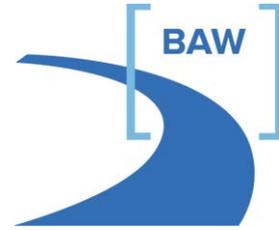




**BUNDESANSTALT
FÜR GEWÄSSERKUNDE
Koblenz**



**BUNDESANSTALT
FÜR WASSERBAU
Karlsruhe**



**Versuchsstrecke mit technisch-
biologischen Ufersicherungen
– Rhein-km 440,6 - 441,6, rechtes Ufer –**

Teilbericht:

**Porenwasserdruckmessungen
am 19.02.2014**

**F & E - Projekt
(BAW - BfG)**

31.03.2017

**Versuchsstrecke mit
technisch-biologischen Ufersicherungen
– Rhein-km 440,6 - 441,6, rechtes Ufer –**

**Teilbericht:
Porenwasserdruckmessungen
am 19.02.2014**

Auftraggeber: Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur

Auftrag vom: Im Rahmen des F&E-Projektes „Technisch-biologische Ufersicherungen an Binnenwasserstraßen“

Auftrags-Nr.: BAW-Nr. B3952.04.04.10151

Aufgestellt von: Abteilung: Geotechnik
Referat: Erdbau und Uferschutz
Bearbeiter: Dr.-Ing. Renald Soyeaux

Karlsruhe, 31.03.2017

Das Gutachten darf nur ungekürzt vervielfältigt werden. Die Vervielfältigung und eine Veröffentlichung bedürfen der schriftlichen Genehmigung der BAW.

Hinweis zur Anonymisierung der beobachteten Schiffe

Aufgrund der Gesetzeslage mit dem demnächst verabschiedeten, aktualisierten
Binnenschiffahrtsgesetzes (BinSchAufgG)
dürfen nach **§ 8 (1)** aus Gründen des Personenschutzes
keine Identifikationsmerkmale genannt werden wie

Schiffsname / Name

IMO-Schiffsidentifikationsnummer

einheitliche europäische Schiffsnummer

amtliche und amtlich anerkannte Kennzeichen

Daher wird in diesem Bericht die Anonymisierung solcher Merkmale wie folgt gehandhabt:

- 1) Im Falle der Einzelnennung im Text durch Überblendung Schiff Nr. x
- 2) Im Fall von Tabellen, Listen o. ä. sind Namensblöcke komplett unkenntlich gemacht.
- 3) Im Fall von Fotos - abhängig von der Lesbarkeit - vollkommen ausgegraut

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1 Einleitung / Allgemeines	1
2 Durchführung der Porenwasserdruckmessung am 19. Februar 2014	2
3 Datenanalyse	4
3.1 Plausibilisierung, Korrekturen und Ergänzungen der erfassten Schiffsdaten	4
3.2 Wasserstand während der Messphase	9
3.3 Bestimmung von Porenwasserdrücken und -überdrücken	11
3.4 Berücksichtigung der Einflussbreite der erfassten Schiffe	13
4 Ergebnisse der Porenwasserdruckmessung 2014 und Vergleich mit alten Messungen	20
4.1 Ergebnisse der Porenwasserdruckmessung 2014	20
4.1.1 Zahlenwerte	20
4.1.2 Grafiken	21
4.2 Vergleich der Porenwasserdruckmessung 2014 mit den Messungen von 2012	25
4.2.1 Vergleich der Randbedingungen	25
4.2.2 Vergleich der Hauptwerte	26
5 Zusatzbetrachtungen zu beobachteten Sekundärwellenhöhen	32
5.1 Einführung	32
5.2 Ergebnisse und erste Analysen	34
5.3 Schlussfolgerungen bzgl. Sekundärwellen	38
6 Fazit	39
7 Quellen	40
8 Abkürzungen	41

Bildverzeichnis

- Bild 2.1 Eindruck von der Porenwasserdruckmessung bei Rh-km 440,900 im Versuchsfeld 3 mit passierendem Bergfahrer und Laserentfernungsmessgerät
- Bild 3.1 Positives Beispiel für die Aussagekraft und Qualität der Eichmarken:
Schiff Nr. 22 mit Eichmarke über die ganze Schiffshöhe mit deutlicher Beschriftung
- Bild 3.2 Negatives Beispiel für die Aussagekraft und Qualität der Eichmarken:
Schiff Nr. 21 mit Eichmarke ohne Beschriftung und mit zu geringer Höhe für die Leerfahrt
- Bild 3.3 WSA-Boot BURGUND mit dem Unterschied in der Breite über alles und in Wasserlinie sowie der Abschätzung des Tiefgangs unter der Wasserlinie
- Bild 3.4 Verläufe der Wasserspiegellage über AZW und der Wasserdrücke unter der Böschungsoberfläche für die Druckdosen DS2 - DS 5 am Messpunkt MP1a für die Messung Februar 2014
- Bild 3.5 Querprofil bei Rh-km 440,900 im Versuchsfeld 3 mit Positionen aller Messpunkte und Wasserspiegellagen für drei Messungen 2012 und eine Messung 2014
- Bild 3.6 Wasserstandsverläufe (15-min Werte) am 19.02.2104 am Pegel Worms und angepasst am Messquerschnitt Rh-km 440,900 sowie dort der kontinuierliche Wasserstandsverlauf am Messpunkt MP3 nur während der Messzeit
- Bild 3.7 Wasserstandsverlauf am Messquerschnitt Rh-km 440,900 über dem Messpunkt MP3 während der 4,5 h Messzeit am 19.02.2014 mit markanten Schiffspassagen
- Bild 3.8 Verläufe von Wasserspiegel und Porenwasserüberdrücken während der Passage der Schiffe (a) : Schiff Nr. 23 und (b) Schiff Nr. 5
- Bild 3.9 Lage der Einflussbreite b_E in Bezug zur rechnerischen Breite des Gewässers für den Flachwasserfall (B) und die Übergangssituation zum Kanalfall (C)
- Bild 3.10 Flächengleiches Ersatztrapezprofil am Messprofil Rh-km 440,900, eingepasst in den vermessenen Querschnitt
- Bild 3.11 Bestimmung der Einflussbreite b_E nach Gl. (5-7) aus GBB 2010 (BAW, 2011)
- Bild 3.12 Ausnutzungsgrad der halben Einflussbreite b_E der 29 beobachteten Schiffe unter Berücksichtigung der Fahrtrichtung
- Bild 3.13 Ausnutzung der Einflussbreite b_E im Zusammenhang mit Schiffgröße (näherungsweise Schiffgrundfläche) und Uferabstand unter Berücksichtigung von Schiffstypen und Fahrtrichtung
- Bild 4.1 Werte für max. Absunk am Bug vs. Absunkgeschwindigkeit für alle Schiffe (Güterschiffe) der Messkampagnen am 19. Februar 2014

- Bild 4.2 Werte für max. Absunk am Bug vs. max. Porenwasserüberdruck für alle Schiffe (Güterschiffe) der Messkampagnen am 19. Februar 2014
- Bild 4.3 Verläufe der Porenwasserüberdrücke über die Tiefe unter der Böschungsoberfläche für die 15 auswertbaren Schiffe der Messkampagne Februar 2014 mit Zuordnung zu den einzelnen Schiffen
- Bild 4.4 Prinzip des Porenwasserüberdrucks im Boden bei Passage eines Schiffs mit dem Absunk z_a
- Bild 4.5 Werte für max. Absunk am Bug vs. Absunkgeschwindigkeit für alle Güterschiffe der 3 Messkampagnen 2012 und der Messkampagne 2014 im Vergleich
- Bild 4.6 Werte für max. Absunk am Bug vs. max. Porenwasserüberdruck für alle Güterschiffe der 3 Messkampagnen 2012 und der Messkampagne 2014 im Vergleich
- Bild 4.7 Werte für max. Absunk am Bug vs. Absunkgeschwindigkeit für alle Schiffe (Güterschiffe u. MS Worms) der 3 Messkampagnen 2012 und der Messkampagne 2014 im Vergleich
- Bild 4.8 Werte für max. Absunk am Bug vs. max. Porenwasserüberdruck für alle Schiffe (Güterschiffe u. MS Worms) der 3 Messkampagnen 2012 und der Messkampagne 2014 im Vergleich
- Bild 4.9 Verläufe der maximalen Porenwasserüberdrücke über die Tiefe unter der Böschungsoberfläche für die 15 auswertbaren Schiffe der Messkampagne Februar 2014 im Vergleich zu den Bereichen der vorangegangenen Messkampagnen Januar, Juni und Oktober 2012 (nur Güterschiffe)
- Bild 4.10 Bereiche der maximalen Porenwasserüberdrücke der Güterschiffe aller vier Messkampagnen 2012 und 2014 und Verläufe über die Tiefe unter der Böschungsoberfläche für die Fahrten der MS Worms im Oktober 2012
- Bild 5.1 Messwerte der Passage der **Schiff Nr. 28** mit deutlichem Bugabsunk und entsprechendem Porenwasserüberdruck sowie nachfolgenden Sekundärwellen und weiteren Porenwasserüberdrücken
- Bild 5.2 Messwerte der Passage der **Sch Nr. 6** vernachlässigbarem Bugabsunk und Porenwasserüberdruck, aber messbaren Sekundärwellen und daraus resultierenden Porenwasserüberdrücken
- Bild 5.3 Breiten der Wasserspiegelschwingungen (SchB Wsp) und der Porenwasserüberdruckschwingungen (SchB PWÜD) infolge Sekundärwellen; am Wertepunkt Angabe von Frequenz f der PWÜD-Schwingungen und Anzahl n der Schwingungen
- Bild 5.4 Auftragung der 5 Wertepaare mit Amplituden bei PWÜD inf. Hsek und PWÜD inf. Absunk mit deren Verhältnissen und Angaben zu den Schiffen

Tabellenverzeichnis

- Tab. 2.1 Wesentliche Kennzahlen der betrachteten Messkampagne vom 19. Feb. 2014
- Tab. 3.1 Einflussbreiten der beobachteten Schiffe und Bewertung hinsichtlich der Auswirkungen am Ufer
- Tab. 4.1 Ergebnisse der Messkampagne Februar 2014 mit den Werten für die Wasserdrücke WD , die Absinkzeit Δt , den Absink z_a , den maximal gemessenen Porenwasserüberdruck $PWÜD$ (= \ddot{U} bei $DS5$) und die Bemessungswellenhöhe H_{Bem}
- Tab. 4.2 Porenwasserüberdrücke der Messkampagne Februar 2014 an 4 Drucksonden $DS2$ bis $DS5$ unter der Böschungsoberfläche bzgl. der Drucksonde $DS1$ an der Böschungsoberfläche
- Tab. 4.3 Wesentliche Kennzahlen der 3 Messkampagnen aus 2012 und der Messkampagne 2014 im Vergleich
- Tab. 4.4 Wasserstände am Pegel Worms und am Messort bei Rh-km 440,900 für die 3 Messkampagnen aus 2012 und für die Messkampagne 2014
- Tab. 4.5: Schiffspassagen mit den maximalen Absinkwerten und den maximalen Porenwasserüberdrücken für die 3 Messkampagnen aus 2012 und für die Messkampagne 2014
- Tab. 5.1: Breiten, Perioden und Frequenzen der Schwingungen von Wasserspiegel (Wsp) und resultierendem Porenwasserüberdruck ($PWÜD$) der Sekundärwellen; zugehöriger maximaler Porenwasserüberdruck $PWÜD_{max}$ (Amplitude); Absinkgeschwindigkeit des Wasserspiegels

Anlagenverzeichnis

- Anlage 3.1** Protokoll vom 19.2.2014 zu den beobachteten Schiffen im Original
- Anlage 3.2** Protokoll vom 19.2.2014 zu den beobachteten Schiffen als Nachschrift
(ohne Ergänzungen)
- Anlage 3.3** Protokoll vom 19.2.2014 zu den beobachteten Schiffen mit Korrekturen /
Ergänzungen (erläutert und farblich markiert)
- Anlage 3.4** Protokoll vom 19.2.2014 zu den beobachteten Schiffen als endgültige Version
- Anlage 3.5** Datendossier zu den am 19.2.2014 beobachteten Schiffen
(Angaben aus dem Internet, alphabetisch sortiert)
- Anlage 3.6** Tonnagen der am 19.2.2014 beobachteten Schiffe (Angaben aus dem
Internet)
- Anlage 3.7** Fotodossier zu den am 19.2.2014 beobachteten Schiffen
(alphabetisch)
- Anlage 3.8** Verläufe von Wasserspiegel und Porenwasserüberdrücken für alle
29 beobachteten Schiffe
- Anlage 3.9** Zusatzbetrachtungen zu Perioden und Laufzeiten der Sekundärwellen

1 Einleitung / Allgemeines

Der während einer Schiffspassage auftretende Wasserspiegelabsenk führt im Uferbereich im anstehenden Boden in Abhängigkeit von dessen Durchlässigkeitsbeiwert zu Porenwasserüberdrücken (PWÜD), die mit steigender Absenkgröße und -geschwindigkeit zunehmen. Infolge der Porenwasserüberdrücke werden die effektiven Spannungen im Boden und damit die Böschungsstandsicherheit herabgesetzt. Sie sind deshalb eine wichtige Größe zur Bemessung von technischen Deckwerken, aber auch zur Beurteilung der Stabilität von Ufersicherungen mit Pflanzen.

Allgemeines zu diesem Phänomen, zu Veranlassung und Hintergrund der Messung, zum Ausbau der Messstelle und zu den verwendeten Messgeräten ist in Kap. 3.5 „Messungen von Porenwasserdrücken im Boden“ des Berichtes „Zweiter Zwischenbericht: Erste Monitoringergebnisse 2012“ (BAW, BfG, WSA-MA, 2013) ausführlich dargestellt und wird im vorliegenden Bericht nicht wiederholt.

Im Verlaufe des Gesamt-Monitorings bis zum Jahr 2016 war es Ziel, bei möglichst vielen Wasserständen zwischen AZW und HSW (= Marke II) Porenwasserdruckmessungen durchzuführen. Im Jahr 2012 sind erste drei Messungen (Januar, Juni, Oktober) im mittleren Wasserstandsbereich von ca. AZW + 1,40 m bis ca. 2,30 m gelungen (Wasserstände am Messprofil Rhein-km 440,900 bezogen auf AZW* \approx 86,46 m+NN dort):

24. Januar 2012 bei NN + 88,74 m = AZW* + 228 cm

12. Juni 2012 bei NN + 87,89 m = AZW* + 143 cm

16. Oktober 2012 bei NN + 88,06 m = AZW* + 160 cm

Im Februar des Jahres 2014 kam die in diesem Bericht beschriebene Messung bei einem niedrigen Wasserstand hinzu:

19. Februar 2014 bei NN + 87,09 m = AZW* + 63 cm

Geringere Wasserstände als der vom Februar 2014 sind für Messungen nicht geeignet, da dabei die Drucksonden trocken fallen können und keine Messwerte aufzeichnen. In der verbleibenden Zeit bis 2016 ist vorgesehen, noch eine Messung bei einem Wasserstand möglichst nah an HSW zu ergänzen.

Details der drei Messkampagnen im Jahr 2012 sowie deren Auswertung und Ergebnisse werden im o. g. Bericht (BAW, BfG, WSA-MA, 2013) erläutert. Im vorliegenden Bericht finden sich Erläuterungen zur Durchführung, Auswertungen und Ergebnisse der einen Messung im Jahr 2014 sowie Vergleiche zwischen den Messungen von 2012 und 2014.

2 Durchführung der Porenwasserdruckmessung am 19. Februar 2014

Die Messkampagne fand am 19. Februar 2014 in der Zeit von 9:44 Uhr bis 14:12 Uhr statt. Die Porenwasserdrücke der 19 Druckmessdosens (vgl. Tab. 3.5-1 in (BAW, BfG, WSA-MA, 2013)) wurden in der gesamten Zeitspanne durchgehend direkt auf den angeschlossenen Laptop übertragen und dort aufgezeichnet. Die Wasserstände standen über die permanenten Aufzeichnungen am ca. 2 km flussabwärts gelegenen Pegel Worms zur Verfügung.

Zu den beobachteten Schiffen wurden bei jeder Passage folgende Daten im „Messprotokoll beobachtete Schiffe“ aufgenommen:

- Uhrzeit der Passage
- Schiffsname und -typ, Heimatland, Fahrtrichtung
- Entfernung des Schiffes vom Hektometerpunkt am Ufer (mit Laserentfernungsmessung s. Bild 2.1)
- Schiffslänge und -breite sowie (wenn vermerkt) max. Tiefgang lt. Tafelangabe
- Ablesung der Eichmarke (wenn möglich), sonst nur Beladungszustand voll – leer
- Passagezeit (gestoppt zw. Bug und Heck)

Gleichzeitig wurde von jedem passierenden Schiff eine Fotosequenz aufgenommen, um später z. B. fehlende Daten ergänzen zu können (s. Anlage 3.6).



Bild 2.1: Eindruck von der Porenwasserdruckmessung bei Rh-km 440,900 im Versuchsfeld 3 mit passierendem Bergfahrer und Laserentfernungsmessgerät

Vier Personen waren notwendig, um während der Schiffspassagen alle genannten Daten gleichzeitig korrekt erfassen und notieren zu können. In den engen Zeitfenstern von ca. 10 – 40 sec während der Passagen waren gleichzeitig

- die Fotosequenz aufzunehmen,
- die Entfernungsmessung durchzuführen,
- die Passagezeit zu stoppen,
- die Schiffsabmessungen und Eichmarken zu erkennen,
- die digitale Messwerterfassung zu kontrollieren und
- das Messprotokoll zu führen.

Dies war umso schwieriger, wenn es sich um Begegnungen oder Überholungen handelte. Letztendlich konnten so tatsächlich alle 29 während der Messphase passierenden Schiffe dokumentiert werden.

Wesentliche Kennzahlen der Messung wie Datum, Woche nach Einbau der Spreitlagen, Messdauer, Anzahl der Messwerte und Schiffe – getrennt nach registriert und auswertbar (vgl. dazu 3.4) – sind in Tab. 2.1 zusammengestellt.

Tab. 2.1: Wesentliche Kennzahlen der betrachteten Messkampagne vom 19. Feb. 2014

Datum der Messung	Zeit nach Einbau der Spreitlagen	ca. Mess-Zeitraum (Dauer)	ca. Mess-werte total ²⁾	Anzahl der Schiffe registriert/ <i>auswertbar</i>	Besonderheiten
[-]	[-]	[h:min]	[-]	[-]	[-]
19.02.2014	116 Wo.	9:45 – 14:13 (Dauer: 4:28 h)	2,0·10 ⁶	29 / 15	2 WSV-Schiffe, keine Begegnung, niedriger WSt

Symbol: Wo – Wochen

3 Datenanalyse

3.1 Plausibilisierung, Korrekturen und Ergänzungen der erfassten Schiffsdaten

Während der Messungen wurden die Daten handschriftlich in ein vorbereitetes, tabellarisches Formblatt *“Messprotokoll beobachtete Schiffe“* eingetragen (s. Anlage 3.1). Wegen der schon erwähnten teilweise sehr kurzen Passagezeiten von 10 - 40 sec war das nicht in allen Fällen komplett möglich. Herkunftsländer sowie Längen und Breiten auf den Schiffstafeln waren überwiegend eindeutig zu erkennen. Die Zuordnung zu den üblichen Schiffstypenbezeichnungen Johann Welker (JW), Europaschiff (ES) und Großmotorgüterschiff (GMS) war meist nicht so schnell möglich. Am schwierigsten war die Bestimmung des aktuellen Tiefgangs, dessen genaue Kenntnis für spätere Nachrechnungen wichtig ist, anhand der Eichmarken auf der Bordwand; diese Eichmarken waren z. T. nicht mit Zahlenangaben versehen, fehlten ganz oder deckten nicht die erforderliche Höhe der Schiffe ab (s. Bilder 3.1 und 3.2).



Bild 3.1:
Positives Beispiel für die Aussagekraft und Qualität der Eichmarken:
Schiff Nr. 22 mit Eichmarke über die ganze Schiffshöhe mit deutlicher Beschriftung (s. a. Abb. 14 in Anhang 3.6)



Bild 3.2:
Negatives Beispiel für die Aussagekraft und Qualität der Eichmarken:
Schiff Nr. 21 mit Eichmarke ohne Beschriftung und mit zu geringer Höhe für die Leerfahrt (s. a. Abb. 132 in Anhang 3.6)

In einem ersten Schritt wurde die handschriftliche Variante des Messprotokolls in eine digitale Tabelle übertragen, die das Original unverändert widerspiegelt (s. Anlage 3.2).

Im zweiten Schritt wurden alle Angaben und Werte plausibilisiert, korrigiert und ergänzt. Die Fotosequenzen (Anlage 3.7) konnten z. B. verwendet werden, um fehlende Abmessungen, die tatsächliche Abladung anhand der Eichmarken und andere auf der Schiffstafel erkennbaren Angaben zu finden. Ein nachträglich aus im Internet verfügbaren Schiffsbeschreibungen zusammengestelltes Schiffsdossier (Anlage 3.5) diente der gleichen Aufgabe.

Folgende Änderungen ergaben sich bei diesem Prozess im Einzelnen:

- Generell wurden die Schiffsnamen überprüft und ggf. angepasst.
- In einem Fall waren das schiebende GMS **Nr. 24** und der geschobene Leichter SL **Schiff Nr. 24** separat notiert worden. Hier war eine Zusammenfassung zu einem Schubverband inkl. der sinnvollen Anpassung der Abmessungen notwendig.
- Falsche und fehlende Herkunftsländer wurden korrigiert und ergänzt. Die Schiffe kamen aus Belgien, Deutschland und den Niederlanden.
- Die Schiffstypen wurden anhand der tatsächlichen Abmessungen Länge und Breite validiert. Während der Messzeit passierten als Einzelfahrer Schiffe vom Typ Johann Welker (JW), Europaschiffe (ES), Großmotorgüterschiffe (GMS), überlange GMS (üGMS) sowie drei Schubverbände (SV) 1 x Schubboot (SB) mit Leichter (SL) und 2 x GMS mit SL. Außerdem kamen 2 x Arbeitsboote der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung (WSV) vorbei. Vier Tankmotorschiffe (TMS) waren bzgl. der Abmessungen ES, GMS und üGMS zuzuordnen.

Bei Schubverbänden wurden die Angaben zu Entfernung und Abmessungen in die Reihenfolge der Passage – also Leichter vor schiebender Einheit – gebracht.

- Fehlende Fahrtrichtungen zu Berg (B) oder zu Tal (T) wurden hinzugefügt.
- Die gemessenen Entfernungen wurden im Fall von ungleich breiten SV-Teilen in Folge der Fahrtrichtung zugeordnet. Ansonsten konnten alle Entfernungen übernommen werden.

- Schiffsbreiten:

Da die SV-Teile auch unterschiedliche Breiten aufwiesen, wurden auch diese in Fahrtrichtung zugeordnet.

Die Breiten der beiden WSV-Boote mussten auf der Basis der Internetrecherche zu den Schiffsdaten (Anlage 3.5) deutlich verringert werden, da auf den Booten die Breite über alles, nicht aber die Breite in Höhe der Wasserlinie (WL) steht, die aus schiffshydraulischer Sicht jedoch die relevante ist (s. dazu Bsp. auf Bild 3.3).

Alle anderen Breiten konnten bestätigt werden.

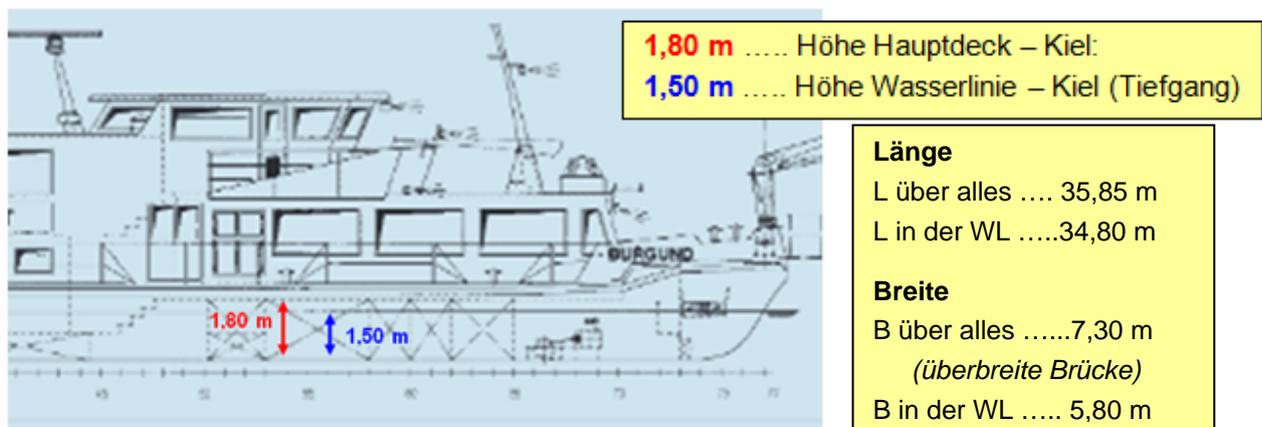
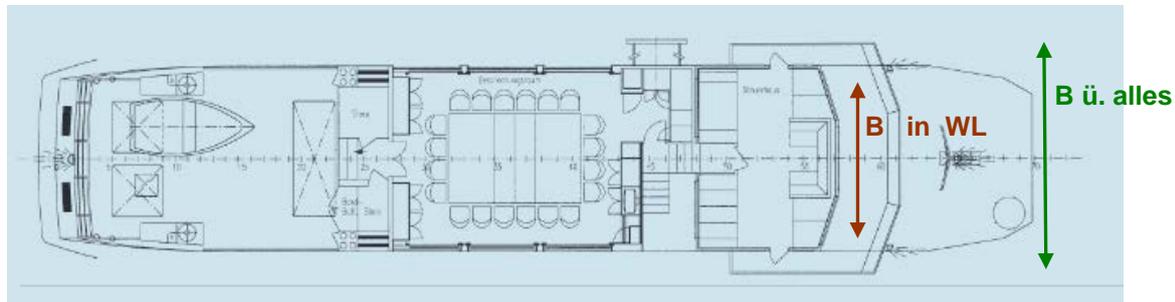


Bild 3.3: WSA-Boot Sch Nr. 19 mit dem Unterschied in der Breite über alles und in Wasserlinie sowie der Abschätzung des Tiefgangs unter der Wasserlinie (Bildquelle: <http://www.wasser.rlp.de/>; vgl. auch Anlage 3.5)

- Schiffslängen:

Weil sich die SV-Teile auch in ihren Längen unterscheiden, erfolgte dafür gleichermaßen eine Zuordnung in Fahrtrichtung.

Für das WSV-Boot Sch Nr. 19 musste – wie bei der Breite – die Länge über alles auf die Länge in Höhe der Wasserlinie geändert werden (s. Bild 3.3).

Alle anderen Längen ließen sich verifizieren.

- Schiffstiefgänge:

Um die tatsächlich zum Zeitpunkt der Passage genutzten Tiefgänge der Schiffe möglichst realitätsnah abschätzen zu können, wurden alle Informationen von den Notizen im Messprotokoll über den maximal möglichen Tiefgang bis hin zu den Fotos der Eichmarken aus den Fotosequenzen kombiniert.

Die maximal möglichen Tiefgänge aller Schiffe konnten über die Internetrecherche (s. Anlage 3.5) ermittelt werden.

Es war zu beachten, dass es Eichmarken an Bug, in der Mitte und am Heck geben kann. In wenigen Fällen, in denen der Wert der Eichmarke weder protokolliert noch auf

den Fotos zu erkennen war, wurde von der sinnvollen Annahme ausgegangen, dass der Leertiefgang ca. 40 % des max. möglichen Tiefgangs beträgt. In anderen Fällen wiederum mussten negative Ablesungen auf den Eichmarken bei den maximal möglichen Tiefgängen in Abzug gebracht werden.

- Passagezeiten

Die gestoppten Passagezeiten wurden grob anhand der Aufnahmezeitpunkte der einzelnen Fotos der jeweiligen Fotosequenzen validiert. In zwei Fällen wurden Korrekturen um + 10 sec vorgenommen.

- Offensichtliche Schreibfehler wurden korrigiert.

Das Messprotokoll mit allen Änderungen und Ergänzungen, nachvollziehbar markiert und erläutert, ist in Anlage 3.3 zu sehen.

Das endgültige Messprotokoll mit allen akzeptierten Änderungen ist in Anlage 3.4 zu finden. Damit stehen alle 29 erfassten Schiffe mit einem umfangreichen und verlässlichen Datensatz für die weitere Auswertung zur Verfügung.

Die Tonnagen aller beobachteten Schiffe wurden nachträglich anhand der Angaben aus dem Internet zusammengestellt (Anlage 3.6).

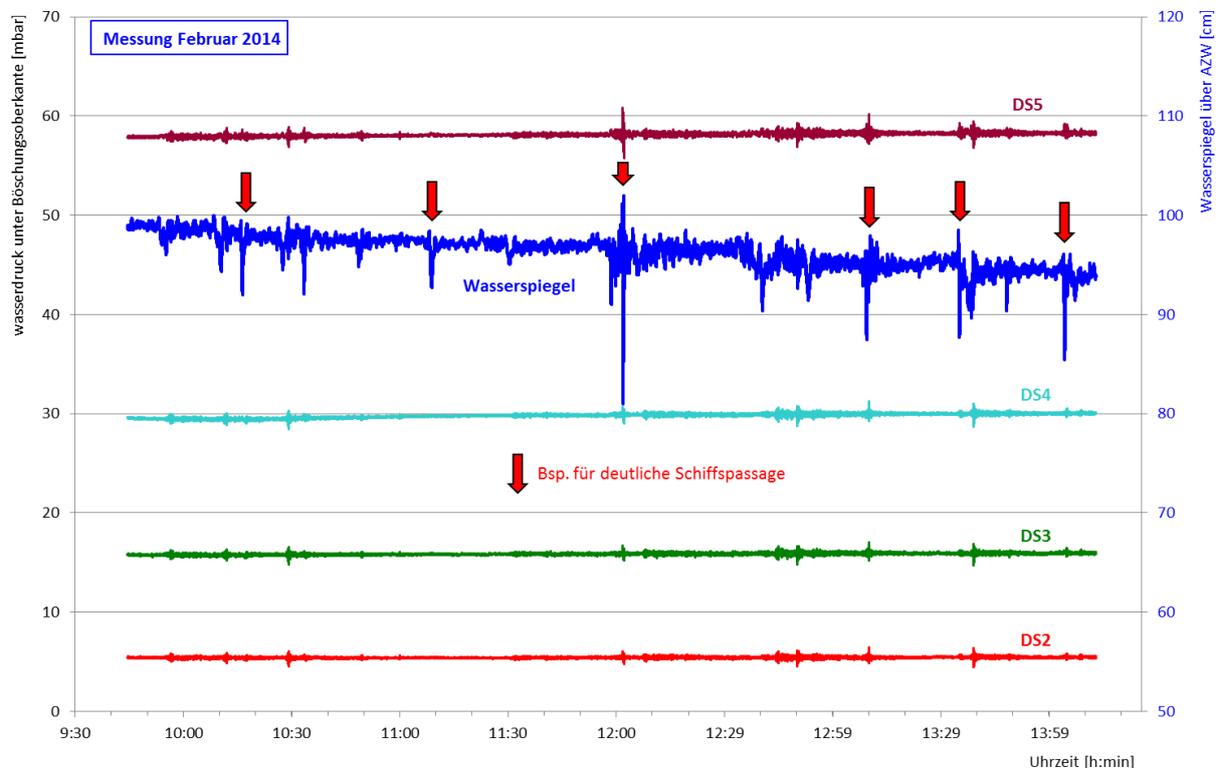


Bild 3.4: Verläufe der Wasserspiegellage über AZW (blaue Kurve, rechte Skala in cm) und der Wasserdrücke unter der Böschungsoberfläche für die Druckdosen DS2 - DS 5 (linke Skala in mbar) am Messpunkt MP1a für die Messung Februar 2014
 Abkürzungen: DS – Drucksonde, PW – Porenwasserdruck

Bei der Messkampagne im **Februar 2014** wurden während einer Zeit von ca. 4 Std. 30 Min. 29 Schiffspassagen mit folgenden technischen Daten und Fahrweisen dokumentiert (Verläufe von Wasserspiegel und Wasserdrücken u. BOK s. Bild 3.4; Werte nach Anlage 3.4, Schiffsgeschwindigkeit aus Schiffslänge durch Passagezeit, Tonnage nach Anlage 3.6):

Richtung:	14 Bergfahrer / 15 Talfahrer	(Talfahrer passieren näher am Versuchsufer als Bergfahrer)
Uferabstände:	42,8 - 143,8 m	(bei den Uferabständen ist im Vergleich zu den Messungen in 2012 der niedrigere Wasserstand zu beachten)
Schiffslängen:	14,88 - 183 m	(die kleinste Länge gehört zu einem WSV-Boot, große Längen gehören zu Schubverbänden)
Schiffsbreiten:	3,83 - 11,45 m	(die kleinste Breite gehört zu einem WSV-Boot)
Tiefgänge:	0,99 - 3,76 m	(der kleinste Tiefgang gehört zu einem WSV-Boot)
Tonnagen:	799 - 5304 TT	(die kleinste Tonnage gehört zu einem Schiff vom Typ Johann Welker, die größte Tonnage zu einem SV)
Schiffsgeschwindigkeiten:	6,16 – 24,41 km/h	(ermittelt aus Passagezeit und Schiffslänge; große Geschwindigkeiten gehören zu Talfahrern)

Hinweis: Diese Seite ist direkt mit den S. 55 - 57 in (BAW, BfG, WSA-MA, 2013) zu den drei Messkampagnen 2012 zu vergleichen.

3.2 Wasserstand während der Messphase

Die im vorliegenden Bericht beschriebene und analysierte Messung aus dem Jahr 2014 konnte bei einem niedrigen Wasserstand erfolgen (am Messprofil bei Rhein-km 440,900 bezogen auf AZW* \approx NN + 86,46 m dort):

19. Februar 2014 bei NN + 87,09 m = AZW* + 63 cm

Dieser Wasserstand und die Wasserstände der drei Messungen aus dem Jahr 2012 (am Messprofil bei Rhein-km 440,900 bezogen auf AZW* \approx NN + 86,46 m dort)

24. Januar 2012 bei NN + 88,74 m = AZW* + 228 cm

12. Juni 2012 bei NN + 87,89 m = AZW* + 143 cm

16. Oktober 2012 bei NN + 88,06 m = AZW* + 160 cm

– letztere drei alle im mittleren Wasserstandsbereich – sind zum Vergleich auf Bild 3.5 im Messprofil eingetragen. Zu erkennen ist, dass damit Wasserstände zwischen AZW und Marke I ausreichend erfasst sind. Da im Verlaufe des Gesamt-Monitorings bis zum Jahr 2016 bei möglichst vielen Wasserständen zwischen AZW und HSW (= Marke II) Porenwasserdruckmessungen durchgeführt werden sollen, fehlen nur noch Wasserstände im Bereich Marke I bis HSW.

