abb. 51*** (Anhang) zeigt die prozentuale Verteilung der Auswirkungen,

[51] Auf die unklare Konotation des Begriffs „naturnah" wurde bereits eingegangen.

die erwartet werden. Als Vorteil wird vor allem ein Zuwachs an Tourismus genannt, aber auch schönere Landschaft und saubereres Wasser. Nachteilig werden hingegen Einbuße in der Holzwirtschaft empfunden. In Kombination mit den *stakeholdern* wird deutlich, dass besonders im Tourismussektor, aber auch in der lokalen Bevölkerung und unter Naturschützern die Erwartung des Zuwachses an Tourismus vorherrscht. Eine finanzielle Verbesserung prognostizieren folglich vor allem Personen aus dem Tourismussektor. Diese drei Gruppen teilen ebenfalls die Erwartung, dass mit den Maßnahmen eine Verbesserung der Wasserqualität verbunden sei. Weniger begehbaren Wald erwarten vor allem die lokale Bevölkerung und Naturschützer, wobei die Vermutung naheliegt, dass eine unterschiedliche Bewertung dieser Auswirkung bei den Gruppen vorliegt: Die lokale Bevölkerung könnte dies eher als Nachteil im Sinne einer Einschränkung der Bewegungsfreiheit empfinden, Naturschützer dürften die Ungestörtheit der Natur durch das kontrollierte Wegenetz als Vorteil auffassen[52]. Der Tourismussektor teilt außerdem mit den Naturschützern die Auffassung, dass mit der Moorrenaturierung die Schönheit der Landschaft gesteigert wird. Die Überschneidungen dieser beiden Gruppen verdeutlicht, dass in der Wiederherstellung der Moore ein gemeinsames Nutzungsinteresse besteht. Wenngleich auf Seiten der Tourismusbranche ein größeres ökonomisches Interesse dahinterstehen dürfte, zeigt das geteilte Interesse das Potenzial für Synergieeffekte zwischen diesen Gruppen auf. Die Bereitschaft, in den Fond einzuzahlen besteht ausschließlich dort, wo die Erwartung von Vorteilen aus der Moorrenaturierung hervorgeht (***Abb. 42***, **Tab. 36**, **38**, Anhang). Damit kann die Erwartung positiver Auswirkungen, sei es auf die Region oder das eigene Leben, als deutliche Erklärungsvariable für eine erhöhte ZB gesehen werden.

Betrachtet man den Einfluss der Akzeptanz der einzelnen Maßnahmen auf die ZB, so zeigt sich auch hier ein signifikanter Zusammenhang: Wie den ***Abb. 52 - 56*** (Anhang) zu entnehmen ist, steigt die Bereitschaft, in den Fond einzuzahlen mit zunehmender Zustimmung für die Maßnahme 1, 4 und 5. Für die Maßnahmen 2 und 3 besteht ebenfalls eine deutliche Korrelation zwischen Zustimmung und ZB. ***Abb. 57*** (S. 111) zeigt die ZB in Kombination mit der Gesamtakzeptanz. Die Darstellung verdeutlicht, dass die These „***Die Zahlungsbereitschaft für die Moorschutzmaßnahmen ist umso höher, je größer die Akzeptanz der Moorschutzmaßnahmen ist***“ als sehr wahrscheinlich angenommen werden kann.

[52] Im Rahmen der Moorrenaturierung ist allerdings darauf hinzuweisen, dass die Maßnahmeflächen aufgrund der hohen Wasserstände der Moorböden ohnehin nicht zu den begehbaren Zonen des Waldes zählen.

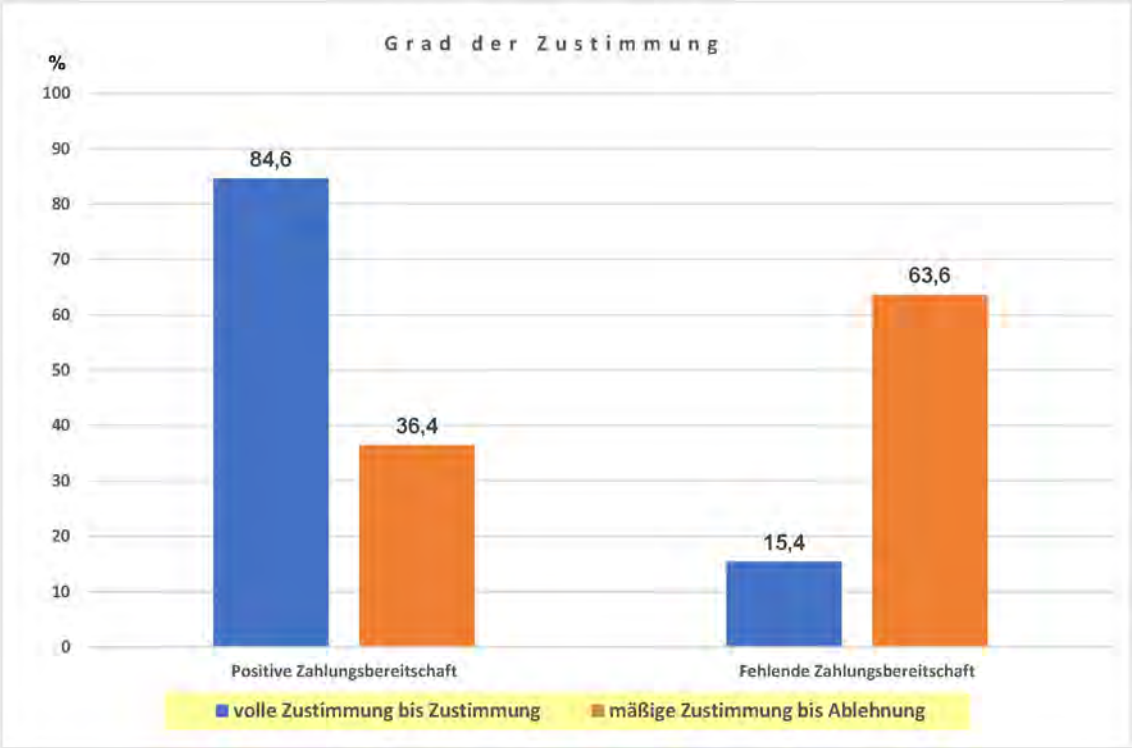


Abb. 57: ZB in Kombination mit der Gesamtakzeptanz *(eigene Erhebung 2017, n = 46)*

4.2.7 Interpretation und Schlussfolgerungen

Aufgrund der Stichprobengröße sind Interpretationen der erhobenen Daten zurückhaltend vorzunehmen. Aus persönlichen Gesprächen mit den Befragten im Vorfeld und während der Befragung konnten einige wenige Anhaltspunkte gezogen werden, die Hinweise auf Motive und persönliche Einschätzungen zulassen und als Beurteilungsgrundlage in die Interpretation einfließen. Aus der Auswertung der Akzeptanz der *stakeholder*-Gruppen lässt sich schließen, dass die Gruppe *Freizeit & Erholung* die größte Akzeptanz der Maßnahmen zeigt, was die Vermutung erlaubt, dass die Moorrenaturierung im Bereich Tourismus mit der Erwartung einer positiven Entwicklung verbunden ist. Für Touristen kann dies darin begründet liegen, dass Attraktivität und Diversität der Landschaft wachsen, da Moore als Landschaften mit besonderer Eigenart, Seltenheit und Schönheit empfunden werden. Die daran angeschlossene Tourismusbranche erwartet möglicherweise eine finanzielle Verbesserung, da landschaftliche Alleinstellungsmerkmale für eine Zunahme der Besucherzahlen sprechen könnten. Maßnahmen 2 und 3 erfahren innerhalb dieser Gruppe die größte Ablehnung. Bei Maßnahme 2 mag es einen Zusammenhang mit der Ästhetik des Landschaftsbilds geben, das für Besucher eine prioritäre Stellung im Naturerleben hat und durch Kahlschläge gestört wird. Das

ästhetische Landschaftsempfinden kann auch für die Ablehnung der Maßnahme 3 insofern eine Rolle spielen, als ein als „aufgeräumt“ geltender Wald möglicherweise auch von vielen Besuchern bevorzugt wird. An diesem Punkt erscheint im Bereich Umweltbildung ein Aufklärungsbedarf zu bestehen, um die ökologische Notwendigkeit des Verbleibens von Totholz für eine intakte Biodiversität zu vermitteln. Dass Maßnahme 3 auch von der Gruppe *Wissenschaft/Naturschutz* die für diese Gruppe höchste Ablehnung erfährt (allerdings nur auf Seiten der Naturschützer), ist mutmaßlich weniger dadurch begründet, dass die ökologische Bedeutung von Totholz nicht erkannt wird, sondern vielmehr könnte die Einschätzung zu Grunde liegen, dass die Wiederherstellung der Moore ohne Eingriffe mit unerwünschten zeitlichen Verzögerungen verbunden ist. Insgesamt zeigt die Gruppe allerdings die zweithöchste Akzeptanz für die Maßnahmen. Auch Maßnahme 2 wird trotz der Risiken aufgrund der ökologischen Folgen von Kahlschlägen innerhalb der Gruppe insgesamt positiv bewertet. 2/3 der Wissenschaftler und alle Naturschützer sprechen sich dafür aus. Das lässt die Interpretation zu, dass die Entfernung der Fichtenbestände aus naturwissenschaftlicher Sicht überwiegend als Notwendigkeit betrachtet wird, um den Erfolg der Moorrenaturierung zu gewährleisten. Zuspruch erfährt diese Maßnahme auf Seiten der *Gebietskörperschaften* vor allem durch Politiker. Ein möglicher Grund dafür könnte sein, dass durch die Kahlschläge zumindest ein Ernteertrag erfolgt, der der Wirtschaftskraft kurzfristig zu Gute kommt [53]. Mit 8,7 % Ablehnung spricht sich allerdings die lokale Bevölkerung fast zur Hälfte (10,9 % befürworten die Maßnahme) gegen Kahlschläge aus. Hier könnten ähnliche Gründe vorliegen, wie sie für das Landschaftsempfinden der Besucher vermutet werden. Die *Wirtschaft* zeigt auf diese Maßnahme eine verhaltene Reaktion: Ablehnung und Zustimmung halten sich in etwa die Waage. Beide Gruppen (*Gebietskörperschaften: Forst, lokale Bevölkerung, Politiker* und *Wirtschaft: Rohstoffhandel, Fischereiwesen*) zeigen die meiste Ablehnung der Maßnahmen insgesamt, was die Annahme nahelegt, dass diese Gruppen große Überschneidungen in ihren Gründen für Akzeptanzprobleme aufweisen (***Abb. 58***, Anhang). Als häufige Gründe für Inakzeptanz gelten nach VON RUSCHOWSKI (vgl. 2009: 34) materielle Aspekte, solche der Aufbauorganisation (Kompetenzverteilung, Zuständigkeiten, institutionelle Zusammenarbeit, Personalfragen), Beteiligungs- und Informationsabläufe, Kommunikationsdefizite und Eigeninteresse. Diese Aspekte scheinen für bestimmte Teile dieser Interessensgruppen anzusprechen. Die Gruppe *Wirtschaft* zeigt

[53] Bei der monetären Inwertsetzung der Moorflächen aus forstwirtschaftlicher Nutzung ist zu berücksichtigen, dass die Bewirtschaftungskonditionen nasser Standorte ohnehin mit einem höheren Kostenaufwand verbunden sind. Durch Kahlschläge als Endnutzung wurde auf den Moorflächen von 2015 bis 2017 im Riedbruch ein Maximum von 34,61 EUR/Festmeter erwirtschaftet. Im Sausteigerbruch lag sogar eine Minusbilanz von – 2,43 EUR/Festmeter vor (Quelle: KWL 2017).

allerdings auf den Verzicht der Bewirtschaftung keine grundsätzlich ablehnende Reaktion. Die 2,2 % Ablehnung aus dieser Gruppe werden auf Seiten des in nur geringem Maße an der Befragung beteiligten Personenkreises von unmittelbar in der Holzwirtschaft Tätigen vermutet, der Verluste materieller Art befürchten könnte. Dass ein hoher Anteil innerhalb der lokalen Bevölkerung diese Maßnahme ablehnt, der Bewirtschaftungsverzicht allerdings den gesetzlichen Vorgaben eines Nationalparks immanent ist, könnte darauf hindeuten, dass Akzeptanzprobleme des Nationalparks auf Seiten der Bevölkerung bestehen, die multifaktoriell sein können. In Bezug auf den Bewirtschaftungsverzicht sind Ängste vor Verhaltenseinschränkungen und Fremdbestimmung als wahrscheinlich zu betrachten (vgl. SRU 2002b)[54]. Seitens der Politiker wird die Maßnahme allerdings getragen. Das Zustimmungsverhalten der lokalen Bevölkerung weist grundsätzlich die Tendenz auf, Maßnahmen, die scheinbar nicht das eigene Leben betreffen (Rückbau der Draingräben, Förderung moortypischer Pflanzenarten) und insofern einen hohen Abstraktionsgrad aufweisen, zuzustimmen, wohingegen Belange, bei denen Störungen des individuellen ästhetischen Empfindens und der Identität mit dem bislang vertrauten Landschaftsbild (Maßnahmen 2 und 3) oder Einschränkungen bisheriger Gewohnheiten (Maßnahme 4) eher Ablehnung erfahren. Im Sinne der Umweltbildung scheint es in der Region daher sinnvoll, besonders der lokalen Bevölkerung bislang als abstrakt empfundene ökologische Zusammenhänge näherzubringen und in die Identifikation mit der regionalen Landschaft einzubinden. Die insgesamt sehr hohe Akzeptanz der Maßnahmen spricht dafür, dass die Moorrenaturierung in der Region grundsätzlich positiv bewertet wird. Die Maßnahmen selbst stellen den signifikantesten Einfluss auf die Akzeptanz dar. Es ist insofern auf die Bedeutung hinzuweisen, die Inhalte der Maßnahmen und ihre Notwendigkeit aus naturwissenschaftlicher Sicht in der Region angemessen zu vermitteln: Eine geeignete Aufklärung könnte zur Erweiterung von Akzeptanzelementen führen, was analog zur Korrelation mit der ZB den ökonomischen Stellenwert aus Sicht der Befragten erhöht. Als weiteres Indiz für Akzeptanzprobleme könnte gelten, dass als häufigster Grund für eine negative ZB angegeben wurde, die Maßnahmen nicht als sinnvoll zu erachten. Bei näherer Betrachtung der Verteilungsmuster innerhalb der Interessengruppen wird deutlich, dass dieser Grund vor allem von Personen aus dem Forstwesen, der Wirtschaft, von Jägern und einzelnen Wissenschaftlern genannt wird. Unter Wissenschaftlern besteht eine zum Teil heterogene Auffassung darüber, welche der Maßnahmen zur Zielerreichung der Wiederherstellung der Moore am geeignetsten sei. Aus diesem Grund sind im Nationalpark unterschiedliche Konzepte

[54] Persönlichen Schilderungen zufolge wird der Eigenbedarf der Bevölkerung an Heizmaterial gewohnheitsmäßig aus dem Wald bezogen.

auf verschiedenen Versuchsflächen realisiert. Ablehnung und Befürwortung der Maßnahmen sind in diesem Fall mit hoher Wahrscheinlichkeit auf persönliche Präferenzen des einen oder anderen Ansatzes zurückzuführen. Wie aus ***Abb. 58*** (S. 115) zu entnehmen ist, stellen die Gruppen *Forstwesen*, *Wirtschaft (Rohstoffhandel, Fischereiwesen)* und *Jäger* stellen den überwiegenden Teil der Personen mit negativer ZB und geringster Akzeptanz. Rechnet man die Werte für Ablehnung der Einzelmaßnahmen dieser Gruppen zusammen, bestätigt sich der Eindruck: Zusammen stellen sie für die Maßnahmen 1 und 5 die größte Opposition, ihre Anteile an den Ablehnungswerten der übrigen Maßnahmen sind ebenfalls hoch. Daraus lässt sich auf Interessenkonflikte schließen, die innerhalb dieser Gruppierungen in Bezug auf die Wiederherstellung der Moore bestehen, die vorwiegend als ökonomisch motiviert angenommen werden. Anhaltspunkte für diese Einschätzung sind in den geäußerten Erwartungen der Auswirkungen zu finden: Jäger erwarten vorwiegend weniger Holzwirtschaft und weniger begehbaren Wald, die Wirtschaft rechnet neben diesen Auswirkungen zusätzlich mit weniger Jagd, finanziellen Einbußen und teilt diese Erwartung mit dem Forstwesen. Aspekte der institutionellen Zusammenarbeit, Personalfragen, Kompetenzverteilung und des Eigeninteresses (VON RUSCHOWSKI 2009) können für diese Gruppen jedoch nicht ausgeschlossen werden. Die lokale Bevölkerung gibt zwar zu einem geringen Anteil ebenfalls als Grund an, die Maßnahmen nicht als sinnvoll zu erachten, mehrheitlich scheinen aber mangelnde finanzielle Mittel Hinderungsgrund für eine positive ZB zu sein. Zwar werden auch hier als Auswirkungen weniger Jagd und weniger begehbarer Wald genannt, die mit Einschränkungen und dem Verlust der individuellen Entscheidungsfreiheit verbunden sein können (vgl. STOLL 1999: 113 ff. in VON RUSCHOWSKI 2009), die finanzielle und ökologische Verbesserung in Form von mehr Tourismus, schönerer Landschaft und mehr Lebensqualität überwiegt aber die Nachteile. Tourismus und Naturschutz weisen die größte ZB auf und zeigen auch am deutlichsten eine positive Erwartungshaltung in Bezug auf Auswirkungen. Aufgrund der korrelativen Bindung der positiven ZB an die Erwartung von positiven Auswirkungen, die im Bereich des Tourismus von Seiten der ansässigen Bevölkerung auch vor allem ökonomischer Natur sein dürften, kann aus der Studie folgender Schluss gezogen werden: Eine negative ZB liegt überwiegend dann vor, wenn ökonomische Nachteile erwartet werden, eine positive ZB geht zu einem großen Teil mit der Erwartung ökonomischer Vorteile einher. Diese Erklärung greift zumindest für die hohe ZB aus dem Tourismussektor und der lokalen Bevölkerung. Die hohe positive ZB im Naturschutz wird vielmehr mit einer internalisierten Verantwortungsattribution assoziiert. Der Bedeutung ökologischer Verbesserungen wird in dieser Gruppe mit großer Wahrscheinlichkeit Vorrang gegenüber ökonomischen Nutzen eingeräumt. Diese

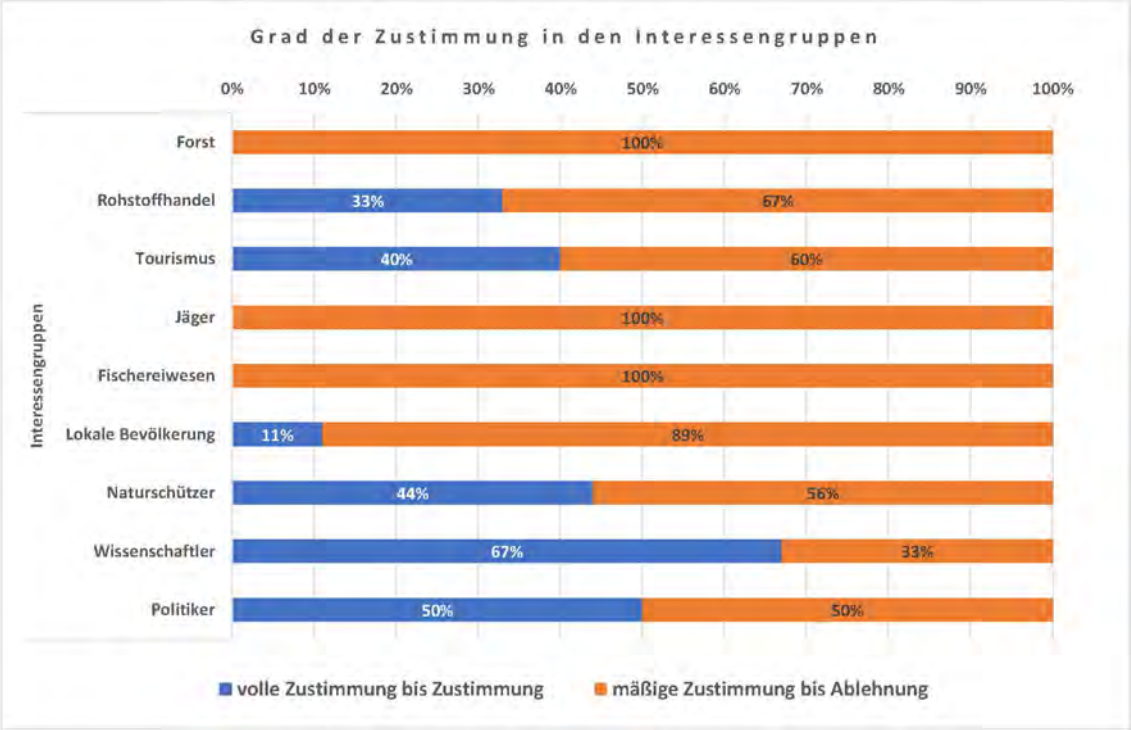


Abb. 58: Grad der Zustimmung in den Interessengruppen *(eigene Erhebung 2017, n = 46)*

Gruppe deckt damit indirekte Gebrauchswerte und Nicht-Gebrauchswerte ab und ist nur geringfügig an wirtschaftlichen Wertkomponenten beteiligt. Mit knapp 20 % trägt diese nichtökonomische Komponente einen nennenswerten Teil an der Zahlungsbereitschaft. Die sozioökonomische Bewertung der Moorrenaturierung im Hunsrück basiert zu einem überwiegenden Teil auf der Erwartung finanzieller Verbesserung als Projektion in die Zukunft über den Sektor Tourismus und daran angeschlossene Wertschöpfungen für die Bevölkerung in der Region. Mehrheitlich wird der Nutzen der Moore daher vor allem in der Erholungsfunktion gesehen, woraus sich aufgrund der hohen ökologischen Sensibilität auch potentielle Nutzungskonflikte entwickeln können. Auf etwa ein Viertel der Befragten fällt die mit dieser Erwartung verbundene sozioökonomische Inwertsetzung. Über zwei Drittel der zahlungsbereiten Personen und immerhin etwas mehr als ein Drittel aller Befragten (34,7 %) geben an, mehr als 40 EUR in die Moorrenaturierung investieren zu wollen und beziffern damit ihren subjektiven ökonomischen Stellenwert der Moore, dem als Dimensionsgröße der Wertschätzung auch die Bedeutung zukommt, eventuellen Nutzungskonflikten argumentativ gegenübergestellt zu werden und umweltpolitische Entscheidungen zu stützen. Der ökonomische Nutzen, der sich für diesen Teil der Bevölkerung aus der Zahlungsbereitschaft ableiten lässt, kann als Aufforderung der Bürger zur Förderung der Moorrenaturierung an politische Instanzen verstanden werden, um in bestimmten Entscheidungssituationen eine Bezugsgröße bereitzustellen, entsprechende umweltpolitische Maßnahmen durchzuführen (vgl. KUEPKER 2007: 166).

5 Diskussion

Mit dem Leitbild einer langfristigen Nutzungsfähigkeit natürlicher Ressourcen als Fundament der intergenerationellen Gerechtigkeit hat ein Naturverständnis Einzug in Wissenschaft und Politik gehalten, welches das Wohlergehen des Menschen untrennbar mit dem Zustand der Natur verbunden sieht. Vor dem Hintergrund der Herausforderungen, die mit der Übernutzung der Naturgüter der vergangenen Jahrhunderte für heutige und künftige Generationen bestehen, dient der Begriff der Ökosystemdienstleistungen als gesellschaftliches Vehikel, den Stellenwert derjenigen Leistungen der Natur sichtbar zu machen, die von ihr gratis erbracht werden und zugleich essentielle Grundlage für die Aufrechterhaltung der menschlichen Lebensgrundlage sind. Trotz ihres nur geringen Anteils an der Landesoberfläche, erbringen Moore grundlegende Leistungen, die indirekte oder direkte Nutzen für den Menschen aufweisen. Mit Hilfe vorhandener Datensätze zu ökologischen Parametern der Moore im Nationalpark Hunsrück-Hochwald wurden die Leistungen derselben im Hinblick auf Basis-, Versorgungs-, Regulationsleistungen untersucht. Aufgrund der vorhandenen Datensätze konnte dies nicht im vollen Umfang einer abschließenden Bewertung erfolgen. Dennoch konnten Tendenzen eruiert werden, die Aufschluss über bestehende Gefährdungen und Prognosen möglicher Entwicklungen zulassen. Die Bestandsaufnahme der Daten zur Beurteilung der ÖSDL der Hangbrücher dient als Grundlage für weiterführende Untersuchungen im Rahmen des Bio-Monitorings, das anhand der aufgezeigten Leistungen punktuell weiterentwickelt werden kann, um vorhandene Datenlücken zu schließen. Eine Fortführung der Bewertung der ÖSDL ist vor allem für umweltpolitische Entscheidungsträger als argumentative Stütze von Vorteil. Dieser Aspekt wird besonders durch die Implementierung der kulturellen Leistungen in die Bewertungsmatrix betont, da das Aufzeigen gesellschaftlicher Nutzen bei der Behebung von Akzeptanzdefiziten auf Seiten der Bevölkerung helfen kann. Mittels der sozioökonomischen Erhebung konnten Hinweise auf solche Defizite in bestimmten Teilen der regionalen Bevölkerung aufgezeigt werden, die mit unterschiedlichen, dem Naturschutz teilweise entgegenstehenden Nutzungsinteressen zusammenhängen. Anhand dieser Hinweise können Lösungsansätze entwickelt werden, um diesen Problemen zu begegnen. Gleichzeitig wurde hervorgehoben, dass auf Seiten der Bevölkerung eine positive Grundeinstellung gegenüber Naturschutzfragen und eine hohe Bereitschaft zur Akzeptanz von Naturschutzmaßnahmen besteht. Dies drückt sich in der positiven Zahlungsbereitschaft von 50 % der Befragten aus. Anhand der sehr kleinen Stichprobenzahl von 46 Befragten bleibt allerdings die Repräsentativität der Studie ungeklärt. Als Konsequenz für die wissenschaftliche Weiterarbeit kann daraus

geschlossen werden, dass für eine nähere Beleuchtung vorhandener Akzeptanzdefizite und ihrer Ursachen umfangreichere Studien notwendig sind, die hinsichtlich der Aussagekraft moduliert werden müssen. Neben der notwendigen Erhöhung der Stichprobenzahl, müssten auch Verzerrungen im Hinblick auf ungeklärte Begriffe vermieden und das häufig im Rahmen ökonomischer Bewertungen diskutierte Problem der Protestantworten methodisch aufgegriffen werden. Protestantworten, die vor dem Hintergrund der grundsätzlichen Ablehnung monetärer Bewertungen von Natur oder hypothetischer Marktvorstellungen entstehen, können und durch den Anspruch des persönlichen Rechts auf eine intakte Natur ohne die Anerkennung der Eigenverantwortung erklärt werden, gelten als Erklärungsvariable für negative Zahlungsbereitschaften (vgl. LIEBE 2007: 181). Ein weiteres Defizit, das im Rahmen einer Vertiefung des Forschungsgegenstands behoben werden müsste, ist die fehlende Grenze für den Höchstbetrag: Üblicherweise erfolgt die Auswertung der ZB anhand von Mittelwerten, die nicht berechnet werden konnten, sodass kein konkreter Betrag für die ZB ermittelt wurde. Zusätzliche Erklärungsvariablen, wie beispielsweise die persönliche wirtschaftliche Lage der Befragten, konnten im Rahmen dieser Arbeit aufgrund des limitierten Umfangs nicht eruiert werden, wenngleich ihnen ein signifikanter Einfluss auf die ZB zugesprochen wird (vgl. LIEBE 2007:193, KUEPKER 2007). In Anlehnung an KUEPKER wurde zur Minimierung von Verzerrungen, die im Zusammenhang mit sog. Budgetrestriktionen stehen, zwar die Revisionsmöglichkeit eingeführt, strategisches Antwortverhalten und andere subjektive Verzerrungsphänomene sind allerdings nicht restlos verifizierbar und nur mit deutlich größerem Erhebungsaufwand minimierbar (vgl. KUEPKER 2007: 161).

6 Zusammenfassung

In der vorliegenden Arbeit wurden die Ökosystemdienstleistungen der Hangbrücher im Nationalpark Hunsrück-Hochwald anhand eines holistischen Bewertungsansatzes untersucht. Danach wurden zunächst ökosystemare, intermediate Komponenten bestimmt und in entsprechende Indikatoren überführt, die als Bewertungsgrundlage für die Ökosystemleistungen der Moore dienen. Weiterhin wurden anhand einer Umgebungsanalyse Interessengruppen in der Region und deren Nutzungsinteressen eruiert, um mögliche soziale und ökonomische Nutzen abzuleiten und das Anwendungsschema um diese Komponenten zu erweitern. Ziel der Arbeit war zum einen, anhand des erarbeiteten Indikatorensets die Gesamtheit der ÖSDL zu erfassen und nach der *benefit-transfer*-Methode, auf Basis bereits vorhandenen Datenmaterials aus vorangegangenen Studien, zu bewerten. Zum anderen sollte anhand einer sozioökonomischen Erhebung die kulturelle und wirtschaftliche Inwertsetzung der ÖSDL auf Seiten der Bevölkerung in Form der Akzeptanz für die Renaturierung der Moore und der Zahlungsbereitschaft für selbige ermittelt werden. Im Ergebnis zeigte sich, dass aufgrund der lückenhaften Datenlage keine abschließende Bewertung der ökosystemaren Komponenten für alle Bruchflächen erfolgen konnte. Für einige Leistungen konnten allerdings bezogen auf Einzelflächen konkrete Indikatoren abgefragt und aktuelle Zustände abgeleitet werden. So konnte für die Basis- und Regulationsleistungen Nährstoff- und Wasserretention aktuell eine mäßige Funktionsfähigkeit ermittelt werden, die mit Störungserscheinungen des hydrologischen Regimes in Folge diverser Nutzungen in Verbindung gebracht wird. Floristische und faunistische Datensätze ließen Rückschlüsse auf eine mäßige Naturnähe der Basisleistung Lebensraumfunktion zu. In Kombination der Datensätze konnten für die Wasserreinigungsfunktion mäßige bis schlechte Zustände ermittelt werden, sodass in der Summe auf deutliche Degradationserscheinungen geschlossen wurde. Keine Bewertung konnte aufgrund fehlender Daten bei der Basisleistung Grundwasserneubildung und der Versorgungleistung Klimaregulierung erfolgen, woraus sich Empfehlungen für die Bestandsaufnahme im Rahmen des Bio-Monitorings ableiten ließen. Die Ergebnisse unterstreichen die Bedeutung der Renaturierung und Stabilisierung der Wasserstände und bekräftigen somit die Fortführung der Renaturierungsmaßnahmen im Zuge der Wiedervernässung der Hangbrücher. Für kulturelle und ökonomische Leistungen konnte anhand der Umgebungsanalyse sowie hohen Akzeptanz- und Zahlungsbereitschaft der Bevölkerung ein großes Entwicklungspotenzial prognostiziert werden, wenngleich Anzeichen von Akzeptanzdefiziten und deren mögliche Ursachen Handlungsrelevanzen im Bereich der Umweltbildung aufzeigen.

