

Vorplanung

Wiederanschluss des Altarmes 10

Landkreis: Oder – Spree / Dahme - Spreewald
Gemeinde: Tauche / Märkische Heide
Gemarkung: Werder / Plattkow

Projektträger: Landesumweltamt Brandenburg
Seeburger Chaussee 2
14476 Potsdam OT Groß Glienicke

Planverfasser: **Arbeitsgemeinschaft (ARGE) „Krumme Spree“**

Ellmann und Schulze GbR **Ingenieurbüro für Landschaftsplanung und Wasserwirtschaft**

Inhaber:	Dipl.-Ing. Holger Ellmann Dr. agr. Burkhard Schulze	Sitz:	16845 Sieversdorf, Hauptstraße 31
Steuernummer:	052 / 156 / 03107	Telefon:	033970 / 13954
Bankverbindung:	Sparkasse Ostprignitz-Ruppin 155 000 2950 (BLZ: 160 502 02)	Telefax:	033970 / 13955
		email:	info@ellmann-schulze.de
		Internet:	www.ellmann-schulze.de

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
Bankverbindung:	Volks- und Raiffeisenbank Güstrow e. G. 779 750 (BLZ: 140 613 08)	email:	postmaster@institut-biota.de
		Internet:	www.institut-biota.de
		Handelsregister:	Amtsgericht Rostock HRB 5562

Sieversdorf, 13.10.2009

Inhaltsverzeichnis

1.	Veranlassung	4
2.	Zielstellung	5
3.	Allgemeine Standortangaben	6
3.1	Topographie.....	6
3.2	Nutzungen	7
3.3	Wasserwirtschaftliche Randbedingungen.....	8
3.4	Naturschutzrechtliche Belange.....	8
4.	Genehmigungen, Beteiligungen	9
4.1	Antragsverfahren	9
4.2	Flurstücksbetroffenheiten	9
5.	Baugrund	10
6.	Darstellung der vorgesehenen Maßnahmen	10
6.1	Allgemeine Beschreibung des Vorhabens.....	10
6.2	Hydraulische Auswirkungen	11
6.3	Morphologische Anpassung und Anschluss der Altarme an die Krumme Spree....	13
6.3.1	Entnahmemengen und -strecken.....	13
6.3.2	Analytische Untersuchung der Gewässersedimente.....	13
6.3.3	Rodungen und Abbruch von baulichen Anlage.....	14
6.3.4	Nassbaggerarbeiten (DIN 18311) und Behandlung von Baggergut	14
6.3.5	Verwertung von Baggergut aus den Altarmen	15
6.3.6	Erdarbeiten (DIN 18300) zur Herstellung der Fahrrinne	16
6.3.7	Verwertung von Boden.....	16
6.3.8	Errichtung einer Überlaufschwelle in der Krümmen Spree.....	16
6.3.9	Sonstige Maßnahmen zur Verbesserung des Gewässerzustands.....	18
6.3.10	Archäologische Begleitung.....	18
7.	Bautechnologie	18
7.1	Wasserhaltungsmaßnahmen	18
7.2	Absperrdämme	18
7.3	Erschließung der Baustelle	19
7.4	Bauablauf.....	20
8.	Auswirkungen auf die Nutzungen	21
9.	Baukosten	21

Anlagen

Bestand

Anlage 1	Übersichtskarte	M 1 : 50.000
Anlage 2	Übersichtslageplan	M 1: 2.500
Anlage 3	Bestandslageplan	M 1 : 1.000
Anlage 4	Querprofile	M 1 : 100

Planung

Anlage 5.1	Flur- und Maßnahmekarte	M 1: 2.000
Anlage 5.2	Fahrrinnenband	M 1: 2.500
Anlage 6	Querprofile	M 1 :100
Anlage 7	Prinzipdarstellung Spreeüberfahrt / Furt	M 1: 100/200
Anlage 8	Hydraulische Berechnungen	
Anlage 9	Prüfberichte zur Sedimentbeprobung (Auszüge)	
Anlage 10	Protokolle, Stellungnahmen	
Anlage 11	Kostenschätzung der Vorzugsvariante	
Anlage 12	Fotodokumentation	

Erläuterungsbericht

1. Veranlassung

Die Spree im Abschnitt von Alt Schadow bis Trebatsch war bis Anfang des 20. Jahrhunderts ein Fluss mit vielen Mäandern und Altarmen, der anthropogen relativ unbeeinflusst war, eine hohe Breitenvarianz aufwies, an vielen Stellen schmaler und flacher war als heute und bereits bei mittleren Hochwassern ausuferte und die anliegenden Auen überschwemmte.

Im Zuge der Herstellung der unteren Spreewasserstraße von Leibsch bis Berlin wurde die Spree auf Finowmaß ausgebaut. In diesem Zusammenhang sollten auch die Nutzungsmöglichkeiten der Aue verbessert werden. Insbesondere ging es um

- die Beschleunigung des Hochwasserabflusses,.
- die Senkung der mittleren Wasserstände,
- die Erhaltung des Niedrigwasserstandes

Nachfolgend aufgeführte Maßnahmen zur Spreeregulierung wurden durchgeführt [ANDRAE 1956]:

- Begradigung der Spree (Durchstiche, Beseitigung starker Flusskrümmungen Abstiche von zu weit vorbuchtenden Ufern). Damit kam es zu einer Laufverkürzung zwischen Lübben und dem Schwielochsee um ca. 40% (ca. 16,6 km) [PROWA 1993].
- Erneuerung bzw. Anlage von Staustufen Kossenblatt, Trebatsch, Beeskow
- Erweiterung der Flussquerschnitte auf eine Fahrwasserbreite von 12 m
- Bau des Dahme- Umflutkanals, in den oberhalb von Leibsch max. 25 m³/s Spreewasser eingeleitet werden können.

Die durchgeführten Maßnahmen werden in ihrer Wirksamkeit von ANDRAE [1956] wie folgt eingeschätzt:

- die Regulierung war aus damaliger Sicht notwendig
- besonders bewährt hat sich der Dahme- Umfluter
- die Bauausführung war solide (Uferbefestigungen sind bis heute erhalten) - eine bloße Hochwasserableitung war wasserhaushälterisch unklug
- die einseitige Spreeabsenkung wirkte sich landeskulturell schädigend aus (Absenkung der Spreewasserstände führte zur Absenkung der Grundwasserstände bis hin zu den an die Spreewiesen angrenzenden Äckern)
- auch die Zubringer (Fließe, Bäche, Gräben und Nebenflüsse) wurden vertieft (die von der Spree landeinwärts schreitende Grundwasserabsenkung wurde gefördert)
- durch die Verhinderung der Seitenerosion (durch Uferbefestigung) setzte zunehmend Tiefenerosion ein - unterhalb der Wehre kam es zu starken Auskolkungen.

