

Potenziale für Paludikultur im Thurbruch (Usedom)



Diplomarbeit

Monika Hohlbein

Landschaftsökologie und Naturschutz

Universität Greifswald

25. Oktober 2013

leicht überarbeitete Version vom 06. März 2014

Gutachter: Prof. Dr. Dr. h.c. Hans Joosten

Sabine Wichmann

Titelblatt

Foto links: Heutiges Thurbruch: Grünland mit Entwässerungsgräben (Foto: M. Hohlbein)

Foto rechts: Paludikultur in Rozwarowo (Polen) für Dachschilfnutzung (Foto: A. Schäfer)

Inhaltsverzeichnis

Tabellenverzeichnis.....	II
Abbildungsverzeichnis.....	II
Kartenverzeichnis.....	III
Abkürzungsverzeichnis.....	IV
Zusammenfassung.....	1
1 Einleitung.....	3
2 Material und Methoden.....	5
2.1 Abgrenzung des Untersuchungsgebiets.....	5
2.2 Ermittlung der Landnutzung.....	6
2.3 Entwicklung der Nutzungsszenarien.....	6
2.4 Bewertung der Nutzungsszenarien.....	9
3 Ergebnisse.....	13
3.1 Geschichte der Landnutzung.....	13
3.2 Heutige Landnutzung (Referenzzustand).....	14
3.3 Geländehöhe.....	19
3.4 Nutzungsszenarien.....	23
3.5 Biomasseerträge.....	39
3.6 Treibhausgasemissionen	42
4 Diskussion.....	45
4.1 Wasserstand.....	45
4.2 Flächennutzung.....	49
4.3 Biomasseerträge.....	53
4.4 Treibhausgasemissionen.....	56
5 Schlussfolgerung.....	61
6 Danksagung.....	63
Literaturverzeichnis.....	65
Mündliche Mitteilungen.....	73

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Kriterien zur Ausweisung von Nutzungskategorien, Nutzung nach Wichtmann & Wichmann 2011, Wasserbüffelweiden und Angaben deren Vegetation verändert nach Weert Sweers (mündl. Mitt. 2013).....	9
Tabelle 2: Zuordnung von Treibhausgasemissionen zu Vegetationstypen, nach Couwenberg et al. 2011, Nassflächen zusätzlich nach Glatzel et al. 2011 und Augustin & Chojnicki 2008.....	11
Tabelle 3: Nutzungskategorien und deren prozentuale Anteile an Vegetationstypen.....	39
Tabelle 4: Biomasseerträge der Nutzungskategorien nach Anteil jeweils nutzbarer Vegetationstypen für die Szenarien. Erträgen von Grünland und Feuchtgrünland nach Käding et al. 2005; Erträge von Seggen/Rohrglanzgras gemittelt aus Schulz et al. 2011, Steffenhagen et al. 2008, Timmermann 2009, Erträge von Schilf gemittelt aus Timmermann 2009, Claudia Oehmke (mündl. Mitt. 2013) und Erträgen von Rohrkolben aus Heinz 2011.....	40
Tabelle 5: Treibhausgasemissionen je Szenario nach Vegetationstypen, mit mittlerem Jahreswasserstand und Treibhauspotenzialen, nach Couwenberg et al. 2011, Nassflächen zusätzlich durch Aufteilung des Szenarios Paludikultur in Unterszenarien nach Glatzel et al. 2011 (B) und Augustin & Chojnicki 2008 (C)	43
Tabelle 6: Erträge und Energiegehalte ohne und mit geringer Stickstoffdüngung, und mit niedriger (B) und mittlerer (C) Phosphor- Kaliumdüngung, am Beispiel Mähweide Rohrglanzgras-Quecken-Grasland (2+) nach Käding et al. (2005).....	54
Tabelle 7: Emissionen der Szenarien je Hektar und jeweilige Emissionsreduktion je Hektar im Vergleich zu Szenario Grünland	58

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Heutige Nutzung des gesamten Untersuchungsgebiets (2.716 ha), nach LUNG (1991)...	14
Abbildung 2: Vegetationstypen und deren mittlerer Jahreswasserstand (m in Flur).....	23
Abbildung 3: Vegetationstypen und Flächennutzung der Szenarien Grünland (A & B), Grünland & Paludikultur (C&D) und Paludikultur (E&F) als Flächenanteile in %, eigene Berechnung, nach LAiV (2012).....	25
Abbildung 4: Zusammensetzung der Biomasse in den Szenarien.....	42
Abbildung 5: Treibhausgasemissionen der Szenarien und deren Klimakosten nach UBA (2012a).....	59

Kartenverzeichnis

Karte 1: Lage des Untersuchungsgebiets.....	5
Karte 2: Heutige Nutzung im Thurbruch.....	17
Karte 3: Geländehöhe im Thurbruch.....	21
Karte 4: Wasserstände im Thurbruch, Szenario Grünland.....	27
Karte 5: Flächennutzung im Thurbruch, Szenario Grünland.....	29
Karte 6: Wasserstände im Thurbruch, Szenario Grünland und Paludikultur.....	31
Karte 7: Flächennutzung im Thurbruch, Szenario Grünland und Paludikultur.....	33
Karte 8: Wasserstände im Thurbruch, Szenario Paludikultur.....	35
Karte 9: Flächennutzung im Thurbruch, Szenario Paludikultur.....	37

Abkürzungsverzeichnis

a	Jahr
Äq.	Äquivalent
Bearb.	Bearbeiterin
bzw.	beziehungsweise
ca.	circa
cm	Zentimeter
CO ₂	Kohlendioxid
CH ₄	Methan
d. h.	das heißt
DHHN 92	Deutsche Haupthöhennetz 1992
DTK 50	Digitale Topographische Karte 1:50.000
DTK 750	Digitale Topographische Karte 1:750.000
ESRI	Environmental Systems Research Institute, US-amerikanischer Softwarehersteller
ETRS	European Terrestrial Reference System, Europäisches Erdfestes Bezugssystem
EU	Europäische Union
FFH	Flora Fauna Habitat
GEST	TreibhausGas-Emissions-Standort-Typen
GIS	Geographisches Informationssystem
GJ	Gigajoule
GV	Großvieheinheit
ha	Hektar
HN	Höhennull
Hrsg.	Herausgeber
inkl.	inklusive
kg	Kilogramm

lat.	lateinische Sprache
LPG	Landwirtschaftliche Produktionsgenossenschaft
LUNG	Landesamt für Umwelt Naturschutz und Geologie Mecklenburg-Vorpommern
m	Meter
Mio.	Million
mündl.	mündliche
Mitt.	Mitteilung
M-V	Mecklenburg-Vorpommern
NEL	Netto-Energie-Laktation
NHN	Normalhöhennull
SPA	Special Protection Area, Europäisches Vogelschutzgebiet
t	Tonne
TM	Trockenmasse
u. a.	unter anderem
UTM	Universal Transverse Mercator, Mercator-Projektion
v. a.	vor allem
VCS	Verified Carbon Standard
vgl.	vergleiche
VIP	Vorpommern Initiative Paludikultur
WBV	Wasser- und Bodenverband
z. B.	zum Beispiel

Zusammenfassung

Paludikultur bedeutet nasse Nutzung von Mooren und beinhaltet traditionelle sowie neue Nutzungsformen. Ziel von Paludikultur ist es, Torf zu erhalten und damit Treibhausgasemissionen und Nährstoffausträge aus dem Moor zu reduzieren, das im Torf gespeicherte Archiv zu erhalten sowie moortypische Biodiversität zu fördern. Die bisherige Nutzung entwässerter Moore führt hingegen zu Mineralisierung des Torfes. Paludikultur wird noch nicht großflächig angewendet, da u.a. Anwendungsbeispiele fehlen. Daher wurde durch eine interdisziplinäre Arbeitsgruppe Paludikultur beispielhaft für das Thurbruch untersucht, ohne jedoch eine Umsetzung zu planen.

In dieser Arbeit wird für das Thurbruch die bisherige Nutzung dargestellt und es werden drei Nutzungsszenarien entworfen, die sich durch unterschiedliche Wasserstände mit Hilfe des digitalen Geländemodells ergeben: *Szenario Grünland*: Nutzung weiter wie bisher; *Szenario Grünland & Paludikultur*: Grünlandnutzung und Paludikultur nebeneinander; *Szenario Paludikultur*: maximale Fläche an Paludikultur. Den auf der Fläche eingestellten Wasserständen wurden Vegetationstypen zugeordnet. Für abgegrenzte Flächen wurden über die Vegetationstypen die Nutzungskategorien Grünlandnutzung, Feuchtgrünlandnutzung, Nasswiesen, Wasserbüffelweiden, Schilfnutzung und Rohrkolben-/Schilfnutzung ausgewiesen. Wasserstände und Flächennutzung sind für jedes Szenario kartographisch dargestellt.

Um die Szenarien bewerten zu können, werden Biomasserträge berechnet und die jeweiligen Verwertungsmöglichkeiten aufgezeigt (Milch-/Fleischerzeugung, Brennstoffe/Biogas, Baustoffe). Die Biomasserträge und die Qualitäten können von der Art der Bewirtschaftung beeinflusst werden. Die höchsten Biomasserträge sind von Rohrkolben und von Schilf zu erwarten. Da bei Grünlandnutzung jedoch der nutzbare Anteil der Vegetation je Fläche größer ist, sind die Erträge je Hektar für Grünland höher.

Für alle Szenarien wurden die Treibhausgasemissionen ermittelt. Für das Szenario Paludikultur wurden Unterszenarien mit geringen, hohen und sehr hohen Emissionen erstellt, da es in der Literatur sehr unterschiedliche Methanemissionswerte für Nassflächen gibt. Die Treibhausgaseinsparung von Szenario Grünland zu Szenario Paludikultur liegt zwischen 4.361 t CO₂-Äq. a⁻¹ und 9.275 t CO₂-Äq. a⁻¹, je nach Methanemissionen. Demnach könnten jährlich Klimakosten zwischen 348.851 € und 741.988 € durch Paludikultur im Thurbruch vermieden werden.

1 Einleitung

Nasse Moore erfüllen wesentliche Ökosystemdienstleistungen, sie haben Einfluss auf das Klima und den Wasserhaushalt in der Landschaft, enthalten ein bis zu tausenden von Jahren altes Archiv und moortypische Biodiversität (GRUNEWALD & BASTIAN 2013, JOOSTEN & CLARKE 2002). Seit Jahrhunderten werden Moore zu Produktionszwecken entwässert, wodurch Torf mineralisiert wird (JOOSTEN & CLARKE 2002). Dabei ändern sich die Eigenschaften des Torfkörpers langfristig irreversibel, die Wasserverfügbarkeit für die Pflanzen verschlechtert sich und es kommt zum Moorschwind, der Abnahme der Moormächtigkeit (STEGMANN & ZEITZ 2001, SUCCOW 2001). Dies führt zu Problemen in der landwirtschaftliche Nutzung. Durch Mineralisation wandeln sich Moore zudem von einer Senke für Kohlenstoff und Stickstoff zu einer starken Quelle von Treibhausgasen und Nährstoffen, der Torf als Archiv und die moortypische Biodiversität gehen verloren (AUGUSTIN & JOOSTEN 2007, JOOSTEN & CLARKE 2002). In Mecklenburg-Vorpommern sind entwässerte Moore mit 6,2 Millionen Tonnen Kohlendioxidäquivalenten pro Jahr der größte Emittent von Treibhausgasen, die Hälfte (134.745 ha) aller Grünlandstandorte befindet sich auf Mooren (Stand 2008, MLUV 2009). Um den negativen Effekten der Entwässerung entgegen zu wirken und Torf zu erhalten, werden Moore wiedervernässt. Neben der Nutzungsauffassung nach Wiedervernässung bietet die Bewirtschaftung nasser Moorflächen eine alternative Nutzungsform, bei der die Torfmineralisierung reduziert werden kann (WICHTMANN & WICHMANN 2011).

Paludikultur (lat. palus: Sumpf) bezeichnet die nasse Bewirtschaftung von Mooren und beinhaltet neben traditionellen Verfahren, wie die des Rohrwerbens, auch neue Nutzungsformen, beispielsweise zur energetischen Verwertung des Biomasseaufwuches (WICHTMANN & WICHMANN 2011). Da diese neuen Nutzungsformen noch nicht alle ausgereift sind, wird Paludikultur bisher nur kleinflächig angewendet und getestet. Um Potenziale und Grenzen von Paludikultur (z. B. Akzeptanz in der Bevölkerung, hydrologische und ökonomische Aspekte, Verfügbarkeit von Flächen, Technikentwicklung) besser einschätzen zu können, müssen neben politischen und rechtlichen Rahmenbedingungen (WICHTMANN & WICHMANN 2011) auch großflächige Umsetzungsbeispiele geschaffen werden.

Ein solches Umsetzungsbeispiel wurde für ein konkretes Gebiet (ohne tatsächliche Umsetzung) innerhalb des Projekts Vorpommern Initiative Paludikultur (VIP) untersucht. VIP ist ein Verbund von Forschungseinrichtungen und Praxispartnern, in dem 2010 bis 2013 die Nutzung wiedervernässter Moore in der Modellregion Vorpommern erforscht wurde. Als Beispielgebiet wurde das Thurbruch durch eine interdisziplinäre Arbeitsgruppe gewählt. Für das Thurbruch wurde ein

Bürgerforum über dessen Zukunft durchgeführt. In dieser Diplomarbeit werden Nutzungsszenarien entwickelt und verglichen. Derzeit ist ein hydrologisches Gutachten in Arbeit und die Bewertung der Nachhaltigkeit der in dieser Arbeit erstellten Nutzungsszenarien.

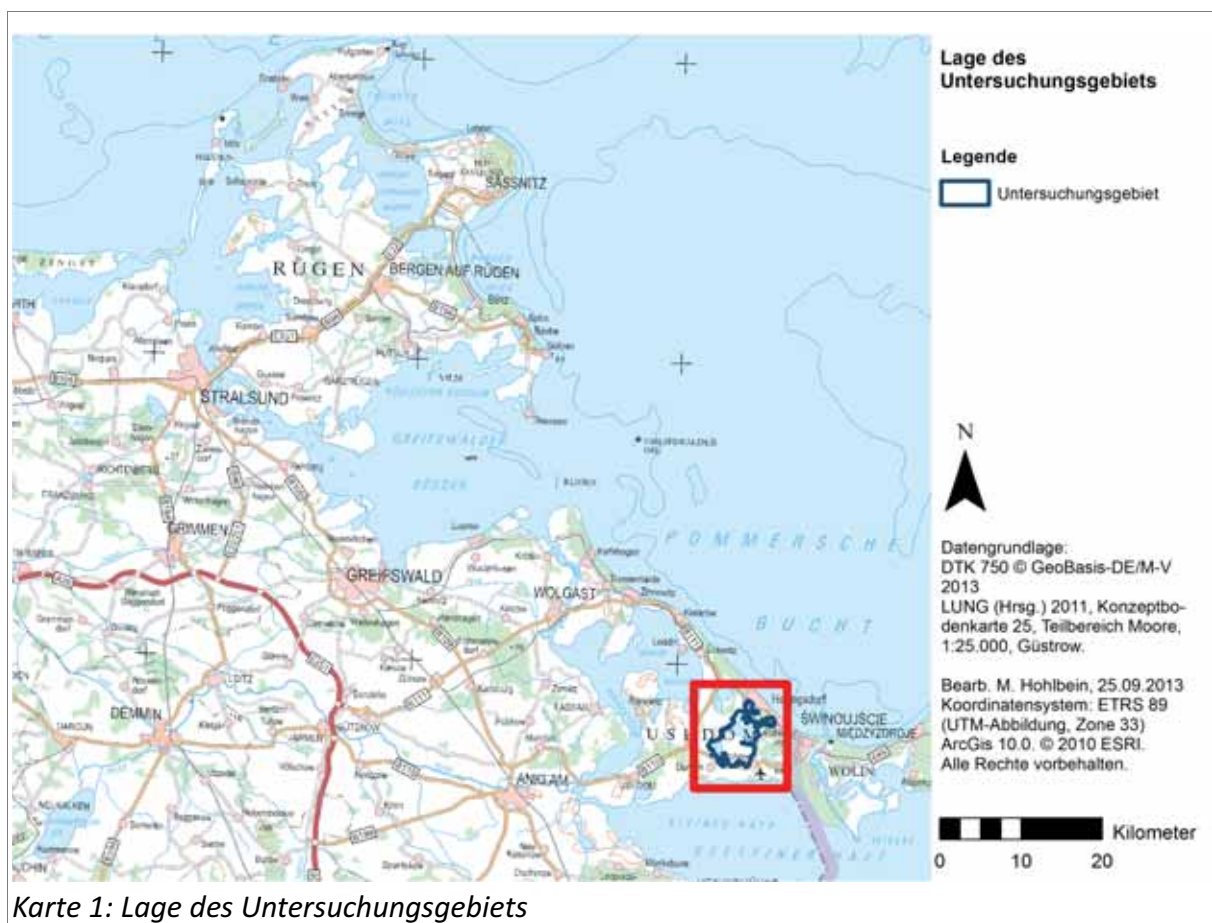
Um im Thurbruch Nutzungsszenarien für Paludikultur, mit dem Hintergrund der bisherigen Nutzung, ermitteln und vergleichen zu können, werden mit dieser Diplomarbeit folgende Fragen beantwortet:

- **Wie hat sich die Landnutzung im Thurbruch entwickelt und wie wird das Thurbruch heute genutzt?**
- **Wie können Nutzungsszenarien mit unterschiedlichen mittleren Jahreswasserständen für das Thurbruch entwickelt werden und welche Nutzungen entstehen dabei auf der Fläche?**
- **Welche Biomasseerträge und welche Treibhausgasemissionen entstehen in den Nutzungsszenarien?**

2 Material und Methoden

2.1 Abgrenzung des Untersuchungsgebiets

Das Thurbruch befindet sich im Südosten der Insel Usedom in Mecklenburg-Vorpommern (Karte 1). Der Name "Thur" ist ein slawischer Begriff für Auerochse (*Bos primigenius*), welcher bis 1360 im Thurbruch lebte (PANTENIUS & SCHÖNERT 1999). Während der letzten Eiszeit wurde das Gebiet als Gletscherzungenbecken geformt und von Endmoränenzügen umgeben (KLEIWE 1960). Dadurch ähnelt das Thurbruch in seiner Form einer Schüssel, die zentralen Teile liegen flach und zu den Seiten hin steigt die Geländehöhe an. In dieser Senke hat sich ein Moor entwickelt.



Das Untersuchungsgebiet wurde anhand der Konzeptbodenkarte 25, Teilbereich Moore, nach Moorkommen abgegrenzt, um Nutzungsszenarien für ein zusammenhängendes Moor untersuchen zu können. Es beinhaltet neben der Fläche zwischen Gothensee und Kachliner See, welche häufig als *Thurbruch* bezeichnet wird, auch Bereiche nordöstlich des Gothensees (vgl. Karte 2, S. 17). Einzelne Mineralbodenflecken innerhalb des Moores (südwestlich des Gothensees, am Schöpfwerk bei Korswandt und nordwestlich des Schöpfwerkes Gothen) wurden in das Untersu-

chungsgebiet integriert, um eine geschlossene Untersuchungsfläche zu erhalten. Im Untersuchungsgebiet liegen landwirtschaftlich genutzte Flächen, die Seen Gothensee und Kachliner See, Straßen und Randbereiche von Siedlungsflächen, sowie das Naturschutzgebiet „Gothensee und Thurbruch“. Teile des Untersuchungsgebiets stehen u. a. als FFH- und SPA- Gebiet unter Schutz (FFH – Flora Fauna Habitat; SPA – Special Protection Area, Europäisches Vogelschutzgebiet).

2.2 Ermittlung der Landnutzung

Die historische und die derzeitige Landnutzung des Untersuchungsgebiets wurde mithilfe von Literaturrecherche, Gesprächen vor Ort und mittels GIS-basierter Kartenarbeit (GIS – Geoinformationssystem) erarbeitet. Die Gespräche fanden als Experteninterviews (FLICK 2007) statt. Der Naturpark Usedom vertrat dabei die Belange des Naturschutzes, der Wasser- und Bodenverband Mölschow (WBV) stellte die hydrologischen Gegebenheiten dar und die derzeitigen Landnutzer wurden durch vier Landwirte repräsentiert. Die Befragung wurde mithilfe von drei Interviewleitfäden durchgeführt, welche auf die jeweiligen Handlungsfelder der Repräsentanten ausgelegt waren.

2.3 Entwicklung der Nutzungsszenarien

Für die zukünftige Nutzung wurden Nutzungsszenarien entwickelt und kartographisch dargestellt (Koordinatensystem ETRS 1989 UTM Zone 33N, ArcGis 10.0, ESRI). Die Geländehöhe (in NHN – Normalhöhennull) auf dem Land und die Höhe des Wasserstandes auf dem Wasser wurden über das digitale Geländemodell 2 (mit räumlicher Auflösung von 2 m, mittlerer Höhenunge nauigkeit von 15 cm, LAiV 2009; Lageunge nauigkeit von 20 cm bis 30 cm, mündl. Mitt. MIRKO ENGLER 2013) ermittelt und kartographisch dargestellt.

Es wurden folgende Nutzungsszenarien für das Thurbuch entworfen, die sich durch den mittleren Jahreswasserstand in Bezug auf NHN, welcher innerhalb jedes Szenarios für die gesamte Fläche gleich ist, unterscheiden:

- *Szenario Grünland*: Nutzung weiter wie bisher. Dazu wurde der mittlere Jahreswasserstand, der im Untersuchungsgebiet nicht bekannt ist, durch probieren im GIS festgelegt, um somit Flächen, die nach Angaben der Landwirte feucht sind (mündl. Mitt. LANDWIRT B 2012), auch im GIS als Feuchtgrünland ausweisen zu können.
- *Szenario Grünland & Paludikultur*: Grünlandnutzung und Paludikultur nebeneinander. Hierfür wurde ein Wasserstand eingestellt, bei dem ausgehend von den tiefsten Flächen eine Fläche für Paludikultur (mit mittleren Jahreswasserständen von 0,25 m unter Flur bis

0,20 m über Flur, vgl. Tabelle 2) von mindestens 200 ha entsteht. Dieses Mindestmaß ist notwendig, um den Einsatz von Spezialtechnik rentabel zu gestalten.

- *Szenario Paludikultur*: maximale Fläche an Paludikultur. Dazu wurde der Wasserstand eingestellt, bei dem die Flächen mit einem mittleren Jahreswasserstand zwischen 0,25 m unter Flur und 0,20 m über Flur zusammen die größten Flächen einnehmen.

Für die Szenarienentwicklung wurden nur die Feldblöcke, d. h. die Flächen, die bereits heute landwirtschaftlich genutzt werden, betrachtet. Seen mit ihren Uferflächen, das Naturschutzgebiet, Wälder und Straßen und kleinere Strukturen zwischen den genutzten Flächen, wie die Entwässerungsgräben, wurden ausgegrenzt. Landwirtschaftlich genutzte Flächen, die nicht als Feldblöcke registriert sind, blieben unbeachtet. Für Grünland und Paludikultur wurde eine minimale Flächengröße von 200 ha definiert, um nutzbare zusammenhängende Flächen zu bekommen. Hierfür wurde die Menge an Geländepunkten (ein Geländepunkt \triangleq 2*2 m) im digitalen Geländemodell durch einen iterativen Prozess für schrittweise ansteigende Wasserstände berechnet, bis die Menge der Geländepunkte über 200 ha ausmachte. Die größte Fläche im Szenario Paludikultur wurde ebenso ermittelt, bis zu dem Wasserstand, bei dem die Menge an Geländepunkten nicht mehr anstieg, sondern abnahm. Die Größe zusammenhängender nutzbarer Flächen wurde erst als Flächennutzung in Kapitel 3.4 ermittelt.