7 Schlussfolgerungen und Empfehlungen

Zur Weiterentwicklung des Bio-Monitorings im Hinblick auf die Bewertung der ÖSDL ist aufgrund der hohen Heterogenität der Bruchflächen eine gesonderte Beprobung und nach Aufnahme der Parameter zur Erfassung der Indikatoren eine ebenfalls gesonderte Bewertung der Einzelflächen notwendig. Als essentieller Indikator für eine Vielzahl von Ökosystemleistungen hat sich die Wasserstufe erwiesen. Eine Ableitung derselben konnte zwar für zwei Bruchflächen anhand pedologischer Untersuchungen erfolgen, konkrete Lysimetermessungen der ***Moorwasserstände*** innerhalb der Einzelbrücher sind allerdings zur Bestimmung der mit Evapotranspirationsprozessen zusammenhängenden Leistungen wie Verdunstungskühlung und Grundwasserneubildung unabdingbar. Deren Ermittlung gibt Aufschluss über potentielle Gefährdungen der Moorstandorte im Zusammenhang mit sommerlichen Trockenperioden oder der Trinkwassernutzung. Ein ebenfalls wichtiger Parameter ist der ***laterale Abfluss*** und die zugrundeliegenden geologischen Verhältnisse zur Ermittlung der Nährstoffretention, der Grundwasserneubildung und der Wasserreinigung. Diese Leistungen sind besonders im Hinblick auf Eutrophierungstendenzen vulnerabel, die einerseits kurzfristig auf Rückkopplungen mit den Maßnahmen zurückzuführen sein können und damit Anlass zu deren Optimierung bieten, andererseits im Zusammenhang mit Immissionen stehen können und insofern zur Indikation unzureichender Immissionsschutzbemühungen gereichen. Um die Eutrophierung einer konkreten Moorfläche zu bilanzieren, müssen pro Fläche genaue Daten über ***Nitrateinträge***, ***Torfakkumulationsrate*** und ***Nitratausträge*** ins Sickerwasser der Moorfläche vorliegen. Einen ökonomischen Gesichtspunkt der Regulationsleistungen stellt die Hochwasserschutzfunktion dar, für deren Ermittlung neben der Wasserstufe auch ***Substratparameter***, ***Trockenrohdichte***, ***Zersetzungsgrad*** und ***Vegetationsdaten im Hinblick auf Feuchtegrade*** für jede der Bruchflächen notwendig sind. Zur Erfolgskontrolle der Maßnahmen sollte die Erhöhung der Wasserstände und die damit einhergehende Verbesserung des Feuchtgebietcharakters durch ***regelmäßige Pegelmessungen*** überprüft und Vitalität und Dominanz indikativer Vegetationstypen mit besonderem Augenmerk auf Wiederansiedlungen moorspezifischer Arten im Auge behalten werden. Eine ***CO_2-Bilanzierung*** als Grundlage für die Beurteilung der Klimarelevanz befindet sich, derzeit in der Bearbeitung[55]. Auf Grundlage der sozioökonomischen Erhebung scheint es im Sinne der Umweltbildung in der Region sinnvoll, abstrakte ökologische Zusam-

[55] Es ist ausdrücklich darauf hinzuweisen, dass viele der erwähnten Aspekte/Indikatoren in aktuellen Erhebungen erfasst werden, die keinen Eingang in diese Untersuchung mehr finden konnten.

menhänge, die Inhalte der Maßnahmen und ihre Notwendigkeit aus naturwissenschaftlicher Sicht angemessen zu vermitteln und in die Identifikation mit der regionalen Landschaft einzubinden. Eine Erweiterung von Akzeptanzelementen kann aufgrund zur Korrelation mit der ZB den ökonomischen Stellenwert aus Sicht der Befragten erhöhen. Die große Mehrheit der Befragten weist eine positive Grundeinstellung gegenüber Naturschutzfragen auf und bietet somit gute Voraussetzungen für die Akzeptanz von Maßnahmen im Bereich des Naturschutzes. Die wahrscheinlichsten Gründe für Akzeptanzdefizite sind Freiheitseinengung (weniger begehbarer Wald), Informationsdefizite (Umweltkomplexität, Wirkungsmechanismen der Biodiversität, Beispiel Totholz), Verluste im Sinne ökonomischer Nachteile (weniger Holzwirtschaft und Jagd) und Veränderungen im vertrauten Landschaftsbild. Ursachen für diese Gründe können in der subjektiven Wahrnehmung von Partizipationsdefiziten der Betroffenen liegen oder auf Defizite der Vermittlung naturschutzbezogener Inhalte von Seiten der Verantwortlichen zurückgehen. Nach Erkenntnissen des SRU (2002b) bilden Informations-, Kommunikations- und Partizipationsdefizite die häufigsten Ursachen für Akzeptanzprobleme. Um diesen Probleme zu begegnen, legt der SRU nahe, Kommunikationsformen, die als autoritär empfunden werden, zu identifizieren und zu vermeiden, Angst vor Verhaltenseinschränkungen, Bevormundung und Fremdbestimmung zu nehmen und der mangelnden Vertrautheit mit Naturschutzzielen durch angemessen vermittelte Aufklärungsarbeit zu begegnen (SRU 2002b). Die Erfassung der für die Bewertung der ÖSDL notwendigen Indikatoren bietet eine breite Grundlage für die Einordnung von Erfolg und Misserfolg bestimmter Aspekte der Renaturierungsmaßnahmen und dient aufgrund des holistischen Ansatzes der Optimierung der Naturschutzplanung für die Zukunft.

II Literaturverzeichnis

ACKERMANN, T. (1992): *Physikalische Biochemie, Grundlagen der physikalisch-chemischen Analyse biologischer Prozesse*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. ISBN 978-3-540-54055-7

AGRARMETEOROLOGIE RHEINLAND-PFALZ (2017): Messtellen des agrarmeteorologischen Dienstes des Landes Rheinland-Pfalz zur Abfragung von Messparametern an den Messstellen. Dienstleistungszentrum ländlicher Raum, Informations-Daten-Portal, URL: http://www.am.rlp.de/Internet/global/inetcntr.nsf/dlr_web_full.xsp?src=U091C63B1B&p1=8KB2654694&p3=343GO6H65M&p4=XJPZBV4849

ALBERS, S., KLAPPER, D., KONRADT, U., WALTER, A., WOLF, J. (Hsrg.) (2009): *Methodik der empirischen Forschung*. Gabler, GWV Fachverlage GmbH, Wiesbaden, 3. Auflage.

ALBERT., C., BURKHARD, B., DAUBE, S., DIETRICH, K., ENGELS, B., FROMMER, J., GÖTZL, M., GRET-REGAMEY, A., JOB-HOBEN, B., KELLER, R., MARZELLI, S., MONING, C., MÜLLER, F., RABE, S.-E., RING, I., SCHWAIGER, E., SCHWEPPE-KRAFT, B., WÜSTEMANN, H. (2015): *Empfehlungen zur Entwicklung bundesweiter Indikatoren zur Erfassung von Ökosystemdienstleistungen – Diskussionspapier*. BfN-Skripten, Bonn – Bad Godesberg. ISBN 978-3-89624-145-0.

AMMER, C., VOR, T., KNOKE, T., WAGNER, S. (2010): *Analyse und Lösungsansätze vor dem Hintergrund rechtlicher, ökologischer und ökonomischer Zusammenhänge*. Universitätsverlag Göttingen. URL: http://www.bfn.de/fileadmin/MDB/documents/themen/forstwirtschaft/Schalenwild%20Endbericht_08_11_2010.pdf. 24.2.2017

ARMBRUSTER, V. (2002): *Grundwasserneubildung in Baden-Würtemberg*. Freiburger Schriften zur Hydrologie, Institut für Hydrologie der Universität Freiburg i.Br. ISSN 0945-1609.

BAHADIR, M., PARLAR, H., SPITELLER, M. (Hsg. 2000): *Springer Umweltlexikon.* Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2. Auflage. ISBN 978-3-642-62954-9

BARTSCH, N. & RÖHRIG, E. (2016): *Waldökologie. Einführung für Mitteleuropa*. Spinger-Verlag Berlin Heidelberg, ISBN 978-3-662-44267-8.

BAUMGÄRTNER, S. *(2002): Der ökonomische Wert der biologischen Vielfalt.* Laufender Seminarbeitrag 2/02, S. 73-90, Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege, Laufen/Salzbach 2002.

Baumeister, C., Gudera, T., Hergesell, M., Kampf, J., Kopp, B., Neumann, J., Schwebler, W., Wingering, M. (2017): *Entwicklung von Bodenwasserhaushalt und Grundwasserneubildung in Baden-Würtemberg, Bayern, Rheinland-Pfanz und Hessen (1951-2015).* Arbeitskreis KLIWA der Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Würtemberg (LUBW), Bayerischen Landesamts für Umwelt (BLfU), des Hessischen Landeamts für Naturschutz, Umwelt und Geologie (HLNUG) und des Deutschen Wetterdienstes. ISBN 978-3-88251-395-0.

Baur, N., Blasius, J. (Hrsg.) (2014): *Handbuch Methoden der empirischen Sozialforschung*. Springer Fachmedien Wiesbaden. ISBN 978-3-5311-7809-7.

Bausch, T., Letzner, V., Munz, S. (2014): *Potenziale für eine Tourismusentwicklung und deren regional-ökonomische Effekte eines potenziellen Nationalparks „Hochwald-Idarwald“*. Vertiefungsstudie zum Themenschwerpunkt Tourismusentwicklung für das Land Rheinland-Pfalz; Seeshaupt, München.

Beetz, S. (2008): *Diplomarbeit zum Thema: „Geoökologische Erfolgskontrolle der Renaturierung von Mooren des Thüringer Waldes“*. Universität Jena, Institut für Geographie.

Bernasconi, A. & Schroff, U. (2003): *Erholung und Walddynamik: Verhalten, Erwartungen und Zahlungsbereitschaft von Waldbesuchern in der Region Bern*. Arbeitsgemeinschaft für den Wald (AfW) und Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL), Eidgenössische Forstdirektion (Hrsg.), Zürich.

BfN – Bundesamt für Naturschutz (2010): *LRT 7140 – Übergangs- und Schwingrasenmoore*. URL: https://www.bfn.de/fileadmin/BfN/natura2000/Dokumente/7140_Uebergangs_und_Schwingrasenmoore.pdf. 6.6.2017

BfN – Bundesamt für Naturschutz (2017): *Narura 2000 Code *91DO*. URL: https://www.bfn.de/0316_typ91d0.html, 6.6.2017

BMUB - Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (2007): *National Strategy on Biological Diversity*. URL: https://www.bfn.de/fileadmin/BfN/landschaftsundbiotopschutz/Dokumente/NBS_english.pdf.3.7. 2017

BMUB – Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (2017): *Nitratbericht 2016*. URL: http://www.bmub.bund.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Binnengewaesser/nitratbericht_2016_bf.pdf, 14.8.2017

Böhlmann, N. (2004): *Wasser- und Stickstoffhaushalt eines soligenen Hangmoores im Hochharz am Beispiel des Ilsemoores*. Dissertation, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg.

Böhm, K. (2005): *Hochmoore im Erzgebirge – Untersuchungen zum Zustand und Stoffaustragsverhalten unterschiedliche degradierter Flächen*. Dissertation, TU Dresden, Institut für Geographie.

Bogumil, K. (2005): *Absorptionsspektroskopie von Ozon und anderen, wichtigen, atmosphärischen Spurengase mit dem SCIAMACHY-Satellitenspektrometer im ultravioletten bis nahinfraroten Spektralbereich*. Dissertation, Fachbereich Physik der Universität Bremen.

Borchert, H. (2000): *Die Bestimmung der für Forstbetriebe ökonomisch optimalen Holznutzungsmengen – Ein kontrolltheoretischer Ansatz*. Dissertation an der Technischen Universität Münschen. URL: https://www.lwf.bayern.de/mam/cms04/service/dateien/die_bestimmung_der_dissertation_borchert.pdf 24.9.2017

Breitenbach, B. (2007): *PH-Wert im Boden und Bodenacidität*. Studienarbeit, Grin-Verlag. ISBN 978-3-640-55063-0

Breil, M. (2015): *Einfluss der Boden-Vegetation-Atmosphären, Wechselwirkungen auf die dekadische Vorhersagbarkeit des Westafrikanischen Monsuns*. Dissertation, Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Scientific Publishing. ISBN 978-3-7315-0420-7

Casper, M., Grogoryan, G., Heinemann, G., Bierl, R. (2013): *Auswirkungen des Klimawandels auf die Ressource Wasser in Rheinland-Pfalz*. Rheinland-Pfalz Kompetenz-Zentrum Klimawandelfolgen (Hrsg.): Schlussbericht des Landesprojekts Klima- und Landschaftswandel in Rheinland-Pfalz (KlimLandRP), Modul Wasser: 164 S.

Chifflard, P., Karthe, D., Heller, K. (2015): *Beiträge zum 47. Jahrestreffen des Arbeitskreises Hydrologie vom 19.-21. November 2015 in Dresden*. Geographica Augustana, Band 20, Universität Augsburg.

Colditz, G. (1994): *Auen, Moore, Feuchtwiesen – Gefährdung und Schutz von Feuchtgebieten*. Springer Basel AG. ISBN 978-3-0348-6196-0

Cordes, U., Conze, K.-J. (2010): *Biotopkataster Rheinland-Pfalz. Erfassung der FFH-Lebensräume*. Ministerium für Umwelt, Forsten und Verbraucherschutz, Struktur- und Genehmigungsdirektion Nord/Süd. URL: http://www.naturschutz.rlp.de/dokumente/download/Suchraum2010/FFH_Kartieranleitung_RLP_2010.pdf. 14.4.2017

Dameris, M. (2005): *Klima-Chemie-Wechselwirkungen und der stratosphärische Ozonaufbau*. Promet, Jahrg. 31, Nr. 1, 2-11, Deutscher Wetterdienst.

Deutscher Bundestag (2015): *Sondergutachten des Sachverständigenrates für Umweltfragen, Stickstoff: Lösungsstrategien für ein drängendes Umweltproblem*. Drucksache 18/4040, 13.02.2015

DBG – Deutsche Bodenkundliche Gesellschaft (2017): *Internetseite der Arbeitsgruppe Bodensystematik Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft*, URL: https://www.bodensystematik.de/, 6.8.2017

DIN 4049-3 (1994): *Hydrologie – Teil 3 Begriffe zur quantitativen Hydrologie*. Normenausschuss Wasserwesen.

Dierßen, K. & Dierßen, B. (2001): *Moore. Ökosysteme Mitteleuropas*. Ulmer Verlag. ISBN 978-3-800132454.

Egidi, H. (2017): *Plan zur Wildregulierung 2017 gem. § 6 (2) RVO v. 20.3.15*. Dokument des Nationalpark Hunsrück-Hochwalds.

Ellenberg, H. & Leuschner, C. (2010): *Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen in ökologischer, dynamischer und historischer Sicht*. Verlag Eugen Ulmer Stuttgart. ISBN 978-3-8252-8104-5

Eser, U. (2014): *Prudence, justice and the good life, a typology of ethical reasoning in selected European national biodiversity strategies*. BfN, Bonn 2014. ISBN 978-3-944811-00-0

Essl, F. & Rabitsch, W. (Hrsg. 2013): *Biodiversität und Klimawandel. Auswirkungen und Handlungsoptionen für den Naturschutz in Mitteleuropa*. Springer Spektrum Berlin Heidelberg. ISBN 978-3-642-29691-8.

EU - Europäische Kommission (2011): *Mitteilung der Kommission an das Europäische Parlament, den Rat, den Europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen - Lebensversicherung und Naturkapital: Eine Biodiversitätsstrategie der EU für das Jahr 2020*. URL: http://www.tiere-unter-menschen.de/documents/eu-bericht_biodiversitaetsstrategie.pdf 15.11.2016

Fiedler, H. J. (2001): *Böden und Bodenfunktionen in Ökosystemen, Landschaften und Ballungsgebieten*. Expert-Verlag, Forum Eipos, Band 7. ISBN 3-8169-1875-1

Flühler, H. & Roth, K. (2004): *Physik der ungesättigten Zone*. Universität Heidelberg. URL: http://www.iup.uni-heidelberg.de/institut/forschung/groups/ts/soil_physics/students/Physik_der_ungesaettigten_Zone.pdf, 2.6.2017

FaWF – Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft (2016): *Stickstoff im Wald – Unverzichtbarer Nährstoff und Waldgefährdender Schadstoff*. URL: http://www.fawf.wald-rlp.de/fileadmin/website/fawfseiten/fawf/downloads/WSE/2016/2016_Stickstoff....pdf. 9.7.2017

Frey, W. & Lösch, R. (2014): *Geobotanik. Pflanze und Vegetation in Raum und Zeit*. Springer-Spektrum, Springer-Verlag Berlin Heidelberg. ISBN 978-3-662-45280-6.

FRÖHLICH, D. (2009): *Raumzeitliche Dynamik der Parameter des Energie-, Wasser- und Spurengashaushaltes nach Kleinkahlschlag*. Dissertation an der Fakultät für Forstwissenschaften und Waldökologie, Georg-August-Universität Göttingen.

GDA – Geoportal Wasser RLP (2017): *Geodaten-Internet-Anwendungsportal des Ministeriums für Umwelt, Energie, Ernährung und Forsten (MUEEF) in Rheinland-Pfalz*. URL: http://www.gda-wasser.rlp.de/GDAWasser/client/gisclient/index.html?applicationId=61980, 5.4.2017

GEYLER, S. (2007): *Ökonomisch-ökologische Bewertung von regionalen Trinkwasserschutzoptionen*. Peter-Lang GmbH Frankfurt am Main. ISBN 978-3-631-58426-2

GISI, U. (1997): *Bodenökologie*. Georg Thieme Verlag Stuttgart. ISBN 3-13-747202-4

GÖTTLEIN, A., BAUMGARTEN, M., HUBER, C., WEIS, W., PAPEN, H., BUTTERBACH BAHL, K., GASCHE, R. (2003): *Fehmel- und Kahlhieb im Vergleich.* LFW-Aktuell, Heft Nr. 41, S. 6-8.

GÖTTLICH, K. (1990): *Moor- und Torfkunde*. E. Schweizerbart´sche Verlagsbuchhandlung (Nägele u. Obermiller), Stuttgart.

GRIEBELER, E. M., BUSE, J., HILGERS, J. (2013*): Auswirkungen des Klimawandels auf die Biodiversität in Rheinland-Pfalz*. RHEINLAND-PFALZ KOMPETEMZ-ZENTRUM FÜR KLIMAWANDELFOLGEN (Hrsg.): Schlussberichte des Landesprojekts Klima- und Ladschaftswandel in Rheinlamd-Pfalz (KlimLandRP), Teil 5, Modul Biodiversität: 99 S.

GRUNEWALD, K., BASTIAN, O. (Hsg. 2013): Ökosystemdienstleistungen – Konzept, Methoden und Fallbeispiele. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. ISBN 978-3-8274-2986-5

GUDERIAN, R. & GUNKEL, G. (Hrsg. 2000): *Handbuch der Umweltveränderungen und Ökotoxikologie, Band 3A: Aquatische Systeme: Grundlagen – Physikalische Belastungsfaktoren – Anorganische Stoffeinträge*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. ISBN 978-3-642-63039-2

HAAG, M. (2012): *Kartierung und Charakterisierung der Moore bei Weißenseifen*. Diplomarbeit am geographischen Instituts der Johannes-Guttenberg-Universität Mainz.

HÄSSLER-KIEFHABER, D., KNITTEL, K., WEBLER, H. (2011): *Pilotprojekt Hochwasserrisikomanagement-Plan Nahe*. WasserWirtschaft 11/2011.

HAINES-YOUNG, R. & POTSCHIN, M. (2013): *Common International Classification of Ecosystem Services (CICES): Consultation on Version 4, August-December 2012*. EEA Framework Contract No EEA/IEA/09/003.

HANSJÜRGENS, B., NEßHÖVER, C., SCHNIEWIND, I. (2012): *Der Nutzen von Ökonomie und Ökosystemleistungen für die Naturschutzpraxis. Workshop I: Einführung und Grundlagen*. BfN-Skripten, Bonn – Bad Godesberg. ISBN 978-3-89624-053-8.

HÖLZER, A. (2015): *Kartierung der Torfmoose in und um den Nationalpark Hunsrück-Hochwald*. Zwischenbericht für das Jahr 2015 an die Nationalparkverwaltung Hunsrück-Hochwald.

HOFSTETTER, A., SÜTERING, C., TEPPKE, M., WEINAUGE, H. (2011): *7140 Übergangs- und Schwingrasenmoore* – Steckbriefe der in MV vorkommenden Lebensraumtypen nach Anhang I FFH-RL. URL: https://www.lung.mv-regierung.de/dateien/ffh_sb_lrt_7140.pdf , 4.5.2017

HOLLENBERG, S. (2016): *Fragebögen. Fundierte Konstruktion, sachgerechte Anwendung und aussagekräftige Auswertung*. Springer Fachmedien Wiesbaden. ISBN 978-3-658-12966-8.

HUTTER, K. (Hrsg. 1991): *Dynamik umweltrelevanter Systeme*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. ISBN 978-3-540-53597-3.

IBISCH, P., KREFT, S., LUTHARDT, V. (Hsg., 2012): *Regionale Anpassung des Naturschutzes an den Klimawandel: Strategien und methodische Ansätze zur Erhaltung der Biodiversität und Ökosystemdienstleistungen in Brandenbrug.* Hochschule für nachhaltige Entwicklung Eberswalde. (ISBN 978-3-00-038210-9).

JOOSTEN, H., TANNEBERGER, F., MOEN, A. (2017): *Mires and peatlands of Europe. Status, distribution and conservation*. Schweizbart Science Publishers, Stuttgart, 2017. ISBN 978-3-510-65383-6.

JOOSTEN, H., BRUST, K., COUWENBERG, J., GERNER, A., HOLSTEN, B., PERMIEN, T., SCHÄFER, A., TANNEBERGER, F., TREPEL, M., WAHREN, A. (2013): *MoorFutures. Integration von Ökosystemdientleistungen einschließlich Biodiversität in Kohlenstoffzertifikate – Standard, Methodologie und Übertragbarkeit in andere Regionen*. BfN-Skripten 350. ISBN 978-3-89624-085-9.

KABELITZ, S. (2015): *Regionalmanagement für die Nationalparkregion Hunsrück-Hochwald – Konzeptionelle Ansätze zur akteurs- und organisationsbezogenen Ausgestaltung*. Technische Universität Kaiserslautern, Lehrstuhl Regionalentwicklung und Raumordnung, Selbstverlag.

KAPPAS, M. (2009): *Klimatologie. Klimaforschung im 21. Jahrhundert – Herausforderungen für Natur- und Sozialwissenschaften*. Spektrum Akademischer Verlag Heidelberg. ISBN 978-3-8274-1827-2.

KIECKBUSCH, J.J. (2003): *Ökohydrologische Untersuchungen zur Wiedervernässung von Niedermooren am Beispiel der Pohndorfer Stauung*. Dissertation, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel.

KILL, J. (2015): *Ökonomische Bewertung von Natur, der Preis für Naturschutz? – Eine kritische Auseinandersetzung.* Rosa Luxemburg Stiftung Büro, Brüssel.

KLINGENFUSS, C., MÖLLER, D., HELLER, C., THRUM, T., KÖBERICH, K., ZEITZ, J. (2015): *Berliner Moorböden im Klimawandel – Entwicklung einer Anpassungsstrategie zur Sicherung ihrer Ökosystemleistungen*. UEPII-Forschungsprojekt, Abschlussbericht. Humboldt-Universität zu Berlin, unveröffentlicht.

KLINCK, U., FRÖHLICH, D., MEIWES, K. J., BEESE, F. (2013): *Entwicklung der Stoffein- und Austräge nach einem Fichten-Kahlschlag*. Forstarchiv 84, 93-101, DLV GmbH. ISSN 0300-4112.

KOHLHAMMER, W. (2013): *Kommunale Selbstverwaltung und Rechtsquellender kommunalen Selbstverwaltung in Rheinland-Pfalz.* URL: http://www.newbooks-services.de/MediaFiles/Texts/0/9783555016030_Excerpt_002.pdf , 3.6.2017

KOPF, C. (2017): *Multiparameter Hangbrücher*. Aktuelle Daten der Landesforsten Rheinland-Pfalz, Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft 2017.

KWL – KOMPETENZZENTRUM WALDTECHNIK LANDESFORSTEN (2017): *Auswertung der Altfichtenstandorte 2015 – 2017*. Bereitgestellter Datensatz.

LAT – LANDSCHAFTSÖKOLOGISCHE ARBEITSGEMEINSCHAFT TRIER (2013): *LIFE-Projekt Moore – Vegetationskundlicher Fachbeitrag (Höhere Pflanzen) für acht Teilgebiet im Hunsrück.* PDF-Dokument

LIEBE, U. (2007): *Zahlungsbereitschaft für kollektive Umweltgüter – Soziologische und ökonomische Analysen*. VS Verlag für Sozialwissenschaften, GWV Fachverlage GmbH, Wiesbaden. ISBN 978-3-531-15201-1

LINCKH, G., SPRICH, H., FLAIG, H., MOHR, H. (1997): *Nachhaltige Land- und Forstwirtschaft. Voraussetzungen, Möglichkeiten, Maßnahmen*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. ISBN-13: 978-3-642-64397-2.

LOZAN, J., GRAßL, L-H., HUPFER, P., KARBE, L., SCHÖNWIESE C.-D. (2011): Warnsignal Klima: Genug Wasser für alle? Universität Hamburg, Institut für Hydrobiologie. ISBN 978-3-980966-801.

LUDWIG, A. (2001): *Das Nährstoffelement Phosphor in limnischen Sedimenten verschiedner Herkunft: Konzentration und Bindungsform*. Inaugural-Dissertation, Universität Heidelberg.

MÄLER, K.-G., VINCENT, J. (2005): *Handbook of environmental economics, Volume 2 – valuing environmental changes.* Elsevier North-Holland. ISBN 978-0-444-51145-4

MAINZER, K. (Hrsg. 2014): *Komplexe Systeme und nichtlineare Dynamik in Natur und Gesellschaft: Komplexitätsforschung in Deutschland auf dem Weg ins nächste Jahrhundert*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. ISBN-13: 978-3-642-64240-1.

MATZDORF, B., REUTTER, M., HÜBNER, C. (2010): *Bewertung der Ökosystemdienstleistungen von HNV-Grünland (High Nature Value Grassland).* Abschlussbericht Gutachten-Vorstudie, ZALF e.V., Müncheberg.

MAYER-TASCH, P. C. (Hrsg. 2009): *Welt ohne Wasser. Geschichte und Zukunft eines knappen Gutes*. Campus Verlag Frankfurt/ New York. ISBN 978-3-593-39037-6.

MEA - MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT (2005): *Ecosystem and Human Well-being: Synthesis*. Island Press, Washington DC.

MEIER-UHLHERR, R., SCHULZ, C. & LUTHARDT, V. (2015): *Steckbriefe Moorsubstrate*. 2. unveränd. Aufl., HNE Eberswalde (Hrsg.), Berlin

MEISTER, K. & LIEBERT, H.-P. (o. D.): *Sphagnum – Schlüsselart zur Bewertung erzgebirgischer Hochmoorreste*. Dokument aus dem Internet: http://www.kaboina.de/users/kay/Sphagnum1.pdf, 19.5.2017

MEYER, T. & TESMER, M. (2000): *Ermittlung der flächendifferenzierten Grundwasserneubildungsrate in Südost-Holstein nach verschiedenen Verfahren unter Verwendung eines Geoinformationssystems*. Inauguraldissertation, Freie Universität Berlin, Fachbereich Geowissenschaften.

MEYERHOFF, J. (2013): *Ermittlung der Zahlungsbereitschaft in Deutschland für Maßnahmen zur Reduzierung der Eutrophierung in der Ostsee (BalticStern/Sun) im Rahmen des Vorhabens „Methodische Grundlagen für sozio-ökonomische Analysen sowie Folgeabschätzungen von Maßnahmen einschließlich Kosten-Nutzen-Analyse nach EG-Meeresschutzstrategie-Richtlinie“*. Umweltbundesamt, UBA-Texte 01/2013, URL: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/419/dokumente/zahlungsbereitschaftanalyse_in_deutschland.pdf. 14.2.2017

MITCHELL, S. (2008): *Komplexitäten: Warum wir erst anfangen, die Welt zu verstehen*. Suhrkamp Verlag Frankfurt am Main. ISBN 978-3-518-26001-2.