Mit in Krafttreten der Europäischen Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) im Jahre 2000 wird entsprechend Artikel 1 das Ziel verfolgt, einen Ordnungsrahmen für den Schutz

der Binnenoberflächengewässer, der Übergangsgewässer, der Küstengewässer und des Grundwassers zu schaffen, zwecks

- Vermeidung einer weiteren Verschlechterung sowie Schutz und Verbesserung des Zustands der aquatischen Ökosysteme und der direkt von ihnen abhängenden Landökosysteme und Feuchtgebiete im Hinblick auf deren Wasserhaushalt
- Förderung einer nachhaltigen Wassernutzung auf der Grundlage eines langfristigen Schutzes der vorhandenen Ressourcen
- Anstreben eines stärkeren Schutzes und einer Verbesserung der aquatischen Umwelt, unter anderem durch spezifische Maßnahmen zur schrittweisen Reduzierung von Einleitungen, Emissionen und Verlusten von prioritären Stoffen und durch die Beendigung oder schrittweise Einstellung von Einleitungen, Emissionen und Verlusten von prioritären gefährlichen Stoffen;
- Sicherstellung einer schrittweisen Reduzierung der Verschmutzung des Grundwassers und Verhinderung seiner weiteren Verschmutzung; und Beitrag zur Minderung der Auswirkungen von Überschwemmungen und Dürre

Im Land Brandenburg werden hinsichtlich der Umsetzung der WRRL Gewässerentwicklungskonzepte (GEK) erstellt, um die fachliche Grundlage für die Aufstellung der Maßnahmeprogramme und Bewirtschaftungspläne zu schaffen, die das Ziel haben, den guten Zustand der Oberflächengewässer und des Grundwassers spätestens bis zum Jahr 2027 zu erreichen.

Der Abschnitt der sogenannten Krümmen Spree zwischen dem Neuendorfer See und Schwielochsee erreicht den mit der WRRL geforderten guten Zustand derzeit nicht. Dies ist im Wesentlichen auf den Ausbauzustand des Gewässers im Zusammenhang mit der reduzierten Wasserführung aufgrund der Bergbautätigkeit im Einzugsgebiet der Spree zurückzuführen.

Im Rahmen des Gewässerentwicklungskonzeptes (GEK) „Krumme Spree“ wurden deshalb Maßnahmen erarbeitet, deren Umsetzung zur Erreichung des guten Zustandes dieses Spreeabschnitts unter den gegebenen Randbedingungen (Wasserstraßenklasse C, Hochwasserschutz, landwirtschaftliche Nutzung der Aue u.a.) führen sollen. Die Maßnahmen fokussieren auf folgende Schwerpunkte:

- Anschluss von Altarmen
- partielle Uferentfesselung
- Herstellung von Flutrinnen / Beseitigung von Verwallungen
- Verbesserung der ökologischen Durchgängigkeit an Staubauwerken
- Modifizierte Gewässerunterhaltung
- Modifizierte Abflusssteuerung
- Herstellung / Sanierung von Stillgewässern in der Aue

2. Zielstellung

Auf der Grundlage des Gewässerentwicklungskonzeptes „Krumme Spree“ sind nun Fachplanungen zur Umsetzung der oben genannten Maßnahmenkomplexe zu erarbeiten. Ziel der hier vorgestellten Maßnahme ist es, den vor ca. 100 Jahren von

der Krumpfen Spree abgetrennten Altarm 10 im Randbereich der OL Werder in den Gewässerlauf der Krumpfen Spree wiedereinzubinden. Damit soll der Lebensraumtyp Fließgewässer (FFH-LRT 3260) hier wieder hergestellt und damit das Habitatangebot rheophiler Arten als biologische Parameter für den guten ökologischen Zustand des Gewässers erweitert werden.

Der Anschluss wird eine Durchströmung des Altarmes ermöglichen. Um die für die Entwicklung von fließgewässertypischen Strukturen erforderlichen Strömungsgeschwindigkeiten bei mittlerem Abfluss zu erreichen, sollen nach einer Beobachtungsphase weitere Maßnahmen (z.B. Buhne am Abweig, Sohlschwelle in der Spree) umgesetzt werden, die nicht Bestandteil der vorliegenden Vorplanung sind.

Neben der gewässerökologischen Zielstellung finden in diesem Vorhaben auch regionalpolitische Aspekte Berücksichtigung. Entsprechend des Wassersportentwicklungsplanes des Landes Brandenburg (WEP III, 2009) soll die Krumme Spree insbesondere für einen naturverträglichen Wassertourismus entwickelt werden, was durch das vorgestellte Vorhaben unterstützt wird.

3. Allgemeine Standortangaben

3.1 Topographie

Der in der Stauhaltung „Kossenblatt“ gelegene Altarme 10 befindet sich rechtsseitig der Krumpfen Spree von Fluss- km 146,81 – 146,96 in den Gemarkung Werder. (Gemeinde Tauche im Landkreis Oder-Spree). Bauliche Betroffenheiten liegen außerdem für die Gemarkung Plattkow (Gemeinde Märkische Heide im Landkreis Dahme – Spreewald) vor. Der Gewässerabschnitt befindet sich unmittelbar südlich der OL Werder.



Luftbild Altarm 10 von Spree- km 146,81 – 146,96

Der Altarm 10 weist eine Gesamtlänge von rund 400 m sowie eine Wasserspiegelbreite von etwa 20-25 m auf. Der Zulauf zum Altarm wurde verfüllt. Hier befindet sich die Altarmüberfahrt zur als Grünland genutzten Inselfläche. In der Überfahrt verläuft ein Rohrdurchlass aus Stahl DN 900.