Je nach mittlerem Jahreswasserstand in Flur wurden den einzelnen Punkten (nach TIMMERMANN 2003, mündl. Mitt. CLAUDIA OEHMKE 2013, mündl. Mitt. STEFANIE RAABE 2013) folgende Vegetationstypen zugewiesen, wobei Flächen, bei denen auf Basis der Wasserstände mehrere Vegetationstypen möglich sind („Überschneidungsgebiete“), gesondert ausgewiesen wurden:

- Grünland
- Feuchtgrünland
- Seggen (*Carex*)/Rohrglanzgras (*Phalaris arundinacea*),
- Schilf (*Phragmites australis*) und
- Rohrkolben (*Typha*)
- Nassflächen.

Da selbst die an nasse Standorte angepassten Maschinen (bodenschonend, mit hoher Schlagkraft), beispielsweise modifizierte Pistenraupen oder Seiga-Maschinen mit Ballonreifen (WICHMANN & WICHTMANN 2009), bei höheren Wasserständen einen hohen Maschinenverschleiß

haben (mündl. Mitt. SABINE WICHMANN 2013), wurden Flächen mit mittleren Jahreswasserständen über 0,20 m über Flur als Nassflächen bezeichnet und aus der Nutzung genommen.

Die Vegetationstypen wurden anhand einzelner Punkte ausgewiesen. Da Punkte nicht einzeln bewirtschaftet werden können, wurden Flächen mit einer Richtgröße von 25 ha mittels Straßen, Hauptgräben, der Grenze des Untersuchungsgebiets, Feldblockgrenzen und, wenn relevant, nach Geländehöhe, im GIS abgegrenzt (bei Maßstab 1:10.000). Um die Zugänglichkeit zu gewährleisten, wurden die Flächen so ausgelegt, dass jede zu nutzende Fläche an eine Straße grenzt und alle Teilflächen durch Übergänge der Entwässerungsgräben erreicht werden können. Die Grenzen der ungenutzten Nassflächen sind unabhängig der Kriterien der Zugänglichkeit. Kleinere Flächeneinheiten wurden abgegrenzt, wenn die Grenze des Untersuchungsgebiets oder die Anwesenheit von Straßen dies ergaben. Sehr einheitliche Flächen wurden auch größer gewählt. Es wurde allen derzeitigen Feldblockflächen eine Nutzung zugewiesen, indem innerhalb jeder abgegrenzten Einzelfläche der Flächenanteil der Vegetationstypen (bzw. der Wasserstände in Flur) durch Verschneidung mit dem digitalen Geländemodell im GIS berechnet wurde. Abhängig vom dominanten Vegetationstyp wurde den Flächen nach den Kriterien in Tabelle 1 eine Nutzungskategorie zugewiesen.

Feuchtgrünlandnutzung wurde von Grünlandnutzung unterschieden, da Feuchtgrünland zu nass für eine intensive Grünlandbewirtschaftung ist und für Milchvieh kein qualitativ hochwertiges Futter bereit stellt, jedoch extensiv bewirtschaftet werden kann. Die folgenden Nutzungskategorien wurden als Paludikultur bezeichnet, da diese zu nass für die derzeitige Grünland- und Feuchtgrünlandnutzung sind. Heterogene Flächen wurden als Nasswiese ausgewiesen und anhand von Richtwerten der optimale Flächenverteilung auf ihre Eignung als Weide für Wasserbüffel (*Bubalus arnee*) untersucht. Die Vegetationstypen Grünland und Feuchtgrünland sollen für Wasserbüffelweiden nicht zu niedrig sein, um ausreichend hochwertiges Futter zu gewährleisten, und nicht zu hoch, da Wasserbüffel auch mit nasserer Standorten zurechtkommen können und Wasserstände in bzw. über Flur Voraussetzung für den Torferhalt sind. Wasserbüffel brauchen einen Winterstandort mit Unterstand auf mineralischen Untergrund (mündl. Mitt. WEERT SWEERS 2013), welcher nicht innerhalb des Untersuchungsgebiets ausgewiesen wurde. Bei Rohrkolben-/Schilfnutzung stellt Schilfnutzung immer eine alternative Nutzungsoption zu Rohrkolbennutzung dar, da Schilf eine größere hydrologische Amplitude besitzt. Als ungenutzte Nassflächen wurden die Flächen ausgewiesen, welche mindestens 2 ha groß und zu nass für eine Nutzung sind, einschließlich trockeneren Flächen, die komplett durch ungenutzte Nassflächen umgeben sind.

Tabelle 1: Kriterien zur Ausweisung von Nutzungskategorien, Nutzung nach WICHTMANN & WICHMANN 2011, Wasserbüffelweiden und Angaben deren Vegetation verändert nach WEERT SWEERS (mündl. Mitt. 2013).

Nutzungskategorie	Nutzung	Vegetation	Nebenbedingung
Grünlandnutzung	Wiese, Weide, Mähweide für Mutterkühe und Milchvieh für Milch-/Fleischerzeugung	≥ 75 % Grünland	
Feuchtgrünlandnutzung	Wiese, Weide, Mähweide für Mutterkühe für Fleischerzeugung	≥ 75 % Feuchtgrünland + Grünland	Grünland < 75 %
Nasswiese	Heugewinnung für Verbrennung, Schnittnutzung für Vergärung (Biogas)	≥ 75 % Schilf, Seggen/Rohrglanzgras + Feuchtgrünland	Feuchtgrünland < 75 % Schilf < 75 %
Wasserbüffelweide	Weide für Wasserbüffel für Fleischerzeugung	7-27 % Grünland 23-43 % Feuchtgrünland 23-43 % Seggen/-Rohrglanzgras 7-27 % Schilf	Grünland + Feuchtgrünland = 45-55 %
Schilfnutzung	Baustoff, Festbrennstoff	≥ 75 % Schilf	
Rohrkolben-/Schilfnutzung	Baustoff, Festbrennstoff	≥ 75 % Rohrkolben oder Schilf	
Ungenutzte Nassflächen	Ungenutzt	Nassflächen	< 2 ha

2.4 Bewertung der Nutzungsszenarien

In den Szenarien wurden Biomasseerträge anhand jeweiliger Flächennutzungen ermittelt. Durch die Vegetationstypen wurden Treibhausgasemissionen errechnet und zwischen den Szenarien verglichen.

Biomasseerträge

Alle Biomasseerträge der Szenarien wurden proportional nach dem Anteil der nutzbaren Vegetationstypen je Nutzungskategorie berechnet. Für den Flächenanteil nicht nutzbarer Vegetationstypen innerhalb einer Nutzungskategorie wurden keine Biomasseerträge berechnet. Die Bruttoerträge der Grünland- und Feuchtgrünlandnutzung wurden mit KÄDING ET AL. (2005) berechnet, da die Angaben der Landwirte nicht ausreichten. Dabei wurden die Modellparameter Nährstoffversorgung (Phosphor und Kalium), Wasserverhältnisse, Vegetationsform und Stickstoff-Düngung anhand von Aussagen der Landwirte und deren Betriebsstruktur eingeschätzt. Stickstoffgaben wurden unter 60 kg ha^{-1} geschätzt, da die Biobetriebe (mind. 38 % der Feldblockflächen), keinen Mineraldünger nutzen (BMELV 2013) und die Flächen vermutlich nur durch den Dung der Kühe selbst gedüngt werden. Andere Betriebe, besonders mit intensiver Milchviehhaltung (nach Befragung mind. 9 % der Feldblöcke), wurden vernachlässigt. Es wurden die Nährstoffgehaltsklassen B und C angenommen, da in Biobetrieben langsam lösliche Phosphor- und Kaliumdünger gängig sind. Als Vegetationstypen wurden im Modell Rohrglanzgras-Quecken-Grasland und Älteres Saatgrasland verwendet, weil die den Gegebenheiten am nächsten liegen (mündl. Mitt. MICHAEL RÜHS 2013). Für Grünland wurde die Wasserstufe 2+ und für Feuchtgrünland die Wasserstufe 3+ eingegeben. Alle Erträge wurden für Mähweiden berechnet (mündl. Mitt. LANDWIRT A & C 2012). Je nach Nährstoffgehaltsklasse und Vegetationstyp wurden somit vier Erträge berechnet, die anschließend gemittelt wurden.

Für die Berechnung der Erträge aus Paludikultur wurden Daten aus Deutschland, differenziert nach Erntezeitpunkt (Sommer-/Winterernte) verwendet. In den Nasswiesen wurden Grünland- und Feuchtgrünlandanteile nach KÄDING ET AL. (2005) berechnet, wobei die Nutzungsintensität auf einen Schnitt pro Jahr reduziert wurde und für Nährstoffversorgung und Stickstoffdüngung die geringsten Werte angenommen wurden, da nicht von einer Düngung ausgegangen wird. Die Erträge der Vegetationstypen Schilf und Rohrkolben wurden innerhalb der Nasswiesen als Erträge für Seggen & Rohrglanzgras, gemittelt nach SCHULZ ET AL. (2011), STEFFENHAGEN ET AL. (2008) und TIMMERMANN (2009) berechnet, da Schilf und Rohrkolben nicht schnittverträglich sind, bei jährlicher Sommermahd also zurückgedrängt würden (GRANÉLI 1990). Wasserbüffelweiden wurden wie Nasswiesen behandelt. Die Erträge aus Schilfnutzung (Winterernte) wurden aus TIMMERMANN (2003) und Messwerten aus Mecklenburg-Vorpommern von CLAUDIA OEHMKE (mündl. Mitt. 2013) gemittelt. Für Rohrkolben-/Schilfnutzung wurden Rohrkolbenerträge aus HEINZ (2011) genutzt, um auch Rohrkolbennutzung (neben Schilfnutzung) als Option aufzuweisen.

Treibhausgasemissionen

Die Treibhausgasemissionen aus dem Boden wurden für die Szenarien nach COUWENBERG ET AL. (2008, 2011) über die jeweiligen Wasserstände in Flur bzw. über die Vegetationstypen eingeschätzt (Tabelle 2). Für sehr nasse Standorte (Nassflächen) wurde mit einem niedrigen (COUWENBERG ET AL. 2011), einem hohen (GLATZEL ET AL. 2011) und einem sehr hohen Wert (AUGUSTIN & CHOJNICKI 2008) gerechnet, da in der Literatur unterschiedliche Messergebnisse für Methanemissionen auf wiedervernässten Standorten vorliegen. Die Emissionen wurden nur für die Feldblockflächen berechnet.

Tabelle 2: Zuordnung von Treibhausgasemissionen zu Vegetationstypen, nach COUWENBERG ET AL. 2011, Nassflächen zusätzlich nach GLATZEL ET AL. 2011 und AUGUSTIN & CHOJNICKI 2008

Vegetationstyp	Mittlerer Jahreswasserstand (m in Flur)		Treibhauspotenzial (t CO ₂ -Äq. ha ⁻¹ a ⁻¹)
	von	bis	
Grünland		< -0,40	20
Feuchtgrünland	-0,40	-0,25	15
Seggen/Rohrglanzgras	-0,25	-0,15	12,5
Seggen/Rohrglanzgras/Schilf	-0,15	-0,05	3,5
Schilf	-0,05	0,05	8,5
Rohrkolben/Schilf	0,05	0,20	8,5
Nassflächen	>0,20		8,5/23/82

3 Ergebnisse

3.1 Geschichte der Landnutzung

Um das Thurbruch für die Futtergewinnung nutzbar zu machen, wurden bereits im 18. Jahrhundert die ersten größeren Entwässerungsversuche durchgeführt, als der Wohlstand des Landes noch stark von der Bevölkerungszahl abhing (KNOBELSDORFF-BRENKENHOFF 1988, 1992). Franz B. S. von Brenckenhoff plante, neben anderen großen Moortrockenlegungen, 1771 ein Entwässerungssystem für das Thurbruch, mit dem Ziel die Bevölkerungszahl durch Ansiedlung von Ausländern (Kolonisten) zu steigern, die Ernährungslage zu verbessern und Überschüsse, nach dem Prinzip: „Grünland ist die Mutter des Ackerbaus“, zu erwirtschaften (KNOBELSDORFF-BRENKENHOFF 1988). Das Dorf „Ulrichshorst“ wurde gegründet, wo Tierhaltung, Gemüseanbau und Torf stechen den Lebensunterhalt sicherte (KNOBELSDORFF-BRENKENHOFF 1992). Im Thurbruch wurde bis Mitte der 50er Jahre Brenntorf und bis 1977 Badetorf gestochen (PANTENIUS & SCHÖNERT 1999). Durch Brenckenhoffs Entwässerungsmaßnahmen fielen die Parchenwiesen und der damalige Parchensee nordöstlich des Gothensees trocken und der Gothensee wurde kleiner. Als der neue Abfluss, die Aalbeck, trotz Bemühungen sie freizuhalten, versandete und Landbaumeister Gottgetreu und Amtsrat Leppien von Pudagla belegten, dass das Gefälle der Aalbeck nicht mehr ausreichte um den Seespiegel des Gothensees ausreichend zu senken, wurde 1818/19 der Sackkanal gebaut (KNOBELSDORFF-BRENKENHOFF 1992, 1998). Dieser ist bis heute der einzige Entwässerungskanal, der das Thurbruch über den Norden des Gothensees in die Ostsee entwässert. Das erste Windkraftschöpfwerk wurde 1920 errichtet, wodurch erste Teile nicht mehr in freier Vorflut entwässerten (RUTKE ET AL. 2000). 1956 wurde die Intensivierung der Grünlandbewirtschaftung und die Erweiterung der Rinderbestände beschlossen, um den rationelleren Einsatz neuer Technik möglich zu machen und Qualität und Erträge des Grünlands zu steigern (LITTMANN ca. 1971). Dafür wurde 1967/68 die Komplexmelioration durchgeführt (FUHRMANN & LITTMANN 1974). Das am 11.9.1967 erklärte Naturschutzgebiet war davon ausgeschlossen (PANTENIUS & SCHÖNERT 1999). Das Thurbruch wurde in vier Polder aufgeteilt und durch vier Schöpfwerke entwässert, neue Gräben wurden gezogen und die ersten gepflasterten Straßen gebaut (FUHRMANN & LITTMANN 1974; LITTMANN ca. 1971). Die Wasserstände werden bis heute im gesamten Gebiet künstlich mithilfe der Schöpfwerke reguliert. Durch die erbaute Rinderaufzuchtanlage wurde viel Gülle produziert, welche damals für die hohe Nährstoffbelastung des Gothensees verantwortlich war (PANTENIUS & SCHÖNERT 1999). Nach der Wende wurden die LPG (Landwirtschaftliche Produktionsgenossenschaft) aufgelöst und mehrere Einzelbetriebe übernahmen die Grünlandbewirtschaftung.

3.2 Heutige Landnutzung (Referenzzustand)

Die Fläche der Feldblöcke im Untersuchungsgebiet (1.470 ha) besteht aus 1.447 ha Grünland und 22 ha Acker (MLUV 2011, Karte 2). Das gesamte Untersuchungsgebiet (2.716 ha) hat nach der Biotop- und Nutzungstypenkartierung (LUNG 1991) 1.544 ha Grünland und 41 ha Acker (Abbildung 1). Gewässer (Gothensee 541 ha, Kachliner See 92 ha, Torfstich 4 ha), Uferbereiche und ungenutzte Moorflächen nehmen 811 ha ein. Wälder und Gehölz, u. a. in den Uferbereichen der Seen (inkl. Landbereiche des Naturschutzgebietes), nördlich von Seehof, sowie östlich des Torfstichs, nehmen 290 ha ein. Siedlungsbereiche befinden sich nahe der Ortschaften, z. B. bei Aalbeck und bei Ulrichshorst.

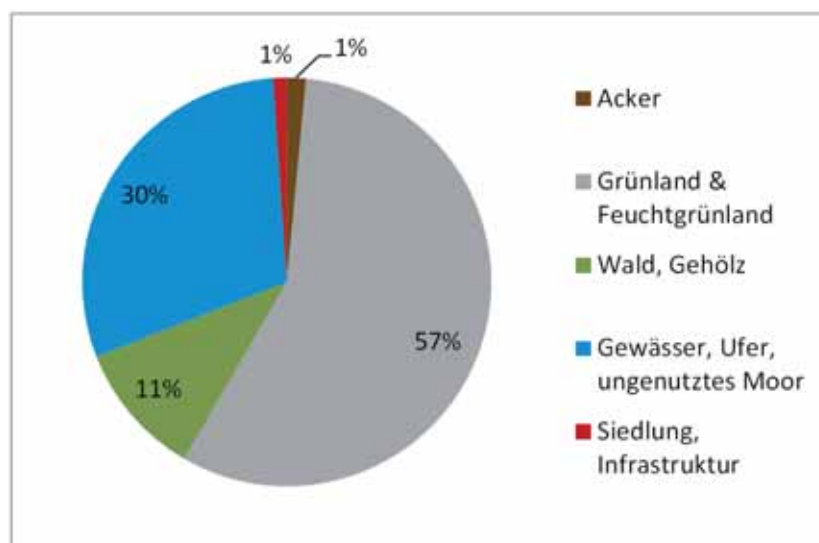


Abbildung 1: Heutige Nutzung des gesamten Untersuchungsgebiets (2.716 ha), nach LUNG (1991)

Nach Angaben der Landwirte wirtschaften im Thurbruch ca. 12 Landwirte, viele davon in kleinen Betrieben von 80 ha bis 150 ha (teilweise im Nebenerwerb), wenige haben größere Betriebe (bis 450 ha Betriebsfläche im Thurbruch)(mündl. Mitt. LANDWIRT A & B 2012). Durch die Befragung können insgesamt Aussagen zu 49 % der Feldblockflächen getroffen werden. Auf dem Großteil des Grünlands findet Mutterkuhhaltung statt (mindestens 40 % der Feldblockflächen, 38 % biologisch und 2 % konventionell). Mindestens 9 % der Feldblockflächen werden für Milchviehhaltung genutzt (mündl. Mitt. LANDWIRT A, B & C 2012, mündl. Mitt. LANDWIRT D 2013). Alle Flächen werden dafür entwässert. Das Wasser wird über das Entwässerungsnetz in den Gothensee gepumpt, dessen Bewirtschaftungslamelle bei +0,09 m HN bis +0,19 m HN liegt (HN – Höhennull) (mündl. Mitt. HERR BLÜTHGEN 2013). Dies entspricht ca. 0,24 m bis 0,34 m

über NHN¹. Bei höheren Wasserständen wird das Wasser weiter in die Ostsee gepumpt, nur kurzzeitig ist ein Wasserstand bis 0,39 m über NHN erlaubt (mündl. Mitt. HERR BLÜTHGEN 2013).


Nächste Seite:

Karte 2: Heutige Nutzung im Thurbruch

1 Seit 2005 ist das DHHN 92 (Deutsche Haupthöhennetz 1992) das amtliche Höhenbezugssystem in Mecklenburg-Vorpommern und wird in NHN angegeben. Zuvor galt das staatliche Nivellement der DDR 1976 mit dem Kronstädter Pegel. Die Höhen wurden als Höhennull bezeichnet und unterscheiden sich 14 cm bis 16 cm von NHN. Im DHHN 92 werden gemessene Oberflächenschwerewerte (das Schwerefeld der Erde) zusätzlich berücksichtigt (LAIV 2008).

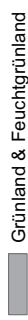
Heutige Nutzung im Thurbruch

Legende

 Untersuchungsgebiet

 Feldblöcke

 Acker

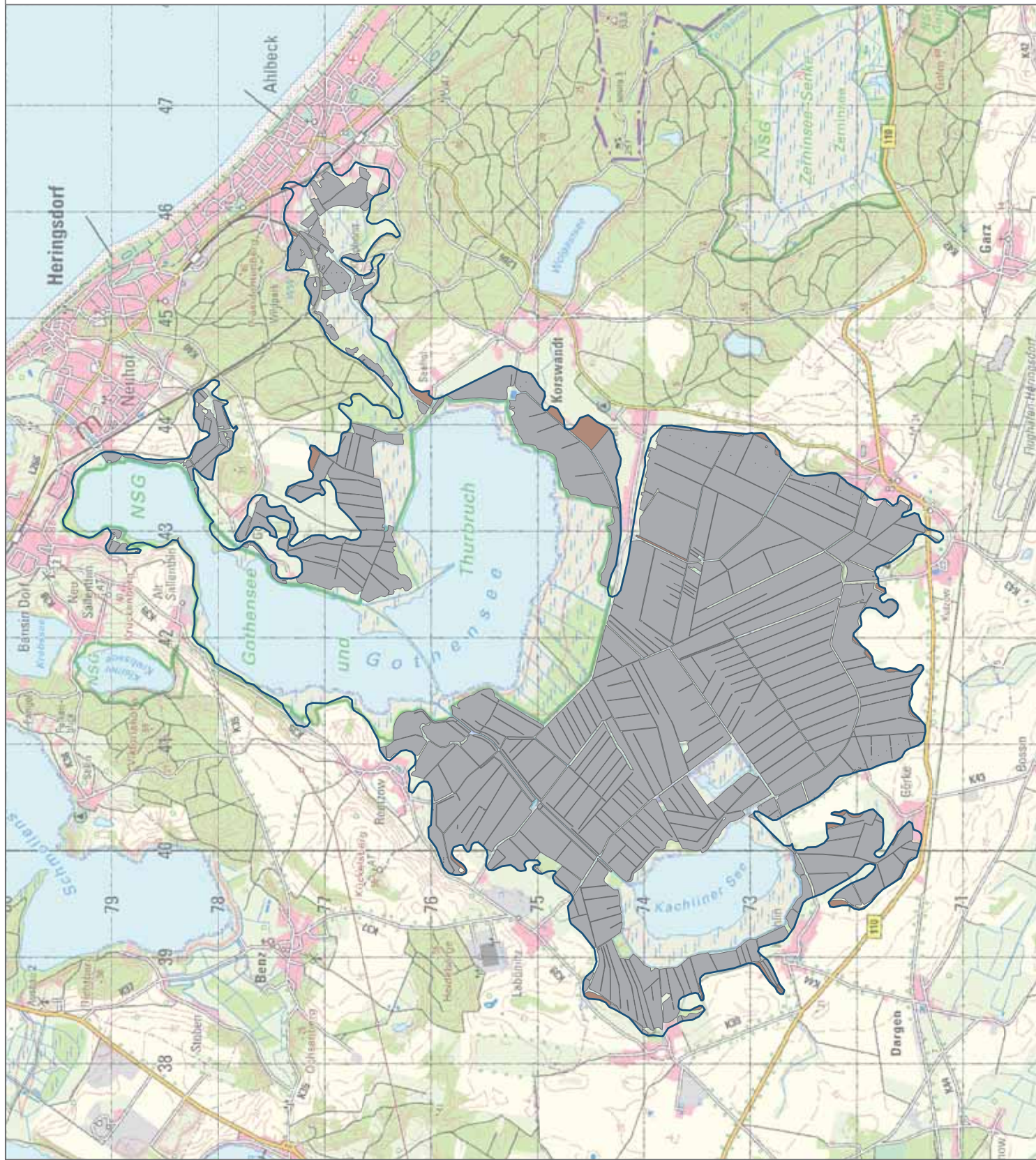
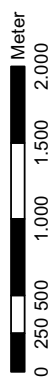
 Grünland & Feuchtgrünland



Datengrundlage:
MLUV-MV (Hrsg.) 2011, Feldblöcke, 1:10.000,
Schwerin.
DTK50 © GeoBasis-DE/M-V 2013

Bearb. M. Hohbein, 07.08.2013
Koordinatensystem: ETRS 89
(UTM-Abbildung, Zone 33)
ArcGis 10.0. Copyright © 2010 ESRI.
Alle Rechte vorbehalten.