MUFV – Ministerium für Umwelt, Forsten und Verbraucherschutz Rheinland-Pfalz (2010): Bewertung des Hochwasserrisikos in Rheinland-Pfalz. URL: http://www.hochwassermanagement.rlp.de/servlet/is/8661/Bewertung_des_Hochwasserrisikos.pdf. 26.8.2017

MULEWF – MINISTERIUM FÜR UMWELT, LANDWIRTSCHAFT, ERNÄHRUNG, WEINBAU UND FORSTEN DES LANDES RHEINLAND-PFALZ (2013): *Nationalpark Hunsrück – Konzept der Landesregierung zur Einrichtung eines Nationalparks im Hunsrück und zur zukunftsfähigen Entwicklung der Nationalparkregion*. URL: https://mueef.rlp.de/fileadmin/mulewf/Publikationen/Nationalpark_Hunsrueck_-_Konzept_der_Landesregierung.pdf. 4.2.2017

MULEWF – MINISTERIUM FÜR UMWELT, LANDWIRTSCHAFT, ERNÄHRUNG, WEINBAU UND FORSTEN DES LANDES RHEINLAND-PFALZ (2014): Hochwasserschutz in Rheinland-Pfalz. Hochwasserrisikomanagement nach Wasserhaushaltsgesetz und europäischen Vorgaben. Bestandsaufnahme 2014 und Ausblick. URL: https://sgdnord.rlp.de/fileadmin/sgdnord/Wasser/Hochwasser/Hochwasserschutz_2014.pdf. 5.9.2017

MUNLV – MINISTERIUM FÜR UMWELT, LANDWIRTSCHAFT, NATUR- UND VERBRAUCHERSCHUTZ DES LANDES NORDRHEIN-WESTFALEN (2017): Bewertungsmatrix für den Erhaltungszustand LRT 7140 Übergangs- und Schwingrasenmoore. http://www.natura2000.munlv.nrw.de/ffh-broschuere/lrts/lrt7140_3.htm, 4.8.2017

MLUR – MINISTERIUM FÜR LANDWIRTSCHAFT, UMWELTSCHUTZ UND RAUMORDNUNG BRANDENBURG (o.D.): Leitfaden zur Renaturierung von Feuchtgebieten in Brandenburg. Studien und Tagungsberichte des Landesumweltamtes, Band 50. URL: http://www.lugv.brandenburg.de/cms/media.php/lbm1.a.3310.de/lua_bd50.pdf. 14.04.2017

MLUS – MINISTERIUM FÜR LANDWIRTSCHAFT UND UMWELT DES LANDES SACHSEN-ANHALT (2016): Fichte – Merkblatt zur Beweirtschaftung von Fichtebestäden des Landes Sachsen-Anhalt. Referat Presse- und Öffentlichkeitsarbeit.

MÜCKENHAUSEN, E. (1993): *Bodenkunde*. DLG-Verlag. ISBN 978-3-769-005-11-0.

NAGEL, H.-D. & GREGOR, H.-D. (1999): *Ökologische Belastungsgrenzen – Critical Loads & Levels. Ein internationales Konzept für die Luftreinhaltung*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. ISBN 978-3-642-63567-0.

NAGEL, H.-D., SCHULTOW, A., HÜBENER, P. (2004): *Aktualisierung und Präzisierung der Erfassung und Kartierung von ökologischen Belastungsgrenzen und ihrer Überschreitungen im Freistaat Sachsen.* ÖKO-DATA GmbH, Strausberg, Landesamt für Umwelt und Geologie, Sachsen. URL: https://www.umwelt.sachsen.de/umwelt/download/luft/Critical_Loads_2004.pdf. 23.6.2017

NAUMANN, S., MCKENNA, D., GOELLER, B., GRANDMANN, A., MEDERAKE, L., STADLER, J., BOCKMÜHL, K. (2015): *Ökosystembasierte Ansätze zur Anpassung an den Klimawandel und zum Klimaschutz im deutschsprachigen Raum*. BfN-Skripten 395. ISBN 978-3-89624-130-6

NEUGEBAUER, B. (2004): *Die Erfassung von Umweltbewusstsein und Umweltverhalten.* ZUMA-Methodenbericht Nr. 2004/07. ISSN 1610-9953.

NLP NATIONALPARKAMT HUNSRÜCK-Hochwald (2017): *Onlineplattform des Nationalparkamtes zur Beteiligung der Interessengruppen bei der Erstellung des Wegeplanes*. URL: https://qgiscloud.com/nlphh/QGISCloud_Wegeplan_170811a/, 7.9.2017

NUNDL – NATURSCHUTZ UND LANDSCHAFTSPFLEGE IN BRANDENBURG (2014): *91DO* Moorwälder.* URL: http://www.lugv.brandenburg.de/cms/media.php/lbm1.a.3310.de/91D0.pdf. 4.6.2017

NUSKO, N. (2011): *Bodenkundlich-hydrologische Untersuchungen zur Revitaliiserung des Bollwintal-Moores (Uckermark)*. Diplomarbeit an der Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswalf, Studiengang Landschaftsökologie und Naturschutz.

OTT, K., DIERKS, J., VOGET-KLESCHIN, L. (Hrsg. 2016): *Handbuch Umweltethik*. Springer-Verlag GmbH Deutschland. ISBN 978-3-476-02389-6.

OSTROWSKI, M. (2014): *Ingenieurhydrologie II*. Institut für Wasserbau und Wasserwirtschaft, Technische Universität Darmstadt.

PORST, R. (2014): *Fragebogen – Ein Arbeitsbuch*. Studienskripten zur Soziologie, Springer Fachmedien Wiesbaden. ISBN 978-3-658-02117-7.

POTTGIEßER, T. & SOMMERHÄUSER, M. (2008): *Erste Überarbeitung Steckbriefe der deutschen Fließgewässertypen*. URL: http://www.wasserblick.net/servlet/is/18727/05_Typ5_April2008.pdf?command=downloadContent&filename=05_Typ5_April2008.pdf. 23.6.2017

PREUHSLER, T. & REHFUSS, K.E. (1982): *Über die Melioration degradierter Kiefernstandorte (Pinus sylv. L.) in der Oberpfalz*. Verlag Paul Parley, Hamburg Berlin. ISSN 0015-8003.

RAMSAR CONVENTION SECRETARIAT (2013): *The Ramsar Convention Manual: a guide to the Convention on Wetlands (Ramsar, Iran, 1971)*. 6th ed. Ramsar Convention Secretariat, Gland, Switzerland.

REICHERT, H. (1975): *Die Quellmoore (Brücher) des südwestlichen Hunsrücks. Eine vegetationaskundliche Bestandsaufnahme als Grundlage für die Ausweisung von Naturschutzgebieten und weiten flächigen Naturdenkmälern*. Landesamt für Umweltschutz Rheinland-Pfalz, Reproduktionsanstalt Fritz Mannheim KG, Kaiserslautern.

RIPPL, S. (2004): *Umweltbewusstsein und Umweltverhalten – Ein empirischer Theorievergleich aus kulturvergleichender Perspektive*. Habilitationsschrift TU Chemnitz.

ROEDEL, W. & WAGNER, T. (2011): *Physik unserer Umwelt: Die Atmosphäre*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. ISBN 978-3-642-15728-8.

RUSSI, D., TEN BRINK, P., FARMER, A., BADURA, T., COATES, D., FÖRSTER, J., KUMAR, R., DAVIDSON, N. (2013): *The Economics of Ecosystems and Biodiversity for Water and Wetlands*. IEEP, London and Brussels, Ramsar Secretariat, Gland.

RUTHSATZ, B. (1999): *Die Quellwässer von Hangmooren im Hunsrück (Rheinland-Pfalz). Chemismus und Einfluss auf Vegetation und Flora*. OPA (Overseas Publishers Association) N.V.

SACHVERSTÄNDIGENRAT FÜR UMWELTFRAGEN (SRU) (1978): *Umweltgutachten 1978*, Deutscher Bundestag, Drucksache 8/1938.

SACHVERSTÄNDIGENRAT FÜR UMWELTFRAGEN (SRU) (2002b): *Für eine Stärkung und Neuorientierung des Naturschutzes*. Sondergutachten, Metzler-Poeschel, Stuttgart.

SACHVERSTÄNDIGENRAT FÜR UMWELTFRAGEN (SRU) (2015): *Stickstoff: Lösungsstrategien für ein drängendes Umweltproblem*. Sondergutachten, Hausdruck.

SCHÄFER, S. (2017): *Gemeinde und Städtebund Rheinland-Pfalz e.V.***.** URL: https://www.kommunalbrevier.de/kommunalbrevier/Kommunalpolitik-A-Z/Gemeindewald/Aktuelle-Handlungsschwerpunkte/Kommunalisierung-der-Revierleitung-im-Gemeindewald/, 3.6.2017.

SCHÄFER, A. & WEY, H. (2013): *LIFE-Projekt Moore. Vegetationskundlicher Fachbeitrag (Höhere Pflanzen) für acht Teilgebiet im Hunsrück*. Landschaftsökologische Arbeitsgemeinschaft Trier.

SCHAUMBURG, J. (2002): *Konvention über den weiträumigen, grenzüberschreitenden Transport von Luftverunreinigungen. Monitoringprogramm für versauerte Gewässer durch Luftschadstoffe in der Bundesrepublik Deutschland im Rahmen der ECE. Bericht der Jahre 2001-2002*. Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft; Umweltbundesamt Berlin.

SCHEFFER, F. & SCHACHTSCHABEL, H.-P. (2009): *Lehrbuch der Bodenkunde*. Spektrum Akademischer Verlag, 15. Auflage. ISBN 978-3827413246.

SCHLUNGBAUM, G. (2011): *Biogeochemische Stoffkreisläufe*. Universität Rostock, Zentrum für Qualitätssicherung in Studium und Weiterbildung, Institut für Biologie.

SCHLUNGBAUM, G. & SELIG, U. (2013): *Allgemeine Gewässerkunde*. Universität Rostock, Zentrum für Qualitätssicherung in Studium und Weiterbildung, Institut für Biowissenschaften/ Ökologie.

SCHNEIDEMESSER, E., KUTZNER, R., GRASS, A., SAAR, D. (2015): *Bodennahes Ozon – das unterschätzte Problem*. IASS (Institute for Advanced Sustainability Studies) Potsdam, Policy Brief 3/2015.

SCHOLTES, M., SÖRENSEN, T. R., GESSNER, K.-G., NINDEL I. (1997): *Pflege- und Entwicklungsplan für das Naturschutzgebiet „Hangbrücher bei Morbach".* Landesamt für Umweltschutz und Gewerbeaufsicht Rheinland-Pfalz.

SCHOLTES, M. (2002): *Die Brücher – Mittelgebirgsmoore im Hunsrück dargestellt am Besipiel des NSG „Hangbrücher bei Morbach*". TELMA, Band 22, S. 63-106.

SCHOLTES, M. & NINDEL, I. (2013): *Maßnahmeplanung EU LIFE-Natur_projekt. Wiederherstellung und Erhalt von Hang-, Hoch- und Zwischenmooren sowie angrenzenden Lebensräumen im Hunsrück und der Eifel – Teilgebiet Hunsrück*. Stiftung Natur Umwelt Rheinand-Pfalz.

SCHOLTES, M. (2014): *Die Brücher – unsere Moore im Hunsrück – Geologie – Böden*. Biotopbetreuung Bernkastel-Wittlich Süd und Birkenfeld Nord.

SCHOLTES, M. (2016): *Die Brücher, Mittelgebirgsmoore im Hunsrück.* Fachvortrag.

SCHOPP-GUTH, A., GUTH, C. (2003): *Moorrenaturierung – Grundlagen und Anforderungen.* Laufender Seminarbeitrag 1/03, S. 7-22, Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege, Laufen/Salzach.

SCHÜLER, G. (1999): *Schwemmfächer im nördlichen Oberrheingraben als Waldstandorte: Die Bedeutung der Standortfaktoren für Stabilität und Elastizität der Waldökosysteme unter besonderer Berücksichtigung des grundwassergeprägten Wasserhaushaltes am Beispiel des Speyerbach-Schwemmfächers.* Band 16 von Ministerium für Umwelt und Forsten: Mitteilungen der Landesforstverwaltung Rheilnad-Pfalz.

SCHÜLER, G. (2012): *Waldmoore – im Spannungsfeld zwischen Naturschutz und Forstwirtschaft*. Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft Rheinland-Pfalz. URL: http://moor.naturpark-erzgebirge-vogtland.de/Moore_und_Forstwirtschaft_-_Gebhard_Schuler.pdf. 4.8.2017

SCHUMANN, S. (2011): *Repräsentative Umfrage. Praxisorientierte Einführung in empirische Methoden und statistische Analyseverfahren*. Oldenbourg Wissenschaftsverlag GmbH München, 5. Auflage.

SCHWAIGER, E., BERTHOLD, A., GAUGITSCH, H., GÖTZL, M., MILOTA, E., MIRTL, M., PETERSEIL, J., SONDEREGGER, G., STIX, S. (2015): *Wirtschaftliche Bedeutung von Ökosystemleistungen – Monetäre Bewertung: Risiken und Potenziale*. UBA Report REP-0523, Umweltbundesamt GmbH, Wien.

SCHWOERBEL, J. & BRENDELBERGER, H. (2015): *Einführung in die Limnologie*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. ISBN 978-3-827421531.

SMIDT, ST. (2004): *Waldschädigende Luftverunreinigungen. Eigenschaften, Nachweis, Monitoring, Waldschadensforschung, Immissionsschutz*. BFW-Dokumentation 2/2004, Bundesamt und Forschungszentrum für Wald, Wien.

SNU – Stiftung Natur und Umwelt (2017): *Wiederherstellung und Erhalt von Hang- und Zwischenmooren im Hunsrück (Hochwald).* EU LIFE + Natur-Projekt LIFE 13 NAT/DE/000406.

SNU – Stiftung Natur und Umwelt (2010): *Wiederherstellung und Erhalt von Hang- und Zwischenmooren im Hunsrück (Hochwald).* EU LIFE + Natur-Projekt LIFE 13 NAT/DE/000406**.** URL: http://www.snu.rlp.de/fileadmin/content/img/Projekte/Moore/20101104_Info_LIFE_Moore.pdf, 25.2.2017

SPALTENBERGER, T. (o.D.): Grundwasserneubildung und Grundwassernutzungsprobleme in Baden-Würtemberg. Hausarbeit, Hauptseminar Physische Geographie. URL: http://www.spaltenberger.de/geograph/gwneubildung.pdf, 4.7.2017

SPONAGEL, H., GROTTENTHALER, W., HARTMANN, K.-J., HARTWICH, R., JANETZKO, P., JOISTEN, H., KÜHN, D., SABEL, K.-J., TRAIDL, R. (2009): *Arbeitshilfe für die Bodenansprache im vor- und nachsorgenden Bodenschutz – Auszug aus der Bodenkundlichen Kartieranleitung KA 5*. E. Schweizerbart´sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart. ISBN 978-3-510-95979-2.

SPRINGER, P. (2006): *Analyse der Interaktion zwischen Oberflächenwasser und Grundwasser am Beispiel einer Flussniederung im Norddeutschen Tiefland*. Diplomarbeit im Fach Geographie, Christian-Albrechts-Universität Kiel. URL: http://www.sterr.geographie.uni-kiel.de/cms/download.php?cat=50 Abschlussarbeiten&file=diplomarbeit pspringer.pdf., 24.8.2017

STAATSVERTRAG (2014): Staatsvertrag zwischen dem Land Rheinland-Pfalz und dem Saarland über die Errichtung und Unterhaltung des Nationalparks Hunsrück-Hochwald. URL: http://www.nationalpark.rlp.de/fileadmin/website/downloads/dokumente/Staatsvertrag.pdf. 20.12.2016

STATISTISCHES BUNDESAMT (2016): *Statistisches Jahrbuch Deutschland und Internationales*. Statistisches Bundesamt, Wiesbaden. URL: https://www.destatis.de/DE/Publikationen/StatistischesJahrbuch/StatistischesJahrbuch2016.pdf?__blob=publicationFile. 2.8.2017

STAISTISCHES LANDESAMT RHEINLAD-PFALZ (2015): *Rheinland-Pfalz regional: Datenkompass. Bevölkerung und Gebiet, Haushalte und Familien, Landkreis Birkenfeld*. Statistsiches Landesamt Rheinland-Pfalz, PDF-Download: https://www.statistik.rlp.de/de/publikationen/analysen/, eingesehen am 2.8.2017

STEINER, M. & GRÜNIG, A. (1997): *Entwicklung und Bedeutung der Moore und Moorlandschaften*. Handbuch Moorschutz in der Schweiz 1, 2/1997. URL: https://www.google.de/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0ahUKEwjph p-vwcLWAhWKthoKHaLqBmAQFggmMAA&url=https%3A%2F%2Fwww.bafu.admin.ch%2Fdam%2Fbafu%2Fde%2Fdokumente%2Fschutzgebiete%2Fuv-umwelt-vollzug%2Fentwicklung_und_bedeutungdermooreundmoorlandschaften.pdf.download.pdf%2Fentwicklung_und_bedeutungdermooreundmoorlandschaften.pdf&usg=AFQjCNEFiPolqGxOeiJno8m2Fo3yQydT3w , 15.5.2017

STROH, K., KÖHLER, J., WINKLER, G. (2013): *Umweltwissen Schadstoffe - Ammoniak und Ammonium*. Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU). URL: https://www.lfu.bayern.de/buerger/doc/uw_6_ammoniak_ammonium.pdf. 4.5.2017

STUBENRAUCH, H. (2011): *Städte, Landkreise, Verbandsgemeinden und Gemeinden. Das rheinland-pfälzische Kommunalsystem im Überblick.* Landeszentrale für politische Bildung Rheinland-Pfalz, Mainz 2011.

SUCCOW, M. & JOOSTEN, H. (2001): *Landschaftsökologische Moorkunde*. Schweizbart Science Publishers, Stuttgart 2001. ISBN 978-3-510-65198-6

TEEB (2009): The Economics of Ecosystems and Biodiversity for National and International Policy Makers. URL: *www.teebweb.org*, 26.2.2017

TEEB DE – NATURKAPITAL DEUTSCHLAND (2012): *Der Wert der Natur für Wirtschaft und Gesellschaft – Eine Einführung.* München, ifuplan; Leipzig, Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung – UFZ; Bonn, Bundesamt für Naturschutz. ISBN 978-3-944280-01-1

TEEB DE – NATURKAPITAL DEUTSCHLAND (2014): *Naturkapital und Klimapolitik – Synergien und Konflikte. Kurzbericht für Entscheidungsträger*. Technische Universität Berlin, Helmholtz-Tentrum für Umweltforschung – UFZ, Leipzig. ISBN 978-3-944280-10-3.

TIEMEYER, B., BECHTOLD, M., BELTING, S., FREIBAUER, A., FÖRSTER, C., SCHUBERT, E., DETTMANN, U., FUCHS, D., FRANK, S., GELBRECHT, J., JEUTHER, B., LAGGNER, A., ROSINSKI, E., LEIBER-SAUHEITL, K., SACHTLEBEN, J., ZAK, D., DRÖSLER, M. (2016): *Instrumente und Indikatoren zur Bewertung von Biodiversität und Ökosystemleistungen von Mooren*. Braunschweig, BfN. URL: http://www.moorschutz-deutschland.de/index.php?id=341. 25.8.2017

THE ECONOMICS OF ECOSYSTEMS & BIODIVERSITY (TEEB) (2003): *TEEB for water and wetlands*. Institute for European Environmental Policy (IEEP) & Ramsar Secretariat.

THE ECONOMICS OF ECOSYSTEMS & BIODIVERSITY (TEEB) (2012): *Naturkapital Deutschland: Der Wert der Natur für Wirtschaft und Gesellschaft – Eine Einführung*. Münschen, ifuplan; Leipzig, Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung – UFZ; Bonn, Bundesamt für Naturschutz.

UN – UNITED NATIONS (1976): *Convention on wetlands of international importance especially as waterfowl habitat. Concluded at Ramsar, Iran, on 2 February 1971*. Multilateral Treaty Series No. 14583.

VASCONCELOS, A. C., MATTHES, U., KONOLD, W. (2013): *Auswirkungen des Klimawandels auf den Wald in Rheinland-Pfalz*. RHEINLAND-PFALZ KOMPETEMZ-ZENTRUM FÜR KLIMAWANDELFOLGEN (Hrsg.): Schlussberichte des Landesprojekts Klima- und Ladschaftswandel in Rheinlamd-Pfalz (KlimLandRP), Teil 4, Modul Wald: 333 S.

VELTY, S. (2005): *Einfluss von Wiedervernässungsmaßnahmen auf den Stoffhaushalt degradierter Niedermoore*. Dissertation, Humboldt-Universität zu Berlin, Landwirtschaftlich-Gärtnerische Fakultät.

VERBANDSGEMEINDEWERKE BIRKENFELD (2017): *Wasserdargebot 2017*. Dokument zur weiteren Verwendung, zugesendet auf Anfrage am 20.9.2017.

VOGT, C. & RUTHSATZ, B. (1990): *Pflanzenphysiologische Untersuchungen der Erlen-Bruchwälder in den Naturschutzgebieten „Riebruch“ und „Thranenbruch“ (Hunsrück) als Grundlage für ein Schutz- und Entwicklungskonzept*. Mitteilungen Pollichia, Nr. 77, 223-234, Bad Dürkheim. ISSN 0341-9665.

VOM LEHN, B. (2017): *Laborwerte Hangbrücher für Thranen- und Tierschbruch*. Aktuelle Daten der Landesforsten Rheinland-Pfalz, Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft 2017.

VON RUSCHOWSKI, E. (2009): *Ursachen und Lösungsansätze für Akzeptanzprobleme von Großschutzgebieten*. Dissertation, ibidem-Verlag Stuttgart.

WBGU – WISSENSCHAFTLICHER BEIRAT DER BUNDESREGIERUNG GLOBALE UMWELTVERÄNDERUNGEN (2005): *Welt im Wandel: Armutsbekämpfung durch Umweltpolitik*. Springer Berlin Heidelberg New York. ISBN 3-540-24987-7.

WESTERMANN, F., FISCHER, J., EHLSCHEID, T., WANNER, S., PRAWITT, O., LOCH, P., WENDLING, K. (2011): *Gewässerzustandsbericht 2010. Ökologische Bilanz zur Biologie, Chemie und Biodiversität der Fließgewässer und Seen in Rheinland-Pfalz*. Landesamt für Umwelt, Wasserwirtschaft und Gewerbeaufsicht Rheinland-Pfalz (LUGW) und Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft, Ernährung, Weinbau und Forsten (MULEWF), Mainz.

ZEMKE, J. (2014): *Messung, Simulation und Modellierung von Oberflächenabfluss und Bodenabtrag auf Wirtschaftswegen in bewaldeten Einzugsgebieten*. Dissertation im Fachbereich Mathematik/Naturwissenschaften, Universität Koblenz-Landau.

III Tabellenverzeichnis

Tab. 1:	Ökosystemdienstleistungen und menschliches Wohlergehen	*VI/1*
Tab. 2:	Ausgewählte Moorflächen, Schutz und Entwicklungsstatus	*VI/2*
Tab. 3:	Kartierte moortypische und seltene Arten	*VI/3*
Tab. 4:	Quellschüttungen ausgewählter Quellen im Untersuchungsraum	*50*
Tab. 5:	Flächenentnahme Altfichte auf Bruchflächen	*VI/3*
Tab. 6:	Maßnahmen der Renaturierung der Moorstandorte zur Förderung des Wasserhaushalts	*56*
Tab. 7:	Maßnahmen der Renaturierung der Moorstandorte am Gehölzbestand	*57*
Tab. 8:	Interessengruppen im Untersuchungsgebiet	*62*
Tab. 9:	Leistungskategorien, Komponenten und Nutzenkategorien der Hunsrück-Moore	*63*
Tab. 10:	Ermittlung der Wasserstufe	*66*
Tab. 11:	Hydrologische Parameter der Messstelle Oberhambach 29.9.2011	*VI/4*
Tab. 12:	pH-, O2 und C/N-Werte für ausgewählte Bruchflächen	*VI/4*
Tab. 13:	Erhaltungszustände nach LRT auf ausgewählten Bruchflächen	*VI/5*
Tab. 14:	Vegetationsvorkommen auf den Einzelmoorflächen	*VI/6*
Tab. 15:	Vorkommen und Indikation nachgewiesener Sphagnum-Arten im Gebiet des Nationalparks	*VI/7*
Tab. 16:	Faunistische Vorkommen im Untersuchungsraum	*VI/8*
Tab. 17:	Trockenrohdichte und Zersetzungsgrad für Thranen- und Tierchbruch	*81*
Tab. 18:	Verdunstungs- und Niederschlagsjahressummen zweier Messstellen im Hunsrück	*VI/9*
Tab. 19:	Verdunstungssummen verschiedener Bedeckungstypen	*VI/9*
Tab. 20:	Akzeptanz der Maßnahme 1 innerhalb der stakeholer-Gruppen	*VI/10*
Tab. 21:	Akzeptanz der Maßnahme 2 innerhalb der stakeholer-Gruppen	*VI/11*
Tab. 22:	Akzeptanz der Maßnahme 3 innerhalb der stakeholer-Gruppen	*VI/12*
Tab. 23:	Akzeptanz der Maßnahme 4 innerhalb der stakeholer-Gruppen	*VI/13*
Tab. 24:	Akzeptanz der Maßnahme 5 innerhalb der stakeholer-Gruppen	*VI/14*
Tab. 25:	Höhe monatliches Haushaltsnettoeinkommen (Frage IV.1d)	*VI/14*
Tab. 26:	Anzahl der Personen im Haushalt (Frage IV.1a)	*VI/15*

Tab. 27:	Häufigkeitstabelle Betrag in Euro	*VI/15*
Tab. 28:	Wichtigkeit von Umweltschutz im Vergleich zu anderen Aufgaben in der Gesellschaft (Frage III.6)	*VI/15*
Tab. 29:	Spenden an Naturschutzorganisationen (Frage IV.2)	*VI/16*
Tab. 30:	Der Wald ist nur für den Menschen da (Frage III.5.d)	*VI/16*
Tab. 31:	Pflanzen und Tiere haben das gleiche Recht auf den Wald wie der Mensch (Frage III.5.h)	*VI/16*
Tab. 32:	Das wichtigste am Wald ist die Holzernte (Frage III.5.e)	*VI/16*
Tab. 33:	Ich nutze den Wald zur Erholung (Frage III.5.a)	*VI/17*
Tab. 34:	Ich genieße den Anblick eines naturnahen Waldes (Frage III.5.f)	*VI/17*
Tab. 35:	Ich finde es wichtig, dass der Wald gesund ist (Frage III.5.g)	*VI/17*
Tab. 36:	Auswirkungen auf die Region (Frage III.4b)	*VI/17*
Tab. 37:	Erwartung von Vor- oder Nachteilen aufs eigene Leben (Frage III.3.a)	*VI/17*

IV Abbildungsverzeichnis

Abb. 1:	Nutzenfunktionen des ökonomischen Gesamtwerts	*14*
Abb. 2:	Klassifikationssystem	*18*
Abb. 3:	Erfassung der ÖSDL	*19*
Abb. 4:	Übersicht der ökolog. Moortypen nach SUKKOW (1988)	*23*
Abb. 5:	Der globale Wasserkreislauf	*30*
Abb. 6:	Bruch- und Moorstandorte im Nationalpark Hunsrück-Hochwald	*VI/18*
Abb. 7:	Faktoren der Moorbildung – stark vereinfachte Darstellung eines Moorquerschnittes	*44*
Abb. 8:	Lage der Brücher im Untersuchungsraum mit Schutzstatus	*VI/19*
Abb. 9:	Trinkwasserbrunnen entlang der Moorstandorte	*50*
Abb. 10:	Geplanter Rückbau Wegenetz	*VI/20*
Abb. 11:	Wanderwegenetz im Untersuchungsraum	*VI/20*
Abb. 12:	Teilflächen des Manahmekatalogs NSG Hangbrücher bei Morbach	*VI/21*
Abb. 13:	Gebietsabflussverhalten	*VI/22*
Abb. 14:	Verbunddiagramm Niederschlag-Abfluss	*65*
Abb. 15:	Nitratgehalte Mess-Stelle Hilscheid 1990 bis 2016	*VI/22*
Abb. 16:	Phosphatgehalte Mess-Stelle Hilscheid 1990 bis 2016	*VI/23*
Abb. 17:	DOC-Werte Mess-Stelle Hilscheid 1990 bis 2016	*VI/23*
Abb. 18:	pH-Werte Mess-Stelle Hilscheid 1990 bis 2016	*VI/24*
Abb. 19:	Elektrische Leitfähigkeit Mess-Stelle Hilscheid 1990 bis 2016	*VI/24*
Abb. 20:	Sauerstoffgehalt Mess-Stelle Hilscheid 1990 bis 2016	*VI/25*
Abb. 21:	Nitratgehalte Mess-Stelle Damflos 1986 bis 2016	*VI/25*
Abb. 22:	Phosphatgehalte Mess-Stelle Damflos 1986 bis 2016	*VI/26*
Abb. 23:	DOC-Werte Mess-Stelle Damflos 1986 bis 2016	*VI/26*
Abb. 24:	pH-Werte Mess-Stelle Damflos 1986 bis 2016	*VI/27*
Abb. 25:	Elektrische Leitfähigkeit Mess-Stelle Damflos 1986 bis 2016	*VI/27*
Abb. 26:	Sauerstoffgehalt Mess-Stelle Damflos 1986 bis 2016	*VI/28*
Abb. 27:	Nitratwerte Mess-Stelle Langweiler	*VI/28*
Abb. 28:	Phosphatwerte Mess-Stelle Langweiler	*VI/29*
Abb. 29:	DOC-Werte Mess-Stelle Langweiler	*VI/29*
Abb. 30:	pH-Werte Mess-Stelle Langweiler	*VI/30*

