

ANLAGE (7):

Hydraulische bewerteter

Gewässerunterhaltungsplan (GUP)

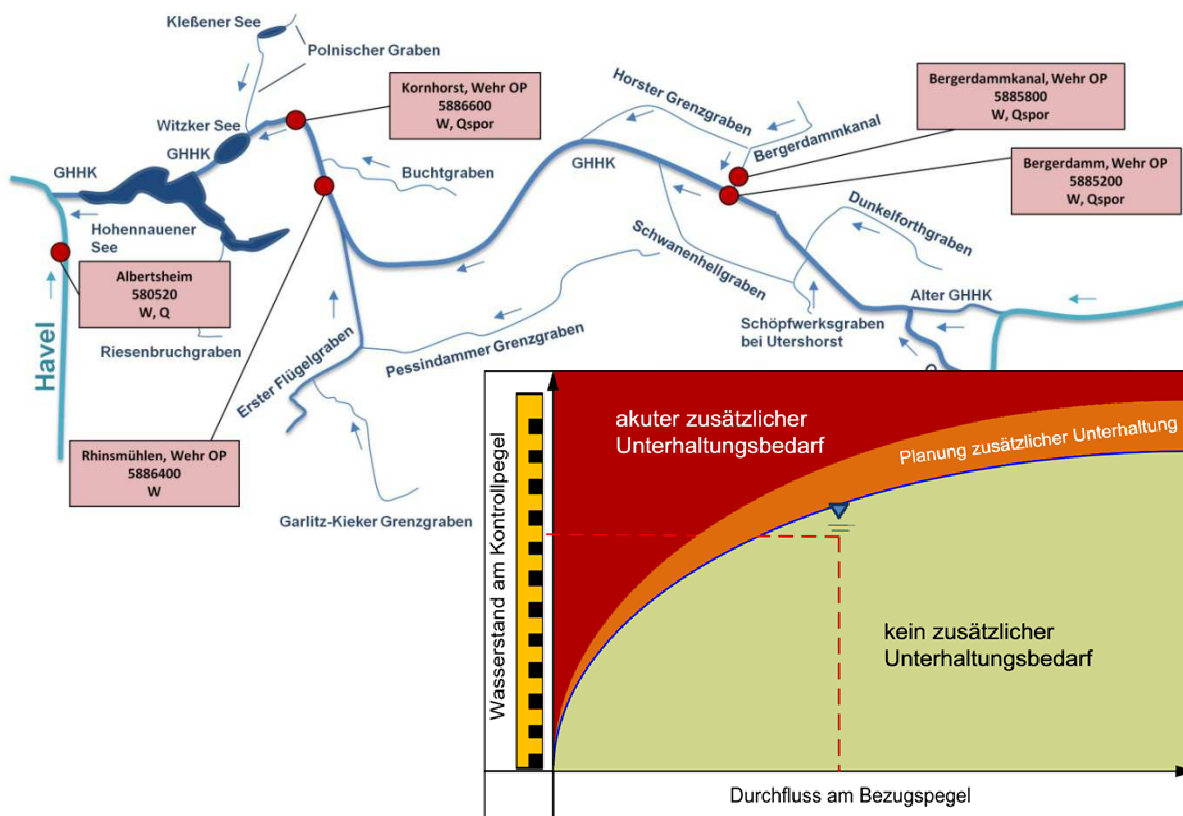
mit Integration eines pegelbasierten Entscheidungsunterstützungssystems für eine bedarfsgerechte Gewässerunterhaltung für den Großen Havelländischen Hauptkanal (GHHK) zum Gewässerentwicklungskonzept (GEK)

im Auftrag des

Landesamt für Umwelt (LfU)

Brandenburg

10. Januar 2017



biota – Institut für ökologische Forschung und Planung GmbH

Geschäftsführer:

Dr. rer. nat. Dr. agr. Dietmar Mehl
Dr. rer. nat. Volker Thiele

Sitz:

18246 Bützow, Nebelring 15

USt.-Id.-Nr. (VAT-Number):

DE 164789073

Telefon:

038461 / 9167-0

Steuernummer (FA Güstrow):

086 / 106 / 02690

Telefax:

038461 / 9167-50 oder -55

Handelsregister:

Amtsgericht Rostock HRB 5562

E-Mail:

postmaster@institut-biota.de

Bankverbindungen:

Commerzbank AG

Internet:

www.institut-biota.de

IBAN: DE79130400000114422900

Volks- und Raiffeisenbank Güstrow e.G.

BIC: COBADEFFXXX

IBAN: DE38140613080000779750

BIC: GENODEF1GUE

Auftragnehmer & Bearbeitung:

Dipl.-Ing. Marc Schneider
Dipl.-Geogr. Christian Gottelt
Dipl.-Laök Jörg Eberts
Dipl.-Ing. Martina Renner
Dipl.-Ing. (FH) Daniela Krauß
Dr. rer. nat. Tim G. Hoffmann
Dr. rer. nat. Dr. agr. Dietmar Mehl

biota – Institut für ökologische Forschung
und Planung GmbH
Nebelring 15
18246 Bützow

Telefon: 038461/9167-0
Telefax: 038461/9167-55

E-Mail: postmaster@institut-biota.de
Internet: www.institut-biota.de

IHU Geologie und Analytik GmbH
Dr. Kurt-Schumacher Str. 23
39576 Stendal

Telefon: 03931/5230-0
Telefax: 03931/523020

E-Mail: IHU@IHU-Stendal.de
Internet: www.IHU-Stendal.de

Auftraggeber:

Dipl.-Biol. Regina Nacke
nachfolgend Dipl.-Ing. Jutta Kallmann
(Ansprechpartnerin, Koordinatorin)

Landesamt für Umwelt Brandenburg

Seeburger Chaussee 2
14476 Potsdam, OT Groß Glienicke

Telefon: 033201-442-449
Telefax: 03321-442-493

E-Mail: Jutta.Kallmann@lfu.brandenburg.de
Internet: <http://www.lfu.brandenburg.de>

Vertragliche Grundlage:

Werkvertrag Nr. S3-VG-13-088 vom 09.05.2014

Bützow, den 10.01.2017

Bevollmächtigter Vertreter der ARGE

Dr. rer. nat. Dr. agr. Dietmar Mehl
Geschäftsführer Institut biota GmbH

Inhaltsverzeichnis

1	Veranlassung und Aufgabenstellung	6
2	Grundlagen	8
2.1	<i>Gebietsdaten</i>	8
2.2	<i>Landnutzung</i>	12
2.3	<i>Geländehöhen</i>	13
2.4	<i>Einzugsgebiet des GHHKs mit Wehren und Schöpfwerken</i>	14
2.5	<i>Stauziele der Wehre am GHHK (WK 5878_1719)</i>	16
2.6	<i>Relevante Schöpfwerke</i>	18
3	Hydrologie	19
3.1	<i>Hydrologische Kenngrößen</i>	19
3.2	<i>Abflusslängsschnitte des GHHK</i>	21
4	Hydraulik	23
4.1	<i>Vorflutanforderungen</i>	23
4.1.1	Anforderungen für die land- und forstwirtschaftliche Flächennutzung	23
4.1.2	Anforderungen für sonstige Flächennutzung	25
4.2	<i>Hydraulische Berechnungen des IST-Zustandes</i>	26
4.2.1	Modellgrundlagen	26
4.2.2	Modellgeometrien und Bauwerke	26
4.2.3	Modellantriebsgrößen	27
4.2.4	Modellrauheiten	27
4.2.5	Modellszenarien und -Ergebnisse Ist-Zustand	29
4.3	<i>Bewertung des IST-Zustandes und Maßnahmenempfehlungen</i>	38
4.4	<i>Hydraulische Prüfung von Maßnahmen</i>	41
5	Entscheidungssystem für bedarfsgerechte Unterhaltung des GHHK	45
5.1	<i>Komponenten</i>	45
5.2	<i>Festlegung der Gewässerabschnitte</i>	46
5.3	<i>Maßgebliche hydrologische Grenzwerte zur Kontrolle der Unterhaltung</i>	46
5.4	<i>Kontrollpegel</i>	48
5.5	<i>Abflussbezugspegel</i>	48

5.6	<i>Einführung einer Wasserstand-Abfluss-Grenzbeziehung (WQG- Beziehung)</i>	49
5.7	<i>Handlungsanweisung</i>	50
6	Unterhaltungsmaßnahmen	52
6.1	<i>Reduzierte Unterhaltung im Gewässerrandbereich (< 3 m)</i>	52
6.2	<i>Reduzierte Unterhaltung der Wasserwechselzone</i>	53
6.3	<i>Monitoring - halbjährliche Gewässerbegehungen</i>	53
7	Maßnahmenkarten	55
8	Maßnahmensteckbriefe	58
9	Literatur/Quellen	93

1 Veranlassung und Aufgabenstellung

Die Gewässer im Gewässerentwicklungskonzept (GEK), in den Teileinzugsgebieten Großer Havelländischer Hauptkanal und Erster Flügelgraben, sind allesamt als erblich veränderte bzw. künstliche Gewässer eingestuft, bedingt durch die bestehenden Nutzungsansprüche. Im Rahmen der GEK-Erarbeitung wurden daraufhin lediglich wenige klassische Renaturierungsmaßnahmen zur Erreichung der Ziele der WRRL aufgestellt, sie weisen lediglich eine untergeordnete Bedeutung auf. Der Schwerpunkt lag aus diesem Grund auf der Betrachtung der wasserhaushaltlichen Verhältnisse und einer im Hinblick auf die Anforderungen der WRRL veränderten Gewässerunterhaltung.

Insbesondere folgende Maßnahmenvorschläge bzw. Unterhaltungsvarianten wurden für den Großen Havelländischen Hauptkanal (Wasserkörper 5878_1719 oberhalb Witzker See) auf einer Länge von 41,43 km im GEK aufgestellt:

- abschnittsweise Reduzierung der Krautung durch Ausweisung von Schonstreifen – kein vollständiges Ausmähen des Gewässerbettes, zeitweilige Schonung möglich großer zusammenhängender Teilbereiche des Gewässers;
- Stromstrichkrautung;
- Schonung des unmittelbaren Wasserwechselbereiches bei der Böschungsmahd;
- Beschränkung der Beseitigung lokaler Abflusshindernisse oder Einbringen und Belassen von Strukturelementen in definierten Abschnitten;
- Abflachen der Ufer in Bereichen mit instabiler Böschungen;
- Erstellung eines Gewässerunterhaltungsplanes (GUP mit integriertem pegelbasierten Entscheidungsunterstützungssystem für eine bedarfsgerechte Gewässerunterhaltung (GU)).

Im Rahmen der GEK-Bearbeitung sind außerdem bestimmte Anforderungen an die Maßnahmenentwicklung bzw. -umsetzung hinsichtlich des Hochwasserschutzes formuliert worden. Für den GHHK, als hochwassergeneigtes Gewässer, wurde grundsätzlich die Zustimmung sämtlicher Maßnahmen versagt, die das ausuferungsfreie Abführungsvermögen verschlechtern oder den Hochwasserabfluss behindern könnten. Auf Grund der speziellen Situation am GHHK kam schließlich der Vorschlag auf, im Zuge des GEK-Projektes nachvollziehbar begründete Aussagen zum Schutzziel der umliegenden Flächen herzuleiten und zu diskutieren.

Mit diesem Hintergrund ergeben sich folgende **Teilaufgaben** für den hydraulisch bewerteten Gewässerunterhaltungsplan (GUP) zu untersuchen:

- Ableitung eines nachvollziehbaren, anhand objektiver Kriterien begründeten Bemessungsabflusses für die Bewertung einer ordnungsgemäßen Unterhaltung
- Ableitung und Abstimmung nutzungsbedingter Grenzwerte
- Ermittlung der vorhandenen - und für die Nutzung der Niederung (nutzungsbedingte Grenzwerte) erforderliche Leistungsfähigkeit des GHHKs
- Modelltechnische Ausweisung des hydraulischen Spielraums für Maßnahmen
- Festlegung von kurzfristig umsetzbaren, hydraulisch abgesicherten Unterhaltungsmaßnahmen und Erstellung von Maßnahmensteckbriefen für die Unterhaltung

- Aufstellung eines hydraulisch abgesicherten, pegelbasierten Unterhaltungsplanes zur regelmäßigen Kontrolle der Maßnahmen bzgl. ihrer hydraulischen Wirksamkeit und Ermöglichung vorrausschauender Modifikationen der Maßnahmen (z.B. mögliche Verringerung oder notwendige Intensivierung der Unterhaltung im Maßnahmenbereich).

2 Grundlagen

2.1 Gebietsdaten

Lage Fließabschnitt des Großen Havelländischen Hauptkanals (WK 5878_1719) von Beginn Wasserkörper am Zusammenfluss GHHK (WK 5878_187) mit dem Alten GHHK (WK 587834_946) bis zur Mündung in den Witzker See

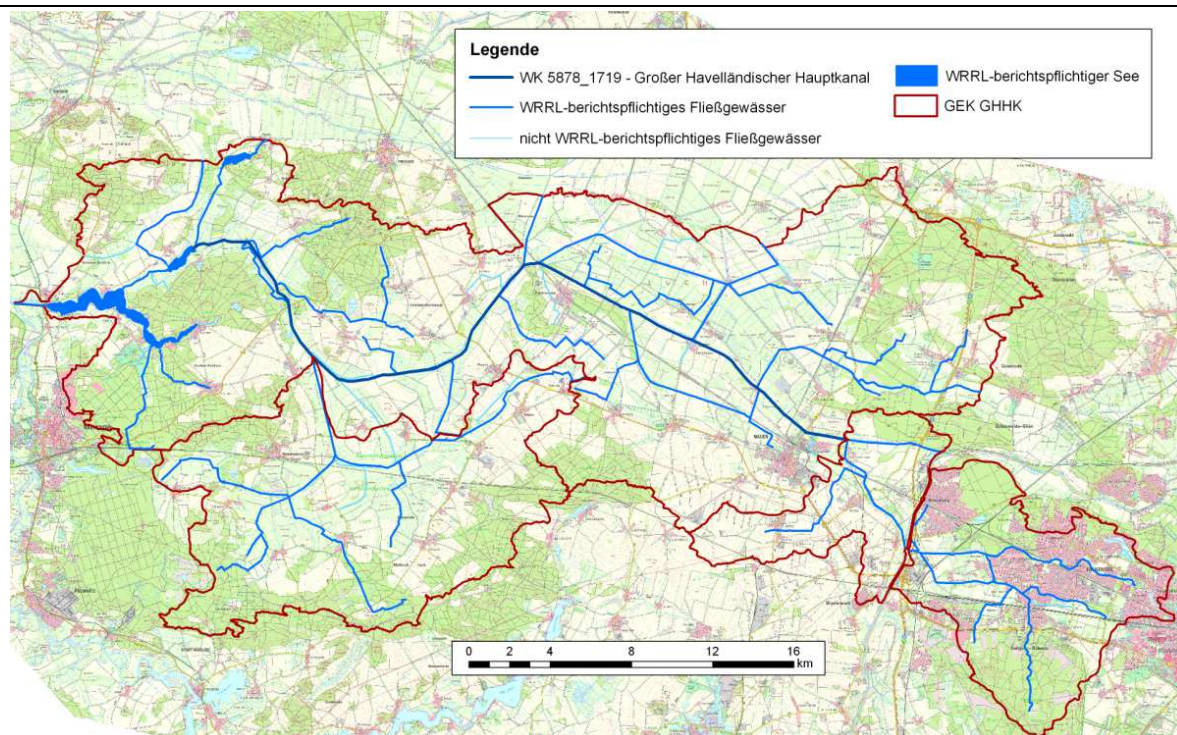


Abbildung 2-1: Einzugsgebiet des Großen Havelländischen Hauptkanals (rote Umrandung) mit dem Wasserkörper 5878_1719 (dunkelblaue, dicke Linie)

Länge Abschnitt	41,43 km (WK 5878_1719)
Landkreis	Landkreis Havelland / Landkreis Potsdam-Mittelmark
Gemeinde	HVL: Stadt Nauen, Stadt Rathenow, Falkensee; Gemeinde Brieselang, Wustermark, Schönwalde-Glien, Dallgow-Döberitz, Paulinenaue, Retzow, Pessin, Mühlenberge, Wiesenaue, Friesack, Märkisch Luch, Kotzen, Nennhausen, Stechow-Ferchesar, Seeblick, Gollenberg, Kleßen-Görne PM: Beetzsee
Amt	Friesack, Nennhausen, Rhinow
Flächennutzung Umland	Grünland-, Wald- und Ackernutzung, Siedlungsgebiete
Geländehöhen	Höhen: siehe Karte Abbildung 2-3: Geländehöhen im Einzugsgebiet des Großen Havelländischen Hauptkanals auf Basis DGM1 (LUGV 2014)
Böden	<u>HvU_GHHK2:</u> im westlichen Bereich bis zur B5 vorwiegend Braun- und Fahlerden auf den höheren Flächen, im Bereich der Niederung des GHHKs Niedermoorflächen

sowie Gleye und Anmoorgleye;
 im östlichen Bereich hauptsächlich Gleye, Humusgleye mit Niedermoorflächen, ganz im Nordosten Podsole mit Braunerden
HvU Flügel:
 Hochlagen Braun- und Fahlerden mit Einschaltungen von Podsolen, in den Niederungen hauptsächlich Niedermoorflächen sowie Gleye
HvU GHHK1:
 nördlicher Bereich Gleye verschiedener Ausprägungen mit wenigen Niedermoorflächen
 südlicher Bereich Braun- und Fahlerden
 (siehe BIOTA 2016)

Schutzgebiete

Europäische Schutzgebiete

FFH-Gebiete
 direkt an WK 5878_1719 angrenzend: „Hundewiesen“, „Paulinenauer Luch“
 Gebiete die potentiell von Wasserkörper beeinflusst, unterteilt nach Einzugsgebieten:
HvU GHHK2: „Görner See“, „Teufelsberg oder Rhinsberg bei Landin“, „Lindholz“, „Paulinenauer Luch“ & „Paulinenauer Luch Ergänzung“, „Leitsakgraben“ & „Leitsakgraben Ergänzung“
HvU Flügel: „Gräninger See“, „Weißes Fenn und Dünenheide“, „Beetzsee-Rinne und Niederungen“
HvU GHHK1: „Heimsche Heide“, „Bredower Forst“, „Döberitzer Heide“, „Ferbitzer Bruch“, „Rhinslake bei Rohrbeck“
SPA-Gebiete
 direkt an WK 5878_1719 angrenzend: „Niederung der Unteren Havel“, „Havelländisches Luch“, „Rhin-Havelluch“
 Gebiete die potentiell von Wasserkörper beeinflusst, unterteilt nach Einzugsgebieten:
HvU Flügel: Niederung der Unteren Havel“, „Havelländisches Luch“, „Mittlere Havelniederung“
HvU GHHK1: „Döberitzer Heide“

Großschutzgebiete

Naturpark „Westhavelland“ im Unterlauf des Wasserkörpers

Landschaftsschutzgebiete

direkt an WK 5878_1719 angrenzend: „Westhavelland“
 Gebiete die potentiell von Wasserkörper beeinflusst, unterteilt nach Einzugsgebieten:
HvU GHHK1: „Nauen-Brieselang-Krämer“, „Königswald mit Havelseen und Seeburger Agrarlandschaft“

Naturschutzgebiete

direkt an WK 5878_1719 angrenzend: „Havelländisches Luch“
 Gebiete die potentiell von Wasserkörper beeinflusst, unterteilt nach Einzugsgebieten:
HvU GHHK2: „Görner See“, „Teufels- oder Rhinsberg“, „Lindholz“, „Große und Kleine Jahnberge“,
HvU Flügel: „Havelländisches Luch“, „Gräninger See“

Trinkwasser-schutzgebiete	Gebiete die potentiell von Wasserkörper beeinflusst, unterteilt nach Einzugsgebieten: <u>HvU Flügel</u> : „Nennhausen“ (Zone I bis III), „Buschow“ Zone I bis III) <u>HvU GHHK1 / HvU GHHK2</u> : „Nauen“ (Zone I bis III) <u>HvU GHHK1</u> : „Radelandberg“ (Zone I bis III), „Staaken“ (Zone III A & B)
Fließgewässer	
Allgemeines	
Gewässereinteilung	Gewässer I. Ordnung (Landesgewässer) GHHK oberhalb Hohennauener See, Bergerdammkanal und Schlaggraben; Gewässer II. Ordnung alle übrigen Gewässer
Unterhaltungs-verband	Wasser- und Bodenverband „Untere Havel-Brandenburger Havel“ (unterhalb B188 am GHHK, Stat. 16+791) und „Großer Havelländischer Hauptkanal-Havelkanal-Havelseen“ (oberhalb B188 am GHHK)
Gewässergefälle	Mittleres Gewässergefälle im WK 5878_1719: 3,0 m auf 41,43 km = 0,07 Promille
gewässertypbezogenes Leitbild	
LAWA – Typ	Der Wasserkörper 5878_1719, welcher im GUP betrachtet wird, ist dem LAWA-Typ 12 zugeordnet. Es handelt sich um einen organisch geprägten Fluss. Nähere Information sind bei BIOTA (2016) zu finden.

2.2 Landnutzung

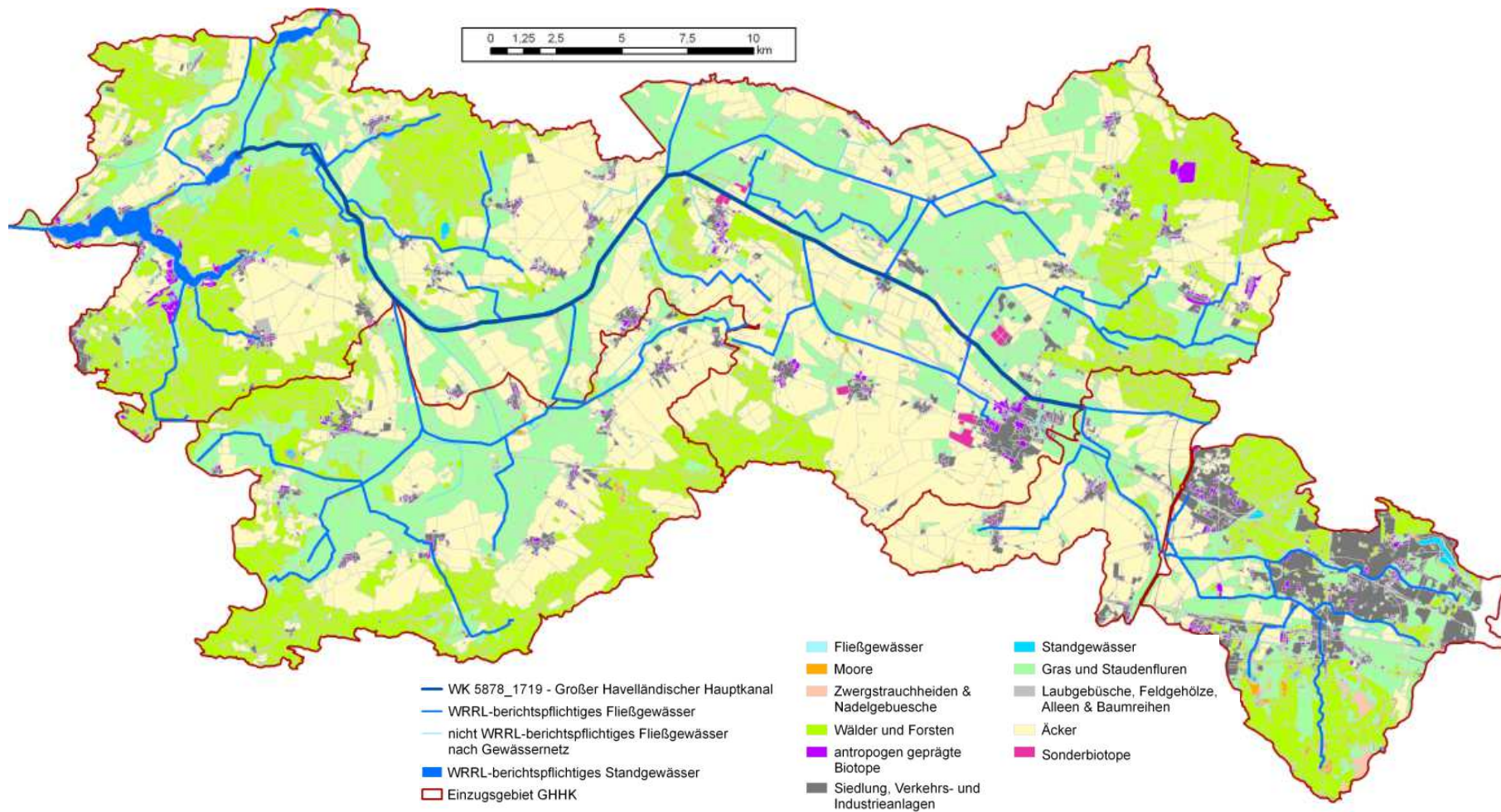


Abbildung 2-2: Landnutzung im Einzugsgebiet des GHHK auf Grundlage CIR-Biotopkartierung (LUGV 2014) – mit den dominierend Landnutzungen: **Grünland** in den Niederungsbereichen, **Acker** und **Wald** (siehe GEK-Hauptbericht)

2.3 Geländehöhen

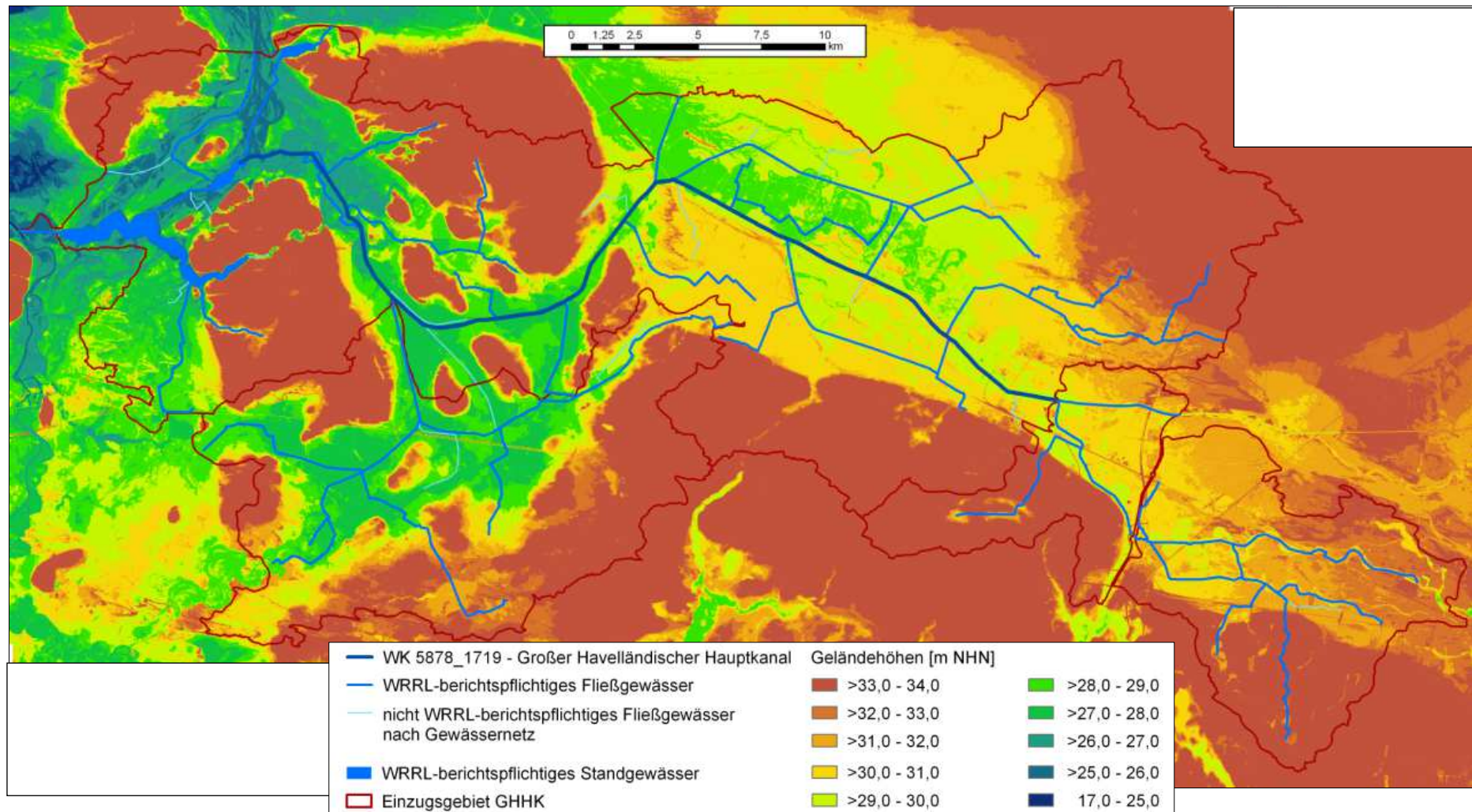


Abbildung 2-3: Geländehöhen im Einzugsgebiet des Großen Havelländischen Hauptkanals auf Basis DGM1 (LUGV 2014)

2.4 Einzugsgebiet des GHHKs mit Wehren und Schöpfwerken

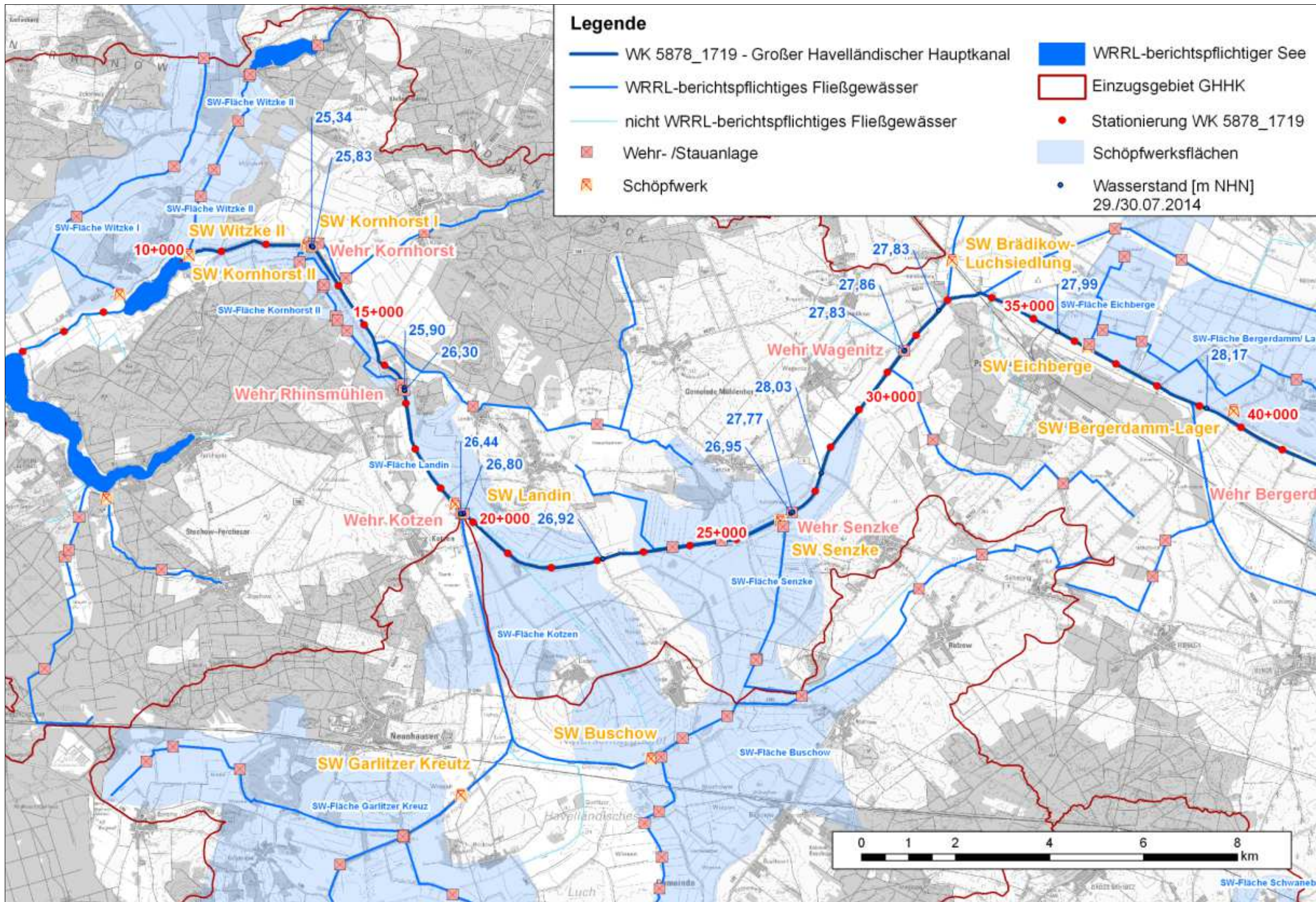


Abbildung 2-4: Unter- und Mittellauf des GHHKs (WK 5878_1719) mit Bauwerken und Wasserstandsmessungen von 2014 (BIOTA 2016)

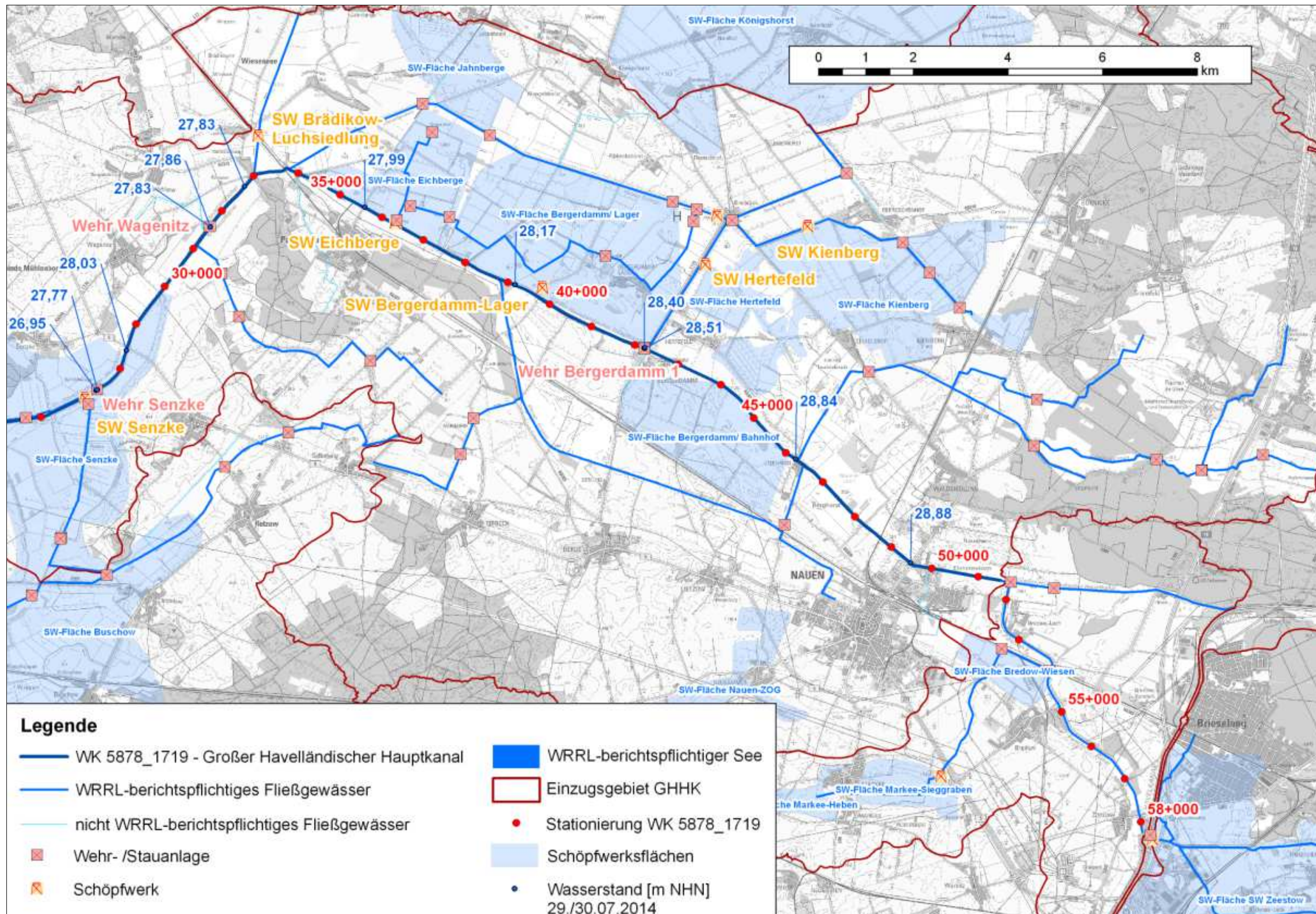


Abbildung 2-5: Mittel- und Oberlauf des GHHKs (WK 5878_1719) mit Bauwerken und Wasserstandsmessungen von 2014 (BIOTA 2016)