Maßstab: 1:35.000



3.3 Geländehöhe

Das Untersuchungsgebiet weist eine Höhendifferenz von 11,30 m auf (Karte 3), die mittlere Höhe (MEAN) beträgt 0,45 m über NHN. Diese Werte schließen jedoch die Höhen der Wasseroberflächen mit ein. Die Höhendifferenz der Feldblöcke im Gebiet beträgt 8,33 m, die mittlere Höhe 0,60 m über NHN (Berechnung nach LAIV 2012).

Die tiefsten Flächen im Untersuchungsgebiet befinden sich mit 0,30 m unter NHN im L-förmigen Torfstich, östlich des Kachliner Sees. Auch Gebiete südwestlich des Kachliner Sees, sowie der Parchenniederung, die sich vom Gothensee Richtung Ahlbeck erstreckt, liegen zum Teil unter Meeresspiegelniveau. Die vier Malbusen der Schöpfwerke sind als blaue Rechtecke in Karte 3 erkennbar. Die tiefsten Punkte von 0,45 m unter NHN bis 1,05 m unter NHN finden sich vereinzelt im Grabensystem. Das Grabensystem ist als Linien, welche tiefer liegen als die umliegenden Flächen, erkennbar. Auffällig sind schmale Flächen neben den Gräben, die höher sind als die danach angrenzenden Flächen. Dies ist vermutlich der Grabenaushub, der bei der Aushebung der Gräben direkt daneben abgelagert wurde (KUNZELMANN 1999).

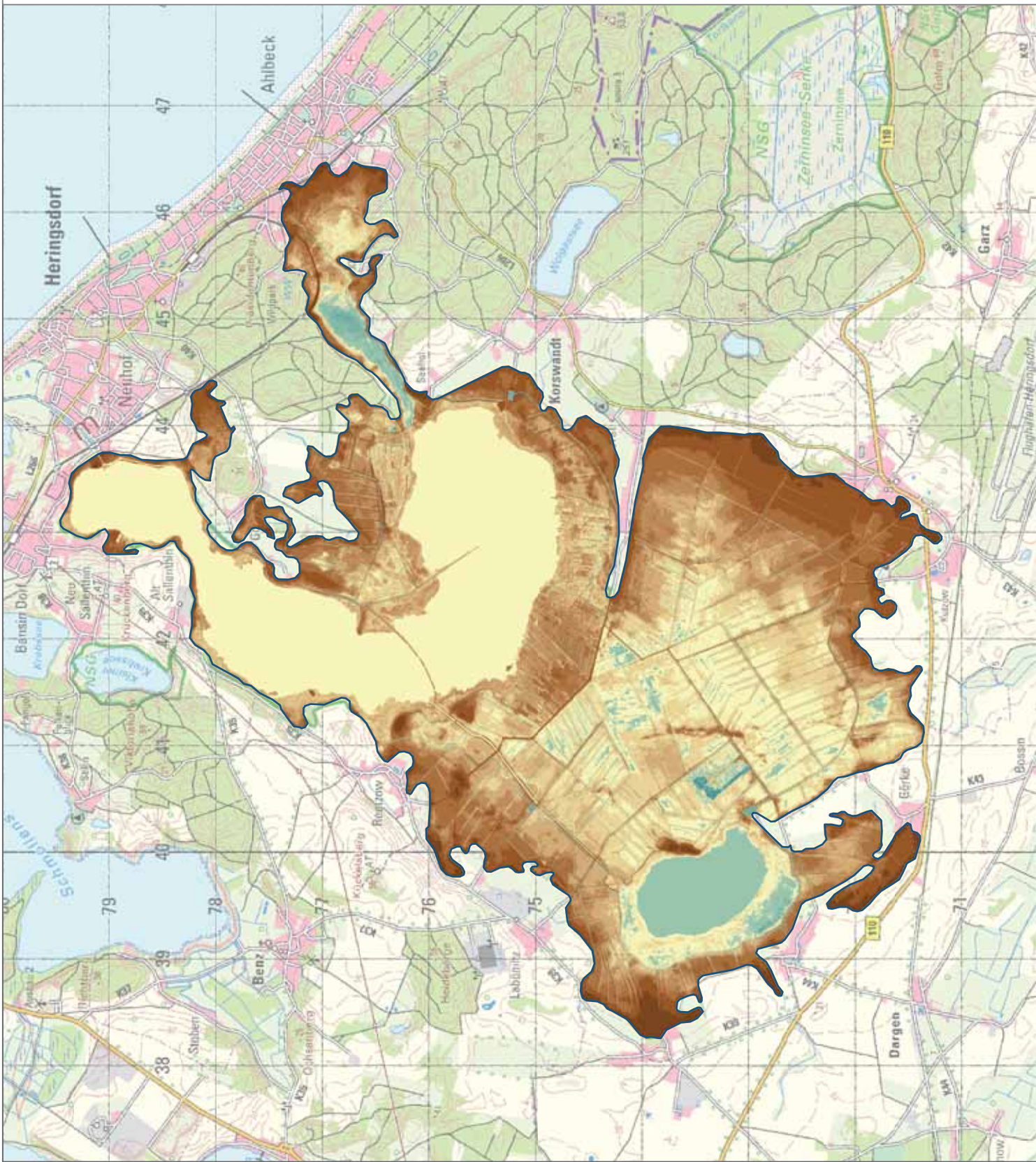
Die höchsten Gebiete befinden sich vor allem in den Randbereichen. Sie reichen vom 1,00 m über NHN bis zu 10,24 m über NHN im Gesamtgebiet und bis zu 7,62 m über NHN innerhalb der Feldblöcke.

Südwestlich des Gothensees sind drei höhere Flächen erkennbar. Diese sind vermutlich Mineralrücken im Moor, da sie in der Konzeptbodenkarte, Teilbereich Moore, nicht als Moorfläche ausgewiesen waren (die Erhebungen nordöstlich des Torfstichs und nordöstlich des Kachliner Sees sind jedoch als Moor ausgewiesen). Der Landteil des Naturschutzgebietes Gothensee und Thurbruch ist deutlich höher, als die durch die Straße von Reetzow nach Ulrichshorst getrennte Fläche südlich des Naturschutzgebiets. Im Gothensee sind zudem zwei Wälle sichtbar, deren Ursprung nicht geklärt ist.

Nächst Seite:

Karte 3: Geländehöhe im Thurbruch

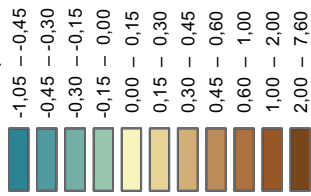
Geländehöhe im Thurbruch



Legende

Untersuchungsgebiet

Geländehöhe (m ü. NHN)



Datengrundlage:

LAI-MV (Hrsg.) 2012, Digitales Gelände-
modell 2, Räuml. Auflösung 2 x 2 Meter,
Schwerin.
DTK50 © GeoBasis-DE/M-V 2013

Bearb. M. Hohbein, 30.06.2013

Koordinatensystem: ETRS 89

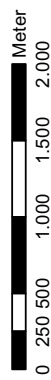
(UTM-Abbildung, Zone 33)

ArcGis 10.0. Copyright © 2010 ESRI.

Alle Rechte vorbehalten.

© LAI-MV
Nr. V/1/2006

Maßstab: 1:35.000



3.4 Nutzungsszenarien

Den Vegetationstypen wurden folgende mittlere Jahreswasserstände bezogen auf die Flurhöhe zugeordnet (Abbildung 2).

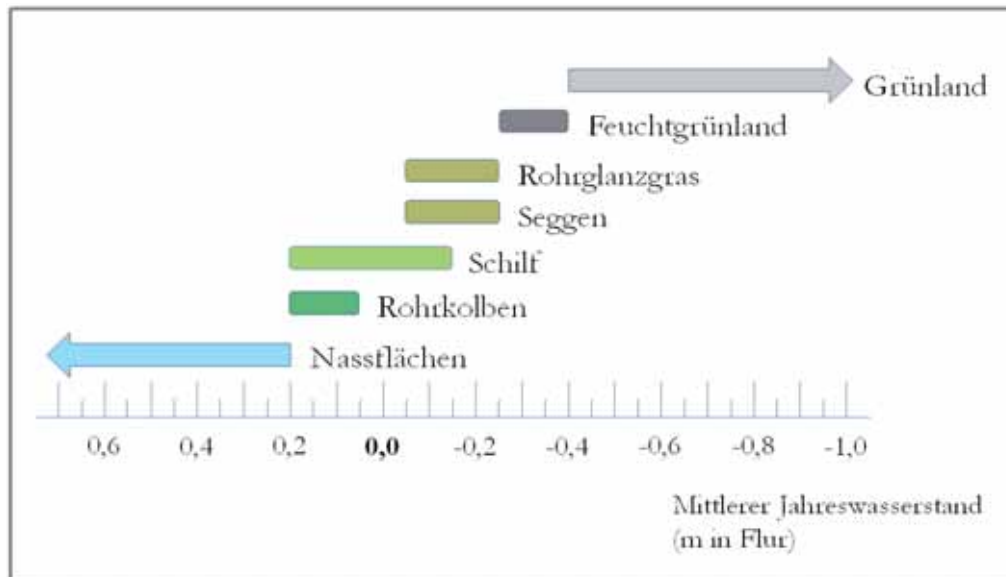


Abbildung 2: Vegetationstypen und deren mittlerer Jahreswasserstand (m in Flur)

Der mittlere Jahreswasserstand bezogen auf NHN wurde für das Szenario Grünland im gesamten Gebiet bei -0,25 m unter NHN eingestellt. Dadurch haben alle Flächen einen mittleren Jahreswasserstand unter Flur (Karte 4). Die Menge der Geländepunkte/Vegetationstypen ergibt 1.230 ha Grünland, 214 ha Feuchtgrünland, 23 ha Seggen/Rohrglanzgras und 2 ha Übergangsbereich Seggen/Rohrglanzgras/Schilf (Abbildung 3 A). Durch die Ausweisung von Nutzungskategorien entstehen 1.102 ha Grünlandnutzung und in den tieferen bzw. nassereren Flächen 363 ha Feuchtgrünlandnutzung (Karte 5). Insgesamt wurde eine Fläche von 1.465 ha ermittelt, also 5 ha weniger als die Ausgangsfläche (Abbildung 3 B).

Für Szenario Grünland und Paludikultur wurde ein mittlerer Jahreswasserstand von -0,10 m unter NHN eingestellt, wodurch 942 ha Grünland, 288 ha Feuchtgrünland, 173 ha Seggen/Rohrglanzgras, 58 ha Übergangsbereich Seggen/Rohrglanzgras/Schilf, 8 ha Schilf und 1 ha Rohrkolben/Schilf entstehen (Karte 6, Abbildung 3 C). Weiterhin haben 99,8 % der Flächen einen mittleren Jahreswasserstand unter Flur. Als Nutzungskategorien wurden 810 ha Grünlandnutzung, 292 ha Feuchtgrünlandnutzung und 363 ha Nasswiesen ausgewiesen (Karte 7, Abbildung 3 D). Die Gesamtfläche war, wie im Szenario Grünland, 5 ha kleiner als die Ausgangsfläche.

Im Szenario Paludikultur wurde ein mittlerer Jahreswasserstand von 0,25 m über NHN eingestellt. Es entstehen folgende Vegetationstypen: 466 ha Grünland, 176 ha Feuchtgrünland, 149 ha

Seggen/Rohrglanzgras, 151 ha Übergangsbereich Seggen/Rohrglanzgras/Schilf, 186 ha Schilf, 275 ha Rohrkolben/Schilf und 67 ha Nassflächen (Karte 8, Abbildung 3 E). In der Fläche wurden 307 ha Grünlandnutzung, 239 ha Feuchtgrünlandnutzung, 330 ha Nasswiesen, worunter 37 ha als Wasserbüffelweide nutzbar sind, 523 ha Schilfnutzung und 9 ha Rohrkolben-/Schilfnutzung ausgewiesen (Karte 9, Abbildung 3 F). Ungenutzte Nassflächen sind in der Fläche 55 ha groß. Insgesamt wurde eine Fläche von 1.462 ha für die Flächennutzung gefunden, 8 ha weniger als die gesamten Feldblockflächen.

Nächste Seiten:

Abbildung 3: Vegetationstypen und Flächennutzung der Szenarien Grünland (A & B), Grünland & Paludikultur (C&D) und Paludikultur (E&F) als Flächenanteile in %, eigene Berechnung, nach LAiV (2012).

Karte 4: Wasserstände im Thurbruch, Szenario Grünland

Karte 5: Flächennutzung im Thurbruch, Szenario Grünland

Karte 6: Wasserstände im Thurbruch, Szenario Grünland und Paludikultur

Karte 7: Flächennutzung im Thurbruch, Szenario Grünland und Paludikultur

Karte 8: Wasserstände im Thurbruch, Szenario Paludikultur

Karte 9: Wasserstände im Thurbruch, Szenario Paludikultur

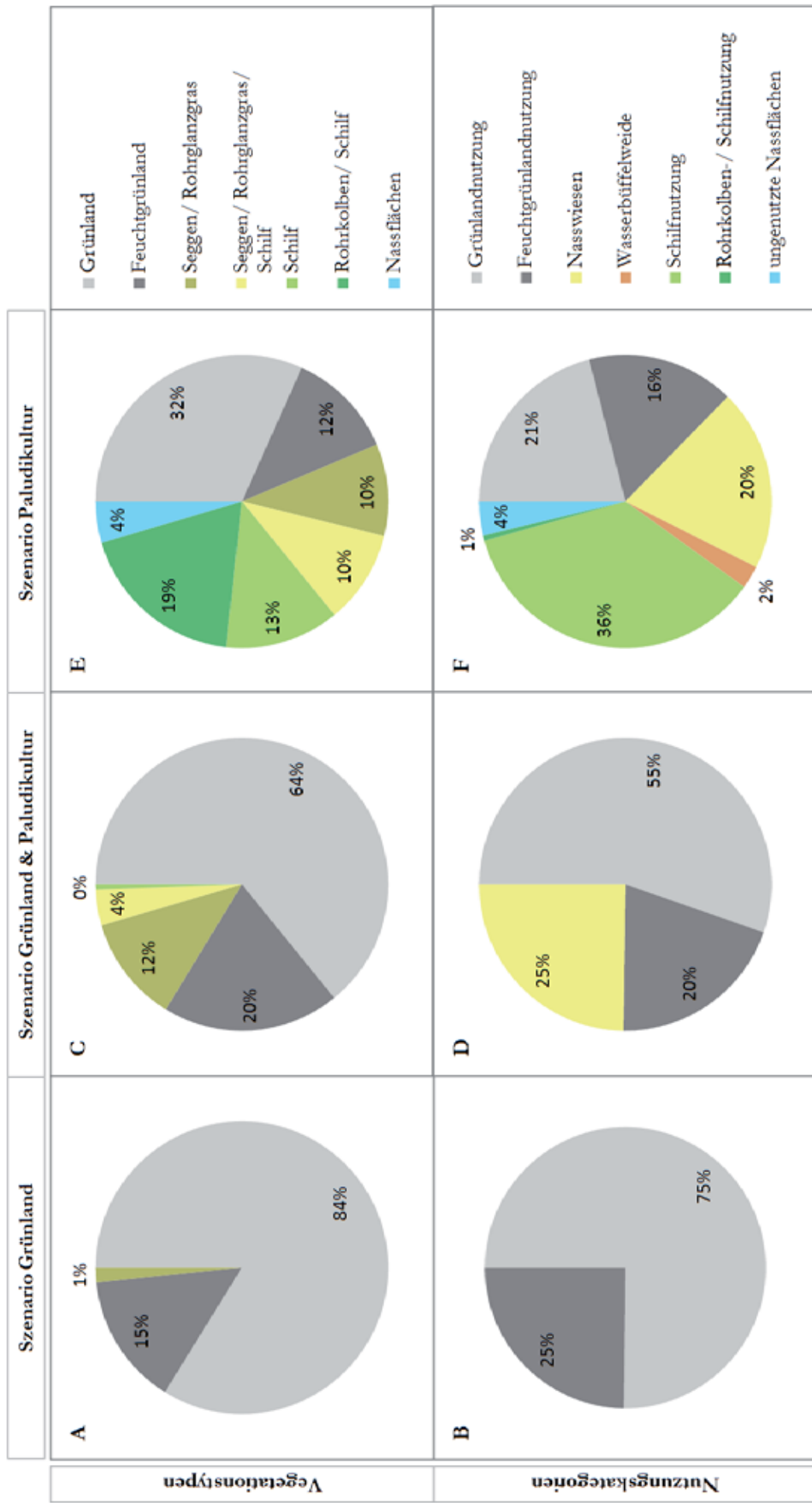


Abbildung 3: Vegetationstypen und Flächennutzung der Szenarien Grünland (A & B), Grünland & Paludikultur (C&D) und Paludikultur (E&F) als Flächenanteile in %, eigene Berechnung, nach LAIV (2012).

Wasserstände im Thurbruch

Szenario Grünland

Mittlerer Jahreswasserstand:
0,25 m unter NNH

Legende

Untersuchungsgebiet

Grabenübergänge

Feldblöcke

Mittlerer Jahreswasserstand (m in Flur)

-0,05 – -0,15

-0,15 – -0,25

-0,25 – -0,40

< -0,40



Datengrundlage:

LAI-MV (Hrsg.) 2012, Digitales Gelände-

modell 2, Räuml. Auflösung 2 x 2 Meter,

Schwerin.

MLUV-MV (Hrsg.) 2011, Feldblöcke, 1:10.000,

Schwerin.

WBV-Mojschow 2013, Grabenübergänge

(unveröff)

DTK50 © GeoBasis-DE/M-V 2013

Die farbliche Kennzeichnung der Wasserstände entspricht der Abgrenzung der Vegetationstypen. Ausgewiesene Flächen der Wasserstände sind auf Basis der Feldblöcke 2011.

Bearb. M. Hohlbein, 30.06.2013

Koordinatensystem: ETRS 89

(UTM-Abbildung, Zone 33)

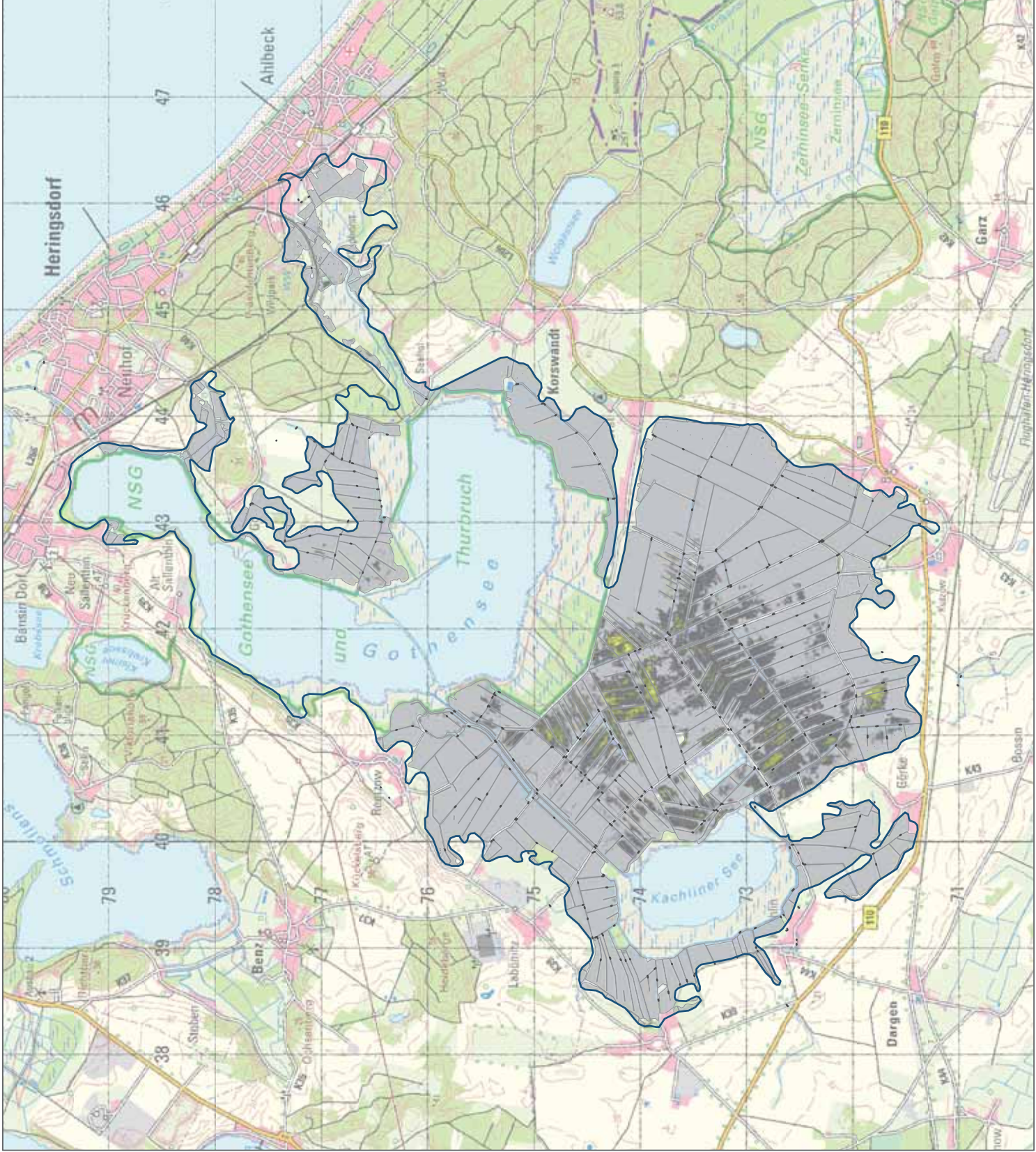
ArcGis 10.0. Copyright © 2010 ESRI.

Alle Rechte vorbehalten.