Altarm 10 (Überfahrt / verfüllter Altarmzulauf)



Altarm 10 (Blick flussabwärts)



Altarm 10 (Grünlandnutzung)



Altarm 10 (Straßendüker)

Das Ufer des Altarmes ist beidseitig durch relativ starken Baumbewuchs (vorrangig Erlen und Weiden) gekennzeichnet. In südlicher Richtung schließt zudem großflächig ein Mischwaldforst an.

In östlicher Richtung grenzt die Kreisstraße K 6726 unmittelbar an die Altarmböschung. Der hier einmündende Entwässerungsgraben dükert die Straße.

3.2 Nutzungen

In den Randbereichen des Altarms 10 (einschließlich Insel) liegt ausschließlich Grünlandnutzung vor.

Südlich bzw. süd-östlich schließen großräumige Waldgebiete an, sodass hier forstwirtschaftliche Nutzungen das Umfeld bestimmen.

3.3 Wasserwirtschaftliche Randbedingungen

Die wasserwirtschaftlichen Randbedingungen wurden dem vorliegenden Gewässerentwicklungskonzept „Krumme Spree“ (Daten des LUA) entnommen. Als Bezugspegel wird der Unterpegel Wehr Alt Schadow bzw. der Oberpegel Wehr Kossenblatt verwendet.

Pegel	MNQ	MQ- Sommer	MQ	HQ ₂	HQ ₅	HQ ₁₀	HQ ₂₅	HQ ₅₀	HQ ₁₀₀
	m ³ /s								
Pretschener Spree – Wehr Kossenblatt	1,44	6,50	10,4	52	66	79	99	115	133

Wasserwirtschaftliche Hauptzahlen (Reihe 1997 – 2007, Quelle: LUA RS5 (2008b))

Pegel Gewässer	NW cm a. P. müNN	MNW cm a. P. müNN	MW cm a. P. müNN	MHW cm a. P. müNN	HW cm a. P. müNN	langjährige Reihe
Alt Schadow UP	97	129	180	260	314	1998 - 2007
Krumme Spree	41,69	42,01	42,52	43,32	43,86	
Kossenblatt OP	50	101	168	202	227	1998 - 2007
Krumme Spree	41,05	41,56	42,23	42,57	42,82	

Hauptzahlen der Wasserstände (Reihe 1998 – 2007, Quelle: LUA RS5 (2008b))

3.4 Naturschutzrechtliche Belange

Schutzgebiete:

- Landschaftsschutzgebiet (LSG): „Krumme Spree“

FFH-/SPA-Gebiet	Kennziffer	Melddatum	Merkmale
FFH Spree	3651-303	02/2003	Landesweit bedeutsames Fließgewässer mit herausragender Verbindungs- und Ausbreitungsfunktion für Fischotter, Biber und zahlreiche Fischarten; Aue mit typischen Lebensräumen

Die FFH- Verträglichkeit wird in einem gesonderten Gutachten behandelt. Das Eingriffs- / Ausgleichsgutachten wird im Rahmen der Genehmigungsplanung erstellt. Gleiches gilt für den Antrag auf Befreiung in Schutzgebieten.

Konflikte, Vermeidungen, Minimierungen:

Konflikte ergeben sich aus den Vorkommen von FFH-LRT und aus dem potentiellen Vorkommen von Zielarten gemäß Anhang II. Grundsätzlich sind somit Minimierungen bei der Planung und Umsetzung der Baumaßnahmen erforderlich. Es ist jedoch davon auszugehen, dass sich nach Abschluss der Baumaßnahme die Lebensraumbedingungen für die Arten deutlich verbessern. Eine nachhaltige Beeinträchtigung liegt somit nicht vor.

4. Genehmigungen, Beteiligungen

4.1 Antragsverfahren

Es wird davon ausgegangen, dass es sich bei der Entschlammung und Wiedereinbindung des Altarmes in den Abfluss der Krummen Spree um keine wesentliche Veränderung des Gewässers handelt, und somit eine Genehmigung der Maßnahme nach §87 BrbWG möglich ist. Eine diesbezügliche Entscheidung bleibt aber den jeweiligen Genehmigungsbehörden vorbehalten.

4.2 Flurstücksbetroffenheiten

Die Nutzung im Baubereich beschränkt sich fast ausschließlich auf die Grünlandwirtschaft oder es handelt sich um aufgelassenes Grasland bzw. um forstwirtschaftliche Nutzungen. Siedlungen befinden sich zwar in direkter Nähe, liegen aber in höheren Geländelagen.

Nachfolgend sind die durch die Baumaßnahme betroffenen Flurstücke aufgeführt.

LKR	GEMARKUNG	FLUR	FLURSTÜCK	BETROFFEN	Fläche in m ²
LDS	Plattkow	1	108	Baustraße Uferabtrag	91 250
LDS	Plattkow	1	109	Baustraße Lagerfläche Uferabtrag	87 1.000 10
LDS	Plattkow	1	123	Befahrung in der Bauzeit	19
LDS	Plattkow	1	271	Baustraße Baustellenzufahrt	10 -
LDS	Plattkow	1	275	Baustraße	202
LDS	Plattkow	1	286	Baustraße	140
LDS	Plattkow	1	289	Baustraße	585
LOS	Werder	3	60	Uferabtrag	45
LOS	Werder	3	61	Uferabtrag	8
LOS	Werder	3	68	Befahrung in der Bauzeit	-
LOS	Werder	3	83	Uferabtrag	60
LOS	Werder	3	84	Baustraße Spülfeld Uferabtrag	1.190 4.200 2.150
LOS	Werder	3	85	Uferabtrag	13
LOS	Werder	3	86	Baustraße Überlaufschwelle Temp. Absperrdämme Uferabtrag	18 1.250 1.100 55
LOS	Werder	3	115	Baustraße Uferabtrag	206 470
LOS	Werder	3	207	Baustraße Lagerfläche Uferabtrag	518 1.000 442
LOS	Werder	3	208	Baustraße Befahrung in der Bauzeit	22 -

5. Baugrund

Im Dezember 2008 wurden den Altarmen 1 - 19 der Krummen Spree Mischproben entnommen und der Umwelt und Agrarlabor GmbH Fehrbellin zur analytischen Untersuchung /Siebanalyse übergeben. Demnach wird bei den Erdarbeiten am Altarm 10 von humos durchsetztem Fein- und Mittelsand der Bodenklasse 3-4 ausgegangen (siehe Anlage 9).

