



**Hydrologisch-hydrogeologisches Gutachten
für das Thurbruch, Süd-Usedom**

Landkreis Vorpommern-Greifswald

Auftraggeber: Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald
Domstraße 11
17487 Greifswald

Bearbeiter: Dipl.-Geol. Dr. rer. nat. D. Reinsch
Dipl.-Geol.-Ing. (FH). G. Reinsch
Dipl.-Ing. S. Schwolow
Dipl.-Ing. N. Reinsch

Sukow, den 30.04.2014

Dr. Reinsch
Geschäftsführer

Inhalt

0	Kurzfassung	6
1	Vorgang	17
1.1	Aufgabenstellung und Ziel	17
1.2	Veranlassung.....	18
2	Datenerfassung und methodischer Ansatz	19
2.1	Vorgehensweise	19
2.2	Untersuchungsmethodik	19
2.2.1	Methodischer Ansatz zur Rekonstruktion des ursprünglichen Höhenreliefs und von Torfsackungen	19
2.2.2	Analyse der Entwicklung der Geländehöhen innerhalb des Talraums nach dem digitalen Geländemodell des Landes Mecklenburg-Vorpommern (DGM 2).....	20
2.2.3	Ermittlung der Moormächtigkeit	20
2.2.4	Erfassung der Wasserstände im Gothensee, der Durchflüsse im Sack- Kanal sowie der Abflussmengen aus den Poldern Kachlin, Labömitz, Korswandt und Gothen	20
2.2.5	Erfassung von Veränderungen der Grundwasserspiegel im Moorkörper	20
2.2.6	Erfassung von Daten zu den Poldern Kachlin, Labömitz, Korswandt und Gothen.....	20
2.2.7	Erfassung von Klimadaten	20
2.2.8	Methodischer Ansatz zur Ermittlung des oberirdischen Abflusses und der Grundwasserneubildung	21
3	Ergebnisse und Auswertung	22
3.1	Lage und Abgrenzung des Untersuchungsgebietes	22
3.2	Standortgegebenheiten / Aufschlussgrad	22
3.3	Geomorphologische und hydrographische Verhältnisse	23
3.3.1	Geomorphologische Situation	23
3.3.2	Hydrographische Übersicht.....	26
3.4	Geologisch-hydrogeologischer Rahmen	27
3.4.1	Oberflächengeologische Verhältnisse.....	27
3.4.2	Grundwasserleiter-Grundwasserstauer-Modell	29
3.4.2.1	Mächtigkeit, Ausbildung und Wasserführung des holozänen Niedermoortorfes bzw. Moorkörpers.....	29
3.4.2.2	Verbreitung, Mächtigkeit und Ausbildung quartärer Grundwasserleiter und Grundwasserstauer	33
3.4.3	Grundwasserfließgeschehen	34
3.4.3.1	Durchströmung des Moorkörpers.....	34
3.4.3.2	Grundwasserfließgeschehen in den quartären GWL.....	36
3.5	Wasserwirtschaftliche Rahmenbedingungen	37
3.5.1	Historische Entwicklung	37
3.5.2	Entwicklung der Grundwasserstände im Moorkörper in Abhängigkeit von Meliorationsmaßnahmen, Torfsackungen und Wasserstandsschwankungen im Gothensee / Thurbruch	41
3.5.2.1	Entwicklung der Grundwasserstände im Moorkörper	41
3.5.2.2	Torfsackungen.....	46
3.5.2.3	Ganglinien der Wasserstandsschwankungen im Gothensee / Thurbruch	48
3.5.3	Hydrologischer Ist-Zustand	50
3.5.3.1	Einzugsgebiete	50
3.5.3.2	Deiche	52

3.5.3.3	Entwässerungsgräben und Stauanlagen	53
3.5.3.4	Schöpfwerke	58
3.5.3.5	Wegebeziehungen innerhalb des Talraumes	59
3.5.3.6	Wasserwirtschaftliche Situation	60
3.5.3.7	Möglichkeiten der Bewässerung	63
3.5.4	Wasserstandsentwicklung	66
3.6	Wasserhaushaltsbilanz	67
3.6.1	Niederschlag und Zufluss	68
3.6.2	Verdunstung und Abfluss	69
3.6.3	Bilanz	77
3.6.3.1	Ist-Zustand	77
3.6.3.2	Zustand unter Berücksichtigung der Wiedervernässungsszenarien	79
4	Möglichkeiten der Durchführbarkeit einer Wiedervernässung / Neuausrichtung des Wassermanagements im Thurbruch und wasserwirtschaftliche Voraussetzungen	80
4.1	Entwicklungsziele	80
4.2	Darstellung des Höhenreliefs des Thurbruches	80
4.2.1	Geländeoberfläche nach digitalem Geländemodell	80
4.2.2	Rekonstruktion des ursprünglichen Reliefs	83
4.3	Erfassung von Moorsackungen	84
4.3.1	Moorsackungen im Thurbruch mit Zeitschritten	84
4.3.2	Modellierung jährlicher Sackungsbeträge und Prognose zukünftiger Moorsackungen	86
4.4	Möglichkeiten der Anhebung der Wasserspiegel innerhalb der Polder des Thurbruches	87
4.4.1	Grundlagen	87
4.4.2	Darstellung von Überflutungsszenarien als begrenzender Faktor der Wiedervernässung	89
4.4.3	Betrieb der Schöpfwerke	91
4.4.4	Staumaßnahmen / Stauziele im Bereich der Grabensysteme bzw. der vorhandenen Staue	92
4.4.5	Durchführung ergänzender Maßnahmen	93
4.5	Ermittlung von Wasserstandsszenarien zur Wiedervernässung	93
4.5.1	Modellierung der Wasserstände / Ermittlung der jahreszeitlich erforderlichen Pumpleistung	93
4.5.1.1	Szenario 1 - Hydrologisches Winterhalbjahr	95
4.5.1.2	Szenario 2 - Hydrologisches Sommerhalbjahr	96
4.5.2	Modellierung des erforderlichen Zusatzwassers	98
4.5.2.1	Flächenermittlung Szenario 1 - Hydrologisches Winterhalbjahr	98
4.5.2.2	Flächenermittlung Szenario 2 - Hydrologisches Sommerhalbjahr	98
4.5.2.3	Ermittlung des erforderlichen Zusatzwassers	99
4.5.3	Bestimmung der für die Wiedervernässungsmaßnahmen notwendigen Grabenpflege	101
4.5.4	Ermittlung der Beeinflussung des Einzugsgebietes sowie angrenzender Gewässer	102
4.5.4.1	Szenario 1	102
4.5.4.2	Szenario 2	103
4.5.5	Darstellung des Jahresgangs für die Wasserspiegellagen	103
4.6	Modellierung der regionale Klimaleistung	103
4.6.1	Methodische Grundlagen und Ist-Zustand	103
4.6.2	Szenarien	109
4.7	Zukünftiges Wasserdargebot unter Berücksichtigung von Klimaszenarien und Auswirkungen auf die Wiedervernässungsszenarien	120

4.7.1	Darstellung der Klimaszenarien und Ableitung des zukünftigen Wasser- dargebots	120
4.7.2	Auswirkungen des Klimawandels auf die Wiedervernässungsszenarien.....	122
4.8	Pufferkapazitäten im Hinblick auf 100jährige Witterungsextrema.....	125
4.8.1	Szenario 1	125
4.8.2	Szenario 2	125
5	Folgenabschätzung	126
5.1	Vorbemerkung	126
5.2	Betroffenheit wasserwirtschaftlicher Anlagen.....	126
5.2.1	Entwässerungssystem	126
5.2.2	Meliorationssysteme	127
5.2.3	Grundwassernutzungen.....	127
5.3	Betroffenheit baulicher Anlagen bzw. von Wegebeziehungen.....	128
5.3.1	Betroffenheit baulicher Anlagen innerhalb angrenzender Gemeinden oder Ortsteile	128
5.3.2	Wegebeziehungen.....	129
5.4	Betroffenheit landwirtschaftlich genutzter Flächen	130
6	Ableitung von Managementempfehlungen für die Regulation des Wasserstandes in dem Gebiet	131
7	Quellen	136

Anlagen

- Anlage 1 Bestandskarte Thurbruch – Hydrologisch-hydrogeologische Übersichtskarte Gothensee / Thurbruch
1 : 25.000
- Anlage 2 Bestandskarte Thurbruch – Hydrologisch-hydrogeologischer Ist-Zustand
1 : 10.000
- Anlage 3 Bestandskarte Thurbruch – Karte der Moormächtigkeit
1 : 10.000
- Anlage 4 Modellierung Moorsackungen im Thurbruch
1 : 10.000
- Anlage 4.1 Moorsackungen nach der Komplexmelioration zwischen 1968 und 1978
- Anlage 4.2 Moorsackungen zwischen 1978 und 2012
- Anlage 4.3 Moorsackungen zwischen 1758 und 2012 (Gesamtsackung)
- Anlage 5 Rekonstruktion / Modellierung des Höhenreliefs im Thurbruch
1 : 25.000
- Anlage 5.1 Höhenrelief nach Vermessung 1964 / TK 10 1966 (DGM 1966, Stand 1968)
- Anlage 5.2 Höhenrelief nach Vermessung 1978 / TK 10 1978 (DGM 1978)
- Anlage 5.3 Höhenrelief des digitalen Geländemodells 2012 (DGM 2 / 2012)
- Anlage 6 Grundwasserflurabstand im Thurbruch bei mittlerem Grundwasserstand
1 : 10.000
- Anlage 7 Darstellung von Überflutungsszenarien für den Thurbruch
1 : 10.000
- Anlage 7.1 Überflutungsszenario mit Wasserstand von + 0,29 m NN
- Anlage 7.2 Überflutungsszenario mit Wasserstand von + 0,18 m NN
- Anlage 8 Ermittlung von Wasserstandsszenarien zur Wiedervernässung
1 : 10.000
- Anlage 8.1 Hydrologisches Winterhalbjahr Szenario 1.1 - 1.3
- Anlage 8.2 Hydrologisches Sommerhalbjahr Szenario 2.1 - 2.3
- Anlage 8.3 Überflutungsbereich mit Wassertiefen von 0,30 - 0 m und Grundwasserflurabständen bis 0,20 m für Paludikultur
- Anlage 8.3.1 - bei mittlerem Wasserstand im hydrologischen Sommerhalbjahr (Szenario 2.1)
- Anlage 8.3.2 - im Winterhalbjahr (Vorzugsvariante, Szenario 1.2)
- Anlage 8.3.3 - im Sommerhalbjahr (Vorzugsvariante, Szenario 2.2)
- Anlage 9 Prognose der Grundwasserstände bei Wiedervernässung und Grundwasserflurabstand im hydrologischen Sommerhalbjahr (Szenario 2.2 mit + 0,29 m NN)
1 : 10.000

0 Kurzfassung

Im Rahmen des BMBF-Forschungsprojektes VIP - Vorpommern Initiative Paludikultur an der Ernst-Moritz-Arndt Universität Greifswald wurde ein hydrologisch-hydrogeologisches Gutachten für das Thurbruch, Süd-Usedom, erstellt. Ziel ist, über eine Optimierung des Wasser-Managements für eine größtmögliche Fläche Wasserstände herzustellen, die für eine Bewirtschaftung in Paludikultur erforderlich sind und zwischen 20 cm unter (Minimumwasserstand) und 30 cm über Flur (Maximumwasserstand) liegen.

Das Thurbruch ist Teil des Thurbruch-Gothensee-Gletscherzungenbeckens. Der großräumige Niedermoorkomplex umfasst eine Fläche von ca. 16 km² und schließt den ca. 78,5 ha großen Kachliner See ein. Seine nördliche Begrenzung bildet der Gothensee. Beide Seen sind über die Reetzower Bäck miteinander verbunden und vergleichsweise flach (vgl. Abschnitt 3.1 - 3.3). Randlich begrenzt wird die Niederung durch markante Höhenzüge (siehe auch Anlage 1).

Die ursprünglich abflusslose Senke wird über den am Nordende des Gothensees eingetieften Sack-Kanal entwässert. Infolge der meliorativen Maßnahmen in den letzten 200 Jahren, insbesondere jedoch in den 60er Jahren des 20. Jahrhunderts, ist die landwirtschaftliche Nutzung des Talraumes erheblich intensiviert worden. Das Thurbruch ist von einem engmaschigen Netz an Entwässerungsgräben durchzogen und in einzelne Polder untergliedert. Diese stellen Teileinzugsgebiete dar, die untergeordneten oberirdischen Wasserscheiden verlaufen im Bereich von Dämmen und / oder Wegen bzw. im Bereich der umliegenden Höhenzüge. Das oberirdische Einzugsgebiet von Gothensee und Thurbruch umfasst eine Fläche von ca. 64,5 km². Die Entwässerung erfolgt über Schöpfwerke über die Reetzower Bäck und weitere Vorflutgräben zum Gothensee und von dort im freien Auslauf bzw. über das Schöpfwerk im Sack-Kanal zur Ostsee (Anlage 2). Die Flächen des Thurbruchs werden aktuell überwiegend als Grünland (Wiesen und Weideland) genutzt. Nur untergeordnet treten Gehölzflächen auf.

Das Gelände in den Ortslagen am Rand des Thurbruchs erreicht generell + 5 m NN und fällt von hier in Richtung der Senke meist flach ein. Die eigentliche Niederung mit der Torfverbreitung beginnt randlich fast überall bei etwa + 2,25 m NN. Von hier fällt das Gelände auf engem Raum unter + 1 m und weiter in Richtung Kachliner See und Gothensee bis etwa auf ± 0 m NN ab. Die Geländehöhen in der Niederung liegen weiträumig bei etwa + 0,4 m NN, tiefere Bereiche unter ± 0 m NN liegen zwischen Kachliner und Gothensee und östlich des Kachliner Sees. Geländeauftragungen u.a. zwischen Görke und Kachliner See, am Adlerberg und in der langgestreckten Ortslage Ulrichshorst sind auf Hochlagen des mineralischen Untergrundes zurückzuführen, die das Thurbruch in einzelne Beckenbereiche untergliedern. Höherliegende Flächen treten z. B. südwestlich des Gothensees mit Höhen > + 1m NN bei geringerer Moorsackung auf.

Die Meliorationen führten zu einer wiederholten Absenkung des Grundwasserspiegels im Thurbruch, anteilig auch der Seewasserspiegel. Der Oberflächenabfluss und der Abfluss in die Ostsee wurden deutlich erhöht. Dies führte auch zu periodischen Veränderungen der Geländeoberfläche durch Torfsackungen bzw. Schrumpfungs- und Mineralisierungsprozesse. Das DGM 2 M-V (Stand 2012) verdeutlicht die Entwicklung der Geländesituation bis heute, erlaubt jedoch infolge der hohen Auflösung eine wesentlich differenziertere Betrachtung der Geländehöhen und ihrer Entwicklung und bildet gleichzeitig die Grundlage für die Erstellung von Überflutungsszenarien und Differenzmodellen. Aktuell werden zur Entwässerung der Teileinzugsgebiete des Thurbruchs vier Schöpfwerke und 1 Schöpfwerk zur Entwässerung des gesamten Einzugsgebietes betrieben. Im Mittel werden seit 2010 jährlich ca. 10,6 Mio m³ über den Sackkanal abgepumpt.

In das Thurbruch entwässern anteilig kleinere Grabensysteme nördlich von Kachlin, östlich von Görke und bei Korswandt, wo jeweils ehemals abflusslose Senken angeschlossen sind.

Oberflächlich stehen im Thurbruch wechselnd mächtige Niedermoortorfe eines Versumpungs-, Durchströmungs- und Verlandungsmoores, in Geländeauftragungen auch Geschiebelehm oder sandige Bildungen, an. Lokal ist Hochmoor entwickelt. Das Niedermoor ist heute überwiegend 1 - 3 m (vgl. Abschnitt 3.4, Anlage 3) mächtig. Das Becken weist eine sehr flache Muldenform auf, in der sich einzelne Rinnen und Senken abzeichnen. Eine rinnenartige Eintiefung verläuft von den Dammwiesen bei Görke über das west- und nördliche Seeufer des Kachliner Sees zum SW-Ufer des Gothensees. Hier, aber auch zwischen Adlerberg und südlichem Gothensee sind weitere Eintiefungen vorhanden. Verbindungen bestehen auch zum südöstlichen Ufer des Kachliner Sees und südlich anschließenden Eintiefungen. In Hochlagen treten reduzierte Torfmächtigkeiten, in lokalen Eintiefungen Mächtigkeiten > 5 m auf. Die Rinnenstruktur setzt sich in der Parchen-Niederung fort. Die bisher größten Moormächtigkeiten sind mit ≥ 5 bis 8 m am Kachliner See, im SE des Gothensees und mit > 15 m in der Parchen-Niederung belegt.

Das Niedermoor besteht ganz überwiegend aus Mischtorfen (Schilf-Seggen-Torfe). Seltener treten auch reine Seggentorfe und z. T. Bruchwaldtorfe mit unterschiedlichem Zersetzungsgrad auf. Eingeschaltet sind Mudden. Durch Entwässerungen kam es zu Sackungen des Niedermoortorfes. Stärkere Sackungen sind im Bereich großer Torfmächtigkeit bzw. bei hohem Muddeanteil erfolgt. Der Torf ist insbesondere im oberen Teil stark zersetzt, anteilig wurden in tieferen Lagen Zersetzungshorizonte (vgl. Abschnitt 3.4.2.1) beobachtet. Degradierungsvorgänge haben den Moorkörper z. T. negativ verändert (Mineralisierung, Vermulung, Verdichtungshorizonte).

Das Moor liegt weitflächig auf geringmächtigem Feinsand, schluffig (GWL 1), der im Bereich um den Kachliner See nur eine sehr geringe Wasserleitfähigkeit aufweist. Zwischen Kachliner und Gothensee und im östlichen Thurbruch unterlagern Fein- bis Mittelsande diesen Horizont (siehe Abschnitt 3.4.2.2). Im Bereich der Landzunge von Ulrichshorst stehen die Sande oberflächlich an. Westlich und östlich des Thurbruchs steigt die Mächtigkeit des GWL auf über 10 m an, die Durchlässigkeit nimmt zu. Infolge Stauchung treten Fehlstellen auf. Zwischen Kachlin - Labömitz und Zirchow - Korswandt führt der GWL kein oder nur saisonbedingt Grundwasser, im östlichen Thurbruch besteht in einem breiten Streifen zwischen Reetzow, Kutzow und Zirchow sowie Ulrichshorst - Korswandt eine hydraulische Verbindung zum GWL 2. HVs sind auch bei Gothen und Bansin, in der Umrandung des Gothensees nördlich Ulrichshorst sowie bei Gothen und Reetzow zu GWL 3 belegt (siehe Anlagen 1 und 2).

Der GWL 2 ist unterhalb des Thurbruchs mit Ausnahme der Fehlstelle um den Kachliner See (zwischen Kachlin, Katschow und Labömitz) überwiegend bis 10 m, bei Ulrichshorst und im Umfeld auch bis 20 m mächtig, untergeordnet sind auch gröbere Sande eingeschaltet. Die Durchlässigkeit (überwiegend $> 25 - 50 \cdot 10^{-5}$ m/s) steigt z. T. deutlich an.

Der Geschiebemergel W I ist im Liegenden des eigentlichen Thurbruchs mit Mächtigkeiten von 5 - 10 m als Grundwassergeringleiter wirksam, jedoch nicht in nördlich anschließenden Bereichen (Umrandung des Gothensees, Polder Gothen, Parchen-Niederung).

Der GWL 3 ist weiträumig mit größerer Mächtigkeit verbreitet. Die kf-Werte liegen bei $> 25 - 50 \cdot 10^{-5}$ m/s. Im Ausbissbereich des GWS W I rings um den Gothensee unter Einschluss der Ortslagen von Bansin und Heringsdorf bestehen vielfältige hydraulische Verbindungen zu den GWL 2 und 1 und damit zum Gothensee.

Das Fließgeschehen in den oberflächennahen GWL am Rand des Thurbruchs wird regional von Druckhochgebieten über + 3 bis + 10 m NN bestimmt (siehe Abschnitt 3.4.3), die Grundwasser Oberfläche fällt zur Niederung ab. Ein deutliches Gefälle ist z. T. in den Talhängen, ein bevorzugter Grundwasseranstrom zwischen Labömitz und Reetzow, bei Katschow und Zirchow (Durchströmungsmoor) vorhanden. Das Druckpotential wirkt im meliorativ nicht beeinflussten Zustand randlich auf den Torfkörper und setzt sich teilweise unter dem Torfkörper innerhalb der hier – z. T. in hydraulischer Verbindung – mächtigen Grundwasserleiter (GWL

1, 2 und 3) fort. Druckentlastungen (Grundwasserspeisung aus dem Liegenden) erfolgen bevorzugt bereits an den Talrändern. Die Druckhöhen liegen hier unter + 2 m NN, überwiegend bei + 1 m NN. Weite Teile des Thurbruchs sind durch Wasserstände unter ± 0 m NN gekennzeichnet. In den letzten Jahrzehnten sind Grundwasserabsenkungen sowohl im Thurbruch wie auch in den randlichen Druckhochgebieten erfolgt. Die stärksten Absenkungen erfolgen nördlich und nordöstlich des Kachliner Sees, südöstlich des Kachliner Sees und bei Ulrichshorst und Korswandt. Die Einzugsgebietsgröße hat sich durch intensive Grundwasserförderung in den angrenzenden Inselkernen verändert, Absenktrichter unter ± 0 m NN an den WW Bansin, Gothen, Ahlbeck-Jägersberg, Ahlbeck-Zierowberg und Granica / Polen haben sich z. T. weiträumig bis zum Gothensee (WF Ahlbeck-Jägersberg, Gothen und Granica) ausgedehnt (Anlagen 1 und 2). Die Grundwasserstände haben sich hier in den letzten 35 Jahren um ca. 0,5 m abgesenkt.

Ein Teil des Grundwasseranstroms wird durch Talrandgräben, etwa südlich Katschow, westlich Görke und nördlich Zirchow erfasst. Die Wasserstände innerhalb des Moorkörpers werden maßgeblich durch Entwässerungsmaßnahmen bestimmt, die zu erheblichen Veränderungen des hydrologischen Regimes in einzelnen Polderbereichen und im Kachliner See, jedoch nicht im Bereich des Gothensees und seines Einzugsgebietes insgesamt führten.

Das Gefälle im Moorkörpers war ursprünglich generell vom Rand der Senke zu den Seen gerichtet. Das Grundwasserniveau und -fließgeschehen wird durch die Entwässerung über das Grabensystem und die Schöpfwerke in den Poldern, die Verbindung zwischen Kachliner See und Gothensee, insbesondere jedoch das Schöpfwerk im Sack-Kanal bestimmt. Zu beachten ist dabei, dass das Grabensystem aufgrund der zu großen Eintiefung überwiegend in die im Liegenden des Moorkörpers anstehenden Grundwasserleiter bzw. Bereiche hydraulischer Verbindungen einschneidet.

In den Höhenzügen verlaufen neben den oberirdischen Wasserscheiden auch die Grundwasserscheiden des Gebietes (siehe Anlage 1).

Die Grundwasserflurabstände liegen innerhalb des Thurbruchs überwiegend unter 1 m, in der zentralen Senke zwischen - 0,1 bis - 0,5 m (vgl. Anlage 6). Am unmittelbaren Rand des Thurbruchs steigen sie innerhalb des unbedeckten GWL auf 1 - 2 m (Ortslage Ulrichshorst, anteilig Katschow, Labömitz und Reetzow, randlich auch Kutzow, Zirchow und Gothen) bzw. 2 - 5 m (Görke, Kachlin) an.

Das Niedermoor des Thurbruchs ist in den letzten fünftausend Jahren aus dem großen Thurbruch-See entstanden, seine Geländehöhe liegt heute wenig über dem Meeresspiegel. In tieferen Senken verblieben der Gothensee und der Kachliner See (siehe Abschnitt 3.5). Die Vorflut wurde mehrfach verändert (ursprünglich Aal-Beek, ab 1758 zusätzliche Entwässerung über den Knüppelgraben, ab 1772 Beseitigung des Mühlenstaus in der Aal-Beek, ca. 1818 Anlage des Sack-Kanals).

Eine Folge der tiefgründigen Entwässerung des Thurbruchs war eine deutliche Absenkung der Geländeoberfläche und eine weitgehende Degradierung des Niedermoororfes (Abschnitt 3.5). Das ursprüngliche Relief im Thurbruch vor 1758 wies Geländehöhen von etwa + 2,25 m NN aus (vgl. Abschnitt 4.2.2). Nach 1772 erfolgten mit Absenkung des Gothensees und Anlage eines Grabensystems erstmals größere Torfsackungen in der Größenordnung von 0,90 m, so dass die Geländehöhen bei etwa + 1,30 m NN gelegen haben. Bis 1887 (Geländehöhen bei ± 1 m NN) traten danach im Mittel nur noch Sackungen von ca. 0,30 m auf. In gleicher Größenordnung dürften die Sackungen bis 1968 liegen. Die initialen Sackungen vor der Komplexmelioration erreichen damit im Thurbruch eine Größenordnung von max. etwa 1,50 m. Unter Berücksichtigung der zwischenzeitlichen Entwässerung und von Geländesackungen war in den 1960er Jahren der Gothensee bereits auf die maximal mögliche Wasserspiegellage von + 0,20 m NN, bei der noch ein Abfluss in freier Vorflut erfolgen konnte, abgesenkt. Für eine weitere Grünlandnutzung im Thurbruch wurde eine Polderung notwen-

dig. Zwischen 1966 und 1969 wurden die Polder Kachlin, Labömitz, Gothen und Korswandt mit ihren Schöpfwerken und einem insgesamt 110 km langen Grabennetz angelegt. Auf 1.600 ha entstand Grünland.

Nach der Komplexmelioration 1968 sind im Thurbruch bis 1978 Torfsackungen von 0,20 - 0,40 m, anteilig auch bis 0,60 m aufgetreten. Die größten Sackungen waren zwischen dem Polder Labömitz, dem NE- und SE-Teil des Polders Kachlin und dem Westteil des Polders Korswandt zu beobachten (siehe Anlage 4.1). Geringe Sackungen traten in der Uferzone des Gothensees und der Umrandung des Kachliner Sees auf. Die Wasserspiegel der Seen hatten sich nicht oder nicht wesentlich geändert.

Torfsackungen von 1978 bis 2012 von überwiegend 0,20 m bis etwa 0,40 m erfassen i. d. R. nicht die Hauptsackungsbereiche des vorhergehenden Zeitabschnittes, sondern schließen sich seitlich an. Demgegenüber traten starke Sackungen in der Umrandung des Kachliner Sees innerhalb des umlaufenden Deiches auf, am deutlichsten im Senkenbereich am südwestlichen und südlichen Ufer mit Sackungen bis > 1 m, sonst bis > 0,40 m. Die Sackungen sind eine unmittelbare Folge der Eindeichung des Kachliner Sees zwischen 1983 und 1986 und der nachfolgend erforderlichen Absenkung des Seespiegels. Verbunden damit ist eine deutliche Verkleinerung des Kachliner Sees (vgl. Abschnitt 4.2.1, Anl. 4.3 und 5.3).

In der Thurbruchsene ist es trotz heute überwiegend geringer Moormächtigkeiten im Gesamtzeitraum von 1758 bis 2012 zu vergleichsweise hohen Torfsackungen von 2,00 - 2,20 m gekommen. Ähnliche Beträge ergeben sich in der Umrandung des Kachliner Sees und für die Parchen-Niederung. Zum Rand der Senke werden die Sackungen geringer. Gleiches gilt auch in der südlichen Umrandung des Gothensees und der Geländeaufwölbung von Ulrichshorst (Anlage 4.3). Für die letzten 250 Jahre ergeben sich Sackungsraten von etwa 0,009 m/a. Stärkere Sackungen sind jeweils im Anschluss an durchgreifende Entwässerungsmaßnahmen erfolgt, während nach Einstellung höherer Wasserstände in Teilbereichen durch Aufgabe der Nutzung oder Einstellung der Pflege des Grabensystems keine Sackungen mehr erfolgten. Durch Torfquellung kann es hier innerhalb kurzer Zeit zu Aufhöhungen kommen.

Nach 1758 ist zunächst von Sackungsraten von 0,01 - 0,02 m/a auszugehen. Bis 1887 und von 1887 bis 1968 waren es 0,003 m/a, nach der Komplexmelioration von 1968 bis 1978 liegt die Größenordnung der Sackungen zwischen 0,02 - 0,06 m/a. Die Sackungsraten von 1978 - 2012 erreichen im Normalfall 0,006 - 0,012 m/a, lokal auch 0,06 m bis 0,1 m/a (z. B. in der südwestlichen und südlichen Umrandung des Kachliner Sees).

Die Polder stellen Teileinzugsgebiete dar. Der Kachliner See und die Reetzower Beek sind gesondert eingedeicht. Eine weitere Untergliederung erfolgt durch die einzelnen Grabensysteme (Abschnitt 3.5.3.3), die mit den zusitzenden Gräben und Dränagen jeweils Teilflächen entwässern. An den Rändern des Thurbruchs erfolgt anteilig eine Speisung der Grabensysteme durch den oberirdischen bzw. hypodermischen Zufluss bzw. Grundwasser. Innerhalb des zentralen Thurbruchs gelegene Bereiche werden i. d. R. ausschließlich durch Niederschläge und – soweit möglich – aus dem Liegenden über das Grundwasser gespeist. Infolge des Druckausgleiches am Talrand ist die Speisung hier im Normalfall nicht mehr vorhanden oder nur gering. Mit den Meliorationsmaßnahmen wurden Mittelwasserabsenkungen in Kauf genommen. Das führte zu einem erhöhten Oberflächenabfluss und einer Senkung des Grundwasserspiegels. Die Entwässerung erfolgt weitgehend über die Reetzower Bäck und weitere Vorflutgräben zum Gothensee und von dort – direkt bzw. über das Schöpfwerk im Sack-Kanal – zur Ostsee. Der Ausbau des Grabensystems von 1965 - 1969 (Querschnittsvergrößerung, starke Eintiefung bis in die liegenden Grundwasserleiter) beschleunigte die Moorsackung und Torfmineralisierung. Besonders negativ ausgewirkt hat sich die weitere Eindeichung des Kachliner Sees, da diese mit einer vollständigen Abtrennung des Sees von seinem natürlichen Einzugsgebiet einher ging. Dies führte zu einem sinkenden Seespiegel mit der Folge einer starken Entwässerung der Uferzonen, starken Moorsackungen und

Beeinträchtigungen der Deiche bzw. hydraulischen Verbindungen zwischen dem See und randlich angrenzenden Grabensystemen (insbesondere Graben 22/1) über den Moorkörper.

Die Entwicklung des Thurbruchs in historischer Zeit und in den letzten Jahrzehnten verdeutlicht, dass im Grundsatz in der Senke von Gothensee und Thurbruch ein Wasserüberschuss vorhanden ist. Ohne künstliche Entwässerung in den Poldern würde der Wasserspiegel im Thurbruch deutlich ansteigen. Selbst geringe Anhebungen würden in der zentralen Senke und der Umrandung des Kachliner Sees zu großflächigen Überstauungen führen. Diese können zunächst auch auf einzelne Teileinzugsgebiete beschränkt werden. In wiedervernässten Flächen ist mit dem Einsetzen der Torfquellung auch mit einer relativen Anhebung der Geländeoberfläche um etwa 0,10 m zu rechnen.

Das Thurbruch mit Gothensee und Kachliner See ist als ein einheitliches wasserwirtschaftliches System zu betrachten (vgl. Abschnitte 3.5 und 4.4). Viele Jahrhunderte floss das Wasser aus dem Kachliner See mit freiem Gefälle zum Gothensee. Bei höheren Abflüssen erhöhte sich die Differenz der Wasserspiegel, bei geringen Abflüssen kam es zur Ausspiegung.

Die mittleren Wasserstände am Ausfluss des Gothensees in den Sack-Kanal lagen in den letzten Jahrzehnten bei + 0,23 m NN (vgl. auch Abschnitt 3.5.2.3). Deutliche Unterschiede ergaben sich zwischen hydrologischen Winter- (+ 0,29 m NN) und Sommerhalbjahren (+ 0,18 m NN). In Abhängigkeit von den klimatischen Bedingungen (u. a. Niederschlag, Verdunstung) können die Mittelwerte erhebliche Schwankungen aufweisen. Durch das StALU Vorpommern wurde 1995 zur Wasserregulierung des Gothensees eine Bewirtschaftungslamelle von + 0,24 bis + 0,34 m NN festgelegt. Ganzjährig soll der Wasserstand bei + 0,29 m NN gehalten werden, bei ungünstigem Witterungsverlauf (erhöhtes Niederschlagsdargebot) soll kurzzeitig der Richtwasserstand + 0,39 m NN zugelassen werden (siehe Abschnitt 3.5.3.6). Die Wasserstände erlauben noch einen Abfluss in freier Vorflut zur Ostsee und liegt unmittelbar über dem langjährigen mittleren Wasserstand im Gothensee. Die Werte entsprechen früheren Festlegungen und bildeten die Grundlage für die Querschnittserweiterung des Sack-Kanals und den Neubau des Schöpfwerkes 1998. Die Stauziele in den Poldern lagen früher zwischen + 0,14 m NN (Mittelwasser) und + 0,50 m NN.

Bei der Auswahl von Wasserstandsszenarien zur Wiedervernässung von für Paludikultur geeigneten Flächen mit einer Überstauung bis 0,30 m bzw. Grundwasserflurabständen bis 0,20 m sind der Hydrologische Ist-Zustand innerhalb des Thurbruchs und die Rahmenbedingungen innerhalb des gesamten Einzugsgebietes zu berücksichtigen.

Die Darstellung von Überflutungs- (Anlage 7) und Wasserstandsszenarien (Anlage 8) erfolgt zwischen < - 0,10 m NN und + 0,50 m NN (Darstellung der überfluteten Bereiche jeweils in blauer Farbgebung). Ablesbar ist auch die Ausdehnung von Wasserflächen z. B. bei Extremereignissen.

Für den Thurbruch ist als Ausgangssituation festzustellen, dass hier in den Sommermonaten die Wasserstände deutlich unter den Wasserständen im Gothensee liegen. Dies gilt auch für den Kachliner See, wo sie aktuell bei - 0,1 m NN (DGM 2012) ermittelt wurden. Bei Ausspiegung mit dem Gothensee würden im Kachliner See – bei gleichzeitiger Überflutung landwirtschaftlich genutzter Flächen – die Wasserspiegel in den Sommermonaten im Mittel auf mindestens + 0,18 m, im Winterhalbjahr auf + 0,29 m NN ansteigen.

In den Wasserstandsszenarien für die Polder Kachlin, Labömitz und Korswandt werden für das hydrologische Winterhalbjahr Aufhöhungen der Wasserstände für die Polder Kachlin, Labömitz und Korswandt von ± 0 m NN bzw. + 0,29 m NN auf + 0,35, + 0,39 m und + 0,50 m und für das hydrologische Sommerhalbjahr von ± 0 m NN auf + 0,18, + 0,29 und + 0,40 m NN (siehe Anlagen 8.1 und 8.2) modelliert.

Damit werden für das hydrologische Winterhalbjahr – ausgehend vom mittleren Wasserstand im Gothensee – sowohl die höheren Wasserstände im Gothensee, als auch frühere Stau-

ziele für die Polder und den Kachliner See betrachtet. Für das hydrologische Sommerhalbjahr wird der mittlere Wasserstand im Gothensee erfasst.

Die modellierten Wasserstände zeigen, dass bei ± 0 m NN nur eine kleinflächige Wiedervernässung erfolgen würde, die Anforderungen für Paludikultur wurden nicht erfüllt (siehe Anlagen 8.1 und 8.2).

Bereits bei Wasserständen im hydrologischen Winterhalbjahr mit im Mittel + 0,29 m NN (zwischen Januar und April mit + 0,32 bis + 0,30 m NN, mittelblaue Fläche in Anlage 8.1) sind bei Ausspiegelung mit dem Gothensee die Poldergrenzen zwischen den Poldern Kachlin, Labömitz und Korswandt in größeren Abschnitten nicht mehr wirksam, gleichzeitig deutet sich anteilig ein direkter An- / Abstrom in Richtung Gothensee (siehe Abschnitt 4.4.2) an.

Bei Aufhöhung des Wasserspiegels in den Poldern auf + 0,35 m NN (Szenario 1.1) dehnen sich die überfluteten Flächen insgesamt nur geringfügig (blauer Saum) aus, stärker vernässt werden Zwischengebiete in der überstauten Senke und randlich gelegene Senkenbereiche (siehe Anlage 8.1). Überflutet sind insgesamt 8,2 km², davon 5,97 km² mit einer Wassertiefe von 0 - 0,30 m (Abschnitt 4.5.2). Der Wasserspiegel liegt etwa im Bereich des oberen Bewirtschaftungsintervalls des Gothensees.

Eine Anhebung des Wasserspiegels auf + 0,40 m NN (Szenario 1.2) führt ebenfalls nur zu einer unwesentlichen Vergrößerung der überfluteten Flächen, eine weitere Flutung der Zwischengebiete und der randlich gelegenen Senken (Anlage 8.1). Die Ausdehnung der überstauten Flächen veranschaulicht auch Anlage 8.3.2. Überflutungsbereiche mit mehr als 0,30 m Tiefe (dunkelblaue Fläche in Anlage 8.3.2) werden etwa 1 km² größer, die übrigen Flächen (mittel- und hellblau) sind 0 - 0,30 m tief (5,69 km²). Überflutet sind insgesamt ca. 8,9 km². Die Überströmbereiche werden etwas deutlicher (siehe Anlage 8.1). Der Wasserspiegel liegt etwa im Bereich kurzzeitig zugelassener Hochwasserlagen bis + 0,39 m NN im Gothensee. Randlich schließen sich Bereiche mit Flurabständen des Grundwassers von 0,10 m, 0,20 m (in Anlage 8.3.2 abgestuft blaugrün) und > 0,20 m (gelb) an.

Ein Rückhalt des Wasserspiegels + 0,50 m NN (Szenario 1.3) würde zu einer großräumig überfluteten Fläche im Thurbruch (hellblau) führen. Überflutungsbereiche mit mehr als 0,30 m Tiefe werden fast 3 km² größer als in Szenario 1.2, flach überstaut sind 4,8 km². Überflutet würden insgesamt + ca. 11 km². Zahlreiche Überströmbereiche sind zu beobachten. In der Umrandung des Kachliner Sees ist der Deich fast auf gesamter Länge überflutet. Das Szenario würde zur Ausuferung führen und ist als Überflutungsszenario nicht geeignet.

Die überfluteten Flächen stehen bei den Szenarien für das hydrologische Winterhalbjahr mit den angrenzenden Gräben und vernässten Flächen in Verbindung. Ein ungehinderter Zustrom wäre wieder aus dem westlichen Einzugsgebiet des Kachliner Sees auch unter Einbeziehung des Grabensystems, umgekehrt jedoch ein flächiger Abstrom in das nördlich angrenzende Grabensystem des Polders Labömitz und die Bäck möglich. Dies gilt insbesondere für das Szenario 1.3, in geringerem Maße jedoch auch die beiden anderen Szenarien. Beleg für den Abstrom sind auch die vergleichsweise geringen Durchflussmengen im Schöpfwerk Kachlin und die hohen Abflüsse im Polder Labömitz (siehe Abschnitt 4.5).

Die Deiche beidseits der Bäck sind noch deutlich erkennbar, mehrere Schwächezonen sind vorhanden. Eine Stauregulierung scheint noch möglich. Andererseits ist von Verbindungen zwischen Polder Labömitz und Gothensee etwa nordwestlich der Bäck und in ihrem Unterlauf auszugehen.

Zwischen den Poldern Labömitz und Korswandt kann bei den Varianten 1.1 - 1.3 ebenfalls ein direkter Ab- oder Anstrom erfolgen, z. T. ragen nur noch vereinzelt Grabenränder und Wege aus der Wasserfläche.

Die Wasserstände im hydrologischen Sommerhalbjahr sinken bei Ausspiegelung im Mittel von + 0,28 und + 0,23 m im Mai / Juni auf den Mittelwert von + 0,18 m NN im Juli ab, der Tiefstwert wird in der Regel mit + 0,11 m NN im September erreicht. Insgesamt liegen die Werte deutlich über den bisherigen Sommerwasserständen (Anlage 2). Das Szenario 2.1 basiert auf einem Wasserspiegel von + 0,18 m (siehe auch Anlage 7.2), die zentrale Thurbruch-

senke steht hier flach unter Wasser (4,77 km², mittelblaue Fläche in Anlage 8.2), vgl. auch Abschnitt 4.4.2. Überflutungsbereiche mit mehr als 0,30 m Tiefe sind nur 0,23 km² groß (dunkelblaue Flächen in Anlagen 7.2 und 8.3.1). Die Ausdehnung der überstauten und für Paludikultur geeigneten Flächen (mittel- bis hellblau und blaugrün) veranschaulicht Anlage 8.3.1 (insgesamt 8,67 km²). Der östliche Teil des Polders Kachlin, die Uferzone des Kachliner Sees, der Ostteil des Polders Labömitz und der NW-Teil des Polder Korswandt wären flach überstaut, wobei die Wasserflächen durch höherliegende Grabenränder, Deiche, Wege und flache Geländeauftragungen z. T. deutlich gegliedert sind. Außerhalb der überfluteten Flächen schließen sich Flächen mit Wasserständen bis ca. 10 cm unter Flur (Szenario 2.2, hellblaugrün in Anlage 8.3.1), ca. 20 cm unter Flur (Größe entsprechend Szenario 2.3, dunkelblaugrün in Anlage 8.3.1) und > 0,20 m (gelb) an. Flurabstände von 0 bis 0,2 m treten in den Poldern Kachlin, Labömitz und Korswandt mit insgesamt 3,86 km² auf. Randlich gelegene Flächen sind gelb und hellbraun hervorgehoben.

Bei Szenario 2.2 mit im Mittel + 0,29 m NN dehnen sich die überfluteten Flächen deutlich aus (dunkelviolet, mittel- und dunkelblau), es entsteht eine weitgehend geschlossene Wasserfläche. In den dunkelvioletten Flächen sind Überflutungsbereiche mehr als 0,30 m tief (siehe Anlage 8.2). Diese (1,61 km²) sind größer (dunkelblau in Anlage 8.3.3) als im Szenario 2.1, die 0 - 0,30 m tiefen Flächen (mittel- bis hellblau) deutlich größer (5,67 km²). Überflutet würden im Thurbruch insgesamt + ca. 7,28 km². Auch hier erfolgt eine analoge Darstellung der für Paludikultur geeigneten Flächen von 8,84 km² in Anlage 8.3.3 (bis 0,30 m überstaute Flächen – mittel- bis hellblau, Flächen mit Flurabständen bis 0,20 m – blaugrün).

Die Überströmbereiche entsprechen weitgehend den in Abschnitt 4.4.2 genannten Bereichen. Die überfluteten Bereiche und weite Teile des Grabensystems stehen in unmittelbarer Verbindung, der Zu- oder Abstrom erfolgt bevorzugt über das Grabensystem, zusätzlich mit Verzögerung über das Grundwasser. Deiche und Wege werden teilweise nicht mehr als Abgrenzung wirksam, so etwa am Kachliner See, am Knüppelgraben sowie im Grenzbereich zu den Überflutungsgebieten in den Poldern Labömitz und Korswandt, wo ein direkter Ab- oder Anstrom erfolgen kann. Die Deiche beidseits der Bäck zeichnen sich deutlich ab, einzelne Schwächezonen deuten sich an. Verbindungen zwischen Polder Labömitz und Gothensee deuten sich auch über das westlich der Bäck gelegenen Grabensystem an.

Im Szenario 2.3 führt eine Anhebung des Wasserspiegels auf + 0,40 m NN insbesondere an den Ränder der zentralen Thurbruchsenke (vgl. Szenario 1.2) zu einer Vergrößerung der überfluteten Flächen (mittelvioletter Streifen in Anlage 8.2). Überflutungsbereiche mit mehr als 0,30 m Tiefe verdoppeln sich, 5,69 km² sind 0 - 0,30 m tief.

Der Wasserspiegel entspricht derc etwa im Niveau der Hochwasserlagen im Gothensee und der Variante 1.2 (siehe auch Anlage 8.3.2). Dunkelblaue Flächen sind mehr als 0,30 m, mittel- und hellblaue 0 - 0,30 m tief. Randlich schließen sich Bereiche mit Flurabständen des Grundwassers von 0,10 m, 0,20 m (in Anlage 8.3.2 abgestuft blaugrün) und > 0,20 m (gelb) an.

Die Wasserstände im Gothensee und Polder Gothen wurden nicht aufgehört und entsprechen in den Szenarien weiter den mittleren Wasserständen des Gothensees für das hydrologische Winter- und Sommerhalbjahr.

Ausgehend von der Modellierung der Wasserstände wurden über eine Höhentabelle des DGM 2 2012 für die einzelnen Polder im Thurbruch die Flächen für einzelne Wasserstands-szenarien in 0,05 bis 0,25 m - Schritten ermittelt. Aufbauend darauf erfolgte die Ermittlung des erforderlichen Zusatzwassers für den Wasserrückhalt (Abschnitt 4.5.2). Im Ergebnis der Untersuchungen zeichnet sich ab, dass ausgehend von den derzeit niedrigen mittleren Wasserständen, insbesondere dem hohen Sommerdefizit, kein ausreichender Rückhalt zu erreichen ist. Mit der Aufhöhung des Wasserspiegels bei Ausspiegelung auf im Mittel + 0,29 m NN im hydrologischen Winterhalbjahr im Kachliner See und in den Poldern ergibt sich für einen erhöhten Rückhalt ein höherer Ausgangswasserstand. Der Ausgangswert innerhalb

eines hydrologischen Sommerhalbjahres liegt bei + 0,18 m NN. Im Gothensee liegt der Wasserspiegel im November im Mittel bereits bei + 0,21 m NN, im Dezember bei + 0,28 m NN und ab Januar bei + 0,32 m NN. Die Ausspiegelung kann ergänzend durch eine Reduzierung der Durchflussmengen in den Poldern zu Beginn der Wiedervernässung erfolgen. Die Zusatzwassermengen aus dem Rückhalt im Winterhalbjahr betragen ca. 782.200 m³ (Aufhöhung auf + 0,29 m NN) und 1.710.000 m³ (Aufhöhung auf + 0,40 m NN).

Der Gesamtabfluss nach BAGROV-GLUGLA wurde für die Polder Kachlin, Labömitz und Korswandt mit ca. 6 Millionen m³/a ermittelt. Die Teileinzugsgebiete sind anteilig mit 3,2; 1,6 und 1,4 Millionen m³/a beteiligt (4.5.3). Bei einer Wiedervernässung erhöht sich die Verdunstung infolge der höheren Wasserstände, eines erhöhten kapillaren Aufstiegs bzw. der anteiligen Überstauung deutlich. Bei Berücksichtigung der Differenz der Verdunstungswerte vor und nach der Wiedervernässung verbleibt ein Gesamtabfluss von etwa 4.6 Millionen m³. Während die Verdunstungsverluste in den Wintermonaten i. d. R. durch Rückhalt ausgeglichen werden, führen sie insbesondere im Sommer zu sinkenden Wasserständen. Die Bilanz ist insgesamt deutlich positiv, der Überschuss steht zum Abfluss, hier differenziert auch für die einzelnen Polder, zur Verfügung.

Die Erhöhung der Verdunstung wird gleichzeitig zu einem ausgeglicheneren Geländeklima mit geringeren Temperaturmaxima in den Tagstunden und höheren Minimumwerten in den Nachtstunden führen.

Die überschlägig ermittelten mittleren Durchflussmengen an den Schöpfwerken Kachlin, Labömitz und Korswandt entsprechen in ihrer Gesamtheit mit 4,1 Millionen m³/a etwa der Größenordnung des jährlichen Gesamtabflusses nach BAGROV-GLUGLA. Dies gilt jedoch nicht für die einzelnen Teileinzugsgebiete. Für den Polder Kachlin liegt der Mittelwert überschlägig etwa bei 0,55, für den Polder Labömitz bei 2,4 und den Polder Korswandt bei 1,1 Mio m³/a. Der Polder Kachlin weist ca. 50% der Neubildung, jedoch am Schöpfwerk nur 12% des Gesamtabflusses auf. Im Polder Labömitz stehen 24% der GWN einem Abfluss von 52% gegenüber. Beim Polder Korswandt (21 zu 25%) ist der Durchfluss etwas größer. Es ist davon auszugehen, dass ein wesentlicher Teil der Neubildung des Polders Kachlin bereits bisher direkt den Polder Labömitz über den ober- / unterirdischen Abfluss speist. Daneben ist von einem anteiligen ober- / unterirdischen Abstrom zum Gothensee auszugehen.

Ausgehend von obigen Werten wäre im Polder Kachlin lediglich ein Rückhalt bis etwa + 0,29 m NN im Winterhalbjahr möglich, wobei zusätzlich ein Rückhalt im Sommerhalbjahr erforderlich ist. In Normaljahren und Trockenjahren wäre ein Betrieb des Schöpfwerkes nicht nötig. Die Korrelation zur Niederschlagsentwicklung ist nur undeutlich, so dass wechselseitige Einflüsse, wie z. B. die Zulassung verschieden hoher Wasserstände und unterschiedliche Absenkungen an den Schöpfwerken wesentliche Bedeutung besitzen.

Am Schöpfwerk Labömitz wäre durch Reduzierung des Durchflusses eine wesentliche Anhebung des Wasserspiegels, hier auch mit einem Rückstau im Polder Kachlin möglich. Für eine Anhebung des Wasserspiegels in beiden Poldern auf etwa + 0,35 m NN (Szenario 1.1) wären ca. 1,15, auf etwa + 0,40 m NN (Szenario 1.2) ca. 1,54 und auf + 0,50 m NN ca. 2,5 Millionen m³ erforderlich. Bei Berücksichtigung einer erhöhten Verdunstung stehen im Polder Labömitz bei Einstellung des Pumpbetriebes und Stauhaltung im Mittel nur 1.63 Mio m³ zur Verfügung, d. h. eine Anhebung wäre nur auf max. etwa + 0,40 m NN möglich. In Trockenjahren wäre kein ausreichender Rückhalt möglich. Durch eine Verstetigung des Abflusses und einen überjährlichen Ausgleich (Höchstwerte des Durchflusses ca. 1 Mio. m³ über dem Mittelwert) bestehen hier zusätzlich Möglichkeiten.

Im Schöpfwerk Korswandt ist eine Anhebung des Wasserspiegels auf + 0,35 bzw. + 0,40 m NN aus Sicht eines möglichen Rückhalt selbst in Trockenjahren möglich, eine Anhebung auf + 0,50 m NN mindestens in Normaljahren (etwa südlich der Geländeschwelle von Ulrichshorst). Mit dem Schöpfwerk Korswandt ist die Entwässerung der Parchen-Niederung und des

südlich des Gothensee liegenden Teils des Polders weiterhin im erforderlichen Umfang möglich.

Bei einer Ausspiegelung von Kachliner See / Thurbruch und Gothensee bestehen ober- / unterirdische hydraulische Verbindungen zwischen den Poldern. Bei Anhebung der Wasserstände werden die Überströmbereiche großflächiger, die gegenseitige Beeinflussung nimmt zu. Bei einer Anhebung der Wasserstände bis etwa + 0,40 m NN (Szenario 1.2) ist im Sommer ein Rückhalt im Mittel von etwa + 0,29 m NN (Szenario 2.2) möglich.

In den letzten 250 Jahren kam es in der zentralen Thurbruchsenke zur Abnahme der Torfmächtigkeit um etwa 2 m und bis etwa < 0,40 m an den Rändern der Senke bzw. an einzelnen Aufragungen. Die aktuellen Sackungsraten (1978 bis heute) liegen bei 0,6 bis 1,2 cm pro Jahr. Bei Fortführung der Entwässerung ist von einer weiteren Sackung und zunehmenden Vernässung auszugehen, weshalb von steigenden Aufwendungen für die weitere Entwässerung zum Erhalt der bestehenden Nutzung auszugehen ist. Die Grenzen für die Entwässerung der zentralen Thurbruchsenke sind infolge der seit 1968 erfolgten Torfsackungen mit den bestehenden Schöpfwerken nahezu erreicht. Damit werden hier und bei der Sanierung der Deiche und Wegverbindungen künftig große Investitionen erforderlich.

Bei Wiedervernässung kann die Sackung gestoppt und in Teilen eine Rückquellung der Torfe (10 cm) stattfinden. Zur deutlichen Reduzierung der Pumpleistung und der Unterhaltungsmaßnahmen in den Poldern und damit der Kosten wird eine Wiedervernässung empfohlen. Ziel ist, über eine Optimierung des Wassermangements für eine größtmögliche Fläche Wasserstände herzustellen, die für eine Bewirtschaftung in Paludikultur erforderlich sind.

Die weiträumige Wiedervernässung der zentralen Thurbruchsenke würde durch die Ausspiegelung mit dem Gothensee und Rückhalt an den Schöpfwerken und Stauanlagen in der Bäck bzw. stromauf von Ulrichshorst realisiert. Die Wiederherstellung der direkten Verbindung zwischen den Seen kann durch Öffnung des Staues in der Bäck im hydrologischen Sommerhalbjahr (Wasserstand + 0,18 m NN) erfolgen. Insgesamt ist damit ein Anstieg der bisherigen Sommerwasserstände im Kachliner See um 0,20 bis etwa 0,40 m, in den Poldern z. T. über 0,40 m ohne weiteren Rückhalt möglich. Im hydrologischen Winterhalbjahr steigen bei Ausspiegelung in den Poldern die Wasserstände im Mittel auf + 0,29 m NN, im Januar / Februar auf + 0,32 m NN an. Damit ist für einen weiteren Rückhalt (Aufhöhung um weitere 8 cm) ein höherer Ausgangswasserstand gegeben.

Ausgehend davon ergeben sich in den Poldern Kachlin, Labömitz und Korswandt entsprechend Szenario 2.2 im Sommer Wasserspiegel von im Mittel + 0,29 m NN. Diese Variante weist mit 8,84 km² die größten Flächenanteile für Paludikultur auf, zur Realisierung des Szenarios steht ausreichend Wasser zur Verfügung. 5,67 km² wären flach überstaut, 3,17 km² weisen Flurabstände bis 0,2 m auf. Der Wasserspiegel entspricht dem ganzjährig angestrebten Wasserstand im Gothensee und ist auch aus dieser Sicht realisierbar. Die angegebenen Wasserstände sind im Mittelwert (MQ) in den hydrologischen Halbjahren erreichbar. In Abhängigkeit von jahreszeitlich bedingten, aber auch überjährlichen Differenzen in den Wasserhaushaltsgrößen wird es zu Schwankungen des Moor- und Grundwasserstandes kommen. Selbst bei einer Absenkung auf + 0,18 m NN in den Sommermonaten kommt es zu keiner wesentlichen Flächenreduzierung. Zusätzlich bestehen bei hohen Ausgangswasserständen am Ende des hydrologischen Winterhalbjahres in Trockenjahren Reserven.

Möglichkeiten zur Anhebung der Wasserspiegel in den Poldern bestehen in der Verzögerung und Verstetigung des ober- / unterirdischen Abflusses durch Einstellung oder Reduzierung des Schöpfwerksbetriebes, die Nutzung der vorhandenen Staue und die Reduzierung der Unterhaltung des Grabensystems, hier insbesondere der Grundräumung, Anstau etwa nach Regenereignissen, Nutzung des Retentionsvermögens, Überjahresausgleich. Einem besonderen Grundwasserandrang im Bereich der weiträumig in den liegenden GWL eingetieften Grabensysteme kann durch Zulassung einer Verschlammung / Kolmation der Grabensohle

entgegengewirkt werden. Bei Überstauung besitzt das Grabensystem nur noch eine untergeordnete Bedeutung, stellt aufgrund seiner Querschnitte jedoch weiterhin bevorzugte Abflussbahnen dar. In überstauten Grabenabschnitten ist die Grundräumung und Grabenpflege einzustellen, in einzelnen Grabenabschnitten wie z. B. im Polder Labömitz in Nähe des Gothen-sees) können partielle Verfüllungen und einzelne Stau (stromauf Ulrichshorst) sinnvoll sein. Durch Verkrautung und Vegetationsaufwuchs in den Gräben sowie Kolmation der Grabensohle kann mittelfristig der Abfluss aus den wiedervernässten Bereichen reduziert werden. Die Offenhaltung im bisherigen Umfang wäre lediglich für Gräben mit einer Entwässerungsfunktion für randlich oder außerhalb der Senke gelegene Flächen oder den Schöpfwerksbetrieb erforderlich.

Die Steuerung der Wasserstände, insbesondere in niederschlagsreichen Zeiträumen bzw. nach Niederschlagsereignissen, muss weiterhin durch die Schöpfwerke, hier insbesondere Labömitz und Korswandt, erfolgen. Eine weitere Steuerungsmöglichkeit besteht über die Pumpleistung am Sack-Kanal.

Eine Wiedervernässung außerhalb der Szenarien 1.2 bzw. 2.2 gelegener Flächen erscheint infolge des relativ deutlichen Geländeanstieges und eines damit verbundenen hohen Aufwandes für partielle Verfüllungen und / oder Stauanlagen sowie eines Anstiegs der Grundwasserstände am Rand der Thurbruchsenke als nicht sinnvoll.

Anpassungen zur Wiedervernässung wären künftig unter Berücksichtigung der Torfquellung innerhalb weniger Jahre nach Wiedervernässung um ca. 0,10 m sowie mittelfristig den Pflanzenaufwuchs erforderlich.

Bei einer Wiedervernässung der Thurbruchsenke nach Szenario 1.2 würde ein großflächig flach überstauter Bereich entstehen. Die Anhebung der Wasserstände wäre auf die zentrale Thurbruchsenke und damit auf den Bereich starker Moorsackungen beschränkt. Die Poldergrenzen werden weiträumig überströmt oder sind über die tiefeingeschnittenen Gräben hydraulisch miteinander verbunden. Große Teile der Grundwasserneubildung des Polders Kachlin gelangen bereits jetzt als ober-/unterirdischer Abfluss in den Polder Labömitz und werden hier über das Schöpfwerk abgeführt. Eine Sanierung der durch Sackungen beeinträchtigten Dämme um den Kachliner See ist nicht möglich bzw. nicht sinnvoll. Hier bestehen hydraulische Verbindungen zwischen Moorkörper, Ringgraben, Senkungszonen im Uferbereich und Kachliner See. Mit der Wiedervernässung würde der Kachliner See seine ursprüngliche Größe wieder erreichen und etwa um 0,40 bis 0,50 m vertieft. Damit würde eine lange bestehende Forderung aus Sicht der Fischerei und des Naturschutzes realisiert.

Die Grundwasserstände innerhalb der zentralen Thurbruchsenke werden - ausgehend von einem sich anteilig wieder aufbauenden Druckpotential auf im Jahresmittel etwa 0,35 m NN ansteigen. Infolge des deutlichen Geländeanstieges zu den Rändern kommt es hier zu keiner Aufhöhung der Grundwasserstände, der Grundwasserabstrom ist weiterhin zum Thurbruch / Gothensee gerichtet. Bei Ulrichshorst kann ein leichter Grundwasseranstieg am westlichen Ortsrand durch Abkoppelung einer Teilsenke ausgeschlossen werden.

Während im Gothensee im Rahmen der Bewirtschaftungslamelle die Wasserspiegel weiter wesentlich vom Durchfluss im Schöpfwerk am Sack-Kanal bestimmt werden, werden die Grundwasserstandsschwankungen zunehmend wieder durch die Niederschlagshöhen und die Grundwasserneubildung bestimmt. Sie werden sich damit der jahreszeitlichen Entwicklung mit Grundwasserhöchstständen im März / April und Grundwassertiefstständen im Oktober / November annähern. Anhebungen der Wasserspiegel über + 0,40 m NN im Winterhalbjahr oder nach Niederschlagsereignissen sind durch den Einsatz der Schöpfwerke zu vermeiden, da sonst Ausuferungen und Überströmungen den Rückhalt generell in Frage stellen. In den Sommermonaten ist der Abfluss möglichst zu verzögern.

Die Wiedervernässungsszenarien werden unter der Vorgabe betrachtet, dass die an den Thurbruch angrenzenden Flächen hinsichtlich ihres Bestandes und ihrer Nutzungsfähigkeit

nicht beeinträchtigt werden dürfen. Veränderungen im nördlichen Teil des Polders Korswandt (einschließlich Parchen-Niederung) und im Polder Gothen werden nicht vorgesehen. Damit sind wesentliche Beeinflussungen des Einzugsgebietes außerhalb der Polder Kachlin, Labömitz und Korswandt auszuschließen.

Die Instabilität von Dämmen und Wegen im Thurbruch wird bei Überstauung z. T. verstärkt, die Befahrbarkeit wird eingeschränkt. Randliche Entwässerungsgräben, zusätzliche Gräben bis zur Einmündung in den Überflutungsbereich, Zuflüsse zu den Schöpfwerken und die Mahlbussen wie auch weitere jeweils im Abstrom gelegene Gräben sind weiter zu unterhalten. Die seitlichen Zuflüsse zur Thurbruchsenke können infolge ihres Gefälles auch bei Wiedervernässung ungehindert und ohne Rückstau entwässern. Gleiches gilt für einmündene Meliorationssysteme.

Grundwassernutzungen innerhalb des engeren und weiteren Untersuchungsgebietes werden bei einer Aufhöhung der Wasserstände im Thurbruch nicht betroffen, da die Grundwasserstände in zentralen Teilen der Thurbruchsenke leicht ansteigen würden, in den Randbereichen infolge des deutlichen Gefälles jedoch weitgehend unverändert blieben.

Alle Orte liegen außerhalb des Verbreitungsgebietes des Niedermoortorfes auf mineralischem Untergrund (siehe Anlage 5.3). Randlich steigt das Gelände auch innerhalb der Torfverbreitung um die Ortslagen deutlich an, die gegebenenfalls flach überstauten Flächen liegen in größerer Entfernung von den Ortslagen (siehe Anlage 8), ein Anstieg der mittleren Grundwasserstände im Bereich der Ortslagen ist bei den Szenarien 1.2 und 2.2 auszuschließen. Unabhängig davon treten schon immer jahreszeitliche und überjährliche Grundwasserstandsschwankungen auf.

Bei Ulrichshorst bleiben die mittleren Grundwasserstände am östlichen Ortsrand und in Ortsmitte unverändert, am westlichen Ortsrand käme es zu einem leichten Anstieg auf etwa + 0,30 m NN (siehe Anlage 9). Durch Stauanlagen westlich des Grabens 23/1 könnte die östlich anschließende Teilsenke abgekoppelt werden. Damit wären Aufhöhungen auch im westlichen Teil der Ortslage weitestgehend auszuschließen. Kontrollen können durch Einrichtung von Grundwassermessstellen erfolgen.

1 Vorgang

1.1 Aufgabenstellung und Ziel

Im Rahmen des BMBF-Forschungsprojektes VIP - Vorpommern Initiative Paludikultur an der Ernst-Moritz-Arndt Universität Greifswald ist als eine Arbeitsgrundlage ein hydrologisch-hydrogeologisches Gutachten für das Thurbruch, Süd-Usedom, zu erstellen.

Ziel ist, über eine Optimierung des Wassermanagements für eine größtmögliche Fläche Wasserstände herzustellen, die für eine Bewirtschaftung in Paludikultur erforderlich sind und zwischen 20 cm unter (Minimumwasserstand) und 30 cm über Flur (Maximumwasserstand) liegen. Das Gutachten umfasst entsprechend Leistungsbeschreibung die Ausarbeitung und Modellierung von drei Wiedervernässungsszenarien.

Die Wiedervernässung / Neuausrichtung des Wassermanagements soll durch einfache Eingriffe der bestehenden Wasserregulation (minimaler Neubau regulierbarer Staukörper / Grabenverschlüsse) und ohne eine Beeinträchtigung der Infrastruktur realisiert werden. Für das jeweilige Vernässungsziel soll eine Einschätzung der Machbarkeit erfolgen. Die Auswirkungen von Witterungsextremen (Jahrhundertereignis) sowie regionale Klimaeffekte (Verdunstung, Kühlung) sind zu berücksichtigen.

Das Thurbruch ist ein großräumiger Niedermoorkomplex mit einem kleinflächigen eingebetteten Hochmoor im Norden sowie dem ca. 78,5 ha großen Kachliner See im Südwesten. Es umfasst eine Fläche von ca. 16 km² (1.600 ha). Im Rahmen des hydrologisch-hydrogeologischen Gutachtens werden das gesamte ober- / unterirdische Einzugsgebiet unter Einschluss des nördlich gelegenen mehr als 500 ha großen Gothensees (größter See der Insel Usedom) sowie angrenzende Bereiche in die Betrachtung einbezogen.

Seit dem 18. Jahrhundert wurden im Thurbruch zu verschiedenen Zeitpunkten immer wieder Meliorationsmaßnahmen durchgeführt, die insgesamt einer weiteren Entwässerung dienten. Dabei kam es wiederholt zu erheblichen Eingriffen in das natürliche hydrologische System. Die umfangreichsten Maßnahmen erfolgten 1965 - 1969 mit einer Komplexmelioreation des Thurbruchs und der Errichtung von Poldern. Die Meliorationen führten zu einer wiederholten Absenkung des Grundwasserspiegels im Thurbruch, anteilig auch der Seewasserspiegel und Verkleinerung der Seeflächen, zeitweise jedoch auch rückläufigen Entwicklungen.

Der Oberflächenabfluss und der Abfluss in die Ostsee wurden deutlich erhöht. Dies führte insgesamt auch zu periodischen Veränderungen der Geländeoberfläche durch \pm umfangreiche Torfsackungen bzw. Schrumpfungs- und Mineralisierungsprozesse.

Aktuell werden zur Entwässerung der Teileinzugsgebiete des Thurbruchs vier Schöpfwerke durch den Wasser- und Bodenverband „Insel Usedom – Peenestrom“ und 1 Schöpfwerk zur Entwässerung des gesamten Einzugsgebietes durch das StALU Vorpommern betrieben. Im Mittel werden seit 2010 jährlich ca. 10.630.000 m³ über den Sackkanal in die Ostsee abgepumpt.

Als Grundlage für die Szenarienentwicklung werden der hydrologische Ist-Zustand aber auch historische Entwicklungen dargestellt, eine Wasserhaushaltsbilanz erstellt sowie sonstige geologisch-hydrogeologische und wasserwirtschaftliche Rahmenbedingungen ermittelt.

Die Szenarien beinhalten eine Untersuchung der Möglichkeiten der Wiedervernässung für den gesamten Thurbruch bzw. unterschiedliche Teilflächen unter Berücksichtigung des maximal notwendigen Rückhalts (ohne Beeinträchtigung der Infrastruktur, wie Bebauung und Verkehrsanbindungen) und einer minimalen Nutzungsaufgabe (Minimum Wasserstand 0,20 m unter Flur) sowie erforderlicher Maßnahmen (Reduzierung von Pumpleistungen bzw. der Grabenpflege). Daneben werden regionale Klimaleistungen (Kühlung und Verdunstung) für den Ist-Zustand und die Vernässungsszenarien modelliert, das zukünftige Wasserdargebot

unter zusätzlicher Berücksichtigung von Klimaszenarien prognostiziert und Pufferkapazitäten im Hinblick auf 100jährige Witterungsextrema dargestellt. Moorsackungsraten werden sowohl historisch rekonstruiert als auch zukünftig unter Berücksichtigung unterschiedlicher Wasserstände prognostiziert.

Abschließend erfolgt eine Ableitung von Managementempfehlungen für die Regulation des Wasserstandes innerhalb des Thurbruchs.

Das Gutachten soll zunächst hydrologische und hydrogeologische Grundlagen liefern und Möglichkeiten für eine Wiedervernässung des Thurbruchs aufzeigen. Eine Umsetzung hierzu vorgeschlagener Maßnahmen ist nach derzeitigem Stand nicht vorgesehen.

1.2 Veranlassung

Die Ernst-Moritz-Arndt Universität Greifswald erteilte der Ingenieurgesellschaft Dr. Reinsch mbH am 10.04.2013 auf Grundlage der Leistungsbeschreibung vom 29.01.2013 und eines Leistungsangebotes vom 06.02.2013 den Auftrag zur Erarbeitung eines Hydrologisch-hydrogeologischen Gutachtens für das Thurbruch, Süd-Usedom.

2 Datenerfassung und methodischer Ansatz

2.1 Vorgehensweise

Die Vorgehensweise zur Erfassung der hydrologisch-hydrogeologischen Situation des Thurbruchs und die Ableitung von Vernässungsszenarien sehen folgende Arbeitsschritte vor:

- Abgrenzung des Untersuchungsgebietes
- Erfassung der ober- und unterirdischen Einzugsgebiete
- Ermittlung und Auswertung hydrologischer Ausgangsdaten sowie geologisch-hydrogeologischer Rahmenbedingungen
- Erfassung und Bewertung von Unterlagen der Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald, des LUNG Güstrow, des StALU Vorpommern (Stralsund), des Landkreises Vorpommern-Greifswald sowie des Wasser- und Bodenverbandes „Insel Usedom – Peenestrom“ (Mölschow)
- Nutzung des regionalen hydrologischen / hydrogeologischen Kenntnisstandes aus Unterlagen der Ingenieurgesellschaft Dr. Reinsch mbH unter Einschluss des Gesamtarchivs der ehemaligen Geologischen Forschung und Erkundung (GFE) Schwerin
- Auswertung historischer Daten und Karten sowie relevanter Fachliteratur
- Geländebefahrungen bzw. Ortsbegehungen
- Darstellung ausgewählter Karten
- Bewertung der spezifischen hydrologisch-hydrogeologischen Situation des Thurbruchs, möglicher Wasserspiegellagen der Seen und Hauptgräben sowie des oberflächennahen Grundwassers bzw. des Grundwassers innerhalb und unterhalb des Moorkörpers
- Modellierung der Vernässungsszenarien unter Berücksichtigung der Aufgabenstellungen der Leistungsbeschreibung und Ableitung von Managementempfehlungen.

2.2 Untersuchungsmethodik

2.2.1 Methodischer Ansatz zur Rekonstruktion des ursprünglichen Höhenreliefs und von Torfsackungen

Eine Grundlage für die Rekonstruktion der Geländeoberfläche in verschiedenen Zeitschritten, von Torfsackungen und den Wasserständen bilden Höhenangaben, die Größe und Form von Gewässern, Gräben und Vernässungszonen, aber auch Hinweise zur Nutzung und Anlage von Wegen, Bauwerken und Siedlungen etwa im Bereich von Aufragungen des mineralischen Untergrundes oder am Niederungsrand.

Einzelne Höhenangaben für das Thurbruch in Karten sind erstmals in den Messtischblättern 2050 und 2150 (Stand 1887) enthalten. Eine erste flächendeckende Vermessung des Thurbruchs fand 1964 statt. Sie bildete die Grundlage für die Ausführungsprojekte bis 1968 und wurde gleichzeitig auch in der TK 10 (Stand 1966) umgesetzt. Erfasst wird damit die Situation im Thurbruch vor der Komplexmelioration 1965 / 1969.

Die Vermessung erfolgte unter Bezug auf das Höhenbezugssystem NN (NormalNull). Es galt bereits im 19. Jahrhundert und war bis Mitte der sechziger Jahre des 20. Jahrhunderts das amtliche Höhenbezugssystem in den neuen Bundesländern. Danach wurde das Höhenbezugssystem HN eingeführt. Die Differenz zwischen NN und HN beträgt für die Insel Usedom ca. 0,15 m (0,0 m NN = - 0,15 m HN) und ist bei allen Vergleichen unbedingt zu beachten. Seit einigen Jahren ist in Mecklenburg-Vorpommern wieder das Höhenbezugssystem NHN (NN) gültig, trotzdem liegen weiterhin viele Höhenangaben, z. T. ausschließlich, in HN vor.

Mit der Vermessung der Niederungsbereiche 1978 und der TK (Stand 1978) wird die Situation im Thurbruch etwa 10 Jahre nach Durchführung der Melioration 1965/1969 erfasst. Neben den Veränderungen des Reliefs und des Vorflutsystems wurden auch mittlere Wasserstände angegeben. Die Rekonstruktion des Reliefs erfolgt u. a. mit Hilfe der Geländedaten von 1887, 1966 und 1978. Die aktuelle TK 10 hat den Stand 2005 / 2008.

2.2.2 Analyse der Entwicklung der Geländehöhen innerhalb des Talraums nach dem digitalen Geländemodell des Landes Mecklenburg-Vorpommern (DGM 2)

Das DGM 2 M-V (Stand 2012) verdeutlicht die Entwicklung der Geländesituation bis heute, erlaubt jedoch infolge der wesentlich höheren Auflösung eine wesentlich differenziertere Betrachtung der Geländehöhen und ihrer Entwicklung im Vergleich zu den früheren Daten und bildet gleichzeitig die Grundlage für die Erstellung von Überflutungsszenarien und Differenzmodellen.

2.2.3 Ermittlung der Moormächtigkeit

Zur Ermittlung der Moormächtigkeit wurden vorhandene Daten aus der geologischen Oberflächenkartierung (KEILHACK u. a. 1917), den Moorkartierungen 1948 und 1957 (v. ENGELHARDT 1948; HECK 1954; KLIEWE 1960), der Lithofazieskarte Quartär (KRIENKE 1976, LANGER & KRIENKE 1983) sowie dem Moorstandortkatalog (REUTER & THIEL 2000) zusammengestellt. Im Thurbruch wurden zur Planung von Meliorationen, der Verwallungen und von Wirtschaftswegen in unterschiedlichen Jahren (etwa zwischen 1964 und 1990) zahlreiche Sondierungen niedergebracht. Die beim WBV „Insel Usedom – Peenestrom“ vorhandenen Sondierungen wurden ergänzend zusammengestellt. Hinzu kamen ingenieurgeologische Bohrungen. Im Ergebnis konnte eine präzisierte Karte der Moormächtigkeiten erstellt werden. Soweit möglich, erfolgt für Teilbereiche des Thurbruchs ein Abgleich der zu unterschiedlichen Zeiträumen erfassten Moormächtigkeit und der Zusammensetzung des Niedermoortorfes.