© LAIV M-V
Nr. V/1/2006

Maßstab: 1:35.000

0 250 500 1.000 1.500 2.000 Meter



Flächennutzung im Thurbruch

Szenario Grünland

Mittlerer Jahreswasserstand:
0,25 m unter NHN

Legende

- Untersuchungsgebiet
- Grünlandnutzung
- Feuchtgrünlandnutzung

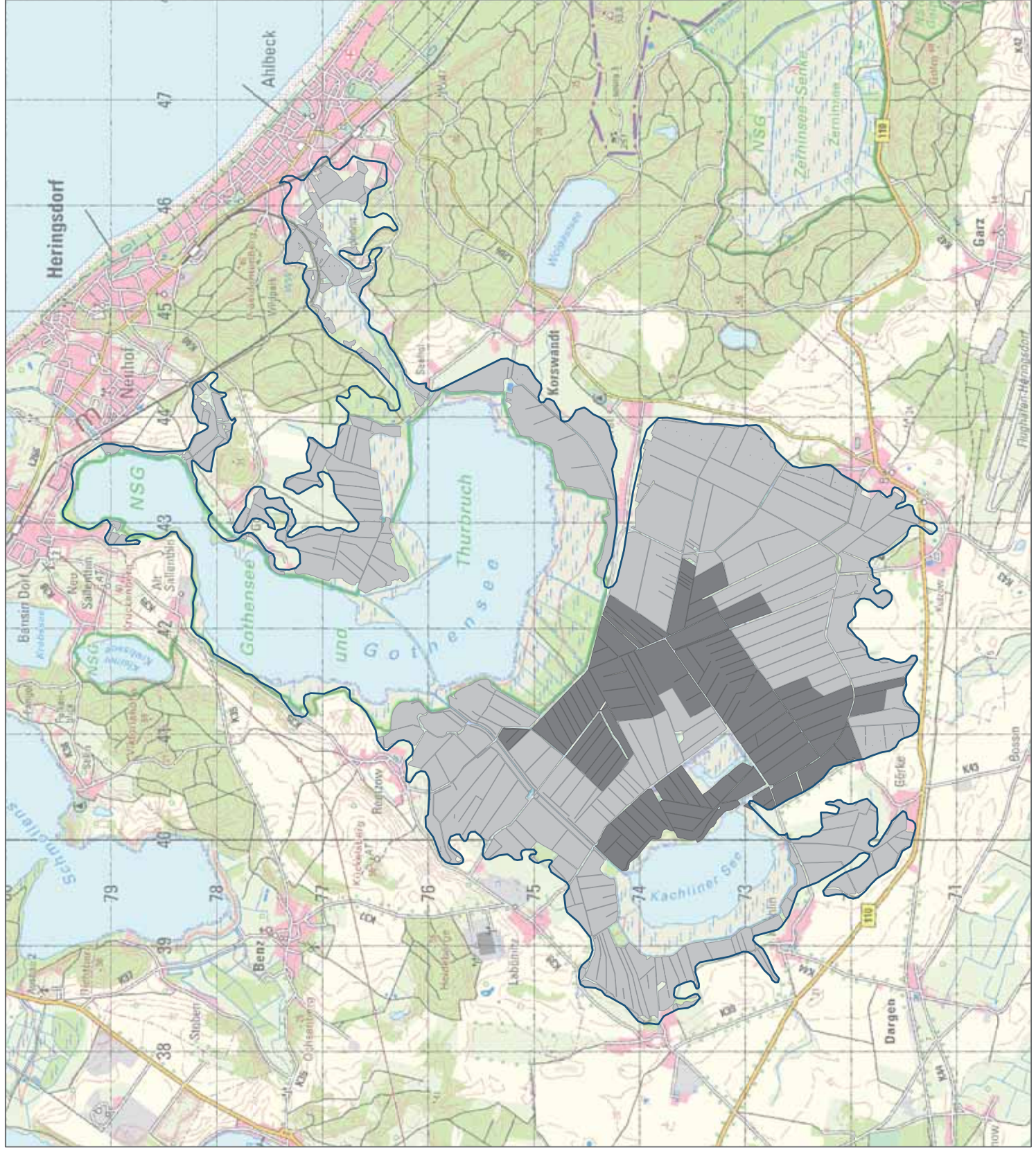
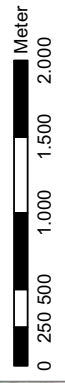


Datengrundlage:
MLUV-MV (Hrsg.) 2011, Feldblöcke, 1:10.000,
Schwerin.
DTK50 © GeoBasis-DE/M-V 2013

Ausgewiesene Nutzungsflächen auf Basis der
Feldblöcke 2011.

Bearb. M. Hohlbein, 30.06.2013
Koordinatensystem: ETRS 89
(UTM-Abbildung, Zone 33)
ArcGIS 10.0. Copyright © 2010 ESRI.
Alle Rechte vorbehalten.

Maßstab: 1:35.000



Wasserstände im Thurbruch

Szenario Grünland & Paludikultur

Mittlerer Jahreswasserstand:
0,10 m unter NNH

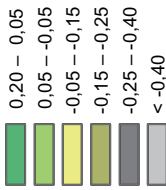
Legende

Untersuchungsgebiet

Grabenübergänge

Feldblöcke

Mittlerer Jahreswasserstand (m in Flur)



Datengrundlage:

LAIIV-MV (Hrsg.) 2012, Digitales Gelände-
modell 2, Räuml. Auflösung 2 x 2 Meter,
Schwerin.
MLUV-MV (Hrsg.) 2011, Feldblöcke, 1:10.000,
Schwerin.
WBV-Moischow 2013, Grabenübergänge
(unveröff)
DTK50 © GeoBasis-DE/M-V 2013

Die farbliche Kennzeichnung der Wasserstände
entspricht der Abgrenzung der Vegetationstypen.
Ausgewiesene Flächen der Wasserstände
sind auf Basis der Feldblöcke 2011.

Bearb. M. Hohlbein, 30.06.2013

Koordinatensystem: ETRS 89

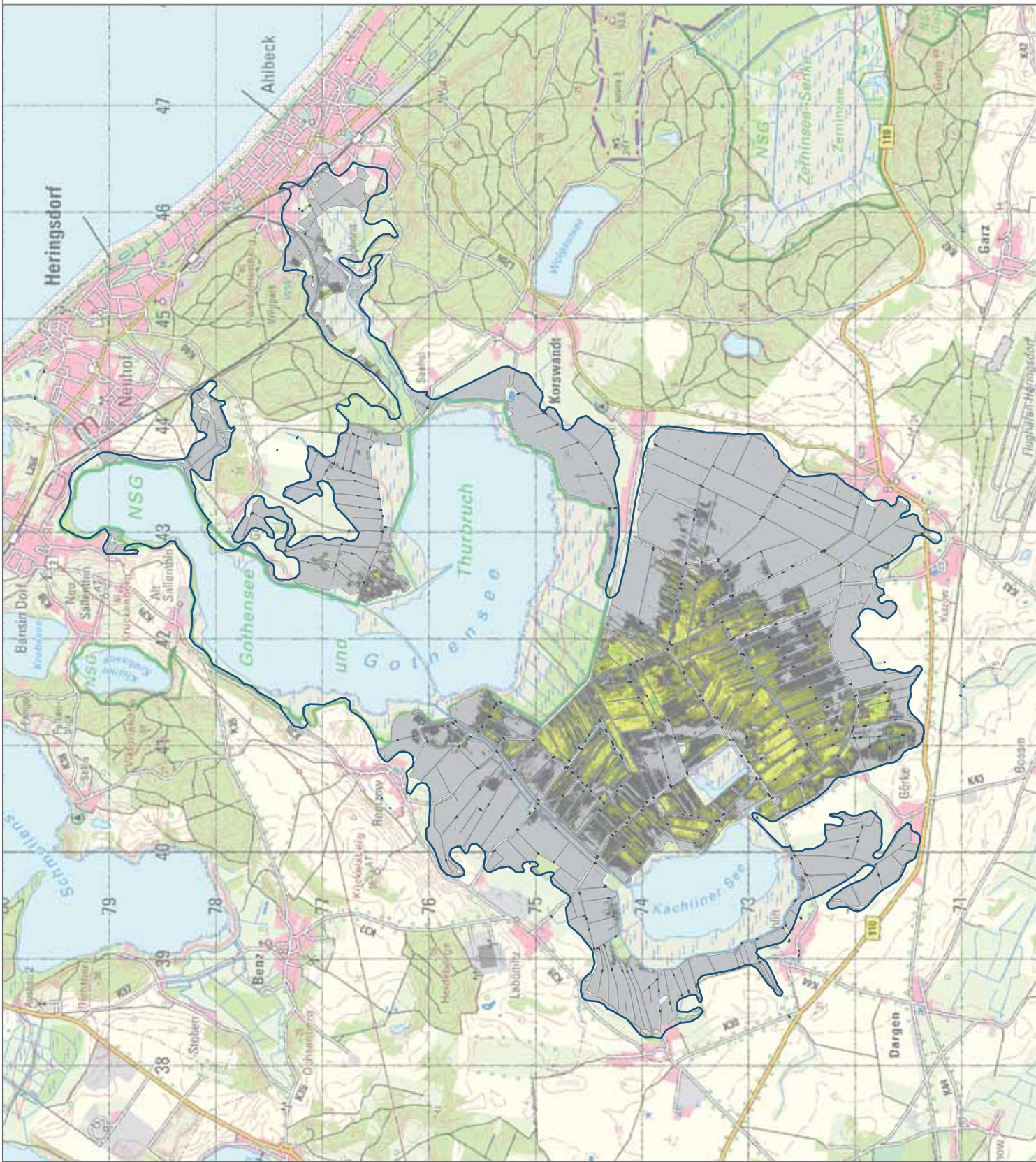
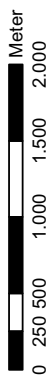
(UTM-Abbildung, Zone 33)

ArcGis 10.0. Copyright © 2010 ESRI.

Alle Rechte vorbehalten.

© LAIV M-V
Nr. V/1/2006

Maßstab: 1:35.000



Flächennutzung im Thurbruch

Szenario Grünland & Paludikultur

Mittlerer Jahreswasserstand:
0,10 m unter NNH

Legende

- Untersuchungsgebiet
- Grünlandnutzung
- Feuchtgrünlandnutzung
- Nasswiesen

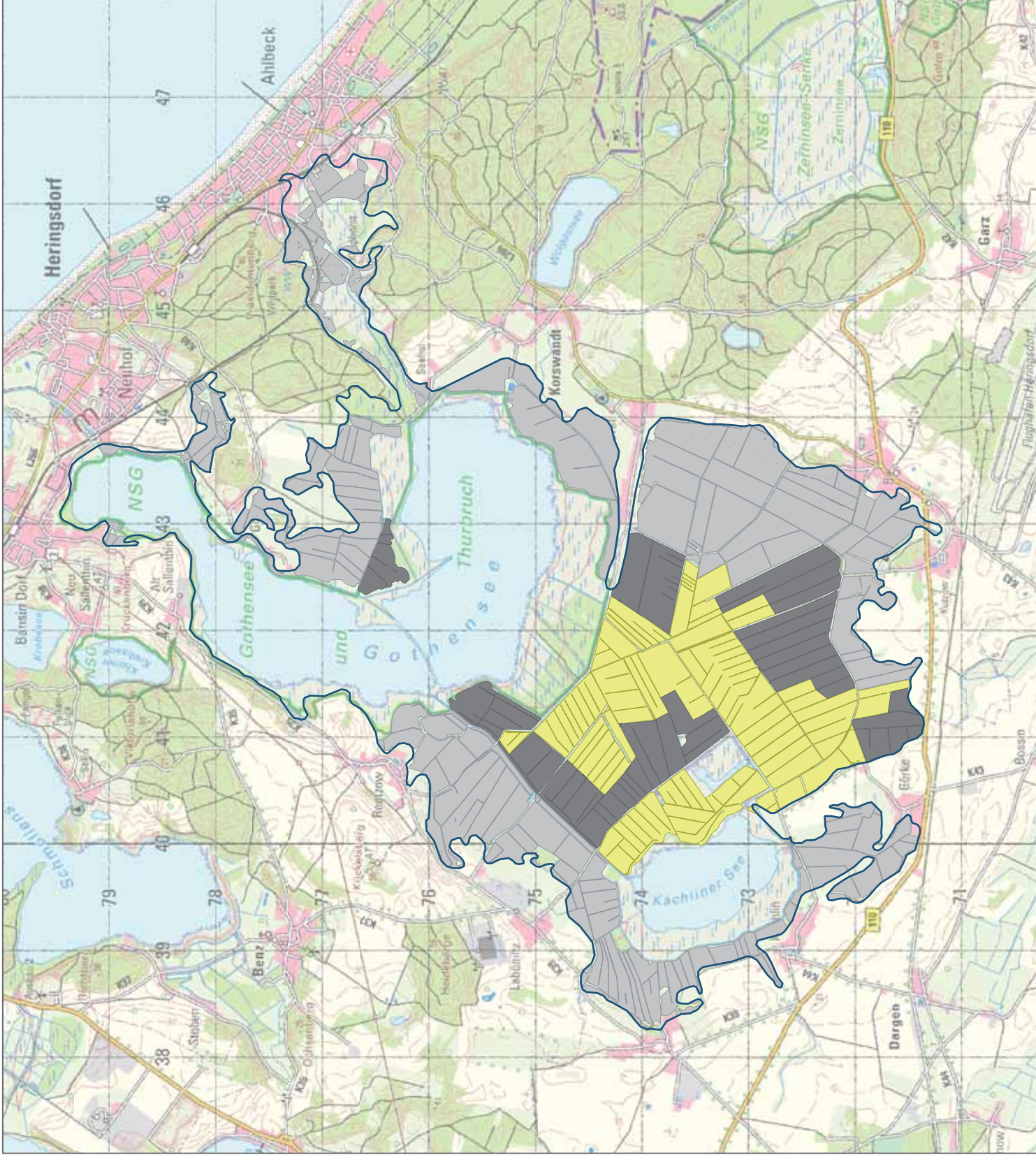


Datengrundlage:
MLUV-MV (Hrsg.) 2011, Feldblöcke, 1:10.000,
Schwerin.
DTK50 © GeoBasis-DE/M-V 2013

Ausgewiesene Nutzungsflächen auf Basis der
Feldblöcke 2011.

Bearb. M. Hohlbein, 30.06.2013
Koordinatensystem: ETRS 89
(UTM-Abbildung, Zone 33)
ArcGis 10.0. Copyright © 2010 ESRI.
Alle Rechte vorbehalten.

Maßstab: 1:35.000



Wasserstände im Thurbruch

Szenario Paludikultur

Mittlerer Jahreswasserstand:
0,25 m über NHN

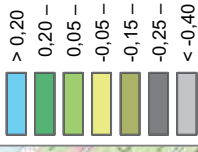
Legende

Untersuchungsgebiet

Grabenübergänge

Feldblöcke

Mittlerer Jahreswasserstand (m in Flur)



Datengrundlage:

LAIIV-MV (Hrsg.) 2012, Digitales Gelände-
modell 2, Räuml. Auflösung 2 x 2 Meter,
Schwerin.

MLUV-MV (Hrsg.) 2011, Feldblöcke, 1:10.000,

Schwerin.

WBV-Moischow 2013, Grabenübergänge
(unveröff)

DTK50 © GeoBasis-DE/M-V 2013

Die farbliche Kennzeichnung der Wasserstände
entspricht der Abgrenzung der Vegetationstypen.
Ausgewiesene Flächen der Wasserstände
sind auf Basis der Feldblöcke 2011.

Bearb. M. Hohlbein, 30.06.2013

Koordinatensystem: ETRS 89

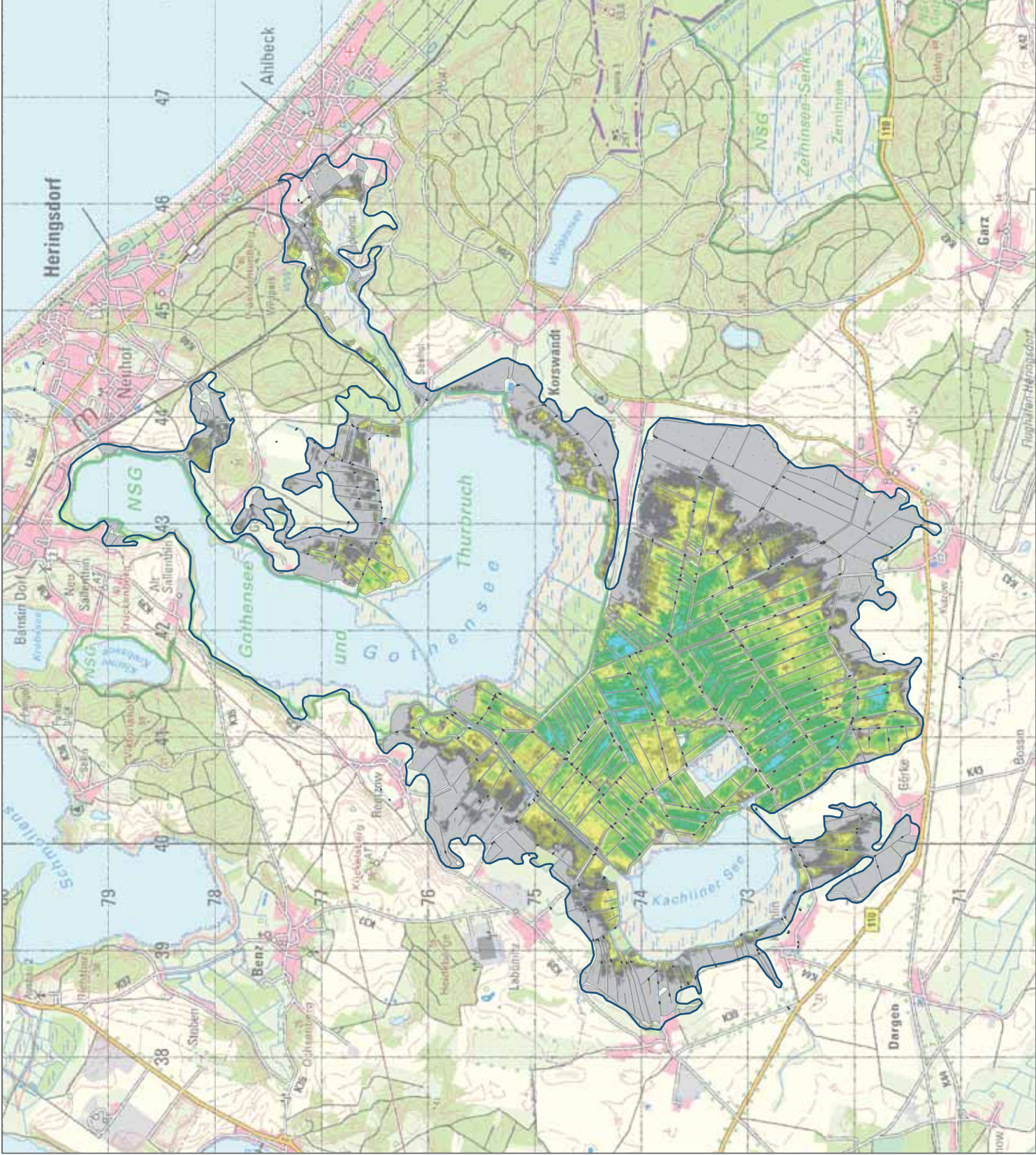
(UTM-Abbildung, Zone 33)

ArcGis 10.0. Copyright © 2010 ESRI.

Alle Rechte vorbehalten.

© LAIV M-V
Nr. V/1/2006

Maßstab: 1:35.000



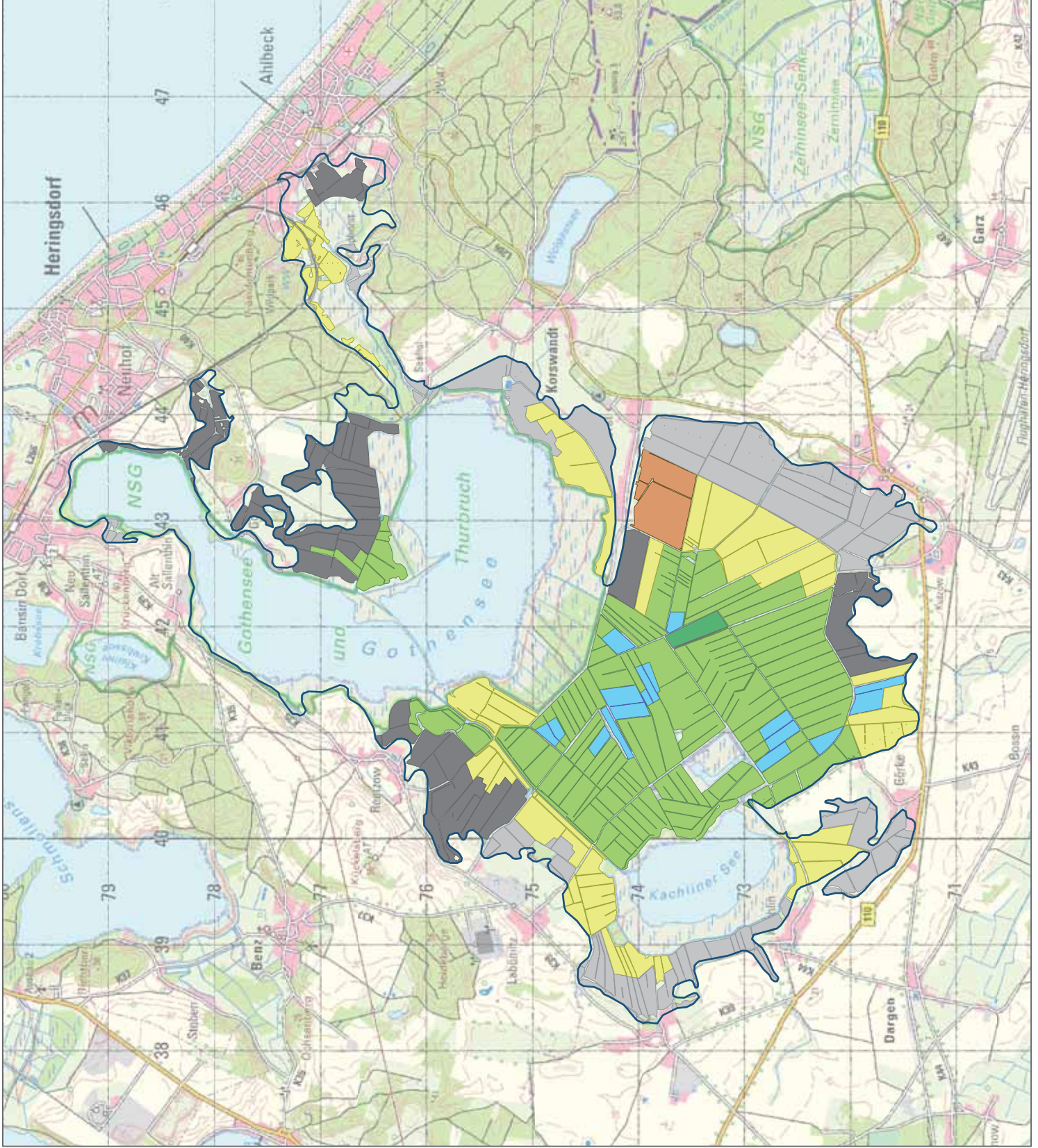
Flächennutzung im Thurbruch

Szenario Paludikultur

Mittlerer Jahreswasserstand:
0,25 m über NHN

Legende

- Untersuchungsgebiet
- Grünlandnutzung
- Feuchtgrünlandnutzung
- Masswiesen
- Schilfnutzung
- Rohrkolben-/ Schilfnutzung
- Wasserbüffelweide
- ungenutzte Nassflächen

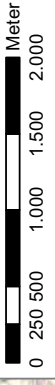


Datengrundlage:
MLUV-MV (Hrsg.) 2011, Feldblöcke, 1:10.000,
Schwerin.
DTK50 © GeoBasis-DE/M-V 2013

Ausgewiesene Nutzungsflächen auf Basis der
Feldblöcke 2011.

Bearb. M. Hohlbein, 30.06.2013
Koordinatensystem: ETRS 89
(UTM-Abbildung, Zone 33)
ArcGIS 10.0. Copyright © 2010 ESRI.
Alle Rechte vorbehalten.

Maßstab: 1:35.000



3.5 Biomasseerträge

Über die prozentuale Aufteilung der Nutzungskategorien nach Vegetationstypen im Thurbruch wird der nutzbare Flächenanteil innerhalb jeder Kategorie sichtbar (Tabelle 3). Der Grünlandanteil auf den Flächen mit Grünlandnutzung beträgt beispielsweise 95 %. Auf Flächen mit Rohrkolbennutzung sind hingegen nur 81 % der Flächen nutzbar, da im Mittel knapp 20 % jeder Einzelfläche von anderen Vegetationstypen bewachsen ist.