6. Darstellung der vorgesehenen Maßnahmen

6.1 Allgemeine Beschreibung des Vorhabens

Es ist geplant, den Altarm 10 in das Abflussgeschehen der Krummen Spree wieder einzubinden und damit die ökologische und wassersporttouristische Durchgängigkeit herzustellen. Verfüllte Teilabschnitte werden geöffnet und als offene Gewässerprofile gestaltet. Im Zuge der Maßnahme ist zudem die Grundräumung der vorhandenen Gewässerprofile vorgesehen.

Der geplante Anschluss des Altarmes, über welche der Hauptabfluss stattfinden soll, bedingt die Errichtung einer Überlaufschwelle in der Krummen Spree. Die Höhen der Schwelle wurde so gewählt, dass dieser erst nach Erreichen eines Wasserstandes, welcher 41 cm über MQ liegt, überströmt wird.

Nach Wiederanschluss des Altarmes an die Krumme Spree muss die Erreichbarkeit / Bewirtschaftung im Bereich der Inselfläche gewährleistet werden. Zu diesem Zweck wird die Sohlschwelle überfahrbar gestaltet und mit Schotter befestigt.

Der Altarm befinden sich im unmittelbaren Randbereich der Ortslage Werder. Eine wesentliche Veränderung der Wasserstände, insbesondere bei Hochwasser, darf nicht eintreten. Die Hochwasserneutralität ist zu gewährleisten.

Ausgehend vom Ist-Zustand der Altarmprofile wird eine morphologische Anpassung der Querprofilgeometrie vorgenommen. Hierbei ist einerseits die geplante Abflussverteilung und die Hochwasserneutralität nachzuweisen. Andererseits ergeben sich aus der Widmung der Krummen Spree als Landeswasserstraße der Klasse C (MLUV Brandenburg 2004) Mindestvoraussetzungen für die Leichtigkeit und Sicherheit des Verkehrs (Tauchtiefen und Mindestschiffbreiten im Begegnungsverkehr). Aus der Widmung leitet sich keine Rechtsverbindlichkeit bezüglich der Gewässerquerschnitte her. Folgende Aufgaben ergeben sich für den Gewässerunterhaltungspflichtigen (in diesem Fall LUA Brb):

- Vorhalten einer durchgängigen Tauchtiefe von 1,10 m unter dem unteren Bemessungswasserstand
- Gewährleistung einer durchgängigen Fahrrinnenbreite auf der Geraden von mindestens 8,9 m
- Gewährleistung einer lichten Höhe von 3 m auf der gesamten Wasserstraße
- Kennzeichnungspflicht / Ausschilderung
- Beseitigung von Fahrhindernissen wie Totholz, starke Verkräutung u. ä.

Im Rahmen der Bearbeitung des vorliegenden GEK wurde zwischen dem Landesbetrieb Bau (Verkehrssicherungsbehörde) und dem Landesumweltamt eine

Abprache über die praktische Auslegung des unteren Bemessungswasserstandes (BW_u) getroffen und als der für die Tauchtiefe maßgebende festgelegt.

6.2 Hydraulische Auswirkungen

Die hydraulischen Simulationen erfolgten durch das Büro „biota – Institut für ökologische Forschung und Planung GmbH“ (siehe Anlage 8).

Aufgabe der Modellierung war es, das Abflussverhalten der einzelnen Gewässerabschnitte für den Ist-Zustand darzustellen und unter Einhaltung der vorgegebenen Randbedingungen die Neugestaltung des Gewässers hydraulisch abzusichern (Wasserspiegellagen, Schleppspannungen, Fließgeschwindigkeiten). Im Ergebnis sollten Aussagen über die biologischen und hydromorphologischen Qualitätskomponenten des Gewässers, zur Befahrbarkeit sowie zu Auswirkungen hinsichtlich des Hochwasserschutzes getroffen werden. Zu diesem Zweck wurden mit der Software JABRON 6.2 die Abflussverhältnisse bei MQ_(Sommer), MQ, HQ₂, HQ₅, HQ₁₀, HQ₂₅ und HQ₁₀₀ für den Ist- und den Planzustand simuliert und dargestellt:

Wasserstände

Berechnungsergebnisse Bestand

Standort	Spree km	MNW	SoMW	MW	HW ₂	HW ₅	HW ₁₀₀
Auslauf A10	146+812	42,24	42,27	42,32	43,32	43,66	44,58
Rastplatz Werder							
Einlauf A10	146+921	42,24	42,27	42,33	43,33	43,66	44,58

Berechnungsergebnisse Planung

Standort	Spree km	MNW	SoMW	MW	HW ₂	HW ₅	HW ₁₀₀
Auslauf A10	146+812	42,24	42,27	42,32	43,38	43,69	44,53
Rastplatz Werder							
Einlauf A10	146+921	42,24	42,30	42,38	43,41	43,71	44,54

Durch die Laufverlängerung sind praktisch keine Veränderungen der Wasserstände zu erwarten. Grundsätzlich ist festzustellen, dass aktuell bereits ab HW₂ die Krumme Spree massiv auf die Vorländer ausuferst. Die Grünlandnutzungen am Ufer der Krummen Spree hat sich im Verlauf des letzten Jahrhunderts auf diese Situation eingestellt und weist entsprechend gewachsene Strukturen auf. Die Hochwassersituation wird nicht nachteilig beeinflusst. Der Wasserstand bei HW 100 reduziert sich leicht.

Fließgeschwindigkeiten

Die Fließgeschwindigkeiten in der durchströmten Altarmen schwanken zwischen 0,03 m/s (NQ) und 0,30 m/s (MQ).

Standsicherheit aufgrund hydraulischer Belastungen

feiner Sand	$v_{crit} = 0,2 \dots 0,3$ m/s
grober Sand	0,3 ... 0,6 m/s
sandiger Lehm	0,3 ... 0,5 m/s
mittlerer Kies	0,6 ... 1,0 m/s
Geschiebe bis Hühnereigröße	1,7 m/s
eckige Steine bis Hühnereigröße	1,6 ... 1,8 m/s
fester Klei	2,0 m/s

Grenzgeschwindigkeiten nach RÖSSERT 1999

feiner Sand, 0,2...0,4 mm	$\tau_{crit} = 1,8 \dots 2$ N/m ²
feiner Sand, 0,4...1,0 mm	2,5 ... 3 N/m ²
grober Sand	6 ... 10 N/m ²
sandiger Lehm	10 ... 12 N/m ²
lehmiger Kies	15 ... 18 N/m ²
Kies, 15 mm	15 ... 20 N/m ²
feines Geröll, bis 50 mm	30 ... 40 N/m ²
grobes Geröll, bis 100 mm	60 N/m ²
Donau bei Wien	15 N/m ²
Isar bei München	30 ... 33 N/m ²

Grenzscherpspannung nach RÖSSERT 1999

Die kritische Scherpspannung auf der Böschung wird mit $= 1,5 \dots 2,0$ N/m² = 75 % der kritischen Sohlscherpspannung angenommen.