2.2.4 Erfassung der Wasserstände im Gothensee, der Durchflüsse im Sack-Kanal sowie der Abflussmengen aus den Poldern Kachlin, Labömitz, Korswandt und Gothen

Der Wasserstand des Gothensees wird seit 1972 mit Unterbrechung der Jahre 1975 - 1977 täglich am Pegel Neuhof Süd (Seeauslauf Sack-Kanal) beobachtet. Die monatlich mittleren Wasserstände wurden durch das StALU Vorpommern für den Gesamtzeitraum bis 06/2013 zur Verfügung gestellt. Bereitgestellt wurden auch vorläufige Werte für die monatlich mittleren Durchflüsse für den Sack-Kanal (2009 - 2013). Für die Schöpfwerke des Thurbruchs liegen keine Durchflusswerte vor. Bekannt sind jeweils der jährliche Stromverbrauch, die Anzahl und Pumpleistung sowie der Stromverbrauch der Pumpen. Damit sind überschlägig Aussagen zur Größenordnung des oberirdischen Abflusses sowie die Relation zum jährlichen Niederschlag und dem Gesamtabfluss von Gothensee / Thurbruch möglich.

2.2.5 Erfassung von Veränderungen der Grundwasserspiegel im Moorkörper

Die Wasserstandsentwicklung für den Moorkörper wird auf Grundlage historischer Quellen und der unterschiedlichen topographischen Unterlagen erfasst und beschrieben. Die Veränderungen vor (1968) und nach der Komplexmelioration (1978 bis heute) werden dargestellt.

2.2.6 Erfassung von Daten zu den Poldern Kachlin, Labömitz, Korswandt und Gothen

Daten zu den Poldern mit Ausgrenzung der Einzugsgebiete, zum Ausbau der Grabensysteme, Schöpfwerke und Stauanlagen einschließlich technischer Daten sowie Archivunterlagen zu einzelnen Baumaßnahmen wurden durch den WBV „Insel Usedom – Peenestrom“ in Mölschow zur Auswertung zur Verfügung gestellt.

2.2.7 Erfassung von Klimadaten

Die Erfassung von Klimadaten erfolgt auf Grundlage von Daten einer Amtlichen Klimaankunft des DEUTSCHEN WETTERDIENSTES (2013) sowie von frei zugänglichen Daten.

Berücksichtigt wurden möglichst Daten von nahe gelegenen Stationen. Niederschlagsdaten (langjährige monatliche Summen des Niederschlags) liegen u. a. von den Stationen Heringsdorf, Usedom und Greifswald vor, wobei sich hier eine weitgehende Übereinstimmung zeigt. Für die weiteren Parameter liegen Daten der Station Greifswald vor. Wenn möglich, erfolgt ein Abgleich mit weiteren Daten.

2.2.8 Methodischer Ansatz zur Ermittlung des oberirdischen Abflusses und der Grundwasserneubildung

Für den oberirdischen Abfluss des Einzugsgebietes werden vorliegenden Daten zusammengestellt und im Abgleich mit den Durchflusswerten im Sack-Kanal sowie den Abflusswerten der Polder diskutiert. Die Grundwasserneubildungsberechnung erfolgt analog zu den vorliegenden Neubildungsberechnungen und Ermittlungen des Grundwasserdargebots in den Einzugsgebieten der benachbarten Wasserfassungen nach SCHLINKER (1969). In dieser Berechnung der Neubildung aus den Niederschlägen sind in differenzierter Form die oberflächennahen geologischen Bildungen, die Vegetation und die hydrogeologischen Verhältnisse ebenso berücksichtigt wie Zehrflächen usw. Zur Ermittlung der tatsächlichen Verdunstung wird außerdem auf das Verfahren nach Bagrov-Glugla zurückgegriffen, das zur Berechnung langjähriger Mittelwerte gut geeignet ist und auch Anwendung im Hydrologischen Atlas von Deutschland gefunden hat.

3 Ergebnisse und Auswertung

3.1 Lage und Abgrenzung des Untersuchungsgebietes

Das Thurbruch zwischen Katschow, Labömitz und Reetzow im Westen, Kachlin, Görke, Kützow (Ortsteil von Zirchow) im Süden, Zirchow im Südosten, Ulrichshorst und Korswandt im Osten und dem Gothensee im Norden ist Teil des bis ca. 8 km langen und 6 km breiten Niederungsbereiches des Thurbruch-Gothensee-Gletscherzungenbeckens, das im Südosten der Insel Usedom, südwestlich der Ortschaften Heringsdorf und Ahlbeck zwischen Ostsee und Kleinem Haff liegt. Nordöstlich des Gothensees setzt sich der Niederungsbereich mit der Ortschaft Gothen fort.

Randlich begrenzt wird die Niederung durch markante Höhenzüge, die verschiedenen eiszeitlichen Endmoränen zuzuordnen sind.

Das weitere Untersuchungsgebiet umfasst das gesamte ober- / unterirdische Einzugsgebiet des Gothensees / Thurbruchs und damit die gesamte Niederung und randlich anschließende Bereiche der Endmoränen einschließlich Verbindung zur Ostsee, das engere Untersuchungsgebiet mit dem Thurbruch im Wesentlichen den südlichen Teil des Gletscherzungenbeckens unter Einschluss des südlichen Gothensee und des Kachliner Sees, vgl. Anlage 1.

Das Untersuchungsgebiet liegt im Landkreis Vorpommern-Greifswald und gehört administrativ zu den Gemeinden Zirchow, Dargen, Korswandt und Benz im Amt Usedom-Süd. Der Gothensee und nördlich davon gelegene Flächen zählen zur amtsfreien Gemeinde Heringsdorf.

Verkehrsmäßig erschlossen ist das Gebiet durch die die Bundesstraße B 110, die unmittelbar am südlichen Rand des Thurbruchs verläuft. Am Westrand des Untersuchungsgebietes liegt die Kreisstraße K 39, am Ostrand die Landesstraße L 266. Beide führen zu der weiter nordwestlich gelegenen Bundesstraße B 111.

Zwischen Reetzow und Ulrichshorst durchquert in Randlage zum Gothensee die Kreisstraße K 41 das Thurbruch. Vor allem südlich dieser Straße befinden sich in der Niederung für die Landwirtschaft angelegte Betonplattenwege.

3.2 Standortgegebenheiten / Aufschlussgrad

Das Thurbruch weist eine Größe von ca. 1.600 ha auf. Bei der Betrachtung des hydrologischen Systems sind jedoch auch der nördlich gelegene Gothensee, der Sack-Kanal als Verbindung zur Ostsee sowie angrenzende Flächen innerhalb des ober- / unterirdischen Einzugsgebietes zu berücksichtigen. Dieses weitere Untersuchungsgebiet umfasst eine Fläche von ca. 64,5 km² (Stand 2011).

Eine besondere Bedeutung im Untersuchungsgebiet kommt den beiden Seen, dem Kachliner See (Größe ca. 78,5 ha) und Gothensee (Größe ca. 535 ha) zu. Beide Seen weisen nur eine geringe Wassertiefe auf, weshalb es zu keiner stabilen thermischen Schichtung kommen kann. Beide Gewässer sind über die Reetzower Bäck miteinander verbunden.

Der Niederungsbereich in der Senke des Gletscherzungenbeckens ist durch ein insgesamt geringes Gefälle von den Rändern zu den Seen bzw. der Reetzower Bäck gekennzeichnet. Differenzierungen ergeben sich durch einzelne Geländeschwellen und Hochlagen des mineralischen Untergrundes. Außerhalb der Senke steigt das Gelände deutlich an (siehe Anlage 1).

Die Senke wird über den am Nordende des Gothensees eingetieften Sack-Kanal entwässert.

Infolge der meliorativen Maßnahmen in den letzten 200 Jahren ist die landwirtschaftliche Nutzung des Talraumes erheblich intensiviert worden. Das Thurbruch ist von einem engmaschigen Netz an Entwässerungsgräben durchzogen und in einzelne Polder untergliedert. Die Entwässerung erfolgt weitgehend über Schöpfwerke über die Reetzower Bäck und wei-

tere Vorflutgräben zum Gothensee und von dort im freien Auslauf bzw. ebenfalls über ein Schöpfwerk zur Ostsee.

Die Flächen des Thurbruchs werden aktuell überwiegend als Grünland (Wiesen und Weideland) genutzt. Nur untergeordnet treten Gehölzflächen, insbesondere in schwer entwässerbaren Bereichen, wie südlich des Gothensees, im Uferbereich des Kachliner Sees und an einem ehemaligen Torfstich östlich des Kachliner Sees auf.

Die Unterhaltung und Pflege des Grabensystems sowie der Stauanlagen obliegt dem Wasser- und Bodenverband „Insel Usedom – Peenestrom“ (Mölschow).

Teile des Untersuchungsgebietes liegen innerhalb von Wasserschutzgebieten. Der Gothensee einschließlich kleinerer Teile des Thurbruchs nördlich von Ulrichshorst sowie nördlich und westlich an den Gothensee angrenzende Flächen liegen im WSG Ahlbeck (Nr. MV_WSG_2051_01). Flächen im Thurbruch und überwiegende Teile des Gothensees sind Bestandteil der Schutzzone IV, kleinere Teilflächen im Norden des Sees auch der Schutzzone III. Unmittelbar westlich des Kachliner Sees beginnen die Wasserschutzgebiete Usedom (Nr. MV_WSG_2149_03) und Katschow (Nr. MV_WSG_2050_03), so dass kleinere Teile des Untersuchungsgebietes in den Schutzzonen II bis IV dieser Gebiete liegen.

Daneben befinden sich verschiedene nationale und internationale Schutzgebiete nach BNatSchG im Untersuchungsgebiet. Bei einer Umsetzung von Maßnahmen zur stärkeren Vernässung des Thurbruchs wären diese auf eine Vereinbarkeit mit entsprechenden Verordnungen, Schutz- und Erhaltungszielen zu prüfen.

Das gesamte Untersuchungsgebiet ist mit Ausnahme größerer Ortschaften Teil des Landschaftsschutzgebietes „Insel Usedom mit Festlandgürtel“ (L 82). Größere Teile des Gebietes sind zudem Bestandteil des Naturparks „Insel Usedom“ (NP 5). Der Gothensee und südlich angrenzende Teilflächen des Thurbruchs bilden das Naturschutzgebiet „Gothensee und Thurbruch“ (Nr. 52). Dieses bildet gleichzeitig einen Teilbereich des international geschützten FFH-Gebietes „Ostusedomer Hügelland“ (DE 2050-303). Westliche Teilflächen des Thurbruchs sind Bestandteil des international geschützten Vogelschutzgebietes „Süd-Usedom“ (DE 2050-404).

Der Aufschlussgrad im engeren Untersuchungsgebiet ist überwiegend an Sondierungen im Rahmen der Moorerkundung (1948, 1957), der geologischen Oberflächenkartierung (KEILHACK 1917) sowie der Untersuchung der Standortverhältnisse in Vorbereitung der verschiedenen Meliorationsmaßnahmen einschließlich des Deichbaues sowie eine größere Zahl von Brunnenbohrungen, ingenieurgeologische und hydrogeologische Erkundungsarbeiten im Umfeld des Thurbruchs gebunden.

3.3 Geomorphologische und hydrographische Verhältnisse

3.3.1 Geomorphologische Situation

Die Insel Usedom ist während der jüngsten Eiszeit, der Weichseleiszeit vor etwa 15.000 Jahren entstanden und wurde anschließend durch die nacheiszeitlichen Ereignisse in der Ostsee geprägt. Oberflächennah ist Usedom ausschließlich aus quartären Ablagerungen aufgebaut (HOFFMANN 2012).

Die Südosthälfte der Insel wird hauptsächlich durch die dichtgescharten Stauchendmoränenzüge im engen Wechsel mit tiefen, gekammerten und seenerfüllten Gletscherzungenbecken geprägt (NIEDERMEYER et al. 1987).

Das Thurbruch gehört dabei zum „Thurbruch-Gothensee-Gletscherzungenbecken“. Seine südliche, in zwei Züge gegliederte Höhenumrandung ist der Velgaster Randlage (W3) zuzuordnen. Diese Endmoräne mit dem Garzer und dem weiter westlich gelegenen Mellenthiner

Sander ist für den Reliefcharakter des Inselfüdteiles entlang der Haffküste entscheidend (NIEDERMEYER et al. 2011). Im Norden des Beckens (einschließlich nordwestlich und nord-östlich) befinden sich Stauchendmoränen der jüngsten Rügensch Staffeln des Pommer-schen Stadiums der Weichsel-Kaltzeit (vgl. Abbildung 1). Die Kuppen der das Becken umgebenden Moränenzüge erreichen Höhen bis 58,2 m (Kückelsberg).

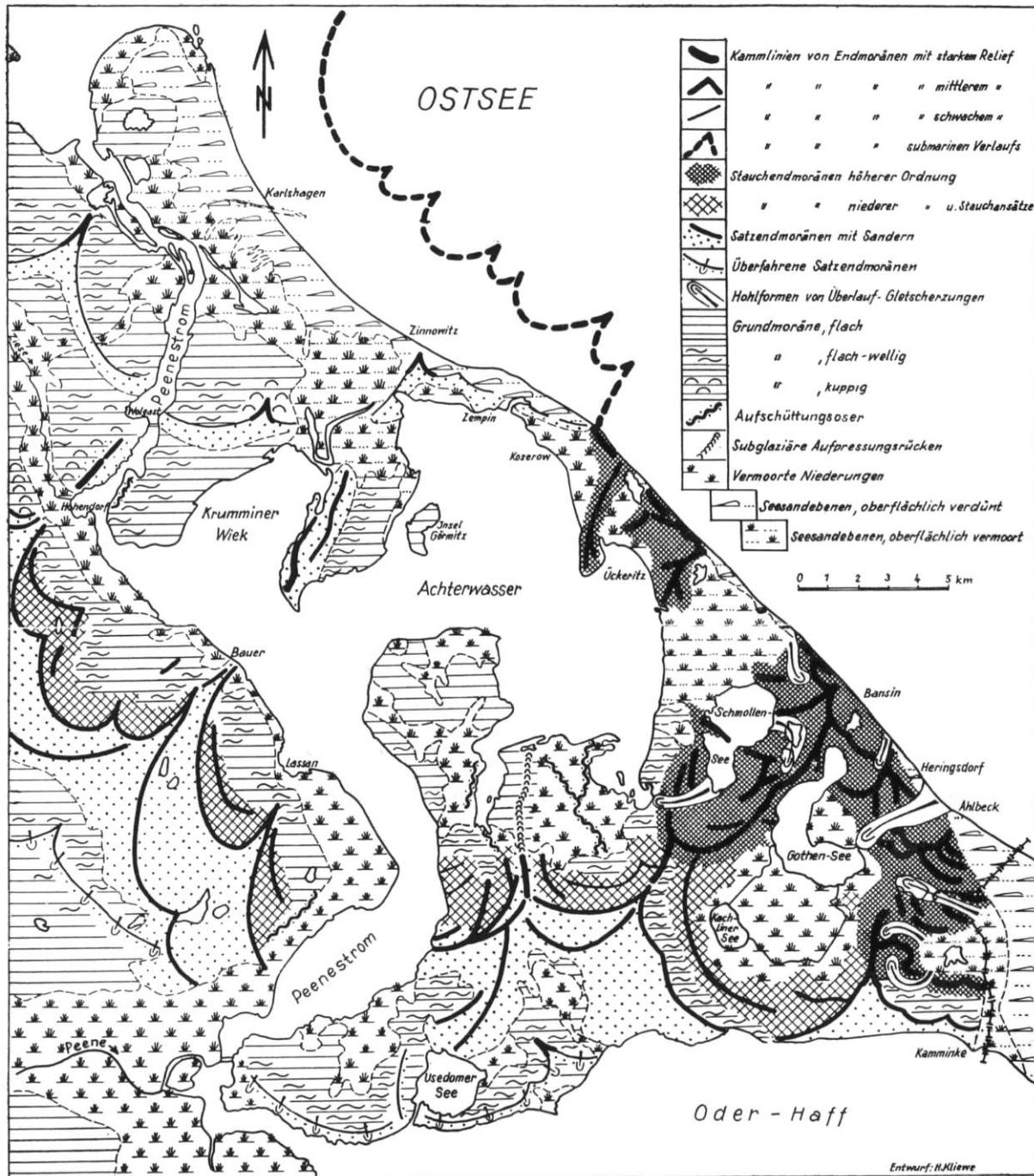


Abbildung 1: Morphogenetische Einheiten der Insel Usedom (nach KLIEWE 1960 in DUPHORN et al. 1995)

Das Thurbruch-Gothensee-Gletscherzungenbecken stellt ursprünglich eine abflusslose Senke zwischen den Höhenzügen der Endmoränen dar. Seine heutige Form erhielt die Niederung nach EIERMANN (1963) dann noch durch Schmelzwassererosion im Weichsel-Spätglazial, durch Periglazialvorgänge, anstauendes Toteis, Seenbildung als Folge unausgeglichenes Gefälles und Vertorfung. Während der Litorina-Transgression bestanden Verbindungen zur Ostsee, die später durch Küstenausgleichsvorgänge (Strandwälle, Dünenbildungen) ge-

geschlossen wurden. Die Entstehung der Niedermoortorfe wurde durch hohe Wasserstände in den Seen und im Grundwasser möglich.

Das ehemalige Gletscherzungenbecken erstreckt sich überwiegend von SW nach NE.

Die Wasserflächen der Ostusedomer Seenlandschaft, zu der der Gothensee und der Kachliner See gehören, sind an die vom Inlandeis hinterlassenen Hohlformen gebunden, für deren Entstehung und Erhaltung Toteiskörper und z. T. auch „totes Gewässereis“ ausgefrorener Seen in der äußeren Randzone des Inlandeises gesorgt haben. Die Seen werden randlich größtenteils von Verlandungsmooren umgeben (NIEDERMEYER et al. 2011).

Eine Verbindung des Gothensees mit der Ostsee während der Litorina-Transgression durch die Parchen-Niederung ist durch Bohrungen belegt (BAUER & WEINITSCHKE 1972). Nach der Litorinazeit entwickelte sich auf den Schilftorfen des Verlandungsmoores in der Thurbruchsenke ein großflächiger Niedermoorkomplex. Am südlichen Ufer des Gothensees wuchs über dem Niedermoor ein Regenmoor (ombrogenes Hochmoor) auf (BAUER & WEINITSCHKE 1972 und UMWELTMINISTERIUM MECKLENBURG-VORPOMMERN 2003).

Die Geländeoberfläche in der westlichen Umrandung des Thurbruchs erreicht in den Ortslagen Kachlin, Katschow, Labömitz und Reetzow generell + 5 m NN und fällt von hier in Richtung der Senke überwiegend flach ein. Die eigentliche Niederung mit der Torfverbreitung beginnt i. d. R. bei etwa + 2,50 bis + 2 m NN. Von hier fällt das Gelände weiter in Richtung Kachliner See und Gothensee etwa auf ± 0 m NN ein. Nördlich von Kachlin und bei Katschow weitet sich die Senke in Richtung der Ortslage aus.

Am südlichen Rand des Thurbruchs sind die Höhenverhältnisse ähnlich. Der Talrand ist deutlich gegliedert. Ausbuchtungen der Senke etwa südlich des Kachliner Sees, östlich von Görke und zwischen dem Ortsteil Kutzow und Zirchow bis an die B 110 werden unterbrochen von Geländeschwellen, die sich nördlich von Görke fast bis an den Kachliner See mit Geländehöhen von $> + 1$ m bis etwa + 3 m NN und westlich und nördlich von Kutzow bis in Nähe des Knüppelgrabens ($> + 1$ m NN) erstrecken.

Der östliche Rand des Thurbruchs zwischen Zirchow und Ulrichshorst ist weniger gegliedert, die Geländehöhen liegen zwischen etwa + 2 bis + 2,5 m NN. Ulrichshorst liegt auf einer Geländeschwelle mit Höhen von + 1 bis $> 2,5$ m NN, die sich im Bereich des hier ins Moor führenden Weges noch etwa 500 m fortsetzt.

Die Senke setzt sich nordöstlich des Gothensee halbinselförmig südlich der Ortslage Gothen fort. In der östlichen und nördlichen Umrandung liegt das Gelände auch hier bei etwa + 2 bis + 2,5 m. Von dort steigt das Gelände auch hier deutlich ($> + 30$ m NN) an. Im SE des Sees schließt sich die deutlich in die Umgebung eingetiefte Parchen-Niederung an.

Die Geländehöhen innerhalb des Thurbruchs sinken in den Randbereichen auf engem Raum unter + 1 m ab und liegen weiträumig wenig unter + 0,5 m NN, vielfach bei etwa + 0,4 m NN. Vereinzelt treten auch hier leichte Geländeaufwölbungen auf. Deutlich höher liegende Flächen sind der unmittelbar östlich des Kachliner Sees gelegene Adler-Berg mit $> + 2$ m NN und ein Bereich südwestlich des Gothensees mit Höhen $> + 1$ m NN. Dies gilt auch für die Teilsenke bei Gothensee. Südlich der Ortslage treten auch hier einzelne Aufwölbungen des Geländes auf.

Das Gefälle innerhalb des Niederungsbereiches ist sehr gering. Gemäß Topographischer Karte (Stand 2005) liegen die tiefsten Bereiche unter ± 0 m NN südlich bis südöstlich des Gothensees und um einen ehemaligen Torfstich östlich des Kachliner Sees. Diese Bereiche stimmen auch gut mit den dargestellten Vernässungsbereichen überein. Kleinflächig treten Flächen $< \pm 0$ m NN daneben an mehreren Stellen zwischen Kachliner und Gothensee auf.

Ein weiterer relativ großflächiger Vernässungsbereich umgibt den Kachliner See. Diese Flächen sind überwiegend Verlandungsbereiche des Gewässers. Die Darstellungen 1887 und 1917 (Geologische Karte) zeigen am Ostufer eine Übereinstimmung mit dem früheren Seeufer, die anderen Uferbereiche verliefen etwa mittig in der Vernässungszone. Im weiteren Untersuchungsgebiet treten Vernässungen östlich des Gothensees (Polder Gothen), entlang der Beek und kleinflächig nordöstlich von Görke auf. Die Vernässungszonen in der unmittelbaren Umrandung des Gothensees waren früher ebenfalls Seegebiet.

Zum Rand der Niederung steigt das Gelände aufgrund der umgebenden Moränenzüge deutlich an (s. o.). Östlich und westlich werden dabei die größten Geländehöhen erreicht. Westlich des Thurbruchs und Gothensees liegen der Kückelsberg mit 58 m NN und die Heideberge mit bis zu 55,3 m NN. Östlich des Thurbruchs steigt das Gelände bis auf 55,4 m NN an, bevor es Richtung Zerninsee-Senke erneut abfällt.

Nördlich des Gothensees werden Höhen > 20 m (im Nordosten mit dem Präsidentenberg sogar Höhen von 45,6 m NN und im Nordwesten mit dem Platter Berg von 54,1 m NN) erreicht, bevor das Gelände in Richtung Ostseeküste wieder abfällt.

Im Süden steigt das Gelände ebenfalls an, erreicht aber hier im Bereich der Moränenzüge der Velgaster Randlege nicht die gleichen Höhen wie die Stauchendmoränen weiter nördlich. So weist das Gelände südlich Kachlin Höhen um 20 m NN und der Rübsche Berg östlich Görke eine Höhe von 16,6 m NN auf.

3.3.2 Hydrographische Übersicht

Das oberirdische Einzugsgebiet von Gothensee und Thurbruch umfasst eine Fläche von ca. 64,5 km² (Stand 2011, Mitteilung des StALU Vorpommern vom 04.07.2013). Die oberirdische Wasserscheide verläuft im Bereich des westlich gelegenen Höhenzuges von der Ostsee westlich von Heringsdorf über Bansin Dorf, den Kückelsberg und die Heidberge nach SW, folgt dann der südlichen Endmoräne nördlich von Dargen nach Osten, um dann ab Zirkow über die östlich gelegenen Höhen und Korswandt östlich von Ahlbeck die Ostsee zu erreichen (vgl. Anlage 1).

Die ursprünglich abflusslose Senke wurde – ausgehend vom Gothensee – früher über die Aal-Beek bzw. Ahlbecker Beek, später anteilig auch über den Knüppel-Graben direkt zur Ostsee entwässert. Seit 1817/18 erfolgt dies ausschließlich über den am Nordende des Gothensees eingetieften Sack-Kanal.

Im Einzugsgebiet liegen der Gothensee (ca. 535 ha) und der Kachliner See (ca. 78,5 ha). Beide Seen sind über die Reetzower Bäck miteinander verbunden und vergleichsweise flach. Der Gothensee hat eine durchschnittliche Tiefe von ca. 1,20 m und eine maximale Tiefe von 2,20 m (NIXDORF et al. o. J.). Er ist als polytrophes (p2) bis hypertrophes Gewässer einzustufen. Nach KEILHACK u. a. 1917 weist der See im gesamten nördlichen Teil oberhalb von Reetzow großflächig Tiefen von über 2,00 m, maximal 3,60 m NN auf.

Für den Kachliner See wurde in einer älteren Angabe eine mittlere Tiefe von 1,50 m angegeben. Im Rahmen des Seeprojekts M-V wurde 1999 eine Tiefenkarte erstellt. Die Maximaltiefe wurde mit 1,28 m, die durchschnittliche Tiefe mit 0,49 m bestimmt. Das Seevolumen betrug zu diesem Zeitpunkt 463.151 m³. Am Ostufer ist eine etwas tiefere Rinne vorhanden, der See ist polytroph und enthält ± mächtige Schlammablagerungen.

In den Sommermonaten verlanden Teile des Gewässers. Der Wasserstand des Sees wird weitgehend über Pumpwerke reguliert.

Infolge der seit dem 18. Jahrhundert, insbesondere jedoch in den 60er Jahren des 20. Jahrhunderts durchgeführten meliorativen Maßnahmen ist die landwirtschaftliche Nutzung der Talsenke erheblich intensiviert worden. Das Thurbruch ist von einem engmaschigen Netz an Entwässerungsgräben durchzogen und in einzelne Polder untergliedert.

Die Polder stellen Teileinzugsgebiete dar, die untergeordneten oberirdischen Wasserscheiden verlaufen im Bereich von Dämmen und / oder Wegen bzw. im Bereich der umliegenden Höhenzüge (siehe Anlagen 1 und 2). Der Kachliner See und die Reetzower Beek sind gesondert eingedeicht. Die Entwässerung der Polder erfolgt weitgehend durch Schöpfwerke über die Reetzower Bäck und weitere Vorflutgräben zum Gothensee und von dort – direkt bzw. über das Schöpfwerk im Sack-Kanal – zur Ostsee.

In das Thurbruch entwässern anteilig kleinere Grabensysteme nördlich von Kachlin, östlich von Görke und bei Korswandt. Hier sind jeweils ehemals abflusslose Senken an das Vorflutsystem angeschlossen. Natürliche Fließgewässer sind nicht vorhanden.

Der oberirdische Abfluss zeigt deutliche Abhängigkeiten zu den morphologischen Gegebenheiten. Anthropogene Überprägungen sind durch umfangreiche Meliorationsmaßnahmen erfolgt.

3.4 Geologisch-hydrogeologischer Rahmen

3.4.1 Oberflächengeologische Verhältnisse

Im Verlauf der postglazialen Entwicklung während des Holozäns vollzog sich auch im Thurbruch-Gothensee-Gletscherzungenbecken ein Wechsel zwischen Sedimentations- und Erosionsvorgängen. Bedingt durch Transgressionsvorgänge im Ostseeraum (Litorina-Transgression) stiegen der Wasserspiegel in der Senke sowie der Grundwasserspiegel immer weiter an. Damit verbunden vollzog sich ein flächenhaftes Wachstum organogener Sedimente und die Torfbildung setzte ein. Moorwachstum ist an einen Flurabstand von 1 dm bis 3 dm gebunden, d. h. für die Entstehung und Entwicklung eines Moores sind vor allem die hydrologischen Bedingungen entscheidend. Das bedeutet, dass sich bei den vorhandenen Torfmächtigkeiten bis ca. 8 m der Grundwasserspiegel stetig gehoben hat. Die jungpleistozänen Moore stellen in Bezug auf die Moorentwicklung primär vorwiegend Verlandungsmoore dar, auf denen als sekundäre Entwicklung ein Durchströmungsmoor aufgewachsen ist.

Die oberflächengeologischen Verhältnisse werden bestimmt durch die Ablagerung von wechselnd mächtigen Niedermoor torfen in der Umrandung des Gothensees einschließlich des Thurbruchs sowie der Parchen-Niederung. Lokal haben sich auch Hochmoore entwickelt. Einen Überblick gibt Abbildung 2:

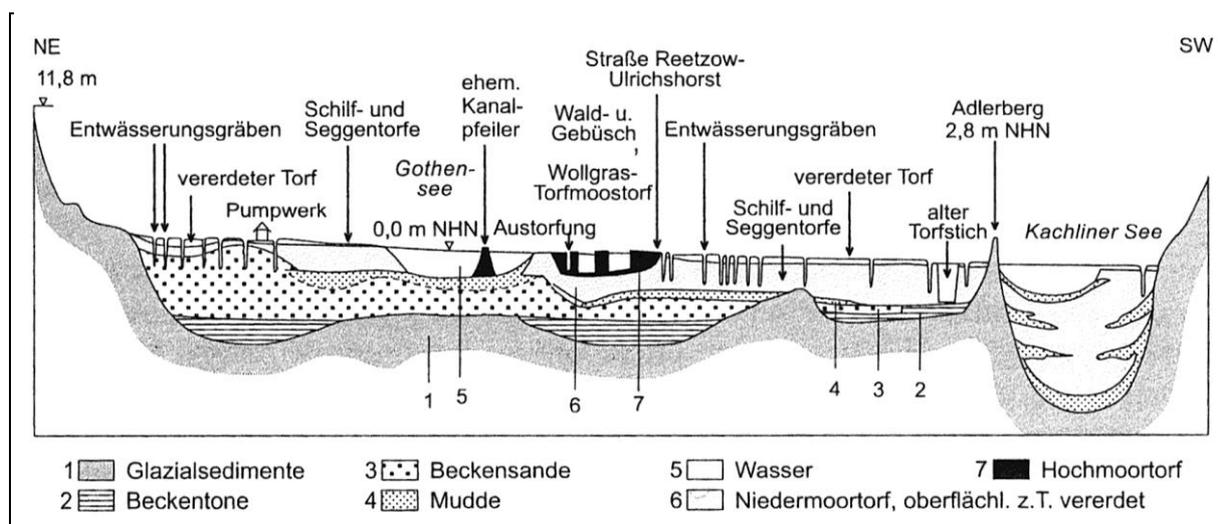


Abbildung 2: Profil durch das Thurbruch (nach WELLER 2003 in NIEDERMEYER et al. 2011)

Die Niedermoor torfe sind überwiegend 1 - 3 m mächtig, lokal werden auch Mächtigkeiten bis etwa 8 m, in der Parchen-Niederung bis 14 m (LANGER & KRIENKE 1983; KRIENKE 1976) erreicht. Eingeschaltet sind anteilig Mudden. Das Niedermoor wird weitflächig unterlagert von

überwiegend geringmächtigen holozänen Beckensanden. Die Unterfläche der holozänen Ablagerungen liegt danach überwiegend bei ± 0 bis - 2 m NN, kann jedoch bis zu - 12 m NN in Gletscherzungen / subglazialen Rinnen wie etwa der Parchen-Niederung erreichen.

Nach Angaben des Moorstandortkataloges (1996) bzw. der vorliegenden Standortuntersuchungen handelt es sich im Normalprofil um folgende Torfarten:

Tabelle 1: Torfarten im Thurbruch (Normalprofil)

Torfart	Zersetzungsgrade (nach POST)
vererdeter, stark zersetzter Torf	6 - 8
Mischtorf (Schilf-Seggen-Torf)	3 - 6
Schilftorf	3 - 5
Seggentorf	4 - 6
Bruchwaldtorf	5 - 7

Mächtigkeit und Zusammensetzung wechseln. Neben den vorrangig vorkommenden Mischtorfen treten seltener auch reine Seggentorfe und z. T. Bruchwaldtorfe mit unterschiedlichem Zersetzungsgrad auf.

Als Bodentypen wurden beobachtet: Fen und Erdfen mit Übergang zum Fenmulm, sogar z. T. reine Mulmstandorte.

Im Rahmen des vorliegenden Gutachtens erfolgte unter Berücksichtigung vorliegender Darstellungen und einer Vielzahl von Sondierungen eine Ermittlung der Mächtigkeiten der organogenen Bildungen im Maßstab 1 : 10.000 (Anlage 3).

Eingelagert sind Muddehorizonte (Torf-, Ton- und Kalkmudde) in stark wechselnder Mächtigkeit. Bei höheren Mächtigkeiten der organogenen Bildungen nimmt auch der Muddeanteil zu.

Im Liegenden folgen im Thurbruch und in der Umrandung des Gothensees weichselzeitliche (W3n) glazilimnische Bildungen. Die schluffigen Feinsande sind etwa 1 - 3 m mächtig, im östlichen Teil des Thurbruchs wurden auch Mächtigkeiten von 4 bis 14 m (bei Ulrichshorst) bzw. 7 - 9 m (südlich Gothen) erbohrt, in der Parchen-Niederung fehlen sie. Auf der Geländeschwelle bei Ulrichshorst, bei Korswandt und in weiteren kleineren Geländeauftragungen etwa zwischen Labömitz, Reetzow und Gothensee sowie südlich der Ortslage Gothen stehen die Sande oberflächlich an. Unter den glazilimnischen Bildungen folgen ein 2 - 5 m mächtiger Geschiebemergel (W2), glazifluviatile Sande W1n (2- 6 m) bei Kachlin, Katschow, Labömitz, Reetzow und Korswandt und der Geschiebemergel W1. Letzterer fehlt in der engeren Umrandung des Gothensees einschließlich der Niederungsbereiche bei Gothen und Parchen. Hier sind glazilimnische und glazifluviatile Sedimente (W1n) verbreitet, die sandigen Einschaltungen sind überwiegend 5 - 10 m mächtig (LANGER & KRIENKE 1983).

In einzelnen Geländeaufwölbungen innerhalb des Thurbruchs, so in der Geländeschwelle zwischen Görke und Kachliner See, im Adler-Berg östlich des Sees und südlich Reetzow steht auch Geschiebelehm / -mergel oberflächlich an. Die Geländeaufwölbungen gliedern den Niederungsbereich bei Ulrichshorst und zwischen Görke und Kachliner See in Teilsenken.

In der Umrandung der Senke stehen mit stark wechselnder Mächtigkeit von etwa 1 bis über 10 m glazifluviatile Feinsande über Geschiebemergel (überwiegend W2, untergeordnet W3) an. Der Geschiebemergel ist am westlichen Rand des Thurbruchs 2 - 15 m, am östlichen Rand 2 - 10 m mächtig. Die Ausbildung von W1 und W1n entsprechen der Ausbildung innerhalb des Thurbruchs.

Die Quartärbasis liegt im Bereich des Thurbruchs bei etwa - 50 bis - 75 m NN, darunter folgen Schichten der Oberkreide. Eine quartäre Rinne tangiert den Bereich des südlichen Gothensees.

3.4.2 Grundwasserleiter-Grundwasserstauer-Modell

3.4.2.1 Mächtigkeit, Ausbildung und Wasserführung des holozänen Niedermoortorfes bzw. Moorkörpers

Das Thurbruch liegt in dem nach der Litorina-Transgression vermoorten Gothensee-Thurbruch-Gletscherzungenbecken. Niederschläge, Zuflüsse aus den umgebenden, überwiegend sandigen Moränenwällen und Grundwasser gaben dem Becken ideale Voraussetzungen für die Moorbildung. Nach Nordosten hin war es durch Versandung und Dünenbildung von der Ostsee getrennt und süßte gänzlich aus (PANTENIUS & SCHÖNERT 1999).

Der überwiegende, zentrale und östliche Teil des Thurbruchs wird gemäß Moorübersichtskartierung von einem Versumpfungs- / Verlandungsmoor eingenommen. Daneben treten im westlichen Teil Durchströmungsmoore und am Südufer des Gothensees Verlandungsmoore auf.

Südlich des Gothensees ist in den Niedermoorkomplex ein (ehemals ombrogenes) Hochmoor eingebettet.

Nach KEILHACK u. a. (1917) beträgt die Mächtigkeit des Niedermoortorfes im Thurbruch überwiegend 1 - 2 m, in Teilbereichen auch weniger als 1 m, im südlichen und westlichen Teil des Moores auch über 3 m. HECK (1954) grenzt Moormächtigkeiten über 1,5 m im Bereich zwischen Kachliner See (einschließlich Oberlauf und Einmündungsbereich der Bäck) und südlichem Gothensee (hier bis in den Bereich nördlich von Ulrichshorst) aus. Die Mächtigkeit erreicht hier 2 - 3 m, auf lokale Mächtigkeitserhöhungen bis etwa 3 m südlich von Reetzow und Labömitz wird verwiesen. Mächtigkeiten unter 1,5 m werden für den Ostteil des Thurbruchs zwischen der Geländeaufwölbung bei Ulrichshorst im Norden und dem Verlauf des Knüppelgrabens im Süden ausgewiesen. Geringere Mächtigkeiten treten weiter in den Randbereichen des Thurbruchs, aber auch in der Umrandung der Geländeschwelle bei Ulrichshorst auf. Dies ist auch bei v. ENGELHARDT (1948) und KLIWE (1960) so, hinzu kommen Mächtigkeitsreduzierungen bis < 1 m in der Umrandung des Adlerberges. Zwischen nördlichem Kachliner See und SW-Ufer des Gothensees ist eine Eintiefung der Senke mit Torfmächtigkeiten über 2 m, lokal auch 4 m ausgewiesen. Nördlich des Kachliner Sees ist eine rinnenartige Vertiefung über 3,50 m erfasst, weitere Eintiefungen liegen am Gothensee, u. a. südöstlich von Reetzow, im Bereich des Hochmoores und nördlich Ulrichshorst. Lokal werden auch Mächtigkeiten bis etwa 8 m, in der Parchen-Niederung westlich Klipphorst bis 14,6 m (GRENKE 1968; LANGER & KRIENKE 1983; KRIENKE 1976) erreicht.

REUTER & THIEL (2000) haben im Moorstandortkatalog des LUNG eine Moormächtigkeitskarte im Maßstab 1 : 10.000 vorgelegt. Ausgegrenzt wurden Mächtigkeitsbereiche von < 0,40 m, 0,40 - 1,20 m, 1,20 - 3,00 m, 3,00 - 5,00 m sowie > 5,00 m. Danach liegen die Mächtigkeiten südlich des Thurweges überwiegend zwischen 0,40 - 1,20 m. Nordöstlich von Görke, westlich und nördlich von Zirchow und in der Senke südlich des Kachliner Sees werden in Teilsenken Mächtigkeiten über 1,20 m ausgewiesen. Lokal begrenzt treten in kleinen Senken insbesondere am südlichen Beckenrand Mächtigkeiten bis über 5 m auf. Nördlich des Thurdamms liegen die Mächtigkeiten im zentralen Thurbruchbecken danach undifferenziert zwischen 1,20 - 3,00 m. Am Westrand des Kachliner See erstreckt sich rinnenförmig ein Bereich mit Mächtigkeiten über 3 m. Er beginnt im Süden in den Dammwiesen nördlich von Görke und erfasst auch das Nordufer des Sees. Entlang des Westufers erreichen die Mächtigkeiten durchgehend > 5 m. Eine weitere Senke schließt sich nordöstlich des Sees im Bereich der Reetzower Bäck an.

Den Kenntnisstand aus den genannten Unterlagen, ergänzt durch Moorkartierungen 1948 und 1957 sowie zahlreiche Sondierungen zur Durchführung der Meliorationsmaßnahmen und ingenieurgeologischen Untersuchungen gibt Anlage 3 wieder.

Geländeaufragungen in der Niederung, hier insbesondere nördlich von Görke bis zum südöstlichen Ufer des Kachliner See mit einer Fortsetzung im Adlerberg östlich des Sees und im Bereich der von E nach W langgestreckten Ortslage Ulrichshorst bilden infolge der Hochlage des mineralischen Untergrundes Schwellen innerhalb des Moorkörpers bzw. untergliedern das Thurbruch in einzelne Beckenbereiche.

Die Moormächtigkeiten im Thurbruch liegen zwischen $< 0,5$ m und 1,0 m in einem überwiegend schmalen Streifen am westlichen, südlichen und östlichen Rand der Niederung sowie im Bereich der Geländeschwellen, u. a. bei Görke und am Adlerberg. In der Umrandung der Geländeschwelle bei Ulrichshorst ist der 0,5-m-Streifen etwa 100 bis 300, südwestlich Ulrichshorsts bis 500 m breit. Ausläufer finden sich auch westlich von Korswandt bis zum Gothensee.

In weiten Teilen der zentralen Thurbruchniederung erreichen die Mächtigkeiten etwa 2 m. Das pleistozäne Großbecken weist überwiegend eine sehr flache Muldenform auf. Das Muldentiefste verläuft radial vom südwestlichen Gothenseeknick auf den nördlichen Kachliner See zu und verläuft hier am westlichen Seeufer weiter bis in die Senke nördlich von Görke (s. o.). Hier treten generell Moormächtigkeiten von über 3 m, am westlichen und nördlichen Ufer des Kachlinsees von über 5 m auf. Weitere Eintiefungen finden sich in der nordöstlichen Fortsetzung in Richtung Gothensee. Es ist davon auszugehen, dass es sich hier um subglaziale Rinnen handelt, die ihre Fortsetzung in der Parchen-Niederung finden. In diesen Bereichen wurden auch die bisher größten Moormächtigkeiten mit ≥ 8 m (Kachliner See), $> 5 - > 7$ m (am Gothensee vor der Parchen-Niederung) und Eintiefungen zwischen etwa 5 bis 15 m in der Parchen-Niederung erbohrt. Eine weitere Eintiefung verläuft vom südlichen Gothensee in Richtung Adlerberg, wobei sich hier Abzweigungen nach NW zu o. g. Rinnenstruktur und SW (über den ehemaligen Torfbruch zum südöstlichen Ufer des Kachliner Sees bzw. südlich anschließenden Eintiefungen) ergeben haben. Innerhalb des Beckens wechseln sich Hochlagen der Liegendfläche (z. T. mit Aufragungen) mit reduzierter Torfmächtigkeit und einzelne lokale Eintiefungen ab (siehe Anlage 3). Die zur Auswertung verfügbaren Sondierungen wurden überwiegend zwischen 1947 und 1990 abgeteuft. Für diesen Zeitraum sind deutliche Torfsackungen belegt. Die Darstellung der Mächtigkeit basiert jeweils auf der größten erbohrten Mächtigkeit.

Das Niedermoor besteht ganz überwiegend aus Mischtorfen (Schilf-Seggen-Torfe), Mächtigkeit und Zusammensetzung wechseln. Daneben treten seltener auch reine Seggentorfe und z. T. Bruchwaldtorfe mit unterschiedlichem Zersetzungsgrad auf.

Nach v. ENGELHARDT (1948) und HECK (1954) ist der Torf stark zersetzt (Zersetzungsgrad 6 - 8). LINKE (1983) stuft die 2 - 7 m mächtigen organogenen Bildungen an der 3,9 km langen Deichtrasse am Süd-, West- und Nordufer des Kachlin-Sees als Torf, stark zersetzt, Torfmudde sowie Kalkmudde ein. Die Muddeschichten stehen z. T. 0,60 - 2,00 m unter Gelände an. Am Ostdeich (1,5 km) wurden 1 - 4 m mächtige Torfe (bis ca. 1 m mäßig, dann stark zersetzt) mit Beimengungen von Mudde erbohrt. Die Sondierungen an den 2,4 bzw. 2,7 km langen Deichen am Graben 26 haben nach LINKE (1982a) mäßig bis stark zersetzten Torf angetroffen. In der zentralen Senke des Thurbruchs wurden nach MÜLLER (1990) ebenfalls überwiegend mittelhoch bis hoch zersetzte Torfe (Zersetzungsgrad 5 - 8) erbohrt. Schwach zersetzte Torfe traten nur vereinzelt in unteren Torfschichten auf. Sondierungen des LUNG (REUTER & THIEL 2000) im Thurbruch zeigen stark zersetzte Torfe (Zersetzungsgrad 7 - 8) überwiegend bis 0,3 bzw. 0,4 m unter Gelände, darunter nimmt der Zersetzungsgrad deutlich ab (ab 0,5 m unter Gelände überwiegend Zersetzungsgrad 3 - 5). V. ENGELHARDT (1948) hat in der Senke manchmal „in tieferer Lage eine Schicht mittelstark zersetzten Torfes“ von nur wenigen dm Mächtigkeit gefunden.

Der Wassergehalt lag im Mittel bei 85 - 86%, das Substanzvolumen zwischen 9 - 17% (bei den mittelhoch zersetzten Torfen im Mittel 13%), der Glührückstand bei ca. 30%.

Der kf-Mittelwert aller Mischtorfe liegt gemäß einer bodenkundlichen Standortstudie zur Grundwasserregulierung im Thurbruch (KLEINKE 1978) bei 0,28 m/d. Der Kf-Mittelwert der Seggentorfe beträgt 0,13 m/d und der der Bruchwald-Torfe 0,32 m/d. 15% aller ermittelten Werte lagen bei $\leq 0,1$ m/d. Die Mudde ist als schwer durchlässige Schicht anzusehen (kf-Wert $< 0,1$ m/d).

Bodenuntersuchungen von 1978 zeigen bereits Strukturschäden im Torf, die eine geringe Wasserdurchlässigkeit zur Folge haben (s. o.). Relativ häufig werden Bröckelhorizonte im Oberboden angetroffen, teilweise treten Vermüllungserscheinungen auf. Je nach Witterung herrscht ein Wechsel zwischen Tagwasservernässung und starker Austrocknung.

Dies verdeutlichen auch Standortuntersuchungen aus den Jahren 1989/90 auf verschiedenen Teilflächen des zentralen Thurbruchbeckens (MÜLLER 1989 und 1990). Danach ist die obere Torfschicht in 10 bis 20 cm Tiefe durch Mineralisierungsvorgänge mehr oder weniger stark vererdet, teilweise sogar vermüllt. Die ehemaligen Sauer- und Basentorfe sind im Verlaufe der Intensivbewirtschaftung eutrophiert.

Infolge der intensiven Meliorationsmaßnahmen (bei Grundwasserständen von mehr als 1 m unter Gelände im Sommer und über 0,5 m im Sommer zwischen 1974 und 1980) haben Degradierungsvorgänge den Moorkörper negativ verändert. Die oberflächennahen Torfschichten wurden mineralisiert und vermüllten, während sich darunter Aggregierungshorizonte bildeten. Aus den ehemaligen Fen- und Erdfenstandorten wurden Fenmulm und sogar z. T. reine Mulmstandorte. Im Bereich von flachgründigen Torfauflagen (Nto II-III) ist der obere Torfkörper vielfach bereits zu Sandantorf mineralisiert.

Häufig treten in einer Tiefe von 15 - 25 cm des Torfkörpers ca. 10 cm starke Verdichtungs-horizonte auf, die die Wasserdurchlässigkeit erheblich reduzieren. Daher kommt es nach Starkregen und zur Zeit der Schneeschmelze zur Verzögerung der Versickerung (Tagwasservernässung). Weiterhin ist durch die Degradierungsprozesse eine allgemeine Reduzierung der Wasserzügigkeit der oberen Torfschichten vorhanden. Periodisch ist auch ein Grünlandumbruch erfolgt.

Ein- und Aufstaumaßnahmen zur generellen Aufhöhung der Wasserspiegel haben die Degradierung nur unwesentlich aufgehalten (MÜLLER 1989 und 1990).

Das Moor liegt überall auf Sand. Geologisch handelt es sich (KLEINKE 1978) um Beckensand (feine Anlehmsande). Die überwiegend geringmächtigen Sande haben größtenteils eine sehr geringe Wasserleitfähigkeit und wirken als Stauschicht. Dadurch sind lange Entwässerungsphasen und lange Einstauphasen nötig. In niederschlagsarmen Zeiten der Vegetationsperiode herrscht Wassermangel (ebd.). Dies trifft im Wesentlichen nur auf den Bereich um den Kachliner See zu, zwischen Kachliner und Gothensee und im östlichen Thurbruch unterlagern Fein- bis Mittelsande diesen Horizont (s. u.).

Am südlichen Ufer des Gothensees wuchs über dem Niedermoor ein Regenmoor auf. Es wurde bereits im 19. Jahrhundert entwässert und bis Mitte des 20. Jahrhunderts ausgetorft. Nicht ausgetorfte Hochmoorreste sind bereits vollständig bewaldet (JESCHKE & WEINITSCHKE 1980, siehe auch KEILHACK u. a. 1917). Auf den ehemaligen Torfabbauf Flächen des Hochmoores stockt ein Kiefern-Moorwald.

Vernässungszonen bei mittleren Wasserständen sind innerhalb des Thurbruchs nach der aktuellen TK 10 (2005 / 2008) vorwiegend angrenzend an die beiden Seen sowie im Bereich eines ehemaligen Torfstiches östlich des Kachliner Sees zu beobachten.

Südlich des Gothensees reichen die Vernässungen bis Graben 23/043 bzw. bis zur K 41, im Südwesten zwischen der Bäck (Graben 26), Graben 26/3 bzw. 26/3/021 und Graben 26/3/020 sind auch Flächen südlich der K 41 vernässt. Weitere Vernässungen treten westlich, östlich (Polder Gothen) und nördlich des Gothensees sowie in der Parchen-Niederung auf. Um den Kachliner See liegen die vernästen Bereiche vorwiegend westlich, nördlich und südlich beidseits des Ringgrabens 22/1 und des Grabens 26/2/061. Eine kleinflächige Ver-

nässung ist nordöstlich von Görke, unterhalb des Verbindungsweges nach Kutzow, zu beobachten. Die Vernässung bei mittleren Wasserständen belegt eine Wasserführung des Moorkörpers bis über Gelände.

Die TK 25 (1995) zeigt weitgehende Übereinstimmungen hinsichtlich der Vernässungen am Kachliner See und dem östlich hiervon gelegenen Torfstich. Auch südlich des Gothensees sind großflächige Vernässungs- und Versumpfungsbereiche mit unterschiedlichen Vernässungsgraden dargestellt, diese reichen jedoch im Westen nicht bis zur Bäck sondern nur bis in den Bereich östlich von Graben 26/3/067, d. h. die unmittelbar östlich der Bäck gelegenen Flächen ober- und unterhalb der K 41 waren zum damaligen Zeitpunkt weitgehend trocken. Dafür sind gegenüber der aktuellen TK Vernässungen auf weiten Teilen des zentralen Thurbruchs dargestellt. Dies betrifft insbesondere Flächen oberhalb des Spurplattenweges von Labömitz ins Thurbruch zwischen Thurdamm im Osten und Graben 26/3 bzw. 26/3/1 im Westen sowie entlang der Gräben 23/1/030, 23/1/032 und südlich bis südwestlich davon.

Die TK 25 (1980) zeigt um den Kachliner See und den östlich gelegenen Torfstich ein ähnliches Bild wie die neueren Karten. Südlich des Gothensees treten ebenfalls Vernässungen auf, jedoch kleinflächiger als in späteren Kartendarstellungen. Nur vereinzelt reichen sie bis zur K 41, Teile der Waldflächen sowie Bereiche um die Bäck sind weitgehend trocken. Innerhalb des Thurbruchs sind keine weiteren Vernässungsbereiche dargestellt. Diese Kartendarstellung nach Wirksamwerden der Komplexmeliorationen Mitte bis Ende der 60er Jahre und zum Zeitpunkt einer möglichst intensiven Bewirtschaftung des Thurbruchs beinhaltet damit die geringsten Anteile an Vernässungsflächen.

Demgegenüber waren Mitte der 60er Jahre vor der Durchführung der Komplexmeliorationen (TK 10, Stand 1966) noch deutlich größere Flächenanteile vernässt. Neben den auch 1980 vernässten Flächen an Gothen- und Kachliner See sowie dem Torfstich waren größere Flächen im zentralen Thurbruch nass. Dies betraf fast flächendeckend einen ca. 500 bis 800 m breiten Streifen vom Graben 26/3 bzw. 26/3/1 im Westen (mit Ausnahme intensiv meliorierter Teilflächen) in östliche Richtung bis ca. 300 m vor Ulrichshorst. Hier reichen die Vernässungszonen entlang des Grabens 22/5/060 und östlich davon sogar deutlich weiter in südliche Richtung. Größere Teile dieser Bereiche sind auch 1995 erneut als Vernässungsflächen dargestellt.

Analogien von Vernässungsbereichen ergeben sich auch zu den Karten (TK 25) von 1887 / 1888, wobei zum damaligen Zeitpunkt noch ein deutlich weitmaschigeres Grabennetz bestand. Sie liegen schwerpunktmäßig in ähnlichen Bereichen nördlich und südlich der später errichteten K 41 (mit Ausnahme der an die Bäck grenzenden Flächen) sowie entlang des schon damals vorhandenen Grabens 23/1/032 und 23/1/1. Innerhalb und randlich der vernässten Flächen befinden sich zahlreiche Torfstiche. Vernässungsbereiche befanden sich auch bereits randlich des Kachliner Sees. Im Norden wiesen sie noch etwas geringere Ausdehnungen auf.

In älteren Karten werden die vernässten Bereiche nicht explizit ausgewiesen, sie zeigen aber z. T. die beiden Seen noch in größerer Ausprägung.

Im Zuge der verschiedenen Meliorationsmaßnahmen ist es immer wieder zusätzlich zu Beeinträchtigungen des Moorkörpers gekommen, so dass mit einer geringeren Mineralisierung auch in langfristig vernässten Flächen nicht zu rechnen ist.

3.4.2.2 Verbreitung, Mächtigkeit und Ausbildung quartärer Grundwasserleiter und Grundwasserstauer

Das hydrogeologische Modell Quartär weist für den Standort des Thurbruchs und sein regionales Umfeld folgende Grundwasserleiter (GWL) und Grundwasserstauer (GWS) aus REINSCH & VOIGT u. a. (1984):

Horizont		GWL	GWS
1.			Ho
2.	GWL 1	W 2n - W 3(n)	
3.			W II
4.	GWL 2	W 1n - W 2v	
5.			W I
6.	GWL 3	S 2/3n - W 1v	
7.			S II/III
8.	GWL 4	S 1n - S 2/3v	
9.			S I

Dabei bedeuten:

Ho	- Holozäne Ablagerungen
W	- Weichsel-Kaltzeit
S	- Saale-Kaltzeit
n	- glazifluviale Nachschüttbildungen (z. B. S1n)
v	- glazifluviale Vorschüttbildungen (z. B. S 1v)

Im Thurbruch stehen oberflächlich weiträumig holozäne Bildungen an. Ausgenommen davon sind einzelne Geländeauftragungen innerhalb des Talraumes, wo Geschiebelehm / -mergel (z. B. zwischen Görke und dem Kachliner See) oder sandige Bildungen (z. B. bei Ulrichshorst) auftreten.

Die Niedermoortorfe innerhalb des Thurbruchs sind randlich durch Mächtigkeiten von etwa 0,5 bis 1 m gekennzeichnet, in tieferen Senkenbereichen sind bisher Mächtigkeiten von Torfen und Mudden bis etwa 8 m, lokal auch 15 m, belegt. Sie entstanden ursprünglich in einem Versumpfungsmoor, im westlichen Teil in einem Durchströmungsmoor und am Südufer des Gothensees in einem Verlandungsmoor (s. o.).

Durch die Entwässerung im Zuge der Meliorationsmaßnahmen kam es anteilig zu Sackungen innerhalb des Niedermoortorfes. Es ist davon auszugehen, dass die stärksten Sackungen bei entsprechender Entwässerung im Bereich der größten Torfmächtigkeit erfolgt sind und dass das leichte Gefälle innerhalb der Niedermoorverbreitung im Wesentlichen auf geringere Sackungen in den Randbereichen zurückzuführen ist.

Der obere, überwiegend bedeckte Grundwasserleiter 1 W 2n - W 3(n) ist nach HK 50 im Bereich des Thurbruchs ebenfalls großflächig in geringer Mächtigkeit (> 2 - 5 m, meist 2 - 3 m) verbreitet. Sondierungen innerhalb des Talraumes haben unterhalb des Moorkörpers fast überall sandige Bildungen (schluffige Feinsande, Fein- bis Mittelsand) angetroffen, so dass von einer ± durchgehenden Verbreitung auszugehen ist. Fehlstellen sind u. a. zwischen Görke und Kachliner See, in der Ortslage und südlich von Kachlin, in den Ortslagen Katschow, Reetzow sowie in der Parchen-Niederung zwischen Gothensee und Ahlbeck belegt. Im Bereich der Landzunge von Ulrichshorst stehen die Sande oberflächlich an. Die kf-Werte der schluffigen Feinsande liegen im Bereich von $> 1 \cdot 10^{-5}$ m/s.

Westlich und östlich des Thurbruchs steigt die Mächtigkeit des GWL 1 auf über 10 m an, die kf-Werte wechseln zwischen $> 10 - 25$ bis $> 25 - 50 \cdot 10^{-5}$ m/s. Die sandigen Bildungen sind stark gestaucht und nicht durchgehend vorhanden. In Teilbereichen (etwa westlich des Kachliner Sees zwischen Kachlin und Labömitz und östlich der Niederung zwischen Zirchow und Korswandt) führt der GWL kein oder nur saisonbedingt Grundwasser.

Der GWL 1 steht im östlichen Thurbruch in einem breiten Streifen zwischen Reetzow im Norden, Kutzow und Zirchow im Süden sowie Ulrichshorst - Korswandt im Osten mit Sanden des GWL 2 in hydraulischer Verbindung (HV). Nicht der Fall ist dies im Umfeld des Kachliner Sees. HVs bestehen auch bei Gothen und Bansin.

In der Umrandung des Gothensees nördlich Ulrichshorsts, bei Gothen und Reetzow besteht auch eine HV zu GWL 3.

In der Umrandung des Thurbruchs unterlagert Geschiebelehm bzw. -mergel (W II) den GWL 1. Der Grundwassergeringleiter ist 2 - 10 m mächtig, stark gestaucht und damit nur bedingt als Grundwasserstauer wirksam. In der Senke selbst fehlt er weitgehend.

Der GWL 2 W 1n - W 2v ist unterhalb des Thurbruchs mit Ausnahme der Fehlstelle um den Kachliner See (zwischen Kachlin, Katschow und Labömitz) überwiegend > 5 - 10 m mächtig, im westlichen und östlichen Umfeld auch > 10 - 20 m mächtig. Für die hydraulische Verbindung zwischen Reetzow und Zirchow werden Gesamtmächtigkeiten bis ca. 10 m ausgewiesen, untergeordnet sind auch gröbere Sande eingeschaltet. Bei Ulrichshorst werden Mächtigkeiten von > 10 - 20 m in der HV erreicht. Die kf-Werte (überwiegend > 25 - 50 · 10⁻⁵ m/s) steigen z. T. deutlich an (bis > 50 · 10⁻⁵ m/s).

Im Liegenden des GWL 2 folgt in weiten Teilen des Thurbruchs der Geschiebemergel W I mit Mächtigkeiten von überwiegend 5 - 10 m. Die Oberfläche wurde etwa zwischen - 6 m NN und + 1 m NN, in den Geländeauftragungen (z. B. zwischen Görke und Kachliner See) noch höher angetroffen. In der Umrandung des Gothensees zwischen Ulrichshorst und Bansin, bei Gothen und in der Parchen-Niederung streicht der Grundwasserstauer aus. Der Geschiebemergel ist damit im Liegenden des eigentlichen Thurbruchs als Grundwassergeringleiter wirksam, jedoch nicht in nördlich anschließenden Bereichen (Umrandung des Gothensees, Polder Gothen, Parchen-Niederung). Die Unterfläche des GWS liegt im Süd- und Westteil des Thurbruchs meist bei etwa - 10 m NN, sinkt jedoch in der südöstlichen Verlängerung des Gothensees bei Korswandt und Ulrichshorst auf - 20 m NN ab. Gleiches ist nordwestlich des Gothensees in der Umrandung des Schmollensees der Fall.

Der GWL 3 S 2/3n - W 1v (in HK 50 S 2 n-S 3n) ist innerhalb des Einzugsgebietes von Thurbruch / Gothensee weiträumig mit Mächtigkeiten von > 10 - 20 m verbreitet. Die kf-Werte liegen meist bei > 25 - 50 · 10⁻⁵ m/s. Im Ausbissbereich des GWS W I rings um den Gothensee unter Einschluss der Ortslagen von Bansin und Heringsdorf bestehen vielfältige hydraulische Verbindungen zu den GWL 2 und 1 und damit anteilig gegebenenfalls auch zum Gothensee.

Der nach LKQ bzw. HK 50 folgende Grundwassergeringleiter S II/III ist flächendeckend ausgebildet. Der GWL 4 S 1n - S 2/3 wurde nur lokal erbohrt. Das Liegende der quartären Schichtenfolge bildet der saalezeitliche Geschiebemergel S I mit Mächtigkeiten von etwa 5 - 20 m. An der Quartärbasis stehen Schichten der Oberkreide an. Die tieferen quartären Schichten besitzen für die Untersuchungen zum Thurbruch keine Relevanz.

3.4.3 Grundwasserfließgeschehen

3.4.3.1 Durchströmung des Moorkörpers

Nach einer aktuellen Darstellung der Hydroisohypsen in den quartären Grundwasserleitern bei HENNIG (2011) lagen die mittleren Wasserstände am westlichen Rand der Niederung in der Ortslage Kachlin bei + 1 m NN. Die Hydroisohypse verläuft dann weiter – etwa parallel zum Rand des Kachliner Sees – innerhalb des Moorkörpers bis in die Ortslage Labömitz und weiter bis zum westlichen Ortsrand von Reetzow, wo die Hydroisohypse unterhalb des Schmollensees (± 0 m NN) in westliche Richtung abbiegt. Am Südrand des Thurbruchs liegen danach die Grundwasserstände zwischen ± 0 m NN und + 1 m NN. Am östlichen Rand der Senke verläuft etwa von Kutzow über Zirchow die + 1 m - Linie bis Ulrichshorst, wo sie dann unterhalb des Wolgastsee nach SE abschwengt. Das südöstliche Ufer des Gothensees

umfasst weiträumig eine ± 0 m NN - Hydroisohypse, die sich weiter nördlich bis in den Bereich der hier gelegenen Wasserfassungen erstreckt. Eine + 1m - Hydroisohypse schließt sich etwa küstenparallel südwestlich der Ortslagen von Ahlbeck und Heringsdorf bis zum Nordende des Gothensees an. Die Grundwasserstände im Thurbruch, einschließlich Kachliner See und Gothensee, liegen danach weiträumig bei ± 0 m NN.

In der Topographischen Karte 1 : 10.000 (1978) lagen die mittleren Wasserstände an den Seen weiter bei $\pm 0,0$ m HN (+ 0,15 m NN). Innerhalb des Moorkörpers wurden mittlere Wasserstände unter ± 0 m NN in der Umrandung des Kachliner Sees unter Einschluss des westlichen Ringgrabens (Graben 22/1), der Dammwiesen südlich des Sees, des Knüppelgrabens (Graben 22) und damit fast des ganzen Polders Kachlin (jeweils mit Gefälle zum Schöpfwerk) ermittelt. Am Schöpfwerk Kachlin lag der mittlere Wasserstand bei -0,25 m NN (- 0,4 m HN). Beidseits des Thurdamms wurden zwischen Adlerberg und Knüppelgraben Absenkungen bis 0,15 m NN beobachtet.

Stromauf Schöpfwerk Labömitz wurde ein mittlerer Wasserstand von - 0,45 m NN ermittelt. Die ± 0 m NN - Isohypse schließt den nördlichen Randbereich des Kachliner Sees ein und setzt sich dann parallel zum Senkenrand (bei Labömitz etwa in 300 m Entfernung) nach NE bis Reetzow fort. Bis zur Bäck lagen die Wasserstände im Moorkörper weiträumig deutlich unter dem Meeresspiegel (- 0,1 bis $>- 0,4$ m NN). Die deutliche Absenkung setzt sich im Polder südöstlich der Bäck fort (- 0,2 bis $>- 0,4$ m NN).

Die mittleren Wasserstände im Polder Korswandt lagen ebenfalls großflächig unter ± 0 m NN, die ± 0 m NN - Isohypse verläuft im Bereich des beginnenden Geländeanstieges östlich des Knüppelgrabens (Graben 23/1/1), schließt dann die Geländeaufwölbung von Ulrichshorst ein und schwenkt nach NE. Am Schöpfwerk wurde ein Wasserstand von - 1,05 m NN, im Graben 23 nördlich bzw. nordwestlich von Ulrichshorst von - 0,65 und - 0,55 m NN festgestellt. Bemerkenswert ist die wesentlich stärkere Absenkung nördlich der Geländeschwelle. Vor dem Schöpfwerk Gothen lag der Wasserstand bei - 0,25 m NN, im weiteren Grabensystem bei - 0,15 m und + 0,05 m NN. Die ± 0 m NN - Isohypse schließt hier den Niederungsbereich oberhalb des Gothensees ein.

An der Aal-Beek liegen die Wasserstände zwischen + 0,15 m und + 0,25 m NN unterhalb von Ahlbeck, das Gefälle ist hier sehr gering.

Die mittleren Wasserstände im Moorkörper stellten sich nach der Komplexmelioration 1965 / 1969 in der Umrandung der Seen und der Reetzower Bäck etwa bei + 0,15 m NN ein und liegen bis heute innerhalb dieses Bereiches (s. u.). Die stärksten Absenkungen unter Bezug auf mittlere Wasserstände im Thurbruch erfolgten nördlich und nordöstlich des Kachliner Sees bzw. im Gebiet zwischen den beiden Seen, südöstlich des Kachliner Sees und in der Umrandung des Gothensees bei Ulrichshorst und Korswandt. Die von RUTKE u. a. (2000) erfassten bzw. beobachteten Werte liegen innerhalb der zu erwartenden Schwankungsamplituden (siehe Abschnitt 3.5.2.1).

Die Darstellung der derzeitigen mittleren Wasserstände innerhalb des Thurbruchs erfolgt in den Anlagen 1 und 2.

Der Torfkörper (Niedermoortorf, GWS Ho) ist je nach Zersetzungsgrad zu 70 - 90% mit Wasser gefüllt. Torf hat eine hohe Feldkapazität (Wasseraufnahmevermögen) und kann je nach Zersetzungsgrad eindringendes Wasser (Niederschläge, oberirdische Zuflüsse, anströmendes Grundwasser) schnell und in großen Mengen aufnehmen. Es ist nachgewiesen, dass entwässerte Torfkörper eine größere Wasseraufnahmekapazität besitzen als wassergesättigte intakte Torfkörper. Bei einem im Liegenden vorhandenem GWL kann das Wasser stark verzögert bis in den GWL durchsickern (Torf = Aquiclude) bzw. bei einer Speisung durch das Grundwasser auch aufsteigen. Im Torfkörper können Fließgeschwindigkeiten bis zu 1 m/Tag erreicht werden. Je stärker der Torf zersetzt ist, umso geringer ist die horizontale und vertikale

le Wasserbeweglichkeit. Die kf-Werte liegen je nach Torfart und Zersetzungsgrad im Bereich zwischen $1,16 \cdot 10^{-3}$ cm/s und $1,16 \cdot 10^{-5}$ cm/s.

Das Gefälle innerhalb des Moorkörpers war – analog zum oberirdischen Abfluss – ursprünglich generell vom Rand der Senke zu den Seen gerichtet. Infolge der überwiegend geringen Durchlässigkeit des Moorkörpers werden nicht meliorierte Bereiche zwischen den einzelnen Gräben (etwa im Frühjahr und nach Regenereignissen) mit einer deutlichen Verzögerung entwässert. Das Moor liegt überall auf Sand (s. o.). Die überwiegend geringmächtigen schluffigen Sande haben größtenteils eine sehr geringe Wasserleitfähigkeit und wirken als Stauschicht. Dies trifft im Wesentlichen jedoch nur auf den Bereich um den Kachliner See zu, zwischen Kachliner und Gothensee und im östlichen Thurbruch unterlagern vielfach Fein- bis Mittelsande diesen Horizont (s. u.), die den einzelnen Grundwasserleitern des Beckens, z. T. in hydraulischer Verbindung zwischen den GWL 1 und 2, anteilig auch GWL 3, zuzuordnen sind (siehe Abschnitt 3.4.2.2).

Die Grundwasserabsenkung hat zu einer starken Mineralisierung des Oberbodens und gleichzeitigen Verringerung der Durchlässigkeit geführt. Aufgrund der geringeren Versickerung kam es zu Oberbodenstau und oberflächennaher Vernässung nach Niederschlägen.

3.4.3.2 Grundwasserfließgeschehen in den quartären GWL

Das oberflächennahe Grundwasserfließgeschehen zeigt deutliche Analogien zum oberirdischen Abflussgeschehen und damit auch zur Morphologie des Untersuchungsgebietes. Bestimmend für die regionale Grundwasserdynamik sind die morphologischen Hochgebiete in der Umrandung des ehemaligen Gletscherzungenbeckens) sowie die Senke von Gothensee und Thurbruch mit seinen Grabensystemen. Die Kuppen erreichen Höhen bis 58,2 m (Kückelsberg). Westlich, südöstlich und östlich des Thurbruchs sind Druckhochgebiete mit über + 10 m NN, + 5 m NN und + 3 m NN ausgebildet.

In den Höhenzügen verlaufen neben den oberirdischen Wasserscheiden auch die Grundwasserscheiden des Gebietes. Das Grundwasserfließgeschehen des weiteren Untersuchungsgebietes verdeutlicht Anlage 1.

Im Untersuchungsgebiet fällt die Grundwasseroberfläche von W, SE und E auf etwa ± 0 m NN im Kachliner See und Gothensee ab. Ein besonders starkes Druckspiegelgefälle ist im westlichen Talhang bei Katschow sowie bei Zirchow zu beobachten. Die Wasserspiegelangaben entstammen hier tieferen quartären GWL.

Das Grundwasserniveau und -fließgeschehen wird im Wesentlichen durch die Entwässerung durch das Grabensystem und die Schöpfwerke in den Poldern, die Verbindung zwischen Kachliner See und Gothensee, insbesondere jedoch das Schöpfwerk im Sack-Kanal bestimmt. Zu beachten ist dabei, dass das Grabensystem in den Poldern aufgrund der zu großen Eintiefung teilweise (s. u.) in die im Liegenden des Moorkörpers anstehenden Grundwasserleiter bzw. Bereiche hydraulischer Verbindungen einschneidet.

Die Grundwasserflurabstände liegen innerhalb des Thurbruchs nach HK 50 deutlich unter 2 m, überwiegend < 1 m. An seinem unmittelbaren Rand steigen sie innerhalb des oberen, unbedeckten GWL auf 1 - 2 m (Ortslage Ulrichshorst, anteilig Katschow, Labömitz und Reetzow, randlich auch Kutzow, Zirchow und Gothen) bzw. 2 - 5 m (Görke, Kachlin) an. Eine Modellierung der Grundwasserflurabstände bei mittleren Grundwasserständen auf Grundlage des DGM 2 2012 und des Hydroisohypsenplans zeigt für die zentrale Thurbruchsenke Flurabstände von überwiegend - 0,1 bis - 0,5 m, in Absenkungsbereichen um die Schöpfwerke z. T. auch über > - 0,6 m. In Randbereichen der Senke werden die o. g. Flurabstände generell bestätigt (vgl. Anlage 6). Dies gilt bei gespanntem Grundwasser auch für einzelne Bereiche am Senkenrand, wo sich eine abweichende Darstellung ergibt.

3.5 Wasserwirtschaftliche Rahmenbedingungen

3.5.1 Historische Entwicklung

Das Niedermoor des Thurbruchs ist etwa in den letzten fünftausend Jahren aus dem großen Thurbruch-See entstanden, seine Geländehöhe liegt heute wenig über dem Meeresspiegel. In tieferen Senken verblieben der Gothensee und der Kachliner See. Nach RUTKE u. a. (2000) wurde der Gothensee wahrscheinlich bereits im 12. / 13. Jahrhundert von Zisterzienser-Mönchen aufgestaut und im Mündungsbereich der Aal-Beek (Aalbach) eine Wassermühle errichtet. Die Anhebung der Wasserspiegel führte zu einer Vergrößerung der Wasser- und Sumpfflächen sowie einer Begünstigung des Moornwachstums. Lediglich randlich konnte eine Nutzung höher gelegener Flächen erfolgen. Im frühen 18. Jahrhundert wurde das Moor als Weide und Hütung der Dörfer „Göhrcke“, Kutzow, „Chorshwant“ und Zirchow genutzt. Zwischen Korswandt und Zirchow stand neben der heutigen Landstraße ein ca. 600 m breiter Bruchwald, dessen größter Teil als „Gierske-Bruch“ bezeichnet wurde. Seit etwa Mitte des 18. Jahrhunderts wurde das Thurbruch verstärkt landwirtschaftlich genutzt.

Die Aal-Beek war zum damaligen Zeitpunkt der einzige Abfluss des Thurbruchs. Sie folgte der Hohlform einer Gletscherzunge bzw. eines Überlaufbereiches in der Parchen-Niederung, mündete zunächst in den damals noch ca. 250 x 250 m großen Parchensee und in ihrem weiteren Lauf in die Ostsee. Gothensee und Kachliner See müssen nach Kartenvergleichen vor 300 Jahren wesentlich größer als heute gewesen sein (PANTENIUS & SCHÖNERT 1999). So wies der Gothensee gemäß schwedischen Matrikelkarten von 1692 u. a. eine wassergefüllte Ausbuchtung in Richtung auf das spätere Ahlbeck auf.