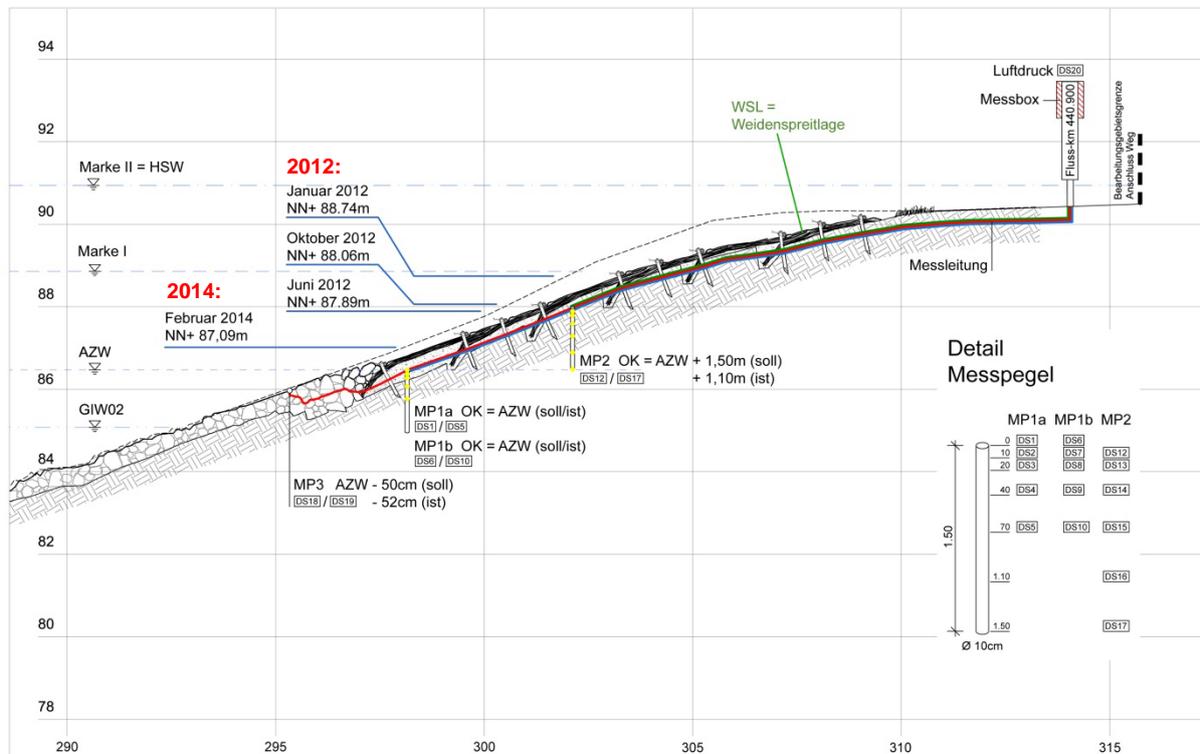


Bild 3.5: Querprofil bei Rh-km 440,900 im Versuchsfeld 3 mit Positionen aller Messpunkte und Wasserspiegellagen für drei Messungen 2012 und eine Messung 2014; *rechts*: Detail der Messpegel mit den Tiefen der einzelnen Drucksonden unter der Böschungsoberfläche

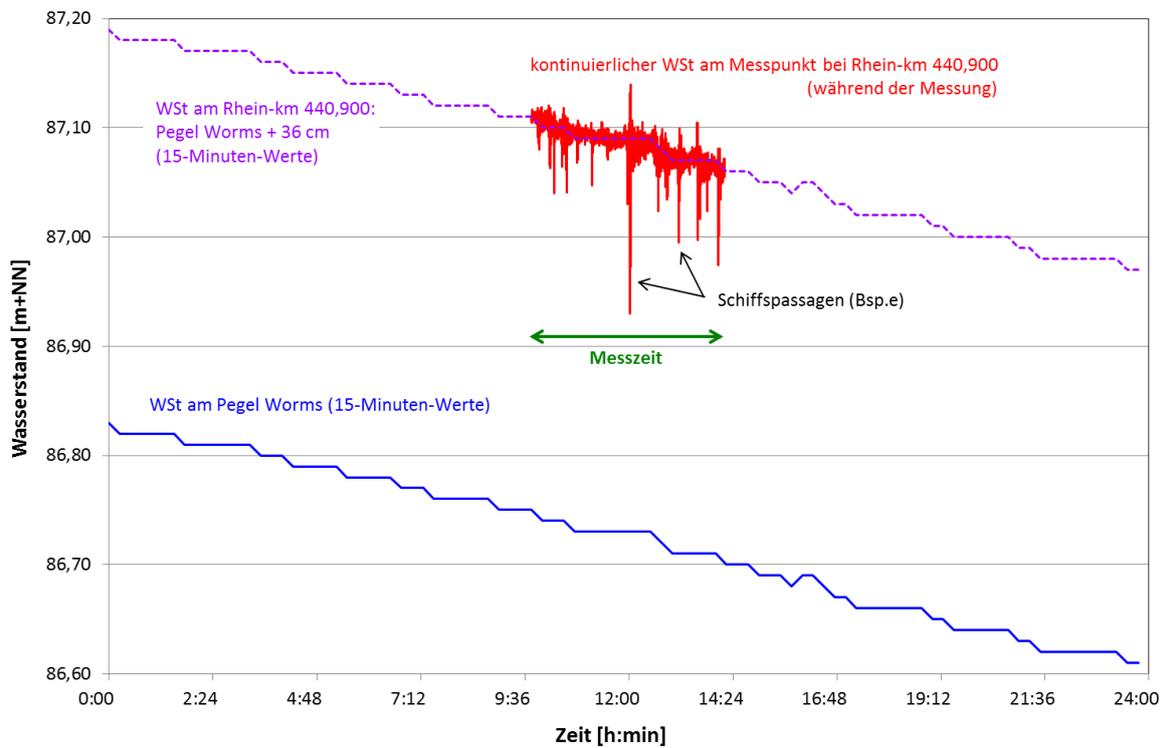


Bild 3.6: Wasserstandsverläufe (15-min Werte) am 19.02.2104 am Pegel Worms und angepasst am Messquerschnitt Rh-km 440,900 sowie dort der kontinuierliche Wasserstandsverlauf am Messpunkt MP3 nur während der Messzeit

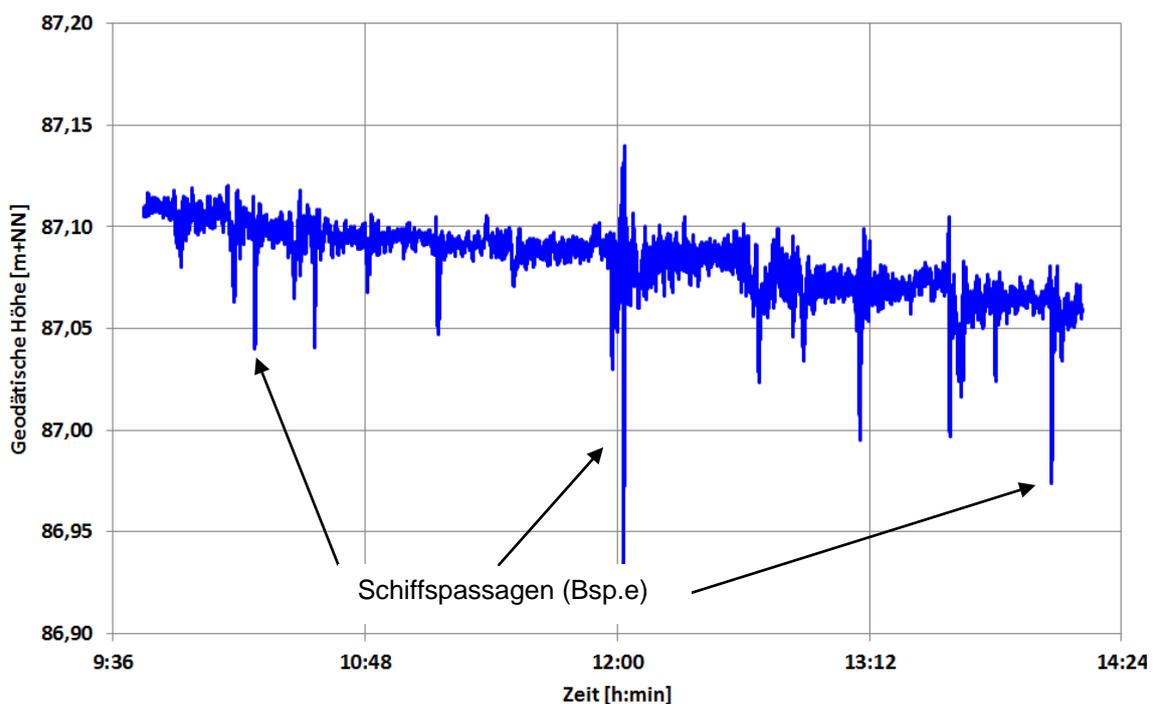


Bild 3.7: Wasserstandsverlauf am Messquerschnitt Rh-km 440,900 über dem Messpunkt MP3 während der 4,5 h Messzeit am 19.02.2014 mit markanten Schiffspassagen

Am 19.2.2014, dem Tag der Messung, sind die Wasserstände am Pegel Worms von 86,82 m+NN (0⁰⁰ Uhr) auf 86,61 m+NN (24⁰⁰ Uhr) kontinuierlich um 21 cm gefallen (s. Bild 3.6). Der im Originalprotokoll angegebene Wasserstand am Pegel Worms von 263 cm (entspr. 86,79 m+NN) ist eine Ablesung am frühen Morgen zwischen 4¹⁵ und 5¹⁵ Uhr. Für die reine Messzeit von etwa 4,5 Stunden (9⁴⁵ - 14¹³ Uhr) beträgt der Abfall am Messquerschnitt Rh-km 440,900 ca. 5 cm von 87,11 m+NN auf 87,06 m+NN (s. Bilder 3.6 u. 3.7). Dieser Trend wurde bei der weiteren Auswertung berücksichtigt, indem vor der Differenzbildung zwischen den Porenwasserdruckwerten der 5 Drucksonden deren Verläufe auf ein einheitliches, trend-freies Niveau umgerechnet wurden.

Die Auftragung der temporären Wasserstandsveränderungen direkt am Messquerschnitt Rh-km 440,900 (am Messpunkt MP3) nur während Messzeit zeigt deutlich einige markante Schiffspassagen (Bild 3.7).

Verschiebt man die Wasserstandsganglinie vom Pegel Worms, bis sie etwa im tatsächlichen Verlauf des Wasserspiegels an der Messstelle liegt, ist zu erkennen, dass für den Messtag der Unterschied zwischen beiden Wasserspiegeln ca. 36 cm beträgt und nicht ca. 30 cm, wie es sich nach Tab. 2.3-2 in (BAW, BfG, WSA-MA, 2013) ergeben würde. Dort sind – nur näherungsweise – die Wasserspiegelunterschiede zwischen dem Pegel Worms und der Versuchsstrecke zusammengestellt. Der Unterschied von 6 cm ist hydraulisch allerdings vernachlässigbar, da dies nur einem Anteil der Querschnittsfläche von ca. 1 % entspricht.

3.3 Bestimmung von Porenwasserdrücken und -überdrücken

Da die in diesem Bericht betrachtete Messung vom 19.2.2014 bei einem niedrigen Wasserstand stattfand, der unterhalb vom Messpunkt MP2 lag, konnten nur an tiefer liegenden Drucksonden Werte aufgezeichnet werden. Dies traf auf den Messpunkt MP1, der redundant mit 10 Druckdosen (DS 1 bis DS 10) bestückt ist, auf die doppelten Druckdosen am Messpunkt MP3 (DS 18 und DS 19) zur direkten Wasserstandsbestimmung und auf die Drucksonde DS 20 an der Messbox für den Luftdruck zu. Näheres zur Lage der Drucksonden ist in Kap. 3.5.1 in (BAW, BfG, WSA-MA, 2013) zu finden. Alle aufgezeichneten Rohdaten wurden plausibilisiert. Während der gesamten ca. 4,5-stündigen Messzeit gab es keine Ausfälle. Die Messwerte der parallel und in gleichen Tiefen eingebauten Druckdosen an den Messpunkten MP1a und MP1b (s. Bild 3.5) wurden verglichen, wobei sich nur vernachlässigbare Unterschiede zeigten, was die Richtigkeit der Messungen bestätigt.

Die Vorgehensweise bei der Auswertung, wie sie auch hier unverändert zur Anwendung kommt, wurde bereits in Kap. 3.5.3 in (BAW, BfG, WSA-MA, 2013) detailliert beschrieben. Zur Durchführung der Auswertung und zur grafischen Darstellung von Ergebnissen wurde dieses Mal jedoch das Programm ORIGIN eingesetzt.

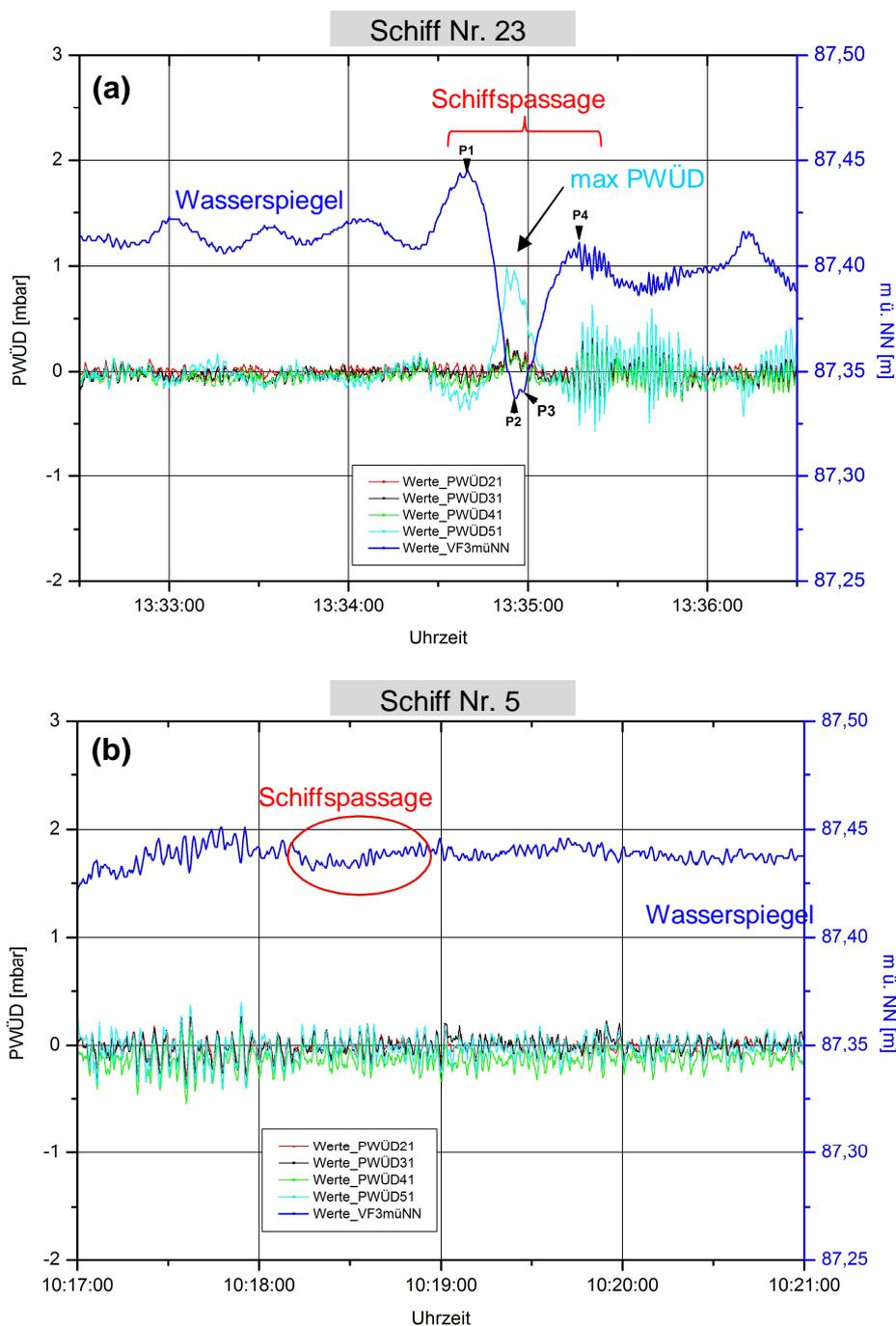


Bild 3.8: Verläufe von Wasserspiegel und Porenwasserüberdrücken während der Passage der Schiffe (a) SV I Schiff Nr. 23 und (b) Schiff Nr. 25

Hinweis: Entgegen der Definition in GBB 2010 (BAW, 2011) wurde für die Festlegung des Absinks der Punkt P1 verwendet und nicht der Ruhewasserspiegel RWS vor Schiffspassage; Grund dafür ist, dass der RWS in vielen Fällen nicht klar zu identifizieren ist bzw. höher als P1 liegt (vgl. hierzu Anlage 3.8).

Die Auswertung des Wasserspiegelverlaufs lieferte die Werte für Bugstau, Absink und Heckwellenhöhe je Schiff (Ablesepunkte P1 bis P4 entspr. Bild 3.5-9 in (BAW, BfG, WSA-MA, 2013); vgl. hierzu *Hinweis* unter Bild 3.8). Die am tiefsten liegende Druckmessdose DS 5 am Messpunkt MP 1a ergab den zugehörigen maximalen Porenwasserüberdruck (max PWÜD; in größeren Tiefen wären höhere max PWÜD messbar). Ein Beispiel dafür ist der Schubverband Schiff Nr. 23 (s. Bild 3.8a). Die Verläufe von Wasserspiegel und Porenwasserüberdrücken für alle 29 beobachteten Schiffe sind auf entsprechenden Grafiken in Anlage 3.8 zusammengestellt.

Bei einigen Schiffen dagegen waren die Werte P1 - P4 und max. PWÜD nicht zu ermitteln, weil die Verläufe von Wasserspiegel und Porenwasserüberdrücken nur geringe Veränderungen aufweisen. Das Europaschiff Nr. 5 ist dafür ein Beispiel (Bild 3.8b). Die Erklärung dafür ist, dass die Auswirkungen eines passierenden Schiffes nur in einer begrenzten Einflussbreite – abhängig von Schiffslänge und -breite – neben dem Schiff zu messen sind, was im GBB 2010 (BAW, 2011) erläutert wird.

Vor der weiteren Auswertung wurde deshalb die Einflussbreite für jedes Schiff bestimmt und hinsichtlich ihres Einflusses bewertet. Dies wird im folgenden Kap. 3.4 beschrieben. Darauf basierend werden in Kap. 4.1 nur noch die tatsächlich der Auswertung zugeführten Schiffe weiter verwendet.

3.4 Berücksichtigung der Einflussbreite der erfassten Schiffe

In GBB 2010 (BAW, 2011) wird in Kap. 5.1.1 erläutert, dass bei einer Schiffsvorbeifahrt nicht der gesamte Gewässerquerschnitt durch Absink und Rückströmung gekennzeichnet sein muss, sondern dass diese Effekte nur in einer wirksamen Einflussbreite b_E zu verzeichnen sind. Diese wird maßgeblich durch Schiffslänge und -breite bestimmt. In breiten Gewässern wie dem Rhein, wo das Verhältnis Gewässerquerschnitt zu Schiffsquerschnitt groß ist, wird in den meisten Fällen vollkommen (Breitenfall B) oder annähernd Flachwasserbedingung (Breitenfall C) herrschen (s. Bild 3.9). Vergleichsgröße ist die rechnerische Breite des Gewässers b_r , die Breite eines flächengleichen Rechtecks. Der zugehörige flächengleiche Trapezquerschnitt, auch Ersatztrapezprofil (ETP) genannt, am Messprofil Rh-km 440,900 ist in Bild 3.10 zu sehen.

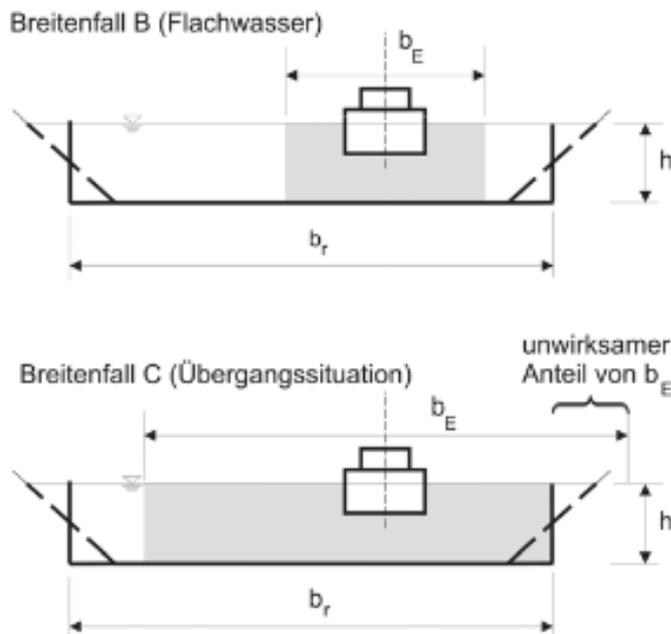


Bild 3.9:

Lage der Einflussbreite b_E in Bezug zur rechnerischen Breite des Gewässers für den Flachwasserfall (B) und die Übergangssituation zum Kanalfall (C); Auszug aus (BAW, 2011)

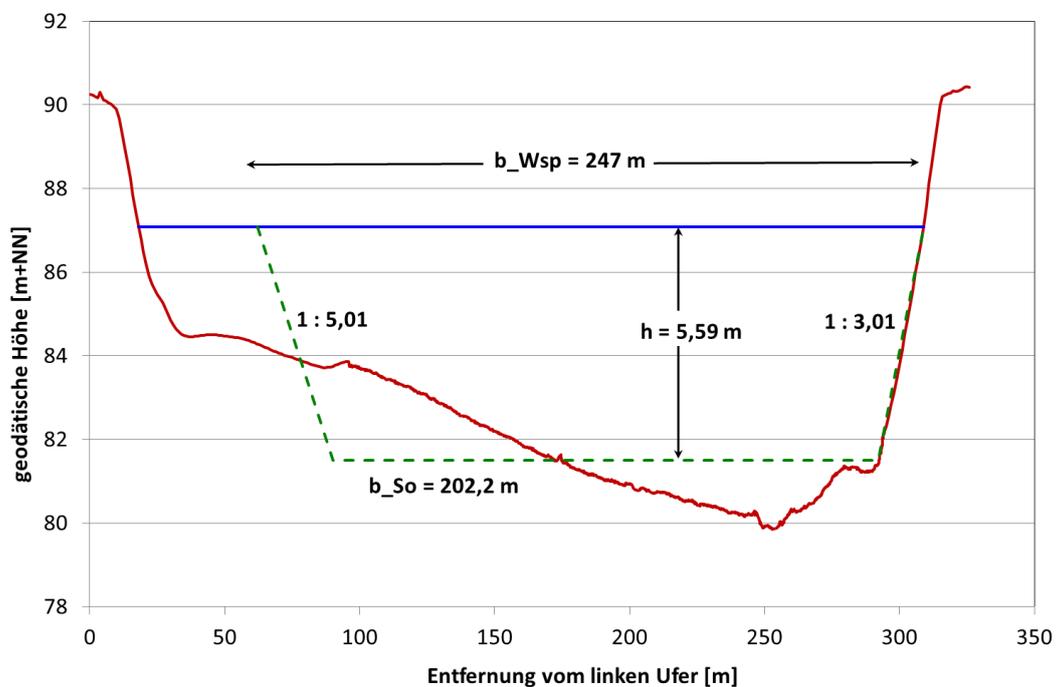


Bild 3.10: Flächengleiches Ersatztrapezprofil (grün gestrichelte Linie) am Messprofil Rh-km 440,900, eingepasst in den vermessenen Querschnitt (rote Linie)

Für die Gültigkeit der Unterscheidungen in die Breitenfälle B und C müssen zwei Kriterien erfüllt sein:

- Mit einer Wassertiefe von ca. 5,6 m im ETP und Tiefgängen der Güterschiffe von 1,10 - 3,76 m ist das erste Kriterium $1,25 \leq h/T \leq 5$ eingehalten ($1,25 < 1,49 = h/T = 5,1 \approx 5$).
- Mit Längen- zu Breiten-Verhältnissen der Güterschiffe von $85/10,15 = 8,4$ bis $183/11,45 = 16,0$ wird auch dem zweiten Kriterium $L/B \geq 5$ Genüge geleistet.

Wesentlich für die Unterscheidung ist, dass im Breitenfall B $b_E < b_r$ gilt und im Breitenfall C eine Seite der Einflussbreite das Ufer überdeckt.

Die Bestimmung der Einflussbreite b_E erfolgt nach GBB 2010 (BAW, 2011), wie in Bild 3.11 wiedergegeben. Die Ergebnisse der Berechnung sind auf Tab. 3.1 zusammengefasst.

Zur Bewertung von b_E wird die Differenz zwischen $b_E/2$ und dem Abstand Schiffsachse - Wasserlinie herangezogen. Letzterer ergibt sich aus der gemessenen Entfernung zwischen Messstandort neben dem Hektometer und ufernaher Bordwand des Schiffes, korrigiert um $\frac{1}{2}$ Schiffsbreite und den Abstand zwischen Hektometerpunkt und Wasserlinie (trockener Böschungsbereich). Die Bewertung von b_E führt zu folgendem Ergebnis:

Für b_E gilt folgender, vom Schiffstyp abhängiger Ansatz:

Einflussbreite b_E des Rückströmungsfeldes [m]

$$b_E = \frac{\pi}{2} (L + f_B B) \quad (5-7)$$

mit

B Schiffsbreite [m]

f_B Faktor der Einflussbreite [-], abhängig vom Schiffstyp

$f_B = 3$ übliches Binnenschiff

$f_B \approx 1,5$ modernes, binnengängiges Seeschiff, Schiff mit Bugwulst

$f_B = 0$ Schiffgrundriss ellipsenförmig (entsprechend der Theorie)

L Schiffslänge (über alles) [m]

Bild 3.11: Bestimmung der Einflussbreite b_E nach Gl. (5-7) aus GBB 2010 (BAW, 2011)

Tab. 3.1: Einflussbreiten der beobachteten Schiffe und Bewertung hinsichtlich der Auswirkungen am Ufer

lfd. Nr.	Name	Schiffstyp	Richtg Berg/Tal	Entfernung v. Hektometer am rechten Ufer	Abmessungen		Schiffsgrundfläche	Einflussbreite b_E	$\frac{1}{2} b_E$ ab Schiffsachse	Abstand WL Schiffsachse	Reicht b_E über WL? (Differenz 10 - 11)	Bewertung
					Länge	Breite						
[-]	[-]	[-]	[-]	[m]	[m]	[m]	[m ²]	[m]	[m]	[m]	[m]	[-]
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	Anonymisierung	JW	B	141,7	67	7,25	485,8	139,4	69,7	131,775	-62,1	außerhalb B_E
2		TMS	B	106,2	80	9,54	763,2	170,6	85,3	97,42	-12,1	außerhalb B_E
3		TMS	B	114,5	125	11,45	1431,3	250,3	125,2	106,675	18,5	
4		GMS	T	108,9	135	14,2	1917,0	279,0	139,5	102,45	37,0	
5		ES	T	119,2	80	9,5	760,0	170,4	85,2	110,4	-25,2	außerhalb B_E
6		TMS	B	131,4	85,75	9,55	818,9	179,7	89,8	122,625	-32,8	außerhalb B_E
7		ES	T	88,7	85	10,15	862,8	181,3	90,7	80,225	10,4	
8		JW	T	110,05	67	7,45	499,2	140,4	70,2	100,225	-30,0	außerhalb B_E
9		ES	T	95,2	81	8,2	664,2	165,9	82,9	85,75	-2,8	außerhalb B_E
10		SV: SL+GMS	T	111,2	183	11,45	2095,4	341,4	170,7	103,375	67,3	
11		ES	B	132,7	80	8,2	656,0	164,3	82,2	123,25	-41,1	außerhalb B_E
12		üGMS	T	94,2	135	11,45	1545,8	266,0	133,0	86,375	46,6	
13		GMS	T	110,8	105	11	1155,0	216,8	108,4	102,75	5,6	
14		GMS	T	64,4	108,5	11,4	1236,9	224,2	112,1	56,55	55,5	
15		ES	B	141,9	82	8,2	672,4	167,4	83,7	132,45	-48,7	außerhalb B_E
16		ES	B	143,8	86	9,5	817,0	179,9	89,9	135	-45,1	außerhalb B_E
17		GMS	B	117,6	105	11,45	1202,3	218,9	109,4	109,775	-0,3	außerhalb B_E
18		JW	B	126,3	76	8,22	624,7	158,1	79,1	116,86	-37,8	außerhalb B_E
19		WSV	B	134	34,8	5,8	201,8	82,0	41,0	123,35	-82,4	außerhalb B_E
20		GMS	B	128,5	105	9,46	993,3	209,5	104,8	119,68	-14,9	außerhalb B_E
21		ES	T	81,6	86	9,5	817,0	179,9	89,9	72,8	17,1	
22		TMS	T	99,8	80	9,5	760,0	170,4	85,2	91	-5,8	außerhalb B_E
23		SL+SB	T	77,5	111	11,4	1265,4	228,1	114,0	69,65	44,4	
24		SV: SL+GMS	B	128	178,45	11,45	2043,3	334,3	167,1	120,175	47,0	
25		ES	B	81,1	85	8,2	697,0	172,2	86,1	71,65	14,4	
26		WSV	T	42,8	14,88	3,83	57,0	41,4	20,7	31,165	-10,5	außerhalb B_E
27		ES	T	90,4	85	9,2	782,0	176,9	88,4	81,45	7,0	
28		TMS	T	88,8	110	11,45	1259,5	226,7	113,4	80,975	32,4	
29		ES	B	126,9	85	9,5	807,5	178,3	89,1	118,1	-29,0	außerhalb B_E

Schiff fährt so ufernah, dass Auswirkungen beim PWÜD zu merken sind.
 Schiff fährt uferfern, sodass keine Auswirkungen beim PWÜD zu merken sind.
 Schiff fährt zwar uferfern, trotzdem sind Auswirkungen beim PWÜD zu merken.

- Ist die Differenz negativ, so liegt das Ufer außerhalb der Einflussbreite (lila Markierung); Breitenfall B trifft zu. Diese Schiffe sind vom Ufer so weit weg, dass dort kein Absunk und keine Rückströmung mehr zu merken sind. Es handelt sich um die Schiffe mit den laufenden Nummern 1, 2, 5, 6, 8, 9, 11, 15 - 20, 22, 26 und 29; sie entfallen bei der weiteren Auswertung hinsichtlich des Porenwasserdrucks. Am Ufer kommen ggf. nur Sekundärwellen an; diese werden in Kap. 5 separat betrachtet.

Bei 2 Schiffen dieser Gruppe muss die generelle Zuordnung aus fallspezifischen Gründen jedoch relativiert werden:

Für das Schiff (Nr. 17) ist die betrachtete Differenz zwar negativ, aber vernachlässigbar klein; außerdem sind bei den Aufzeichnungen der Messwerte (Anlage 3.8) Wasserspiegelveränderung und Porenwasserüberdrücke zu erkennen. Deshalb wird dieses Schiff bei den Auswertungen weiter mit berücksichtigt.

Auch für das Schiff (Nr. 22)¹⁾ () ist die Differenz negativ, aber trotzdem sind in den Aufzeichnungen der Messwerte gleichfalls Wasserspiegelveränderung und Porenwasserüberdrücke deutlich wahrnehmbar, was z. B. an der Form des Schiffsrumpfes liegen kann. Deshalb wird auch dieses Schiff bei den Auswertungen weiter mit berücksichtigt.¹⁾

- Ist die Differenz positiv, so ist der Abstand des Schiffes zum Ufer kleiner als $\frac{1}{2} b_E$; Breitenfall C trifft zu. Dies gilt für die Schiffe mit den laufenden Nummern 3, 4, 7, 10, 12 - 14, 21, 23 - 25, 27 und 28; von diesen Schiffen konnte die Primärwelle mit Bugstau, Absunk und Heckwelle am Ufer aufgezeichnet werden. Sie werden letztendlich für die Auswertung herangezogen.

In Anlage 3.8 sind je Schiff die Verläufe von Wasserspiegel und Porenwasserüberdrücken für alle 29 beobachteten Schiffe dargestellt. Auf dem jeweiligen Diagramm ist notiert, um welche Fahrtrichtung es sich handelt, ob der Uferabstand größer oder kleiner als die Einflussbreite ist und ob entsprechend am Ufer ein Porenwasserüberdruck gemessen wurde.

Die Analyse der Einflussbreiten ergibt folgendes Bild:

- Bei 10 Berg- und 4 Talfahrern (14 Schiffe) ist der Uferabstand größer als $\frac{1}{2} b_E$, es gibt also keine Auswirkungen am Ufer. Hierzu gehören auch die zwei sehr kleinen, kurzen WSV-Boote.
- Bei 4 Berg- und 10 Talfahrern (14 Schiffe) ist der Uferabstand kleiner als $\frac{1}{2} b_E$ oder ca. $\frac{1}{2} b_E$ (Schiff (Nr. 17)). Auswirkungen am Ufer sind also zu erwarten. Bei einem Schiff, der (Nr. 22)¹⁾ (Talfahrer), ist der Uferabstand zwar größer als $\frac{1}{2} b_E$, trotzdem gibt es messbare Auswirkungen. Insgesamt werden also 15 Schiffe zum Porenwasserüberdruck ausgewertet.

¹⁾ Die (Schiff mit lfd. Nr. 22) wurde bei den ersten Auswertungen für den 4. Zwischenbericht zur Monitoringperiode 2014 bzgl. der Porenwasserdrücke noch nicht berücksichtigt. Auswirkungen auf die dort gemachten Aussagen ergeben sich nicht.

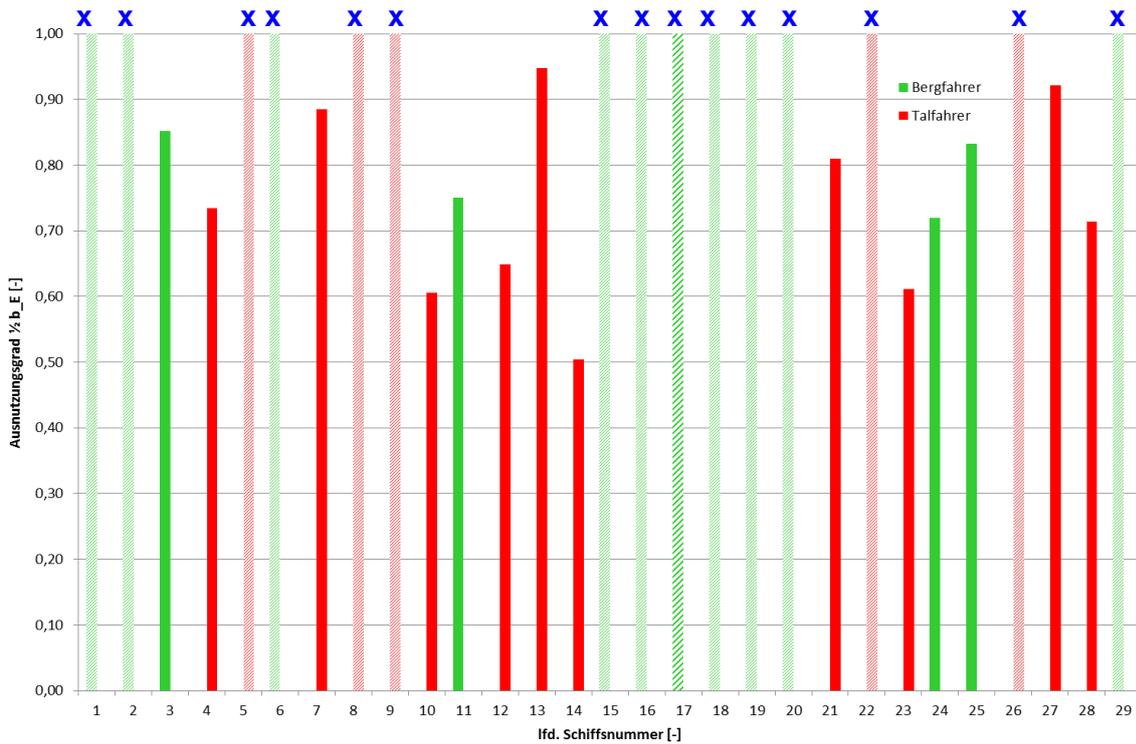


Bild 3.12: Ausnutzungsgrad der halben Einflussbreite b_E der 29 beobachteten Schiffe unter Berücksichtigung der Fahrtrichtung (X Ausnutzungsgrad 1 entspr. 100 % Ausnutzung von $\frac{1}{2} b_E$, d. h. es gibt theoretisch keine Auswirkungen am Ufer)

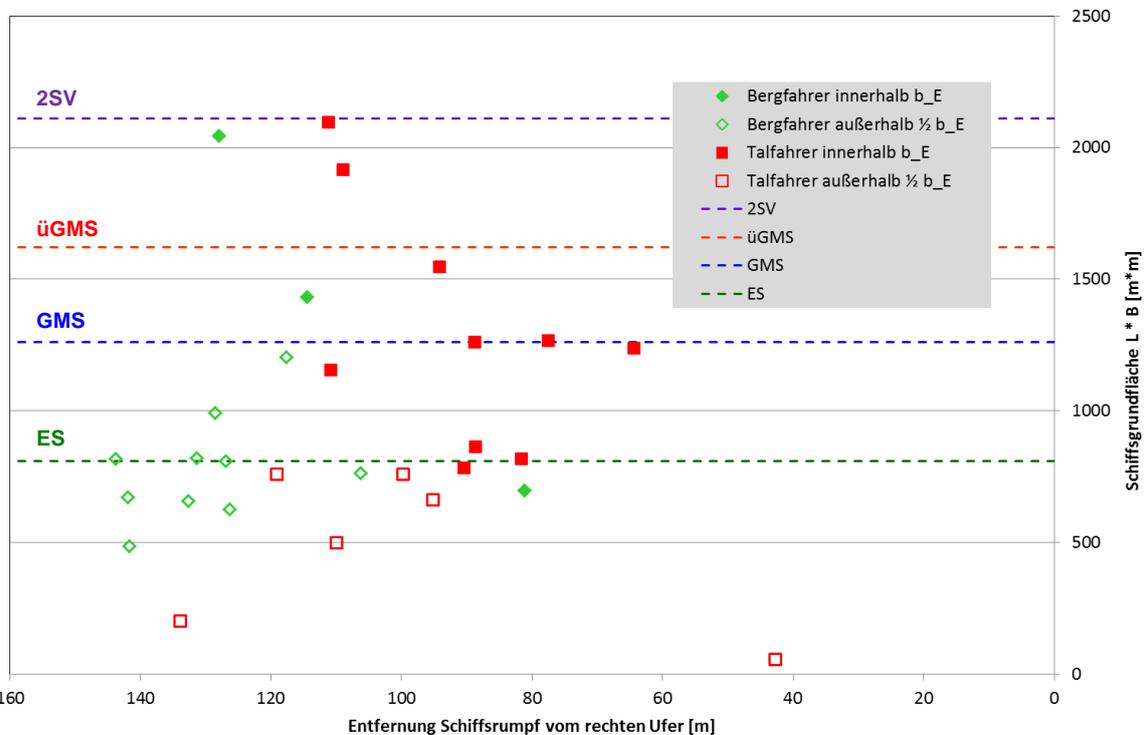


Bild 3.13: Ausnutzung der Einflussbreite b_E im Zusammenhang mit Schiffsgröße (näherungsweise Schiffsgrundfläche) und Uferabstand unter Berücksichtigung von Schiffstyp und Fahrtrichtung (volles Symbol – Schiff innerhalb b_E , leeres Symbol – Schiff außerhalb b_E)

Zur Veranschaulichung dient Bild 3.12: Dort ist der Ausnutzungsgrad der 29 beobachteten Schiffe unter Berücksichtigung der Fahrtrichtung aufgetragen, wobei der Ausnutzungsgrad als 1 (entsprechend 100 %) definiert ist, wenn die halbe Einflussbreite b_E zum Versuchsufer hin ganz innerhalb des Wasserspiegels liegt. Deutlich ist zu sehen, dass mehr Bergfahrer, die näher am gegenüberliegenden Ufer (linkes Rheinufer) fahren, keine Auswirkungen hinsichtlich Bugstau, Absunk und Heckwelle am Messort (rechtes Ufer = Versuchsufer) haben. Dies war auch so zu erwarten.