Obige Tabellen stellen den Ansatz zur Beurteilung der kritischen Zustände hinsichtlich der Standsicherheit der Böschungen

Zur Feststellung der Notwendigkeit von Uferbefestigungen werden die Ergebnisse der hydraulischen Untersuchungen herangezogen (Anlage 8).

Die maximalen Sohlscherpspannungen errechnen sich danach für den Bereich der Gerinneverlegungen bei Mittelwasserabfluss zu maximal 1,77 N/m². Ufer- bzw. Böschungsbefestigung in den Altarmen sind danach grundsätzlich nicht erforderlich. Verlagerungen von feinkörnigem Substrat innerhalb des Profils sind allerdings möglich und im überschaubarem Rahmen ökologisch erwünscht. Hier ist im Zuge der Entwurfs- und Genehmigungsplanung zu prüfen, ob ingenieurbioökologische Ufer- bzw. Böschungsbefestigung vorgesehen werden (Faschinen, Bepflanzung mit Tiefwurzlern, Ankauf von Flächen bzw. biologisch sichern). Auf der Grundlage der Wasserrahmenrichtlinie soll grundsätzlich auf technische Uferbefestigungen (durch z.B. Steinschüttungen) verzichtet werden.

Da die Krumme Spree bei Hochwasserabfluss bereits frühzeitig ausufert und somit auf breiter Front abfließt, kommt es zu keiner Verschlechterung der

Hochwassersituation. Bei extremen Hochwasserereignissen sind allerdings Uferabbrüche im Prallhangbereich des wiederangeschlossenen Altarmes nicht auszuschließen, sodass ein erhöhter Unterhaltungsaufwand einzurechnen ist bzw. entsprechende Mittel vorgesehen werden sollten.

6.3 Morphologische Anpassung und Anschluss der Altarme an die Krumme Spree

6.3.1 Entnahmemengen und -strecken

Nachfolgend genannte Entnahmemengen wurden auf der Grundlage der Profilvermessung ermittelt (siehe Anlage 6). Danach weist der Altarm nur sehr geringen bzw. keinen Grundräumungsbedarf auf. Im Zuge der Maßnahme sind allerdings Abgrabungen im Ufer- und Sohlbereich vorzunehmen, sodass in der Sohle von einem Schlamm – Sandgemisch auszugehen ist.

Bezeichnung	Länge [m]	Grundräumung / Schlammernahme [m ³]	Profilabtrag (Herstellung der Fahrinne) [m ³]
Altarm 10	400	ca. 1.000	ca. 11.400

Durch den Anschluss des Altarmes wird sich die Fließstrecke der Krümmen Spree um ca. 255 m verlängert.

6.3.2 Analytische Untersuchung der Gewässersedimente

Durch das Ingenieurbüro Ellmann / Schulze wurden im Jahre 2008 Sedimentproben aus den Altarmen der Krümmen Spree zur Erstcharakterisierung entnommen. Gemäß der durch die Umwelt- und Agrarlabor GmbH Fehrbellin durchgeführten analytischen Untersuchungen der Sedimente (siehe Auszug aus dem Analysebericht Anlage 9) sind die zu entnehmenden Sedimente wie folgt zu verwerten:

Altarm 10	Probe 4023/08	Deponierung
-----------	---------------	-------------

Bei den untersuchten Gewässersedimenten aus dem Altarm 10 wurden nur für den Parameter Zink mit 69,8 mg/kg leichte Überschreitungen des Vorsorgewertes nach Baggergutrichtlinie für die landschaftsbauliche (zulässiger Wert = 60 mg/kg) bzw. landwirtschaftliche Verwertung (zulässiger Wert = 42 mg/kg) festgestellt.

Somit ist nach derzeitigem Stand das Baggergut aus dem Altarmes 10 der Deponierung zuzuführen.

In Abstimmung mit der Bodenschutzbehörde der Landkreises sind allerdings weitere Sedimentbeprobungen im Rahmen der Maßnahme vorzunehmen. Erst wenn der Bodenschutzbehörde entsprechende Untersuchungsergebnisse der Gewässersedimente nach der Entwässerung vorliegen, kann der endgültige Verwertungsweg festgelegt werden.

6.3.3 Rodungen und Abbruch von baulichen Anlage

Bei den geplanten Maßnahmen handelt es sich überwiegend um Wasser- und Landschaftsbauarbeiten. Neben umfangreichen Erdstoffbewegungen (Trocken- und Nassbaggerarbeiten) sind zur Schaffung von Baufreiheit Baumfällungen vorzunehmen. Die vorhandene Überfahrt wird zurückgebaut, außerdem ist das Umsetzen von vorhandener Beschilderung einzukalkulieren.

Rodungen und Abrissarbeiten

Altarm 10:

- 14 Erlen / Weiden bis D=60 cm
- 35 Erlen bis D=30 cm
- 2 Erlen bis D=80 cm
- 1 Erlen bis D=100 cm
- 3 Bäume - Jungaufwuchs an der Spree (für Überlaufschwelle)
- Rohrdurchlass St DN 900
- Schild „Keine Einfahrt“ umsetzen

6.3.4 Nassbaggerarbeiten (DIN 18311) und Behandlung von Baggergut

Variante 1

Die Sedimententnahme aus der Sohle des Altarms wird mittels schonendem Saug-Spülverfahren durchgeführt. Es wird dabei von einem Mindestfördervolumen der Anlage von ca. 80 m³/h ausgegangen.

Das Schlamm-Wassergemisch wird dabei über eine Druckleitung zum Spülfeld (auf der Altarminsel) gefördert und hier zur Entwässerung zwischengelagert. Zur Abgrenzung des Spülfeldes sollen Absperrdämme aus Füllboden h=1,00 m (aus vor Ort gewonnenem Bodenabtrag) errichtet werden. Das austretende Wasser ist über einen Entwässerungsgraben der Krümmen Spree wieder zuzuführen.