Eine Darstellung der Aal-Beek erfolgte bereits 1618 in der „Großen Pommernkarte“ von Lubin (PANTENIUS & SCHÖNERT 1999), wobei bereits hier eine Fortsetzung bis zum Kachliner See erkennbar ist. 1700 wurde an der Aal-Beek eine Getreide- und Schneidemühle in Strandnähe neu errichtet, nach einem Brand 1749 bereits 1752 wieder aufgebaut. Das rückgestaute Wasser erschwerte den Abfluss aus dem Gothensee, was immer wieder zu Ärger mit den Korswandter Bauern führte (ebd.). Daneben entfaltete der bereits zuvor bestehende Aalkasten eine stauende Wirkung und die Beek setzte sich bei bestimmten Winden durch heran gespülte Sandmassen zu. Dadurch wurde der Abfluss des Wassers aus dem Binnenland gehemmt (VON KNOBELSDORFF-BRENKENHOFF 1992). Der Wasseraufstau im Thurbruch blieb erhalten. Hinzu kam, dass die Bäck (nicht zu verwechseln mit der Aal-Beek), auch heute noch die Verbindung zwischen Kachliner See und Gothensee, damals gemäß Darstellungen auf der Karte des preußischen Landmessers Schwatcke (1738) in ihrem mäandrierenden Verlauf stark zugewachsen war und der Kachliner See nicht ausreichend entwässert werden konnte.

Um diesem Nachteil abzuhelpfen und die Melioration des Bruches voranzubringen, wurde Mitte des 18. Jahrhunderts (1758) der „Neue Graben“ bzw. „Knüppelgraben“ angelegt. Er wies eine Breite von 4 m und eine Länge von 7 km auf und führte vom Kachlinsee in großem Bogen durch das südliche Thurbruch, dann nach Norden um die Hochlage von Ulrichshorst in Richtung Korswandt und weiter nach SE zum Wolgastsee. Von dort gelangte das Wasser in den damals noch recht ansehnlichen Zerninsee und floss weiter nach Süden zum Stettiner Haff ab (ebd.). Der Wasserspiegel im Gothensee muss damals infolge des Rückstaus an der Mühle höher gelegen haben als der im Wolgastsee (RUTKE u. a. 2000).

Zu Lebzeiten Knüppels lag wahrscheinlich die Moordecke noch deutlich oberhalb des Wasserspiegels der genannten Seen (etwa 1,1 m über NN) und so konnte das Grabenwasser dem leichten Gefälle gut folgen. Ein anhaltender Effekt war dem Entwässerungsprojekt aber nicht beschieden (PANTENIUS & SCHÖNERT 1999; VON KNOBELSDORFF-BRENKENHOFF 1983), schon nach wenigen Jahren waren die Flächen wieder versumpft. Der hohe Wasserstand des Gothensees (VON KNOBELSDORFF-BRENKENHOFF 1992) wurde zudem durch diese Grabenzuehung nicht beeinflusst.

Daher begann 1772 die Umsetzung der Meliorationspläne von Brenkenhoff. Ziele der Meliorationen von Brenkenhoff waren, die Spiegel der beiden Seen abzusenken, den Verlauf des Knüppelgrabens zu korrigieren und durch ein Grabensystem dem Thurbruch Wasser zu entziehen (VON KNOBELSDORFF-BRENKENHOFF 1983). Brenkenhoff hatte erkannt, dass eine Trockenlegung des Mooregebietes ohne Beseitigung des Mühlenstaus nicht möglich war.

Der Knüppelgraben wurde 1772 - 1774 mit dem Gothensee verbunden (PANTENIUS & SCHÖNERT 1999). Die Mühle an der Aal-Beek wurde abgebaut und Wasser in die Ostsee eingeleitet. Der Wasserspiegel des Gothensees senkte sich. Die Bäck als Verbindung zwischen Gothensee und Kachlinsee wurde streckenweise begradigt (ebd.). Vom Mittelpunkt des Bruchs erfolgte die Anlage strahlenförmiger Abzugsgräben, die in einen der beiden Seen oder in den Knüppelschen Hauptgraben mündeten. Zwischen Labömitz und Reetzow konnte die große Sumpfwiese dank eines kunstvollen Grabennetzes entwässert werden. Ähnlich verfuhr man mit der Moorwiese am Nordufer des Kachliner Sees (ebd.).

Als Nebeneffekt der Meliorationen zeigte sich eine zunehmende Austrocknung von Parchensee und Parchen-Wiesen. Der Parchen-See verlandete immer mehr (VON KNOBELSDORFF-BRENKENHOFF 1983 und 1992).

Die entwässerten Flächen wurden für die Viehwirtschaft genutzt und eine Zeitlang stiegen die Erträge. Die Entwässerung verursachte Torfsackungen und eine Verschlechterung der Vorflutbedingungen (Reduzierung des Gefälles). Durch eine Vernachlässigung der Pflege und Wartung der wasserbaulichen Anlagen verfielen diese im Laufe der nächsten Jahrzehnte (PANTENIUS & SCHÖNERT 1999; VON KNOBELSDORFF-BRENKENHOFF 1998). Die Aal-Beek versandete und konnte auf Dauer keinen genügenden Wasserablauf sichern. Während 1806 noch eine Absenkung des Gothensees um 0,37 m belegt ist, kam es ab 1811 – begünstigt durch mehrere niederschlagsreiche Jahre – zu einer „katastrophalen Vernässung“ im Thurbruch (PANTENIUS & SCHÖNERT 1999).

1817/18 wurde daher ein neuer Kanal (der noch heute existierende Sack-Kanal) vom Nordende des Gothensees aus gezogen, der das Wasser aus dem westlichen Gothensee in die Ostsee ableiten sollte. Die Parchen-Niederung verlandete (VON KNOBELSDORFF-BRENKENHOFF 1983). Die Aal-Beek verlor ihre Funktion als alleinige Ableitung des Binnenwassers seit Anlage des Sack-Kanals und ihre Wassermenge verringerte sich (VON KNOBELSDORFF-BRENKENHOFF 1992).

Bei Sturmfluten u. ä. wurden immer wieder zunächst durch die Aal-Beek und seit seiner Anlage auch durch den Sack-Kanal dem Gothensee geringe Mengen Ostseewasser zugeführt. Eine Stauschleuse diente dem Schutz vor Hochwasser der Ostsee. Da die freie Vorflut nicht ständig gegeben war, wurde im 19. Jahrhundert auch ein Pumpwerk errichtet, das mit Windkraft und Dampfmaschinen angetrieben wurde.

Durch die Anlage des Sackkanals wurden die Wasserstände im Thurbruch abgesenkt und die landwirtschaftliche Nutzbarkeit verbessert.

Aufgrund des Zuwachsens von Gräben und Sandeinträgen kam es in der Folgezeit jedoch immer wieder zu Problemen (z. B. zu hohen Wasserständen im Kachliner See infolge einer zu schmalen, zugewachsenen Bäck), so dass 1833 durch die Königlich-Preußische Regierung eine strenge „Graben- und Schauordnung“ für das Thurbruch erlassen wurde (PANTENIUS & SCHÖNERT 1999).

1856 - 1858/59 wurde der Gothensee zur Gewinnung von neuem Weideland vollständig entwässert. Das Wasser (nach PANTENIUS & SCHÖNERT 1999 ca. 18 Millionen Liter pro Tag, d. h. ca. 18.000 m³/d) wurde mittels wind- und dampfgetriebenen Pumpen in einen neu angelegten Ringgraben gepumpt, der in den Sack-Kanal führte. Wahrscheinlich wurde der Zufluss aus der Bäck in den ehemaligen Gothensee durch den Bau einer Hochentwässerung abgeleitet, die quer durch das neue Wiesenstück verlief sowie weiter östlich der Zustrom aus dem „Knüppelgraben“ reguliert. Die Reste der mindestens 3 m hohen Dämme, die mittlerweile wieder durch den See verlaufen, sind noch erhalten. Sie könnten Aufschluss über den Grad der Moorsackungen zwischen 1860 und 1897 geben, da ihre Oberkante wahrscheinlich der damaligen Moordeckenhöhe entsprochen hat (ebd.). Genauere Informationen zur Errichtung

der Dämme liegen jedoch nicht vor. Die Vorflutbedingungen für den Thurbruch zum Sackkanal blieben nach RUTKE u. a. (2000) weitgehend erhalten, von einer weiteren Absenkung in dieser Zeit ist nicht auszugehen.

Das kostspielige Unternehmen rentierte sich auf Dauer jedoch nicht. Eine Rolle spielten hierbei auch die klimatischen Bedingungen. Während zu Beginn des Projektes eine Dürreperiode (die letzte Dürreperiode der „kleinen Eiszeit“) herrschte, begann ca. 1890 eine neue Nassperiode (1890 - 1920) mit arktischen Kältevorstößen, die auch in den kommenden Jahrzehnten die Wiesen- und Weidennutzung im Thurbruch erschwerte (ebd.). Der Pumpbetrieb am Auslauf des Gothensees wurde ca. 1889 eingestellt, in kurzer Zeit (ab ca. 1890) war der Gothensee zurückgekehrt. Die Entwässerung erfolgte wie früher in freier Vorflut über den Sack-Kanal. RUTKE u. a. (2000) gehen davon aus, dass zwischenzeitlich das Aquädukt als Sperrdamm genutzt wurde und der nördliche Seeteil zeitweilig noch trocken blieb.

Vom 18. bis zur Mitte des 20. Jahrhunderts wurde im Thurbruch Brenntorf bis zu 2 m Tiefe gestochen (WEICHBRODT 2004), Badetorf wurde noch bis 1977 gefördert (PANTENIUS & SCHÖNERT 1999).

In der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts wurden verschiedene weitere Meliorationsmaßnahmen zur Entwässerung von Teilflächen durchgeführt. So wurde vor Ausbruch des ersten Weltkrieges eine Röhren- und Faschinendrainage auf den Wiesen zwischen Labömitz und Reetzow nördlich der Bäck realisiert.

1920 wurde das Kachliner Windkraftschöpfwerk südlich des Thurweges am Knüppelgraben errichtet. Ihm folgten ein Windkraftschöpfwerk direkt am Kachliner See und eines an der Bäck am Ende des Labömitzer Dammes. Bis dahin wurde das Thurbruch in freier Vorflut entwässert. Die Windkraftschöpfwerke wurden bis in die 1960er Jahre weiter betrieben, um den Wasserstand im Moor niedrig zu halten. Das Kachliner Windkraftschöpfwerk „Adler“ ist heute ein Baudenkmal.

1924 wurde die „Bodenverbesserungsgenossenschaft für das Thurbruch“ geschaffen, um das gesamte Thurbruch zu meliorieren. Aus den Jahren 1924/27 liegen Meliorationsentwürfe vor, von denen jedoch nur Teile ausgeführt wurden. So wurden um 1930 die Bäck zwischen Königsdamm und Mündung in den Gothensee begradigt, ein Elektropumpwerk an der Bäck (Schöpfwerk Labömitz) errichtet und eine Weidefläche am Westufer des Kachliner Sees fertiggestellt. Dazu wurde am Westufer des Kachliner Sees der Kachliner Umfluter (Ringgraben) als Vorfluter für die zusitzenden Gräben bis zum Schöpfwerk Kachlin gebaut. Der Aushub wurde wahrscheinlich als Verwallung aufgesetzt (RUTKE u. a. 2000). Am Ostufer entstand beidseits des Adlerberges ein Seerandgraben, der anteilig nach Nord (Schöpfwerk Labömitz) und Süd entwässert (Schöpfwerk Kachlin). Die Gräben aus nordwestlicher Richtung (Gemarkung Katschow) hatten weiter eine freie Vorflut zum Kachlinsee. Zwischen 1920 bis 1939 wurden im Thurbruch durch Schöpfwerke 600 ha und damit ca. ein Drittel der Fläche künstlich entwässert. Die Schöpfwerke waren bis 1965 in Betrieb (RUTKE u. a. 2000). Hauptaufgabe war der Ausbau bzw. die Unterhaltung des Sackkanales, der über einen längeren Zeitraum nicht oder nur unzureichend unterhalten worden war. Sandeintrag bei Nord- und Nordostwinden führte zu Sohlanlandungen und Querschnittsverengungen, die Auslaufschleuse war nicht mehr funktionstüchtig. Durch Ostseehochwässer und Abflusshindernisse im Kanal kam es bei Hochwasserzuflüssen zu schwerwiegenden Überschwemmungen des Grünlandes (VEB PROJEKTIERUNG WASSERWIRTSCHAFT 1985, siehe RUTKE u. a. 2000).

Infolge der ungenügenden Instandhaltung der bestehenden Anlagen und der zwischenzeitlich durch die Entwässerung und Bewirtschaftung der Flächen verursachten Geländesackungen war zunehmend keine ordnungsgemäße Bewirtschaftung des Grünlandes mehr möglich (ebd.). Nach RUTKE u. a. (2000) war eine weitere Absenkung der Wasserspiegel mit den bestehenden Schöpfwerken nicht möglich. Auch auf Flächen mit freier Vorflut führten Sackungs-, Schrumpfungs- und Mineralisierungsprozesse zu Problemen. Der Gothensee war bereits auf die maximal mögliche Wasserspiegellage, bei der noch ein Abfluss zur Ost-

see in freier Vorflut erfolgen konnte, abgesenkt. Für eine weitere Grünlandnutzung wurde eine Polderung der Flächen notwendige Voraussetzung.

Ab 1956/57 entstanden umfassende Meliorationsprojekte für das Thurbruch, die in Planung und Ausführung alles bisher Dagewesene übertrafen. Flächen wurden gerodet und ein neues, insgesamt 110 km langes Grabennetz angelegt. Die Meliorationen erfolgten vorrangig in den Jahren 1967/68 (UMWELTMINISTERIUM MECKLENBURG-VORPOMMERN 2003) und wurden 1969 abgeschlossen. Auf 1.600 ha entstanden weite, baumlose Grünlandschläge. Zwischen 1966 und 1969 wurden die Polder Kachlin, Labömitz, Gothen und Korswandt mit ihrem elektrisch betriebenen Schöpfwerken angelegt.

Die tiefen und breiten Entwässerungsgräben in den Poldern und die leistungsstarken Pumpen ermöglichten hier eine schnelle Absenkung. Das Retentionsvermögen des Moorkörpers verringerte sich weiter (RUTKE u. a. 2000). In den Gothensee wurden innerhalb eines kurzen Zeitraums deutlich höhere Wassermengen abgeführt. Die örtlichen Gegebenheiten durch die angrenzenden Polder mit niedrigen Hochwasserschutzdeichen schränkten jedoch die Möglichkeit eines kurzzeitigen Wasserspiegelanstiegs etwa bei Starkregenereignissen / Hochwasserzuflüssen ein.

Die Auswirkungen der Entwässerungsmaßnahmen auf die Niederungsbereiche des Thurbruchs waren erheblich und gefährdeten nach RUTKE u. a. (2000) u. a. den Wasserhaushalt des Kachliner Sees und damit den Fortbestand des Sees überhaupt, insbesondere durch Torfsackungen (siehe Abschnitt 3.5.2.2). Betroffen waren danach nicht nur Polderflächen, sondern auch Uferzonen insbesondere an der West- und Nordseite, aber auch an der Ostseite und an der Reetzower Bäck. Durch die Senkung der Mooroberfläche teilweise um mehrere Dezimeter konnte Wasser aus dem Kachliner See und der Bäck, aber auch über das Süd- und Ostufer des Gothensees z. T. großflächig in die angrenzenden Polder Kachlin und Labömitz abfließen. Zur Vermeidung des weiteren Wasserabflusses wurden 1983 - 1986 der gesamte Kachliner See, die Bäck und der Gothensee am Süd- und Ostufer eingedeicht.

Durch die o. g. Maßnahmen erhöhten sich die Anforderungen an die hydraulische Leistungsfähigkeit des Sack-Kanals beträchtlich (RUTKE u. a. 2000). Bei Wasserständen in der Ostsee geringfügig über Mittelwasser (MW) war eine Wasserableitung in freier Vorflut nicht möglich. Hinzu kommt, dass eine Überschreitung des Höchstwasserstandes für den Gothensee seit Festlegung (26.11.1965) nicht mehr möglich war (RUTKE u. a. 2000). Deshalb wurde ein weiteres Pumpwerk zur Ableitung des Wassers über den Sack-Kanal in die Ostsee errichtet. Das Ausführungsprojekt von 1968 sah vor, am Sackkanal ein massives Schöpfwerk mit 2 Pumpen zu errichten, es wurde zunächst nur ein provisorisches Schöpfwerk gebaut, das jedoch seine Aufgabe erfüllt hat.

Quer durchs Moor wurde in den 1960er Jahren auch eine Asphaltstraße von Reetzow nach Ulrichshorst angelegt.

Der Bruchwald am Gothensee blieb erhalten, weil der Grundwasserstand aus technischen Gründen nicht auf die erforderliche Höhe gebracht werden konnte (UMWELTMINISTERIUM MECKLENBURG-VORPOMMERN 2003). Er ist Teil des 1967 ausgewiesenen, 800 ha großen Naturschutzgebietes „Gothensee und Thurbruch“.

Regenreiche Monate führten 1971 zu einer schweren Überschwemmung im Thurbruch. Diese hing mit einem neuen Kältevorstoß ab 1970 zusammen, der die Warmperiode zwischen 1920 und 1960 beendete und bis Anfang der 1980er Jahre andauerte (ebd.).

Zur damaligen Zeit wurden etwa 500 ha als Weideland (7.000 Rinder) und 1.100 ha als Wiesen mit einer 2-3schürigen Mahd genutzt. Gülle wurde in großem Umfang auf dem Moorgrünland versprüht (ebd.).

Die Abwässer und Düngemiteleinträge aus der Landwirtschaft, sowie auch die zunehmende Verschmutzung durch kommunale Abwässer und private Einleitungen führten dazu, dass der Gothensee Mitte der 1980er Jahre „umkippte“. Seitdem hat sich die Wasserqualität wieder leicht verbessert, der See ist aber immer noch stark nährstoffbelastet, da die tiefgreifende Entwässerung des Thurbruchs weiterhin stattfindet (WEICHBRODT 2004; UMWELTMINISTERIUM MECKLENBURG-VORPOMMERN 2003).

Die Komplexmeliorationen führten zudem zu einer Degradation des Moores, zu einer Torfzersetzung und Sackungen von stellenweise 80 - 90 cm (ebd.).

Weitere Maßnahmen erfolgten Ende der 1990er Jahre mit einer Vertiefung und Sicherung des wasserabführenden Kanals (Sack-Kanal) sowie der Anlage eines neuen Schöpfwerkes mit zwei Pumpen, was zur weiteren Intensivierung der Entwässerung der gesamten Thurbruchsenke führte (LUNG 2009).

Derzeit werden die landwirtschaftlichen Flächen des Thurbruchs zu 100% als Grünlandflächen genutzt (Wiesen- und Weideland). Der Wasserstand in den einzelnen Teilflächen des Thurbruchs ist dabei sehr unterschiedlich. Während in tieferen Teilen Wasser abgepumpt werden muss, gibt es in anderen Teilgebieten Wasserbedarf. In Teilbereichen ist nur noch eine eingeschränkte Nutzung möglich. Das Wassermanagement wird derzeit nach Aussagen eines Bürgergutachtens (2013) jedoch nicht optimal realisiert. Eine ganzjährige landwirtschaftliche Nutzung der Flächen ist nicht möglich, weil der Wasserüberschuss nicht (ausreichend) gespeichert werden kann und über den Gothensee in die Ostsee abgeleitet wird.

Demgegenüber kommt es bei extremen Witterungsereignissen wie Starkregen oder anhaltenden Regenfällen zu Wasserschäden an Gebäuden und Überschwemmungen. So führte der Dauerregen Ende Juli / Anfang August 2011 dazu, dass fast 50% der Nutzflächen im Thurbruch nicht ordentlich zu bewirtschaften waren und in angrenzenden Ortschaften feuchte Keller auftraten (Ostsee-Zeitung vom 25.08.2011). Wasserschäden traten damals jedoch auch in anderen Regionen Usedom bzw. darüber hinaus auf.

3.5.2 Entwicklung der Grundwasserstände im Moorkörper in Abhängigkeit von Meliorationsmaßnahmen, Torfsackungen und Wasserstandsschwankungen im Gothensee / Thurbruch

3.5.2.1 Entwicklung der Grundwasserstände im Moorkörper

Das Fließgeschehen in den oberflächennahen quartären GWL an den Rändern des Thurbruchs wird regional von Druckhochgebieten bestimmt (siehe Abschnitt 3.4.3). Das Grundwasser fließt insbesondere von W, SE und E zur Niederung und hat hier anteilig über den randlich anstehenden GWL 1 und den GWL 2 den Moorkörper gespeist. Dies gilt insbesondere für den Bereich zwischen Labömitz und Reetzow, den unmittelbaren Talrand bei Katschow sowie den südöstlichen Anstrom bei Zirchow (Durchströmungsmoor). Die Druckhöhen an den Rändern der Senke liegen unter + 2 m NN, überwiegend bei + 1 m NN (s. o.). Gegenüber älteren Darstellungen deuten sich Grundwasserabsenkungen sowohl in den Druckhochgebieten und angrenzenden Bereichen wie auch im Thurbruch an.

Nach BRAHMANN & HENNIG (1975) lagen die Grundwasserstände im Raum Bansin, Heringsdorf und Ahlbeck 1975 in Druckhochgebieten zwischen Schmollensee und Ostsee bei über + 5 m NN, westlich Heringsdorf bei + 3 m NN und entlang des Küstenstreifens östlich Ahlbeck bei + 1 m NN. In den Wasserfassungen Bansin (- 3 m), Gothen (- 5 m), Ahlbeck-Jägersberg (- 4 m), Ahlbeck-Zierowberg (- 3 m) und Granica / Polen (- 5 m NN) hatten sich größere Absenktrichter deutlich unter ± 0 m NN ausgebildet. Trotzdem lagen die Wasserstände im Anstrom auf den Gothensee noch über dem Meeresspiegel (+ 1 m NN bei Bansin, + 0,5 m NN in der Umrandung der Halbinsel Gothen sowie südlich der Parchenniederung bis Korswandt. Hier haben sich die Absenktrichter nach HENNIG (2011) deutlich ausgedehnt, die ± 0 m NN - Isohypse schließt die Absenktrichter der WF Ahlbeck-Jägersberg und Gothen ein und erstreckt sich über den Polder Gothen bis zum Gothensee. Ein weiträumiger Absenktrichter ist auch um die WF Granica unter Einschluss des Wolgastsees sowie am SE-Ufer

des Gothensees bei Korswandt dargestellt. In den Wasserfassungen Zirchow und Korswandt bleiben die Grundwasserstände deutlich, bei verringertem Grundwassergefälle, über dem Seespiegel. Die Druckhochgebiete westlich Katschow und Labömitz lagen 1975 noch bei + 15 m NN (vgl. TRÖMEL 1975).

Ein Teil des Grundwasseranstroms wird durch Talrandgräben, etwa südlich Katschow, westlich Görke und nördlich Zirchow erfasst. Die Wasserstände innerhalb des Moorkörpers werden bis in die heutige Zeit maßgeblich durch Entwässerungsmaßnahmen bestimmt, die Entwässerung in den Poldern über mehr als 40 Jahre führte zu erheblichen Veränderungen des hydrologischen Regimes in einzelnen Polderbereichen und im Kachliner See, jedoch nicht im Bereich des Gothensees und seines Einzugsgebietes insgesamt.

Nach derzeitigem Kenntnisstand ist davon auszugehen, dass vom 12. / 13. Jahrhundert bis Ende des 18. Jahrhunderts durch den Rückstau an der Wassermühle in der Aalbeek überwiegend hohe Wasserstände innerhalb des Thurbruchs vorherrschten, so dass hier insgesamt von keiner oder nur einer geringen Torfsackung auszugehen ist. PANTENIUS & SCHÖNERT (1999) und VON KNOBELSDORFF-BRENKENHOFF (1983) gehen von Wasserständen von etwa 1,1 m NN aus (s. o.). RUTKE u. a. (2000) nehmen unter Berücksichtigung der erforderlichen Fallhöhe und der Lage in Nähe der Ostsee an, dass im Gothensee die Wasserstände etwa bei + 1,5 bis + 2 m HN (+ 1,65 - 2,15 m NN) gelegen haben.

Erste Planungen zur Absenkung des Wasserspiegels erfolgten durch Schwatcke 1738. 1758 wurde der Knüppelgraben angelegt. Erste größere Absenkungen erfolgten nach Rückbau des Mühlenstaus und Vertiefung der Aal-Beek sowie den Anschluss des Knüppelgrabens (1773 6.134 Morgen begehbarer Fläche). Da die Beseitigung des Mühlenstaus dazu Voraussetzung war, gehen RUTKE u. a. (2000) davon aus, dass die Niederungsoberfläche nur wenige Dezimeter über dem o. g. Wasserspiegel lag. Damit sind für den eigentlichen Niederungsbereich bis zu diesem Zeitpunkt (vor 1758) bei Annahme eines Wasserstandes von + 1,10 m bzw. + 1,65 m NN Geländehöhen von mindestens etwa + 1,25 bis + 1,45 bzw. + 1,80 bis + 2,00 m NN (max. ca. + 2,25 m NN) wahrscheinlich.

Die Absenkung führte zu Torfsackungen und einer Verschlechterung der Vorflutbedingungen. Infolge der unzureichenden Unterhaltung des Grabensystems und fortlaufenden Versandung des Abflusses der Aal-Beek stieg der Wasserspiegel im Gothensee wieder an. Im Zeitraum von ca. 1856 - 1889 wurde der Gothensee trockengelegt und als Grünland genutzt. Ausgehend von einer derzeit mittleren Tiefe von 1,20 m des Sees bei einem Wasserstand von im Mittel + 0,29 m NN wäre von einer Absenkung um etwa 2 bis 2,50 m auszugehen. Die Vorflutverhältnisse für den Thurbruch blieben nach RUTKE u. a. (2000) weitgehend unverändert (s. o.). Nach dem Wiederanstieg haben sich die früheren Wasserstände im See nicht wieder eingestellt. Im Messtischblatt 2050 Benz ist bereits 1887 der Gothensee wieder in seiner Seekontur dargestellt. Im westlichen Seebereich bei Reetzow und am östlichen Ufer entlang des Niederungsbereiches südlich von Gothen sind ausgedehnte Flachwasserbereiche erkennbar. Eine Wasserspiegelangabe (1887) liegt lediglich für den Kachliner See mit + 0,2 m NN (0,05 m HN) vor. Der Wasserspiegel im Gothensee muss im Mittel einige cm tiefer gelegen haben (vgl. RUTKE u. a. 2000).

Eine Grundlage für die Rekonstruktion der Geländeoberfläche in verschiedenen Zeitschritten, von Torfsackungen und den Wasserständen bilden Höhenangaben, die Größe und Form von Gewässern, Gräben und Vernässungszonen, aber auch Hinweise zur Nutzung und Anlage von Wegen, Bauwerken und Siedlungen etwa im Bereich von Aufragungen des mineralischen Untergrundes oder am Niederungsrand.

Einzelne Höhenangaben für das Thurbruch in Karten sind erstmals in den Messtischblättern 2050 und 2150 (Stand 1887) enthalten. Die Geländehöhen liegen südlich des Kachliner Sees zwischen Kachlin und Görke bei + 1 m NN, an der Bäck östlich Labömitz bei + 1,2 m NN, südwestlich von Ulrichshorst in Nähe des Knüppelgrabens bei + 0,8 m, südlich des

Gothensees / westlich Ulrichshorst bei +1,1 m NN, im westlichen Teil der Geländeaufwölbung von Ulrichshorst bei + 1,8 m NN und in der Teilsenke bei Gothen (2 Werte) bei + 1,1 m NN. Die Mooroberfläche weist danach zu diesem Zeitpunkt nur geringe Reliefunterschiede auf und ist bei etwa + 1 m NN weitgehend eben ausgebildet. In der Moorkartierung 1948 wurden für die zentrale Thurbruchsene Wasserstände bei etwa 0,40 m unter Flur, bei v. ENGELHARDT(1948) im Herbst 1948 bei 0,70 m unter Gelände, wobei die breiten und tiefen Gräben noch Wasser führten, die flacheren waren trocken gefallen. Bei HECK (1954) werden ebenfalls etwa 0,70 m unter Flur angegeben.

Durch die Meliorationsmaßnahmen von 1920 - 1965 kam es infolge der Moorentwässerung zu weiteren Sackungen der Moorbodenoberfläche. Eine weitere Absenkung der Wasserspiegel war mit den bis 1965 bestehenden Schöpfwerken nicht möglich. Auch auf Flächen mit freier Vorflut führten Sackungs-, Schrumpfungs- und Mineralisierungsprozesse zu Problemen. Der Gothensee war bereits auf die maximal mögliche Wasserspiegellage (+0,20 m NN), bei der noch ein Abfluss zur Ostsee in freier Vorflut erfolgen konnte, abgesenkt.

Nach PANTENIUS & SCHÖNERT (1999) hat der Wasserstand im Thurbruch früher im März seinen Höchststand erreicht, viele Flächen standen unter Wasser. Zwischen Mai und September fiel etwa die Hälfte des jährlichen Niederschlags, erst zur Herbstzeit wurde das Moor trocken und die Heuernte konnte eingebracht werden. Wasserspiegelsenkungen im Sommer in trockenen Jahren sind insbesondere auf eine verstärkte Verdunstung zurückzuführen, Aufhöhungen bis etwa 0,30 m in nassen Jahren (mehr als 800 mm Niederschlag) führten auch zu Überschwemmungen, wie etwa zu einem Hochwasser im Jahr 1931.

In Vorbereitung der Umsetzung der Meliorationsprojekte für das Thurbruch in den Jahren 1965 / 1969 wurde 1964 eine Vermessung durchgeführt, die die Grundlage für die Ausführungsprojekte bis 1968 bildete, gleichzeitig jedoch auch in der TK 10 (Stand 1966) umgesetzt wurde. Erfasst wird damit die Situation im Thurbruch vor der Komplexmelioreation. Auf 1.600 ha entstanden weite, baumlose Grünlandschläge. Zwischen 1966 und 1969 wurden die Polder Kachlin, Labömitz, Gothen und Korswandt mit ihrem elektrisch betriebenen Schöpfwerken angelegt. Ein weiteres Pumpwerk wurde zur Ableitung des Wassers über den Sackkanal in die Ostsee errichtet.

In der TK 10 (Stand 1966) werden für den Kachliner See, die Reetzower Bäck und den Gothensee, aber auch den Knüppelgraben insgesamt mittlere Wasserstände von $\pm 0,0$ m HN (+ 0,15 m NN) angegeben. Die Geländehöhen in der Senke lagen zu diesem Zeitpunkt nach den Höhenangaben überwiegend zwischen + 0,3 bis + 0,5 m HN, so dass die mittleren Wasserstände im Moorkörper etwa zwischen + 0,1 m in der Umrandung der Seen und + 0,3 m HN gelegen haben dürften. Nach MÜLLER (1989 und 1990) litten die Grünlandflächen im zentralen Thurbruch vor Durchführung der Maßnahmen unter starker Vernässung. Die Wasserstände lagen außerhalb der Vegetationsperiode zwischen 0,1 - 0,3 m unter Flur, in der Vegetationsperiode 0,3 - 0,5 m. Eine intensive Bewirtschaftung war danach nicht möglich. Damit wird die Situation vor der Komplexmelioreation 1965 / 1969 erfasst.

Nach der Komplexmelioreation sanken die Wasserstände im zentralen Thurbruch im Zeitraum zwischen 1974 und 1980 in den Wintermonaten durchschnittlich auf 0,5 m, im Sommer auf 1 m unter Gelände ab. Die durchschnittliche Grabenausbautiefe lag bei 1,50 m (MÜLLER 1989 und 1990). Dies führte hier zu erheblichen Degradierungsvorgängen im Moorkörper (siehe auch Abschnitt 3.4.2.1), die auch durch eine Anhebung der Wasserstände ab 1980 im Niederungsbereich durch Ein- und Aufstau nur unwesentlich aufgehalten wurden (ebd.). Die Auswirkungen der Entwässerungsmaßnahmen auf die Niederungsbereiche des Thurbruchs sind erheblich, gefährden nach RUTKE u. a. (2000) u. a. den Wasserhaushalt des Kachliner Sees und damit den Fortbestand des Sees überhaupt, insbesondere durch Torfsackungen (siehe Abschnitt 3.5.2.2). Durch die Senkung der Mooroberfläche teilweise um mehrere Dezimeter konnte Wasser aus dem Kachliner See und der Bäck, aber auch

über das Süd- und Ostufer des Gothensees z. T. großflächig in die angrenzenden Polder abfließen.

In der TK 10 (Stand 1978) lagen die mittleren Wasserstände an den Seen weiter bei $\pm 0,0$ m HN (+ 0,15 m NN). Im Anstrom des Schöpfwerkes Kachlin waren es - 0,4 m HN (- 0,25 m NN), im Ringgraben westlich des Kachliner Sees (Graben 22/1) - 0,2 bis - 0,3 m HN, im Knüppelgraben (Graben 22) - 0,2 bis - 0,3 m HN (jeweils mit Gefälle zum Schöpfwerk) und in den Wiesen oberhalb von Görke (Graben 22/4) - 0,2 m HN. Östlich des Sees wurden im Grabensystem 22/2 - 0,3 m und am Graben 22/7 am Thurdamm - 0,2 m HN ermittelt.

Stromauf Schöpfwerk Labömitz wurde ein mittlerer Wasserstand von - 0,6 m HN, im Graben 26/2 nördlich des Kachlinsees von - 0,5 m, in der Senke südwestlich von Reetzow von - 0,3 m und im Grabensystem 26/1 von - 0,1 m HN erfasst.

Am Schöpfwerk Korswandt wurde ein Wasserstand von - 1,2 m HN, im Graben 23 nördlich bzw. nordwestlich von Ulrichshorst von - 0,8 und - 0,7 m, im Graben 23/1/2 am Thurdamm von - 0,1 m und im Grabensystem 26/1 von - 0,1 m HN festgestellt. An der Aal-Beek liegen die Wasserstände zwischen 0 m HN und + 0,1 m unterhalb von Ahlbeck, das Gefälle ist hier 1978 sehr gering.

Vor dem Schöpfwerk Gothen lag der Wasserstand bei - 0,4 m HN, im weiteren Grabensystem bei - 0,3 m und - 0,1 m HN.

Maßnahmen zur Grundwasserregulierung (Aufhöhung der Wasserstände insbesondere in den Sommermonaten) wurden durch KLEINKE (1978) und MÜLLER (1989 und 1990) geplant. Dazu wurden jeweils Grundräumungen im Grabensystem, weitere Staueinrichtungen und Maulwurfsfräsdrainagen umgesetzt. Die Drainagen sind danach alle 8 - 10 Jahre zu erneuern.

Der Kachliner See, die Reetzower Bäck und der Gothensee am Süd- und Ostufer wurden 1983 - 1986 zur Vermeidung eines Wasserabflusses aus dem Kachliner See und der Bäck, aber auch über das Süd- und Ostufer des Gothensees gesondert eingedeicht. Aufgrund der z. T. problematischen Baugrundverhältnisse, insbesondere am Westufer des Kachliner Sees, gelang es nach RUTKE u. a. (2000) nicht, überall eine standsichere Verwallung zu schaffen. RUTKE u. a. (2000) hat Wasserstände für beide Seen nach 1985 zusammengestellt und Untersuchungen zu den Möglichkeiten einer Wasserstandsanhhebung im Kachliner See u. a. durch Wassereinspeisung aus dem Gothensee untersucht. Der tiefste Wasserstand des Kachliner Sees wurde am 17.05.2000 mit - 0,32 m HN ermittelt. Ähnliche Werte wurden bereits 09/10/1999 beobachtet. Der niedrige Wasserstand im Kachliner See wurde durch einen Abstrom an Durchbruchstellen in den Ringgraben 22/1 (hier mit Wasserständen von - 0,55 m HN am 11.04. und - 0,43 m HN am 17.05.2000) verursacht. Bis Ende Juni 2000 wurden im See Werte von - 0,20 und - 0,30 m HN beobachtet. Bei Zustrom vom Gothensee und Anhebung der OK des Staues im Graben 22/1 stieg der Wasserspiegel – begünstigt insbesondere durch starke Niederschläge 9/2000 (115 mm) – auf + 0,19 m HN. Durch Ausuferungen am West- und Ostufer (südlicher Bereich) kam es zu Überflutungen des Polders und Protesten der Landwirte.

Der Stau in der Bäck wurde bereits am 21.09.2000 geschlossen, so dass kein Zufluss mehr aus dem Gothensee erfolgen konnte. Gleichzeitig wurde der Stau zum Graben 22/1 geöffnet und der Pumpbetrieb im Schöpfwerk Labömitz intensiviert. Der Wasserspiegel stieg trotzdem weiter an und blieb vom 11. - 20.10. bei + 0,19 m HN. Am 5.11.2000 wurde ein Wasserstand von - 0,11 m erreicht.

MÜLLER (1979) verweist darauf, dass der seit 1964 vorliegende Lageplan 1 : 2.000 zum Thurbruch nach mehr als 10jähriger Intensivwirtschaft, dem Grabenausbau, der Beseitigung von Torfstichen, Geländeabtrag und Torfsackung nicht mehr aktuell ist.

In den Unterlagen der Vermessung 1978 des WBV sind Wasserspiegel am 06.09.1978 für den Kachliner See mit - 0,1 m HN (+ 0,05 m NN) und für den Gothensee mit - 0,08 m HN (+ 0,07 m NN) und - 0,25 m HN (- 0,10 m NN) am 06.11.1989 eingetragen.

Zusammenfassend ist festzustellen, dass sich im Bereich des Gothensees / Thurbruchs durch die o. g. Maßnahmen in den letzten 250 Jahren erhebliche Veränderungen im Niveau der Wasserstände in den Seen und in der Niederung mit hoher Wahrscheinlichkeit in folgender Größe ergeben haben:

- Wasserstände vom 12. / 13. bis Ende des 18. Jahrhunderts im Gothensee von etwa + 1,1 m NN (durch Rückstau an der Wassermühle zeitweilig aufgehört bis + 1,65 - + 2,15 m NN).
- 1856 - 1889 wurde der Gothensee trockengelegt. Dazu war eine Absenkung des Seespiegels von 2 - 2,50 m erforderlich. Der Zufluss aus der Bäck wurde über eine Hochentwässerung abgeleitet, die quer durch das neue Wiesenstück verlief. Weiter östlich wurde der Zustrom über den „Knüppelgraben“ reguliert. Die Vorflutverhältnisse für den Thurbruch blieben bei freier Vorflut nach RUTKE u. a. (2000) weitgehend unverändert.
- 1887 werden für den Gothensee mittlere Wasserstände von + 0,2 m NN angegeben, der See war hier bereits wieder ausgebildet. 1917 wurde eine Tiefe von 2 m, maximal 3,6 m NN ermittelt.
- 1920 - 1965 kam es zu keinen wesentlichen Veränderungen der Wasserstände. Der Gothensee war bereits auf die maximal mögliche Wasserspiegellage (+0,20 m NN), bei der noch ein Abfluss zur Ostsee in freier Vorflut erfolgen konnte, abgesenkt. Von RUTKE u. a. (2000) zusammengestellte Einzelwerte der Wasserspiegel liegen etwa in diesem Bereich. In der TK 10 (Stand 1966) werden für den Kachliner See, die Reetzower Bäck und den Gothensee, aber auch den Knüppelgraben insgesamt mittlere Wasserstände von $\pm 0,0$ m HN (+ 0,15 m NN) angegeben. Die mittleren Wasserstände im Moorkörper lagen etwa zwischen + 0,1 m in der Umrandung der Seen und + 0,3 m HN im übrigen Niederungsbereich.
- RUTKE u. a. (2000) haben u. a. auf Grundlage der Messreihen 1973 - 1998 untersucht, inwieweit die Komplexmelioration 1965 - 1969 zu einer Wasserspiegelabsenkung im Gothensee geführt hat. Sie kommen zu dem Ergebnis, dass der Schwankungsbereich der Wasserstände 1929 - 1966 den heutigen Verhältnissen entspricht. Das gesamte Wasser aus dem Thurbruch wird nach wie vor über den Gothensee abgeleitet.
- Die mittleren Wasserstände liegen auch in der TK 10 (Stand 1978) in den beiden Seen und der Bäck bei $\pm 0,0$ m HN (+ 0,15 m NN), im Oberstrom der Schöpfwerke in den Poldern (s. o.) waren die Absenkungen deutlich größer (- 0,4 m bis - 1,2 m HN bzw. -0,25 m bis - 1,05 m NN). Die mittleren Wasserstände liegen bis 2013 innerhalb dieses Bereichs (siehe Abschnitt 3.5.4). Die von RUTKE u. a. (2000) erfassten bzw. beobachteten Werte liegen innerhalb der zu erwartenden Schwankungsamplituden. MÜLLER (1989 und 1990) verweist darauf, dass die Wasserstände im zentralen Thurbruch im Zeitraum zwischen 1974 und 1980 in den Wintermonaten durchschnittlich auf 0,5 m, im Sommer auf 1 m unter Gelände absanken. Infolge der starken Degradierung wurde versucht, die Wasserstände wieder anzuheben (s. o.).
- Die Untersuchungen von RUTKE u. a. (2000) belegen, dass ein Anheben des Seespiegels des Kachlinsees unter den derzeitigen Bedingungen ohne nachteilige Folgen für die landwirtschaftliche Nutzung nicht möglich ist.
- Durch Durchbruchstellen in der Verwallung (Sohle bei - 0,6 bis - 0,7 m HN) am Graben 22/1 (Ringgraben westlich des Sees) erfolgte ein Abfluss, der in seiner Größe von der Wasserspiegeldifferenz abhängt (im Schöpfwerk wurde im Kreis gepumpt). Der Wasserspiegel des Kachlinsees musste auf - 0,2 bis - 0,3 m HN abgesenkt werden. Auch nach Sanierung derartiger Bereiche ist (Stand 2000) infolge zu geringer Deichhöhen in der Umrandung des Kachlinsees, z. T. auch der Reetzower Bäck, von Ausuferungen bei Seewasserständen über ± 0 m HN auszugehen.

3.5.2.2 Torfsackungen

Durch den Grabenausbau seit etwa 250 Jahren ist bereits periodisch eine Vorentwässerung in den Senkenbereichen erfolgt, mit dem Polderausbau 1965 / 1969 erfolgte in den Polderflächen nochmals eine deutliche Absenkung der Wasserstände, die hier erneut zu deutlichen Torfsackungen führte (siehe auch Anlage 5). Der Umfang der jeweiligen Sackungen ist dabei neben der Höhe der Grundwasserabsenkung auch von weiteren Aspekten wie Moormächtigkeit, Zersetzungsgrad des Torfes und der Art und Intensität der Flächennutzung abhängig. Unmittelbar nach Meliorationsarbeiten ist die Entwässerung des Moorkörpers am stärksten. Innerhalb kurzer Zeiträume kommt es danach zu Torfsackungen bzw. Geländeabsenkungen. Nach 5, spätestens 10 Jahren stellt sich ein neues Gleichgewicht ein, wobei sich häufig die früheren Flurabstände wieder einstellen und erneut Vernässungen und Abflussverzögerungen ergeben. Auf längere Sicht waren die aufwendigen Meliorationsarbeiten im Thurbruch von 1730 bis zur Komplexmelioration 1965 - 1969 jeweils nicht erfolgreich.

In der weitgehend ebenen Senke sind teilweise auch leichte Geländeerhebungen zu beobachten. Insbesondere hier wurde der Wasserstand in der Hauptvegetationszeit für die Grünlandnutzung teilweise zu niedrig.

PANTENIUS & SCHÖNERT (1999) zitieren KLIWE mit der Aussage, dass sich die Torfdecke durch die Entwässerungsmaßnahmen um einige Meter abgesenkt haben dürfte. Sie gehen von Höhenverlusten im Moorkörper seit Ende des Torfaufwuchses vor ca. 200 Jahren von 1 - 2 cm im Jahr bzw. mehr als 2 m im Gesamtzeitraum aus. Jede Entwässerung im Moor führt zwangsläufig zu erneuten Moorsackungen und in der Folge zur weiteren Eintiefung des Grabensystems. Eine gegenläufige Entwicklung ist durch Grundwasseranstau zu erreichen, führt jedoch zu Einschränkungen der Nutzung.

RUTKE u. a. (2000) verweisen darauf, dass neben Torfsackungen durch die Entwässerung und landwirtschaftliche Nutzung von Mooren außerdem Schrumpfungs- und Mineralisierungsprozesse auftreten. Dabei können Moorsackungsbeträge von 1 bis 3 cm jährlich auftreten. Größere Sackungen sind jedoch unmittelbar nach tiefgreifenden Entwässerungsmaßnahmen vorzusetzen. RUTKE u. a. (2000) haben unter Berücksichtigung einer Zusammenstellung von Geländehöhen und Wasserspiegeln im Moorkörper frühere Torfsackungen im Bereich des Kachliner Sees zusammengestellt.

Danach ist mit Einstellung des Mühlenbetriebes an der Aalbeekschen Mühle und Beginn einer intensiven Entwässerung ab 1772 von einem Absinken des Wasserspiegels um ca. 1 m und Torfsackungen bis etwa 0,90 m auf ein Geländeniveau von etwa + 0,9 bis + 1,3 m HN auszugehen.

Die Lagepläne der Vermessung 1964 (s. o.) weisen für den zentralen Bereich des Thurbruchs Geländehöhen zwischen - 0,1 m NN (- 0,25 m HN) und + 0,5 m NN (+ 0,35 m HN) aus. Die Auswirkungen der Entwässerungsmaßnahmen auf die Niederungsbereiche des Thurbruchs 1965 / 1969 gefährden nach RUTKE u. a. (2000) u. a. den Wasserhaushalt des Kachliner Sees und damit den Fortbestand des Sees überhaupt, insbesondere durch Torfsackungen (s. o.). Betroffen waren danach nicht nur Polderflächen, sondern auch Uferzonen. An der West- und Nordseite des Sees sackte bei Moormächtigkeiten von ca. 8 m die Moorbodenoberfläche von + 0,2 - + 0,4 m HN auf - 0,3 bis ± 0 m HN um mehrere Dezimeter. Auch an der Ostseite des Kachliner Sees und an der Reetzower Bäck kam es zu Sackungen.

Nach einer Zusammenstellung von Geländehöhen aus Vermessungen 1964 und 1978 sowie von Daten aus Teilflächen 1996 / 1997 (FH NEUBRANDENBURG) und 2000 (UMWELTPLAN GmbH) durch RUTKE u. a. (2000) ergeben sich auf den im Randbereich des Kachliner Sees gelegenen Polderflächen zwischen 1994 und 2000 Sackungen zwischen 0,1 und 0,6 m. Für die südliche Uferzone des Sees ergaben sich 0,3 - 0,5 m, für die westliche Uferzone bis 0,5 m, für die nördliche Uferzone bis ca. 0,6 m, die östliche Uferzone, nördlich Adlerberg

0,4 - 0,5 m und südlich Adlerberg 0,3 - 0,4 m. Außerhalb der Uferzone sind die Differenzen etwas geringer. Im Bereich der Reetzower Bäck liegen sie bei 0,2 - 0,3 m. Der durchschnittliche jährliche Sackungsbetrag wurde mit 0,3 - ca. 1,7 cm ermittelt.

V. ENGELHARDT (1948) hat in der Senke manchmal „in tieferer Lage eine Schicht mittelstark zersetzten Torfes“ von nur wenigen dm Mächtigkeit gefunden.

Zur Überprüfung möglicher Torfsackungen wurden die Sondierungen innerhalb des Moorkörpers unter Bezug auf den Bohrzeitpunkt bewertet. In der zentralen Thurbruchsenke östlich des Kachliner Sees wurden innerhalb und östlich des großen Torfbruches 1947 / 1948 Sondierungen zur Torferkundung abgeteuft (BORBERG 1947; V. ENGELHARDT 1948). In diesen Bereichen wurden zahlreiche weitere Bohrungen (MÜLLER 1990) niedergebracht. Die Altbohrungen 1947 / 1948 weisen überwiegend Mächtigkeiten von 2,2 - 2,3 m, die Bohrungen 1990 in unmittelbarer Nachbarschaft etwa 1,7 - 1,8 m aus. Damit deuten sich auch hier Sackungen von ca. 0,5 m bei einer Ausgangsmächtigkeit von nur wenig über 2 m im Zeitraum von 1947 bis 1990 an. In Längsschnitten (u. a. Bestandsprofile nach SCHNEIDER 1969) an den Gräben 22/2, 22/2/1 und 22/3 wurden 1966 die Moortiefen für diesen Zeitraum dokumentiert. Auch hier wurden 1990 weitere Bohrungen abgeteuft. Ein Vergleich nahegelegener Bohrungen weist auch hier großflächig für die zentrale Thurbruchsenke Unterschiede in der Moormächtigkeit überwiegend von etwa 0,4 - 0,5 m (mit Schwankungen von etwa 0,3 - 0,6 m) auf und belegt damit flächige Torfsackungen innerhalb dieses Zeitraumes.

Bodenuntersuchungen von 1978 zeigen bereits Strukturschäden im Torf, die eine geringe Wasserdurchlässigkeit zur Folge haben (s. o.). Relativ häufig werden Bröckelhorizonte im Oberboden angetroffen, teilweise treten Vermullungserscheinungen auf. Je nach Witterung herrscht ein Wechsel zwischen Tagwasservernässung und starker Austrocknung.

Dies verdeutlichen auch Standortuntersuchungen aus den Jahren 1989 / 1990 auf verschiedenen Teilflächen des Thurbruchs (MÜLLER 1989 und 1990). Danach ist die obere Torfschicht in 10 bis 20 cm Tiefe durch Mineralisierungsvorgänge mehr oder weniger stark vererdet, teilweise sogar vermullt. Die ehemaligen Sauer- und Basentorfe sind im Verlaufe der Intensivbewirtschaftung eutrophiert.

Infolge der intensiven Meliorationsmaßnahmen (bei Grundwasserständen von mehr als 1 m unter Gelände im Sommer und über 0,5 m im Sommer zwischen 1974 und 1980) haben Degradierungsvorgänge den Moorkörper negativ verändert. Die oberflächennahen Torfschichten wurden mineralisiert und vermullten, während sich darunter Aggregierungshorizonte bildeten. Aus den ehemaligen Fen- und Erdfenstandorten wurden Fenmulm und sogar z. T. reine Mulmstandorte. Im Bereich von flachgründigen Torfauflagen (Nto II-III) ist der obere Torfkörper vielfach bereits zu Sandantorf mineralisiert.

Häufig treten in einer Tiefe von 15 - 25 cm des Torfkörpers ca. 10 cm starke Verdichtungshorizonte auf, die die Wasserdurchlässigkeit erheblich reduzieren. Daher kommt es nach Starkregen und zur Zeit der Schneeschmelze zur Verzögerung der Versickerung (Tagwasservernässung). Weiterhin ist durch die Degradierungsprozesse eine allgemeine Reduzierung der Wasserzügigkeit der oberen Torfschichten vorhanden. Periodisch ist auch ein Grünlandumbruch erfolgt.

Ein- und Aufstaumaßnahmen zur generellen Aufhöhung der Wasserspiegel haben die Degradierung nur unwesentlich aufgehalten (MÜLLER 1989 und 1990).

Die eigentliche Niederung mit der Torfverbreitung beginnt unter Berücksichtigung der aktuellen TK 10 i. d. R. bei Geländehöhen von etwa + 2,50 bis + 2 m NN (s. o.). Von hier fällt das Gelände weiter in Richtung Kachliner See und Gothensee bis etwa auf ± 0 m NN ein. Geht man von einer ursprünglich weitgehend ebenen Mooroberfläche aus, müsste die ursprüngliche Mooroberfläche etwa im Teufenniveau von + 2 bis + 2,50 m NN, im Mittel von ca. + 2,25 m NN gelegen haben. Die Moormächtigkeiten im Bereich der randlichen Torfverbreitung liegen generell unter 0,5 m bis 0 m, so dass hier insgesamt nur von geringen Torf-

sackungen auszugehen ist. Damit kann von einer ursprünglichen Mooroberfläche etwa in o. g. Niveau ausgegangen werden.

In einzelnen Randbereichen (etwa in Ausbuchtungen der Senke, in einmündenden kleineren glazialen Senken und Bereichen des Durchströmungsmoores mit Grundwasseranstrom) ist der Niedermoortorf auch zwischen + 2,50 bis max. ca. + 3,50 m NN ausgegrenzt worden. Hier ist ursprünglich eine ausreichende randliche Speisung des Moorkörpers vor auszusetzen. Lokal setzt die Torfverbreitung bereits unter + 2,00 m NN aus. Infolge der großen Ungenauigkeiten im Verlauf der Höhenlinien in der aktuellen TK 10 erfolgte eine Überprüfung mit dem DGM.

Vor 1758 kann für den eigentlichen Niederungsbereich von Geländehöhen von mindestens etwa + 1,25 bis + 1,45 bzw. + 1,80 bis + 2,00 m NN (max. ca. + 2,25 m NN) bei Annahme eines Wasserstandes von + 1,10 m bzw. + 1,65 m NN ausgegangen werden (siehe Abschnitt 3.5.2.1). Die unabhängig voneinander ermittelten Geländehöhen zeigen eine gute Übereinstimmung.

Ingesamt ergeben sich für die zentrale Thurbruchsenke folgende Annahmen:

vor 1758	Geländehöhen ca. + 2,25 m NN	Torfsackung gering
nach 1772	Geländehöhen etwa + 0,9 - 1,3 m NN	Torfsackung ca. 0,90 m
bis 1887	Geländehöhen etwa + 1 m NN	Torfsackung ca. 0,30 m
vor 1968	Geländehöhen etwa + 0,6 - + 0,7 m NN	Torfsackung ca. 0,30 m
nach 1968	Geländehöhen etwa + 0,1 - + 0,2 m NN	Torfsackung ca. 0,50 m

3.5.2.3 Ganglinien der Wasserstandsschwankungen im Gothensee / Thurbruch

Der Wasserstand des Gothensees wird seit 1972 mit Unterbrechung der Jahre 1975 - 1977 täglich am Pegel Neuhaus Süd (Seeauslauf Sack-Kanal) beobachtet. Die monatlich mittleren Wasserstände wurden durch das StALU Vorpommern für den Gesamtzeitraum bis 06/2013 zur Verfügung gestellt.

Nach RUTKE u. a. (2000) ist das Thurbruch mit dem Gothensee und Kachliner See stets als ein einheitliches wasserwirtschaftliches System zu betrachten. Viele Jahrhunderte floss das Wasser aus dem Kachliner See mit freiem Gefälle zum Gothensee. Bei höheren Abflüssen erhöhte sich die Differenz der Wasserspiegel, bei geringen Abflüssen kam es zur Ausspiegelung. Früher, bei kleinerem Abflussquerschnitt der Reetzower Bäck, lag der Wasserspiegel im Kachliner See danach mit großer Wahrscheinlichkeit einige Dezimeter höher als der Gothensee.

Die Bäck weist nach RUTKE u. a. (2000) auch bei Hochwasserabflüssen nur ein sehr geringes Gefälle (< 0,1 m) auf. Bis zur Errichtung des Staubauwerkes 1985/86 standen beide Seen in direkter Verbindung.

Nach ZIMMERMANN (1978) galten unter der Voraussetzung, dass sich Kachliner See und der Gothensee ausspiegeln, für den Kachliner See die Wasserstände des Pegels Neuhaus Süd (Hauptzahlen 1974 - 1977). Nach RUTKE u. a. (2000) ist dies seit 1985/86 nicht mehr der Fall.

Abbildung 3 verdeutlicht die Entwicklung der Wasserstände im Gothensee (Pegel Neuhaus Süd) in den Jahren 1973 - 2011. Die Wasserstände sind nach Angabe des StALU Vorpommern maßgeblich vom Pumpbetrieb im Schöpfwerk Bansin im Sack-Kanal beeinflusst.

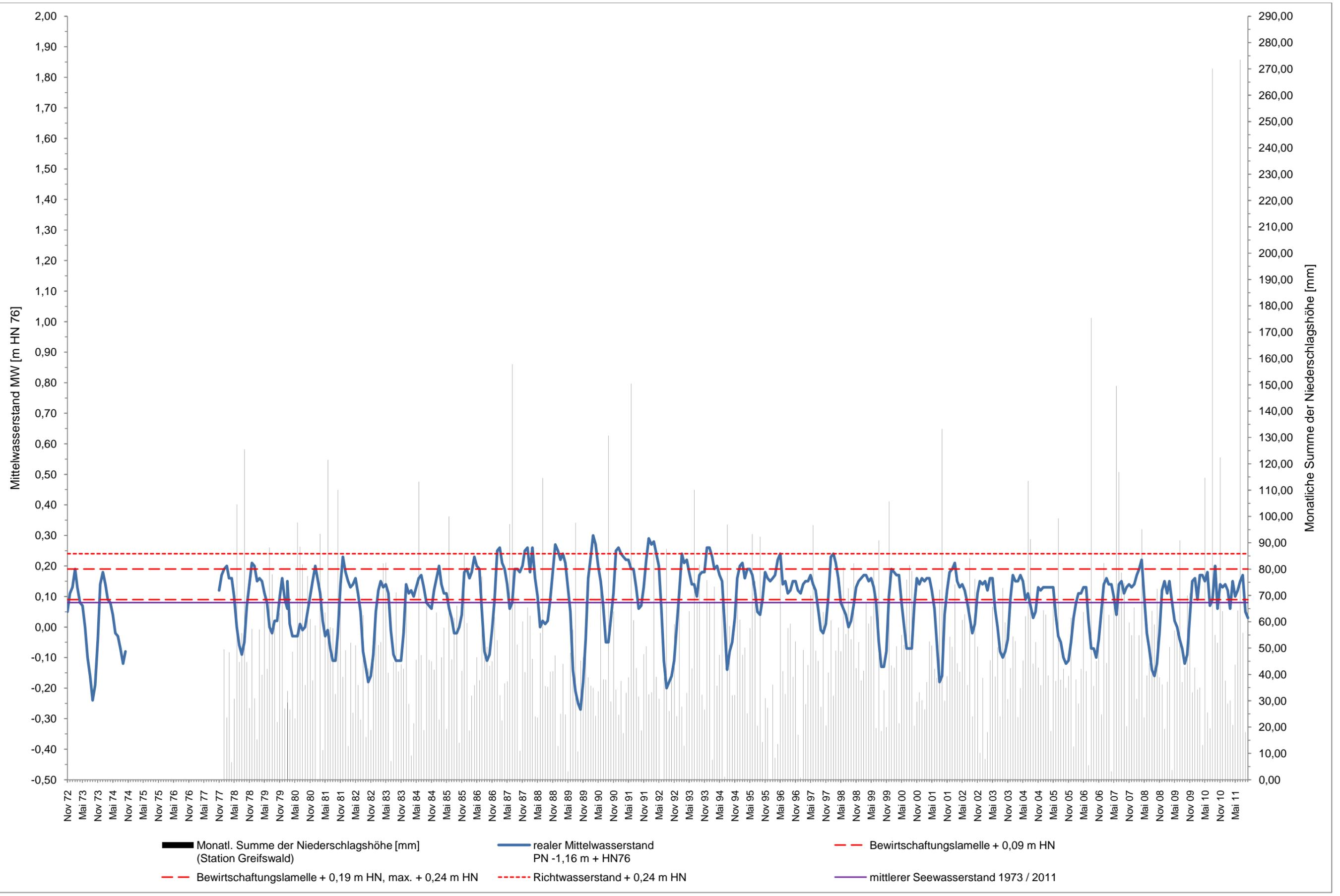


Abbildung 3: Gothensee - Pegel Neuhoft Süd: Mittlere monatliche Seewasserstände und Niederschlagshöhen 1973 - 2011

Die Hauptwerte 1973 / 2011 aus 36 Jahren (Fehljahre 1975, 1976, 1977) zeigt Tabelle 2.

Tabelle 2: Gothensee - Pegel Neuhof Süd: Wasserstände in m (PN = - 1,16 m + HN76), Hauptwerte 1973 / 2011

	Nov	Dez	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Wi	So	Jahr
Dat	1989	1989	1983	2006	1980	1980	1980	1980	1989	1992	1989	1989	1989	oft	1989
NW	-0,24	-0,15	-0,03	0,04	-0,03	-0,06	-0,08	-0,08	-0,20	-0,23	-0,30	-0,30	-0,24	-0,30	-0,30
MNW	0,01	0,08	0,13	0,14	0,14	0,13	0,10	0,05	-0,01	-0,05	-0,06	-0,04	0,00	-0,08	-0,11
MW	0,06	0,13	0,17	0,17	0,16	0,15	0,13	0,08	0,03	-0,02	-0,04	-0,01	0,14	0,03	0,08
MHW	0,10	0,18	0,21	0,20	0,19	0,18	0,16	0,12	0,08	0,02	0,00	0,03	0,23	0,17	0,24
HW	0,26	0,30	0,32	0,30	0,31	0,30	0,26	0,24	0,30	0,29	0,25	0,22	0,32	0,30	0,32
Dat	1987	1988	1992	1987	1990	1990	1991	1986	2011	2011	2010	1987	1992	2011	1992

Die mittleren Wasserstände liegen 1973 / 2011 bei + 0,08 m HN bzw. + 0,23 m NN. Deutliche Unterschiede ergeben sich zwischen hydrologischen Winter- (+ 0,14 m HN) und Sommerhalbjahren (+ 0,03 m HN). 1973 lagen die Wasserstände bei 0,01, 1980 0,02, 1990 0,09, 2000 0,06 und 2010 0,13 m HN innerhalb der langjährigen Schwankungsamplitude.

Der niedrigste Wasserstand (NW) wurde mit - 0,30 m HN im September / Oktober 1989, der höchste Wasserstand (HW) mit + 0,31 m HN im März 1990 gemessen.

Die langjährigen Mittelwerte der Seespiegel liegen in den Monaten Juni - November deutlich unter den Werten in den übrigen Monaten. Der niedrigste Mittelwert liegt mit - 0,04 m HN im September. In Abhängigkeit von den klimatischen Bedingungen (u. a. Niederschlag, Verdunstung) weisen auch die Mittelwerte erhebliche Schwankungen auf. Die Werte bestätigen im Grundsatz auch die früheren Messreihen, wie etwa bei RUTKE u. a. (2000).

3.5.3 Hydrologischer Ist-Zustand

3.5.3.1 Einzugsgebiete

Das ca. 64,5 km² große oberirdische Einzugsgebiet von Gothensee und Thurbruch verdeutlicht die Anlage 1. Die oberirdische Wasserscheide verläuft im Bereich des westlich gelegenen Höhenzuges von der Ostsee westlich von Heringsdorf über Bansin Dorf, den Kückelsberg und die Heidberge nach SW, folgt dann der südlichen Endmoräne nördlich von Dargen nach Osten, um dann ab Zirkow über die östlich gelegenen Höhen und Korswandt östlich von Ahlbeck die Ostsee zu erreichen (s. o.).

Die Senke wird über den am Nordende des Gothensees eingetieften Sack-Kanal direkt zur Ostsee entwässert.

Im Einzugsgebiet liegen der Gothensee und der Kachliner See. Beide Seen sind über die 2,55 km lange Reetzower Bäck miteinander verbunden und vergleichsweise flach. Der Gothensee hat eine mittlere Tiefe von ca. 1,20 m, der Kachliner See von 0,49 m. In den Sommermonaten verlanden Teile des Gewässers. Der Wasserstand der Seen wird weitgehend über Pumpwerke reguliert.

Infolge der seit dem 18. Jahrhundert durchgeführten meliorativen Maßnahmen ist die landwirtschaftliche Nutzung des Talraumes erheblich intensiviert worden. Die Polder stellen Teileinzugsgebiete dar, die untergeordneten oberirdischen Wasserscheiden verlaufen im Bereich von Dämmen und / oder Wegen (siehe Anlagen 1 und 2). Im Rahmen der Komplexmelioration 1966 bis 1969 wurden die Polder

Kachlin	(Einzugsgebiet WBV 17,750 km ²),
Labömitz	(Einzugsgebiet WBV 9,912 km ²),
Korswandt	(Einzugsgebiet WBV 8,144 km ²) und
Gothen	(Einzugsgebiet WBV 2,905 km ²)

errichtet (insgesamt 38,71 km²).

Die Einzugsgebiete erfassen anteilig jeweils das Thurbruch (Polder Kachlin 7,06 km², Polder Labömitz 3,83 km², Polder Korswandt 4,42 km² und Polder Gothen 0,69 km²) und die angrenzenden mineralischen Böden bis zur Einzugsgebietsgrenze / Wasserscheide. Nach Fertigstellung der Polder jeweils mit Schöpfwerken und Stauanlagen konnten die Wasserstände in fast allen Flächen des Thurbruchs künstlich reguliert werden. Der gesamte ober- / unterirdische Abfluss aus den Teileinzugsgebieten sammelt sich im Gothensee und wird über den ca. 1,6 km langen Sack-Kanal zur Ostsee abgeführt.

Polder Kachlin

Der Polder erfasst den westlichen bis südwestlichen Teil des Thurbruchs und schließt das West-, Süd- und Ostufer des Kachliner Sees ein. Der ober- / unterirdische Zufluss erfolgt von den Wasserscheiden über den West- und den Südhang des Thurbruchbeckens. Im Norden grenzt der Polder Labömitz, im Osten der Polder Korswandt an. Im Poldereinzugsgebiet liegen die Orte Kachlin, Katschow im W und Görke und Kutzow im S.

Polder Labömitz

Der Polder erfasst den NW-Teil des Thurbruchs zwischen dem Nordufer des Kachliner Sees und dem Gothensee und wird über die Reetzower Bäck (Graben 26) entwässert. Im Bereich der nordwestlichen Wasserscheide werden Höhen über + 50 m NN erreicht. Im Einzugsgebiet liegen Labömitz und Reetzow. Seit der Eindeichung des Kachliner Sees (s. u.) ist dieser dem Polder Labömitz zuzuordnen.

Polder Korswandt

Der Polder nimmt den östlichen Teil des Thurbruchs zwischen Zirchow, Ulrichshorst und Korswandt einschließlich des südlichen Ufers des Gothensees ein. Der ober- / unterirdische Zufluss erfolgt von den Wasserscheiden über den Ost- und Südosthang des Thurbruchbeckens. Im Einzugsgebiet liegen die Orte Zirchow, Ulrichshorst und Korswandt. Seit 1986 / 1987 ist die Aal-Beek (einschließlich Parchen-Niederung) nicht mehr direkt an den Gothensee, sondern an den Polder Korswandt angeschlossen (RUTKE u. a. 2000). Dies diente der besseren Entwässerung stark vernässter Grünlandflächen, anteilig auch von Gartenland im Bereich der Ortslage Ahlbeck. Das Einzugsgebiet hat sich danach auf 12,82 km² vergrößert. Der Polder Korswandt befindet sich nach Auskunft des WBV in sehr gutem Zustand und ist gut bewirtschaftbar.

Polder Gothen

Der Polder Gothen liegt im Bereich der halbinselförmig in den Gothensee ragenden Niederungsfläche. Der ober- / unterirdische Zufluss erfolgt – deutlich eingeschränkt – aus den östlich angrenzenden Höhen. Im Einzugsgebiet liegt die Ortschaft Gothen.

Nach RUTKE u. a. (2000) werden 42,46 km² durch die o. g. Schöpfwerke (ca. 75% des Gesamteinzugsgebietes) künstlich entwässert.

Nach ZIMMERMANN (1978) wurde – bedingt durch die geringen Geländehöhen – der oberflächennahe Grundwasserhorizont im Thurbruch vom Wasserstand des Gothensees und des Kachliner Sees beeinflusst. Die Niederungsflächen wiesen nur geringe Abflussspenden auf.

Der Kachliner See, die Reetzower Bäck und der Gothensee am Süd- und Ostufer wurden 1983 - 1986 gesondert eingedeicht. Zielstellung war hier nach MÜLLER (1979) der Schutz gegen Hochwasser (nach RUTKE u. a. 2000 Vermeidung eines Wasserabflusses aus dem Kachliner See und der Bäck, aber auch über das Süd- und Ostufer des Gothensees) sowie die Erreichung eines Winterstauzieles von + 0,35 m HN. Dazu wurden in den Poldern auch weitere Stau errichtet.

NOESKE 1978 verwies darauf, dass bis dahin das Winterstauziel von + 0,35 m HN nicht eingehalten werden konnte, da im Frühjahr in den landwirtschaftlichen Nutzflächen zu starke Vernässungen aufgetreten sind. Dies war insbesondere in den Seenniederungen und im Bereich der Bäck zu verzeichnen, ursächlich bedingt durch Sackungen des Geländes durch den häufigen Wechsel der Wasserstände im Bereich des Moorstandortes. Die künstlich entwässerten Flächen der Polder Kachlin und Labömitz umschließen den Kachliner See vollständig.

Bei einem Mittelwasser von - 0,01 m HN, dem o. g. Winterstauziel und einer flächenmäßigen Ausdehnung von 101 ha (aktuelle Wasserfläche 78,5 ha, s. o.) ergibt sich hier nach MÜLLER (1979) ein Stauvolumen von 363.600 m³. Zur Einhaltung des geplanten Stauzieles wurde im unmittelbaren Abstrom des Kachliner Sees in der Reetzower Bäck ein Stau (im Oberstrom des Schöpfwerkes Labömitz) errichtet.

Die Entwässerung der Polder erfolgt weitgehend durch Schöpfwerke über die Reetzower Bäck und weitere Vorflutgräben zum Gothensee.

3.5.3.2 Deiche

Zur Vermeidung eines Wasserabflusses aus dem Kachliner See und der Bäck, aber auch über das Süd- und Ostufer des Gothensees wurde der Kachliner See, die Bäck und der Gothensee am Süd- und Ostufer eingedeicht.

Aufgrund der z. T. problematischen Baugrundverhältnisse, insbesondere am Westufer des Kachliner Sees, gelang es nach RUTKE u. a. (2000) nicht, überall eine standsichere Verwaltung zu schaffen. Außerdem wurde auf gesamter Länge – abweichend vom Baugrundgutachten mit einer Forderung von Überhöhungen bis 300% – auf 60% der Deichlänge generell nur eine Überhöhung von 100% zur Deichhöhe berücksichtigt.

Die Deiche um den Kachliner See und die Reetzower Bäck sollten nach MÜLLER (1979) eine Kronenhöhe von + 1 m HN, eine Kronenbreite von 2,5 m, eine Außenböschung von 1 : 4 und eine Innenböschung von 1 : 3 haben. Entsprechend Festlegung wurde nur eine Kronenhöhe von + 0,6 m HN (Überhöhung nur 100 % ohne erforderliche Überschüttungen) realisiert. Nach LINKE (1982b) wurden Setzungen durch Moorsackung infolge von Wasserspiegelabsenkungen ebenfalls nicht berücksichtigt. Nach RUTKE u. a. (2000) sollte die Böschungsneigung beidseitig 1 : 2, der Abstand vom Randgraben > 4 m betragen. Zur Materialentnahme wurde die Sohle des Grabens 22/1 auf 5 m, die des Grabens 26/4 auf 3 m verbreitert, die Deiche bestehen fast vollständig aus organogenem Material (RUTKE u. a. 2000). Bei einer Überprüfung der Deichhöhen haben RUTKE u. a. (2000) am Südufer Kronenhöhen von 0,5 bis 1,1 m HN, am Westufer fast durchgehend von - 0,2 bis 0,4, max. 1 m HN, am Nordufer von 0,4 bis 1 m HN und am Ostufer von 0,1 bis 0,7 m HN festgestellt. Die Verwallungen um den Kachliner See werden vom WBV als Deiche geführt, Unterhaltungen haben sich seit dem Jahr 2000 im Wesentlichen auf den Verschluss der Durchbrüche (s. o.) beschränkt. Von zwischenzeitlich weiteren Sackungen wird ausgegangen.

An der Bäck sollte die Kronenhöhe nach Sackung + 0,6 m HN betragen. Die Höhen wurden 2000 an der Nordseite mit 0,4 bis 0,7 m HN und an der Südseite mit 0,3 bis 0,6 m HN ermittelt. Zur Materialentnahme wurde die Bäck von 5 auf 7 m verbreitert. MÜLLER (1982a) verweist auch hier auf eine Überhöhung von nur 100 % und darauf, dass die Moordeiche instandhaltungsaufwendig sind. LINKE (1982a) verweist darauf, dass infolge der jeweils beidseitig in 4 m Abstand angelegten Entnahmegräben Probleme bei der Deichunterhaltung zu erwarten sind. Beim WBV werden diese Verwallungen nicht als Deiche geführt, Unterhaltungen wurden nicht durchgeführt (und sind überwiegend auch nicht mit vertretbarem Aufwand möglich).

Die Erhaltung der Verwallungen ist nach RUTKE u. a. (2000) eine Voraussetzung für eine weitere Bewirtschaftung der Polder. Im Ergebnis der Überprüfung stellen sie fest, dass auf-

grund der hohen Mächtigkeit und breiigen Konsistenz der Mudden an der Westseite des Kachliner Sees die Verwallung mit ökonomisch vertretbarem Aufwand nicht zu sanieren ist (Gefahr von Setzungen und Grundbrüchen). Deshalb wird vorgeschlagen, die Verwallung zwischen Station 6+00 bis 31+60 aufzugeben und die angrenzenden Flächen von den Poldern abzugrenzen. Die organogenen Bildungen erreichen in einer rinnenförmigen Vertiefung am West- und Nordufer des Sees Mächtigkeiten bis ca. 8 m, wobei hier überwiegend Mudden erbohrt wurden (s. o.).

Nach Auskunft des WBV wird der Deich am Südufer des Gothensees regelmäßig unterhalten.

Neben dem Anschlussgraben der Aal-Beek an den Polder Korswandt am Ostufer des Gothensees wurde mit dem Bodenaushub auch hier eine ca. 750 m lange, seeseitige Verwallung angelegt.

3.5.3.3 Entwässerungsgräben und Stauanlagen

In jedem Polder wurde bei der Komplexmelioration ein System von Vorflutern und Binnengräben geschaffen. Höher liegende Flächen wurden durch Dränung entwässert (MÜLLER 1979).