2.5 Stauziele der Wehre am GHHK (WK 5878_1719)

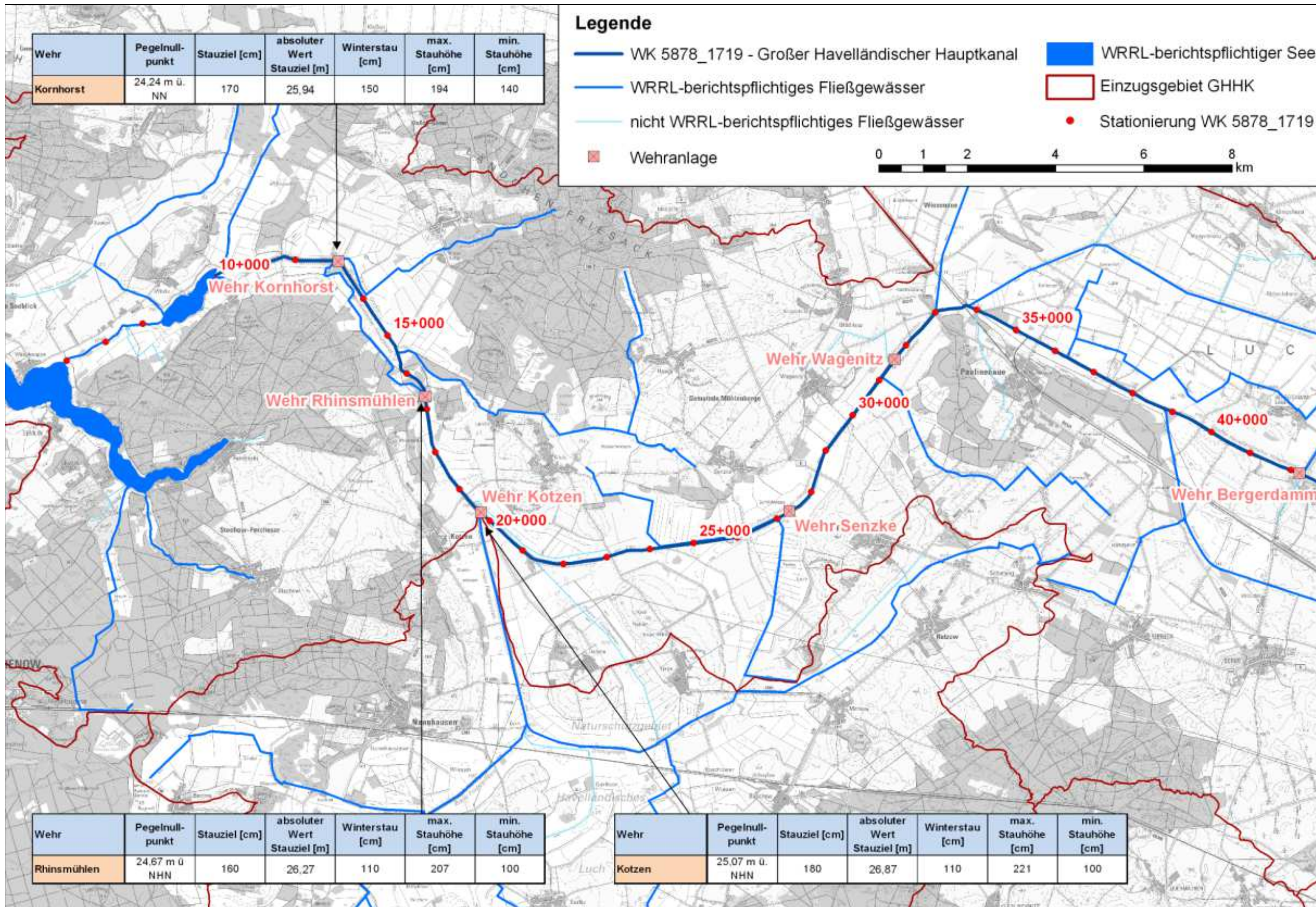


Abbildung 2-6: Unter- und Mittellauf des GHHKs (WK 5878_1719) mit den Wehren und deren wasserrechtliche Stauziele

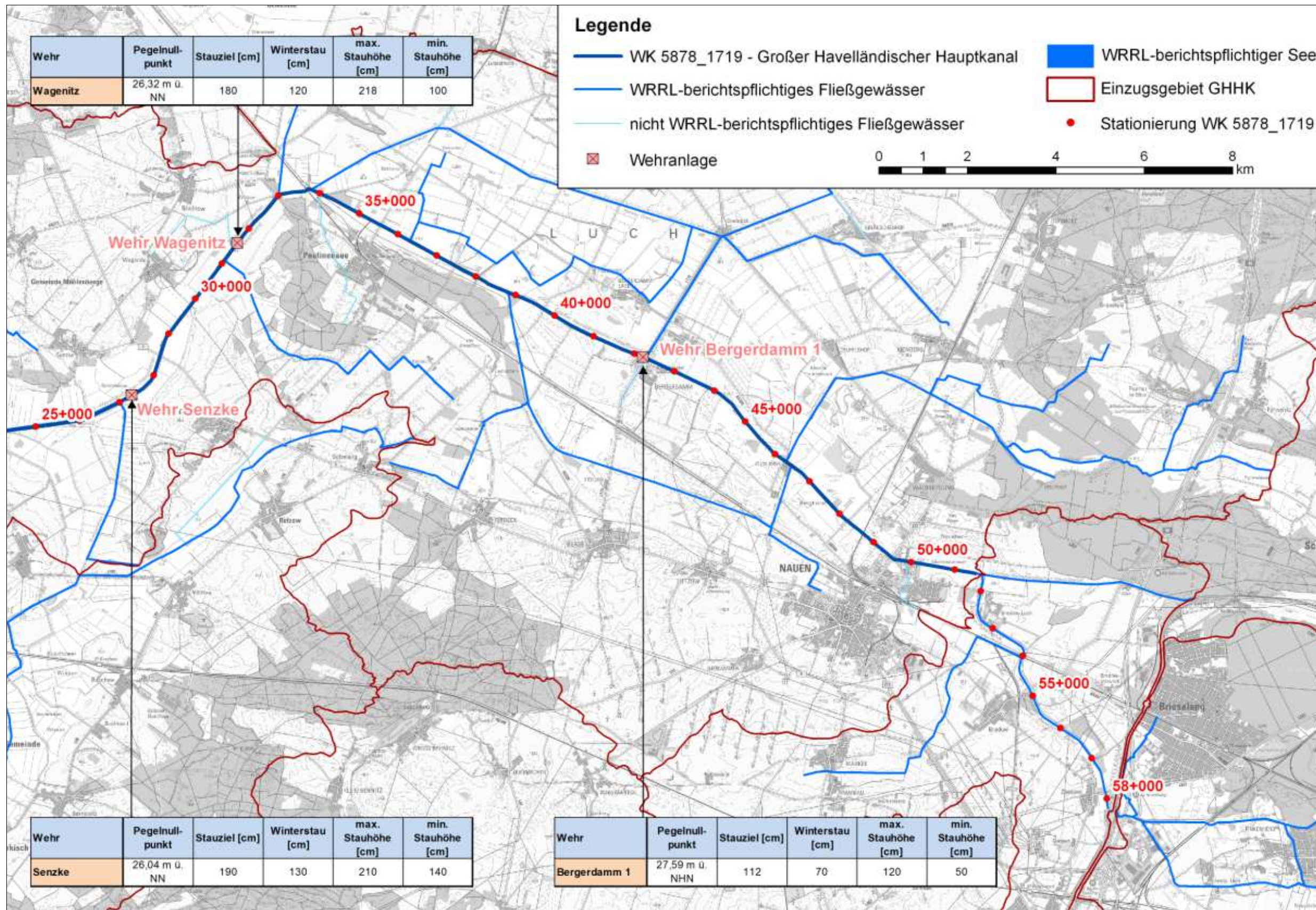


Abbildung 2-7: Mittel- und Oberlauf des GHHKs (WK 5878_1719) mit den Wehren und deren wasserrechtliche Stauziele

2.6 Relevante Schöpfwerke

Tabelle 2-1: Ein- und Ausschaltpeile der relevanten Schöpfwerke

Schöpfwerke	Verband	Gewässername	Gewässer WRRL berichts-pflichtig		Wasserkörper	Betrieb	Pegel-Nullpunkt [mNHN]	Pegel Erlaubnis				Pegel Vor-schlag WBV		Pegel Auftrag UWB		Bemerkung
			ja	nein				EP		AP		EP	AP	EP	AP	
								cm	m NHN	cm	m NHN					
Witzke II	WBV U. Havel	Polnischer Graben	x		5878954_1371	bei Unterschreitung EP im Freiauslauf	24,93	47 (Wi) / 25 (So)	25,40 (Wi) / 25,18 (So)	17 (Wi) / 3 (So)	25,10 (Wi) / 24,90 (So)	-	-	-	-	
Kornhorst I	WBV U. Havel	Görner Seegraben	x		587894_959	keine WR-Genehmigung, da auch komplett außer Betrieb	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Kornhorst II	WBV U. Havel	Lochow-Stechower Grenzgraben	x		5878952_1370	bei Unterschreitung EP im Freiauslauf	-	-	26,30 (Wi) / 25,70 (So)	-	26,0 (Wi) / 25,4 (So)	-	-	-	-	
Landin	WBV Nauen	Graben 40/71		x	-	bei Unterschreitung EP im Freiauslauf	25,12	155 (Wi) / 140 (So)	26,67 (Wi) / 26,52 (So)	125 (Wi) / 110 (So)	26,37 (Wi) / 26,22 (So)	175	155	175	155	
Kotzen	WBV Nauen	Zweiter Flügelgraben		x	-	bei Unterschreitung EP im Freiauslauf	25,16	145 (Wi) / 135 (So)	26,61 (Wi) / 26,51 (So)	130 (Wi) / 115 (So)	26,46 (Wi) / 26,31 (So)	165	145	165	145	
Garlitzer Kreuz	WBV Nauen	Erster Flügelgraben	x		58788_470	bei Unterschreitung EP im Freiauslauf; im Winter durchgehend im Freiauslauf	25,09	170 (So)	26,79 (So)	130 (So)	26,39 (So)	190 (So)	170 (So)	195 (So)	170 (So)	
Buschow	WBV Nauen	Pessindammer Grenzgraben	x		587888_957	bei Unterschreitung EP im Freiauslauf; im Winter durchgehend im Freiauslauf	25,41	150 (So)	26,91 (So)	100 (So)	26,41 (So)	180 (So)	160 (So)	180 (So)	160 (So)	nicht direkt in GHHK einleitender Graben (über 1. Flügelgraben)
Senzke	WBV Nauen	Pessiner Grenzgraben / Graben 41/91	x		587876_953 / 5878762_1367	bei Unterschreitung EP im Freiauslauf	25,69	155 (Wi) / 140 (So)	27,24 (Wi) / 27,09 (So)	125 (Wi) / 110 (So)	26,94 (Wi) / 26,79 (So)	170	150	170	150	zwei berichtspflichtige Gewässer werden geschöpft
Brädikow Luchsiedlung	Betreiber-gemeinschaft (bevorteilte Landwirte und Amt Friesack)	SW-Graben Brädikow	x		5878752_1365	k. A.	27,00	100 (Wi)	28,00 (Wi)	85 (Wi)	27,85 (Wi)	-	-	-	-	
Eichberge	WBV Nauen	SW-Graben Paulinenaue	x		5878732_1364	bei Unterschreitung EP im Freiauslauf; im Winter durchgehend im Freiauslauf	26,45	185 (So)	28,30 (So)	145 (So)	27,90 (So)	200 (So)	180 (So)	200 (So)	180 (So)	
Bergerdamm-Lager	WBV Nauen	k. A.		x	-	bei Unterschreitung EP im Freiauslauf	25,99	250	28,49	220	28,19	260	240	265	240	
Kienberg	WBV Nauen	Nauener Damm-Graben	x		587864_950	bei Unterschreitung EP im Freiauslauf	27,78	100	28,78	70	28,48	110	90	115	95	nicht direkt in GHHK einleitender Graben (über Bergerdammkanal)
Hertefeld	WBV Nauen	k. A.		x	-	bei Unterschreitung EP im Freiauslauf	26,99	170	28,69	140	28,39	170	150	180	150	

3 Hydrologie

3.1 Hydrologische Kenngrößen

Das Abflussverhalten des GHHK weicht im erheblichen Maße von denen natürlicher Fließgewässer ab. Besonderheiten sind:

- Das obere Einzugsgebiet östlich des Havelkanals (98 km²) wird mittels Düker mit dem GHHK verbunden. Demnach sind Hochwasserabflüsse aus diesem Gebiet künstlich begrenzt.
- Zusätzlich kann im Bereich des Havelkanals (Zeestow) Wasser abgeschlagen werden oder zugegeben werden. In der Regel findet eine Beaufschlagung des GHHKs statt.
- Der Durchfluss und die Wasserstände des GHHK werden durch die Steuerung der sechs Wehre im Fließverlauf stark beeinflusst.
- Große Anteile des Einzugsgebietes sind gepoldert und werden durch Schöpfwerke in Richtung GHHK entwässert.
- In Trockenzeiten findet in den Poldern eine Einstaubewässerung mit Hilfe von Wasserentnahmen aus dem GHHK statt.
- Der Unterwasserstand des GHHK hängt von der Bewirtschaftung der Unteren-Havel-Wasserstraße ab.

Aus diesem Grund hat der GHHK ein anthropogen extrem überprägtes Abfluss- und Wasserstandsregime. Wasserstands- und Abflusskennzahlen lassen sich daher nicht durch eine einfache Regionalisierung oder Übertragung aus Einzugsgebieten gewinnen. So stellen Abflusszahlen aus dem für Brandenburg flächendeckend verfügbaren hydrologischen Regionalisierungsmodell für Niedrig- und Mittelwasserverhältnisse (ArcEGMo, Quelle: ####) eher den quasinatürlichen - und nicht den tatsächlichen Abfluss des Gebietes dar.

Für eine sichere Bestimmung sind kontinuierliche Durchfluss- und Wasserstandsmessungen erforderlich. Im GHHK existieren zwei Pegel mit kontinuierlicher Durchflussmessung (Abbildung 3-1), wobei derzeit nur für den Pegel Rhinsmühlen verwertbare Daten für die Abflussjahre 2013 bis 2015 vorliegen, die erst nach der hydraulischen Bearbeitung zur Verfügung gestellt werden konnten. Zusätzlich werden seit 1990 am Pegel Rhinsmühlen und 1994 am Pegel Bergerdamm sporadische Durchflussmessungen durch das LfU durchgeführt. Aus diesen Werten wurden für beide Pegelstandorte maßgebliche Kennzahlen als Orientierungswerte abgeleitet (Tabelle 3-1).

Bezüglich Hochwasserscheiteldurchflüssen bestehen die gleichen Probleme (anthropogene Überprägung, wenige Messungen). Als Orientierungswerte können daher lediglich die Regionalisierungswerte von LAUTERBACH & GLOS (DHI ####) für den Pegel Bergerdamm herangezogen werden (Tabelle 3-2).

Als untere Randbedingung für die Modellstartwasserstände im GHHK werden die Hauptzahlen vom Pegel Albertsheim in der Unteren-Havel-Wasserstraße verwendet (Tabelle 3-3).

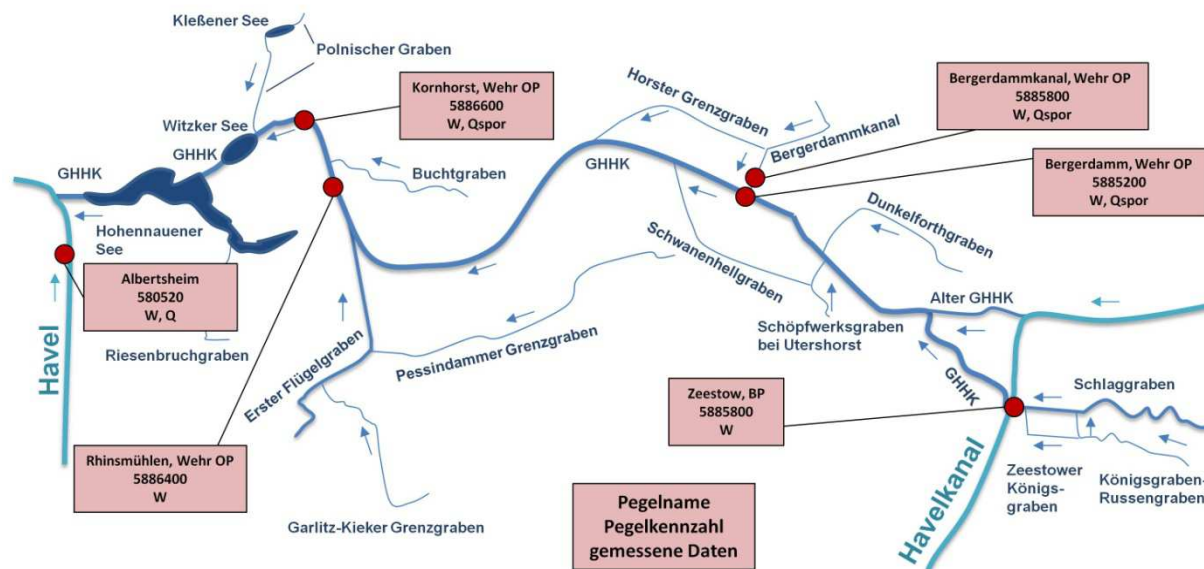


Abbildung 3-1: Relevante wasserwirtschaftliche Pegel im Untersuchungsgebiet

Tabelle 3-1: Abflusskennzahlen des GHHK aus sporadischer Messung

Pegel Rhinsmühlen - Abflusskennzahlen aus sporadischen Messungen (108 Messwerte zwischen 1990 und 2016)			
	Jahr	Sommer	Winter
NQ	0,08	0,08	0,28
MNQ	0,88	-	-
MQ	2,26	1,24	3,04
MHQ	4,84	-	-
HQ	9,53	5,39	9,53

Pegel Bergerdamm - Abflusskennzahlen aus sporadischen Messungen (132 Messwerte zwischen 1994 und 2016)			
	Jahr	Sommer	Winter
NQ	0,10	0,10	0,43
MNQ	0,84	-	-
MQ	1,16	1,00	1,33
MHQ	2,01	-	-
HQ	9,34	1,90	9,34

Tabelle 3-2: Hochwasserscheitelabflüsse für Pegel Bergerdamm nach LAUTERBACH & GLOS (Quelle: DHI ##)

Ereignis	EZG Schlaggraben [m³/s]	EZG GHHK (Stauh. Bergerdamm) [m³/s]
HQ ₂	1,59	2,40
HQ ₅	2,11	3,15
HQ ₁₀	2,55	3,78
HQ ₂₀	3,03	4,47
HQ ₅₀	3,74	5,48
HQ ₁₀₀	4,33	6,33
HQ ₂₀₀	4,98	7,25

Tabelle 3-3: Wasserstandshauptzahlen für Pegel Albertsheim (Untere Havel-Wasserstraße) (Quelle: Stammdatenblatt WSA #####)

pot. Startwasserstand vom Pegel Albertsheim PNP = 24,51 m NHN	
m NHN	
NNW	24,99
MNW	25,11
W _{Sommer (August 2016)}	25,22
MW	25,64
MHW	26,33
HHW	27,17

3.2 Abflusslängsschnitte des GHHK

Für die Bewertung der Unterhaltung und hydraulische Modellierung ist die Ableitung eines maßgeblichen Abflusslängsschnittes erforderlich. Dadurch werden Zu- und Abflüsse entlang des Fließverlaufes adäquat berücksichtigt. Grundlage bildet das ArcEGMo-Modell (###). Da dieses Modell eher das natürliche Abflussverhalten darstellt, unterschätzt es offensichtlich die anthropogenen Einflüsse. So wird der Wasserzuschuss aus der Havel (Zeestow) als wesentliche Überprägung nicht berücksichtigt. Der Unterschied zwischen **MQ-Modellwerten** und mittleren gemessenen Werten in Bergerdamm und Rhinsmühlen beträgt ca. 400 l/s. In Abstimmung mit der Projektarbeitsgruppe wird diese Differenz als mittlerer Havelwasserzuschuss gedeutet und die Modellwerte entsprechend modifiziert.

Für die **MQ_{Sommer}-Werte** muss den Wasserentnahmen zu Bewässerungszwecken entlang des GHHK Rechnung getragen werden. Stark vereinfachend wird angenommen, dass der Havelwasserzuschuss von 400 l/s am Wehr Bergerdamm aufgebraucht wird. Danach entsprechen die Abflussmengen unterhalb des Wehres Bergerdamm wieder den quasinatürlichen Werten aus ArcEGMo.

Die beschriebenen Modifikationen werden in Tabelle 3-4 umgesetzt und die maßgeblichen Abflusslängsschnitte dargestellt.

Tabelle 3-4: Abflüsse des GHHK nach modifizierter ArcEGMo-Regionalisierung

nächstes Wehr	DLM-Station	regionalisierter (annähernd quasinatürlicher) Mittelwasserabfluss nach ArcEGMo		modifizierter regionalisierter Mittelwasserabfluss unter Berücksichtigung von ca. 400 l/s Havelwasserzuschüssen		mittelwasserbezogene Variation des Abflussregimes entlang des GHHK			
		MQ-Sommer (ArcEGMo)	MQ (ArcEGMo)	MQ*-Sommer (ArcEGMo)	MQ**-ArcEGMo	0,3 x MQ (ca. MNQ)	1,5 x MQ (ca. MQ Winter)	2 x MQ (ca. MHQ)	3 x MQ (ca. HQ ₁₀)
	58+232	0,315	0,366	0,7	0,8	0,2	1,1	1,5	2,3
	53+438	0,433	0,504	0,8	0,9	0,3	1,4	1,8	2,7
	45+531	0,638	0,777	1,0	1,2	0,4	1,8	2,4	3,5
Bergerdamm	42+203	0,642	0,801	1,0	1,2	0,4	1,8	2,4	3,6
	41+530	0,715	0,945	0,7	1,3	0,4	2,0	2,7	4,0
Wagenitz	31+570	0,852	1,19	0,9	1,6	0,5	2,4	3,2	4,8
Senzke	27+286	0,891	1,25	0,9	1,7	0,5	2,5	3,3	5,0
Kotzen	19+635	1,19	1,61	1,2	2,0	0,6	3,0	4,0	6,0
Rhinsmühlen	16+712	1,22	1,64	1,2	2,0	0,6	3,1	4,1	6,1
	15+085	1,29	1,73	1,3	2,1	0,6	3,2	4,3	6,4
Kornhorst	12+976	1,29	1,73	1,3	2,1	0,6	3,2	4,3	6,4

*Havelwasserzuschuss, Annahme: im Sommer wirksam bis Berger Damm, unterhalb wird Zuschuss durch Bewässerung verbraucht

**Havelwasserzuschuss bei Mittelwasserverhältnissen über den gesamten GHHK wirksam

Mangels kontinuierlicher Messdaten wird in Tabelle 3-4 auch das weitere Abflussspektrum aus den modifizierten MQ-Werten abgeleitet. Als maßgebliche Grundlage für die landwirtschaftliche Nutzbarkeit des Umlandes werden MHQ und HQ10-Abschätzungen vorgenommen. Der zweifache bzw. dreifache MQ-Wert entspricht laut Kennwerten des Pegels Bergerdamm in etwa einem MHQ- bzw. HQ₁₀-Scheitelabfluss.

4 Hydraulik

4.1 Vorflutanforderungen

4.1.1 Anforderungen für die land- und forstwirtschaftliche Flächennutzung

Die Unterhaltung dient nach Wasserhaushaltsgesetz (WHG) u.a. der Sicherstellung des Ordnungsgemäßen Wasserabflusses. Dies beinhaltet die Sicherstellung von Vorflutverhältnisse, die die gewohnte Nutzung der bevorteilten Flächen ermöglicht. Im Falle des GHHKs, dessen benachbarte Flächen zum großen Teil durch Schöpfwerke entwässert werden, werden durch die Vorflutwasserstände fast ausschließlich die Betriebsdauern und Freiauslaufzeiten der Schöpfwerke beeinflusst.

Insbesondere in sand- und niedermoorgeprägten Talräumen der Tieflandbäche und Tieflandflüsse besteht ein enger Zusammenhang zwischen den Grund- und den Vorflutwasserständen. Daher kann vereinfachend davon ausgegangen werden, dass die Fluss- und Grabenwasserstände bei Mittelwasserverhältnissen auch die mittleren Grundwasserstände der unmittelbar angrenzenden Flächen widerspiegeln.

Unabhängige Betroffenheiten auf Land- und Forstwirtschaftsflächen durch Unterschreitung kritischer Grundwasserflurabstände (GWFA) aufgrund hoher Wasserstände im GHHK werden durch die Schöpfwerksbewirtschaftung verhindert. Freiausläufe sind immer dann möglich, wenn die Vorflutwasserstände im GHHK niedriger sind als die für die Bewirtschaftung notwendigen Wasserstände in den Poldern. Die notwendigen Wasserstände ergeben sich aus den nutzungsspezifischen Grenzgrundwasserflurabständen im Bewirtschaftungszeitraum. Hochwasserstände innerhalb des Polders spielen nur dann eine Rolle, wenn aufgrund der Überschreitung der Leistungsfähigkeit Wasserübertritte aus dem GHHK in die Polder auftreten und gleichzeitig die Schöpfwerkskapazitäten überschritten werden bzw. wenn eine Havarie eintritt.

Gewöhnliche Zustände

Die Ausbildung bestimmter Nutzpflanzengesellschaften auf Grünländern, Ertragswerte auf Äckern sowie die Befahrbarkeit und die Möglichkeit von Beweidung von Flächen hängen vom Feuchtegrad der Flächen ab. Dieser wird maßgeblich durch die räumliche und zeitliche Verteilung der Grundwasserflurabstände (GWFA) beeinflusst. Als Grenzwerte für die Bewirtschaftbarkeit werden in der Fachliteratur folgende mittlere Grundwasserflurabstände (bei MQ_{Sommer} im Vorflutgewässer) angesetzt (LÖFFLER et al. 1978, SUCCOW & JOOSTEN 2001):

- **Acker: GWFA $\geq 0,7$ m**
(0,6 - 0,8 m unter Flur -Richtwerte für Entwässerungstiefen)
- **Grünland: GWFA $\geq 0,4$ m**
(Jahresmediane der Wasserstände 0,35 - 0,7 m unter Flur; Wasserstufe 2+, mäßig feucht, gut nutzbare Feuchtwiese und- weiden von guter bis mäßiger Futterqualität)

Es wird davon ausgegangen, dass die **Waldflächen** in der Niederung an hohe Wasserstände angepasst sind. Konkrete GWFA-Grenzwerte können ohne weitere Untersuchungen nicht festgelegt werden. Als Orientierungswert wird im Rahmen dieser Arbeit mit einem Wert von **GWFA $\geq 0,4$ m** im Sommer gearbeitet.

Hochwasserzustände

Desweiteren wird die Nutzungssicherheit an der Wiederkehr von Hochwasserüberschwemmungen gemessen. Je häufiger eine Fläche überschwemmt wird, umso höher ist die Wahrscheinlichkeit für Nutzungsausfälle.

Die Projektierung von Meliorationsanlagen in der DDR ist üblicherweise nach den Standards der TGL (Technische Normen, Gütevorschriften und Lieferbedingungen) erfolgt. Für die Bemessung von Durchlässen und Gräben sind in der TGL 24737/01 Hochwasserwiderkehrintervalle festgelegt (Nowak et al. 1981), die sich am Schutzniveau der zu schützenden Bauobjekte und Kulturlächen ausrichten. Danach wurde für Weiden und Mähweiden Objektschutz mit einem Hochwasserwiderkehrintervall von 2 bis 3 Jahren und für Äcker von 10 Jahren zugrundegelegt. Die aktuellen Normen (s. Tabelle 4-1) empfehlen, sogar geringere Überschwemmungssicherheiten anzusetzen.

Als Schutzziele für den Untersuchungsabschnitt werden in Anlehnung an die beschriebenen Normen folgende Wiederkehrintervalle (T) für Überschwemmungen als „tolerierbar“ empfohlen:

- **Acker: 5 bis 10 Jahre** (es wird in der Niederung von einer angepassten Nutzung ausgegangen)
- **Grünland: 2 Jahre**
- **Wald: 2 Jahre (außer naturnahe Auwälder)**
- **Naturlandschaft: 0 Jahre** (Auwald ist auf jährliche Überflutungen angewiesen)

Tabelle 4-1: Bemessungsansätze für verschiedene wasserbauliche Anlagen und Schutzgüter

Wasserbauliche Anlage und anzuwendende Norm	Schadenspotential und Nutzungsart der gefährdeten Flächen	Empfohlene Wiederholungszeitspanne
Stauanlagen (DIN 19700-12) Anwendungsbereich: Hochwasserrückhaltebecken (gewöhnlicher Hochwasserrückhalteraum)	Klasse I: hochwertig bebaute Gebiete	T = 100 a
	Klasse II: übrige bebaute Gebiete, überörtliche Verkehrsanlagen	T = 50 bis 100 a
	Klasse III: Einzelbauten, nicht dauernd bewohnte Siedlungen	T = 25 bis 50 a
	Klasse IV: landwirtschaftliche Intensivkulturen	T = 10 bis 25 a
	Klasse V: Ackerflächen	T = 5 bis 10 a
Wasserbauwerke (DIN 19661-1:1998-07) Anwendungsbereich: Kreuzungsbauwerke; Durchleitungs- und Mündungsbauwerke in Gewässern, insbesondere im landwirtschaftlichen Wasserbau	Hoch: dichte, empfindliche Bebauung, sehr wichtige (unterirdische) Verkehrsanlagen, hochwertige Gewerbe- und/oder Industrieanlagen, Versorgungsanlagen	T = 25 bis 100 a
	Mittel: bebaute Gebiete, oberirdische Verkehrsanlagen von Bedeutung	T = 10 bis 50 a
	Mittel/gering: Streubebauung, gärtnerische und landwirtschaftliche Intensivkulturen	T = 5 bis 25 a

Wasserbauliche Anlage und anzuwendende Norm	Schadenspotential und Nutzungsart der gefährdeten Flächen	Empfohlene Wiederholungszeitspanne
Hochwasserschutzanlagen an Fließgewässern (DIN 19712: 2013-1) Anwendungsbereich: Neubau, Instandhaltung und Verteidigung von Deichen, Hochwasserschutzwänden und planmäßige mobile Hochwasserschutzsysteme	Sehr hoch: Sonderobjekte mit außergewöhnlichen Konsequenzen im Hochwasserfall	Im Einzelfall zu bestimmen
	Hoch: geschlossene Siedlungen, Industrieanlagen	T = 100 a
	Mittel: Einzelgebäude. Nicht dauerhaft bewohnte Siedlungen, regionale Infrastrukturanlagen	T = 25 a
	Gering: Landwirtschaftlich genutzte Flächen (in der Regel wird einer der Situation angepasste Landwirtschaft betrieben)	T bis 5 a
	Gering: Naturlandschaft	T = 0 a
Schöpfwerke/Pumpwerke (DIN 1184 Teil 1:1992-3) Anwendungsbereich: Bau und Betrieb von Schöpfwerken, die den Abfluss aus stehenden oder fließenden Gewässern sicherstellen	Hoch: dichte, empfindliche Bebauung, sehr wichtige (unterirdische) Verkehrsanlagen, hochwertige Gewerbe- und/oder Industrieanlagen, Versorgungsanlagen	T = 25 bis 100 a
	Mittel: bebaute Gebiete, oberirdische Verkehrsanlagen von Bedeutung	T = 10 bis 50 a
	Mittel/gering: Streubebauung, gärtnerische und landwirtschaftliche Intensivkulturen	T = 5 bis 25 a
	gering: Wald, Grünland, Ackerflächen	T = 2 bis 10 a

4.1.2 Anforderungen für sonstige Flächennutzung

Im Wirkungsbereich des GHHKs befinden sich Ortslagen, wie z.B. Nauen und Paulinenaue. Als kritische GWFA wurden im Zusammenhang mit der Hochwasserstudie „Analyse und Bewertung von Steuerungsmöglichkeiten der Wasserstände im Großraum Paulinaue/Großer Havelländischer Hauptkanal (GHHK)“ von DHI-WASY & BAH (2011) wurde auf Basis der Auswertungen langjähriger Grundwasserstandsmesswerte in der **Ortslage** Paulinaue ein Zielgrenzwert für **GWFA von 1,4 m** für bebaute Bereiche ermittelt. Das zeigt, dass die Ortslagen in der Niederung grundsätzlich an geringe GWFA angepasst sind. Für das Untersuchungsgebiet wird dieser Wert übernommen. Anforderungen bezgl. Überflutungsschutz bei Hochwasser ergeben sich ebenfalls aus Tabelle 4-1 in der Regel wird für Gebäude und Ortslagen eine Hochwasserschutz für seltene bis außergewöhnliche Ereignisse gefordert (T = 25...100 Jahre). Im Rahmen dieser Studie wird sich aufgrund der Fragestellung (Bewertung von Unterhaltungsmaßnahmen) auf die Betrachtung gewöhnlicher und häufigerer Hochwasserabflüsse bis ca. HQ10 beschränkt. Bei zunehmenden Abflüssen (>Bordvoll) verlieren die vorgesehenen Maßnahmen an Bedeutung, so dass davon ausgegangen werden kann, dass wenn die Bordvollabflüsse nicht kritisch verändert werden, auch seltenere Abflüsse nur unkritisch beeinflusst werden.

4.2 Hydraulische Berechnungen des IST-Zustandes

4.2.1 Modellgrundlagen

Das verwendete hydraulische Programm HEC-RAS Version 5.0.3 wird vom Institut of Hydrologic Engineering Center des US Army Corps fortlaufend weiterentwickelt (<http://www.hec.usace.army.mil>). Es ermöglicht die 1-D-Wasserspiegellagenberechnung naturnaher Gerinne auf Grundlage der Fließformel nach MANNING-STRICKLER. Es können stationäre sowie instationäre Strömungsverhältnisse modelliert werden. In dieser Untersuchung wird der stationäre Strömungsansatz verwendet.

Fließformel nach MANNING/STRICKLER

$$Q = k_{St} \cdot \sqrt{I_e} \cdot R^{2/3} \cdot A$$

mit k_{St} = STRICKLER-Beiwert (Geschwindigkeitsbeiwert) ($m^{1/3}/s$)

bzw. $n = 1/k_{St}$ = MANNING-Beiwert ($s/m^{1/3}$) (als Eingangsparameter in HEC-RAS)

Zur Bestimmung des Geschwindigkeitsbeiwerts aus der MANNING-STRICKLER-Formel stehen umfangreiche Literatur- und Messwerte für naturnahe und verkrautete Tieflandgewässer zur Verfügung. Eigene Messungen im Rahmen wissenschaftlicher Untersuchungen erfolgten z.B. in SCHNEIDER (2007), PINKAU 2013, MITTAG 2016). Auch aufgrund der guten Kalibrierbarkeit und der übersichtlichen Zuordnung zu den Rauheitsverhältnissen im Gewässer wird dieser Ansatz für das Untersuchungsgebiet gewählt.

4.2.2 Modellgeometrien und Bauwerke

Das hydraulische Modell des GHK umfasst die Flusskilometer 9+657 (Zulauf Witzker See) bis 58+342 (Kreuzung Havelkanal). Es werden insgesamt 534 Querprofile aus der Gewässervermessung im Auftrag des LUGV (2007) verwendet. Die Vermessungsstationierung weicht leicht (30 bis 70 m) von der aktuellen DLM-Routen-Stationierung des GHK ab und wurde daher auf Basis der Lagekoordinaten umgerechnet. Die aufgenommenen Querprofile enthalten durchschnittlich ca. 15 Stützpunkte im Sohl-, Böschungs- und Uferbereich (ca. 5 bis 10 m). Damit kann ein Abflussspektrum bis zum Bordvollbereich realitätsnah abgebildet werden.

Die Wehrbauwerke im GHK werden vereinfacht durch Verwendung der amtlichen Stauzielwasserhöhen an jedem Staubaufwerk berücksichtigt. Die Sommerstauziele (Tabelle 4-2, letzte Spalte) werden im Modell als Startwasserhöhen im Oberwasserbereich der Wehre erzwungen werden. Bei gezogenen Wehren (bei Hochwasser und im Winter) ist vereinfachend das Querprofil im Bauwerksbereich (hydraulische Engstelle ohne Einbauten) maßgeblich für die Wasserstandsentwicklung.

Tabelle 4-2: Wehrbauwerke im GHK mit Stationierung und Stauzielen

Wehr	Station (nach DLM Route)	Pegelnullpunkt	Stauziel (cm)	Winterstau (cm)	max. Stauhöhe (cm)	min. Stauhöhe (cm)	Stauziel (m NHN*)
Bergerdamm 1	42+211	27,59 m ü. NHN	112	70	120	50	28,71
Wagenitz	31+582	26,32 m ü. NN	180	120	218	100	28,12
Senzke	27+322	26,04 m ü. NN	190	130	210	140	27,94
Kotzen	19+729	25,07 m ü. NHN	180	110	221	100	26,87
Rhinsmühlen	16+729	24,67 m ü. NHN	160	110	207	100	26,27
Kornhorst	13+003	24,26 m ü. NN	170	150	194	140	25,96

*Vereinfachte Annahme: NN = NHN

4.2.3 Modellantriebsgrößen

Bei der stationären hydraulischen Modellierung werden Abflusswerte im Längsverlauf des Gewässers sowie die Startwasserstände am unteren Modellrand (Witzker See) nach Tabelle 3-3 verwendet (vergl. auch Kap. 3.2). Bei den Startwasserständen im Witzker See wird vereinfachend von einem ausgespiegelten Wasserstand mit der Unteren Havel-Wasserstraße, repräsentiert durch Pegel Albertsheim, ausgegangen. Mögliche Aufstauerscheinungen zwischen den Havel- bzw. Seeverbindungen werden dabei (mangels örtlicher Pegelaufzeichnungen) vernachlässigt.