Variante 2

Alternativ zum schonenden Saugspülverfahren besteht die Möglichkeit das Baggergut konventionell mittels Löffelbagger (von der Schute aus) bzw. Schreitbagger zu entnehmen und auf eine Schute zu laden. Ein weiterer am Gewässerrand stehender Bagger fördert das Baggergut aus der Schute auf LKW, welcher es zum Spülfeld transportiert und hier abkippt. Nach Entwässerung und Beprobung erfolgt ein weiterer Beladevorgang zum Abtransport zur Verwertungsanlage / landwirtschaftlichen Nutzfläche. Dieses Verfahren ist mit sehr hohem technologischem Aufwand zur Förderung des Baggergutes aber auch zur Gewährleistung des Baustellenverkehrs und der Baufreiheit verbunden.

Variante 3

Eine technologisch sinnvolle Variante ergibt sich aus der Tatsache, dass der Altarm derzeit nicht abflusswirksam ist. Ein Absperrdämme wird am Ablauf errichtet, um den Zufluss von Spreewasser zu verhindern. Durch den Einsatz einer offenen Wasserhaltung erfolgt dann das Überpumpen des Altarmwassers in die Krumme Spree. In der Sohle des Altarms ist ein Entwässerungsgraben mit Pumpensumpf anzulegen. Nach "Trockenlegung" des Altarms wird dieser mittels Schreitbagger ausgebagert. Das Baggergut kann prinzipiell bereits im Altarm auf Halde lagern,

"ausbluten" und quasi direkt aufgeladen und abtransportiert werden. Diese Technologie erscheint technologisch günstig, führt aber letztendlich zum Absterben eines Großteils des aquatischen Lebens im Altarm und wird daher nicht favorisiert.

Da der schonende Umgang mit der Natur und Landschaft des Plangebietes im Vordergrund steht, soll die Entschlammung der Altarme grundsätzlich mittels Saug-Spülverfahren durchgeführt werden.

6.3.5 Verwertung von Baggergut aus den Altarmen

Variante 1

Im Ergebnis der Erstbeprobung vom Dezember 2008 (vgl. Anlage 10, Stellungnahme der UBB) ist die Verbringung von Sedimenten aus dem Altarm auf landwirtschaftlich / gärtnerisch genutzten Flächen derzeit nicht zulässig. Nach der Entwässerung des Baggergutes sind weitere Proben der Sedimente zu untersuchen. Sollte im Ergebnis dieser Analysen die Vorsorgewerte der Baggergutrichtlinie für die landwirtschaftliche Verwertung nicht überschritten werden, soll das Baggergut auf landwirtschaftlichen Flächen aufgebracht werden.

Für die Nutzflächen im unmittelbaren Umfeld der Altarme liegen aktuell keine Zustimmungen / Genehmigungen für das Aufbringen von Baggergut vor. Entsprechend geeignete Flächen sind im Rahmen der nachfolgenden Planungsschritte mit den zuständigen Behörden und Nutzern abzustimmen. Auf Feuchtwiesen und Flächen des ökologischen Landbaus darf dabei kein Sedimentauftrag erfolgen.

Die landwirtschaftliche Verwertung stellt grundsätzlich die kostengünstigste Lösung dar, wird aber derzeit nicht als Vorzugslösung angesehen.

Variante 2

Zur Beseitigung / Deponierung von Baggergut stehen im Landkreis Oder-Spree einige Deponien und in der Sanierung befindliche Altablagerungen zur Verfügung. Es handelt es sich um die kostenintensivste Variante zur Verwertung der Schlämme. Hier sind Verwertungsnettokosten zuzüglich Transport von mindestens 25,00 € je Tonne (bis Z2 nach LAGA) einzukalkulieren. Im Rahmen der Vorplanung wird auf der sicheren Seite liegend davon ausgegangen, dass das Baggergut aus dem Altarm deponiert werden muss.

Variante 3

Die Kosten für die landschaftsbauliche Verwertung sind ohne konkrete Kenntnis eines Bauprojektes schwer abschätzbar. Grundsätzlich wird in etwa von ähnlichen Kosten wie bei der Deponierung ausgegangen.

Eine Abfrage zu Sanierungsvorhaben / Wiederverfüllungen von Kiestagebauen kann diesbezüglich im Rahmen der Entwurfs- bzw. Genehmigungsplanung beim Landesamt für Bergbau, Geologie und Rohstoff gestellt werden.

6.3.6 Erdarbeiten (DIN 18300) zur Herstellung der Fahrrinne

Für den Rückbau des verfüllten Zulaufs, um die Leistungsfähigkeit bei Hochwasserereignissen zu gewährleisten sowie zur Einhaltung der Vorgaben der Schiffbarkeit sind zum Teil erhebliche Erdarbeiten bzw. Profilerweiterungen (Abbaggerung von Uferböschungen) vorzunehmen. Die Geometrien der geplanten Altarmschlüsse bzw. –erweiterungen sind der Maßnahmekarte der Anlage 5.1 sowie den Querschnitten der Anlage 6 zu entnehmen. Anlage 5.2 enthält zudem einen Lageplan des Altarms mit Darstellung der geplanten Fahrrinne.

Notwendige Querprofilaufweitungen werden wie folgt gestaltet:

- Radien werden nicht verkleinert $R_{\min}=25$ m
- Mindestfahrrinnenbreite 8,90 m (lt. Erlass zur Erhaltung und Nutzung der schiffbaren Landesgewässer im Land Brandenburg - 2004)
- Fahrrinnensohle (Sollsohle) 1,1 m unter MW_{S_0}
- Fahrrinnenbreite (B) entsprechend dem Verhältnis B/R nach PROKON
- Abböschung am Gleithang 1:3...5
- Abböschung am Prallhang 1:1,5
- Abböschung in der Geraden 1:2
- Keine Böschungssicherungen in den Altarmen

6.3.7 Verwertung von Boden

Boden ist aus dem Plangebiet abzutransportieren bzw. soweit möglich der landschaftsbaulichen Verwertung zuzuführen ist. Da die bisher durchgeführte Beprobung der Sedimente nicht aussagefähig für den gesamten Baubereich sein können, sind die Analysen in der Planungsfortschreibung bzw. im Rahmen der Baugrunduntersuchungen zu verdichten. Es wird in der Vorplanung davon ausgegangen, dass nicht der gesamte zu bewegende Erdstoff belastet ist. Somit werden Teilmengen des Bodenaushubs als wieder einbaufähig angenommen. Unbelasteter Boden soll zur Errichtung der Sohlschwellen an den geplanten Bettverfüllungen der Krummen Spree verwendet werden. Da jedoch hier nur einen Bruchteil des Erdabtrages benötigt wird, sind in den nachfolgenden Planungsschritten landschaftsbauliche bzw. soweit zulässig auch landwirtschaftliche Verwertungswege aufzuzeigen.