Tabelle 3: Nutzungskategorien und deren prozentuale Anteile an Vegetationstypen

		Vegetationstyp in % ²						
		Grünland	Feuchtgrünland	Seggen/Rohrglanzgras	Seggen/Rohrglanzgras/-Schilf	Schilf	Rohrkolben/Schilf	Nassflächen
Nutzungstyp	Grünlandnutzung	95	5	1	0	0	0	0
	Feuchtgrünlandnutzung	48	41	9	2	0	0	0
	Nasswiesen (inkl. Wasserbüffel)	13	28	33	18	6	3	0
	Schilfnutzung	2	2	5	13	28	44	7
	Rohrkolben-/Schilfnutzung	0	2	2	3	7	81	6

Für die jeweils nutzbaren Anteile innerhalb der Nutzungstypen sind in Tabelle 4 die Biomasseerträge berechnet und für jedes Szenario zusammengefasst. Da im Thurbruch der Großteil der Flächen für die Mutterkuhhaltung genutzt wird, wurden bei der Grünlandnutzung die Flächen mit Feuchtgrünland hinzugezählt.

2 Die Werte sind auf ganze Zahlen gerundet, dadurch können Abweichungen von 100 % entstehen.

Tabelle 4: Biomasserträge der Nutzungskategorien nach Anteil jeweils nutzbarer Vegetationstypen für die Szenarien. Erträgen von Grünland und Feuchtgrünland nach KÄDING ET AL. 2005; Erträge von Seggen/Rohrgranzgras gemittelt aus SCHULZ ET AL. 2011, STEFFENHAGEN ET AL. 2008, TIMMERMANN 2009, Erträge von Schilf gemittelt aus TIMMERMANN 2009, CLAUDIA OEHMKE (mündl. Mitt. 2013) und Erträgen von Rohrkolben aus HEINZ 2011.

Nutzungskategorie	nutzbare Anteile der Vegetationstypen in % ³	Erntezeitpunkt	Erträge (t TM ha ⁻¹ a ⁻¹)		Szenario Grünland		Szenario Grünland & Paludikultur		Szenario Paludikultur	
			von	bis	Fläche (ha)	Erträge (t TM a ⁻¹)	Fläche (ha)	Erträge (t TM a ⁻¹)	Fläche (ha)	Erträge (t TM a ⁻¹)
Grünlandnutzung		Sommer			1.102	8.005	810	5.885	307	2.231
	Grünland (95%)		6,11	8,61	1.047	7.652	770	5.626	292	2.132
	Feuchtgrünland (5%)		5,68	7,14	55	353	41	259	15	98
Feuchtgrünlandnutzung		Sommer			363	2.229	292	1.790	239	1.464
	Grünland (48%)		6,11	8,61	174	1.275	140	1.024	115	838
	Feuchtgrünland (41%)		5,68	7,14	149	954	120	766	98	626
Nasswiesen		Sommer			0		363	2.233	293	1.805
	Grünland (13%)		4,51	5,46			47	235	38	190
	Feuchtgrünland (28%)		4,14	4,35			102	431	82	349
	Seggen/Rohrgranzgras (60%)		6,10	8,20			218	1.566	176	1.267

3 Die Anteile nicht nutzbare Flächen werden nicht dargestellt. Die Werte sind auf ganze Zahlen gerundet, dadurch können Abweichungen von 100 % entstehen.

Wasserbüffelweide		Sommer				0	0	0	37	228
	Grünland (13%)		4,51	5,46	4,98				5	24
	Feuchtgrünland (28%)		4,14	4,35	4,25				10	44
	Seggen/Rohrgranzgras (60%)		6,10	8,20	7,20				22	160
Schilfnutzung		Winter				0	0		523	3.598
	Seggen/Rohrgranzgras/Schilf (13%)		6,25	10,00	8,10				68	550
	Schilf (28%)		6,25	10,00	8,10				146	1.185
	Rohrkolben/Schilf (44%)		6,25	10,00	8,10				230	1.862
Rohrkolben-/Schilfnutzung		Winter				0	0		9	71
	Rohrkolben/Schilf (81%)		6,50	14,00	10,25				7	71
Gesamt						1.465	10.234	1.465	9.907	9.397

Die Zusammensetzung der Biomasse ändert sich je nach Szenario (Abbildung 4) und entspricht in etwa den Anteilen der Flächennutzung der Szenarien. Die Verwertungsmöglichkeiten verschieben sich von reiner Futtermittelproduktion im Szenario Grünland (10.381 t TM a⁻¹), zu Futtermittel- (7.789 t TM a⁻¹) und Energieproduktion (2.217 t TM a⁻¹) im Szenario Grünland & Paludikultur, hin zu unterschiedlicher Verwertungsoptionen im Szenario Paludikultur, mit 3.772 t TM a⁻¹ für Futtermittel, 2.020 t TM a⁻¹ für Energieerzeugung (abzügl. 227 t TM a⁻¹ Futtermittel für Wasserbüffel), 4.232 t TM a⁻¹ Schilf und 88 t TM a⁻¹ Rohrkolben, welche als Baustoff oder energetisch verwertet werden können.

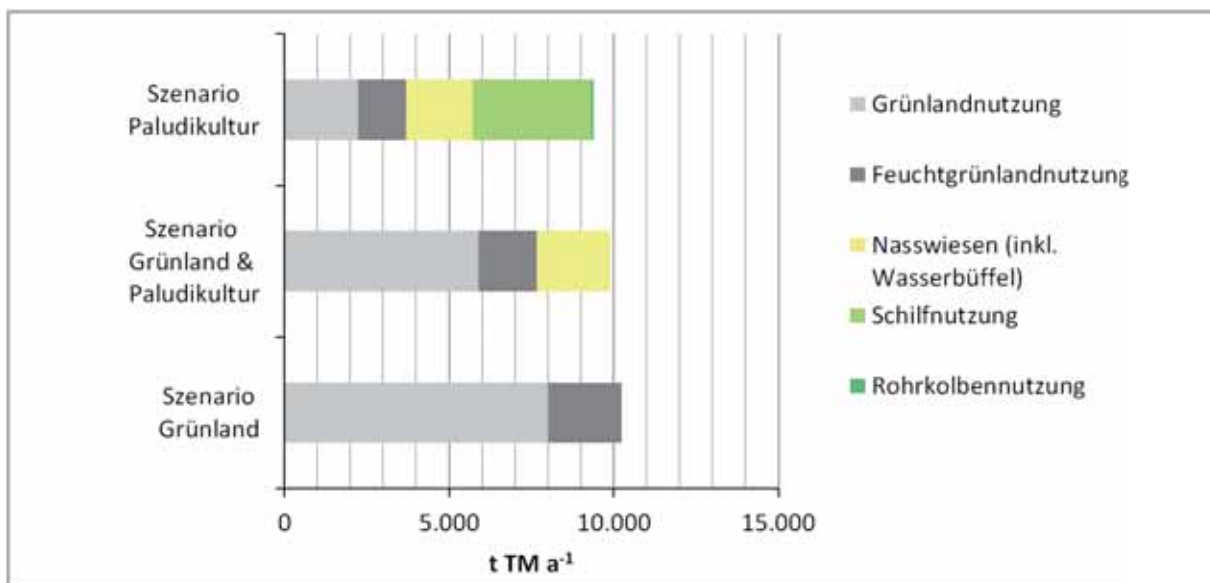


Abbildung 4: Zusammensetzung der Biomasse in den Szenarien

3.6 Treibhausgasemissionen

Die Treibhausgasemissionen sind am höchsten in Szenario Grünland und sinken über das Szenario Grünland & Paludikultur bis zum Szenario Paludikultur (Tabelle 5). Die Differenz zwischen den Szenarien beträgt maximal 9.275 t CO₂-Äq. a⁻¹. Je nach Treibhauspotenzial der Nassflächen im Szenario Paludikultur entsteht eine Differenz von 4.914 t CO₂-Äq. a⁻¹, welche auf den 67 ha großen Nassflächen mehr oder weniger emittiert wird.

Tabelle 5: Treibhausgasemissionen je Szenario nach Vegetationstypen, mit mittlerem Jahreswasserstand und Treibhauspotenzialen, nach COUWENBERG ET AL. 2011, Nassflächen zusätzlich durch Aufteilung des Szenarios Paludikultur in Unterszenarien nach GLATZEL ET AL. 2011 (B) und AUGUSTIN & CHOJNICKI 2008 (C)

Vegetationstyp	Mittlerer Jahreswasserstand		Treibhauspotenzial	Szenario Grünland		Szenario Grünland & Paludikultur		Szenario Paludikultur			
	von	bis		Fläche (ha)	Emissionen (t CO ₂ -Äq. a ⁻¹)	Fläche (ha)	Emissionen (t CO ₂ -Äq. a ⁻¹)	Fläche (ha)	Emissionen (t CO ₂ -Äq. a ⁻¹)	A	B
Grünland		< -0,40	20	1.230	24.592	942	18.841	466	9.317	9.317	9.317
Feuchtgrünland	-0,40	-0,25	15	214	3.212	288	4.313	176	2.637	2.637	2.637
Seggen/Rohrglanzgras	-0,25	-0,15	12,5	23	291	173	2.164	149	1.862	1.862	1.862
Seggen/Rohrglanzgras/Schilf	-0,15	-0,05	3,5	2	8	58	203	151	530	530	530
Schilf	-0,05	0,05	8,5	0	1	8	71	186	1.579	1.579	1.579
Rohrkolben/Schilf	0,05	0,20	8,5	0	0	1	5	275	2.337	2.337	2.337
Nassflächen	> 0,20		8,5/23/82	0	0	0	0	67	568	1.538	5.483
Gesamt				1.470	28.105	1.470	25.597	1.470	18.830	19.799	23.744

4 Diskussion

4.1 Wasserstand

Die Entwässerung eines Moores führt zu *Moorschwund*, d. h. der Abnahme der Moormächtigkeit und der Geländehöhe. In Deutschland ist dies bei Grünlandnutzung durchschnittlich 0,5 cm bis 1 cm pro Jahr. Je nach Standort und Bewirtschaftung können es in einem Niedermoor auch wesentlich mehr sein (STEGMANN & ZEITZ 2001). In NEUBAUER (1998) wird ein Moorschwund für das Thurbruch von ca. 30 cm im Zeitraum von 1964 und 1978 (in der Zeit der Komplexmelioration) und ein weiterer Moorschwund von ca. 30 cm zwischen 1978 und 1996 beschrieben. Demnach ist das Thurbruch in 32 Jahren ca. 60 cm gesackt. Das Naturschutzgebiet liegt etwas höher als seine Umgebung. Die Komplexmelioration fand dort nicht statt, so dass es vermutlich feuchter war als das direkt angrenzende Gebiet südlich der Straße von Reetzow nach Ulrichshorst und dadurch weniger gesackt ist. Trotzdem weist das heutige Baumvorkommen auf Trockenheit hin.

In allen Szenarien muss von weiterem Moorschwund auf Flächen mit einem Wasserstand unter Flur ausgegangen werden. Die Flächen werden dadurch feuchter, wenn die Entwässerungsgräben nicht regelmäßig vertieft werden (EDOM 2001b). Da es im Thurbruch keine Wasserstandsmessungen gibt, konnte der Moorschwund in den Szenarien nicht mit einem höheren Wasserstand, welcher der tieferen Geländehöhe entspräche, korreliert werden. Mit einer Moorschwundrate von 0,5 cm im Jahr würde die Geländeoberfläche in 30 Jahren um 15 cm gesackt sein, welches der Differenz des mittleren Jahreswasserstandes zwischen Szenario Grünland und Szenario Grünland und Paludikultur entspricht, so dass durch eine Nutzung weiter wie bisher das Thurbruch in 30 Jahren dem Szenario Grünland und Paludikultur ähneln würde. Nach NEUBAUER (1998) ist die Mooroberfläche im Thurbruch zwischen 1964 und 1996 durchschnittlich um 1,9 cm pro Jahr niedriger geworden. Mit Andauern solch hoher Moorschwundraten würde sich das Szenario Grünland in 26 Jahren bereits zum Szenario Paludikultur gewandelt haben. Flächen mit Wasserständen in Flur würden jedoch nicht weiter sacken. Da die Lagerungsdichte der Torfe durch die Komplexmelioration erhöht wurde (STEGMANN & ZEITZ 2001), müsste die Moorschwundrate inzwischen geringer geworden sein. Moorschwund wird aber weiterhin stattfinden.

Der *mittlere Jahreswasserstand* im Untersuchungsgebiet wurde vereinfacht als überall gleich (in m über NHN) angenommen. In wachsenden Mooren ist der Wasserstand weitgehend parallel zur Geländeoberfläche (EDOM 2001b). In entwässerten Mooren nähern sich die Wasserstände in Grabennähe den Grabenwasserständen an, so dass der mittlere Jahreswasserstand in Grabennähe sich von den Gräben entfernteren Flächen unterscheidet. Durch Belüftung des Torfs verringert

sich dessen hydrologische Leitfähigkeit und Speicherkapazität und es entwickeln sich Staunässestandorte. Die anfangs trockeneren Bereiche nahe der Gräben verlieren schneller an Leitfähigkeit und Speicherkapazität (EDOM 2001b) und behindern damit die Be- und Entwässerung der Flächen.

In den Randflächen des Thurbruchs, wo die Geländehöhe zunimmt, würde bei gleichem Wasserstand im gesamten Thurbruch der mittlere Jahreswasserstand unter Flur mehrere Meter tief sein und wäre somit zu trocken für die derzeit stattfindende Grünlandbewirtschaftung. Es ist aber anzunehmen, dass der Wasserstand dieser Flächen unter 0,40 m unter Flur liegt (\triangle Grünland), da das Wasser mit dem Gefälle in die tieferen Flächen fließt.

Hydrologische Modelle können sich den tatsächlichen Wasserständen durch das Einbeziehen mehrerer Parameter nähern, sind aber komplex und zeitaufwändig. Komplex ist auch die hydrologische Regulation eines Moores nach Wiedervernässung, welches das Regionalklima durch höhere Verdunstungsraten beeinflusst und dadurch auch die eigene Wasserbilanz (EDOM 2001b). Durch die vereinfachte Annahme konnten im Rahmen dieser Arbeit weitergehende Schritte (Flächennutzungen, Biomasseerträge und Treibhausgasemissionen) ermittelt werden. Die angenommenen Wasserstände dienen der Annäherung an die Realität. Durch die Szenarien wird eine Spannbreite der möglichen Wasserstände und der darauf aufbauenden Flächennutzung, Biomasseerträge und Treibhausgasemissionen aufgezeigt.

Wasserspiegelschwankungen innerhalb eines Jahres bleiben auch nach Wiedervernässung höher als in der Zeit vor der Entwässerung, da durch Entwässerung die hydrologischen Leitfähigkeit und die Speicherkapazität des Torfes verringert werden (nur durch Trockenheit entstehende Schwundrisse leiten und speichern mehr Wasser) (EDOM 2001a). In Norddeutschland ist der Wasserstand von November bis April in der Regel am höchsten, im Sommer sinken die Wasserstände durch hohe Verdunstungsraten (mündl. Mitt. ANDREAS WAHREN 2013), je nach Witterung sind jedoch Abweichungen zwischen den Jahren möglich (z. B. im verregneten Sommer 2011).

In der heutigen Nutzung ist Wassermangel im Sommer bereits ein Problem für die Landwirte im Thurbruch (mündl. Mitt. HERR BLÜTHGEN 2013, mündl. Mitt. HERR FLEISCHER & FRAU LOIST 2013). Nach ANDREAS WAHREN (mündl. Mitt. 2013) liegen bei einem mittleren Jahreswasserstand von 0,14 m über Flur die Wasserstände (ohne Zuflüsse, Abflüsse und Versickerung) im Winter maximal bei 0,23 m über Flur und sinken im Sommer auf bis zu 0,02 m über Flur. Bei Schilf- und Rohrkolbennutzung könnten daher manche Flächen im Winter zu nass für die Ernte werden. Da der Wasserstand nach ANDREAS WAHREN (mündl. Mitt. 2013) bis März ansteigt, könnten durch zeitigere Ernte mehr Flächen erreichbar sein. In Jahren mit sehr kalten Wintern kann die Ernte

auf gefrorenen Flächen durchgeführt werden, was jedoch nicht jedes Jahr möglich ist (WICHMANN 2009a). Bei mittleren Jahreswasserständen von 0,07 m unter Flur steigen die Wasserstände im Winter auf bis zu 0,08 m über Flur und sinken im Sommer auf bis zu 0,33 m unter Flur (mündl. Mitt. ANDREAS WAHREN 2013), wodurch, entgegen dem Ziel von Paludikultur, weiterhin viel Torf mineralisiert würde. Die Vegetatiostypen Seggen/Rohrglanzgras könnten mit mittleren Jahreswasserständen bis 0,25 m unter Flur noch tiefere Wasserstände erreichen. Damit könnte während trockener Perioden die Sommermahd mit konventioneller, angepasster Technik durchgeführt werden, wodurch eine Nutzungsumstellung mit geringeren Maschinenkosten verbunden ist. Solche Flächen haben jedoch bis in den Mai Wasserstände über Flur und sind daher für Feuchtgrünlandnutzung zu nass, um sie früh im Jahr bewirtschaften zu können. Derzeit wird überschüssiges Wasser im Frühjahr aus den Flächen gepumpt, um diese dann nutzen zu können. Die Wasserknappheit im Sommer wird damit verschärft. Eine Verringerung der Wasserknappheit ist durch Bewässerung möglich (mündl. Mitt. ANDREAS WAHREN 2013).

Eine gezielte *Wasserregulation* (mit Bewässerung) auf den Flächen könnte die jährlichen Wasserstandsschwankungen abmildern. Bei Schilf- und Rohrkolbennutzung kann zudem eine Regulierung nasser Flächen sinnvoll, um im Winter die Ernte zu ermöglichen. Welches Wasser für die Bewässerung genutzt bzw. wo es gespeichert werden kann ist noch unklar.

Eine Wasserentnahme aus den Seen ist nicht zulässig (mündl. Mitt. HERR FLEISCHER & FRAU LOIST 2013). Ist der Seespiegel niedriger als die festgelegte Bewirtschaftungslamelle sind Interessen der Fischerei und des Naturschutzes betroffen. Die Fischerei benötigt stabile hohe Wasserstände, um die Ausstickungsgefahr zu minimieren und um den, den Aalaufstieg fördernden, Süßwasserlockstrom vom Gothensee in die Ostsee zu erhalten (FUHRMANN & LITTMANN 1974, LITTMANN ca. 1971). Der Naturpark fordert im Sinne des Naturschutzes stabile hohe Wasserstände im Gothensee und im Kachliner See, weil sie die Schadstoffbelastung aus der Umgebung abpuffern und um Offenlandgesellschaften wieder herzustellen. Die Waldgesellschaften, die sich wegen Trockenheit an den Seerändern etablieren konnten, schädigen den Torf durch das Wurzelwerk (mündl. Mitt. KAI PAULIG 2013). Im Naturschutzgebiet wuchsen früher Sumpfporst (*Rhododendron tomentosum*), Torfmoose (*Sphagnum spec.*), Wollgras (*Eriophorum spec.*) und Sonnentau (*Drosera spec.*) (LITTMANN ca. 1971), sowie Gagel (*Myrica gale*), Lungenenzian (*Gentiana pneumonanthe*) und Orchideen (RAT DES BEZIRKES ROSTOCK ca. 1960er).

Das digitale Geländemodell zeigt im See niedrigere Wasserstände als die angegebene Bewirtschaftungslamelle (Karte 3). Die Höhen der Wasserflächen im digitalen Geländemodell stellen jedoch

nur Momentaufnahmen der Befliegung dar und können im Laufe des Jahres variieren (Beflie-
gungszeitraum: 12.11.2008 bis 12.01.2009, mündl. Mitt. MIRKO ENGLER 2013).

Würde die Bewirtschaftungslamelle nach oben gesetzt um den See als Wasserspeicher zu nutzen,
würde Wasser in die Fläche laufen. Der Deich welcher Teile des Gothensees umgibt ist auffällig
und teilweise zu niedrig ist (RUTKE ET AL. 2000, mündl. Mitt. HERR FLEISCHER & FRAU LOIST
2013). Pflanzen in Paludikultur sind an hohe Wasserstände angepasst. Eine direkte Beeinflussung
durch Anhebung der Bewirtschaftungslamelle des Gothensees über 0,34 m über NHN würde
selbst im Szenario Paludikultur, mit einem mittleren Jahreswasserstand von 0,25 m über NHN, je-
doch zu einem Anstieg des Wasserspiegels in den Flächen führen und damit weitere ungenutzte
Nassflächen zur Folge haben.

Auch der Deich des Kachliner Sees ist defekt und sackt durch Trockenlegung mit ihrem Unter-
grund aus Torf und Mudde weiter. Das Wasser läuft bei hohen Wasserständen durch die defekte
Verwallung, in den umgebenden Ringgraben und wird von dort wieder in den See gepumpt (Rut-
ke et al. 2000). Ein höherer Seespiegel wäre ohne weiterhin im Kreis zu pumpen nur möglich,
wenn die angrenzenden Flächen den gleichen Wasserstand haben. Inwieweit diese Flächen be-
wirtschaftbar blieben, müsste geprüft werden. Neben der Bewässerung durch einen Wasserspei-
cher ist auch die Nutzung vorhandener Wehre oder die Errichtung von Sohlgleiten eine Möglich-
keit, im Sommer einen Teil des Wassers in der Fläche zu halten (z. B. in den westlichen Lewitz-
poldern genutzt, mündl. Mitt. HERR ZORN 2013).

Wiedervernässung

In Mecklenburg-Vorpommern wurden zwischen 2000 und 2008 zahlreiche Moorrestaurierungen
durchgeführt (MLUV 2009). Die größten Flächen waren der Polder Große Rosin (841 ha), auf
dem heute Naturentwicklung stattfindet, und die westlichen Lewitzpolder (806 ha), auf denen
jetzt angepasste landwirtschaftliche Nutzung (Tierhaltung oder ein Pflegeschnitt, mit mittleren
Sommerwasserständen von 0,20 m unter Flur bis 0,60 m unter Flur und mittleren Winterwasser-
ständen bei 0,40 m unter Flur bis 0,60 m unter Flur, mündl. Mitt. HERR ZORN 2013) stattfindet.
Die Wiedervernässung des Thurbruchs würde eine größere Fläche betreffen. Die mittleren Jah-
reswasserstände im Szenario Paludikultur haben eine größere Spanne, in der neben Wasserstän-
den wie in den westlichen Lewitzpoldern auch nassere Bereiche vorkommen. In welchem Aus-
maß wasserbaulichen Maßnahmen und Regulierungen für die Herstellung der mittleren Jahres-
wasserstände der Szenarien nötig sind, muss noch ermittelt werden.