 Tabelle 4-3: Modell-Abflüsse in m³/s (nach modifizierter ArcEGMo-Regionalisierung entsprechend Tabelle 3-4) und Startwasserstände nach Tabelle 3-3

Station (HEC-RAS)	0,3 x MQ (ca. MNQ)	MQ _{Sommer}	MQ	1,5 x MQ (ca. MQ Winter)	2 x MQ (ca. MHQ)	3 x MQ (ca. HQ ₁₀)
58342	0,23	0,72	0,77	1,15	1,53	2,30
53385	0,27	0,83	0,90	1,36	1,81	2,71
45541	0,35	1,04	1,18	1,77	2,35	3,53
42200	0,36	1,04	1,20	1,80	2,40	3,60
41571	0,40	0,71	1,35	2,02	2,69	4,04
31573	0,48	0,85	1,59	2,39	3,18	4,77
27311	0,50	0,89	1,65	2,48	3,30	4,95
Startwasserstand Witzker See (m NHN)	25,22	25,22	25,64	25,64	25,64	25,64

4.2.4 Modellrauheiten

Die Fließwiderstände werden im struktur- und gefällearmen sowie stark zur Verkräutung neigenden GHK von Wasserpflanzen dominiert und sind damit vor allem zeitlich hoch dynamisch. Im Folgenden werden die Fließwiderstände auch vereinfachend als Rauheit bezeichnet. Im Modell werden die Rauheiten durch Geschwindigkeitsbeiwerte nach STRICKLER (K_{ST}) berücksichtigt. Richtwerte für K_{ST} -Beiwerte in Abhängigkeiten der Kräutungshäufigkeit

gibt die DDR-Norm TGL 36873/02. Standardmäßig wird im GHHK zweimal im Jahr gekrautet. Die Bemessungsrauhheit für MQ-Verhältnisse beträgt damit $15 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$. Diese Richtwerte der DDR-Norm TGL entsprechend nahezu den aktuellen eigenen Erfahrungs- und Messwerten aus vergleichbaren Gewässern in Mecklenburg-Vorpommern und Brandenburg und sind als Mittelwerte zwischen zwei Krautungsterminen zu verstehen. Im Bewuchsmaximum (z.B. kurz vor der Krautung) treten teilweise extreme Rauheiten mit K_{ST} -Werten von unter 6 bis $7 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ auf, dies wurde durch Kalibrierungsmessungen in DHI-WASY & BAH (2011) im GHHK ermittelt und entspricht auch den Messwerten vergleichbarer Fließgewässer der Tiefebene (z.B. SCHNEIDER (2007), PINKAU (2013), MITTAG (2016)). Im Winter und bei zunehmenden Abfluss ($> \text{MQ}$) nimmt der Einfluss des Bewuchses deutlich ab und es ist mit Rauheiten zwischen 20 bis $35 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ zu rechnen (Erdkanäle, LFU 2002). Die mittlere kalibrierte Winterrauhheit beträgt nach DHI-WASY & BAH (2011) im GHHK $25 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ und die Schwankungsbreite liegt bei ca. $\pm 5 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$.

Entlang des GHHK treten insbesondere im Sommer lokale Unterschiede der Bewuchsintensitäten auf. In Abhängigkeit der Beschattung durch Bäume wird die Verkrautungsneigung des GHHK in Tabelle 4-4 als hoch bis sehr hoch eingeschätzt. Die Beschattung durch Ufervegetation stellt in solchen eutrophen Gewässern den dominierenden Begrenzungsfaktor für die dichte submerser Makrophyten dar (LfU 1993). Aufgrund der Breite des GHHKs, werden bei den derzeitigen Baumbeständen nur Teilbeschattungen erreicht und die Verkrautungsneigung bleibt hoch. Nur dichte Baumbestände im unmittelbaren Böschungsbereich der Südseite können langfristig zu einer mittleren Verkrautungsneigung führen.

Tabelle 4-4: Abschnittsbezogener Beschattung und Verkrautungsneigung im GHHK

Wehr am oberen Abschnittsrand	von Station	bis Station	Beschattung	Verkrautungsneigung
Bergerdamm 1	33050	42211	kaum	sehr hoch
	31582	33050	alte Baumreihe rechts und teilw. links	hoch
Wagenitz	30190	31582	keine	sehr hoch
	28490	30190	Baumreihe mit Lücken, links, Süden	hoch
	27322	28490	keine	sehr hoch
Senzke	23070	27322	keine	sehr hoch
	21416	23070	niedrige Baumreihe mit Lücken, links, Süden	hoch
	19729	21416	keine	sehr hoch
Kotzen	18700	19729	vereinzelte Bäume, kleines Wäldchen mit Abstand zum Fluss, links	hoch
	16729	18700	Baumreihe links, westen	hoch
Rhinsmühlen	16130	16729	Wald links vom UH-Weg, Süden	hoch
	13003	16130	keine	sehr hoch
Kornhorst	10000	13003	keine	sehr hoch

Für die Modellszenarien werden in diesem Rahmen maßgebliche Rauheiten in Abhängigkeit der Verkrautungsneigung des Abschnittes definiert (Tabelle 4-5): Etwas Vereinfachend wird zur besseren Lesbarkeit im Folgenden $K_{ST} \approx 15$ synonym für den MQ-Sommer-Bemessungswert und $K_{ST} \approx 7$ für das MQ-Sommer-Maxima verwendet.

Tabelle 4-5: Definition der STRICKLER-Beiwerte der Modellszenarien

Verkrautungsneigung des Abschnittes	MQ-Sommer Bemessungswert	MQ-Sommer Sommer-Maxima	Winterabflüsse MQ-Winter bis HQ ₁₀	Toleranzrauheit für Winterabflüsse MQ-Winter bis HQ ₁₀
Erläuterung	Bemessungswert für 2 malige Krautung = $15 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$	häufig gemessener maximaler Zustand im GHHK	typischer gemessener Normalzustand Winter	typischer Schwankungsbereich ± 5
mittel * (stark beschattet)	20*	10*	25*	20*
hoch (wenig beschattet)	17	7	25	20
sehr hoch (nicht beschattet)	15	6	25	20

*kommt derzeit im GHHK nicht vor

4.2.5 Modellszenarien und -Ergebnisse Ist-Zustand

Durch die Modellszenarien werden sowohl die für die Nutzung wesentlichen Sommerzustände, als auch die Winterzustände im GHHK wiedergegeben. Aufgrund der Bewuchsdynamik werden dabei unterschiedliche Rauheitszustände untersucht.

Gewöhnliche Sommerverhältnisse: Der GHHK wird in der Regel zweimal im Jahr gekrautet. Hierzu gehören die maschinelle Sohlkrautung vom Wasser aus, sowie die fast flächendeckenden Böschungsmahd vom Land aus. In der TGL 36873/02 werden die Widerstandbeiwerte nach MANNING-STRICKLER für Tieflandgewässer mit unterschiedlichen Krautungshäufigkeiten angegeben. Für zweimalige Krautung beträgt der Wert $K_{ST} \approx 15 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$. Dieser Wert stellt einen **repräsentativen Zustand** zwischen zwei Krautungsterminen dar, tatsächlich kommt es direkt nach einer Krautung im Sommer zum schnellen Wiederaufwachsen der submersen Pflanzen. Das bedeutet auch, dass direkt vor einer Krautung höhere Rauheiten erreicht werden. Im GHHK wurde bei Kalibrierungsmessungen häufig sommerliche Rauheitswerte von ca. $K_{ST} \approx 7 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ nachgewiesen (DHI-WASY & BAH 2011). Damit geht auch ein Wasserstandsschwankungsverhalten bei gewöhnlichen Sommerabflüssen (MQ_{Sommer}) einher. In Abbildung 4-1 werden die IST-Sommerwasserstände für einen repräsentativen (**Szenario 1**) und einen starken (**Szenario 2**) Verkrautungszustand bei zweimaliger Krautung bei normalen Wehrstauzielen dargestellt. Unterhalb der Wehre betragen die Wasserstandsunterschiede zwischen den beiden berechneten Szenarien ca. 0,2 bis 0,3 m (vergl. auch Tabelle 4-6).

Für den repräsentativen Sommermittelwasserzustand (MQ_{Sommer} , $K_{ST} \approx 15 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$) im GHHK werden in Abbildung 4-3 die GWFA im Untersuchungsgebiet wiedergegeben. Dabei wird auch in den Poldern von einem Freiauslauf und einem Minimalgefälle von 0,02 ‰ ausge-

gangen. Die Karte zeigt, wo in diesem Zustand im landwirtschaftlich genutzten Untersuchungsgebiet wechselfeuchte bis frische Verhältnisse (GWFA 0,35 bis 0,7 m) mit guten Voraussetzungen für Grünlandnutzung vorherrschen.

Verdeutlicht wird dies auch durch die Abbildung 4-4, in der potenzielle Nutzungsbetroffenheiten in Abhängigkeit vom mittleren sommerlichen GWFA ausgewiesen werden. Dabei werden die Grenzwerte aus Abs. 4.2.5 zugrunde gelegt und für verschiedene Szenarien angewendet. Neben den schon beschriebenen Szenarien 1 und 2 wird der gemessene vorherrschende Wasserstand im August 2016 ausgewertet. Zu diesem Zeitpunkt herrschten außergewöhnlich trockene Bedingungen und die Wehre wurden zugunsten der Durchflusserhaltung unter die Normalstauzielhöhen abgesenkt. Damit werden in dieser Karte Betroffenheiten bei sehr niedrigen (rot) und mittleren repräsentativen Wasserständen (gelb) und typischerweise hohen Wasserständen vor der Krautung (grün) wiedergegeben.

Winter- und Hochwasserverhältnisse: Zur Darstellung der winterlichen Zustände wurde ein **Szenario 3** mit drei unterschiedlichen Durchflussverhältnissen modelliert. Im Winter nimmt der Einfluss des Krautwuchses deutlich ab, da ein Großteil der submersen Vegetation abstirbt. Übliche Winterrauheiten vergleichbarer organisch geprägter Tieflandflüsse liegen zwischen $K_{ST} = 20$ und $35 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$, gelegentlich werden auch Rauheiten unter $20 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ erreicht (eigene Messungen Biota). In der DHI-WASY & BAH (2011)- Studie wurden im GHHK Winterrauheiten von ca. $25 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ kalibriert. Dieser Wert stellt annähernd den Normalzustand im GHHK im Winter da und kann lokal und zeitweilig leicht unter- oder überschritten werden (natürlicher Schwankungsbereich $\pm 5 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$). Kleinere Widerstandsbeiwerte deuten auf Zunahme der Fließwiderstände z.B. durch verbliebene Pflanzenreste oder auf Sohlauflandungen gegenüber den Vergleichsprofilen aus der Vermessung 2007 hin. **In der Modellierung im Szenario 3 wird von einer erhöhten Rauheit von $K_{ST} = 20 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ ausgegangen und als Prüfkriterium, ob ein kritischer Unterhaltungszustand erreicht wird empfohlen.**

Abbildung 4-2 stellt die berechneten Wasserspiegellagen für den GHHK dar. Im Winter werden alle Wehre außer Wehr Senzke gezogen. Erst bei Hochwasserabflüssen wird auch das Wehr Senzke gezogen. Der Längsschnitt zeigt, dass bei dem angesetzten MHQ-Abflüssen (= 2 x MQ) - das entspricht einer Wiederkehrshäufigkeit von ca. 2 bis 3 Jahren- keine Wasserübertritte erfolgen. Erst bei dem angesetzten HQ10 (3 x MQ) kommt es im Bereich des Polders SW-Senske zu Wasserübertritten über die Verwallung und der bordvolle Abfluss im GHHK ist erreicht (Abbildung 4-6). Bei dem HQ10 kommt es im Polder zu Überflutung von Grünlandflächen und in der sehr geringen Maße sind auch Ackerflächen betroffen. Damit wird beim angesetzten HQ10, die nach gängigen Normen (Tabelle 4-1) empfohlene maximale Überflutungshäufigkeit für Ackerflächen 5 bis 10 Jahre gerade erreicht. **Insofern stellt der Hochwasser- bzw. Winter- K_{ST} -Wert von $20 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ den maximal tolerierbaren Widerstandsbeiwert für den GHHK in Bezug auf die 2007 erfassten Gerinnegeometrien dar.** Bei Unterschreitung dieses Wertes sollten demnach verstärkte Unterhaltungsmaßnahmen eingeleitet werden.

Tabelle 4-6: Modellierte Wasserstände der Szenarien im Bereich der Kontrollpegel und an den Modellrändern

Lage	Station	1	2	x	3			x
		MW _{Sommer} (Bemes- sung)	MW _{Sommer} (Maxima)	NW (gemesse- ne WST)	MQ _{Winter} 1,5 x MQ grenzrauh	MHQ 2 x MQ grenzrauh	HQ10 3 x MQ grenzrauh	MW _{Sommer} (Grenz- wert. nach Krautung)
[m ^{1/3} /s]:		K _{ST} ≈ 15	K _{ST} ≈ 7	1. August 2016	K _{St} = 20	K _{St} = 20	K _{St} = 20	K _{St} = 12
Witzker See	9+657	25,22	25,22	25,22	25,64	25,64	25,64	25,22
Wehr Kornhorst	UP 12+951	25,39	25,64	25,26	25,80	25,89	26,08	25,44
	OP 13+003	25,96	25,96	25,44	25,80	25,89	26,09	25,96
Wehr Rhinsmühlen	UP 16+709	26,02	26,16	25,68	26,03	26,19	26,46	26,04
	OP 16+729	26,27	26,27	26,12	26,03	26,19	26,47	26,27
Wehr Kotzen	UP 19+717	26,36	26,58	26,26	26,47	26,65	26,95	26,42
	OP 19+729	26,87	26,87	26,67	26,47	26,65	26,95	26,87
Wehr Senzke	UP 27+311	27,03	27,29	26,80	27,22	27,40	27,72	27,09
	OP 27+332	27,94	27,94	27,68	27,34	27,41	27,72	27,94
Wehr Wagenitz	UP 31+573	27,97	28,05	27,72	27,75	27,90	28,20	27,98
	OP 31+582	28,12	28,12	28,02	27,75	27,90	28,20	28,12
Wehr Bergerdamm	UP 42+200	28,29	28,54	28,32	28,43	28,61	28,92	28,33
	OP 42+211	28,71	28,71	28,64	28,43	28,61	28,92	28,71
Modellrand	58+342	28,83	29,04	28,64	28,73	28,90	29,22	28,86

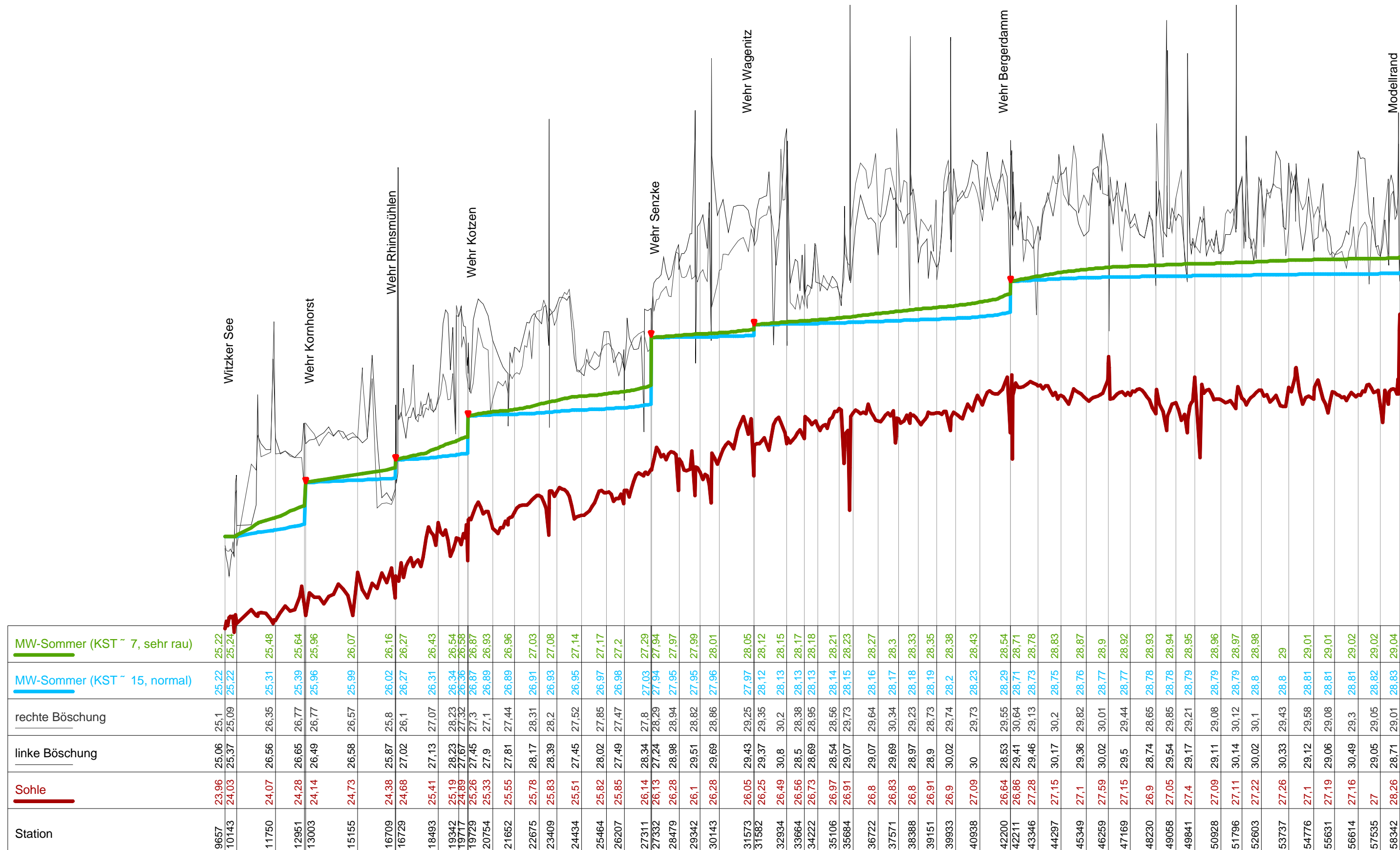


Abbildung 4-1: Gewöhnliche IST-Sommer-Wasserstände für MQ_{Sommer} nach Krautung ($K_{ST} \approx 15 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$) und MQ_{Sommer} vor Krautung ($K_{ST} \approx 7 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$, sehr rau), rote Dreiecke = Sommerstauziele [Höhen in m NHN]

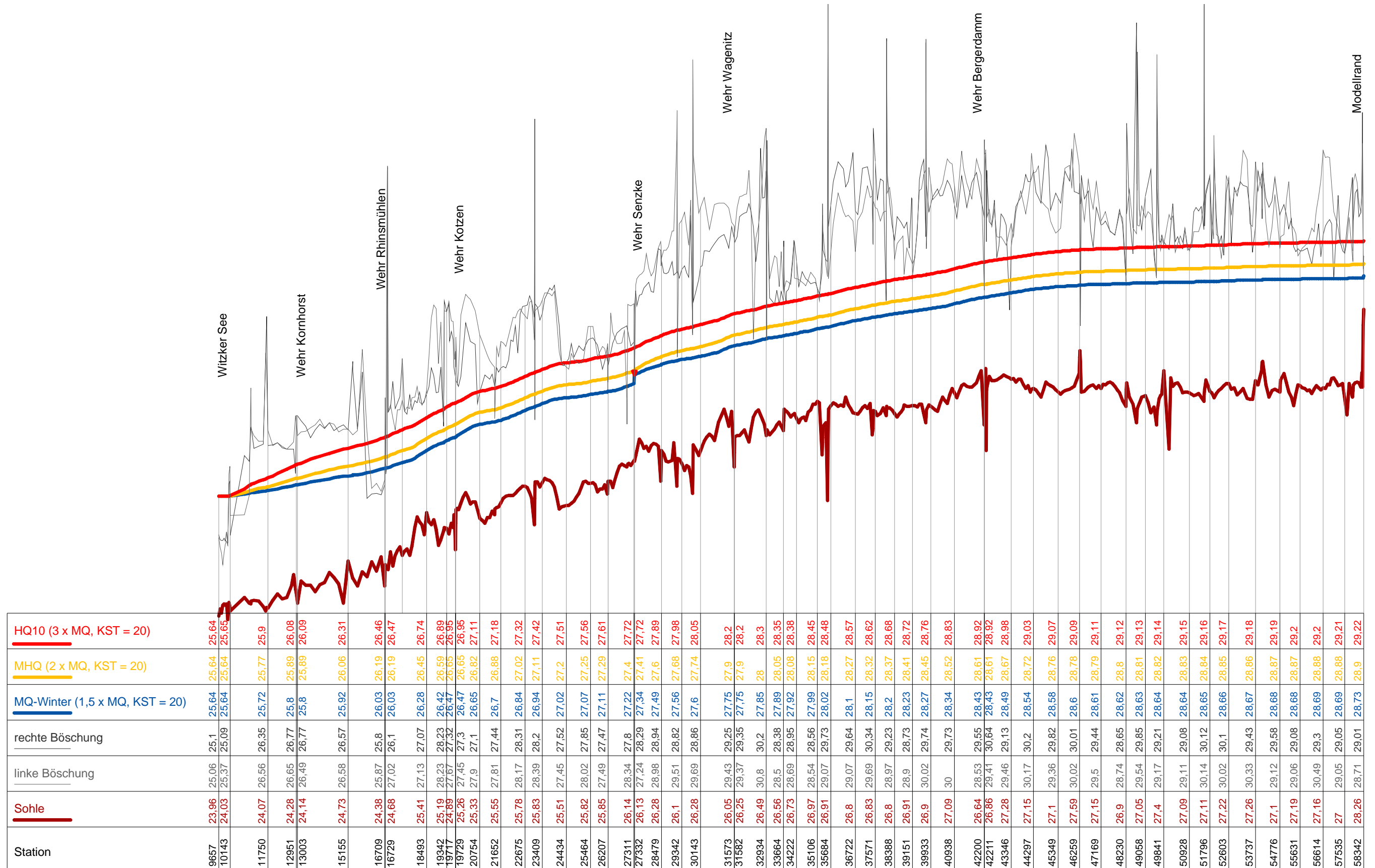


Abbildung 4-2: Winterabflüsse bei max. tolerierbarer Rauheit ($K_{ST} = 20 \text{ m}^{1/3}$) für $1,5 \times \text{MQ} \approx \text{MQ-Winter}$, $2 \times \text{MQ} \approx \text{MHQ}$ und $3 \times \text{MQ} \approx \text{HQ10}$, rotes Dreieck = Winterstauziel Wehr Senzke

Hydraulisch bewerteter Gewässerunterhaltungsplan (GUP) für den GHHK

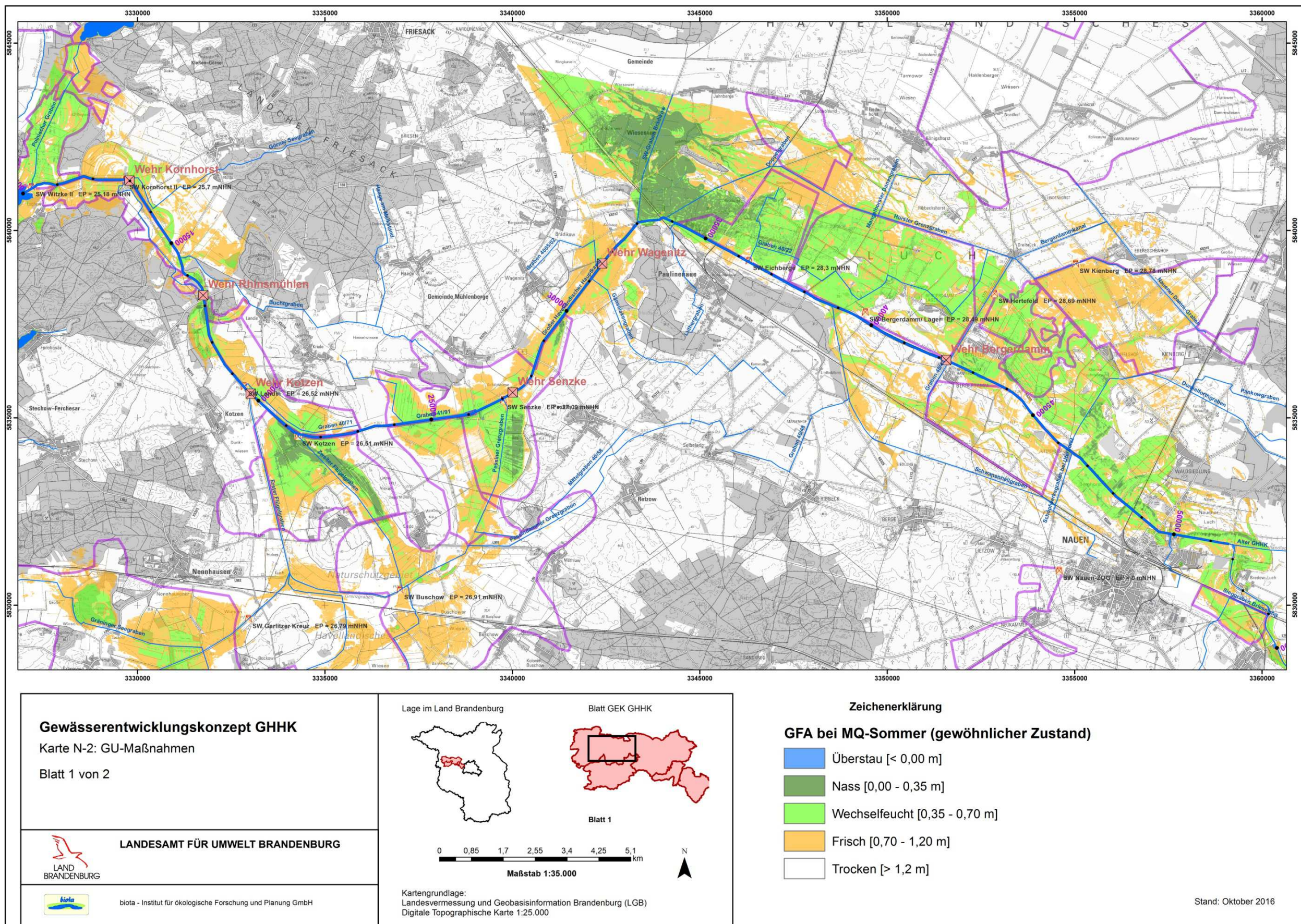


Abbildung 4-3: Derzeitiger gewöhnlicher Sommerzustand (MQ-Sommer, Sommerstauziele, gewöhnlicher Krutzustand ($K_{ST} \approx 15 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$) bei 2 x Krautung/Jahr)

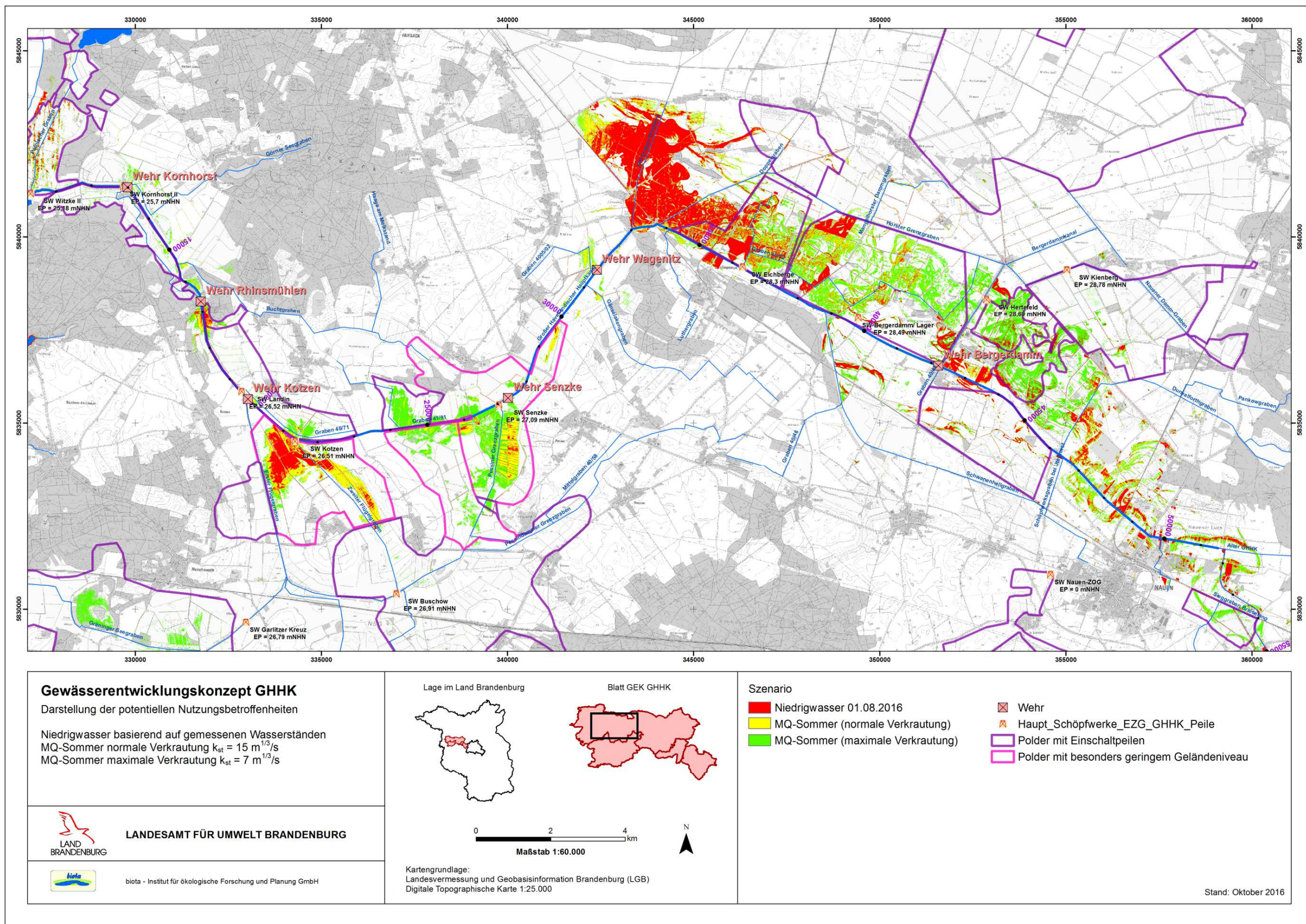


Abbildung 4-4: Nutzungsbetroffenheiten bei Niedrigwasser (August 2016 - gemessen), MQ-Sommer-repräsentativ ($K_{ST} \approx 15 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$), MQ-Sommer-Maximum vor Krautung ($K_{ST} \approx 7 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ – sehr rau)

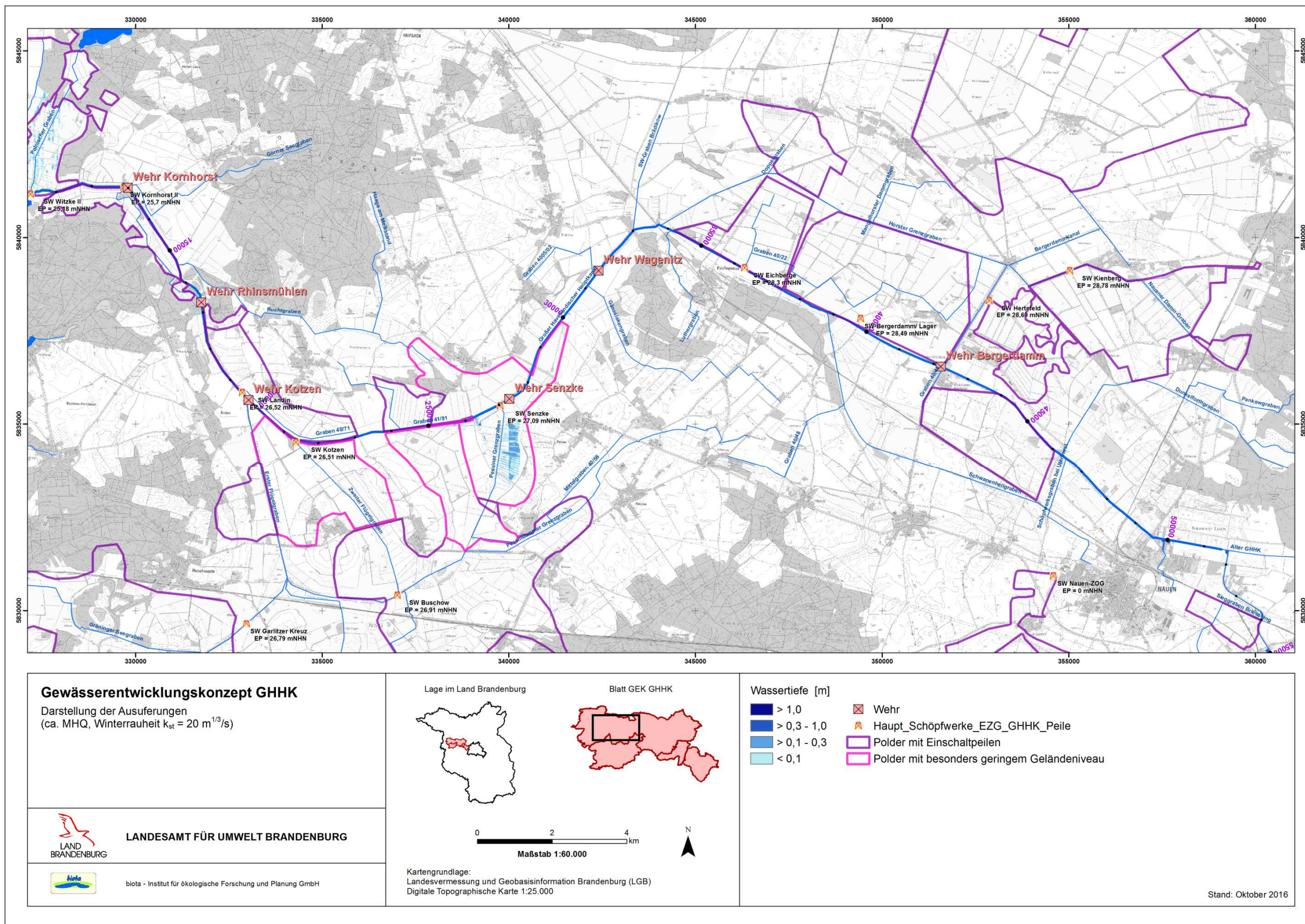


Abbildung 4-5: Potentielle Ausuferungen bei mittleren Hochwasserabflüssen und max. tolerierbarer Winterrauhheit ($K_{ST} = 20 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$) bei $2 \times \text{MQ} \approx \text{MHQ}$

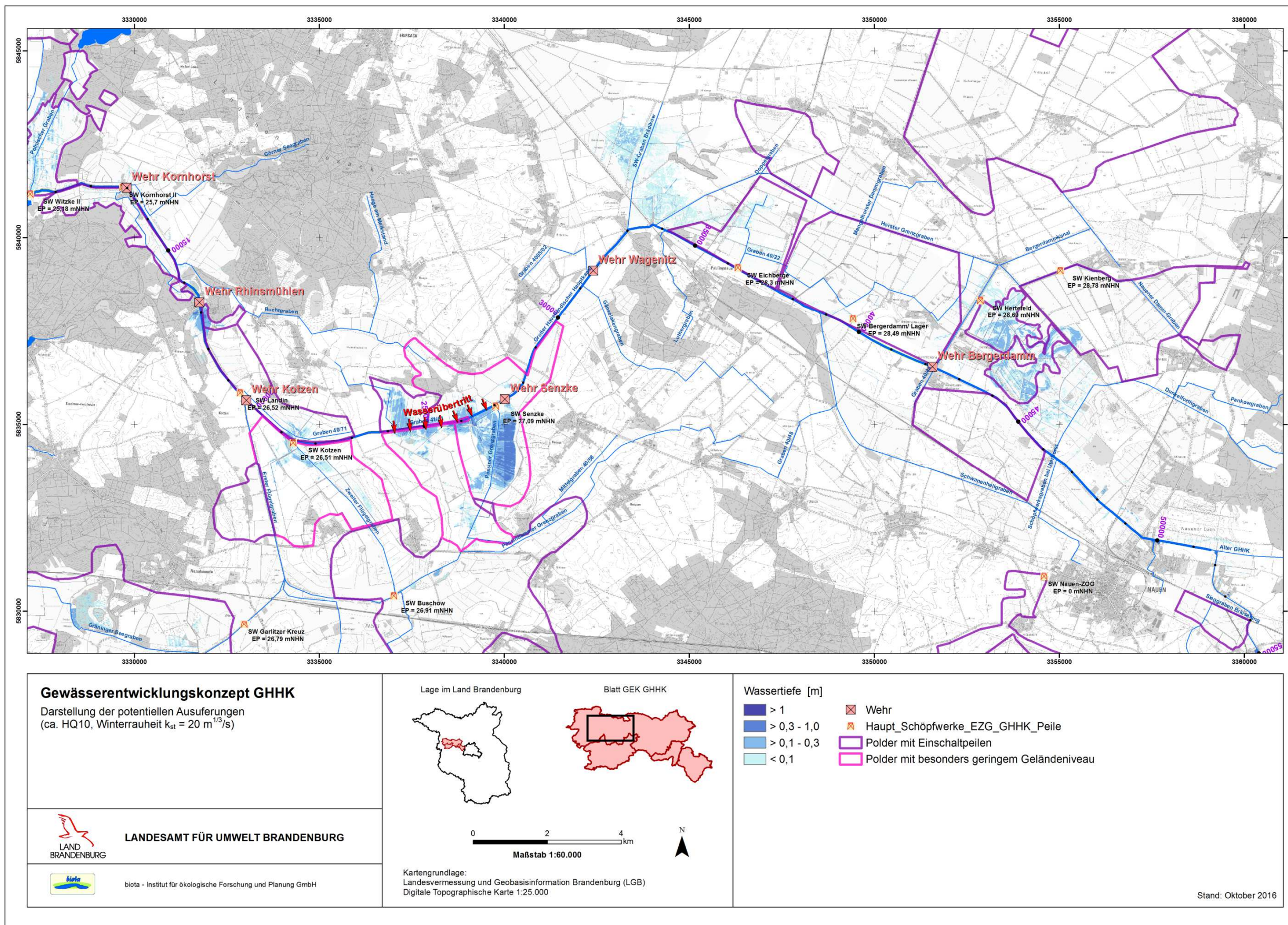


Abbildung 4-6: Potentielle Ausuferungen und tatsächliche Wasserübertritte bei nahezu Bordvoll-Abflüssen und max. tolerierbarer Winterrauheit ($K_{ST} = 20 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$) bei $3 \times \text{MQ} \approx \text{HQ10}$