Eine zweite Grafik (Bild 3.13) zeigt die Ausnutzung der Einflussbreite b_E im Zusammenhang mit Schiffgröße und Uferabstand unter Berücksichtigung der unterschiedlichen Schiffstypen auf. Anhand der Hilfsgröße Schiffsgrundfläche $L \cdot B$ lassen sich die 29 beobachteten Schiffe den Schiffstypen ES, GMS, üGMS und 2er SV zuordnen. Damit wird deutlich, dass mit größer werdendem Uferabstand und kleineren Schiffsabmessungen die Einflussbreite immer seltener bis zum Ufer reicht. Auch auf dieser Grafik ist zu erkennen, dass Bergfahrer, die näher am linken, gegenüberliegenden Ufer stromauf fahren, häufiger keine Auswirkungen haben, was die Aussagen von Bild 3.12 bestätigt. Mit zunehmendem Abstand vom Versuchsufer sind nur noch größere Schiffe, besonders Schubverbände, zu merken.

Das heißt, Schiffspassagen mit großem Uferabstand, besonders auch bei kurzen und schmalen Schiffen, bewirken am Ufer weder Absunk noch Porenwasserüberdruck. Das heißt auch, dass nicht jedes vorbeifahrende Schiff am Ufer Auswirkungen hat.

An dieser Stelle sei noch einmal ausdrücklich darauf hingewiesen, dass die in Bild 3.11 genannte Formel für die Einflussbreite b_E nur einen groben Anhaltswert liefert. Denn der Faktor f_B hängt von vielen Einflüssen wie Buggestaltung, Rumpfausbildung, Schiffsform insgesamt sowie Art der Längen- und Breitenangabe (in Höhe der Wasserlinie oder über alles) ab. Daher rühren auch die Ungenauigkeiten am Übergang von „innerhalb b_E “ auf „außerhalb b_E “, wie sie in Tab. 3.1 zu finden sind.

Die beschriebene schiffsabhängige Einflussbreite bewirkte in der betrachteten Messkampagne, dass von den beobachteten 29 Schiffen nur noch 15¹⁾ (ca. 50 %) tatsächlich messbare Porenwasserüberdrücke am Ufer erzeugten. Nur diese Schiffe werden in der weiteren Auswertung betrachtet.

¹⁾ Im 4. Zwischenbericht zur Monitoringperiode 2014 steht auf S. 15 noch „14“, da das Schiff [REDACTED] (lfd. Nr. 22) damals noch nicht berücksichtigt wurde. Auswirkungen auf die dort gemachten Aussagen ergeben sich nicht.

4 Ergebnisse der Porenwasserdruckmessung 2014 und Vergleich mit alten Messungen

4.1 Ergebnisse der Porenwasserdruckmessung 2014

4.1.1 Zahlenwerte

Nach der in 3.3 erläuterten Vorgehensweise zur Auswertung der Aufzeichnungen von Wasserspiegel und Porenwasserüberdrücken (Anlage 3.7) und nach Berücksichtigung der Einflussbreite, wie in 3.4 dargelegt, haben sich für die 15 auswertbaren Schiffspassagen die in Tab. 4.1 zusammengestellten Messwerte ergeben. Zum einen sind das die charakteristischen Punkte P1 - P4 im Wasserspiegelverlauf mit den Zahlenpaaren Wasserdruck WD in [cm] und der zugehörigen Zeit in [h:min:s,0], zum anderen alle daraus rechnerisch abgeleiteten Werte wie Absink $z_{a,Bug}$ in [cm], Absinkzeit Δt in [s,0], Absinkgeschwindigkeit v_{za} in [cm/s] und Bemessungswellenhöhe H_{Bem} in [cm]. Diese Tabelle ist direkt vergleichbar mit den gleich aufgebauten Tab.n 3.5-4 - 3.5-6 in Kap. 3.5.3 in (BAW, BfG, WSA-MA, 2013).

Tab. 4.1: Ergebnisse der Messkampagne **Februar 2014** mit den Werten für die Wasserdrücke WD, die Absinkzeit Δt , den Absink z_a , den maximal gemessenen Porenwasserüberdruck PWÜD (= \ddot{U} bei DS5) und die Bemessungswellenhöhe H_{Bem}

Messung Februar 2014

Schiff Nr. ¹⁾	Bugbereich								Heckbereich					
	Scheitel der Bugwelle		Tiefstpkt. d. Absunks		Absink				\ddot{U} max PWÜD	P3		P4		P4 - P3 H_{bem}
	P1 Zeit	WD	P2 Zeit	WD	P2 - P1 Δt	P1 - P2 z_a Bug	$v_{za,Bug}$	Zeit		WD	Zeit	WD		
[h:min:s,0]	[cm]	[h:min:s,0]	[cm]	[s,0]	[cm]	[cm/s]	[cm]	[h:min:s,0]	[cm]	[h:min:s,0]	[cm]	[cm]		
3	10:10:01,3	98,1	10:10:25,8	94,6	24,55	3,53	0,14	0,32	10:10:39,4	94,3	10:11:13,2	99,7	5,4	
4	10:16:06,6	99,5	10:16:29,1	92,0	22,55	7,44	0,33	0,67	10:16:32,4	92,2	10:16:54,1	97,6	5,4	
7	10:33:15,1	98,2	10:33:32,1	92,1	16,93	6,10	0,36	0,80	10:33:34,5	92,2	10:33:57,8	98,3	6,1	
10	11:08:13,2	98,5	11:08:46,9	92,9	33,75	5,57	0,17	0,31	11:08:56,2	92,7	11:09:20,6	96,4	3,7	
12	11:58:07,3	97,2	11:58:30,0	91,1	22,74	6,08	0,27	0,55	11:58:32,7	91,0	11:59:03,3	97,7	6,6	
13	11:59:30,5	97,2	11:59:41,7	93,0	11,15	4,18	0,37	0,54	11:59:51,3	92,8	11:59:55,2	96,1	3,3	
14	12:01:36,3	100,9	12:01:47,3	81,0	10,96	19,90	1,82	2,72	12:01:48,5	81,1	12:02:03,1	102,0	20,9	
17	12:39:44,4	96,9	12:40:22,2	90,6	37,84	6,34	0,17	0,57	12:40:23,7	90,4	12:41:01,8	95,0	4,6	
21	13:08:01,7	95,5	13:08:12,3	92,9	10,59	2,60	0,25	0,45	13:08:15,0	92,9	13:08:21,9	95,6	2,7	
22	13:08:55,6	96,4	13:09:13,5	87,5	17,90	8,95	0,50	0,97	13:09:13,5	87,5	13:09:22,0	96,4	8,9	
23	13:34:39,7	98,5	13:34:55,9	87,7	16,26	10,78	0,66	0,99	13:34:58,4	88,0	13:35:17,2	95,1	7,1	
24	13:36:55,2	93,7	13:37:14,6	90,9	19,45	2,8	0,1	0,46	13:37:17,0	90,9	13:37:20,6	91,6	0,7	
25	13:38:06,3	92,7	13:38:10,2	90,0	3,85	2,66	0,69	0,73	13:38:12,8	89,7	13:38:22,5	92,9	3,2	
27	13:47:48,7	94,7	13:47:57,6	90,7	8,83	3,97	0,45	0,51	13:48:00,0	90,4	13:48:33,1	95,3	4,9	
28	14:03:43,4	96,1	14:03:58,8	86,0	15,43	10,04	0,65	0,90	14:04:01,5	85,4	14:04:16,6	93,0	7,5	
MIN					3,85	2,60	0,14	0,31					0,72	
Mittel					18,18	6,73	0,46	0,77					6,08	
MAX					37,84	19,90	1,82	2,72					20,92	

Hinweis: ¹⁾ Von 29 beobachteten Schiffspassagen waren nur die aufgeführten 15 auswertbar.

Um die Verläufe der Porenwasserüberdrücke über die Tiefe (s. u. Bild 4.3) darstellen zu können, wurden diese für die Drucksonden DS2, DS3, DS4 und DS5 aus den jeweiligen Druckdifferenzen gegenüber der Drucksonde DS1 (direkt an der Böschungsoberfläche) bestimmt. Die entsprechenden Werte DS21, DS31, DS41 und DS51 für die 15 auswertbaren

Schiffe sind in Tab. 4.2 zusammengetragen. Diese Tabellenform gab es in (BAW, BfG, WSA-MA, 2013) noch nicht.

Tab. 4.2: Porenwasserüberdrücke der Messkampagne **Februar 2014** an 4 Drucksonden DS2 bis DS5 unter der Böschungsoberfläche bzgl. der Drucksonde DS1 an der Böschungsoberfläche

Schiff Nr.	Porenwasserüberdrücke			
	DS21	DS31	DS41	DS51
[-]	[mbar]	[mbar]	[mbar]	[mbar]
3	0,06	0,05	0,08	0,32
4	0,14	0,17	0,15	0,67
7	0,33	0,37	0,39	0,80
10	0,08	0,13	0,18	0,31
12	0,15	0,18	0,28	0,55
13	0,11	0,18	0,24	0,54
14	0,65	0,84	0,90	2,72
17	0,10	0,11	0,18	0,57
21	0,16	0,22	0,25	0,45
22	0,24	0,36	0,28	0,97
23	0,29	0,31	0,23	0,99
24	0,13	0,14	0,08	0,46
25	0,24	0,22	0,24	0,73
27	0,20	0,20	0,20	0,51
28	0,18	0,22	0,09	0,90

4.1.2 Grafiken

Um einen einfachen und schnellen Überblick über die Ergebnisse der einzelnen Messkampagnen zu bekommen, wurden schon für die drei Kampagnen in 2012 zwei wesentliche Darstellungsarten von zusammenhängenden Größen gewählt:

- Absunk am Bug vs. Absunkgeschwindigkeit
- Absunk am Bug vs. Porenwasserüberdruck

- **Absunk am Bug vs. Absunkgeschwindigkeit**

In der ersten Darstellungsform werden die zwei Größen maximaler Absunk und maximale Absunkgeschwindigkeit gegeneinander aufgetragen. Je größer der Absunk ist und je schneller er vorstättengeht, umso eher kann sich ein größerer Porenwasserüberdruck ausbilden. In Bild 4.1 sind diese beiden Werte für alle 15 auswertbaren Schiffe der betrachteten Messkampagne zu sehen. Der Absunk ist zur Verdeutlichung wieder positiv nach unten aufgetragen. Das Schiff mit den größten Messwerten ist markiert (Schiff Nr. 14). Zur Orientierung ist auch hier die Durchlässigkeit des anstehenden Bodens eingetragen, denn es gilt folgende Aussage: Je mehr die Absunkgeschwindigkeit über der Durchlässigkeit des Bodens liegt, umso größer kann der Porenwasserüberdruck werden.

Für die betrachtete Messkampagne bestätigen sich wesentliche Aussagen, die in Kap. 3.5.3 im Bericht zur ersten Monitoringperiode 2012 (BAW, BfG, WSA-MA, 2013) gemacht wurden:

- Mit steigendem Absink nimmt auch die Absinkgeschwindigkeit zu (in einer gewissen Bandbreite).
- Alle 15 auswertbaren Schiffspassagen weisen Absinkgeschwindigkeiten größer als die Durchlässigkeit des anstehenden Bodens auf, was bedeutet, dass in jedem Fall Porenwasserüberdrücke auftreten.
- Bei den protokollierten Güterschiffe mit den gefahrenen Uferabständen und Fahrgeschwindigkeiten trat auch diesmal nur ein kleiner maximaler Absink von ca. 20 cm auf (zugehörige Absinkgeschwindigkeit 1,8 cm/s); dieser liegt aus den genannten Gründen deutlich unter dem theoretisch berechneten Wert (ca. 50 cm am Messprofil), wohl aber in der Größenordnung von vergangenen Verkehrsbeobachtungen (2009: max. 46 cm), vgl. Kap. 3.5.3 in (BAW, BfG, WSA-MA, 2013).

• **Absink vs. Porenwasserüberdruck**

Auf dem zweiten Diagrammtyp werden die Größen maximaler Absink und maximaler Porenwasserüberdruck (an der am tiefsten liegenden Drucksonde DS5) betrachtet. Je schneller der Absink stattfindet bzw. je größer die Absinkgeschwindigkeit ist, umso größer kann der Porenwasserüberdruck werden. Auf Bild 4.2 sind diese beiden Werte für alle 15 auswertbaren Schiffe der betrachteten Messkampagne zu sehen. Der Absink ist wieder positiv nach unten aufgetragen. Wieder ist das Schiff mit den größten Messwerten hervorgehoben (⊲ Schiff Nr. 14 I).

Auch hier bestätigen sich wesentliche Aussagen aus Kap. 3.5.3 in (BAW, BfG, WSA-MA, 2013). Es ist zu erkennen,

- dass der Porenwasserüberdruck mit steigendem Absink annähernd linear zunimmt und
- dass bei den im Februar 2014 protokollierten Güterschiffen mit den gefahrenen Uferabständen und Fahrgeschwindigkeiten lediglich ein maximaler Porenwasserüberdruck von 2,7 mbar [= cm WS] in der Tiefe der Drucksonde DS5 aufgezeichnet wurde.

• **Verläufe der Porenwasserüberdrücke**

Auf Bild 4.3 sind die Verläufe der Porenwasserüberdrücke im Boden unter der Böschungsoberfläche – unmittelbar nach Erreichen des Absunks im Bugbereich – über die IST-Tiefe der fünf Drucksonden DS1 - DS5 für die 15 auswertbaren Schiffe der beschriebenen Messkampagne aufgetragen. Diese Kurven entsprechen prinzipiell dem Porenwasserüberdruckbereich, wie er auf Bild 4.4 als grün markierter Bereich dargestellt ist (Erl. hierzu in Kap. 3.5.1 in (BAW, BfG, WSA-MA, 2013)), wobei z. T. allerdings Abweichungen vom idealen Verlauf auftreten. Dafür sind verschiedene Gründe möglich:

- Es handelt sich um Naturmessungen.
- Bodenschichtungen mit unterschiedlichen Durchlässigkeiten können dafür verantwortlich sein.

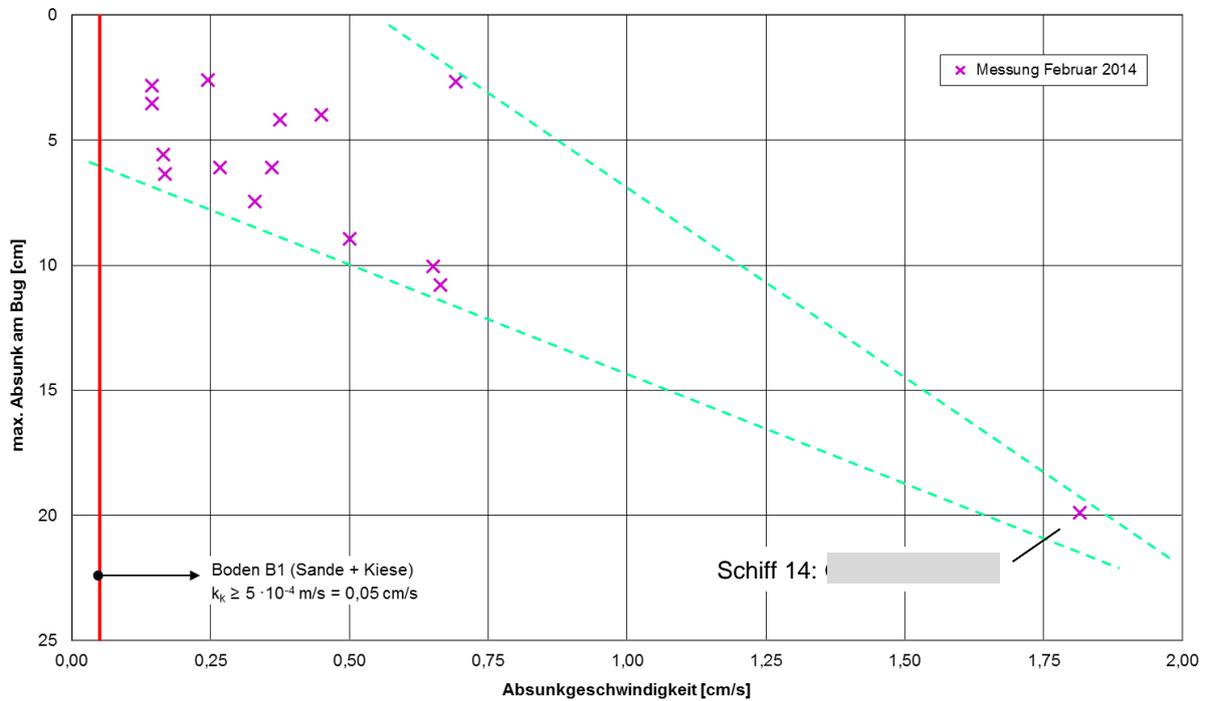


Bild 4.1: Werte für **max. Absink am Bug vs. Absinkgeschwindigkeit** für alle Schiffe (Güterschiffe) der Messkampagnen am 19. Februar 2014

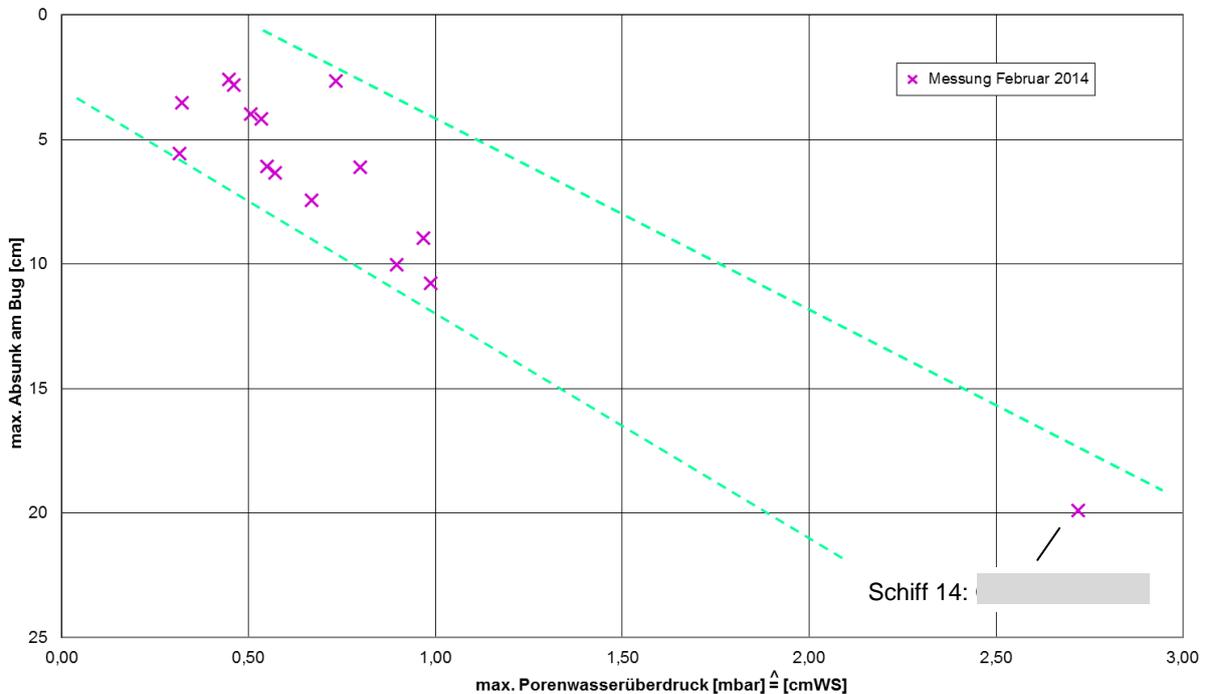


Bild 4.2: Werte für **max. Absink am Bug vs. max. Porenwasserüberdruck** für alle Schiffe (Güterschiffe) der Messkampagnen am 19. Februar 2014

- Die Tiefe der Druckmessdosen (ca. 60 cm) könnte bei der hohen Durchlässigkeit nicht groß genug gewählt worden sein; die vier Messpunkte stellen damit nur oberflächennahe Schwankungen um den idealen Verlauf dar.

Die maximalen Werte der Porenwasserüberdrücke bei Drucksonde DS51 sind als Wert \ddot{U} auch in Tab. 4.1 bzw. als DS51 in Tab. 4.2 zu finden.

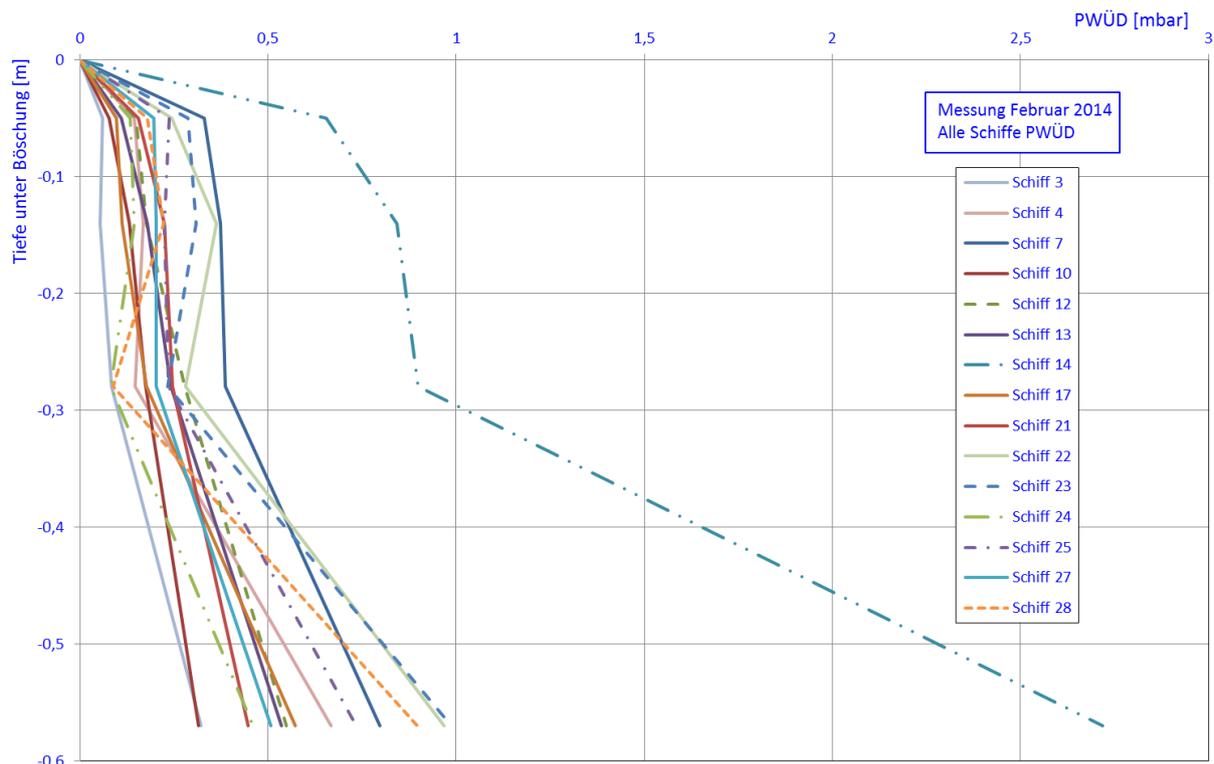


Bild 4.3: Verläufe der **Porenwasserüberdrücke** über die Tiefe unter der Böschungsoberfläche für die 15 auswertbaren Schiffe der Messkampagne **Februar 2014** mit Zuordnung zu den einzelnen Schiffen

Hinweis: Mögliche Gründe für die geknickten Verläufe finden sich im Text.

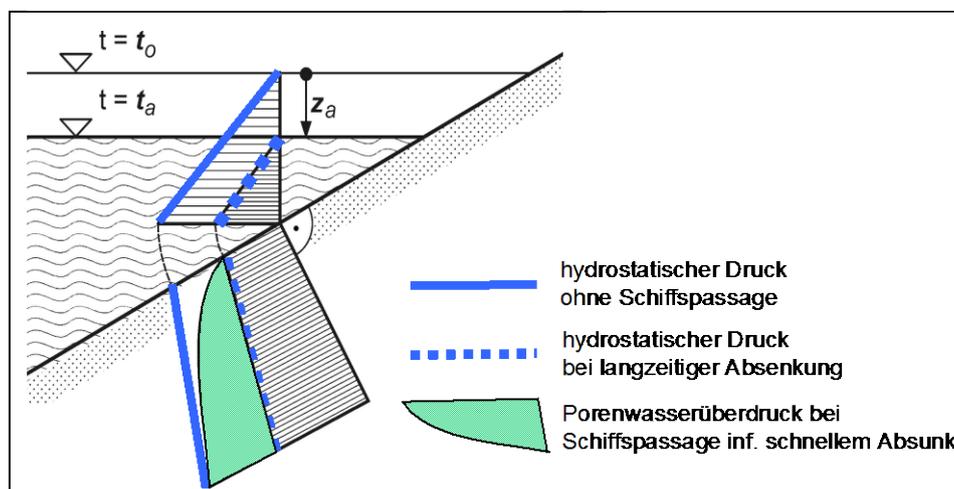


Bild 4.4: Prinzip des Porenwasserüberdrucks im Boden (grün hinterlegte Parabel) bei Passage eines Schiffs mit dem Absenk z_a

4.2 Vergleich der Porenwasserdruckmessung 2014 mit den Messungen von 2012

4.2.1 Vergleich der Randbedingungen

Am Anfang des Vergleichs werden die wesentlichen Kennzahlen der drei alten Messkampagnen 2012 und der neuen Messkampagne 2014 gegenübergestellt (Tab. 4.3):

Datum und Wochentag, Zeit nach Einbau der Spreitlage, Messdauer, Anzahl der registrierten Schiffe bzw. der davon auswertbaren Schiffe

Die Dauer der Messkampagnen reicht von 2 h bis 4:30 h Stunden; sie wurden alle über die Mittagszeit ausgeführt. Es ist zu sehen, dass es keinen Zusammenhang zwischen der Anzahl der registrierten Schiffe und dem Wochentag bzw. der Jahreszeit gibt.

Tab. 4.3: Wesentliche Kennzahlen der 3 Messkampagnen aus 2012 und der Messkampagne 2014 im Vergleich, basierend auf Tab. 3.5-2 in (BAW, BfG, WSA-MA, 2013)

	Datum der Messung / Wochentag	Zeit nach Einbau der Spreitlagen	ca. Mess-Zeitraum (Dauer)	ca. Messwerte total ²⁾	Anzahl der Schiffe registriert/ auswertbar	Besonderheiten
	[-]	[-]	[h:min]	[-]	[-]	[-]
2012	24.01.2012 <i>Dienstag</i>	8 Wo.	11:30 – 13:30 (Dauer: 2 h)	1,42·10 ⁶	24 / 13	Schiffe 2+3 u. 4+5 entspr. 1 Ereignis ¹⁾
	12.06.2012 <i>Dienstag</i>	28 Wo.	10:40 – 15:00 (Dauer: 4:20 h)	2,04·10 ⁶	13 / 7	
	16.10.2012 <i>Dienstag</i>	46 Wo.	11:10 – 14:20 (Dauer: 3:10 h)	1,38·10 ⁶	33 / 15	Schiffe total
					22 / 6	davon: Güterschiffe
					11 / 9	davon: MS Worms
2014	19.02.2014 <i>Mittwoch</i>	116 Wo.	9:45 – 14:13 (Dauer: 4:28 h)	9,99·10 ⁵	29 / 15	2 WSV-Schiffe, keine Begegnung, niedriger WSt

Hinweise: ¹⁾ Schiffe 2+3 und 4+5 sind jeweils 1 Berg- und 1 Talfahrer, die sich so begegnen, dass sich Bugabsunk und Heckanstieg zu einem besonders hohen Ereignis überlagern.

²⁾ Von jeder der 19 Messdosen werden die 2 Messwerte Zeit und Druck erfasst.

Symbol: Wo – Wochen

Für die gleichen insgesamt vier Messkampagnen sind in Tab. 4.4. auch die Wasserstände am Pegel Worms und am Messort zusammengestellt. Bei der Differenz zwischen Pegel und Messort handelt es sich nur um einen angenäherten, linear interpolierten Wert.

Tab. 4.4: Wasserstände am Pegel Worms und am Messort bei Rh-km 440,900 für die 3 Messkampagnen aus 2012 und für die Messkampagne 2014, basierend auf Tab. 3.5-3 in (BAW, BfG, WSA-MA, 2013)

Datum der Messung	Wasserstand am Pegel Worms		ca. Wasserstand am Messort,		
	$PNP^{1)} = NN + 84,16 \text{ m}$ $WSt (AZW) \approx 196 \text{ cm}$ $AZW^{1)} \approx NN + 86,12 \text{ m}$		bezogen auf $AZW^{1)} \text{ am Pegel Worms bzw.}$ $AZW^* = 86,46 \text{ m} + NN \text{ am Messort}$		
[-]	[cm]	[NN + ...m]	[cm]	[NN + ...m]	
2012	24.01.2012	427	88,43	AZW + 262 AZW* + 228	88,74
	12.06.2012	342	87,58	AZW + 177 AZW* + 143	87,89
	16.10.2012	359	87,75	AZW + 194 AZW* + 160	88,06
2014	19.02.2014	262	86,78	AZW + 97 AZW* + 63	87,09

Hinweise: Wasserspiegelanstieg vom Pegel Worms bis Rhein-km 440,900 (entspr. Mitte der Versuchsstrecke) ca. 31 cm und bzgl. AZW auf AZW* ca. 34 cm

¹⁾ vgl. Suppl. 1: Wetterdaten und Rheinwasserstände 9/2011 - 10/2012 (BAW, 2013a)

Symbole: PNP – Pegelnullpunkt, WSt – Wasserstand

4.2.2 Vergleich der Hauptergebnisse

Die Hauptergebnisse aller vier bisherigen Messkampagnen (3 x 2012, 1 x 2014) können im Vergleich gut mit den schon in 4.1.2 genannten Auftragungen der maximalen Absunkwerte am Bug (schneller Wasserspiegelabsunk) über der Absunkgeschwindigkeit (Bild 4.5) bzw. über dem maximalen Porenwasserüberdruck (Bild 4.6) visualisiert werden. Die Größenpaare

- max. Absunk am Bug - Absunkgeschwindigkeit und
- max. Absunk am Bug - max. Porenwasserüberdruck

der verwertbaren 15 Güterschiffe von 2014 passen gut zu den 2012 erfassten Güterschiffen. Die extremen Werte der Sonderfahrten des WSA Bootes MS Worms vom Oktober 2012 sind unverändert die maximalen Werte, wie auf den Bildern 4.7 und 4.8 zu erkennen ist.

Auf allen vier Bildern wurden bewusst die Hüllkurven der 2012er Messungen belassen, um aufzeigen zu können, dass die 2014er Messung eine ähnliche Bandbreite aufweist bzw. wie gut die Vergleichbarkeit aller Messungen ist. Es ist zu sehen, dass nur einige neue Wertepaare außerhalb dieser Hüllkurven liegen, was aber nur daran liegt, dass 2012 solche Kombinationen nicht erfasst wurden.