6.3.8 Errichtung einer Überlaufschwelle in der Krummen Spree

Die geplante Überlaufschwelle verschließt punktuelle die Krumme Spree, um den Hauptabfluss über den wiederangeschlossenen Altarm abzuführen. Im Falle von Hochwasserereignissen wird die Überlaufschwelle überströmt, sodass dann der „Altlauf“ der Krummen Spree wieder abflusswirksam wird.

Die Krone der Überlaufschwelle wurde mit einer Höhe von 42,79 m NHN so bemessen, dass diese erst nach Überschreitung der Mittelwasserführung um 41 cm überströmt wird. Die sich aus dem Anschluss des Altarmes und dem Einbau der Überlaufschwelle ergebenden Abflüsse und Wasserspiegellagen sind der Anlage 8 zu entnehmen.

Im Rahmen des Projektes „Errichtung von Sohlschwellen und abschnittsweise Entfesselung von Ufern in der Spree zwischen Neuendorfer See und Wehr Leibsch“ (Planung IPP HYDRO CONSULT GmbH) wurde im Jahre 2006/2007 eine Überlaufschwelle in der Krummen Spree (km 159+280 – 159+400) bereits durch die obere Wasserbehörde genehmigt und zur Ausführung freigegeben. Die geplante Überlaufschwelle in der Krummen Spree am Altarm 6 soll nun in gleicher Form errichtet werden.

Grundsätzlich ist festzustellen, dass die hydraulische Belastung auf die Sohlschwelle wegen der niedrigen Wasserspiegeldifferenzen von etwa 5.6 cm sehr gering ausfallen.

Für die Errichtung der Sohlschwellen in der Krummen Spree soll mineralischer Bodenabtrag, welcher aus dem Aushub der Altarmanschlüsse gewonnen wird, verwendet werden. Im Rahmen den anstehenden Baugrunduntersuchungen ist daher neben der Eignung des Füllbodens (Filterstabilität / Schadstoffbelastung) die Standfestigkeit des vorhanden Baugrundes zu untersuchen.

Die Überlaufschwellen erhalten konstruktiv im Bereich der oberwasserseitigen Anrampung eine Neigung von 1:2. Die Abrampung zum Unterwasser wird mit einer Böschungsneigung von 1:3 ausgeführt. Zur Gewährleistung der Überfahrbarkeit durch landwirtschaftliche Fahrzeuge soll die Dammkrone eine Breite von mindestens 5 m erhalten. Die oberwasserseitige Fußgestaltung und die Nachbettsicherung werden gemäß Merkblatt zur Anwendung von geotextilen Filtern an Wasserstraßen hergestellt.

Zum Aufbau des Dammkörpers in der Krummen Spree soll mineralischer Bodenaushub bis auf das Planumsniveau der Steinschüttung lagenweise eingebracht und verdichtet werden. Vor Einbau der 40 cm starken Steinschüttung aus Wasserbausteinen CP45/180 (DIN EN 13383-1) ist zur Gewährleistung der Filterstabilität ein Geotextil nach TLG auf dem Dammkörper aufzubringen.

Bemessung des Geotextils

Die Berechnung des Geotextils erfolgt nach den Technischen Lieferbedingungen für geotextile Filter (TLG) Ausgabe 1993. Die Regelanforderungen an geotextile Filter für dynamische hydraulische Belastungen und Böschungsneigungen von 1:2 oder flacher werden wie nachfolgend dargestellt für die entsprechenden Bodentypen nach TLG Anlage 2 der TLG festgelegt.

Auf das Geotextil soll eine durchlässige Deckschicht aus Wasserbausteinen CP45/180 (DIN EN 13383-1) aufgebracht werden. Im vorliegenden Fall liegt der Bodentyp 3 vor. An den Bodentyp 3 werden folgende Regelanforderungen gestellt:

Dicke D der Filterschicht: $D \geq 4,5$ mm

Durchlässigkeitsbeiwert k_{10} des bodenbesetzten Geotextils: $k_{10} \geq 1,10^{-4}$ m/s.

Gewählt wird das Geotex Terrafix 609 von Naue Fasertechnik (oder gleichwertig). Dieses weist die folgenden Materialeigenschaften auf:

Rohstoff	Polypropylen/Polyester
Masse pro Flächeneinheit	642 g/m ²
Schichtdicke	5,3/≥4,5 mm
Höchstzugkraft	≥12,0 / ≥12,0 kN/m

Höchstzugkraftdehnung	70 / 40 %
Abriebfestigkeit	ja
Öffnungsweite	0,08 mm
Wasserdurchlässigkeit $k_{10,H50}$	$2,86 \cdot 10^{-3} \text{ m/s} > 1,10^{-4} \text{ m/s}$

6.3.9 Sonstige Maßnahmen zur Verbesserung des Gewässerzustands

Neben der Wiederherstellung der Altarmanschlüsse sind weitere Maßnahmen geplant, um eine Verbesserung des gewässerökologischen Zustands der Krummen Spree zu erreichen (Uferentfesslungen und Errichtung von Flutrinnen, Altarmerweiterungen sowie Herstellung von Kleingewässern). Diese Maßnahmen werden in gesonderten Planungen untersucht. Derartige Maßnahmen berühren den Altarm 13 nicht.

6.3.10 Archäologische Begleitung

Durch das Brandenburgische Landesamt für Denkmalpflege und archäologisches Landesmuseum (Abteilung Bodendenkmäler) wurden digitale Karten mit Bodendenkmälern, archäologischen Verdachtsflächen sowie Luftbildvermutungsflächen übergeben. Im vorliegenden Fall sind im Bereich der Maßnahmeflächen keine archäologischen Verdachtsflächen betroffen.