4.3 Bewertung des IST-Zustandes und Maßnahmenempfehlungen

Aus den Sommer- und Hochwasser-Berechnungsszenarien (Abbildung 4-1 und

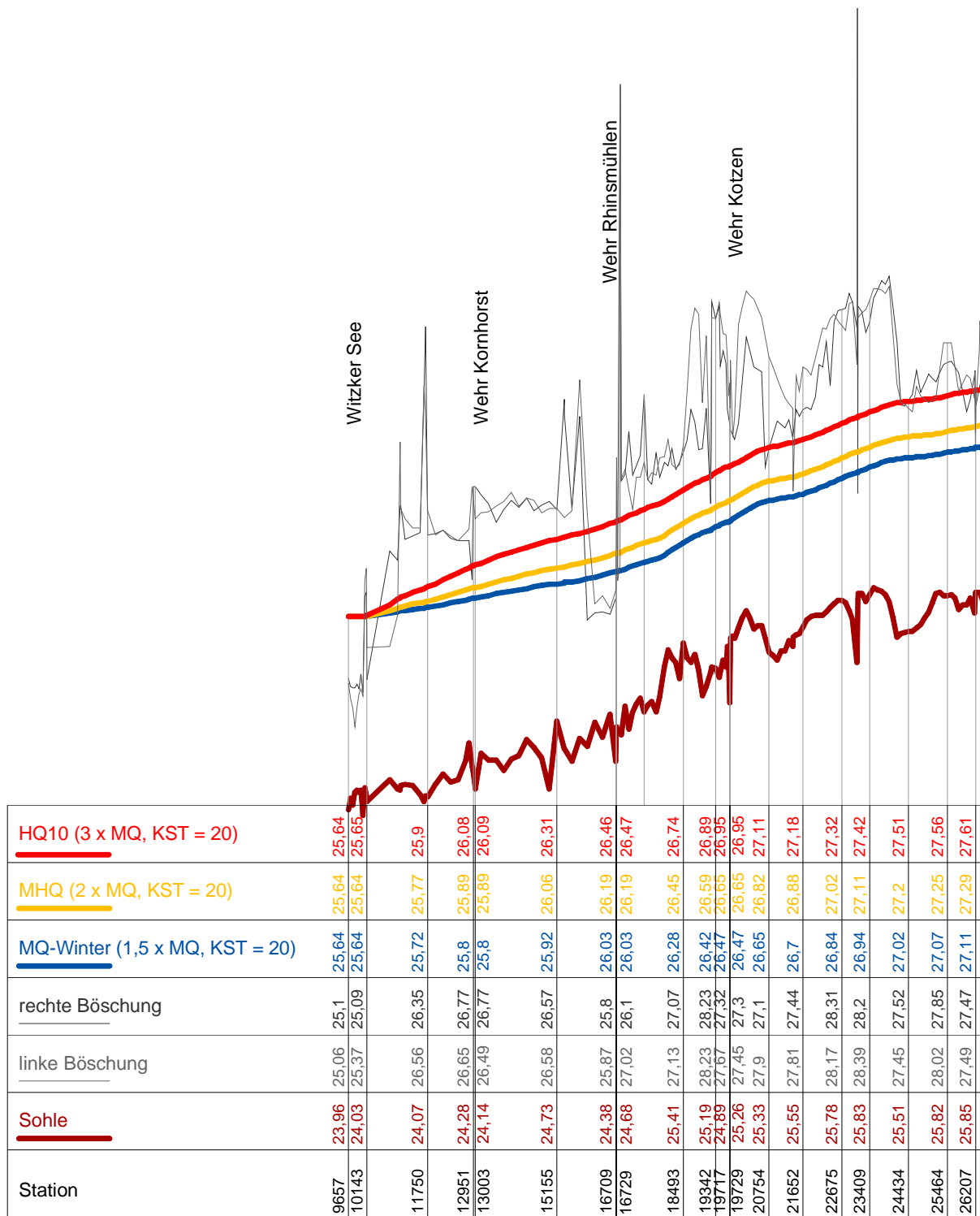


Abbildung 4-2) und den resultierenden Ergebniskarten (Abbildung 4-3 bis Abbildung 4-6) sowie der Tabelle 4-6 ergeben sich folgende abschnittsbezogenen Bewertungen des hydraulischen Spielraums für die entwickelnde Gewässerunterhaltung und Maßnahmenempfehlungen:

Tabelle 4-7: hydraulische Bewertung der Wehr- bzw. Unterhaltungsabschnitte

Wehrabschnitte	Bewertung	Maßnahmenempfehlung
Witzker See bis Kornhorst	<p>Die Wasserstände am Zulauf Polnischer Graben sind hochgradig vom Wasserstand der Unteren-Havel-Wasserstraße (Pegel Albertsheim) abhängig. Bereits bei Havelwasserständen von über 25,18 m NHN (Einschaltpfeil EP) wird der Schöpfwerksbetrieb Witzke II erforderlich. Dieser Zustand wird nur in den trockenen Monaten bei Niedrigwasserverhältnissen in der Havel erreicht.</p> <p>Im Rahmen der Studie wird vereinfachend von einem annähernd ausgespiegelten Wasserstand zwischen Pegel Albertsheim in der Havel und dem Zulauf Witzker See ausgegangen. Tatsächlich kann es durch das hydraulische Gefälle in der Havel bzw. durch Wind-, oder Krautstau zwischen den Seeverbindungen zu Abweichungen des WST im Seezulauf kommen. Die Größenordnung kann ohne Pegelbeobachtung derzeit nicht eingeschätzt werden. Nach den Erfahrungen des WBV ist aber eine Beeinflussung wahrscheinlich.</p> <p>Bei niedrigem Havel-WST und Sommermittelwasserabflüssen treten entlang des Abschnittes und in den Poldern Kornhorst I und II selbst bei hohem Krautwuchs ($K_{ST} = 7 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$) nur minimale Flächenvernässungen ($GWFA < 0,4 \text{ m}$) auf. Der Betrieb des Schöpfwerkes Kornhorst II (EP = 25,7 m NHN) wird erst bei überdurchschnittlichen Sommerabflüssen erforderlich.</p> <p>Der Freibord bei den angesetzten HQ10-Abflüssen ist ebenfalls ausreichend hoch und wird vorrangig von den Havelwasserständen bestimmt, so dass der Spielraum für entwickelnde Unterhaltungsmaßnahmen vergleichsweise groß ist.</p>	<p>Ggf. Einrichtung eines zusätzlichen Wasserstandspegels im GHHK im z.B. Unterwasser-Bereich (UW) von SW-Witzke II zur Gewinnung eines sicheren Startwasserspiegels für Unterhaltungsabschnitt Witzker See-Kornhorst.</p> <p>Schonung möglichst langer einseitiger Uferbereiche bei der Sohlkrautung und Böschungsmahd zur Förderung naturnaher Lebensräume und Artenvielfalt und Erhalt von Rückzugsräumen.</p> <p>Vermeidung von WST-Erhöhungen von über 5 cm bei MQ-Sommer und 5 cm bei HQ.</p>
Kornhorst bis Rhinsmühlen	<p>Die Karte in Abbildung 4-1 zeigt, dass bei sommerlichen Verhältnissen ($MQ_{\text{Sommer}}, K_{ST}=15 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$) überwiegend wechselfeuchte bis frische Verhältnisse ($GWFA 0,35 \text{ bis } 0,7 \text{ m}$) mit guten Voraussetzungen für Grünlandnutzung ohne Schöpfwerksbetrieb vorherrschen.</p> <p>Der Freibord bei den angesetzten HQ10-Abflüssen ist ebenfalls ausreichend hoch, so dass der Spielraum für entwickelnde Unterhaltungsmaßnahmen vergleichsweise groß ist.</p>	<p>Schonung möglichst langer einseitiger Uferbereiche bei der Sohlkrautung und Böschungsmahd zur Förderung naturnaher Lebensräume und Artenvielfalt und Erhalt von Rückzugsräumen.</p> <p>Vermeidung von WST-Erhöhungen von über 5 cm bei MQ-Sommer und 5 cm bei HQ.</p>

Wehrabschnitte	Bewertung	Maßnahmenempfehlung
Rhinsmühlen bis Kotzen	<p>Die Karte in Abbildung 4-1 zeigt, dass bei sommerlichen Verhältnissen (MQ_{Sommer}, $K_{ST}=15 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$) auch entlang des wichtigen GHHK-Zulaufes Erster Flügelgraben überwiegend wechselfeuchte bis frische Verhältnisse (GWFA 0,35 bis 0,7 m) mit guten Voraussetzungen für Grünlandnutzung ohne Schöpfwerksbetrieb vorherrschen. Lediglich unmittelbar oberhalb Wehr Rhinsmühlen treten Vernässungen auf, die aber direkt mit dem Sommerstauziel zusammenhängen. Erst bei hohem Krautwuchs ($K_{ST} = 7 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$) oder überdurchschnittlichen Sommerabflüssen wird das Einschalten der Schöpfwerke Landin (EP = 26,52 m NHN) oder Garlitzer Kreuz bzgl. der GWFA erforderlich.</p> <p>Unter der Prämisse die Energiekosten der Schöpfwerke nicht zu erhöhen, ist hier nur ein geringer Spielraum für entwickelnde Unterhaltung vorhanden und Maßnahmen der Querschnittsreduzierung sollten im Wesentlichen auf die Böschungsbereiche beschränkt bleiben.</p>	<p>Schonung möglichst schmaler einseitiger Böschungsbereiche in der Wasserwechselzone bei der Böschungsmahd zur Förderung naturnaher Lebensräume und Artenvielfalt und Erhalt von Rückzugsräumen.</p> <p>Vermeidung von WST-Erhöhungen von über 3 cm bei MQ-Sommer und 5 cm bei HQ.</p>
Kotzen bis Senzke	<p>In den Poldern SW-Kotzen und SW-Senzke liegen besonders niedrige Geländelagen auf Grünlandflächen vor. Schon das Sommerstauziel (26,87 m NHN) im Oberwasser des Wehres Kotzen liegt deutlich über dem Einschaltpeil des Schöpfwerkes (SW) Kotzen (EP = 26,51 m NHN) und nahezu auf dem Niveau vom SW Senzke (27,09 m NHN). Für die Sicherstellung der Nutzbarkeit ist ein nahezu dauerhafter Betrieb beider Schöpfwerke erforderlich. (Hinweis: Eine Modifizierung des Entwässerungssystems der beiden Polder und Einleitung des Wassers in den Ersten Flügelgraben kann ggf. eine deutliche Reduzierung des Pumpwerkbetriebes ermöglichen.)</p> <p>Da die Schöpfwerke derzeit ohnehin kaum im Freiauslaufbetrieb arbeiten, würden leichte Sommerwasserspiegelanhebungen den Energieverbrauch kaum beeinflussen.</p> <p>Jedoch besteht im Abschnitt zwischen km 24+000 und 27+000 nur ein geringer Freibord bei Hochwasserabflüssen (Abbildung 4-6). Der angesetzte HQ10-Abflussscheitel führt bei einer Hochwasserrauheit von $K_{ST} = 20 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ zur leichten Überströmung der Verwallung in den SW-Polder Senzke. Diese Häufigkeit ist nach den gängigen Normen für Grünländer ($T < 3$ Jahre) und Ackerflächen ($T = 5$ bis 10 Jahre) in der Niederung tolerierbar, jedoch sollte eine signifikante Erhöhung der Hochwasserstände durch Gewässerentwicklungsmaßnahmen vermieden werden.</p> <p>Der Spielraum für entwickelnde Unterhaltung wird damit als sehr gering eingestuft und Maßnahmen der Querschnittsreduzierung sollten im Wesentlichen auf die Böschungsbereiche beschränkt bleiben.</p>	<p>Schonung möglichst schmaler einseitiger Böschungsbereiche in der Wasserwechselzone bei der Böschungsmahd zur Förderung naturnaher Lebensräume und Artenvielfalt und Erhalt von Rückzugsräumen.</p> <p>Vermeidung von WST-Erhöhungen von über 2 cm bei MQ-Sommer und bei HQ.</p>

Wehrabschnitte	Bewertung	Maßnahmenempfehlung
Senzke bis Wagenitz	<p>Entlang des Abschnittes liegen bei Sommerwasserabflüssen nur minimale Beeinträchtigungen der Nutzflächen vor (Abbildung 4-1) und auch der Freibord bei HQ10 ist ausreichend hoch. Der Abschnitt weist demnach theoretisch ein großes Potential für die entwickelnde Unterhaltung auf. Problematisch ist jedoch der extrem geringe hydraulische Spielraum im Oberwasserabschnitt von Wehr Wagenitz wobei der Wasserspiegelsprung am Wehr nur ca. 0,1 m beträgt.</p> <p>Der Spielraum für entwickelnde Unterhaltung wird damit als sehr gering eingestuft und Maßnahmen der Querschnittsreduzierung sollten vorerst (nach Beobachtung des Praxistests) auf die Böschungsbereiche beschränkt bleiben.</p> <p>Hinweis: Oberhalb von Wehr Wagenitz ist bei derzeitigen Stauzielen ein Dauerbetrieb der Schöpfwerke notwendig (siehe nächster Abschnitt). Der Aufstau des Wehres ist sehr gering, so dass über den Rückbau des Wehres nachgedacht werden sollte. Daraus würden sich größere Spielräume für die Sommer-WST-Erhöhung ergeben. Der Spielraum für Hochwasserabflüsse bliebe jedoch gleich.</p>	<p>Schonung möglichst schmaler einseitiger Böschungsbereiche in der Wasserwechselzone bei der Böschungsmahd zur Förderung naturnaher Lebensräume und Artenvielfalt und Erhalt von Rückzugsräumen.</p> <p>Vermeidung von WST-Erhöhungen von über 2 cm bei MQ-Sommer und bei HQ.</p>
Wagenitz bis Bergerdamm	<p>Die Karte in Abbildung 4-4 zeigt, dass selbst bei Niedrigwasserbedingungen im GHHK (wie im sehr trockenen August 2016) eine Nutzung der Polderflächen am SW-Graben Brädikow (mit privat betriebenen Schöpfwerk) ohne dauerhaften Schöpfwerksbetrieb nicht möglich ist. Auch bei den Poldern Eichberge und Bergerdamm/Lager und Hertefeld liegen die Geländehöhen häufig weniger als 0,4 m über den sommerlichen Vorflutniveau und ein fast dauerhafter SW-Betrieb ist erforderlich.</p> <p>Abflüsse von 3,6 bis 4,0 m³/s (HQ10) werden im Abschnitt bei einer Rauheit von 20 m^{1/3}/s bordvoll abgeführt</p> <p>Der Spielraum für entwickelnde Unterhaltung wird damit als sehr gering eingestuft und Maßnahmen der Querschnittsreduzierung sollten auf die Böschungsbereiche beschränkt bleiben.</p>	<p>Schonung möglichst schmaler einseitiger Böschungsbereiche in der Wasserwechselzone bei der Böschungsmahd zur Förderung naturnaher Lebensräume und Artenvielfalt und Erhalt von Rückzugsräumen.</p> <p>Vermeidung von WST-Erhöhungen von über 2 cm bei MQ-Sommer und bei HQ.</p>
oberhalb Bergerdamm	<p>Der Abschnitt bei Nauen (oberhalb Wehr Bergerdamm) besitzt überwiegend keine Schöpfwerksentwässerung und ist daher besonders auf nutzungsverträgliche Wasserstände im GHHK angewiesen. Die landwirtschaftliche Nutzung findet hier derzeit schon im Grenzbereich bezüglich der Vorflutwasserstände statt (Abbildung 4-4).</p> <p>Ein Spielraum für entwickelnde Unterhaltung ist damit nicht gegeben</p>	<p>Keine hydraulisch relevanten Maßnahmen möglich</p> <p>Vermeidung von WST-Erhöhungen von ≤ 1 cm bei MQ-Sommer und bei HQ.</p>

4.4 Hydraulische Prüfung von Maßnahmen

In Abstimmung mit der Projektbegleitenden Arbeitsgruppe sollen 2 Maßnahmentypen zur entwickelnden Gewässerunterhaltung möglichst kurzfristig umgesetzt werden.

- In Abschnitten mit größerem hydraulischem Spielraum werden Bereiche definiert, in dem ein bis zu 3 m breiter Gewässerrandbereich möglichst mehrjährig von einer Unterhaltung ausgenommen wird: **Reduzierte Unterhaltung im Gewässerrandbereich (< 3 m)**.
- In Abschnitten mit geringem hydraulischem Spielraum werden Bereiche mit einer **Reduzierter Unterhaltung der Wasserwechselzone** angestrebt.

Beide Maßnahmentypen führen zu einer zeitweiligen Verringerung des Gerinnequerschnittes und können damit zu einer mehr oder weniger starken Wasserspiegelaufhöhung führen. In der hydraulischen Modellierung soll dieser Effekt quantifiziert werden. Dabei wird sicherheitsorientiert der gesamte nicht unterhaltene Querschnittsanteil als ineffektive Strömungsfläche angesetzt (vergl. Abbildung 4-7).

Reduzierte Unterhaltung im Gewässerrandbereich (< 3 m).

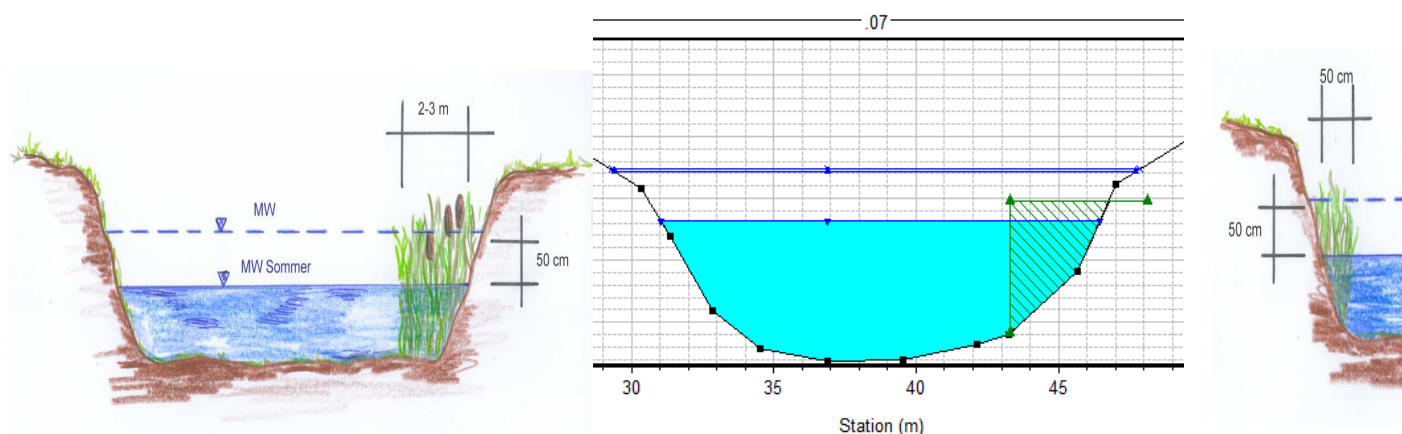


Abbildung 4-7: Maßnahmentypen und Berücksichtigung der Querschnittsreduzierung im hydraulischen Modell HEC-RAS

Die Maßnahmenbereiche werden sowohl nach den hydraulischen Vorgaben (Tabelle 4-7) als auch nach den für die Unterhaltungspraxis erforderlichen Randbedingungen festgelegt (Tabelle 4-8). Wichtige Randbedingungen für die Unterhaltungspraxis sind hierbei:

- keine Maßnahmen in Wehr- und Brückennähe,
- möglichst weit oberhalb des Entnahmebereiches zu vermeiden,
- möglichst Kurveninnenbereiche nutzen und
- lieber schmale zusammenhängende Schonstreifen, um Krautstau bei der Mahd zu verhindern.

Die resultierenden Maßnahmenbereiche werden im hydraulischen Längsschnitt (Abbildung 4-8: Nachweise für IST- und PLAN-Zustand der angepassten Gewässerunterhaltung (Maßnahmenbereiche grün und orange)Abbildung 4-8) und in den Maßnahmenkarten der

Abbildung 7-1 und Abbildung 7-2 im Kapitel 7 verortet. Im Modell wird (ebenfalls sicherheitsorientiert) die gesamte Länge der abgebildeten Maßnahmenzonen verwendet, obwohl aus unterhaltungspraktischen Gründen ggf. nur Teilbereiche einer Maßnahmenzone nicht unterhalten werden.

Unter diesen Annahmen wird eine Vergleichsrechnung der Gewässerzustände: MQ-Sommer bei $K_{ST} \approx 15 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ (repräsentativer Zustand bei 2-maliger Krautung) und etwa Bordvollzustand (3 x MQ) im Winter mit und ohne Gewässerentwicklungsmaßnahmen (Plan- bzw. Ist-Zustand) durchgeführt und als hydraulischer Längsschnitt in Abbildung 4-8 dargestellt.

Es zeigt sich, dass es im gesamten Wirkungsbereich bei Sommerwasserabflüssen zu keiner signifikanten Wasserstandsanhhebung kommt ($\leq 2 \text{ cm}$). Auch bei Hochwasserabflüssen (\approx bordvoll) werden die Wasserstände nur minimal im Rahmen der Tabelle 4-7 beschriebenen Toleranzbereiche verändert.

Es wird deutlich, dass aus hydraulischer Sicht noch etwas mehr Spielräume für Entwicklungsmaßnahmen bestehen. Der Grund für die zurückhaltende Ausweisung von Schonungsbereichen liegt vorrangig in den Anforderungen der Unterhaltungspraxis. Einige Entwicklungen müssen erst in der Praxis geprüft werden. Sofern sich unterhaltungspraktische Bedenken in der Erprobung als nicht so gravierend herausstellen oder Unterhaltungspraktische Anpassungen sinnvoll erscheinen, kann eine Modifizierung bzw. sogar eine Erweiterung der Schonbereiche sukzessive erfolgen, ohne die nachgewiesenen Wasserstände negativ zu beeinflussen. Dazu zählen z.B.:

- Wechsel der Uferseite, an der Schonstreifen belassen werden (dadurch ggf. Möglichkeit immer auf der gesamten Länge einen Schonstreifen zu erhalten),
- Belassen der kompletten Schonstreifen anstelle Mahd der halben Länge (dadurch Flexibilisierung des Mahdturnus möglich, ggf. muss nur alle paar Jahre die eine oder andere Hälfte gemäht werden).
- Verschiebung des Schonstreifens, wenn sinnvoll
- Verschmälerung wenn nötig und Kompensation durch Verlängerung

Ebenso ist eine Verlängerung bzw. Verbreiterung des Schonstreifens empfehlenswert, wenn nach ausreichend langer Beobachtungszeit immer genügend Reserve zur Basis-Wasserstands-Abflussgrenzkurve im Abschnitt besteht (Wasserstände meist deutlich im grünen Bereich).

Tabelle 4-8: Maßnahmen und -bereiche Begründung der Lage der Maßnahme

Wehrabschnitt	Von Station	Bis Station	Seite	Länge [m]	Maßnahme	hydraul. Spielraum	Begründung aus Sicht der Unterhaltungspraxis
Witzker See bis Wehr Kornhorst	10+385	10+925	links	540	reduzierte Unterhaltung Uferbereich	relativ groß	leichte Linkskurve < 3 km unterhalb Wehr, dominiert durch Witzker See WST
Witzker See bis Wehr Kornhorst	11+769	12+258	rechts	489	reduzierte Unterhaltung Uferbereich	relativ groß	leichte Rechtskurve, < 2 km unterhalb Wehr, dominiert durch Witzker See WST
Wehr Kornhorst bis - Rhinsmühlen	15+716	15+927	rechts	211	reduzierte Unterhaltung Uferbereich	relativ groß	Rechtskurve < 2 km unterhalb Wehr Rhinsmühlen
Wehr Kornhorst bis - Rhinsmühlen	16+200	16+536	links	336	reduzierte Unterhaltung Uferbereich	relativ groß	leichte Linkskurve < 1 km unterhalb Wehr Rhinsmühlen
W. Rhinsmühlen bis Wehr Kotzen	16+879	18+600	links	1721	reduzierte Unterhaltung Wasserwechselzone	gering	Gehölzgalerie linksseitig, Kraut bereits aktuell stehen gelassen
W. Rhinsmühlen bis Wehr Kotzen	18+919	19+177	rechts	258	reduzierte Unterhaltung Uferbereich	gering	< 1 km unterhalb Wehr, ausreichend Abstand zur Brücke und Zuläufen
Wehr Kotzen bis Wehr Senzke	21+413	22+944	links	1324	reduzierte Unterhaltung Wasserwechselzone	sehr gering	langer, gut beschatteter Abschnitt, Linke Böschung nicht von Land unterhaltbar
Wehr Kotzen bis Wehr Senzke	23+363	23+900	links	292	reduzierte Unterhaltung Wasserwechselzone	sehr gering	langer strukturarmer Abschnitt zwischen zwei Wehren
Wehr Kotzen bis Wehr Senzke	25+900	26+000	rechts	241	reduzierte Unterhaltung Uferbereich	sehr gering	Rechtskurve 1 km unterhalb Wehr
Wehr Kotzen bis Wehr Senzke	26+493	26+987	rechts	494	reduzierte Unterhaltung Wasserwechselzone	sehr gering	gerader Abschnitt unterhalb Wehr und Schöpfwerkszu- lauf
Wehr Senzke bis Wehr Wagenitz	28+500	31+000	links	2500	Ufersicherung (Pfähle) mit Böschungsabflachung	sehr gering	Langfristige Maßnahme (Nicht Gegenstand dieses Kon- zeptes): Uferabbrüche nachhaltig unter Verbesserung der Gewässerstruktur sichern
Wehr Senzke bis Wehr Wagenitz	31+126	31+427	rechts	301	reduzierte Unterhaltung Wasserwechselzone	sehr gering	Bereich zwischen Wehr Wagenitz und Gänselakengra- ben
Wehr Wagenitz bis Wehr Bergerdamm	40+455	42+154	links	860	reduzierte Unterhaltung Wasserwechselzone	sehr gering	direkt uh. Wehr Bergerdamm

5 Entscheidungssystem für bedarfsgerechte Unterhaltung des GHK

5.1 Komponenten

Bei der Überlegung einer veränderten Unterhaltung gilt normalerweise der Grundsatz, dass solange die Vorflut der angrenzenden Nutzflächen oder Bebauungen nicht gefährdet ist, unnötige Eingriffe in den ausgewiesenen Schon- und Entwicklungsbereichen zu vermeiden sind, um eine naturnahe Gewässerentwicklung zu fördern.

Dies kann im GHK einerseits wegen des begrenzten hydraulischen Spielraums und andererseits wegen der strengeren Vorgaben von Gewässerentwicklung/Maßnahmeplanung und Hochwasserschutz (s.o.) nicht gelten.

Darüber hinaus besteht das Problem darin, dass theoretisch schon vor dem Eintreten kritischer Abflusssituationen die notwendigen Unterhaltungsmaßnahmen geplant /durchgeführt werden müssen und die Dauer der Arbeiten einen längeren Zeitraum umfassen (Berücksichtigung der Erfahrungen des LfU, der WBV, Abstimmung mit UWB). Damit müssen Eingriffe zwangsläufig vorbeugend erfolgen, ohne dass die tatsächliche hydrologische Entwicklung vorhergesehen und damit die Notwendigkeit im Einzelnen nachgewiesen werden kann.

Mit Hilfe von einfachen Kontrollpegeln und vorbereiteten Wasserstand-Abfluss-Grenzbeziehungen (WQG-Beziehung) soll ein Entscheidungssystem erstellt werden, mit dem bei nahezu jeder Abflusssituation die Notwendigkeit von Einzelmaßnahmen vorrausschauend abgeleitet werden kann.

Der zu verfolgende Lösungsansatz soll aus folgenden Teilen bestehen, die im Anschluss kurz erklärt werden:

1. **KUAb:** definierte **Kontroll- und Unterhaltungsabschnitte** des Gewässers mit ungefähr einheitlichen Randbedingungen
2. **KP: Kontrollpegel** am oberen und unteren Rand aller Abschnitte (z.B. Wehrpegel)
3. **QP:** repräsentative **Durchflusspegel** zur Abfrage der aktuellen Durchflüsse (in der Kontrollstrecke oder per Übertragungsfunktion zugewiesen)
4. **WQG-Beziehung:** hydraulisch ermittelte und mit festgelegten Grenzwerten versehene **Wasserstand-Abfluss-Grenzbeziehungen** zur Einschätzung des Pflege- und Unterhaltungsbedarfs für jeden Kontrollabschnitt.

In den folgenden Abschnitten dieses Gewässerunterhaltungsplanes sollen entsprechende Grenzwerte für das Vorflutniveau ermittelt werden, ab denen eine Beeinträchtigung zu befürchten ist und ggf. eine Unterhaltungs- bzw. Pflegemaßnahme notwendig wird.

Solange die Sicherstellung der vorgeschlagenen Wasserstands-Abfluss-Grenzbeziehung gegeben und die zukünftige Unterhaltbarkeit des Gewässers nicht wesentlich behindert wird, sollen Eingriffe in die geplanten Schonstreifen vermieden werden, um die Gewässerentwicklung zu fördern.

Mit zunehmender ungestörter Entwicklung dieser Gewässerbereiche sind eine Erhöhung der Gerinnerauigkeiten durch Bewuchs und Profilveränderungen sowie die Entstehung von Abflusshindernissen zu erwarten. Dies führt zu einer potenziellen Wasserstandsanhhebung im Gerinne.

Um ungünstige Entwicklungen für die Nutzung rechtzeitig entgegenwirken zu können, sollten ab einem Grenzwert des Wasserstandes (schon unterhalb kritischer Überschreitungen der Wasserstands-Abfluss-Grenzbeziehung) regulierende Eingriffe in das Gewässer vorgenommen werden. Hierzu wird ein abschnittsbezogenes Gewässerüberwachungssystem aus Wasserstandspegeln im GHHK eingeführt, das damit auf Messgrößen basierende Entscheidungsregeln ermöglicht.

5.2 Festlegung der Gewässerabschnitte

Die Abschnitte repräsentieren möglichst einheitliche Verhältnisse bei den Kriterien:

- Gefälle,
- Zuläufe,
- Nutzungsarten und Geländehöhen der betroffenen EZG-Flächen,
- Durchflussmenge und
- Morphologie.

Im den GHHK bestimmen die Wehre weitgehend die Wasserstände und Gefällesituation im Gewässer und sie bieten sich aufgrund der guten Erreichbarkeit und der vorhandenen Latenpegel im Unter und Oberwasserbereich als Grenzen für die Unterhaltungsabschnitte an. Daher werden sechs Abschnitte festgelegt, die jeweils durch ein Wehr vom nächsten Abschnitt abgegrenzt sind:

- Abschnitt 1: Witzker See bis Wehr Kornhorst (5878_1719_KUAb1)
- Abschnitt 2: Wehr Kornhorst bis Wehr Rhinsmühlen (5878_1719_KUAb2)
- Abschnitt 3: Wehr Rhinsmühlen bis Wehr Kotzen (5878_1719_KUAb3)
- Abschnitt 4: Wehr Kotzen bis Wehr Senzke (5878_1719_KUAb4)
- Abschnitt 5: Wehr Senzke bis Wehr Wagenitz (5878_1719_KUAb5)
- Abschnitt 6: Wehr Wagenitz bis Wehr Bergerdamm (5878_1719_KUAb6)

In diesen Abschnitten kann von annähernder Homogenität der relevanten unterhaltungsrelevanten, hydrologischen und hydraulischen Kriterien ausgegangen werden.

5.3 Maßgebliche hydrologische Grenzwerte zur Kontrolle der Unterhaltung

Die Unterhaltung dient nach Wasserhaushaltsgesetz (WHG) u.a. der Sicherstellung des Ordnungsgemäßen Wasserabflusses. Dies beinhaltet die Sicherstellung von Vorflutverhältnisse, die die gewohnte Nutzung der bevorteilten Flächen ermöglicht. Im Falle des GHHKs, dessen benachbarte Flächen zum großen Teil durch Schöpfwerke entwässert werden, werden durch die Vorflutwasserstände fast ausschließlich die Betriebsdauern und Freiauslaufzeiten der Schöpfwerke beeinflusst.

Unabhängige Betroffenheiten auf Landwirtschaftsflächen durch Unterschreitung kritischer Grundwasserflurabstände aufgrund hoher Wasserstände im GHK werden durch die Schöpfwerksbewirtschaftung verhindert. Damit können nutzungsbedingte Unterhaltungsgrenzwerte nicht direkt auf Basis von erforderlichen Grundwasserflurabständen für die angrenzenden Nutzungen abgeleitet werden. Vielmehr sollte eine angemessene Unterhaltung den Energieeinsatz des Schöpfwerksbetriebes nicht erheblich steigern.

Vor diesem Hintergrund wird die Einführung von hydraulisch begründeten Grenzwerten für die Kontrolle der Unterhaltung empfohlen. Hierfür eignet sich der Geschwindigkeitsbeiwert (K_{St}) nach MANNING-STRICKLER, welcher einen Summenparameter für das komplexe Widerstands- bzw. Rauheitsverhalten der Gewässerabschnitte darstellt. Mit Hilfe des hydraulischen Modells konnte der hydraulische Ist-Zustand für die 2007 vermessenen Geometrien und das typische Widerstandsverhalten bei 2-maliger Krautung abgebildet werden. Aufgrund der hohen Bewuchs- und damit verbundenen Rauheitsdynamik im GHK und der langen erforderlichen Reaktionszeiten bei der Krautung (mehrere Wochen) erscheint es nicht sinnvoll sich an einer maximalen Rauheit (z.B. $7 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$) als Grenzwert zu orientieren. Vielmehr sollte der Erfolg der Krautung selbst geprüft werden. Nach einer Krautung sollte damit der Bemessungs- K_{St} -Wert der DDR-Norm TGL 36873/02 von $15 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ im Idealfall nicht unterschritten werden, andernfalls sind Schritte einer zusätzlichen Unterhaltung zu Planen und bei der nächsten Unterhaltung umzusetzen. Als unterster tolerierbarer Grenzwert wird ein K_{St} -Wert von $12 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ festgelegt, bei diesem Grenzwert liegen die rechnerischen Wasserstände bei MQ_{Sommer} im GHK um bis zu 5 cm über dem o.g. 15-er-Grenzwert und es besteht dringender Handlungsbedarf.

Im Winterzustand werden die Wasserstände nicht von den Wehrstauzielen beeinflusst und es besteht weniger Spielraum bezüglich der Rauheitsgrenzwerte. Als erster Kontroll-Grenzwert wird daher der in der DHI-WASY & BAH (2011)-Studie aus Messungen ermittelter Wert von $25 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ angesetzt. Dieser Wert bietet keine Reserven zum derzeitigen vorhanden Zustand, eine leichte Unterschreitung des Wertes sollte daher nur als Hinweis für eine erhöhte Aufmerksamkeit im Abschnitt verstanden werden. Als kritischer Grenzwert wird ein Winter- K_{St} von $20 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ festgelegt, da bei Unterschreitung des Wertes Ausuferungen von häufiger als 10 Jahren zu befürchten sind. Hier ist dringender Unterhaltungsbedarf gegeben. Ursache für die Unterschreitung können stärkere Sohlauflandungen gegenüber dem 2007-er-Zustand oder die Wirkung der geplanten Schonstreifen sein.

Mit Hilfe der im Folgenden zusammengefassten Grenzrauheiten können mittels Modell für jeden Kontrollpegel Wasserstands-Abfluss-Grenzkurven nach Abbildung 5-1 erstellt werden:

im Sommer (bei Messung bis 7 Tage nach Krautentnahme der Standardunterhaltung)

- $K_{ST} = 15 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ (Planung zusätzlicher Unterhaltung)
- $K_{ST} = 12 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ (akuter Unterhaltungsbedarf)
- im Winter
 - $K_{ST} = 25 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ (Planung zusätzlicher Unterhaltung)
 - $K_{ST} = 20 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ (akuter Unterhaltungsbedarf)

Das Widerstandsverhalten eines Gewässerabschnittes kann damit mit Hilfe einer hydraulisch abgesicherten W-Q-Beziehung an einem Kontrollpegel geprüft werden.