In dieser Diplomarbeit wurden landwirtschaftliche Nutzflächen betrachtet und daran angrenzen-
de Flächen nicht weiter berücksichtigt. Im Bürgergutachten wurde das Ziel formuliert, dass Leib,

Leben, Hab und Gut nicht durch einen Wasseranstieg geschädigt werden dürfen (AUTORENGEMEINSCHAFT 2013). Die Randbereiche des Thurbruchs sind höher als die zentralen Bereiche, in denen v. a. Landwirtschaft stattfindet, und haben daher in allen Szenarien mittlere Jahreswasserstände unter 0,40 m unter Flur. Dieser Wasserstand ist jedoch zu hoch um Gefährdungen für die Siedlungen, insbesondere der Gebäude, die bereits Probleme mit nassen Kellern haben (mündl. Mitt. HERR FLEISCHER & FRAU LOIST 2013), und für die Infrastruktur, welche auch direkt durch das Moor führt, ausschließen zu können. Vor einer Vernässung müssen diese Auswirkungen geprüft und gegebenenfalls Anpassungsmaßnahmen (geringere Vernässung im gesamten Gebiet, gezielte kleinflächige Wasserregulation der betroffenen Flächen oder bauliche Maßnahmen an Gebäuden und Infrastruktur) durchgeführt werden. Auch die Auswirkungen von Vernässung auf die Waldbereiche im Untersuchungsgebiet muss vorher mit Besitzern und Nutzern geklärt werden. Durch den Moorschwund findet jedoch auch im Szenario Grünland ohne Vernässung ein Wasseranstieg bezogen auf die Flurhöhe statt.

Durch Wiedervernässung entstehen Planungs- und Baukosten, die je nach Bedingungen (z. B. erforderlichen Baumaßnahmen, Gebietsgröße) erheblich schwanken können (mündl. Mitt. ACHIM SCHÄFER 2013). Für das Thurbruch wurden bisher keine konkreten wasserbaulichen Maßnahmen erarbeitet (ein hydrologisches Gutachten ist jedoch in Arbeit), weshalb die Kosten hier nicht weiter quantifiziert werden. Im Thurbruch gibt es viele wassertechnische Anlagen, so dass vermutlich keine Neubauten nötig sind und die Wasserstände durch vorhandene Schöpfwerke und Wehre eingestellt werden können. Vermutlich sind die Wiedervernässungskosten aufgrund dessen und der großen Fläche vergleichsweise niedrig. Werden die Flächen nach Wiedervernässung weiter genutzt, fallen auch Kosten für Flächenerwerb oder Pachtentschädigungen weg (vgl. JOOSTEN ET AL. 2013).

4.2 Flächennutzung

Grünland- und Feuchtgrünlandnutzung

Das Szenario Grünland spiegelt die heutige Nutzung wieder, in der hauptsächlich Fleisch durch Mutterkuhhaltung mit Grünland- und Feuchtgrünlandnutzung, weniger Milch durch Milchviehhaltung mit Grünlandnutzung erzeugt wird. Für beide Verfahren werden in der Datensammlung Brandenburg (MIL 2010) ohne Prämien ausschließlich negative kalkulatorische Gewinnbeiträge verzeichnet. Die Mutterkuhhaltung erzielt durch Prämien positive Gewinnbeiträge, die Milchviehhaltung bleibt selbst mit Prämien negativ. Auch in Mecklenburg-Vorpommern sind für Mutterkuhbetriebe positive Betriebszweigergebnisse nur durch Prämien möglich (DIETZE & HEILMANN 2010) und für Milchviehbetriebe auch mit Prämien die Milchpreise zu niedrig um kos-

tendeckend arbeiten zu können (BAL 2013). In den Betrieben im Thurbruch sind Abweichungen von den in der Literatur berechneten Produktionsverfahren und deren Kosten zu erwarten (eine Verringerung der Kosten ist beispielsweise bei günstigerer Futtererzeugung, Nutzung abgeschriebener Maschinen oder durch Familienarbeit ohne Tariflohn möglich). Vermutlich sind jedoch auch sie auf die Prämien angewiesen um diese Bewirtschaftungen aufrecht erhalten zu können.

Nasswiesen

Das Szenario Grünland und Paludikultur sollte zeigen, ob eine Nutzung von Paludikultur und Grünland nebeneinander möglich ist. Die nassesten Flächen wurden als Nasswiesen ausgewiesen, bei denen jedoch 40 % der Fläche einen mittleren Jahreswasserstand unter 0,25 m unter Flur haben und damit noch trocken sind (=Vegetationstypen Grünland und Feuchtgrünland). Nur 9 % der Fläche haben mittlere Jahreswasserstände nahe oder über Flur (über 0,05 m unter Flur; Vegetationstypen Schilf, Rohrkolben/Schilf). Wenn dem Absacken der Wasserstände im Sommer nicht durch Wasserregulierung entgegengewirkt wird, wird auf einem großen Teil der Fläche nach wie vor Torfmineralisierung stattfinden. Nutzungstypen mit höheren mittleren Jahreswasserständen, mit denen mehr Torf erhalten wird, bzw. auch Torf neu gebildet wird, kommen in diesem Szenario nicht vor.

Der Nasswiesenaufwuchs kann als Schnittnutzung für Vergärung (Biogas) oder zur Heugewinnung für Verbrennung genutzt werden. Die Anlagentechnik für beide Verfahren muss jeweils auf halmgutartige Biomasse ausgerichtet sein (WICHTMANN & WICHMANN 2011; WICHMANN 2009b). Durch Verstromung von Biogas könnte Energie u. a. direkt für die Wasserregulierung im Thurbruch selbst genutzt werden. Bei später Mahd eignet sich Biomasse eher für Verbrennung (DBFZ 2013). Die Wärme aus Verbrennung (bzw. Abwärme der Biogasanlage, welche jedoch v. a. im Sommer zur Verfügung steht,) könnte innerhalb der Landwirtschaft für die wärmebedürftige Ferkelaufzucht oder zur Futtertrocknung (beides wird in einem Betrieb im Thurbruch praktiziert), für die Ostseetherme Ahlbeck oder für Hotels und Anwohner als Nahwärme genutzt werden. Anbau oder Pflanzung spezieller Arten ist für diese Verwertungsform nicht nötig. Flächen, deren Aufwuchs durch zunehmende Nässe nicht mehr den Nahrungsansprüchen von Mutterkühen gerecht wird, können somit verwertet werden (WICHTMANN & WICHMANN 2011). Diese Nutzung ist außerhalb des Thurbruchs im Betrieb von Hans Voigt bereits geplant, welcher dieses Jahr zum ersten Mal Heu von nassen Flächen gewonnen hat, um diese im nahegelegenen geplanten Heizkraftwerk Malchin zu verbrennen. Verbrennungskritische Inhaltsstoffe halmgutartiger Biomasse (z. B. Chlor, Schwefel, Stickstoff) sinken bei späterer Ernte, die Anlagentechnik muss dennoch an diese angepasst werden (OEHMKE & WICHTMANN 2011). Etablierte Feuerungstechniken zur

Strohverbrennung (z. B. Strohheizungsanlage Gülzow, DAHMS ET AL. 2013) können auch für Schilf- und Rohrkolben aus Winterernte verwendet werden. Durch die energetische Verwertung von Biomasseaufwüchsen aus Paludikultur können neben der Einsparung der Treibhausgasemissionen aus dem Boden auch Emissionen durch den Ersatz fossiler Energieträger reduziert werden (DAHMS ET AL. 2013).

Wasserbüffelweide

Wasserbüffelweiden sind im Szenario Grünland und Paludikultur für Nasswiesen zu trocken, um nach den angegebenen Kriterien (Tabelle 1) möglichst nass für den Torferhalt zu sein. Im Szenario Paludikultur wurde innerhalb der Nasswiesen eine Wasserbüffelweide (38 ha) ausgewiesen, welche für eine Herde von 30 Büffelkühen und einem Bullen ausreicht (25-30 Büffelkühe können von einem Bullen gedeckt werden; Besatz je nach Produktivität des Standortes 0,8-1,4 GV/ha; 1 Büffelkuh mit Kalb \triangleq 1,2 GV, mündl. Mitt. WEERT SWEERS 2013). Voraussetzung ist ein angepasstes Weidemanagement, indem Teilflächen jeweils zeitlich zugeteilt werden. Durch die Beweidung werden wie durch Mahd die Vegetationstypen Schilf und Rohrkolben verdrängt. Wasserbüffel können nur direkt vermarktet werden, daher ist die Anzahl der Tiere vom Absatzmarkt abhängig (mündl. Mitt. WEERT SWEERS 2013). Die regionale Vermarktung des hochwertigen Fleisches könnte in ein entsprechendes Tourismuskonzept auf Usedom integriert werden und beispielsweise als Kooperation der Landwirte mit einzelnen Hotels etabliert werden. Landwirte können im Gegensatz zu anderen Paludikulturen weiterhin in der Tierhaltung arbeiten, brauchen jedoch Vermarktungsgeschick und Risikobereitschaft, da bisher kein etablierter Markt existiert. Das Gut Darß arbeitet schon heute erfolgreich in einer Tourismusregion mit Wasserbüffeln, vermarktet seine Produkte jedoch auch deutschlandweit.

Schilf- und Rohrkolbennutzung

Szenario Paludikultur zeigt die maximal möglichen Paludikulturflächen bei einem einheitlichen Wasserstand. Dabei bleiben weiterhin 37 % als trockene Grünland- oder Feuchtgrünlandnutzung bestehen. Bei Einstellung eines höheren mittleren Jahreswasserstandes würde die nutzbare Fläche für Paludikultur abnehmen, dafür aber die nicht nutzbaren Nassflächen zunehmen.

Die *natürliche Sukzession* von Schilf- und Rohrkolbennutzung braucht vermutlich mehr Zeit als die von Nasswiesen, da ein Teil der Arten der Nasswiesen bereits heute direkt auf den Flächen sind (Arten des Grün- und Feuchtgrünlands, Rohrglanzgras, auf Teilflächen auch ein paar Seggen, mündl. Mitt. LANDWIRT A & C 2012). Die natürliche Sukzession von Schilf benötigt Schilf in direkter Umgebung, z. B. in den Entwässerungsgräben, um sich 1 m bis 10 m pro Jahr auszubreiten (in Norfolk entwickelte sich in 5 Jahren eine erntbare Fläche von 50 ha, HAWKE & JOSÉ 1996).

Durch Anpflanzung können Röhrichte schneller, mit sichererer Artenzusammensetzung, etabliert werden. Schilf bildete im Anbauversuch von TIMMERMANN (1999) im dritten Jahr dichte Bestände. In MÜNZER (2001) wurde Rohrkolben bereits im ersten Jahr mit geringen Erträgen geerntet, bis zum dritten Jahr stiegen die Erträge. Die Zugänglichkeit der Flächen muss für die Pflanzung gewährleistet sein, was durch die Angrenzung einer Straße bei der Ausweisung der Flächen berücksichtigt wurde. Durch Anpflanzung entstehen zusätzliche Kosten, die vermutlich nur durch Qualitätsprodukte mit hohen Erlösen gedeckt werden können. Eine Anpflanzung ist daher für die stoffliche Verwertung als Baumaterial zu überdenken, aber nicht für die energetische Nutzung. Für die energetische Verwertung eignet sich geringwertige, unspezifische Biomasse (WICHTMANN & WICHMANN 2011, vgl. 4.2 Nasswiesen). Die stoffliche Verwertung ist vorzuziehen, da die Wertschöpfung höher ist und der Kohlenstoff längerfristig festgelegt wird (WICHMANN & TANNEBERGER 2011).

Durch Wintermahd können Saisonarbeitskräfte auch im Winter beschäftigt werden (WICHTMANN & WICHMANN 2011), bei einer Kombination aus Sommer- und Wintermahd können Maschinen über das Jahr optimal ausgelastet werden. Paludikultur ist jedoch vermutlich weniger arbeitsintensiv (ausgenommen Wasserbüffelhaltung) als die jetzige Tierproduktion. Um Arbeitsplätze in der Region zu erhalten sollte die stoffliche Verwertung vor Ort erwogen werden.

Schilfnutzung nimmt im Szenario Paludikultur über ein Drittel der Fläche ein. Da nach Aussage der Rohrwerber 80 % des Dachschilfs importiert werden müssen (mündl. Mitt. SABINE WICHMANN 2013), könnten durch die Verwertung zu Dachschilf regionale Produkte für einen vorhandenen Absatzmarkt (zu vorhandenen Preisen) produziert werden. Auch Trennwände, Dämmplatten und Putzträger aus Schilf der Firma Hiss Reet werden derzeit aus der Türkei importiert, um ausreichend Schilf, mit geringen Arbeitskosten und guten Qualitäten zu bekommen (HISS REET 2003-2013). Ob Schilf aus dem Thürbruch den hohen Qualitätsansprüchen gerecht wird und eine Alternative für Importschilf darstellen kann ist jedoch unklar. Dafür müsste Schilf u. a. jährlich gemäht werden (HISS REET 2003-2013). Da Schilf ein gesetzlich geschütztes Biotop ist, muss für jede Mahd eine Sondergenehmigung von der Naturschutzbehörde beantragt werden (§20, NATSCHAG M-V 2010).

Innerhalb des VIP-Projekts wurden weitere Anwendungsgebiete für Schilf entwickelt, die noch nicht auf dem Markt sind aber in Zukunft eine weitere Nutzungsalternative darstellen könnten (Brandschutzplatte aus Schilf, Maschinen- und Handputz des Blautonwerks Friedland).

Rohrkolben wurde als Dämmmaterial in einem Fachwerkhaus in Nürnberg und in einem Neubau erprobt und erwies sich als Material mit guter Tragfähigkeit und sehr guten Dämmeigenschaften

(KRUS ET AL. 2013). Auch die Hanf-Faser-Fabrik Uckermark verarbeitet Rohrkolben zu Einblasdämmstoff und ist derzeit sehr an weiteren Standorten mit Rohrkolben interessiert, der Landwirt muss diesen jedoch selbst vermarkten (mündl. Mitt. RAINER NOWOTNY 2013).

Rohrkolben braucht hohe Wasserstände und hat mit einem Wasserstand von 0,05 m über Flur bis 0,20 m über Flur einen kleinen Nutzungsbereich. Die meisten Flächen sind zu heterogen um zu 75 % diesem Nutzungsbereich zu entsprechen. Rohrkolbennutzung wurde im Szenario Paludikultur nur auf einer Fläche von 9 ha ausgewiesen, obwohl Rohrkolben als Vegetationstyp auf 275 ha im Gebiet vorkommt. Auf 133 ha der Flächen, z. B. im Bereich südwestlich der ausgewiesenen Fläche, liegt der Rohrkolbenanteil zwischen 50 % und 74 % und erfüllt damit nicht die erstellten Kriterien für Rohrkolben-/Schilfnutzung (Tabelle 1).

Sollte eine Rohrkolbennutzung rentabler als die Schilfnutzung sein, bzw. eine größere Fläche für Rohrkolben gewünscht sein, könnte es sich lohnen, die Flächen durch Einebnung (v. a. des Grabenaushubs neben den Entwässerungsgraben südwestlich der ausgewiesenen Rohrkolbenfläche, Karte 8, Karte 9) oder durch gezieltes Wassermanagement für Rohrkolbennutzung zu verbessern. Rohrkolben könnte auch auf nasserem Flächen wachsen (TIMMERMANN 2003), die Ernte durch modifizierte Pistenraupen oder Seiga-Maschinen mit Ballonreifen ist für höhere Wasserstände jedoch nicht geeignet (mündl. Mitt. SABINE WICHMANN 2013). Eine Ernte bei gefrorenen Boden ist durch mangelnde Frostsicherheit im Winter nicht jedes Jahr möglich (WICHMANN 2009a). Bei höheren Wasserständen könnten zudem die Methanemissionen steigen, so dass die Emissionsreduktion durch Vernässung sinkt (vgl. 4.4).

4.3 Biomasseerträge

Die Biomasseerträge sind in Szenario Grünland am höchsten, da hier viel Grünland vorkommt. Im Szenario Grünland und Paludikultur sind die Erträge um 326,48 t TM a⁻¹ geringer, da Feuchtgrünland und einschnittige Nasswiesen geringere Erträge haben. Im Szenario Paludikultur sinken die Erträge nochmals um 510,44 t TM a⁻¹, obwohl die produktivsten Vegetationstypen Schilf und Rohrkolben hinzukommen. Der Anteil nutzbarer Fläche ist bei diesen jedoch geringer als bei Grünland, wodurch mit Schilfnutzung pro Hektar (6,89 t TM ha⁻¹ a⁻¹) weniger Erträge erzielt werden können als bei Grünlandnutzung pro Hektar (7,26 t TM ha⁻¹ a⁻¹). Zudem fallen mit den Nassflächen 4 % der Flächen aus der Nutzung.

Bei der Ausweisung der Nutzungstypen ist die Gesamtfläche je Szenario 5 ha bzw. 8 ha kleiner geworden als die Gesamtfeldblockflächen. Vermutlich ist dies auf Fehler bei der Flächeneingrenzung per Hand im Maßstab 1:10.000 zurückzuführen. Somit müssten noch Erträge von 5 ha bzw. 8 ha auf die Biomasseerträge dazugerechnet werden. Bei 8 ha zusätzlicher Fläche liegt der Mehr-

ertrag für die gesamte Fläche zwischen 49,20 t TM a⁻¹ und 82,00 t TM a⁻¹ (Erträge für Nutzungskategorie mit geringster und höchster Produktivität).

Theoretisches Potenzial

Alle Erträge sind als theoretische Potenziale berechnet, die angeben, wie viel Biomasse auf der Fläche wächst. Wegen technischer, ökologischer, struktureller und administrativer Schranken ist nur ein Teil dieser Erträge für die weitere Verwertung nutzbar (KALTSCHMITT & THRÄN 2009). In KÄDING ET AL. (2005) werden Feld- und Konservierungsverluste von 18 % für Welksilage, 20 % für Weidefutter und 30 % für Heugewinnung angenommen, welche für die nutzbare Biomasse je nach Verwertung noch von der theoretisch aufwachsenden Biomasse abzuziehen ist. Beinahe gleiche Verlustraten von 20 % für Silage und Weidefutter und 30 % für die Heugewinnung wurden in DBFZ (2013) genutzt. Für Nasswiesen, Schilfnutzung und Rohrkolbennutzung wird demnach von ähnlichen Verlustraten (30 %) ausgegangen. Für Dachschilf ist durch kämmen und reinigen der Verlust mit 50 % noch größer (mündl. Mitt. TOM HISS 2013).

Biomassequalitäten

Biomassequalitäten sind für die Verwertungswege neben den Erträgen entscheidend und hängen von der Düngung und von der Zahl und dem Zeitpunkt der Schnitte ab (KÄDING ET AL. 2005). Milchviehbetriebe bewirtschaften die Flächen intensiver als Mutterkuhbetriebe, da Milchvieh höherwertiges Futter braucht. Im Ertragsmodell von KÄDING ET AL. (2005) steigen durch höhere Düngegaben die Erträge an, der Energiegehalt steigt nur leicht (Tabelle 6) und ist bei Mähweiden, die Wiesen mit 3 Schnitten gleichgesetzt werden, am höchsten.

Tabelle 6: Erträge und Energiegehalte ohne und mit geringer Stickstoffdüngung, und mit niedriger (B) und mittlerer (C) Phosphor- Kaliumdüngung, am Beispiel Mähweide von Rohrglanzgras-Quecken-Grasland (2+) nach KÄDING ET AL. (2005)

		Ertrag (dt TM ha ⁻¹ a ⁻¹)	Energiegehalt (GJ NEL ha ⁻¹)	Ertrag (dt TM ha ⁻¹ a ⁻¹)	Energiegehalt (GJ NEL ha ⁻¹)
		Phosphor- Kalium (Nährstoffgehaltsklassen)			
		B	B	C	C
Stickstoff	0 kg ha ⁻¹	61,11	36,05	70,81	41,78
	60 kg ha ⁻¹	68,04	40,14	78,84	46,52

Die Futterqualität von Grünland und Feuchtgrünland sinkt bei einem späten ersten Schnitt, wie auch die Eignung zur Biogasnutzung bei energetischer Verwertung, die Eignung zur Verbrennung steigt hingegen aufgrund hoher Trockenmasse- und Rohfasergehalte (DBFZ 2013).

Unsicherheiten

Unsicherheiten der zu erwartenden Erträge und der Qualitäten gibt es aus Mangel an Erfahrung bzw. wissenschaftlicher Begleitung bei Paludikulturnutzung, beispielsweise ob Schilfbestände im Thurbruch den Qualitätsansprüchen für Dachschilf (lang, dünn und nicht brüchig) gerecht werden kann. Die Ertragssicherheit ist über lange Sicht ungewiss, da es durch Sommermahd zur Aushagerung der Flächen kommen kann (WICHTMANN & WICHMANN 2011). Bei Winterernte werden hingegen die Nährstoffe aus der Pflanze zurück in den Boden verlagert und durch den Niederschlag in den Boden ausgewaschen (OEHMKE & WICHTMANN 2011). Bei Wintermahd ist von Ertragsverlusten gegenüber einer Sommermahd auszugehen, weshalb bei der Wahl der Biomasseerträge der Erntezeitpunkt berücksichtigt wurde. Bei Schilf beträgt der Verlust durch Blattabfall etwa 25 % (GRANÉLI 1990). Für die Nutzungsoptionen der Paludikultur wurde keine Düngung angenommen, da nach Düngeverordnung wassergesättigte und überschwemmte Böden nicht gedüngt werden dürfen, um einen übermäßigen Nährstoffaustrag zu verhindern (MLUV 2012). Aus naturschutzfachlicher Sicht kann eine Aushagerung gewünscht sein, um die Ansiedlung und Entwicklung wertvoller Arten und Lebensräume zu fördern, die Nährstoffbelastung der Seen zu senken und somit den naturschutzfachlichen Wert des FFH- und des SPA-Gebiets im Thurbruch zu erhöhen (bis 1965 gab es im Thurbruch z. B. Zwergrohrdommel und Seggenrohrsänger, PANTENIUS & SCHÖNERT 1999).

Vergleich

Der Vergleich der ermittelten Biomasseerträge ist durch unterschiedliche Verwertungsmöglichkeiten je nach Art und Qualität (Futtermittelproduktion, energetische Verwertung, Baustoffe) und weil manche Verwertungswege noch nicht auf dem Markt etabliert sind (Wasserbüffel Fleisch) schwer. Produktpreise sind zudem verzerrt, da durch die EU-Agrarpolitik Prämien für Grünland- und Feuchtgrünlandnutzung gezahlt werden, Paludikultur offiziell jedoch nicht prämiert ist. Nasswiesen werden derzeit in der Praxis in einigen Fällen gefördert, wenn sie im Sommer oder im Herbst gemäht werden. Ob Schilf oder Rohrkolben mit Wintermahd als beihilfefähige landwirtschaftliche Nutzung anerkannt wird, ist jedoch noch fraglich (KÖLSCH & WICHMANN 2013). Zudem werden externe Kosten nicht im Preis einkalkuliert, z. B. Schäden durch klimawirksame Treibhausgase oder Nutzen eines nassen Moores für die Wasserqualität.

4.4 Treibhausgasemissionen

Die Treibhausgaspotenziale aus COUWENBERG ET AL. (2011) wurden durch Literaturlauswertung als TreibhausGas-Emissions-Standort-Typen (GESTs) entwickelt. Diese bildeten beispielsweise auch die Grundlage, Emissionen aller Moore Mecklenburg-Vorpommerns hochzurechnen (MLUV 2009) und sind Bestandteil einer VCS-Methodologie, welche sich gerade in der 2. Validierungsphase befindet, um in Zukunft international im freiwilligen Kohlenstoffmarkt angewendet zu werden (VCS – Verified Carbon Standard) (JOOSTEN ET AL. 2013).