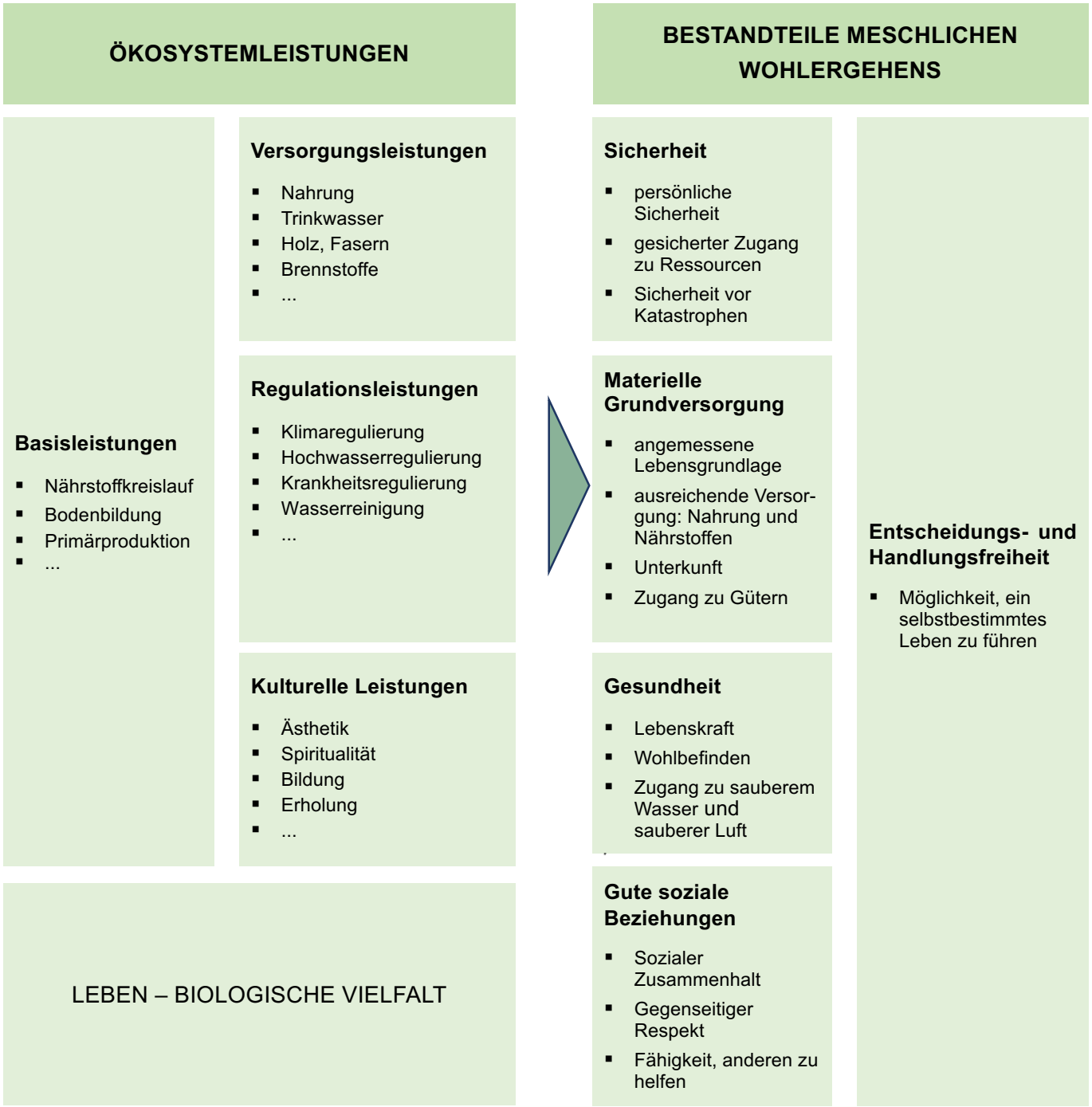
Abb. 31:	Elektrische Leitfähigkeit Mess-Stelle Langweiler	*VI/30*
Abb. 32:	Sauerstoffgehalt Mess-Stelle Langweiler	*VI/31*
Abb. 33:	Holistisches Bewertungsdiagramm Nährstoffretention	*69*
Abb. 34:	Holistische Bewertungsmatrix Lebensraumfunktion	*76*
Abb. 35:	Holistische Bewertungsmatrix Grundwasserneubildungsfunktion	*78*
Abb. 36:	Holistische Bewertungsmatrix der Wasserreinigungsfunktion	*80*
Abb. 37:	Holistische Bewertungsmatrix Wasserretentions-Funktion	*85*
Abb. 38:	Holistische Bewertungsmatrix der Verdunstungskühlungsfunktion	*90*
Abb. 39:	Zahlungsbereitschaft der Interessensgruppen	*VI/31*
Abb. 40:	Betrag in Interessensgruppe bei positiver ZB	*VI/32*
Abb. 41:	Holistische Bewertungsmatrix der Erholungsfunktion	*94*
Abb. 42:	Zusammenhang ZB mit der Erwartung von Vor- und Nachteilen	*VI/32*
Abb. 43:	Akzeptanz der Maßnahmen anhand der Gesamtfallzahl	*101*
Abb. 44:	Altersstruktur der Befragten im Landesvergleich (RLP)	*VI/33*
Abb. 45:	Gründe für negative ZB	*106*
Abb. 46:	ZB in Kombination mit monatlichem Haushaltseinkommen	*VI/33*
Abb. 47:	Einfluss der Haushaltsgröße auf die ZB	*VI/34*
Abb. 48:	ZB in Kombination mit Schulabschluss	*VI/34*
Abb. 49:	ZB in Kombination mit Spendentätigkeit	*VI/35*
Abb. 50:	ZB in Kombination mit Engagement für Umwelt- und Naturschutz	*VI/35*
Abb. 51:	Erwartete Auswirkungen auf die Region	*VI/36*
Abb. 52:	Einfluss der ZB auf die Akzeptanz der Maßnahme 1	*VI/36*
Abb. 53:	Einfluss der ZB auf die Akzeptanz der Maßnahme 2	*VI/37*
Abb. 54:	Einfluss der ZB auf die Akzeptanz der Maßnahme 3	*VI/37*
Abb. 55:	Einfluss der ZB auf die Akzeptanz der Maßnahme 4	*VI/38*
Abb. 56:	Einfluss der ZB auf die Akzeptanz der Maßnahme 5	*VI/38*
Abb. 57:	ZB in Kombination mit der Gesamtakzeptanz	*111*
Abb. 58:	Grad der Zustimmung in den Interesengruppen	*115*

V Abkürzungsverzeichnis

a.	Jahr (annum)
AEUV	Vertrag über die Arbeitsweise der Europäischen Union
BMU	Bundesministerium für Umwelt
BNatSchG	Bundesnaturschutzgesetz
CBD	Convention on Biological Diversity
CICES	Common International Classification of Ecosystem Services
CVM	Contingent Valuation Method
DBG	Deutsche Bodenkundliche Gesellschaft
DIN	Deutsches Institut für Normung
DOC	Dissolved Organic Carbon
et al.	et alii (und andere)
EU	Europäische Union
ff.	Folgende (mehrere Folgeseiten)
FFH-RL	Flora-Fauna-Habitat-Richtlinie
GDA	Geodaten Anwendungsportal
GG	Grundgesetz
GemO	Gemeindeordnung
k.A.	Keine Angaben
Kap.	Kapitel
IPBES	Intergovernmental Platform on Biodiversity and Ecosystem Services
LRT	Lebensraumtyp
LV RLP	Landesverordnung Rheinland-Pfalz
LWG	Landeswassergesetz
MEA	Millennium Ecosystem Assessment
n. Chr.	nach Christus
NSG	Naturschutzgebiet
NST	Nährstoffe
o.A.	ohne Angabe
o.D.	ohne Datum
ÖSDL	Ökosystemdienstleistungen
RVO	Raumverordnung
SRU	Sachverständigenrat für Umweltfragen
TEEB	The Economics of Ecosystems and Biodiversity
TEV	Total Economic Value
ü. NN.	über Normal Null
UBA	Umwelt Bundesamt
UN	United Nations
UNO	United Nations Organisation
ZB	Zahlungsbereitschaft
LpflG RhPf	Landespflegegesetz Rheinland-Pfalz

VI Anhang | Tabellen

Tab. 1: Ökosystemdienstleistungen und menschliches Wohlergehen



(erstellt nach MEA 2005)

Tab. 2*:* Ausgewählte Moorflächen, Schutz- und Entwicklungsstatus

Moorfläche/ Bezeichnung/ *ha*	**LRT 7140**	**LRT 91DO**	**Entwick-lungs-fläche Moor**	**Entwick-lungs-fläche Moorwald**	**Vorkommen Fichte auf Moor-standort**	**Moorwald ohne LRT-Status**
Birkenbruch **BB** *17,8799 ha*	C	-	✓	✓	✓	-
Oberluderbruch **OL** *26,5044 ha*	A, B, C	B, C	✓	✓	✓	✓
Rehbruch **RB** *22,0002 ha*	B, C	C	✓	✓	-	✓
Gebranntes Bruch **GB,** *16,5456 ha*	C	-	✓	✓	-	-
Palmbruch **PB** *15,3444 ha*	A, B, C	B, C	✓	✓	-	✓
Ortelsbruch **OB** *14,0679 ha*	A, C	C	✓	✓	✓	✓
Engelswiese **EW** *25,3301 ha*	A, B, C	B, C	✓	✓	✓	✓
Ochsenbruch **OC** *17,5763 ha*	A, B, C	-	✓	✓	✓	-

(erstellt nach SCHÄFER & WEY 2013, SCHOLTES 2013)

Tab. 3: Kartierte moortypische und seltene Arten

Deutscher Name	Wissenschaftlicher Name	Schutzstatus	Zeigerqualität für Moorstandorte
Schnabelsegge	*Carex rostrata*		Wertgebende Art LRT 7140
Alpenhexenkraut	*Circaea alpina*	Rote Liste RLP 4	
Breitblättriges Knabenkraut	*Dactyorhiza majalis*	Rote Liste RLP 3	
Rundblättriger Sonnentau	*Drosera rotundifolia*	Rote Liste RLP 3	Hohe Wertstufe von LRT 7140
Schmalblättriges Wollgras	*Eriophorum angustifolium*		Wertgebende Art von LRT 7140
Scheidiges Wollgras	*Eriophorum vaginatum*	Rote Liste RLP 3	Hohe Wertstufe von LRT 7140
Sumpfbärlapp	*Lycopodiella inundata*	Rote Liste RLP 2, FFH Anh. V	
Sprossender Bärlapp	*Lycopodiella annotiunum*	Rote Liste RLP 3, FFH Anh. V	
Keulen-Bärlapp	*Lycopodiella clavatum*	FFH Anh. V	
Königsfarn	*Osmunda regalis*	Rote Liste RLP 2	
Wald-Läusekraut	*Pedicularis sylvatica*	Rote Liste RLP 3	
Rundblättriges Wintergrün	*Pyrola rotundifolia*	Rote Liste RLP 3	
Kleines Helmkraut	*Scutellaria minor*	Rote Liste RLP 3	
Gewöhnliche Moosebeere	*Vaccinium oxycoccos*	Rote Liste RLP 3	Hohe Wertstufe von LRT 7140

(Quelle: SCHÄFER & WEY 2013)

Tab. 5: Flächenentnahme Altfichte auf Bruchflächen

Bruchfläche	Abteilung	Flächengröße in ha	Jahr
Ochsenbruch	460 b	2	2015
Casparsbruch	343 b	6,9	
Thranenbruch	382 b	2,4	
Casparsbruch	329 a/ 343 b	2	2016
Thranenbruch	381 a/ 353 a, b	8,1	
Faulenbruch	372 a/ 374 a	2,3	
Riedbruch	325 b / 324 b	3,6	
Sausteigerbruch	371 c/ 326 b/ 374 b/ 370 b	5	

(erstellt nach SNU 2017)

Tab. 11: Hydrologische Parameter der Messstelle Oberhambach 29.9.2011

pH	O_2	Elektrische Leitfähigkeit bei 25º	DOC *Organ. Kohlenstoff, gelöst*	Ortho-Phosphat	Nitrat
5,6	0,00 mg/l	73 ms/m	0,50 mg/l	0,02 mg/l	0,24 mg/l

(erstellt nach GDA Wasser RLP, 24.6.2017)

Tab. 12: pH-, O2 und C/N-Werte für ausgewählte Bruchflächen

Bruchfläche	pH	O2	C/N
Thranenbruch	*3,9 – 4,1*	*3,78 – 9,62**	*18 - 24*
	*4,2 – 5,4**		
Palmbruch	*4,3 – 5,6**	*2,1 – 9**	*k. A.*
Tierschbruch	*4,1 – 4,3*	*k. A.*	*17 - 31*
Riedbruch	*4,3 – 6,2**	*5,5 – 10**	*k. A.*

Daten nach KOPF und VOM LEHN (2017)*

Tab 13: Erhaltungszustände nach LRT auf ausgewählten Bruchflächen

Bruchsystem	LRT	Erhaltungszustand	Flächengröße
BB	7140	C	Sehr klein
	9110	Ohne Einstufung	Klein
OL	9110	Ohne Einstufung	Sehr klein
	7140	A	Sehr kleine Einzelfläche
		B	Mehrere kleine Flächen
		C	Mehrere kleine Flächen
	91DO	B/ C	Mehrere kleine Flächen
RB	7140	B	Einige sehr kleine Flächen
		C	Mehrere kleine Flächen
	91DO	C	Einige kleine Flächen
	9110	Ohne Einstufung	Sehr kleine Einzelfläche
GB	7140	C	Zwei ehr kleine Einzelflächen
	9110	A	Zwei mäßig große Einzelflächen
PB	7140	A/ B/ C	Einige sehr kleine Flächen
	91DO	B	Mäßig große Einzelfläche
		C	Mehrere kleine Flächen
OB	7140	A	Sehr kleine Einzelfläche
		C	Mehrere sehr kleine Flächen
	91DO	C	Mehrere sehr kleine bis kleine Flächen
EW	7140	A	Sehr kleine Einzelfläche
		C	Zwei sehr kleine Einzelfläche
	91DO	B	Sehr kleine Einzelfläche
		C	Mehrere kleine Einzelflächen
	9110	Ohne Einstufung	Kleine Einzelfläche
OC	7140	A	Mäßig große Einzelfläche
		B/ C	Mehrere sehr kleine Flächen
	91E0	Ohne Einstufung	Sehr kleine Einzelfläche
	9110	Ohne Einstufung	Sehr kleine Einzelfläche

(erstellt nach SCHOLTES & NINDEL 2013)

Tab. 14: Vegetationsvorkommen auf den Einzelmoorflächen

Moorfläche	BB	OL	RB	GB	PB	OB	EW	OC	RI	TR	Zeigerwert		
Pflanzeninventar nach LRT 7140											F	N	R
Sphagnum magellanum	*Weite Verbreitung im Untersuchungsraums, ohne standörtliche Spezifikation*										7	-	1
Sphagnum cuspidatum/fallax-Eriophorum-angustifolium					×	×			×	×	9	2	4
Eriophorum vaginatum-Sphagnum fallax					×						9	1	2
Epilobium palustre			×						×	×	9	2	3
Aulacomnium palustre					×	×			×	×	7	-	3
Sphagnum cuspidatum					×						8	-	1
Sphagnum fallax		×	×		×	×			×	×	7	-	2
Sphagnum papillosum					×	×					7	-	1
Hohe Wertstufen nach LRT 7140													
Drosera rotundifolia		×		×	×	×	×	×			9	1	1
Eriophorum vaginatum					×			×			9	1	2
Vaccinium oxycoccos		×	×	×	×	×	×	×			4	1	1
Eriophorum angustifolium					×	×		×	×	×	9	2	4
Lycopodium annotinum	×	×				×			×	×	6	3	3
Lycopodium clavatum		×						×			4	2	2
Carex rostrata			×				×	×	×	×	10	3	3
Lycopodiella inunda								×			9	1	3
Feuchteanzeiger													
Osmunda regalis				×		×					8	5	4
Störungsanzeiger													
Pteridium aquilinum		×	×	×	×	×	×	×	×	×	5	3	3
Molinia caerulea	×	×	×	×	×	×	×		×	×	7	2	x
Salix ff.							×		×	×	7	4	x
Pflanzeninventar nach LRT 91DO (die nicht in LRT 7140 vertreten sind)													
Juncus sylvaticus		×	×		×	×	×	×	×		8	3	5
Seggenarten (carex ff.)					×		×	×	×	×	x	x	x
Baumbestand													
Picea abis	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	x	x	x
Alnus glutinosa	×	×	×		×	×	×		×	×	9	x	6
Betula prubeszens	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	8	3	3
Fagus sylvatica		×		×	×	×	×	×			5	x	x

[eigene Zusammenstellung nach SCHOLTES & NINDEL (2013), RUTHSATZ & VOGT (1990), RUTHSATZ (1999) und HÖLZER (2015), Zeigerwerte nach ELLENBERG 2001: F = Feuchte (9 = nass; 8 = nass - feucht; 7 = feucht; 6 = feucht - frisch; 5 = frisch), N = Nährstoffe (1 = sehr arm; 2 = sehr arm - arm; 3 = arm ; 4 = arm – mäßig; 5 = mäßig), R = Reaktion (1 = stark sauer; 2 = stark sauer - sauer; 3 = sauer ; 4 = sauer – mäßig sauer; 5 = mäßig sauer; 6 = mäßig sauer - schwach basisch), x = indifferent]

Tab 15: Vorkommen und Indikation nachgewiesener Sphagnum-Arten im Gebiet des Nationalparks

Art	Verbreitung	Indikator	F	R	N
Sphagnum fallax	weit	Mineralbodenanzeiger, kein Nachweis für Torfwachstum (Kohlenstoffspeicherung), da die Art „relativ selten“ Torf bildet (HÖLZER 2015: 8)	feucht - nass	sehr sauer	arm bis mäßig
Sphagnum inundatum	weit	Mineralbodenanzeiger, bedingt torfbildend	o.A.	o.A.	o.A.
Sphagnum palustre	weit	weite ökologische Amplitude, sehr variabel, keine direkten Rückschlüsse auf hydrologische Verhältnisse, je nach Feuchtegrad torfbildend, für den Hunsrück nicht torfbildend (HÖLZER 2015: 25).	feucht	sauer	mäßig reich
Sphagnum russowii	weit		feucht	sehr sauer	arm
Sphagnum nemoreum/ capillifolium	mäßig	Anzeiger eher trockener Stellen, unter feuchten Bedingungen torfbildend	feucht	sehr sauer	arm
Sphagnum papillosum	gering, wenige feuchten Senken	Aufgrund der ökologischen Amplitude Feuchteanzeiger, Torfbildner	feucht	stark sauer	sehr arm
Sphagnum majus	sehr gering	Nasse Vermoorungen, Feuchteanzeiger, Torfbildner	nass	stark sauer	arm
Sphagnum magellanicum	weit verbreitet	Torfbildner	feucht	stark sauer	sehr arm
Sphagnum rubellum	gering	Basen anzeigend	feucht	stark sauer	sehr arm
Sphagnum squarrosum	gering	Basenreicher, nasse Standorte, nicht torfbildend	Feucht bis nass	Sauer-schwach sauer	mäßig
Sphagnum subnitens	sehr gering	Basenreiche Standorte, keine Torfbildung	feucht bis nass	sauer	arm

(erstellt nach HÖLZER 2015, SIEBEL 2005 und DIERSSEN & DIERSSEN 2001)

Tab. 16: Faunistische Vorkommen im Untersuchungsraum

Moorfläche	OL	RB	GB	PB	OB	Rote Liste D
Wertgebende Arten des LRT 7140						
Aeshna juncea	×					gefährdet
Standortspezifische Vorkommen						
Enallagma cyathigerum	×					-
Coenagrion puella	×					-
Cordulegaster boltonii					×	gefährdet
Pyrrhosoma nymphula	×			×	×	-
Lestes sponsa	×					-
Lestes barbarus	×					Stark gefährdet
Aeshna cyanea	×					-
Anax imperator	×					-
Libellula depressa	×					-
Libellula quadrimaculata	×					-
Chrysochraon dispar		×		×		gefährdet
Chorthippus biguttulus		×				-
Chorthippus brunneus		×		×		-
Chorthippus parallelus		×				-
Meconema thalassinum				×		-
Metrioptera bicolor		×				-
Metrioptera brachyptera		×		×		-
Metrioptera roeseli		×		×		-
Myrmeleotettix maculatus		×		×		-
Omocestus viridulus		×		×		-
Phaneroptera falcata		×				-
Pholidoptera griseoaptera		×		×		-
Tetrix undulata		×		×		-

(erstellt nach GESSNER 1993 in SCHOLTES & NINDEL 2013)

Tab. 18: Verdunstungs- und Niederschlagsjahressummen zweier Messstellen im Hunsrück

Messstelle	Jahr	Parameter	Jahressummenwert
Dienstweiler	2015	Verdunstung	662,59 mm
	2016		587,41 mm
	2015	Niederschlag	**695,7 mm**
	2016		786,35 mm
Bernkastel-Kues	2013	Verdunstung	628,78 mm
	2014		631,23 mm
	2015		**694,49 mm**
	2016		631,18 mm
	2015	Niederschlag	654,4 mm
	2016		652,8 mm

(Quelle: Agrarmeteorologie Rheinland-Pfalz 2017)

Tab. 19: Verdunstungssummen verschiedener Bedeckungstypen

Bedeckungstyp	Verdunstungssummen in mm/Jahr
Feuchtwiese	700
Offene Wasseroberfläche	500-600
Fichte	193
Birke	375
Buche	209

(nach KAPPAS 2009: 99)

Tab 20: Akzeptanz der Maßnahme 1 innerhalb der stakeholder-Gruppen

Stakeholder-Gruppe	**Komponenten der Interessensgruppe**	**Zustimmung in %**		**Ablehnung in %**	
		1	2	3	4
Gebietskörperschaften	Lokale Bevölkerung	13	4,3	2,2	-
	Politiker	4,3	-	-	-
	Forstwesen	8,7	-	-	2,2
∑ *Gruppe Gebietskörperschaften*		**30,3**		**4,4**	
Wirtschaft	Rohstoffhandel	4,3	2,2	-	-
	Fischereiwesen	-	-	-	2,2
∑ *Gruppe Wirtschaft*		**6,5**		**2,2**	
Freizeit und Erholung	Tourismus	17,4	2,2	2,2	-
	Jäger	4,3	-	4,3	-
∑ *Gruppe Freizeit & Erholung*		**23,9**		**6,5**	
Wissenschaft/ Naturschutz	Wissenschaftler	4,3	-	2,2	-
	Naturschützer	19,6	-	-	-
∑ *Gruppe Wissenschaft/Naturschutz*		**23,3**		**2,2**	
Gesamt ∑		**84,8**		**15,2**	

1 = stimme voll und ganz zu, 2 = stimme zu, 3 = stimme nicht ganz zu, 4 = stimme gar nicht zu

(eigene Erhebung 2017, n = 46)

Tab 21: Akzeptanz der Maßnahme 2 innerhalb der stakeholder-Gruppen

Stakeholder-Gruppe	**Komponenten der Interessensgruppe**	**Zustimmung in %**		**Ablehnung in %**	
		1	2	3	4
Gebietskörperschaften	Lokale Bevölkerung	2,2	8,7	8,7	-
	Politiker	4,3	-	-	-
	Forstwesen	4,3	2,2	4,3	-
∑ *Gruppe Gebietskörperschaften*		**21,7**		**13**	
Wirtschaft	Rohstoffhandel	4,3	-	2,2	-
	Fischereiwesen	-	-	2,2	-
∑ *Gruppe Wirtschaft*		**4,3**		**4,4**	
Freizeit und Erholung	Tourismus	2,2	13	4,3	2,2
	Jäger	-	6,5	2,2	-
∑ *Gruppe Freizeit & Erholung*		**21,7**		**8,7**	
Wissenschaft/ Naturschutz	Wissenschaftler	2,2	2,2	-	2,2
	Naturschützer	8,7	10,9	-	-
∑ *Gruppe Wissenschaft/Naturschutz*		**24**		**2,2**	
Gesamt ∑		**71,8**		**28,2**	

1 = stimme voll und ganz zu, 2 = stimme zu, 3 = stimme nicht ganz zu, 4 = stimme gar nicht zu

(eigene Erhebung 2017, n = 46)

Tab 22: Akzeptanz der Maßnahme 3 innerhalb der stakeholder-Gruppen

Stakeholder-Gruppe	**Komponenten der Interessensgruppe**	**Zustimmung in %**		**Ablehnung in %**	
		1	2	3	4
Gebietskörperschaften	Lokale Bevölkerung	4,3	4,3	10,9	-
	Politiker	-	2,2	-	2,2
	Forstwesen	2,2	4,3	4,3	-
∑ *Gruppe Gebietskörperschaften*		**17,3**		**17,4**	
Wirtschaft	Rohstoffhandel	2,2	2,2	2,2	-
	Fischereiwesen	2,2	-	-	-
∑ *Gruppe Wirtschaft*		**6,6**		**2,2**	
Freizeit und Erholung	Tourismus	4,3	10,9	4,3	2,2
	Jäger	2,2	2,2	4,3	-
∑ *Gruppe Freizeit & Erholung*		**19,6**		**10,8**	
Wissenschaft/ Naturschutz	Wissenschaftler	-	6,5	-	-
	Naturschützer	4,3	4,3	6,5	4,3
∑ *Gruppe Wissenschaft/Naturschutz*		**15,1**		**10,8**	
Gesamt ∑		**58,7**		**41,3**	

1 = stimme voll und ganz zu, 2 = stimme zu, 3 = stimme nicht ganz zu, 4 = stimme gar nicht zu

(eigene Erhebung 2017, n = 46)

Tab. 23: Akzeptanz der Maßnahme 4 innerhalb der stakeholder-Gruppen

Stakeholder-Gruppe	**Komponenten der Interessensgruppe**	**Zustimmung in %**		**Ablehnung in %**	
		1	2	3	4
Gebietskörperschaften	Lokale Bevölkerung	6,5	-	4,3	8,7
	Politiker	2,2	2,2	-	-
	Forstwesen	2,2	4,3	4,3	-
∑ *Gruppe Gebietskörperschaften*		**17,4**		**17,3**	
Wirtschaft	Rohstoffhandel	4,3	-	-	2,2
	Fischereiwesen	2,2	-	-	-
∑ *Gruppe Wirtschaft*		**6,5**		**2,2**	
Freizeit und Erholung	Tourismus	15,2	4,3	2,2	-
	Jäger	2,2	6,5	-	-
∑ *Gruppe Freizeit & Erholung*		**28,2**		**2,2**	
Wissenschaft/ Naturschutz	Wissenschaftler	4,3	2,2	-	-
	Naturschützer	15,2	-	2,2	2,2
∑ *Gruppe Wissenschaft/Naturschutz*		**21,7**		**4,4**	
Gesamt ∑		**73,9**		**26**	

1 = stimme voll und ganz zu, 2 = stimme zu, 3 = stimme nicht ganz zu, 4 = stimme gar nicht zu

(eigene Erhebung 2017, n = 46)

Tab. 24*:* Akzeptanz der Maßnahme 5 innerhalb der stakeholder-Gruppen

Stakeholder-Gruppe	**Komponenten der Interessensgruppe**	**Zustimmung in %**		**Ablehnung in %**	
		1	2	3	4
Gebietskörperschaften	Lokale Bevölkerung	10,9	4,3	4,3	-
	Politiker	-	2,2	2,2	-
	Forstwesen	2,2	4,3	4,3	-
∑ *Gruppe Gebietskörperschaften*		**23,9**		**10,8**	
Wirtschaft	Rohstoffhandel	2,2	-	4,3	-
	Fischereiwesen	-	2,2	-	-
∑ *Gruppe Wirtschaft*		**4,4**		**4,3**	
Freizeit und Erholung	Tourismus	17,4	4,3	-	-
	Jäger	4,3	4,3	-	-
∑ *Gruppe Freizeit & Erholung*		**30,3**		**-**	
Wissenschaft/ Naturschutz	Wissenschaftler	4,3	-	-	2,2
	Naturschützer	15,2	4,3	-	-
∑ *Gruppe Wissenschaft/Naturschutz*		**23,8**		**2,2**	
Gesamt ∑		**84,8**		**15,2**	

1 = stimme voll und ganz zu, 2 = stimme zu, 3 = stimme nicht ganz zu, 4 = stimme gar nicht zu

(eigene Erhebung 2017, n = 46)

Tab. 25: Höhe monatliches Haushaltseinkommen (Frage IV.1d)

Betrag in EUR	**Häufigkeit**	**Prozent**
1.000 bis < 2.000	5	10,9
2.000 bis < 3.000	7	15,2
3.000 bis < 4.000	12	26,1
4.000 bis < 5.000	10	21,7
5.000 bis < 6.000	7	15,2
6.000 bis < 10.000	2	4,3

(eigene Erhebung 2017, n = 46)

Tab. 26: Anzahl der Personen im Haushalt (Frage IV.1a)

Personen im Haushalt	Häufigkeit	Prozent
1	7	15,2
2	16	34,8
3	9	19,6
4	8	17,4
5	1	2,2
6	3	6,5

(eigene Erhebung 2017, n = 46)

Tab. 27: Häufigkeitstabelle Betrag in Euro

Betrag in EUR	Häufigkeit	Prozent
5 – 10	1	2,2
11 – 20	6	13
21 – 30	1	2,2
31 – 40	2	4,3
41 – 50	6	13
Über 50	10	21,7

(eigene Erhebung 2017, n = 46)

Tab. 28: Wichtigkeit von Umweltschutz im Vergleich zu anderen Aufgaben in der Gesellschaft

Wichtigkeit	Häufigkeit	Prozent
Sehr wichtig	26	56,5
Wichtig	19	41,3

(eigene Erhebung 2017, n = 46)

Tab. 29: Spenden an Naturschutzorganisationen (Frage IV.2)

Spendentätigkeit	Häufigkeit	Prozent
Ja	25	54,3
Nein	19	41,3

(eigene Erhebung 2017, n = 46)

Tab. 30: Der Wald ist nur für den Menschen dar (Frage III.5.d)

Zustimmung	Häufigkeit	Prozent
Trifft voll zu	2	4,3
Trifft teilweise zu	7	15,2
Trifft gar nicht zu	36	78,3

(eigene Erhebung 2017, n = 46)

Tab. 31: Pflanzen und Menschen haben das gleiche Recht auf den Wald wie der Mensch (Frage III.5.h)

Zustimmung	Häufigkeit	Prozent
Trifft voll zu	38	82,6
Trifft teilweise zu	7	15,2

(eigene Erhebung 2017, n = 46)

Tab. 32: Das wichtigste am Wald ist die Holzernte (Frage III.5.e)

Zustimmung	Häufigkeit	Prozent
Trifft voll zu	5	10,9
Trifft teilweise zu	10	21,7
Trifft gar nicht zu	30	65,2

(eigene Erhebung 2017, n = 46)

Tab. 33: Ich nutze den Wald zur Erholung (Frage III.5.a)

Zustimmung	Häufigkeit	Prozent
Trifft voll zu	39	84,8
Trifft teilweise zu	6	13

(eigene Erhebung 2017, n = 46)

Tab. 34: Ich genieße den Anblick eines naturnahen Waldes (Frage III.5.f)

Zustimmung	Häufigkeit	Prozent
Trifft voll zu	39	84,8
Trifft teilweise zu	6	13

(eigene Erhebung 2017, n = 46)

Tab. 35: Ich finde es wichtig, dass der Wald gesund ist (Frage III.5.f)