5.4 Kontrollpegel

Kontrollpegel stehen am unteren und oberen Rand eines Abschnittes und sind als bereits vorhandene Lattenpegel mit Höhenbezug im Gewässer an den Wehren installiert. Die Wasserstände müssen während der Gewässerbegehungen gut ablesbar sein. Die abgelesenen Werte repräsentieren die Wasserführung im Abschnitt. Folgende Kontrollpegel am GHK werden verwendet:

- KP1a Pegel Albertsheim (Unterwassereinfluss 5878_1719_KUAb1)
- KP1b Kornhorst UP (Rauheit 5878_1719_KUAb1)
- KP2a Kornhorst OP (Wehrsteuerungseinfluss 5878_1719_KUAb2)
- KP2b Rhinsmühlen UP (Rauheit 5878_1719_KUAb2)
- KP3a Rhinsmühlen OP (Wehrsteuerungseinfluss 5878_1719_KUAb3)
- KP3b Kotzen UP (Rauheit 5878_1719_KUAb3)
- KP4a Kotzen OP (Wehrsteuerungseinfluss 5878_1719_KUAb4)
- KP4b Senzke UP (Rauheit 5878_1719_KUAb4)
- KP5a Senzke OP (Wehrsteuerungseinfluss 5878_1719_KUAb5)
- KP5b Wagenitz UP (Rauheit 5878_1719_KUAb5)
- KP6a Wagenitz OP (Wehrsteuerungseinfluss 5878_1719_KUAb6)
- KP6b Bergerdamm UP (Rauheit 5878_1719_KUAb6)

Hinweis: Im Abschnitt Witzker See bis Kornhorst wird zunächst der Startwasserstand entsprechend Pegel Albertsheim verwendet. Ergeben sich schon zu Beginn der Maßnahmenumsetzung kritische Wasserstände bzgl. der Grenzkurve, kann eine Abweichung des Wasserstandes am Witzker See zum Pegel Albertsheim die Ursache sein (in der Grenzkurve wird von einem ausgespiegelten WST ausgegangen). In diesem Fall sollte ein zusätzlicher WST-Prüfpegel oberhalb des Witzker Sees (z. B. am Schöpfwerk Witzke II) installiert werden, um die Anwendbarkeit der vorhandenen Grenzkurven zu verbessern (Ersatz für KP1a Pegel Albertsheim). Erst wenn dann noch immer kritische Wasserstände erreicht werden, besteht Handlungsbedarf der Gewässerunterhaltung.

5.5 Abflussbezugspegel

Der Abflussbezugspegel ermöglicht die Einordnung der gemessenen Wasserstände bezüglich der aktuellen Durchflüsse im Gewässer. Dafür müssen die Abflüsse des Bezugspegels auf den Gewässerabschnitt per Funktion übertragbar sein oder direkt gemessen werden. Folgende Abflussbezugspegel am GHK werden verwendet:

- AP1: Pegel Rhinsmühlen (Bezugspegel für KUAb1, KUAb2 und KUAb3, Unterlauf bis Wehr Kotzen)
- AP2: Pegel Bergerdamm (Bezugspegel für KUAb4, KUAb5 und KUAb6, Wehr Senzke bis Bergerdamm)

5.6 Einführung einer Wasserstand-Abfluss-Grenzbeziehung (WQG-Beziehung)

Um jederzeit einschätzen zu können, ob Veränderungen (Auflandungen, Verkrautungen, usw.) im Gewässer zu kritischen Vorflutverhältnissen führen, muss bei allen Abflussverhältnissen erkennbar sein, ob ein festgelegter Grenzwert über- oder unterschritten wird. Mit Hilfe einer vorher berechneten, durchflussabhängigen Wasserstandsgrenzwertkurve für jeden Kontrollpegel am oberen Ende eines Abschnittes (KP Xb) wird dies ermöglicht. Da in der Unterhaltungspraxis kurzfristige Reaktionen bei Überschreitung ungewollter Vorflutwasserstände zumeist nicht realisierbar sind, muss ein ausreichender Reaktionspuffer berücksichtigt werden. Dieser Puffer darf weder zu groß gewählt werden (zu häufige unnötige Unterhaltung) noch darf er zu knapp bemessen sein (unrealistisch kurze Reaktionszeit, vgl. Abs. 5.1).

Ein Schema dieser Grenzbeziehung ist in Abbildung 5-1 wiedergegeben. Auf der X-Achse wird der derzeitig gemessene Durchfluss des Bezugspegels abgelesen und dem gemessenen Wasserstand des Kontrollpegels auf der Y-Achse gegenübergestellt.

Liegt der Wert:

- im **grünen Bereich** sind die Wasserstände zur aktuellen Durchflusssituation so niedrig, dass auch bei Bemessungsdurchflüssen die kritischen Fließwiderständen erheblich unterschritten und deswegen kein oder über die zuvor festgelegte regelmäßige Unterhaltung hinaus, kein zusätzlicher Unterhaltungsbedarf besteht.
- im **orangenen Bereich** sind kritische Fließwiderständen zwar noch nicht erreicht aber die Basis-Wasserstands-Abfluss-Beziehung (normal-Zustand) wird überschritten. Zur Verhinderung eines weiteren Anstiegs werden zusätzliche Pflege- und Entwicklungsmaßnahmen geplant und anschließend durchgeführt (Planungs- und Reaktionsbereich für die Unterhaltung).
- im **roten Bereich** sind mittelfristig Betroffenheiten der Nutzung z.B. aufgrund erhöhter Schöpfwerklaufzeiten oder häufigerer Überschwemmung zu erwarten. Es besteht akuter Unterhaltungsbedarf (kritisch für Landnutzung).

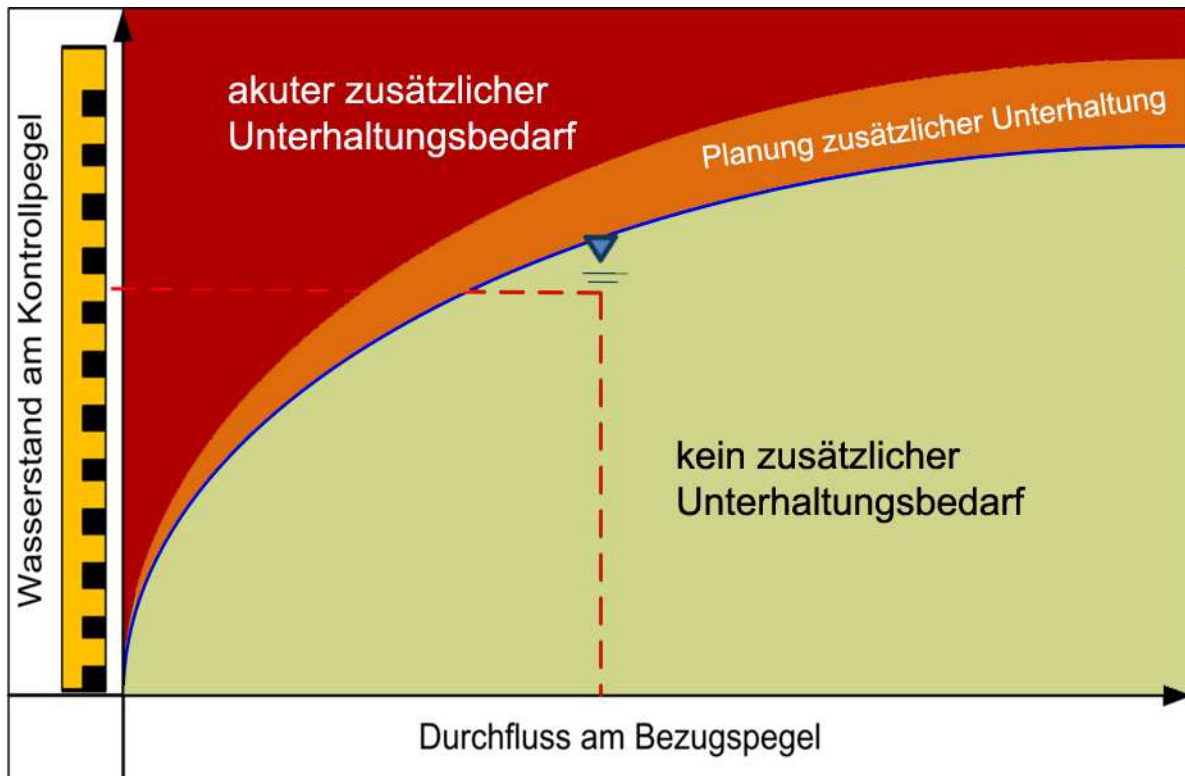


Abbildung 5-1: Schema einer Wasserstand-Abfluss-Grenzbeziehung

Die Wasserstand-Abfluss-Grenzbeziehung für einen Abschnitt wird modelltechnisch z.B. mit einem 1D-Wasserspiegellagen-Modell ermittelt. Für die Festlegung der Grenzkurven werden bei der hydraulischen Berechnung nicht die Größen des Istzustandes, sondern die des voraussichtlichen Grenzzustandes angesetzt. Idealerweise wird hierbei der Geschwindigkeitsbeiwert nach STRICKLER angepasst. Dieser repräsentiert dann sowohl die Änderungen von Form- als auch von Rauheitswiderständen des Abschnittes, die auftreten müssen, um kritische Wasserstände zu erreichen. In Abstimmung der Beteiligten werden saisonale Wasserstands-Abfluss-Grenzbeziehungen für Sommer und Winter erstellt.

5.7 Handlungsanweisung



Abbildung 5-2: Vorgehen im Entscheidungsunterstützungssystem für bedarfsgerechte Unterhaltung

6 Unterhaltungsmaßnahmen

Im Folgenden werden die konkreten Unterhaltungsmaßnahmen beschrieben, welche im Rahmen der hydraulischen Modellierung überprüft wurden. Im GEK wurden weitere Maßnahmen aus dem Bereich der Gewässerunterhaltung am GHHK geplant. Diese gilt es langfristig ebenso umzusetzen. Hierbei sind besonders hervorzuheben Maßnahmen zur Entwicklung eines standorttypischen Gehölzsaums. Die Damit verbundene Beschattungswirkung ist Voraussetzung für eine langfristige Reduzierung des Unterhaltungsaufwandes an weiteren Abschnitten.

Bei den Maßnahmen wurde aus Gründen der zeitnahen und besonders effizienten Umsetzbarkeit nur zwei Varianten aus den Vorschlägen des GEK herausgegriffen, die sich auf eine Veränderung der Sohlkrantung und Böschungsmahd beschränken. Der Umfang der Maßnahmenbereiche besitzt zudem Modellcharakter und sollte nach Möglichkeit ausgeweitet werden.

6.1 Reduzierte Unterhaltung im Gewässerrandbereich (< 3 m)

Inhalt der Maßnahme ist die Optimierung der regelmäßigen (2- bis 3- maligen) Krautung durch Ausweisung von Schonstreifen. Das bedeutet, ein vollständiges Ausmähen des Gewässerbettes unterbleibt und ein ca. 2-3 Meter breiten Streifens im Uferbereich wird geschont (Abbildung 6-1). Der Abschnitt wird möglichst in zwei gleich lange Uferzonen unterteilt, welche im mehrjährigen Wechsel wieder gekrautet werden. Die Böschungsmahd ist entsprechend anzupassen, damit insbesondere der Wasserwechselbereich (ca. 50 cm über WST) geschont wird. Die Häufigkeit der Unterhaltung des Schonstreifens richtet sich nach den Unterhaltungserfordernissen: In einer ersten Testphase, sollte eine Verholzung, welche eine spätere Unterhaltung behindert, unterbunden werden. Ziel der Maßnahme ist der Erhalt einer amphibischer Wasserwechselzone als essentielles Habitat geschützter Tierarten (insbesondere Amphibien, Libellen, Vögel). Dadurch können Restpopulationen schneller zu einer Wiederbesiedlung der umliegenden Gewässerabschnitte beitragen.

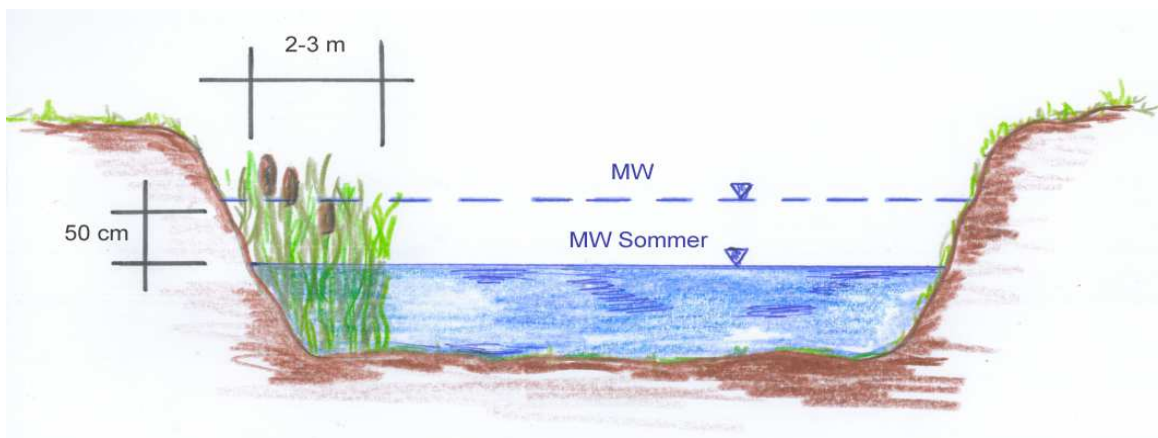


Abbildung 6-1: Reduzierte Unterhaltung im Gewässerrandbereich (< 3 m)

6.2 Reduzierte Unterhaltung der Wasserwechselzone

Inhalt der Maßnahme ist das belassen von Kraut und Böschungsbewuchs am Fuß der Böschung im Bereich der Wasserwechselzone (Böschung bis ca. 50 cm über WST sowie wasserseitig ca. 50 cm). Hier wird die Krautung und Böschungsmahd eingestellt. Um das Aufkommen von Gehölzen zu verhindern, kann es erforderlich werden, in mehrjährigen Abständen zu Krauten und zu Mähen. Dies sollte dann möglichst nicht auf der kompletten Strecke auf einmal sondern abschnittsweise erfolgen. Ziel der Maßnahme ist ebenso der Erhalt einer amphibischer Wasserwechselzone als essentielles Habitat geschützter Tierarten (insbesondere Amphibien, Libellen, Vögel).

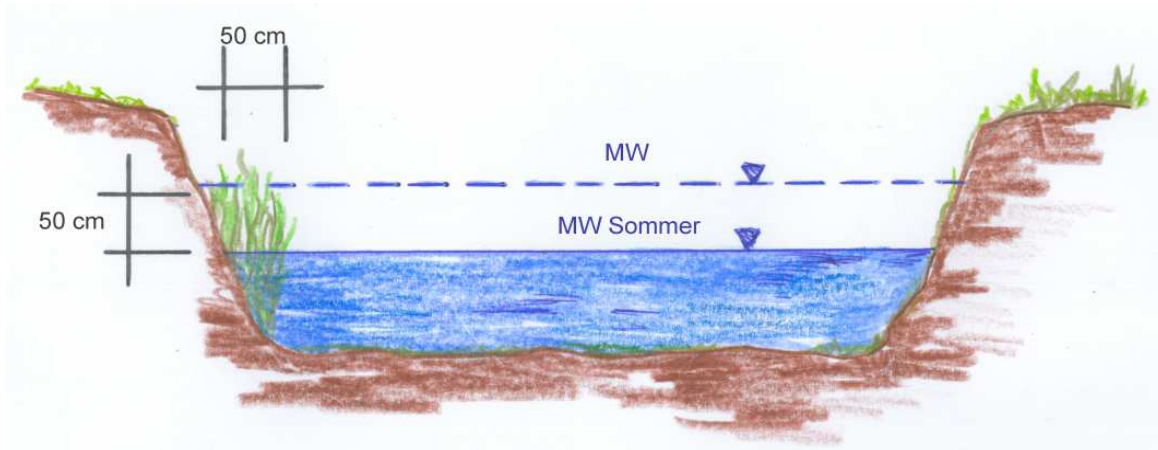


Abbildung 6-2: Reduzierte Unterhaltung der Wasserwechselzone

6.3 Monitoring - halbjährliche Gewässerbegehungen

Um die im Entscheidungssystem für bedarfsgerechte Unterhaltung festgelegten Prüfungen durchführen zu können, ist zweimal im Jahr eine Kontrolle durchzuführen:

- **Winter- bzw. Frühjahrskontrolle:** ermöglicht Einschätzung der Wirksamkeit von Sohlauflandungen und Abflusshindernissen in weitgehender Abwesenheit von Krautwuchs (März-Mitte Mai)
- **Sommerkontrolle:** ermöglicht Einschätzung der Wirksamkeit von Rest-Krautbewuchs und Schonstreifen nach der Krautung (Juli-September)

Bei Gewässerbegehungen kann entsprechend des in Abbildung 5-2 dargestellten Entscheidungsschemas verfahren werden.

Wichtig: die Begehungen und Bewertungen müssen immer **bei geöffneten Wehren im Winter/Frühjahr** (alle Schütze gezogen außer Senzke, dort nur Oberschütz gezogen) **und bis zu 7 Tagen nach der Krautung eines Abschnittes im Sommer** durchgeführt werden, da sonst keine vollständige Einschätzung der hydraulischen Leistungsfähigkeit des Gerinnes möglich ist. Die Wasserstands-Durchfluss-Grenzkurven sind auf das Sommerstauziel des Abschnittes optimiert und eine Abweichung vom Stauziel muss durch entsprechende Parallelverschiebung der Grenzkurve auf der y-Achse berücksichtigt werden.

Die Wasserstände an den Abschnittspegeln, der Bezugspegeldurchfluss, sowie das Auftreten gravierender Einschränkungen der hydraulischen Leistungsfähigkeit sind bei Gewässerbegehung zu dokumentieren.

Sollte sich im Ergebnisse des Monitorings zeigen, dass keine wesentlichen Änderungen der Wasserstände auftreten, sollte eine Ausweitung der Maßnahmenbereiche erwogen werden. Dazu können die Abschnitte mit geänderter Unterhaltung Schrittweise verlängert werden. Eine weitere Möglichkeit besteht in einer Verbreiterung der geschonten Uferbereiche.

7 Maßnahmenkarten

Die Verortung der beschriebenen Maßnahmen wird in den Abbildungen 7-1 und 7-2 wiedergegeben. Kriterien für die Auswahl der Maßnahmenbereiche waren neben den hydraulischen Randbedingungen (siehe Tabelle 4-7) die Erfordernisse der Unterhaltungspraxis wie Lage von Kurven, Brücken, Wehren und Krautentnahmestellen.

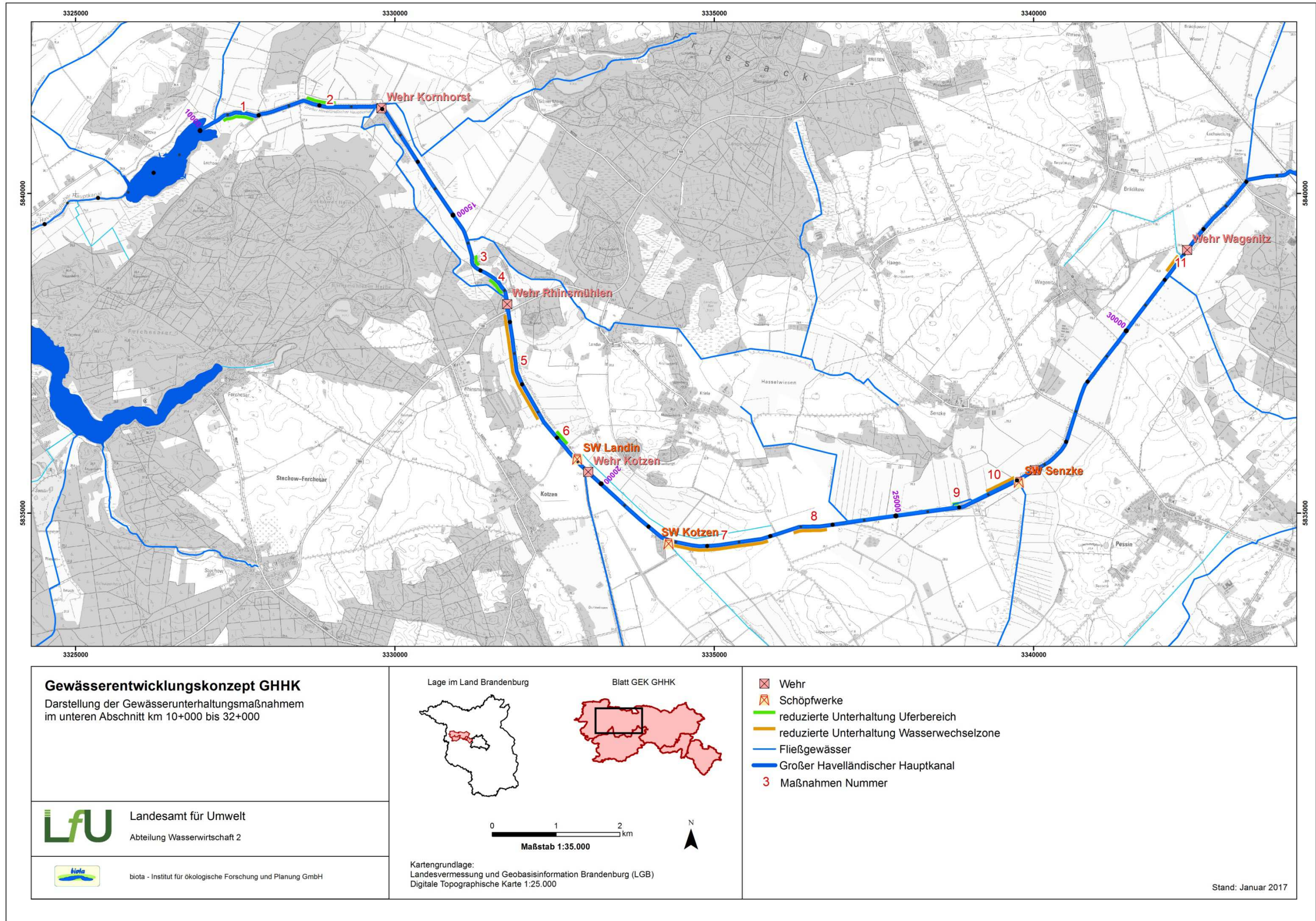


Abbildung 7-1: Gewässerunterhaltungsmaßnahmen im unteren Abschnitt des GHHK km 10+000 bis 32+000

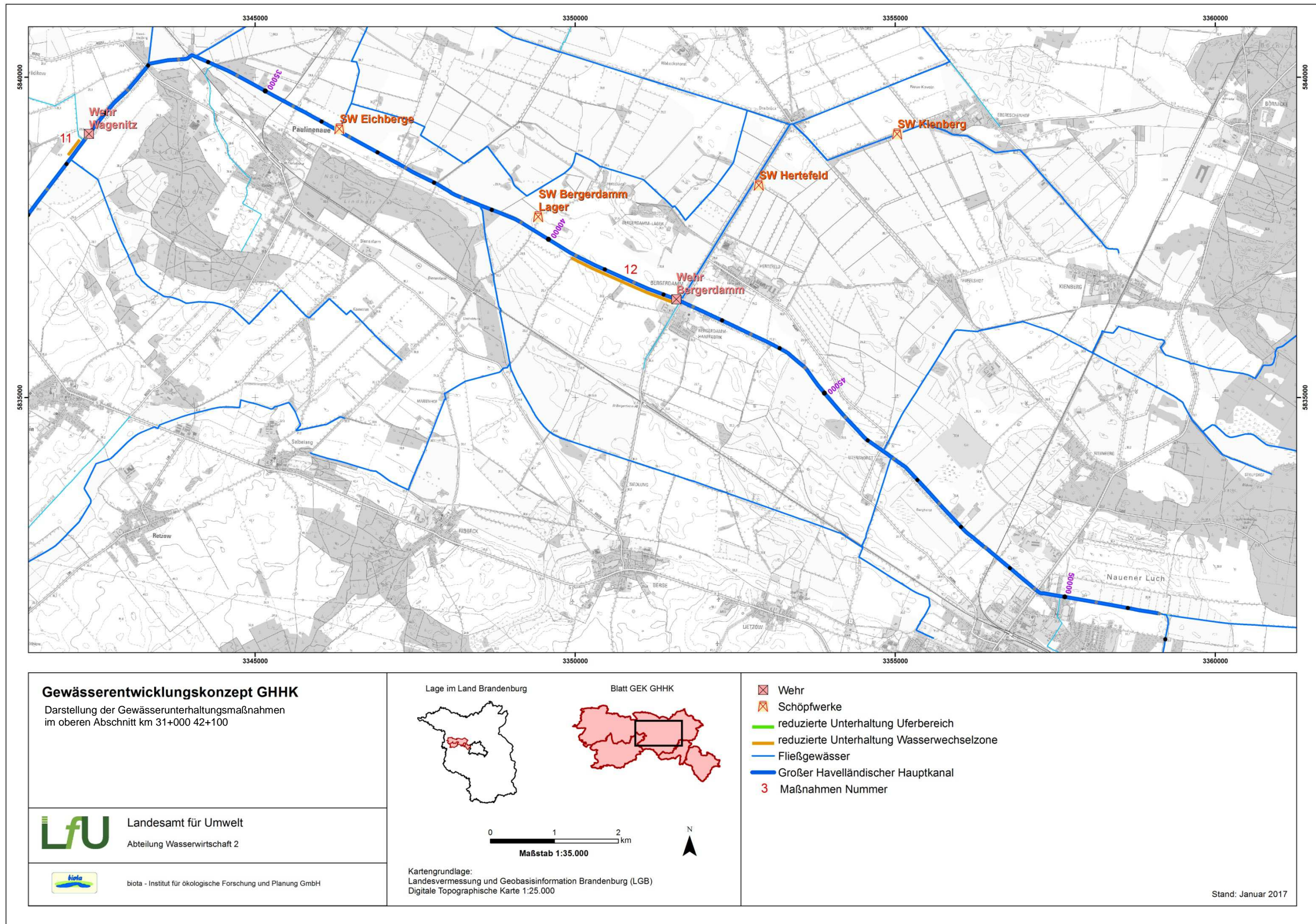


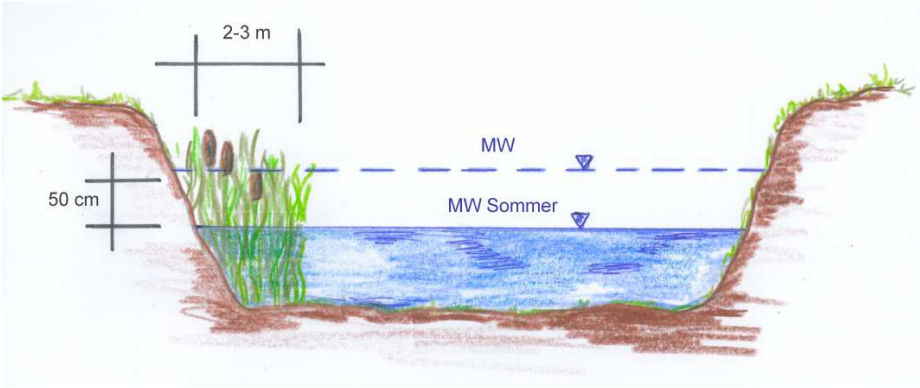


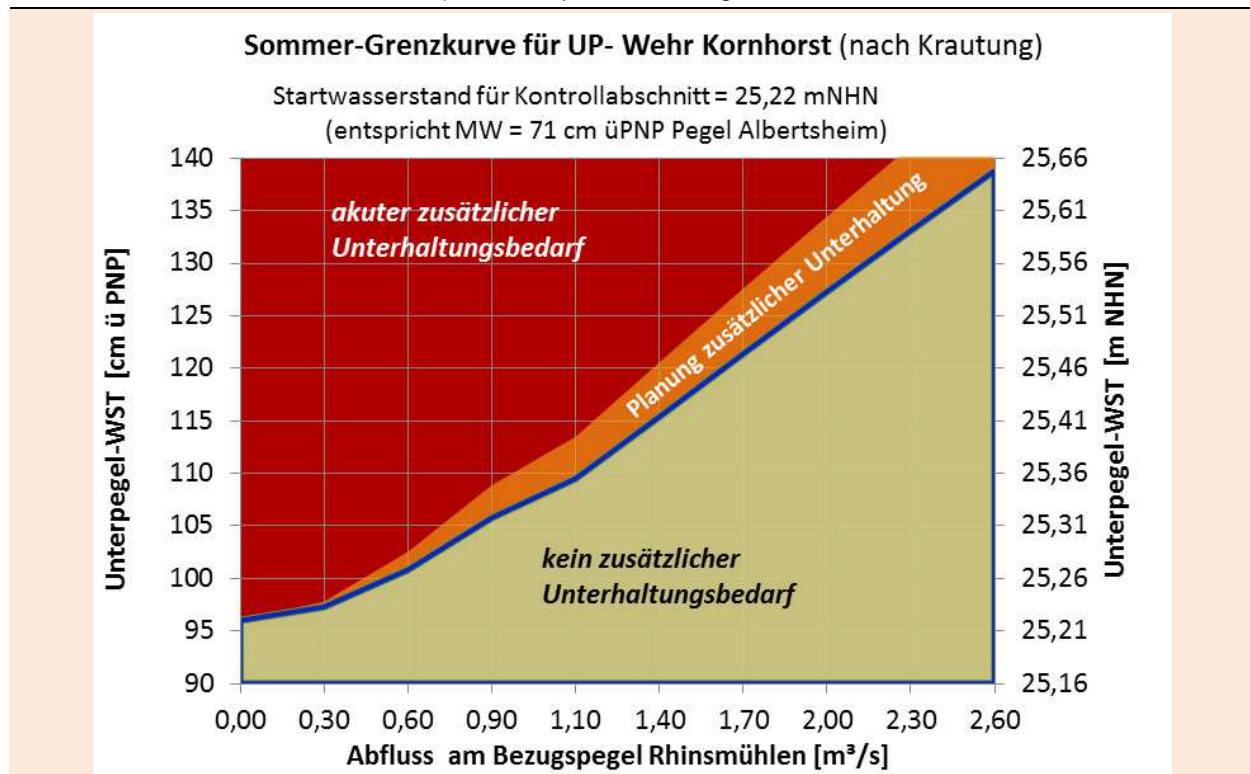
Abbildung 7-2: Gewässerunterhaltungsmaßnahmen im oberen Abschnitt des GHK km 31+000 bis 42+100

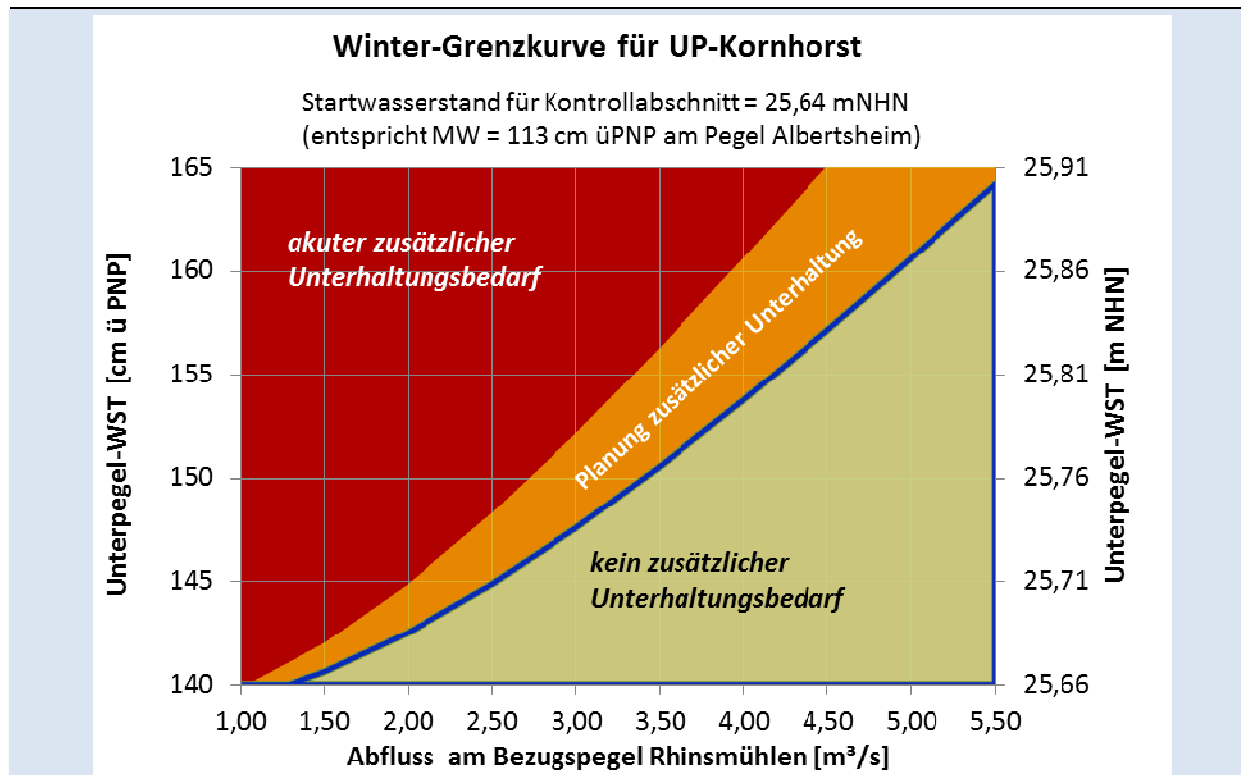
8 Maßnahmensteckbriefe

Maßnahme 1			
Gewässername	Großer Havelländischer Hauptkanal	WK-Code	5878_1719
Kontroll- und Unterhaltungsabschnitt	5878_1719_KUAb1 (Witzker See bis Wehr Kornhorst)	Stationierung	10+385 bis 10+925
Bezeichnung der Unterhaltungsmaßnahme	reduzierte Unterhaltung Gewässerrand (Fließrichtung links)		
Zuständigkeit	LfU (beauftragter Wasser- und Bodenverband Untere Havel-Brandenburg)		
Begrenzung des Abschnitts			
	Von Ende rechtsseitiger Gehölzgruppe bis Beginn Rechtskurve		
Naturschutzfachliche Anforderungen	Bekanntes Vorkommen besonders oder streng geschützter Arten: Fischotter, Biber, Keilfleck-Mosaikjungfer. Angrenzende Flächen: FFH-Gebiet „Hundewiesen“ (DE3340-303), SPA-Gebiet „Niederung der Unteren Havel“ (DE3339-402), LSG „Westhavelland“ (DE3340-602);		
Wasserwirtschaftliche Anforderungen	Keine Verschlechterung der Hochwasserführung bzw. nutzungsrelevanten WST, Sicherstellung des ordnungsgemäßen Abflusses		
Beschreibung der Maßnahme	Optimierung der regelmäßigen (2- bis 3- maligen) Krautung durch Ausweisung von Schonstreifen - kein vollständiges Ausmähen des Gewässerbettes, Schonung eines ca. 2-3 Meter breiten Streifens im Uferbereich. Der Abschnitt wird in zwei gleich lange Schonstreifen unterteilt, welche im 1- bis 2- jährlichen Wechsel wieder gekrautet werden. Die Böschungsmahd ist entsprechend anzupassen, damit insbesondere der Wasserwechselbereich (ca. 50 cm über WST) geschont wird.		
Skizze			
Ziel der Maßnahme	Erhalt von Restpopulationen und Habitaten mit der Möglichkeit zur Wiederbesiedlung der umliegenden Gewässerabschnitte. Erhalt oder Etablierung einer typgerechten Vegetation insbesondere im Wasserwechselbereich.		



Kriterien für zusätzlichen Unterhaltungsbedarf

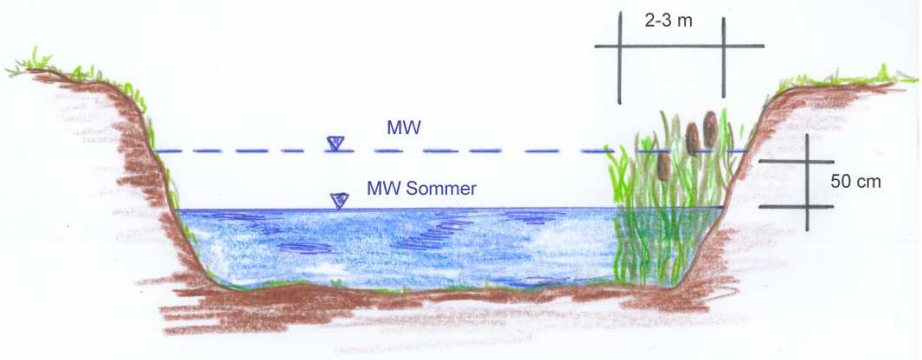
- Die Schonstreifen sollten die zukünftige Unterhaltbarkeit nicht behindern.
- **Wasserstände im Wehrabschnitt sollten Grenzwerte nicht überschreiten:**
 - Kurz nach abgeschlossener Krautung im GHHK wird die Sommer-Grenzkurve geprüft (hierbei muss die Höhe der Grenzkurven um die Abweichung des Startwasserstandes im Unterhaltungsabschnitt (KP1a – Pegel Albertsheim) vom angegebenen Startwasserstand verschoben werden).
 - Die Grenzkurve für den Winter ist vom Wasserstand Pegel Albertsheim abhängig (s.o.)
 - Liegt der Wasserstand über der Grenzkurve, werden zusätzliche Unterhaltungsmaßnahmen zur Wiederherstellung der Abflusskapazität erforderlich: Es wird abgeschätzt, was die erhöhten Wasserstände hervorruft (z.B. übermäßige Ausbildung der neuen Schonbereiche, Sohlaufhöhungen im Wehrabschnitt, außergewöhnlich viel Krautwuchs nach Krautung, Beeinflussung durch unteren Wehrabschnitt) und entsprechend reagiert.