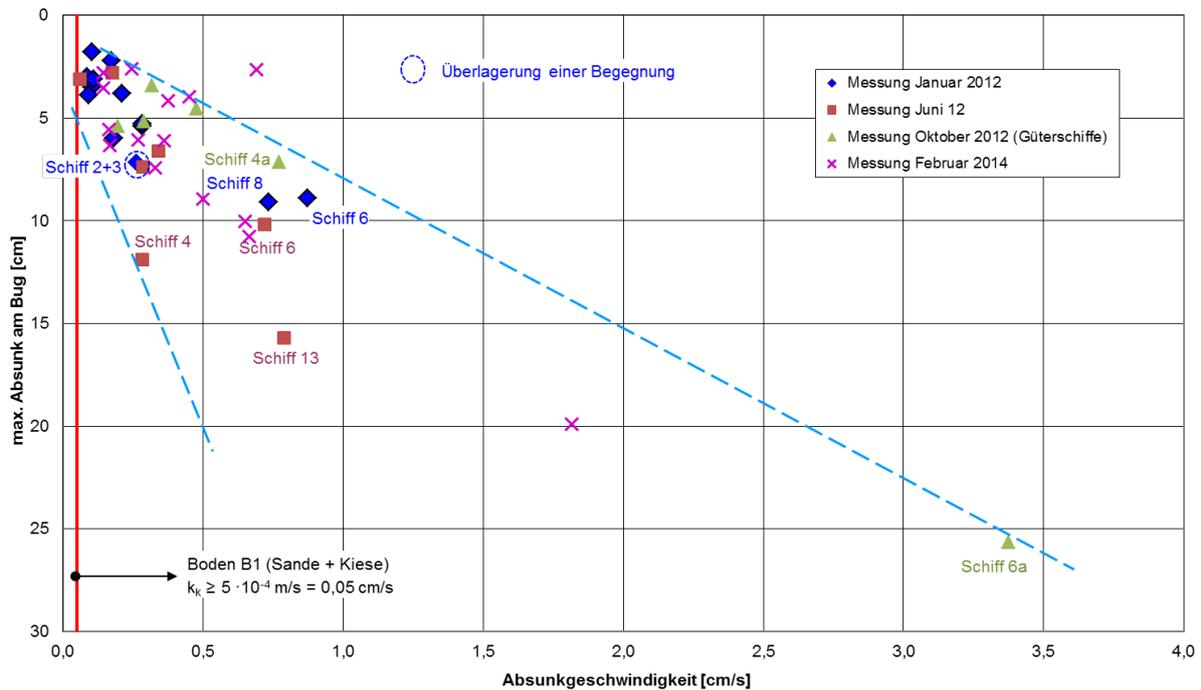


Bild 4.5: Werte für **max. Absink am Bug vs. Absinkgeschwindigkeit** für alle Güterschiffe der 3 Messkampagnen 2012 und der Messkampagne 2014 (x) im Vergleich, basierend auf Bild 3.5-11 in (BAW, BfG, WSA-MA, 2013)

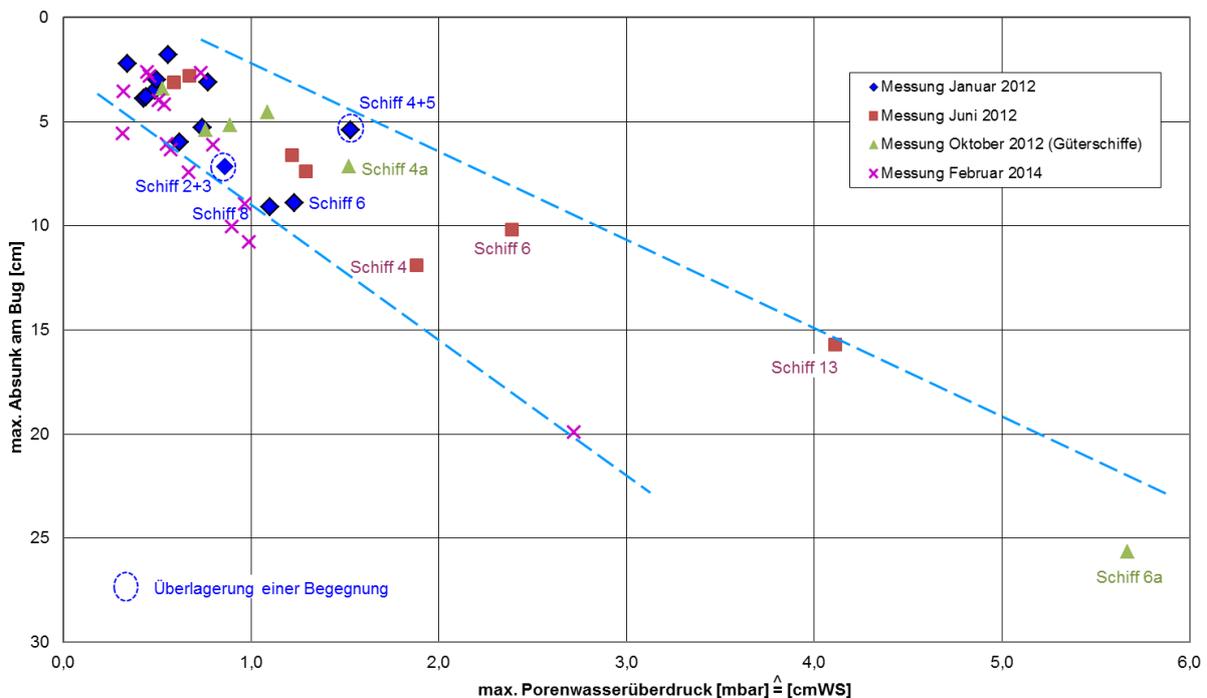


Bild 4.6: Werte für **max. Absink am Bug vs. max. Porenwasserüberdruck** für alle Güterschiffe der 3 Messkampagnen 2012 und der Messkampagne 2014 (x) im Vergleich, basierend auf Bild 3.5-12 in (BAW, BfG, WSA-MA, 2013)

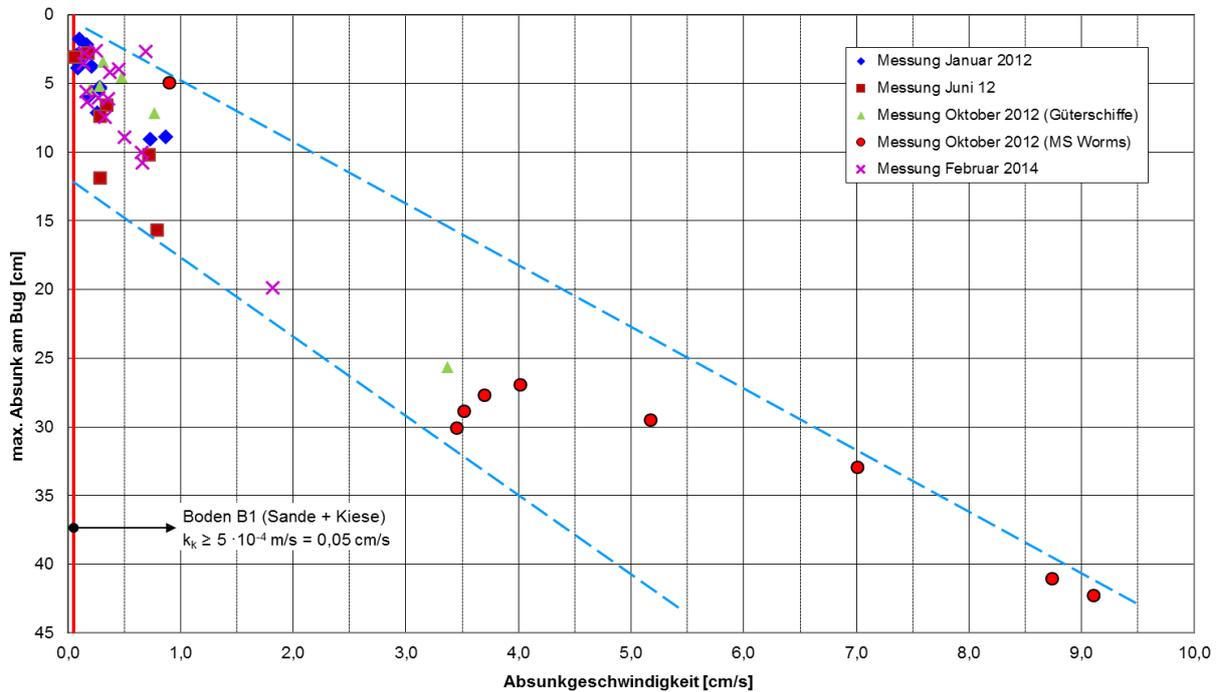


Bild 4.7: Werte für **max. Absenk am Bug vs. Absenkgeschwindigkeit** für alle Schiffe (Güterschiffe u. MS Worms) der 3 Messkampagnen 2012 und der Messkampagne 2014 (x) im Vergleich, basierend auf Bild 3.5-13 in (BAW, BfG, WSA-MA, 2013)

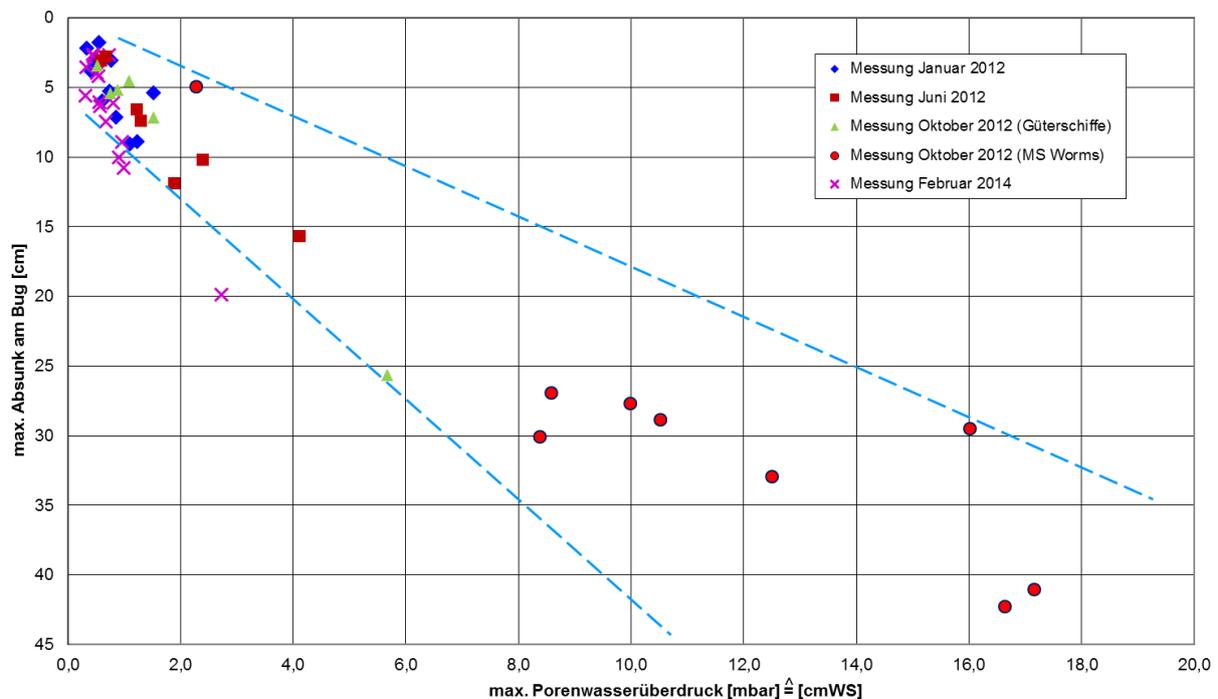


Bild 4.8: Werte für **max. Absenk am Bug vs. max. Porenwasserüberdruck** für alle Schiffe (Güterschiffe u. MS Worms) der 3 Messkampagnen 2012 und der Messkampagne 2014 (x) im Vergleich, basierend auf Bild 3.5-14 in (BAW, BfG, WSA-MA, 2013)

Auf den folgenden zwei Diagrammen sind die Verläufe bzw. die Bereiche der maximalen Porenwasserüberdrücke im Boden unter der Böschungsoberfläche – unmittelbar nach Erreichen des Absunks im Bugbereich – über die IST-Tiefe für alle vier bisherigen Messkampagnen aufgetragen.

- Auf Bild 4.9 sind die Verläufe der Porenwasserüberdrücke der Messung vom Februar 2014 dargestellt, wie schon in Bild 4.3, nur in einem Maßstab, der den Vergleich mit den Bereichen der drei Messkampagnen aus 2012 ermöglicht.
- Auf Bild 4.10 sind die Bereiche für die Güterschiffe aller bisherigen vier Messungen (3 x 2012, 1 x 2014) den Verläufen der Porenwasserüberdrücke der bewusst vorgegebenen Versuchsfahrten der MS Worms gegenübergestellt. Diese liefern unverändert die maximalen Porenwasserüberdrücke.

Betrachtet man die maximalen Größen der Porenwasserüberdrücke je Messkampagne nur für die Güterschiffe (anhand der Bereichsmarkierungen), so ist zu erkennen, dass diese vom Februar 2014 über den Juni 2012 bis zum Oktober 2012 zunehmen, womit auch ein steigender Wasserstand einhergeht (s. Bild 3.5). Die Messkampagne im Januar 2012 dagegen hat trotz des höchsten Wasserstandes, der knapp unter der Marke I (= HSW I) liegt, die geringsten Porenwasserüberdrücke zur Folge. Inwieweit hierfür z. B. die unterschiedlich hohen Wasserspiegellagen, die damit zusammenhängenden veränderten Querschnittsverhältnisse, die unterschiedlichen Schiffsgeschwindigkeiten wegen anderer Grundgeschwindigkeiten und bzw. oder angepasste Fahrwege – besonders ab der Marke I größere Uferabstände – verantwortlich sind, bleibt offen, da die Datengrundlage dazu nicht umfangreich genug ist.

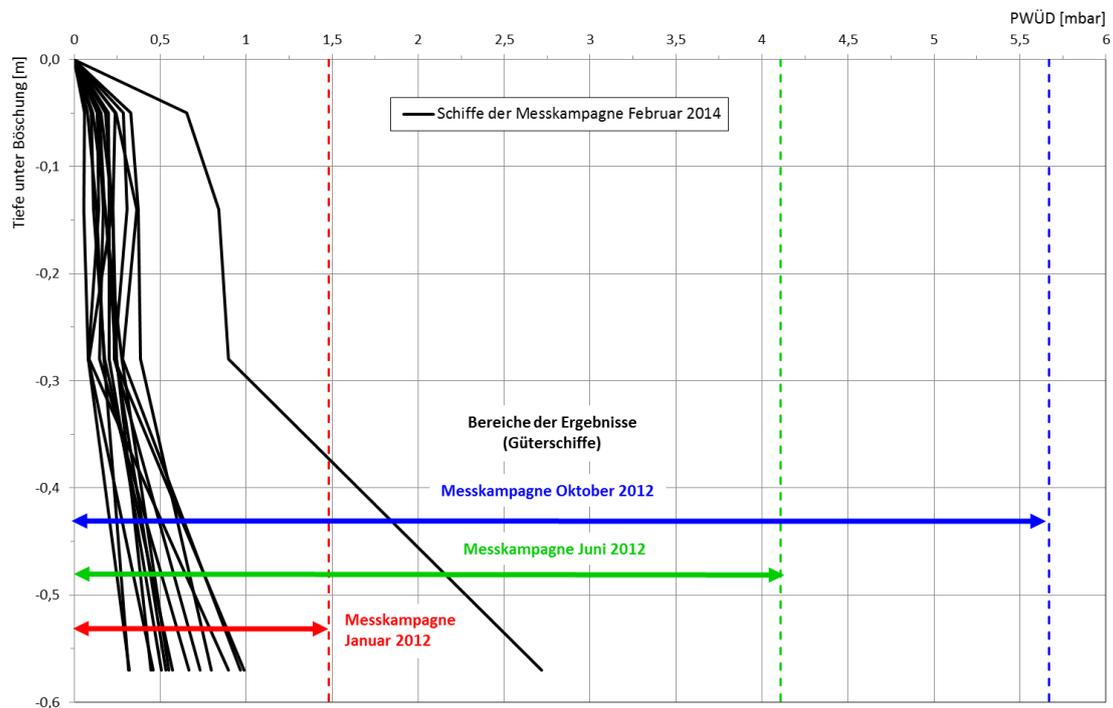


Bild 4.9: Verläufe¹⁾ der **maximalen Porenwasserüberdrücke** über die Tiefe unter der Böschungsoberfläche für die 15 auswertbaren Schiffe der Messkampagne **Februar 2014** im Vergleich zu den Bereichen der vorangegangenen Messkampagnen Januar, Juni und Oktober 2012 (nur Güterschiffe)

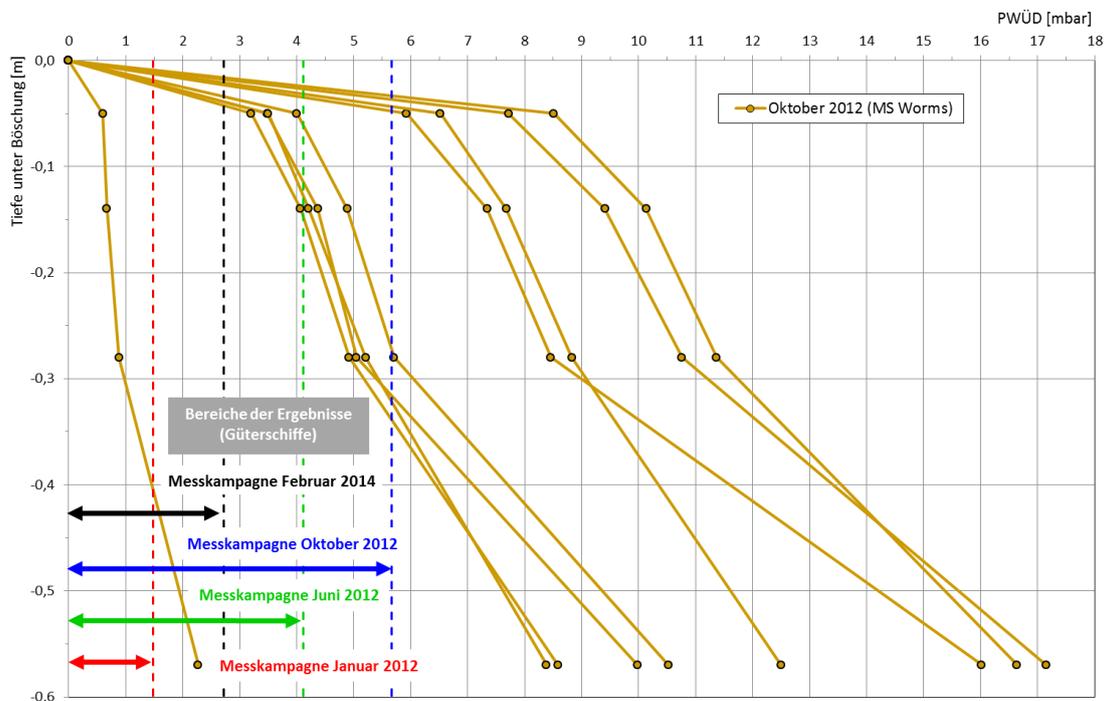


Bild 4.10: Bereiche der **maximalen Porenwasserüberdrücke** der Güterschiffe aller vier Messkampagnen 2012 und 2014 und Verläufe¹⁾ über die Tiefe unter der Böschungsoberfläche für die Fahrten der MS Worms im Oktober 2012

¹⁾ Hinweis: Mögliche Gründe für die geknickten Verläufe finden sich in 4.1.2.

Um einen Überblick zu den Schiffspassagen (anhand der Schiffsnummern) zu gewinnen, bei denen je Messkampagne die maximalen Absunkwerte und die maximalen Porenwasserüberdrücke aufgetreten sind, sind die entsprechenden Werte für alle bisherigen Messungen (3 x 2012, 1 x 2014) in Tab. 4.5 zusammengestellt.

Tab. 4.5: Schiffspassagen mit den maximalen Absunkwerten und den maximalen Porenwasserüberdrücken für die 3 Messkampagnen aus 2012 und für die Messkampagne 2014, basierend auf Tab. 3.5-7 in (BAW, BfG, WSA-MA, 2013)

Datum der Messung	Wasserspiegelabsunk	Schiff Nr.	max. Porenwasserüberdrücke bei MP1a in SOLL- bzw. ca. IST-Tiefe ³⁾ unter BOK [m]				
			DS2 0,10 / 0,06	DS3 0,20 / 0,16	DS4 0,40 / 0,30	DS5 (Ü) 0,70 / 0,58	
			[mbar]	[mbar]	[mbar]	[mbar]	
[-]	[cm]	[-]					
2012	24.01.2012	9,1 ¹⁾	8	0,38	0,47	0,61	1,10
		5,4	4 + 5	0,45	0,61	0,83	1,53 ²⁾
	12.06.2012	15,7 ¹⁾	13	2,42	2,59	2,88	4,1 ²⁾
	16.10.2012	25,6 ¹⁾	6a (Güter)	2,60	3,16	3,79	5,67 ²⁾
		42,3 ¹⁾	4 (MS WO)	8,51	10,13	11,37	16,64
	41,1	8 (MS WO)	7,72	9,41	10,76	17,15 ²⁾	
‘14	19.02.2014	19,9 ¹⁾	14	0,66	0,84	0,90	2,72 ²⁾

Hinweise: Bei 2 Messkampagnen treten diese Werte bei verschiedenen Schiffen bzw. Fahrten auf: Januar 2012 (Güterschiffe) und Oktober 2012 (MS Worms verschiedene Fahrten)

¹⁾ maximaler Wasserspiegelabsunk bei P2

²⁾ maximaler PWÜD-Wert Ü bei Druckdose DS5

³⁾ Die genauen IST-Tiefen unter BOK in den Grafiken sind 0,05 m, 0,14 m, 0,28 m, 0,57 m

5 Zusatzbetrachtungen zu beobachteten Sekundärwellenhöhen

5.1 Einführung

Die Datenanalyse (Kap. 3) hatte ihren Schwerpunkt zunächst nur auf der Auswertung hinsichtlich der Primärwellen mit Bugabsenk und dem daraus resultierenden Porenwasserüberdruck. Dabei ist jedoch aufgefallen, dass es Schiffspassagen gab, bei denen im Nachgang zur eigentlichen Vorbeifahrt auffällig große Sekundärwellenhöhen mit gleichzeitig großen Porenwasserdruckänderungen gemessen wurden, die z. T. größer waren als diejenigen infolge der Primärwelle. Diesem Phänomen wird im folgenden Kapitel detaillierter nachgegangen.

Zunächst sei das Phänomen Wechselwirkung zwischen Schiff und Gewässer in seinen wesentlichen Komponenten in Erinnerung gerufen:

- Die Primärwelle, bestehend aus Bugabsenk, Wasserspiegelabsenkung neben dem Schiff und Heckwelle, ist direkt während der Schiffspassage wahrzunehmen. Der Vorgang entspricht genau einer Welle, die eine ca. der Schiffslänge entsprechende Wellenlänge besitzt. Größe und Gradient des Absunks hängen wesentlich von Bugform, Tauchtiefe, Schiffsgeschwindigkeit und Uferabstand ab. Der Effekt klingt mit zunehmendem Uferabstand ab. Abhängig von Ufernähe und Absunkgeschwindigkeit bewirkt der Bugabsenk Porenwasserüberdrücke im Boden.
- Gleichzeitig werden besonders im Bugbereich, schwächer auch im Heckbereich, Sekundärwellen erzeugt, die langsam zum Ufer wandern und dort deutlich nach der Passage des Schiffshecks auftreten. Es handelt sich dabei um Gruppen von kurzperiodischen Wellen, die eine Zeitlang in enger Folge in Erscheinung treten. Größe und Länge der Sekundärwelle hängen von Bug- bzw. Heckform ab. Die Welle klingt zum Ufer hin nur minimal ab. Zeitgleich dazu können periodische Änderungen im Porenwasserüberdruck auftreten.

Es gibt Schiffspassagen, bei denen zunächst Bugabsenk und Porenwasserüberdruck messbar sind und zeitverzögert am Ufer Sekundärwellen auftreten, die weitere Porenwasserüberdrücke erzeugen. Ein Beispiel dafür ist die Passage des Schiffs I **Nr. 28** (Bild 5.1), das so nah am Ufer fährt, dass dieses noch im Einflussbereich des Schiffes liegt (vgl. 3.4).

In anderen Fällen waren kein oder nur kaum Bugabsenk und Porenwasserüberdruck zu messen, trotzdem aber Sekundärwellen und daraus resultierende Porenwasserüberdrücke. Als Beispiel dafür kann die Passage des Schiffs **Nr. 6** herangezogen werden (Bild 5.2), die in einem Abstand größer als ihre Einflussbreite vom Ufer fährt (vgl. 3.4).

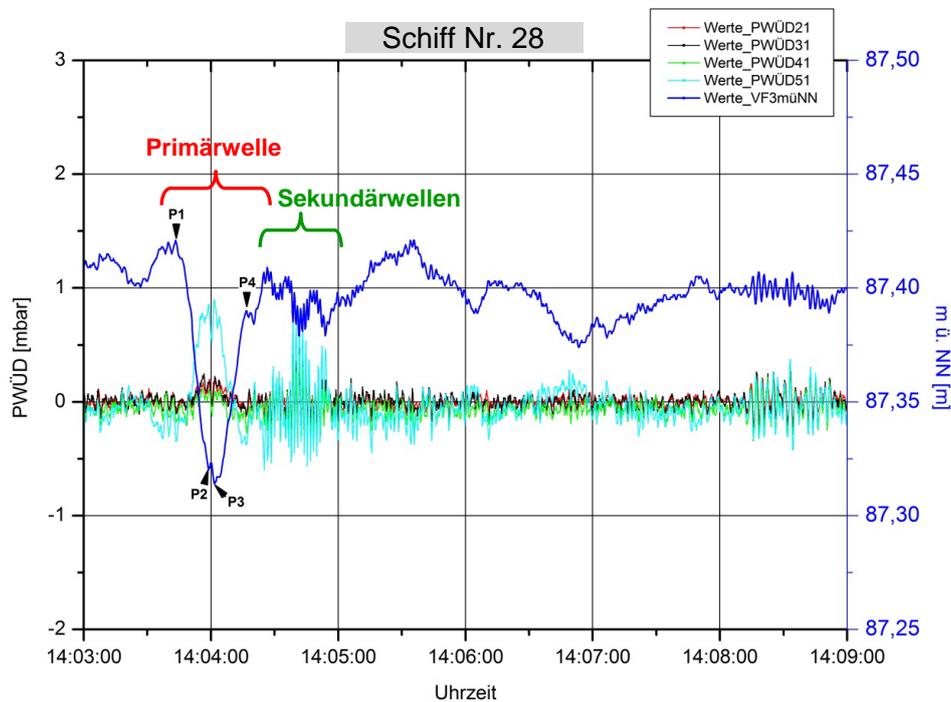


Bild 5.1: Messwerte der Passage der **Schiff Nr. 28** mit deutlichem Bugabsenk und entsprechendem Porenwasserüberdruck sowie nachfolgenden Sekundärwellen und weiteren Porenwasserüberdrücken

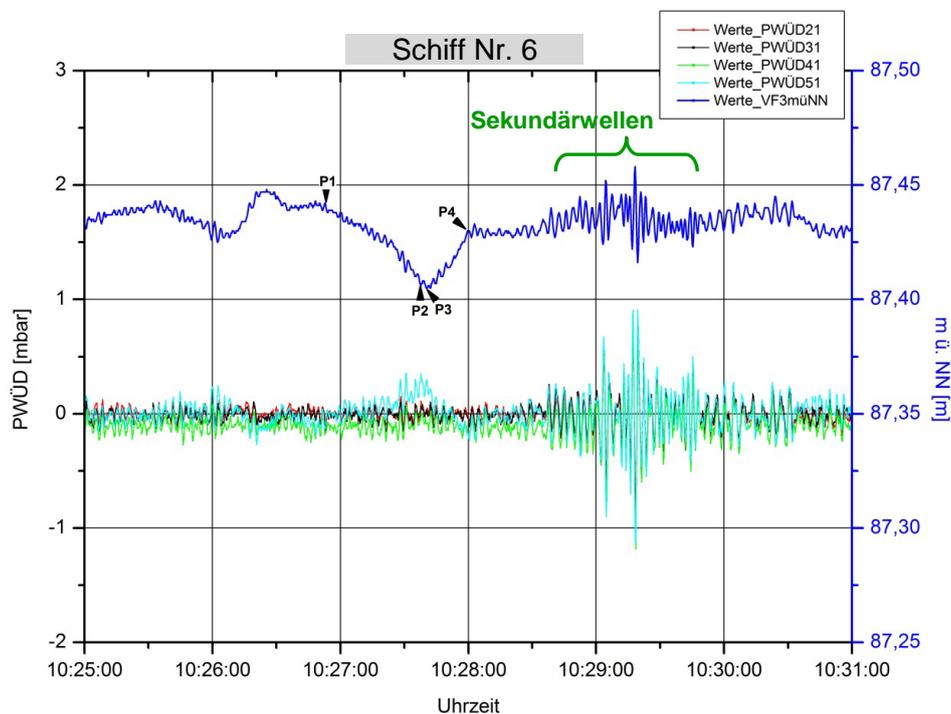


Bild 5.2: Messwerte der Passage der **Nr. 6** vernachlässigbarem Bugabsenk und Porenwasserüberdruck, aber messbaren Sekundärwellen und daraus resultierenden Porenwasserüberdrücken

5.2 Ergebnisse und erste Analysen

Wertet man die Aufzeichnungen von Wasserspiegel- und Porenwasserüberdruckschwingungen (Anlage 3.7) unter dem geschilderten Aspekt von Sekundärwellenhöhen aus, so ergeben sich die in Tab. 5.1 aufgeführten Werte. Für 13 Schiffspassagen, die nur in einigen Fällen mit Schiffspassagen für deutliche Porenwasserüberdrücke infolge Absunk zusammenfallen (5 Fälle s. Bild 5.4), sind in dieser Tabelle die Schwingungsbreiten, Perioden und Frequenzen von Wasserspiegelschwingungen und den zugehörigen Porenwasserüberdruckschwingungen sowie der maximale destabilisierende Porenwasserüberdruck (2. Spalte) zusammengestellt. Bei den Wasserspiegelschwingungen ist deren Absunkgeschwindigkeit ergänzt, definiert nach GBB 2010 (BAW, 2011) als

$$v_{\text{Absunk}} = z_a / t_a = \frac{1}{2} H_{\text{Sek}} / \frac{1}{4} T$$

mit

v_{Absunk}	Absunkgeschwindigkeit [m/s]
z_a	Absunk [m] unter RWS
t_a	Absunkzeit [s]
H_{Sek}	Sekundärwellenhöhe [m]
T	Absunkzeit [s]

Tab. 5.1: Breiten, Perioden und Frequenzen der Schwingungen von Wasserspiegel (Wsp) und resultierendem Porenwasserüberdruck (PWÜD) der Sekundärwellen; zugehöriger maximaler Porenwasserüberdruck $PWÜD_{\text{max}}$ (Amplitude); Absunkgeschwindigkeit des Wasserspiegels

Schiffe Nr.	PWÜD = $f(H_{\text{Sek}})$					Wsp = $f(H_{\text{Sek}})$				
	$PWÜD_{\text{max}}$	SchB _{PWÜD}	$T_{\text{PWÜD}}$	Anzahl	$f_{\text{PWÜD}}$	SchB _{Wsp}	T_{WD}	Anzahl	f_{Wsp}	v_{Absunk}
[-]	[mbar]	[mbar]	[s]	[n]	[1/s]	[cm]	[s]	[n]	[1/s]	[cm/s]
2	0,560	0,95	2,52	26,38	0,40	1,90	3,11	21,33	0,32	1,22
3	0,830	1,42	2,40	26,89	0,42	2,00	3,71	17,39	0,27	1,08
6	0,907	2,03	2,72	32,84	0,37	4,20	2,67	33,48	0,38	3,15
8	0,493	0,88	1,68	14,32	0,60	1,10	1,74	13,81	0,57	1,26
9	0,410	0,76	1,80	5,24	0,56	1,00	1,89	4,98	0,53	1,06
15	0,619	1,06	2,53	27,23	0,40	2,40	3,38	20,41	0,30	1,42
18	0,768	1,55	3,08	14,53	0,32	3,40	1,87	23,90	0,53	3,63
19	1,121	2,45	3,24	16,51	0,31	4,90	3,25	16,45	0,31	3,02
22	1,910	2,96	1,66	9,51	0,60	4,10	1,82	8,70	0,55	4,52
23	0,619	1,19	1,77	8,70	0,57	1,50	1,87	8,22	0,53	1,60
25	1,148	2,63	2,87	7,46	0,35	5,80	2,93	7,33	0,34	3,96
28	0,811	1,34	1,62	10,30	0,62	1,40	1,71	9,76	0,58	1,64
29	0,370	0,79	2,64	13,55	0,38	1,50	2,75	13,02	0,36	1,09
MIN	0,37	0,76	1,62	5,24	0,31	1,00	1,71	4,98	0,27	1,06
Mittel	0,81	1,54	2,35	16,42	0,45	2,71	2,52	15,29	0,43	2,20
MAX	1,91	2,96	3,24	32,84	0,62	5,80	3,71	33,48	0,58	4,52

Symbole: SchB - Schwingungsbreite, PWÜD – Porenwasserüberdruck,
 Wsp – Wasserspiegel, $f(H_{\text{Sek}})$ – infolge Sekundärwelle, T – Periode, f – Frequenz

Die in Tab. 5.1 zusammengestellten Ergebnisse für Sekundärwellen lassen folgende Aussagen zu:

Der **Porenwasserüberdruck** (destabilisierender Anteil > 0 , vgl. Bilder 5.1 und 5.2) schwankt im Bereich 0,37 - 1,91 mbar und erreicht damit ca. 70 % der maximalen Größe bei den Primärwellen von 2,72 mbar (s. Tab. 4.1).

Die **Schwingungsbreite** des Wasserspiegels deckt eine Spanne von ca. 1 - 6 cm ab, die zugehörige Schwingungsbreite des Porenwasserüberdrucks reicht von ca. 1 - 3 mbar [= cmWS]. Das heißt, dass von der einwirkenden Belastung etwa 50 % Reaktionsgröße sind, die bei der am tiefsten liegenden Drucksonde DS5 zu verzeichnen ist. Auf Bild 5.3 sind diese beiden Größen direkt gegenübergestellt.

Hinsichtlich der **Frequenzen** weisen die Bereiche für die Wasserspiegelschwingungen mit 0,27 - 0,58 1/s und für die Porenwasserüberdruckschwingungen mit 0,31 - 0,62 1/s in etwa die gleiche Größenordnung auf.

Entsprechend gleich verhalten sich auch die Spannen bei den **Perioden** der Wasserspiegelschwingungen mit ca. 1,7 - 3,7 s und der Porenwasserüberdruckschwingungen mit ca. 1,6 - 3,2 s, da diese direkt mit den Frequenzen zusammenhängen.

Die **Absungeschwindigkeiten** der Wasserspiegelschwingungen reichen von 1,06 - 4,52 cm/s. Sie weisen damit einen größeren Maximalwert als die Primärwellen mit nur 1,82 cm/s (vgl. Tab. 4.1) auf.

Der Zusammenhang zwischen den beiden Hauptgrößen Schwingungsbreite von Wasserspiegel (SchB Wsp) und Porenwasserüberdruck (SchB PWÜD) ist auf Bild 5.3 zu sehen. Für die Proportionalität gilt:

$$\text{SchB Wsp} \approx 1,75 \text{ SchB PWÜD bzw.}$$

$$\text{SchB PWÜD} \approx 0,57 \text{ SchB Wsp}$$

In der Graphik sind außerdem je Ereignis nach Tab. 5.1 die Frequenzen f der Porenwasserüberdruckschwingungen (Bereich $0,31 \leq f \leq 0,62$ [1/s]) bzw. die Perioden T und die Anzahl n der Schwingungen (Bereich 5 bis 33) angegeben.

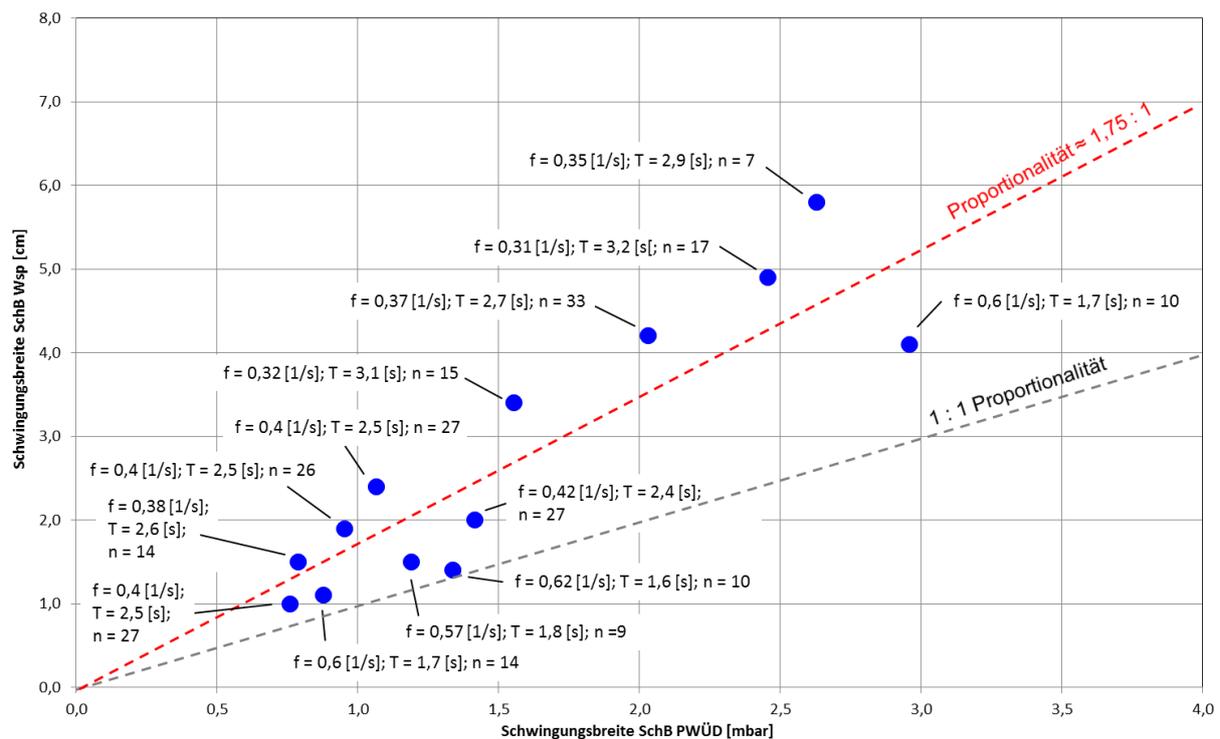


Bild 5.3: Breiten der Wasserspiegelschwingungen (SchB Wsp) und der Porenwasserüberdruckschwingungen (SchB PWÜD) infolge Sekundärwellen; am Wertepunkt Angabe von Frequenz f der PWÜD-schwingungen und Anzahl n der Schwingungen

Bild 5.4 bietet eine Übersicht darüber, bei welchen Schiffen (anhand der Schiffsnr.) der Messkampagne 2014 es

- Porenwasserüberdruck infolge Absunk (15 x),
- Porenwasserüberdruck infolge Sekundärwelle (13 x) und
- Porenwasserüberdruck infolge Absunk und Sekundärwelle (5 x)

gab. Wichtig ist, dass auf Bild 5.4 die positive Amplitude des Porenwasserüberdrucks aufgetragen ist. Die davon induzierten Strömungskräfte weisen aus dem Boden heraus und wirken destabilisierend. Es ist zu erkennen, dass insgesamt ähnliche Größenordnungen erreicht werden mit

- max. PWÜD (Absunk) = 2,72 mbar und
- max. PWÜD (Hsek) = 1,91 mbar.

Danach lässt sich sagen, dass Sekundärwellen – unabhängig vom Absunk des passierenden Schiffes – durchaus messbare Porenwasserüberdrücke im Boden hervorrufen können. Inwieweit diese statisch relevant sind und bis in welche Tiefe sie sich auswirken, hängt mit dem Einfluss der Periodizität der Sekundärwellen zusammen (s. u.).