Zustimmung	Häufigkeit	Prozent
Trifft voll zu	38	82,6
Trifft teilweise zu	4	8,7
Trifft gar nicht zu	1	2,2

(eigene Erhebung 2017, n = 46)

Tab. 36: Auswirkungen auf die Region (Frage III.4b)

Auswirkung	Häufigkeit	Prozent
Vorteile	34	73,9
Nachteile	6	13

(eigene Erhebung 2017, n = 46)

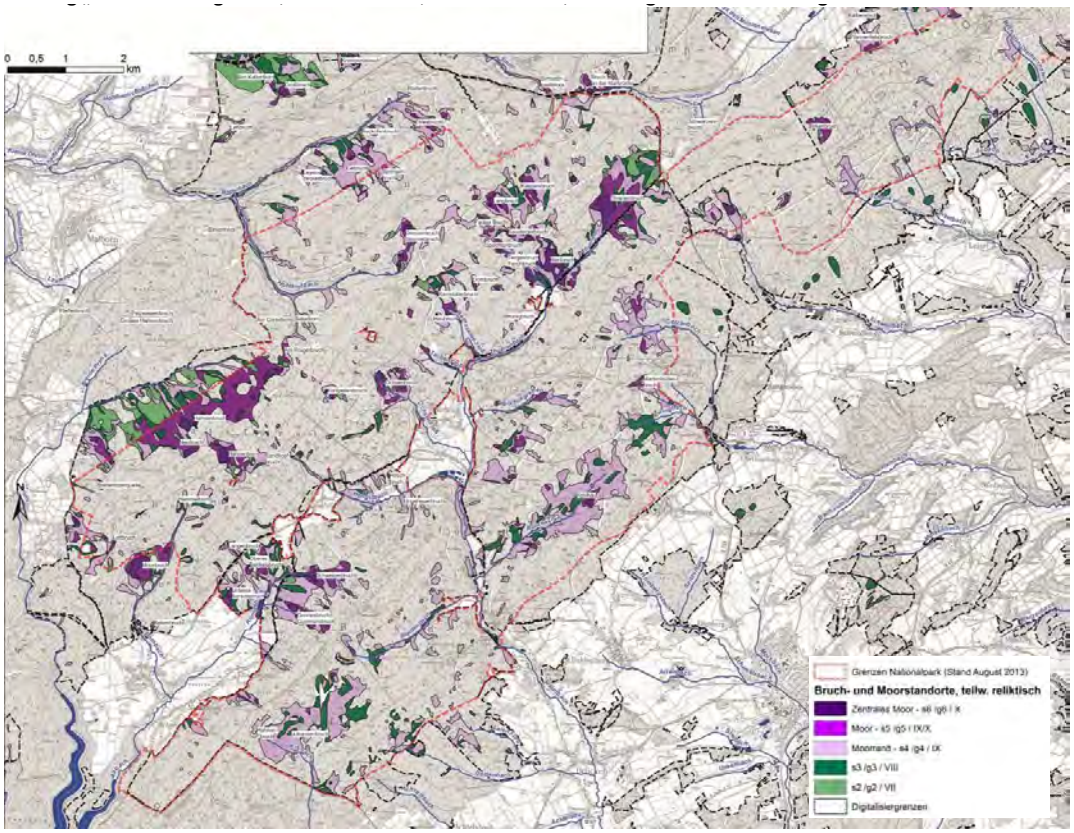
Tab. 37: Erwartung von Vor- und Nachteilen auf das eigene Leben (Frage III.3.a)

Auswirkung	Häufigkeit	Prozent
Vorteile	31	67,4
Nachteile	5	10,9

(eigene Erhebung 2017, n = 46)

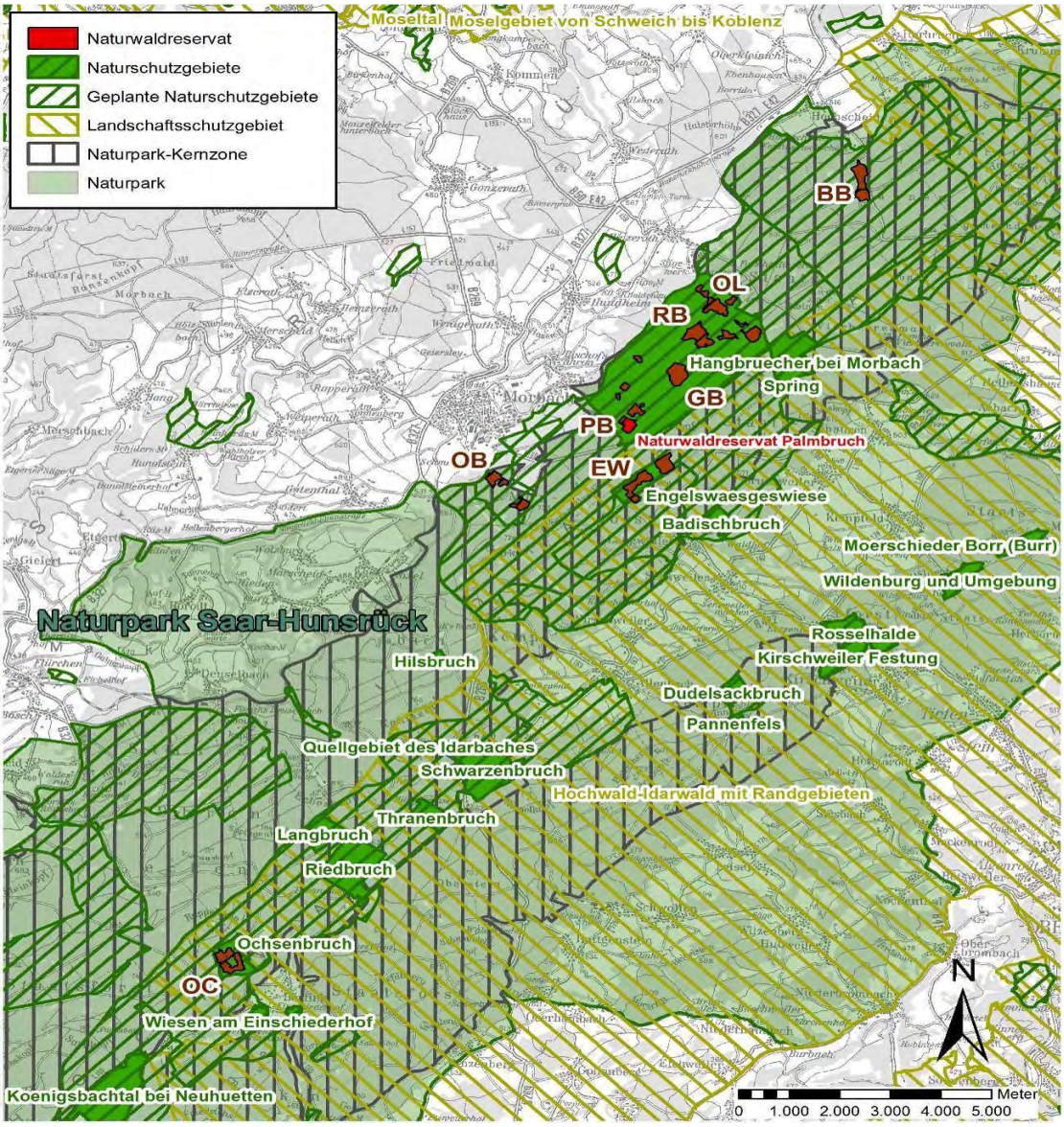
VI Anhang | Abbildungen

Abb. 6: Bruch- und Moorstandorte im Nationalpark Hunsrück-Hochwald



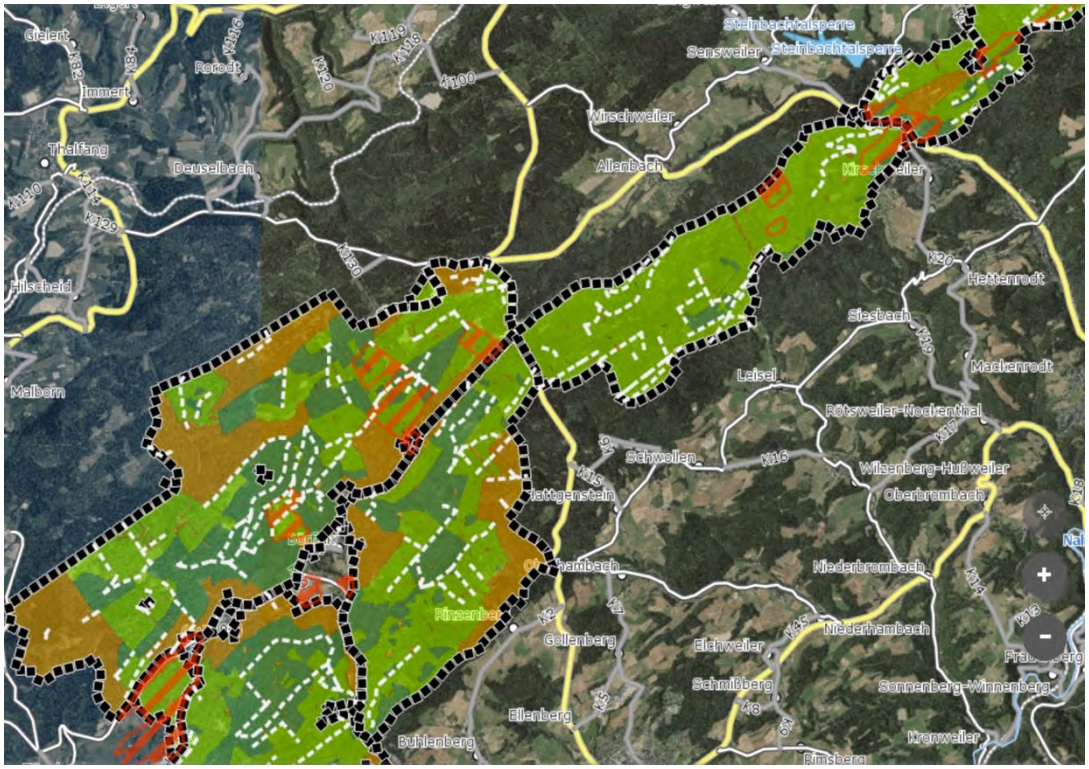
(Quelle: SCHOLTES 2014)

Abb. 8: Lage der Brücher im Untersuchungsraum mit Schutzstatus



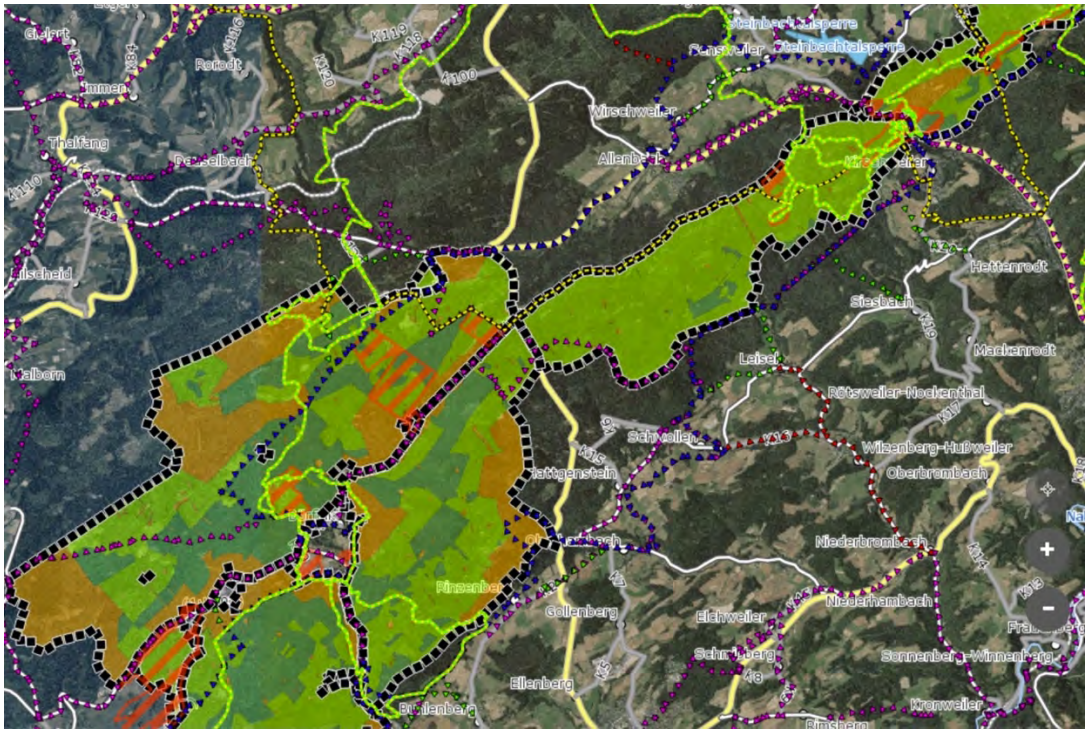
(Quelle: SCHOLTES 2013)

Abb. 10: Geplanter Rückbau Wegenetz



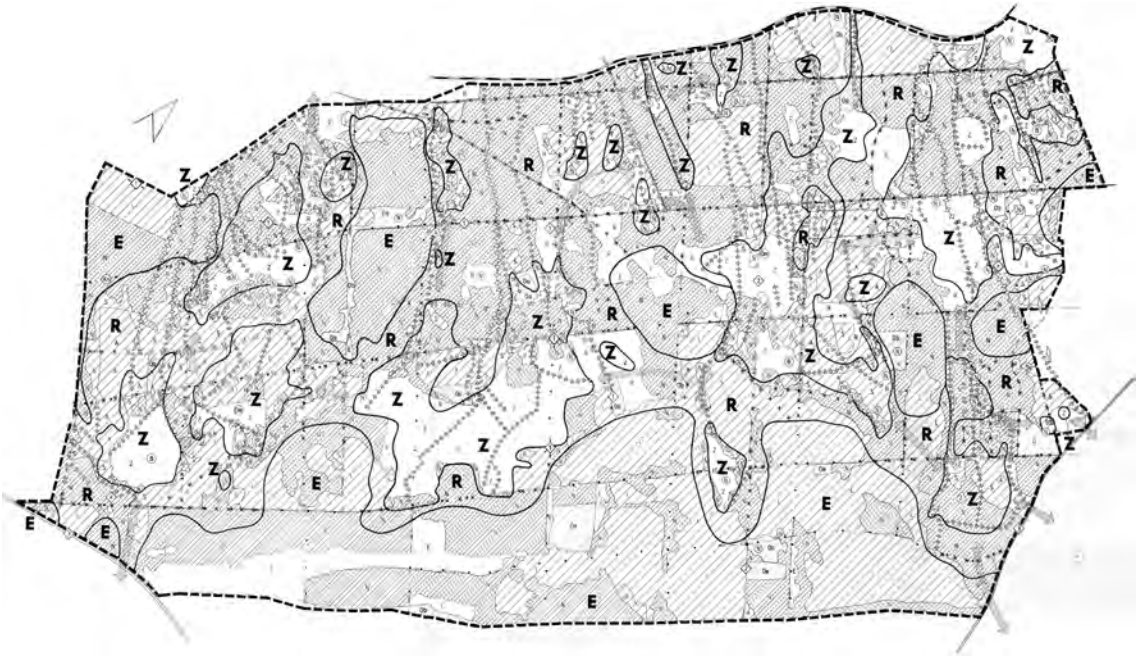
(Quelle: NLP 2017, Legende siehe ***Abb. 11***)

Abb. 11: Wanderwegenetz im Untersuchungsraum *(Legende nächste Seite)*



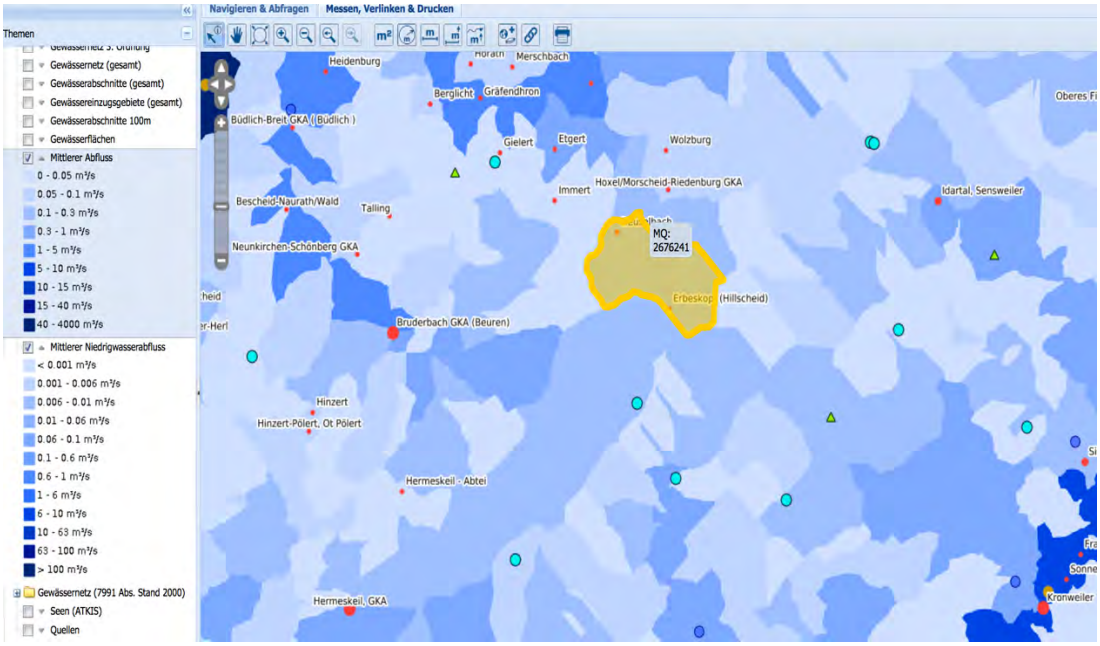
(Quelle: NLP 2017)

Abb. 12: Teilflächen des Maßnahmekatalogs NSG Hangbrücher bei Morbach



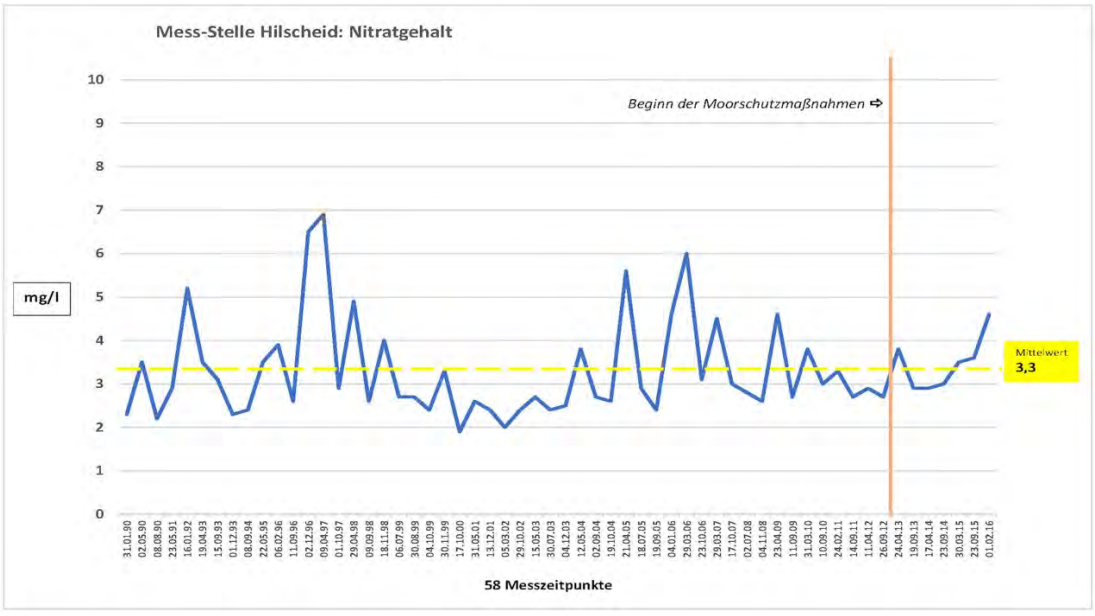
(Quelle: SCHOLTES 1997)

Abb. 13: Gebietsabflussverhalten



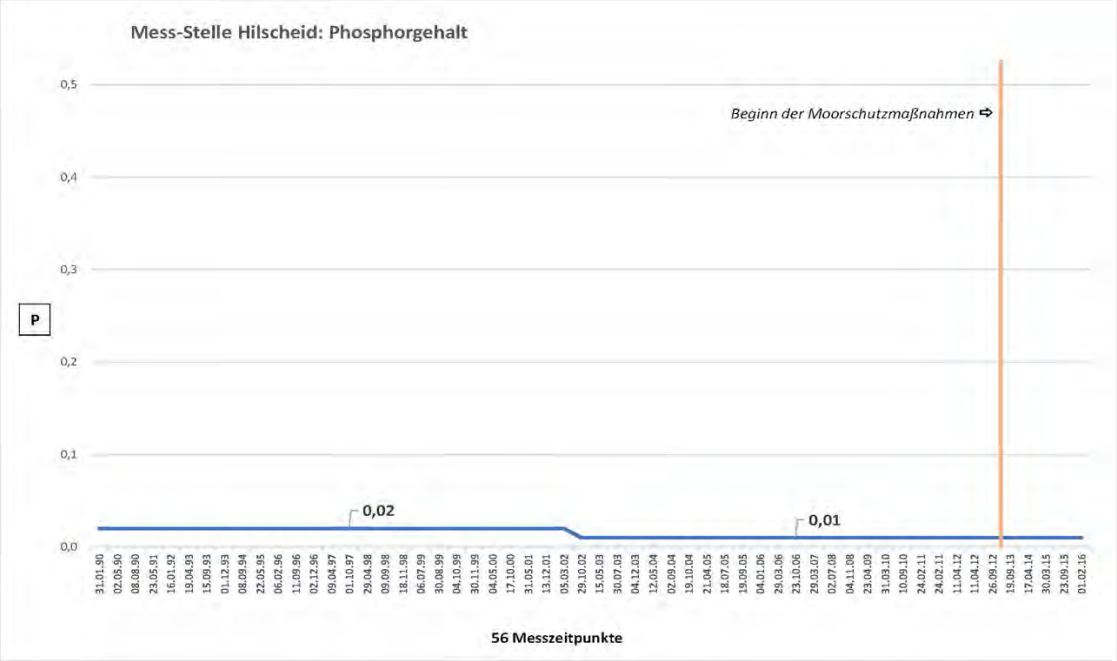
(Quelle: GDA Wasser 2017)

Abb 15*:* Nitratgehalte Mess-Stelle Hilscheid 1990 bis 2016



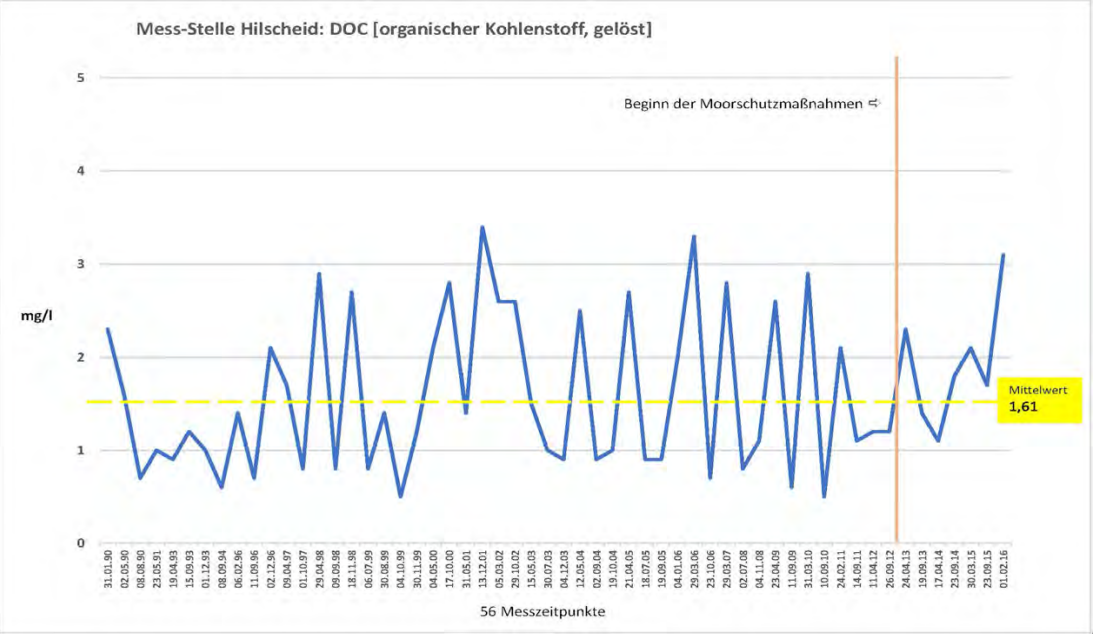
(Quelle: GDA Wasser RLP, MUEEF RLP 2017)

***Abb. 16**:* Phosphatgehalte Mess-Stelle Hilscheid 1990 bis 2016



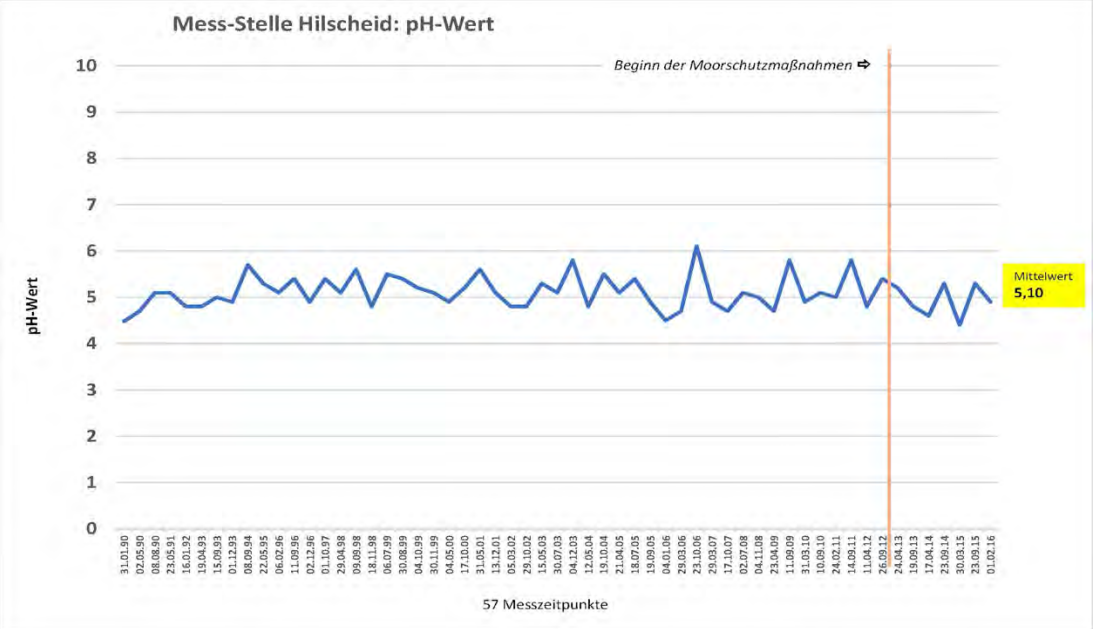
(Quelle: GDA Wasser RLP, MUEEF RLP 2017)

***Abb. 17**:* DOC-Werte Mess-Stelle Hilscheid 1990 bis 2016



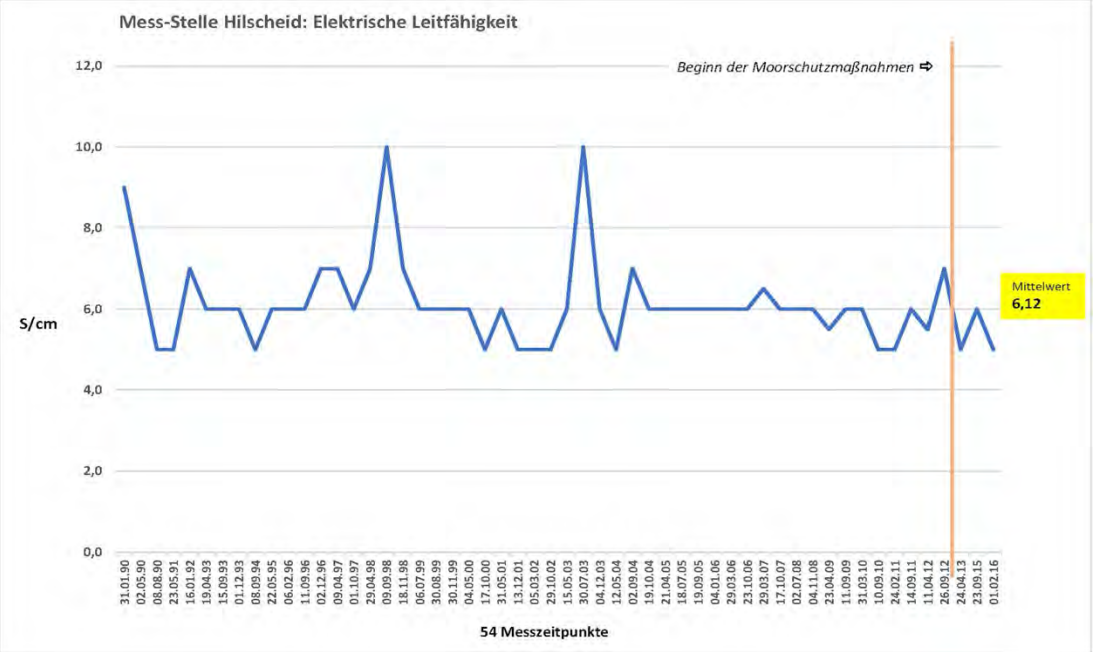
(Quelle: GDA Wasser RLP, MUEEF RLP 2017)

***Abb. 18**:* pH-Werte Mess-Stelle Hilscheid 1990 bis 2016



(Quelle: GDA Wasser RLP, MUEEF RLP 2017)