In der heutigen Nutzung gibt es neben Grünland auch 22 ha Acker (MLUV 2011, Karte 2), welche wegen tieferen Wasserständen mit 35 t CO₂-Äq. ha⁻¹ a⁻¹ (DRÖSLER ET AL. 2013 und ELSGAARD ET AL. 2012) ein wesentlich höheres Treibhauspotenzial besitzen als der Vegetationstyp Grünland (20 t CO₂-Äq. ha⁻¹ a⁻¹, COUWENBERG ET AL. 2011), auf dem die Ackerflächen im Szenario Grünland liegen. Die Ackerflächen wurden in den Szenarien nicht berücksichtigt. Eine Rückführung von Acker zu Grünland auf Niedermoorstandorten wird auch vom MLUV (2009) vorgeschlagen. Mit weiter bestehender Ackernutzung dieser Flächen im Szenario Grünland entstehen zusätzliche Emissionen von 330 t CO₂-Äq. a⁻¹.

Methanemissionen

Die bestehenden Unsicherheiten der Methanemissionen nach Wiedervernässung, wurden durch Unterszenarien deutlich gemacht. AUGUSTIN & CHOJNICKI (2008) gehen bei Wiedervernässung von anfangs hohen Methanemissionen aus, welche nach einer derzeit ungewissen Zeitspanne wieder sinken, so dass auf lange Sicht (100 Jahre) die Klimawirkung wiedervernässter Moore geringer ist, als die entwässerter Moore. Die genutzten Messwerte von GLATZEL ET AL. (2011) sind auf dem Standort in den letzten drei Messjahren gesunken (mündl. Mitt. VYTAŠ HUTH 2013). Für den stark eutrophierten Standort von AUGUSTIN & CHOJNICKI (2008) gibt es bisher noch keine rückläufigen Methanmesswerte, es wird dort jedoch immer wieder neue Biomasse zum Messstandort gespült, welches die Quelle der anhaltend hohen Emissionen darstellen könnte (mündl. Mitt. SABINE WICHMANN 2013). Es können für das Thurbruch keine Vorhersagen gemacht werden, ob hohe Methanemissionen der Nassflächen vorkommen und wie lange diese andauern würden.

Methanemissionen können jedoch bei Wiedervernässung vermieden werden, wenn (1.) der Wasserstand im ganzen Jahr kurz unter Flur liegt (AUGUSTIN & CHOJNICKI 2008). Dies könnte Ziel der Wasserregulation im Thurbruch sein (vgl. 4.1). Die Flächen sollten (2.) frei von leicht zersetzbaren Pflanzen sein (z. B. Futtergräser) (AUGUSTIN & CHOJNICKI 2008). Dies könnte durch eine schrittweise gestaltete Vernässung geschehen, bei der der Wasserstand erst maximal angehoben wird, wenn sich durch natürliche Sukzession an Nässe angepasste Arten (z. B. Seggen oder Schilf)

angesiedelt haben. Auch das aktive Einbringen gewünschter Arten durch Saat oder Pflanzung ist möglich, so dass nicht die natürliche Sukzession abgewartet werden muss. Bei der Nutzung mit Paludikulturen würde durch die Mahd regelmäßig Pflanzenmaterial abgeführt werden, welches somit auf der Fläche nicht weiter zersetzt werden könnte. AUGUSTIN & CHOJNICKI (2008) empfehlen (3.) nur Flächen mit geringen pflanzenverfügbaren Nährstoffen in den obersten Bodenschichten zu vernässen, um hochproduktive Standorte zu verhindern, deren leicht abbaubare Reste hohe Methanfreisetzungen ermöglichen. Auf Standorten mit hoher Nährstoffverfügbarkeit, zu denen das Thurbruch vermutlich zählt, könnte ein Abtrag des obersten Torfs die hohe Nährstoffverfügbarkeit reduzieren. Dadurch würden jedoch auch die Biomasserträge aus Paludikultur gemindert werden. Durch Paludikulturen mit Sommermahd können Flächen auch ausgehagert werden (WICHTMANN & WICHMANN 2011).

Der Effekt von Schnittnutzung der Paludikultur auf den Gashaushalt der Flächen wird derzeit noch an der Universität Rostock erforscht. Nach vorläufigen Ergebnissen unterscheiden sich die Emissionen zwischen genutzten und ungenutzten nassen Niedermoorbereichen statistisch nicht (GÜNTHER ET AL. 2013).

Unberücksichtigt blieben zusätzliche Methanemissionen der Weidetiere (Mutterkühe $46 \text{ kg CH}_4 \text{ GV}^{-1} \text{ a}^{-1}$, UBA 2012b), sowie Lachgasemissionen, wo Messergebnisse in der Literatur große Schwankungsbereiche aufweisen, jedoch von einer Reduzierung durch Vernässung ausgegangen wird (COUWENBERG ET AL. 2011). Auch die zusätzlich erheblichen Emissionen aus den Entwässerungsgräben blieben unberücksichtigt. Gräben nehmen nur einen geringen Anteil der Fläche ein und sind in allen Szenarien wassergefüllt, weshalb sich diese Emissionen nicht zwischen den Szenarien unterscheiden werden, es sei denn die Gräben wachsen nach Vernässung zu, welches die Emissionen stark verringern würde (COUWENBERG ET AL. 2011). Die Ergebnisse sind somit konservative Angaben, welche nur die mindestens ausgestoßenen Emissionen aus dem Boden in Abhängigkeit vom Wasserstand quantifizieren.

Emissionsreduktion

Die Emissionsreduktionen im Thurbruch sind in Tabelle 7 dargestellt. Die Reduktion nach Wiedervernässung ohne Methanpeak liegt bei $6,3 \text{ t CO}_2\text{-Äq. ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ und ist damit geringer als die Emissionsreduktion im Polder Kieve (54,5 ha) bei Vernässung nach intensiver Nutzung ($14,5 \text{ t CO}_2\text{-Äq. ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$, ohne Methanpeak, JOOSTEN ET AL. 2013). Die Flächen in JOOSTEN ET AL. (2013) sind nach Wiedervernässung nasser und emittieren daher weniger als die Flächen im Szenario Paludikultur des Thurbruchs, wo weiterhin ein Drittel der Fläche trocken als Grünland ausgewiesen ist (vor allem ohne bzw. nach Methanpeak). In den Thurbruchszenarien sollte die Nutz-

barkeit der Flächen beibehalten werden, weshalb sie trockener als Flächen im Polder Kieve sind, die zur Generierung von Kohlenstoffzertifikate wiedervernässt wurden. Wird für Polder Kieve eine vorherige extensive Nutzung angenommen, so wie sie auch im Großteil des Thurbruchs durch Mutterkuhhaltung heute stattfindet, liegt die dortige Emissionsreduktion durch Vernässung bei 5,05 t CO₂-Äq. ha⁻¹ a⁻¹, womit die berechnete Einsparung im Thurbruch sogar geringfügig höher ist.

Werden im Szenario Paludikultur im Thurbruch die Emissionen des Grünlands herausgerechnet, da auf diesen Geländepunkten keine Emissionsminderung stattfindet, sinken die Emissionen der übrigen Geländepunkte auf 9,48 t CO₂-Äq. ha⁻¹ a⁻¹. Die Emissionsminderung ohne Grünlandflächen ist 9,24 t CO₂-Äq. ha⁻¹ a⁻¹ und liegt damit zwischen den Werten von Polder Kieve nach intensiver bzw. extensiver Nutzung und kommt den geschätzten Einsparungen durch Moorschutzmaßnahmen Mecklenburg-Vorpommerns, von durchschnittlich 10 t CO₂-Äq. ha⁻¹ a⁻¹, sehr nahe (MLUV 2009).

Tabelle 7: Emissionen der Szenarien je Hektar und jeweilige Emissionsreduktion je Hektar im Vergleich zu Szenario Grünland

Szenario	Emissionen je ha (t CO ₂ -Äq. ha ⁻¹ a ⁻¹)	Emissionsreduktion je ha zu Szenario Grünland (t CO ₂ -Äq. ha ⁻¹ a ⁻¹)
Grünland	19,1	-
Grünland & Paludikultur	17,4	1,7
Paludikultur (C)	16,2	3,0
Paludikultur (B)	13,5	5,7
Paludikultur (A)	12,8	6,3

Die Emissionsreduktionen für wiedervernässte belarussische Hoch- und Niedermoore sind wesentlich geringer als im Thurbruch (0,01-3,05 t CO₂-Äq. ha⁻¹ a⁻¹, JOOSTEN ET AL. 2011). Die Ausgangsvegetation vor Wiedervernässung, mit den entsprechenden Treibhauspotenzialen, weicht jedoch von der Vegetation im Thurbruch ab, da Flächen durch Nutzungsauflassung oder Torfabau und Hochmoorflächen zusätzlich durch Nährstoffarmut geprägt sind (JOOSTEN ET AL 2011).

Klimakosten

Treibhausgasemissionen verursachen den Klimawandel (IPCC 2007) und damit gesellschaftliche Kosten, die für das Durchbruch in Abbildung 5 als Klimakosten (kurzfristig 80 € pro emittierter Tonne CO₂, mittlerer Wert, UBA 2012a) quantifiziert sind (vgl. SCHÄFER 2013). Bei einer Nutzung weiter wie bisher betragen sie kurzfristig 2.248.365 € a⁻¹ und sinken bei Vernässung proportional mit den Treibhausgasemissionen um maximal 741.988 € a⁻¹ (bei Einberechnung zusätzlicher Emissionen aus Ackernutzung sinken Klimakosten um 768.388 € a⁻¹). Weil die Schadens- und Vermeidungskosten mit der Zeit zunehmen, da günstige Vermeidungsoptionen zuerst gewählt werden, ist 80 € als kurzfristiger Wert ausgelegt, welcher bis 2050 über das dreifache, auf 260 €, ansteigt (mittlerer Wert, UBA 2012a).

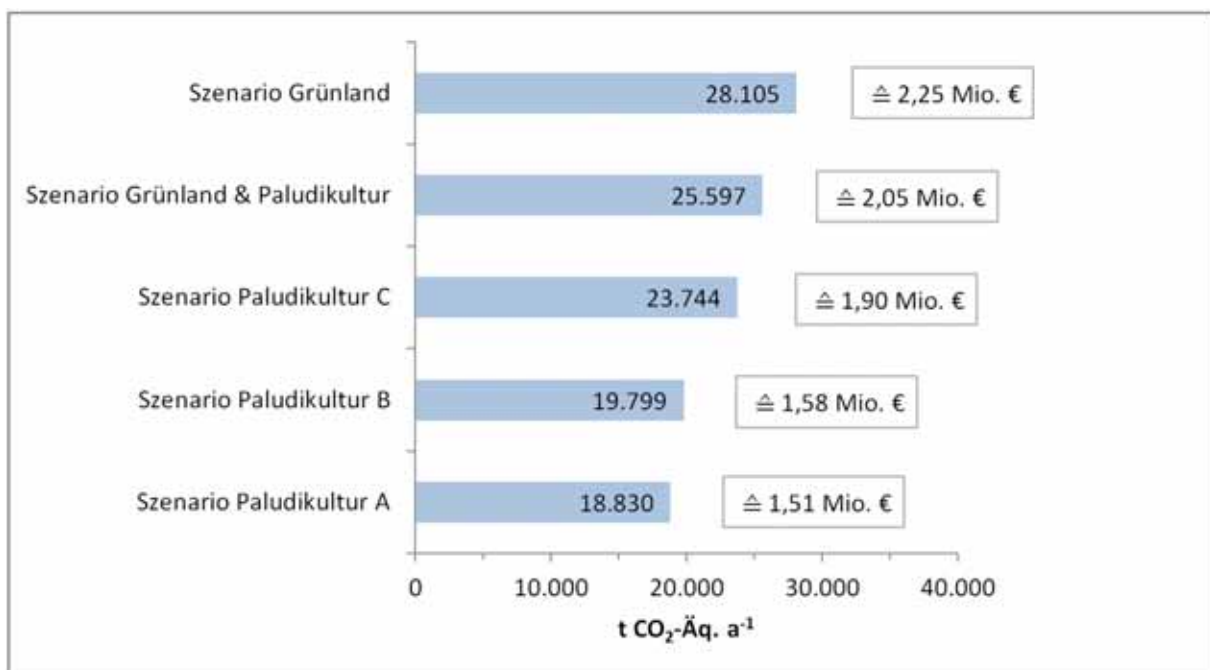


Abbildung 5: Treibhausgasemissionen der Szenarien und deren Klimakosten nach UBA (2012a).

Um eine Verringerung der gesellschaftlichen Klimakosten zu erreichen, sollte der Staat die Wiedervernässung fördern. Eine Finanzierungsmöglichkeit bestünde auch durch den Verkauf von MoorFuture-Emissionszertifikaten auf dem freiwilligen Kohlenstoffmarkt, womit Wiedervernässungsmaßnahmen für entsprechende Emissionsreduktionen finanziert werden (JOOSTEN ET AL. 2013). Durch die weitere Nutzung der Flächen mit Paludikultur müssten keine Kosten für Flächenenerwerb oder Pachtentschädigungen gezahlt werden, womit die Zertifizierung günstiger werden müsste als von Flächen, die für Wiedervernässung aus der Nutzung genommen werden.

5 Schlussfolgerung

Die Landnutzung wird im Thurbruch seit dem 18. Jahrhundert durch Entwässerung beeinflusst. Die Prioritäten haben sich jedoch im Laufe der Zeit von der Steigerung der Bevölkerungszahlen und der Verbesserung der Ernährungslage, über die Rationalisierung der Grünlandnutzung Ende des 20. Jahrhunderts, hin zur Landnutzung unter Berücksichtigung von Ökosystemdienstleistungen gewandelt. Heute wird das Thurbruch für Grünland- und Feuchtgrünlandnutzung entwässert. Damit verbunden sind negative externe Effekte durch Torfmineralisierung (Klimakosten, Verminderung der Wasserqualität, Verlust des Archivwerts und moortypischer Biodiversität). Durch Vernässung können die negativen Effekte verringert bzw. diese Ökosystemdienstleistungen gefördert werden.

Um Nutzungsszenarien zu entwerfen, wurde mit Hilfe eines digitalen Geländemodells und der Annahme eines bestimmten Wasserstandes bezogen auf Normalhöhennull, auf den Flächen die Höhe des Wasserstandes in Flur ermittelt. Danach wurden Vegetationstypen zugeordnet und die Nutzungskategorien Grünlandnutzung, Feuchtgrünlandnutzung, Nasswiesen, Wasserbüffelweiden, Schilfnutzung und Rohrkolben-/Schilfnutzung ausgewiesen. Flächen, die zu nass für eine Nutzung sind, wurden als Nassflächen bezeichnet. Dadurch konnte die mögliche Flächenverteilung solcher Paludikulturen für das Thurbruch dargestellt werden.

Selbst im Szenario Paludikultur bleibt auf einem Teil der Flächen trockenes Grünland und Feuchtgrünland erhalten, so dass dort die bisherige Nutzung fortgeführt werden kann, jedoch auch weiterhin Torf mineralisiert wird. Bei höheren Wasserständen würde ein Teil der Flächen als Nassflächen aus der Nutzung fallen und möglicherweise hohe Methanemissionen (\triangle hohen Klimakosten) verursachen, ohne die Fläche für Paludikultur zu vergrößern. Die verschiedenen Szenarien stellen vereinfachte Nutzungsvarianten dar. Die Realität liegt vermutlich zwischen den Szenarien, da der Wasserstand nicht im gesamten Gebiet gleich ist. Vor einer Wiedervernässung, bzw. zum Schutz vor Moorschwind im Szenario Grünland, müssen durch Anpassungsmaßnahmen Schäden der Umgebung (Gebäuden, Infrastruktur) vorgebeugt werden. Die Entwicklung eines flächenspezifischen Wassermanagements kann dazu beitragen und kann zusätzlich helfen, Wasserspiegelschwankungen im Jahr zu reduzieren und den Anteil gewünschter Vegetationstypen auf den Flächen zu erhöhen.

Um die Szenarien zu bewerten, wurden Biomasserträge ($10.234 \text{ t TM ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ im Szenario Grünland, $9.397 \text{ t TM ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ im Szenario Paludikultur) und Treibhausgasemissionen ($28.105 \text{ t CO}_2\text{-Äq. a}^{-1}$ im Szenario Grünland, $18.830 \text{ t CO}_2\text{-Äq. a}^{-1}$ im Szenario Paludikultur) ermittelt.

Um aus den Erträgen in einem nächsten Schritt die Wertschöpfung je Nutzungskategorie abzuleiten, um zu wissen ob und wie viel Biomasse für die Erzeugung von Baustoffen genutzt werden kann, muss die zu erwartende Qualität von Schilf und Rohrkolben noch besser untersucht werden. Ohne dieses Wissen kann die „Mindestwertschöpfung“ der jeweils erzeugbare Wärme aller Nutzungskategorien miteinander verglichen werden. Um die höchste gesellschaftliche Wertschöpfung zu erzielen, müssen die jeweiligen externen Effekte der Bewirtschaftung mit einbezogen werden.

Jährlich könnten Klimakosten von 664.430 € a⁻¹ durch vermiedene Treibhausgase gespart werden (konservativ mit Methanemissionen, *Szenario Paludikultur B*). Zusätzlich werden durch die energetische Verwertung von Biomasseaufwüchsen auch Emissionen durch den Ersatz fossiler Brennstoffe eingespart bzw. durch die stoffliche Verwertung der Kohlenstoff der Biomasse für lange Zeit gebunden (WICHMANN & TANNEBERGER 2011). Werden in Zukunft Ökosystemdienstleistungen weiter quantifiziert (z. B. JOOSTEN ET AL. 2013), können, beispielsweise durch die Anrechnung von Kosten und Nutzen der Umwelt (UBA 2007), Landnutzungen mit dem größten gesellschaftlichen Nutzen gefördert werden. Durch die EU-Agrarpolitik werden derzeit mit Prämien der Grünland- und Feuchtgrünlandnutzung deren negative Effekte gefördert, anstatt diese Effekte nach dem Verursacherprinzip zu internalisieren (SCHÄFER 2013).

Um Paludikultur großflächig in der Praxis zu etablieren und damit negative Effekte der Entwässerung zu mindern, sollten Prämien auch für Paludikultur gezahlt, juristische Regelungen und Anreize für die Landwirte geschaffen, sowie die Akzeptanz in der Bevölkerung gestärkt werden.

6 Danksagung

Herzlichen Dank an alle, die mich bei der Entstehung dieser Diplomarbeit unterstützt haben, besonders:

Sabine Wichmann und Claudia Oehmke für die Zeit die ihr mir gewidmet habt, mit vielen hilfreichen Hinweisen, Quellen, Daten und Diskussionen, sowie für meinen netten, gemütlichen Arbeitsplatz bei euch,

Hans Joosten für die Betreuung dieser Arbeit und den eindrucksvollen Hinweisen zur Textbearbeitung,

der „Thurbruch-AG“ des VIP-Projekts für Projekttreffen und Diskussionen, insbesondere Christian Schröder,

John Couwenberg, Sabine Ochsner, Michael Rühs, Achim Schäfer danke ich für die wertvollen Hilfen zu Treibhausgasemissionen, Zahlen in der Landwirtschaft, Interviewführung, Grünland und Entwässerungskosten, Stefanie Raabe für die Bereitstellung ihrer Daten, Weert Sweers für die Informationen zu Wasserbüffeln,

der AG Moorökologie und der AG Landschaftsökonomie für die Möglichkeit, diese Arbeit vorzustellen und zu diskutieren, zusätzlich der AG Landschaftsökonomie für die Kaffeepausen und den sehr komfortablen Arbeitsplatz nach Umzug des Instituts,

den Landwirten vor Ort für die Gesprächsbereitschaft,

Kai Paulig vom Naturpark und Dirk Weichbrodt für die Gesprächsbereitschaft und die Unterlagen über das Thurbruch,

Frau Loist und Herr Fleischer vom Wasser- und Bodenverband Mölschow für das Gespräch und für das Kartenmaterial,

dem Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie Mecklenburg-Vorpommern, dem Landesamt für Innere Verwaltung Mecklenburg-Vorpommern und dem Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und Verbraucherschutz M-V, für die Bereitstellung des Kartenmaterials, namentlich Herrn Engler, welcher Fragen bezüglich des Kartenmaterials beantworten konnte und Herrn Blüthgen für die Gesprächsbereitschaft,

UmweltPlan GmbH für die Bereitstellung ihrer Unterlagen zum Thurbruch,

Stefan Schulz und Tobias Dahms für die große Hilfe bei der Arbeit mit ArcGis, Herrn Hartleib für die Aufarbeitung des digitalen Geländemodells,

Elisabeth Schörner und Moritz Felder für die Starthilfen der Formatierung,

Telsche Piechottka für Ansporn und Korrektur lesen,

meinen Eltern für die Korrekturen und ganz besonders für die unkomplizierte Unterstützung
meines gesamten Studiums und

Falk, dass du mir den Rücken frei gehalten hast, sowie dir und Frieda, dass ihr mich immer wie-
der gestärkt habt und Abwechslung gebracht habt!

Literaturverzeichnis

- AUGUSTIN, J.; CHOJNICKI, B. (2008): Austausch von klimarelevanten Spurengasen, Klimawirkung und Kohlenstoffdynamik in den ersten Jahren nach der Wiedervernässung von degradiertem Niedermoorgrünland. In: GELBRECHT, J.; ZAK, D.: Phosphor- und Kohlenstoff-Dynamik und Vegetationsentwicklung in wiedervernässten Mooren des Peenetales in Mecklenburg-Vorpommern. Status, Steuergrößen und Handlungsmöglichkeiten. Berichte des IGB 26. 50-67. http://www.igb-berlin.de/IGB-Publikationen/IGB_Bericht_26_2008.pdf (28.09.2013).
- AUGUSTIN, J.; JOOSTEN, H. (2007): Peatland rewetting and the greenhouse effect. IMCG Newsletter 2007(3), 29-30. <http://www.imcg.net/media/newsletter/nl0703.pdf> (24.10.2013).
- AUTORENGEMEINSCHAFT (ALBRECHT, B.; BENGES, J.; BETZOLD, J.; FIEBOW, M.; FRIEDE, R.; JACOB, K.-H.; KLEINER, A.; KREMER, R.; KURTH, W.; NAGLER, F.; POPPE, B.; QUADT, D.; MANGELSDORFF, C.; MODROW, B.; RAHN, A.; REINHOLD, G.; REUTER, I.; RICKELS, S.; RÜLL, C.; SABOTTA, G.; SÖTJE, H.; STARKE, J.; TIMMEL, K.; WILKE, L. (2013): Zukunft des Thurbruchs – Ein Leben mit dem Moor. Bürgergutachten. Insel Usedom. http://www.botanik.uni-greifswald.de/fileadmin/umweltethik/Buergergutachten_Paludikultur.pdf (28.09.2013).
- BAL (Büro für Agrarsoziologie und Landwirtschaft) (2013): Was kostet die Erzeugung von Milch?! Berechnung der Milcherzeugungskosten in Deutschland in den Jahren 2002 bis 2012. http://bdm-verband.org/html/dms/dateien/Dokumente_PDF/130114_Was_kostet_die_Milch_Bericht_zum_Gutachten_end.pdf (10.11.2013).
- BMELV (Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz, Hrsg.) (2013): Ökologischer Landbau in Deutschland. http://www.bmelv.de/SharedDocs/Downloads/Landwirtschaft/OekologischerLandbau/OekolandbauDeutschland.pdf?__blob=publicationFile (05.09.2013).
- COUWENBERG, J.; AUGUSTIN, J.; MICHAELIS, D.; WICHTMANN, W.; JOOSTEN, H. (2008): Entwicklung von Grundsätzen für eine Bewertung von Niedermooeren hinsichtlich ihrer Klimarelevanz. Studie im Auftrag des Ministeriums für Landwirtschaft, Umwelt und Verbraucherschutz Mecklenburg-Vorpommern. Greifswald. http://paludikultur.de/fileadmin/user_upload/Dokumente/pub/gest.pdf (24.10.2013).