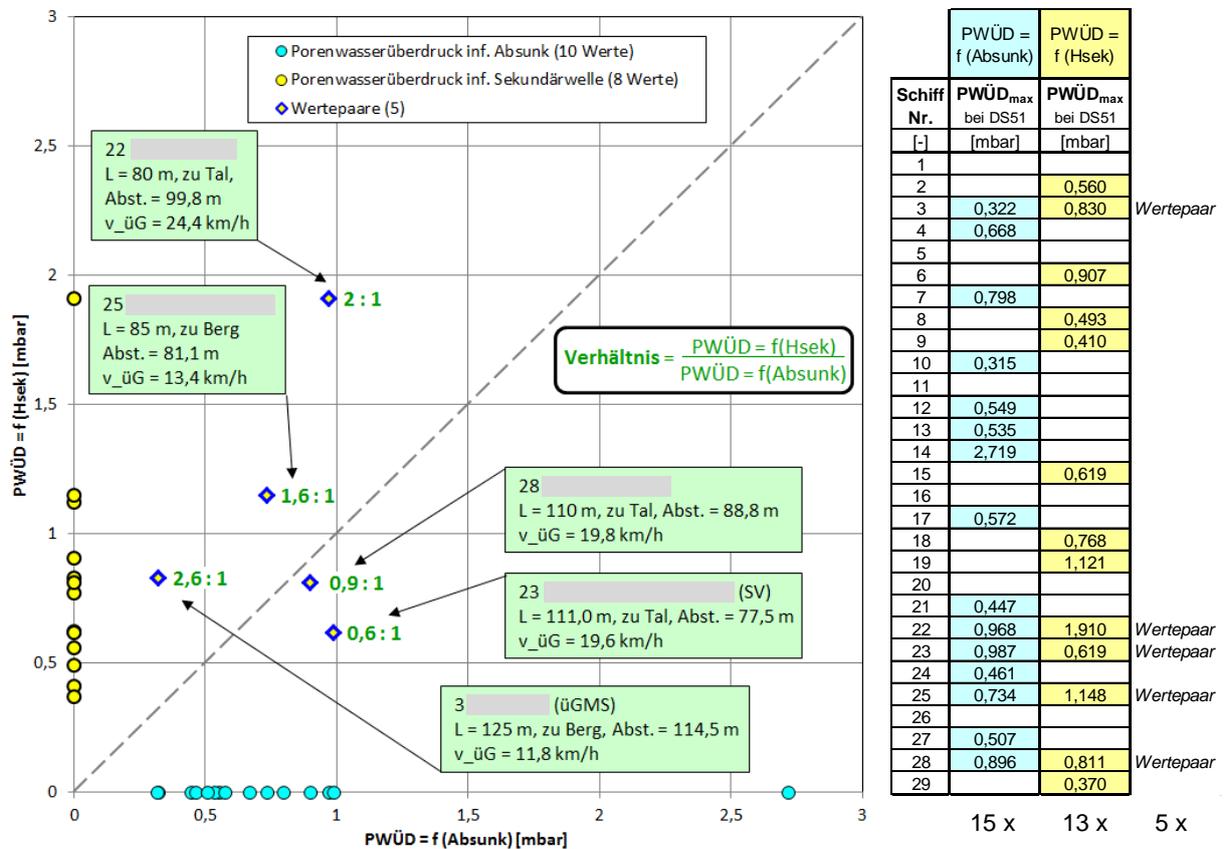


Bild 5.4: Auftragung der 5 Wertepaare mit Amplituden bei PWÜD inf. Hsek und PWÜD inf. Absenk mit deren Verhältnissen und Angaben zu den Schiffen

Hinsichtlich der Zeitspanne nach dem ersten Auftreten des Porenwasserüberdrucks gibt es einen wesentlichen Unterschied zwischen den Ursachen Absenk (entspr. Primärwelle) und Sekundärwellen.

Nach dem **Absenk** als einmaligem Ereignis bleibt der Wasserspiegel länger auf tiefem Niveau (quasi-stationärer Zustand; Primärwelle mit langem Tal), sodass sich der Porenwasserüberdruck im Boden destabilisierend auswirken kann. Dieser Vorgang ist hinreichend belegt. Die Berechnungsansätze in GBB 2010 (BAW, 2011) basieren auf diesem Ansatz.

Sekundärwellen dagegen treten als schnelle Abfolge von Schwingungen auf (5 bis 33 Wechsel nach Tab. 5.1), sodass es jeweils nur sehr kurz zur Destabilisierung kommt. Dabei steigern sich die Amplituden der Sekundärwelle und der hervorgerufenen Porenwasserüberdrücke zunehmend zu einem Maximum (s. Bilder 5.1. und 5.2). Inwieweit die Periodizität dieses Vorgangs für die hydrodynamische Bodenverlagerung zusätzlich relevant ist, muss vertieft untersucht werden. Bisher wird der Absenk der Sekundärwelle nur als Einzelereignis mit $\frac{1}{2}$ Sekundärwellenhöhe H_{Sek} in $\frac{1}{4}$ der Periode T berücksichtigt, also

auch vereinfachend als quasi-stationärer Vorgang angesehen, vgl. GBB 2010 (BAW, 2011).

Für die fünf Schiffe unter c) mit Porenwasserüberdruck aus Absunk und Sekundärwelle (Schiffsnr. 3, 22, 23, 25 und 28) werden im Bild 5.4 folgende Zusatzangaben gemacht:

- Es werden die Verhältniswerte „PWÜD (Hsek) zu PWÜD (Absunk)“ genannt, die von 0,6 : 1 bis 2,6 : 1 reichen.
- Zum Vergleich sind wesentliche schiffsbezogenen Angaben ergänzt (grüner Kasten). Beim Blick auf die stark unterschiedlichen Schiffslängen, Fahrtrichtungen, Uferabstände und Geschwindigkeiten lassen sich nur schwer Zusammenhänge oder Regelmäßigkeiten erkennen. Das liegt auch daran, dass neben den genannten Größen sowohl die Bugform (strömungsgünstige oder stumpfe Ausgestaltung) als auch die Rauheit des Rumpfes (glatt oder uneben) wesentlichen Einfluss auf die Erzeugung von Sekundärwellen haben, aber nicht quantifizierbar sind. Einzig hinsichtlich kürzerer Schiffe ($L = 80$ m, eher ältere Schiffe mit ungünstigerer Bugform) mit höheren Geschwindigkeiten ist eine Tendenz zu größeren Belastungen zu sehen.

Weitere Beobachtungen zu Perioden und Laufzeiten der Sekundärwellen sind in Anlage 3.9 zu finden.

5.3 Schlussfolgerungen bzgl. Sekundärwellen

Für die im vorliegenden Bericht untersuchte Messkampagne 2014 wurden zusätzlich zu der Hauptbelastung durch Absunk (Primärwelle) die Belastung durch Sekundärwellen und deren Auswirkungen auf die Uferböschung betrachtet. Dabei hat sich gezeigt, dass bei den beobachteten Schiffspassagen Ereignisse aufgezeichnet wurden, die allein infolge der Sekundärwellenbelastung Reaktionen im Untergrund des Ufers bewirkt haben und die außerdem in der Größenordnung der durch den Absunk anderer beobachteter Schiffsvorbeifahrten bewirkten Reaktionen liegen.

Es wurde aufgezeigt, welche Einflussfaktoren mit welcher Intensität eine Rolle spielen, und dass die Effekte durch Absunk und Sekundärwellen in zeitlichem Abstand zueinander stattfinden. Nach dieser ersten groben Analyse lässt sich sagen, dass weiterer Untersuchungsbedarf zu folgenden Fragen besteht:

Unter welchen Bedingungen wirkt Porenwasserüberdruck aus Sekundärwellen am Ufer allein destabilisierend?

Welchen Einfluss hat der kurzperiodische Charakter der Sekundärwellen auf die Reaktionen im Boden?

Wie und mit welcher Größe kommen Überlagerungen von Sekundärwellen mit Wellensystemen anderer Schiffe zum Tragen?

6 Fazit

Insgesamt zeigen die Ergebnisse der Messung des Porenwasserüberdrucks 2014, wie schon die Messungen 2012, dass im Bereich der Weidenspreitlagen im VF3 Porenwasserüberdrücke im Boden als Reaktion auf den schiffsbedingten Wasserspiegelabsink infolge der Primärwelle auftreten. Bedingt durch die nur ca. 4,5 stündige Messungen konnte nur eine geringe Stichprobe von knapp 30 Schiffen erfasst werden, von denen aufgrund hydraulischer Randbedingungen nur die Hälfte am Ufer zu Reaktionen geführt hat. Doch der hohe Aufwand bei Messung und Auswertung rechtfertigt diese Vorgehensweise.

Der Zusammenhang zwischen den Ergebnissen der vier Messkampagnen für die maximalen Porenwasserüberdrücke und den zugehörigen verschiedenen Wasserspiegellagen ist sinnvoll und plausibel.

Im Fall der Messkampagne 2014 wurden zusätzlich die Sekundärwellen und ihre Auswirkungen am Ufer untersucht. Dabei war zu erkennen, dass in Einzelfällen Reaktionen in der Uferböschung aufgetreten sind, die in der Größenordnung der Hauptauswirkungen durch den Absink lagen. Besonders im Hinblick auf den periodischen Charakter der Sekundärwellen besteht weiterer Untersuchungsbedarf.

Eine detaillierte Auswertung hinsichtlich der Auswirkungen der Porenwasserüberdrücke auf die Böschungsstandsicherheit unter Berücksichtigung der stabilisierenden Wirkung der Weidenwurzeln erfolgt nach Abschluss aller Messungen 2016.

7 Quellen

(BAW, BfG, WSA-MA, 2013) Bundesanstalt für Wasserbau, Bundesanstalt für Gewässerkunde, Wasser- und Schifffahrtsamt Mannheim, Einrichtung einer Versuchsstrecke mit technisch-biologischen Ufersicherungen, Rhein km 440,6 bis km 441,6, rechtes Ufer – Zweiter Zwischenbericht: **Erste Monitoringergebnisse 2012**, Eigenverlag, Karlsruhe/Koblenz Juni 2013 – mit Anlagenband

(BAW, 2011) Bundesanstalt für Wasserbau
Grundlagen zur Bemessung von Böschungs- und Sohlensicherungen an Binnenwasserstraßen (GBB 2010)
Eigenverlag, Karlsruhe März 2011

8 Abkürzungen

AZW	Ausbauzentralwasserstand
B	zu <u>B</u> erg
BAW	Bundesanstalt für Wasserbau
BfG	Bundesanstalt für Gewässerkunde
DS	Drucksonde
ES	Europaschiff (Typschiff mit $L \leq 85$ m)
GMS	Großmotorgüterschiff (Typschiff mit $L \leq 110$ m)
HSW	höchster schiffbarer Wasserstand
JW	Johann Welker (Typschiff mit $L \leq 67$ m)
MA	Mannheim
MP	Messpunkt; Monitoringperiode
PWÜD	Porenwasserüberdruck
SB	Schubboot
SchB	Schwingungsbreite
SL	Schubleichter
SV	Schubverband
T	zu <u>T</u> al
TMS	Tankmotorschiff mit den Abmessungen eines GMS
üGMS	überlanges GMS (Typschiff mit $L \leq 135$ m)
WSA	Wasserstraßen- und Schifffahrtsamt
Wsp	Wasserspiegel
WSt	Wasserstand
WSV	Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung

Anlagen

Anlage 3.1

Protokoll vom 19.2.2014 zu den beobachteten Schiffen im Original

Porenwasserdruckmessungen

→ Messprotokoll beobachtete Schiffe

Seite: 1

Datum: 19.2.2014

Wasserstand Pegel Worms: 265? cm

Team: HV Herzog, HV Keller, HV Soygen, HV Janderow

Wetter: (bewölkt) ⇒ Sonnig

Ifd. Nr.	Uhrzeit [h:min]	Name [-]	Land CH/D/NL...	Typ GMS/FGS/...	Richtung Berg/Tal [-]	Entfernung v. Hektometer [m]	Abmessungen lt. Tafel			Ablesung Eichmarke [m]	Passagezeit [s]
							Länge [m]	Breite [m]	max. Tiefgang [m]		
1	9:53		N	JW	B	141,7	67	7,25	V	26,8	7544
2	9:54		N	GHS	B	106,10	80	9,54	L	26,1	7542
3	10:10		N	TMS	B	114,5	125	11,45	3,56 L	38,2	7951
4	10:15		N	GMS ^{cu}	T	108,90	135	14,2	V	30	54
5	10:19		D	GHS	T	114,20	80	9,50	L	21,5	58
6	10:27		N	FMS	B	131,40	85,75	9,55	1,10 L →	24,8	62
7	10:35		D	JW	T	88,7	85	10,15	V	16,5	16
8	48		N	JW	T	110,05	67	7,45		10,5	21
9	11:00		N	GHS	T	95,2	81	8,20	L	14,0	25
10	11:03		N	SU	T	110,80 111,20	82 101	11,15 11,15	3,30 →	38,0	50
11	11:18		D	ES	B	134,7	80	8,20	V	31	89
12	11:58		N	nighs	T	94,2	135	11,45		28,8	43
13	12:00		N			110,80	105	11,0		19,1	97

Anonymisierung

Porenwasserdruckmessungen → Messprotokoll beobachtete Schiffe

Datum: Seite:

Wasserstand Pegel Worms: cm

Team:

Wetter:

Ifd. Nr.	Uhrzeit [h:min]	Name [-]	Land CH/D/NL... [-]	Typ GMS/FGS/... [-]	Richtung Berg/Tal [-]	Entfernung v. Hektometer [m]	Abmessungen lt. Tafel		Ablesung Eichmarke [m]	Passagezeit [s]	
							Länge [m]	Breite [m]			
26	69		D		T	621,7	14,88	5,83		8,7	
27	49		D		T	90,4	85	9,2		16,9	
28	11:04		N	THS	T	88,8	110	11,45	-60	20,0	
29	11:07		N		B	126,9	85	9,50	v	30,9	
		Anonymisierung									

Anlage 3.2

Protokoll vom 19.2.2014 zu den beobachteten Schiffen als Nachschrift (ohne Ergänzungen)

Datum: 19.02.2014

Wasserstand Pegel Worms: 263 cm

Team: Herr Herzog, Herr Keller, Herr Soyeaux, Herr Servouse

Weiter: bewölkt → sonnig

Ifd. Nr.	Uhrzeit	Name	Land	Typ	Richtig	Entfernung v. Hektometer Berg/Tal	Abmessungen lt. Tafel		Eichmarke	Passagezeit	Foto-Nr.
							Länge	Breite			
1	09:53		N	JW	B	141,7	67	7,25	V	26,8	7944
2	09:54		N	GMS	B	106,2	80	9,54	L	26,1	7947
3	10:10		N	TMS	B	114,5	125	11,45	3,56 L	38,2	7951
4	10:15		N	GMS CON	T	108,9	135	14,2	V	30	54
5	10:19		D	GMS	T	119,2	80	9,5	L	21,5	58
6	10:27		N	TMS	B	131,4	85,75	9,55	L	24,8	62
7	10:35		D	JW	T	88,7	85	10,15	V	16,5	66
8	10:48		N	JW	T	110,05	67	7,45	V	10,5	71
9	11:00		N	ES	T	95,2	81	8,2	L	14	75
10	11:08		N	SV	T	110,8/11,2	82/101	11,45/11,45	V	38	80
11	11:28		D	ES	B	132,7	80	8,2	V	31	89
12	11:58		N	üGMS	T	94,2	135	11,45	V	28,8	93
13	12:00		N		T	110,8	105	11	V	19,1	97
14	12:03		D	(ü)GMS	T	64,4	108,5	11,4	V	19	.02
15	12:07		D	ES	B	141,9	82	8,2	V	32,8	.09
16	12:38		N	ES	B	143,8	86	9,5	V	34,1	13
17	12:39		N		B	117,6	105	11,45	V	39,4	17
18	12:41		B		B	126,3	76	8,22	V	26,6	22
19	12:49	Bl	D		B	134	35,85	7,3	V	10,2	27
20	12:53		D		B	128,5	105	9,46	V	16,1	30
21	13:08		N		T	81,6	86	9,5	L	15,6	34
22	13:10		D	TMS	T	99,8	80	9,5	V	11,8	39
23	13:35	Bl	D	SB+L	T	77,5	SB/SL		V	20,4	45
24	13:37				B	124,8	73,45	11,45	V	27,9	51
25	13:38					128	105	11,45	V		
26	13:48		D		T	81,1	85	8,2	L	22,9	57
27	13:49		D		T	42,8	14,88	5,83	V	8,7	62
28	14:04		N	TMS	T	90,4	85	9,2	V	16,9	67
29	14:07		N		B	88,8	110	11,45	V	20	72
						126,9	85	9,5	V	30,9	78

Anonymisierung

Anlage 3.3

Protokoll

vom 19.2.2014

**zu den beobachteten Schiffen
mit Korrekturen / Ergänzungen
(*erläutert und farblich markiert*)**

Stand: 28.12.2016

Uhrzeit nach Protokoll	Name	Land ¹⁾	Typ ²⁾	Richtig Berg/Tal	Entfernung v. Hekometer	Länge	Abmessungen			max. Tiefgang ¹⁰⁾	Eichmarke ³⁾ nach Foto	Passage- zeit	Foto-Nr.	Foto-Zeiten
							realer Tiefgang ⁵⁾	Breite	max. Tiefgang					
[]	[]	[]	[]	[]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[s]	[]	[h:min]	
1	09:53	NL	GK	B	141,7	67	7,25	2,47	V	2,47		7944-46	09:53	
2	09:54	NL	TMS	B	106,2	80	9,54	2,8	L	2,8		7947-50	9:54 - 9:55	
3	10:10	NL	TMS	B	114,5	125	11,45	3,5	L	3,56/3,5 ⁸⁾		7951-53	10:09 - 10:10	
4	10:15	NL	UGMS	T	108,9	135	14,2	3,76	V	3,76		7954-57	10:16	
5	10:19	D	ES	T	119,2	80	9,5	1,12	L	2,59	1,12	7958-61	10:18 - 10:19	
6	10:27	NL	TMS	B	131,4	85,75	9,55	1,1	L	3,1	1,1	7962-65	10:26 - 10:27	
7	10:35	D	ES	T	88,7	85	10,15	2,82	V	2,82		7966-70	10:33	
8	10:48	NL	GK	T	110,06	67	7,45	2,1	L	2,77	2,1	7971-74	10:48 - 10:49	
9	11:00	NL	ES	T	95,2	81	8,2	1,1*	L	2,72		7975-79	10:59	
10	11:08	NL	SV:SL+GMS	T	110,8/111,2 ⁶⁾	82/101 ⁶⁾	11,45/11,45 ⁶⁾	3,3/3,3	V	3,45/3,4 ⁶⁾	3,3	7980-88	11:08 - 11:09	
11	11:28	D	ES	B	132,7	80	8,2	2,53	V	2,53		7989-92	11:29 - 11:30	
12	11:58	NL	UGMS	T	94,2	135	11,45	3,37	V	3,37		7993-96	11:58	
13	12:00	NL	GMS	T	110,8	105	11	2,5	L	3,2	2,5	7997-8001	11:59 - 12:00	
14	12:03	D	GMS	T	64,4	108,5	11,4	3,5	V	3,5		8002-08	12:01 - 12:02	
15	12:07	D	ES	B	141,9	82	8,2	2,54	V	2,54		8009-12	12:05 - 12:06	
16	12:38	NL	ES	B	143,8	86	9,5	2,92	V	2,92		8013-17	12:37 - 12:38	
17	12:39	NL	GMS	B	117,6	105	11,45	2,95**	L	3,64	3,1 B/2,8 H	8018-21	12:39 - 12:40	
18	12:41	B	GK	B	126,3	76	8,22	2,8	V	2,8		8022-26	12:42	
19	12:49	D	WSV	B	134	35,85/34,80 ⁷⁾	7,3/5,8 ⁷⁾	1,5	V	1,5		8027-29	12:48	
20	12:53	D	GMS	B	128,5	105	9,46	2,64	V	2,64		8030-33	12:52 - 12:53	
21	13:08	NL	ES	T	81,6	86	9,5	1,1*	L	2,6		8034-38	13:08	
22	13:10	D	TMS	T	99,8	80	9,5	1,1	L	2,5	0,8 B/1,1 M/1,6 H	8039-44	13:09	
23	13:35	D	SL+SB	T	77,5	76,5/34,5 ⁶⁾	11,4/7,27 ⁶⁾	2,4	L	3,20/1,35 ⁶⁾	2,50/1,20	8045-50	13:34 - 13:35	
24	13:37	NL	SV:SL+GMS	B	124,8/128 ⁶⁾	73,45/105 ⁶⁾	11,45/11,45 ⁶⁾	1,56/1,56**	V/V	2,56/2,56 ⁶⁾	-100/-100	8051-56	13:36 - 13:37	
25	13:38	D	ES	B	81,1	85	8,2	1,1*	L	2,82		8057-61	13:37 - 13:38	
26	13:48	D	WSV	T	42,8	14,88	6,33/3,83 ⁹⁾	0,99	L	0,99		8062-66	13:46 - 13:47	
27	13:49	D	ES	T	90,4	85	9,2	2,54	V	2,54		8067-71	13:47 - 13:48	
28	14:04	NL	TMS	T	88,8	110	11,45	2,9**	L	3,53	-60	8072-77	14:04	
29	14:07	NL	ES	B	126,9	85	9,5	2,67	V	2,67		8078-81	14:05 - 14:06	

Anonymisierung

Info: Die rot geschriebenen Felder sind Ergänzungen/Korrekturen aus den Quellen.

Hinweise:

- 1) Länder: B-Belgien/ D-Deutschland/ NL-Niederlande
- 2) Schiffstypen: GK - Gustav Koenigs/ ES - Europaschiff (Johann Weiker)
GMS - Großmotorgüterschiff / TMS - Tankmotorschiff / UGMS - überlanges GMS
SB - Schubboot / SL - Schubleichter/ SV - Schubverband
WSV-Aufsichtsboot o.ä.
- 3) Eichmarke: H-Heck/ M-Mitte/ B-Bug
- 4) Passagezeit um 10 sec erhöht anhand Aufnahmezeiten des Schiffs-Fotos!
- 5) tatsächlicher Tiefgang kombiniert aus max Tiefgang, Eichmarken, Dossier, Fotos
- 6) bei Verbänden Reihenfolge der Passage (Leichter VOR Schubboot/-schiff)
- 7) Länge und Breite in Höhe Wasserlinie (nicht Max.werte nach Tafel I), korrigiert nach Schiffsdossier
- 8) nach Tafel auf Foto
- 9) falsch abgelesen, korrigiert nach Schiffsdossier
- 10) nach www-Recherche

Symbole

- * Multiplikation von max T mit 2/5 wegen L
- ** Verwendung Minusangaben von neg. Eichmarkenangaben
- ▼ Veränderung des Tiefgangs nach ⁵⁾

Anlage 3.4

Protokoll

vom 19.2.2014

zu den beobachteten Schiffen

als endgültige Version

Stand: 28.12.2016

Ifd. Nr.	Uhrzeit nach Protokoll [h:min]	Name	Land ¹⁾	Typ ²⁾	Richtig Berg/Tal	Entfernung v. Heikometer [m]	Abmessungen			Eichmarke ³⁾		Passagezeit [s]	Foto-Nr.	Foto-Zeiten [h:min]
							Länge [m]	Breite [m]	realer Tiefgang ⁵⁾ [m]	max. Tiefgang ¹⁰⁾ [m]	nach Protokoll [m]			
1	09:53			GK	B	141,7	67	7,25	2,47	V	2,47	26,8	7944-46	09:53
2	09:54		NL	TMS	B	106,2	80	9,54	2,8	L	2,8	26,1	7947-50	9:54 - 9:55
3	10:10		NL	TMS	B	114,5	125	11,45	3,5	3,5 L	3,5	38,2	7951-53	10:09 - 10:10
4	10:15		NL	UGMS	T	108,9	135	14,2	3,76	V	3,76	30	7954-57	10:16
5	10:19		D	ES	T	119,2	80	9,5	1,12	L	2,59	21,5	7958-61	10:18 - 10:19
6	10:27		NL	TMS	B	131,4	85,75	9,55	1,1	L	3,1	24,8	7962-65	10:26 - 10:27
7	10:35		D	ES	T	88,7	85	10,15	2,82	V	2,82	16,5	7966-70	10:33
8	10:48		NL	GK	T	110,05	67	7,45	2,1	L	2,77	10,5	7971-74	10:48 - 10:49
9	11:08		NL	ES	T	95,2	81	8,2	1,1	L	2,72	14	7975-79	10:59
10	11:08		NL	SV,SL+GMS	T	110,8/112,6 ⁶⁾	82/101 ⁶⁾	11,45/11,45 ⁶⁾	3,3/3,3 ⁶⁾		3,45/3,4 ⁶⁾	38	7980-88	11:08 - 11:09
11	11:28		D	ES	B	132,7	80	8,2	2,53	V	2,53	31	7989-92	11:29 - 11:30
12	11:58		NL	UGMS	T	94,2	135	11,45	3,37	L	3,37	28,8	7993-96	11:58
13	12:00		NL	GMS	T	110,8	105	11	2,5	L	3,2	19,1	7997-8001	11:59 - 12:00
14	12:03		D	GMS	T	64,4	108,5	11,4	3,5	V	3,5	19	8002-08	12:01 - 12:02
15	12:07		D	ES	B	141,9	82	8,2	2,54	V	2,54	32,8	8009-12	12:05 - 12:06
16	12:38		NL	ES	B	143,8	86	9,5	2,92	V	2,92	34,1	8013-17	12:37 - 12:38
17	12:39		NL	GMS	B	117,6	105	11,45	2,95	V	3,64	39,4	8018-21	12:39 - 12:40
18	12:41		B	GK	B	126,3	76	8,22	2,8	V	2,8	26,6	8022-26	12:42
19	12:49		D	WSV	B	134	34,8	5,8	1,5	L	1,5	10,2	8027-29	12:48
20	12:53		D	GMS	B	128,5	105	9,46	2,64	V	2,64	26,1	8030-33	12:52 - 12:53
21	13:08		NL	ES	T	81,6	86	9,5	1,1*	L	2,6	15,6	8034-38	13:08
22	13:10		D	TMS	T	99,8	80	9,5	1,1	L	2,5	11,8	8039-44	13:09
23	13:35		D	SL+SB	T	77,5	76,5/34,5 ⁶⁾	11,4/7,27 ⁶⁾	2,4		3,20/1,35 ⁶⁾	20,4	8045-50	13:34 - 13:35
24	13:37		NL	SV,SL+GMS	B	124,8/128 ⁶⁾	73,45/105 ⁶⁾	11,45/11,45 ⁶⁾	1,56/1,56 ⁶⁾	V/V	2,56/2,56 ⁶⁾	37,9	8051-56	13:36 - 13:37
25	13:38		D	ES	B	81,1	85	8,2	1,1	L	2,82	22,9	8057-61	13:37 - 13:38
26	13:48		D	WSV	T	42,8	14,88	3,83	0,99	L	0,99	8,7	8062-66	13:46 - 13:47
27	13:49		D	ES	T	90,4	85	9,2	2,54	L	2,54	16,9	8067-71	13:47 - 13:48
28	14:04		NL	TMS	T	88,8	110	11,45	2,9	L	3,53	20	8072-77	14:04
29	14:07		NL	ES	B	126,9	85	9,5	2,67	V	2,67	30,9	8078-81	14:05 - 14:06

Anonymisierung

Hinweise:

- 1) Länder: B-Belgien/ D-Deutschland/ NL-Niederlande
- 2) Schiffstypen: GK - Gustav Koenigs / ES - Europaschiff (Johann Welker)
 GMS - Großmotorgüterschiff / TMS - Tankmotorschiff / UGMS - überlanges GMS
 SB - Schubboot / SL - Schubleichter / SV - Schubverband
 WSV - Aufsichtsboot o.ä.
- 3) Eichmarke: H-Heck/ M-Mitte/ B-Bug
- 6) bei Verbänden Reihenfolge der Passage (Leichter VOR Schubboot/-schiff)
- 10) nach www-Recherche

Anlage 3.5

Datendossier

zu den am 19.2.2014

beobachteten Schiffen

*(Angaben aus dem Internet,
alphabetisch sortiert)*

Hinweise: Bildmaterial und Informationen stammen aus den kenntlich gemachten Quellen
und/oder aus den eigens aufgenommenen Bildern.

Schiff Nr. 8

Name: 

Ex-Name: 

gemeldet in: Leeuwarden

Nationalität: 

Europaanummer: 

Länge: 67,00 m

Breite: 7,45 m

Tiefgang: 2,77 m

Tonnage: 799 t

Maschinenleistung: 459 KW = 624 PS

Maschinen-Hersteller: Caterpillar

Bugstrahl: 180 PS

Baujahr: 1949

erbaut in: 

Bauwerft: De Groot & v.Vliet, Slikkerveer

Bau-Nr.: 



Quelle: <http://www.binnenschifferforum.de/f> 

 (11.2014)

Schiff Nr. 23

Schubboot

Name: [REDACTED]
Ex-Name: [REDACTED]
gemeldet in: Ludwigshafen
Nationalität: 
Europa-Nr.: [REDACTED]
MMSI-Nr.: [REDACTED]
Rufzeichen: [REDACTED]

Länge: 34,50 m
Breite: 7,27 m
Tiefgang: 1,35 m

Maschinenleistung: 2 x 600 PS
Maschinenhersteller: Mercedes

Baujahr: 1939
erbaut in: 
Bauwerft: Wiemann in Brandenburg

Wurde 1939 als Schleppboot [REDACTED] gebaut. 1971 Umbau zum Schubboot.



Quelle: <http://www.binnenschifferforum.de/f> [REDACTED]

[REDACTED] (11.2014)

Schiff Nr. 23

Schubleichter



Schiffsdaten

Name :

Eigner :
gemeldet in : Ludwigshafen
Nationalität : 
Europnummer :

Länge : 76,50 m
Breite : 11,40 m
Tiefgang : 3,20 m
Tonnage : 2317 to.

Baujahr : 1980
Erbaut in :  
Bauwerft : Scar, Strasbourg



Quelle: <http://www.binnenschifferforum.de/>

(11.2014)

Schiff Nr. 22

Name:

Eigner:

gemeldet in: Worms

Nationalität: 

Europa-Nr.:

MMSI-Nr.:

Rufzeichen:

Länge: 80,00 m

Breite: 9,50 m

Tiefgang: 2,50 m

Tonnage: 1254 t

Maschinenleistung: 800 PS

Maschinen-Hersteller: MWM TRH 348 SU

Baujahr: 1962

erbaut in: 

Bauwerft: Bayerische Schiffswerft in Erlenbach



Quelle: <http://www.binnenschifferforum.de/f>

(11.2014)

Schiff Nr. 14

Name:
Ex-Name:
registriert in: Neckarhausen
Nationalität: 
Europa-Nr.:
MMSI-Nr.:
Rufzeichen:

Länge: 108,50 m
Breite: 11,40 m
Tiefgang: 3,50 m
Tonnage: 2957 t

Maschinenleistung: 1500 PS
Maschinen-Hersteller: ABC

Baujahr: 1986
erbaut in: 
Bauwerft: Ebert & Söhne, Neckersteinach



Quelle: <http://www.binnenschifferforum.de/>

(11.2014)

Schiff Nr. 19



beim Einsatz an der Loreley am 8. Februar 2011

Quelle:

<http://de.wikipedia.org/wiki/>

(11.2014)

Länge

L über alles 35,85 m

L in der WL34,80 m

Breite

B über alles7,30 m (überbreite Brücke)

B in der WL 5,80 m

WL = Wasserlinie

Schiffsdaten	
Flagge	Deutschland
Schiffstyp	Laborschiff
Heimathafen	Speyer
Bauwerft	Schiffswerft Germersheim GmbH
Stapellauf	11. Juli 1988
Schiffsmaße und Besatzung	
Länge	35,85 m (Lüa)
Breite	7,30 m
Verdrängung	132 t
Maschine	
Maschine	2 KHD Dieselmotoren SBA 6M816
Maschinenleistung	524 PS (385 kW)
Propeller	2 Schottel Ruderpropeller SRP 150/152 EST 1 Schottel Pumpjet SPJ 20 mit E-Antrieb 29 PS
Sonstiges	
Registrier-nummern	

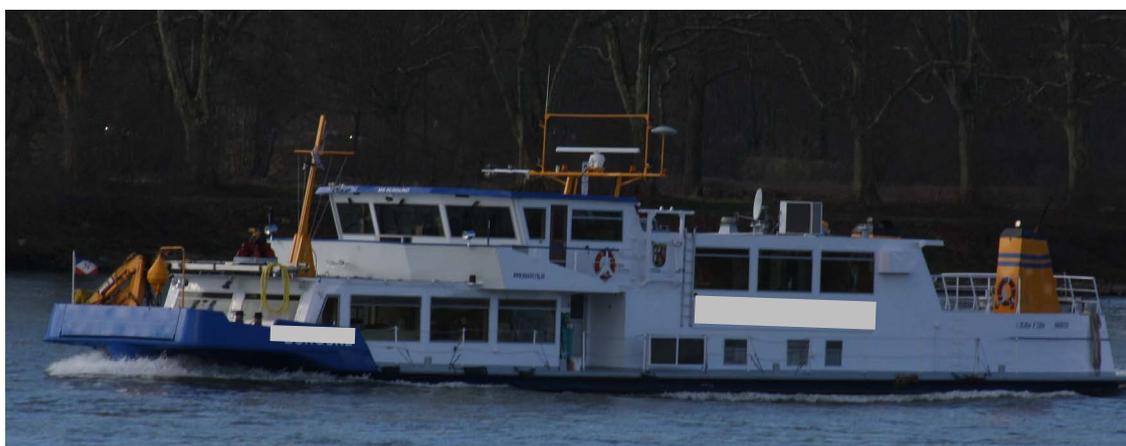


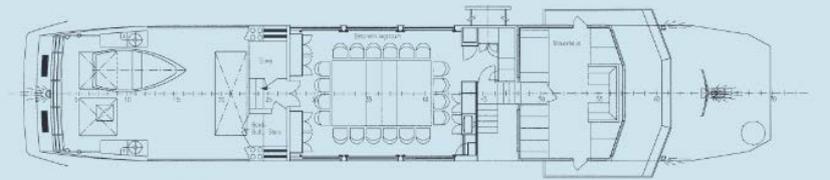
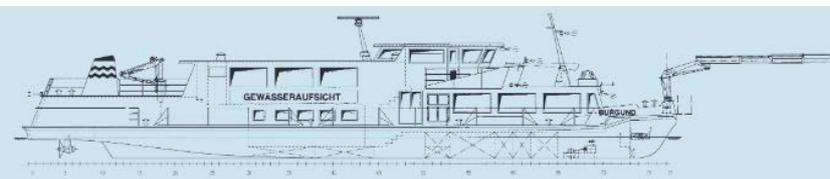
Foto vom 19.2.2014

Hauptabmessungen

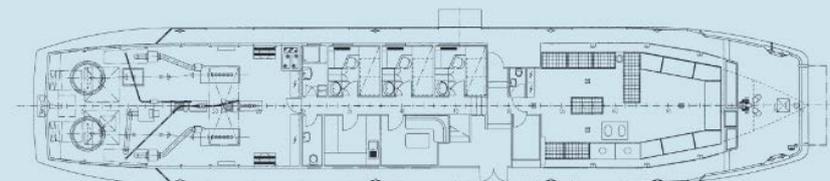
Länge über alles
35,85 m
 Länge in der Wasserlinie
34,80 m
 Breite über alles
7,30 m
 Breite in der Wasserlinie
5,80 m
 Verdrängung dabei
132 m³
 Seitenhöhe bis Haupt-
deck 1,80 m

Antrieb

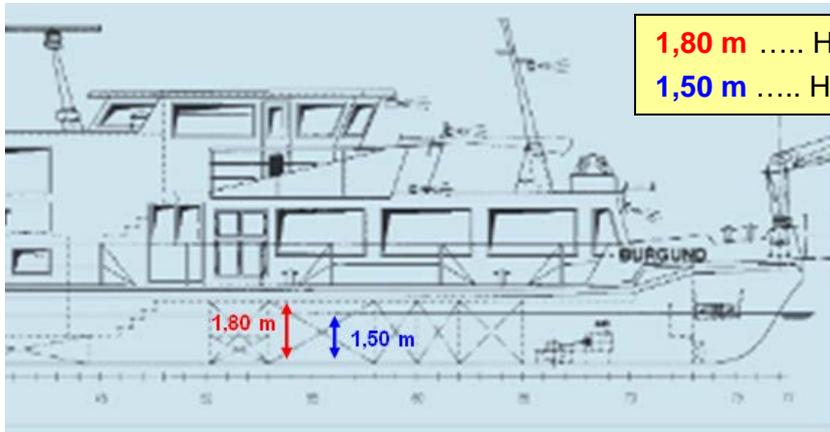
2 KHD-Dieselmotoren SBA
 6 M 816 à 193 KW
 (= 2 x 262 PS)
 2 Schottel-Ruderpropeller,
 SRP 150/152 EST,
 1 Schottel-Pump-Jet
 SPJ 20 im Bug
 mit Elektroantrieb 22 KW



Freideck Besprechungsraum Steuerhaus



Maschinenraum Mannschaftsräume Labor



1,80 m Höhe Hauptdeck – Kiel:
1,50 m Höhe Wasserlinie – Kiel (Tiefgang)

Quelle:

<http://www.wasser.rlp.de/>

(11.2014)

Schiff Nr. 10

Schiebendes GMS

Name: [REDACTED]
gemeldet in: Werkendam
Nationalität: 
Europa-Nr.: [REDACTED]
MMSI-Nr.: [REDACTED]
Rufzeichen: [REDACTED]

Länge: 101,00 m
Breite: 11,45 m
Tiefgang: 3,40 m
Tonnage: 2893 T
TEU: 192

Maschinenleistung: 1900 PS
Maschine: Caterpillar B 3512 DI-TA electronic
Bugstrahl: 510 PS DAF v.Wijk

Baujahr: 2011
erbaut in: 
Bauwerft: Zoushan Pengkai Ship Repair & Building Co. Ltd., Zoushan, Nanjing
Ausbauwerft:  Gebr. Jooren B.V., Werkendam



Quelle: <http://www.binnenschifferforum.de/f>

(11.2014)

Schiff Nr. 10

Schubleichter

Name: 

Europaanummer: 

Länge: 82,00 m

Breite: 11,45 m

Tiefgang: 3,45 m

Tonnage: 2411 T

TEU: 176

Maschinenleistung: 430 PS

Maschinen-Hersteller: DAF v.Wijk

Bugstrahl: 510 PS DAF v.Wijk

Baujahr: 2011

erbaut in: 