***Abb. 19**:* Elektrische Leitfähigkeit Mess-Stelle Hilscheid 1990 bis 2016

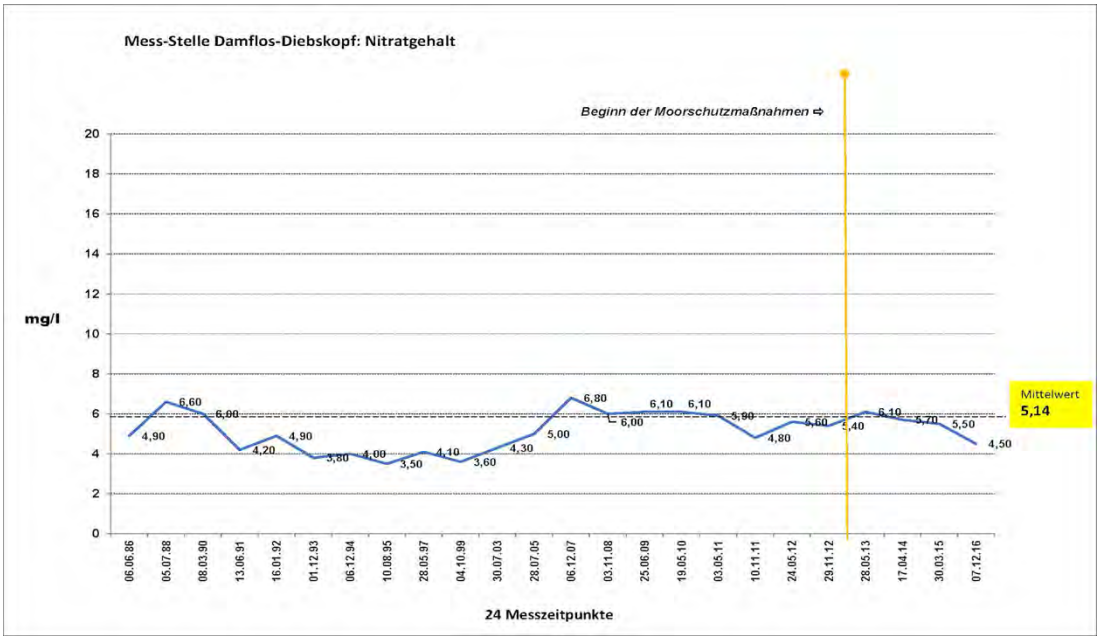


(Quelle: GDA Wasser RLP, MUEEF RLP 2017)

***Abb. 20**:* Sauerstoffgehalt Mess-Stelle Hilscheid 1990 bis 2016

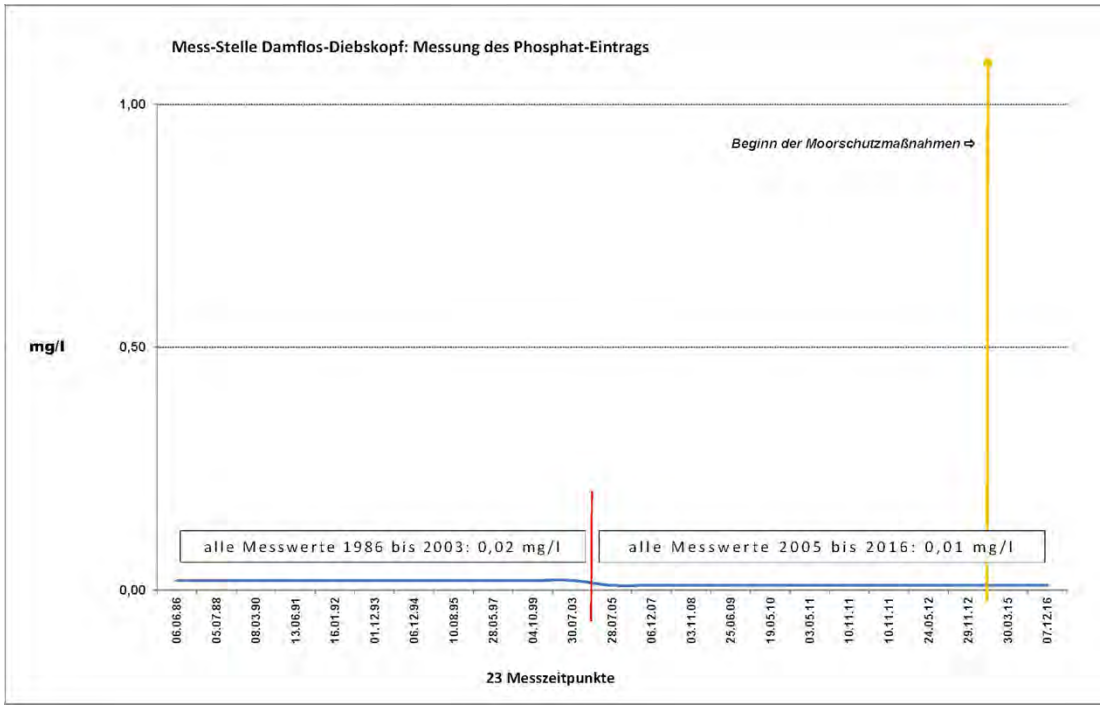
(Quelle: GDA Wasser RLP, MUEEF RLP 2017)

***Abb. 21**:* Nitratgehalte Mess-Stelle Damflos 1986 bis 2016



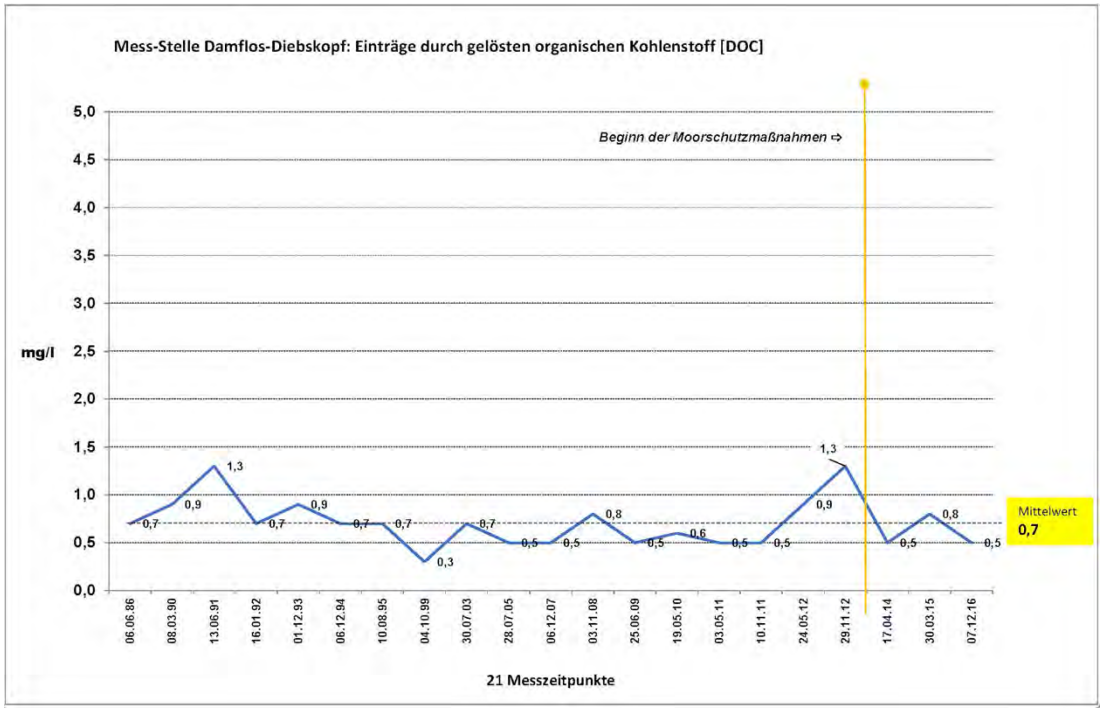
(Quelle: GDA Wasser RLP, MUEEF RLP 2017)

***Abb. 22**:* Phosphatgehalte Mess-Stelle Damflos 1986 bis 2016



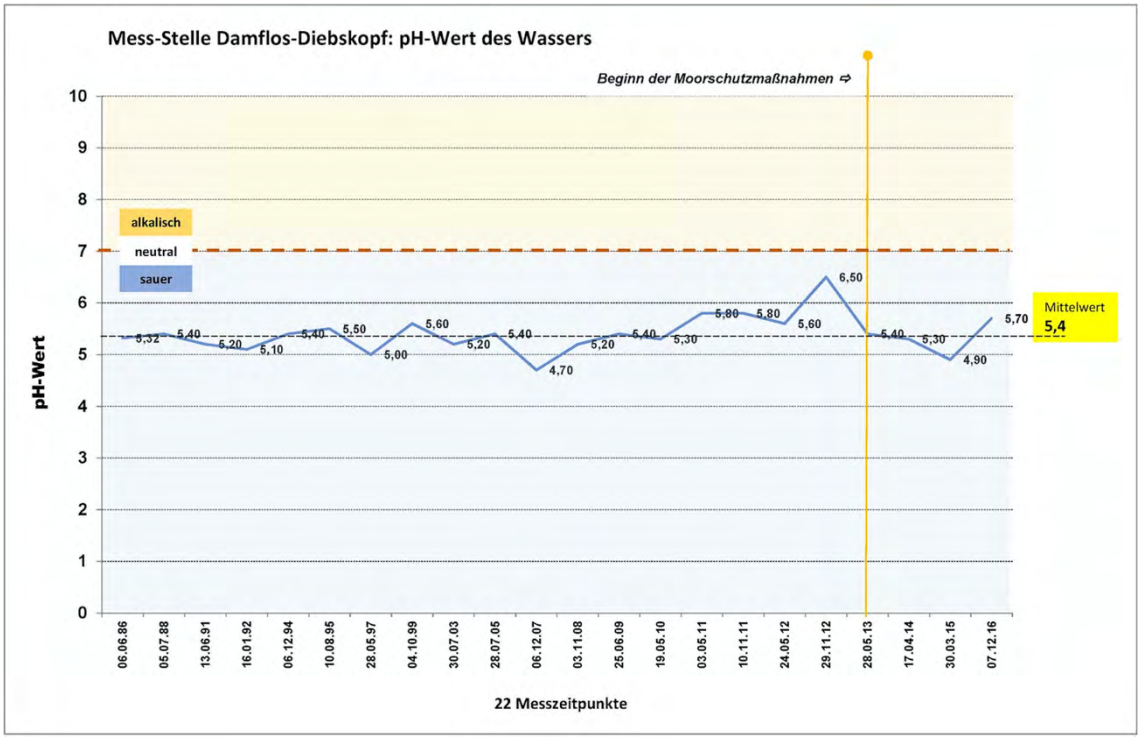
(Quelle: GDA Wasser RLP, MUEEF RLP 2017)

***Abb. 23**:* DOC-Werte Mess-Stelle Damflos 1986 bis 2016



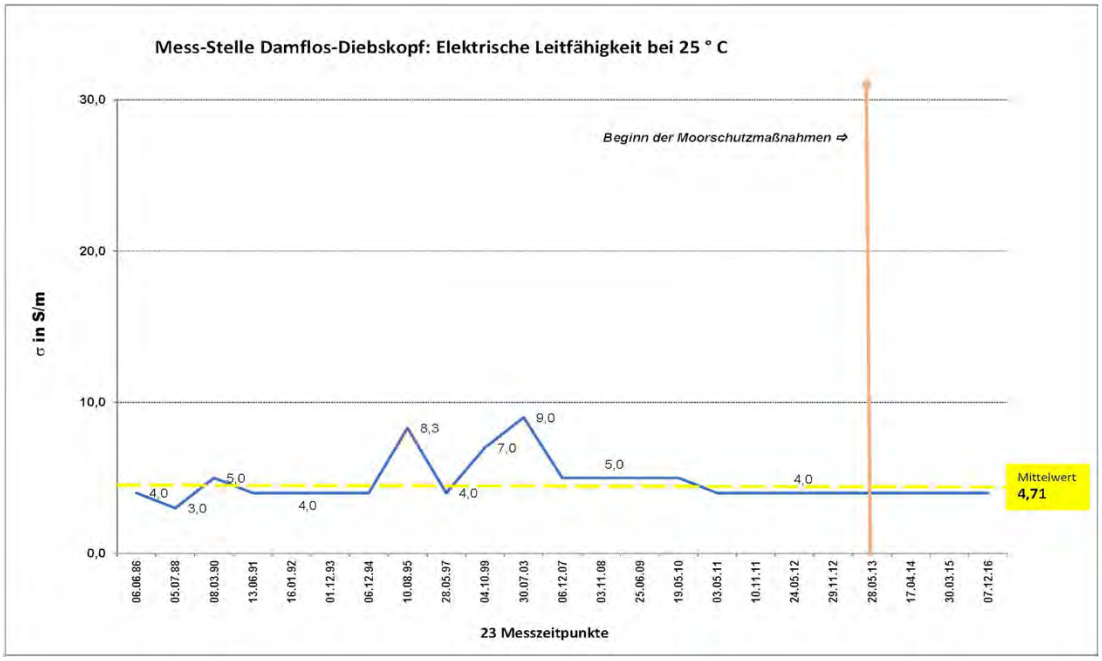
(Quelle: GDA Wasser RLP, MUEEF RLP 2017)

***Abb. 24**:* pH-Werte Mess-Stelle Damflos 1986 bis 2016



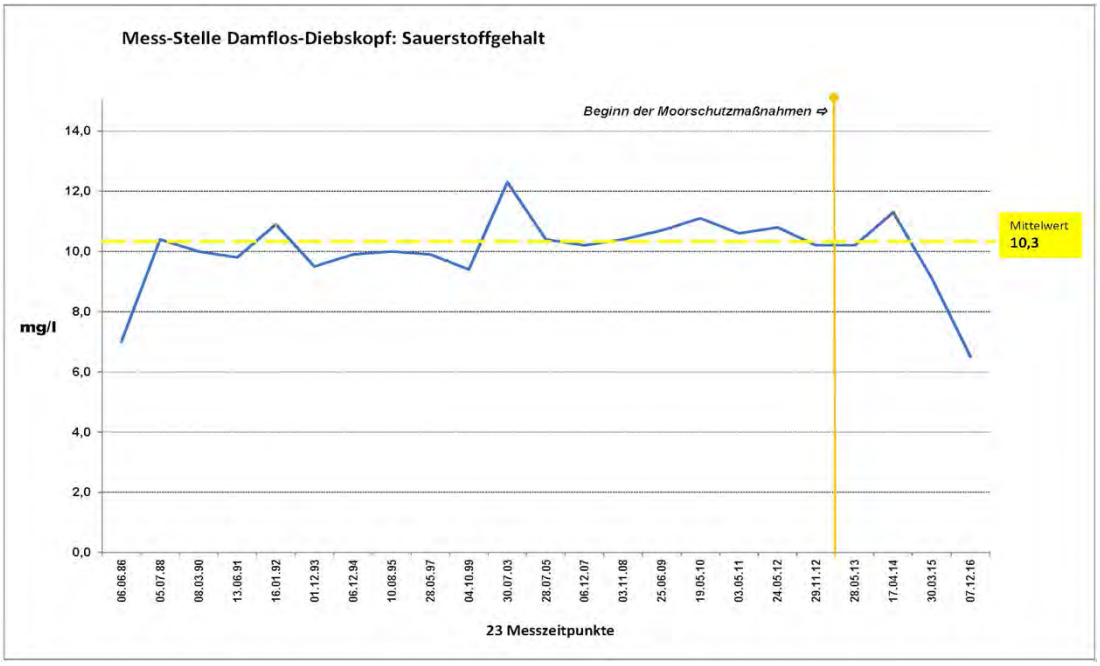
(Quelle: GDA Wasser RLP, MUEEF RLP 2017)

***Abb. 25**:* Elektrische Leitfähigkeit Mess-Stelle Damflos 1986 bis 2016



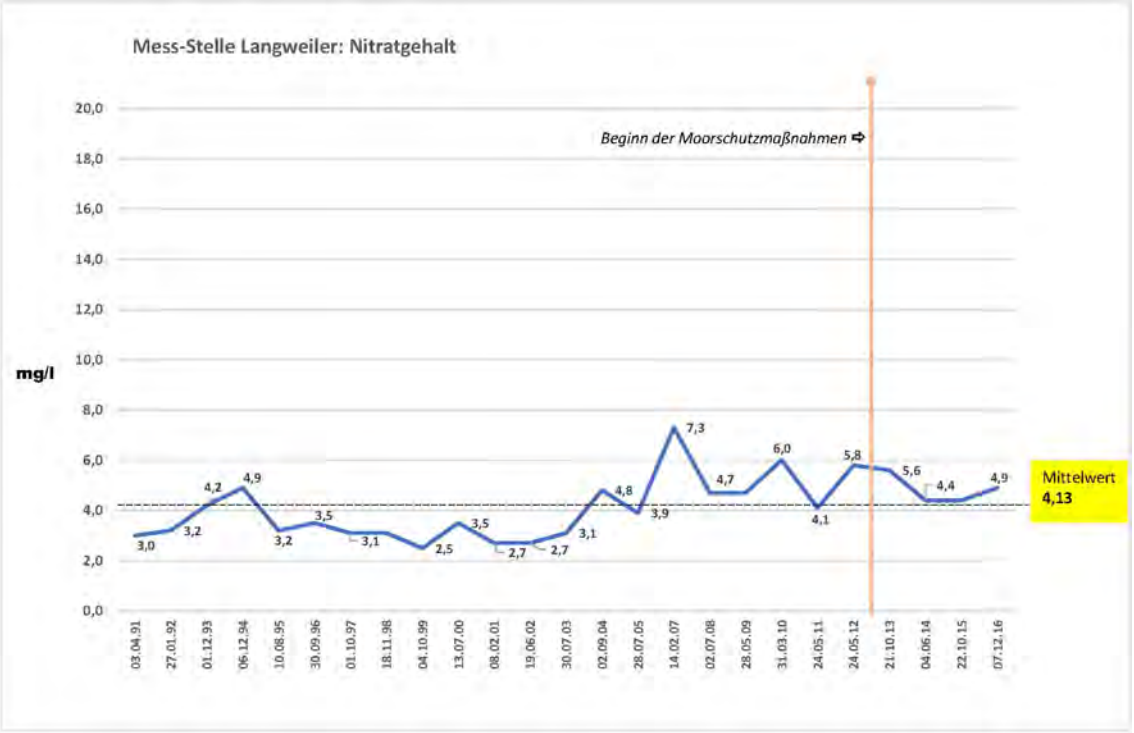
(Quelle: GDA Wasser RLP, MUEEF RLP 2017)

***Abb. 26**:* Sauerstoffgehalt Mess-Stelle Damflos 1986 bis 2016



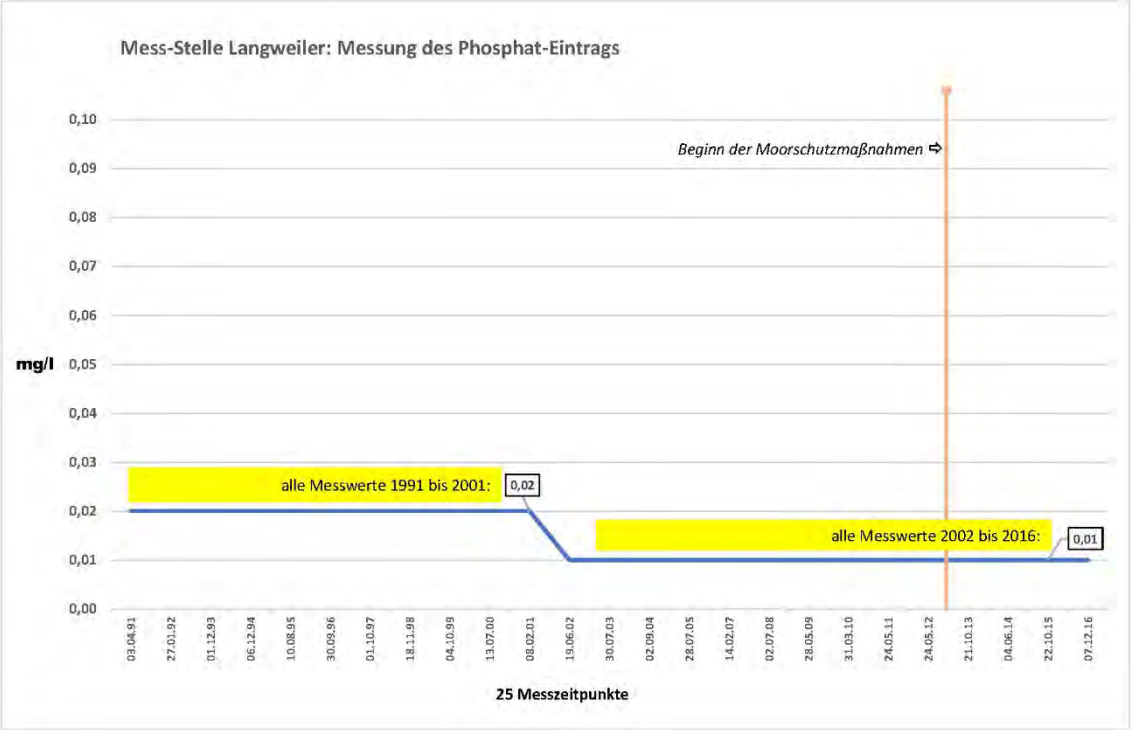
(Quelle: GDA Wasser RLP, MUEEF RLP 2017)

***Abb. 27**:* Nitratwerte Mess-Stelle Langweiler



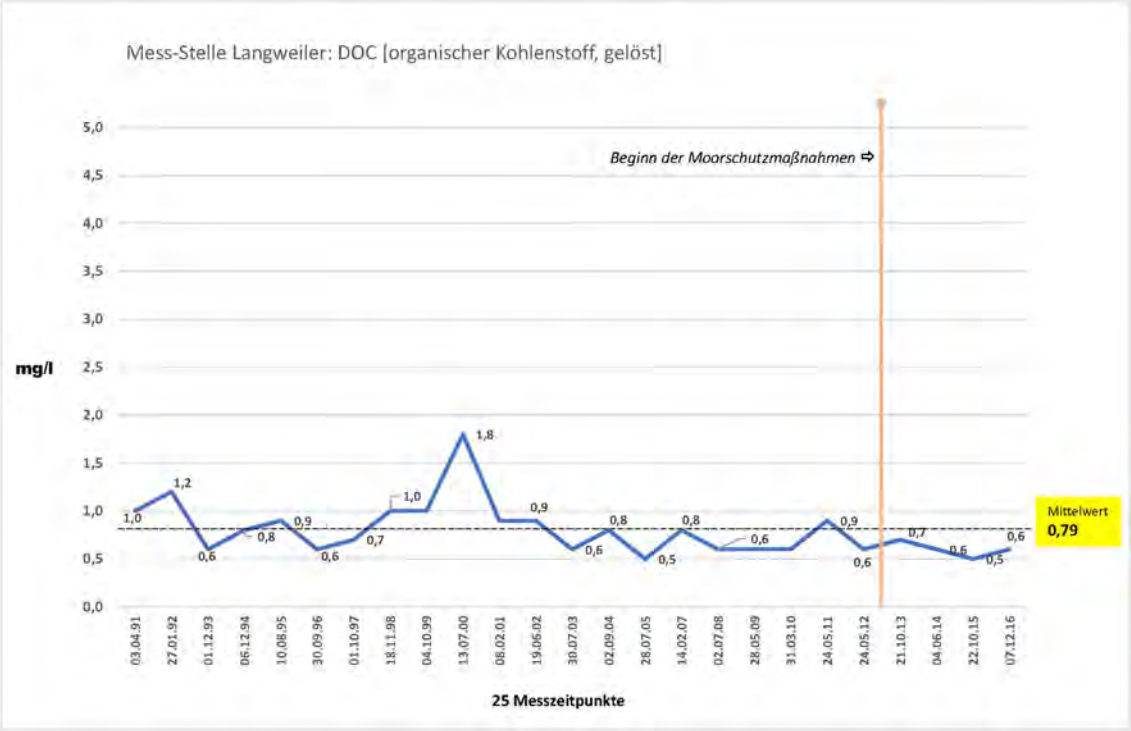
(Quelle: GDA Wasser RLP, MUEEF RLP 2017)

Abb. 28: Phosphatwerte Mess-Stelle Langweiler



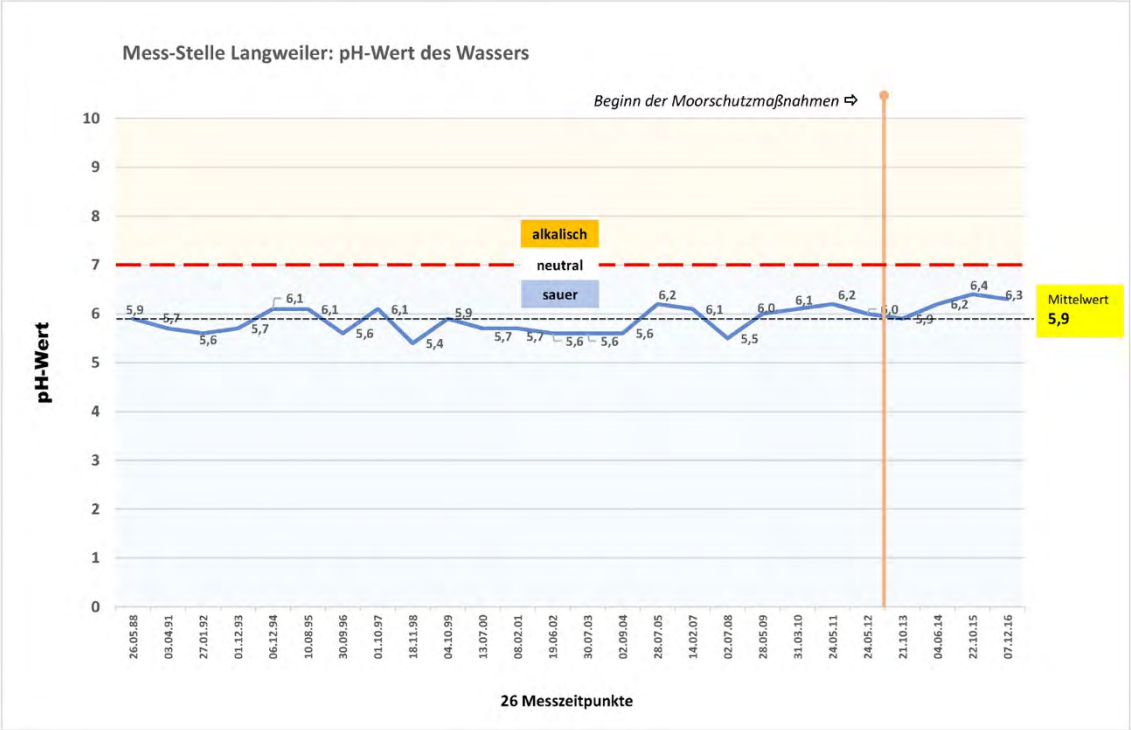
(Quelle: GDA Wasser RLP, MUEEF RLP 2017)

Abb. 29: DOC-Werte Mess-Stelle Langweiler



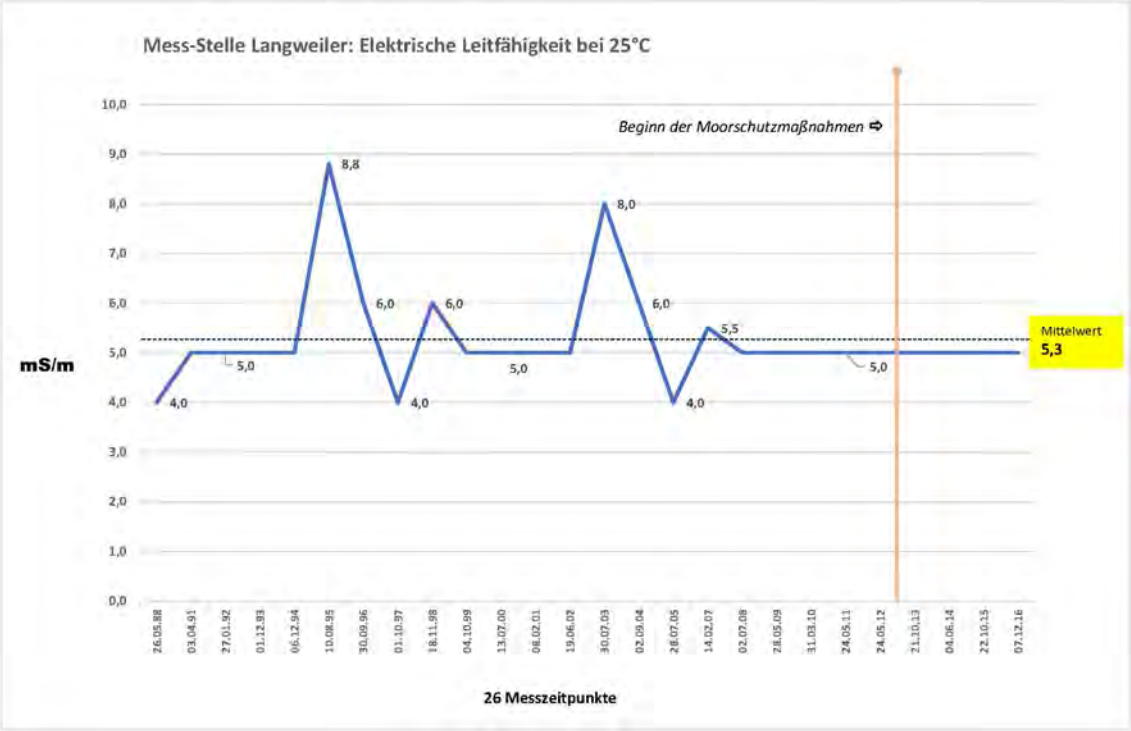
(Quelle: GDA Wasser RLP, MUEEF RLP 2017)