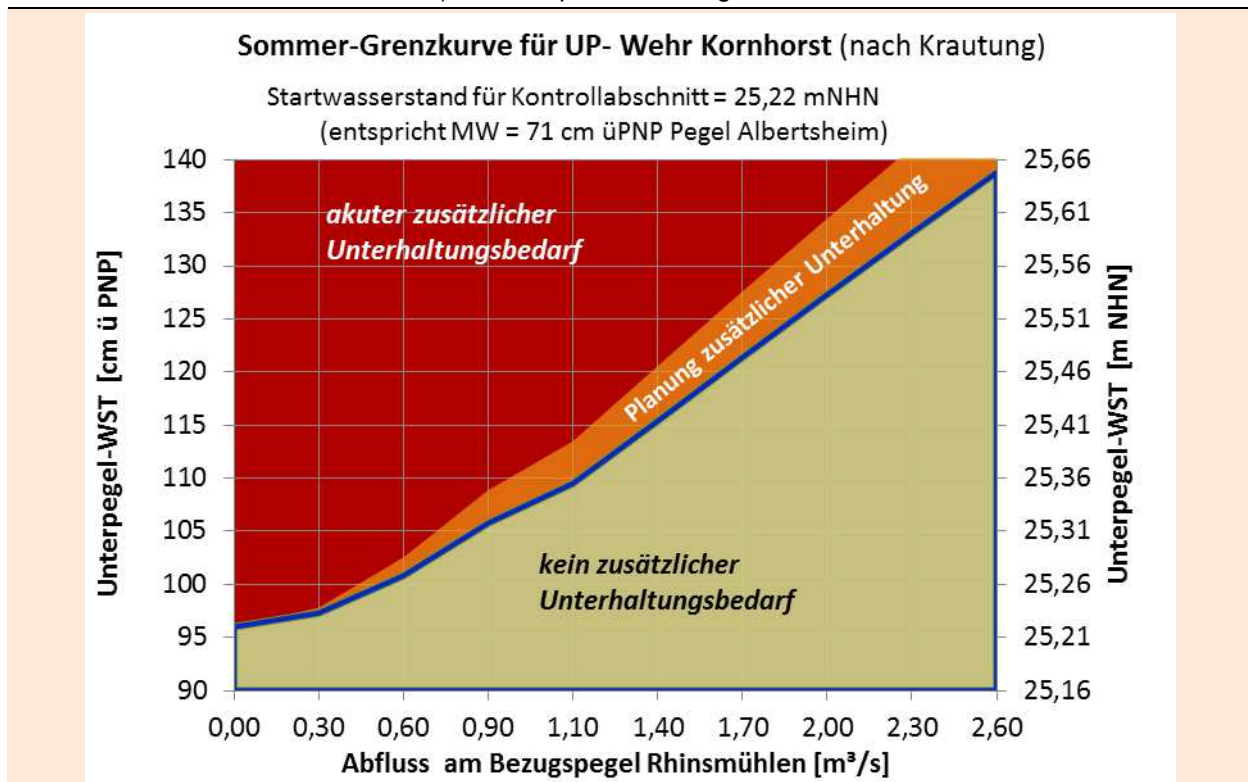
Maßnahme 2

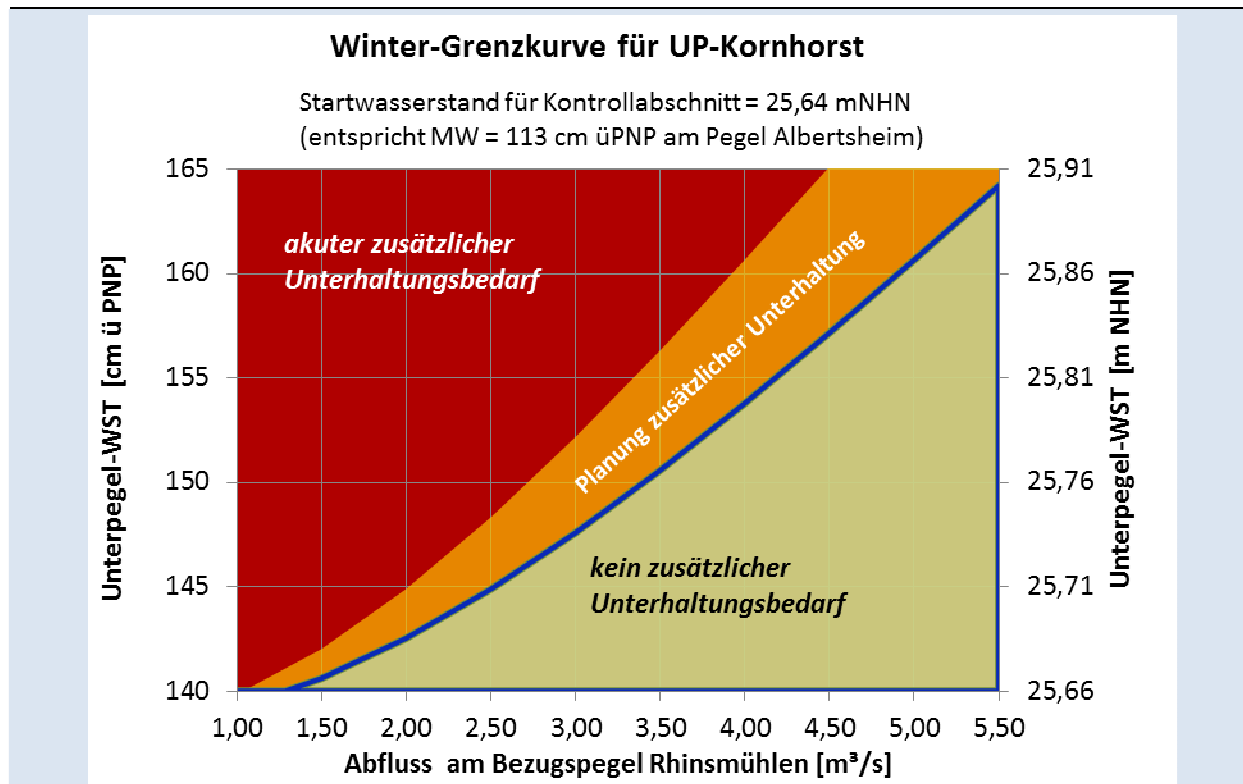
Gewässername	Großer Havelländischer Hauptkanal	WK-Code	5878_1719
Kontroll- und Unterhaltungsabschnitt	5878_1719_KUAb1 (Witzker See bis Wehr Kornhorst)	Stationierung	11+769 bis 12+258
Bezeichnung der Unterhaltungsmaßnahme	reduzierte Unterhaltung Gewässerrand (rechts)		
Zuständigkeit	LfU (beauftragter Wasser- und Bodenverband Untere Havel-Brandenburg)		
Begrenzung des Abschnitts	 <p>Von Ende Linkskurve oh. Brücke zwischen Lochow und Dicke bis 100m oh. Rechtsskurve (oh. Brücke zwischen Lochow und Dicke)</p>		
Naturschutzfachliche Anforderungen	Bekannte Vorkommen besonders oder streng geschützter Arten: Fischotter. Angrenzende Flächen: FFH-Gebiet „Hundewiesen“ (DE3340-303), SPA-Gebiet „Niederung der Unteren Havel“ (DE3339-402), LSG „Westhavelland“ (DE3340-602);		
Wasserwirtschaftliche Anforderungen	Keine Verschlechterung der Hochwasserführung bzw. nutzungsrelevanten WST, Sicherstellung des ordnungsgemäßen Abflusses		

<p>Beschreibung der Maßnahme</p>	<p>Optimierung der regelmäßigen (2- bis 3-maligen) Krautung durch Ausweisung von Schonstreifen - kein vollständiges Ausmähen des Gewässerbettes, Schonung eines ca. 2-3 Meter breiten Streifens im Uferbereich. Der Abschnitt wird möglichst in zwei gleich lange Schonstreifen unterteilt, welche im mehrjährigen Wechsel wieder gekrautet werden. Die Böschungsmahd ist entsprechend anzupassen, damit insbesondere der Wasserwechselbereich (ca. 50 cm über WST) geschont wird.</p>
<p>Skizze</p>	
<p>Ziel der Maßnahme</p>	<p>Erhalt von Restpopulationen und Habitaten mit der Möglichkeit zur Wiederbesiedlung der umliegenden Gewässerabschnitte. Erhalt oder Etablierung einer typgerechten Vegetation insbesondere im Wasserwechselbereich.</p>

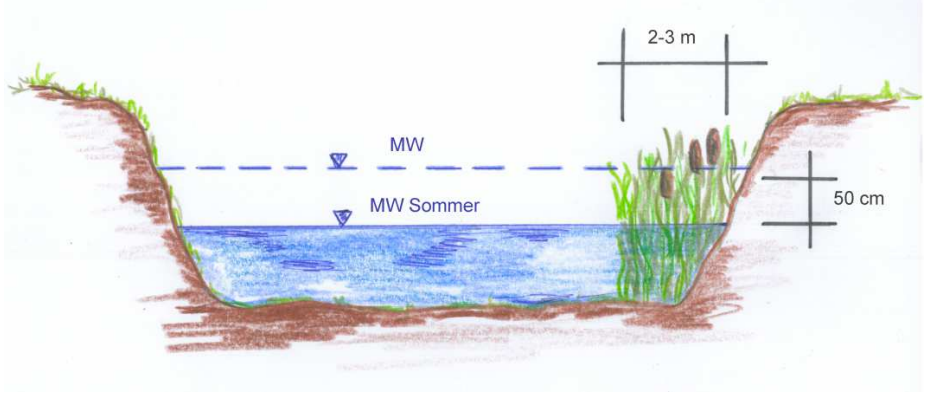
Kriterien für zusätzlichen Unterhaltungsbedarf

- Die Schonstreifen sollten die zukünftige Unterhaltbarkeit nicht behindern.
- **Wasserstände im Wehrabschnitt sollten Grenzwerte nicht überschreiten:**
 - Kurz nach abgeschlossener Krautung im GHHK wird die Sommer-Grenzkurve geprüft (hierbei muss die Höhe der Grenzkurve um die Abweichung des Startwasserstandes im Unterhaltungsabschnitt (Pegel Albertsheim) vom angegebenen Startwasserstand verschoben werden).
 - Die Grenzkurve für den Winter ist vom Wasserstand Pegel Albertsheim abhängig (s.o.)
 - Liegt der Wasserstand über der Grenzkurve, werden zusätzliche Unterhaltungsmaßnahmen zur Wiederherstellung der Abflusskapazität erforderlich: Es wird abgeschätzt, was die erhöhten Wasserstände hervorruft (z.B. übermäßige Ausbildung der neuen Schonbereiche, Sohlaufhöhungen im Wehrabschnitt, außergewöhnlich viel Krautwuchs nach Krautung, Beeinflussung durch unteren Wehrabschnitt) und entsprechend reagiert.





Maßnahme 3			
Gewässername	Großer Havelländischer Hauptkanal	WK-Code	5878_1719
Kontroll- und Unterhaltungsabschnitt	5878_1719_KUAb2 (Wehr Kornhorst bis Wehr Rhinsmühlen)	Stationierung	15+716 bis 15+927
Bezeichnung der Unterhaltungsmaßnahme	reduzierte Unterhaltung Gewässerrand (rechts)		
Zuständigkeit	LfU (beauftragter Wasser- und Bodenverband Untere Havel-Brandenburg)		
Begrenzung des Abschnitts			
	uh. Wehr Rhinsmühlen in rechtsseitiger Innenkurve zwischen beidseitigen Waldbestände		
Naturschutzfachliche Anforderungen	Bekanntes Vorkommen besonders oder streng geschützter Arten: Fischotter. Angrenzende Flächen: SPA-Gebiet „Niederung der Unteren Havel“ (DE3339-402), LSG „Westhavelland“ (DE3340-602);		

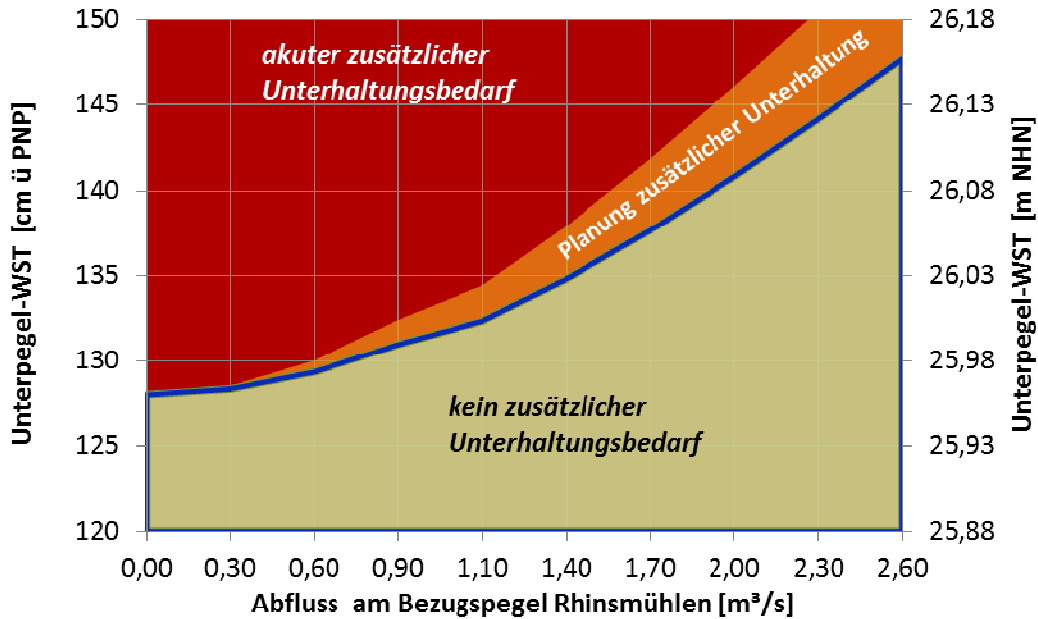
Wasserwirtschaftliche Anforderungen	Keine Verschlechterung der Hochwasserführung bzw. nutzungsrelevanten WST, Sicherstellung des ordnungsgemäßen Abflusses
Beschreibung der Maßnahme	Optimierung der regelmäßigen (2- bis 3-maligen) Krautung durch Ausweisung von Schonstreifen - kein vollständiges Ausmähen des Gewässerbettes, Schonung eines ca. 2-3 Meter breiten Streifens im Uferbereich. Der Abschnitt wird möglichst in zwei gleich lange Schonstreifen unterteilt, welche im mehrjährigen Wechsel wieder gekrautet werden. Die Böschungsmahd ist entsprechend anzupassen, damit insbesondere der Wasserwechselbereich (ca. 50 cm über WST) geschont wird.
Skizze	
Ziel der Maßnahme	Erhalt von Restpopulationen und Habitaten mit der Möglichkeit zur Wiederbesiedlung der umliegenden Gewässerabschnitte. Erhalt oder Etablierung einer typgerechten Vegetation insbesondere im Wasserwechselbereich.

Kriterien für zusätzlichen Unterhaltungsbedarf

- Die Schonstreifen sollten die zukünftige Unterhaltbarkeit nicht behindern.
- **Wasserstände im Wehrabschnitt sollten Grenzwerte nicht überschreiten:**
 - Kurz nach abgeschlossener Krautung im GHHK wird die Sommer-Grenzkurve geprüft (hierbei muss die Höhe der Grenzkurve um die Abweichung des Startwasserstandes im Unterhaltungsabschnitt vom angegebenen Startwasserstand verschoben werden).
 - Die Grenzkurve für den Winter gilt für gezogene Wehre im GHHK und kann vom unterhalb liegenden Wehrabschnitt beeinflusst werden
 - Liegt der Wasserstand über der Grenzkurve, werden zusätzliche Unterhaltungsmaßnahmen zur Wiederherstellung der Abflusskapazität erforderlich: Es wird abgeschätzt, was die erhöhten Wasserstände hervorruft (z.B. übermäßige Ausbildung der neuen Schonbereiche, Sohlaufhöhungen im Wehrabschnitt, außergewöhnlich viel Krautwuchs nach Krautung, Beeinflussung durch unteren Wehrabschnitt) und entsprechend reagiert.

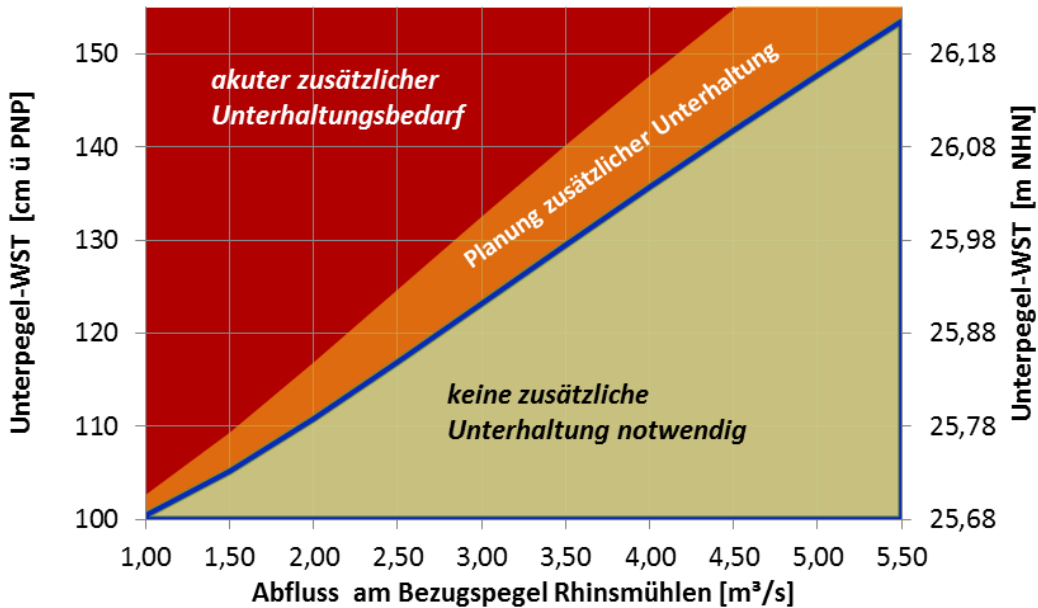
Sommer-Grenzkurve für UP-Wehr Rhinsmühlen (nach Krautung)

Startwasserstand für Kontrollabschnitt = 25,96 mNHN
(entspricht Stauziel = 170 cm üPNP am OP Wehr Kornhorst)



Winter-Grenzkurve für UP-Wehr Rhinsmühlen


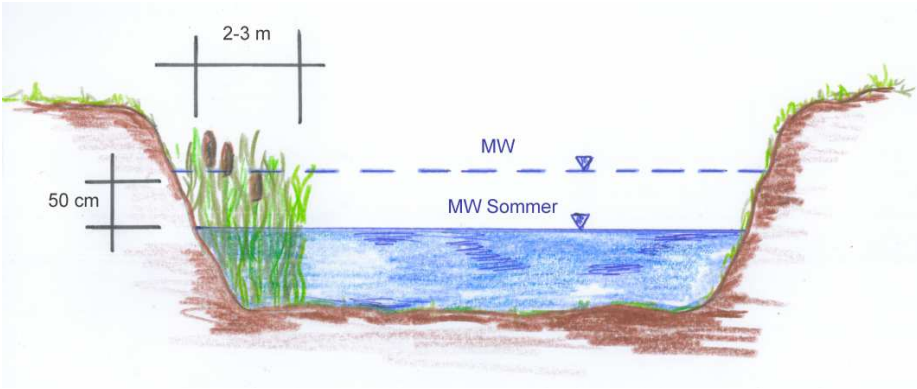
Startwasserstand für Kontrollabschnitt bei gezogenen Wehren wurde hydraulisch ermittelt



Maßnahme 4

Gewässername	Großer Havelländischer Hauptkanal	WK-Code	5878_1719
Kontroll- und Unterhaltungsabschnitt	5878_1719_KUAb2 (Wehr Kornhorst bis Wehr Rhinsmühlen)	Stationierung	16+200 bis 16+536
Bezeichnung der Unterhaltungsmaßnahme	reduzierte Unterhaltung Gewässerrand (links)		



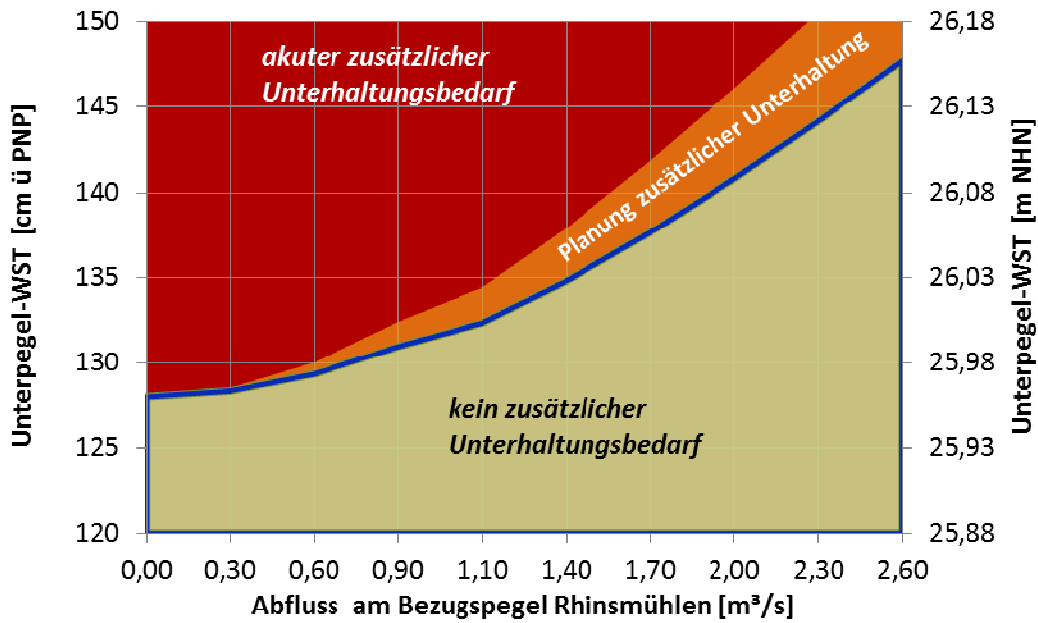
Zuständigkeit	LfU (beauftragter Wasser- und Bodenverband Untere Havel-Brandenburg)
Begrenzung des Abschnitts	 <p>Von Ende rechtsseitiger Gehölzgruppe am GHHK (ca. 70 m nach Beginn Wald beiderseits) bis Bereich wo Wäldchen rechtsseitig bis an GHHK heranreicht (uh. Wehr Rhinsmühlen)</p>
Naturschutzfachliche Anforderungen	Bekanntes Vorkommen besonders oder streng geschützter Arten: Fischotter. Angrenzende Flächen: LSG „Westhavelland“ (DE3340-602);
Wasserwirtschaftliche Anforderungen	Keine Verschlechterung der Hochwasserführung bzw. nutzungsrelevanten WST, Sicherstellung des ordnungsgemäßen Abflusses
Beschreibung der Maßnahme	Optimierung der regelmäßigen (2- bis 3-maligen) Krautung durch Ausweisung von Schonstreifen - kein vollständiges Ausmähen des Gewässerbettes, Schonung eines ca. 2-3 Meter breiten Streifens im Uferbereich. Der Abschnitt wird möglichst in zwei gleich lange Schonstreifen unterteilt, welche im mehrjährigen Wechsel wieder gekrautet werden. Die Böschungsmahd ist entsprechend anzupassen, damit insbesondere der Wasserwechselbereich (ca. 50 cm über WST) geschont wird.
Skizze	
Ziel der Maßnahme	Erhalt von Restpopulationen und Habitaten mit der Möglichkeit zur Wiederbesiedlung der umliegenden Gewässerabschnitte. Erhalt oder Etablierung einer typgerechten Vegetation insbesondere im Wasserwechselbereich.

Kriterien für zusätzlichen Unterhaltungsbedarf

- Die Schonstreifen sollten die zukünftige Unterhaltbarkeit nicht behindern.
- **Wasserstände im Wehrabschnitt sollten Grenzwerte nicht überschreiten:**
 - Kurz nach abgeschlossener Krautung im GHHK wird die Sommer-Grenzkurve geprüft (hierbei muss die Höhe der Grenzkurve um die Abweichung des Startwasserstandes im Unterhaltungsabschnitt vom angegebenen Startwasserstand verschoben werden).
 - Die Grenzkurve für den Winter gilt für gezogene Wehre im GHHK und kann vom unterhalb liegenden Wehrabschnitt beeinflusst werden
 - Liegt der Wasserstand über der Grenzkurve, werden zusätzliche Unterhaltungsmaßnahmen zur Wiederherstellung der Abflusskapazität erforderlich: Es wird abgeschätzt, was die erhöhten Wasserstände hervorruft (z.B. übermäßige Ausbildung der neuen Schonbereiche, Sohlaufhöhungen im Wehrabschnitt, außergewöhnlich viel Krautwuchs nach Krautung, Beeinflussung durch unteren Wehrabschnitt) und entsprechend reagiert.

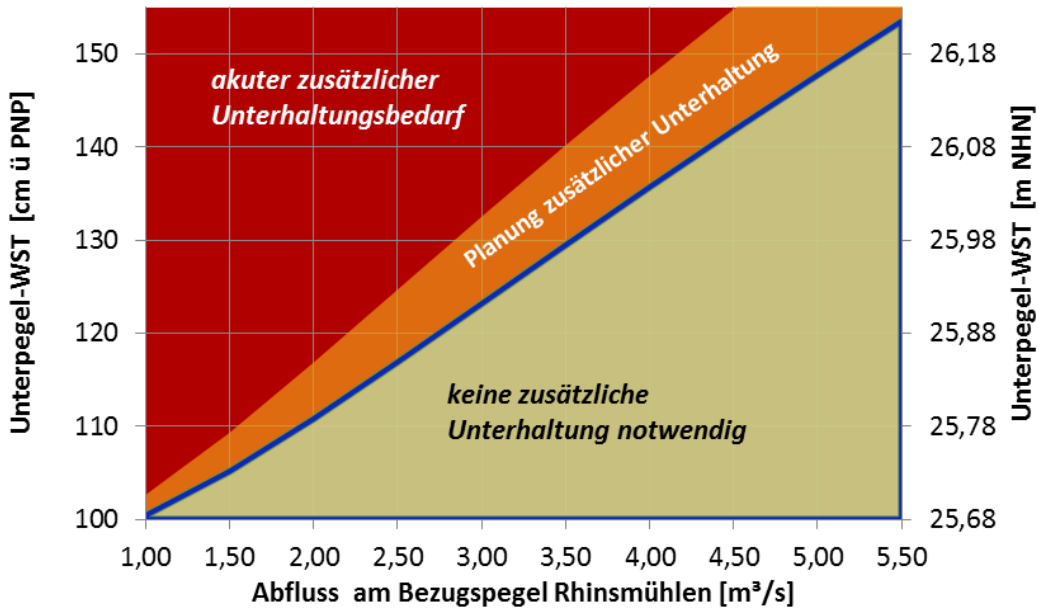
Sommer-Grenzkurve für UP-Wehr Rhinsmühlen (nach Krautung)


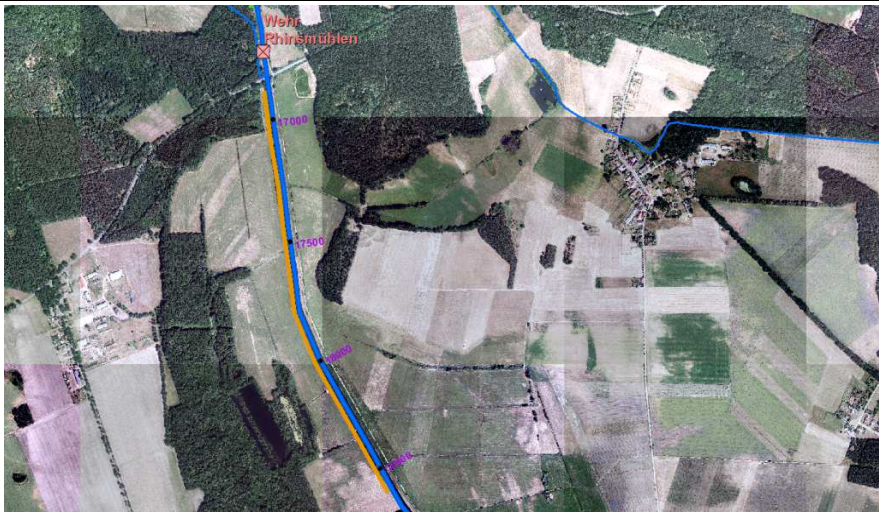
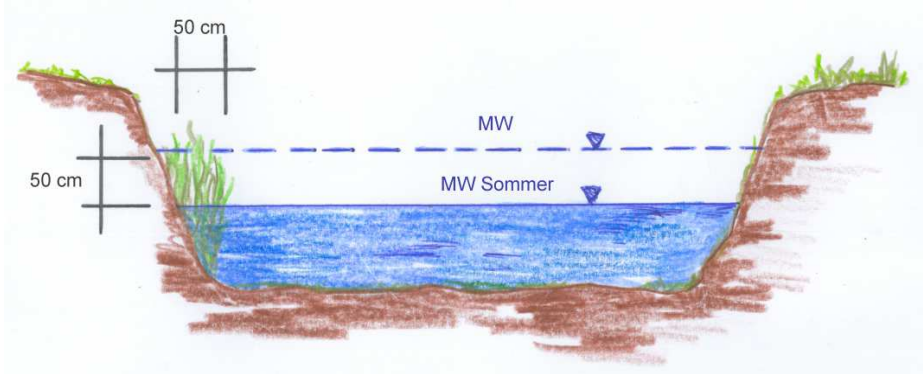
Startwasserstand für Kontrollabschnitt = 25,96 mNHN
 (entspricht Stauziel = 170 cm üPNP am OP Wehr Kornhorst)



Winter-Grenzkurve für UP-Wehr Rhinsmühlen

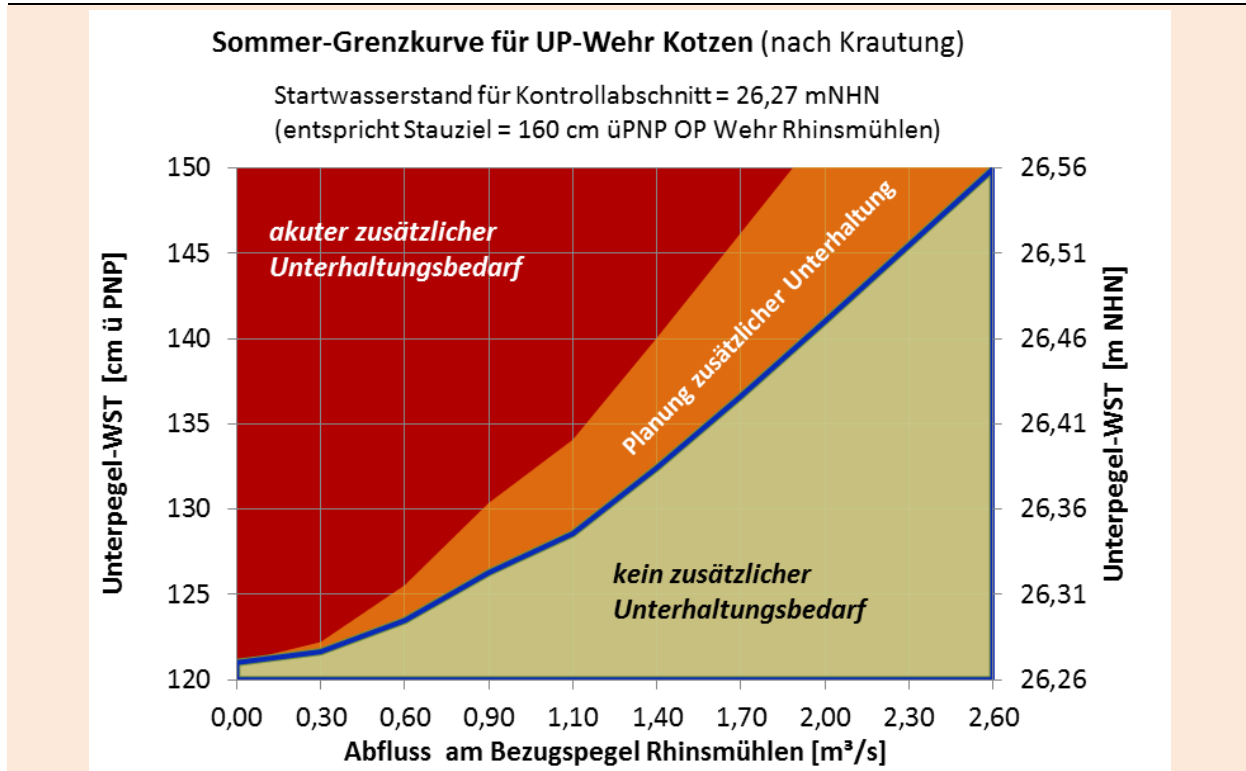
Startwasserstand für Kontrollabschnitt bei gezogenen Wehren wurde hydraulisch ermittelt

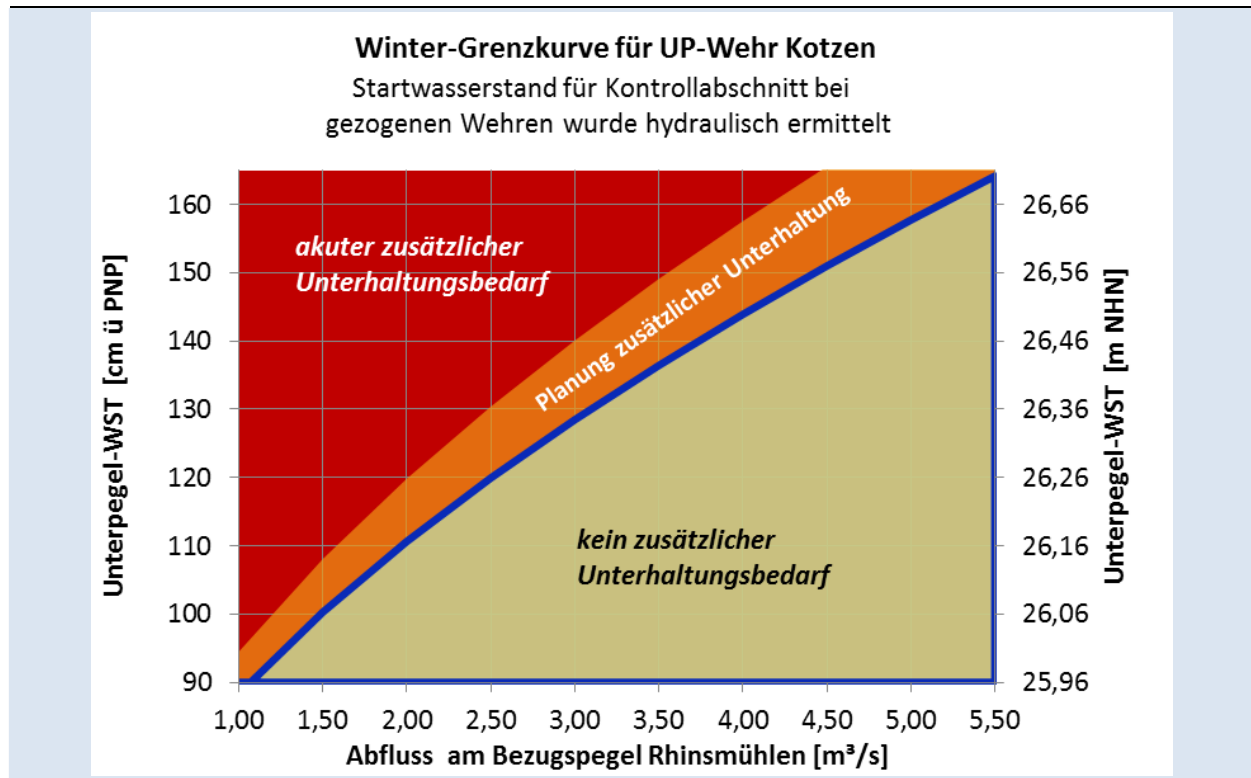




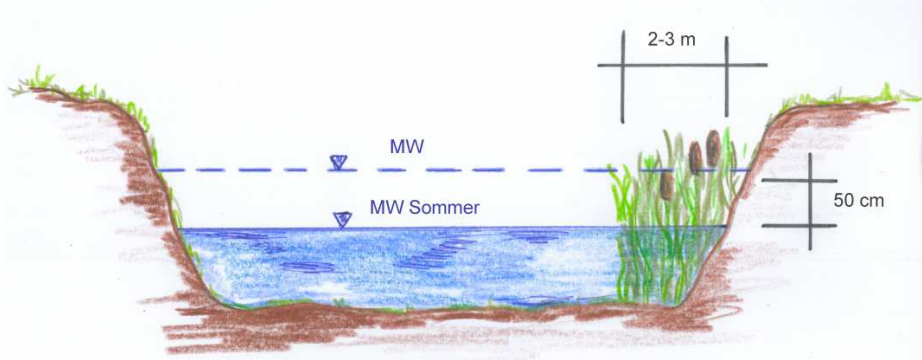
Maßnahme 5			
Gewässername	Großer Havelländischer Hauptkanal	WK-Code	5878_1719
Kontroll- und Unterhaltungsabschnitt	5878_1719_KUAb3 (Wehr Rhinsmühlen bis Wehr Kotzen)	Stationierung	16+879 bis 18+600
Bezeichnung der Unterhaltungsmaßnahme	reduzierte Unterhaltung Wasserwechselzone (links)		
Zuständigkeit	LfU (beauftragter Wasser- und Bodenverband Großer Havelhauptkanal-Havelkanal-Havelseen)		
Begrenzung des Abschnitts			
	Von 50 m oh. Brücke B188 bis Ende linksseitige Gehölzgalerie		
Naturschutzfachliche Anforderungen	Bekanntes Vorkommen besonders oder streng geschützter Arten: Fischotter, Blaue Federlibelle. Angrenzende Flächen: LSG „Westhavelland“ (DE3340-602);		
Wasserwirtschaftliche Anforderungen	Keine Verschlechterung der Hochwasserführung bzw. nutzungsrelevanten WST, Sicherstellung des ordnungsgemäßen Abflusses		
Beschreibung der Maßnahme	Im Bereich der Wasserwechselzone (Böschung bis ca. 50 cm über WST sowie wasserseitig ca. 50 cm) wird die Krautung und Böschungsmahd dauerhaft eingestellt. Um das Aufkommen von Gehölzen zu verhindern, kann es erforderlich werden, in mehrjährigen Abständen zu krautern und zu mähen. Dies sollte nach Möglichkeit abschnittsweise erfolgen.		
Skizze			
Ziel der Maßnahme	Erhalt amphibischer Wasserwechselzone als essentielles Habitat geschützter Tierarten (insbesondere Amphibien, Libellen, Vögel)		

Kriterien für zusätzlichen Unterhaltungsbedarf

- Die Schonstreifen sollten die zukünftige Unterhaltbarkeit nicht behindern.
- **Wasserstände im Wehrabschnitt sollten Grenzwerte nicht überschreiten:**
 - Kurz nach abgeschlossener Krautung im GHHK wird die Sommer-Grenzkurve geprüft (hierbei muss die Höhe der Grenzkurve um die Abweichung des Startwasserstandes im Unterhaltungsabschnitt vom angegebenen Startwasserstand verschoben werden).
 - Die Grenzkurve für den Winter gilt für gezogene Wehre im GHHK und kann vom unterhalb liegenden Wehrabschnitt beeinflusst werden
 - Liegt der Wasserstand über der Grenzkurve, werden zusätzliche Unterhaltungsmaßnahmen zur Wiederherstellung der Abflusskapazität erforderlich: Es wird abgeschätzt, was die erhöhten Wasserstände hervorruft (z.B. übermäßige Ausbildung der neuen Schonbereiche, Sohlaufhöhungen im Wehrabschnitt, außergewöhnlich viel Krautwuchs nach Krautung, Beeinflussung durch unteren Wehrabschnitt) und entsprechend reagiert.