- COUWENBERG, J.; THIELE, A.; TANNEBERGER, F.; AUGUSTIN, J.; BÄRISCH, S.; DUBOVİK, D.; LIASHCHYNSKAYA, N.; MICHAELIS, D.; MINKE, M.; SKURATOVICH, A.; JOOSTEN, H. (2011): Assessing greenhouse gas emissions from peatland using vegetation as a proxy. *Hydrobiologia* 674, 67-89.
- DAHMS, T.; NORDT, A.; WICHMANN, S.; WICHTMANN, W. (2013): Schilffraktion besucht Eröffnung des Strohheizwerks in Gülzow. *Paludikultur Newsletter des Projektes VIP – Vorpommern Initiative Paludikultur*, 11. Ausgabe. <http://www.paludikultur.de/index.php?id=newsletter11> (15.10.2013).
- DBFZ (Deutsches Biomasseforschungszentrum, Hrsg.) (2013): *Grünlandenergie Havelland. Entwicklung von übertragbaren Konzepten zur naturverträglichen energetischen Nutzung von Gras und Schilf am Beispiel der Region Havelland. Endbericht.*
- DIETZE, M.; HEILMANN, H. (2010): *Die Wirtschaftlichkeit der Rindfleischproduktion in Mecklenburg-Vorpommern. Zwischenbericht der Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern 1/23. Institut für Betriebswirtschaft, Gülzow.*
- DRÖSLER, M.; ADELMANN, W.; AUGUSTIN, J.; BERGMANN, L.; BEYER, C.; CHOJNICKI, B.; FÖRSTER, C.; FREIBAUER, A.; GIEBELS, M.; GÖRLITZ, S.; HÖPER, H.; KANTELHARDT, J.; LIEBERSBACH, H.; HAHN-SCHÖFL, M.; MINKE, M.; PETSCHOW, U.; PFADENHAUER, J.; SCHALLER, L.; SCHÄGNER, P.; SOMMER, M.; THUILLE, A.; WEHRHAN, M. (2013): *Klimaschutz durch Moorschutz. Schlussbericht des Vorhabens „Klimaschutz – Moornutzungsstrategien“ 2006-2010.* <http://edok01.tib.uni-hannover.de/edoks/e01fb13/735500762.pdf> (29.09.2013).
- EDOM, F. (2001a): *Hydrologische Eigenheiten.* In: SUCCOW, M.; JOOSTEN, H. (Hrsg.): *Landschafts-ökologische Moorkunde.* Schweizerbart, Stuttgart, 17-18.
- EDOM, F. (2001b): *Moorlandschaften aus hydrologischer Sicht (chorische Betrachtung).* In: SUCCOW, M.; JOOSTEN, H. (Hrsg.): *Landschaftsökologische Moorkunde.* Schweizerbart, Stuttgart, 185-228.
- ELSGAARD, L.; GÖRRES, C. M.; HOFFMANN, C. C.; BLICHER-MATHIESEN, G.; SCHELDE, K.; PETERSEN, S. O. (2012): *Net ecosystem exchange of CO₂ and carbon balance for eight temperate organic soils under agricultural management.* *Agriculture, Ecosystems & Environment* 162, 52-67.
- FLICK, U. (2007): *Qualitative Sozialforschung. Eine Einführung.* Rowohlt Taschenbuch Verlag, Reinbek bei Hamburg.

- FUHRMANN, U.; LITTMANN, H. (1974): Bewirtschaftung und Ertragsleistung der meliorierten Niedermoorflächen des Thurbruches auf Usedom. *Feldwirtschaft* 15 (12), 568-571.
- GLATZEL, S.; KOEBSCH, F.; BEETZ, S.; HAHN, J.; RICHTER, P.; JURASINSKI, G. (2011): Maßnahmen zur Minderung der Treibhausgasfreisetzung aus Mooren im Mittleren Mecklenburg. *Telma Beiheft* 4, 85-106.
- GRANÉLI, W. (1990): Standing crop and mineral content of Reed, *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steudel, in Sweden - Management of reed stands to maximize harvestable biomass. *Folia Geobotanica et Phytotaxonomica* 25, 291–302.
- GRUNEWALD, K.; BASTIAN, O. (2013): Ökosystemdienstleistungen (ÖSD) – mehr als ein Modewort? In: GRUNEWALD, K.; BASTIAN, O. (Hrsg.): *Ökosystemdienstleistungen: Konzepte, Methoden und Fallbeispiele*. Springer Verlag, Berlin-Heidelberg, 1-11.
- GÜNTHER, A.; HUTH, V.; JURASINSKI, G.; GLATZEL, S. (2013): Nasse Nutzung als Chance für Moor und Klima – Treibhausgasmessungen im Projekt “Vorpommern Initiative für Paludikultur.”. In: KORN, H.; BOCKMÜHL, K.; SCHLIEP, R. (Hrsg.): *Biodiversität und Klima. Vernetzung der Akteure in Deutschland IX*. BfN-Skripten 332, 65. http://www.bfn.de/fileadmin/MDB/documents/service/Skript_332.pdf (29.09.2013)
- HAWKE, C. J.; JOSÉ, P. V. (1996): *Reedbed management for commercial and wildlife interests*. Sandy, United Kingdom.
- HEINZ, S. (2011): *Population biology of Typha latifolia L. and Typha angustifolia L.: establishment, growth and reproduction in a constructed wetland*. Dissertation, Technische Universität München.
- HISS REET (2003-2013): *Die Schilfernte* [online]. <http://www.hiss-reet.de/wissen/schilfernte.html> (17.10.2013).
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change, Hrsg.) (2007): *Climate Change 2007: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Geneva, Switzerland.
- JOOSTEN, H.; CLARKE, D. (2002): *Wise use of mires and peatlands*. Saarijärvi, Finland.
- JOOSTEN, H.; THIELE, A.; CHABROUSKAYA, O. (2011): Site selection and rewetting actions. In TANNEBERGER, F.; WICHTMANN, W. (Hrsg.): *Carbon credits from peatland rewetting*. Schweizerbart, Stuttgart, 137-141.

- JOOSTEN, H.; BRUST, K.; COUWENBERG, J.; GERNER, A.; HOLSTEN, B.; PERMIEN, T.; SCHÄFER, A.; TANNEBERGER, F.; TREPPEL, M.; WAHREN, A. (2013): Moorfutures. Integration von weiteren Ökosystemdienstleistungen einschließlich Biodiversität in Kohlenstoffzertifikate – Standard, Methodologie und Übertragbarkeit in andere Regionen. BfN-Skripten 350.
- KÄDING, H.; PETRICH, G.; WERNER, A. (2005): Modell zur Errechnung von Ertrag und Futterqualität des Grünlandes in Nordostdeutschland anhand von Standort- und Bewirtschaftungsmerkmalen. Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung (ZALF), Institut für Landnutzungssysteme und Landschaftsökologie, Müncheberg.
- KALTSCHMITT, M.; THRÄN, D. (2009): Biomasse im Energiesystem. In: KALTSCHMITT, M.; HARTMANN, H.; HOFBAUER, H. (Hrsg.): Energie aus Biomasse. Grundlagen, Techniken und Verfahren. Springer, Berlin/Heidelberg, 7-36.
- KLIEWE, H. (1960): Die Insel Usedom in ihrer Spät- und Nacheiszeitlichen Formenentwicklung. VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften, Berlin.
- KNOBELSDORFF-BRENKENHOFF, B. v. (1988): Eine Provinz im Frieden erobert. In: ROTHE, H. (Hrsg.): Ostdeutsche Geschichts- und Kulturlandschaften, Teil III: Pommern. Böhlau, Köln/Wien, 131–152.
- KNOBELSDORFF-BRENKENHOFF, B. v. (1992): Die “Aal- Beek- Kolonisten” und das Thurbruch auf der Insel Usedom in Vorpommern. Selbstverlag der J. G. Herder Bibliothek Siegerland e.V., Siegen.
- KNOBELSDORFF-BRENKENHOFF, B. v. (1998): Melioration und Wasserbauarbeiten im Thurbruch auf der Insel Usedom in Vorpommern im 18. Und 19. Jahrhundert. In: ASMUS, I.; PORADA, H. T.; SCHLEINERT, D. (Hrsg.): Geographische und historische Beiträge zur Landeskunde Pommerns: Eginhard Wegner zum 80. Geburtstag. Thomas Helms Verlag, Schwerin, 125-129.
- KÖLSCH, L.; WICHMANN, S. (2013): Von politischer Unterstützung zur agrarpolitischen Förderung – eine Zwischenbilanz. In: Paludikultur Newsletter des Projektes VIP - Vorpommern Initiative Paludikultur. <http://www.paludikultur.de/index.php?id=newsletter11> (11.10.2013).
- KRUS, M.; THEUERKORN, W., GROSSKINSKY, T.; GEORGIEV, G. (2013) Neuer tragfähiger und dämmer Baustoff aus Rohrkolben. Greenbuilding 07-08/2013, 44-47.
- KUNZELMANN, A. (1999, unveröffentlicht): Umfang und Ausmaß von hydromeliorativen Eingriffen in den Landschaftshaushalt im Rahmen der Komplexmelioration zwischen 1960 und 1990. Projektbericht. Geographisches Institut, Universität Greifswald.

- LAiV (Landesamt für Innere Verwaltung Mecklenburg-Vorpommern; Amt für Geoinformation, Vermessungs- und Katasterwesen, Hrsg.) (2008): Geobasisdaten Landesvermessung; Lage-, Höhen- und Schwerebezugssysteme. Schwerin. http://www.laiv-mv.de/land-mv/LAiV_prod/LAiV/AfGVK/Publikationen/faltblaetter/FB_L_S_H.pdf (01.10.2013).
- LAiV (Landesamt für Innere Verwaltung Mecklenburg-Vorpommern; Amt für Geoinformation, Vermessungs- und Katasterwesen, Hrsg.) (2009): Geobasisdaten Landesvermessung; ATKIS, Digitale Landschaftsmodelle, Digitale Geländemodelle. Schwerin. http://www.laiv-mv.de/land-mv/LAiV_prod/LAiV/AfGVK/Publikationen/faltblaetter/FB_DLM_DGM.pdf (01.10.2013).
- LAiV (Landesamt für Innere Verwaltung Mecklenburg-Vorpommern, Hrsg.) (2012): Digitales Geländemodell 2 (DGM2). Räumliche Auflösung 2*2m, Schwerin.
- LITTMANN, H. R. (ca. 1971, unveröffentlicht): Das Thurbruch. Fakten und Zahlen aus Gegenwart und Vergangenheit zusammengestellt von Dr. Hans-Rudolf Littmann. Usedom. Archiv von D. Weichbrodt.
- LUNG-MV (Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie Mecklenburg-Vorpommern, Hrsg.) (CIR, 1991) (Jahr der letzten Änderung 2003): Biotop- und Nutzungstypenkartierung. 1:10.000, Güstrow.
- MIL (Ministerium für Infrastruktur und Landwirtschaft des Landes Brandenburg, Hrsg.) (2010): Datensammlung für die Betriebsplanung und die betriebswirtschaftliche Bewertung landwirtschaftlicher Produktionsverfahren im Land Brandenburg. Potsdam. http://www.mil.brandenburg.de/cms/media.php/lbm1.a.3310.de/Datensammlung_Betriebsplanung_2010_LVLF.pdf (24.10.2013).
- MLUV (Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und Verbraucherschutz, Hrsg.) (2009): Konzept zum Schutz und zur Nutzung der Moore. Fortschreibung des Konzeptes zur Bestandssicherung und zur Entwicklung der Moore in Mecklenburg-Vorpommern (Moorschutzkonzept). Schwerin. http://www.lung.mv-regierung.de/dateien/moorschutzkonzept_mv.pdf (14.11.2012).
- MLUV (Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und Verbraucherschutz, Hrsg.) (2011): Feldblöcke. Schwerin.

- MLUV (Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und Verbraucherschutz, Hrsg.) (2012): Umsetzung der Düngeverordnung vom 27. Februar 2007 in Mecklenburg-Vorpommern. Gemeinsame Beratungsempfehlung der Länder Brandenburg, Sachsen-Anhalt und Mecklenburg-Vorpommern. Schwerin. http://www.lms-beratung.de/upload/59/1363097613_2336_67350.pdf (08.10.2013).
- MÜNZER, W. (2001): Bestandesentwicklung und Produktionstechnik. In: Rohrkolbenanbau in Niedermooren – Integration von Rohstoffgewinnung, Wasserreinigung und Moorschutz zu einem nachhaltigen Nutzungskonzept. Abschlussbericht DBU-Projekt. 14-23. <http://www.dbu.de/OPAC/ab/DBU-Abschlussbericht-AZ-10628.pdf> (17.10.2013).
- NatSchAG M-V (Gesetz des Landes Mecklenburg-Vorpommern zur Ausführung des Bundesnaturschutzgesetzes; Naturschutzausführungsgesetz) i. d. F. vom 23.02.2010 (GVOBl. M-V 2010, S. 66), zuletzt geändert durch Art. 14 des Gesetzes vom 12.07.2010 (GVOBl. M-V S. 383, 395).
- NEUBAUER, D. (1998): Untersuchung der physischen Geländeoberfläche im Meliorationsgebiet Thurbruch (Usedom). Diplomarbeit. Fachhochschule Neubrandenburg.
- OEHMKE, C.; WICHTMANN, W. (2011): Festbrennstoffe aus Paludikultur – Produktivität und Verbrennungseigenschaften von Halmgut aus nassen und wiedervernässten Mooren. Beitrag zur Konferenz "Energetische Nutzung von Landschaftspflegematerial" 01./02. März 2011 in Berlin. http://www.paludiculture.com/fileadmin/user_upload/Dokumente/pub/VIP/Oehmke_Wichtmann - Festbrennstoffe aus Paludikultur - ARTIKEL.pdf (25.10.2013).
- PANTENIUS, W.; SCHÖNERT, C. (1999): Zwischen Haff und Heringsdorf. Das Thurbruch auf Usedom. Neuendorf Verlag, Neubrandenburg.
- RAT DES BEZIRKES ROSTOCK (ca. 1960er, unveröffentlicht): Behandlungsrichtlinie zur Entstehung, Gestaltung und Pflege des Naturschutzgebietes Gothensee und Thurbruch.
- RUTKE, S.; FREUDENBERG, K.; BIELE, S.; SCHNEIDER, M.; THEEL, O. (2000, unveröffentlicht): Hydrologische Untersuchungen im Einzugsgebiet des Kachliner Sees. Hydrologisches Gutachten im Auftrag des Landkreises Ostvorpommern, Umweltamt. UmweltPlan GmbH, Stralsund.
- SCHÄFER, A. (2013): Moornutzung in Mecklenburg-Vorpommern: Monetarisierung der Ökosystemdienstleistung Klimaschutz. In: GRUNEWALD, K.; BASTIAN, O. (Hrsg.): Ökosystemdienstleistungen: Konzepte, Methoden und Fallbeispiele. Springer Verlag, Berlin-Heidelberg, 290-297.

- SCHULZ, K.; TIMMERMANN, T.; STEFFENHAGEN, P.; ZERBE, S.; SUCCOW, M. (2011): The effect of flooding on carbon and nutrient standing stocks of helophyte biomass in rewetted fens. *Hydrobiologia* 674, 25-40.
- STEFFENHAGEN, P.; TIMMERMANN, T.; SCHULZ, K.; ZERBE, S. (2008): Biomasseproduktion sowie Kohlenstoff- und Nährstoffspeicherung durch Sumpfpflanzen (Helophyten) und Wasserpflanzen (Hydrophyten). Phosphor- und Kohlenstoff-Dynamik und Vegetationsentwicklung in wiedervernässten Mooren des Peenetales in Mecklenburg-Vorpommern. *Berichte des IGB* 26/2008, Leibniz Institut für Gewässerökologie und Binnenfischerei Berlin, 145-154.
- STEGMANN, H.; ZEITZ, J. (2001): Bodenbildende Prozesse entwässerter Moore. In: SUCCOW, M.; JOOSTEN, H. (Hrsg.): *Landschaftsökologische Moorkunde*. Schweizerbart, Stuttgart, 47-57.
- SUCCOW, M. (2001): Zusammenfassende Beurteilung der Folgen tiefgreifender agrarischer Nutzungsintensivierung der letzten Jahrzehnte auf die Niedermoorstandorte Nordostdeutschlands. In: SUCCOW, M.; JOOSTEN, H. (Hrsg.): *Landschaftsökologische Moorkunde*. Schweizerbart, Stuttgart, 463-471.
- TIMMERMANN, T. (1999): Anbau von Schilf (*Phragmites australis*) als ein Weg zur Sanierung von Niedermooeren - Eine Fallstudie zu Etablierungsmethoden, Vegetationsentwicklung und Konsequenzen für die Praxis. *Archiv für Naturschutz und Landschaftsforschung* 38, 111-143.
- TIMMERMANN, T. (2003): Nutzungsmöglichkeiten der Röhrichte und Riede nährstoffreicher Moore Mecklenburg-Vorpommerns. *Greifswalder Geographische Arbeiten* 31, 31-42.
- TIMMERMANN, T. (2009): Biomasse- und Standortskatalog (Standortpotenzial). In: WICHMANN, S.; WICHTMANN, W. (Hrsg.): *Bericht zum Forschungs- und Entwicklungsprojekt Energiebiomasse aus Niedermooeren (ENIM)*. Universität Greifswald, 37-52. http://paludiculture.botanik.uni-greifswald.de/documents/enim_endbericht_2009.pdf (01.10.2013).
- UBA (Umweltbundesamt, Hrsg.) (2007): *Ökonomische Bewertung von Umweltschäden. Methodenkonvention zur Schätzung externer Umweltkosten*. Dessau. http://www.dfld.de/Downloads/UBA_070427_ExterneKosten-2.pdf (20.10.2013).
- UBA (Umweltbundesamt, Hrsg.) (2012a): *Best-Practice-Kostenansätze für Luftschadstoffe, Verkehr, Strom- und Wärmeerzeugung. Anhang B der "Methodenkonvention 2.0 zur Schätzung von Umweltkosten"*. Dessau. http://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/uba_methodenkonvention_2.0_-_anhang_b.pdf (20.10.2013).

- UBA (Umweltbundesamt, Hrsg.) (2012b): Berichterstattung unter der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen und dem Kyoto-Protokoll 2012. Nationaler Inventarbericht zum Deutschen Treibhausgasinventar 1990 - 2010. Dessau. <http://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/461/publikationen/4292.pdf> (20.10.2013).
- WICHMANN, S. (2009a): Ernte und Bergung. In: Wichmann, S.; Wichtmann, W. (Hrsg.): Bericht zum Forschungs- und Entwicklungsprojekt Energiebiomasse aus Niedermooren (ENIM). Universität Greifswald, 111-116. http://paludiculture.botanik.uni-greifswald.de/documents/enim_endbericht_2009.pdf (01.10.2013).
- WICHMANN, S. (2009b): Qualitätskriterien für die Verbrennung. In: Wichmann, S.; Wichtmann, W. (Hrsg.): Bericht zum Forschungs- und Entwicklungsprojekt Energiebiomasse aus Niedermooren (ENIM). Universität Greifswald, 49-52. http://paludiculture.botanik.uni-greifswald.de/documents/enim_endbericht_2009.pdf (01.10.2013).
- WICHMANN, S.; TANNEBERGER, F. (2011): Paludikultur – Nutzung von Biomasse nasser Moorstandorte: aktuelle Umsetzungsbeispiele aus Norddeutschland und Osteuropa. Beitrag zur Konferenz "Energetische Nutzung von Landschaftspflegematerial" 01./02. März 2011 in Berlin. <http://www.paludiculture.com/index.php?id=107> (16.10.2013).
- WICHMANN, S.; WICHTMANN, W. (2009): Landtechnische Herausforderungen: vorhandene Lösungen und Entwicklungsbedarf. In: WICHMANN, S.; WICHTMANN, W. (Hrsg.): Bericht zum Forschungs- und Entwicklungsprojekt Energiebiomasse aus Niedermooren (ENIM). Universität Greifswald, 23-34. http://paludiculture.botanik.uni-greifswald.de/documents/enim_endbericht_2009.pdf (01.10.2013).
- WICHTMANN, W.; WICHMANN, S. (2011): Paludikultur: Standortgerechte Bewirtschaftung wiedervernässter Moore. Telma Beiheft 4, 215-234. <http://www.paludiculture.com/index.php?id=107> (16.10.2013).

Mündliche Mitteilungen

ACHIM SCHÄFER 09.10.2013. VIP, Universität Greifswald.

ANDREAS WAHREN 19.09.2013. Hydro-Consult GmbH.

Geplante Veröffentlichung: Wahren, A.: Wasserbilanz. In: WICHTMANN, W., SCHRÖDER, C., JOOSTEN, H. (Hrsg.): Paludikultur – Bewirtschaftung nasser Moore. Klimaschutz, Biodiversität, Regionale Wertschöpfung. Schweizerbart, Stuttgart.

CLAUDIA OEHMKE 14.03.2013. VIP, Universität Greifswald.

Unveröffentlichte Daten zu mittleren Jahreswasserständen und Erträgen je nach Vegetation auf Niedermoor in Mecklenburg-Vorpommern.

HERR BLÜTHGEN 25.02.2013. Staatliche Amt für Landwirtschaft und Umwelt Vorpommern.

HERR FLEISCHER & FRAU LOIST 08.01.2013. Wasser- und Bodenverband Mölschow.

HERR ZORN 07.10.2013. Wasser- und Bodenverband Untere Elde.

MIRKO ENGLER 22.02.2013 & 19.08.2013. Landesamt für Innere Verwaltung Mecklenburg-Vorpommern.

KAI PAULIG 20.02.2013. Naturpark Usedom.

LANDWIRT A 04.12.2012, aus Gründen der Vertraulichkeit nicht namentlich genannt.

LANDWIRT B 04.12.2012, aus Gründen der Vertraulichkeit nicht namentlich genannt.

LANDWIRT C 12.12.2012, aus Gründen der Vertraulichkeit nicht namentlich genannt.

LANDWIRT D 23.01.2013, aus Gründen der Vertraulichkeit nicht namentlich genannt.

MICHAEL RÜHS 03.09.2013. VIP, Universität Greifswald.

RAINER NOWOTNY 20.08.2013. Hanf-Faser-Fabrik Uckermark.

SABINE WICHMANN 15.02.2013, 02.08.2013. VIP, Universität Greifswald.

STEFANIE RAABE 14.03.2013. VIP, Universität Greifswald.

Unveröffentlichte Daten zu mittleren Jahreswasserständen je nach Vegetation auf Niedermoor in Mecklenburg-Vorpommern.

Tom Hiss 14.02.2013. Hiss Reet.

VYTAS HUTH 20.08.2013. VIP, Universität Rostock.

WEERT SWEERS 17.06.2013. VIP, Universität Rostock.

Erklärung zur Diplomarbeit

Ich versichere, dass ich diese Diplomarbeit mit dem Thema:

Potenziale für Paludikultur im Thurbruch (Usedom)

selbstständig verfasst habe und keine anderen Hilfsmittel als die angegebenen verwendet habe. Die Stellen, die anderen Werken dem Wortlaut oder dem Sinne nach entnommen sind, habe ich in jedem Falle durch Angaben der Quelle, auch der Sekundärliteratur, als Entlehnung kenntlich gemacht.

Greifswald, den 25. Oktober 2013

Monika Hohlbein

Kontakt:

Monika Hohlbein

Rudolf-Breitscheid Str. 35

17489 Greifswald

monika.hohlbein@web.de