Abb. 30: pH-Werte Mess-Stelle Langweiler



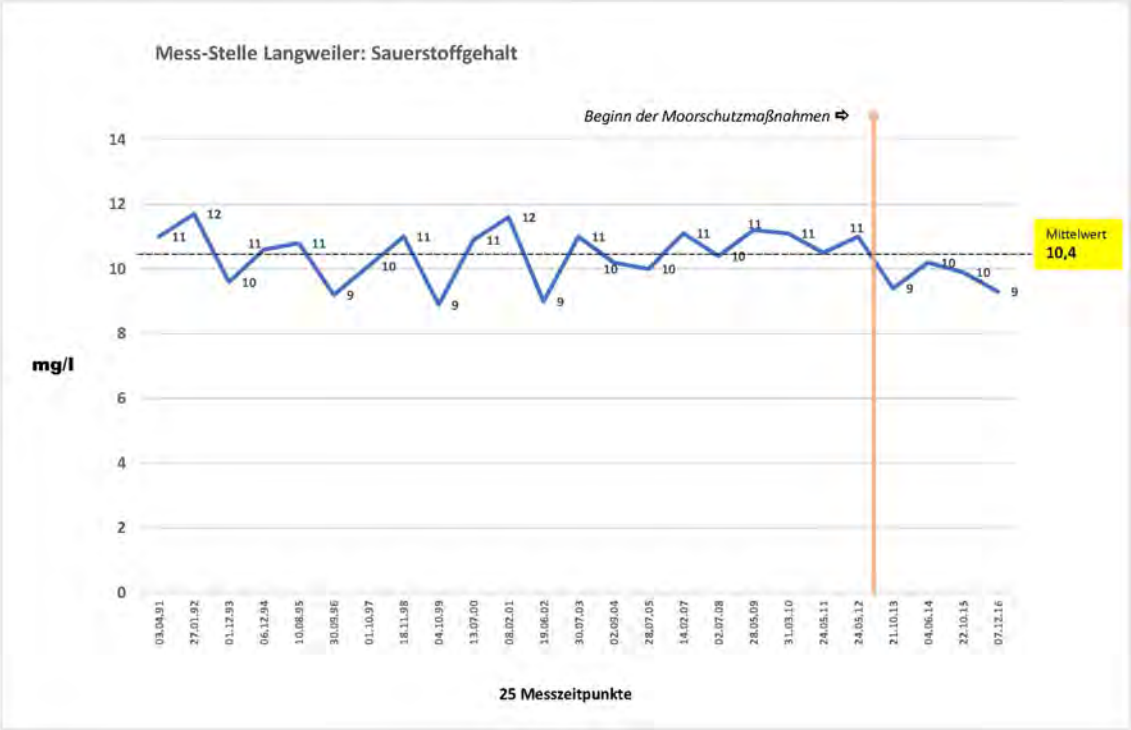
(Quelle: GDA Wasser RLP, MUEEF RLP 2017)

Abb. 31: Elektrische Leitfähigkeit Mess-Stelle Langweiler



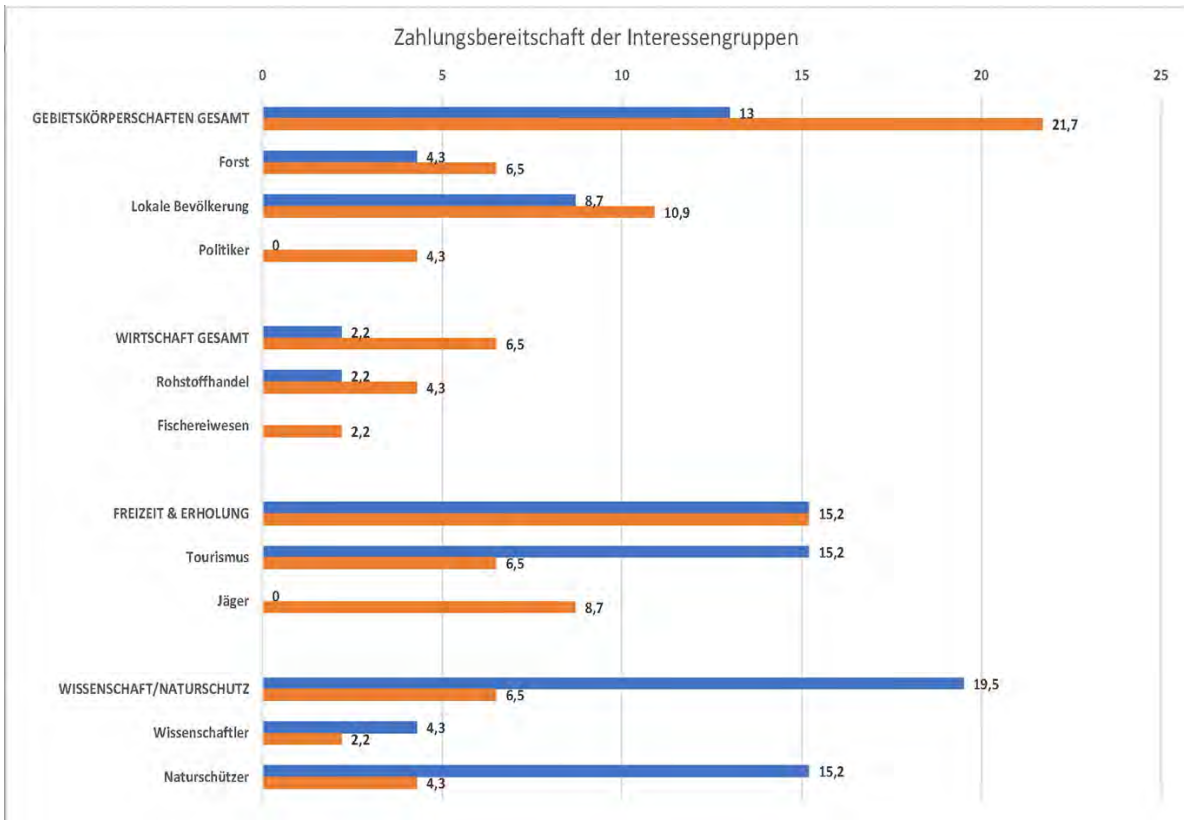
(Quelle: GDA Wasser RLP, MUEEF RLP 2017)

Abb. 32: Sauerstoffgehalt Mess-Stelle Langweiler



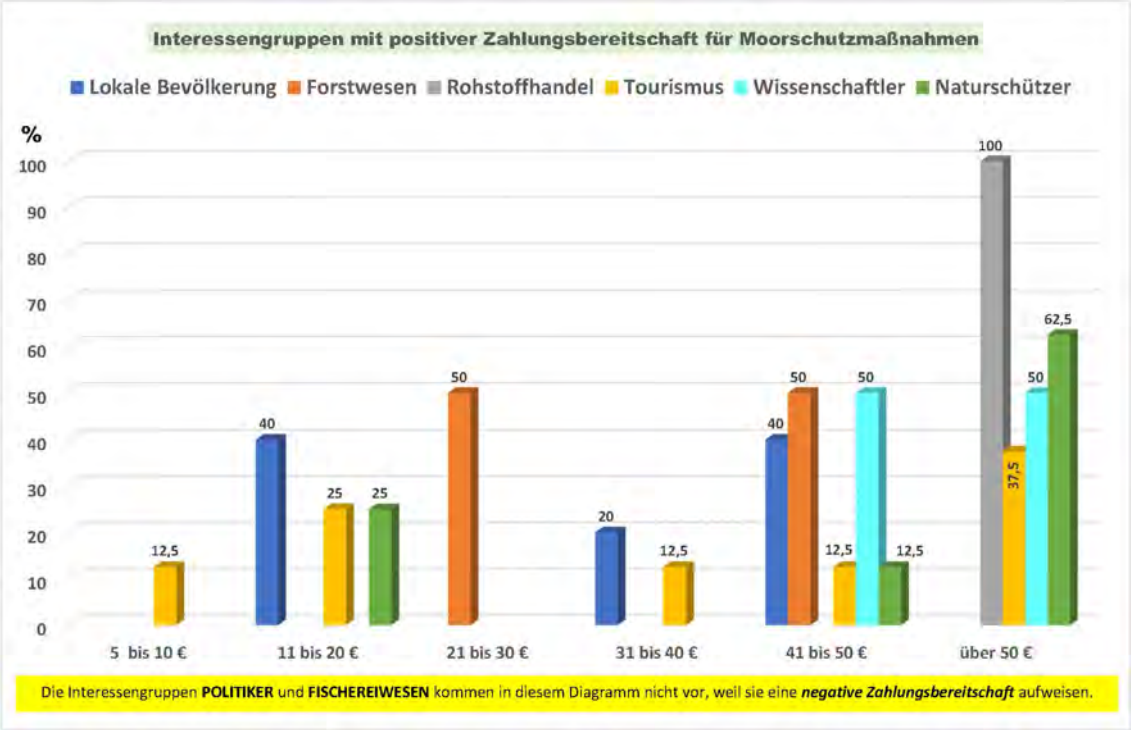
(Quelle: GDA Wasser RLP, MUEEF RLP 2017)

Abb. 39: Zahlungsbereitschaft der Interessengruppen



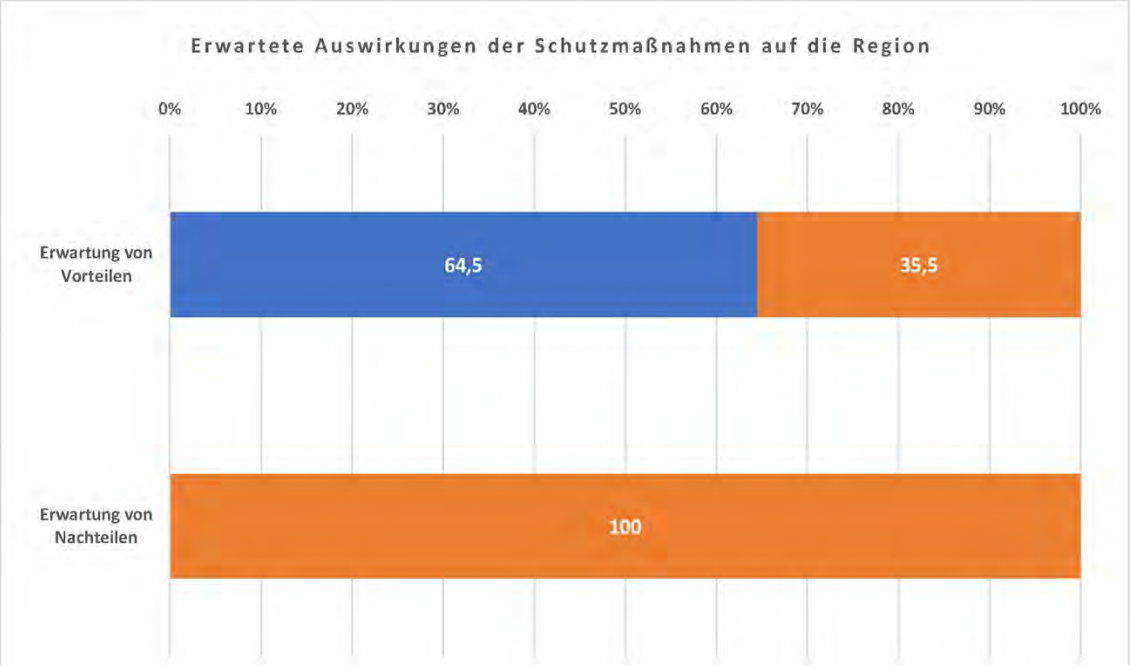
= Positive ZB in %, = negative ZB in % *(eigene Erhebung 2017, n = 46)*

Abb. 40: Betrag in Interessengruppe bei positiver ZB



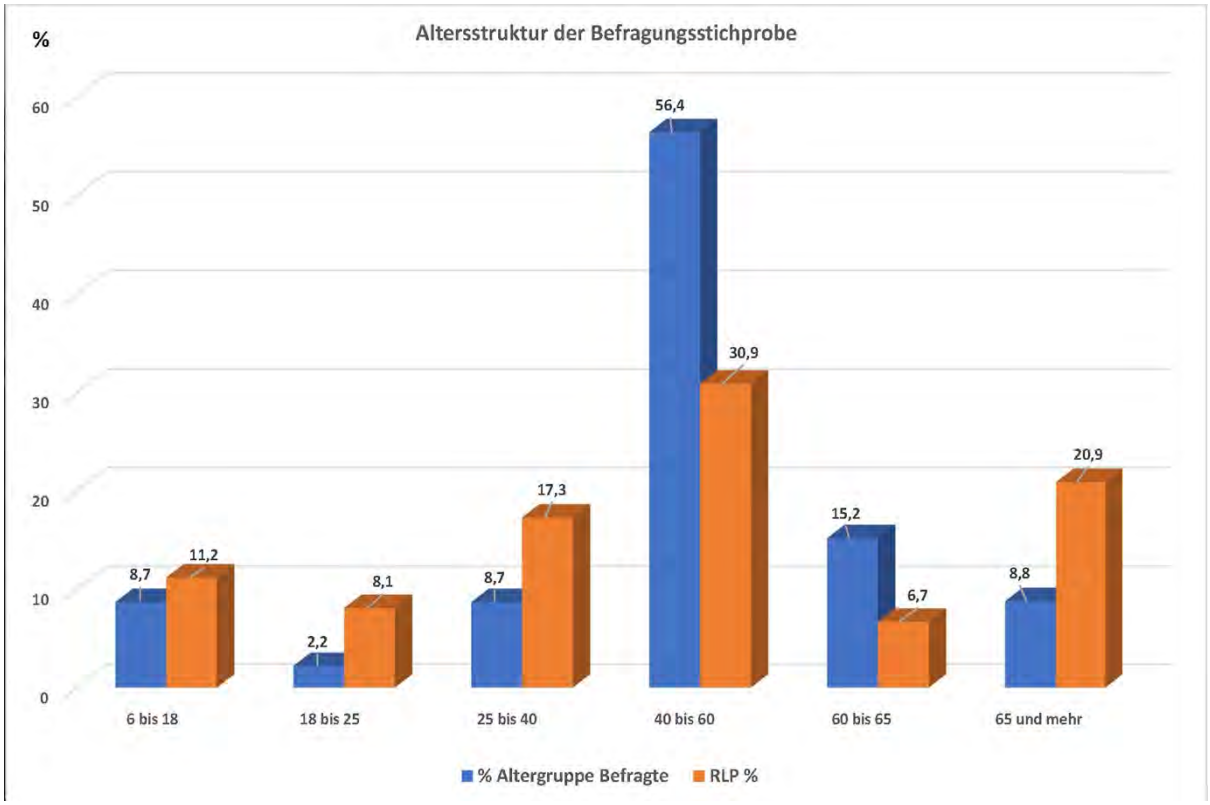
(eigene Erhebung 2017, n = 46)

Abb. 42*:* Zusammenhang ZB mit der Erwartung von Vor- und Nachteilen



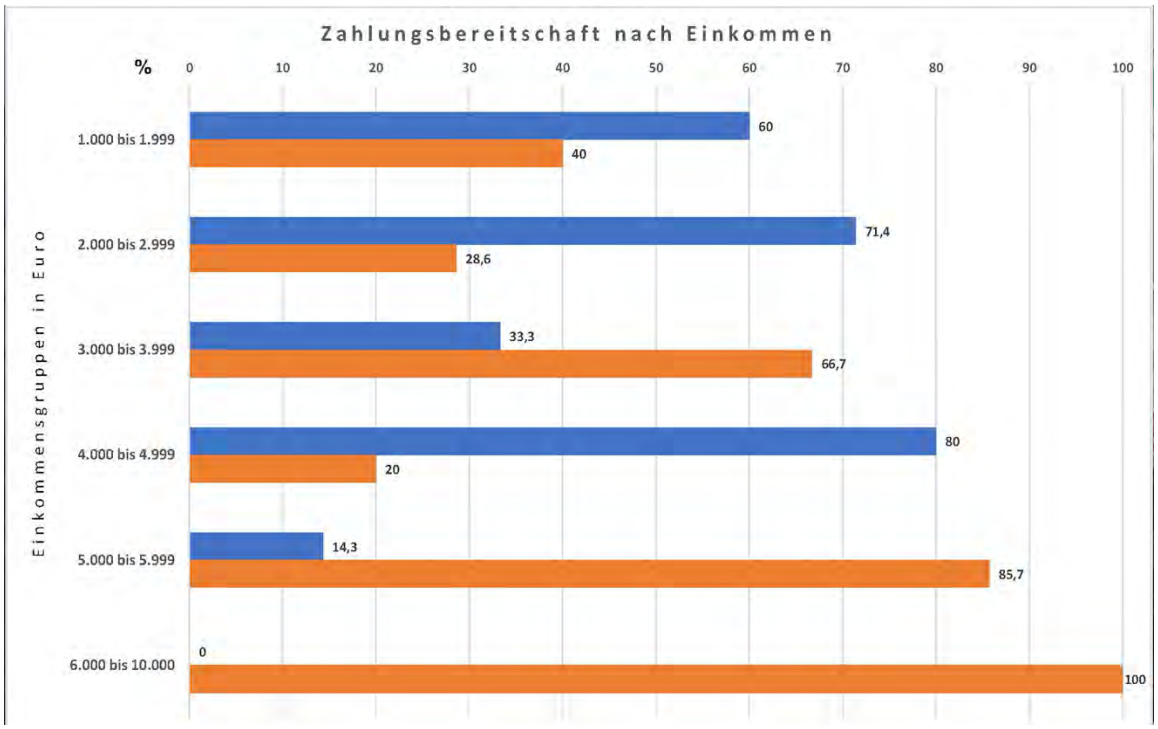
= Positive ZB in %, = negative ZB in % *(eigene Erhebung 2017, n = 46)*

Abb. 44: Altersstruktur der Befragten im Landesvergleich (RLP)



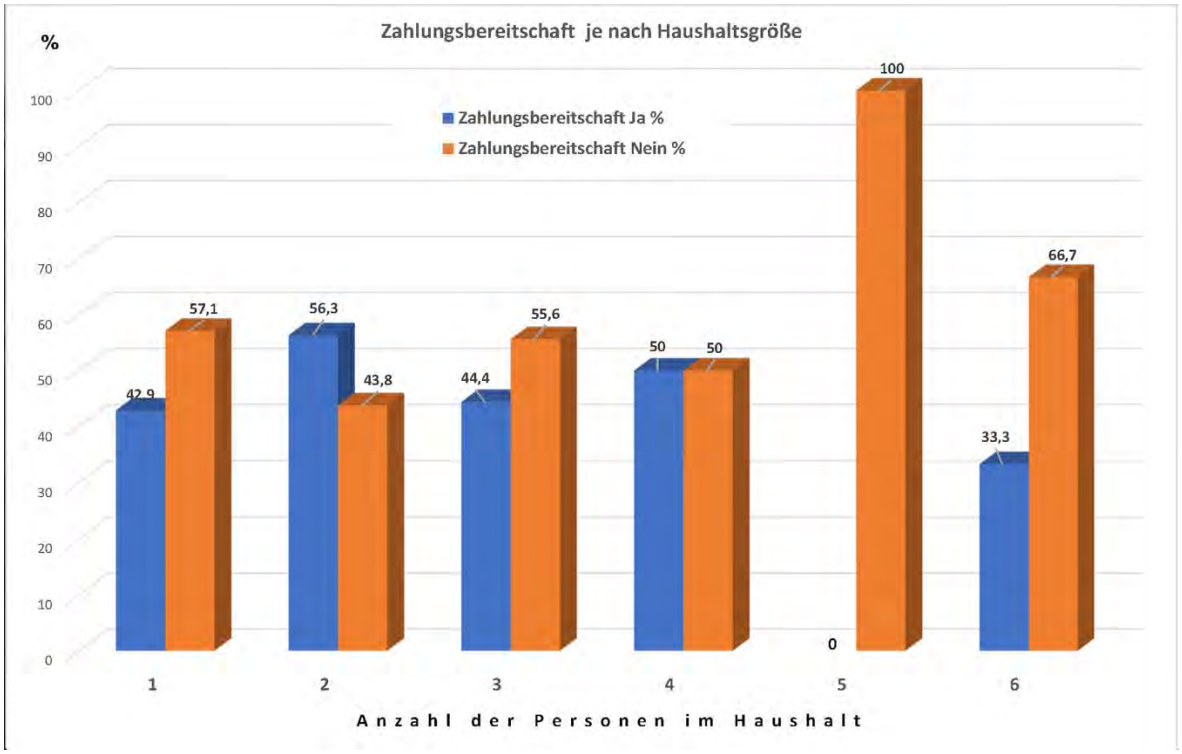
(eigene Erhebung 2017 im Vergleich mit Daten des STATISTISCHEM BUNDESAMTES für RLP 2016, n = 46)

Abb. 46*:* ZB in Kombination mit monatlichem Haushaltseinkommen



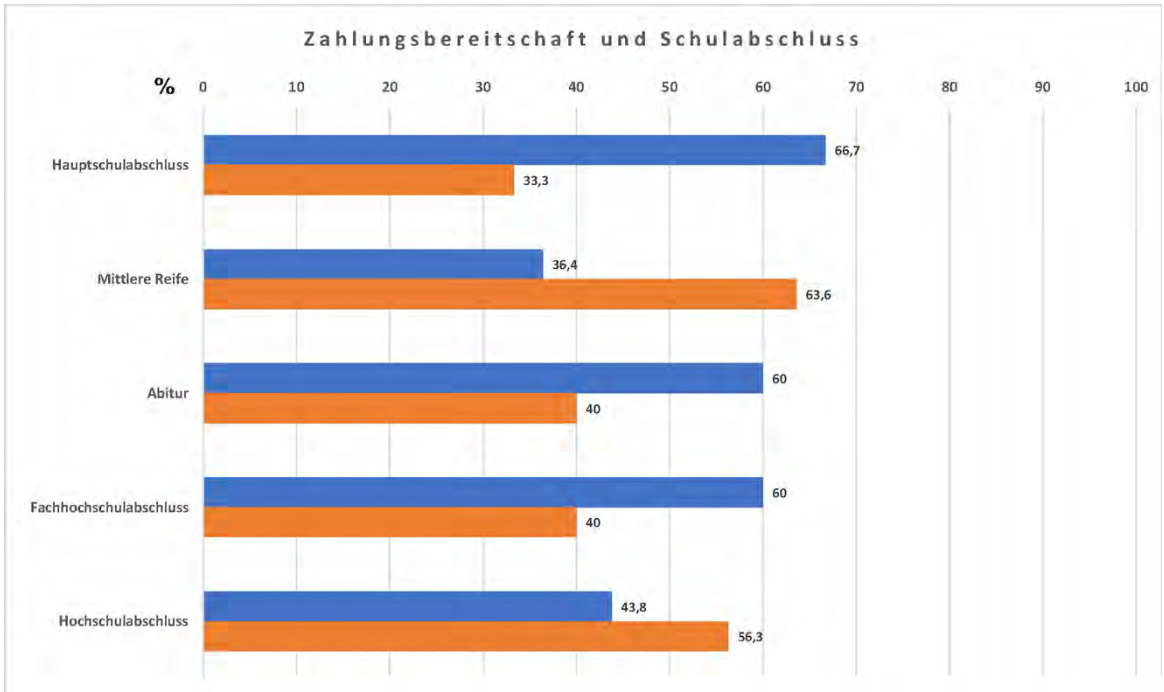
= Positive ZB in %, = negative ZB in % *(eigene Erhebung 2017, n = 46)*

***Abb. 47**:* Einfluss der Haushaltsgröße auf die ZB



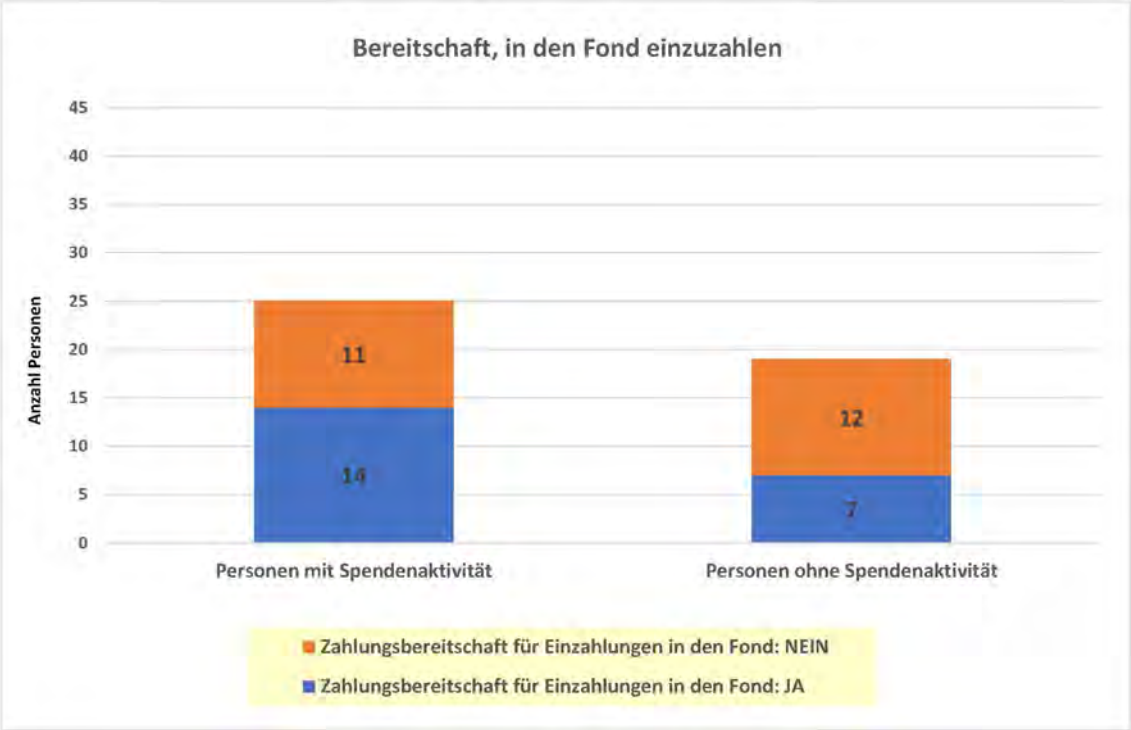
(eigene Erhebung 2017, n = 46)

***Abb. 48**:* ZB in Kombination mit Schulabschluss



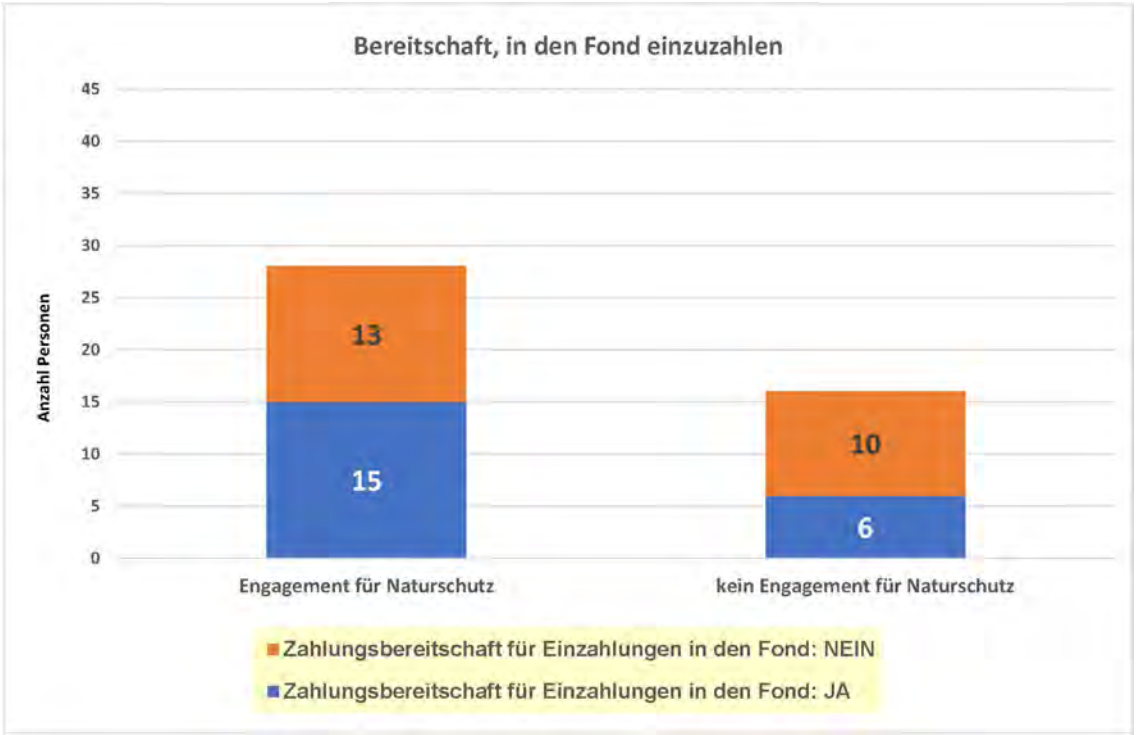
= Positive ZB in %, = negative ZB in % *(eigene Erhebung 2017, n = 46)*

Abb. 49: ZB in Kombination mit der Spendentätigkeit



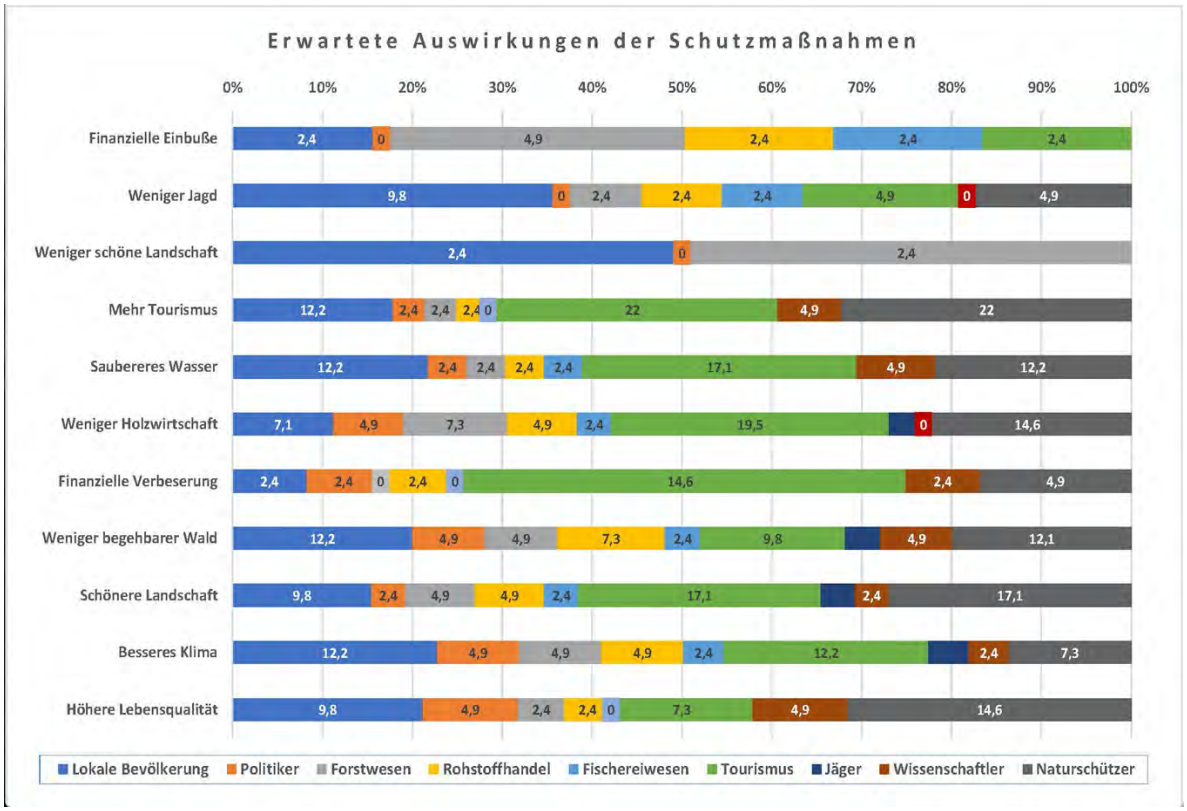
(eigene Erhebung 2017, n = 46)