Im Rahmen der Genehmigungs- und Ausführungsplanung sollten archäologischen Betroffenheiten allerdings durch ein entsprechendes Fachbüro geprüft und eingeschätzt werden einzuschätzen.

Wir empfehlen dem Vorhabensträger frühzeitig eine entsprechende archäologische Prospektion zu veranlassen.

7. Bautechnologie

7.1 Wasserhaltungsmaßnahmen

Die Bauarbeiten sollten grundsätzlich bei Niedrigwasser durchgeführt werden.

Zur Errichtung der Überlaufschwelle ist die Einrichtung einer offenen Wasserhaltung notwendig. Dazu wird die Krumme Spree jeweils ober- und unterwasserseitig mittels Absperrdämmen gesperrt. Voraussetzung ist, dass der Abfluss bereits vollständig über den wiederangeschlossenen Altarm abgeführt werden kann.

Es wird davon ausgegangen, dass keine völlige Trockenlegung der Baugrube erfolgt und damit eine geschlossene Wasserhaltung nicht vorzuhalten ist. Nach Herstellung der Absperrdämme erfolgt die Absenkung des Wassers in der Baugrube. Bei der hier vorgesehenen Technologie wird von einer Absenkung des Wasserstandes in der Baugrube von maximal 150 cm ausgegangen. Dies bedeutet, dass Erdarbeiten (Einbau Füllboden, Verlegung Geotextil) zum Teil unter Wasser ausgeführt werden.

7.2 Absperrdämme

Die Absperrdämme werden soweit vorhanden aus dem mineralischen Bodenaushub des Altarmanschlusses mit folgenden Abmessungen errichtet:

Zuwegungen / Baustraßen

Zuwegungen zur Baustelle müssen für den Abtransport des entnommenen Materialen befestigt bzw. ertüchtigt werden. Die Herstellung von insgesamt 750 m Baustraße (20 cm Schotter 0/56 auf Geotex) ist für den Abtransportes des Baggergutes zur Verwertungsanlage einzukalkulieren.

Lagerflächen

Die Zwischenlagerung von Baustoffen und Baustellentechnologie soll möglichst im Bereich den Altarminseln erfolgen. So muss insbesondere im Bereich der Überlaufschwelle eine Lagerfläche zur Lagerung des Füllbodens vorgesehen werden.

Eine weitere Lagerfläche ist für die Profilerweiterung am Zulauf zur Spree für die Zwischenlagerung des Aushubs vorzusehen.

Spülfelder

Zur Entwässerung und Lagerung von Nassbaggergut ist die Errichtung eines 3.000 m² großen Spülfeldes auf der Altarminsel vorgesehen. Im Ergebnis der Erstcharakterisierung der Schlämme wird seitens der Unteren Bodenschutzbehörde keine Abdichtung der Sickerfläche (siehe Stellungnahme, Anlage10) gefordert.

7.4 Bauablauf

Es wird davon ausgegangen dass diese Maßnahme von Land (konventionelle Baggerarbeiten) und vom Wasser (Nassbaggerarbeiten mittels Saugspültechnologie) aus umgesetzt wird. Die Details der technologischen Ausführung und der geräteabhängigen Vorgehensweise werden vom Ausführenden bestimmt und werden hier nicht weiter spezifiziert.

Die Nassbaggerarbeiten mittels Saugspüler sollte aus technologischen Gründen vor den Abgrabungen zur Herstellung der Altarmweiterungen und - anschlüsse erfolgen. Die Arbeiten werden damit nicht in der fließenden Welle ausgeführt. Außerdem soll die Verlagerung von Sedimenten sowie das Einschwimmen von Fischen während der Arbeiten vermieden werden. Um den Zuzug von Fischen über den offenen Altarmablauf zu unterbinden, sind hier geeignete Schutzvorkehrungen (Schuttgitter oder –netz) vorzusehen. Die Saugspültechnologie ist nicht geeignet negativ auf die Fischfauna einzuwirken. So werden die Fische aufgrund der entstehenden Geräuschentwicklung bei der Sedimententnahme vergrämt. Der Saugspüler ist zudem mit einem Schutzgitter ausgerüstet, welches das Ansaugen von Fischen verhindert. Sollten dennoch im Bereich des Spülfeldes Fische lebend aufgefunden werden, sind diese einzusammeln und unverzüglich wieder in die Krumme Spree (oberhalb der Entnahme) einzusetzen.

Die notwendigen Erd- und Rodungsarbeiten im Bereich der Altarmböschungen werden im Anschluss vorgenommen. Die Öffnung des Altarmverschlusses erfolgt am Schluss. Der Boden wird abgefahren bzw. zur Errichtung der Überlaufschwellen zwischengelagert. Für die notwendige Zwischenlagerung des Erdstoffes ist eine entsprechende Lagerfläche vor Ort vorzuhalten (siehe oben).

Mit der Herstellung der Überlaufschwelen kann erst nach kompletter Fertigstellung (Bettgeometrie und Böschungserweiterungen) des neuen Verlaufes begonnen werden. Die Bodenbewegungen sind mit herkömmlicher Technik zu leisten, wobei die Technikgröße auf die Größe des Baumfeldes entsprechend angepasst werden muss. Dies ist bei der Kalkulation zu berücksichtigen.

Der letzte Arbeitsschritt beinhaltet den Rückbau der temporären Absperrdämme und der Baustraßen. Eine Rekultivierung der benutzten Flächen wird vorgesehen.

8. Auswirkungen auf die Nutzungen

Im Rahmen der Bauausführung kommt es zur temporären Einschränkung in der landwirtschaftlichen Nutzung auf den Maßnahmeflächen.

Nach Fertigstellung der Maßnahmen sind die betroffenen Flächen weiterhin uneingeschränkt nutzbar. Die Wasserstände werden grundsätzlich nicht verändert, sodass keine Veränderungen für die Flächenbewirtschaftung zu erwarten sind.

9. Baukosten

Die Gesamtkosten der Maßnahme wurden durch überschlägige Massenberechnung und dem Ansatz von marktüblichen Preisen ermittelt. Gemäß der beiliegenden Kostenschätzung (siehe Anlage 11) belaufen sich die Gesamtkosten für die Vorzugslösung auf 636.495,97€ (brutto).