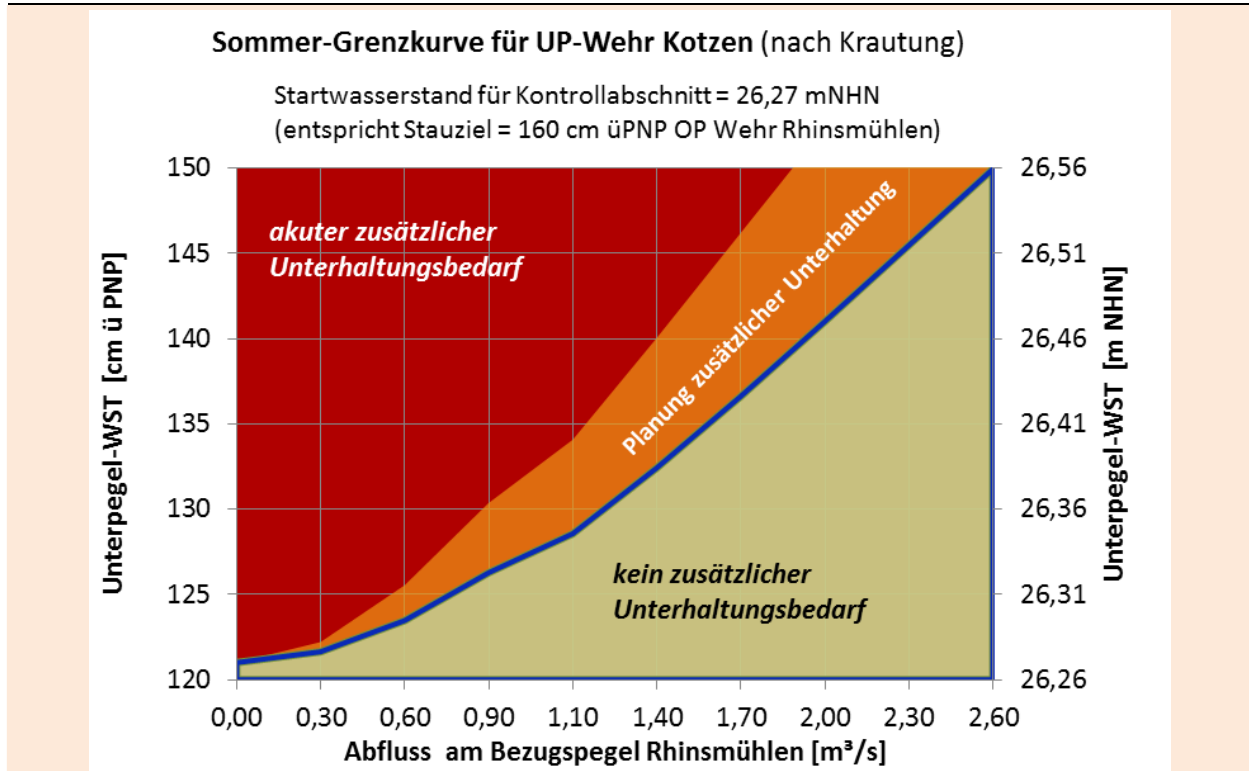


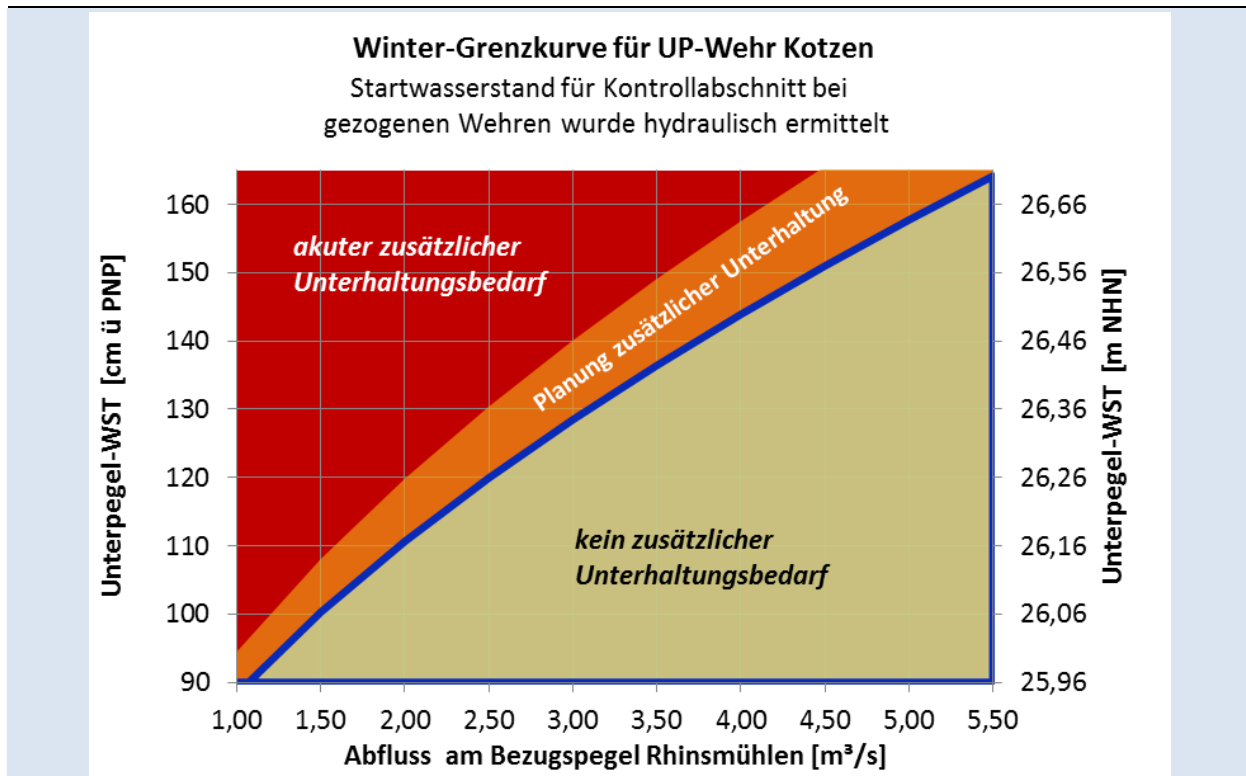


Maßnahme 6			
Gewässername	Großer Havelländischer Hauptkanal	WK-Code	5878_1719
Kontroll- und Unterhaltungsabschnitt	5878_1719_KUAb3 (Wehr Rhinsmühlen bis Wehr Kotzen)	Stationierung	18+919 bis 19+177
Bezeichnung der Unterhaltungsmaßnahme	reduzierte Unterhaltung Gewässerrand (rechts)		
Zuständigkeit	LfU (beauftragter Wasser- und Bodenverband Großer Havelhauptkanal-Havelkanal-Havelseen)		
Begrenzung des Abschnitts			
	Von Beginn linksseitige Gehölzgruppe bis 50 m uh. Brücke landwirtschaftliche Überfahrt uh. Wehr Kotzen		
Naturschutzfachliche Anforderungen	Bekanntes Vorkommen besonders oder streng geschützter Arten: Fischotter, Biber. Angrenzende Flächen: LSG „Westhavelland“ (DE3340-602);		
Wasserwirtschaftliche Anforderungen	Keine Verschlechterung der Hochwasserführung bzw. nutzungsrelevanten WST, Sicherstellung des ordnungsgemäßen Abflusses		
Beschreibung der Maßnahme	Optimierung der regelmäßigen (2- bis 3-maligen) Krautung durch Ausweisung von Schonstreifen - kein vollständiges Ausmähen des Gewässerbettes, Schonung eines ca. 2-3 Meter breiten Streifens im Uferbereich. Der Abschnitt wird möglichst in zwei gleich lange Schonstreifen unterteilt, welche im mehrjährigen Wechsel wieder gekrautet werden. Die Böschungsmahd ist entsprechend anzupassen, damit insbesondere der Wasserwechselbereich (ca. 50 cm über WST) geschont wird.		
Skizze			
Ziel der Maßnahme	Erhalt von Restpopulationen und Habitaten mit der Möglichkeit zur Wiederbesiedlung der umliegenden Gewässerabschnitte. Erhalt oder Etablierung einer typgerechten Vegetation insbesondere im Wasserwechselbereich.		


Kriterien für zusätzlichen Unterhaltungsbedarf

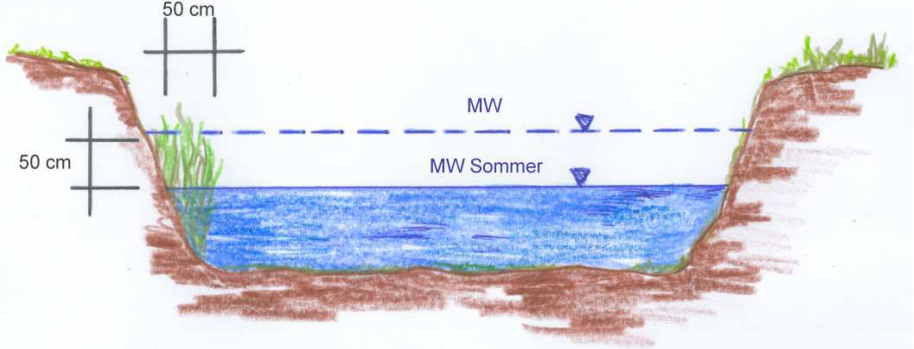
- Die Schonstreifen sollten die zukünftige Unterhaltbarkeit nicht behindern.
- **Wasserstände im Wehrabschnitt sollten Grenzwerte nicht überschreiten:**
 - Kurz nach abgeschlossener Krautung im GHHK wird die Sommer-Grenzkurve geprüft (hierbei muss die Höhe der Grenzkurve um die Abweichung des Startwasserstandes im Unterhaltungsabschnitt vom angegebenen Startwasserstand verschoben werden).
 - Die Grenzkurve für den Winter gilt für gezogene Wehre im GHHK und kann vom unterhalb liegenden Wehrabschnitt beeinflusst werden
 - Liegt der Wasserstand über der Grenzkurve, werden zusätzliche Unterhaltungsmaßnahmen zur Wiederherstellung der Abflusskapazität erforderlich: Es wird abgeschätzt, was die erhöhten Wasserstände hervorruft (z.B. übermäßige Ausbildung der neuen Schonbereiche, Sohlaufhöhungen im Wehrabschnitt, außergewöhnlich viel Krautwuchs nach Krautung, Beeinflussung durch unteren Wehrabschnitt) und entsprechend reagiert.





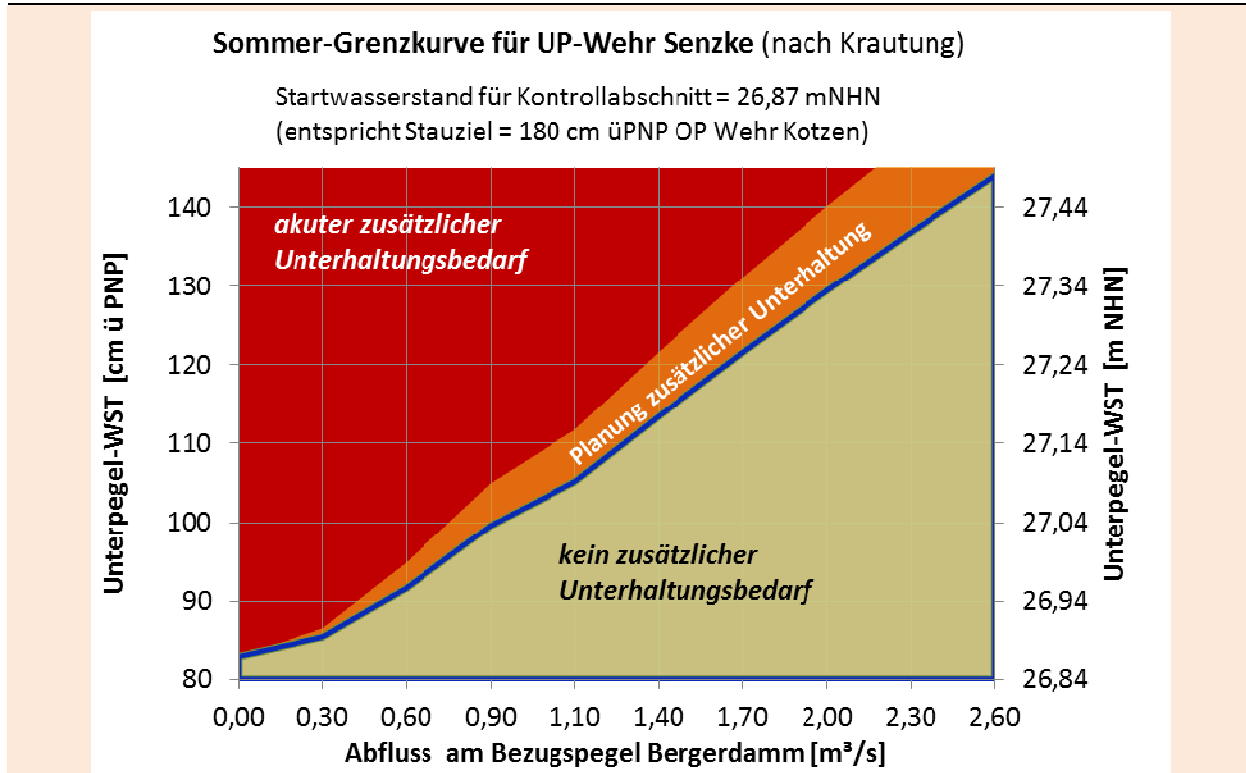
Maßnahme 7

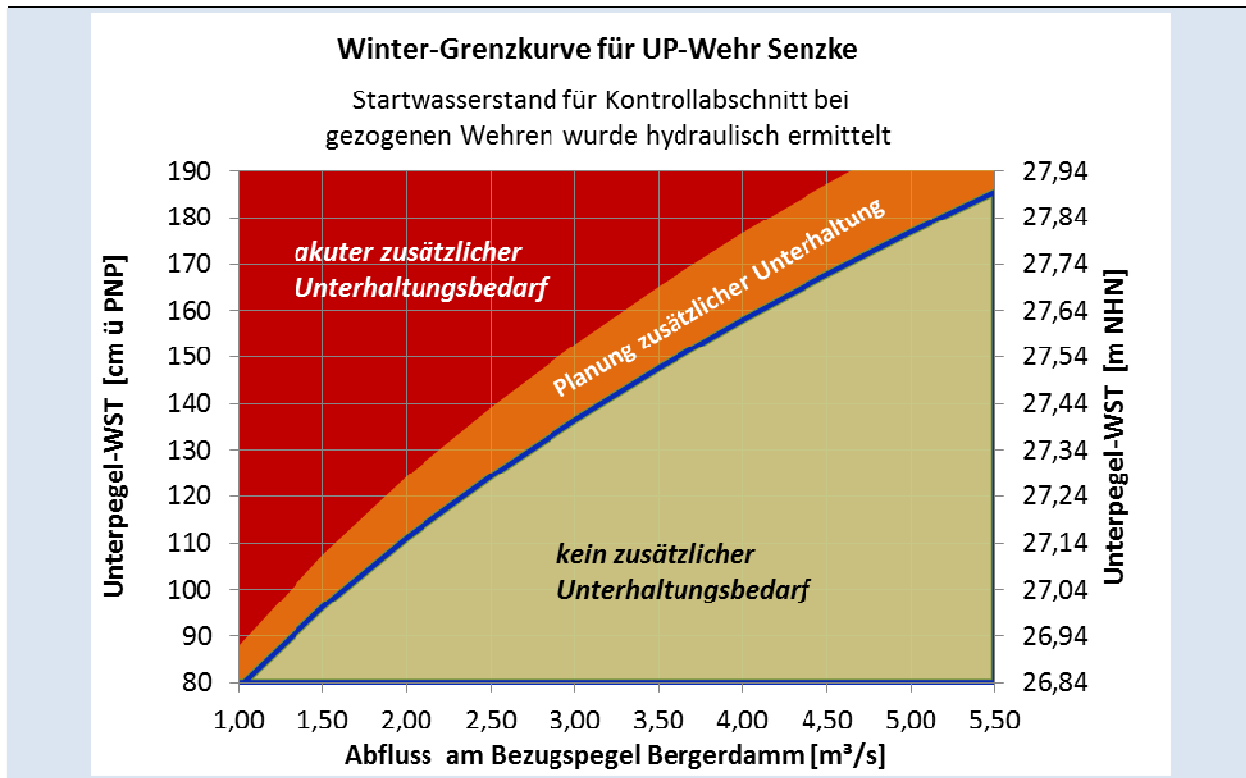
Gewässername	Großer Havelländischer Hauptkanal	WK-Code	5878_1719
Kontroll- und Unterhaltungsabschnitt	5878_1719_KUAb4 (Wehr Kotzen bis Wehr Senzke)	Stationierung	21+413 bis 22+944
Bezeichnung der Unterhaltungsmaßnahme	reduzierte Unterhaltung Wasserwechselzone (links)		
Zuständigkeit	LfU (beauftragter Wasser- und Bodenverband Großer Havelhauptkanal-Havelkanal-Havelseen)		
Begrenzung des Abschnitts			
	Von oh. Zufluss Zweiter Flügelgraben bis Einzelgehölze (letzter Baum links, 60 m uh Brücke)		
Naturschutzfachliche Anforderungen	Bekanntes Vorkommen besonders oder streng geschützter Arten: Fischotter, Biber Angrenzende Flächen: LSG „Westhavelland“ (DE3340-602);		
Wasserwirtschaftliche Anforderungen	Keine Verschlechterung der Hochwasserführung bzw. Nutzungsrelevanten WST, Sicherstellung des ordnungsgemäßen Abflusses		

Beschreibung der Maßnahme	Im Bereich der Wasserwechselzone (Böschung bis ca. 50 cm über WST sowie wasserseitig ca. 50 cm) wird die Krautung und Böschungsmahd dauerhaft eingestellt. Um das Aufkommen von Gehölzen zu verhindern, kann es erforderlich werden, in mehrjährigen Abständen zu Krauten und zu Mähen. Dies sollte nach Möglichkeit Abschnittsweise erfolgen.
Skizze	
Ziel der Maßnahme	Erhalt amphibischer Wasserwechselzone als essentielles Habitat geschützter Tierarten (insbesondere Amphibien, Libellen, Vögel)

Kriterien für zusätzlichen Unterhaltungsbedarf

- Die Schonstreifen sollten die zukünftige Unterhaltbarkeit nicht behindern.
- **Wasserstände im Wehrabschnitt sollten Grenzwerte nicht überschreiten:**
 - Kurz nach abgeschlossener Krautung im GHHK wird die Sommer-Grenzkurve geprüft (hierbei muss die Höhe der Grenzkurve um die Abweichung des Startwasserstandes im Unterhaltungsabschnitt vom angegebenen Startwasserstand verschoben werden).
 - Die Grenzkurve für den Winter gilt für gezogene Wehre im GHHK und kann vom unterhalb liegenden Wehrabschnitt beeinflusst werden
 - Liegt der Wasserstand über der Grenzkurve, werden zusätzliche Unterhaltungsmaßnahmen zur Wiederherstellung der Abflusskapazität erforderlich: Es wird abgeschätzt, was die erhöhten Wasserstände hervorruft (z.B. übermäßige Ausbildung der neuen Schonbereiche, Sohlaufhöhungen im Wehrabschnitt, außergewöhnlich viel Krautwuchs nach Krautung, Beeinflussung durch unteren Wehrabschnitt) und entsprechend reagiert.

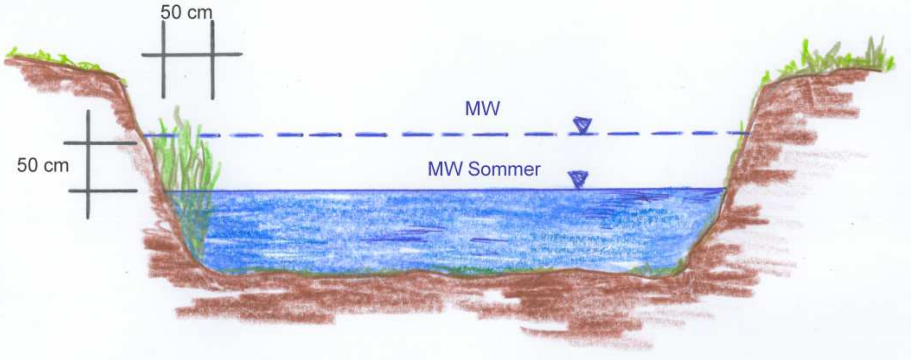




Maßnahme 8

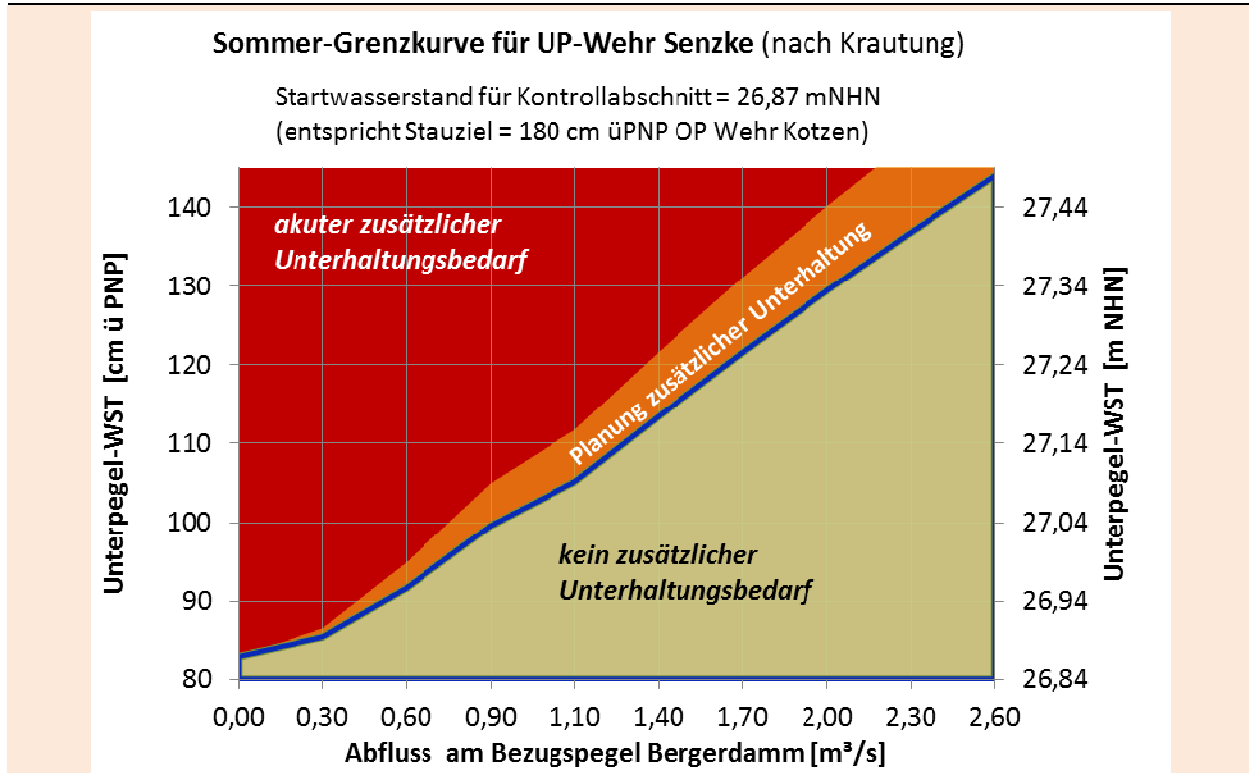
Gewässername	Großer Havelländischer Hauptkanal	WK-Code	5878_1719
Kontroll- und Unterhaltungsabschnitt	5878_1719_KUAb4 (Wehr Kotzen bis Wehr Senzke)	Stationierung	23+363 bis 23+900
Bezeichnung der Unterhaltungsmaßnahme	reduzierte Unterhaltung Wasserwechselzone (links)		
Zuständigkeit	LfU (beauftragter Wasser- und Bodenverband Großer Havelhauptkanal-Havelkanal-Havelseen)		
Begrenzung des Abschnitts			
	Von 100 m unterhalb Linkskurve oh. Brücke zwischen Kriele und Liepe bis Ende Rechtskurve oh. Brücke zw. Kriele und Liepe		
Naturschutzfachliche Anforderungen	Bekanntes Vorkommen besonders oder streng geschützter Arten: Fischotter. Angrenzende Flächen: LSG „Westhavelland“ (DE3340-602);		
Wasserwirtschaftliche Anforderungen	Keine Verschlechterung der Hochwasserführung bzw. Nutzungsrelevanten WST, Sicherstellung des ordnungsgemäßen Abflusses		
Beschreibung der	Im Bereich der Wasserwechselzone (Böschung bis ca. 50 cm über WST sowie		

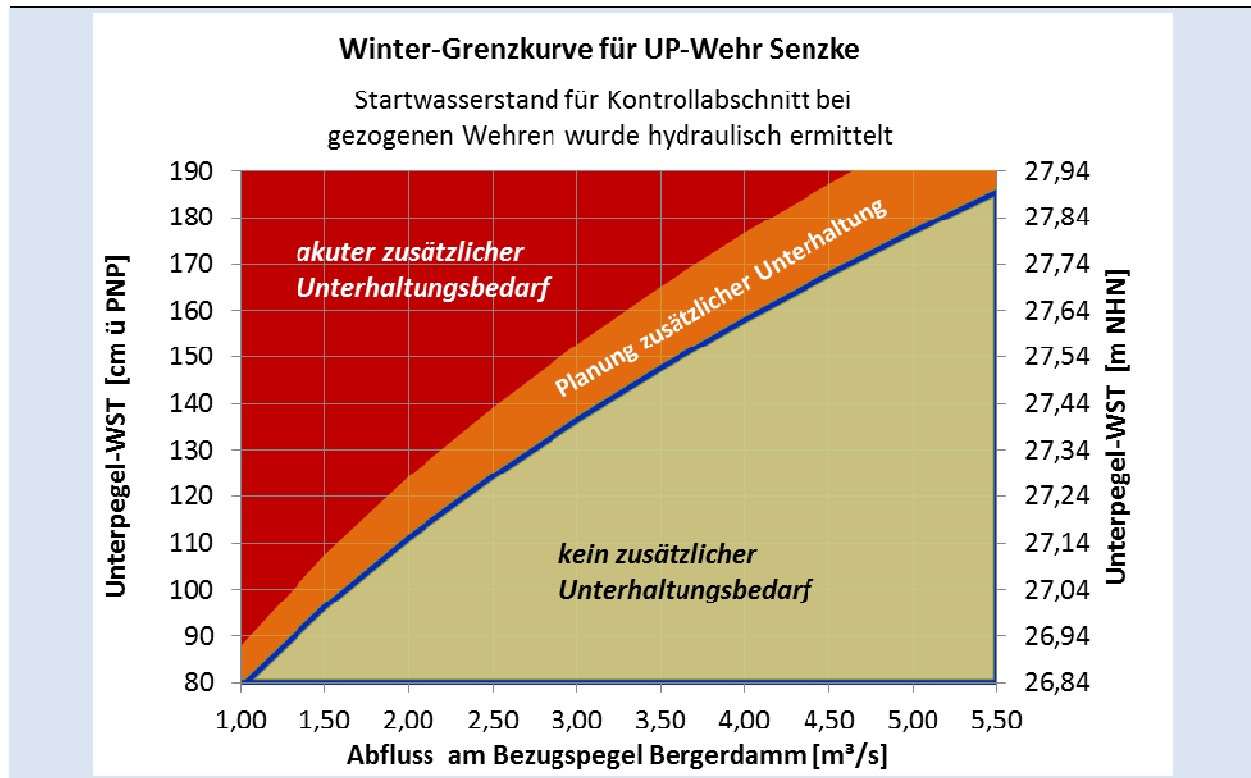
Hydraulisch bewerteter Gewässerunterhaltungsplan (GUP) für den GHHK



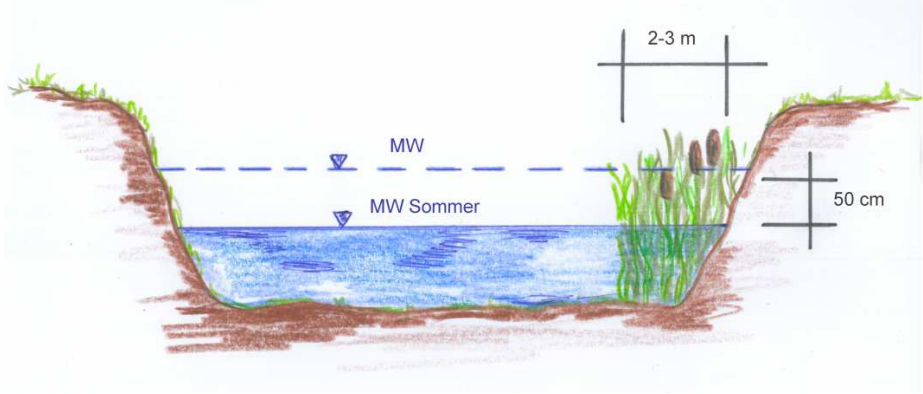
Maßnahme	wasserseitig ca. 50 cm) wird die Krautung und Böschungsmahd dauerhaft eingestellt. Um das Aufkommen von Gehölzen zu verhindern, kann es erforderlich werden, in mehrjährigen Abständen zu Krauten und zu Mähen. Dies sollte nach Möglichkeit Abschnittsweise erfolgen.
Skizze	
Ziel der Maßnahme	Erhalt amphibischer Wasserwechselzone als essentielles Habitat geschützter Tierarten (insbesondere Amphibien, Libellen, Vögel)

Kriterien für zusätzlichen Unterhaltungsbedarf

- Die Schonstreifen sollten die zukünftige Unterhaltbarkeit nicht behindern.
- **Wasserstände im Wehrabschnitt sollten Grenzwerte nicht überschreiten:**
 - Kurz nach abgeschlossener Krautung im GHHK wird die Sommer-Grenzkurve geprüft (hierbei muss die Höhe der Grenzkurve um die Abweichung des Startwasserstandes im Unterhaltungsabschnitt vom angegebenen Startwasserstand verschoben werden).
 - Die Grenzkurve für den Winter gilt für gezogene Wehre im GHHK und kann vom unterhalb liegenden Wehrabschnitt beeinflusst werden
 - Liegt der Wasserstand über der Grenzkurve, werden zusätzliche Unterhaltungsmaßnahmen zur Wiederherstellung der Abflusskapazität erforderlich: Es wird abgeschätzt, was die erhöhten Wasserstände hervorruft (z.B. übermäßige Ausbildung der neuen Schonbereiche, Sohlaufhöhungen im Wehrabschnitt, außergewöhnlich viel Krautwuchs nach Krautung, Beeinflussung durch unteren Wehrabschnitt) und entsprechend reagiert.