Abb. 50: ZB in Kombination mit Engagement für Umwelt- und Naturschutz



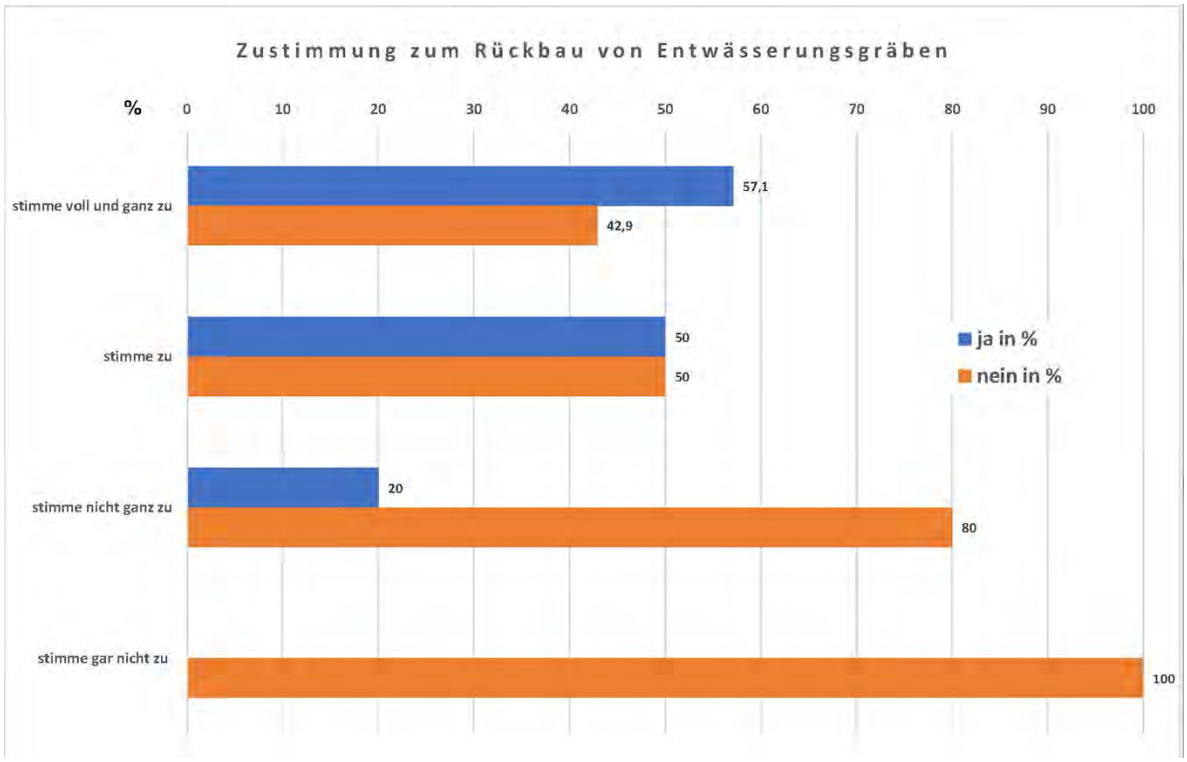
(eigene Erhebung 2017, n = 46)

***Abb. 51**:* Erwartete Auswirkungen auf die Region



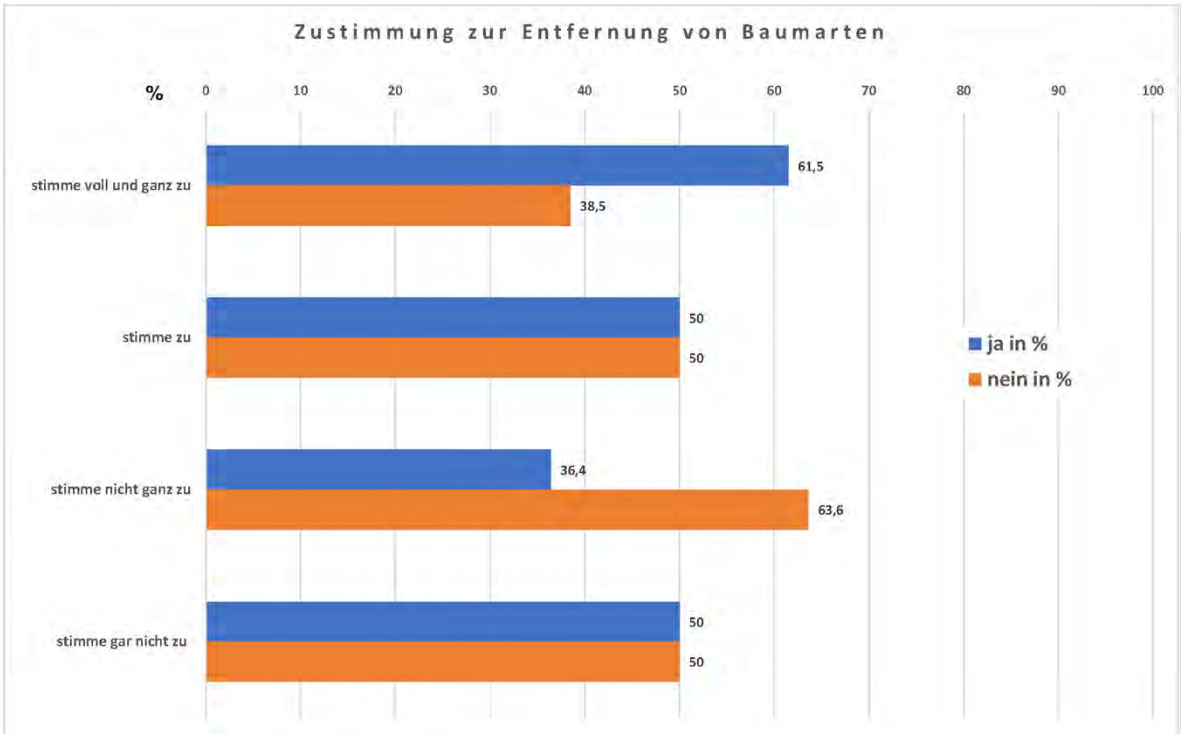
(eigene Erhebung 2017, n = 46)

***Abb. 52**:* Einfluss der ZB auf die Akzeptanz der Maßnahme 1



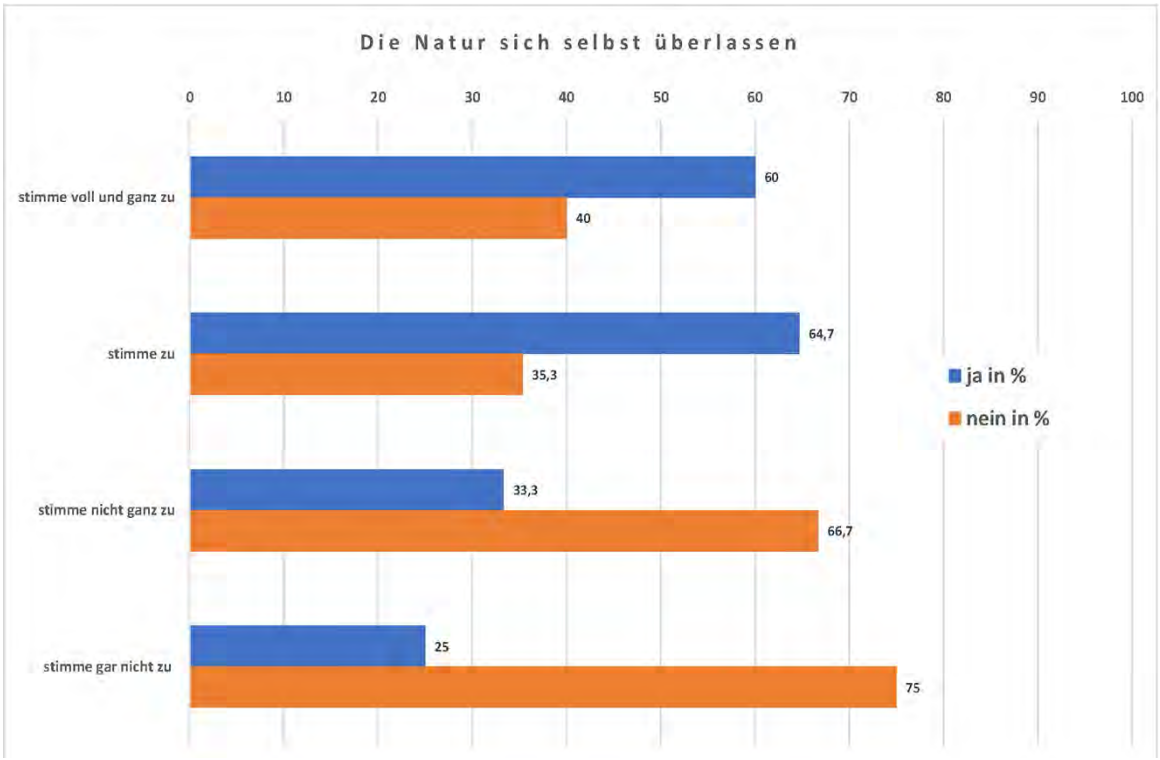
= Positive ZB in %, = negative ZB in % *(eigene Erhebung 2017, n = 46)*

Abb. 53: Einfluss der ZB auf die Akzeptanz der Maßnahme 2



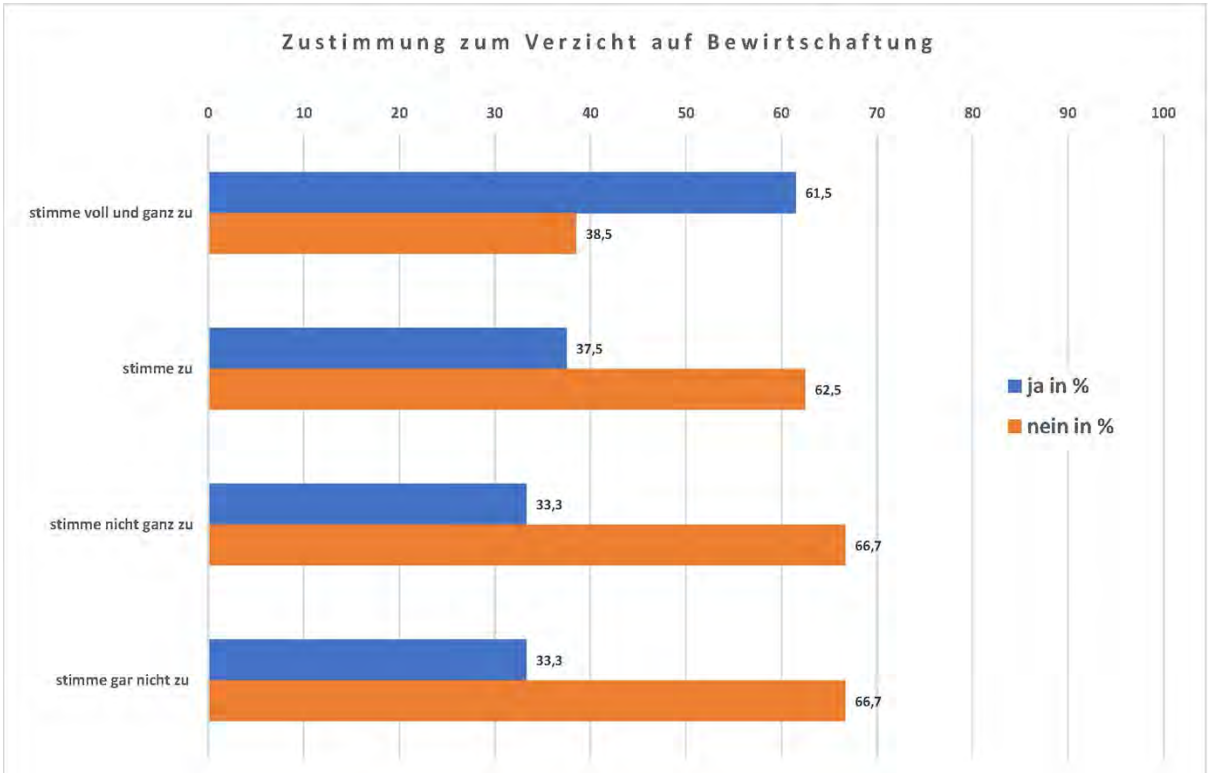
= Positive ZB in %, = negative ZB in % *(eigene Erhebung 2017, n = 46)*

Abb. 54: Einfluss der ZB auf die Akzeptanz der Maßnahme 3



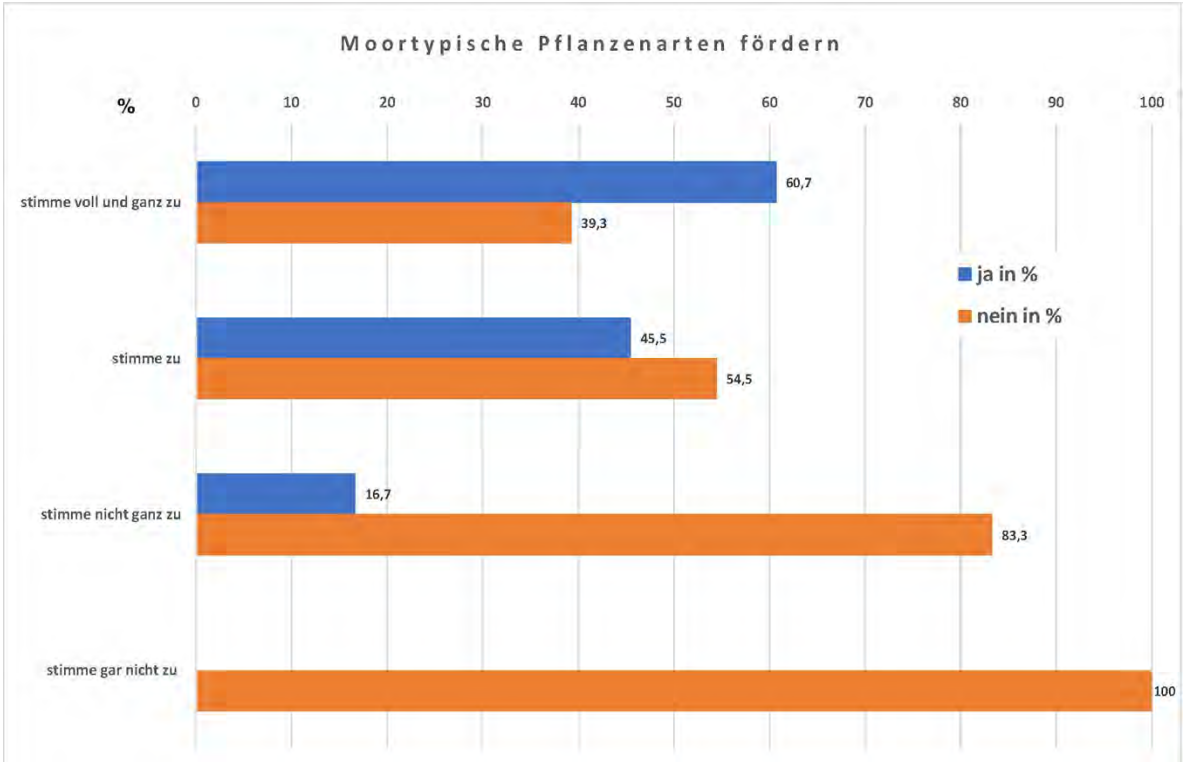
= Positive ZB in %, = negative ZB in % *(eigene Erhebung 2017, n = 46)*

***Abb. 55**:* Einfluss der ZB auf die Akzeptanz der Maßnahme 4



= Positive ZB in %, = negative ZB in % *(eigene Erhebung 2017, n = 46)*

***Abb. 56**:* Einfluss der ZB auf die Akzeptanz der Maßnahme 5



= Positive ZB in %, = negative ZB in % *(eigene Erhebung 2017, n = 46)*

FRAGEBOGEN

FRAGEBOGEN

Zur sozio-demographischen Untersuchung der Ökosystem-dienstleistung renaturierter Hang-Moore im Nationalpark Hunsrück-Hochwald

Von

Eva Verena Müller

Universität Rostock, Studienfach Umweltschutz| evmueller@posteo.de

FRAGEBOGEN

Alter: _____

Geschlecht: _____

Datum: _____

Uhrzeit: _____

FRAGEBOGEN

Teil I: Die Maßnahmen

Um die Moore im Hunsrück zu erhalten und ihre Funktion im Naturhaushalt wiederherzustellen, werden verschiedene Schutzmaßnahmen durchgeführt. Ich nenne Ihnen gleich 5 dieser Maßnahmen, und Sie sagen mir, auf einer Skala von 1 bis 4, ob Sie den Maßnahmen zustimmen. 1 bedeutet, Sie stimmen den Maßnahmen voll zu, 2 bedeutet, Sie stimmen zu, 3 bedeutet, Sie stimmen nicht ganz zu und 4 bedeutet, Sie stimmen nicht zu. Zu jeder Maßnahme zeige ich Ihnen ein Foto, das Ihnen veranschaulichen soll, was man sich unter der Maßnahme vorzustellen hat.

I.1

Um die Moore forstlich nutzen zu können, wurden diese in der Vergangenheit durch Entwässerungsgräben drainiert. Das führt zu einem schnelleren Abfluss, durch den es dann an Oberflächengewässern flussabwärts zu Hochwassern (Sturzfluten) kommen kann. Damit die Moore das Wasser wieder speichern können, sollen die Entwässerungsgräben zurückgebaut, also aufgefüllt werden. Allerdings hat das zur Folge, dass man diesen Abschnitt des Waldes weniger gut begehen kann, ohne sich nasse Füße zu holen. Stimmen Sie dieser Maßnahme zu?

Foto 1: Rückbau der Draingräben

☐	☐	☐	☐
Ich stimme voll und ganz zu	**Ich stimme zu**	**Ich stimme nicht ganz zu**	**Ich stimme gar nicht zu**

I.2

Um die Entwicklung von Moorlebensräumen zu beschleunigen, sollen Baumarten, die normalerweise nicht im Moor vorkommen, wie die Fichte, vollständig im Kahlschlag entfernt werden. Wenn die Bäume entfernt sind, können sie kein Wasser mehr verbrauchen, das dann in der Landschaft verbleibt und sich günstig auf die Moorbildung auswirkt. Die gefällten Bäume können noch einmalig für die Holzproduktion genutzt werden. Das Landschaftsbild verändert sich durch die Rodung vom Wald zum Offenland (Foto). Arten, die bislang an den Wald angepasst waren, verlieren allerdings ganz plötzlich ihre Lebensgrundlage. Für spezielle und zum Teil sehr seltene Arten, die nur im Moor vorkommen, soll wieder ein geeigneter Lebensraum geschaffen werden(Foto). Stimmen Sie dieser Maßnahme zu?

Foto 2: Kahlschlagfläche
Foto 3, 4 und 5: Moosbeere, Sonnentau, Falter

☐	☐	☐	☐
Ich stimme voll und ganz zu	**Ich stimme zu**	**Ich stimme nicht ganz zu**	**Ich stimme gar nicht zu**

FRAGEBOGEN

I.3

Ein anderer Ansatz sieht vor, die Natur sich selbst zu überlassen, also nicht in die natürlichen Prozesse einzugreifen. Auf manchen Flächen im Nationalpark sollen daher auch die Gräben nicht geschlossen werden. Dann dauert es sehr viel länger, bis sich die Gräben auf natürliche Weise schließen, der Wasserhaushalt wieder ausgeglichen ist und sich das Moor seinen Lebensraum zurückerobern kann. Abgestorbene Bäume bleiben liegen und vermodern und bieten so vielen Arten einen zusätzlichen Lebensraum und Nahrung. Der Wald sieht dadurch ursprünglicher aus, aber auch weniger aufgeräumt. Würden Sie dieser Maßnahme zustimmen?

Foto 6: naturnahe Fläche ohne Eingriff

☐	☐	☐	☐
Ich stimme voll und ganz zu	**Ich stimme zu**	**Ich stimme nicht ganz zu**	**Ich stimme gar nicht zu**

I.4

Die vierte Maßnahme sieht vor, dass in den zentralen Moorgebieten (ca 15 % der Fläche des Nationalparks) auf eine Bewirtschaftung vollständig verzichtet wird. Hier wird also kein Holz mehr geerntet. Ohne den Einsatz von schweren Holzerntemaschinen wird der Boden nicht mehr verdichtet und geschädigt. Die Moore und ihr Wasserhaushalt können sich dadurch wieder erholen. Auch viele am und im Boden lebende Arten werden geschont. Stimmen Sie dieser Maßnahme zu?

Foto 7: Rückewege

☐	☐	☐	☐
Ich stimme voll und ganz zu	**Ich stimme zu**	**Ich stimme nicht ganz zu**	**Ich stimme gar nicht zu**

FRAGEBOGEN

I.5

Damit sich ein natürlicher Moorlebensraum bilden kann, sollen moortypische Pflanzenarten gefördert werden und mooruntypische auf Dauer verschwinden. Vom Menschen angepflanzte Nadelwälder werden in den zentralen Moorgebieten langfristig verschwinden. Laubbaumarten, wie die Moorbirke und andere Feuchte liebende Arten, werden das bisherige Landschaftsbild verändern. Im Winter erscheint dann die Landschaft zum Beispiel wesentlich kahler. Der Moorwald ist allerdings besser an die Standortbedingungen angepasst und in seiner Widerstandskraft gegenüber Umwelteinflüssen gestärkt. Seltene, spezialisierte Arten können langfristig wieder siedeln. Stimmen Sie dieser Maßnahme zu?

Foto 8: Typischer Moorwaldbestand

☐ **Ich stimme voll und ganz zu**

☐ **Ich stimme zu**

☐ **Ich stimme nicht ganz zu**

☐ **Ich stimme gar nicht zu**

FRAGEBOGEN

Teil II: Die Zahlungsbereitschaft

Stellen Sie sich bitte folgendes Gedankenspiel vor: Um die Umsetzung der Maßnahmen finanzieren zu können, würde ein Fonds eingerichtet. In diesen Fonds könnten alle, die die Maßnahmen befürworten, einen beliebigen Betrag einzahlen. Wenn genug Geld zusammenkommt, um die Maßnahmen zu bezahlen, können sie umgesetzt werden. Reicht das Geld nicht, bekommt jeder den Betrag zurück, den er eingezahlt hat, und die Maßnahmen werden nicht durchgeführt.

II.1

Wären Sie bereit, für die Umsetzung der Maßnahmen einen beliebigen Betrag in den Fonds einzuzahlen?

☐ **Ja, dazu wäre ich bereit** ↓

II.2a

Welchen Betrag können Sie sich vorstellen in den Fonds einzuzahlen?

- ☐ **5 – 10 €**
- ☐ **11 – 20 €**
- ☐ **21 – 30 €**
- ☐ **31 – 40 €**
- ☐ **41 – 50 €**
- ☐ **über 50 €**

II.3a

Sollte der gesammelte Betrag für die Umsetzung der Maßnahmen nicht ausreichen, wären Sie dann bereit, noch etwas mehr einzuzahlen?

☐ **Ja** ☐ **Nein**

☐ **Nein, dazu wäre ich nicht bereit** ↓

II.2b

Warum wären Sie nicht bereit, für die Umsetzung der Maßnahmen Geld zu bezahlen?

- ☐ **das ist mir finanziell nicht möglich**
- ☐ **das liegt nicht in meiner Verantwortung**
- ☐ **Natur lässt sich nicht in Geld bewerten**
- ☐ **Ich halte die Maßnahmen nicht für sinnvoll**
- ☐ **Andere Dinge sind wichtiger als die Natur**
- ☐ **Andere Gründe:**

_____

II.3b

Würden Sie also lieber darauf verzichten, dass die Maßnahmen umgesetzt werden, als dafür (noch mehr) Geld zu bezahlen?

☐ **Ja** ☐ **Nein**

FRAGEBOGEN

Teil III: Umweltbewusstsein

Wie Sie ja bereits wissen *(aus dem Informationstext über Moore, der mit der Einladung mitgeschickt wurde)*, wurden die Maßnahmen entwickelt, um die Moore im Hunsrück zu erhalten und ihre Funktion im Naturhaushalt wiederherzustellen. Die Ziele des Naturschutzes sind, dass die Moore wieder in einen möglichst naturnahen Zustand gebracht werden, damit sich wieder ein ausgeglichener, natürlicher Wasserhaushalt der Landschaft einstellt, und sich seltene, teilweise bedrohte Tier- und Pflanzenarten wieder ansiedeln können.

III.1

Sagen Sie mir doch bitte auf einer Skala von 1 bis 4, für wie wichtig Sie diese Naturschutzziele halten. Die Ziele sind:

☐ **sehr wichtig** ☐ **wichtig** ☐ **weniger wichtig** ☐ **gar nicht wichtig**

III.2

Ich gebe Ihnen jetzt 5 Karten, auf denen verschiedene Ziele des Naturschutzes stehen, die durch die Moorrenaturierung erreicht werden sollen. Bitte sortieren Sie die Karten/Ziele in der Reihenfolge, in der Sie die Ziele für wichtiger halten. Das wichtigste Ziel kommt nach oben, das unwichtigste nach unten.

Auf den Karten stehen folgende Begriffe: Ausgeglichener Wasserhaushalt, Schutz seltener Arten, Hochwasserschutz, Schutz vor den Folgen des Klimawandels, ursprünglicheres Landschaftsbild

III.3

Denken Sie, dass die Umsetzung der Maßnahmen Auswirkungen auf Ihr Leben haben würde?

☐ **Ja** ↓

III.3a

Würden Sie eher Vorteile oder eher Nachteile erwarten?

☐ **Vorteile** ☐ **Nachteile**

Welche wären das?

_____

_____

☐ **Nein** ↓

III.3b

Denken Sie, dass sich die Maßnahmen auf die Region auswirken würden?

☐ **Ja** ← *weiter mit Frage III.3a*

☐ **Nein** ↓ *weiter mit Frage III.5*

FRAGEBOGEN

III.4a

Bitte kreuzen Sie an, welche der unten aufgeführten Auswirkungen Ihrer Meinung nach für die Region zu erwarten wären. Sie können mehrere Kreuze setzen.

☐ **Finanzielle Einbuße**	☐ **Finanzielle Verbesserung**
☐ **Weniger Jagd**	☐ **Weniger begehbarer Wald**
☐ **Weniger schöne Landschaft**	☐ **Schönere Landschaft**
☐ **Mehr Touristen**	☐ **Besseres Klima**
☐ **Saubereres Wasser**	☐ **Höhere Lebensqualität**
☐ **Weniger Holzwirtschaft**	☐ **Sonstiges:**

_____

III.4b

Beurteilen Sie die Auswirkungen für die Region insgesamt eher als Vorteile oder eher als Nachteile?

☐ **eher als Vorteile** ☐ **eher als Nachteile**

III.5

Als nächstes würde ich gerne wissen, welche Bedeutung der Wald im Allgemeinen für Ihr Leben hat. Sagen Sie mir dazu bitte, ob die folgenden Aussagen für Sie voll zutreffen, ob sie nur teilweise zutreffen, oder ob sie gar nicht zutreffen:

	Trifft voll zu	Trifft teilweise zu	Trifft gar nicht zu
Ich nutze den Wald zur Erholung	☐	☐	☐
Ich betreibe im Wald Jagd	☐	☐	☐
Ich verdiene mein Geld mit dem Wald	☐	☐	☐
Der Wald ist nur für den Menschen da	☐	☐	☐
Das Wichtigste am Wald ist die Holzernte	☐	☐	☐

FRAGEBOGEN

Ich genieße den Anblick eines naturnahen Waldes	☐	☐	☐
Ich finde es wichtig, dass der Wald ursprünglich ist	☐	☐	☐
Pflanzen und Tiere haben das gleiche Recht auf den Wald wie der Mensch	☐	☐	☐

III.6

Für wie wichtig halten Sie Umweltschutz im Vergleich zu anderen Aufgaben in der Gesellschaft?

☐	☐	☐	☐
sehr wichtig	**wichtig**	**weniger wichtig**	**gar nicht wichtig**

FRAGEBOGEN

Teil IV: Persönliche Angaben

Wir haben es gleich geschafft. Bevor wir mit der Befragung fertig sind, habe ich noch ein paar Fragen zu Ihren persönlichen Daten, die wichtig für die Auswertung sind.

IV.1a

Wie viele Personen leben in Ihrem Haushalt?

_____

IV.1b

Welchen höchsten allgemeinbildenden Schulabschluss haben Sie?

☐ **kein Abschluss**

☐ **Hauptschulabschluss**

☐ **Mittlere Reife**

☐ **Abitur**

☐ **Hochschulabschluss**

IV.1c

Welchen Beruf üben Sie aus?

_____

IV.1d

Wie hoch ist Ihr monatliches Haushaltseinkommen?

☐ **< 1.000 €**

☐ **1.000 bis < 2.000 €**

☐ **2.000 bis < 3.000 €**

☐ **3.000 bis < 4.000 €**

☐ **4.000 bis < 5.000 €**

☐ **5.000 bis < 6.000 €**

☐ **6.000 bis < 10.000 €**

☐ **über 10.000 €**

IV.2

Haben Sie schon mal an eine Naturschutzorganisation gespendet?

☐ **Ja** ☐ **Nein**

IV.3

Engagieren Sie sich sonst in irgendeiner Weise für den Umwelt- und Naturschutz?

☐ **Ja** ☐ **Nein**

Wenn ja, wie denn?

_____

Ich bedanke mich vielmals für Ihre Teilnahme an dieser Befragung.