Vor Durchführung der Meliorationsmaßnahmen ab 1966 waren nach MÜLLER (1979) vom Thurbruch überwiegend nur Randlagen ausreichend entwässert. Die zentrale Fläche war teilweise Ödland bzw. sehr feucht (sehr nasse Seggenriede). Hier wurden die Gräben größtenteils im Abstand von ca. 100 m angelegt. Nach über 10jähriger Intensivwirtschaft gab es in den ehemals am stärksten vernässten Zentralflächen keine Riedwiesen mehr, Süßgraswiesen prägten das Bild. Zunehmend traten jetzt nach MÜLLER Staunässeanzeiger auf, die auf Oberbodenstau durch Torfmineralisierung (Vermullung) als Folge einer zu starken Entwässerung und der gleichzeitigen Intensivnutzung (einschließlich öfteren Bodenbruchs) zurückgeführt wurden. Tagwasservernässung und starke Austrocknung wechselten.

Polder Kachlin

Hauptgraben des Polders ist der Knüppelgraben (Graben 22), der von der östlichen Einzugsgebietsgrenze nördlich von Kutzow zunächst parallel zum Talrand E - W verläuft und dann an der Geländeauftragung nördlich von Görke in die NW - Richtung zum Schöpfwerk Kachlin im SE des Kachliner Sees umschwenkt (siehe Anlage 2). Er ist der Vorfluter für die Gräben 22/2, 22/3, 22/5, 22/6 und 22/7 und entwässert Niederungsflächen des Thurbruchs und alle südlichen Zuflüsse und besitzt im Polder die größte Wasserführung. Der Graben 22/2 entwässert das Gebiet östlich des Kachliner Sees bzw. im NE des Polders, der Graben 22/3 den zentralen Teil der östlichen Polderfläche, die Gräben 22/5 und 22/7 die Flächen nördlich des Knüppelgrabens, der Graben 22/6 den südlichen Randbereich.

Der Ringgraben (Graben 22/1) erfasst den Zufluss bei Katschow, umschließt den Kachliner See im Osten (mit weiteren Zuflüssen bei Kachlin) und Süden und mündet dann direkt in den Mahlbusen am Schöpfwerk ein. Von Süden mündet der Graben 22/4 ein, der die Niederung der Dammwiesen zwischen Kachlin und Görke entwässert. Die Angaben zu den Längen, Sohlbreiten und Sohl-tiefen entsprechen den aktuellen Daten des Wasser- und Bodenverbandes (2013).

Tabelle 3: Längen, Sohlbreiten und -tiefen des Hauptgrabens und seiner Zuflüsse im Polder Kachlin

Graben	Länge	Sohlbreite		Sohltiefe	
		von	bis	von	bis
22	2.870 m	1,5 m		1,5 m	3,5 m
22/1	3.230 m	4,0 m		1,5 m	3,0 m
22/2	1.965 m	1,0 m		2,0 m	2,5 m
22/3	2.468 m	0,8 m	1,0 m	1,5 m	2,5 m
22/4	1.420 m	1,0 m		1,5 m	2,0 m
22/5	1.676 m	1,0 m		2,5 m	
22/6	1.915 m	1,0 m		1,5 m	2,5 m
22/7	710 m	1,0 m		2,0 m	

Die Sohliefen nehmen jeweils in Richtung des Vorfluters, hier des Grabens 22, zu. Die Tiefen der jeweils nachgeordneten Gräben verdeutlicht Tabelle 4.

Tabelle 4: Sohliefen der nachgeordneten Gräben im Polder Kachlin

Graben	Sohltiefe	
	von	bis
22/082/1	0,8 m	
22/3/127	0,9 m	1,5 m
22/1/097/1, 22/6/124	1,0 m	
22/073, 22/074, 22/076 - 22/079, 22/081, 22/083, 22/084, 22/1/097, 22/1/100, 22/1/101, 22/1/107 - 22/1/112, 22/1/114, 22/2/008, 22/2/008/1, 22/2/009, 22/2/014, 22/2/016, 22/2/017, 22/2/018 - 22/2/023, 22/2/1/026, 22/2/1/027, 22/2/1/032, 22/2/1/105, 22/2/117 - 22/2/119, 22/2/119/1, 22/3/029, 22/3/034, 22/3/037, 22/3/103, 22/3/125, 22/3/126, 22/4/090 - 22/4/094, 22/4/096/1, 22/4/106, 22/4/106/1, 22/5/046, 22/5/048, 22/5/050, 22/5/052, 22/5/054, 22/5/056, 22/5/059, 22/5/060, 22/5/067, 22/5/070, 22/5/072, 22/6/080, 22/6/080/1, 22/6/120 - 22/6/123, 22/7/039, 22/7/040, 22/7/042, 22/7/044	1,5 m	
22/1/098, 22/1/102, 22/2/013, 22/2/1/028, 22/5/051, 22/5/058, 22/5/061 - 22/5/066, 22/5/068, 22/5/069, 22/5/071	1,5 m	2,0 m
22/2/017/01	1,8 m	
22/1/099, 22/2/006, 22/2/007, 22/2/011, 22/2/024, 22/2/1/025, 22/4/095, 22/4/096	2,0 m	
22/2/1	2,0 m	2,5 m
22/082	2,5 m	

Ein Vergleich der Sohliefen von 1,5 bis 3,5 m in den einzelnen Vorflutern (Tabelle 3 und Tabelle 4) mit den meist geringen Moormächtigkeiten von überwiegend < 1,0 bis 1,5 m südlich des Thurdamms und > 1,5 bis > 2,0 m im zentralen Thurbruch (siehe Anlage 2) zeigt, dass in großen Teilen des Polders der Moorkörper in den Gräben entfernt und liegende Sande angeschnitten wurden. Nicht der Fall ist dies in einzelnen Senken, insbesondere jedoch westlich des Kachliner Sees im Vorflutsystem des Grabens 22/1, wo infolge der großen Mächtigkeit der organogenen Bildungen diese nicht durchteuft, aber 1,5 - 3,0 m tief angeschnitten werden. Am Südufer des Sees ist der Moorkörper wieder durchörtert, im südlichen

Anschluss (Graben 22/4) in Hochlagen der Sande. Dies gilt infolge der Tiefen von meist über 1,5 m auch für die nachgeordneten Gräben.

Zwischen Kachliner und Gothensee und im östlichen Thurbruch unterlagern Fein- bis Mittelsande in hydraulischer Verbindung die schluffigen Feinsande, in der Umrandung des Kachliner Sees ist jedoch keine HV vorhanden (siehe Anlage 2).

Insgesamt sind im Polder 60.829 m Binnengräben vorhanden. In den Gräben sind 9 Staue positioniert (siehe Anlage 2).

Bei den Stauanlagen handelt es sich in der Regel um Rohrdurchlässe mit Staukopf (mit Jalousietafel und Spindelaufzug). Der Stau (DL 1000) im Graben 22 liegt unmittelbar stromab der Einmündung des aus südlicher Richtung zusitzenden Grabens 22/6. Im Ringgraben (Graben 22/1) westlich des Kachliner Sees liegt im Übergang zum Polder Labömitz ein Stau DL 600 (s. u.). Ein weiterer Stau (DL 1000) befindet sich stromauf der Einmündung des Grabens aus der Senke NW Görke. Hier kann u. a. ein Rückstau des Zuflusses aus den seitlich einmündenden Gräben bei Kachlin und Katschow erfolgen. Im Graben 22/2 erlauben Staue DL 500 und DL 800 den Rückstau in einem oberen und einem mittleren Abschnitt einschließlich aller zusitzenden Gräben innerhalb der zentralen Thurbruchsenke. Eine Zufuhr von außen ist nicht gegeben. Weitere 2 Staue finden sich stromauf im Grabensystem 22/2/1 (beide DL 600), die einen Rückhalt im nordöstlichen Teil des Polders (ohne äußeren Zufluss) ermöglichen. Ein Stau im Graben 22/3 (DL 800) liegt unmittelbar vor der Einmündung in den Graben 22. Damit ist hier ein Rückhalt in den Gräben 22/2 (unterer Abschnitt) und 22/3 einschließlich der nachgeordneten Gräben (ohne Zufluss von außen) möglich. Der Stau im Graben 22/5 erlaubt einen Rückstau in der östlichen Hälfte des Grabensystems, hier ebenfalls ohne äußeren Anstrom). In den Bereichen mit Grundwasseranschnitt sind Auswirkungen der Grundwasserstände auf die Wasserstände innerhalb des Grabensystems und damit des Moorkörpers vorzusetzen.

Polder Labömitz

Der Polder wird über die Reetzower Bäck (Graben 26) mit einem Gefälle von 0,1‰ entwässert. Das Schöpfwerk liegt östlich Labömitz, die Polderfläche südöstlich der Bäck ist über einen Düker angeschlossen. Der Graben 26 bildet die Vorflut für den Graben 26/1 (nordwestlich des Schöpfwerkes), 26/2 (südwestlich) und 26/3 (Vorflutsystem östlich der Bäck), jeweils mit einem Gefälle von $\geq 0,3\text{‰}$.

Tabelle 5: Längen, Sohlbreiten und -tiefen des Hauptgrabens und seiner Zuflüsse im Polder Labömitz

Graben	Länge	Sohlbreite		Sohltiefe	
		von	bis	von	bis
26	2.600 m	7,0 m		2,0 m	
26/1	2.690 m	0,5 m	1,0 m	0,6 m	2,5 m
26/2	2.126 m	1,0 m		2,0 m	2,5 m
26/3	1.160 m	1,0 m		2,0 m	2,5 m
26/4	52 m	1,0 m		2,5 m	

Die Sohliefen der jeweils nachgeordneten Gräben zeigt Tabelle 6.

Tabelle 6: Sohliefen der nachgeordneten Gräben im Polder Labömitz

Graben	Sohlentiefe	
	von	bis
26/1/008	0,6 m	1,3 m
26/1/008/1	0,8 m	
26/1/064/1	1,0 m	
26/1/002, 26/1/004, 26/1/006, 26/1/064, 26/1/065, 26/1/065/1, 26/2/034/1, 26/2/036, 26/2/038 - 26/2/041, 26/2/044, 26/2/045, 26/2/049, 26/2/051, 26/2/054, 26/2/058 - 26/2/061, 26/3/011, 26/3/011/1, 26/3/012, 26/3/014 - 26/3/020, 26/3/048, 26/3/050, 26/3/063, 26/3/066/1, 26/3/067, 26/3/068, 26/3/024, 26/3/025, 26/3/030, 26/3/031, 26/3/062	1,5 m	
26/1/001, 26/1/003, 26/1/005, 26/1/007, 26/2/033, 26/2/035, 26/2/046, 26/2/047, 26/3/010, 26/3/032	1,5 m	2,0 m
26/2/034, 26/2/042, 26/2/057, 26/3/021, 26/3/066, 26/3/1, 26/3/1/022, 26/3/1/023, 26/3/026, 26/3/028, 26/3/029	2,0 m	
26/2/037	2,5 m	

Ein Vergleich der Sohlentiefe von durchgehend etwa 2 m in der Bäck mit der Mächtigkeit der organogenen Bildungen verdeutlicht, dass auch hier im Graben der Moorkörper meist bis zum Liegenden durchteuft wurde. Ausgenommen sind davon die Senkenbereiche am nördlichen Kachliner See, östlich von Labömitz und südlich von Reetzow (siehe Anlage 2). Dies gilt auch für die Grabensysteme 26/1 und 26/2, wo Verbindungen zu den liegenden GWL insbesondere südöstlich von Labömitz bestehen. Das Grabensystem 26/3 südöstlich der Reetzower Bäck erfasst mit den Moormächtigkeiten von etwa 1,5 bis ≥ 2 m weiträumig das Liegende (siehe Tabelle 5 - Tabelle 6). Dies gilt infolge der Tiefen von meist über 1,5 m auch für die nachgeordneten Gräben.

Insgesamt sind im Polder 38.337 m Binnengräben vorhanden. Neben dem Stau in der Bäck ist ein Stau im Graben 26/4 vorhanden (siehe Anlage 2). Beim Bau der Verwallung um den Kachliner See wurden der westliche (Graben 22/1) und nördliche Ringgraben (26/2) miteinander verbunden (Graben 26/4). Durch den Rohrdurchlass mit Stauschacht kann die Fließrichtung zwischen den Poldern Kachlin und Labömitz reguliert werden (vgl. auch RUTKE u. a. 2000).

Das Staubauwerk an der Bäck besteht nach RUTKE u. a. (2000) aus einem Rohrdurchlass DN 1000 mit einem Staukopf aus Stahlblech, der Staurahmen hat eine lichte Weite von 1,12 m. Eine Feinregulierung des Wasserstandes stromauf (OK des Stauverschlusses im geschlossenen Zustand + 0,39 m HN) ist möglich.

Infolge des Einschnitts von Teilen des Grabensystems in die liegenden grundwasserführenden Schichten sind z. T. deutliche Abhängigkeiten in der Stauwirkung von der Höhe der Grundwasserstände bzw. dem Grundwasserfließgeschehen zu erwarten.

Polder Korswandt

Der Polder entwässert über den Graben 23, der nördlich von Ulrichshorst etwa parallel zum Südufer des Gothensee verläuft. Das Schöpfwerk liegt nordwestlich von Korswandt am südöstlichen Ufer des Sees. Der Graben 23 bildet die Vorflut für den Graben 23/1 (nordwestlich Ulrichshorst), der durch das Zentrum der Polderfläche verläuft. Angeschlossen sind die Gräben 23/1/1 im Bereich südlich von Ulrichshorst, 23/1/2 (an der Grenze zum Polder Kachlin) und 23/1/3 (Vorflutsystem des ehemaligen Knüppelgrabens).

Tabelle 7: Längen, Sohlbreiten und -tiefen des Hauptgrabens und seiner Zuflüsse im Polder Korswandt

Graben	Länge	Sohlbreite		Sohltiefe	
		von	bis	von	bis
23	2.155 m	1,0 m	5,0 m	2,0 m	3,5 m
23/1	2.123 m	1,0 m		2,0 m	
23/1/1	737 m	1,0 m		1,5 m	
23/1/2	1.785 m	1,0 m		1,5 m	2,0 m

Die Sohliefen der nachgeordneten Gräben sind in Tabelle 8 zusammengestellt.

Tabelle 8: Sohliefen der nachgeordneten Gräben im Polder Korswandt

Graben	Sohltiefe	
	von	bis
23/001 - 23/006, 23/036, 23/043, 23/1/012, 23/1/024 - 23/1/026, 23/1/030, 23/1/032, 23/1/037, 23/1/047, 23/1/048, 23/1/050, 23/1/053, 23/1/055, 23/1/056, 23/1/1/007, 23/1/1/007/2, 23/1/1/009, 23/1/2/016, 23/1/2/018 - 23/1/2/022, 23/1/2/033, 23/1/2/040, 23/1/2/045, 23/1/2/046, 23/1/3	1,5 m	
23/1/027 - 23/1/029, 23/1/031, 23/1/1/008, 23/1/1/010, 23/1/1/011, 23/1/2/013 - 23/1/2/015, 23/1/2/017, 23/1/2/023	1,5 m	2,0 m

Die Moormächtigkeiten im Polder liegen weiträumig unter 1 m, lediglich in Senken am Südufer des Gothensees und im Süden und Südosten des Polders werden Mächtigkeiten über 2 m erreicht (siehe Anlage 2). Ein Vergleich mit den Sohliefen des Grabens 23 zwischen 2 und 3,5 m zeigt, dass auch hier nicht nur der Moorkörper, sondern auch der liegende GWL entwässert wird. Dies gilt überwiegend auch für die Gräben 23/1, 23/1/1 und 23/1/2 sowie die jeweils nachgeordneten Gräben mit Sohliefen von 1,5 - 2 m.

Insgesamt sind im Polder 30.378 m Binnengräben und 5 Stau vorhanden (siehe Anlage 2).

Der Rohrdurchlass mit Staukopf (DL 1200) im Graben 23 liegt unmittelbar stromauf des Mahlbusens am Schöpfwerk, so dass hier ein Rückstau im gesamten Graben möglich ist. Im Graben 23/1 erfolgt der Rückhalt durch einen Stau (RL 700) vor der Einmündung in den Graben 23 (westlich Ulrichshorst) und einen weiteren (DL 500) südwestlich Ulrichshorst. Ein weiterer Stau (DL 700) befindet sich stromauf der Einmündung des Grabens 23/1/3 und dient dem Rückstau in der südlichen Polderfläche. Ein Stau im Graben 23/1/1 (DL 800) teilt diesen in einen oberen und einen unteren Abschnitt und erlaubt hier jeweils den Rückhalt in einem oberen und einem mittleren Abschnitt einschließlich aller zuziehenden Gräben. Die Zufuhr von außen ist nur gering. Die Stauwirkung ist infolge der vielfältigen hydraulischen Verbindungen zwischen dem Grabensystem und den liegenden Grundwasserleitern wesentlich vom Grundwasserfließgeschehen abhängig.

Seit 1986 / 1987 ist die Aal-Beek (einschließlich Parchen-Niederung) an den Polder Korswandt angeschlossen. Der parallel zum Ufer des Gothensees verlaufende Graben kann stromauf des Mahlbusens des Schöpfwerkes Korswandt über eine Stauanlage reguliert werden. Das Stauziel liegt bei + 0,2 m NN und konnte selbst in den Sommermonaten über einen längeren Zeitraum erreicht werden (AHRENS 1985).

Polder Gothen

Der Polder wird über den Graben 21 entwässert. Das Schöpfwerk liegt südlich von Gothen am nördlichen Ufer des abknickenden Gothensees. Der Graben 21 (Gefälle von 0,2‰) entwässert mit seinem Grabensystem den östlichen Teil der Niederung, der Graben 21/1 (Gefälle von 0,2‰) den westlichen Niederungsbereich.

Tabelle 9: Längen, Sohlbreiten und -tiefen des Hauptgrabens und seiner Zuflüsse im Polder Gothen

Graben	Länge	Sohlbreite		Sohltiefe	
		von	bis	von	bis
21	1.612 m	1,0 m		1,5 m	2,0 m
21/1	1.878 m	1,0 m		1,5 m	2,5 m

Die Tiefen der nachgeordneten Gräben zeigt Tabelle 10.

Tabelle 10: Sohltiefen der nachgeordneten Gräben im Polder Gothen

Graben	Sohltiefe	
	von	bis
21/001 - 21/004, 21/009, 21/011, 21/1/006, 21/1/018 - 21/1/020, 21/1/022, 21/1/024, 21/1/025	1,5 m	
21/005, 21/010, 21/012, 21/1/017, 21/1/021	1,5 m	2,0 m
21/008, 21/026	2,0 m	

Die Moormächtigkeiten im Polder liegen weiträumig unter 1,5 m, lediglich in der östlichen Senke am Graben 21 sind auch Mächtigkeiten über 2 m vorhanden (siehe Anlage 2). Hier ist nur der Moorkörper angeschnitten, sonst wurde mit den Gräben die holozäne Ablagerung vollständig (Sohltiefen der Gräben zwischen 1,5 und 2,5 m) durchörtert. Dies gilt überwiegend auch für die nachgeordneten Gräben mit Sohltiefen von 1,5 - 2 m (siehe Tabelle 9 bis Tabelle 10).

Insgesamt sind im Polder 11.585 m Binnengräben und 2 Stau vorhanden (siehe Anlage 2).

Ein Rohrdurchlass mit Staukopf (DL 1000) liegt im mittleren Grabenabschnitt des Grabens 21 und ermöglicht so den Rückhalt im oberen Teil des Grabens und den hier nachgeordneten Gräben. Im Graben 21/1 ist der Stau (DL 500) in der oberen Grabenhälfte angeordnet, so dass im höher gelegenen Teil des Einzugsgebietes ein Rückhalt möglich ist. Da hier jeweils der liegende Grundwasserleiter in hydraulischer Verbindung zum Grabensystem steht, ergeben sich hier Abhängigkeiten zum Grundwasserabstrom unterhalb des Moorkörpers. Der oberirdische Zufluss von außen ist nur gering.

Die Stauziele für die Stau in den Poldern wurden nach MÜLLER 1979 wie folgt festgelegt:

Winterstauziel	+ 0,35 m HN
Mittelwasser	- 0,01 m HN.

3.5.3.4 Schöpfwerke

Nach Unterlagen des Wasser- und Bodenverbandes werden aktuell Schöpfwerke in den Poldern Kachlin, Labömitz, Korswandt und Gothen betrieben.

Die Schöpfwerke Gothen und Korswandt fördern direkt in den Gothensee, das Schöpfwerk Labömitz in die Reetzower Bäck und das Schöpfwerk Kachlin in den Kachliner See bzw. über die Reetzower Bäck in den Gothensee.

Polder Kachlin

Das Schöpfwerk wurde 1968 als 2-Kammerschöpfwerk errichtet. Die Förderleistung der Pumpen beträgt 2.400 bzw. 2.280 m³/h, der Anschlusswert der Antriebsmotoren 40 bzw. 30 kW (RUTKE u. a. 2000).

Polder Labömitz

Das Schöpfwerk wurde 1969 als 2-Kammer-Schöpfwerk errichtet. Die Förderleistung der Pumpen PCL 400/01 beträgt je 1.015 m³/h, der Anschlusswert der Antriebsmotoren je 17 kW (RUTKE u. a. 2000).

Polder Korswandt

Das Schöpfwerk wurde ebenfalls als 2-Kammer-Schöpfwerk errichtet. Die Förderleistung der Pumpen PLB 400/61 beträgt 720 bzw. 840 m³/h, der Anschlusswert der Antriebsmotoren je 10 kW.

Das Schöpfwerk Korswandt ist so bemessen, das überschüssiges Wasser in den Wolgastsee (Wasserspiegelabsenkung durch Grundwasserförderung) abgeleitet werden könnte. Dies ist jedoch aufgrund der Gewässerqualität und einer möglichen Gefährdung der Wasserversorgung von Ahlbeck nicht erfolgt.

Polder Gothen

Das 2-Kammer-Schöpfwerk besitzt 2 Pumpen UPL 250 mit einer Förderleistung von je 400 m³/h, der Anschlusswert der Antriebsmotoren beträgt je 7 kW.

Der Gesamtvolumenstrom der 4 Thurbruch-Schöpfwerke wird von RUTKE u. a. (2000) mit 2,49 m³/s (rd. 8.960 m³/d) angegeben.

Das Schöpfwerk im Sack-Kanal des StALU Vorpommern entwässert ein ober- / unterirdisches Einzugsgebiet von 64,5 km² (s. o.). Der Ersatzneubau 1996 / 1998 ist mit 2 Unterwassermotorpumpen DN 600 ausgerüstet. Ihre Förderleistung beträgt nach RUTKE u. a. (2000) bei

H min (Förderhöhe der größten Häufigkeit)	2,30 m ³ /s und bei
H max (HW ₁₀ Ostsee - + 1,20 m HN)	2,13 m ³ /s.

Bei einer Wasserspiegellage im Gothensee von + 0,05 m HN (+ 0,20 m NN) können bei einem Wasserstand von - 0,30 m HN (- 0,15 m NN) am Schöpfwerk 2,30 m³/s abfließen, eine Tiefenreserve von 0,20 m war vorgesehen. Jede Schöpfwerkspumpe fördert auf eine separate Druckleitung DN 700 mit Schieber und Endklappe. RUTKE u. a. (2000) weisen ausdrücklich darauf hin, dass die komplizierten Wasserverhältnisse im Gothensee / Thurbruch nur regulierbar sind, wenn die einzige Verbindung zur Ostsee auch unter extremen Bedingungen (Hochwasserlagen im Thurbruch und in der Ostsee) voll funktionstüchtig ist.

3.5.3.5 Wegebeziehungen innerhalb des Talraumes

Randlich des Thurbruchs verlaufen, wie bereits in Kapitel 3.1 kurz dargestellt, im Süden die Bundesstraße B 110, im Westen die Kreisstraße K 39 und im Osten die Landesstraße L 266. Diese liegen i. d. R. im Bereich der randlich des Thurbruchs verlaufenden Moränenzüge auf Höhen von zumeist > 5 m NHN.

Die im Norden des Thurbruchs von Reetzow nach Ulrichshorst verlaufende K 41 wurde dagegen unmittelbar im Niederungsbereich errichtet. Gemäß DGM weist sie Höhen > 1 m auf und ist damit gegenüber dem umgebenden Gelände deutlich erhöht. Innerhalb des Niederungsbereiches quert sie die Bäck sowie einzelne Entwässerungsgräben.

Daneben wird das Thurbruch durch mehrere, netzartig verlaufende Wirtschaftswege erschlossen. Diese sind entweder unversiegelt oder, wie beispielsweise zwischen Görke und Kachlin bzw. Kachlin und Labömitz mit Betonspurplatten belegt. Die Wege verlaufen überwiegend auf Moordämmen, die ein-, z. T. auch zweiseitig von Gräben begleitet werden. Insbesondere der Weg zwischen Kachlin und Labömitz zeigt östlich des Kachliner Sees deutliche Setzungen (Betonplatten haben sich z. T. zum Graben hin abgesenkt).

Entlang des Weges von Görke in nordwestliche Richtung verläuft zudem eine Oberleitungstrasse.

3.5.3.6 Wasserwirtschaftliche Situation

Nach RUTKE u. a. (2000) ist das Thurbruch mit dem Gothensee und Kachliner See stets als ein einheitliches wasserwirtschaftliches System zu betrachten (siehe Abschnitt 3.5.3.2). Früher lag der Wasserspiegel im Kachliner See danach mit großer Wahrscheinlichkeit einige Dezimeter höher als im Gothensee. Die Bäck weist auch bei Hochwasserabflüssen nur ein sehr geringes Gefälle ($< 0,1$ m) auf. Bis zur Errichtung des Staubauwerkes 1985 / 1986 standen beide Seen in direkter Verbindung.

Durch die o. g. Meliorationsmaßnahmen kam es zu weiteren Setzungen der Moorbodenoberfläche. Eine weitere Absenkung der Wasserspiegel war mit den bis 1965 bestehenden Schöpfwerken nicht möglich. Auch auf Flächen mit freier Vorflut führten Sackungs-, Schrumpfungs- und Mineralisierungsprozesse zu Problemen. Der Gothensee war bereits auf die maximal mögliche Wasserspiegellage (+0,05 m HN bzw. 0,20 m NN), bei der noch ein Abfluss zur Ostsee (Mittelwasser der Ostsee am Pegel Koserow für die Reihe 1976/94 nach RUTKE u. a. 2000 - 0,09 HN) in freier Vorflut erfolgen konnte, abgesenkt (s. o.).

Unter den o. g. Gegebenheiten war eine weitere Entwässerung nur mit Hilfe von Poldern und einer künstlichen Entwässerung möglich. Mit dem Ausbau der Polder im Thurbruch mit einem weiter eingetieften und ausgebauten Grabensystem und der Einrichtung der Schöpfwerke wurden sehr starke Mittelwasserabsenkungen in Kauf genommen (vgl. auch Abschnitt 3.5.2). Im Ergebnis führte dies zu einer Erhöhung des Oberflächenabflusses und einer Absenkung des Wasserspiegels im Moorkörper im Mittel von ursprünglich etwa + 0,3 m HN (+ 0,45 m NN) in den Seen und der Reetzower Bäck bis etwa $\pm 0,0$ m HN (+ 0,15 m NN) 1966.

Die mittleren Wasserstände im Moorkörper stellten sich nach der Komplexmelioreation bis 1969 weiter etwa zwischen $\pm 0,0$ m HN in der Umrandung der Seen und der Reetzower Bäck ein. Im Oberstrom der Schöpfwerke waren die Absenkungen deutlich größer (- 0,4 m bis - 1,2 m HN bzw. -0,25 m bis - 1,05 m NN). Die mittleren Wasserstände liegen bis 2013 innerhalb dieses Bereiches (siehe Abschnitt 3.5.2.1). Die von RUTKE u. a. (2000) erfassten bzw. beobachteten Werte liegen in der zu erwartenden Schwankungsamplitude.

Gleichzeitig kam es insbesondere in den Poldern Kachlin und Labömitz zu weiteren Geländeabsenkungen. Insgesamt führte dies dazu, dass mit den vorhandenen Grabensystemen und Schöpfwerken erneut die Grenze für weitere Entwässerungen erreicht wird, eine weitere Absenkung ist damit nur noch begrenzt bzw. nicht mehr möglich.

Die Untersuchungen von RUTKE u. a. (2000) belegen, dass ein Anheben des Seespiegels des Kachlinsees unter den derzeitigen Bedingungen ohne nachteilige Folgen für die landwirtschaftliche Nutzung nicht möglich ist. Aufgrund von Durchbruchstellen in der Verwallung (Sohle bei - 0,6 bis - 0,7 m HN) am Graben 22/1 (Ringgraben westlich des Sees) erfolgte dabei ein Abfluss, der in seiner Größe von der Wasserspiegeldifferenz abhängt (entweder wurde im Schöpfwerk Kachlin anteilig im Kreis gepumpt bzw. im Schöpfwerk Labömitz das bereits im Polder Kachlin geförderte Wasser anteilig erneut gefördert). RUTKE u. a. (2000) gingen hier von einer zusätzlichen Förderung von ca. 2,986 Millionen m³/a aus. Auch nach Sanierung derartiger Bereiche ist (Stand 2000) von Ausuferungen bei Seewasserständen

über ± 0 m HN auszugehen. Dies gilt bei Wasserständen $> \pm 0$ m HN für flachere Abschnitte der Verwallungen am West- und Nordufer des Kachliner Sees, bei Wasserspiegellagen über $+ 0,15$ m HN auch für Abschnitte der Verwallung am Ostufer und einige Stellen an der Verwallung beidseits der Reetzower Bäck.

Von RUTKE u. a. (2000) wird festgestellt, dass aus wasserwirtschaftlicher, naturschutzfachlicher und fischereilicher Sicht zur Erhaltung des Kachliner Sees die direkte Verbindung mit dem Gothensee wiederherzustellen ist. Eine Absenkung des für den Gothensee festgelegten tiefsten Wasserstandes ist nicht zulässig.

Durch das StAUN Ueckermünde (heute StALU Vorpommern) wurde am 05.10.1995 zur Wasserregulierung des Gothensees für den Pegel Neuhof am Einlauf des Sack-Kanals eine Bewirtschaftungslamelle von $+ 0,09$ bis $+ 0,19$ m HN ($+ 0,24$ bis $+ 0,34$ m NN) festgelegt. Ganzjährig soll der Wasserstand bei $+ 0,14$ m HN ($+ 0,29$ m NN) gehalten werden, bei ungünstigem Witterungsverlauf (erhöhtes Niederschlagsdargebot) soll kurzzeitig der Richtwasserstand von $+ 0,24$ m HN ($+ 0,39$ m NN) zugelassen werden. Die Werte entsprechen weitgehend früheren Festlegungen und bildeten die Grundlage für die Querschnittserweiterung des Sack-Kanals und den Neubau des Schöpfwerkes 1998.

Die Entwicklung des Thurbruchs in historischer Zeit und in den letzten Jahrzehnten verdeutlicht, dass im Grundsatz in der Senke von Gothensee und Thurbruch ein Wasserüberschuss vorhanden ist, der früher in freier Vorflut und derzeit überwiegend über das Schöpfwerk im Sack-Kanal in die Ostsee abgeleitet wird. Die Festlegung der Wasserstände für den Gothensee ist so erfolgt, dass die Bewirtschaftungslamelle von $+ 0,09$ bis $+ 0,19$ m HN unmittelbar oberhalb des langjährigen mittleren Wasserstandes der Reihe 1973 / 2011 von $+ 0,08$ m HN bzw. $+ 0,23$ m NN liegt.

RUTKE u. a. (2000) stellen fest, dass die Polderbewirtschaftung ohne Erhaltung der Verwallungen am Gothensee, an der Reetzower Bäck und am Kachlinsee nicht möglich ist. Ein Rückbau oder die Aufgabe der Verwallungen und der Schöpfwerke würde zu einer dauerhaften Überflutung großer Teile der Niederung führen bzw. infolge zu hoher Grundwasserstände eine landwirtschaftliche Nutzung ausschließen. Probleme ergäben sich auch an vorhandenen Verkehrswegen und Versorgungsleitungen. RUTKE u. a. (2000) beschreiben zwei Varianten zur Verbesserung der wasserwirtschaftlichen Situation im Bereich des Kachliner Sees. In Variante 1 sollen die Verwallung am Westufer des Kachliner Sees aufgegeben und die angrenzenden Flächen von den Poldern Kachlin und Labömitz durch Dämme abgetrennt werden. Die natürliche Vorflut würde zwischen Kachlin und Katschow wiederhergestellt, eine Nutzung könnte nur noch auf Flächen oberhalb von etwa $0,8$ m HN erfolgen (Seespiegel bei $+ 0,1$ bis $+ 0,2$ m HN). Die Verwallungen am Ostufer südlich des Adlerberges, ein Abschnitt des Thurweges sowie Bereiche der rechten Verwallung an der Bäck wären aufzuhöhen bzw. zu sanieren (Aufgabe von ca. 75 ha Grünland). Variante 2 geht von einer Nutzungsaufgabe der Flächen aus, die an den See angrenzen, bei Aufgabe des Schöpfwerkes Kachlin und der Verwallungen um den See. Die Polderflächen östlich des Sees wären an das Schöpfwerk Labömitz anzuschließen. Auch hier wären umfangreiche Baumaßnahmen erforderlich.

Das Thurbruch ist von einem engmaschigen Netz an Entwässerungsgräben durchzogen und in Polder untergliedert (s. o.). Die Teileinzugsgebiete erfassen neben den Moorflächen von ca. 16 km² ein Einzugsgebiet von insgesamt $38,71$ km² in der weiteren Umrandung der Senke bis zu den umgebenden Höhenzügen bzw. Wasserscheiden. Untergeordnete Wasserscheiden zwischen den Poldern verlaufen im Bereich von Dämmen und Wegen.

In angrenzenden Inselkernen fördern eine Reihe von Wasserfassungen Grundwasser zur Trinkwasserversorgung (s. o.). Die Absenktrichter erfassen z. T. randlich auch den Thurbruch, so in den östlich gelegenen Wasserfassungen (HENNIG 2011). Die ± 0 m NN -

Isohypse schließt die Absenktrichter der WF Ahlbeck-Jägersberg und Gothen ein und erstreckt sich über den Polder Gothen bis zum Gothensee. Ein weiträumiger Absenktrichter ist auch um die WF Granica unter Einschluss des Wolgastsees sowie am SE-Ufer des Gothensees bei Korswandt dargestellt (siehe Anlage 2). Die Grundwasserstände haben sich in der Umrandung des Gothensees in den letzten 35 Jahren um ca. 0,5 m abgesenkt. In den Wasserfassungen Zirchow und Korswandt bleiben die Grundwasserstände bei verringertem Grundwassergefälle deutlich über dem Seespiegel. Die Druckhochgebiete westlich Katschow und Labömitz lagen 1975 noch bei + 15 m NN (s. o.).

Da die Wasserstände im Gothensee in den letzten Jahrzehnten unabhängig von der weiteren Entwässerung in den einzelnen Poldern sich nicht wesentlich verändert haben, dürften die Absenkungen ursächlich mit der erhöhten Grundwasserförderung in den Wasserfassungen zusammenhängen.

Nach Fertigstellung der Polder jeweils mit Schöpfwerken und Stauanlagen konnten die Wasserstände in fast allen Flächen des Thurbruchs künstlich reguliert werden.

Polder Kachlin

Der ober- / unterirdische Zufluss im Polder Kachlin erfolgt von den Wasserscheiden über den West- und den Südhang des Thurbruchbeckens.

Ein Vergleich der Sohliefen in den einzelnen Vorflutern mit den meist geringen Moormächtigkeiten im zentralen Thurbruch (siehe Abschnitt 3.5.3.3) zeigt, dass in großen Teilen insbesondere des östlichen Polders der Moorkörper in den Gräben durchteuft und liegende Sande angeschnitten wurden. Ausgenommen sind Senkenstrukturen, westlich des Kachliner Sees im Vorflutsystem des Grabens 22/1, wo der Moorkörper 1,5 - 3 m tief angeschnitten wurde. Am Südufer des Sees ist der Moorkörper wieder durchörtet, im südlichen Anschluss (Graben 22/4) in Hochlagen der Sande. Dies gilt infolge der Tiefen von meist über 1,5 m auch für die nachgeordneten Gräben.

Zwischen Kachliner und Gothensee und im östlichen Thurbruch unterlagern Fein- bis Mittelsande in hydraulischer Verbindung die schluffigen Feinsande, in der Umrandung des Kachliner Sees ist jedoch keine HV vorhanden (siehe Anlage 2).

Eine Grundwasserspeisung des Moorkörpers ist vorrangig am unmittelbaren westlichen und südwestlichen Rand des Polders (GWL 1 und 2), insbesondere jedoch im Südosten (östlich der Aufragung nördlich von Görke) und Osten der Polderfläche (hier jeweils aus dem Liegenden im Bereich der hydraulischen Verbindung von GWL 1 und 2) möglich. Bei vorhandenen hydraulischen Verbindungen ergeben sich in Bezug auf die Stauwirkung an den einzelnen Stauanlagen deutliche Abhängigkeiten zum Grundwasseranstrom bzw. den Druckhöhen in diesen Bereichen. Einschränkungen können sich mit zunehmender Kolmation an den Grabensohlen in Abhängigkeit von der Einschnitttiefe etwa längere Zeit nach Durchführung von Grundräumungen ergeben. Im Normalfall kommt es bereits am Rand des Thurbruchs zu einem Druckausgleich zwischen dem Moorkörper und den randlich angrenzenden und / oder liegenden Grundwasserleitern. Die Wasserspiegel sinken weiträumig unter ± 0 m NN. Bei sinkenden Wasserspiegeln im Grabensystem bzw. Moorkörper kann eine erhöhte Grundwasserspeisung aus dem Liegenden einsetzen.

Der Kachliner See ist infolge der umlaufenden Verwallung weitgehend von seinem natürlichen Einzugsgebiet abgeschnitten, die Grundwasserspeisung ist ebenfalls sehr gering.

Polder Labömitz

Der Polder erfasst den ober- / unterirdischen Zufluss zwischen der nordwestlichen Wasserscheide und dem Nordufer des Kachliner Sees und dem Gothensee.

Mit Ausnahme der Senkenbereiche am nördlichen Kachliner See, östlich von Labömitz und südlich von Reetzow wurde auch in der Reetzower Bäck mit dem Graben das Liegende des Moorkörpers angeschnitten. Dies gilt auch für die Grabensysteme 26/1 und 26/2, wo Verbindungen zu den liegenden GWL insbesondere südöstlich von Labömitz bestehen. Das Gra-

bensystem 26/3 südöstlich der Reetzower Bäck erfasst – auch mit den nachgeordneten Gräben – weiträumig das Liegende (s. o.) Die Speisung mit Grundwasser ist am nordwestlichen Polderrand (insbesondere GWL 2), insbesondere jedoch aus dem Liegenden über hydraulische Verbindungen zwischen GWL 1 und 2, randlich des Gothensees auch GWL 3 im südöstlichen, anteilig auch nordwestlichen Teil (westlich des Grabens 26) möglich. Abhängigkeiten ergeben sich zum Grundwasserfließgeschehen.

Polder Korswandt

Der ober- / unterirdische Zufluss zum Polder Korswandt erfolgt von den Wasserscheiden über den Ost- und Südosthang des Thurbruchbeckens. Seit 1986 / 1987 ist die Aal-Beek (einschließlich Parchen-Niederung) nicht mehr direkt an den Gothensee, sondern an den Polder Korswandt angeschlossen.

Innerhalb des Polders wurde mit den Gräben 23/1, 23/1/1 und 23/1/2 sowie den jeweils nachgeordneten Gräben weiträumig der liegende GWL angeschnitten. Damit ist hier eine randliche Grundwasserspeisung aus Ost bis Südost (GWL 1 - 2), bei ausreichendem Druckpotential eine Liegendspeisung (HV zwischen GWL 1 - 2 in fast der ganzen Polderfläche, südlich des Gothensees auch mit GWL 3), aber auch eine ergänzende Entnahme von Grundwasser im Randbereich von Absenkungstrichtern von Wasserfassungen möglich.

Die Wirkung von Stauanlagen wird bei vielfältigen hydraulischen Verbindungen wesentlich vom Grundwasserfließgeschehen bestimmt und damit eingeschränkt. Auch bei geschlossenem Stau können verzögert die Wasserstände durch einen Druckausgleich im GWL ansteigen oder absinken.

Polder Gothen

Der Polder Gothen liegt im Bereich der halbinselförmig in den Gothensee ragenden Niederungsfläche. Der ober- / unterirdische Zufluss erfolgt – deutlich eingeschränkt durch die randlich erfolgenden Grundwasserentnahmen – aus den östlich angrenzenden Höhen.

Im Polder wurde mit den Gräben überwiegend der Moorkörper vollständig ausgeräumt und der liegende GWL angeschnitten. Ausgenommen davon ist die östliche Senke am Graben 21. Der Graben 21/1 sowie die nachgeordneten Gräben mit Sohl-tiefen von 1,5 - 2 m haben überwiegend die liegenden Sande erreicht. Im nahezu gesamten Polder stehen die Grundwasserleiter 1 und 2, anteilig auch GWL 3 in hydraulischer Verbindung. Damit sind hier neben einer randlichen Grundwasserspeisung aus Ost ebenfalls flächenhaft Liegendspeisungen, ebenso aber auch Entnahmen von Grundwasser möglich. Die Polderfläche liegt insgesamt im Absenktrichter der Wasserfassung Gothen mit Wasserständen unter ± 0 m NN.

Auch hier ist von einem wesentlichen Einfluss des Grundwasserfließgeschehens unterhalb des Moorkörpers auszugehen. Bei Druckunterschieden ist jeweils innerhalb kurzer Zeit mit einem weitgehenden Druckausgleich zu rechnen.

3.5.3.7 Möglichkeiten der Bewässerung

Die Entwicklung des Thurbruchs in historischer Zeit und in den letzten Jahrzehnten verdeutlicht, dass in der Senke von Gothensee und Thurbruch ein Wasserüberschuss vorhanden ist. Derzeit wird das gesamte ober- / unterirdische Einzugsgebiet des Gothensees / Thurbruchs weitgehend künstlich über das Schöpfwerk im Sack-Kanal bzw. die Schöpfwerke in den Poldern Kachlin, Labömitz, Korswandt und Gothen entwässert. Bei einem jährlichen Durchfluss im Sack-Kanal im bisherigen Mittel von 10.627.632 m³ (vorläufige Werte 2009 - 2013, s. u.) und einem Gesamtvolumenstrom der vier Thurbruchschofpwerke von überschlägig 3.270.400 m³/a (RUTKE u. a. 2000) ergeben sich Möglichkeiten zur Bewässerung zunächst aus einer Reduzierung der Durchflüsse an den Schöpfwerken.

Die Wasserregulierung des Gothensees erfolgt im Rahmen der o. g. Bewirtschaftungslamelle für den Pegel Neuhof am Einlauf des Sack-Kanals. Ganzjährig soll der Wasserstand bei + 0,14 m HN (+ 0,29 m NN) gehalten werden, bei ungünstigem Witterungsverlauf (erhöhtes Niederschlagsdargebot) soll kurzzeitig der Richtwasserstand von + 0,24 m HN (+ 0,39 m NN) zugelassen werden. Eine Absenkung des für den Gothensee festgelegten tiefsten Wasserstandes ist nicht zulässig (s. o.).

Die Festlegung der Wasserstände für den Gothensee ist so erfolgt, dass die Bewirtschaftungslamelle von + 0,09 bis + 0,19 m HN unmittelbar oberhalb des langjährigen mittleren Wasserstandes von + 0,08 m HN bzw. + 0,23 m NN liegt.

Die langjährigen Mittelwerte der Seespiegel liegen in den Monaten Juni - November mit 0,08, 0,03, - 0,02, - 0,04, - 0,01 und 0,06 m HN generell unter dem unteren Wert der Bewirtschaftungslamelle, wobei der niedrigste Wert mit - 0,04 m HN (+ 0,11 m NN) im September liegt. Von Dezember (0,13 m HN) steigen die Werte bis Januar / Februar (0,17 m HN / + 0,32 m NN) an und sinken dann wieder bis Mai auf 0,13 m ab. Danach ist im Grundsatz im hydrologischen Sommerhalbjahr mit einem deutlich geringeren Durchfluss im Sack-Kanal zu rechnen. In Abhängigkeit von den klimatischen Bedingungen weisen auch die Mittelwerte erhebliche Schwankungen auf. Bei Hochwasserlagen kommt es auch in den Sommermonaten analog zum Winterhalbjahr (+ 0,32 m HN) zu deutlichen Aufhöhungen der Seespiegel (+ 0,30 m HN), so dass das Schöpfwerk hier in Betrieb gehen muss.

Die monatlichen Durchflussmengen seit 11/2009 liegen in den hydrologischen Winterhalbjahren zwischen 0,34 und 0,62 m³/s ($\bar{\varnothing}$ 0,46 m³/s) und in den Sommerhalbjahren zwischen 0,02 und 0,42 m³/s ($\bar{\varnothing}$ 0,22 m³/s). In einzelnen Monaten wurden bisher die größten Abflüsse mit 1,7 m³/s (08/2011) und die geringsten mit - 0,008 (07/2010, geringer Einstrom) ermittelt (siehe auch Abschnitt 3.6.2). Abbildung 3 belegt stark wechselnde Verhältnisse im Jahresgang, aber auch im hydrologischen Sommerhalbjahr. 2010 sank der Durchfluss von 0,66 m³/s (4/10) auf 0,09 m³/s (5/10) ab, stieg dann auf 0,45 m³/s (6/10) und sank erneut auf Negativwerte ab. 2011 beginnt mit hohen Durchflusswerten von 1,2 m³/s (1/11), die bis 4/11 auf 0,26 m³/s absinken. Im Mai / Juni sinken die Werte unter 0 m³/s, steigen dann jedoch 08/11 auf den bisherigen Höchstwert an. 10/11 - 11/11 sind die Werte wieder gering. 2012 steigen die Werte bis März an, von Mai - September unter 0 m³/s, 2013 wird der höchste Wert im Februar erreicht, von 05/13 - 06/13 sind Werte unter 0 m³/s nachgewiesen.

Seit Inbetriebnahme des Schöpfwerkes im Sack-Kanal 1998 liegen die höchsten Wasserstände im monatlichen Mittel überwiegend bei etwa + 0,14 m HN (+ 0,29 m NN), der obere Wasserstand der Bewirtschaftungslamelle wurde lediglich 2x kurzzeitig überschritten, der Richtwasserstand von + 0,24 m HN (+ 0,39 m NN) nicht erreicht. In den Sommermonaten unterschreiten die Wasserstände den unteren Wert der Bewirtschaftungslamelle häufig wesentlich. Damit ergeben sich hier Einschränkungen für eine Grundwasserregulierung.

Korrelationen der Wasserstände bzw. des Durchflusses im Sack-Kanal zu den monatlichen Niederschlagssummen sind im Normaljahr nur undeutlich, könnten jedoch in extrem niederschlagsreichen oder -armen Perioden Bedeutung erlangen. Die Höhe des Durchflusses wird außer durch das Schöpfwerk selbst wesentlich bestimmt durch die Zufuhr aus den Polderflächen.

Infolge der komplexen Meliorationsarbeiten innerhalb des engeren Untersuchungsraumes, dem Ausbau des Grabensystems und der zu starken Entwässerung mit der Folge einer oberflächennahen Torfmineralisierung und der Ausbildung einer Stauschicht wurden nach zehn Jahren vergleichsweise lange Entwässerungsphasen und lange Einstauphasen innerhalb des Moorkörpers beobachtet (MÜLLER 1979). Trotz Einstau lagen die Grundwasserstände in den Flächen 0,20 - 0,30 m, max. bis 0,50 m niedriger als in den eingestauten Gräben.

Zum Erhalt bzw. der Wiederherstellung der Leistungsfähigkeit der Thurbruchwiesen wurden Möglichkeiten zur Grundwasserregulierung untersucht. Im Ergebnis wurde festgestellt, dass der größte Teil der zentralen Niederung mit Geländehöhen (Stand Lageplan 1964 im Maßstab 1 : 2.000) zwischen + 0,1 und + 1 m HN (überwiegend zwischen + 0,2 und + 0,6 m HN) dazu geeignet ist, während mehr oder weniger breite Randzonen wegen zu großem Längs- / Quergefälle oder zu hohem Aufwand nicht in Betracht kommen. Unter Berücksichtigung der von KLEINKE (1978) ermittelten kf-Werte (Mittelwert 0,28 m/d, siehe Abschnitt 3.4.2.1) waren die Torfe für eine Grundwasserregulierung geeignet. Die darunter überwiegend in Tiefen von 2,0 - 2,5 m unter Gelände anstehende Mudde bildet eine undurchlässige Schicht unterhalb der erforderlichen Dräntiefe). Die überwiegend schluffigen Feinsande an der Basis der organogenen Bildungen sind überwiegend dicht bis sehr dicht gelagert, kf-Werte wurden zwischen 0,06 und 0,44 m/d (meist $\leq 0,1$ m/d) bestimmt. Damit bilden die Sande ebenfalls eine weitgehend undurchlässige Schicht (vgl. KLEINKE 1978). Die geringmächtigen schluffigen Sande werden in weiten Teilen des Thurbruchs von z. T. mächtigen Fein- bis Mittelsanden (GWL 2 - 3, s. o.) unterlagert. Damit gilt die Aussage von KLEINKE nur im Umfeld des Kachliner Sees.

Zur Grundwasserregulierung wurden entsprechend Planung 1978 neben einer Grundräumung zusätzlich großdimensionierte Plaströhre im zentralen Thurbruch verlegt sowie weitere Rohrdurchlässe mit Staukopf in den Poldern errichtet. Der Kachliner See, die Reetzower Bäck und der Gothensee am Süd- und Ostufer wurden 1983 - 1986 gesondert eingedeicht. Zielstellung war hier der Schutz gegen Hochwasser (Vermeidung eines Wasserabflusses aus dem Kachliner See und der Bäck, aber auch über das Süd- und Ostufer des Gothensees) sowie die Erreichung des Winterstauzieles von + 0,35 m HN (bei einem Mittelwasser von - 0,01 m HN). Das Winterstauziel konnte bis dahin nicht eingehalten werden, da im Frühjahr in den landwirtschaftlichen Nutzflächen zu starke Vernässungen insbesondere in den Seenniederungen und im Bereich der Bäck auftraten (s. o.). Bei einem bis dahin reduzierten Winterstauziel von + 0,2 m HN sanken in den Sommermonaten die Wasserstände viel zu stark ab, so dass während der Vegetationszeit auch hier zusätzlich Bewässerungsmaßnahmen erforderlich wurden. Als Voraussetzung zur Bewässerung durch Staurückhaltung ist grundsätzlich ein besonderes Augenmerk auf die Bewirtschaftung des Wasserdargebotes zu legen. Um die Eintrittswiderstände von den Gräben in die Fläche gering zu halten, wird dazu auf das Erfordernis einer regelmäßigen Krautung und Räumung der Gräben verwiesen.

Bei einem Mittelwasser von - 0,01 m HN, dem o. g. Winterstauziel und einer flächenmäßigen Ausdehnung des Kachliner Sees von 101 ha (aktuelle Wasserfläche 78,5 ha; s. o.) ergab sich hier nach MÜLLER (1979) ein Stauvolumen von 363.600 m³.

Nach RUTKE u. a. (2000) wurden 1981 zur Gewährleistung von Mindestwasserständen in den beiden Seen das Winterstauziel mit + 0,10 m HN (+ 0,25 m NN) und das Sommerstauziel mit 0 m HN (+ 0,15 m NN) festgelegt.

Die Untersuchungen von RUTKE u. a. (2000) belegen, dass ein Anheben des Seespiegels des Kachlinsees unter den derzeitigen Bedingungen ohne nachteilige Folgen für die landwirtschaftliche Nutzung nicht möglich ist. Der Wasserspiegel des Kachlinsees musste auf - 0,2 bis - 0,3 m HN, d. h. - 0,05 bis - 0,15 m NN abgesenkt werden.

Die Überflutungsszenarien auf Grundlage des DGM (siehe Abschnitt 4.4.2) bestätigen, dass selbst geringe Anhebungen der Wasserstände in der zentralen Thurbruchsene und der Umrandung des Kachliner Sees zu großflächigen Überstauungen führen.

Eine Staukonzeption für das Thurbruch muss die spezifischen Bedingungen innerhalb des Niederungsgebietes berücksichtigen. Die Polder stellen jeweils Teileinzugsgebiete innerhalb der Gesamtfläche dar. Eine weitere Untergliederung erfolgt durch die einzelnen Grabensysteme, die mit den zusitzenden Gräben und angeschlossenen Dränagen jeweils be-

stimmte Flächen in den Poldern (siehe Anlage 2) entwässern. An den Rändern des Thurbruchs erfolgt anteilig eine Speisung der Grabensysteme durch den oberirdischen bzw. hypodermischen Zufluss bzw. den Austritt von Grundwasser. Innerhalb des zentralen Thurbruchs gelegene Bereiche werden i. d. R. ausschließlich durch Niederschläge und – soweit möglich – aus dem Liegenden über das Grundwasser gespeist. Da der Druckausgleich überwiegend direkt am Talrand erfolgt, ist die Speisung aus dem Liegenden hier im Normalfall nicht vorhanden oder nur gering.

Das Anheben der Wasserspiegel im Thurbruch setzt ausgehend von den Wasserständen im Winterhalbjahr einen möglichst weitgehenden Rückhalt innerhalb des Moorkörpers voraus.

3.5.4 Wasserstandsentwicklung

Die mittleren Wasserstände am Ausfluss des Gothensees in den Sack-Kanal als Hauptvorfluter des Thurbruchs lagen in den letzten Jahrzehnten (1973 - 2011) bei + 0,08 m HN bzw. + 0,23 m NN (vgl. auch Abschnitt 3.5.2.3). Deutliche Unterschiede ergaben sich zwischen hydrologischen Winter- (+ 0,14 m HN bzw. + 0,29 m NN) und Sommerhalbjahren (+ 0,03 m HN bzw. + 0,18 m NN). Der niedrigste Wasserstand (NW) wurde mit - 0,30 m HN im September / Oktober 1989, der höchste Wasserstand (HW) mit + 0,31 m HN im März 1990 gemessen. In der aktuellen TK 10 und dem DGM 2012 werden + 0,1 m NN angegeben.

Die langjährigen Mittelwerte der Seespiegel liegen in den Monaten Juni - November mit 0,08, 0,03, - 0,02, - 0,04, - 0,01 und 0,06 m HN deutlich unter den Werten in den übrigen Monaten. Der niedrigste Mittelwert liegt mit - 0,04 m HN im September. Von Dezember (0,13 m HN) steigen die Werte bis Januar/Februar (0,17 m HN / + 0,32 m NN) an und sinken dann wieder bis Mai auf 0,13 m HN ab.

In Abhängigkeit von den klimatischen Bedingungen (u. a. Niederschlag, Verdunstung) weisen auch die Mittelwerte erhebliche Schwankungen auf. Die niedrigsten Mittelwerte (NW) liegen von Juni - November zwischen - 0,08 bis - 0,30 m HN (sinkende Werte von Juni - August, Tiefstwerte September / Oktober, dann leichter Anstieg). Von Dezember (- 0,15 m HN) bis Mai steigen die Werte zunächst an (Höchstwert + 0,04 im Februar 2006) und sinken dann wieder ab (- 0,08 m HN im Mai). Die Mittelwerte im hydrologischen Sommerhalbjahr liegen bei - 0,30 m, im Winterhalbjahr bei - 0,24 m HN.

Hochwasserstände (HW) wurden im Sommerhalbjahr mit 0,22 - 0,30 m HN (im Mittel 0,30 m HN) und im Winter mit 0,26 - 0,32 m HN (Mittel 0,32 m HN) ermittelt (vgl. Abschnitt 3.5.2.3).

Die Wasserregulierung des Gothensees erfolgt im Rahmen der Bewirtschaftungslamelle von + 0,09 bis + 0,19 m HN (+ 0,24 bis + 0,34 m NN) bzw. ganzjährig bei Wasserständen von + 0,14 m HN (+ 0,29 m NN). Abbildung 3 zeigt, dass seit Inbetriebnahme des Schöpfwerkes im Sack-Kanal 1998 die höchsten Wasserstände im monatlichen Mittel in diesem Bereich gehalten werden, der obere Wasserstand der Lamelle wurde lediglich 2x kurzzeitig überschritten, der Richtwasserstand von + 0,24 m HN (+ 0,39 m NN) nicht erreicht. In den Sommermonaten unterschreiten die Wasserstände den unteren Wert der Bewirtschaftungslamelle häufig.

Korrelationen der Wasserstandsentwicklung mit den monatlichen Niederschlagssummen (vgl. Abbildung 3) sind undeutlich, lediglich bei den niedrigen Wasserständen in den Sommermonaten sind Zusammenhänge zu Perioden mit geringeren Niederschlägen erkennbar. Dies gilt auch für den mittleren monatlichen Abfluss im Pegel Bansin im Vergleich mit den monatlichen Niederschlägen. Höhere Abflüsse lassen sich nur teilweise auf höhere Niederschläge wie etwa im Juli 2011 zeitverzögert zurückführen. Perioden mit geringeren Niederschlägen wirken sich ebenfalls mit Verzögerung aus. Dies kann seine Ursache in einer anteiligen Speisung des Moorkörpers durch das Grundwasser haben, dürfte jedoch überwiegend durch den Abfluss über die Schöpfwerke aus den Poldern bestimmt werden.

Für den Kachliner See liegen die aktuellen Werte bei + 0,1 m NN (TK 10) bzw. - 0,1 m NN (DGM 2012). Ausgehend vom DGM liegen die Wasserstände 0,20 m tiefer als im Gothensee, jedoch innerhalb des von RUTKE u. a. (2000) angegebenen Absenkungsbereiches (s. o.).

Mit den umfassenden Meliorationsmaßnahmen einschließlich Polderung und künstlicher Entwässerung sind bereits früher Mittelwasserabsenkungen im Thurbruch erfolgt. Das führte zu einem deutlich erhöhten Oberflächenabfluss und einer Senkung des Grundwasserspiegels innerhalb und unterhalb des Moorkörpers. Das Grundwasserniveau und -fließgeschehen im Thurbruch wird hier im Wesentlichen durch die Entwässerung über die Grabensysteme und die Schöpfwerke bestimmt.

Im Untersuchungsgebiet fällt die Grundwasseroberfläche von den Druckhochgebieten zur Depression im Niederungsbereich ab. Ein Druckspiegelgefälle ist z. T. im Bereich der Talhänge zu beobachten (vgl. Abschnitt 3.4.3.2). Durch intensive Grundwasserförderung in den angrenzenden Inselkernen ist im Vergleich zur Situation vor einigen Jahrzehnten insgesamt von einem reduzierten Druckpotential an der Berandung des Thurbruchs auszugehen. Ein bevorzugter Grundwasseranstrom ist auf Grund der hydrogeologischen Situation (s. o.) am westlichen, südwestlichen und südöstlichen Rand der Senke gegeben. Das Druckpotential wirkt im meliorativ nicht beeinflussten Zustand randlich auf den Torfkörper und setzt sich teilweise unterhalb des Torfkörpers innerhalb der hier – z. T. in hydraulischer Verbindung – mächtigen Grundwasserleiter fort. Druckentlastungen (Grundwasserspeisung aus dem Liegenden) erfolgen bevorzugt bereits an den Talrändern.

Mit der Zurückhaltung von Wasser innerhalb des Talraumes werden die Grundwasserstände ansteigen. Die Angaben beziehen sich auf die im Jahresdurchschnitt (Mittelwasserstand) zu erwartenden Wasserstände. Es ist dabei zu beachten, dass im Jahresverlauf naturgemäß Schwankungen des Wasserspiegels auftreten.

Die Grundwasserneubildung eines Gebietes und damit auch die Grundwasserstände werden wesentlich durch die Niederschlagshöhen bestimmt. Im Grundsatz ist auch hier von – für einen unbedeckten Grundwasserleiter typischen – Grundwasserstandsschwankungen von ca. $\geq 1,00$ m auszugehen. Die Schwankungen zeigen im Normalfall eine typische jahreszeitliche Entwicklung mit Grundwasserspiegel-Höchstständen im März / April und Grundwasserspiegel-Tiefstständen im Oktober / November. Jährliche und überjährliche Grundwasserstandsschwankungen werden hier stark durch die künstlichen Entwässerungsmaßnahmen, randlich auch durch Grundwasserentnahmen überlagert. Teile der Grundwassereinzugsgebiete stehen zur Neubildung nicht zur Verfügung.

3.6 Wasserhaushaltsbilanz

Das Thurbruch gehört nach der naturräumlichen Gliederung (RABIUS & HOLZ 1993) zum Usedomer Hügel- und Boddenland als nordöstlicher Teil des Ostseeküstengebietes. Der Klimaeinfluss besteht hier aus lebhafter Luftbewegung, niedriger Jahresmitteltemperatur, hoher Luftfeuchte und relativ geringen Jahrestemperaturschwankungen. Der Ostseefrühling kommt spät, ist trocken und durch starke Ostwinde gekennzeichnet. Die Sommer sind meist kühl und niederschlagsreich, der Herbst mild und sonnig und die Winter nasskalt und schneearm. Die Jahresniederschläge sind mit 550 - 600 mm vergleichsweise gering. Ostrügen und Usedom sind etwas stärker kontinental geprägt.

Eine wesentliche Voraussetzung zur Überprüfung der Möglichkeiten einer Wiedervernässung bzw. Aufhöhung des Wasserspiegels innerhalb des Thurbruchs sind Betrachtungen zur Wasserbilanz des oberirdischen / unterirdischen Einzugsgebietes bzw. einzelner Teileinzugsgebiete. Im Wasserhaushalt wird das Zusammenwirken seiner wesentlichen Elemente, wie Niederschlag, Verdunstung, Abfluss und Wasservorrat betrachtet.

Als Wasserhaushaltsgleichung ergibt sich allgemein:

$$P \text{ (Niederschlag)} = ET \text{ (Evapotranspiration)} + R \text{ (Abfluss)}$$

Der Abfluss umfasst den oberirdischen und den unterirdischen Abfluss.

Der Durchfluss Q innerhalb eines Vorfluters (hier im Wesentlichen des Sack-Kanals) wird durch das durchfließende Wasservolumen je Zeiteinheit in l/s oder m³/s bestimmt. Er setzt sich aus dem oberirdischen Abfluss (Oberflächenabfluss), dem unterirdischer Zwischenabfluss (hypodermischer Abfluss) und dem Basisabfluss (grundwassergebürtiger Abfluss) zusammen. Der Grundwasserabfluss ist infolge der spezifischen hydrogeologischen Situation weitestgehend auf die Senke von Gothensee / Thurbruch gerichtet.

3.6.1 Niederschlag und Zufluss

Als Eingangsgröße der Wasserhaushaltsbilanz steht im Einzugsgebiet des Thurbruchs bzw. des Gothensees / Thurbruchs der Niederschlag und gegebenenfalls ein Zufluss aus der Ostsee über den Sack-Kanal etwa bei Hochwasserlagen in der Ostsee zur Verfügung. Betrachtet wird hier das Einzugsgebiet zwischen den ober- / unterirdischen Wasserscheiden in den umliegenden morphologischen Hochgebieten unter besonderer Berücksichtigung der Einzugsgebiete des Wasser- und Bodenverbandes Insel Usedom - Peenestrom (vgl. Abschnitt 3.3.2).

Ein ober- / unterirdischer Zufluss aus angrenzenden Einzugsgebieten ist als gering einzuschätzen.

Klimawerte

Niederschlag

Für den Untersuchungsraum liegen Niederschlagsdaten (langjährige monatliche Summen des Niederschlags) u. a. von den Stationen Heringsdorf, Usedom und Greifswald (mm = l/m²) vor (siehe Tabelle 11).

Tabelle 11: Niederschlag Stationen Heringsdorf und Greifswald im Zeitraum 1961 - 1990 und 1981 - 2010 (DEUTSCHER WETTERDIENST, Amtliche Klimaankunft vom 26.06.2013)

Monat	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
Heringsdorf 1961 - 1990	40,7	27,5	38,3	38,1	48,6	54,5	57,4	52,8	52,5	45,8	49,8	50,0
1981 - 2010	49,0	38,0	44,0	34,0	54,0	62,0	61,0	60,0	56,0	45,0	52,0	49,0
Greifswald 1961 - 1990	40,3	29,7	38,6	39,0	49,4	58,7	62,5	54,1	52,6	42,7	50,6	46,7

Danach stehen im langjährigen Mittel 1961-1990 555,5 mm (Heringsdorf) bzw. 565,0 mm (Greifswald) Niederschlag zur Verfügung. In der Station Usedom sind es 559,6 mm. Im hydrologischen Winterhalbjahr (November - April, Messreihe 1961-1990) ist in der Station Heringsdorf mit einer Niederschlagssumme von 244,4 mm, im hydrologischen Sommerhalbjahr (Mai - Oktober) mit 311,1 mm zu rechnen. Im Jahresgang treten Niederschläge über 50 mm / Monat von Juni - September (höchste Werte Juni - Juli) und im November auf, der Monat mit den geringsten Niederschlägen ist der Februar. Vergleichsweise geringe Niederschläge kennzeichnen auch den März und April.

Im Mittel 1981 - 2010 sind es in der Station Heringsdorf 604 mm. Nach MÜLLER (1979) beträgt der mittlere Niederschlag 579 mm (Mai 48, Juni 51, Juli 71, August 65, September 53 und Oktober im Mittel 52 mm). TRÖMEL (1979) weist für 1901/1950 an der Station Usedom 596 mm/a aus. Im Weiteren wird hier von einer mittleren Niederschlagshöhe von 585 mm/a ausgegangen.

- mittlere Jahrestemperatur 8,2 °C nach MÜLLER (1979)

Die mittlere Jahrestemperatur des Zeitraumes 1901/1950 liegt für die westlich angrenzende Mellenthiner Heide ebenfalls bei 8,2 °C (TRÖMEL 1979). Für die Station Greifswald liegen

langjährige Mittelwerte 1961 - 1990 mit 8,1 °C vor, für Greifwalder Oie und Ueckermünde
Mittelwerte 1961 - 1990 von jeweils 8,2 °C vor.

- mittlere Gewässerverdunstung 650 mm/a

Die mittlere Gewässerverdunstung wird nach RICHTER (1984) und JORDAN & WEDER (1988) festgelegt. Diese für Wasserhaushaltsberechnungen häufig verwendeten Angaben basieren auf langjährigen Mittelwerten. Sie korrespondieren gut mit den Angaben des Hydrologischen Atlas für Deutschland (2003) sowie den Ermittlungen in Kapitel 4.6.

Für die Bilanz ist eine Korrektur der Niederschlagshöhe (siehe Hydrologischen Atlas) erforderlich. Die Niederschlagshöhe beträgt damit 640 mm.

3.6.2 Verdunstung und Abfluss

Für eindeutig begrenzte Einzugsgebiete mit relativ geringem Speicherraum lässt sich die mittlere Gebietsverdunstung eines Jahres aus der Wasserhaushaltsgleichung berechnen (DVWK-Merkblätter 238/96):

$$E = P - (R_o + R_u) - (\Delta W_o + \Delta W_u)$$

Die Abflusshöhe R setzt sich aus ober- (R_o) und unterirdischem Abfluss (R_u) zusammen, wobei eine Berechnung unter Berücksichtigung der Zuflüsse erfolgen muss. ΔW_o und ΔW_u entsprechen ober- und unterirdischer Speicherung, die im Jahresgang in den Wintermonaten i. d. R. positiv, in den Sommermonaten negativ ist. Überjährlich wechseln sich positive und negative Speicheränderungen unregelmäßig ab, für mindestens 20jährige Reihen und mittlere Jahreswerte gehen sie gegen Null.

Unter Berücksichtigung der mittleren Niederschlagshöhe von 640 mm und der mittleren Abflusspende von 4,8 l/s · km² ergibt sich

$$E = P - R = 640 - 151,2 = 488,8 \text{ mm.}$$

Dieser Wert zeigt eine gute Übereinstimmung zu vergleichbaren Untersuchungen in benachbarten Räumen.

Oberirdischer Abfluss

Die Größe der oberirdischen Abflusspende ist gemäß DIN 4045 als Quotient aus Abfluss und Fläche des zugehörigen Einzugsgebietes definiert. Die oberirdische Abflusspende für das Einzugsgebiet des Thurbruchs zwischen Kachliner See und Gothensee (hier 44,4 km²) wurde am 16.11.1978 von der WWD Küste mit im Mittel (M_q) von 4,8 l/s · km² (ZIMMERMANN 1978) festgelegt. Die Hochwasserscheitelabflusspenden mit Wiederverkehrsintervallen ergeben sich für H_q_2 mit 20, H_q_5 mit 26, H_q_{10} mit 30, H_q_{25} mit 35, H_q_{50} mit 40 und H_q_{100} mit 46 l/s · km².

Die Daten dienen als Grundlage für die hydraulischen Berechnungen zur Grundwasserregulierung (vgl. auch MÜLLER 1979).

RUTKE u. a. (2000) verweisen darauf, dass die bisherigen Werte im Analogieschluss ermittelt wurden und z. T. deutliche Abweichungen zeigen. In den drei hydrologischen Gutachten seit 1968 wurden die Werte in annähernd gleicher Größe mit 4,8 - 4,6 l/s · km² angegeben. Ein Gutachten vom 16.06.1989 zum Schöpfwerk Sack-Kanal weist für M_q 4,6, H_q_2 24, H_q_5 35, H_q_{10} 41, H_q_{20} 48, H_q_{50} 57 und H_q_{100} mit 62 l/s · km² aus. Eine plausible Erklärung für die zunehmende Größtentendenz der H_{q_n} ist nach RUTKE u. a. (2000) nicht gegeben. Das StAUN Ueckermünde hat die Werte von 1989 am 05.10.1995 als Grundlage für den Ersatzneubau des Schöpfwerkes Sack-Kanal ($H_{q_{10}} = 2,3 \text{ m}^3/\text{s}$) bestätigt.

Die durch das StALU Vorpommern bereitgestellten monatlich mittleren Durchflüsse für den Sack-Kanal sind vorläufige Werte, da die Kalibrierung der Messeinrichtung noch nicht abgeschlossen ist. Erfasst ist jeweils der Gesamtabfluss (Freiauslauf und Druckrohrleitung mit Pumpe).

Für die Durchflusswerte von 11/2009 bis 6/2013 zeigt sich ein mittlerer Abfluss von 0,34 m³/s, bei Berücksichtigung der hydrologischen Jahre von 0,33 m³/s. Deutliche Unterschiede ergeben sich zwischen den hydrologischen Jahren 2009 / 2010 mit 0,30, 2010 / 2011 mit 0,52 und 2011 / 2012 mit 0,18 m³/s. Dies gilt auch für die bisher erfassten hydrologischen Winter- (11/09 - 4/10 0,38, 11/10 - 4/11 0,62, 11/11 - 4/12 0,34 und 11/12 - 4/13 0,50 m³/s) und Sommerhalbjahre (2010 0,23, 2011 0,42 und 2012 0,02 m³/s). Lediglich im Juli / August 2010, im Mai / Juni 2011, im Mai - September 2012 sowie bisher Mai / Juni 2013 erfolgte kein Durchfluss bzw. ein geringer Einstrom (siehe Abbildung 3).

Der jährliche Durchfluss im Sack-Kanal liegt danach im bisherigen Mittel bei 10.627.632 m³, 2009 / 2010 bei 9.460.800 m³, 2010 / 2011 bei 16.398.720 m³ und 2011 / 2012 nur bei 5.676.480 m³. Im hydrologischen Jahr 2012 / 2013 waren es bereits 7.884.000 m³.

Im Tagesmittel betrug der Durchfluss in der bisher vorliegenden Messreihe 29.117 m³/d.

Für die Schöpfwerke des Thurbruchs liegen keine Durchflusswerte vor. Bekannt sind jeweils der jährliche Stromverbrauch, die Anzahl und Pumpleistung sowie der Stromverbrauch der Pumpen (siehe auch Abschnitt 3.5.3.4). Unter Annahme eines maximalen Wirkungsgrades der Pumpen von ca. 60 - 70% (im Durchschnitt 65%) sind überschlägig Aussagen zur Größenordnung des oberirdischen Abflusses möglich (siehe Tabelle 12 ff. und Abbildung 4).

Tabelle 12: Gesamtfördermengen der Schöpfwerke Kachlin, Labömitz, Korswandt und Gothen

Jahr	Fördermenge [m ³]	Jahr	Fördermenge [m ³]	Jahr	Fördermenge [m ³]
1999	5.318.199,93	2004	3.238.123,54	2009	2.367.741,37
2000	5.095.549,86	2005	4.685.666,93	2010	5.169.640,68
2001	4.737.443,72	2006	2.222.015,99	2011	6.554.792,04
2002	4.417.927,73	2007	3.148.688,80	2012	8.523.814,75
2003	2.088.375,50	2008	6.346.954,93		

Tabelle 13: Jährliche Niederschlagshöhen (Station Greifswald)

Jahr	Niederschlagshöhe	Jahr	Niederschlagshöhe	Jahr	Niederschlagshöhe
1999	636,3 mm	2004	652,9 mm	2009	570,0 mm
2000	584,3 mm	2005	611,1 mm	2010	848,4 mm
2001	607,4 mm	2006	570,5 mm	2011	694,5 mm
2002	614,7 mm	2007	814,6 mm	2012	530,7 mm
2003	495,0 mm	2008	624,3 mm		

Die jährlichen Fördermengen gesamt liegen für alle 4 Schöpfwerke im Zeitraum 1999 - 2012 bei ca. 4.565.350 m³. Der Durchfluss schwankt sehr stark. Die niedrigsten Werte wurden 2003 mit insgesamt nur 2.088.375 m³, die höchsten 2012 mit 8.523.815 m³ nach ebenfalls sehr hohen Werten 2011 mit 6.554.790 m³ ermittelt. Ein Vergleich der jährlichen Niederschlagssummen zeigt, dass 2003 mit 495 mm das niederschlagsärmste Jahr innerhalb des betrachteten Zeitraums war, die Niederschläge 2012 jedoch mit 531 mm nur wenig darüber liegen. In den niederschlagsreichsten Jahren 2010 (848 mm) und 2007 (814 mm) lag der Gesamtabfluss mit 5.169.640 m³ nur etwas über dem Mittelwert bzw. mit 3.148.690 m³ deutlich darunter.