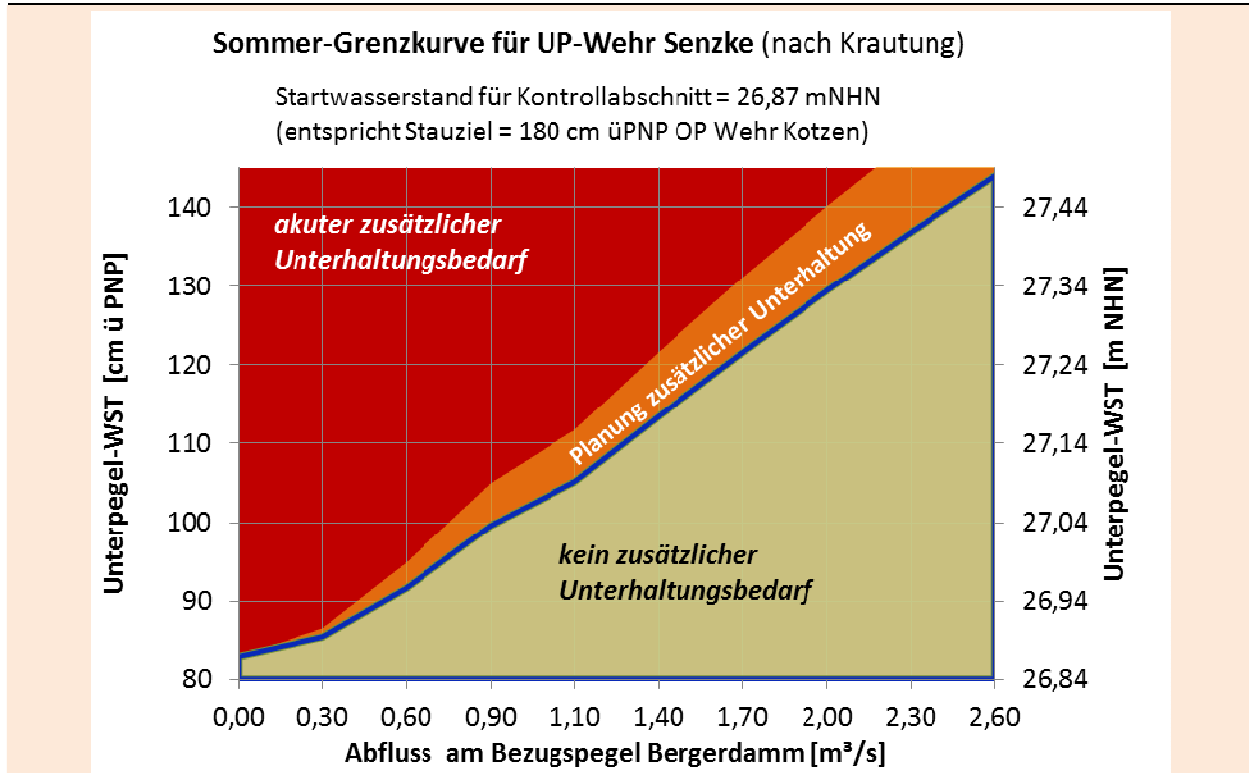


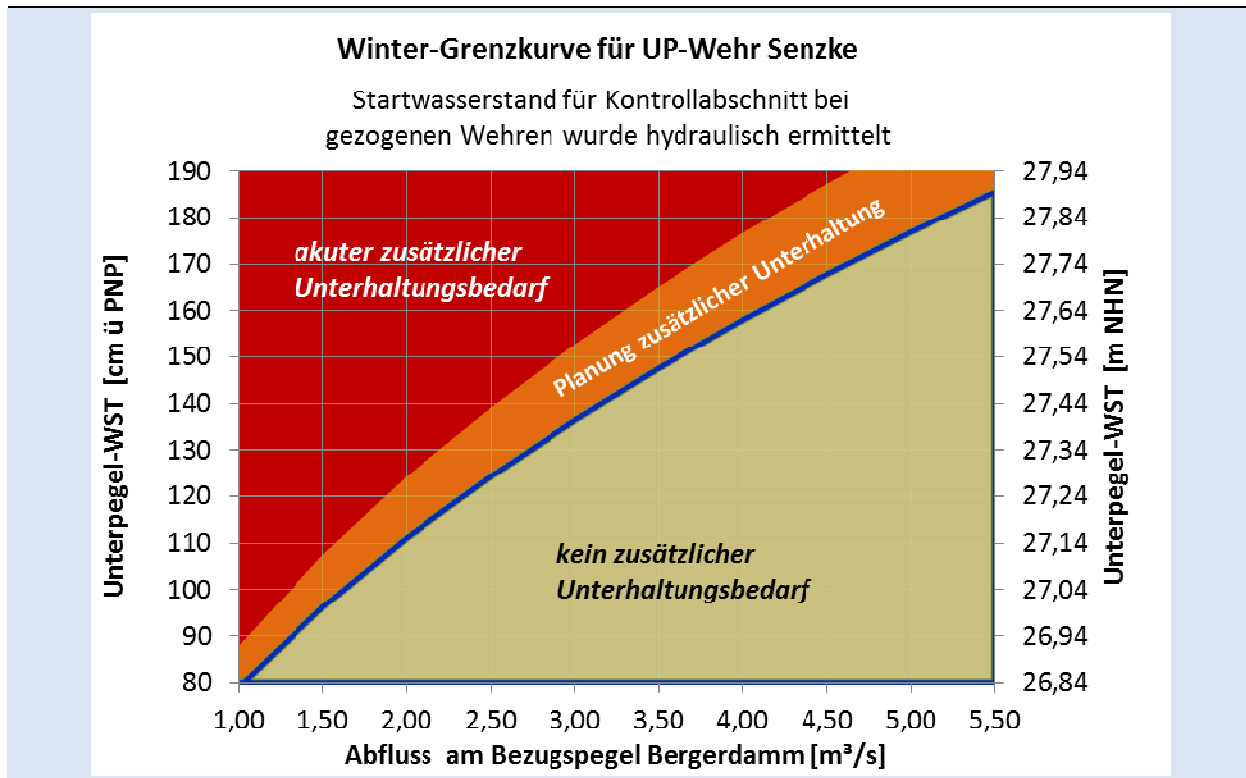


Maßnahme 9			
Gewässername	Großer Havelländischer Hauptkanal	WK-Code	5878_1719
Kontroll- und Unterhaltungsabschnitt	5878_1719_KUAb4 (Wehr Kotzen bis Wehr Senzke)	Stationierung	25+900 bis 26+000
Bezeichnung der Unterhaltungsmaßnahme	reduzierte Unterhaltung Gewässerrand (rechts)		
Zuständigkeit	LfU (beauftragter Wasser- und Bodenverband Großer Havelhauptkanal-Havelkanal-Havelseen)		
Begrenzung des Abschnitts			
	Von Beginn rechtsseitige Gehölzfläche bis 80 m uh linkskurve		
Naturschutzfachliche Anforderungen	Bekanntes Vorkommen besonders oder streng geschützter Arten: Fischotter. Angrenzende Flächen: LSG „Westhavelland“ (DE3340-602);		
Wasserwirtschaftliche Anforderungen	Keine Verschlechterung der Hochwasserführung bzw. nutzungsrelevanten WST, Sicherstellung des ordnungsgemäßen Abflusses		
Beschreibung der Maßnahme	Optimierung der regelmäßigen (2- bis 3- maliger) Krautung durch Ausweisung von Schonstreifen - kein vollständiges Ausmähen des Gewässerbettes, Schonung eines ca. 2-3 Meter breiten Streifens im Uferbereich. Der Abschnitt sollte aufgrund seiner Kürze als kompakter Abschnitt höchstens alle 2 bis 3 Jahre (zur Gewährleistung der Unterhaltbarkeit) wieder gekrautet werden. Die Böschungsmahd ist entsprechend anzupassen, damit insbesondere der Wasserwechselbereich (ca. 50 cm über WST) geschont wird.		
Skizze			
Ziel der Maßnahme	Erhalt von Restpopulationen und Habitaten mit der Möglichkeit zur Wiederbesiedlung der umliegenden Gewässerabschnitte. Erhalt oder Etablierung einer typgerechten Vegetation insbesondere im Wasserwechselbereich.		

Kriterien für zusätzlichen Unterhaltungsbedarf

- Die Schonstreifen sollten die zukünftige Unterhaltbarkeit nicht behindern.
- **Wasserstände im Wehrabschnitt sollten Grenzwerte nicht überschreiten:**
 - Kurz nach abgeschlossener Krautung im GHHK wird die Sommer-Grenzkurve geprüft (hierbei muss die Höhe der Grenzkurve um die Abweichung des Startwasserstandes im Unterhaltungsabschnitt vom angegebenen Startwasserstand verschoben werden).
 - Die Grenzkurve für den Winter gilt für gezogene Wehre im GHHK und kann vom unterhalb liegenden Wehrabschnitt beeinflusst werden
 - Liegt der Wasserstand über der Grenzkurve, werden zusätzliche Unterhaltungsmaßnahmen zur Wiederherstellung der Abflusskapazität erforderlich: Es wird abgeschätzt, was die erhöhten Wasserstände hervorruft (z.B. übermäßige Ausbildung der neuen Schonbereiche, Sohlaufhöhungen im Wehrabschnitt, außergewöhnlich viel Krautwuchs nach Krautung, Beeinflussung durch unteren Wehrabschnitt) und entsprechend reagiert.





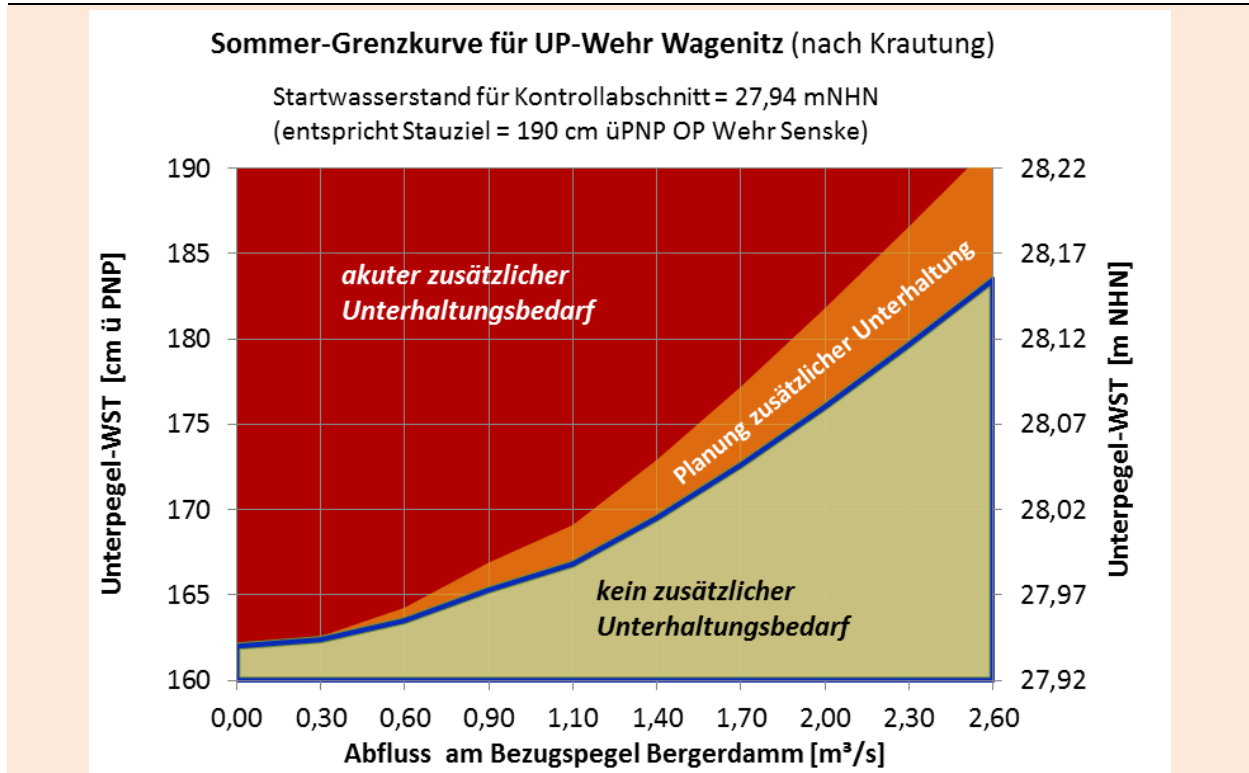
Maßnahme 10

Gewässername	Großer Havelländischer Hauptkanal	WK-Code	5878_1719
Kontroll- und Unterhaltungsabschnitt	5878_1719_KUAb5 (Wehr Senzke bis Wehr Wagenitz)	Stationierung	26+493 bis 26+987
Bezeichnung der Unterhaltungsmaßnahme	reduzierte Unterhaltung Wasserwechselzone (rechts)		
Zuständigkeit	LfU (beauftragter Wasser- und Bodenverband Großer Havelhauptkanal-Havelkanal-Havelseen)		
Begrenzung des Abschnitts	 <p>Von Beginn im Bereich rechtsseitig zulaufende Gräben zu parallelen Gräben 41/91 (oh. Senzker Viehbrücke) bis 30m uh. Einmündung Pessiner Grenzgraben & Graben 41/91 (über Schöpfwerk)</p>		
Naturschutzfachliche Anforderungen	Bekannte Vorkommen besonders oder streng geschützter Arten: Fischotter, Biber. Angrenzende Flächen: LSG „Westhavelland“ (DE3340-602);		
Wasserwirtschaftli-	Keine Verschlechterung der Hochwasserführung bzw. nutzungsrelevanten		

che Anforderungen	WST, Sicherstellung des ordnungsgemäßen Abflusses
Beschreibung der Maßnahme	Im Bereich der Wasserwechselzone (Böschung bis ca. 50 cm über WST sowie wasserseitig ca. 50 cm) wird die Krautung und Böschungsmahd dauerhaft eingestellt. Um das Aufkommen von Gehölzen zu verhindern, kann es erforderlich werden, in mehrjährigen Abständen zu Krauten und zu Mähen. Dies sollte nach Möglichkeit Abschnittsweise erfolgen.
Skizze	
Ziel der Maßnahme	Erhalt amphibischer Wasserwechselzone als essentielles Habitat geschützter Tierarten (insbesondere Amphibien, Libellen, Vögel)

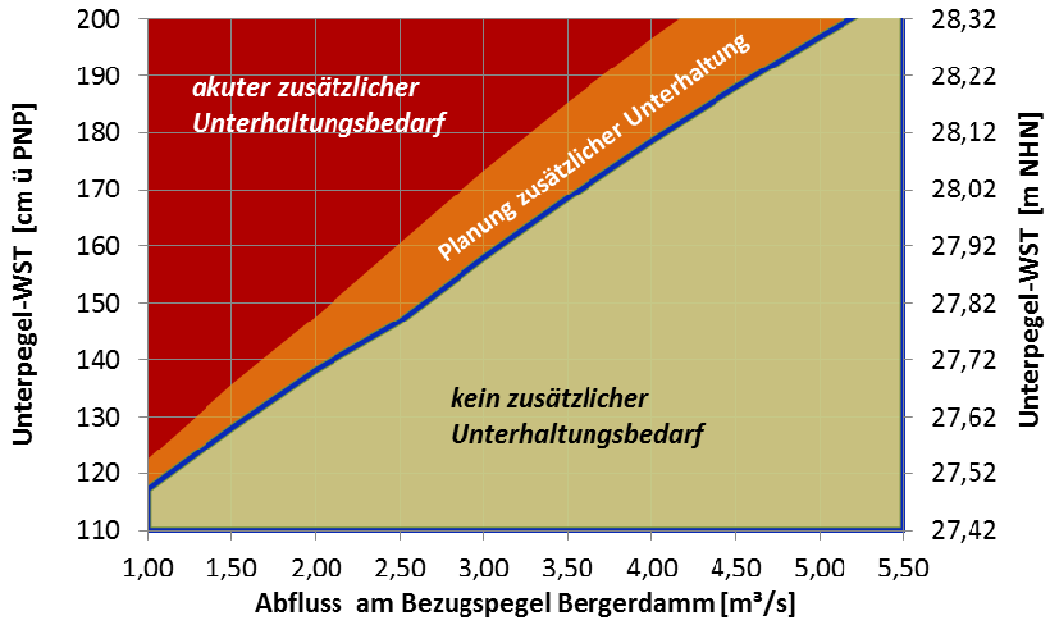
Kriterien für zusätzlichen Unterhaltungsbedarf

- Die Schonstreifen sollten die zukünftige Unterhaltbarkeit nicht behindern.
- **Wasserstände im Wehrabschnitt sollten Grenzwerte nicht überschreiten:**
 - Kurz nach abgeschlossener Krautung im GHHK wird die Sommer-Grenzkurve geprüft (hierbei muss die Höhe der Grenzkurve um die Abweichung des Startwasserstandes im Unterhaltungsabschnitt vom angegebenen Startwasserstand verschoben werden).
 - Die Grenzkurve für den Winter gilt für gezogene Wehre im GHHK und kann vom unterhalb liegenden Wehrabschnitt beeinflusst werden
 - Liegt der Wasserstand über der Grenzkurve, werden zusätzliche Unterhaltungsmaßnahmen zur Wiederherstellung der Abflusskapazität erforderlich: Es wird abgeschätzt, was die erhöhten Wasserstände hervorruft (z.B. übermäßige Ausbildung der neuen Schonbereiche, Sohlaufhöhungen im Wehrabschnitt, außergewöhnlich viel Krautwuchs nach Krautung, Beeinflussung durch unteren Wehrabschnitt) und entsprechend reagiert.



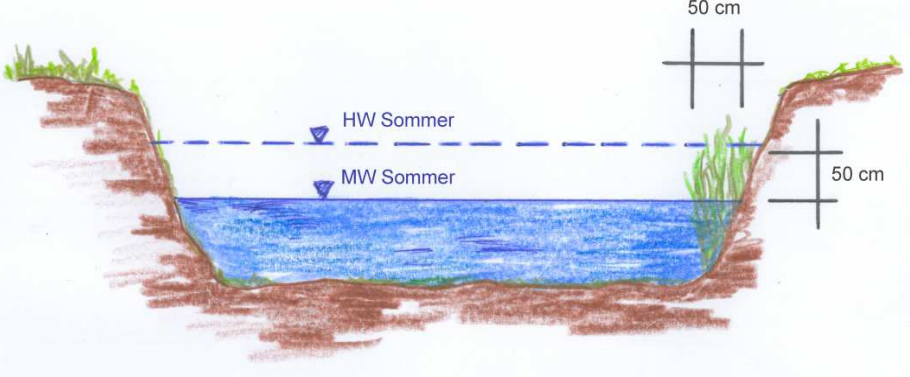
Winter-Grenzkurve für UP-Wehr Wagenitz

Startwasserstand für Kontrollabschnitt = 27,34 mNHN bei Abflüssen bis ca. 3 m³/s (entspricht Winter-Stauziel = 130 cm üPNP OP Wehr Senske) über 2 m³/s wird Wehr Senske gezogen



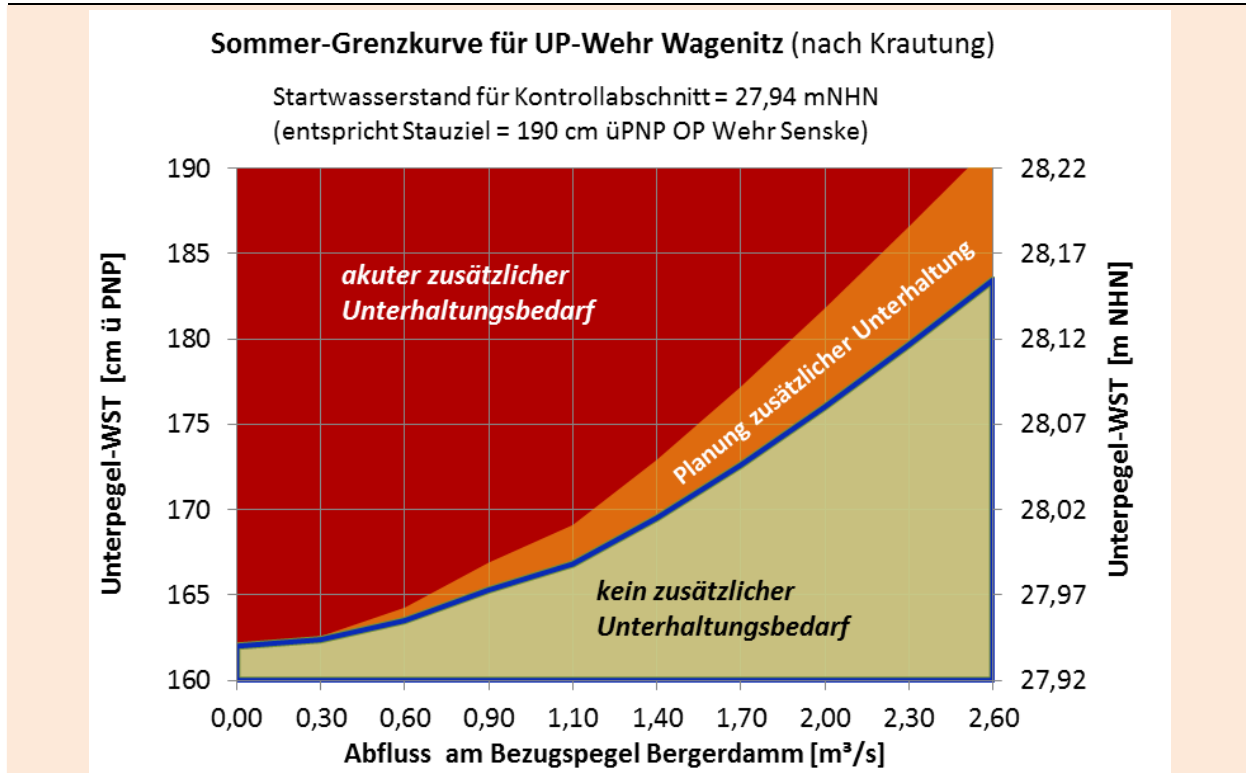
Maßnahme 11

Gewässername	Großer Havelländischer Hauptkanal	WK-Code	5878_1719
Kontroll- und Unterhaltungsabschnitt	5878_1719_KUAb5 (Wehr Senske bis Wehr Wagenitz)	Stationierung	31+126 bis 31+427
Bezeichnung der Unterhaltungsmaßnahme	reduzierte Unterhaltung Wasserwechselzone (rechts)		
Zuständigkeit	LfU (beauftragter Wasser- und Bodenverband Großer Havelhauptkanal-Havelkanal-Havelseen)		
Begrenzung des Abschnitts			
	Bereich zwischen 30 m oh Mündung Gänselakengraben und Mündung Graben 32 rechts		
Naturschutzfachliche Anforderungen	Bekanntes Vorkommen besonders oder streng geschützter Arten: Fischotter.		
Wasserwirtschaftliche Anforderungen	Keine Verschlechterung der Hochwasserführung bzw. nutzungsrelevanten WST, Sicherstellung des ordnungsgemäßen Abflusses		

<p>Beschreibung der Maßnahme</p>	<p>Im Bereich der Wasserwechselzone (Böschung bis ca. 50 cm über WST sowie wasserseitig ca. 50 cm) wird die Krautung und Böschungsmahd dauerhaft eingestellt. Um das Aufkommen von Gehölzen zu verhindern, kann es erforderlich werden, in mehrjährigen Abständen zu Krauten und zu Mähen. Dies sollte nach Möglichkeit Abschnittsweise erfolgen.</p>
<p>Skizze:</p>	
<p>Ziel der Maßnahme</p>	<p>Erhalt amphibischer Wasserwechselzone als essentielles Habitat geschützter Tierarten (insbesondere Amphibien, Libellen, Vögel)</p>

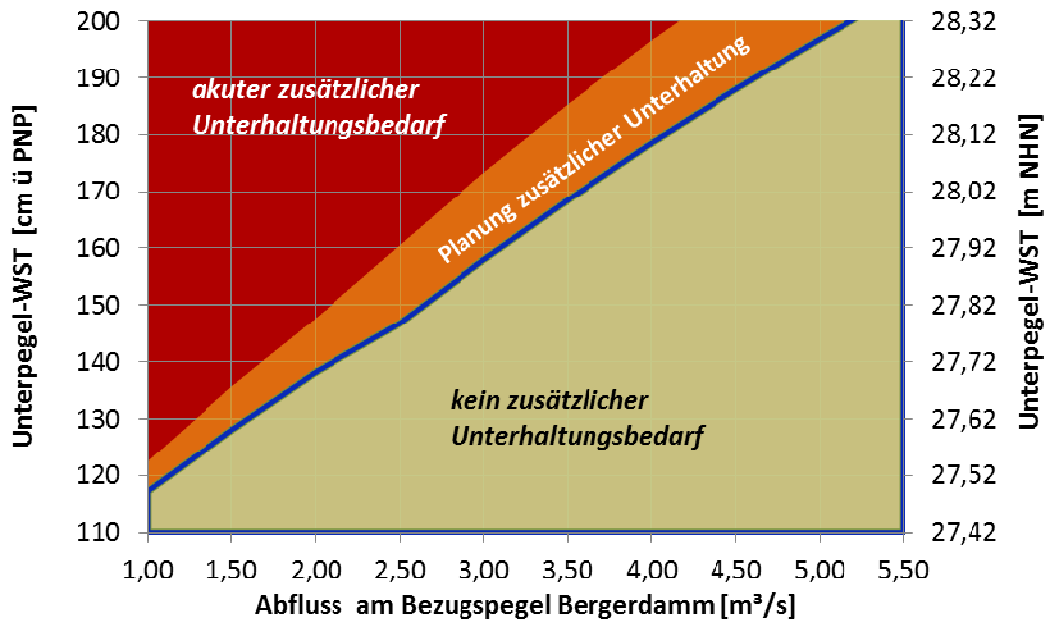
Kriterien für zusätzlichen Unterhaltungsbedarf

- Die Schonstreifen sollten die zukünftige Unterhaltbarkeit nicht behindern.
- **Wasserstände im Wehrabschnitt sollten Grenzwerte nicht überschreiten:**
 - Kurz nach abgeschlossener Krautung im GHHK wird die Sommer-Grenzkurve geprüft (hierbei muss die Höhe der Grenzkurve um die Abweichung des Startwasserstandes im Unterhaltungsabschnitt vom angegebenen Startwasserstand verschoben werden).
 - Die Grenzkurve für den Winter gilt für gezogene Wehre im GHHK und kann vom unterhalb liegenden Wehrabschnitt beeinflusst werden
 - Liegt der Wasserstand über der Grenzkurve, werden zusätzliche Unterhaltungsmaßnahmen zur Wiederherstellung der Abflusskapazität erforderlich: Es wird abgeschätzt, was die erhöhten Wasserstände hervorruft (z.B. übermäßige Ausbildung der neuen Schonbereiche, Sohlaufhöhungen im Wehrabschnitt, außergewöhnlich viel Krautwuchs nach Krautung, Beeinflussung durch unteren Wehrabschnitt) und entsprechend reagiert.



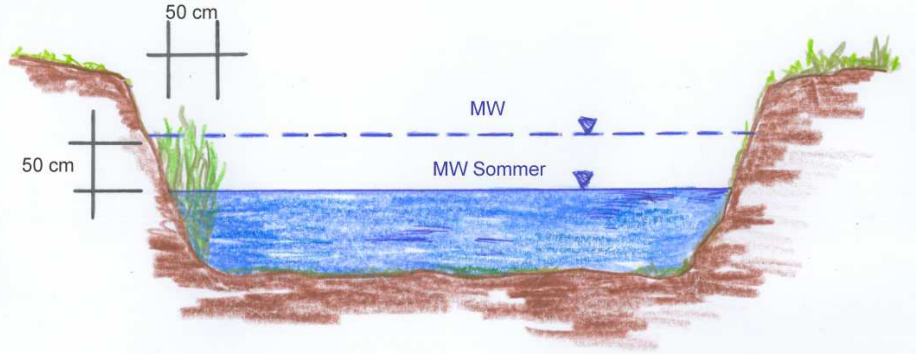
Winter-Grenzkurve für UP-Wehr Wagenitz

Startwasserstand für Kontrollabschnitt = 27,34 mNHN bei Abflüssen bis ca. 3 m³/s (entspricht Winter-Stauziel = 130 cm üPNP OP Wehr Senske) über 2 m³/s wird Wehr Senske gezogen



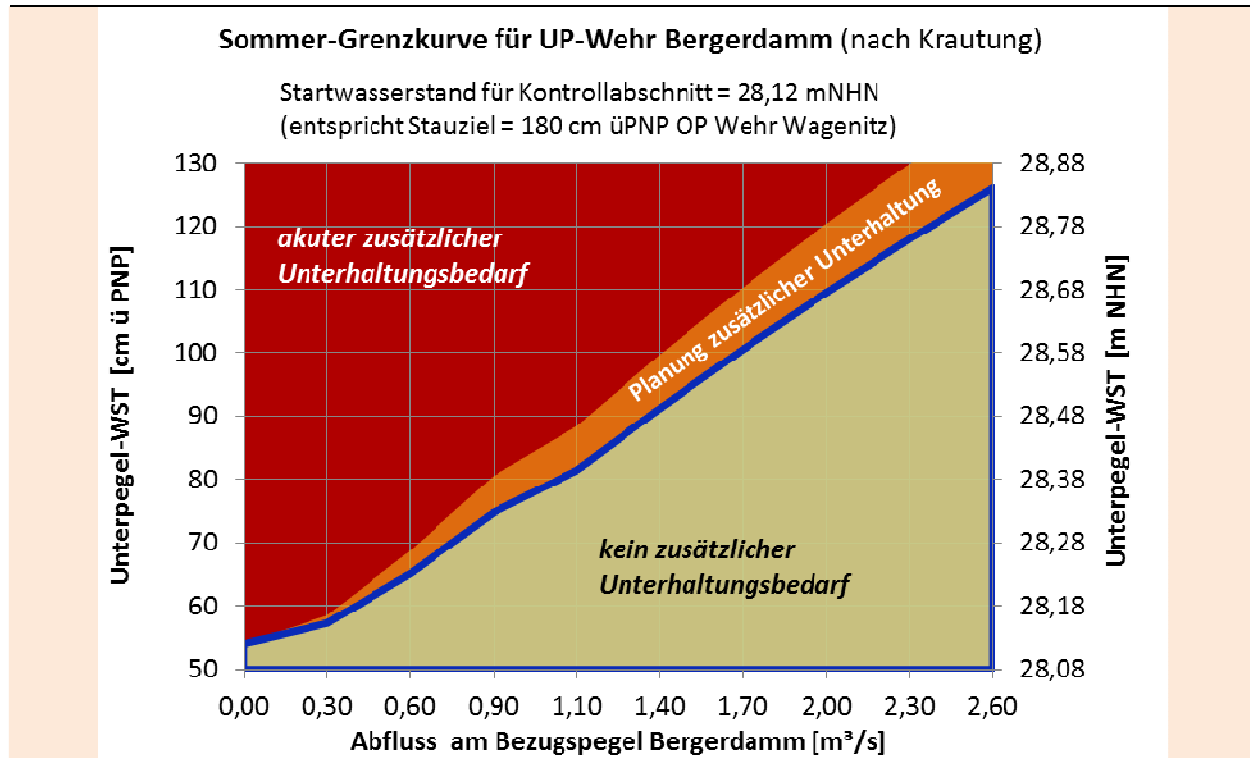
Maßnahme 12

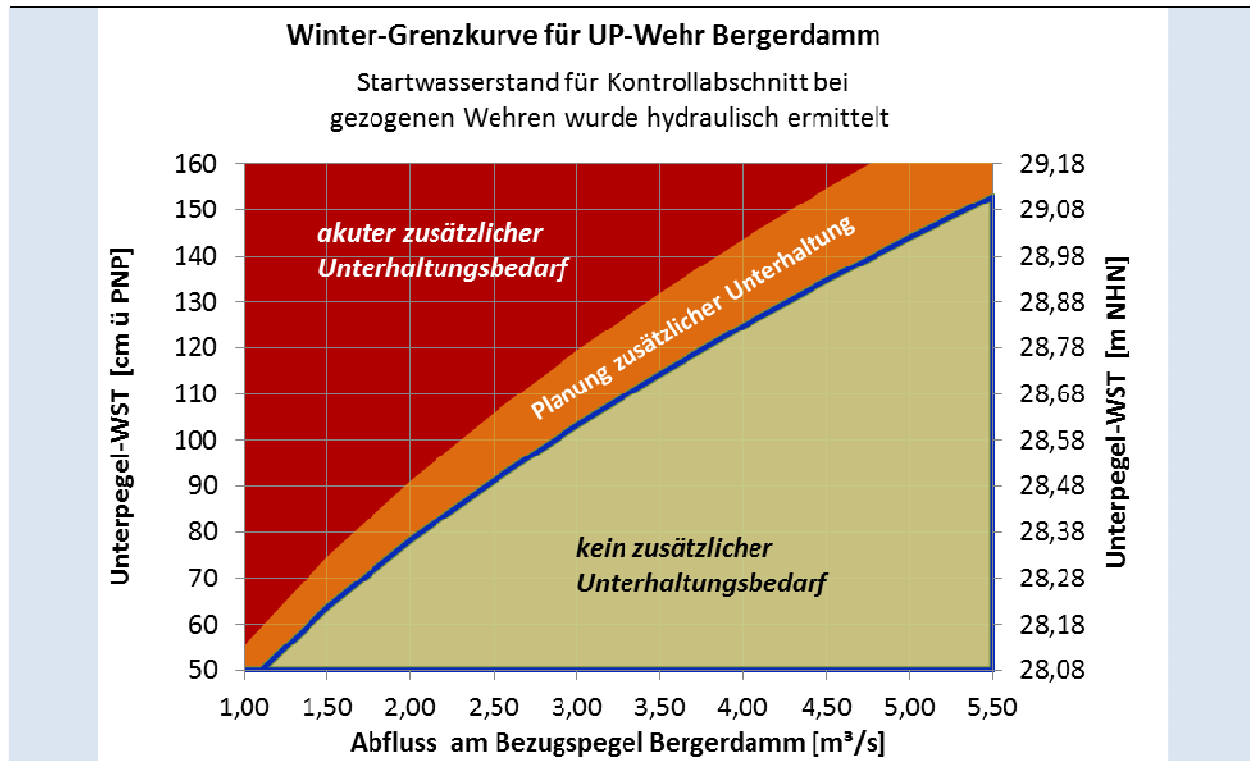
Gewässername	Großer Havelländischer Hauptkanal	WK-Code	5878_1719
Kontroll- und Unterhaltungsabschnitt	5878_1719_KUAb6 (Wehr Wagenitz bis Wehr Bergerdamm)	Stationierung	40+455 bis 42+154
Bezeichnung der Unterhaltungsmaßnahme	reduzierte Unterhaltung Wasserwechselzone (links)		
Zuständigkeit	LfU (beauftragter Wasser- und Bodenverband Großer Havelhauptkanal-Havelkanal-Havelseen)		
Begrenzung des Abschnitts			
	ca. 1,7 km uh. Wehr Bergerdamm, höhe landwirt.Weg mit Baumreihe links bis 30m uh. Einmündung Bergerdammkanal		
Naturschutzfachliche Anforderungen	Bekanntes Vorkommen besonders oder streng geschützter Arten: Fischotter, Große Pechlibelle.		
Wasserwirtschaftliche Anforderungen	Keine Verschlechterung der Hochwasserführung bzw. nutzungsrelevanten WST, Sicherstellung des ordnungsgemäßen Abflusses		

<p>Beschreibung der Maßnahme</p>	<p>Im Bereich der Wasserwechselzone (Böschung bis ca. 50 cm über WST sowie wasserseitig ca. 50 cm) wird die Krautung und Böschungsmahd dauerhaft eingestellt. Um das Aufkommen von Gehölzen zu verhindern, kann es erforderlich werden, in mehrjährigen Abständen zu Krauten und zu Mähen. Dies sollte nach Möglichkeit Abschnittsweise erfolgen.</p>
<p>Skizze</p>	
<p>Ziel der Maßnahme</p>	<p>Erhalt amphibischer Wasserwechselzone als essentielles Habitat geschützter Tierarten (insbesondere Amphibien, Libellen, Vögel)</p>

Kriterien für zusätzlichen Unterhaltungsbedarf

- Die Schonstreifen sollten die zukünftige Unterhaltbarkeit nicht behindern.
- **Wasserstände im Wehrabschnitt sollten Grenzwerte nicht überschreiten:**
 - Kurz nach abgeschlossener Krautung im GHHK wird die Sommer-Grenzkurve geprüft (hierbei muss die Höhe der Grenzkurve um die Abweichung des Startwasserstandes im Unterhaltungsabschnitt vom angegebenen Startwasserstand verschoben werden).
 - Die Grenzkurve für den Winter gilt für gezogene Wehre im GHHK und kann vom unterhalb liegenden Wehrabschnitt beeinflusst werden
 - Liegt der Wasserstand über der Grenzkurve, werden zusätzliche Unterhaltungsmaßnahmen zur Wiederherstellung der Abflusskapazität erforderlich: Es wird abgeschätzt, was die erhöhten Wasserstände hervorruft (z.B. übermäßige Ausbildung der neuen Schonbereiche, Sohlaufhöhungen im Wehrabschnitt, außergewöhnlich viel Krautwuchs nach Krautung, Beeinflussung durch unteren Wehrabschnitt) und entsprechend reagiert.





9 Literatur/Quellen

- DHI-WASY & BAH (2011): Analyse und Bewertung von Steuerungsmöglichkeiten der Wasserstände im Großraum Paulinaue/Großer Havelländischer Hauptkanal (GHHK). – DHI-WASY und Büro für angewandte Hydrologie im Auftrag des Ministeriums für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz Brandenburg.
- DIN 19661-1: 1998/07: Wasserbauwerke, Teil 1: Kreuzungsbauwerke, Durchleitungs- und Mündungsbauwerke –Normenausschuss Wasserwesen (NAW) im DIN Deutsches Institut für Normung e.V.
- LFU (1993): Handbuch Wasser 2, Verkrautung von Fließgewässern - Einflussfaktoren, Wechselwirkungen, Kontrollmaßnahmen -Literaturstudie. Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg, Karlsruhe, 64 S.
- LFU (2002): Hydraulik naturnaher Fließgewässer: Teil 1 - Grundlagen und empirische hydraulische Berechnungsverfahren. Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg, Karlsruhe, 93 S.
- LÖFFLER, K. et al. (1978): Taschenbuch der Melioration. Projektierung. – Berlin (VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag), 541 S.
- MITTAG, S. (2016): Untersuchung des hydraulischen Widerstandsverhaltens eines Tieflandflusses bei wechselndem Abflussregime. Masterarbeit, technische Universität Dresden, Fakultät für Umweltwissenschaften, Institut für Hydrologie und Meteorologie der, 137 S. +Anhang.
- NOWAK, H. (HRSG.), ALBRECHT, G., HEIDECK, H., HILLIGER, D., HENNESKE, H., KOOS, W., NIESCHE, H., NITSCHKE, E., SMIESKOL, J.-U., STIER, T. (1981): Baukonstruktionen für Meliorationstechniker. – VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag, 328 S.
- PINKAU, M (2013): Ermittlung praxistauglicher Rauheitsparameter für die hydraulische Bemessung von Renaturierungsvorhaben in Tieflandflüssen - Naturmessungen in der "Alten Nebel". Diplomarbeit, technische Universität Dresden, Fakultät Umweltwissenschaften Fachrichtung Hydrowissenschaften, Institut für Geowissenschaften, 119 S. + Anhang.
- SCHNEIDER, M. (2007): Einfluss von Parameter-Unsicherheiten auf die Genauigkeit berechneter Wasserspiegellagen. – Diplomarbeit, Universität Rostock, Agrar- und Umweltwissenschaftliche Fakultät, 89 Seiten + Anhang.
- SUCCOW, M. & JOOSTEN, H. [Hrsg.] (2001): Landschaftsökologische Moorkunde. – E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung (Nägele u. Obermiller) (Stuttgart), 2. völlig neu bearb. Aufl., 622 S.
- WHG: Gesetz zur Ordnung des Wasserhaushalts (Wasserhaushaltsgesetz – WHG) vom 31. Juli 2009 (BGBl. I S. 2585), zuletzt geändert durch Artikel 1 des Gesetzes vom 6. Oktober 2011 (BGBl. I S. 1986).
- WRRL (Europäische Wasserrahmenrichtlinie): Richtlinie 2000/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2000 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik, Amtsblatt der EG Nr. L 327/1 vom 22.12.2000.