Bauwerft: Zhoshan Pengkai, Nanjing

Ausbauwerft:  Jooren, Werkendam

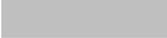
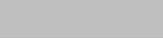
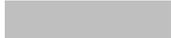
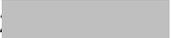
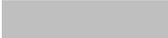


Foto vom 19.2.2014

Quelle: <http://www.binnenschifferforum.de/> 

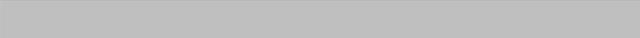
 (11.2014)

Schiff Nr. 17

Name: 
Ex-Name: 
gemeldet in: Zwijndrecht
Nationalität: 
Europa-Nr.: 
MMSI-Nr.: 
Rufzeichen: 

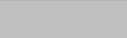
Länge: 105,00 m
Breite: 11,45 m
Tiefgang: 3,64 m
Tonnage: 3050 t
TEU: 192

Maschinenleistung: 1521 PS
Maschine: Caterpillar 3512 (B) DI-TA electronic
Bugstrahl: 543 PS Caterpillar Verhaar Omega-Jet

Baujahr: 2004
erbaut in: 
Bauwerft: Santierul Naval SA in Orsova
Ausbauwerft:  Dolderman, Dordrecht
2004 Name: 
2007 Name: 




Quelle: <http://www.binnenschifferforum.de/f> 

 (11.2014)

Schiff Nr. 20

Name:
Ex-Namen:
gemeldet in: Duisburg
Nationalität: 
Europaanummer:
MMSI-Nr.:
Rufzeichen:

Länge: 105 m / vorher: 79,07 m
Breite: 9,46 / vorher: 9,05 m
Tiefgang: 2,64 m / vorher: 2,53 m
Tonnen: 1772 t / vorher: 1190 t

Maschinenleistung: 800 PS
Maschinen-Hersteller: Deutz

Baujahr: 1944
erbaut in: 
Bauwerft: De Biesbosch, Dordrecht
Bau-Nr.:

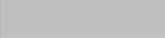
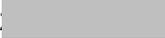
Verlauf

1944 -
1965 -



Quelle: <http://www.binnenschifferforum.de/>
 (11.2014)

Schiff Nr. 6

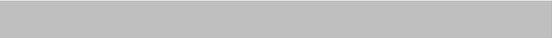
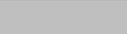
Name: 
Ex-Name: 
gemeldet in: Zwijndrecht
Nationalität: 
Europa-Nr.: 
MMSI-Nr.: 
Rufzeichen: 

Länge: 86,00 m
Breite: 9,50 m
Tiefgang: 3,10 m
Tonnage: 1535 t, seit 2011 1537 T

Maschinenleistung: 1278 PS
Maschine: Mitsubishi S 12 R-MPTK
Bugstrahl: 320 PS DAF van Wijk

Baujahr: 2000
erbaut in: 
Bauwerft: Stocznia Kozle Serwis, Kozle
Ausbauwerft:  Koedood Dieselservice BV in Hendrik Ido Ambacht



Quelle: <http://www.binnenschifferforum.de/f> 
 (11.2014)

Schiff Nr. 1

Name: [REDACTED]
Ex-Namen: [REDACTED]
gemeldet in: Rotterdam
Nationalität: 
Europaanummer: [REDACTED]
MMSI - Nr.: [REDACTED]
Rufzeichen: [REDACTED]

Länge: 67,00 m

Breite: 7,25 m

Tiefgang: 2,47 m

Nach Foto vom Messtaq auf Tafel: **3,50 m !!**

Tonnage: 839 t

Maschinenleistung: 600 PS

Maschinen-Hersteller: Cummins

Bugstrahl: DAF 120 PS

Baujahr: 1963

erbaut in: 

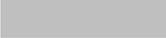
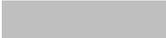
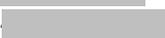
Bauwerft: Hoogezand, Bergum



Quelle: <http://www.binnenschifferforum.de/> [REDACTED]

[REDACTED] (11.2014)

Schiff Nr. 3

Name: 
Ex-Name: 
gemeldet in: Hendrik Ido Ambacht
Nationalität: 
Europa-Nr.: 
IMO-Nr.: 
MMSI-Nr.: 
Rufzeichen: 

Länge: 125,00 m
Breite: 11,45 m
Tiefgang: 3,47 m
Tonnage: 3273 t

Maschinenleistung: 2x 1014 PS
Maschinen-Hersteller: Caterpillar

Baujahr: 2006
erbaut in: 
Bauwerft: Longhuan in Yangzou
Ausbauwerft:  TeamCo Shipyard in Heusden



Quelle: <http://www.binnenschifferforum.de/f> 

 (11.2014)

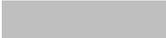
Schiff Nr. 18

Name: 

Ex-Namen: 

gemeldet in: Vivegnis

Nationalität: 

Europa-Nr.: 

MMSI-Nr.: 

Rufzeichen: 

Länge: 76,00 m

Breite: 8,22 m

Tiefgang: 2,80 m

Tonnage: 1214 t

Maschinenleistung: 750 PS

Maschinenhersteller: Cummins

Baujahr: 1957

erbaut in: 

Bauwerft: Germersheimer Schiffswerft in Germersheim

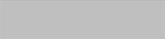
© M. Fritzsche ©



Quelle: <http://www.binnenschifferforum.de/f> 

 (11.2014)

Schiff Nr. 12

Name: 
gemeldet in: Maasbracht
Nationalität: 
Europa-Nr.: 
MMSI-Nr.: 
Rufzeichen: 

Länge: 135,00 m
Breite: 11,45 m
Tiefgang: 3,37 m
Tonnage: 4327 T

Maschinenleistung:
Maschinenhersteller: Mitsubishi
Bugstrahl: John Deere

Baujahr: 2013
erbaut in: 
Bauwerft: Hans Boost, Trier
Ausbauwerft:  Koedood Dieselservice B.V., Hendrik-Ido-Ambach



Quelle: <http://www.binnenschifferforum.de/f> 

 (11.2014)

Schiff Nr. 26

Verkehrssicherungsschiff MS 

L = 14,79 m

B = 3,80 m

Bj. 2005

Verdrängung = 22,3 m³

Leistung = 148 kW

Tiefgang

T = 0,99 m

telefonisch erfragt



Quelle: http://www.wsa-ma.wsv.de/wir_ueber_uns/

 (11.2014)



Hallo Gemeinde,

der , am 17.09.2010, auf der Schiffswerft Braun in Speyer, auf Helling.

Schiffsdaten

Name: , Verkehrssicherungsschiff

gemeldet in: Mannheim

Nationalität: 

Europnummer: 

Länge: 14,88 m

Breite: 3,83 m

Verdrängung: 22,3 m³

Maschinenleistung: 148 kW / 200 PS

Maschinen-Hersteller:

Baujahr: 2005

erbaut in:

Bauwerft:

Quelle: <http://www.binnenschifferforum.de/>

(11.2014)

Schiff Nr. 15

Name: [REDACTED]
Ex-Name: [REDACTED]
Eigner: [REDACTED] in Hamburg
registriert in: Hamburg
Nationalität: 
Europaanummer: [REDACTED]
MMSI - Nr.: [REDACTED]
Rufzeichen: [REDACTED]

Länge: 82,00 m
Breite: 8,20 m
Tiefgang: 2,54 m
Tonnage: 1141 t

Maschinenleistung: 500 PS
Maschinen-Hersteller: Deutz

Baujahr: 1926
erbaut in: 
Bauwerft: De Haan & Oerlemans in Heusden

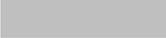
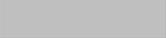
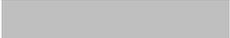
1960 umgebaut zum Motorfrachtschiff



Quelle: <http://www.binnenschifferforum.de/> [REDACTED]

[REDACTED] (11.2014)

Schiff Nr. 4

Name: 
Ex-Name: 
Eigner: 
Fährt für 
gemeldet in: Rotterdam
Nationalität: 
Europ Nummer: 
MMSI - Nr.: 
Rufzeichen: 

Länge: 134,97 m
Breite: 14,20 m
Tiefgang: 3,76 m
Tonnage: 5097 t
TEU.: 336 4 lagen 421 5 lagen

Maschinenleistung: 2x 1521 PS
Maschine: 2x Caterpillar 3512 (B) DI-TA electronic
Bugstrahl: 1014 PC Caterpillar-Veth Jet

Baujahr: 2002
erbaut in: 
Bauwerft: Daewoo Mangalia, Mangalia
Ausbauwerft:  De Waal in Werkendam



Quelle: <http://www.binnenschifferforum.de/f> 
 (11.2014)

Schiff Nr. 24

Schubleichter (SL)

Name: [REDACTED]
Ex-Name: [REDACTED]
Europaanummer: [REDACTED]
gemeldet: Rotterdam

Länge: 73,45 m
Breite: 11,45 m
Tiefgang: 2,56 m
Tonnage: 1250 t

Maschinenleistung: 550 PS
Maschinen-Hersteller: Caterpillar Veth-Jet
Bugstrahl: 2x 350 PS John Deere v.Tiem

Schiff Nr. 24

Schiebendes GMS (SGMS)

Name: [REDACTED]
Ex-Name: [REDACTED]
gemeldet in: Rotterdam
Nationalität: 
Europaanummer: [REDACTED]
MMSI - Nr.: [REDACTED]
Rufzeichen: [REDACTED]

Länge: 105,00 m
Breite: 11,45 m
Tiefgang: 2,56 m
Tonnage: 1949 t

Maschinenleistung: 2x 1014 PS
Maschinen-Hersteller: Caterpillar
Bugstrahl: 350 PS John Deere v.Tiem

Baujahr: 2007
erbaut in: 
Bauwerft: Begej Shipyard in Novi Sad
Ausbauwerft:  Dolderman in Dordrecht



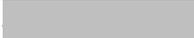
Bild vom Schubverband ALSACE (SGMS) + HOLLANDE (SL)

Quelle: <http://www.binnenschifferforum.de/f>

(11.2014)

Schiff Nr. 25

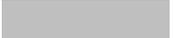
Name: 

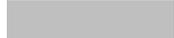
Ex-Name: 

gemeldet in: Mainz

Nationalität: 

Europaanummer: 

MMSI - Nr.: 

Rufzeichen: 

Länge: 85,00 m

Breite: 8,20 m

Tiefgang: 2,82 m

Tonnage: 1349 t

Maschinenleistung: 750 PS

Maschinen-Hersteller: Deutz

Baujahr: 1964

erbaut in: 

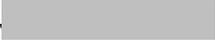
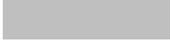
Bauwerft: De Toekomst in Boom



Quelle: <http://www.binnenschifferforum.de/f>

 (11.2014)

Schiff Nr. 9

Name: 
Eigner: 
gemeldet in: Maasbracht
Nationalität: 
Europa-Nr.: 
MMSI-Nr.: 
Rufzeichen: 

Länge: 81,00 m
Breite: 8,20 m
Tiefgang: 2,72 m
Tonnage: 1235 T

Maschinenleistung: 864 PS / Vorher: 660 PS
Maschinen-Hersteller: Mitsubishi Typ: S12A2 - C2 - MPTK / vorher: Lister Blackstone ER 58
M

Baujahr: 1964
erbaut in 
Bauwerft: Fulton, Willebroek



Quelle: <http://www.binnenschifferforum.de/f> 

 (11.2014)

Schiff Nr. 11

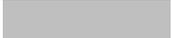
Name: 

Ex-Name: 

gemeldet in: Magdeburg

Nationalität: 

Europaanummer: 

MMSI - Nr.: 

Rufzeichen: 

Länge: 80,00 m

Breite: 8,20 m

Tiefgang: 2,53 m

Tonnage: 1117 t

Maschinenleistung: 420 PS

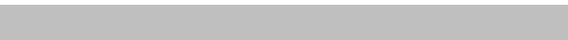
Maschinen-Hersteller: SLK

Baujahr: 1961

erbaut in: 

Bauwerft: VEB Elbewerft, Boizenburg



Quelle: <http://www.binnenschifferforum.de/f> 

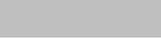
 (11.2014)

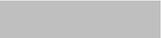
Schiff Nr. 29

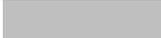
Name: 

gemeldet in: Lobith

Nationalität: 

Europa-Nr.: 

MMSI - Nr.: 

Rufzeichen: 

Länge: 85,00 m

Breite: 9,50 m

Tiefgang: 2,67 m

Tonnage: 1397 t

Maschinenleistung: 900 PS

Maschinen-Hersteller: Deutz

Bugstrahl: 290 PS DAF

Baujahr: 1965

erbaut in: 

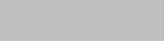
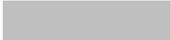
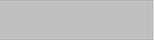
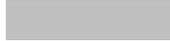
Bauwerft: Ebert & Söhne, Neckarsteinach



Quelle: <http://www.binnenschifferforum.de/f>

 (11.2014)

Schiff Nr. 13

Name: 
Ex-Namen: 
registriert in: Rotterdam
Nationalität: 
Europa-Nr.: 
MMSI-Nr.: 
Rufzeichen: 

Länge: 105,00 m
Breite: 11,00 m
Tiefgang: 3,20 m
Tonnage: 2639 t / Vorher: 2672 t

Maschinenleistung: 1250 PS
Maschinen-Hersteller: Mitsubishi
Bugstrahl: DAF 290 PS

Baujahr: 1973
erbaut in: 
Bauwerft: Ebert & Söhne, Neckersteinach



Quelle: <http://www.binnenschifferforum.de/f> 

 (11.2014)

Schiff Nr. 2

Name: 

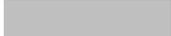
Ex-Namen: 

gemeldet in: Leerdam

Nationalität: 

Europaanummer: 

MMSI - Nr.: 

Rufzeichen: 

Länge: 79,90 m

Breite: 9,54 m

Tiefgang: 2,80 m

Tonnage: 1262 t

Maschinenleistung: 800 PS

Maschinen-Hersteller: Caterpillar

Baujahr: 1981

erbaut in: 

Bauwerft: Meltem Beykoz Tersanesi in Istanbul



Quelle: <http://www.binnenschifferforum.de/f> 

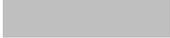
 (11.2014)

Schiff Nr. 28

Name: 

gemeldet in: Hendrik Ido Ambacht

Nationalität: 

Europa-Nr.: 

MMSI-Nr.: 

Rufzeichen: 

Länge: 110 m

Breite: 11,45 m

Tiefgang: 3,53 m

Tonnage: 2887 t

Maschinenleistung: 1700 PS

Maschine: Mitsubishi S 16 R-C2MPTK

Bugstrahl: 510 PS Caterpillar Verhaar

Baujahr: 2010

erbaut in: 

Ausbauwerft:  Koedood Dieselservice B.V.



Quelle: <http://www.binnenschifferforum.de/>

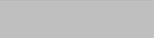
 (11.2014)

Schiff Nr. 16

Name: 
Ex-Namen: 
registriert in: Rotterdam

Nationalität: 

Europa-Nr.: 

MMSI-Nr.: 

Rufzeichen: 

Länge: 86,00 m

Breite: 9,50 m

Tiefgang: 2,92 m

Tonnage: 1519 t

Maschinenleistung: 1160 PS

Maschine: SKL 8 NVD 48 A 2 U

Bugstrahl: 535 PS Cummins Verhaar

Baujahr: 1982

Erbaut in: 

Bauwerft: RAL Jirnsum



Quelle: <http://www.binnenschifferforum.de/> 

 (11.2014)

Schiff Nr. 27

Name:

gemeldet in: Greffern

Nationalität: 

Europa-Nr.:

MMSI-Nr.:

Rufzeichen:

Länge: 85,00 m

Breite: 9,20 m

Tiefgang: 2,54 m

Tonnage: 1347 T

Maschinenleistung: 1125 PS

Maschinen-Hersteller: Deutz

Baujahr: 1929

erbaut in: 

Bauwerft: De Groot & van Vliet, Slikkerveer

Bau-Nr.:



Quelle: <http://www.binnenschifferforum.de/>

(11.2014)

Schiff Nr. 7

Name: 
Ex-Namen: 
gemeldet in: Hirschhorn, später: Mannheim
Nationalität: 
Europa-Nr.: 
MMSI-Nr.: 
Rufzeichen: 

Länge: 85,00 m
Breite: 10,15 m
Tiefgang: 2,82 m
Tonnage: 1539 t

Maschinenleistung: 799 PS
Maschinen-Hersteller: MWM

Baujahr: 1894
erbaut in: 
Bauwerft: Boele, Bolnes



Quelle: <http://www.binnenschifferforum.de/f> 
 (11.2014)

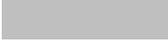
Schiff Nr. 21

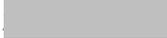
Name: 

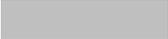
Ex-Namen: 

gemeldet in: Terneuzen

Nationalität: 

Europa-Nr.: 

MMSI-Nr.: 

Rufzeichen: 

Länge: 86,00 m

Breite: 9,50 m

Tiefgang: 2,60 m

Tonnage: 1403 t

Maschinenleistung: 800 PS

Maschinen-Hersteller: Deutz

Bugstrahl: 320 PS DAF

Baujahr: 1965

erbaut in: 

Bauwerft: Neckarsulm AG, Neckarsulm



Quelle: <http://www.binnenschifferforum.de/f> 

 (11.2014)

Schiff Nr. 5

Name: [REDACTED]
gemeldet in: Bremen, später: Brake
Nationalität: 
Europa-Nr.: [REDACTED]
MMSI-Nr.: [REDACTED]
Rufzeichen: [REDACTED]

Länge: 80,00 m
Breite: 9,50 m
Tiefgang: 2,59 m
Tonnage: 1250 t

Maschinenleistung: 800 PS
Maschine: MWM TRH 348 SU
Bugstrahl: 219 PS DAF

Baujahr: 1930
erbaut in: 
Bauwerft: A. Vujk & Zn. Schiffswerft in Capelle a/d IJssel
Bau-Nr.: [REDACTED]



Quelle: <http://www.binnenschifferforum.de/f> [REDACTED]
[REDACTED] (11.2014)

Anlage 3.6

**Tonnagen
der am 19.2.2014
beobachteten Schiffe
(Angaben aus dem Internet)**

**Tonnagen (Güterschiffe) und ersatzweise Verdrängung (Arbeitsboote)
 der am 19. Februar 2014 beobachteten Schiffe**

Schiff Nr.	Name	Tonnage		Verdrängung	
		einzel	Verband		
[-]	[-]	[t]	[t]	[m ³]	
1	Anonymisierung	839		-	
2		1262		-	
3		3273		-	
4		5097		-	
5		1250		-	
6		1537		-	
7		1539		-	
8		799		-	
9		1235		-	
10		Schubverband	2893	5304	-
10			2411		-
11		1117		-	
12		4327		-	
13		2639		-	
14		2957		-	
15		1141		-	
16		Anonymisierung	1519		-
17			3050		-
18			1214		-
19	-			132	
20	1772			-	
21	1403		-		
22	1254		-		
23	2317		-		
24	Schubverband	1250	3199	-	
24		1949		-	
25	1349		-		
26	-		22,3		
27	1347		-		
28	2887		-		
29	1397		-		

Minimum: 799 3199
Maximum: 5097 5304

Anlage 3.7

Fotodossier zu den am 19.2.2014 beobachteten Schiffen (*alphabetisch*)

SCHIFF Nr. 8 (10:48 Uhr)



Abbildung 1:  - IMG 7971



Abbildung 2:  - IMG 7972



Abbildung 3: [REDACTED] - IMG 7973



Abbildung 4: [REDACTED] - IMG 7974

SCHIFF Nr. 23 (13:35 Uhr)



Abbildung 5:  - IMG 8045



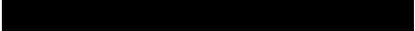
Abbildung 6:  - IMG 8046



Abbildung 7:  - IMG 8047



Abbildung 8:  - IMG 8048



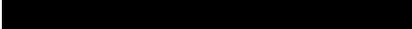
Abbildung 9:  - IMG 8049



Abbildung 10:  - IMG 8050

Schiff Nr. 22 (13:10 Uhr)



Abbildung 11:  – IMG 8039



Abbildung 12:  - IMG 8040



Abbildung 13:  - IMG 8041



Abbildung 14:  - IMG 8042



Abbildung 15: [REDACTED] - IMG 8043



Abbildung 16: [REDACTED] - IMG 8044

Schiff Nr. 14 (12:03 Uhr)



Abbildung 17:  - IMG 8002



Abbildung 18:  - IMG 8003



Abbildung 19:  - IMG 8004



Abbildung 20:  - IMG 8005

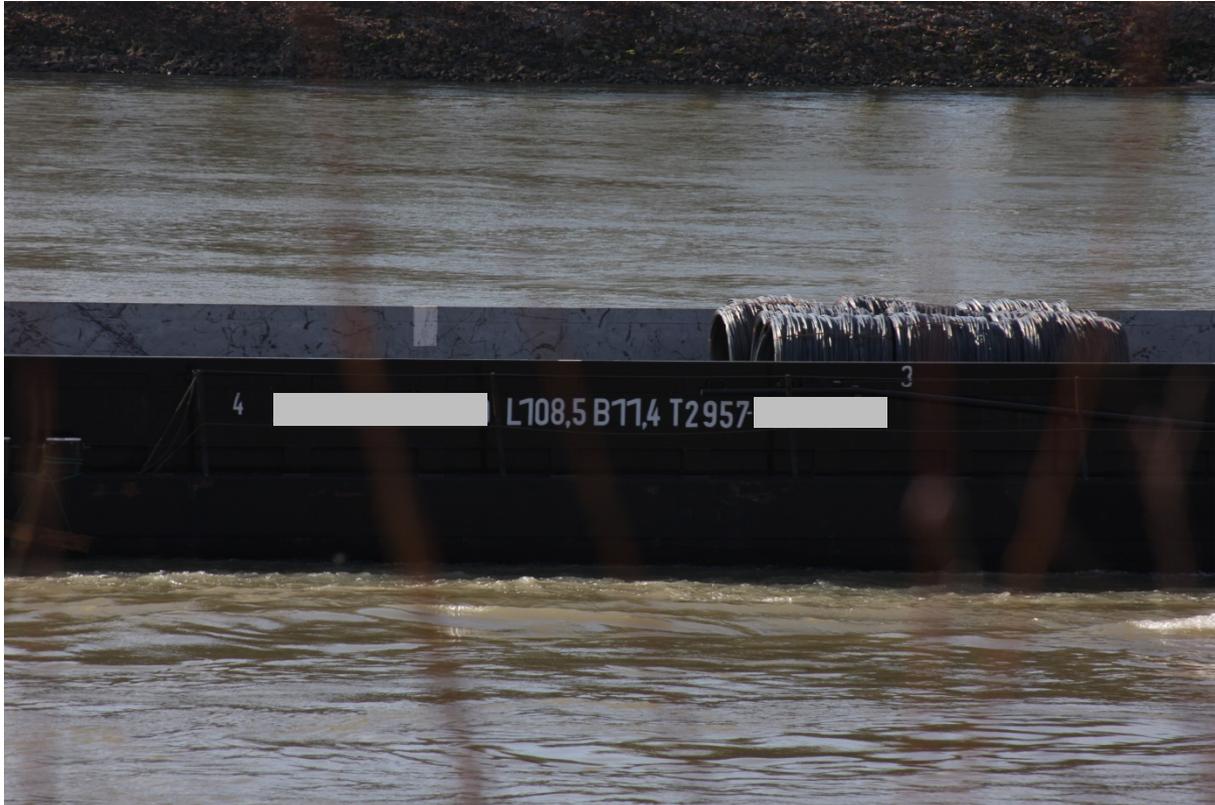


Abbildung 21:  - IMG 8006



Abbildung 22:  - IMG 8007



Abbildung 23:  - IMG 8008

Schiff Nr. 19 (12:49 Uhr)



Abbildung 24: [REDACTED] - IMG 8027



Abbildung 25: [REDACTED] - IMG 8028



Abbildung 26:  - IMG 8029

Schiff Nr. 10 (11:08 Uhr)



Abbildung 27: [REDACTED] - IMG 7980



Abbildung 28: [REDACTED] - IMG 7981



Abbildung 29:  - IMG 7982



Abbildung 30:  - IMG 7983



Abbildung 31: [REDACTED] - IMG 7984



Abbildung 32: [REDACTED] - IMG 7985



Abbildung 33: [REDACTED] - IMG 7986



Abbildung 34: [REDACTED] - IMG 7987



Abbildung 35: [REDACTED] - IMG 7988

Schiff Nr. 17 (12:39 Uhr)



Abbildung 36:  - IMG 8018

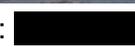


Abbildung 37:  - IMG 8019



Abbildung 38:  - IMG 8020



Abbildung 39:  - IMG 8021

Schiff Nr. 20 (12:53 Uhr)



Abbildung 40: [REDACTED] - IMG 8030



Abbildung 41: [REDACTED] - IMG 8031



Abbildung 42: [REDACTED] - IMG 8032



Abbildung 43: [REDACTED] - IMG 8033

Schiff Nr. 6 (10:27 Uhr)



Abbildung 44:  - IMG 7962



Abbildung 45: FEBE -  7963



Abbildung 46:  - IMG 7964



Abbildung 47:  - IMG 7965

Schiff Nr. 1 (9:53 Uhr)



Abbildung 48:  - IMG 7944



Abbildung 49:  - IMG 7945



Abbildung 50: [REDACTED] - IMG 7946

Schiff Nr. 3 (10:10 Uhr)



Abbildung 51:  - IMG 7951



Abbildung 52:  - IMG 7952



Abbildung 53:  - IMG 7953

Schiff Nr. 18 (12:41 Uhr)



Abbildung 54:  - IMG 8022



Abbildung 55:  - IMG 8023



Abbildung 56: [REDACTED] - IMG 8024



Abbildung 57: [REDACTED] - IMG 8025



Abbildung 58:  - IMG 8026

Schiff Nr. 12 (11:58 Uhr)



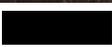
Abbildung 59:  - IMG 7993



Abbildung 60:  - IMG 7994



Abbildung 61:  - IMG 7995



Abbildung 62:  - IMG 7996

Schiff Nr. 26 (13:48 Uhr)



Abbildung 63:  - IMG 8062



Abbildung 64:  - IMG 8063



Abbildung 65: [REDACTED] - IMG 8064



Abbildung 66: [REDACTED] - IMG 8065



Abbildung 67:  - IMG 8066

Schiff Nr. 15 (12:07 Uhr)



Abbildung 68:  - IMG 8009



Abbildung 69:  - IMG 8010



Abbildung 70: [REDACTED] - IMG 8011



Abbildung 71: [REDACTED] - IMG 8012

Schiff Nr. 4 (10:15 Uhr)



Abbildung 72:  - IMG 7954



Abbildung 73:  7955



Abbildung 74: [REDACTED] - IMG 7956



Abbildung 75: [REDACTED] - IMG 7957

Schiff Nr. 24 (13:37 Uhr)



Abbildung 76: XXXXXXXXXX - IMG 8051



Abbildung 77: XXXXXXXXXX - IMG 8052



Abbildung 78: [REDACTED] - IMG 8053



Abbildung 79: [REDACTED] - IMG 8054



Abbildung 80: [REDACTED] - IMG 8055



Abbildung 81: [REDACTED] - IMG 8056

Schiff Nr. 25 (13:38 Uhr)



Abbildung 82:  - IMG 8057



Abbildung 83:  - IMG 8058



Abbildung 84:  - IMG 8059



Abbildung 85:  - IMG 8060



Abbildung 86: XXXXXXXXXX - IMG 8061

Schiff Nr. 9 (11:00 Uhr)



Abbildung 87:  - IMG 7975



Abbildung 88:  - IMG 7976



Abbildung 89:  - IMG 7977



Abbildung 90:  - IMG 7978



Abbildung 91:  - IMG 7979

Schiff Nr. 11 (11:28 Uhr)



Abbildung 92:  - IMG 7989



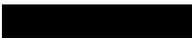
Abbildung 93:  - IMG 7990



Abbildung 94:  - IMG 7991



Abbildung 95:  - IMG 7992

Schiff Nr. 29 (14:07 Uhr)



Abbildung 96:  – 8078



Abbildung 97:  – 8079



Abbildung 98: [redacted] – 8080



Abbildung 99: [redacted] – 8081

Schiff Nr. 13 (12:00 Uhr)



Abbildung 100:  - IMG 7997



Abbildung 101:  - IMG 7998



Abbildung 102: [REDACTED] - IMG 7999



Abbildung 103: [REDACTED] - IMG 8000



Abbildung 104:  - IMG 8001

Schiff Nr. 2 (9:54 Uhr)



Abbildung 105:  - IMG 7947



Abbildung 106:  - IMG 7948



Abbildung 107: [REDACTED] - IMG 7949



Abbildung 108: [REDACTED] - IMG 7950

Schiff Nr. 28 (14:04 Uhr)



Abbildung 109:  - IMG 8072



Abbildung 110:  - IMG 8073



Abbildung 111: [REDACTED] - IMG 8074



Abbildung 112: [REDACTED] - IMG 8075



Abbildung 113:  - IMG 8076



Abbildung 114:  - IMG 8077

Schiff Nr. 16 (12:38 Uhr)



Abbildung 115:  - IMG 8013



Abbildung 116:  - IMG 8014



Abbildung 117:  - IMG 8015



Abbildung 118:  - IMG 8016



Abbildung 119: XXXXXXXXXX - IMG 8017

Schiff Nr. 27 (13:49 Uhr)



Abbildung 120:  - IMG 8067



Abbildung 121:  - IMG 8068



Abbildung 122:  8069



Abbildung 123:  - IMG 8070



Abbildung 124:  - IMG 8071

Schiff Nr. 7 (10:35 Uhr)



Abbildung 125:  - IMG 7966



Abbildung 126:  - IMG 7967



Abbildung 127:  - IMG 7968



Abbildung 128:  - IMG 7969



Abbildung 129:  - IMG 7970

Schiff Nr. 21 (13:08 Uhr)



Abbildung 130:  - IMG 8034



Abbildung 131:  - IMG 8035



Abbildung 132: [REDACTED] - IMG 8036



Abbildung 133: [REDACTED] - IMG 8037



Abbildung 134:  - IMG 8038

Schiff Nr. 5 (10:19 Uhr)



Abbildung 135:  - IMG 7958

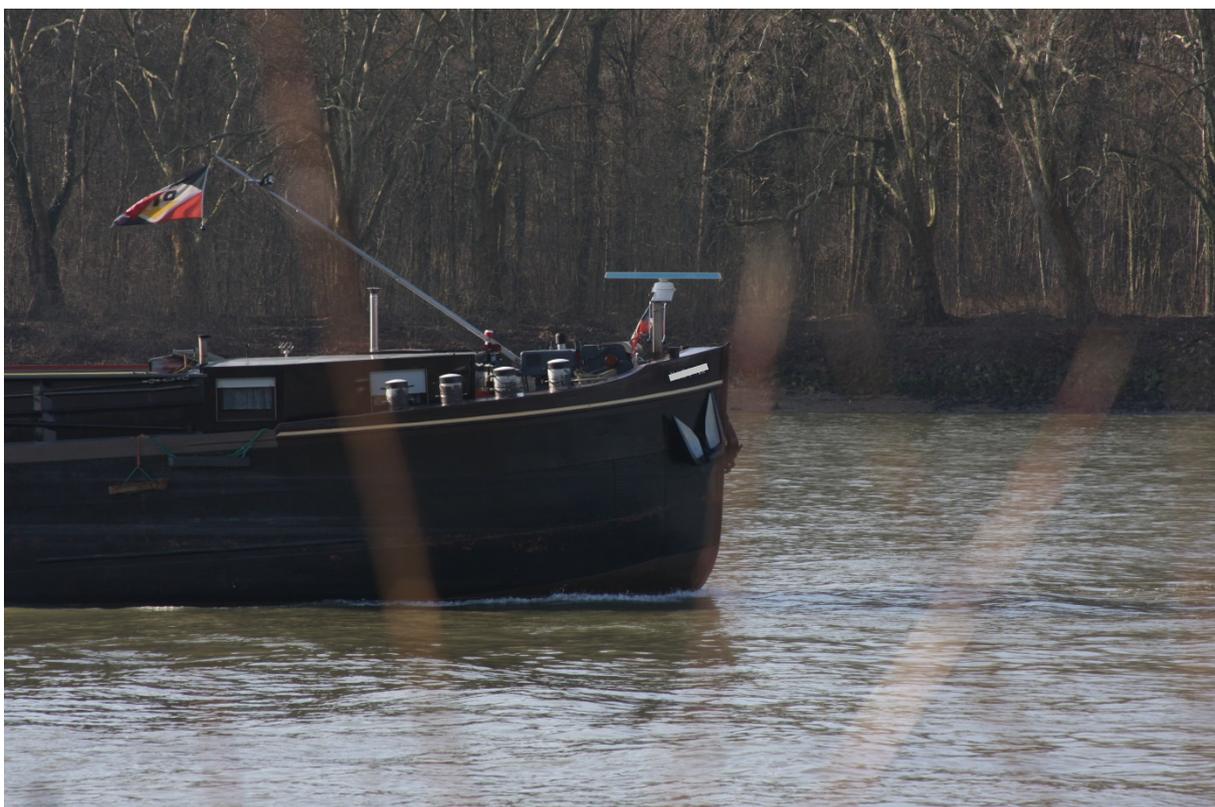


Abbildung 136:  - IMG 7959



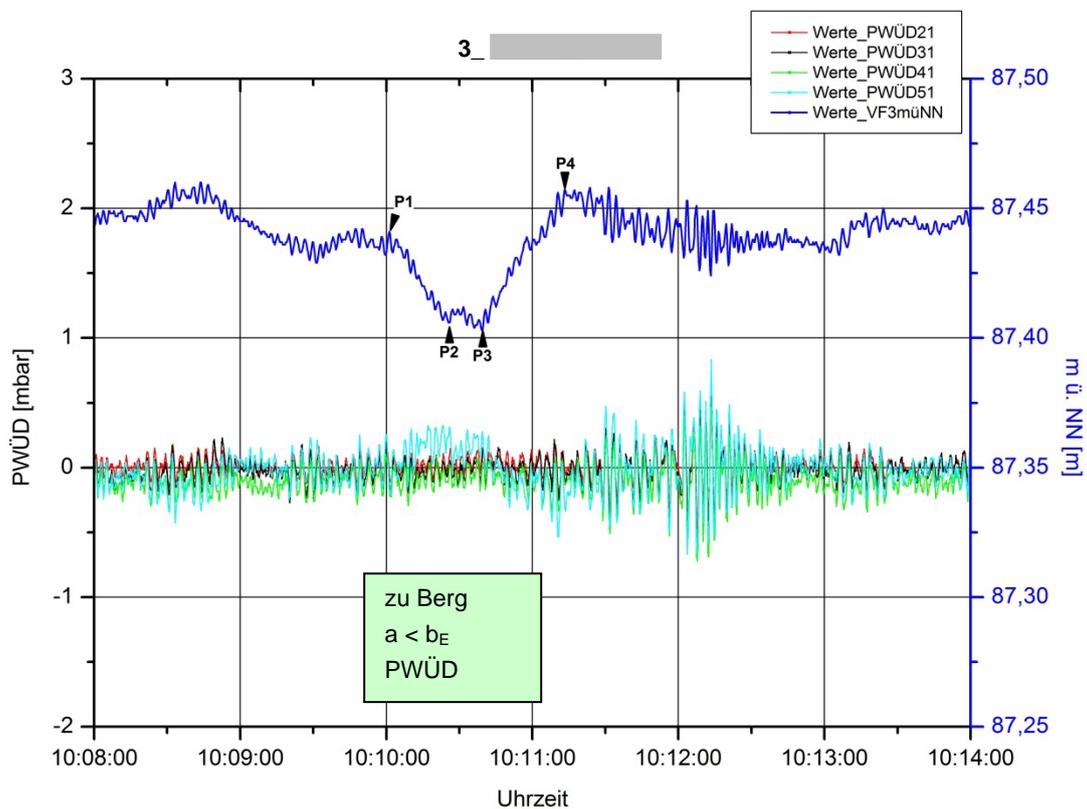
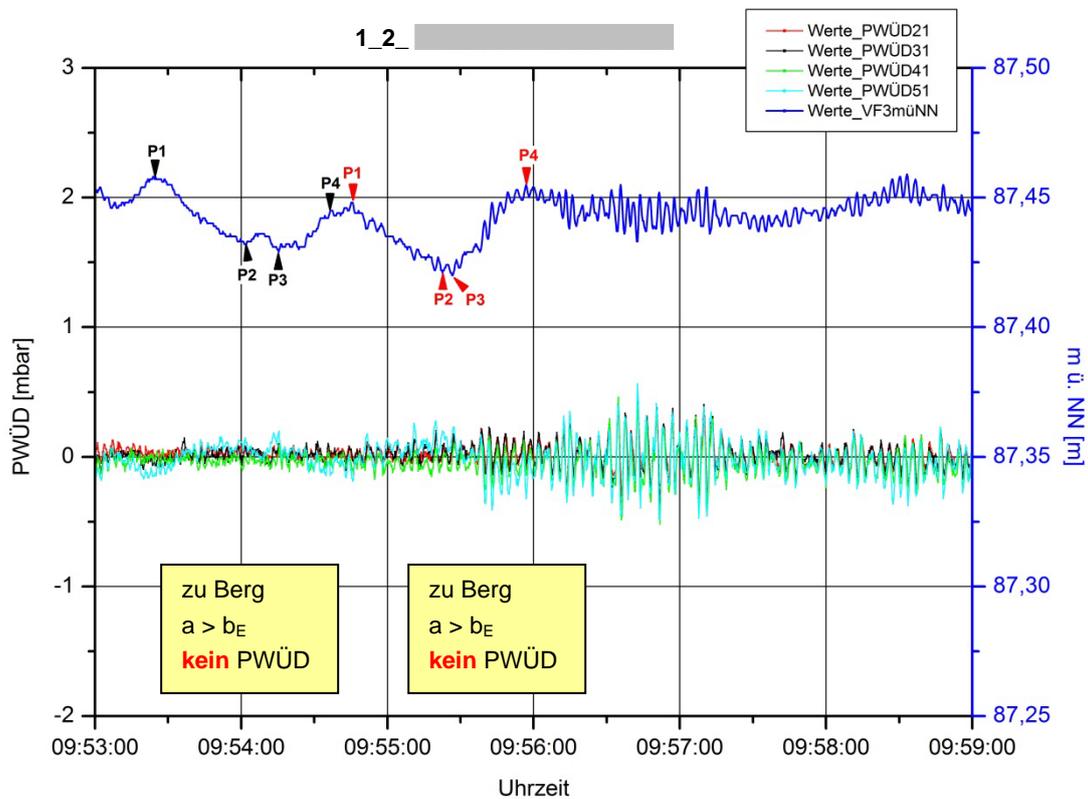
Abbildung 137: [REDACTED] - IMG 7960