Schöpfwerk Kachlin

Tabelle 14: Schöpfwerk Kachlin – Stromverbrauch, Laufzeit und Fördermenge pro Jahr

Jahr	Verbrauch [kWh]	Laufzeit pro Jahr [h]	Fördermenge [m³]
1999	23.480	335,43	1.020.373,71
2000	18.880	269,71	820.470,86
2001	12.320	176,00	535.392,00
2002	12.040	172,00	523.224,00
2003	4.080	58,29	117.305,14
2004	8.520	121,71	370.254,86
2005	13.560	193,71	589.278,86

Jahr	Verbrauch [kWh]	Laufzeit pro Jahr [h]	Fördermenge [m³]
2006	2.200	31,43	95.605,71
2007	6.760	96,57	293.770,29
2008	16.760	239,43	728.341,71
2009	680	9,71	29.550,86
2010	13.246	189,23	575.633,31
2011	16.700	238,57	725.734,29
2012	28.950	413,57	1.258.084,29

2 Pumpen
40 kW; 2.400 m³/h | 30 kW; 2.280 m³/h

Fördermenge – Mittelwert 1999 - 2012: 553.072,85 m³

Im Schöpfwerk Kachlin liegt der Mittelwert 1999 - 2012 bei 553.072 m³. Sehr niedrige Werte wurden hier 2009 (29.551 m³), 2006 (95.606 m³) und 2003 (117.305 m³), hohe Werte 2012 (1.258.084 m³) und 1999 (1.020.374 m³) ermittelt. Eine Korrelation ergibt sich zumindest zu den eher geringen Niederschlagssummen 2009, 2006 und 2003 (vgl. Abbildung 4) bzw. den hohen Werten auch zur Niederschlagsentwicklung der Vorjahre (z. B. 2010, 2011).

Schöpfwerk Labömitz

Tabelle 15: Schöpfwerk Labömitz – Stromverbrauch, Laufzeit und Fördermenge pro Jahr

Jahr	Verbrauch [kWh]	Laufzeit pro Jahr [h]	Fördermenge [m³]
1999	66.940	1.968,82	2.597.862,65
2000	67.280	1.978,82	2.611.057,65
2001	59.420	1.747,65	2.306.020,29
2002	54.140	1.592,35	2.101.109,71
2003	25.880	761,18	1.004.372,35
2004	37.440	1.101,18	1.453.002,35
2005	60.240	1.771,76	2.337.843,53

Jahr	Verbrauch [kWh]	Laufzeit pro Jahr [h]	Fördermenge [m³]
2006	29.360	863,53	1.139.427,06
2007	49.600	1.458,82	1.924.917,65
2008	98.120	2.885,88	3.807.921,76
2009	38.060	1.119,41	1.477.063,82
2010	74.740	2.198,24	2.900.571,47
2011	95.640	2.812,94	3.711.675,88
2012	95.640	2.812,94	3.711.675,88

2 Pumpen: je 17 kW; je 1.015 m³/h

Fördermenge – Mittelwert 1999 - 2012: 2.363.180,15 m³

Für das Schöpfwerk Labömitz wurde der Mittelwert 1999 - 2012 mit 2.363.180 m³ bestimmt. Der niedrigste Durchfluss wurde hier 2003, 2006, 2004 und 2009 (siehe Abbildung 4), der höchste 2008, 2011 und 2012 beobachtet. Beziehungen zum Jahresniederschlag werden wiederum 2003, 2006 und 2009 und bei Berücksichtigung der Vorjahre z. B. auch 2011 und 2012 deutlich.

Schöpfwerk Korswandt

Tabelle 16: Schöpfwerk Korswandt – Stromverbrauch, Laufzeit und Fördermenge pro Jahr

Jahr	Verbrauch [kWh]	Laufzeit pro Jahr [h]	Fördermenge [m³]
1999	24.850	1.242,50	1.259.895,00
2000	27.555	1.377,75	1.397.038,50
2001	31.000	1.550,00	1.571.700,00
2002	20.118	1.005,90	1.019.982,60
2003	11.740	587,00	595.218,00
2004	15.207	760,35	770.994,90
2005	22.582	1.129,10	1.144.907,40

Jahr	Verbrauch [kWh]	Laufzeit pro Jahr [h]	Fördermenge [m³]
2006	12.525	626,25	635.017,50
2007	11.689	584,45	592.632,30
2008	24.149	1.207,45	1.224.354,30
2009	10.332	516,60	523.832,40
2010	26.837	1.341,85	1.360.635,90
2011	23.119	1.155,95	1.172.133,30
2012	53.529	2.676,45	2.713.920,30

2 Pumpen
10 kW; 720 m³/h | 10 kW; 840 m³/h

Fördermenge – Mittelwert 1999 - 2012: 1.141.590,17 m³

Im Schöpfwerk Korswandt wurden im Mittel 1.414.590 m³ gefördert. Der niedrigste Abfluss wurde 2009, 2007, 2003 und 2006 (siehe Abbildung 4), der weitaus höchste 2012 beobachtet. Beziehungen zum Jahresniederschlag werden wiederum 2003, 2006 und 2009 deutlich.

Schöpfwerk Gothen

Tabelle 17: Schöpfwerk Gothen – Stromverbrauch, Laufzeit und Fördermenge pro Jahr

Jahr	Verbrauch [kWh]	Laufzeit pro Jahr [h]	Fördermenge [m ³]
1999	11.848	846,29	440.068,57
2000	7.188	513,43	266.982,86
2001	8.732	623,71	324.331,43
2002	20.828	1.487,71	773.611,43
2003	8.386	599,00	311.480,00
2004	17.335	1.238,21	643.871,43
2005	16.521	1.180,07	613.637,14

Jahr	Verbrauch [kWh]	Laufzeit pro Jahr [h]	Fördermenge [m ³]
2006	9.476	676,86	351.965,71
2007	9.083	648,79	337.368,57
2008	15.786	1.127,57	586.337,14
2009	9.081	648,64	337.294,29
2010	8.960	640,00	332.800,00
2011	25.449	1.817,79	945.248,57
2012	22.619	1.615,64	840.134,29

2 Pumpen: je 7 kW; je 400 m³/h

Fördermenge – Mittelwert 1999 - 2012: 507.509,39 m³

Im Schöpfwerk Gothen beträgt der Mittelwert 507.509 m³. Der niedrigste Abfluss wurde 2000, 2003, 2001 und 2009 (siehe Abbildung 4), der höchste 2011, 2012 und 2002 beobachtet. Beziehungen zum Jahresniederschlag werden wiederum 2003 und 2006, anteilig auch für 2002, 2011 und 2012 deutlich.

Wesentlich dürften sich insgesamt etwa höhere Niederschläge im hydrologischen Winterhalbjahr, z. T. auch höhere Niederschläge in den Vorjahren, auswirken.

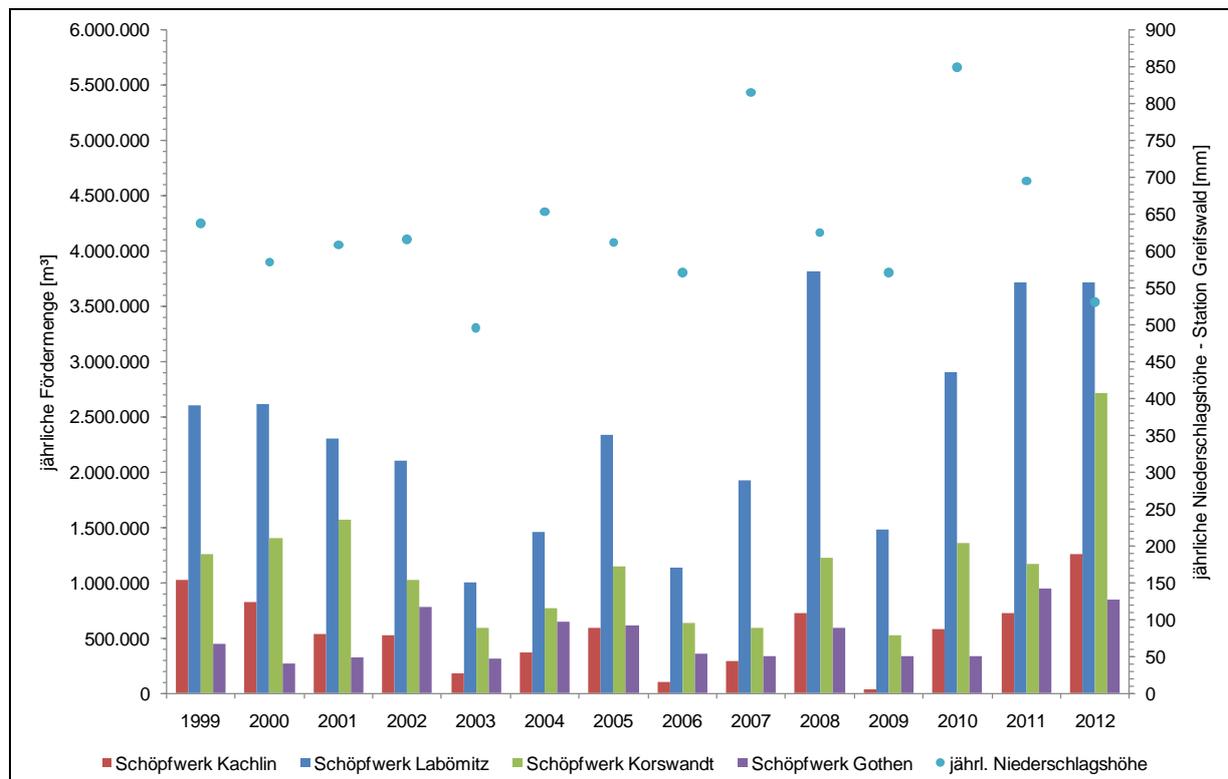


Abbildung 4: Jährliche Fördermenge der Schöpfwerke Kachlin, Labömitz, Korswandt und Gothen im Vergleich zur jährlichen Niederschlagshöhe

Unterirdischer Abfluss

Für das ober- / unterirdische Einzugsgebiet von ca. 64,5 km² wurden folgende Gebietsgrößen ermittelt:

Polder Kachlin	17,750 km ² , davon 7,06 km ² Thurbruch,
Labömitz	9,912 km ² , davon 3,83 km ² Moor,
Korswandt	8,144 km ² , davon 4,42 km ² Moor,
Gothen	2,905 km ² , davon 0,69 km ² Moor und
sonstige Flächen	11,250 km ² .

Nicht berücksichtigt wurden Teile des Einzugsgebietes, die nach HENNIG (2011) als Dargebotsflächen den Einzugsgebieten der angrenzenden Wasserfassungen zugeordnet sind und für eine Neubildung für das übrige Einzugsgebiet damit nicht zur Verfügung stehen.

Die für die Grundwasserneubildung entscheidende Größe ist der unterirdische Abfluss. Er umfasst eine hypodermische Komponente, die bodenintern (lateral) abfließt, ohne den Grundwasserhorizont erreicht zu haben. Innerhalb des weiteren Untersuchungsgebietes treten im Bereich der Hochgebiete z. T. weiträumig Sande mit saisonbedingter Grundwasserführung auf (vgl. Abschnitt 3.4.2.2). Der hypodermische Abfluss speist hier in der Regel den oberen, unbedeckten Grundwasserleiter in der weiteren Umrandung des Thurbruchs.

Für Mecklenburg-Vorpommern wurden in Anlehnung des Verfahrens nach SCHLINKER (1969) zuverlässige Größen für die Grundwasserneubildung ermittelt. In dieser Berechnung der Neubildung aus den Niederschlägen sind in differenzierter Form die oberflächennahen geologischen Bildungen, die Vegetation und die hydrogeologischen Verhältnisse ebenso berücksichtigt wie Zehrflächen usw. Von den Niederschlägen versickern – bezogen auf das weitere Untersuchungsgebiet – etwa folgende Anteile:

Sand	25 %
Geschiebemergel	5 %
Moor, entwässert	5 %
Wasser, Moor (Zehrflächen)	0 %

Tabelle 18: Berechnung der Grundwasserneubildung / des nutzbaren Dargebotes für das Untersuchungsgebiet für ein Normaljahr

Gewässerverdunstung, pot. (Ew):	650 mm/a
Niederschlagsmenge:	585 mm/a
Niederschlagsmenge (korrigiert):	640 mm/a

Bodenart	Fläche (km ²)	Versick.-koeffizient	Versick. (mm/a)	q (l/s·km ²)	Q (l/s)	Q (m ³ /d)
S	0,00	30,00%	192,00	6,10	0,00	0,00
S	0,00	25,00%	160,00	5,08	0,00	0,00
S / h	10,66 Ka. 3,06 La. 2,33 Ko. 3,01 Go. 0,12	20,00%	128,00	4,06	43,32	3.742,57 1.074,32 818,03 1.056,77 42,13
S / Mg	4,05 Ka. 2,52 La. 0,90 Ko. 0,32 Go. 0,00	15,00%	96,00	3,05	12,34	1.066,42 663,55 236,98 84,26 0,00

Bodenart	Fläche (km ²)	Versick.- koeffizient	Versick. (mm/a)	q (l/s·km ²)	Q (l/s)	Q (m ³ /d)
Mg / S	2,40 Ka. 2,31 La. 0,01 Ko. 0,04 Go. 0,00	10,00%	64,00	2,03	4,88	421,30 405,50 1,76 7,02 0,00
Mg	5,03 Ka. 2,63 La. 1,31 Ko. 0,29 Go. 0,02	5,00%	32,00	1,02	5,11	441,49 230,84 114,98 25,45 1,76
H., entwäss.	19,27 Ka. 7,18 La. 4,42 Ko. 4,43 Go. 0,72	5,00%	32,00	1,02	19,55	1.688,72 629,21 387,34 388,22 63,10
Mo / Wa	6,52 La. 0,93	0,00%	0,00	0,00	0,00	0,00
versiegelt	0,00	0,00%	0,00	0,00	0,00	0,00
GWN	47,89				85,20	7.360,50
V üb. Wa.	6,52			- 0,32	- 2,07	- 178,83
nutzb. GW					83,13	7.181,67
Min. Abfl. l / s · km ² m ³ /d	0,00 0,00					

Die Grundwasserneubildungsrate beträgt im ober- / unterirdischen Einzugsgebiet des Gotthensees / Thurbruchs (ohne Berücksichtigung der ausbalancierten Flächen der Einzugsgebiete der Wasserfassungen) ca. 7.360 m³/d. Demgegenüber steht im Bereich der Niederung mit den Seen eine Zehrfläche mit einer Verdunstung von ca. 179 m³/d, so dass sich insgesamt eine Grundwasserneubildung von ca. 7.180 m³/d (1.736 l/s · km² bzw. 2.620.700 m³/a) ergibt. Die ausgegrenzten Flächen (25,7 % des gesamten Einzugsgebietes) sind überwiegend durch eine höhere Grundwasserneubildung gekennzeichnet.

Die Teileinzugsgebiete der Polder Kachlin, Labömitz, Korswandt und Gothen sind anteilig mit 3.006,16 m³/d (1.097.248 m³/a), 1.551,79 m³/d (566.403 m³/a), 1.565,84 m³/d (571.532 m³/a) und 107,09 m³/d (39.087,85 m³/a) beteiligt. Bei Berücksichtigung des teilweise abweichenden Verlaufs der Grundwasserscheiden würden sich nur geringe Veränderungen (etwas höhere Neubildung für Labömitz und Korswandt, etwas geringere im Polder Kachlin) ergeben, die Neubildung insgesamt würde sich nicht wesentlich ändern.

Bei den derzeit höheren Grundwasserflurabständen in der Niederung ergibt sich hier eine Neubildung. Bei einer Wiedervernässung wären Teile der Moorfläche als Zehrfläche einzustufen. Die Einstufung als Neubildungs- oder Zehrfläche ist dabei von der jeweiligen Verdunstung abhängig, die in engem Zusammenhang mit den Grundwasserständen und der Vegetationsentwicklung steht (vgl. Kapitel 4.6).

Bei der Berechnung der Neubildung für Extremfälle (Nass- und Trockenjahr) werden Angaben aus dem Hydrologischen Atlas von Deutschland (2003) berücksichtigt, wonach im Zeitraum von 1961 bis 1990 ein extrem feuchtes hydrologisches Jahr 1965 / 1966 mit ca. 25 - 30% mehr Niederschlag und 1975 / 1976 ein extrem trockenes Jahr mit 20 - max. 40% weniger Niederschlag im Mittel für Deutschland auftrat. Im Untersuchungsgebiet lagen die Differenzen jeweils nur bei ca. 15%. TRÖMEL (1976) verweist auf das Trockenjahr 1963, wo an der Station Usedom nur ein Niederschlag von 382 mm/a ermittelt wurde (- 35%). 2010 / 2011 lag der Niederschlag ca. 40% über dem Mittelwert. Für Extremjahre kann deshalb jeweils von bis

ca. 40% höherem oder niedrigerem Niederschlag und einer entsprechend höheren (ca. 10.052 m³/d) oder niedrigeren Neubildung (ca. 4.308 m³/d) ausgegangen werden.

Zusätzlich wird eine Neuberechnung nach BAGROV-GLUGLA (1981) bzw. modifiziert nach GLUGLA u. a. (2002) vorgenommen.

Die Grundwasserneubildungsberechnung nach BAGROV-GLUGLA unter Berücksichtigung des DVWK-Merkblattes zur Wasserwirtschaft 238 / 1996 und des ATV-DVWK-Merkblattes 504 / 2002 erfolgte nach einem besonders für die im Norden Deutschlands auftretenden Lockergesteine anerkannten und bewährten Berechnungsverfahren. Dabei werden besonders die anstehenden Bodenarten, die vorhandene Landnutzung, der Grundwasserflurabstand und der Niederschlag berücksichtigt. Als Klimagrößen gehen die langjährigen Mittelwerte der Jahressumme des Niederschlages als korrigierter Niederschlag (N_k) und die Grasreferenzverdunstung ein. Die weiteren Standortfaktoren wie Bodenart und Landnutzung werden mit dem Effektivitätsparameter n berücksichtigt.

Die Differenzialgleichung von BAGROV (1953), modifiziert nach GLUGLA u. a. (2002) ist in Kapitel 4.6 aufgeführt.

In einem ersten Schritt wird die landnutzungsabhängige maximale Verdunstung ET_{max} ermittelt, die sowohl unter als auch über der Grasreferenzverdunstung liegen kann. Mit Hilfe des Effektivitätsparameters n kann daraus die tatsächliche Verdunstung abgeleitet werden. Der Effektivitätsparameter stellt dabei die empirische Komponente dieses Modells dar, und beruht in erster Linie auf einer umfangreichen Auswertung von Lysimetermessungen, welche die für Ostdeutschland typischen Bodenformen repräsentieren.

Für grundwasserbeeinflusste Böden wird der Niederschlag um die kapillare Aufstiegsrate (K_r) ergänzt und gleichzeitig der Effektivitätsparameter erhöht (n -korr). Im Ergebnis führt das dazu, dass sich die reale Evapotranspiration der jeweiligen maximalen Verdunstung annähert.

Darauf aufbauend kann der Abfluss aus der Differenz zwischen Niederschlag (als korrigierter Niederschlagswert N_k) und der realen Evapotranspiration (ET_r) ermittelt werden.

Im Bereich der im Norden Deutschlands vorkommenden Gebiete mit Lockergesteinsbedeckung, relativ ebenem Relief und fehlenden größeren Fließgewässern kann der Direktabfluss bei der Betrachtung der langjährigen Mittelwerte der Grundwasserneubildung / Gesamtabfluss zumeist vernachlässigt werden.

Im Regelfall ist das arithmetische Mittel der Gesamtabflusshöhe aller Flächeneinheiten des Einzugsgebietes im langjährigen Durchschnitt vergleichbar mit dem mittleren Abflusswert des zugehörigen Vorfluters (GLUGLA et al. 2003).

Tabelle 19: Grundwasserneubildungs-(Gesamtabfluss-)Berechnung nach BAGROV-GLUGLA

Gebietsniederschlag (N):	585 mm/a	(Station siehe Abschnitt 3.6.1)
N korrigiert:	640 mm/a	
Gewässerverdunstung:	650 mm/a	(Quelle: JORDAN & WEDER 1988)
Grasreferenzverdunstung:	562 mm/a	(Quelle: vgl. Abschnitt 4.6)

Fläche [km ²]	Nutzung	Bodenart *	GW-Abstand [m]	Aufstiegs- rate [mm/a]	Effektivit.- Parameter (GW-fern) (n)	Effektivit.- Parameter (GW-nah) (n-korr.)	reale Ver- dunstung [mm/a]	Abfluss [l/(s·km ²)]	Gesamt- abfluss [m ³ /d]
Polder Kachlin									
2,11	Acker	Ss	>2,00	0	1,08	1,08	381,3	8,21	1.497
2,08	Acker	Su2	>2,00	0	1,24	1,24	398,7	7,66	1.377
2,13	Acker	Ls3	>2,00	0	1,55	1,55	420,6	6,97	1.282
2,44	Acker	Su3	>5,00	0	2,26	2,26	487,0	4,86	1.024
0,18	Acker	anmoorig	≤1,50	29,5	1,44	1,44	440,0	6,35	99

Fläche [km²]	Nutzung	Bodenart *	GW-Abstand [m]	Aufstiegs- rate [mm/a]	Effektivit.- Parameter (GW-fern) (n)	Effektivit.- Parameter (GW-nah) (n-korr.)	reale Ver- dunstung [mm/a]	Abfluss [l/(s·km²)]	Gesamt- abfluss [m³/d]
0,51	Grünland	Ss	>2,00	0	0,96	0,96	352,6	9,12	402
0,25	Grünland	Su2	>2,00	0	1,12	1,12	377,3	8,34	180
0,16	Grünland	Ls3	>2,00	0	1,43	1,43	418,0	7,05	97
0,22	Grünland	Su3	>5,00	0	2,19	2,19	482,2	5,01	95
7,00	Grünland	anmoorig	≤1,00	308	1,18	6,86	522,0	3,75	2.266
0,64	Wald	Ss, Su2, Ls3	>2,00	0	2,03/3,40*	2,03/3,40	511,1	4,09	226
17,72									8.545
Polder Labömitz (mit Kachliner See)									
1,03	Acker	Ss	>2,00	0	1,08	1,08	381,3	8,21	731
0,61	Acker	Su2	>2,00	0	1,24	1,24	398,7	7,66	404
0,01	Acker	Ls3	>2,00	0	1,55	1,55	420,6	6,97	6
1,06	Acker	Su3	>5,00	0	2,26	2,26	487,0	4,86	445
0,34	Acker	anmoorig	≤1,50	29,5	1,44	1,44	440,0	6,35	187
0,83	Grünland	Ss	>2,00	0	0,96	0,96	352,6	9,12	654
0,29	Grünland	Su2	>2,00	0	1,12	1,12	377,3	8,34	209
0,02	Grünland	Ls3	>2,00	0	1,43	1,43	418,0	7,05	12
0,36	Grünland	Su3	>5,00	0	2,19	2,19	482,2	5,01	156
4,02	Grünland	anmoorig	≤1,00	308	1,18	6,86	522,0	3,75	1.301
0,48	Wald	Ss, Su2, Ls3	>2,00	0	2,03/3,40*	2,03/3,40	511,1	4,09	170
0,003	Wald	Su3	>5,00	0	2,09/3,44*	2,09/3,44	525,4	3,64	1
0,06	Wald	anmoorig	≤1,00	600	2,20	4,92	623,4	0,53	3
0,93	Gewässer		0	680	--	--	650,0	-0,32	-26
10,043									4.252
Polder Korswandt									
1,16	Acker	Ss	>2,00	0	1,08	1,08	381,3	8,21	823
0,16	Acker	Su2	>2,00	0	1,24	1,24	398,7	7,66	106
0,02	Acker	Ls3	>2,00	0	1,55	1,55	420,6	6,97	12
0,25	Acker	Su3	>5,00	0	2,26	2,26	487,0	4,86	105
0,04	Acker	anmoorig	≤1,50	29,5	1,44	1,44	440,0	6,35	22
1,28	Grünland	Ss	>2,00	0	0,96	0,96	352,6	9,12	1.009
0,10	Grünland	Su2	>2,00	0	1,12	1,12	377,3	8,34	72
0,02	Grünland	Ls3	>2,00	0	1,43	1,43	418,0	7,05	12
0,05	Grünland	Su3	>5,00	0	2,19	2,19	482,2	5,01	22
4,33	Grünland	anmoorig	≤1,00	308	1,18	6,86	522,0	3,75	1.401
0,64	Wald	Ss, Su2, Ls3	>2,00	0	2,03/3,40*	2,03/3,40	511,1	4,09	226
0,06	Wald	anmoorig	≤1,00	600	2,20	4,92	623,4	0,53	3
8,11									3.813
Polder Gothen									
0,12	Grünland	Ss	>2,00	0	0,96	0,96	352,6	9,12	95
0,018	Grünland	Su3	>5,00	0	2,19	2,19	482,2	5,01	8
0,69	Grünland	anmoorig	≤1,00	308	1,18	6,86	522,0	3,75	223
0,027	Wald	anmoorig	≤1,00	600	2,20	4,92	623,4	0,53	1
0,855									327
Rest (mit Gothensee)									
1,46	Acker	Ss	>2,00	0	1,08	1,08	381,3	8,21	1.036
0,24	Acker	Su2	>2,00	0	1,24	1,24	398,7	7,66	159
0,36	Acker	Su3	>5,00	0	2,26	2,26	487,0	4,86	151
0,03	Acker	anmoorig	≤1,50	29,5	1,44	1,44	440,0	6,35	16
0,26	Grünland	Ss	>2,00	0	0,96	0,96	352,6	9,12	205
0,02	Grünland	Su2	>2,00	0	1,12	1,12	377,3	8,34	14
0,04	Grünland	Ls3	>2,00	0	1,43	1,43	418,0	7,05	24
0,24	Grünland	Su3	>5,00	0	2,19	2,19	482,2	5,01	104
1,85	Grünland	anmoorig	≤1,00	308	1,18	6,86	522,0	3,75	599

Fläche [km²]	Nutzung	Bodenart *	GW-Abstand [m]	Aufstiegs- rate [mm/a]	Effektivit.- Parameter (GW-fern) (n)	Effektivit.- Parameter (GW-nah) (n-korr.)	reale Ver- dunstung [mm/a]	Abfluss [l/(s·km²)]	Gesamt- abfluss [m³/d]
0,46	Wald	Ss, Su2, Ls3	>2,00	0	2,03/3,40*	2,03/3,40	511,1	4,09	163
0,04	Wald	Su3	>5,00	0	2,09/3,44*	2,09/3,44	525,4	3,64	13
0,64	Wald	anmoorig	≤1,00	600	2,20	4,92	623,4	0,53	29
5,59	Gewässer		0	680	--	--	650,0	-0,32	-153
11,23									2.360
gesamt									
47,958									19.298

* Laubwald / Nadelwald

Versiegelte Flächen wurden im Bereich der Ortslagen nicht gesondert berücksichtigt, da hier i. d. R. die Versickerung jeweils unmittelbar randlich erfolgt.

3.6.3 Bilanz

3.6.3.1 Ist-Zustand

Die oberirdische Abflussspende für das Einzugsgebiet des Gothensees / Thurbruchs zwischen Kachliner See und Gothensee wurde bisher mit 4,8 - 4,6 l/s · km² angegeben (s. o.). Für das Schöpfwerk im Sack-Kanal wurde zuletzt am 05.10.1995 für Mq 4,6, Hq₂ 24, Hq₅ 35, Hq₁₀ 41, Hq₂₀ 48, Hq₅₀ 57 und Hq₁₀₀ mit 62 l/s · km² ausgewiesen (StAUN Ueckermünde).

Aus dem Einzugsgebiet insgesamt (weiteres Untersuchungsgebiet) ergeben sich bei einer mittleren Abflussspende von 4,8 l/s · km² und der Größe des Einzugsgebietes von 64,5 km² ein Abfluss von 309,6 l/s bzw. 26.749,44 m³/d (9.763.546 m³/a).

Bezogen auf ein Jahr ergibt sich im Mittel ein Gesamtabfluss von ca. 9.76 Mill. m³. Enthalten ist hier der Direktabfluss (Oberflächenabfluss und hypodermischer Abfluss) sowie eine anteilige Grundwasserspeisung. Infolge der besonderen Situation innerhalb des Einzugsgebietes sind sowohl oberirdischer wie auch unterirdischer Abfluss (hypodermischer und Grundwasserabfluß) jeweils auf den Talraum gerichtet.

Auf Grundlage der durch das StALU Vorpommern bereitgestellten monatlich mittleren Durchflüsse für den Sack-Kanal von 11/2009 bis 6/2013 (vorläufige Werte, s. o.) ergibt sich bisher eine Abflussspende von 5,22 l/s · km², ein Abfluss von 337 l/s bzw. ein Tagesmittel von 29.117 m³/d und ein Jahresmittel von 10.627.632 m³/a. Erfasst ist jeweils der Gesamtabfluss (Freiauslauf und Druckrohrleitung mit Pumpe). Damit wird zunächst die o. g. Abflussspende in ihrer Größenordnung bestätigt. Gleichzeitig zeigen sich jedoch in den einzelnen hydrologischen Jahren insgesamt, aber auch in den hydrologischen Winter- und Sommerhalbjahren deutliche Unterschiede (siehe Abschnitt 3.6.2).

Die jährlichen Niederschlagshöhen im bisherigen Beobachtungszeitraum von 2010 - 2012 liegen 2010 und 2011 (siehe Tabelle 13) mit 848 und 694 mm deutlich über der langjährigen mittleren Niederschlagshöhe von 585 mm/a. Dies ist mit 691 mm auch für den Mittelwert 2010 - 2012 der Fall, so dass davon auszugehen ist, dass der bisher gemessene Gesamtabfluss zu hoch ist und sich im Mittel dem festgelegten Wert weiter annähert.

Im Juli / August 2010, im Mai / Juni 2011, im Mai - September 2012 sowie bisher Mai / Juni 2013 erfolgte kein Durchfluss bzw. ein geringer Einstrom (siehe Abbildung 3).

Die Grundwasserneubildung nach SCHLINKER beträgt ca. 7.180 m³/d (1,736 l/s · km² bzw. 2.620.700 m³/a). Die für die Wasserfassungen ausbilanzierten Flächen (25,7% des gesamt-

ten Einzugsgebietes) sind überwiegend durch eine höhere Grundwasserneubildung gekennzeichnet, gehen jedoch nicht in die Berechnung ein. Die hohe Differenz zum Gesamtabfluss wäre hier dem oberirdischen und hypodermischen Abfluss, insbesondere in GWL 1, zuzuordnen. Die Teileinzugsgebiete der Polder Kachlin, Labömitz, Korswandt und Gothen sind anteilig mit 3.006,16 m³/d (1.097.248 m³/a), 1.551,79 m³/d (566.403 m³/a), 1.565,84 m³/d (571.532 m³/a) und 107,09 m³/d (39.087,85 m³/a) beteiligt (siehe Abschnitt 3.6.2).

Bei der Grundwasserneubildungs-(Gesamtabfluss)-Berechnung nach BAGROV-GLUGLA entspricht im Regelfall das arithmetische Mittel der Gesamtabflusshöhe aller Flächeneinheiten dem mittleren Abflusswert des zugehörigen Vorfluters (s. o.), hier des Sack-Kanals.

Der Gesamtabfluss wurde hier mit 19.298 m³/d, d. h. 7.043.770 m³/a, ermittelt. Die Teileinzugsgebiete der Polder Kachlin, Labömitz, Korswandt und Gothen sind anteilig mit 8.545 m³/d (3.118.925 m³/a), 4.252 m³/d (1.551.980 m³/a), 3.813 m³/d (1.391.745 m³/a) und 327 m³/d (119.355 m³/a) beteiligt (insgesamt 16.938 m³/d bzw. 6.182.370 m³/a).

Die Relationen zwischen den einzelnen Poldern entsprechen in Abhängigkeit von den ermittelten Flächengrößen (Kachlin 48,6%, Labömitz 27,6%, Korswandt 22,3% und Gothen 2,3%) und Abflusswerten etwa einander (Polder Kachlin ca. 50,4%, Labömitz 25,1%, Korswandt 22,5% und Gothen 1,9%).

Die Bilanz ist im Untersuchungsgebiet im langjährigen Mittel deutlich positiv, der Überschuss in der Größenordnung der Grundwasserneubildungs-(Gesamtabfluss)-Berechnung nach BAGROV-GLUGLA steht zum Abfluss, hier insgesamt für die Polder des WBV bzw. differenziert auch für die einzelnen Polder, zur Verfügung. Die Werte für die 4 Polder entsprechen etwa 63% der ober- / unterirdischen Abflussspende des gesamten Einzugsgebietes, bei Berücksichtigung der bilanzierten Restflächen einschließlich Gothensee sind es 72,1%.

Die unter Berücksichtigung des Stromverbrauches, der Laufzeit und eines angenommenen Wirkungsgrades der Schöpfwerkspumpen überschlägig ermittelten mittleren Durchflussmengen 1999 - 2012 an den Schöpfwerken Kachlin, Labömitz, Korswandt und Gothen entsprechen in ihrer Gesamtheit mit 4.565.350 m³/a etwa der Größenordnung des jährlichen Gesamtabflusses nach BAGROV-GLUGLA (vgl. Abschnitt 3.6.2). Dies gilt jedoch nicht für die einzelnen Teileinzugsgebiete. Für den Polder Kachlin liegt der Mittelwert überschlägig etwa bei 553.000 m³/a, für den Polder Labömitz bei 2.363.000 m³/a, den Polder Korswandt bei 1.141.600 m³/a und den Polder Gothen bei 507.500 m³/a.

Der Polder Kachlin weist ca. 50% der Neubildung auf, der Abfluss im Schöpfwerk liegt nur bei ca. 12% des Gesamtabflusses. Im Polder Labömitz stehen 24% der GWN einem Abfluss von 52% gegenüber. Beim Polder Korswandt (21 zu 25%) ist der Durchfluss etwas größer, beim Polder Gothen mit 11% deutlich größer als die nur für Teilflächen berechnete Neubildung von 1 - 2%.

Die GWN für die Polder Kachlin und Labömitz liegt bei 3.540.865 m³/a, der Durchfluss bei beiden Schöpfwerken überschlägig bei 2.916.000 m³/a. Es ist davon auszugehen, dass ein wesentlicher Teil der Neubildung des Polders Kachlin im Mittel den Polder Labömitz gespeist hat. Der Kachliner See ist seit 1985 / 1986 eingedeicht und besitzt bis auf den Uferstrandstreifen kein eigenes Einzugsgebiet. In den letzten 15 - 20 Jahren wurde der Wasserspiegel auf etwa - 0,1 m NN eingestellt. Die Seefläche hat sich verkleinert und weist randlich deutliche Torfsackungen auf, ist jedoch nicht trockengefallen. Damit ist hier weiterhin u. a. von einer Speisung durch den Moorkörper, bevorzugt aus dem westlich anschließenden Bereich des Polders Kachlin auszugehen. Ein zeitweiliger Überlauf wäre auch über den Ringgraben (Graben 22/1) zum Kachliner See bzw. zum Polder Labömitz denkbar. Anteilig ist auch von einer Förderung im Kreislauf auszugehen (s. o.). Der größere Durchfluss beim Polder Korswandt ist auf die anteilige Entwässerung der Parchen-Niederung zurückzuführen, beim Polder Gothen ist u. a. von einer Speisung (oberirdischer und hypodermischer Abfluss) aus dem Einzugsgebiet der Wasserfassungen auszugehen.

3.6.3.2 Zustand unter Berücksichtigung der Wiedervernässungsszenarien

Der ober- und unterirdische Abfluss innerhalb der Teileinzugsgebiete außerhalb des Thurbruchs bleibt gegenüber dem Ist-Zustand in seinen Ausgangsgrößen unverändert. Die Bilanz ist deutlich positiv, der Überschuss o. g. Größenordnung steht zum Abfluss zur Verfügung. Der Abfluss erfolgt generell in Richtung Thurbruch bzw. Gothensee.

Mit verschiedenen Maßnahmen innerhalb des Thurbruches (z. B. Reduzierung des Schöpfwerksbetriebes, Ausspiegelung zwischen Gothensee und Kachliner See über die Bäck, Erhöhung des Retentionsvermögen durch zielgerichtete Nutzung der Staue und Reduzierung der Unterhaltungspflege, Reduzierung des Grundwasseranschnittes im Liegenden des Moorkörpers) kann eine Anhebung des Wasserspiegels im Talbereich und eine Wiedervernässung mit unterschiedlich großer Überstauung initiiert werden.

Im Ergebnis führt dies zu einer deutlichen Reduzierung des Oberflächenabflusses (Mittelwasserabfluss) und der derzeit vorhandenen geringen Grundwasserneubildung im Bereich des Moorkörpers bis hin zur Grundwasserzehrung. Die Bilanz bliebe insgesamt deutlich positiv.

4 Möglichkeiten der Durchführbarkeit einer Wiedervernässung / Neuausrichtung des Wassermanagements im Thurbruch und wasserwirtschaftliche Voraussetzungen

4.1 Entwicklungsziele

Das übergeordnete Ziel der vorliegenden Untersuchung ist die Erfassung und Darstellung der Möglichkeiten der Durchführbarkeit einer Wiedervernässung im gesamten Thurbruch bzw. unterschiedlichen Teilflächen unter Berücksichtigung des maximal notwendigen Rückhalts (ohne Beeinträchtigung der Infrastruktur, wie Bebauung und Verkehrsverbindungen) und einer minimalen Nutzungsaufgabe (Nutzungsaufgabe = Wasserstand 0,30 m über Flur) sowie erforderlicher Maßnahmen zur Neuausrichtung des Wassermanagements (u. a. Reduzierung von Pumpleistungen bzw. der Grabenpflege). Die Ausarbeitung und Modellierung von drei Wiedervernässungsszenarien hat das Ziel, einen Minimumwasserstand von 20 cm unter Flur in unterschiedlichen Anteilen im Untersuchungsgebiet herzustellen. Die Wiedervernässung soll durch einfache Eingriffe in die bestehende Wasserregulation (minimaler Neubau regulierbarer Staukörper / Grabenverschlüsse) und ohne eine Beeinträchtigung der Infrastruktur realisiert werden.

Voraussetzung ist die Wiederherstellung der hydrologischen Voraussetzungen für einen langfristigen Überschuß an Wasser innerhalb des Talraums (Wiedervernässung) sowie der natürlichen Wasserstandsschwankungen, bei denen sich auch eine Vergleichmäßigung des Abflussgeschehens einstellen kann. Managementempfehlungen für die Regulation des Wasserstandes innerhalb des Thurbruchs sind abzuleiten.

Die besondere Eignung des engeren Untersuchungsgebietes ergibt sich aus folgenden Aspekten:

1. Der größte Teil des engeren Untersuchungsgebietes hat aufgrund der besonderen morphologischen, hydrogeologischen und hydrologischen Situation ein hohes Aufwertungspotential (Wasserüberschussgebiet), z. T. seitlich und von unten anströmendes Grundwasser (in Teilbereichen ehemaliges Durchströmungsmoor).
2. Das Thurbruch mit seinen Teileinzugsgebieten stellt ein im hydrologischen Zusammenhang eigenständiges, weitgehend abgeschlossenes System dar.
3. Das Gebiet ist in die umgebende End- und Grundmoränenlandschaft eingeschnitten, so dass Randwirkungen und -beeinträchtigungen auf die unmittelbar angrenzenden Gebiete beschränkt sind.

4.2 Darstellung des Höhenreliefs des Thurbruches

4.2.1 Geländeoberfläche nach digitalem Geländemodell

Das digitale Geländemodell DGM 2 erfasst die Geländesituation des Thurbruches und des Einzugsgebietes des Gothensees / Thurbruches im Jahr 2012. Die Darstellung ist im Thurbruch und an seinen Rändern flächendeckend vorhanden, wesentlich detaillierter und präziser als frühere Darstellungen. Besonders deutliche Abweichungen ergeben sich auch zur aktuellen TK 10 (2012).

Die Geländeoberfläche in der Umrandung des Thurbruchs erreicht in den Ortslagen generell + 5 m NN und fällt von hier in Richtung der Senke überwiegend flach ein. Die eigentliche Niederung mit der Torfverbreitung beginnt randlich fast überall bei Geländehöhen von etwa + 2,50 bis + 2 m NN (im Durchschnitt bei etwa + 2,25 m NN, s. o.). Von hier fällt das Gelände weiter in Richtung Kachliner See und Gothensee bis etwa auf ± 0 m NN ein. In einzelnen Ausbuchtungen am Westrand der Senke, einmündenden kleineren glazialen Senken und Bereichen des Durchströmungsmoores mit Grundwasseranstrom) ist der Niedermoortorf auch über + 2,50 bis max. ca. + 3,50 m NN ausgegrenzt worden. Zwischen Labömitz, Reetzow und Gothensee zeichnen sich einzelne Geländeauftragungen innerhalb des Moorkörpers ab.

Am südlichen Rand des Thurbruchs ist der Talrand deutlich gegliedert. Ausbuchtungen der Senke werden unterbrochen von Geländeschwellen, die sich nördlich von Görke fast bis an den Kachliner See (mit einer Fortsetzung im Adlerberg) und westlich und nördlich von Kutzow bis in Nähe des Knüppelgrabens erstrecken.

Der östliche Rand des Thurbruchs zwischen Zirchow und Ulrichshorst ist weniger gegliedert, Geländeauftragungen und Senken bestimmen jedoch auch hier das Geländeniveau zwischen + 1 und + 2 m NN, z. B. nördlich Zirchow.

Ulrichshorst liegt auf einer Geländeschwelle mit Höhen von + 1 bis > 2,5 m NN, die sich im Bereich des hier ins Moor führenden Weges noch etwa 500 m fortsetzt. Inmitten der zentralen Thurbruchsenske deutet sich eine weitere langgestreckte Hochlage mit Höhen über + 0,5 m NN an.

Die Senke setzt sich nordöstlich des Gothensee südlich der Ortslage Gothen fort. In der östlichen und nördlichen Umrandung liegt das Gelände auch hier bei etwa + 2 bis + 2,5 m. Im SE des Sees schließt sich die deutlich in die Umgebung eingetieftete Parchen-Niederung, hier mit Geländehöhen von $\leq - 0,1$ m NN an.

Das Relief ist in Anlage 5.3 wiedergegeben.

Polder Kachlin

Die Geländeoberfläche in der westlichen Umrandung des Polders erreicht in den Ortslagen Kachlin und Katschow + 5 m NN und fällt von hier in Richtung der Senke zunehmend abflachend ein. Die Torfverbreitung beginnt meist bei etwa + 2,50 bis + 2 m NN, setzt jedoch in Teilbereichen nordwestlich Görke, nördlich Kachlin und östlich Katschow auch etwas höher ein. Zwischen Görke und Kachlin liegt das Gelände in einem \pm breiten Streifen über + 1 m, z. T. bis + 2 m NN. In der Teilsenke westlich Görke, in der Senke zwischen Görke und Kachliner See sowie westlich des Ringgrabens 22/1 um den Kachliner See bleiben die Höhen überwiegend im Niveau zwischen + 1 m bis + 0,5 m NN. Im zentralen Teil der Senke zwischen Görke und Kachliner See (Dammwiesen) sinkt die Geländeoberfläche unter + 0,5 m NN, in kleineren Teilsenken unter + 0,4 m, max. + 0,3 m NN ab. Die Senkungszone südwestlich des Kachliner Sees setzt sich hier abgeschwächt fort. Nördlich von Kachlin treten in einem überwiegend schmalen Saum westlich des Grabens 22/1 Geländehöhen unter + 0,5 m NN bis $\leq + 0,3$ m NN auf. Aufweitungen treten im Einmündungsbereich von Gräben bzw. östlich von Katschow auf (siehe Anlage 5.3).

Östlich des Kachliner Sees und im NE des Polders liegen die Geländehöhen im Bereich des Grabensystems 22/2 meist bei + 0,2 m NN, untergeordnet auch bei + 0,1 m bzw. bis etwa + 0,3 m. Im NE zeichnen sich Mulden unter + 0,1 m mit Eintiefungen unter ± 0 m NN ab. In diesem Niveau liegen auch die Flächen des ehemaligen Torfstiches. Zwischen beiden Bereichen liegt eine langgestreckte Geländeauftragung bis über + 0,5 m NN.

Die Höhen im Bereich des Grabensystems 22/3 im zentralen Teil der östlichen Polderfläche sowie der Grabensysteme 22/5 und 22/7 nördlich des Knüppelgrabens (Graben 22) liegen überwiegend im Niveau von + 0,1 - + 0,2 m NN. Nach Süden steigt das Gelände z. T. auf über + 0,3 m an.

Im Bereich des Knüppelgrabens (Graben 22) liegt das Gelände im östlichen Teilabschnitt zunächst über + 0,5 bzw. + 0,4 m NN, sinkt dann jedoch bis etwa + 0,2 m NN ab. Randlich der Einmündung des Grabens 22/6 treten beidseits Senken unter + 0,1 m bzw. ± 0 m NN auf. Östlich des Grabens 22/6 wird in einer derartigen Senke das Senkentiefste bei ca. - 0,1 m, westlich bei + 0,1 m NN erreicht.

Polder Labömitz

Die Geländeoberfläche in der westlichen Umrandung des Polders erreicht auch in den Ortslagen Labömitz und Reetzow + 5 m NN und fällt von hier in Richtung der Senke ein. Die Torfverbreitung beginnt im Mittel bei + 2,25 m NN, setzt jedoch in Teilbereichen des hier ausgebildeten Durchströmungsmoores auch etwas höher ein. Unterhalb von Labömitz und Reet-

zow liegt das Gelände in einem 300 bis 500 m breiten Streifen über + 1,5 m, + 1 m bzw. + 0,5 m NN. Anschließend folgen westlich der Bäck (Graben 26) zwischen Kachliner See und Gothensee eine Reihe von Geländesenken mit Geländehöhen von + 0,5 m bis < 0,3 m NN, in Senken westlich des Gothensees (Grabensystem 26/1) auch < 0,2 m NN. Oberhalb des Grabens 26/2 bzw. nördlich des Kachliner Sees schließen sich weitere Senken an.

Das DGM zeigt für den Kachliner See eine im Vergleich zur aktuellen TK 10 deutlich verkleinerte Kontur. Die Seefläche hat sich danach randlich überwiegend etwa um 20 m, am westlichen Ufer bis zu 50 und im Südwesten des Sees bis 100 m verkleinert. In der Umrandung des Sees innerhalb des umlaufenden Deiches treten größere Senken in der Geländeoberfläche am nördlichen und nordwestlichen Ufer (jeweils + 0,1 bis unter ± 0 m NN), die größte jedoch am südwestlichen Ufer des Sees (weitflächig < ± 0 m bzw. unter - 0,1 m NN) auf. Die Geländeoberfläche liegt im Niveau des derzeitigen Seespiegels.

Die Polderflächen südöstlich der Bäck (Grabensystem 26/3) weisen überwiegend Geländehöhen von etwa + 0,3 m NN, in Teilsenken auch < + 0,2 m NN auf. Im nördlichen und östlichen Anschluss liegen die Höhen – wie auch in angrenzenden Bereichen des Polders Kachlin – überwiegend bei etwa + 0,2 m NN, anteilig auch < 0,1 m NN.

Bemerkenswert sind die Höhenunterschiede zwischen den Polderflächen und den nördlich der Kreisstraße K 41 liegenden Flächen des Hochmoores, wo die Geländehöhen weitflächig über + 0,50 m, inselförmig auch über + 1 m NN liegen. Dies trifft auch auf die östlich angrenzenden Flächen des Polders Kachlin zu.

Polder Korswandt

Der Polder ist durch die langgestreckte Geländehochlage von Ulrichshorst in einen südlichen und einen nördlichen Teil gegliedert. Der Südteil weist am östlichen Rand des Thurbruchs in einem bis etwa 500 m breiten Streifen Geländehöhen über + 1 m NN auf, an den sich ein 300 - 500 m breiter Bereich mit Höhen über + 0,5 m anschließt. Dieser Bereich ist auch am südlichen Rand der Hochlage von Ulrichshorst etwa 300 m breit. Im Zentralteil liegt westlich des Knüppelgrabens (Graben 23/ 1/3) bzw. beidseits des mittleren Abschnittes von Graben 23/1 eine weiträumige Geländesenke mit Höhen unter + 0,5 m NN. In ihrem östlichen Teil liegt die Geländeoberfläche überwiegend unter + 0,4 m NN, die flachwellige Oberfläche wird durch einzelne Erhebungen bis > +0,5 m NN und Senken (< + 0,3, lokal < + 0,2 m NN) bestimmt. In ihrem westlichen Teil (Einzugsbereich des Grabens 23/1/2) sinkt die Oberfläche etwas tiefer (großflächig tiefer + 0,2 m, anteilig < 0,1 m, lokal bis ± 0 m NN). Die tiefsten Senken grenzen unmittelbar an den Polder Kachlin (hier mit Geländehöhen von < + 0,2 bis < 0,1 m NN) an.

Der nördliche Teil des Polders erfasst anteilig den Bereich zwischen Ulrichshorst und dem Südufer des Gothensees. Die Geländehöhen im Bereich des Grabensystems 23 liegen überwiegend oberhalb + 0,5 m NN. Südöstlich des Grabens wird das flachwellige Relief durch Geländeunterschiede bis über + 1m NN bestimmt, in Richtung Gothensee sind unterhalb des Grabens Geländesenken < + 0,4 bis + 0,3 m NN angeordnet. Nordwestlich der Poldergrenze liegen die Geländehöhen überwiegend bei + 0,2 - + 0,3 m NN, inselförmig auch bis > + 0,5 m NN.

Über den Graben 27 ist an das Schöpfwerk die Parchen-Niederung angeschlossen. Das DGM 2 zeigt hier Geländehöhen von + 0,3 bis (relativ weiträumig) - 0,1 m NN.

Polder Gothen

Die Geländehöhen im nördlichen Teil des Polders (oberhalb der parallel zum Gothensee verlaufenden Grabenabschnitte der Gräben 21 und 21/1) liegen meist über + 0,5 m NN. Im östlichen Teil der Niederung treten überwiegend kleinere Geländesenken bis + 0,3 m NN, im westlichen Teil auch größere Einmuldungen (bis < 0,2 m NN) auf. Im südlichen Teil des Polders liegt das Gelände generell unter + 0,5 m NN, im Ostteil überwiegend zwischen + 0,4 - + 0,3 m, im Westteil weiträumig unter + 0,3 m, anteilig auch kleiner + 0,2 m NN.

Bemerkenswert ist auch hier im Geländestreifen zwischen der Polderfläche und dem Gothensee ein Geländeanstieg von etwa + 0,3 m auf über + 0,5 m NN.

4.2.2 Rekonstruktion des ursprünglichen Reliefs

Vor 1758 kann für den eigentlichen Niederungsbereich von Geländehöhen von mindestens etwa + 1,25 bis + 1,45 bzw. + 1,80 bis + 2,00 m NN (max. ca. + 2,25 m NN) ausgegangen werden (siehe Abschnitt 3.5.2.1).

Geht man von einer ursprünglich weitgehend ± ebenen Mooroberfläche aus, müsste nach der derzeitigen Torfverbreitung die ursprüngliche Mooroberfläche etwa im Teufenniveau von + 2 bis + 2,50 m NN, im Mittel von ca. + 2,25 m NN (siehe Abschnitt 3.5.2.2) gelegen haben. Die Moormächtigkeiten im Bereich der randlichen Torfverbreitung liegen generell unter 0,5 m bis 0 m, so dass hier insgesamt nur von geringeren Torfsackungen auszugehen ist. Damit kann von einer ursprünglichen Mooroberfläche etwa in o. g. Niveau ausgegangen werden.

Die unabhängig voneinander ermittelten Geländehöhen zeigen eine gute Übereinstimmung, so dass hier bis 1758 zur Ermittlung von Torfsackungen generell von einer Geländehöhe von etwa + 2,25 m NN ausgegangen wird.

1887 sind erstmals in Karten (Messtischblätter 2050 und 2150, Stand 1887) für das Thurbruch einzelne Höhenangaben enthalten. Die Geländehöhen liegen südlich des Kachliner Sees zwischen Kachlin und Görke bei + 1 m NN, an der Bäck östlich Labömitz bei + 1,2 m NN, südwestlich von Ulrichshorst in Nähe des Knüppelgrabens bei + 0,8 m, südlich des Gothensees / westlich Ulrichshorst bei +1,1 m NN, im westlichen Teil der Geländeaufwölbung von Ulrichshorst bei + 1,8 m NN und in der Teilsenke bei Gothen (2 Werte) bei + 1,1 m NN. Die Mooroberfläche weist danach zu diesem Zeitpunkt nur geringe Reliefunterschiede auf und ist bei etwa + 1 m NN weitgehend eben ausgebildet.

In der TK 10 (Stand 1966) wurde das Höhenrelief im Thurbruch unter Bezug auf HN erstmals zusammenfassend dargestellt. Bereits 1964 erfolgte in Teilbereichen des Thurbruchs als Grundlage für die Ausführungsprojekte bis 1968 eine Vermessung von Teilbereichen im Maßstab 1 : 2.000 in m NN. Erfasst wird damit insgesamt die Situation im Thurbruch vor der Komplexmelioration 1965 / 1969. Die Rekonstruktion der Geländeoberfläche innerhalb der Torfverbreitung erfolgte auf Grundlage der TK 10, wesentlich ergänzt durch Höhenlinien der Vermessung 1964 insbesondere um die Seen und im zentralen Thurbruchbecken. In der zentralen Thurbruchsenke liegen die Wasserstände überwiegend zwischen + 0,5 - + 0,75 m NN. Das Relief verdeutlicht Anlage 5.1.

Aus dem Jahr 1978 liegt eine Vermessung 1 : 2.000 im Thurbruch vor, die im Wesentlichen die meliorierten Flächen umfasst. In den Randbereichen der Senke erfolgte zur Erfassung der Geländeoberfläche eine Ergänzung durch die TK 10 (Stand 1978). Ein Vergleich der TK 10 1966 und 1978 zeigt anteilig eine Übernahme der Höhenlinien aus dem Jahr 1966, teilweise jedoch auch eine Neuinterpretation der Einzelwerte (u. a. verschoben sich nordwestlich des Kachliner Sees Höhenlinien in Richtung Talraum, weil etwas erhöhte Werte im Bereich von Überfahrten und an Grabenrändern in die Fläche übertragen wurden. Trotz gleicher Ausgangswerte wurden hier die Höhenlinien verändert. Die Vermessung 1978 erfasst die Veränderungen im Gelände etwa 10 Jahre nach Durchführung der Komplexmelioration, bei der TK 10 1978 trifft dies auf das gesamte Grabensystem in den Poldern, jedoch nur bedingt auf die Geländehöhen im Thurbruch zu. Die Geländehöhen im zentralen Thurbruch liegen weiträumig zwischen 0 - + 0,50 m NN. Das Relief ist in Anlage 5.2 erfasst.

4.3 Erfassung von Moorsackungen

4.3.1 Moorsackungen im Thurbruch mit Zeitschritten

Entsprechend Abschnitt 3.5.2.2 kann für die zentrale Thurbruchsenke von folgenden Annahmen ausgegangen werden:

vor 1758	Geländehöhen ca. + 2,25 m NN	Torfsackung gering
nach 1772	Geländehöhen etwa + 0,9 bis + 1,3 m NN	Torfsackung ca. 0,90 m
bis 1887	Geländehöhen etwa + 1,0 m NN	Torfsackung ca. 0,30 m
vor 1968	Geländehöhen etwa + 0,6 bis + 0,7 m NN	Torfsackung ca. 0,30 m
nach 1968	Geländehöhen etwa + 0,1 bis + 0,2 m NN	Torfsackung ca. 0,50 m

Die Geländehöhen im zentralen Thurbruch in den DGM 1758 (+ 2,25 m NN), DGM 1968 und DGM 1978 entsprechen weitgehend diesen Werten.

Initiale Sackungen vor 1968

Ausgehend von der Rekonstruktion der Geländeoberflächen in verschiedenen Zeitschritten (s. o.) ist vor 1758 im Thurbruch von Geländehöhen von + 2,25 m NN auszugehen. Nach 1772 erfolgten erstmals größere Torfsackungen in der Größenordnung von 0,90 m, so dass die Geländehöhen bei etwa + 1,30 m NN gelegen haben dürften. Bis 1887 (Geländehöhen bei ± 1 m NN) traten danach im Mittel nur noch Sackungen von ca. 0,30 m auf. In gleicher Größenordnung (0,003 m/a) dürften die Sackungen von 1877 - 1966 (Stand 1968) liegen.

Die initialen Sackungen vor der Komplexmelioration 1965 - 1969 (Stand 1968) erreichen unter den o. g. Annahmen im Thurbruch eine Größenordnung von max. etwa 1,50 m. Stärkere Sackungen sind jeweils im Anschluss an umfangreiche Entwässerungsmaßnahmen erfolgt.

Torfsackungen von 1968 bis 1978

Eine Differenzenermittlung zwischen den Daten von 1966 (vor 1968) und der Vermessung 1978 / TK 10 (1978) zeigt, dass innerhalb des Thurbruchs in den ersten 10 Jahren nach der Komplexmelioration weiträumig Torfsackungen von 0,20 - 0,40 m, teilweise jedoch auch von 0,40 - 0,60 m aufgetreten sind. Lokal treten auch Sackungen > 0,60 m auf. Die Größenordnung der Sackungen liegt zwischen 0,02 - 0,06 m/a. Die größten Sackungen sind im zentralen Thurbruch zwischen dem Polder Labömitz, dem NE- und SE-Teil des Polders Kachlin und dem Westteil des Polders Korswandt zu beobachten (siehe Anlage 4.1).

Auffällig sind die geringen Sackungen in der Uferzone des Gothensees (± 0 m, Südufer, Uferzone zwischen dem Polder Gothen und dem See), hier jeweils mit Übergangsbereichen zu den angrenzenden Poldern, aber auch in der Umrandung des Kachliner Sees (0 - 0,20 m). Die Wasserspiegel der Seen haben sich innerhalb des Zeitraums nicht oder nicht wesentlich geändert.

Im Polder Kachlin sind die Sackungen westlich (und südlich) des Kachliner Sees überwiegend gering, lediglich im Verlauf des Ringgrabens 22/1 werden Sackungen über - 0,20 m ausgewiesen. Tiefere Sackungen sind lokal (etwa um den Mahlbusen) zu finden. Der Polder Labömitz weist ebenfalls überwiegend Sackungen von 0,20 - 0,40 m auf, im NW treten analog zum SE auch größere Senkenbereiche auf. Im Polder Korswandt sind neben den Sackungsbereichen an Westrand deutliche Sackungen auch südöstlich von Ulrichshorst sowie am S/SE-Rand zu erkennen. Nördlich der Geländeauftragung von Ulrichshorst tritt ein langgestreckter Sackungsbereich entlang des Grabens 23 auf. Sackungen treten auch in der Parchen-Niederung auf. Im Polder Gothen liegen die Sackungen meist zwischen 0 - 0,40 m. In den Randbereichen des Thurbruchs auftretende größere Differenzen (etwa - 0,60 \geq - 0,80 m sind überwiegend auf unterschiedliche Darstellungen in den TK 10 zurückzuführen, die Sackungen dürften hier überwiegend < 0,20 bzw. 0,20 - 0,40 m betragen.

Torfsackungen von 1978 bis 2012

Das Sackungsmodell 1978 / TK 1978 bis heute (DGM 2012) verdeutlicht in den 1978 vermessenen Bereichen überwiegend Torfsackungen bis 0,20 m. Sackungen bis 0,40 m treten in der zentralen Thurbruchsenke insbesondere im Ost- bzw. Nordostteil des Polders Kachlin sowie in angrenzenden Bereichen des Polders Korswandt auf. Eine Sackung über 0,20 m zeichnet sich auch im NE des Kachliner Sees zwischen dem See und der Bäck ab. Die größten Sackungen erfassen i. d. R. nicht die Hauptsackungsbereiche des vorhergehenden Zeitabschnittes 1968 / 1978, sondern schließen sich seitlich an.

Im Polder Kachlin überwiegen insbesondere südlich, aber auch nördlich des o. g. Senkungsbereiches Absenkungen bis 0,20 m. Gleichzeitig sind hier Bereiche vorhanden, in denen keine weiteren Sackungen erfolgt sind (siehe Anlage 4.2). Dies trifft hier für das Ostufer des Kachliner Sees südlich des Adlerberges sowie die östlich der Torfstiche gelegene Geländeauftragung zu. Südlich bzw. südwestlich des Grabens 22 liegt 1978 keine Vermessung vor. Die hier ermittelte Absenkung von über 0,20 bzw. 0,40 m ist mit hoher Wahrscheinlichkeit in wesentlichen Teilen bereits nach 1968 erfolgt, wurde jedoch in der TK 10 1978 nicht erfasst. In den Dammwiesen sind an den Rändern der Senke keine weiteren Sackungen erfolgt, in der Senke erreichen sie bis 0,20, max. über 0,40 m. Westlich des Ringgrabens traten überwiegend keine bzw. nur geringe Sackungen auf. Lediglich am nördlichen Rand des Polders sind Flächen mit Sackungen über 0,20 m vorhanden.

Im Polder Labömitz überwiegen Setzungen bis 0,20 m. Keine Sackungen weisen Flächen südlich von Labömitz und bei Reetzow auf. Stärkere Sackungen (größer 0,20 bis > 0,40 m) sind um den Mahlbusen Labömitz und im östlichen Polder, hier im NE und SE, zu beobachten. Besonders starke Sackungen treten in der Umrandung des Kachliner Sees innerhalb des umlaufenden Deiches auf, am deutlichsten im Senkenbereich am südwestlichen Ufer, der gleichzeitig einem Bereich mit der größten Moormächtigkeit entspricht, mit Sackungen von > 0,40 bis > 1 m und am südlichen Ufer mit Sackungen in gleicher Größenordnung. In der weiteren Umrandung des Sees sind weitere Sackungsbereiche mit > 0,40 m zu beobachten. Die Sackungen sind eine unmittelbare Folge der Eindeichung des Kachliner Sees zwischen 1983 und 1986 und der nachfolgend erforderlichen Absenkung des Seespiegels. Verbunden damit ist eine deutliche Verkleinerung des Kachliner Sees (vgl. Abschnitt 4.2.1 und Anlagen 4.3 und 5.3).

Im Polder Korswandt treten großflächig Bereiche ohne weitere Sackung bzw. mit geringen Sackungen bis 0,20 m auf. Kleinere Sackungsbereiche wurden auch im südlichen Polder bei Zirchow ermittelt. Einzelne Sackungsbereiche südlich und nördlich der Hochlage bei Ulrichshorst wurden 1978 ebenfalls nicht vermessen und sind anteilig ebenfalls dem Zeitabschnitt ab 1968 zuzuordnen.

Torfsackungen von 1758 bis 2012

Anlage 4.3 zeigt die Gesamtsackung für den Thurbruch von 1758 bis 2012. Ausgehend von der für 1758 angenommenen Geländehöhe von + 2,25 m NN und dem DGM 2 2012 zeigen sich innerhalb des Thurbruchs deutliche Differenzierungen, infolge des Bezugs auf das DGM 2 auch mit einer hohen Auflösung.

In der zentralen Thurbruchsenke ist über den Gesamtzeitraum weitflächig von Torfsackungen von 2,00 - 2,20 m insbesondere im Osten und Nordosten des Polders Kachlin, im Ostteil des Polders Labömitz und Westteil des Polders Korswandt, auszugehen. Ähnliche Sackungsbeträge ergeben sich in der Umrandung des Kachliner Sees und für die Parchen-Niederung. An der östlichen und westlichen Berandung des Thurbruchs schließen sich breite Zonen mit Sackungen zwischen 2,00 - 1,60 m bzw. 1,60 - 0,80 m an. In den unmittelbaren Randbereichen sind die Sackungen mit 0,80 - 0,40 m bzw. < 0,40 m nur gering. In der südlichen Umrandung des Gothener Sees sind die Sackungen mit 1,20 - 1,80 m geringer als in den südlich anschließenden Poldern. Gleiches gilt für die Umrandung der Geländeaufwölbung von Ulrichshorst.

Die Anlage 4.3 verdeutlicht auch die Tieflagen des Grabenssystems und die relative Hochlage der Wegverbindungen. In Teilbereichen sind die Höhenunterschiede nur gering.

Der Polder Kachlin ist in seinem Ostteil weiträumig durch deutliche Sackungen, die hier z. T. 2,20 - 2,40 m erreichen, gekennzeichnet. Etwas geringere Torfsackungen von 1,20 - 1,80 m sind im SE des Polders, in der Senke zwischen Görke und Kachliner See sowie westlich des Ringgrabens 22/1 zu beobachten. In kleineren Teilsenken nördlich Görke, bei Katschow und entlang des Grabens 22/1 werden auch Werte über 1,80 erreicht.

Durch geringere Sackungen ist auch die langgestreckte Geländeauftragung im Zentralteil des Polders gekennzeichnet.

Teilweise deuten sich Beziehungen zwischen Torfmächtigkeit (vgl. Anlage 3) und Bereichen unterschiedlicher Sackungsintensität an.

Der östliche Polder Labömitz schließt sich an den Sackungsbereich des zentralen Thurbruchs an. Besonders starke Sackungen treten in der Umrandung des Kachliner Sees innerhalb des umlaufenden Deiches auf, am deutlichsten in den Senkenbereichen am südwestlichen, nördlichen und nordwestlichen Ufer, die gleichzeitig den Bereichen mit der größten Moormächtigkeit entsprechen. Die Sackungen im SW sind > 2,40 m. Die verkleinerte Kontur des Sees wird auch hier deutlich.

Sackungen von 1,80 - 2,00 m zeichnen sich auch in den Geländesenken westlich der Bäck (Graben 26) ab, westlich des Gothensees auch bis 2,20 m.

Der NW-Teil des Polders Korswandt gehört trotz geringerer Torfmächtigkeit zum Senkungsbereich der zentralen Thurbruchsenke. Die westliche Hälfte des Polders, die Umrandung der Hochlage von Ulrichshorst und der Bereich nördlich von Ulrichshorst sind durch geringere Sackungen gekennzeichnet.

Im Polder Gothen sind die größten Sackungen im westlichen Teil mit 1,80 - 2,00 m vorhanden.

4.3.2 Modellierung jährlicher Sackungsbeträge und Prognose zukünftiger Moorsackungen

Die bisherigen Betrachtungen verdeutlichen, dass es im Thurbruch trotz heute überwiegend geringer Moormächtigkeiten von < 1 bis 3 m, in Senken und Rinnenbereichen bis etwa > 5 m bzw. maximal etwa 8 m zu vergleichsweise hohen Torfsackungen gekommen ist. Geht man von Torfsackungen von weitflächig 2,00 - 2,20 m in der zentralen Thurbruchsenke zwischen 1758 und 2012 aus, würden sich für die letzten 250 Jahre Sackungsraten von etwa 0,009 m/a ergeben.

Die Untersuchungen zeigen, dass deutlich stärkere Sackungen unmittelbar nach durchgreifenden Entwässerungsmaßnahmen (z. B. in der Umrandung des Kachliner Sees nach 1983 - 1986 mit bis etwa 1 m innerhalb eines kurzen Zeitraums, hier in Abhängigkeit von der Ausbildung des Moorkörpers) erfolgen, während nach Einstellung höherer Wasserstände in Teilbereichen etwa durch Aufgabe der Nutzung oder Einstellung der Pflege etwa des Grabensystems praktisch keine Sackungen mehr erfolgen. Durch Torfquellung kann es hier innerhalb kurzer Zeit zu Aufhöhungen von 0,10 m, max. 0,15 m kommen.

Nach derzeitigem Kenntnisstand kann von nachfolgenden Sackungsraten ausgegangen werden:

Nach 1758 ist zunächst von Sackungsraten von 0,01 - 0,02 m/a auszugehen. Bis 1887 und von 1887 bis 1966 (Stand 1968) waren es 0,003 m/a, nach der Komplexmelioration von 1968 bis 1978 liegt die Größenordnung der Sackungen zwischen 0,02 - 0,06 m/a (s. o.). Die größten Sackungen sind im zentralen Thurbruch zwischen dem Polder Labömitz, dem NE- und SE-Teil des Polders Kachlin und dem Westteil des Polders Korswandt zu beobachten.

Das Sackungsmodell 1978 / TK 1978 bis heute (DGM 2012) verdeutlicht in den 1978 vermessenen Bereichen überwiegend Torfsackungen bis 0,20 m, Sackungen bis 0,40 m treten in der zentralen Thurbruchsenke insbesondere im Ost- bzw. Nordostteil des Polders Kachlin sowie in angrenzenden Bereichen des Polders Korswandt auf (s. o.). Die Sackungsraten liegen hier zwischen etwa 0,009 - 0,02 m/a (1978 - 2000) bzw. 0,006 - 0,012 m/a (1978 - 2012). Unter ungünstigen Bedingungen (hohe Moormächtigkeit mit hohem Muddeanteil) können bei starker Entwässerung lokal auch Sackungsraten von etwa 0,06 m bis 0,1 m/a auftreten (z. B. in der südwestlichen und südlichen Umrandung des Kachliner Sees nach 1985 / 1986).

Die Torfsackungen sind auch durch Veränderungen der Torfmächtigkeit im Thurbruch belegt (siehe u. a. Abschnitt 3.5.2.2). Geht man von derzeitigen Modellvorstellungen aus, hat sich die Torfmächtigkeit in der zentralen Thurbruchsenke in den letzten 250 Jahren um etwa 2 m, mit einer deutlichen Abnahme zu den Rändern der Senke bzw. zu einzelnen Aufragungen bis < 0,40 m reduziert. Bei einer Wiedervernässung mit Wasserständen bis zu 0,30 m über Flur im Jahresgang käme es zu weitreichenden Überflutungen innerhalb des Thurbruchs (s. u.), so dass weitere Torfsackungen weitgehend ausgeschlossen werden können. Dies gilt sowohl für die Zeitschritte von 10, 30 wie auch 50 Jahren. Ohne Wiedervernässung bzw. bei Weiterführung der bisherigen Bewirtschaftung sind die Grenzen für die Entwässerung von Flächen infolge der seit 1968 erfolgten Torfsackungen von etwa 0,50 m in der zentralen Thurbruchsenke mit den bestehenden Schöpfwerken nahezu erreicht (s. o.).

4.4 Möglichkeiten der Anhebung der Wasserspiegel innerhalb der Polder des Thurbruchs

4.4.1 Grundlagen

Voraussetzung für die Umwandlung des Thurbruchs in Grünland, untergeordnet auch Ackerflächen, war seine tiefgründige Entwässerung in den letzten 250 Jahren. Folge war eine deutliche Absenkung der Geländeoberfläche und eine weitgehende Degradierung des Niedermoortorfes. Ohne künstliche Entwässerung durch die Schöpfwerke in den Poldern bzw. das Schöpfwerk im Sack-Kanal würde der Wasserspiegel im Thurbruch deutlich ansteigen. Im Thurbruch ist seit 250 Jahren ein recht umfangreiches Grabensystem vorhanden. Mit der Anlage des Sack-Kanals wurde eine fortlaufende Entwässerung gesichert.

Infolge der meliorativen Maßnahmen ist die landwirtschaftliche Nutzung der Talsenke erheblich intensiviert worden. Das Thurbruch ist von einem engen Netz an Entwässerungsgräben durchzogen und in Teileinzugsgebiete untergliedert. Die einzelnen Grabensysteme entwässern mit den zuzitenden Gräben und angeschlossenen Dränagen jeweils bestimmte Flächen in den Poldern. An den Rändern des Thurbruchs erfolgt anteilig eine Speisung der Grabensysteme. Innerhalb des zentralen Thurbruchs gelegene Bereiche werden i. d. R. ausschließlich durch Niederschläge und – soweit möglich – aus dem Liegenden über das Grundwasser gespeist. Da der Druckausgleich infolge der Entwässerung überwiegend direkt am Talrand erfolgt, ist die Speisung aus dem Liegenden hier im Normalfall nicht mehr vorhanden oder nur gering.

Die Meliorationsmaßnahmen führten zu einem deutlich erhöhten Oberflächenabfluss und einer Senkung des Grundwasserspiegels. Das Grundwasserniveau und -fließgeschehen im Thurbruch wird wesentlich durch die Entwässerung über die Grabensysteme und die Schöpfwerke bestimmt.

Die Entwässerung erfolgt weitgehend über die Reetzower Bäck und weitere Vorflutgräben zum Gothensee und von dort – direkt bzw. über das Schöpfwerk im Sack-Kanal – zur Ostsee. Der Ausbau des Grabensystems von 1965 - 1969 (Querschnittsvergrößerung, starke Eintiefung bis in die liegenden Grundwasserleiter) beschleunigte die Prozesse der Moorsackung und Torfmineralisierung. Besonders negativ ausgewirkt hat sich in der Umrandung des Kachliner Sees und für den See selbst die vollständige Abtrennung des Sees von seinem natürlichen Einzugsgebiet. Dies führte zu einem sinkenden Seespiegel mit

der Folge einer Entwässerung der Uferzonen, starken Moorsackungen innerhalb kurzer Zeit und Beeinträchtigungen der Deiche bzw. hydraulischen Verbindungen zwischen dem See und randlich angrenzenden Grabensystemen (insbesondere Graben 22/1) über den Moorkörper. Die Speisung über das Schöpfwerk Kachlin liegt deutlich unterhalb der eigentlichen Neubildung.

Die vorliegenden Untersuchungen zeigen, dass selbst geringe Anhebungen der Wasserstände in der zentralen Thurbruchsene und der Umrandung des Kachliner Sees zu großflächigen Überstauungen führen würden. Diese können sich zunächst auch auf einzelne Teileinzugsgebiete beschränken. Im Bereich wiedervernässter Flächen ist mit dem Einsetzen der Torfquellung auch mit einer relativen Anhebung der Geländeoberfläche um etwa 0,10 m zu rechnen.

Möglichkeiten zur Anhebung der Wasserspiegel in den Poldern bestehen in der Verzögerung des oberirdischen Abflusses durch Reduzierung des Schöpfwerksbetriebes, der Nutzung der vorhandenen Stauung und der Reduzierung der Unterhaltung des Grabensystems, hier insbesondere der Grundräumung. Einem besonderen Grundwasserandrang im Bereich der weitläufig in den liegenden GWL eingetieften Grabensysteme kann durch Zulassung einer Verschlammung / Kolmation der Grabensohle entgegengewirkt werden.

Das Anheben der Wasserspiegel im Thurbruch setzt ausgehend von den Wasserständen im Winterhalbjahr einen möglichst weitgehenden Rückhalt innerhalb des Moorkörpers bzw. den einzelnen Poldern voraus.

Bereits RUTKE u. a. (2000) stellen fest, dass zur Erhaltung des Kachliner Sees die bis 1985 / 1986 bestehende direkte Verbindung mit dem Gothensee wiederhergestellt werden sollte (s. o.). Das Thurbruch mit Gothensee und Kachliner See ist als ein einheitliches wasserwirtschaftliches System zu betrachten (vgl. Abschnitt 3.5.2.3). Viele Jahrhunderte floss das Wasser aus dem Kachliner See mit freiem Gefälle zum Gothensee. Bei höheren Abflüssen erhöhte sich die Differenz der Wasserspiegel, bei geringen Abflüssen kam es zur Ausspiegelung.

Bei einer Ausspiegelung beider Seen lagen die Wasserspiegel im Kachliner See leicht über dem Gothenseespiegel. Eine Absenkung des für den Gothensee festgelegten tiefsten Wasserstandes ist nicht zulässig.

Für den Kachliner See liegen die aktuellen Werte bei - 0,1 m NN (DGM 2012). Ausgehend davon liegen die Wasserstände 0,20 m tiefer als im Gothensee. Bei einer Ausspiegelung der Wasserstände zwischen den beiden Seen würden im Kachliner See die Wasserspiegel in dieser Größenordnung – bei gleichzeitiger Überflutung landwirtschaftlich genutzter Flächen – ansteigen. RUTKE u. a. (2000) stellen fest, dass die Polderbewirtschaftung ohne Erhaltung der Verwallungen am Gothensee, an der Reetzower Bäck und am Kachlinsee nicht möglich ist. Ein Rückbau oder die Aufgabe der Verwallungen und der Schöpfwerke würde zu einer dauerhaften Überflutung großer Teile der Niederung führen bzw. infolge zu hoher Grundwasserstände eine landwirtschaftliche Nutzung ausschließen. Probleme ergäben sich auch an vorhandenen Verkehrswegen und Versorgungsleitungen.

Die Grundwasseroberfläche fällt von den Druckhochgebieten in der Umrandung der Gothensee / Thurbruch - Senke zur Depression im Niederungsbereich ab. Ein deutliches Druckspiegelgefälle ist z. T. im Bereich der Talhänge zu beobachten (vgl. Abschnitt 3.4.3.2). Die Größe des Einzugsgebietes hat sich in den letzten Jahrzehnten durch intensive Grundwasserförderung in den angrenzenden Inselkernen anteilig verändert, im Vergleich zur Situation vor einigen Jahrzehnten ist insgesamt von einem reduzierten Druckpotential an der Berandung des Thurbruchs auszugehen. Ein bevorzugter Grundwasseranstrom ist auf Grund der hydrogeologischen Situation (s. o.) am westlichen, südwestlichen und südöstlichen Rand der Senke gegeben. Das Druckpotential wirkt im meliorativ nicht beeinflussten Zustand randlich auf den Torfkörper und setzt sich teilweise unterhalb des Torfkörpers innerhalb der hier – z. T. in hy-

draulischer Verbindung – mächtigen Grundwasserleiter fort. Druckentlastungen (Grundwasserspeisung aus dem Liegenden) erfolgen bevorzugt bereits an den Talrändern.

Mit der möglichst weitgehenden Zurückhaltung von Wasser innerhalb des Talraumes werden die Grundwasserstände innerhalb des engeren Untersuchungsgebietes – ausgehend von dem sich wieder aufbauenden Druckpotential – bei Verringerung des Grundwasserflurabstandes ansteigen.

4.4.2 Darstellung von Überflutungsszenarien als begrenzender Faktor der Wiedervernässung

Die mittleren Wasserstände am Ausfluss des Gothensees in den Sack-Kanal als Hauptvorfluter des Thurbruchs lagen in den letzten Jahrzehnten (1973 - 2011) bei + 0,23 m NN (vgl. auch Abschnitt 3.5.2.3). Deutliche Unterschiede ergaben sich zwischen hydrologischen Winter- (+ 0,29 m NN) und Sommerhalbjahren (+ 0,18 m NN).

Überflutungsszenario bei + 0,29 m NN

Bei einer Wiederherstellung der direkten Verbindung zwischen Gothensee und Kachliner See oder Öffnung des Staues in der Bäck kann von einer Ausspiegelung zwischen beiden Seen und damit einem Anstieg der Wasserstände in der Thurbruchsenke ausgegangen werden. Voraussetzung ist ein Rückhalt in den Poldern in den Wintermonaten und eine Anpassung der Entwässerung über den Sack-Kanal. Bei einem Wasserspiegel von + 0,29 m NN ergibt sich das in Anlage 7.1 dargestellte Bild eines Flachgewässers. Die zentrale Thurbruchsenke wäre weiträumig überflutet (mittelblaue Fläche). Dazu gehört großflächig der östliche Teil des Polders Kachlin, im Polder Labömitz die gesamte Uferzone des Kachliner Sees innerhalb der Ringdeiche, der Ostteil des Polders sowie westlich angrenzende Senkenbereiche, im Polder Korswandt der NW-Teil und die Parchen-Niederung sowie im Polder Gothen südliche Teile der Polderfläche. In den dunkelblauen Flächen sind Überflutungsbereiche mehr als 0,30 m tief (siehe Anlage 7.1).

Grundwasserflurabstände über ca. 20 cm treten im Polder Kachlin eher kleinflächig in Randbereichen, im Polder Labömitz auf etwa der Hälfte der Fläche östlich der Bäck auf. Im Polder Korswandt liegen ca. 50 % der Flächen, im Polder Gothen unter ca. 40 % in diesem Bereich. Die stark eingetieften Gräben zeichnen sich wiederum deutlich ab, ebenso die Lage und Höhe der den Talraum untergliedernden Deiche / Wege. Dabei wird deutlich, dass die überfluteten Bereiche und weite Teile des Grabensystems in unmittelbarer Verbindung stehen. Bei steigenden oder sinkenden Wasserständen erfolgt der Zu- oder Abstrom bevorzugt über das Grabensystem, zusätzlich verzögert über das Grundwasser. Die Deiche und Wege werden teilweise nicht mehr als Abgrenzung verschiedener Teileinzugsgebiete oder Grabensysteme wirksam. Deutlich wird dies etwa südlich und südwestlich, südöstlich und nördlich des Kachliner See, wo die überfluteten Flächen mit den angrenzenden Gräben und darüber hinaus in Verbindung stehen. Gleiches gilt u. a. auch für den Weg am Knüppelgraben südöstlich des Schöpfwerkes Kachlin, am Graben 22/5 sowie im Grenzbereich zu den Überflutungsgebieten in den Poldern Labömitz und Korswandt, wo ein direkter Ab- oder Anstrom erfolgen kann. Die Deiche beidseits der Bäck zeichnen sich deutlich ab, einzelne Schwächezonen deuten sich an. Verbindungen zwischen Polder Labömitz und Gothensee deuten sich auch über die westlich der Bäck gelegenen Grabensysteme an.

Die Bewirtschaftungslamelle für den Gothensee liegt zwischen + 0,24 und + 0,34 m NN (ganzjährig bei etwa + 0,29 m NN). Kurzzeitig zugelassen sind Hochwasserlagen bis + 0,39 m NN. Die Darstellung in Anlage 7.1 zeigt, dass bei Wasserständen von + 0,35 m NN sich die Überflutungsfläche im Polder Labömitz westlich der Bäck und nördlich des Kachliner Sees sowie auch in den Poldern Korswandt und Gothen deutlich weiter ausdehnt.

Die Mittelwerte 1973 / 2011 der Seespiegel lagen in den Monaten November und Dezember mit + 0,21 und + 0,28 noch unter dem Mittelwert und stiegen danach im Januar und Februar auf + 0,32 m NN an. Von März - April blieben die Werte mit + 0,31 und + 0,30 m NN i. d. R.

weiter relativ hoch, bleiben jedoch innerhalb der Bewirtschaftungslamelle bzw. der o. g. Flächenausdehnung.

Überflutungsszenario bei + 0,18 m NN

Bei einem Wasserspiegel von + 0,18 m (mittlerer Wasserstand im Sommerhalbjahr von 1973 bis 2011) wäre die zentrale Thurbruchsenke unter Einschluss des östlichen Teils des Polders Kachlin, im Polder Labömitz der Uferzone des Kachliner Sees innerhalb der Ringdeiche und des Ostteils des Polders, im Polder Korswandt des NW-Teils und der Parchen-Niederung und im Polder Gothen südlicher Teile der Polderfläche flach überflutet (mittelblaue Fläche, siehe Anlage 7.2). Überflutungsbereiche mit mehr als 0,30 m Tiefe treten kaum noch auf (dunkelblaue Flächen). Außerhalb der überfluteten Flächen schließen sich Flächen mit Wasserständen bis ca. 10 cm unter Flur (hellblau) bzw. bis ca. 30 cm unter Flur (blaugrün) an.

Grundwasserflurabstände über ca. 20 cm treten im Polder Kachlin überwiegend kleinflächig in Randbereichen (ca. 30%), im Polder Labömitz auf etwa zwei Drittel der Fläche östlich der Bäck (insgesamt ca. 45%) auf. Im Polder Korswandt liegen ca. 75% der Flächen, im Polder Gothen etwa 40% in diesem Bereich.

Die stark eingetieften Gräben zeichnen sich auch hier deutlich ab. Die Lage und Höhe der den Talraum untergliedernden Deiche / Wege tritt deutlicher hervor. Dabei zeigt sich, dass die überfluteten Bereiche und Teile des Grabensystems weiter in Verbindung stehen. Bei steigenden oder sinkenden Wasserständen erfolgt der Zu- oder Abstrom auch hier bevorzugt über das Grabensystem. Die Deiche und Wege werden z. T. deutlicher als Abgrenzung verschiedener Teileinzugsgebiete oder Grabensysteme wirksam. Überströmungen sind anteilig weiter etwa südlich und südwestlich, südöstlich und nördlich des Kachliner See möglich. Gleiches gilt in geringerem Umfang u. a. auch für den Weg am Knüppelgraben südöstlich des Schöpfwerkes Kachlin, am Graben 22/5 sowie im Grenzbereich zu den Überflutungsgebieten in den Poldern Labömitz und Korswandt.

Der mittlere Wasserstand im Sommerhalbjahr 1973 - 2011 liegt mit + 0,18 m unterhalb des unteren Wertes der Bewirtschaftungslamelle für den Gothensee (+ 0,24 m NN). Die Darstellung in Anlage 7.2 zeigt, dass bei Wasserständen von + 0,24 m NN zusätzlich vorrangig innerhalb der Überflutungsfläche gelegene höherliegende Flächen vernässen würden. Dies ist im Mittel mit + 0,28 und + 0,23 m auch im Mai - Juni der Fall, im Juli liegen die Mittelwerte noch bei + 0,18 m.

Die langjährigen Mittelwerte der Seespiegel liegen in den Monaten Mai - Oktober mit + 0,28, + 0,23, + 0,18, + 0,13, + 0,11 und + 0,14 m NN deutlich unter den Werten in den übrigen Monaten. Die Ausdehnung der flachen Überstauung ist im Mai / Juni i. d. R. noch größer als in Anlage 7.2 dargestellt. Im August liegt der Wert im Mittel 0,05 m, im September 0,07 m und im Oktober 0,04 m unter dem mittleren Wert des Sommers. Bei Betrachtung der Jahre zwischen 1995 und 2010 (vgl. Abbildung 3) wird der Mittelwert lediglich 5x (1995, 1996, 2004, 2007, 2010) nicht, 3x (1997, 1998, 2002) nur geringfügig bis etwa + 0,15 m, 1x (2000) bis + 0,08 m und 7x (1999, 2001, 2003, 2005 - 2006, 2008 - 2009) bis \leq 0,05 m NN (Absenkung etwa \leq 0,15 m) unterschritten.

In Abhängigkeit von den klimatischen Bedingungen (u. a. Niederschlag, Verdunstung) weisen auch die Mittelwerte im Jahrgang erhebliche Schwankungen auf. Der niedrigste Wasserstand (NW) wurde mit - 0,15 m NN im September / Oktober 1989, der höchste Wasserstand (HW) mit + 0,46 m NN im März 1990 gemessen.

Die niedrigsten Werte (NW) liegen von Juni - Oktober zwischen + 0,07 bis - 0,15 m NN (sinkende Werte von Juni - August, Tiefstwerte September / Oktober, dann leichter Anstieg). Von Dezember (0,00 m NN) bis Mai steigen die Werte zunächst an (Höchstwert + 0,19 im Februar 2006) und sinken dann wieder ab (+ 0,07 m NN im Mai).

Hochwasserstände (HW) wurden im Sommerhalbjahr mit 0,37 - 0,45 m NN und im Winter mit 0,41 - 0,47 m NN ermittelt (vgl. Abschnitt 3.5.2.3).

Die Wasserregulierung des Gothensees erfolgt im Rahmen der Bewirtschaftungslamelle von + 0,24 bis + 0,34 m NN bzw. ganzjährig bei Wasserständen von + 0,29 m NN. Abbildung 3 zeigt, dass seit Inbetriebnahme des Schöpfwerkes im Sack-Kanal 1998 die höchsten Wasserstände im monatlichen Mittel in diesem Bereich gehalten werden, der obere Wasserstand der Lamelle wurde lediglich 2x kurzzeitig überschritten, der Richtwasserstand von + 0,39 m NN nicht erreicht. In den Jahren davor traten in den hydrologischen Winterhalbjahren regelmäßig Überschreitungen der Werte auf.

In den Sommermonaten unterschreiten die Wasserstände den unteren Wert der Bewirtschaftungslamelle zeitweise deutlich, im Monatsmittel in den letzten 15 Jahren bis etwa 0,20 m, im Zeitraum 1973 / 2011 bis max. 0,38 m (s. o.).

Bei Ausspiegelung des Kachliner Sees und der zentralen Thurbruchsenke mit dem Gothensee würde im hydrologischen Winterhalbjahr der Thurbruch weiträumig überflutet. Dabei zeichnen sich vielfältige Verbindungen zwischen dem Kachliner See, den überfluteten Flächen, dem Grabensystem und dem Grundwasser sowie über den Senkenbereich nordwestlich der Bäck und sein Grabensystem auch zum Gothensee ab (s. o.).

Bei einem stärkeren Rückhalt in den Poldern im Winterhalbjahr von ca. 0,05 m, 0,10 m oder 0,20 m würden sich diese Flächen jeweils deutlich vergrößern. Gleichzeitig stellen die sich abzeichnenden Überströmungsmöglichkeiten in den überfluteten Bereichen einschließlich der hydraulischen Verbindungen über das Grabensystem zum Grundwasser sich als begrenzender Faktor der Wiedervernässung dar. Die Förderdaten der einzelnen Polder zeigen, dass bereits jetzt insbesondere in den Poldern Kachlin und Labömitz anteilig im Kreislauf gefördert wird.

4.4.3 Betrieb der Schöpfwerke

Möglichkeiten zur Anhebung der Wasserspiegel in den Poldern bestehen in der Verzögerung des oberirdischen Abflusses durch Reduzierung des Schöpfwerksbetriebes (s. o.). Die überschlägig ermittelten mittleren Durchflussmengen 1999 - 2012 an den Schöpfwerken Kachlin, Labömitz, Korswandt und Gothen liegen in ihrer Gesamtheit mit 4.565.350 m³/a unterhalb der Größenordnung des jährlichen Gesamtabflusses nach BAGROV-GLUGLA (vgl. Abschnitt 3.6.2).

Der niedrigste Durchfluss wurde für 2003 mit 2.088.375 m³, der höchste für 2012 mit 8.523.815 m³ ermittelt und zeigt damit sehr starke Schwankungen. Ein Vergleich der jährlichen Niederschlagssummen zeigt, dass 2003 mit 495 mm das niederschlagsärmste Jahr innerhalb des betrachteten Zeitraums war, die Niederschläge 2012 jedoch mit 531 mm nur wenig darüber liegen. In den niederschlagsreichsten Jahren 2010 (848 mm) und 2007 (814 mm) lag der Gesamtabfluss nur etwas über dem Mittelwert bzw. deutlich darunter.

Differenzen ergeben sich für die einzelnen Teileinzugsgebiete in der Relation zwischen den Abflusswerten nach BAGROV-GLUGLA (s. o.) und den Durchflussmengen an den Schöpfwerken (vgl. Abschnitt 3.6.3.1). Für den Polder Kachlin liegt der Mittelwert des Durchflusses überschlägig etwa bei 553.000 m³/a, für den Polder Labömitz bei 2.363.000 m³/a, den Polder Korswandt bei 1.141.600 m³/a und den Polder Gothen bei 507.500 m³/a.

Der Polder Kachlin weist bei ca. 50% der Neubildung im Mittel nur ca. 12,1% des Gesamtabflusses auf, im Polder Labömitz stehen 27,5% der GWN einem Abfluss von ca. 52% gegenüber. Zurückzuführen ist dies wesentlich auf eine Speisung des Kachliner Sees durch überströmte Bereiche aus dem Polder Kachlin, aber auch direkt über den Moorkörper. Beim Polder Korswandt (22 zu 25%) ist der Durchfluss etwas größer, beim Polder Gothen mit 11%

deutlich größer als die nur für Teilflächen berechnete Neubildung von 1,8% (s. o.). Auch hier zeigen sich bei Betrachtung einzelner Jahre erhebliche Unterschiede.

Im Schöpfwerk Kachlin wurden sehr niedrige Werte 2009 (29.551 m³), 2006 (95.606 m³) und 2003 (117.305 m³), hohe Werte 2012 (1.258.084 m³) und 1999 (1.020.374 m³) ermittelt. Eine Korrelation ergibt sich zumindest ansatzweise zu den eher geringen Niederschlagssummen 2009, 2006 und 2003 (vgl. Abbildung 4) bzw. bei den hohen Werten auch zur Niederschlagsentwicklung der Vorjahre (z. B. 2010, 2011).

Die niedrigsten Durchflüsse wurden für das Schöpfwerk Labömitz 2003 (1.004.372,35 m³), 2006, 2004 und 2009 (siehe Abbildung 4), die höchsten 2008 (3.807.921,76 m³), 2011 und 2012 beobachtet. Beziehungen zum Jahresniederschlag deuten sich wiederum 2003, 2006 und 2009 und bei Berücksichtigung der Vorjahre z. B. auch 2011 und 2012 an. Insgesamt ist von einer unterschiedlichen Bewirtschaftung des Entwässerungsregimes in den einzelnen Jahren auszugehen.

Die GWN für die Polder Kachlin und Labömitz liegt bei 4.670.905 m³/a, der Durchfluss bei beiden Schöpfwerken im Mittel überschlägig bei 2.916.000 m³/a, d. h. bei ca. 62%. 2003 liegt der Durchfluss bei 24%, 2012 demgegenüber bei ca. 106% der mittleren Neubildung.

Beim Polder Korswandt erfolgt eine anteilige Speisung von der Parchen-Niederung, im Polder Gothen steht im Jahresmittel anteilig offensichtlich noch ein Teil des bilanzierten Grundwasserdargebots zur Verfügung.

Ein Vergleich der Durchflüsse der Schöpfwerke des Wasser- und Bodenverbandes mit dem Abfluss im Sack-Kanal zeigt überschlägig für den Zeitraum 2010 - 2012 etwa 20.650 m³ zu 33.500 m³, d. h. er erreicht in der Größenordnung etwa zwei Drittel des Gesamtabflusses.

Für einen Rückhalt in den Poldern steht zunächst der jährliche Durchfluss im Bereich der Schöpfwerke Kachlin, Labömitz, Korswandt und Gothen zur Verfügung, im Vergleich zu den Abflüssen aus dem Sack-Kanal 2009 / 2010 und 2010 / 2011 kann ansatzweise etwa von einem Verhältnis von 60 : 40 zwischen Winter- und Sommerhalbjahr ausgegangen werden (2011 / 2012 94 : 6). Darüber hinaus kann bei Ausspiegelung mit dem Gothensee auch der Gesamtabfluss aus der Thurbruch / Gothensee - Senke reduziert werden.

Die Schöpfwerke Kachlin, Labömitz und Korswandt liegen auch bei einer Aufhöhung bis etwa + 0,50 m NN noch in etwas höher gelegenen Bereichen (siehe Anlage 8.1), so dass ein weiterer Betrieb hier wahrscheinlich möglich wäre. Die höheren Wasserstände sind für den Schöpfwerksbetrieb von Vorteil. Bei großflächigem Abstrom aus dem Polder Kachlin ist ein weiterer Betrieb des Schöpfwerkes zu prüfen.

4.4.4 Staumaßnahmen / Stauziele im Bereich der Grabensysteme bzw. der vorhandenen Staue

Die Stauhöhen für die vorhandenen Stauanlagen in den Poldern sind nach Auskunft des Wasser- und Bodenverbandes überwiegend nicht bekannt. Hinzu kommt, dass die Staue seit Errichtung analog zu den Torfsackungen des umgebenden Geländes abgesunken sind. Das gilt auch für das Staubauwerk an der Bäck (siehe Abschnitt 3.5.3.3) mit der ursprünglichen Stauhöhe von + 0,54 m NN. Der Stau trennt derzeit höhere Wasserstände im Unterlauf der Bäck bzw. im Gothensee von tieferen im Kachliner See und seinem Oberlauf, könnte jedoch auch als Rückstau für den Kachliner See (bei gleichzeitiger Überflutung angrenzender Flächen) eingesetzt werden.

Die Entwässerung der Aal-Beek (einschließlich Parchen-Niederung) erfolgt über einen Graben zum Mahlbusen des Schöpfwerkes Korswandt, das Stauziel des stromauf gelegenen Staus lag bei + 0,2 m NN.

Als begrenzender Faktor für die Stauwirkung sind die Grabenoberkanten / Geländehöhen im Bereich der Staue anzusehen. Unter Bezug auf die Überflutungsszenarien wird deutlich, dass im Polder Kachlin bei Wasserständen von + 0,29 m NN und mehr die Staue im Knüp-

pelgraben (Graben 22, seitlicher Überlauf zu stromab gelegenen Gräben), im Graben 22/1 stromauf Einmündung Graben 22/4 sowie in den Gräben 22/2, 22/3 und 22/5 jeweils nur eine sehr begrenzte oder keine Stauwirkung ermöglichen. Die Staubereiche an den Gräben 22 und 22/5 liegen in Grundwasseranschnitten (s. o.). Im Polder Labömitz trennt der Stau in der Bäck derzeit die höheren Wasserstände im nordöstlichen Lauf von geringeren im Abstrom des Kachliner Sees.

Die Stau im Polder Korswandt ermöglichen grundsätzlich einen Rückstau innerhalb des Grabensystems (insbesondere in den Gräben 23 und 23/1), wobei eine getrennte Stauhaltung / Bewirtschaftung für den südlichen Teil des Polders über den Stau oberhalb der Geländeschwelle bei Ulrichshorst, für den nördlichen Teil und den Graben von der Parchen-Niederung jeweils durch die Stau oberhalb des Mahlbusen erfolgen kann.

Die Gräben im Bereich der Stau schneiden jeweils tief in die liegenden GWL ein, so dass hier jeweils ein Druckausgleich erfolgen kann.

Die Stau im Polder Gothen liegen oberhalb der Überflutungsflächen und können genutzt werden.

4.4.5 Durchführung ergänzender Maßnahmen

RUTKE u. a. (2000) beschreiben zwei Varianten zur Verbesserung der wasserwirtschaftlichen Situation im Bereich des Kachliner Sees. In Variante 1 soll die Verwallung am Westufer des Kachliner Sees aufgegeben und die angrenzenden Flächen von den Poldern Kachlin und Labömitz durch Dämme abgetrennt werden. Die natürliche Vorflut würde zwischen Kachlin und Katschow wiederhergestellt, eine Nutzung könnte nur noch auf Flächen oberhalb von etwa + 0,95 m NN erfolgen (Seespiegel bei + 0,25 bis + 0,35 m NN). Die Verwallungen am Ostufer südlich des Adlerberges, ein Abschnitt des Thurweges sowie Bereiche der rechten Verwallung an der Bäck wären aufzuhöhen bzw. zu sanieren (Aufgabe von ca. 75 ha Grünland). Die Darstellung in Anlage 7.1 zeigt, dass die westlich an den Ringgraben anschließenden Flächen bei Wasserständen von + 0,29 m NN im Geländeanstieg zwischen + 0,50 und + 1m NN liegen. Damit ist hier eine Abgrenzung durch zusätzliche Verwallungen nicht erforderlich, eine weitere Nutzung wäre möglich. Die natürliche Vorflut zwischen Kachlin und Katschow ist anteilig bereits wirksam (s. o.).

Variante 2 geht von einer Nutzungsaufgabe der Flächen aus, die an den See angrenzen, bei Aufgabe des Schöpfwerkes Kachlin und der Verwallungen um den See. Die Polderflächen östlich des Sees wären an das Schöpfwerk Labömitz anzuschließen. Auch hier wären umfangreiche Baumaßnahmen erforderlich. Die Flächen um den See innerhalb der Deiche (ehemalige Seefläche) und einzelne angrenzende Flächen sind infolge der Torfsackungen nicht nutzbar, die Verwallungen anteilig bei höheren Wasserständen nicht mehr wirksam.

4.5 Ermittlung von Wasserstandsszenarien zur Wiedervernässung

4.5.1 Modellierung der Wasserstände / Ermittlung der jahreszeitlich erforderlichen Pumpleistung

Bei der Auswahl von Wasserstandsszenarien zur Wiedervernässung von für Paludikultur geeigneten Flächen mit einer Überstauung bis 0,30 m bzw. Grundwasserflurabständen bis 0,20 m sind der Hydrologische Ist-Zustand innerhalb des Thurbruchs und die Rahmenbedingungen innerhalb des gesamten Einzugsgebietes als ein einheitliches wasserwirtschaftliches System (Abschnitt 3.5.3) zu berücksichtigen.

Durch das StALU Vorpommern wurde 1995 zur Wasserregulierung des Gothensees eine Bewirtschaftungslamelle von + 0,24 bis + 0,34 m NN festgelegt. Ganzjährig soll der Wasserstand bei + 0,29 m NN gehalten werden, bei ungünstigem Witterungsverlauf (erhöhtes Niederschlagsdargebot) soll kurzzeitig der Richtwasserstand + 0,39 m NN zugelassen werden (siehe Abschnitt 3.5.3.6). Die Bewirtschaftungslamelle erlaubt noch einen Abfluss in freier Vorflut zur Ostsee und liegt unmittelbar oberhalb des langjährigen mittleren Wasserstan-

des im Gothensee (s. o.). Eine Absenkung des für den Gothensee festgelegten tiefsten Wasserstandes ist nicht zulässig.

Die Werte entsprechen weitgehend früheren Festlegungen und bildeten die Grundlage für die Querschnittserweiterung des Sack-Kanals und den Neubau des Schöpfwerkes 1998.

Die Stauziele in den Poldern lagen früher zwischen + 0,14 m NN (Mittelwasser) und + 0,50 m NN.

Die Entwicklung des Thurbruchs in historischer Zeit und in den letzten Jahrzehnten verdeutlicht, dass im Grundsatz in der Senke von Gothensee und Thurbruch ein Wasserüberschuss vorhanden ist, der früher in freier Vorflut und derzeit überwiegend über das Schöpfwerk im Sack-Kanal in die Ostsee abgeleitet werden kann.

Für einen Rückhalt in den Poldern steht zunächst der jährliche Durchfluss im Bereich der Schöpfwerke Kachlin, Labömitz, Korswandt und Gothen zur Verfügung, im Vergleich zu den Abflüssen aus dem Sack-Kanal 2009 / 2010 und 2010 / 2011 kann ansatzweise etwa von einem Verhältnis von 60 : 40 zwischen Winter- und Sommerhalbjahr ausgegangen werden. Darüber hinaus kann bei Ausspiegelung mit dem Gothensee auch der Gesamtabfluss aus der Thurbruch / Gothensee - Senke reduziert werden.

Die Darstellung von Überflutungs- (Anlage 7.1 und 7.2) und Wasserstandsszenarien (Anlagen 8.1 und 8.2) erfolgt auf Grundlage von Modellierungen von Wasserständen zwischen < - 0,10 m NN und + 0,50 m NN (Darstellung der überfluteten Bereiche jeweils in blauer Farbgebung). Ablesbar ist auch die Ausdehnung von Wasserflächen z. B. bei Extremereignissen.

Das Anheben der Wasserspiegel im Thurbruch setzt ausgehend von den Wasserständen im Winterhalbjahr einen möglichst weitgehenden Rückhalt innerhalb des Moorkörpers bzw. den einzelnen Poldern voraus.

In den Sommermonaten liegen hier derzeit die Wasserstände deutlich unter den Wasserständen im Gothensee, so dass bei einer Ausspiegelung zwischen Kachliner See und Gothensee eine Verringerung anteiliger Defizite erfolgen kann. Bei Ausspiegelung beider Seen lagen die Wasserspiegel im Kachliner See leicht über dem Gothenseespiegel. Aktuell liegen sie bei - 0,1 m NN (DGM 2012), d. h. 0,20 m darunter. Bei Ausspiegelung würden im Kachliner See die Wasserspiegel in dieser Größenordnung – bei gleichzeitiger Überflutung landwirtschaftlich genutzter Flächen – ansteigen.

Bei Betrachtung der modellierten Wasserstände wird deutlich, dass bei Wasserständen von ± 0 m NN nur eine kleinflächige Wiedervernässung erfolgen würde, die Anforderungen für Paludikultur wurden nicht erfüllt (siehe Anlagen 8.1 und 8.2). Gleichzeitig bliebe das Sommerdefizit bestehen. Erst bei Ausspiegelung mit dem Gothensee würde sich im Thurbruch in den Sommermonaten ein mittlerer Wasserstand von + 0,18 m NN einstellen.

Nachfolgend werden für das hydrologische Winterhalbjahr Aufhöhungen der Wasserstände für die Polder Kachlin, Labömitz und Korswandt von ± 0 m NN bzw. + 0,29 m NN (mittlerer Wasserstand für das Winterhalbjahr) auf + 0,35, + 0,39 m und + 0,50 m NN, für das hydrologische Sommerhalbjahr von ± 0 m NN auf + 0,18, + 0,29 und + 0,40 m NN (siehe Anlagen 8.1 und 8.2) modelliert. Die Wasserstände im Gothensee und Polder Gothen wurden nicht aufgehört und entsprechen weiter den mittleren Wasserständen des Gothensees.

Damit werden für das hydrologische Winterhalbjahr – ausgehend vom mittleren Wasserstand im Gothensee – sowohl die höheren Wasserstände im Gothensee, als auch frühere Stauziele für die Polder und den Kachliner See betrachtet. Für das hydrologische Sommerhalbjahr wird der mittlere Wasserstand im Gothensee (etwa nach Ausspiegelung) erfasst.

4.5.1.1 Szenario 1 - Hydrologisches Winterhalbjahr

Bereits bei Wasserständen im hydrologischen Winterhalbjahr mit im Mittel + 0,29 m NN (zwischen Januar und April mit + 0,32 bis + 0,30 m NN, mittelblaue Fläche in Anlage 8.1) sind etwa bei Ausspiegelung mit dem Gothensee die Poldergrenzen / Teileinzugsgebietsgrenzen zwischen den Poldern Kachlin, Labömitz und Korswandt in größeren Abschnitten nicht mehr wirksam, gleichzeitig deutet sich anteilig ein direkter An- / Abstrom in Richtung Gothensee (siehe Abschnitt 4.4.2) an.

Szenario 1.1

Bei Aufhöhung des Wasserspiegels um 0,06 m in den Poldern Kachlin, Labömitz und Korswandt auf + 0,35 m NN dehnen sich die überfluteten Flächen insgesamt nur geringfügig (blauer Saum) aus, stärker vernässt werden Zwischengebiete in der überstauten Senke und randlich gelegene Senkenbereiche, wie etwa westlich der Bäck und nördlich des Kachliner Sees sowie auch in den Poldern Korswandt und Gothen (siehe Anlage 8.1).

Überflutungsbereiche mit mehr als 0,30 m Tiefe (Polder Kachlin 0,82 km², Labömitz 1,31 km² einschließlich Kachliner See, Korswandt 0,10 km²; insgesamt 2,23 km²) liegen überwiegend im Umfeld des Kachliner Sees (dunkelblauviolette Flächen in Anlage 8.1), die übrigen Flächen sind 0 - 0,30 m tief (Polder Kachlin 3,61 km², Labömitz 1,62 km², Korswandt 0,74 km²; insgesamt 5,97 km²). Überflutet sind insgesamt 8,2 km². Die Überströmbereiche entsprechen weitgehend den in Abschnitt 4.4.2 genannten Bereichen. Der Wasserspiegel liegt etwa im Bereich des oberen Bewirtschaftungsintervalls des Gothensees.

Szenario 1.2

Eine Anhebung des Wasserspiegels um weitere 0,05 m in den Poldern auf + 0,40 m NN führt ebenfalls nur zu einer unwesentlichen Vergrößerung der überfluteten Flächen, eine weitere Flutung der Zwischengebiete und der randlich gelegenen Senken (Anlage 8.1, Szenario 1.2). Die Ausdehnung der überstauten Flächen veranschaulicht auch Anlage 8.3.2. Überflutungsbereiche mit mehr als 0,30 m Tiefe (Polder Kachlin 1,48 km², Labömitz 1,50 km² einschließlich Kachliner See, Korswandt 0,22 km²; insgesamt 3,2 km²) werden etwa 1 km² größer (dunkelblaue Fläche in Anlage 8.3.2), die übrigen Flächen (mittel- und hellblau) sind 0 - 0,30 m tief (Polder Kachlin 3,21 km², Labömitz 1,59 km², Korswandt 0,89 km²; insgesamt 5,69 km²). Überflutet sind insgesamt ca. 8,9 km². Die Überströmbereiche werden etwas deutlicher (siehe Anlage 8.1). Der Wasserspiegel liegt etwa im Bereich kurzzeitig zugelassener Hochwasserlagen bis + 0,39 m NN im Gothensee. Randlich schließen sich Bereiche mit Flurabständen des Grundwassers von 0,10 m, 0,20 m (in Anlage 8.3.2 abgestuft blaugrün) und > 0,20 m (gelb, hellbraun) an.

Szenario 1.3

Ein Rückhalt des Wasserspiegels um weitere 0,10 m in den Poldern auf + 0,50 m NN würde eine weitergehende Überflutung (hellblau) im westlichen Polder Labömitz und im zentralen Polder Korswandt verursachen. Die Zwischengebiete und randlich gelegenen Senken sind meist durchgehend überflutet. Insgesamt würde eine großräumig überflutete Fläche im Thurbruch entstehen. Überflutungsbereiche mit mehr als 0,30 m Tiefe (Polder Kachlin 2,97 km², Labömitz 2,79 km² einschließlich Kachliner See, Korswandt 0,39 km²; insgesamt 6,15 km²) werden fast 3 km² größer als in Szenario 1.2, die übrigen Flächen sind 0 - 0,30 m tief (Polder Kachlin 2,22 km², Labömitz 1,43 km², Korswandt 1,19 km²; insgesamt 4,84 km²). Überflutet würden insgesamt + ca. 11 km². Zahlreiche Überströmbereiche sind zu beobachten. In der Umrandung des Kachliner Sees ist der westliche und nordwestliche Deich fast auf gesamter Länge überflutet, gleiches gilt für Abschnitte im SW, Süden und SE.

Die überfluteten Flächen stehen bei den Szenarien für das hydrologische Winterhalbjahr mit den angrenzenden Gräben und vernässten Flächen in Verbindung. Ein ungehinderter Zu- strom wäre aus dem westlichen Einzugsgebiet des Kachliner Sees auch unter Einbeziehung

des Grabensystems, umgekehrt jedoch ein flächiger Abstrom in das nördlich angrenzende Grabensystem des Polders Labömitz und die Bäck möglich. Dies gilt insbesondere für das Szenario 1.3, in geringerem Maße jedoch auch die beiden anderen Szenarien.

Die Deiche beidseits der Bäck sind noch deutlich erkennbar, mehrere Schwächezonen sind vorhanden. Eine Stauregulierung scheint noch möglich. Andererseits ist von Verbindungen zwischen Polder Labömitz und Gothensee etwa nordwestlich der Bäck und in ihrem Unterlauf auszugehen.

Im Grenzbereich zu den Überflutungsgebieten in den Poldern Labömitz und Korswandt kann bei den Varianten 1.1 - 1.3 (zunehmend) je nach Wasserstand im benachbarten Polder ein direkter Ab- oder Anstrom erfolgen. Innerhalb des großflächig überstauten Bereiches ragen nur noch vereinzelt Grabenränder und anteilig Wegeverbindungen aus der Wasserfläche. Bei höheren Wasserständen innerhalb der Thurbruchsenke ist von einem großflächigen Abstrom aus dem Polder Kachlin in den Polder Labömitz, untergeordnet auch in den Polder Korswandt auszugehen. Beleg dafür sind auch die vergleichsweise geringen Durchflussmengen im Schöpfwerk Kachlin und die hohen Abflüsse im Polder Labömitz in den letzten Jahren (s. o.).

4.5.1.2 Szenario 2 - Hydrologisches Sommerhalbjahr

Die Wasserstände im hydrologischen Sommerhalbjahr sinken bei Ausspiegelung mit dem Gothensee im Mittel von + 0,28 und + 0,23 m im Mai / Juni auf den Mittelwert von + 0,18 m NN im Juli ab, der Tiefstwert wird in der Regel mit + 0,11 m NN im September erreicht. Insgesamt liegen die Werte deutlich über den bisherigen Sommerwasserständen (Anlage 2). Die zentrale Thurbruchsenke steht bei mittlerem Wasserstand flach unter Wasser (mittelblaue Fläche in Anlage 8.2), vgl. auch Abschnitt 4.4.2.

Szenario 2.1

Das Szenario basiert auf einem Wasserspiegel von + 0,18 m im Sommerhalbjahr bei Ausspiegelung mit dem Gothensee (Anlage 8.2, Szenario 2.1, zur Ausdehnung der überstauten Fläche siehe auch Anlage 7.2). Eine gesonderte Darstellung der für Paludikultur geeigneten Flächen (bis 0,30 m überstaute Flächen – mittel- bis hellblau, Flächen mit Flurabständen bis 0,20 m – blaugrün) erfolgt in Anlage 8.3.1. Randlich gelegene Flächen werden gesondert (gelb, hellbraun) hervorgehoben. Der östlichen Teil des Polders Kachlin, die Uferzone des Kachliner Sees innerhalb der Ringdeiche und der Ostteil des Polders Labömitz, der NW-Teil des Polder Korswandt, die Parchen-Niederung und südliche Teile des Polders Gothen wären flach überstaut, wobei die Wasserflächen durch höherliegende Grabenränder, Deiche, Wege und flache Geländeauftragungen z. T. deutlich gegliedert sind. Überflutungsbereiche mit mehr als 0,30 m Tiefe (Polder Kachlin 0,15 km², Labömitz 0,03 km², Korswandt 0,08 km²; insgesamt 0,26 km²) treten kaum auf (dunkelblaue Flächen in Anlagen 7.2 und 8.3.1), die übrigen Flächen (mittelblau Anlage 7.2, mittel- bis hellblau Anlage 8.3.1) sind 0 - 0,30 m tief (Polder Kachlin 2,53 km², Labömitz 1,93 km², Korswandt 0,31 km²; insgesamt 4,77 km²). Überflutet werden insgesamt + ca. 5 km².

Überströmungen sind etwa südlich und südwestlich, südöstlich und nördlich des Kachliner See möglich (siehe Abschnitt 4.4.2). Gleiches gilt in geringerem Umfang u. a. auch am Knüppelgraben südöstlich des Schöpfwerkes Kachlin, am Graben 22/5 sowie im Grenzbereich zu den Überflutungsgebieten in den Poldern Labömitz und Korswandt (siehe Anlagen 8.2 und 8.3.2).

Außerhalb der überfluteten Flächen schließen sich Flächen mit Wasserständen bis ca. 10 cm unter Flur (Szenario 2.2, hellblaugrün in Anlage 8.3.1), ca. 20 cm unter Flur (Größe entsprechend Szenario 2.3, dunkelblaugrün in Anlage 8.3.1) und > 0,20 m (gelb) an.

Flurabstände von 0 bis - 0,2 m treten in den Poldern Kachlin, Labömitz und Korswandt mit 2,01 km², 1,13 km² und 0,72 km²; insgesamt 3,86 km² (siehe Anlage 8.3.1) auf.

Grundwasserflurabstände über ca. 20 cm sind im Polder Kachlin überwiegend kleinflächig in Randbereichen (ca. 30%), im Polder Labömitz auf etwa zwei Drittel der Fläche östlich der Bäck (insgesamt ca. 45%) zu erwarten. Im Polder Korswandt liegen ca. 75% der Flächen, im Polder Gothen etwa 40% in diesem Bereich (gelb-hellbraun, Anlage 8.3.1).

Szenario 2.2

Mit der Aufhöhung des Wasserspiegels bei Ausspiegelung um 0,11 m im hydrologischen Winterhalbjahr (Szenario 2.2) in den Poldern (im Mittel + 0,29 m NN) ergibt sich für einen erhöhten Rückhalt ein höherer Ausgangswasserstand, die überfluteten Flächen dehnen sich deutlich aus (dunkelviolett, mittel- und dunkelblau), es entsteht eine weitgehend geschlossene Wasserfläche. In den dunkelvioletten Flächen sind Überflutungsbereiche mehr als 0,30 m tief (siehe Anlage 8.2). Diese (Polder Kachlin 0,44 km², Labömitz 1,11 km², Korswandt 0,06 km²; insgesamt 1,61 km²) sind größer (dunkelblau in Anlage 8.3.3) als im Szenario 2.1, die 0 - 0,30 m tiefen Flächen (mittel- bis hellblau) deutlich größer (Polder Kachlin 3,58 km², Labömitz 1,52 km², Korswandt 0,57 km²; insgesamt 5,67 km²). Überflutet würden im Thurbruch insgesamt ca. 7,28 km². Auch hier erfolgt eine analoge Darstellung der für Paludikultur geeigneten Flächen in Anlage 8.3.3 (bis 0,30 m überstaute Flächen – mittel- bis hellblau, Flächen mit Flurabständen bis 0,20 m – abgestuft blaugrün) sowie randlicher Flächen mit größerem Flurabstand.

Die Überströmbereiche entsprechen weitgehend den in Abschnitt 4.4.2 genannten Bereichen. Die überfluteten Bereiche und weite Teile des Grabensystems stehen in unmittelbarer Verbindung, der Zu- oder Abstrom erfolgt bevorzugt über das Grabensystem, zusätzlich mit Verzögerung über das Grundwasser. Deiche und Wege werden teilweise nicht mehr als Abgrenzung wirksam, so etwa südlich und südwestlich, südöstlich und nördlich des Kachliner Sees, am Weg am Knüppelgraben südöstlich des Schöpfwerkes Kachlin, am Graben 22/5 sowie im Grenzbereich zu den Überflutungsgebieten in den Poldern Labömitz und Korswandt, wo ein direkter Ab- oder Anstrom erfolgen kann. Die Deiche beidseits der Bäck zeichnen sich deutlich ab, einzelne Schwächezonen deuten sich an. Verbindungen zwischen Polder Labömitz und Gothensee deuten sich auch über die westlich der Bäck gelegenen Grabensysteme an.

Szenario 2.3

Eine Anhebung des Wasserspiegels um weitere 0,11 m in den Poldern auf + 0,40 m NN führt insbesondere an den Ränder der zentralen Thurbruchsenke zu einer Vergrößerung der überfluteten Flächen und einer Flutung randlicher Zwischengebiete und Senken (mittelvioletter Streifen in Anlage 8.2). Überflutungsbereiche mit mehr als 0,30 m Tiefe (Polder Kachlin 1,48 km², Labömitz 1,50 km² einschließlich Kachliner See, Korswandt 0,22 km²; insgesamt 3,2 km²) verdoppeln sich, die übrigen Flächen sind 0 - 0,30 m tief (Polder Kachlin 3,21 km², Labömitz 1,59 km², Korswandt 0,89 km²; insgesamt 5,69 km²). Überflutet sind insgesamt ca. 8,9 km² des Thurbruches.

Die Überströmbereiche werden noch deutlicher. Der Wasserspiegel liegt etwa im Bereich kurzzeitig zugelassener Hochwasserlagen bis + 0,39 m NN im Gothensee und entspricht dem der Variante 1.2 (siehe auch Anlage 8.3.2). Größere Anteile der mittelblauen Fläche (Geländehöhen < 0,10 m NN) sind mehr als 0,30 m tief (entspricht der dunkelblauen Fläche in Anlage 8.3.2).

Die stark eingetieften Gräben zeichnen sich auch in Anlage 8.2 deutlich ab. Die Lage und Höhe der den Talraum untergliedernden Deiche / Wege und Grabenrandbereiche ist deutlich erkennbar. Dabei zeigt sich, dass die überfluteten Bereiche und Teile des Grabensystems weiter in Verbindung stehen. Bei steigenden oder sinkenden Wasserständen erfolgt der Zu- oder Abstrom auch hier bevorzugt über das Grabensystem. Die Deiche und Wege werden im Szenario 2.1 noch als Abgrenzung verschiedener Teileinzugsgebiete oder Grabensysteme wirksam, im Szenario 2.2 nur noch anteilig. Im Szenario 2.3 ist der Thurbruch bereits weit-

räumig geflutet. Überströmungen sind anteilig weiter etwa südlich und südwestlich, südöstlich und nördlich des Kachliner See möglich. Gleiches gilt in geringerem Umfang u. a. auch für den Weg am Knüppelgraben südöstlich des Schöpfwerkes Kachlin, am Graben 22/5 sowie im Grenzbereich zu den Überflutungsgebieten in den Poldern Labömitz und Korswandt.

4.5.2 Modellierung des erforderlichen Zusatzwassers

Ausgehend von einer Modellierung der Wasserstände wurden über eine Höhentabelle des DGM 2 2012 für die einzelnen Polder im Thurbruch die Flächen für einzelne Wasserstands-szenarien in 0,05 bis 0,25 m - Schritten (siehe Flächenangaben in Abschnitt 4.5.1) ermittelt. Aufbauend darauf erfolgte die Ermittlung des erforderlichen Zusatzwassers für den Wasser-rückhalt in den Poldern Kachlin, Labömitz und Korswandt.

4.5.2.1 Flächenermittlung Szenario 1 - Hydrologisches Winterhalbjahr

Die Flächengrößen der Überflutung für die Szenarien 1.1 (0,35 m NN), 1.2 (0,40 m NN) und 1.3 (0,50 m NN) betragen mit Wassertiefen über 0,30 m bzw. von 0,30 - 0 m in km²:

Tabelle 20: Flächengrößen der Überflutung (Szenario 1 - Hydrologisches Winterhalbjahr) in km²

Wassertiefe	Polder Kachlin			Polder Labömitz			Polder Korswandt			Polder Gothen		
	1.1	1.2	1.3	1.1	1.2	1.3	1.1	1.2	1.3	1.1	1.2	1.3
> 0,30 m	0,82	1,48	2,97	1,31	1,50	2,79	0,10	0,22	0,39	–	–	–
0,30 - 0 m	3,61	3,21	2,22	1,62	1,59	1,43	0,74	0,89	1,19	–	–	–
Summe	4,43	4,69	5,19	2,93	3,09	4,22	0,84	1,11	1,58	–	–	–

4.5.2.2 Flächenermittlung Szenario 2 - Hydrologisches Sommerhalbjahr

Die Flächengrößen der Überflutung für die Szenarien 2.1 (0,18 m NN), 2.2 (0,29 m NN) und 2.3 (0,40 m NN) betragen mit Wassertiefen über 0,30 m bzw. von 0,30 - 0 m in km²:

Tabelle 21: Flächengrößen der Überflutung (Szenario 2 - Hydrologisches Sommerhalbjahr) in km²

Wassertiefe	Polder Kachlin			Polder Labömitz			Polder Korswandt			Polder Gothen		
	2.1	2.2	2.3	2.1	2.2	2.3	2.1	2.2	2.3	2.1	2.2	2.3
> 0,30 m	0,15	0,44	1,48	0,08	1,11	1,50	0,03	0,06	0,22	0,02	0,03	–
0,30 - 0 m	2,53	3,58	3,21	1,93	1,52	1,59	0,31	0,57	0,89	0,10	0,25	–
Summe	2,68	4,02	4,69	2,01	2,63	3,09	0,34	0,63	1,11	0,12	0,28	–

Die überwiegend flach überstauten Flächen würden sich von 2,68 km² (Szenario 2.1) auf 4,69 km² (Szenario 2.3) im Polder Kachlin, von 2,01 auf 3,09 km² im Polder Labömitz, von 0,34 auf 1,11 km² im Polder Korswandt und insgesamt von 5,03 auf 8,89 km² (davon 0,26 bzw. 3,20 km² mit Wassertiefen über 0,30 m) von ca. 16 km² Gesamtfläche ausdehnen.

Flächen mit Flurabständen von 0 bis - 0,20 m wurden in nachfolgender Größe ermittelt:

Tabelle 22: Größe der Flächen mit Flurabständen von 0 bis - 0,20 m in km²

Flurabstand	Polder Kachlin			Polder Labömitz			Polder Korswandt			Polder Gothen		
	2.1	2.2	2.3	2.1	2.2	2.3	2.1	2.2	2.3	2.1	2.2	2.3
- 0,20 m	2,01	1,09	–	1,13	1,13	–	0,72	0,95	–	0,38	0,38	–

4.5.2.3 Ermittlung des erforderlichen Zusatzwassers

Nach Ausspiegelung des Kachliner Sees mit dem Gothensee innerhalb eines hydrologischen Sommerhalbjahres ist von einem mittleren Wasserstand von + 0,18 m NN als Ausgangswert für Aufhöhungen im hydrologischen Winterhalbjahr auszugehen. Im Gothensee liegt der Wasserspiegel im November im Mittel bereits bei + 0,21 m NN, im Dezember bei + 0,28 m NN und ab Januar bei + 0,32 m NN (s. o.). Die Ausspiegelung kann durch eine Reduzierung der Durchflussmengen in den Poldern Kachlin, Labömitz und Korswandt zu Beginn einer Wiedervernässung erfolgen.

Die Ermittlung des Volumens des benötigten Zusatzwassers für die einzelnen modellierten Aufhöhungen des Wasserspiegels in den Poldern Kachlin, Labömitz und Korswandt erfolgt durch die Multiplikation der jeweils ausgangs überfluteten Fläche (z. B. 2,68 km² für den Polder Kachlin bei dem Szenario 2.1 mit + 0,18 m NN) mit dem Wert für die Anhebung des Wasserspiegels von 0,11 m (hier bei Anhebung auf + 0,29 m NN), d. h. hier ergeben sich 294.800 m³. Die zusätzlich überflutete Fläche wird jeweils mit 50% für den Wasseranstieg über (hier Fläche von 1,34 km² · 0,055 m bzw. 73.700 m³) und unter Flur (gleiches Volumen bei Reduzierung auf 85% unter Berücksichtigung des durchschnittlichen Wassergehaltes im Torf mit 62.645 m³) berechnet. Folgende Flächen kamen zum Ansatz:

Tabelle 23: Summen der überstauten Flächen in km²

Wasserstand	Polder Kachlin		Polder Labömitz		Polder Korswandt	
	Ausgangsfläche	Erweiterungsfläche	Ausgangsfläche	Erweiterungsfläche	Ausgangsfläche	Erweiterungsfläche
+ 0,29 m NN	2,68	1,34	2,01	0,62	0,34	0,29
+ 0,35 m NN	4,02	0,41	2,63	0,30	0,63	0,21
+ 0,40 m NN	4,43	0,26	2,93	0,16	0,84	0,27
+ 0,50 m NN	4,69	0,50	3,09	1,13	1,11	0,47
	5,19		4,22		1,58	

Für Aufhöhungen der Wasserstände sind in den Poldern Kachlin, Labömitz und Korswandt folgende Zusatzwassermengen erforderlich:

Tabelle 24: Ermittlung der Zusatzwassermengen

Wasserstand	Polder Kachlin	Polder Labömitz	Polder Korswandt	Summe
+ 0,29 m NN	431.145 m ³	284.185 m ³	66.908 m ³	782.238 m ³
+ 0,35 m NN	263.955 m ³	174.450 m ³	49.455 m ³	487.860 m ³
Teilsomme	695.100 m ³	458.635 m ³	116.363 m ³	1.270.098 m ³
+ 0,40 m NN	233.525 m ³	153.900 m ³	54.488 m ³	441.913 m ³
Teilsomme	928.625 m ³	612.535 m ³	170.851 m ³	1.712.011 m ³
+ 0,50 m NN	515.250 m ³	413.525 m ³	154.475 m ³	1.083.250 m ³
Gesamtsumme	1.443.875 m³	1.026.060 m³	325.326 m³	2.795.261 m³

Die Zusatzwassermengen aus dem Rückhalt im Winterhalbjahr würden zwischen 782.238 m³ (Polder Kachlin 263.955 m³, Labömitz 284.185 m³, Korswandt 66.908 m³) und 2.795.261 m³ liegen. Im Weiteren ist noch ein Abzug infolge der reduzierten Grundwasserneubildung bzw. einer wesentlich erhöhten Verdunstung in den überstauten Flächen zu berücksichtigen (s. u.).

Der Gesamtabfluss nach BAGROV-GLUGLA wurde für die Polder Kachlin, Labömitz und Korswandt mit 6.062.650 m³/a ermittelt. Die Teileinzugsgebiete der Polder sind anteilig mit 3.118.925 m³/a, 1.551.980 m³/a und 1.391.745 m³/a beteiligt (vgl. Abschnitt 3.6.3.1). Die

Relationen zwischen den Poldern entsprechen in Abhängigkeit von den Flächengrößen und Abflusswerten etwa einander (Polder Kachlin ca. 50,4%, Labömitz 25,1% und Korswandt 22,5%; s. o.). Die Bilanz ist deutlich positiv, der Überschuss steht zum Abfluss, hier differenziert auch für die einzelnen Polder, zur Verfügung. Die Differenz der Verdunstungswerte vor und nach der Wiedervernässung würde entsprechend Ermittlung in Abschnitt 4.6 in den Poldern Kachlin, Labömitz und Korswandt für das Szenario 2.1 etwa in der Größenordnung von insgesamt 1.480.000 m³ (Kachlin etwa 574.150 m³, Labömitz 729.730 m³ und Korswandt 175.090 m³) liegen. Auch nach Abzug der Werte verbleibt ein Gesamtabfluss von 4.583.600 m³. Bei Berücksichtigung der zusammenfassend betrachteten Verdunstungswerte in Tabelle 19 (S. 75) läge der Gesamtabfluss noch bei ca. 4.898.000 m³.

Die überschlägig ermittelten mittleren Durchflussmengen an den Schöpfwerken Kachlin, Labömitz und Korswandt entsprechen in ihrer Gesamtheit mit 4.057.600 m³/a etwa der Größenordnung des jährlichen Gesamtabflusses nach BAGROV-GLUGLA (vgl. Abschnitt 3.6.2). Dies gilt jedoch nicht für die einzelnen Teileinzugsgebiete. Für den Polder Kachlin liegt der Mittelwert überschlägig etwa bei 553.000 m³/a, für den Polder Labömitz bei 2.363.000 m³/a und den Polder Korswandt bei 1.141.600 m³/a.

Ein Vergleich der Mittelwerte des Gesamtabflusses nach BAGROV-GLUGLA und der mittleren Durchflussmengen an den Schöpfwerken zeigt, dass z. T. erhebliche Unterschiede zwischen den Werten bestehen. Der Polder Kachlin weist ca. 50% der Neubildung, jedoch am Schöpfwerk nur 12% des Gesamtabflusses auf. Im Polder Labömitz stehen 24% der GWN einem Abfluss von 52% gegenüber. Beim Polder Korswandt (21 zu 25%) ist der Durchfluss etwas größer. Es ist davon auszugehen, dass ein wesentlicher Teil der Neubildung des Polders Kachlin bereits bisher direkt den Polder Labömitz über den ober- / unterirdischen Abfluss gespeist hat. Die GWN für die Polder Kachlin und Labömitz liegt bei 3.540.865 m³/a, der Durchfluss bei beiden Schöpfwerken überschlägig bei 2.916.000 m³/a. Daneben ist von einem anteiligen ober- / unterirdischen Abstrom zum Gothensee auszugehen.

Wenn man davon ausgeht, dass durch das Schöpfwerk Kachlin im Mittel 553.000 m³/a gefördert werden, wäre im Polder Kachlin lediglich ein Rückhalt bis etwa + 0,29 m bzw. 0,32 m NN im Winterhalbjahr möglich, wobei 60% des Jahresdurchflusses mit ca. 332.000 m³ nicht ausreichen und durch Rückhalt im Sommerhalbjahr ergänzt werden müssen. In Normaljahren und Trockenjahren wäre ein Betrieb des Schöpfwerkes nicht mehr erforderlich.

Die niedrigsten Durchflüsse lagen hier bei ca. 30.000 m³ (2009), sonst bei ca. 100.000 m³ (s. o.), während die höchsten bei ca. 1.000.000 m³ lagen. Die Korrelation zur Niederschlagsentwicklung ist nur undeutlich, so dass wechselseitige Einflüsse, wie z. B. die Zulassung verschieden hoher Wasserstände und unterschiedliche Absenkungen an den Schöpfwerken wesentliche Bedeutung sitzen. Bei Maßnahmen zur Wiedervernässung wäre – ausgehend vom höheren Retentionsvermögen – eine Verstetigung des ober- / unterirdischen Abflusses erforderlich. Bei Berücksichtigung der erhöhten Verdunstung von 574.150 m³ wäre der Rückhalt bereits aufgebraucht.

Für das Schöpfwerk Labömitz liegt der Mittelwert bei 2.363.180 m³, die niedrigsten Durchflüsse wurden hier 2003, 2006, 2004 und 2009 mit ca. 1.000.000 bis 1.500.000 m³, die höchsten u. a. 2011 und 2012 mit über 3.500.000 m³ beobachtet. Beziehungen zum Jahresniederschlag sind erkennbar, aber nicht wesentlich. Durch Reduzierung des Durchflusses wäre eine wesentliche Anhebung des Wasserspiegels, hier auch mit einem Rückstau im Polder Kachlin möglich. Für eine Anhebung des Wasserspiegels in beiden Poldern auf etwa + 0,35 m NN (Szenario 1.1) wären ca. 1.150.000 m³, auf etwa + 0,40 m NN (Szenario 1.2) ca. 1.540.000 m³ und auf + 0,50 m NN ca. 2.500.000 m³ erforderlich. Damit ist hier in Jahren mit mittlerem Niederschlag – bei ± vollständiger Einstellung des Pumpbetriebes auch im Schöpfwerk Labömitz und Stauhaltung – eine Anhebung bis + 0,50 m NN zu prüfen. Bei Berücksichtigung der erhöhten Verdunstung von 729.730 m³ stehen im Polder Labömitz im Mittel nur 1.633.450 m³ zur Verfügung, d. h. eine Anhebung wäre nur auf max. etwa + 0,40 m NN möglich. In Trockenjahren (s. o.) wäre auf Grundlage der vorgenannten Werte kein aus-

reichender Rückhalt möglich. Durch eine wesentliche Verstetigung des ober- / unterirdischen Abflusses und einen überjährlichen Ausgleich bestehen Möglichkeiten für einen Ausgleich. Bei hohen Wasserständen besteht etwa bei Starkregenereignissen die Gefahr einer Ausuferung und eines unkontrollierten Abflusses zum Gothensee. Eine Anhebung der Wasserspiegel auf + 0,35 bis + 0,40 m NN ist nach den o. g. Werten bei überjährlichem Ausgleich (Höchstwerte des Durchflusses mit 3,5 Millionen m³ ca. 1 Mio. m³ über dem Mittelwert) und Nutzung des zunehmenden Retentionsvermögens selbst in Trockenjahren denkbar.

Im Schöpfwerk Korswandt wurden im Mittel 1.141.600 m³ gefördert. Der niedrigste Abfluss wurde mit 525.000 - 600.000 m³, der weitaus höchste 2012 beobachtet. Der anteilige Durchfluss aus der Parchen-Niederung ist nicht ausweisbar. Eine Anhebung des Wasserspiegels auf + 0,35 bzw. + 0,40 m NN (170.851 m³) ist aus Sicht eines möglichen Rückhalt selbst in Trockenjahren, eine Anhebung auf + 0,50 m NN (325.326 m³) mindestens in Normaljahren möglich, sollte jedoch auf den Bereich südlich der Geländeschwelle von Ulrichshorst beschränkt bleiben (Stauanlage stromauf der Geländeschwelle). Mit dem Schöpfwerk Korswandt ist die Entwässerung der Parchen-Niederung und des südlich des Gothensee liegenden Teils des Polders weiterhin im erforderlichen Umfang möglich.

Es wurde bereits darauf verwiesen, dass bei einer Ausspiegelung von Kachliner See / Thurbruch und Gothensee auf + 0,29 m NN im hydrologischen Winterhalbjahr und + 0,18 m NN im hydrologischen Sommerhalbjahr hydraulische Verbindungen zwischen den Poldern (oberirdisch / unterirdisch) bestehen. Bei Anhebung der Wasserstände werden die Überströmbereiche großflächiger, die gegenseitige Beeinflussung nimmt zu. Bei einer Anhebung der Wasserstände im Winterhalbjahr auf bis etwa + 0,40 m NN (Szenario 1.2) ist für die Sommermonate bei Rückstau in der Bäck und im oberen Teil des Polders Korswandt von etwa + 0,29 m NN (Szenario 2.2) möglich. Die ermittelten Abschläge durch erhöhte Verdunstung lassen sich durch Verstetigung des Gesamtabflusses (durchgehend deutlich höhere Wasserstände, Reduzierung des oberirdischen Abflusses durch Einstellung oder Reduzierung der Grundräumung in den Gräben und der Grabenpflege, Anstau etwa nach Regenereignissen im hydrologischen Sommerhalbjahr, Nutzung des Retentionsvermögens, Überjahresausgleich) weitgehend kompensieren. Die Steuerung der Wasserstände, insbesondere in niederschlagsreichen Zeiträumen bzw. nach Niederschlagsereignissen, muss weiterhin durch die Schöpfwerke, hier insbesondere Labömitz und Korswandt, erfolgen.

Eine Wiedervernässung außerhalb der Szenarien 1.2 bzw. 2.2 gelegener Flächen erscheint infolge des relativ deutlichen Geländeanstieges und eines damit verbundenen hohen Aufwandes für partielle Verfüllungen und / oder Stauanlagen sowie eines Anstiegs der Grundwasserstände am Rand der Thurbruchsenke als nicht sinnvoll.

Anpassungen zur Wiedervernässung wären künftig unter Berücksichtigung der Torfquellung innerhalb weniger Jahre nach Wiedervernässung um ca. 0,10 m sowie mittelfristig den Pflanzenaufwuchs erforderlich.

4.5.3 Bestimmung der für die Wiedervernässungsmaßnahmen notwendigen Grabenpflege

Zur Sicherung der Wiedervernässung insbesondere auch in Trockenjahren ist der Gesamtabfluss zu verstetigen. Bei großflächiger Überstauung besitzt das stark eingetieftete Grabensystem mit seinem tiefliegenden Entwässerungsniveau nur noch eine untergeordnete Bedeutung, stellt aufgrund seiner Querschnitte jedoch weiterhin bevorzugte Abflussbahnen dar. In Grabenabschnitten, die innerhalb künftig ständig überstauter Flächen liegen, wäre bei Durchführung der Maßnahme die Grundräumung und Grabenpflege in den Gräben einzustellen, in einzelnen Bereichen (etwa in Grabenabschnitten im Niederungsbereich des Polders Labömitz in Nähe des Gothensees) können partielle Verfüllungen sinnvoll sein. Durch Verkrautung und Vegetationsaufwuchs in den Gräben sowie Kolmation der Grabensohle kann mittel-

fristig der ober- / unterirdische Abfluss aus den wiedervernässten Bereichen reduziert werden. Die Offenhaltung und Grabenpflege im bisherigen Umfang wäre lediglich für Gräben erforderlich, die randlich oder außerhalb der Senke gelegene Flächen entwässern bzw. im unmittelbaren Anstrom der Schöpfwerke liegen.

4.5.4 Ermittlung der Beeinflussung des Einzugsgebietes sowie angrenzender Gewässer

4.5.4.1 Szenario 1

Bei einer Wiedervernässung der Thurbruchsene innerhalb der Torfverbreitung und der Polder Kachlin, Labömitz und Korswandt im hydrologischen Winterhalbjahr entsprechend Szenario 1.2 würde ein großflächig flach überstauter Bereich unter Einschluss des östlichen Teils des Polders Kachlin, des Bereiches innerhalb des Ringgrabens um den Kachliner See, des östlichen Teils und einzelner Senken nordwestlich der Bäck des Polders Labömitz sowie des NW-Teils des Polders Korswandt südlich der Geländeerhebung von Ulrichshorst entstehen (siehe Anlagen 8.1, 8.3.2 und Abschnitt 4.5.2). Die Anhebung der Wasserstände wäre im Wesentlichen auf die zentrale Thurbruchsene und damit auf den Bereich starker Moorsackungen in den letzten Jahrzehnten beschränkt. Im hydrologischen Winterhalbjahr würden sich im Mittel etwa Wasserstände bei + 0,40 m NN einstellen. Die Grenzen zwischen den Teileinzugsgebieten der Polder Kachlin, Labömitz und Korswandt im Bereich von Dämmen und Wegeverbindungen werden bereits im Ist-Zustand überströmt oder sind über die in den Moorkörper und die unterlagernden Grundwasserleiter tiefeingeschnittenen Gräben hydraulisch miteinander verbunden. Große Teile der Grundwasserneubildung des Polders Kachlin gelangen bereits jetzt als ober-/unterirdischer Abfluss in den Polder Labömitz und werden hier über das Schöpfwerk abgeführt. Durch die Eindeichung des Kachliner Sees und Abtrennung von seinem natürlichen Einzugsgebiet 1985/1986 ist es zu erheblichen Torfsackungen in der Umrandung des Sees und Beeinträchtigungen der Dämme gekommen. Eine Sanierung der Dämme ist praktisch nicht möglich und nicht sinnvoll. Unterhalb der Dämme bestehen hydraulische Verbindungen zwischen Moorkörper, Ringgraben, Senkungszonen im Uferbereich und Kachliner See. Zur Vermeidung von Überflutungen im Umland wurde der See mit der Folge einer deutlichen Verkleinerung weiter abgesenkt, gleichzeitig wurden damit weitere Torfsackungen initiiert. Mit der Wiedervernässung würde der Kachliner See seine ursprüngliche Größe wieder erreichen und etwa um 0,40 bis 0,50 m vertieft. Damit würde eine lange bestehende Forderung aus Sicht der Fischerei und des Naturschutzes realisiert.

Die weiträumige Wiedervernässung der zentralen Thurbruchsene würde durch eine Auspiegelung mit dem Gothensee und den Rückhalt des Durchflusses der Schöpfwerke an Stauanlagen in der Bäck bzw. stromauf von Ulrichshorst realisiert. Mit dem Anstieg der Wasserstände im Thurbruch ist auch ein Anstieg der Grundwasserstände innerhalb des überstauten Bereiches verbunden. Infolge des deutlichen Geländeanstieges zu den Rändern kommt es hier zu keiner Aufhöhung der Grundwasserstände, der Grundwasserabstrom ist weiterhin zum Thurbruch / Gothensee gerichtet.

Ulrichshorst liegt auf einer Geländeschwelle mit Höhen von + 1 bis > 2,5 m NN, die sich im Bereich des hier ins Moor führenden Weges noch etwa 500 m fortsetzt. Der bebaute Bereich liegt in Höhen von +2 bis > 2,5 m NN. Südlich der Schwelle schließt sich ein etwa 300 m breiter Streifen mit Höhen über + 0,5 m NN an. Die mittleren Grundwasserstände liegen derzeit am östlichen Ortsrand bei + 1 m (L 266), etwa in Ortsmitte bei + 0,50 m und am westlichen Ortsrand bei ± 0 m NN. Nördlich der Hochlage erfolgt eine künstliche Absenkung auf ≤ - 0,50 m NN, südlich auf ± 0 m NN (siehe Anlage 6). Durch den anteiligen Betrieb der Schöpfwerke auch im hydrologischen Winterhalbjahr kommt es hier nur zu geringen Aufhöhungen der Grundwasseroberfläche.

Mit der Wiedervernässung würden die Wasserstände bei den Szenarien 1.2 und 2.2 etwa 300 m südlich der Hochlage auf etwa + 0,30 m NN ansteigen. Das entspricht auch dem Vorflutniveau des Gothensees, Aufhöhungen für diesen werden ausgeschlossen. Die mittleren Grundwasserstände am östlichen Ortsrand und in Ortsmitte bleiben unverändert, am westlichen Ortsrand käme es zu einem leichten Anstieg auf etwa + 0,30 m NN (siehe Anlage 9).

Die Absenkung nördlich der Hochlage bleibt bestehen. Durch zwei Stauanlagen westlich des Grabens 23/1 könnte die östlich anschließende Teilsenke vom überfluteten Bereich abgekoppelt werden. Damit wären Aufhöhungen des Grundwasserstandes durch die Wiedervernässung in der Ortslage weitestgehend auszuschließen.

Wiedervernässungen im Polder Gothen, der Parchen-Niederung sowie des nördlichen Teils des Polders Korswandt sind nicht vorgesehen bzw. auszuschließen. Wesentliche Beeinflussungen des Einzugsgebietes außerhalb der Polder Kachlin, Labömitz und Korswandt und angrenzender Gewässer sind auszuschließen.

4.5.4.2 Szenario 2

Der überstaute Bereich im hydrologischen Sommerhalbjahr mit einer Absenkung von im Mittel +0,40 m NN auf + 0,29 m NN ist nur unwesentlich kleiner (statt 8,89 km² nur noch 7,28 km²). Im hydrologischen Sommerhalbjahr würden sich im Mittel Wasserstände bei etwa + 0,29 m NN einstellen.

Infolge der zumindest vorerst erhöhten Verdunstung reduziert sich der Gesamtabfluss nach BAGROV-GLUGLA für die Polder Kachlin, Labömitz und Korswandt von 6.062.650 m³/a um etwa 1,5 Millionen m³/a (s. o.). Während die geringen Verdunstungsverluste in den Wintermonaten i. d. R. durch erhöhten Rückhalt ausgeglichen werden können, führen sie im hydrologischen Sommerhalbjahr zu sinkenden Wasserständen. Durch eine Verstetigung des Abflusses durch das erhöhte Regenerationsvermögen und den Rückhalt nach Regenereignissen, gegebenenfalls auch bei höheren Wasserständen im Gothensee durch Ausspiegelung und Reduzierung der Pumpleistung des Schöpfwerkes im Sack-Kanal ist hier ein Ausgleich möglich.

4.5.5 Darstellung des Jahresgangs für die Wasserspiegellagen

Bei weitgehender Wiederherstellung eines einheitlichen hydraulischen Systems zwischen Thurbruch, Kachliner See und Gothensee und möglichst weitgehender Zurückhaltung von Wasser innerhalb des Talraumes werden die Grundwasserstände innerhalb der zentralen Thurbruchsenke ausgehend von einem sich anteilig wieder aufbauenden Druckpotential – bei Verringerung des Grundwasserflurabstandes – auf etwa + 0,40 m NN bzw. + 0,29 m NN (im Jahresmittel etwa + 0,35 m NN) ansteigen.

Während im Gothensee im Rahmen der Bewirtschaftungslamelle die Wasserspiegel weiter wesentlich vom Durchfluss im Schöpfwerk am Sack-Kanal bestimmt werden, werden die Grundwasserstandsschwankungen im Thurbruch mit Einschränkung der künstlichen Entwässerung zunehmend wieder durch die Niederschlagshöhen und die Grundwasserneubildung bestimmt. Sie werden sich damit der jahreszeitlichen Entwicklung mit Grundwasserhöchstständen im März / April und Grundwassertiefstständen im Oktober / November wieder annähern. Deutliche Anhebungen der Wasserspiegel über + 0,40 m NN im Winterhalbjahr oder nach Niederschlagsereignissen sind durch den Einsatz der Schöpfwerke zu vermeiden, da sonst Ausuferungen und Überströmungen den Rückhalt generell in Frage stellen. In den Sommermonaten ist der ober-/unterirdische Abfluss möglichst zu verzögern.

4.6 Modellierung der regionale Klimaleistung

4.6.1 Methodische Grundlagen und Ist-Zustand

Die Verdunstung spielt als Prozessgröße im Wasserhaushalt von Feuchtgebieten eine zentrale Rolle.

In Kapitel 3.6.2 wurde im Rahmen der Wasserhaushaltsbilanz bereits auf die mittlere Gebietsverdunstung des Einzugsgebietes eingegangen. Die Verdunstung geht hier als Verlustgröße in die Wasserbilanz ein. Aufgrund der teilweise starken Verdunstungsleistung der Feuchtgebietsvegetation stellt sie die entscheidende Zehrgröße im Wasserhaushalt dar.

Im Folgenden wird die Verdunstung im Thurbruch, bezogen auf homogene Teilflächen und unter Berücksichtigung unterschiedlicher Wasserstände für die Ist-Situation und die Ver-

nässungsszenarien nochmals detaillierter betrachtet. Daneben wird auch auf die hiermit verbundene Verdunstungskühlung eingegangen.

Die Verdunstung ist der physikalische Prozess des Übergangs von Wasser aus dem flüssigen bzw. festen in den gasförmigen Zustand bei Temperaturen unterhalb des Siedepunktes. Sie ist sowohl ein Glied der Energie- als auch der Wasserbilanz und kann daher anhand verschiedener Eingangsgrößen bestimmt werden.

Die Verdunstung kann in verschiedenen Zeiteinheiten ermittelt werden. Im Rahmen des vorliegenden Gutachtens erfolgt eine Modellierung mittlerer Jahres- und Monatswerte auf der Grundlage langjähriger Mittelwerte. Hierbei werden Klimadaten der Stationen Greifswald, Karlshagen, Anklam und Ueckermünde einbezogen.