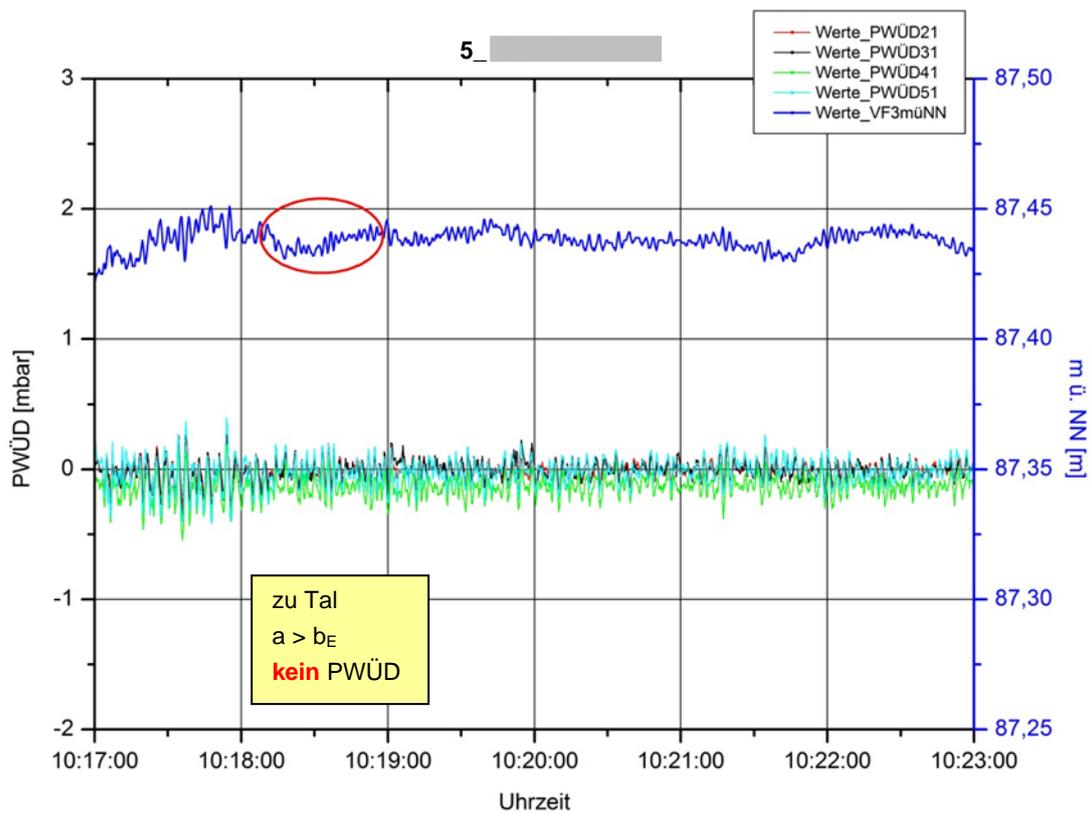
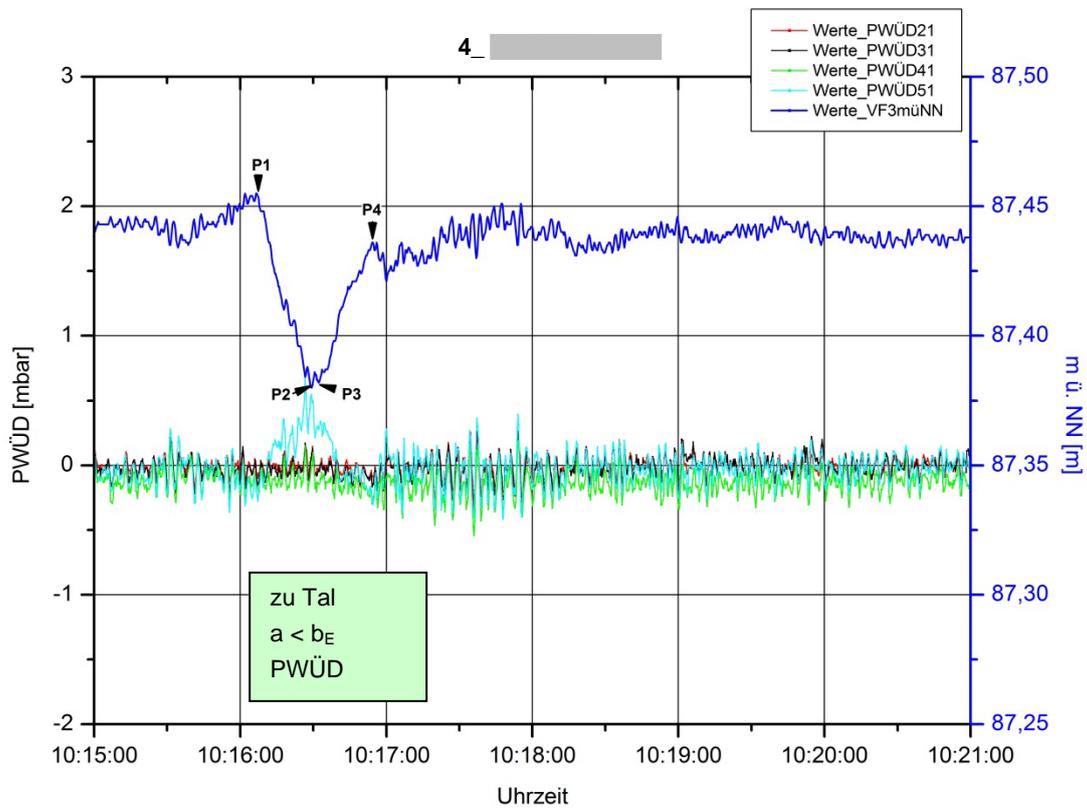


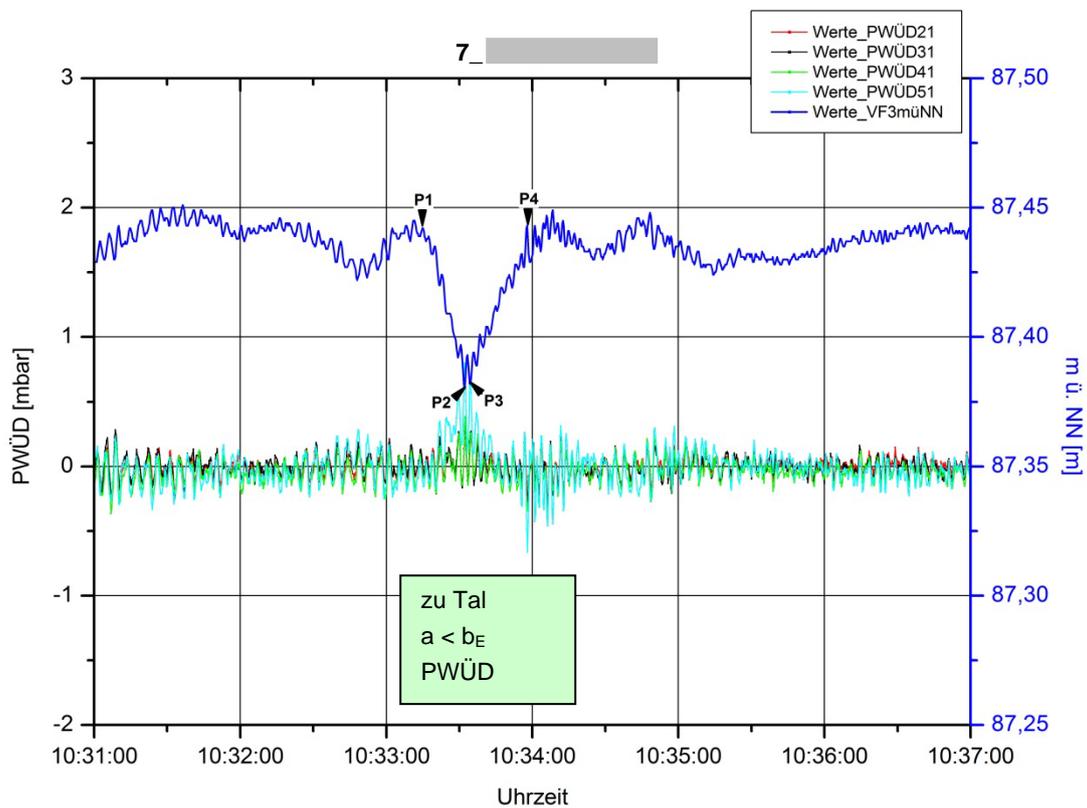
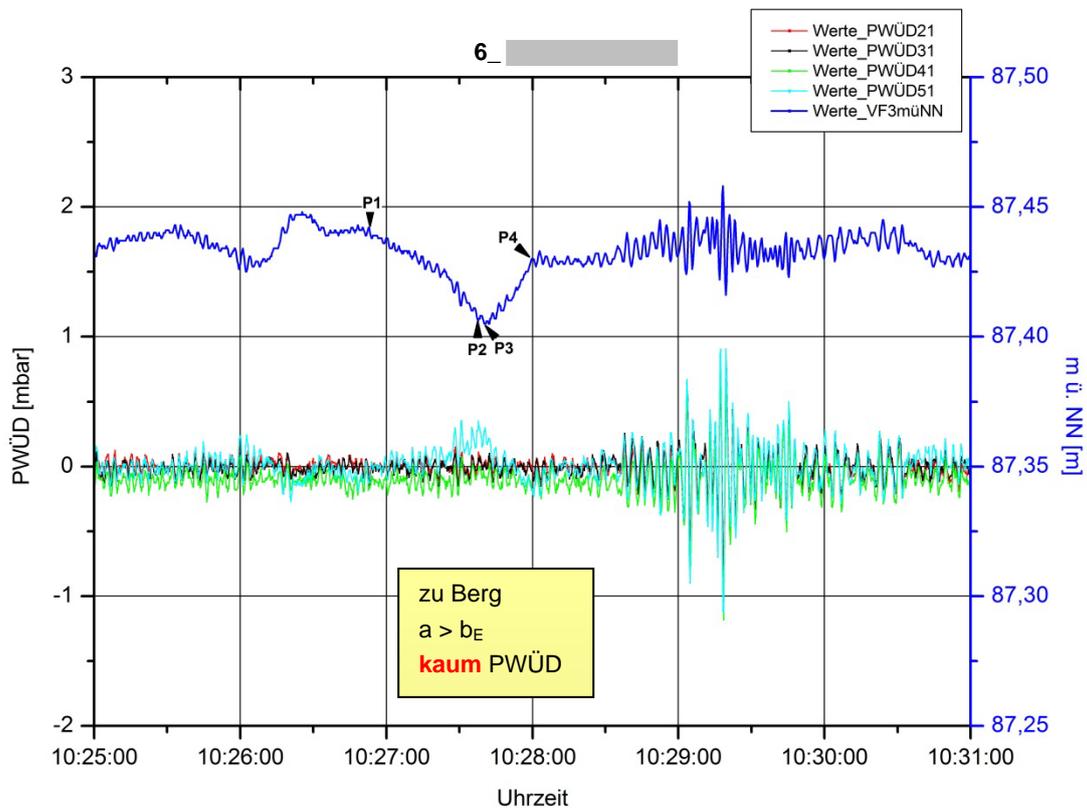
Abbildung 138: [REDACTED] - IMG 7961

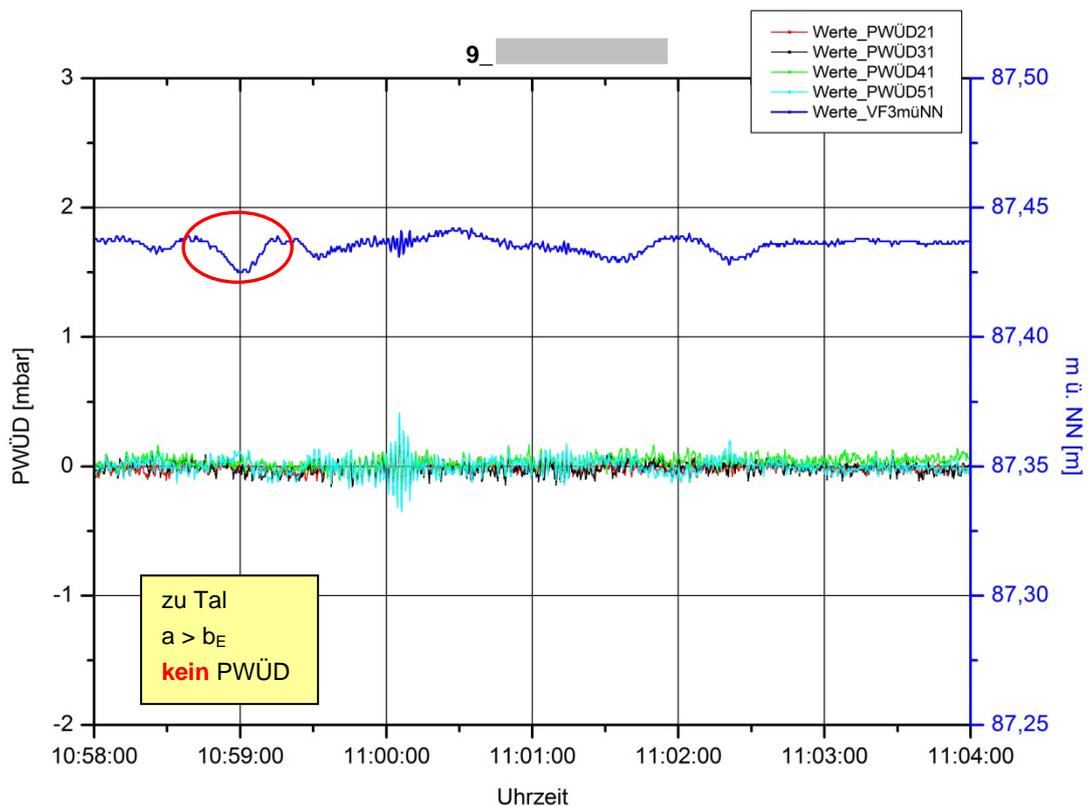
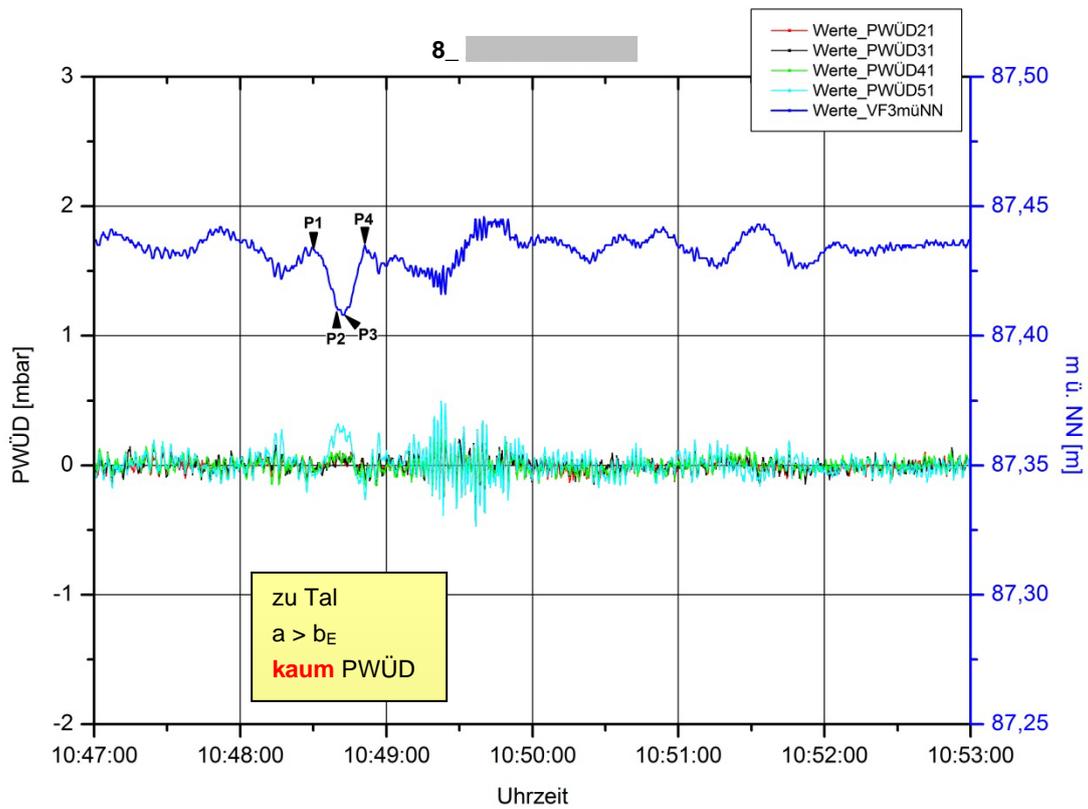
Anlage 3.8

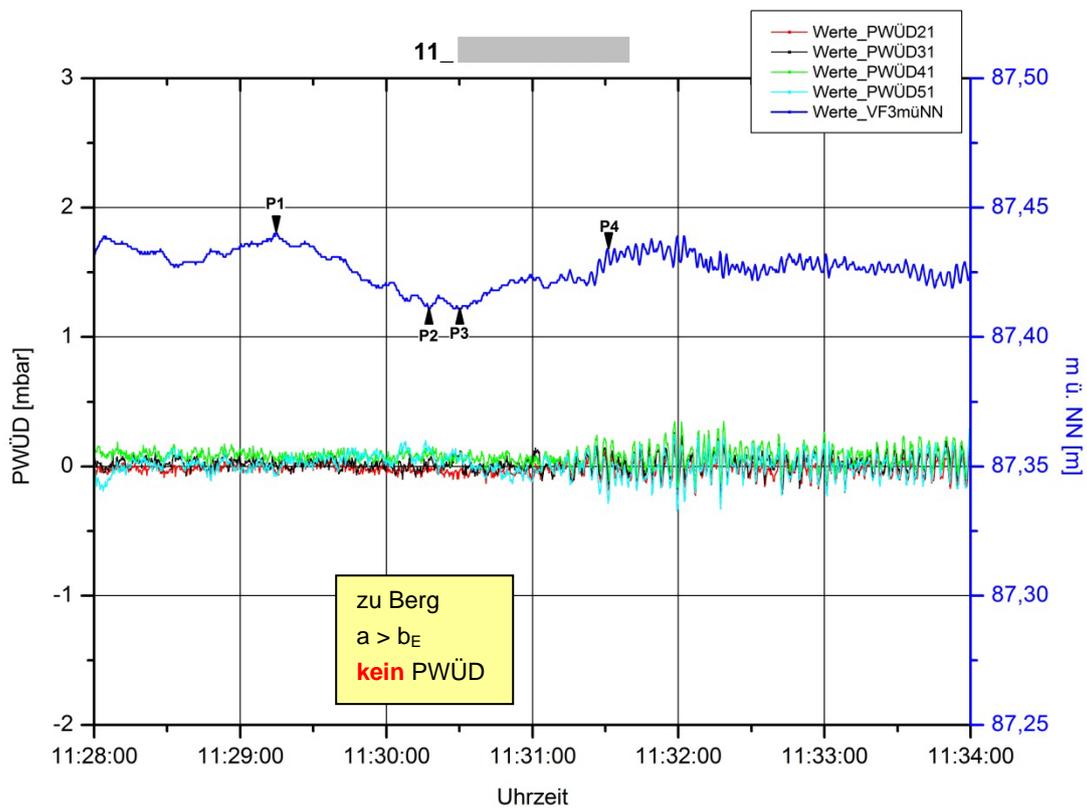
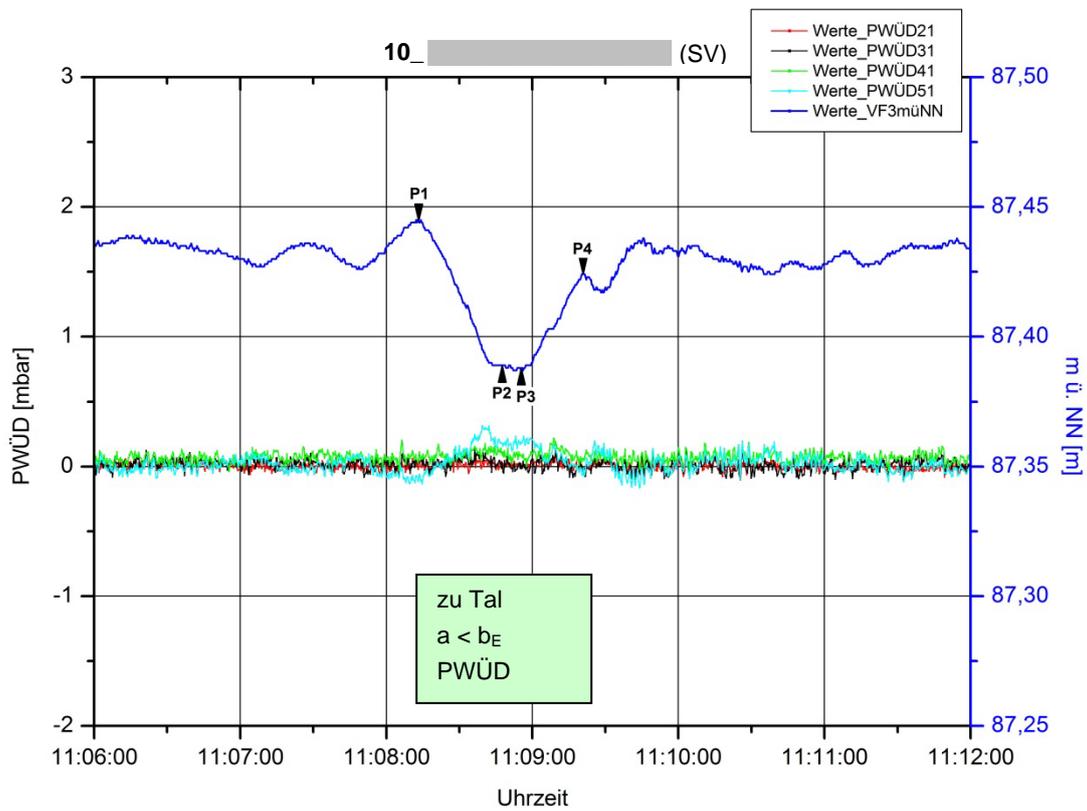
**Verläufe von Wasserspiegel
und Porenwasserüberdrücken
für alle
29 beobachteten Schiffe**

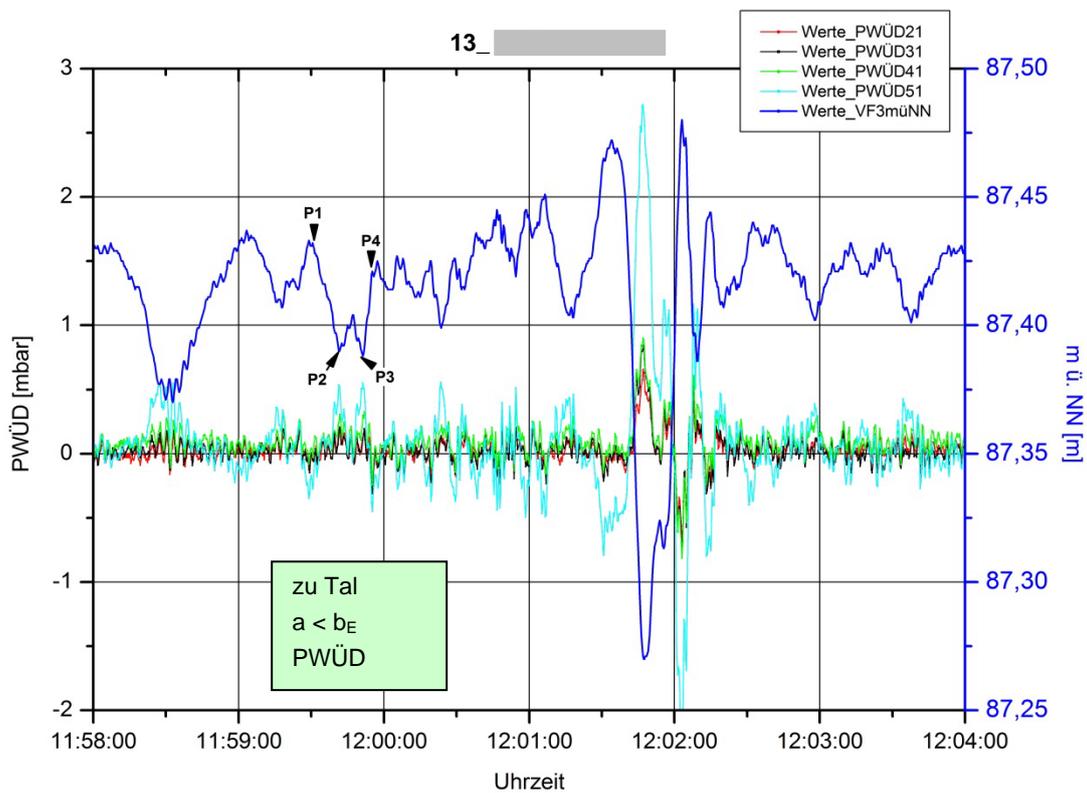
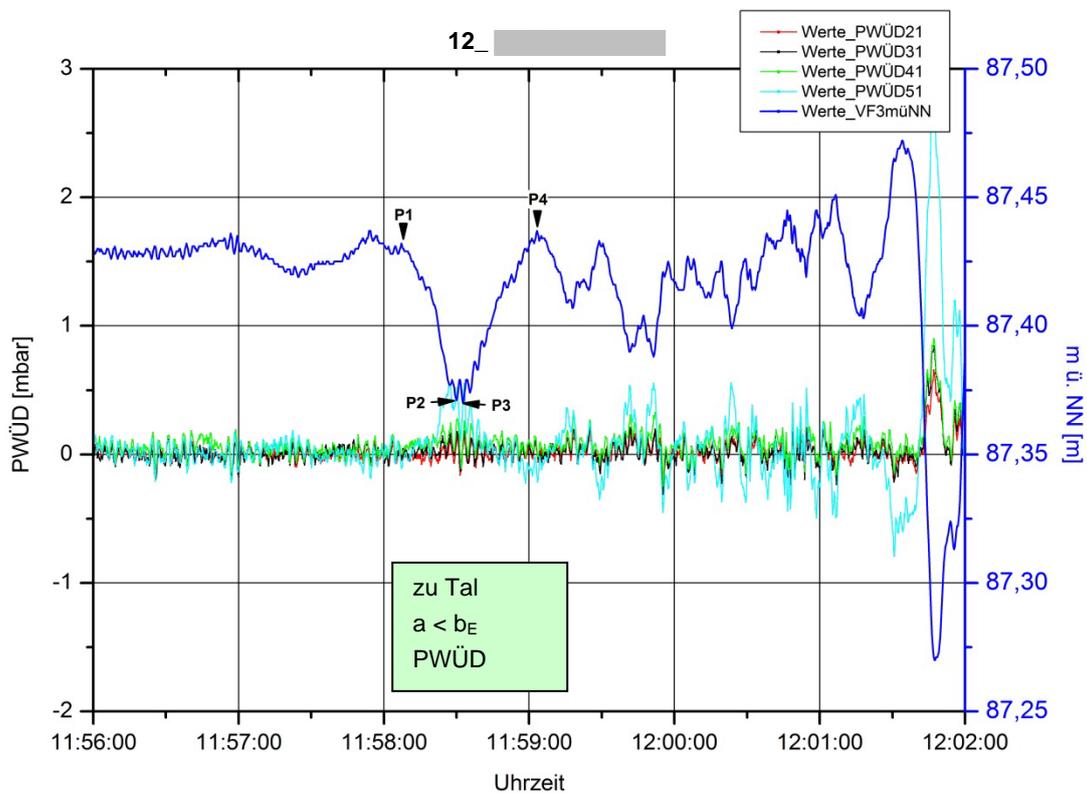


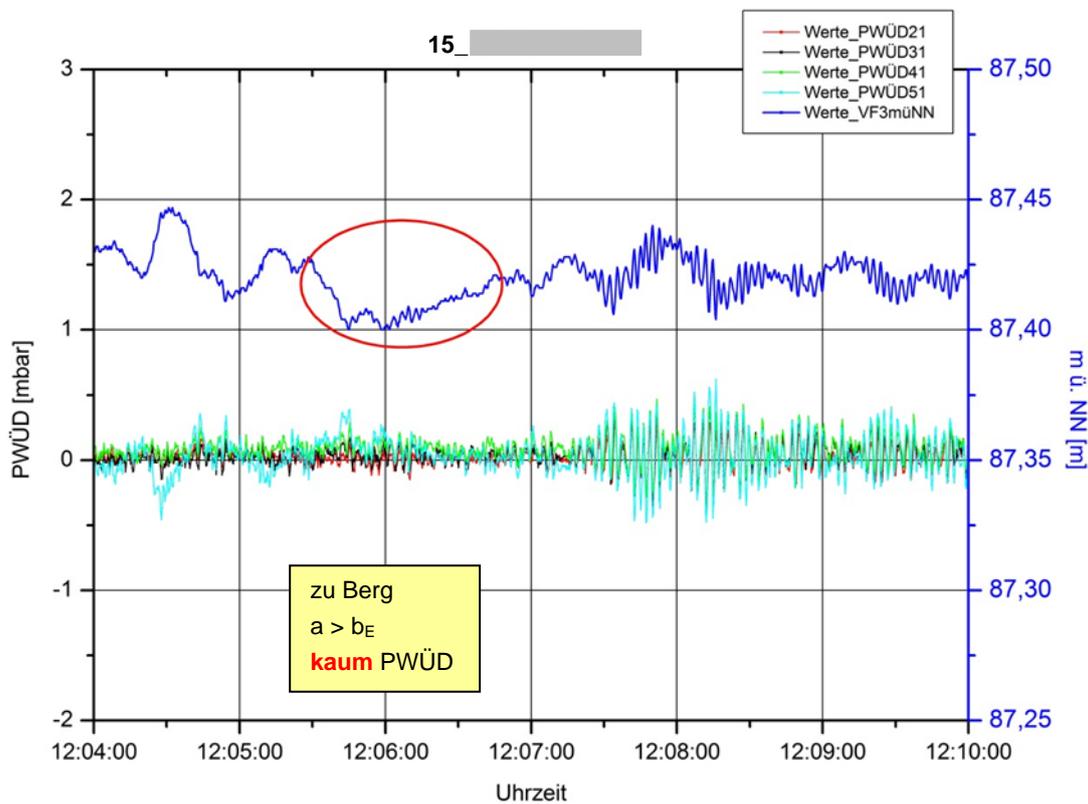
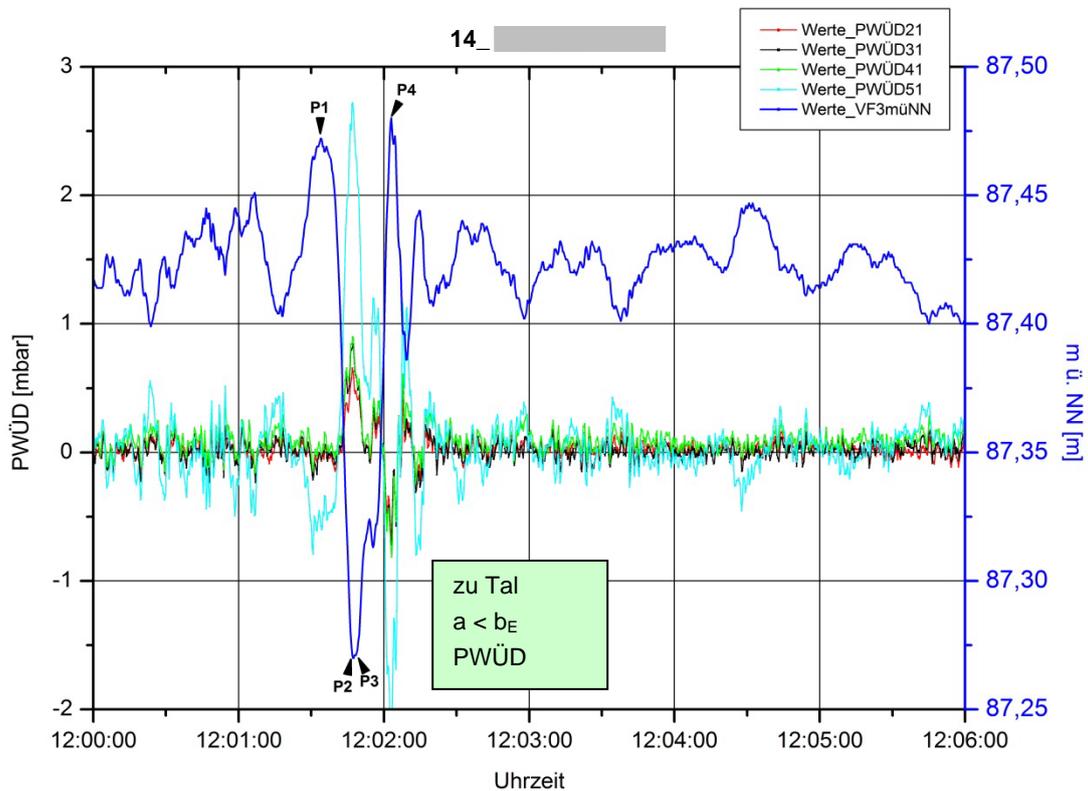