Bei der Ermittlung der Verdunstung ist hinsichtlich der Methodenwahl zu unterscheiden zwischen der Verdunstung über Wasserflächen und der Evapotranspiration von Landflächen. Für die Verdunstung von freien Wasserflächen kann beispielsweise auf die Verdunstungsformel nach DALTON, Energiebilanzverfahren oder Kombinationsverfahren, die das Energiehaushaltsverfahren und den Massentransportansatz vom Typ der DALTON-Gleichung verbinden, zurückgegriffen werden.

Im Folgenden wird das DALTON-Verfahren angewendet, in dem auch die Gewässertiefe Berücksichtigung findet (in DVWK-M 238 1996).

Eine angenäherte Abschätzung erfolgt hier nach der Gleichung:

$$E_w = 0,41 \cdot (e_s(Tw_0) - e) + 0,25$$

- E_w = Verdunstung von der Wasserfläche in mm/d
- $e_s(Tw_0)$ = Sättigungsdampfdruck bei der Temperatur der Wasseroberfläche Tw_0 in hPa
- e = Dampfdruck der Luft in hPa

Danach ergeben sich folgende Verdunstungswerte:

Tabelle 25: Mittlerer Jahresgang der Verdunstungshöhe von freien Wasseroberflächen in mm nach dem DALTON-Verfahren, 1961 - 1990

Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jahr
17,0	15,3	13,0	30,1	41,6	69,3	104,2	118,9	108,2	78,4	51,3	30,2	677,5

Zum Vergleich liegt die mittlere jährliche Verdunstung für den Gothensee nach Darstellung des Hydrologischen Atlas von Deutschland (BUNDESMINISTERIUM FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT 2003) bei 600 bis 650 mm/Jahr. Die Differenzen können sich aus den unterschiedlichen Eingangsdaten verschiedener Klimastationen und Abweichungen der Berechnungsverfahren ergeben.

In Kapitel 3.6.2 erfolgen die Berechnungen auf der Grundlage des Wertes 650 mm von RICHTER (1984) und JORDAN & WEDER (1988). Diese für Wasserhaushaltsberechnungen häufig verwendeten Angaben basieren auf etwas älteren Messreihen, die Abweichung zu oben ermitteltem Näherungswert nach DALTON liegt jedoch bei < 5%.

Unter Verwendung neuerer Klimawerte von 1980 - 2010 hat sich dagegen die Gewässerverdunstung etwas erhöht und liegt für die Station Greifswald bei 718,0 mm/a.

Deutlich komplexer ist die Ermittlung der Verdunstung über Landflächen. Die Evapotranspiration setzt sich hier aus den Komponenten Evaporation, Transpiration und Interzeptionsverdunstung zusammen.

Hinsichtlich der Ermittlung der Verdunstung von Landflächen wird häufig unterschieden zwischen der potenziellen und tatsächlichen Evapotranspiration. Die potenzielle Verdunstung ist definiert als die Verdunstungshöhe von Oberflächen bei gegebenen meteorologischen Bedingungen und unbegrenzt verfügbarem Wasser. Sie war ursprünglich als oberer Grenzwert gedacht und bildet in vielen Verfahren die Grundlage der Ermittlung der tatsächlichen Verdunstung.

Zur Berechnung der potenziellen Verdunstung gibt es verschiedene empirische Verfahren wie beispielsweise von HAUDE, THORNTHWAITE, TURC und PENMAN. Die Ergebnisse dieser Modelle weichen jedoch bei Anwendung auf ein und dasselbe Untersuchungsgebiet voneinander ab.

Diese Defizite sind auch auf die Unzulänglichkeit des Begriffs „potenzielle Verdunstung“ zurückzuführen, denn das mögliche Maximum der Verdunstung hängt nicht nur von atmosphärischen, sondern auch von den jeweiligen Standortfaktoren ab (ATV-DVWK-M 504 2002).

Zur Bereitstellung einer verbesserten, einheitlichen Schätzgröße wird daher als international einheitlicher Standard von der FAO die Gras-Referenzverdunstung nach ALLEN et al. (1994) empfohlen, die auf dem PENMAN-MONTEITH-Modell beruht. Sie gilt für einen über das ganze Jahr einheitlichen Grasbestand von 0,12 m Höhe bei fehlendem Wasserstress (Bodenfeuchte $\geq 70\%$ nFK) (DVWK-238 1996).

Die Gras-Referenzverdunstung ist damit eine physikalisch exakt definierte potenzielle Verdunstung.

Nach dieser Methode wurde im Hydrologischen Atlas von Deutschland (BUNDESMINISTERIUM FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT 2003) für Usedom und weite Teile Mecklenburg-Vorpommerns eine mittlere jährliche potenzielle Verdunstungshöhe von 550 - 575 mm/Jahr ermittelt. Ältere Verfahren nach HAUDE und TURC-WENDLING weisen i. d. R. höhere Werte auf. Das Gleiche gilt für Angaben nach RICHTER (1984), wonach die potenzielle Verdunstung bei 635 bis 640 mm/Jahr liegt.

Mittlere monatliche potenzielle Verdunstungshöhen lassen sich für klimatologische Zwecke auch nach der modifizierten Gras-Referenzverdunstung nach folgender Gleichung (WENDLING 1995 zitiert in DVWK-M 504 2002, siehe auch DIN 19685) ermitteln:

$$ET_0 = s / (s + \gamma) \cdot (0,65 \cdot R_G^* + 0,25 \cdot n_M \cdot k) \cdot (1 / (1 + 0,00019 \cdot h))$$

- s = Sättigungsdampfdruckkurve
- γ = Psychrometerkonstante
- R_G^* = Globalstrahlung
- n_M = Anzahl der Tage des Monats
- k = Küstenfaktor
- h = Geländehöhe

Bei Anwendung dieser Gleichung ergeben sich folgende potenzielle Verdunstungswerte für das Gebiet, die gut mit den Angaben des Hydrologischen Atlas von Deutschland übereinstimmen.

Tabelle 26: Langjährige Monatsmittel der potenziellen Verdunstung in mm nach der modifizierten Gras-Referenzverdunstung für den Zeitraum 1981 - 2010

langjährige Monatsmittel	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jahr
ET ₀ in mm	8,2	13,9	29,9	56,7	85,0	96,7	97,5	79,7	49,9	28,1	9,6	6,7	561,9

Auf der Grundlage der Gras-Referenzverdunstung erfolgt die Berechnung der tatsächlichen (realen Verdunstung). Die hierbei ablaufenden Prozesse sind sehr komplex. Neben meteorologischen Größen sind standortspezifische Faktoren, die abhängig von der Vegetation und den anstehenden Bodenverhältnissen sind, zu berücksichtigen.

Zur Ermittlung der tatsächlichen Verdunstung wird für den Ist-Zustand auf das BAGROV-GLUGLA-Verfahren zurückgegriffen, das zur Berechnung langjähriger Mittelwerte gut geeignet ist und auch Anwendung im Hydrologischen Atlas von Deutschland gefunden hat. Die tatsächliche Verdunstung ist danach abhängig von der Wasserverfügbarkeit aus korrigiertem Niederschlag, Beregnung sowie Kapillaraufstieg aus flurnahem Grundwasser, der Energieverfügbarkeit in Form der maximalen Verdunstung sowie den Standortfaktoren Bodenspeicherung und Landnutzung, die durch den Effektivitätsparameter n gekennzeichnet werden.

Die Differentialgleichung von BAGROV (1953) zur Berechnung mittlerer jährlicher Werte der Evapotranspiration ETa lautet in der von GLUGLA u. a. (2002 in ATV-DVWK-M 504) modifizierten Form:

$$\frac{d ETa}{d P_{\text{kor}}}} = 1 - \left(\frac{ETa}{ET_{\text{max}}} \right)^n$$

Aufgrund der homogenen Verhältnisse der Grünlandflächen im Untersuchungsgebiet (ähnliche Höhenlage und Bodenart, ähnliche Landnutzung) werden diese Flächen zusammenfassend für die vorkommenden Grundwasserflurabstände modelliert.

Die Gehölzflächen werden gesondert betrachtet, da vegetationspezifische Unterschiede hinsichtlich der Verdunstungsleistung bestehen.

Den auftretenden Bodentypen Fen und Erdfen mit Übergang zum Fenmulm sowie den sogar z. T. reinen Mulmstandorten wird unter Berücksichtigung des Zersetzungsgrades in Anlehnung an die Bodenkundliche Kartieranleitung (2005) sowie an BUNDESANSTALT FÜR GEWÄSSERKUNDE (2003) eine nutzbare Feldkapazität von 15 - 20 Vol% zugeordnet. Es wird von einem durchschnittlichen Grundwasserflurabstand im Sommerhalbjahr von überwiegend (0,6) 0,8 - 1,0 m, untergeordnet auf höher gelegenen Flächen von > 1,0 m ausgegangen.

Während in weiten Teilen des Polders Kachlin (West- und Südteil) auch im Durchschnitt relativ geringe Flurwasserabstände auftreten können, ist im Polder Korswandt von durchschnittlich 0,8 m unter GOK auszugehen. Im zentralen Thurbruch (im nordwestlichen Bereich des Polders Korswandt, im Polder Labömitz (insbesondere im Ostteil) und östlich des Kachliner Sees im Polder Kachlin) können die durchschnittlichen sommerlichen Grundwasserflurabstände auch etwas darüber zwischen ca. 0,8 m und 1,2 m liegen. Zum Rand hin steigen die Grundwasserflurabstände aufgrund des ansteigenden Geländes ebenfalls an. Grundsätzlich ist zu berücksichtigen, dass es sich hierbei um durchschnittliche Werte als Grundlage zur Ermittlung langjähriger Mittelwerte der Jahresverdunstung handelt.

Der korrigierte Niederschlag beträgt 640 mm / a.

Unter Berücksichtigung der dargestellten Parameter ergibt sich für die Grünlandflächen eine reale Verdunstung bei

- Grundwasserflurabständen von **0,80 m** zwischen 522 und 589 mm/Jahr in Abhängigkeit von der nFK und mittleren Grashöhe,
- Grundwasserflurabständen von **1,00 m** zwischen ca. 486 und 568 mm/Jahr in Abhängigkeit von der nFK und mittleren Grashöhe.

Diese entsprechen weitgehend den Darstellungen im Hydrologischen Atlas von Deutschland, wo für das Untersuchungsgebiet überwiegend Werte zwischen 525 und 550 mm, anteilig auch von 550 bis 600 mm / Jahr ausgewiesen sind.

Erhöht man dagegen den Grundwasserflurabstand auf **1,20 m** in der Modellierung, verringern sich die jährlichen Verdunstungsraten deutlich auf 408 mm bis 494 mm in Abhängigkeit der nutzbaren Feldkapazität und mittleren Grashöhe. Bei größeren Flurabständen sinkt sie auf 382 mm bis 470 mm.

Für die Wald- und Gehölzflächen wird unter Berücksichtigung ihrer Lage (südlich des Gothensees, randlich des Kachliner Sees und des östlich gelegenen Torfstiches von geringeren sommerlichen Grundwasserflurabständen von durchschnittlich 0,60 m unter GOK ausgegangen.

Für diese Bestände liegt die Verdunstung ungefähr in Höhe der nach dem BAGLUVA-Verfahren ermittelten maximalen vegetationsbezogenen Verdunstung und variiert in Abhängigkeit des Umtriebsalters zwischen 607 mm und 660 mm / Jahr.

Die in den Randbereichen kleinflächig auftretenden Ackerflächen liegen i. d. R. bereits etwas höher, d. h. weisen höhere Grundwasserflurabstände von im Mittel ca. 1,5 m auf und verdunsten bei einer nFK von 15 - 20 Vol% etwa 440 - 507 mm / Jahr. Bezogen auf die Gebietsverdunstung haben diese Flächen aufgrund ihres geringen Umfangs nur eine untergeordnete Bedeutung.

Für die Ermittlung der Bestandsverdunstung werden zusammenfassend folgende Werte für eine nFK von 15 Vol% in Ansatz gebracht:

Tabelle 27: Jahressummen der realen Verdunstung für den Ist-Zustand nach dem BAGLUVA- und DALTON-Verfahren

Landnutzung / Vegetation	mittlerer sommerlicher Grundwasserflurabstand	mittlere jährliche Verdunstung für den Ist-Zustand
Grünland	0,6 bis 0,8 m	522 mm/a
	0,8 bis 1,0 m	486 mm/a
	1,0 bis 1,2 m	408 mm/a
	>1,2 m	382 mm/a
Wald	0,6 m	623 mm/a
Acker	≤ 1,5 m	440 mm/a
Gewässer	–	677 mm/a

Die angegebenen langjährigen mittleren Jahressummen der Verdunstung verteilen sich gemäß DVWK (1996) wie folgt auf die einzelnen Monate:

Tabelle 28: Mittlere monatliche Anteile an der Jahressumme der Verdunstung in %, abgeleitet aus Lysimeterdaten im Tiefland Nordostdeutschlands für flurnahes Grundwasser (DVWK-H-238, 1996)

Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Summe
2%	3%	4%	8%	15%	16%	17%	16%	10%	4%	3%	2%	100%

Daraus ergeben sich folgende monatlichen Verdunstungsraten bei Ansatz der Werte für Grünland im unteren Bereich und einer mittleren Grashöhe von 12 cm. Für Wald werden Werte im mittleren Bereich angenommen:

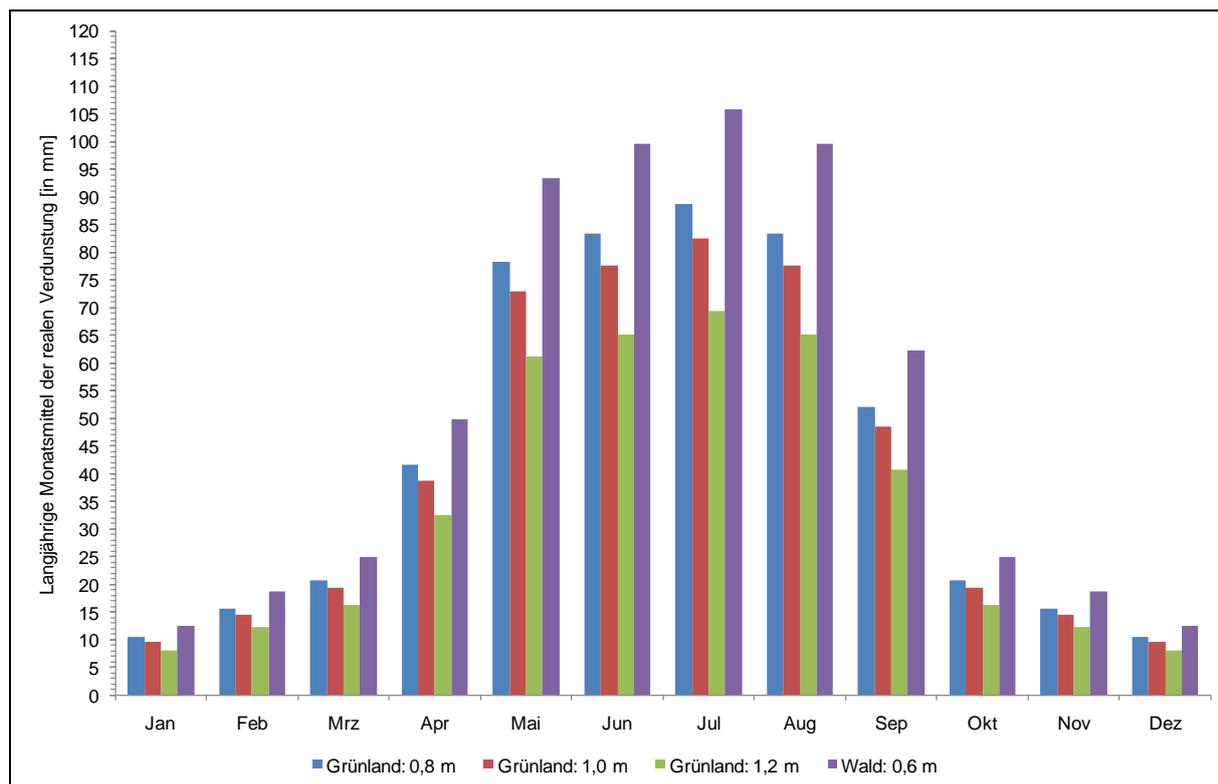


Abbildung 5: Langjährige Monatsmittel der realen Verdunstung in mm für den Ist-Zustand nach dem BAGLUVA-Verfahren für verschiedene Grundwasserstände und Landnutzungen

Unter Berücksichtigung dieser ermittelten Werte ergibt sich für das gesamte Thurbruch einschließlich des Gothensees eine Gebietsverdunstung von ca. 12.694.000 m³/Jahr.

Zum Vergleich wurde von SCHWÄRZEL (2000) für eine verdunstungsstarke Zeitspanne und für einen Grundwasserflurabstand von 80 cm auf der Grundlage eines Wasserhaushaltsmodells auf einem Niedermoorstandort (Erd-Niedermoor) in Brandenburg für den Zeitraum 01.04. bis 30.09. eine Evapotranspiration von ca. 570 mm für Rohrglanzgras ermittelt. Unter Berücksichtigung, dass im hydrologischen Winterhalbjahr ca. 16 - 18% der Jahresverdunstung erfolgen (DVWK) ergibt sich hochgerechnet auf ein Jahr eine jährliche Verdunstung von ca. 680 mm. Für einen Mulm-Niedermoorstandort lag die ermittelte Verdunstung deutlich darunter. Werte liegen hier nur für einen Flurabstand von 90 cm vor, die Jahresverdunstung beträgt hier nur ca. 450 mm.

MUNDEL (1982) ermittelte für verdunstungsstarke Bedingungen für Grasland eine jährliche Verdunstung (hochgerechnet) von ca. 565 mm/Jahr und für verdunstungsschwache Bedingungen von 500 mm/Jahr bei Grundwasserflurabständen von 80 cm.

RENGER et al. (2000) ermitteln für einen Grundwasserflurabstand von 90 cm in Abhängigkeit des Niedermoorstyps und der Moormächtigkeit jährliche Verdunstungsraten von 500 bis 560 mm, bei GW-Flurabständen von 80 cm liegt die jährliche Evapotranspiration etwas darüber.

Die nach dem BAGLUVA-Verfahren ermittelten Werte fügen sich gut in diese gemessenen bzw. modellierten Vergleichswerte verschiedener Autoren bei ähnlichen Grundwasserständen ein. Abweichungen ergeben sich u. a. aufgrund der unterschiedlichen Verfahren, klimatischen Bedingungen und betrachteten Vegetationsbestände. Daneben haben aber auch die jeweilige Torfart, der Zersetzungsgrad, das Vorhandensein von Stauhormonen etc. Einfluss auf die Verdunstungshöhe. Bodenspezifische Aspekte wie der Zersetzungsgrad des Torfsubstrates finden im BAGLUVA-Verfahren z. T. über die Höhe der nutzbaren Feldkapazität

Eingang, differenzierte Bodenprofile können in diesem Rahmen jedoch nicht modelliert werden.

Nicht in diesem methodischen Ansatz enthalten sind mikroklimatische Besonderheiten, die die Verdunstung beeinflussen können. Hierzu zählen auf Moorstandorten insbesondere der Oaseneffekt (oasis effect) und Wäscheleineneffekt (clotheline effect).

Nach dem Oaseneffekt kann es am Rand von Moorflächen zu erhöhten Evapotranspirationsleistungen kommen, wenn ein trockener Wind aus der Moorumgebung in die Feuchtfläche hineinströmt (FRAHM 2007). Die dabei stattfindenden Advektionsprozesse sind relativ umso größer, je kleiner ein Moor im Vergleich zu seiner trockenen Umgebung ist. Neben der Feuchtgebietsgröße sind Faktoren wie trockene oder feuchte Umgebung und Windexposition von Bedeutung (vgl. SUCCOW & JOOSTEN 2001). In der Formel nach ROMANOV, die in Kapitel 4.6.2 erläutert wird, sind diese Wirkungen über den Faktor C_A berücksichtigt.

Aufgrund der Größe und Lage des Thurbruchs und der regionalklimatischen Bedingungen mit der Nähe zur Ostsee, zum Stettiner Haff und zum Achterwasser sowie weiteren Gewässer- und Feuchtgebietsflächen ist im Untersuchungsgebiet von untergeordneten Auswirkungen des Oaseneffektes auszugehen. So ist nach SUCCOW & JOOSTEN (2001) die Wirkung der den Oaseneffekt bedingenden Advektion gering bzw. nicht vorhanden, wenn das Moor in eine feuchtere Umgebung eingebettet oder das Klima insgesamt feuchter (atlantischer) ist oder wenn das Moor von Windhindernissen (Bergen) umgeben ist.

Der Wäscheleineneffekt tritt bei flächenmäßig kleinen Vegetationseinheiten auf, deren Höhe sich wesentlich von der Vegetationshöhe der Umgebung abhebt. Er beruht auf der Rauigkeitserhöhung an der Einzelvegetation. Im Untersuchungsgebiet kann er beispielsweise an Baumreihen oder kleinflächigen Gehölzbeständen innerhalb der Grünlandflächen auftreten.

Tritt ein Wäscheleineneffekt auf, erhöht sich die Evapotranspiration der Einzelvegetation im Vergleich zur Grasreferenzverdunstung, nach ALLEN et al. (1998, in FRAHM 2007) um einen maximalen k_c -Faktor von 1,2 bis 1,4. Nach TANNER (1957, in GARDENER et al. 1999) kann die Verdunstung der Einzelvegetation um bis zum Doppelten über der Verdunstung der umgebenden Vegetation liegen. Auch FRAHM (2007) bestätigt das Auftreten des Wäscheleineneffektes nach Untersuchungen in einem nordostdeutschen Flusstalmoor (Warnowmoorwiesen).

Auch im Thurbruch ist an entsprechenden Vegetationsbeständen von einem solchen Effekt bei entsprechenden Rahmenbedingungen auszugehen. Er ist jedoch mit vielen Berechnungsmethoden (auch dem Modell nach PENMAN-MONTEITH) nicht nachweisbar. Aufgrund der Kleinflächigkeit der Vegetationsbestände im Vergleich zum Gesamtgebiet sind die erhöhten Verdunstungsraten hinsichtlich der Wasserhaushaltsbilanz für das gesamte Gebiet nicht relevant.

Im Rahmen der Szenarienbetrachtung kommt neben dem BAGLUVA-Verfahren zusätzlich die Verdunstungsberechnung nach ROMANOV (1961) zum Einsatz, da im Rahmen dieses Berechnungsansatzes die Auswirkungen differenzierter flurnaher Grundwasserstände Berücksichtigung finden. Diese Methode wird in Kapitel 4.6.2 genauer erläutert.

4.6.2 Szenarien

In den Szenarien ist eine Wiedervernässung mit einem Minimumwasserstand von 20 cm unter Flur in unterschiedlicher räumlicher Ausdehnung vorgesehen. Hierfür wurden drei Szenarien für das hydrologische Sommerhalbjahr entwickelt (vgl. Kapitel 4.5.1.2). Das Szenario 2.1 basiert auf einem Wasserspiegel von + 0,18 m im Sommerhalbjahr bei Ausspiegelung mit dem Gothensee. In diesem Szenario sind etwa 5 km² überstaut, auf 3,86 km² treten Flurabstände von 0,2 m bis 0 m auf.

Das Szenario 2.2 beinhaltet eine Aufhöhung des Wasserspiegels um 0,11 m in den Poldern Kachlin, Labömitz und Korswandt auf im Mittel + 0,29 m NN. Diese Variante ist als Vorzugsvariante zu betrachten, da hier die größten Flächenanteile die vorgegebenen Wasserstände

von 0,2 m unter Flur bis 0,3 m über Flur aufweisen und ausreichend Wasser zur Realisierung dieses Szenarios zur Verfügung steht. Der Wasserspiegel entspricht dem ganzjährig angestrebten Wasserstand im Gothensee und ist auch aus dieser Sicht realisierbar.

Daher wird auf dieses Szenario im Rahmen der folgenden Betrachtungen detaillierter eingegangen. Gegenüber den Darstellungen in Kapitel 4.5.1.2 ergeben sich geringfügige Differenzen hinsichtlich der Flächengrößen, da zusätzlich zu den Poldern Kachlin, Labömitz und Korswandt auch potenzielle mittelbare Auswirkungen der Wiedervernässung auf nördlich gelegene Flächen zwischen der K 41 und dem Gothensee berücksichtigt werden. Die Wiedervernässung kann hier ebenfalls zu einer Erhöhung der Wasserstände führen.

Im Szenario sind bei mittleren sommerlichen Wasserständen 6,5 km² überstaut (zuzüglich der Gewässerflächen von Kachliner See und Gothensee), der überwiegende Teil davon ≤ 0,30 m. Auf 3,51 km² treten Flurabstände zwischen 0,2 m unter Flur bis Geländeoberkante auf. Auf 4,13 km² liegen die Flurabstände zwischen 0,2 und 0,8 m, auf den restlichen Flächen darüber.

Das Szenario 2.3 beinhaltet eine Anhebung des Wasserspiegels um weitere 0,11 m in den Poldern auf + 0,40 m NN. Dies führt zu einer Vergrößerung der überfluteten Flächen, Überflutungsbereiche mit mehr als 0,30 m Tiefe verdoppeln sich auf 3,2 km². Überflutet sind hier insgesamt ca. 8,9 km² des Thurbruches.

Modellierung von Verdunstungswerten nach dem BAGLUVA-Verfahren und der ROMANOV-Formel

Für flurnahe Grundwasserstände liegen die Verdunstungsraten nach BAGROV-GLUGLA nahe der jeweiligen maximalen Verdunstung, die auf Grundlage der Grasreferenzverdunstung ermittelt wird und abhängig von der jeweiligen Bestandshöhe bzw. bei Gehölzflächen vom Umtriebsalter ist. Damit ist die prognostizierte Verdunstung der Szenarien in starkem Maße von der Vegetationsentwicklung und zukünftigen Nutzung der Flächen abhängig.

Hinsichtlich der nFK werden die gleichen Werte wie für die Bestandsermittlung herangezogen. In Tabelle 29 sind die Werte bei einer nFK von 15 Vol% dargestellt.

In Abhängigkeit der Wasserstände aber auch der zukünftigen Nutzung wird sich voraussichtlich ein Mosaik verschiedener Vegetationseinheiten einstellen, das sich auch zeitlich verändern wird. Im Folgenden wird daher für ausgewählte Landnutzungsarten / Vegetationstypen die potenzielle Verdunstung für flurwassernehe Grundwasserstände nach dem BAGLUVA-Verfahren berechnet, um die möglichen Spannbreiten der Verdunstungsraten zu verdeutlichen.

Soweit möglich wird sich hierbei an den Landnutzungsarten der CORINE-Daten orientiert, da hierfür die Zuordnung erforderlicher Berechnungsparameter in der Methodik standardisiert ist. Gesondert werden Röhrichte und Riede, unter Berücksichtigung der größeren Vegetationshöhen, aufgeführt.

Tabelle 29: Jährliche Verdunstungsraten nach dem BAGLUVA-Verfahren für verschiedene Landnutzungsarten / Vegetationsbestände bei flurnahen Grundwasserständen

Landnutzungsart Nr.	Landnutzungsart / Vegetation	Pflanzenhöhe bzw. Umtriebsalter	maximale jährliche Evapotranspiration
4.1.2	Torfmoor	20 cm	547 mm
o. Nr.	Röhrichte / Riede	70 cm	627 mm
o. Nr.	Röhrichte / Riede	150 cm	718 mm
3.1.1	Laubwald	140 Jahre	664 mm
o. Nr.	Laubwald	50 Jahre	613 mm

Auf die Auswirkungen der Vegetation und Landnutzung auf die Verdunstung wird unten noch detaillierter eingegangen.

Die in Tabelle 29 dargestellten Werte gelten für alle grundwassernahen Standorte, auf denen ein kapillarer Aufstieg > 5 mm/d in den effektiven Wurzelraum erfolgen kann.

Für die Ermittlung der Verdunstungsänderungen bei unterschiedlichen Grundwasserflurabständen im flurnahen Bereich liefert die Methode nach BAGROV-GLUGLA jedoch zu wenig differenzierte Ergebnisse.

Daher wird für die Verdunstungsberechnung im Rahmen der Wiedervernässungsszenarien zusätzlich auf die ROMANOV-Formel (ROMANOV 1961 in SUCCOW & JOOSTEN 2001) zurückgegriffen, die die Auswirkungen verschiedener flurnaher Grundwasserstände auf die Verdunstung berücksichtigt.

$$ET = \alpha \cdot RN + C_A$$

- RN = Strahlungsbilanz der Mooroberfläche
- C_A = durch Advektion erzeugter Verdunstungsanteil
- α = ökotop- und wasserstandsabhängige spezifische Verdunstung

Von verschiedenen Autoren wurde bei festem Moorwasserstand immer eine lineare Abhängigkeit der Moorverdunstung ET von der Strahlungsbilanz RN, entsprechend oben dargestellter Gleichung, festgestellt (vgl. SUCCOW & JOOSTEN 2001).

Die Strahlungsbilanz RN ergibt sich dabei aus der Differenz der kurzwelligen Einstrahlungsbilanz R_K und der langwelligen Ausstrahlungsbilanz R_L. Sie variiert durch unterschiedliche Reflexions- und Emissionseigenschaften für verschiedene Oberflächen und Vegetationsbestände.

Im Zentrum ausgedehnter Moore bzw. nach genügend langer Windwirklänge vom Moorrand aus ist der advective Anteil C_A immer Null (ROMANOV 1961 in SUCCOW & JOOSTEN 2001). Daher wird im Folgenden die für diese Standorte vereinfachte Gleichung

$$ET = \alpha \cdot RN$$

verwendet. Weitere Ausführungen zu Advektionswirkungen erfolgten bereits in Kapitel 4.6.1.

Nach der Beziehung von Romanow nimmt bei Niedermooren die spezifische Verdunstung linear mit der Wassertiefe ab. In Regenmooren (sphagnengeprägten Moorökotopen) nimmt die spezifische Verdunstung dagegen sprunghaft ab, wenn der Wasserstand unter 25 (40) cm, bezogen auf die Untergrenze der lebenden Sphagnenteile, absinkt. Dies verdeutlicht auch die folgende Abbildung.

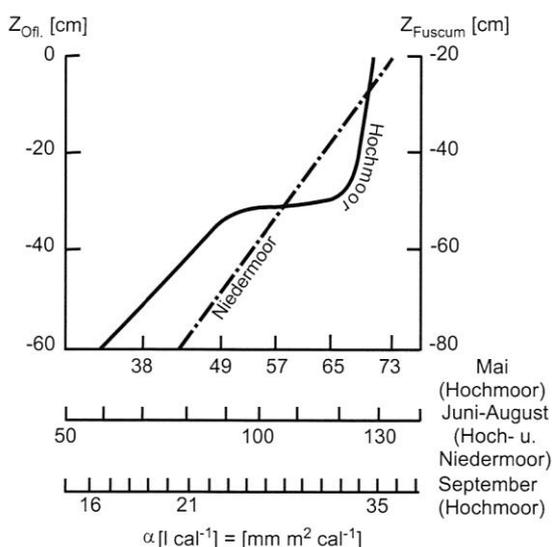


Abbildung 6: Abhängigkeit der spezifischen Verdunstung α vom Moorwasserstand für natürliches Regenmoor (Spagnum-Zwergstrauch-Ökotop) und Niedermoor (Braunmoos-Seggenried) (nach ROMANOV 1961, 1962 und KALJUŽNYJ et al. 1988 in SUCCOW & JOOSTEN 2001); Z_{Ofl} – Wasserstand unter der Geländeoberfläche, Z_{Fuscum} – Wasserstand unter Sphagnum fuscum - Bulten

Danach lassen sich über den Faktor α sowie die Strahlungsbilanzen unterschiedlicher Landnutzungen grundwasserstandsabhängige Verdunstungsraten im Untersuchungsgebiet ermitteln.

Die Ergebnisse sind für die vorrangig vorkommenden Niedermoorflächen für Grundwasserflurabstände zwischen 30 cm und 0 cm in Abbildung 7 dargestellt. Die Regenmoorflächen südlich des Gothensees wurden weitgehend ausgetorft und sind zwischenzeitlich überwiegend bewaldet, so dass für diese Flächen keine gesonderte Verdunstungsermittlung für sphagnengeprägte Moorökotope erfolgt.

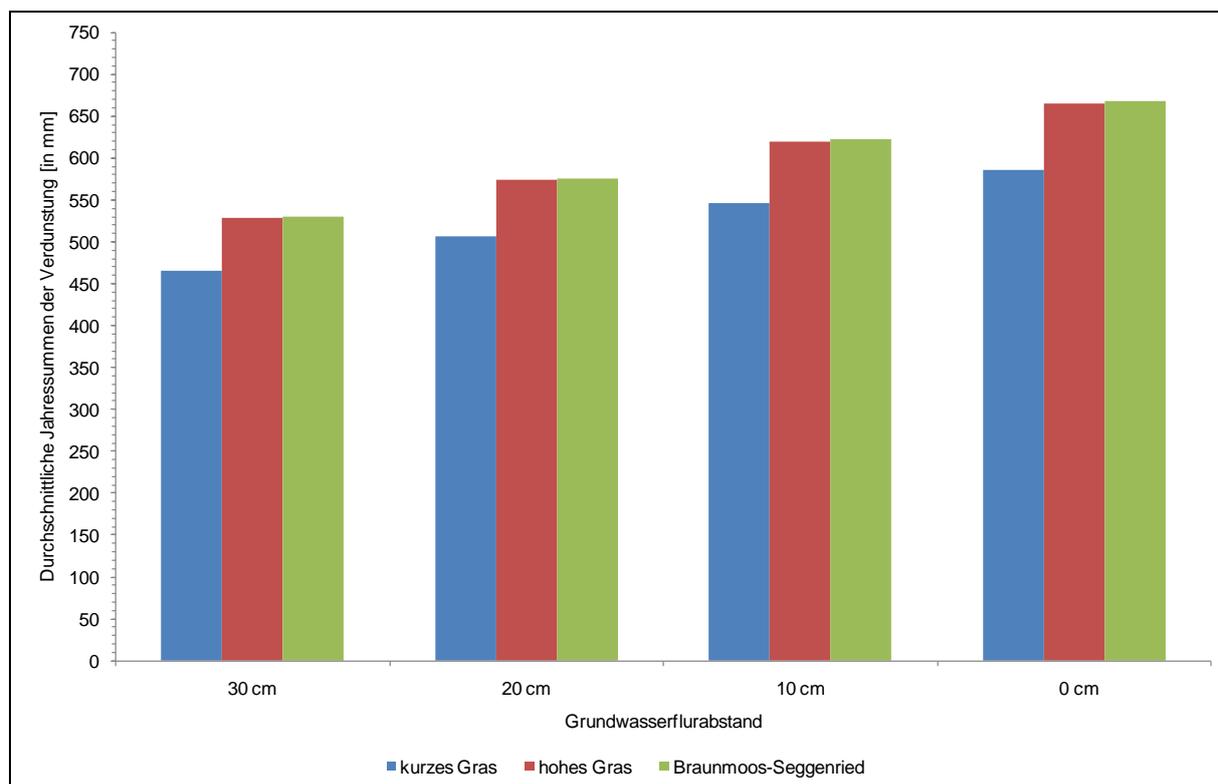


Abbildung 7: Grundwasserstands- und vegetationsabhängige Jahressummen der Verdunstung auf Niedermoorflächen nach der ROMANOV-Formel

Die Werte wurden für das hydrologische Sommerhalbjahr modelliert und auf ein mittleres Jahr hochgerechnet.

Die Werte für Torfmoor bzw. Grünland nach dem BAGLUVA-Verfahren entsprechen dabei etwa den Werten nach ROMANOV für die Verdunstung von Seggenrieden bzw. höheren Grasbeständen bei Grundwasserflurabständen von 30 cm. Entsprechend dem Ansatz der linearen Zunahme der Verdunstung mit der Verringerung des Grundwasserflurabstandes liegen die Werte nach ROMANOV für höhere Flurabstände unter und für geringere Flurabstände über diesen Werten.

Diskrepanzen ergeben sich zwischen den beiden Methoden bei Betrachtung größerer Grundwasserflurabstände, da hier die Berechnungen nach dem BAGLUVA-Verfahren etwas höhere Werte ergeben. So liegen die Werte nach BAGLUVA für 0,8 m Grundwasserflurabstand bei Ansatz stark degradierter Niedermooortorfe in etwa im Bereich der Werte nach ROMANOV für 0,4 m Grundwasserflurabstand. Dies ist auf die unterschiedlichen Eingangsparameter und Modellierungsansätze zurückzuführen. Für höhere Grundwasserflurabstände liefert die Methode nach ROMANOV keine adäquaten Ergebnisse, da sie für nasse Moore entwickelt wurde.

Nach der Formel von ROMANOV nimmt die Verdunstung von Seggenrieden auf Niedermoorstandorten linear mit der Verringerung des Grundwasserflurabstandes zu. Im Gegensatz dazu muss bei vielen Moorgehölzen, mit Ausnahme der Erle, bei steigendem Wasserstand in den durchwurzeln Bereich der Bäume mit Feuchtestress und damit verbunden mit einer abnehmenden Verdunstung (Baumtranspiration) gerechnet werden. Über diese Prozesszusammenhänge gibt es in Mitteleuropa bislang jedoch noch zu wenige Daten (LFULG 2011). Im BAGLUVA-Verfahren wird dieser Effekt über die Verringerung des Umtriebsalters unter Berücksichtigung des Feuchtestresses und der i. d. R. kleineren und lichtereren Bestände mit zunehmender Nässe berücksichtigt, obwohl dies physikalisch unbefriedigend ist.

Auch für krautige Pflanzen wurde eine durch Luftmangel induzierte Verringerung der Transpiration bei hohen Grundwasserständen nachgewiesen (vgl. SCHWÄRZEL 2000). Gleichzeitig führen die hohen Wassergehalte in der obersten Bodenschicht dazu, dass im Freiland trotz Pflanzenbedeckung Wasser direkt von der Bodenoberfläche verdunsten kann (Evaporation).

Einfluss der Vegetation auf die Verdunstung

Neben den klimatischen Rahmenbedingungen, den Grundwasserflurabständen und der Torfart haben in starkem Maße die Höhe und die Rauigkeit der sich entwickelnden Vegetation einen entscheidenden Einfluss auf die Verdunstung.

Daher ist für die Prognose der zukünftigen Verdunstung der einzelnen Szenarien auch die Vegetationsentwicklung bzw. die Art der zukünftigen Nutzung der Flächen von Bedeutung.

Im BAGLUVA-Verfahren wird dies insbesondere über die Bestandshöhe als Eingangsparameter, in der Methode nach ROMANOV über die unterschiedlichen Strahlungsbilanzen verschiedener Vegetationsbestände berücksichtigt.

Auf den Einfluss der Vegetation auf die Verdunstung wird auch von verschiedenen Autoren eingegangen.

So liegen nach EGGELSMANN (1981 und 1990) die jährlichen Verdunstungsraten von Weiden und Kleinseggenrieden auf Niedermooren in Norddeutschland (bei einem mittleren Jahresniederschlag von 750 mm) bei ca. 530 mm und für Wiesen bei ca. 550 mm. Für Großseggenriede steigt sie dagegen unter gleichen Randbedingungen deutlich auf durchschnittlich ca. 660 mm und bei Vorkommen von Erlenwald sogar auf ca. 690 mm an (vgl. Abbildung 8).

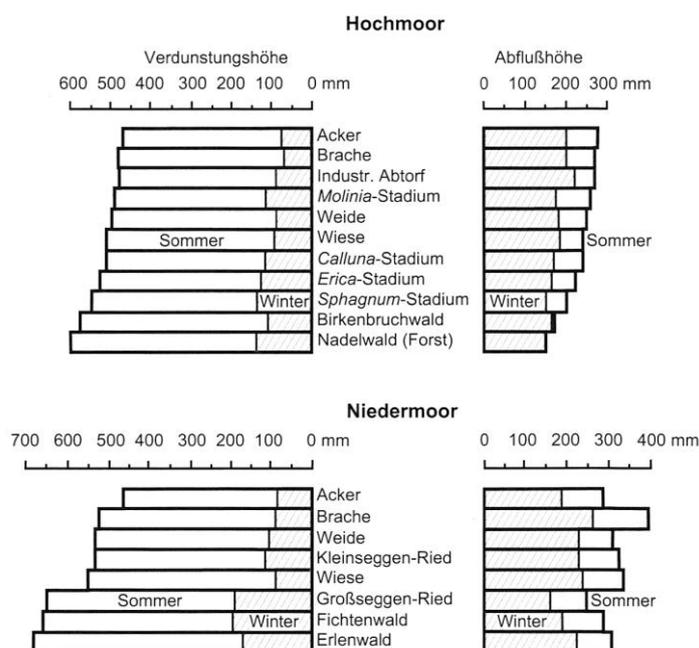


Abbildung 8: Jahres- und Halbjahreswerte der Verdunstungs- und Abflusshöhen für Moorvegetationstypen Nordwestdeutschlands bei einem mittleren Jahresniederschlag von 750 mm (nach EGGELSMANN 1990)

Diese vegetationsspezifischen Verdunstungsunterschiede werden in verschiedenen Verfahren über den Bestandskoeffizienten k_c berücksichtigt, mit dessen Hilfe aus der Grasreferenzverdunstung die potenzielle Verdunstung anderer Pflanzenbestände ermittelt wird.

Dieser liegt im hydrologischen Sommerhalbjahr für Mähweide beispielsweise zwischen 1,0 und 1,1 (DVWK 1996). Für Rohrglanzgras auf Niedermoorstandorten ermittelte SCHWÄRZEL (2000) in Abhängigkeit des Monats Bestandskoeffizienten zwischen 1,4 und 1,9, die Bestandsverdunstung liegt also um 40% bis 90% über der Grasreferenzverdunstung. Im August wurden beispielsweise maximale tägliche Verdunstungsraten von Rohrglanzgras von etwa 7 mm ermittelt.

Für Schilf lagen nach Untersuchungen von FRAHM (2007) die Verdunstungsraten für den Monat September bei Anwendung von zwei unterschiedlichen Modellen um das 1,36- bzw. 1,41-fache über der Grasreferenzverdunstung.

Sehr hohe Verdunstungsraten wurden nach FRAHM (2007) auch für Weidenbestände (*Salix spec.*) auf Niedermoorstandorten ermittelt. Maximale Verdunstungsraten lagen hier bei 7,6 mm/d und für den Monat September um das 1,48- bis 2,07fache über der Grasreferenzverdunstung.

Vor allem Phreatophyten, zu denen auch die Weide zählt, können aufgrund ihrer starken Verdunstungsleistung zur lokalen Absenkung des Grundwassers (Ausbildung eines lokalen Grundwassertrichters) führen. Nach Messungen von FRAHM (2007) lag dieser im Maximum bei 0,20 m auf einer Distanz von 10 m (außerhalb der Weide bis zur zentralen Sprossachsengruppe). Unter Schilf wurde dieses Phänomen nicht beobachtet. Hinsichtlich der hohen Verdunstungsraten der Weide spielte auch der oben beschriebene clothline effect eine Rolle.

Die Darstellungen zeigen, dass die Verdunstungsraten artspezifisch sind und dass durch gut wasserversorgte und höherwüchsige oder auch besser strahlungsabsorbierende Moorpflanzenbestände die Grasreferenzverdunstung zeitweilig bzw. ständig übertroffen werden kann. Die zukünftige Nutzung und damit verbundene Vegetationsentwicklung im Thurbruch hat damit auch einen nicht unerheblichen Einfluss auf die lokale Verdunstung, in Abhängigkeit davon, ob (Teil-)flächen mit ausreichenden Flurabständen beispielsweise weiterhin als Grünland genutzt werden, Schilf gezielt angebaut wird, Erlenbestände angepflanzt oder auch (Teil-)flächen der freien Entwicklung überlassen werden.

Dieser Aspekt kann im Rahmen der Berechnungen für die Szenarien nur ansatzweise berücksichtigt werden, da keine Prognosen hinsichtlich der künftigen Landnutzung im Thurbruch vorliegen.

Gebietsverdunstung der Szenarien und Gegenüberstellung zum Ist-Zustand

Hinsichtlich der Betrachtung der Verdunstungsentwicklung im Rahmen der Szenarien sind, wie die dargestellten Ausführungen zeigen, sowohl die jeweiligen Wasserstände als auch die sich entwickelnde Vegetation von Bedeutung.

Zur Ermittlung der überschlägigen potenziellen Gebietsverdunstung werden unterschiedlichen Grundwasserständen und Vegetationsbeständen unter Bezug auf die beiden angewandten Methoden gemittelte Verdunstungswerte zugewiesen.

Tabelle 30: Mittlere Verdunstungswerte für verschiedene Vegetationsbestände und Grundwasserflurabstände für die Szenarien

Landnutzung / Vegetation	mittlerer sommerlicher Grundwasserflurabstand	mittlere jährliche Verdunstung für die Szenarien
Röhrichte / Riede 0,7 m	0 bis 0,3 m überstaut	668 mm
Grünland / Riede	0 bis 0,2 m	621 mm
Grünland	0,2 bis 0,5 m	575 mm
	0,5 bis 0,8 m	525 mm
	0,8 bis 1,0 m	486 mm
	1,0 bis 1,2 m	408 mm
	> 1,2 m	382 mm
Laubwald, Umtriebsalter 50 Jahre	0 bis 0,5 m	613 mm
Acker	≤ 1,50 m	440 mm
Gewässer	–	677 mm

Gegenüber der aktuellen Verdunstung von durchschnittlich 486 bis 522 mm/a, auf höher gelegenen Flächen mit größeren Flurabständen auch etwas darunter, wird sich damit die Verdunstung im Rahmen der Wiedervernässungsszenarien deutlich erhöhen. Der genaue Umfang ist dabei jedoch neben den sommerlichen Wasserständen von der Vegetationsentwicklung und Landnutzung abhängig. Daher können im Folgenden nur überschlägige Werte für die Verdunstung unter Annahme bestimmter Vegetationsbestände im Rahmen der Szenarien gegeben werden.

Gegenüber einer aktuellen Gebietsverdunstung für das Thurbruch einschließlich des Gothensees von 12.694.000 m³/Jahr (bei Ansatz der o. g. Werte) kann sich die jährliche Verdunstung im Szenario 2.2 auf ca. 14.223.000 m³/Jahr erhöhen. Dies entspricht einer prozentualen Erhöhung von 12%, bzw. bei ausschließlicher Betrachtung des Thurbruchs ohne Gothensee von 17%. Im Szenario 2.1 liegt die Gebietsverdunstung etwas unter, im Szenario 2.3 etwas über diesem Wert.

Unter Anwendung der Verdunstungswerte für das Szenario 2.2 würde sich der Gesamtabfluss gemäß Darstellungen in Kapitel 3.6.2 verringern, es würde jedoch weiterhin ein deutlich positiver Gesamtabfluss von > 15.000 m³/d, bezogen auf das gesamte Einzugsgebiet, verbleiben.

Die höchsten Verdunstungswerte sind bei einem großflächigen Anbau / der Entwicklung verdunstungsstarker Vegetation wie Schilf, Rohrglanzgras, Erlen oder Weiden auf hierfür geeigneten Standorten zu erwarten.

Der Gesamtabfluss wäre deutlich geringer, aber weiterhin positiv.

Vergleich der Verdunstungswerte mit anderen Untersuchungen

Vereinzelt wurde in o. g. Ausführungen bereits auf Verdunstungsberechnungen bzw. -messungen anderer Autoren, insbesondere hinsichtlich unterschiedlicher Vegetationsbestände eingegangen.

Daneben wurden von verschiedenen Autoren auch grundwasserstandsabhängige Verdunstungsraten auf Niedermoorstandorten für unterschiedliche Grundwasserflurabstände im flurnahen Bereich ermittelt. Eine kurze diesbezügliche Zusammenstellung erfolgt in Tabelle 31.

Tabelle 31: Grundwasserstandsabhängige Verdunstungsraten von Niedermoorstandorten in Ostdeutschland nach Ermittlungen verschiedener Autoren

Bodentyp	Vegetation	jährliche Evapotranspiration bei folgenden Grundwasserständen			Quelle
		30 cm	50 cm	60 cm	
Erd-Niedermoor	Rohrglanzgras	ca. 830 mm *	ca. 915 mm *		SCHWÄRZEL (2000)
Mulm-Niedermoor	Rohrglanzgras	ca. 975 mm *	ca. 925 mm *		SCHWÄRZEL (2000)
Erd-Niedermoor	Gras	ca. 550 bis 740 mm	ca. 580 bis 705 mm	ca. 560 bis 660 mm	MUNDEL (1982)
Erdfen (Moormächtigkeit > 4 dm)	k. A.	720 mm		650 mm	RENGER et al. (2000 und 2002)
Erdfen (Moormächtigkeit < 4 dm)	k. A.	710 mm		670 mm	RENGER et al. (2000 und 2002)
Mulmfen (Moormächtigkeit > 4 dm)	k. A.	700 mm		610 mm	RENGER et al. (2002)
Mulmfen (Moormächtigkeit < 4 dm)	k. A.	690 mm		620 mm	RENGER et al. (2002)

* Die Werte wurden z. T. aus den angegebenen Zeitspannen auf die Jahresverdunstung hochgerechnet.

Die Angaben von RENGGER et al. und SCHWÄRZEL beziehen sich dabei auf das Rhinluch in Brandenburg. BÖHM (2001) ermittelte in seiner Dissertation zur realen Evaporation von Niedermoorgebieten mit dem PENMAN-MONTEITH-Ansatz sogar Verdunstungswerte für das Rhinluch von > 1.000 mm/a.

Die Darstellungen verdeutlichen überwiegend die grundwasserstandsabhängige Verdunstung auf Niedermoorstandorten, d. h. die Zunahme der Verdunstung mit Verringerung der Flurabstände. Eine Ausnahme stellen lediglich Verdunstungsermittlungen auf Erd-Niedermoor im Bereich von Flurabständen zwischen 50 und 30 cm dar, wo es z. T. auch zu Verdunstungsabnahmen mit Verringerung der Flurabstände (nach MUNDEL nur unter verdunstungsschwachen Bedingungen) kam.

Für das subkontinentale Grenztaalmoor / Vorpommern wurden gemäß Darstellung in SUCCOW & JOOSTEN (2001) für Kleinseggenrieder langjährige Moorverdunstungsspektren von 510 - 590 mm/a errechnet. Für Schleswig-Holstein, im mehr atlantischen Klima, liegen die Werte nach GÖTTLICH (1980) etwas enger zusammen bei 520 - 550 mm/a. Auch gemäß DVWK-248 (1998) führen ganzjährig hohe Wasserstände je nach Vegetationszusammensetzung im Schnitt zu jährlichen Verdunstungshöhen in diesem Bereich von 500 - 570 mm.

Diese Angaben verdeutlichen die großen Spannbreiten der Verdunstungsermittlung über Niedermooren, auch innerhalb ein- und derselben Region (z. B. Rhinluch) bei Anwendung unterschiedlicher Modelle.

Die für das Thurbruch modellierten Werte fügen sich gut im unteren bis mittleren Bereich der oben dargestellten Verdunstungsermittlungen, auch unter Berücksichtigung der differenzier-ten klimatischen Bedingungen, ein.

Auswirkungen der Wiedervernässung auf die Temperatur (Verdunstungskühlung)

Wie die Darstellungen zeigen, fördern wiedervernässte Moore den Verdunstungs-, wie auch den Taubildungszyklus. Die höheren Wasserstände führen zu einem ausgeglicheneren Geländeklima mit geringeren Temperaturmaxima in den Tagstunden und höheren Minimumwerten in den Nachtstunden.

Die Differenz der Temperaturen wird dabei hauptsächlich durch die Änderung des Bodenwärmestroms verursacht.

Zur Modellierung von Werten der Verdunstungskühlung wird im Folgenden auf die Methodologie nach SUCCOW et al. (2013) unter Verwendung der Energiebilanzgleichung zurückgegriffen. Die Strahlungsbilanz setzt sich danach aus der Summe der Verdunstung (L.E), des fühlbaren Wärmestroms (H) und dem Bodenwärmestroms (G) zusammen.

$$R_n = H + L.E + G$$

Bei Wasserbilanz- und Energiebilanzbetrachtungen über längere Zeitspannen wird der Bodenwärmestrom vernachlässigbar klein, so dass sich das Jahresmittel des fühlbaren Wärmestroms als Restglied aus den Größen Strahlungsbilanz und Verdunstung ergibt.

$$H = R_n - L.E$$

Durch die Bildung der Differenz des fühlbaren Wärmestroms H_0 vor der Wiedervernässung und H nach der Wiedervernässung wird die Kühlleistung ermittelt, welche durch die Wiedervernässung erreicht wird (SUCCOW et al. 2013).

Je kleiner der fühlbare Wärmestrom H (bzw. das Restglied H + G) ist, desto geringer ist die Erwärmung der bodennahen Luftschichten und desto größer ist die Kühlung der unteren Atmosphäre.

In der folgenden Tabelle wird die Verdunstungskühlung für das Szenario 2.2 ermittelt. Dabei werden bestimmten Grundwasserständen bestimmte Vegetationsbestände zugeordnet. Abweichungen hiervon können sich durch andere Landnutzungen oder gezielte Anbau- und Pflegemaßnahmen ergeben, die sich auf die Vegetationsentwicklung und damit auf die Strahlungsbilanz, die Verdunstung und somit die Verdunstungskühlung auswirken.

Die Gewässerflächen des Gothensees und Kachliner Sees gemäß Bestandsgröße werden in Tabelle 32 nicht mit betrachtet, da sich hierfür keine Änderungen ergeben.

Tabelle 32: Änderung des Restgliedes (H + G) der Energiebilanz für das Wiedervernässungsszenario 2.2

Bestand	Fläche	flächen- bezogener H + G in kW	Szenario 2.2	Fläche	flächen- bezogener H + G in kW
Grünland Grundwasserflur- abstand > 1,2 m	1,00 km ²	25.408	Grünland Grundwasserflur- abstand > 1,2 m	1,00 km ²	25.408
Grünland Grundwasserflur- abstand 1,0 - 1,2 m	0,50 km ²	11.697	Grünland Grundwasserflur- abstand 1,0 - 1,2 m	0,49 km ²	11.463
Grünland Grundwasserflur- abstand 0,8 - 1,0 m	3,48 km ²	60.385	Grünland Grundwasserflur- abstand 0,8 - 1,0 m	0,64 km ²	11.105
Grünland Grundwasserflur- abstand 0,6 - 0,8 m	10,73 km ²	156.265	Grünland Grundwasserflur- abstand 0,5 - 0,8 m	1,31 km ²	18.774
			Grünland Grundwasserflurab- stand - 0,5 bis - 0,2 m	2,35 km ²	24.576
			Grünland / Riede Grundwasserflur- abstand - 0,2 bis + 0 m	3,48 km ²	37.552
			Röhrichte / Riede über- staut / Wasserflächen	6,50 km ²	64.804

Bestand	Fläche	flächen- bezogener H + G in kW	Szenario 2.2	Fläche	flächen- bezogener H + G in kW
Acker Grundwasserflur- abstand > 1,5 m	0,12 km ²	2.372	Acker Grundwasserflur- abstand > 1,5 m	0,12 km ²	2.372
Wald Grundwasserflur- abstand 0,6 m	0,56 km ²	3.774	Wald Grundwasserflur- abstand 0 - 0,5 m	0,50 km ²	3.757
Summe	16,39 km²	259.901	Summe	16,39 km²	199.811

Für das Thurbruch steht durch die mit der Vernässung verbundene erhöhte Verdunstung weniger Energie zur Erwärmung der bodennahen Luftschichten zur Verfügung.

Im Szenario 2.2 liegt der mittlere Kühlungseffekt bei 3,67 W/m². Den stärksten Kühleffekt weisen dabei Wasserflächen und verdunstungsstarke Röhrichtbestände gegenüber den aktuell entwässerten Grünlandflächen auf. Bezogen auf die Gesamtfläche des Thurbruchs umfasst die ermittelte Verdunstungskühlung eine Leistung von 60.090 kW.

Dieser Kühleffekt würde sich im Szenario 2.1 etwas verringern bzw. im Szenario 2.3 etwas erhöhen.

Der fühlbare Effekt ist allerdings räumlich sehr begrenzt und auf die Moorflächen einschließlich der unmittelbaren Umgebung beschränkt.

Es handelt sich bei dem angewendeten Modell um einen vereinfachten Ansatz zur vergleichbaren Quantifizierung der Verdunstungskühlung bzw. Kühlungsenergie. Zur zusätzlichen Berücksichtigung komplexer klimatischer Prozesse einschließlich lokaler und regionaler Rückkopplungen sind komplexe mesoklimatische Modelle mit hochaufgelösten Eingangsdaten erforderlich, die i. d. R. für unbeobachtete Gebiete nicht vorliegen.

So wurden beispielsweise von SOLANTIE et al. (1999) mithilfe des numerischen Wettervorhersagemodells HIRLAM verschiedene Simulationen für trockene und nasse Moorstandorte durchgeführt, um die Bedeutung sich ändernder Boden- und Oberflächeneigenschaften für die bodennahen Temperaturen herauszustellen.

Tagsüber waren danach für August die ermittelten Höchstwerte für das trockene Szenario um ca. 3°C in 2 m Höhe und um 5°C an der Bodenoberfläche höher als im nassen Szenario. Die Differenz stand in Verbindung mit dem erhöhten fühlbaren Wärmestrom von der trockenen Oberfläche in die Luft zur Kompensation des verringerten Wärmestroms in den Boden. Der latente Wärmestrom war im nassen Szenario tagsüber deutlich größer als im trockenen Szenario, da die Verdunstung von der nassen Oberfläche deutlich größer war als von der trockenen.

Daneben wurde von SOLANTIE et al. (1999) nachgewiesen, dass die Entwässerung von Feuchtgebieten zu einer Absenkung der nächtlichen Minimumtemperaturen führt – für eine betrachtete Modellregion in Westfinland sogar um 10°C in einer klaren Augustnacht.

Die Differenz der Temperaturen geht dabei hauptsächlich auf die Änderung des Bodenwärmestroms zurück. Entwässertes, trockener Torf ist ein guter Wärmeisolierer und vermeidet weitgehend einen Wärmefluss von tieferen Bodenschichten in die Atmosphäre. Langwellige Ausstrahlung kühlt die Mooregebiete und wenn kein kompensierender Wärmefluss vom Boden kommt, fällt die Minimum-Temperatur. Im Gegensatz dazu wird in naturnahen bzw. wiedervernässten Mooren die Abkühlung der Oberfläche zu einem großen Teil durch den Bodenwärmestrom ausgeglichen.

Nach Untersuchungen verschiedener Autoren senkt die Entwässerung von Mooren die nächtlichen Minimumtemperaturen an der Oberfläche bzw. auf Höhe der Vegetation von Mai

bis September um 0,1°C bis 1,4°C in Abhängigkeit vom Monat, der Höhe der Temperaturmessung und dem Anteil entwässerter Moore im Gebiet.

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass sich infolge der Entwässerung die Temperaturextreme erhöht haben und höhere Wasserstände wieder zu einem ausgeglicheneren Lokalklima mit geringeren Tagesmaxima und höheren nächtlichen Minima beitragen. Auch im Winter können durch die Wiedervernässung die Flächen in geringerem Umfang abkühlen.

Für das Thurbruch liegt nach Anwendung der Methodologie nach JOOSTEN et al. (2013) unter Anwendung eigener Werte für das Szenario 2.2 der mittlere Kühlungseffekt infolge der erhöhten Verdunstung bei 3,67 W/m².

Zusammenfassung und Fazit

Die Verdunstung wird sich im Rahmen der Wiedervernässungsszenarien infolge der höheren Wasserstände, des gegenüber dem Ist-Zustand erhöhten kapillaren Aufstiegs bzw. der anteilig sogar erfolgenden Überstauung von Teilflächen deutlich erhöhen.

Die jeweiligen Verdunstungsraten sind dabei neben den Wasserständen und anderen Faktoren von der zukünftigen Landnutzung und der Art, Höhe und Rauigkeit der sich etablierenden bzw. eingebrachten Vegetation abhängig.

Zur Modellierung der aktuellen und prognostizierten Verdunstungsraten kamen die Verfahren nach BAGROV-GLUGLA und ROMANOV sowie für die Gewässerverdunstung nach DALTON und für die Gras-Referenzverdunstung nach WENDLING zum Einsatz.

Die Anwendung verschiedener Berechnungsansätze und die damit verbundenen Ungenauigkeiten sind bei der Gegenüberstellung der einzelnen Werte zu berücksichtigen.

Gleichzeitig können durch die Anwendung verschiedener Methoden die ermittelten Werte überprüft werden.

Für den aktuellen Zustand wurde nach BAGROV-GLUGLA eine Verdunstung für das Thurbruch einschließlich des Gothensees von ca. 12.694.000 m³/Jahr ermittelt. Im Rahmen des Szenarios 2.2 erhöht sich diese Verdunstung bei einer Wiedervernässung auf ca. 14.223.000 m³/Jahr. Für das Szenario 2.1 liegt sie etwas unter, für das Szenario 2.3 etwas über diesem Wert. Bei einer großflächigen Entwicklung verdunstungsstarker Vegetationsbestände wie Schilf kann sie auch weiter ansteigen.

Unter Berücksichtigung der Darstellung in Kapitel 3.6.2 kommt es, bezogen auf das gesamte Einzugsgebiet, dennoch zu positiven, wenn auch verringerten Abflusswerten.

Dabei ist zu beachten, dass die Methoden zur Ermittlung langjähriger Jahresmittel- bzw. Monatsmittelwerte dienen und kurzfristige Grundwasserstandsschwankungen, wie beispielsweise infolge hochsommerlicher Trockenperioden, keine Berücksichtigung finden. Für die Berechnungen wurden einheitliche mittlere sommerliche Grundwasserflurabstände festgelegt.

Die Erhöhung der Verdunstung wird gleichzeitig zu einem ausgeglicheneren Geländeklima mit geringeren Temperaturmaxima in den Tagstunden und höheren Minimumwerten in den Nachtstunden führen. Für das o. g. Szenario ist die Wiedervernässung mit einem mittleren Kühlungseffekt von 3,67 W/m² verbunden.

4.7 Zukünftiges Wasserdargebot unter Berücksichtigung von Klimaszenarien und Auswirkungen auf die Wiedervernässungsszenarien

4.7.1 Darstellung der Klimaszenarien und Ableitung des zukünftigen Wasserdargebots

Das Klima wird von unterschiedlichen Einflussgrößen bestimmt. Von besonderer Bedeutung ist dabei auch die Konzentration der Treibhausgase. Sie steigt, hauptsächlich als Folge menschlicher Aktivitäten, immer weiter an. Wie sich das Klima in der Zukunft tatsächlich ändern wird, hängt somit in hohem Maße davon ab, wie sich die menschlichen Aktivitäten in der Zukunft auswirken werden.

In einem Sonderbericht des Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC, Zwischenstaatlicher Ausschuss für Klimaänderung) wurden 2001 sechs Emissionsszenarien („SRES-Szenarien“ nach „Special Report on Emissions Scenarios“) beschrieben, die Grundlage zahlreicher Klimamodellierungen sind. 2007 wurde der vierte und derzeit aktuelle Sachstandsbericht der IPCC vorgelegt, der auf vergangenen IPCC-Sachstandsberichten aufbaut und neuere Erkenntnisse aus der Forschung integriert.

Laut IPCC beschreibt kein Szenario eine erwartete zukünftige „zentrale Tendenz“. Minimale und maximale Werte des Szenarien-Ensembles beschreiben die mögliche Spannbreite zukünftiger Entwicklungen. Alle Daten innerhalb der Spannbreite sind gleich plausibel.

Ein aktualisierter Sachstandsbericht mit neuen RCP-Szenarien (Representative Concentration Pathways) wird für 2014 erwartet.

Auf der Grundlage der Emissionsszenarien SRES A2, B2, A1B und B1 des IPCC wurde von den Regionalen Klimabüros der Helmholtz-Gemeinschaft der Regionale Klimaatlas entwickelt und im Jahr 2010 veröffentlicht (MEINKE et al. 2010). Er basiert auf 12 regionalen Klimaprojektionen. Die Klimarechnungen wurden mit den Klimarechenmodellen COSMO-CLM, dem gemeinschaftlichen regionalen Klimarechenmodell von über 30 internationalen Forschungseinrichtungen, REMO, dem regionalen Klimarechenmodell des Max-Planck-Instituts für Meteorologie und RCAO dem regionalen Klimarechenmodell des Schwedischen Wetterdienstes durchgeführt.

Mögliche künftige Klimaänderungen werden im Regionalen Klimaatlas für jedes Bundesland und für ganz Deutschland für frei wählbare 30-Jahreszeiträume als Änderungen gegenüber den Mittelwerten von 1961 - 1990 in Form von Spannbreiten angegeben.

Im Folgenden wird auf die Klimarechnungen des Regionalen Klimaatlas für das Emissionsszenario A1B für das Bundesland Mecklenburg-Vorpommern zurückgegriffen unter zusätzlicher Berücksichtigung der Darstellungen des norddeutschen Klimaatlas für die Region Ostseeküste (basierend auf analogen Emissionsszenarien), des Deutschen Klimaatlas des Deutschen Wetterdienstes (basierend auf dem Emissionsszenario A1B) sowie der Studie „Folgen des Klimawandels in Mecklenburg-Vorpommern“ (MINISTERIUM FÜR WIRTSCHAFT, ARBEIT UND TOURISMUS MECKLENBURG-VORPOMMERN 2010).

Als Szenariozeitraum wird zum Einen die kurz- bis mittelfristige Spanne von 2021 bis 2050 gewählt. Zur Darstellung des längerfristigen Trends werden daneben auch die prognostizierten Daten für 2071 - 2100 aufgeführt. Für diesen Zeitraum liegen auch deutlichere Trends hinsichtlich der Niederschlagsentwicklung vor.

Tabelle 33: Mögliche Änderungen von Klimawerten im Vergleich zu aktuellen Mittelwerten (1961 - 1990) nach dem Regionalen Klimaatlas für die Region Mecklenburg-Vorpommern

Klimaparameter	Szenario 2021 bis 2050	Szenario 2071 bis 2100
Δ Temperatur im Jahresmittel	+ 0,5 bis + 1,6 °C	+ 2,1 bis + 4,8 °C
▪ Δ Temperatur im Frühling	+ 0,1 bis + 1,4 °C *	+ 1,4 bis + 4,6 °C
▪ Δ Temperatur im Sommer	+ 0,7 bis + 1,2 °C	+ 1,9 bis + 5,0 °C
▪ Δ Temperatur im Herbst	+ 0,8 bis + 1,5 °C	+ 2,3 bis + 4,6 °C
▪ Δ Temperatur im Winter	+ 0,7 bis + 2,2 °C	+ 1,9 bis + 4,8 °C
Δ Niederschlag im Jahresmittel	- 1% bis + 7% *	± 0% bis + 7%
▪ Δ Niederschlag im Frühling	- 5% bis + 13% *	± 0% bis + 18% *
▪ Δ Niederschlag im Sommer	- 8% bis + 5% *	- 5% bis - 38%
▪ Δ Niederschlag im Herbst	+ 1% bis + 13% *	- 2% bis + 20%*
▪ Δ Niederschlag im Winter	- 3% bis + 12% *	+ 11% bis + 37%
Δ relative Luftfeuchte im Jahresmittel	- 2% bis + 1%	- 1% bis + 1%
Δ mittlere Windgeschwindigkeit im Jahresmittel	- 1% bis + 5%	+ 1% bis + 4%
Δ Sonnenscheindauer im Jahresmittel	- 2% bis - 16%	- 12% bis - 29%

* In der Region Mecklenburg-Vorpommern überwiegen Gebiete, in denen nicht alle Klimarechnungen bezüglich der Änderung der durchschnittlichen Klimawerte übereinstimmen.

Die durchschnittlichen Temperaturen steigen in Mecklenburg-Vorpommern gemäß den Szenarien zwischen 2021 und 2050 um 0,5 bis 1,2 °C, bis zum Ende des 21. Jahrhunderts sogar um 2,1 bis 4,8 °C gegenüber dem Zeitraum 1961 bis 1990. Der Erwärmungstrend wird sich dabei auf alle Jahreszeiten auswirken, wobei insbesondere die Erwärmungen im Winter zu einer Verringerung der Frosttage (- 11 bis - 30 Tage), einer verlängerten Vegetationsperiode (+ 9 bis + 43 Tage) und vermehrtem Fall der Niederschläge in Form von Regen anstelle von Schnee bereits bis zur Mitte des 21. Jahrhunderts führen.

Die Ostseeküste könnte aufgrund der ausgleichenden Wirkung der Ostsee vom Temperaturanstieg weniger betroffen sein als das Binnenland. Für Usedom wird nach Klimamodellierungen mit WETTREG von einer durchschnittlichen Erhöhung der Jahrestemperatur von ca. 2,2 °C im A1B-Szenario für die Periode 2071 - 2100 ausgegangen (vgl. MINISTERIUM FÜR WIRTSCHAFT, ARBEIT UND TOURISMUS 2010; ROMBERG 2008). Dies entspricht etwa dem unteren Bereich der oben angegebenen Spannweite.

Während die Entwicklung der Sommerniederschläge bis zur Mitte des Jahrhunderts noch keine einheitliche Tendenz zeigt, weil einige Szenarien eine Zunahme, andere eine Abnahme zeigen, wird bis Ende des Jahrhunderts eine eindeutige Abnahme der Niederschläge im Sommer zwischen 5 und 38% sowie eine Zunahme der Niederschläge im Winter zwischen 11 und 37% prognostiziert.

Die Abnahme der Sommerniederschläge betrifft dabei die östlichen Landesteile stärker als die westlichen Landesteile. Gemäß Modellierung mit WETTREG (vgl. MINISTERIUM FÜR WIRTSCHAFT, ARBEIT UND TOURISMUS 2010 und UMWELTPLAN 2008) werden die durchschnittlichen Jahresniederschläge im Einzugsgebiet gegenüber den Darstellungen in Tabelle 33 um 6,67% - 13,3% für die Periode 2071 - 2100 (im Vergleich mit 1961 - 1990) abnehmen, dabei sinken die Sommerniederschläge (hier bezogen auf die Sommermonate Juni, Juli, August) um ca. 30 - 40% und die Winterniederschläge steigen um ca. 30%.

Auch die durchschnittlichen Windgeschwindigkeiten nehmen bis Ende des Jahrhunderts zu und die Winterstürme werden sich prognostisch verstärken. Mecklenburg-Vorpommern ist hiervon im bundesweiten Durchschnitt am stärksten betroffen, hier können sich die Stürme im Winter um bis zu 14% intensivieren.

Nach Aussagen des DEUTSCHEN WETTERDIENSTES (2012) sind die Auswirkungen der Klimaänderung auf die Globalstrahlung noch weitestgehend ungeklärt. Daher ist es derzeit kaum möglich, einen Trend für die weitere Entwicklung der Globalstrahlung anzugeben. Die Sonnenscheindauer nimmt tendenziell bis zur Mitte und auch bis zum Ende des Jahrhunderts deutlich ab. Von einigen Autoren (z. B. QARA-FALLAH 2008) wird in Verbindung damit auch von einer Verringerung der Globalstrahlung ausgegangen.

Daneben ist bei der Betrachtung der Auswirkungen von Klimaänderungen auf das Untersuchungsgebiet zu berücksichtigen, dass alle Klimaszenarien darauf hinweisen, dass der Meeresspiegel auch künftig weiter ansteigt. Bis Ende des 21. Jahrhunderts erwartet der IPCC einen Meeresspiegelanstieg von etwa zwei bis sechs Dezimetern. Außerdem können sich die Schmelzprozesse in den großen Eisschilden Grönlands und der Antarktis so verstärken, dass sie den globalen Meeresspiegel zusätzlich ansteigen lassen. Insgesamt ist dann bis zum Jahr 2100 ein Meeresspiegelanstieg von weltweit durchschnittlich zwei bis acht Dezimeter möglich.

Für die Ostsee wird ein Anstieg des Spiegels von 20 bis 30 cm für die o. g. Periode prognostiziert (MINISTERIUM FÜR WIRTSCHAFT, ARBEIT UND TOURISMUS MECKLENBURG-VORPOMMERN 2010).

Im folgenden Kapitel wird dargestellt, welche Auswirkungen die dargestellten Klimaszenarien auf den Wasserhaushalt der betrachteten Vernässungsszenarien haben können. In diesem Rahmen kann dabei nur eine überschlägige, tendenzielle Betrachtung, jedoch keine umfassende, komplexe Modellierung erfolgen.

4.7.2 Auswirkungen des Klimawandels auf die Wiedervernässungsszenarien

Die Generierung von „zukünftigen Wetterdaten“ durch Zu- oder Abschläge auf reale Wetterdaten der Vergangenheit entspricht nicht der gängigen meteorologischen Praxis, Wetterdaten mit Klimamodellen zu simulieren. Zum Vergleich möglicher Auswirkungen auf reale, bzw. prognostizierte Standortbedingungen wird dieser Ansatz jedoch, analog zu WATTENDORF et al. (2010) im Rahmen einer ähnlichen Fragestellung für sinnvoll erachtet, um aus den Klimaprojektionen konkrete Wasserhaushaltssituationen abzuleiten.

Nur unter Anpassung der Temperaturwerte bei gleichbleibender Globalstrahlung würde sich die Grasreferenzverdunstung für den Zeitraum 2021 bis 2050 auf 568 mm bis 579 mm/a, für den Zeitraum 2071 bis 2100 sogar auf ca. 585 mm (unterer Bereich der Spannweite gem. Regionalem Klimaatlas unter zusätzlicher Berücksichtigung der WETTREG-Daten) erhöhen. Für den Ist-Zustand liegt die Grasreferenzverdunstung bei 562 mm. Dies entspricht daher einer Zunahme von 6 - 17 mm für den Prognosezeitraum 2021 - 2050 bzw. von 23 mm für den Zeitraum 2071 - 2100.

Bei einer verringerten Globalstrahlung würden die Werte etwas geringer ausfallen. Zum Vergleich ermittelt QARA-FALLAH (2008) für ca. 50jährige Mess- bzw. Prognosezeiträume eine Zunahme der Jahressummen der Grasreferenzverdunstung an der Station Greifswald für den Zeitraum 2004 - 2055 gegenüber 1951 - 2003 von 13 mm.

In Feuchtgebieten und auf Standorten mit hohen Grundwasserständen wie im Thurbruch wird sich damit auch die tatsächliche Verdunstung erhöhen. Auch die Gewässerverdunstung nimmt zu.

Auf grundwasserfernen Standorten in der Umgebung des Thurbruchs können sich dagegen die reduzierten Sommerniederschläge limitierend auf die tatsächliche Verdunstung auswirken. Nach dem MINISTERIUM FÜR WIRTSCHAFT, ARBEIT UND TOURISMUS MECKLENBURG-VORPOMMERN (2010) ist hier von einer Zunahme der Verdunstung im Winter (die absolut betrachtet jedoch wenig bedeutsam ist), von einer spürbaren Zunahme im zeitigen Frühjahr sowie von einer Abnahme der Verdunstung im Sommer und Herbst auszugehen. Die Ausprägung

kann regional unterschiedlich sein. So nimmt die Verdunstung im Sommerhalbjahr an der Station Ueckermünde deutlich stärker ab als an der Station Greifswald. Auf das gesamte Jahr bezogen kommt es damit nach QARA-FALLAH (2008) für Greifswald zu einer Zunahme der Verdunstung um 2,7% und für Ueckermünde zu einer Abnahme der Verdunstung um 5,1% für den Zeitraum 2004 - 2055 gegenüber 1951 - 2003.

Für das Thurbruch selbst ist bei flurnahen Grundwasserständen dagegen von einer ganzjährig erhöhten Verdunstung und damit von einer deutlich höheren Zunahme der Jahresverdunstung auszugehen.

Eine Ermittlung der tatsächlichen prognostizierten Verdunstung mithilfe des BAGROV-GLUGLA-Verfahrens birgt Unsicherheiten, da empirische Parameter und Abhängigkeiten zur Anwendung kommen, die unter den geänderten klimatischen Bedingungen zu prüfen wären. Bei Anwendung des Verfahrens korreliert die Zunahme der tatsächlichen mit der Zunahme der Grasreferenzverdunstung. Sie liegt für Grünland / Torfmoor bei flurnahen Grundwasserständen für den Zeitraum 2021 - 2050 etwa bei 7 bis 19 mm und für den Zeitraum 2071 - 2100 etwa 25 mm über der aktuellen Verdunstung. Für grundwasserferne Standorte des Einzugsgebietes dagegen liegen die Verdunstungswerte bei Annahme gleichbleibender Jahresniederschläge und einer Abnahme der Sommerniederschläge um 12% für den Zeitraum 2071 bis 2100 weitgehend im Bereich der aktuellen Verdunstung. Wird jedoch gemäß der Modellierung mit WETTREG von einer deutlichen Abnahme der Sommerniederschläge sowie auch einer Abnahme der Jahresniederschläge bis zum Ende des Jahrhunderts ausgegangen (vgl. MINISTERIUM FÜR WIRTSCHAFT, ARBEIT UND TOURISMUS MECKLENBURG-VORPOMMERN 2010), verringern sich auf allen grundwasserfernen Standorten im Einzugsgebiet die Verdunstungsraten.

Die Veränderung der innerjährlichen Verteilung der Verdunstung kann mit dem BAGROV-GLUGLA-Verfahren nicht abgebildet werden.

Bei der Berechnung der Verdunstung ist zudem eine entscheidende Frage, ob die Pflanzenparameter für die künftigen Klimabedingungen gültig sind und wie sich die Pflanzen mit dem Klima ändern werden. Dieser Aspekt wird hier zunächst unberücksichtigt gelassen.

Neben der Prognose der Verdunstung ist die Änderung der Niederschlagsmengen und -verteilung für den Wasserhaushalt von entscheidender Bedeutung.

Die projizierten Veränderungen der Niederschlagsverteilung führen zu einer verstärkten Verlagerung der Niederschläge ins Winterhalbjahr. Während in der Messperiode 1961 - 1990 ca. 55% der Niederschläge an der Messstation Heringsdorf im Sommerhalbjahr fallen reduziert sich der Anteil im Zukunftsszenario 2071 - 2100 auf 45 - 53%. Betrachtet man nur die Sommer- (Juni, Juli, August) und Winterniederschläge (Dezember, Januar, Februar) wird die jahreszeitliche Veränderung noch deutlicher. Unter Berücksichtigung der WETTREG-Daten und Daten des regionalen Klimaatlas nehmen die Sommerniederschläge um ca. 35% ab, die Winterniederschläge dagegen um ca. 24% zu.

Wegen der uneinheitlichen Tendenz der Sommerniederschläge bis zur Mitte des Jahrhunderts werden für diesen Zeitraum keine Aussagen gemacht.

Die Versickerung auf Flächen im Einzugsgebiet des Thurbruchs wird insbesondere infolge der veränderten innerjährlichen Niederschlagsverteilung im Sommer und Herbst abnehmen, demgegenüber aber von Januar bis ins zeitige Frühjahr deutlich zunehmen. Daher wird gemäß MINISTERIUM FÜR WIRTSCHAFT, ARBEIT UND TOURISMUS MECKLENBURG-VORPOMMERN (2010) für den Zeitraum ab ca. Januar bis ins zeitige Frühjahr für alle untersuchten Klimastationen in Mecklenburg-Vorpommern ein starker Anstieg der Grundwasserneubildung und ein höheres Grundwasserdargebot prognostiziert.

Der Zeitraum geringer Grundwasserneubildung und niedriger Grundwasserstände bei gleichzeitiger Verringerung des Grundwasserdargebots wird sich demgegenüber aufgrund der niedrigeren Sommerniederschläge bei gleichzeitig steigender Verdunstung jedoch verlä-

gern. In den Monaten Juni - Oktober findet zum Ende des Jahrhunderts so gut wie keine Grundwasserneubildung mehr statt (ebd.).

Damit ist es von entscheidender Bedeutung, in ausreichendem Umfang Wasserüberschuss aus den Wintermonaten im Gebiet zurückzuhalten.

Eine Verstetigung des Gesamtabflusses mit durchgehend deutlich höheren Wasserständen, eine Reduzierung des oberirdischen Abflusses durch Einstellung oder Reduzierung der Grundräumung in den Gräben und der Grabenpflege sowie einem Anstau etwa nach Regenereignissen im hydrologischen Sommerhalbjahr gewinnt unter den Prämissen des Klimawandels noch zusätzlich an Bedeutung.

Große Unterschiede hinsichtlich der Wasserhaushaltsbilanz nach BAGROV-GLUGLA ergeben sich aus einer prognostizierten Zu- oder Abnahme der Jahresniederschläge. Während bei gleichbleibenden Niederschlägen sich die Abflusswerte, bezogen auf das gesamte Einzugsgebiet nur moderat verringern, reduzieren sie sich massiv bei einer Reduzierung der Jahresniederschläge um 10%, was nach den WETTREG-Modellierungen ebenfalls ein mögliches Szenario darstellt. Bei einer Zunahme der Jahresniederschläge sind auch erhöhte Abflusswerte gegenüber dem Vernässungsszenario 2.2 möglich.

Hinsichtlich der Grundwasserneubildung und des Grundwasserdargebots ist zusätzlich zu berücksichtigen, dass sich in der Vegetationsperiode auf Flächen im Einzugsgebiet infolge der Verringerung der Bodenwasservorräte der Beregnungsbedarf (aus dem Grundwasser) erhöhen kann. Dies kann zu einem (weiteren) Rückgang der Grundwasserneubildung bzw. einer Absenkung der Grundwasserspiegel führen. (vgl. MINISTERIUM FÜR WIRTSCHAFT, ARBEIT UND TOURISMUS MECKLENBURG-VORPOMMERN 2010). Daneben kann sich auch die zukünftige Nutzung des Grundwasseranstroms durch nahe gelegene Wasserwerke verändern.

Im Ergebnis ist festzuhalten, dass die zukünftig abnehmenden Sommerniederschläge und die ansteigende potenzielle (und auf grundwassernahen Standorten auch reale) Verdunstung mit Auswirkungen auf das Thurbruch und erhöhten Herausforderungen an die Wasserbewirtschaftung verbunden sind.

Einem zu starken Absinken der sommerlichen Grundwasserstände ist durch einen möglichst hohen Anstau im Winter, eine Reduzierung der Pumpleistung und eine Verstetigung des Gesamtabflusses entgegenzuwirken. Dabei besteht die Möglichkeit, den Schöpfwerksbetrieb im Polder Kachlin und Labömitz sowie im Südteil des Polders Korswandt zu reduzieren bis hin zur vollständigen Einstellung bei Erforderlichkeit. Das Grabensystem kann, mit Ausnahme einzelner Gräben mit einer Entwässerungsfunktion für randlich oder außerhalb der Senke gelegene Flächen oder den Schöpfwerksbetrieb, bei Bedarf vollständig außer Betrieb genommen werden (Einstellung der Grabenpflege, ggf. zusätzliche Einbringung von partiellen Grabenverfüllungen und einzelnen Stauen). Damit erhöht sich das Retentionsvermögen und es kommt zu einer gleichmäßigen, verstetigten Speisung des Gothensees. Eine weitere Steuerungsmöglichkeit besteht über die Reduzierung der Pumpleistung am Sack-Kanal.

Besonders hoch wären die Auswirkungen des Klimawandels, wenn – auch bezogen auf das gesamte Jahr – die Niederschläge zurückgehen, gleichzeitig aber auch der Wasserbedarf für Beregnungsmaßnahmen sowie weitere Entnahmen der Wasserwerke zunehmen würden.

Daneben sind auch veränderte Bewirtschaftungsbedingungen in die Betrachtungen einzubeziehen, die jedoch schwer prognostizierbar sind und daher Unsicherheiten bei der Bewertung des Klimawandels in Bezug auf die wasserwirtschaftlichen Folgen bergen.

Durch die o. g. wasserwirtschaftlichen Maßnahmen stehen jedoch umfangreiche Möglichkeiten zu einem deutlich höheren Wasserrückhalt im Gebiet zur Verfügung.

Der prognostizierte Anstieg des Ostseewasserspiegels um 20 bis 30 cm bis zum Jahr 2100 wird sich infolge des Staubauwerkes nicht unmittelbar auf das Thurbruch auswirken. Die Verringerung des Gefälles im Sack-Kanal schränkt die Möglichkeit eines freien Auslaufes ein.

4.8 Pufferkapazitäten im Hinblick auf 100jährige Witterungsextrema

Bei der Berechnung der Grundwasserneubildung für Extremfälle (Nass- und Trockenjahr) wurde jeweils von bis ca. 40% höherem oder niedrigerem Niederschlag und einer entsprechend höheren (ca. 10.052 m³/d) oder niedrigeren Neubildung (ca. 4.308 m³/d) ausgegangen (siehe Abschnitt 4.6.1, S. 64). Der Gesamtabfluss nach BAGROV-GLUGLA würde sich für die Polder Kachlin, Labömitz und Korswandt von 16.610 m³/d auf ca. 23.250 m³/d (8.486.250 m³/a) bzw. ca. 9.970 m³/d (3.639.050 m³/a) erhöhen bzw. verringern.

4.8.1 Szenario 1

Bei einer Erhöhung des mittleren Durchflusses in den drei Poldern von 6.062.650 m³/a auf 8.486.250 m³/a ständen etwa 2.420.000 m³/a zusätzlich zur Verfügung. Das entspricht einer zusätzlichen Aufhöhung von im Jahresmittel ca. + 0,35 m NN um etwa 0,25 bis 0,30 m auf + 0,60 bis max. + 0,65 m NN. Damit würden weite Teile der Thurbruchsenke mit Ausnahme der unmittelbaren Randbereiche etwa auch unterhalb der Ortslagen Kachlin, Reetzow und Labömitz überflutet. Bei Ulrichshorst wäre der Moorkörper in der Umrandung der Geländeschwelle überstaut, die Ortslage selbst wäre nicht überflutet, aber durch einen Anstieg der Grundwasseroberfläche auf etwa + 0,65 m NN betroffen. Insgesamt würde ein weitflächiger Abstrom innerhalb der Senke in Richtung Polder Labömitz und Gothensee erfolgen, wobei lediglich noch die K 41 durchgehend als Damm wirksam wird (siehe Anlage 8.2).

Puffermöglichkeiten ergeben sich durch eine weitgehende Erhöhung des Retentionsvermögens und eine Verzögerung / Verstetigung des ober-/unterirdischen Abflusses, letztlich durch eine weitgehende Aufgabe des Grabensystems in der zentralen Senke. Durch eine zunehmende Verdunstung wird die Anhebung der Wasserstände etwas abgeschwächt. Letztlich ist der Wasserüberschuss aus dem gesamten Einzugsgebiet Gothensee / Thurbruch über den Sack-Kanal im Direktabfluss bzw. über das Schöpfwerk abzuführen.

4.8.2 Szenario 2

Bei einer Reduzierung des mittleren Durchflusses in den drei Poldern von 6.062.650 m³/a auf 3.639.050 m³/a ständen 2.423.600 m³/a weniger zur Verfügung, hier käme es zur Absenkung des Wasserspiegels im Moorkörper von im Mittel ca. + 0,35 m NN um etwa 0,25 bis 0,30 m auf + 0,10 bis + 0,05 m NN, in den Sommermonaten etwa auf ± 0 bis - 0,05 m NN. In extrem trockenen Jahren würden die überstauten Flächen im Thurbruch weitgehend trockenfallen, lediglich die Flächen < ± 0 m NN (siehe Anlage 8.2) würden noch Wasser führen. Dies gilt auch für den Moorkörper insgesamt. Durch eine abnehmende Verdunstung wird die Absenkung der Wasserstände etwas abgeschwächt.

Puffermöglichkeiten ergeben sich auch hier mit zunehmendem Retentionsvermögen, der Verstetigung des ober-/unterirdischen Abflusses und der Einstellung des Schöpfwerksbetriebes.

5 Folgenabschätzung

5.1 Vorbemerkung

Die zentrale Thurbruchsenke ist durch die Torfsackungen in den letzten 250 Jahren vergleichsweise stark in das umliegende Gebiet eingetieft (starke Moorsackungen in der zentralen Senke und insbesondere um den Kachliner See) sowie geringere Torfsackungen in der Umrandung. Durch die Ausspiegelung von Gothensee und Kachliner See und Rückhalt des ober- / unterirdischen Abflusses mit dem Stauziel von im Mittel ca. + 0,40 m NN im hydrologischen Winterhalbjahr und + 0,29 m NN im hydrologischen Sommerhalbjahr ist eine weiträumige Wiedervernässung der zentralen Thurbruchsenke unter Einschluss der Polder Kachlin, Labömitz und Korswandt (Südteil) möglich, die für Paludikultur geeignete Fläche erreicht unter den gegebenen Bedingungen eine größtmögliche Ausdehnung. Die angegebenen Wasserstände sind im Mittelwert (MQ) in den hydrologischen Halbjahren erreichbar. In Abhängigkeit von jahreszeitlich bedingten, aber auch überjährlichen Differenzen in den Wasserhaushaltsgrößen wird es zu Schwankungen des Moor- und Grundwasserstandes kommen. Selbst bei einer Absenkung auf + 0,18 m NN kommt es zu keiner wesentlichen Flächenreduzierung. Infolge der hohen Eintiefung des Grabensystems ist die Verstetigung des ober- / unterirdischen Abflusses ohne weitere Maßnahmen nur mittelfristig zu erreichen. Die modellierten Wiedervernässungsszenarien werden unter der Vorgabe betrachtet, dass die an den Thurbruch angrenzenden Flächen hinsichtlich ihres Bestandes und ihrer Nutzungsfähigkeit nicht beeinträchtigt werden dürfen. Veränderungen im nördlichen Teil des Polders Korswandt (einschließlich Parchen-Niederung) und im Polder Gothen werden nicht vorgesehen.

5.2 Betroffenheit wasserwirtschaftlicher Anlagen

5.2.1 Entwässerungssystem

Das Thurbruch ist von einem engmaschigen Netz an Entwässerungsgräben durchzogen und in einzelne Polder untergliedert. Die Polder stellen Teileinzugsgebiete dar, die untergeordneten oberirdischen Wasserscheiden verlaufen im Bereich von Dämmen und / oder Wegen. Nach Fertigstellung der Polder etwa 1968 jeweils mit Schöpfwerken und Stauanlagen wurden die Wasserstände in fast allen Flächen des Thurbruchs künstlich reguliert.

Da sich der Ausbau an Höchstabflusswerten orientierte, sind als Ausgangssituation ein stark erhöhter Oberflächenabfluss und abgesenkte Grundwasserspiegel in der Thurbruchsenke gegeben. Beides ging mit großflächigen Torfsackungen einher. Die Eindeichung des Kachliner Sees 1985 / 1986 hatte erhebliche Torfsackungen in der Umrandung des Sees zur Folge, die letztlich eine Absenkung des Seespiegels zur Vermeidung von Überflutungen erforderten und damit weitere Sackungen auslösten.

Diese führten gleichzeitig zu Sackungen im Bereich der Dämme und Wegverbindungen, hier insbesondere in der Umrandung des Kachliner Sees, anteilig auch zwischen den Poldern Kachlin, Labömitz und Korswandt. Zwischen den Teileinzugsgebieten bestehen derzeit bereits vielfältige ober- und unterirdische hydraulische Beziehungen. Die Dämme sind z. T. infolge nicht ausreichender Berücksichtigung des Untergrundes, ihrer Bauweise und Lage zwischen zwei parallel verlaufenden, stark eingetieften Gräben teilweise sehr instabil. Dies gilt teilweise auch für Wegverbindungen, auf den Plattenwegen sind verschiedentlich seitliche Rutschungen der Platten zu den Seitengräben zu beobachten. Eine Instandhaltung der Dämme um den Kachliner See und an der Bäck ist teilweise nicht oder mittelfristig nur mit sehr hohem Aufwand möglich (s. o.). Mit der Wiedervernässung würden die Teileinzugsgebietsgrenzen noch weiter unwirksam. Die mit der Wiedervernässung eintretende Entwicklung der physikalischen Bodeneigenschaften führt, wenn das Grundwasser an der Mooroberfläche steht, gleichzeitig zu Festigkeitsverlusten der Ober- und Unterböden in Höhe von 30 - 50%. Dies führt zu einer erheblichen Einschränkung der Stabilität.

Wesentliche Voraussetzung zur Erreichung einer Wiedervernässung in der zentralen Thurbruchsenke wäre u. a. die Ausspiegelung von Gothensee und Kachliner See in Verbindung mit einer anteiligen Reduzierung des Durchflusses im Sack-Kanal sowie die zeitweise Einstellung bzw. Reduzierung des Schöpfwerksbetriebes in den Poldern Kachlin, Labömitz und Korswandt. Hinzu käme die teilweise Aufgabe der Unterhaltungspflege für größere Teile des Grabensystems. Mit dem Rückhalt in den Poldern, der zunehmenden Verlandung und Verkleinerung der Grabenprofile durch Verschlammung / Kolmation, langfristig auch durch die Vegetationsentwicklung, verringert sich die Abflussleistung, die Wasserstände innerhalb des Thurbruchs steigen an. Mit der weiträumigen Überflutung der höherliegenden Grabenränder und Wegverbindungen wird die Instabilität verstärkt, die Befahrbarkeit der Flächen wird eingeschränkt. Die starke Eintiefung des Grabensystems schränkt bei Überstauung auch die Befahrbarkeit mit angepasster Technik ein.

Zur Vermeidung der Beeinträchtigung von an das Thurbruch (hier Polder Kachlin, Labömitz und Südteil des Polders Korswandt) angrenzenden Flächen sind randliche Entwässerungsgräben, zusitzende Gräben bis zur Einmündung in den Überflutungsbereich, Zuflüsse zu den Schöpfwerken und die Mahlbussen wie auch weitere jeweils im Abstrom gelegene Gräben zu unterhalten. Dies gilt auch für den Graben 23/1, die östlich davon gelegenen Gräben sowie das Grabensystem im nördlichen Teil des Polders Korswandt.

5.2.2 Meliorationssysteme

Die seitlichen Zuflüsse zur Thurbruchsenke können infolge ihres Gefälles auch bei Wiedervernässung ungehindert und ohne Rückstau in die Senke entwässern. Gleiches gilt für angeschlossene oder randlich einmündene Meliorationssysteme. Die in den höhergelegenen Randgebieten gelegenen Gräben sollten in ihrer Entwässerungsfunktion dazu erhalten bleiben.

5.2.3 Grundwassernutzungen

Im Umfeld des Thurbruchs / Gothensees erfolgen Grundwassernutzungen in den östlich gelegenen Wasserfassungen Bansin, Gothen, Ahlbeck-Jägersberg, Ahlbeck-Zierowberg, Granica / Polen, Zierowberg, Korswandt und Zirchow und den westlich anschließenden Einzugsgebieten bei Katschow und Benz. Insbesondere in den östlich gelegenen Wasserfassungen haben sich seit Jahrzehnten größere Absenktrichter deutlich unter ± 0 m NN ausgebildet. Trotzdem lagen die Wasserstände im Anstrom auf den Gothensee noch über dem Meeresspiegel (+ 1 m NN bei Bansin, + 0,5 m NN in der Umrandung der Halbinsel Gothen sowie südlich der Parchen-Niederung bis Korswandt). Hier haben sich die Absenktrichter nach HENNIG (2011) deutlich ausgedehnt, die ± 0 m NN - Isohypse schließt die Absenktrichter der WF Ahlbeck-Jägersberg und Gothen ein und erstreckt sich über den Polder Gothen bis zum Gothensee. Ein weiträumiger Absenktrichter ist auch um die WF Granica unter Einschluss des Wolgastsees sowie am SE-Ufer des Gothensees bei Korswandt dargestellt. Die Grundwasserstände haben sich hier in der Umrandung des Gothensees in den letzten 35 Jahren um ca. 0,5 m abgesenkt. In den Wasserfassungen Zirchow und Korswandt bleiben die Grundwasserstände deutlich, bei verringertem Grundwassergefälle, über dem Seespiegel. Die Druckhochgebiete westlich Katschow und Labömitz lagen 1975 noch bei + 15 m NN (vgl. TRÖMEL 1975). Da die Wasserstände im Gothensee in den letzten Jahrzehnten unabhängig von der weiteren Entwässerung in den einzelnen Poldern sich nicht wesentlich verändert haben, dürften die Absenkungen ursächlich mit der erhöhten Grundwasserförderung in den Wasserfassungen zusammenhängen.

In der Standortzustimmung zur Grundwasserregulierung von KLUG (siehe bei MÜLLER u. a. 1979) wird auf Einzelwasserversorgungen im Randbereich des Thurbruchs verwiesen.

Grundwassernutzungen innerhalb des engeren und weiteren Untersuchungsgebietes werden bei einer Aufhöhung der Wasserstände im Thurbruch nicht betroffen, da die Grundwasserstände in zentralen Teilen der Thurbruchsenke leicht ansteigen würden, in den Randbereichen infolge des deutlichen Gefälles jedoch weitgehend unverändert blieben.

5.3 Betroffenheit baulicher Anlagen bzw. von Wegebeziehungen

5.3.1 Betroffenheit baulicher Anlagen innerhalb angrenzender Gemeinden oder Ortsteile

Randlich des Thurbruchs liegen mehrere Ortschaften. Dies sind im Einzelnen:

Tabelle 34: Ortschaften randlich des Thurbruchs (Höhen m NHN)

Ortschaft	Gemeinde	Einwohner (Stand 2010)	Lage	Höhe
Reetzow	Benz	203 EW	nordwestlich des Thurbruchs in Nähe des Gothensees	Teilflächen südlich der Ihlenfeldstraße z. T. < 2,5 m, sonst > 2,5 m bis 25 m
Labömitz	Benz	62 EW	westlich des Thurbruchs	> 2,5 m bis > 15 m, überwiegend > 5 m
Katschow	Dargen	117 EW	westlich des Thurbruchs und des Kachliner See	> 4,0 m bis ca. 20 m
Kachlin	Dargen	111 EW	südwestlich des Thurbruchs und südlich des Kachliner Sees	> 2,0 m bis ca. 10 m
Görke	Dargen	99 EW	südlich des Thurbruchs	Ortslage > 2,0 m, Bebauung > 3,0 m bis ca. 10 m
Zirchow (einschl. OT Kutzow)	Zirchow	608 EW	südöstlich des Thurbruchs	Bebauung > 5,0 m bis ca. 25 m
Ulrichshorst	Korswandt	255 EW	im Osten des Thurbruchs auf einer Landzunge	weite Teile < 2,5 m, sonst bis ca. 6 m an der L 266
Korswandt	Korswandt	337 EW	nordöstlich des Thurbruchs zwischen Gothensee und Wolgastsee	vereinzelte Bebauung < 2,5 m, überwiegende Ortsteile > 2,5 m bis ca. 10 m

Mit Ausnahme von Ulrichshorst wurden die Orte bereits im 13. und 14. Jahrhundert erstmals urkundlich erwähnt, entstanden also weit vor Beginn der großflächigen Meliorationsarbeiten im Thurbruch. Ulrichshorst wurde dagegen erst 1774 nach Durchführung der Brenckenhoff'schen Meliorationen als Moorkolonie gegründet. Diese Ortschaft ist auch am tiefsten gelegen, weite Teile weisen Höhen < 2,50 m NHN auf. Daneben liegen in Korswandt und Reetzow Teilflächen der bebauten Ortslage < 2,50 m NHN.

Alle Orte liegen außerhalb des Verbreitungsgebietes des Niedermoortorfes in den o. g. Höhenlagen auf mineralischem Untergrund (siehe Höhenrelief nach DGM 2 2012, Anlage 5.3). Randlich steigt das Gelände auch innerhalb der Torfverbreitung um die Ortslagen deutlich an (bei Reetzow etwa 1 bis > 2 m, in Labömitz auf 1,5 bis > 2 m, in Katschow generell > 2 m, in Kachlin 1 bis > 2 m, in Görke > 2 m und Zirchow 1,5 bis > 2 m, die gegebenenfalls flach überstauten Flächen befinden sich jeweils in größerer Entfernung von den Ortslagen (siehe Anlagen 8), ein Anstieg der mittleren Grundwasserstände im Bereich der Ortslagen ist bei den Szenarien 1.2 und 2.2 auszuschließen. Unabhängig davon treten schon immer jahreszeitliche und überjährige Grundwasserstandsschwankungen auf, die in Feuchtjahren unabhängig von der Wiedervernässung zu Problemen führen können. Die Grundwasserflurabstände sind in der Niederung unterhalb von Reetzow bei 0,6 bis > 1 m, bei Labömitz mit 1,2 bis > 1,4 m, bei Katschow und Kachlin mit > 1 m und bei Görke und Zirchow mit 1,5 bis > 2 m zu erwarten (siehe Anlage 9). Lokale Abweichungen im Modell der Grundwasserflurabstände ergeben sich im Bereich gespannter Grundwässer z. B. östlich Katschow und nordöstlich Görke. Der obere GWL führt hier i. d. R. kein Grundwasser.

Ulrichshorst liegt auf einer Geländeschwelle mit Höhen von + 1 bis > 2,5 m NN, die sich im Bereich des hier ins Moor führenden Weges noch etwa 500 m fortsetzt. Der bebaute Bereich liegt in Höhen von +2 bis > 2,5 m NN. Südlich der Schwelle schließt sich ein etwa 300 m breiter Streifen mit Höhen über + 0,5 m NN an. Die mittleren Grundwasserstände liegen der-

zeit am östlichen Ortsrand bei + 1 m (L 266), etwa in Ortsmitte bei + 0,50 m und am westlichen Ortsrand bei ± 0 m NN. Nördlich der Hochlage erfolgt eine künstliche Absenkung auf $\leq - 0,50$ m NN, südlich auf ± 0 m NN (siehe Anlage 6). Durch den anteiligen Betrieb der Schöpfwerke auch im hydrologischen Winterhalbjahr kommt es hier nur zu geringen Aufhöhungen der Grundwasseroberfläche.

Mit der Wiedervernässung würden die Wasserstände bei den Szenarien 1.2 und 2.1 etwa 300 m südlich der Hochlage auf etwa + 0,30 m NN ansteigen. Das entspricht auch dem Vorflutniveau des Gothensees, Aufhöhungen für diesen werden ausgeschlossen. Die mittleren Grundwasserstände am östlichen Ortsrand und in Ortsmitte bleiben unverändert, am westlichen Ortsrand käme es zu einem leichten Anstieg auf etwa + 0,30 m NN (siehe Anlage 9). Die Absenkung nördlich der Hochlage bleibt bestehen. Durch zwei Stauanlagen westlich des Grabens 23/1 könnte die östlich anschließende Teilsenke vom überfluteten Bereich abgekoppelt werden. Damit wären Aufhöhungen des Grundwasserstandes durch die Wiedervernässung auch im westlichen Teil der Ortslage weitestgehend auszuschließen.

In Ulrichshorst sollen bei extremen Witterungssituationen bereits aktuell Wasserschäden auftreten. Hier ist ebenfalls auf die jahreszeitlichen und überjährigen Grundwasserstandsschwankungen, aber auch auf die Wasserstände in den nahegelegenen Gräben durch die jeweilige künstliche Entwässerung hinzuweisen. Durch die Abkoppelung der östlich des Grabens 23/1 gelegenen Senke und die weitere Entwässerung dieses Bereiches sowie des nördlichen Teils des Polders Korswandt sind Auswirkungen der Wiedervernässung auf die Ortslage Ulrichshorst auszuschließen. Kontrollen können hier, wie auch in den anderen Ortslagen, durch Einrichtung von Grundwassermessstellen randlich zur Ortslage erfolgen.

In Korswandt, der Parchenniederung und im Polder Gothen sind Einflüsse durch die modellierte Wiedervernässung mit den Szenarien 1.2 und 2.2 auszuschließen. Anhebungen der Wasserspiegel im Gothensee sind auszuschließen, damit grundsätzlich auch Auswirkungen auf sein weiteres Umfeld. Der Pegel des Wolgastsees wird seit Jahren im Ergebnis der Wasserförderung in den benachbarten Wasserfassungen abgesenkt, eventuelle Anstiege sind entweder auf die hohen Niederschläge in den letzten Jahren oder auf eine Reduzierung der Grundwasserförderung zurückzuführen.

Mit Ausnahme der Kreisstraße K 41 ist das Maßnahmegebiet frei von überörtlich relevanten Infrastrukturen und frei von Siedlungen. Bauliche Anlagen innerhalb angrenzender Gemeinden oder Ortsteile sind – soweit sie nicht im Thurbruch selbst liegen – nicht betroffen. Nach RUTKE u. a. (2000) ergäben sich bei einer dauerhaften Überflutung großer Teile der Niederung Probleme auch an vorhandenen Verkehrswegen und Versorgungsleitungen.

5.3.2 Wegebeziehungen

Kreisstraße K 41

Zwischen Reetzow und Ulrichshorst durchquert in Randlage zum Gothensee die Kreisstraße K 41 das Thurbruch. Vor allem südlich dieser Straße befinden sich in der Niederung für die Landwirtschaft angelegte Betonplattenwege, die für die landwirtschaftliche Nutzung, aber auch als Wander- und Radwege Bedeutung besitzen.

Die K 41 liegt überwiegend im Grenzbereich zwischen den bei Wiedervernässung flach überstauten Flächen und den nördlich der Kreisstraße K 41 liegenden Flächen des Hochmoores, wo die Geländehöhen weitflächig über + 0,50 m, inselförmig auch über + 1 m NN liegen. Im Ostteil des Polders Labömitz (siehe Anlage 8.1) wären die Flächen beidseits der Straße überstaut. Laut DGM 2 2012 liegt die Böschungsoberkante der K 41 oberhalb von + 1 bis + 1,50 m NN und damit $\geq 0,60$ m über der im hydrologischen Winterhalbjahr bei + 0,40 m NN (Szenario 1.2) flach eingestauten Polderflächen.

Es ist davon auszugehen, dass die K 41 innerhalb des Talraumes aus sandigem Material mit einer Schottertragschicht aufgeschüttet wurde. Sollte sich dies bestätigen, wären Verände-

rungen der Standsicherheit durch die Wiedervernässung auszuschließen. Durch den Wiederanstieg der Wasserstände wird die Auflast des Dammes auf den Moorkörper reduziert.

Nach der vorliegenden Modellierung sollen die Moor- bzw. Grundwasserstände im Bereich der K 41 einen Wasserstand von + 0,40 m (Szenario 1.2) bzw. + 0,29 m NN (Szenario 2.1) erreichen. Dieser Wert liegt infolge der Torfsackungen deutlich unterhalb der mittleren Wasserstände bis etwa 1968.

Zur Vermeidung eines Rückstaus bzw. weitgehendem Ausschluß von Überflutungen des Weges bei Hochwassersituationen wäre die Gewässerunterhaltung an der Bäck (einschließlich Stauanlage), am Schöpfwerk Labömitz sowie am Graben 23/1 aufrechtzuerhalten.

Wirtschaftswege

Die bestehenden Wegeverbindungen innerhalb des Thurbruchs (vielfach Betonplattenwege) besitzen Bedeutung für die landwirtschaftliche Nutzung, aber auch als Wander- und Radwege. Sie verbinden u. a. die Ortslagen Kachlin, Labömitz, Reetzow, Ulrichshorst und Zirchow miteinander. Sie stellen vermutlich überwiegend Aufschüttungen aus organogenen Bildungen (Bodenaushub aus den Gräben) und nur untergeordnet aus sandigen Bildungen dar. Die Aufschüttungen zeigen überwiegend Aufhöhungen von 0,25 - 0,40 m über Gelände. Die Festigkeitsverluste der Ober- und Unterböden (s. o.) führen zu einer erheblichen Einschränkung der Stabilität und Befahrbarkeit. Dies gilt nur bedingt für randlich gelegene Wege bzw. Wege in Bereichen größerer Flurabstände.

5.4 Betroffenheit landwirtschaftlich genutzter Flächen

Ziel der Wiedervernässung ist eine möglichst großflächige, langzeitige flache Überstauung (max. 30 cm über Flur) im Jahresgang innerhalb des Thurbruches. Bei einer Ausspiegelung der Wasserstände zwischen den beiden Seen würden im Kachliner See die Wasserspiegel in dieser Größenordnung – bei gleichzeitiger Überflutung landwirtschaftlich genutzter Flächen – ansteigen. RUTKE u. a. (2000) stellen fest, dass die Polderbewirtschaftung ohne Erhaltung der Verwallungen am Gothensee, an der Reetzower Bäck und am Kachlinsee nicht möglich ist. Ein Rückbau oder die Aufgabe der Verwallungen und der Schöpfwerke würde zu einer dauerhaften Überflutung großer Teile der Niederung führen bzw. infolge zu hoher Grundwasserstände eine landwirtschaftliche Nutzung ausschließen. Die Ausdehnung flach überstauter Flächen im hydrologischen Winter- bzw. Sommerhalbjahr verdeutlichen die Anlagen 8.1 und 8.2. Randlich schließen sich Zonen mit im Mittel geringen Grundwasserflurabständen von < 0,20 m an. Unter diesen Bedingungen ist eine Nutzung eines Großteils der Flächen als Weide / Mähwiese nicht mehr möglich. Für Paludikultur sind die Flächen geeignet.

Die o. g. Festigkeitsverluste führen zu einer erheblichen Einschränkung der Befahrbarkeit der Moorböden.

6 Ableitung von Managementempfehlungen für die Regulation des Wasserstandes in dem Gebiet

In den letzten 250 Jahren kam es infolge von Entwässerungsmaßnahmen und Torfsackung in der zentralen Thurbruchsenke zur Abnahme der Torfmächtigkeit um etwa 2 m und bis etwa < 0,40 m an den Rändern der Senke bzw. an einzelnen Aufragungen. Die aktuellen Sackungsraten (1978 bis heute) liegen bei 0,6 bis 1,2 cm pro Jahr. Bei Fortführung der Entwässerung ist von einer weiteren Sackung und zunehmenden Vernässung auszugehen, weshalb von steigenden Aufwendungen für die weitere Entwässerung zum Erhalt der bestehenden Nutzung auszugehen ist. Die Grenzen für die Entwässerung der zentralen Thurbruchsenke sind infolge der seit 1968 erfolgten Torfsackungen mit den bestehenden Schöpfwerken nahezu erreicht. Damit werden hier und bei der Sanierung der Deiche und Wegverbindungen künftig große Investitionen erforderlich.

Bei Wiedervernässung kann die Sackung gestoppt und in Teilen eine Rückquellung der Torfe (10 cm) stattfinden. Zur deutlichen Reduzierung der Pumpleistung und der Unterhaltungsmaßnahmen in den Poldern und damit der Kosten wird eine Wiedervernässung empfohlen.

Ziel ist, über eine Optimierung des Wassermangements für eine größtmögliche Fläche Wasserstände herzustellen, die für eine Bewirtschaftung in Paludikultur erforderlich sind und zwischen 20 cm unter (Minimumwasserstand) und 30 cm über Flur (Maximumwasserstand) liegen. Unter Berücksichtigung des maximal notwendigen Rückhalts (ohne Beeinträchtigung der Infrastruktur, wie Bebauung und Verkehrsanbindungen) und einer minimalen Nutzungsaufgabe (Bereiche mit Wasserständen > 0,30 m über Flur) sind Maßnahmen abzuleiten.

Hierauf wurde teilweise bereits in den Abschnitten 4.4 und 4.5 eingegangen. Bei der Wiedervernässung von für Paludikultur geeigneten Flächen sind der hydrologische Ist-Zustand innerhalb des Thurbruchs und die Rahmenbedingungen innerhalb des gesamten Einzugsgebietes als ein einheitliches wasserwirtschaftliches System (Abschnitt 3.5.3) zu berücksichtigen. Für einen Rückhalt in den Poldern steht zunächst der jährliche Durchfluss im Bereich der Schöpfwerke im Thurbruch zur Verfügung. Die Wasserhaushaltsbilanz ist deutlich positiv, der Überschuss von 4,6 - 4,9 Millionen m³ steht zum Abfluss, hier differenziert auch für die einzelnen Polder, zur Verfügung. Die vorliegenden Ergebnisse zeigen, dass ein wesentlicher Teil der Neubildung des Polders Kachlin bereits bisher direkt den Polder Labömitz über den ober- / unterirdischen Abfluss speist. Daneben erfolgt anteilig ein ober- / unterirdischer Abstrom zum Gothensee.

Im Polder Kachlin wäre lediglich ein Rückhalt bis etwa + 0,29 m NN, im Polder Labömitz bis im Mittel max. etwa + 0,40 m NN im Winterhalbjahr möglich. Im Sommerhalbjahr wäre zusätzlich ein Rückhalt erforderlich, in Trockenjahren wäre kein ausreichender Rückhalt möglich. Im Schöpfwerk Korswandt ist eine Anhebung des Wasserspiegels auf + 0,40 m NN selbst in Trockenjahren möglich.

Ein Rückhalt des ober- / unterirdischen Abflusses mit dem Stauziel von im Mittel ca. + 0,40 m NN im hydrologischen Winterhalbjahr und + 0,29 m NN im Sommerhalbjahr ist durch die Ausspiegelung von Gothensee und Kachliner See mit Umsetzung des Vorzugsszenarios 1.2 / 2.2 für den Thurbruch zu erreichen. Damit ist eine weiträumige Wiedervernässung der zentralen Thurbruchsenke unter Einschluss der Polder Kachlin, Labömitz und Korswandt (Südteil) möglich, die für Paludikultur geeignete Fläche erreicht unter den gegebenen Bedingungen eine größtmögliche Ausdehnung.

Bei Ausspiegelung mit dem Gothensee kann auch der Gesamtabfluss aus dem Einzugsgebiet reduziert werden. Zu beachten sind dabei die Bewirtschaftungslamelle von + 0,24 bis + 0,34 m NN zur Wasserregulierung des Gothensees (ganzjährig + 0,29 m NN) und bei ungünstigem Witterungsverlauf (erhöhtes Niederschlagsdargebot) kurzzeitig der Richtwasserstand von + 0,39 m NN.

Die vorliegenden Untersuchungen zeigen, dass selbst eine geringe Anhebung der Wasserstände in der zentralen Thurbruchsenke und der Umrandung des Kachliner Sees zu großflächigen Überstauungen führen würde. Das Anheben der Wasserspiegel im Thurbruch setzt ausgehend von den Wasserständen im Winterhalbjahr einen möglichst weitgehenden Rückhalt innerhalb des Moorkörpers bzw. den einzelnen Poldern voraus.

Im Folgenden werden die Managementempfehlungen für die Regulation des Wasserstandes zusammenfassend dargestellt.

Wiederherstellung der Verbindung vom Kachliner See zum Gothensee

In den Sommermonaten liegen in den Poldern Kachlin, Labömitz und Korswandt die Wasserstände deutlich unter den Wasserständen im Gothensee, so dass bei einer Ausspiegelung zwischen Kachliner See und Gothensee eine Verringerung von Defiziten insbesondere in den Sommermonaten bzw. in Trockenjahren erfolgen kann. Bei Ausspiegelung beider Seen lagen die Wasserspiegel im Kachliner See bis 1985 / 1986 leicht über dem Gothenseespiegel. Aktuell liegen sie bei - 0,1 m NN (DGM 2012), d. h. mindestens 0,20 m darunter. Bei Ausspiegelung würden im Kachliner See die Wasserspiegel in dieser Größenordnung – bei gleichzeitiger Überflutung landwirtschaftlich genutzter Flächen in der zentralen Thurbruchsenke – ansteigen.

Die Wiederherstellung der direkten Verbindung zwischen Gothensee und Kachliner See kann durch Öffnung des Staues in der Bäck im hydrologischen Sommerhalbjahr erfolgen. Die Wasserstände sinken hier bei Ausspiegelung mit dem Gothensee im Mittel von + 0,28 und + 0,23 m im Mai / Juni auf den Mittelwert von + 0,18 m NN im Juli ab, der Tiefstwert wird in der Regel mit + 0,11 m NN im September erreicht. Insgesamt ist damit ein Anstieg der bisherigen Sommerwasserstände im Kachliner See um 0,20 bis etwa 0,40 m, in den Poldern um mehr als 0,40 m ohne zusätzlichen Rückhalt möglich.

Im hydrologischen Winterhalbjahr steigen nach Ausspiegelung in den Poldern die Wasserstände im Mittel auf + 0,29 m NN (zwischen Januar und April mit + 0,32 bis + 0,30 m NN) an. Die Teileinzugsgebietsgrenzen zwischen den Poldern Kachlin, Labömitz und Korswandt sind in größeren Abschnitten nicht mehr wirksam, gleichzeitig deutet sich anteilig ein direkter An- / Abstrom in Richtung Gothensee an. Für einen weiteren Rückhalt ist ein höherer Ausgangswasserstand gegeben, die überfluteten Flächen dehnen sich deutlich aus. Überflutungsbereiche mit mehr als 0,30 m Tiefe (Polder Kachlin 0,44 km², Labömitz 1,11 km², Korswandt 0,06 km²; insgesamt 1,61 km²) sind größer (dunkelblau in Anlage 8.3.3) als im Szenario 2.1, die 0 - 0,30 m tiefen Flächen (mittel- bis hellblau) deutlich größer (Polder Kachlin 3,58 km², Labömitz 1,52 km², Korswandt 0,57 km²; insgesamt 5,67 km²). Überflutet würden im Thurbruch insgesamt + ca. 7,28 km². Auch hier erfolgt eine analoge Darstellung der für Paludikultur geeigneten Flächen in Anlage 8.3.3 (bis 0,30 m überstaute Flächen – mittel- bis hellblau, Flächen mit Flurabständen bis 0,20 m – blaugrün) sowie randlicher Flächen mit größerem Flurabstand.

Bei Aufhöhung des Wasserspiegels auf + 0,35 m NN (Szenario 1.1) dehnen sich die überfluteten Flächen insgesamt nur geringfügig aus, überflutet sind insgesamt 8,2 km², davon 5,97 km² mit einer Wassertiefe von 0 - 0,30 m (Abschnitt 4.5.2). Der Wasserspiegel liegt etwa im Bereich des oberen Bewirtschaftungsintervalls des Gothensees.

Eine Anhebung auf + 0,40 m NN (Szenario 1.2) führt ebenfalls nur zu einer unwesentlichen Vergrößerung der Flächen. Die Ausdehnung der überstauten Flächen veranschaulicht auch Anlage 8.3.2. Überflutungsbereiche mit mehr als 0,30 m Tiefe (dunkelblaue Fläche in Anlage 8.3.2) werden etwa 1 km² größer, die übrigen Flächen (mittel- und hellblau) sind 0 - 0,30 m tief (Polder Kachlin 3,21 km², Labömitz 1,59 km², Korswandt 0,89 km²; insgesamt 5,69 km²). Überflutet sind insgesamt ca. 8,9 km². Die Überströmbereiche werden etwas deutlicher (siehe Anlage 8.1). Der Wasserspiegel liegt etwa im Bereich kurzzeitig zugelassener Hoch-

wasserlagen bis + 0,39 m NN im Gothensee. Randlich schließen sich Bereiche mit Flurabständen des Grundwassers von 0,10 m, 0,20 m (in Anlage 8.3.2 abgestuft blaugrün) und > 0,20 m (gelb) an.

Die angegebenen Wasserstände sind im Mittelwert (MQ) in den hydrologischen Halbjahren erreichbar. In Abhängigkeit von jahreszeitlich bedingten, aber auch überjährlichen Differenzen in den Wasserhaushaltsgrößen wird es zu Schwankungen des Moor- und Grundwasserstandes kommen.

Voraussetzung ist ein Rückhalt in den Poldern in den Wintermonaten und eine Anpassung der Entwässerung über den Sack-Kanal (vgl. Kapitel 4.4.2).

Bei einer Ausspiegelung des Kachliner Sees und der zentralen Thurbruchsenke mit dem Gothensee würde im hydrologischen Winterhalbjahr das Thurbruch großflächig flach überstaut. Dabei zeichnen sich vielfältige Verbindungen zwischen dem Kachliner See, den überfluteten Flächen, dem Grabensystem und dem Grundwasser sowie über den Senkenbereich nordwestlich der Bäck und sein Grabensystem auch zum Gothensee ab.

Reduzierung des Schöpfwerkbetriebes

Möglichkeiten zur Anhebung der Wasserspiegel in den Poldern bestehen zudem in der Verzögerung des oberirdischen Abflusses durch anteilige Einstellung oder Reduzierung des Schöpfwerkbetriebes (vgl. Kapitel 4.4.3). Für einen Rückhalt in den Poldern steht zunächst der jährliche Durchfluss im Bereich der Schöpfwerke Kachlin, Labömitz, Korswandt und Gothen zur Verfügung, es wird ansatzweise von einem Verhältnis von 60 : 40 zwischen Winter- und Sommerhalbjahr ausgegangen.

Die Schöpfwerke Kachlin, Labömitz und Korswandt liegen auch bei einer Aufhöhung bis etwa + 0,40 m NN, max. 0,50 m NN noch in etwas höher gelegenen Bereichen (siehe Anlage 8.1), so dass ein weiterer Betrieb hier wahrscheinlich möglich wäre. Die höheren Wasserstände sind für den Schöpfwerkbetrieb von Vorteil. Bei einem großflächigen Abstrom aus dem Polder Kachlin in den Polder Labömitz (anteilig auch mit einem Rücklauf) ist ein weiterer Betrieb des Schöpfwerkes zu prüfen.

Die Steuerung der Wasserstände, insbesondere in niederschlagsreichen Zeiträumen bzw. nach Niederschlagsereignissen, muss weiterhin durch die Schöpfwerke, hier insbesondere Labömitz und Korswandt, erfolgen (vgl. Kapitel 4.5.2.4). Ein ständiger Betrieb des Schöpfwerkes Korswandt wäre zur Entwässerung des nördlichen Polderteils und der Aalbeek bzw. der Parchen-Niederung notwendig. Bei Bedarf (etwa zur Verhinderung eines unkontrollierten Abflusses zum Gothensee) könnte auch der westliche Teil des Polders Labömitz gesondert entwässert werden.

Nutzung vorhandener Staue

Wie bereits in Kapitel 4.4.4 dargestellt, sind die Stauhöhen für die vorhandenen Stauanlagen in den Poldern nach Auskunft des Wasser- und Bodenverbandes überwiegend nicht bekannt. Hinzu kommt, dass die Staue seit Errichtung analog zu den Torfsackungen des umgebenden Geländes abgesunken sind. Das gilt auch für das Staubauwerk an der Bäck im Polder Labömitz mit der ursprünglichen Stauhöhe von + 0,54 m NN. Der Stau trennt derzeit höhere Wasserstände im Unterlauf der Bäck bzw. im Gothensee von tieferen im Kachliner See und seinem Oberlauf, könnte jedoch auch als Rückstau für den Kachliner See als Voraussetzung für die Wiedervernässung des Thurbruchs entsprechend der o. g. Szenarien eingesetzt werden. Nach derzeitigem Stand ist der Stau hier noch möglich.

Von besonderer Bedeutung ist hier neben dem Rückstau in der Bäck die Stauanlage im Graben 23/1 oberhalb der Geländeschwelle von Ulrichshorst bzw. Staue an den Gräben westlich des Grabens 23/1 zur Vermeidung eines Grundwasseranstieges im Bereich der westlichen Ortslage Ulrichshorst.

Als begrenzender Faktor für die Stauwirkung sind die Grabenoberkanten / Geländehöhen im Bereich der Stau anzusehen. Unter Bezug auf die Überflutungsszenarien wird deutlich, dass im Polder Kachlin bei Wasserständen von + 0,29 m bis + 0,40 m NN die Stau im Knüppelgraben (Graben 22, seitlicher Überlauf zu stromab gelegenen Gräben), im Graben 22/1 stromauf Einmündung Graben 22/4 sowie in den Gräben 22/2, 22/3 und 22/5 jeweils nur eine sehr begrenzte oder keine Stauwirkung ermöglichen. Die Staubereiche an den Gräben 22 und 22/5 liegen in Grundwasseranschnitten (s. o.).

Die Stau im Polder Korswandt ermöglichen grundsätzlich einen Rückstau innerhalb des Grabensystems (insbesondere in den Gräben 23 und 23/1), wobei eine getrennte Stauhaltung / Bewirtschaftung für den südlichen Teil des Polders über den Stau oberhalb der Geländeschwelle bei Ulrichshorst, für den nördlichen Teil und den Graben von der Parchen-Niederung jeweils durch die Stau oberhalb des Mahlbusen erfolgen kann. Die Gräben im Bereich der Stau schneiden jeweils tief in die liegenden GWL ein, so dass hier ein Druckausgleich erfolgen kann, der die Stauwirkung begrenzt.

Die Stau im Polder Gothen liegen oberhalb der Überflutungsflächen und können genutzt werden.

Reduzierung der Unterhaltung des Grabensystems

Zur Verstetigung des Gesamtabflusses sollte eine Reduzierung der Entwässerungswirkung der Gräben erfolgen. Bei großflächiger Überstauung besitzt das stark eingetieft Grabensystem mit seinem tiefliegenden Entwässerungsniveau nur noch eine untergeordnete Bedeutung, stellt aufgrund seiner Querschnitte jedoch weiterhin bevorzugte Abflussbahnen dar (vgl. Kapitel 4.5.3). In Grabenabschnitten, die innerhalb künftig ständig überstauter Flächen liegen, könnte bei Durchführung der Maßnahme die Grundräumung und Grabenpflege in den Gräben eingestellt werden, in einzelnen Bereichen (etwa in Grabenabschnitten im Niederungsbereich des Polders Labömitz in Nähe des Gothensees) können partielle Verfüllungen sinnvoll sein. Bei Bedarf kann die Einstellung der Unterhaltung auf das gesamte Grabensystem, mit Ausnahme einzelner Gräben mit einer Entwässerungsfunktion für randlich oder außerhalb der Senke gelegene Flächen oder den Schöpfwerksbetrieb und die Vorflut zum Gothensee ausgedehnt werden.

Einem besonderen Grundwasserandrang im Bereich der weiträumig in den liegenden GWL eingetieften Grabensysteme kann durch Zulassung einer Verschlammung / Kolmation der Grabensohle entgegengewirkt werden (vgl. Kapitel 4.4.1). Durch Verkrautung, Vegetationsaufwuchs und Kolmation der Grabensohle kann der ober- / unterirdische Abfluss aus den wiedervernässten Bereichen reduziert werden. Infolge der hohen Eintiefung des Grabensystems ist die Verstetigung des ober- / unterirdischen Abflusses ohne weitere Maßnahmen nur mittel- bis langfristig zu erreichen.

Rückbau von Verwallungen

RUTKE u. a. (2000) beschreiben zwei Varianten zur Verbesserung der wasserwirtschaftlichen Situation im Bereich des Kachliner Sees und stellen fest, dass die Polderbewirtschaftung ohne Erhaltung der Verwallungen am Gothensee, an der Reetzower Bäck und am Kachlinsee nicht möglich ist. Ein Rückbau oder die Aufgabe der Verwallungen und der Schöpfwerke würde zu einer dauerhaften Überflutung großer Teile der Niederung führen bzw. infolge zu hoher Grundwasserstände eine landwirtschaftliche Nutzung ausschließen (siehe Abschnitt 4.4.5). Er schlägt eine Aufgabe von ca. 75 ha Grünland westlich des Kachliner Sees bei gleichzeitiger Aufgabe der Verwallung am Westufer und eine Aufhöhung der Verwallung am südöstlichen Ufer oder eine Nutzungsaufgabe der Flächen um den See einschließlich Aufgabe des Schöpfwerkes Kachlin und der Verwallungen um den See vor.

Die Darstellung in den Anlagen 8.1 und 8.2 zeigt, dass die westlich an den Ringgraben anschließenden Flächen bei Wasserständen bis + 0,40 m NN im Geländeanstieg zwischen + 0,50 und + 1 m NN liegen. Damit ist hier eine Abgrenzung durch zusätzliche Verwallungen

nicht erforderlich, eine weitere Nutzung wäre möglich. Die natürliche Vorflut zwischen Kachlin und Katschow ist anteilig bereits wirksam.

Bei der Wiedervernässung entsprechend Szenario 1.2 / 2.2 käme es zu einer weiträumigen Überflutung in der Umrandung des Kachliner Sees und der zentralen Thurbruchsenke. Ein Rückbau von Verwallungen ist nicht erforderlich. Die Verwallungen um den Kachliner See können aufgegeben werden, die Verwallungen am Gothensee und an der Reetzower Bäck sind zu erhalten, da sie einen Rückstau innerhalb der bisherigen Polderflächen ermöglichen.

7 Quellen

AHRENS, H. (1985): Ingenieurgeologisches Gutachten zum Objekt Ausbau der Ahlbecker Beek. VEB Geologische Forschung und Erkundung, Schwerin.

APPEL, U.; DIETRICH, O.; LISCHIED, G. & STEIDL, J. (2010): Analyse der Wirkung von wasserwirtschaftlichen Anpassungsoptionen zur Minderung der Folgen des Klimawandels. In: KAISER, K.; LIBRA, J.; MERZ, B.; BENS, O. & HÜTTL, R. F. (Hrsg.): Aktuelle Probleme im Wasserhaushalt von Nordostdeutschland, Trends, Ursachen, Lösungen. Scientific Technical Report STR10/10, Potsdam: S. 9 - 15.

ATV-DVWK - M 504 (2002): Verdunstung in Bezug zu Landnutzung, Bewuchs und Boden. Merkblatt der Deutschen Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall.

BAUER, L. & WEINITSCHE, H. (1972): Handbuch der Naturschutzgebiete der Deutschen Demokratischen Republik. Urania-Verlag, Leipzig.

BÖHM, G. (2001): Die reale Evapotranspiration von Niedermoorgebieten. Ermittlung und Parameterisierung nach dem Penman-Monteith-Konzept. Dissertation. Freie Universität Berlin, Fachbereich Geowissenschaften.

BORBERG (1947): Moorerkundung I des Moorwissenschaftlichen Instituts vom 03.12.1947 und 28.4.1948, Rostock.

BRAHMANN & HENNIG (1975): Hydrogeologisches Gutachten zu den Versorgungsgebieten Ahlbeck-Heringsdorf-Bansin. Rat des Bezirkes Rostock, Abteilung Geologie, Rostock.

Bürgergutachten „Zukunft des Thurbruchs – Ein Leben mit dem Moor“. Erstellt im Rahmen des Bürgerforums zur Paludikultur auf der Insel Usedom an drei Wochenenden im Februar und März. Veröffentlichungsdatum: 17.03.2013

BUNDESANSTALT FÜR GEWÄSSERKUNDE (Hrsg.; 2003): Wasserhaushaltsverfahren zur Berechnung vieljähriger Mittelwerte der tatsächlichen Verdunstung und des Gesamtabflusses. BfG-Bericht Nr. 1342, Koblenz.

BUNDESMINISTERIUM FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT (Hrsg.; 2003): Hydrologischer Atlas von Deutschland. Projektleitung: Bundesanstalt für Gewässerkunde, Institut für Hydrologie der Universität Freiburg i. Br.

DEUTSCHER WETTERDIENST (o. J.): Deutscher Klimaatlas. Online abrufbar unter www.dwd.de/klimaatlas

DEUTSCHER WETTERDIENST (2012): Globalstrahlung. Die Energie der Sonne. Hamburg.

DUPHORN, K.; KLIEWE, H.; NIEDERMEYER, R.-O.; JANKE, W. & WERNER, F. (1995): Die deutsche Ostseeküste. Sammlung geologischer Führer, Band 88. Gebr. Borntraeger, Stuttgart: 281 S.

DVWK - M 238 (1996): Ermittlung der Verdunstung von Land- und Wasserflächen. Merkblatt des Deutschen Verbandes für Wasserwirtschaft und Kulturbau e. V. (Hrsg.), Heft 238. Wirtschafts- und Verl.-Ges. Gas und Wasser mbH, Bonn.

DVWK - M 248 (1998): Feuchtgebiete. Wasserhaushalt und wasserwirtschaftliche Entwicklungskonzepte. Merkblatt des Deutschen Verbandes für Wasserwirtschaft und Kulturbau e. V. (Hrsg.), Heft 248. Wirtschafts- und Verl.-Ges. Gas und Wasser mbH, Bonn.

EGGELSMANN, R. (1981): Ökohydrologische Aspekte von anthropogen beeinflussten und unbeeinflussten Mooren Norddeutschlands. Diss. A, Universität Oldenburg. 175 S.

EGGELSMANN, R. (1990): Moor und Wasser. In: Göttlich, K. H. (Hrsg.): Moor- und Torfkunde. E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart: S. 288 - 320.

FRAHM, E. (2007): Bestimmung der realen Evapotranspiration für Weide (*Salix* ssp.) und Schilf (*Phragmites australis*) in einem nordostdeutschen Flusstalmoor. Dissertation. Institut für Umweltingenieurwesen, Bd. 7. Universität Rostock.

FRAHM, E.; SALZMANN, T. & MIEGEL, K. (2010): Untersuchungen zum Wasserhaushalt eines natürlichen Weidenbestandes in einem nordostdeutschen Flusstalmoor. In: Coll. Tourbierès, Ann. Sci. Rés. Bios. Trans. Vosges du Nord-Pfälzerwald. 15 (2009 - 2010): S. 192 - 206.

GARDENER, C. M. K.; LARYEA, K. B. & UNGER, P. W. (1999): Soil Physical Constraints to Plant Growth and Crop Production. Food and Agriculture Organization of the United Nations, AGL/MISC/24/99, Rom.

HECK, H.-L. (1954): Torfvorkommen Heringsdorf / Ahlbeck. Staatl. Geol. Komm., Schwerin.

HENNIG, H. (2011): Bewertung der Grundwasserressourcen in Mecklenburg-Vorpommern. Methodischer Ansatz. UmweltPlan GmbH im Auftrag des Landesamtes für Umwelt, Naturschutz und Geologie Mecklenburg-Vorpommern.

HOFFMANN, G. (2012): Spätquartäre Landschaftsentwicklung der Ostseeinsel Usedom. In: Jber. Mitt. oberrhein. geol. Ver., N.F. 94, S. 343-364.

Hydrogeologisches Kartenwerk der DDR 1 : 50 000 (REINSCH, D. & VOIGT, H.-J. u. a. 1984):

- Hydrogeologische Grundkarte - Quartäre Grundwasserleiter
 - Karten der hydrogeologischen Kennwerte der GWL
 - Karte der Hydroisohypsen
 - Karte der Grundwassergefährdung
- Nomenklatur: Koserow / Seebad Ahlbeck – 0410 - 1

JESCHKE, L. & WEINITSCHKE, H. (1980): Die Naturschutzgebiete der Bezirke Rostock, Schwerin und Neubrandenburg. In: Handbuch der Naturschutzgebiete der Deutschen Demokratischen Republik. 2. überarb. Auflage. Urania-Verlag, Leipzig.

JOOSTEN, H.; BRUST, K.; COUWENBERG, J.; GERNER, A.; HOLSTEN, B.; PERMIEN, T.; SCHÄFER, A.; TANNENBERGER, 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. Bonn - Bad Godesberg.

JORDAN, H. & WEDER, H.-J. (1988): Hydrogeologie. VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie, Leipzig.

KEILHACK u. a. (1917): Geologische Karte 1 : 25.000. Blätter 2050 Benz und 2051 Zirchow nebst Erläuterungen, Berlin.

KLEINKE (1978): Bodenkundliche Standortstudie zur Einschätzung der GWR-Fähigkeit von Grünlandflächen des Thurbruchs und um Benz-Stoben. Erstellt im Rahmen des Vorhabens: Grundwasserregulierung LPG (P) Thurbruch. VEB Meliorationskombinat Rostock.

KLIEWE, H. (1960): Die Insel Usedom in ihrer spät- und nacheiszeitlichen Formenentwicklung. VEB Dt. Verlag der Wissenschaften, Berlin-Ost: 277 S.

KOPLINIG (1955): Ergebnisbericht über die hydrogeologischen Pionierbohrungen im Raum Ahlbeck-Heringsdorf-Bansin 1954. Staatl. Geol. Komm., Schwerin.

KRIENKE (1976): Lithofazieskarte Quartär, Blatt 1469. Zentrales Geologisches Institut, Berlin.

LANGER & KRIENKE (1983): Lithofazieskarte Quartär, Blatt 1269/1369. Zentrales Geologisches Institut, Berlin.

LFULG (LANDESAMT FÜR UMWELT, LANDWIRTSCHAFT UND GEOLOGIE SACHSEN) (2011): Klimatische Stabilität von Mittelgebirgsmooren. Auswirkungen des Klimawandels auf wasserabhängige Ökosysteme – Teilprojekt Erzgebirgsmoore. Schriftenreihe des LfULG, Heft 1/2011.

LINKE (1982a): Grünlandinstandsetzung Thurbruch. Stellungnahme über die Baugrund- und Gründungsverhältnisse. Deichbau Graben 26. VE Meliorationskombinat Rostock, Rostock.

LINKE (1982b): Grünlandinstandsetzung Thurbruch. Stellungnahme über die Baugrund- und Gründungsverhältnisse Ostdeich Kachliner See. VE Meliorationskombinat Rostock, Rostock.

LINKE (1983): Grünlandinstandsetzung Thurbruch. Stellungnahme über die Baugrund- und Gründungsverhältnisse. Deichbau Kachliner See Süd-, West- und Nordufer. VE Meliorationskombinat Rostock, Rostock.

LUNG (LANDESAMT FÜR UMWELT NATURSCHUTZ UND GEOLOGIE MECKLENBURG-VORPOMMERN) (Hrsg.; 2009): Gutachtlicher Landschaftsrahmenplan Vorpommern. Erste Fortschreibung Oktober 2009.

MEINKE, I.; GERSTNER, E.-M.; VON STORCH, H.; MARX, A.; SCHIPPER, H.; KOTTMEIER, C.; TREFFEISEN, R. & LEMKE, P. (2010): Regionaler Klimaatlas Deutschland der Helmholtz-Gemeinschaft informiert im Internet über möglichen künftigen Klimawandel. DMG Mitteilungen 2 - 2010, S. 5-7. Online abrufbar unter: http://www.dmg-ev.de/gesellschaft/publikationen/pdf/dmg-mitteilungen/2010_2.pdf.

MEINKE, I. & GERSTNER, E.-M. (2009): Digitaler Norddeutscher Klimaatlas informiert über möglichen künftigen Klimawandel. DMG Mitteilungen 3 - 2009, S. 17. Online abrufbar unter: http://www.dmg-ev.de/gesellschaft/publikationen/pdf/dmg-mitteilungen/2009_3.pdf.

MIEGEL, K.; SEIDLER, C.; FRAHM, E. & ZACHOW, B. (2007): Verdunstungsprozess und Einflussgrößen. In: Beiträge zum Seminar Verdunstung am 10. / 11. Oktober 2007 in Potsdam. Forum für Hydrologie und Wasserbewirtschaftung, Heft 21.07: S. 5 - 36.

MINISTERIUM FÜR WIRTSCHAFT, ARBEIT UND TOURISMUS (Hrsg.; 2010): Folgen des Klimawandels in Mecklenburg-Vorpommern 2010, Schwerin.

MÜLLER u. a. (1979): Grundwasserregulierung Thurbruch. VE Meliorationskombinat Rostock, Bereich Greifswald.

MÜLLER (1982a): Grünlandinstandsetzung Thurbruch. Dokumentation zur Instandsetzung der Verwallung am Graben 26. VE Meliorationskombinat Rostock, Bereich Greifswald.

MÜLLER (1982b): Grünlandinstandsetzung Thurbruch. Dokumentation zur Instandsetzung der Verwallung am Ostufer des Kachliner Sees. VE Meliorationskombinat Rostock, Bereich Greifswald.

MÜLLER (1983): Grünlandinstandsetzung Thurbruch. Dokumentation zur Instandsetzung der Verwaltung am Süd-, West- und Nordufer des Kachliner Sees. VE Meliorationskombinat Rostock, Bereich Greifswald.

MÜLLER (1989): Standortuntersuchung Stufe 2, MFD Thurbruch, Teil 1. Technische Dokumentation. VEB Meliorationskombinat Rostock.

MÜLLER (1990): Standortuntersuchung Stufe 2: MFD Thurbruch, Teil 4 und 5, Teilflächen 6 und 7. Technische Dokumentation. VEB Meliorationskombinat Rostock.

MUNDEL (1982): Untersuchungen über die Evapotranspiration von Grasland auf Grundwasserstandorten. 2. Mitteilung: Beziehungen zwischen Bodenfaktoren und Evapotranspiration. Arch. Acker-, Pflanzenbau u. Bodenkd. 26: S. 515 - 521.

NIEDERMEYER, R.-O.; LAMPE, R.; JANKE, W.; SCHWARZER, K.; DUPHORN, K.; KLIEWE, H. & WERNER, F. (2011): Die Deutsche Ostseeküste. 2. völlig neu bearbeitete Auflage. Sammlung geologischer Führer, Band 105. Gebr. Borntraeger, Stuttgart: 370 S.

NIEDERMEYER, R.-O.; KLIEWE, H. & JANKE, W. (1987): Die Ostseeküste zwischen Boltenhagen und Ahlbeck. Ein geologischer und geomorphologischer Überblick mit Exkursionshinweisen. Geographische Bausteine, Heft 30. Geographisch-Kartographische Anstalt Gotha: 164 S.

NIXDORF, B.; HEMM, M.; HOFFMANN, A. & RICHTER, P. (o. J.): Dokumentation von Zustand und Entwicklung der wichtigsten Seen Deutschlands. Teil 2: Mecklenburg-Vorpommern. Abschlussbericht F&E-Vorhaben FKZ 299 24 274. Bearbeitet an der Brandenburgisch-Technischen Universität Cottbus, Lehrstuhl Gewässerschutz im Auftrag des Umweltbundesamtes.

NOESKE (1978): Schreiben vom 18.04.1978 zur Grundwasserregulierung KAP Thurbruch. Wasserwirtschaftsdirektion Küste, Oberflussmeisterei, Greifswald.

PANTENIUS, W. & SCHÖNERT, C. (1999): Zwischen Haff und Heringsdorf. Das Thurbruch auf Usedom. Neuendorf-Verlag, Neubrandenburg: 80 S.

PREUß, B. (1993): Zur Geologie der Inseln Usedom und Wollin. In: Usedom – Landschaft des Jahres 1993/94. Seminar der Fachgruppe Natur- und Heimatkunde vom 5. - 13. Juni 1993.

QARA-FALLAH, R. (2008): Auswirkung von Klimaänderungen auf hydrometeorologisch relevante Parameter. Dissertation an der Universität Rostock.

RABIUS, E.-W. & HOLZ, R. (1993): Naturschutz in Mecklenburg-Vorpommern. Demmler-Verlag, Schwerin.

RENGER, M.; WESSOLEK, G.; SAUERBREY, R.; ESCHNER, D.; SCHWÄRZEL, K.; SIEWERT, V. & FACKLAM, M. (2000): Zur Dynamik des Wasser- und Stoffhaushaltes landwirtschaftlich genutzter Niedermoorstandorte in Abhängigkeit von der Bodenentwicklung. Ökologische Hefte der Landwirtschaftlich-Gärtnerischen Fakultät der Humboldt-Universität Berlin 12 (2000): S. 91-98.

RENGER, M.; WESSOLEK, G.; SCHWÄRZEL, K.; SAUERBREY, R. & SIEWERT, C. (2002): Aspects of peat conservation and water management. J. Plant Nutr. Soil Sci. 165, 487 - 493.

REUTER & THIEL (2000): Moorstandortkatalog Thurbruch. LUNG (Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie) Mecklenburg-Vorpommern, Güstrow.

RICHTER, D. (1977): Zur einheitlichen Berechnung der Wassertemperatur und der Verdunstung von freien Wasserflächen auf statistischer Grundlage. Abh. Meteor. Dienst der DDR, 16 (1977).

RICHTER, D. (1984): Klimadaten der Deutschen Demokratischen Republik. Ein Handbuch für die Praxis. Reihe B, Band 6 „Verdunstung“, Hauptamt für Klimatologie des MD der DDR, Potsdam.

ROMBERG, B. (2008): Das Klima bewegt uns! Klimawandel in Mecklenburg-Vorpommern. Vortrag. Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Tourismus Mecklenburg-Vorpommern, Referat für Klimaschutz.

RUTKE, S. (1985): Studie zur Instandsetzung der Ahlbecker Beek. VEB Projektierung Wasserwirtschaft, Stralsund.

RUTKE, S. u. a. (2000): Hydrologische Untersuchungen im Einzugsgebiet des Kachliner Sees. UmweltPlan GmbH, Stralsund.

SCHNEIDER u. a. (1966): Komplexmelioration Thurbruch, Entwässerung Polder I Kachlin. VEB Meliorationsprojektierung, Rostock.

SCHNEIDER u. a. (1969): Komplexmelioration Thurbruch, Entwässerung Polder I Kachlin. Bestandspläne. VEB Meliorationskombinat Rostock, Rostock.

SCHWÄRZEL, K. (2000): Dynamik des Wasserhaushaltes in Niedermooren. Dissertation. Fachbereich Umwelt und Gesellschaft, Technische Universität Berlin.

SKROTZKI (1978): Instandsetzung der Vorfluter und Binnengräben im Gebiet Gothen. ZGE Melioration, Zinnowitz.

SOLANTIE, R.; VENÄLÄINEN, A. & RONTU, L. (1999): On the influence of peatland draining on local climate. Boreal environment research 4: 89 - 100.

SUCCOW, M. & JOOSTEN, H. (2001): Landschaftsökologische Moorkunde. Unveränd. Nachdruck der 2. Auflage 2012. E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart.

TRÖMEL, G. (1975): Hydrogeologischer Ergebnisbericht Mellenthin 1975. VEB Hydrogeologie, AS Greifswald.

UMWELTMINISTERIUM MECKLENBURG-VORPOMMERN (Hrsg.; 2003): Die Naturschutzgebiete in Mecklenburg-Vorpommern. Demmler-Verlag, Schwerin: 730 S.

UMWELTPLAN (2008): Regionale Bewertung des Klimawandels und Entwicklung von Klimaschutz- und Anpassungsstrategien in der Biosphärenreservatsregion Schaalsee.

VON ENGELHARDT, B. (1948): Bericht über die Erkundung der Moore im Kreis Usedom. Berlin.

VON KNOBELSDORFF-BRENKENHOFF, B. (1983): Zu Brenkenhoffs Tätigkeit auf dem Gebiet der Landeskultur in Vor- und Hinterpommern 1762 - 1780. Zweiter Teil. In: GESELLSCHAFT FÜR POMMERSCHE GESCHICHTE, ALTERTUMSKUNDE UND KUNST (Hrsg.): Baltische Studien, Neue Folge 69, Band 115 der Gesamtreihe. N. G. Elwert Verlag, Marburg: S. 34 - 48.

VON KNOBELSDORFF-BRENKENHOFF, B. (1992): Die „Aal-Beek-Kolonisten“ und das Thurbruch auf der Insel Usedom in Vorpommern. Selbstverl. der J.-G.-Herder-Bibliothek Siegerland e. V., Siegen: 96 S.

VON KNOBELSDORFF-BRENKENHOFF, B. (1998): Meliorationen und Wasserbauarbeiten im Thurbruch auf der Insel Usedom im 18. und 19. Jahrhundert. In: Geographische und historische Beiträge zur Landeskunde Pommerns. Eginhard Wegner zum 80. Geburtstag. Schwerin: S. 125 - 129.

WATTENDORF, P.; NIEDERBERGER, J.; EHRMANN, O. & KONOLD, W. (2010): Auswirkungen des Klimawandels auf den Wasserhaushalt von Niedermooren in Baden-Württemberg. In: Hydrologie und Wasserbewirtschaftung. 54. Jahrgang, Heft 5.

WEICHBRODT, D. (2004): Das Thurbruch. Im Reich des Moorochsen. Online abrufbar unter: <http://web.archive.org/web/20071029184417/http://www.usedom-exklusiv.de/winter2004/thurbruch.htm>

ZIMMERMANN (1978): Hydrologisches Gutachten zur Grundwasserregulierung Thur-Bruch. Wasserwirtschaftsdirection Küste, Stralsund.