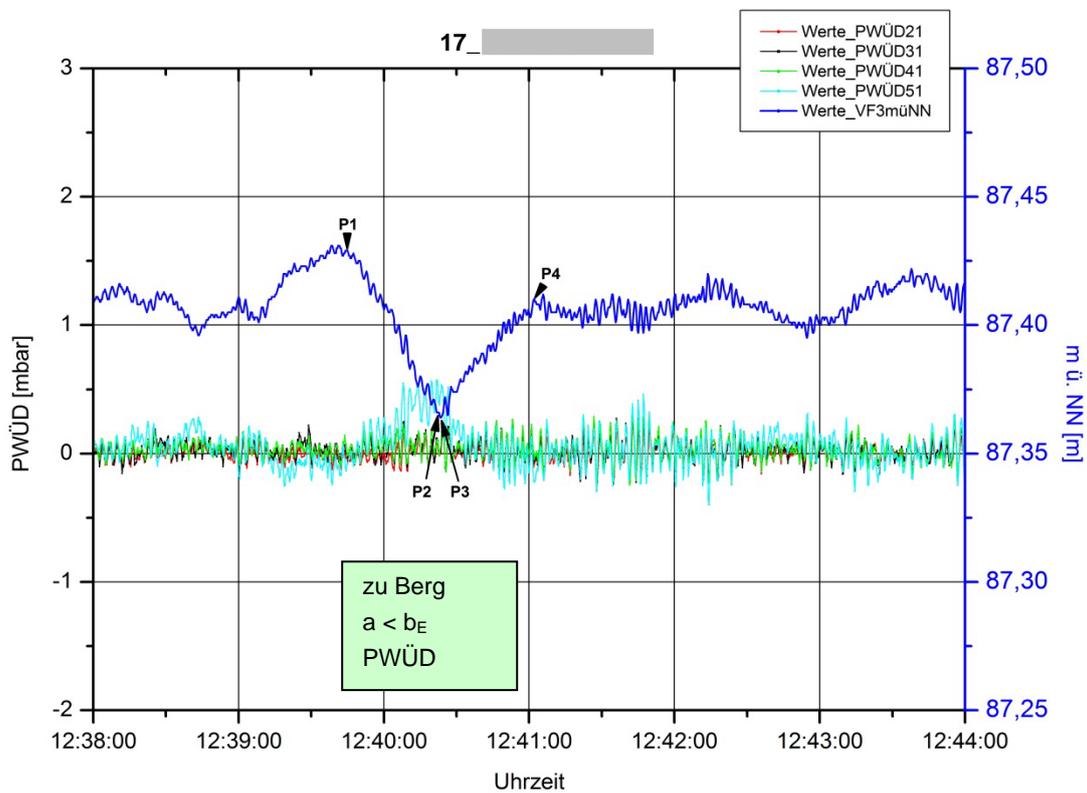
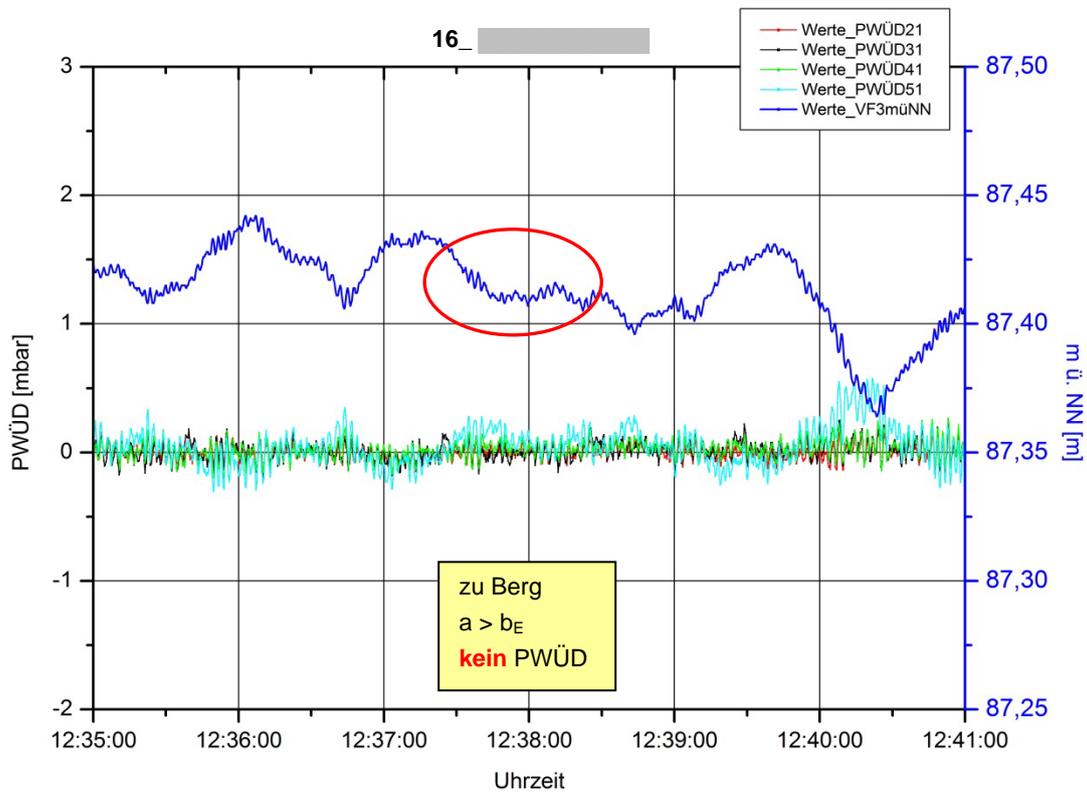


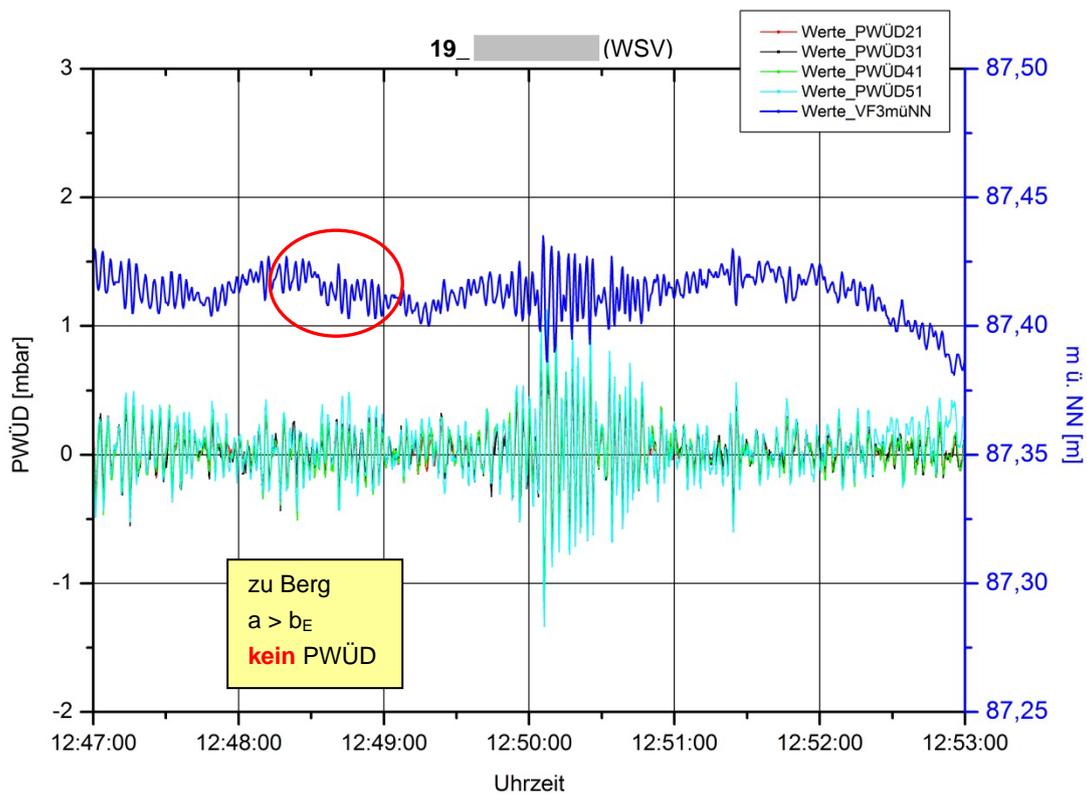
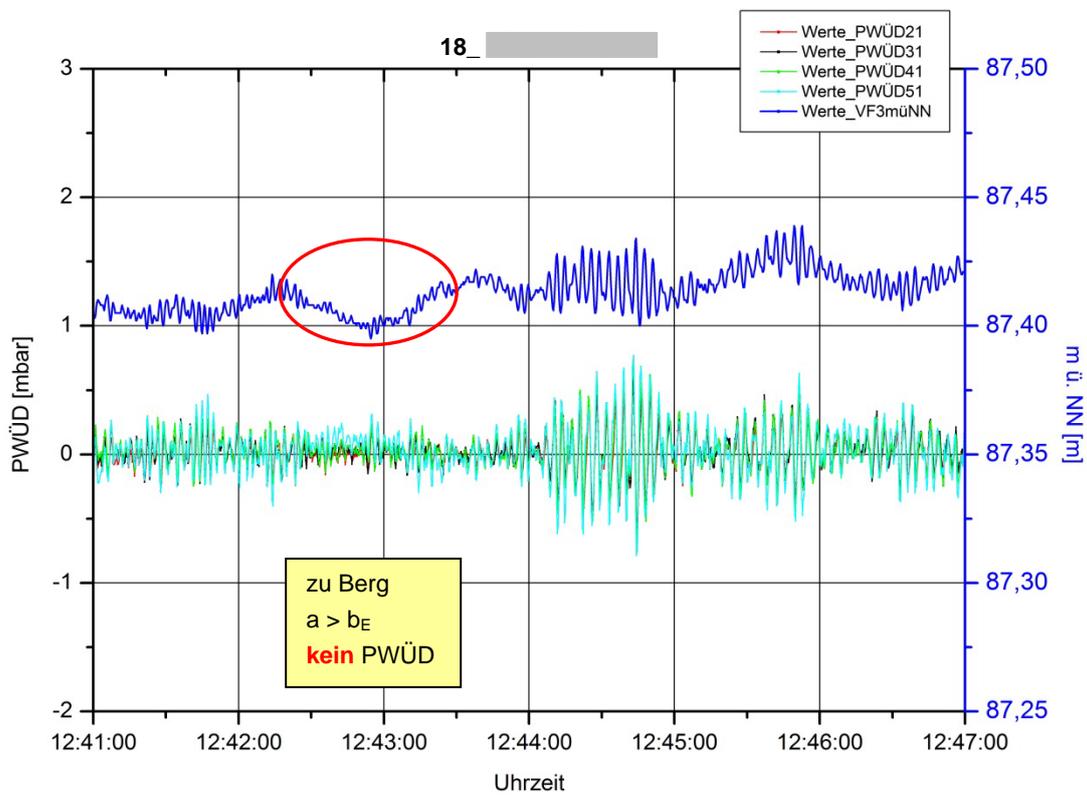


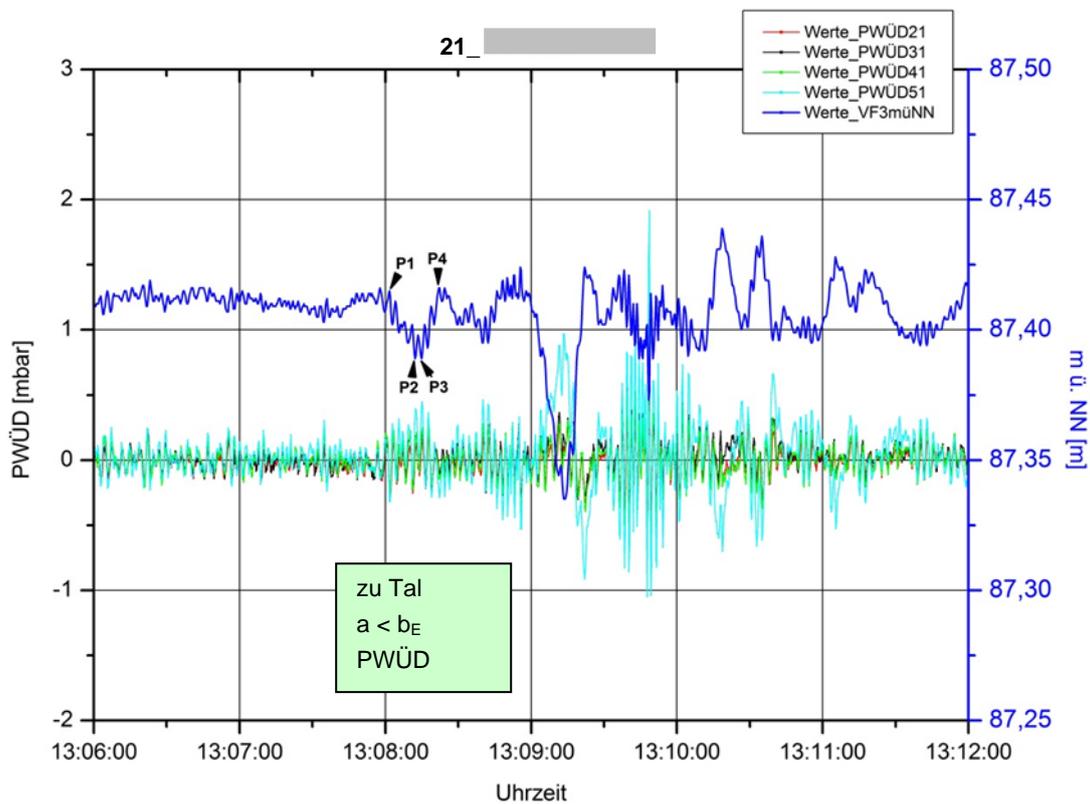
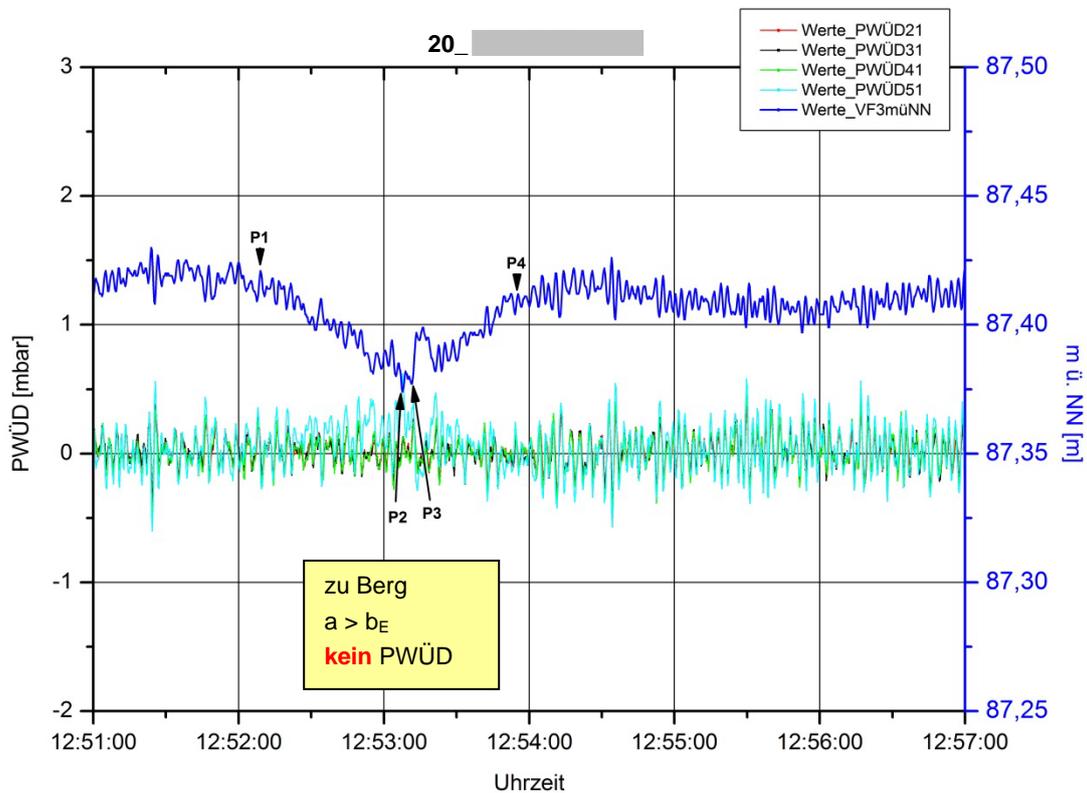


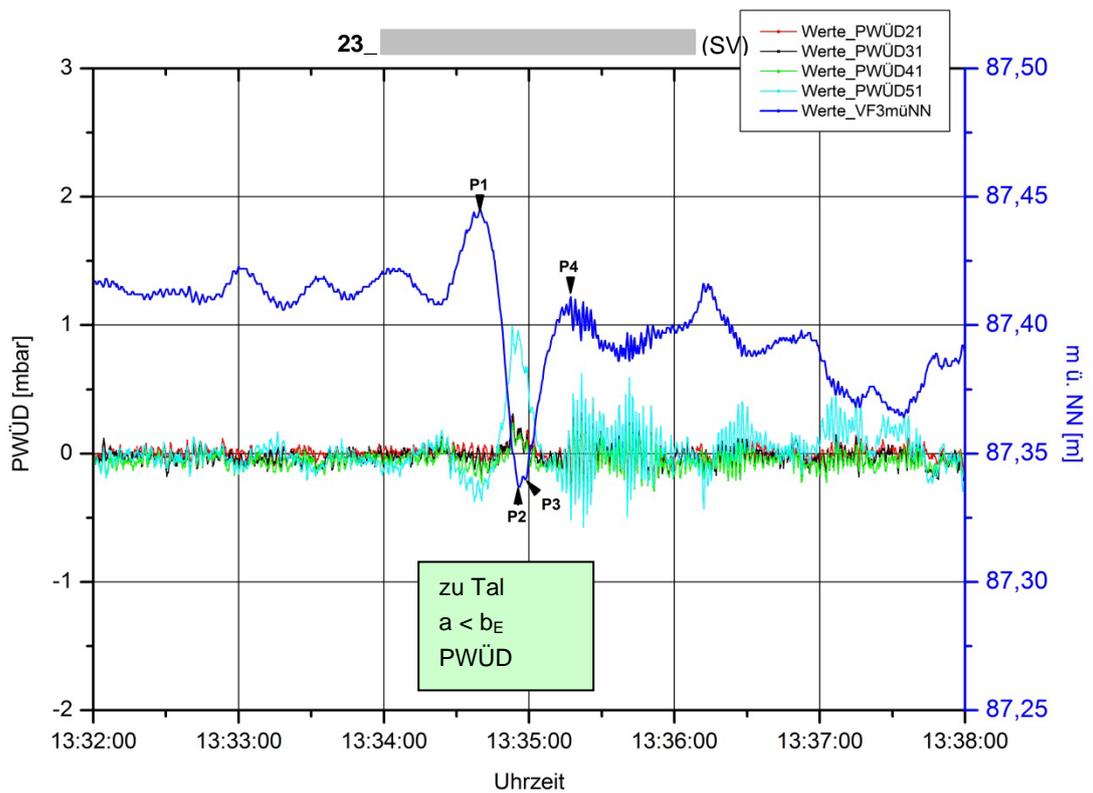
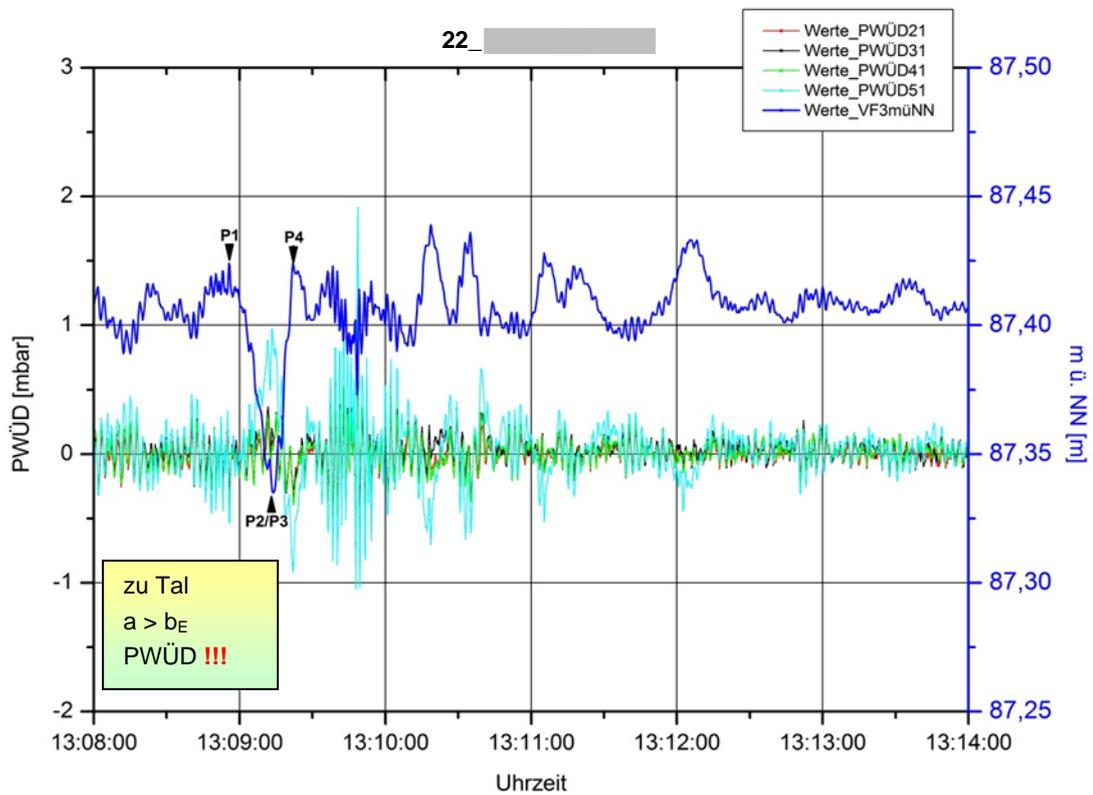


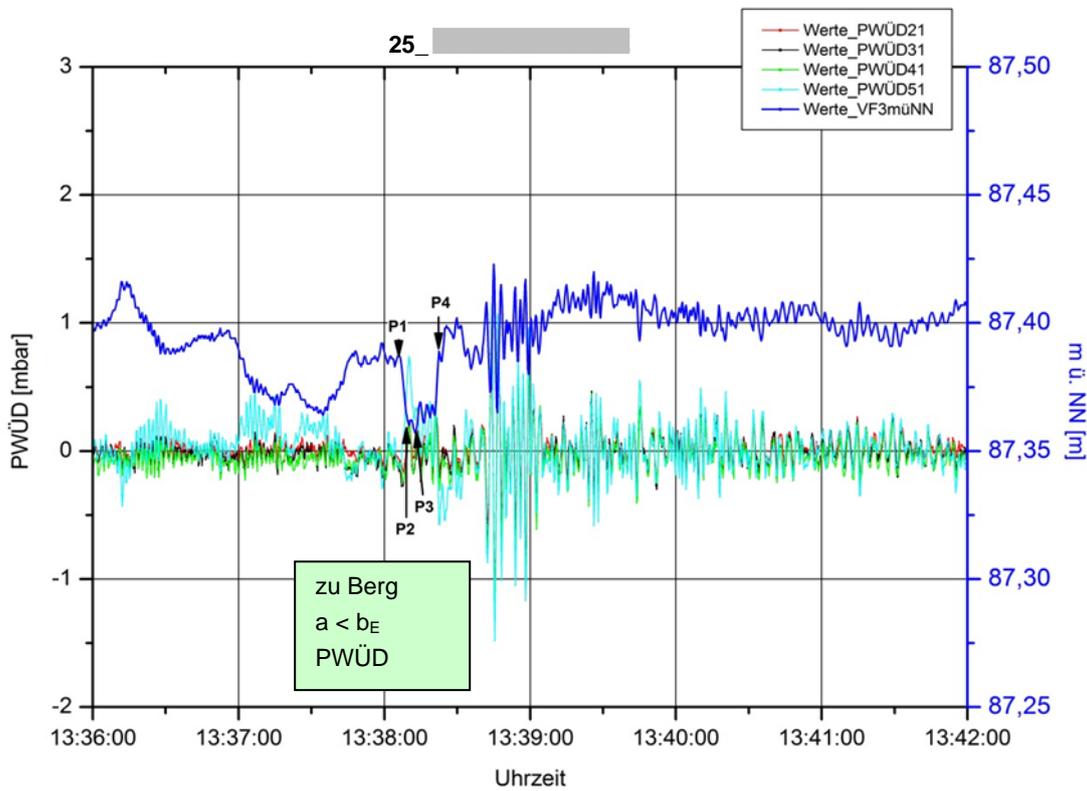
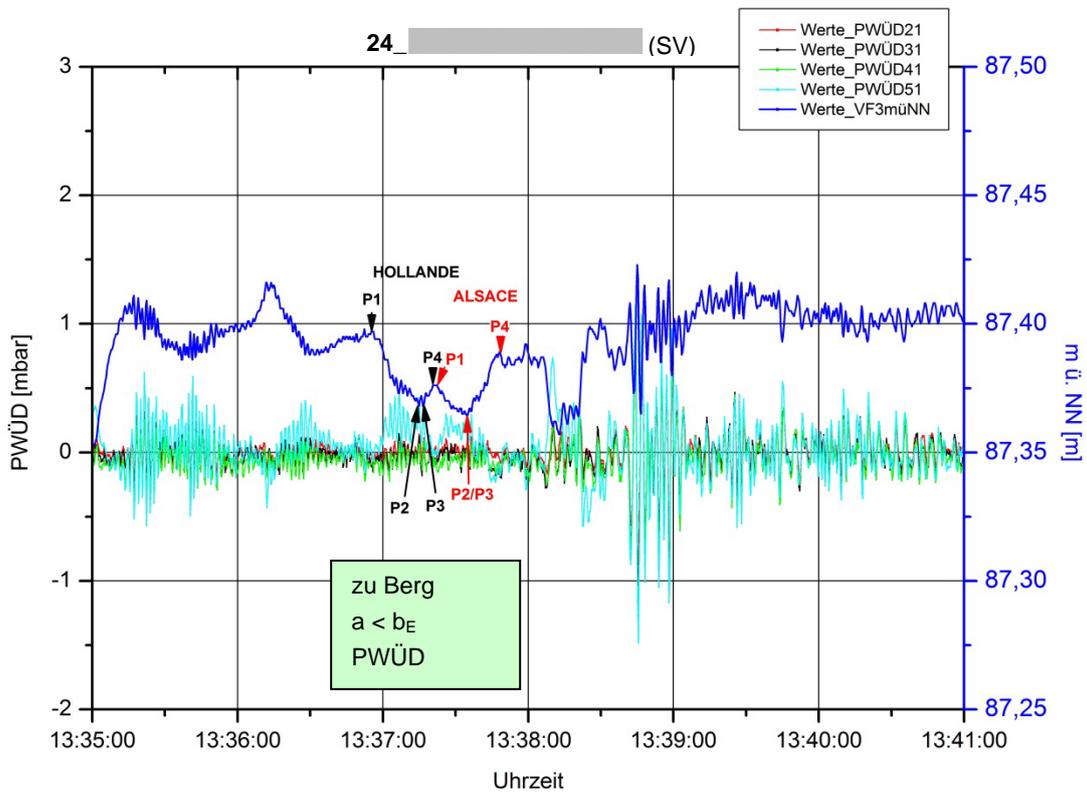


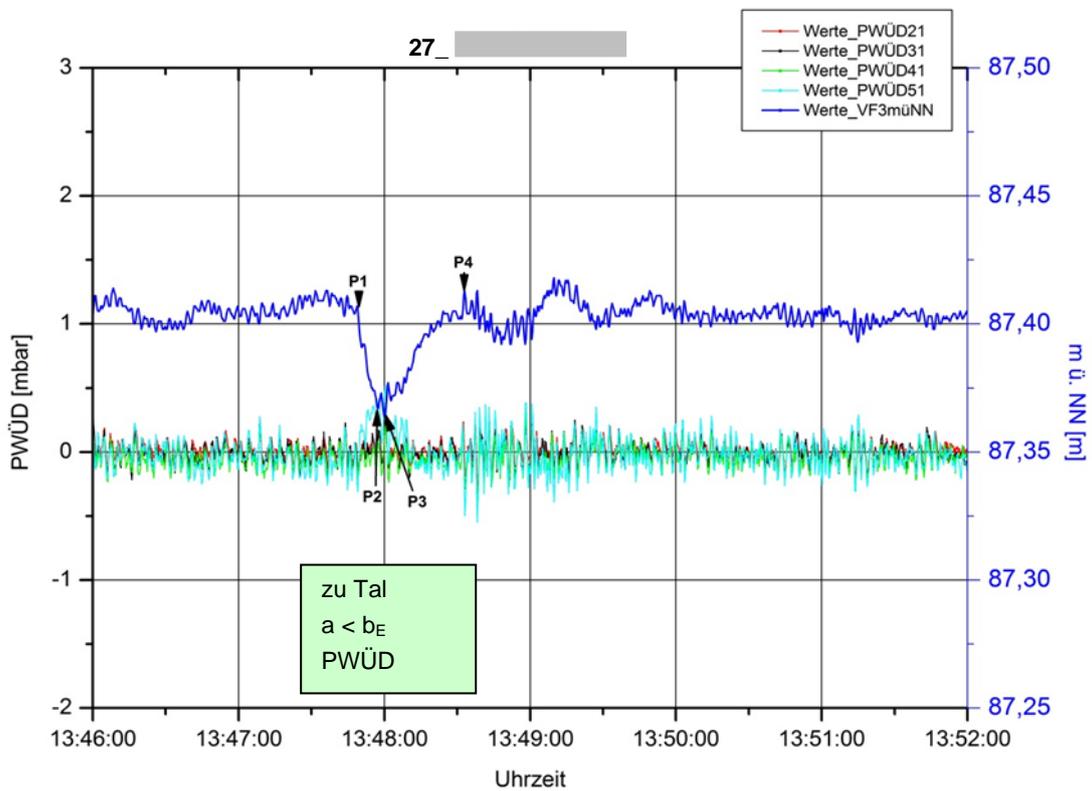
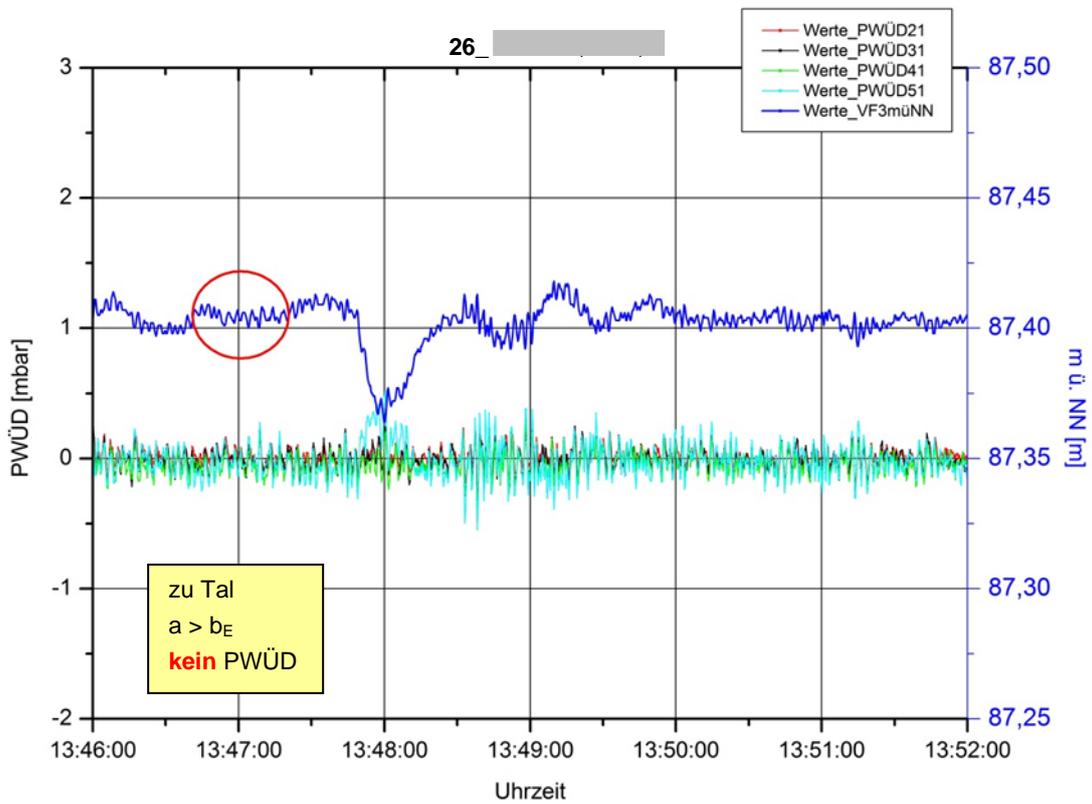


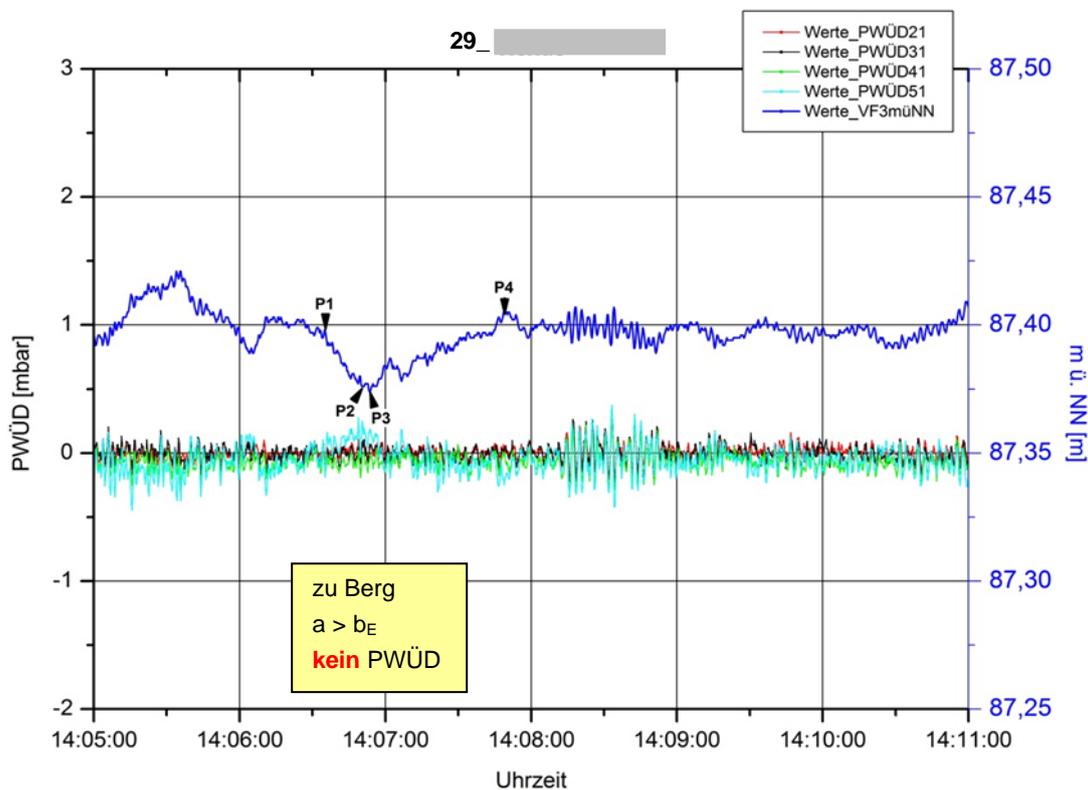
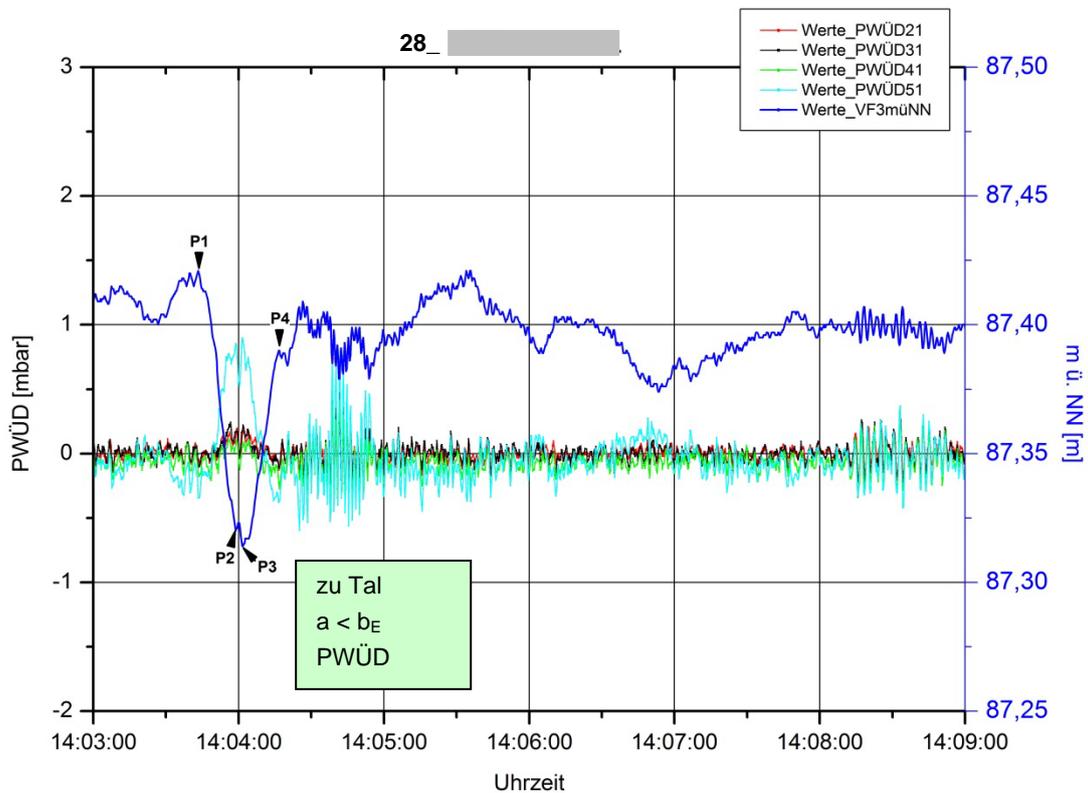












Anlage 3.9

Zusatzbetrachtungen zu Perioden und Laufzeiten der Sekundärwellen

• Perioden

Um die Sekundärwellen in Bezug auf ihre charakteristischen Größen Periode und Schwingungsbreite sowie auf die Veränderungen zwischen dem Schiff und dem Ufer beleuchten zu können, dienen die folgenden zwei Diagramme.

Auf Bild 3.9-1 ist die Auftragung Periode vs. Schwingungsbreite des Porenwasserüberdrucks aus Sekundärwellen, unterschieden nach Schiffstyp, zu sehen. Die Perioden decken einen engen Bereich von 1,5 - 3,5 s, die Schwingungsbreiten einen weiten Bereich von ca. 0,8 - 3,0 mbar ab. Ein Zusammenhang ist nicht zu erkennen.

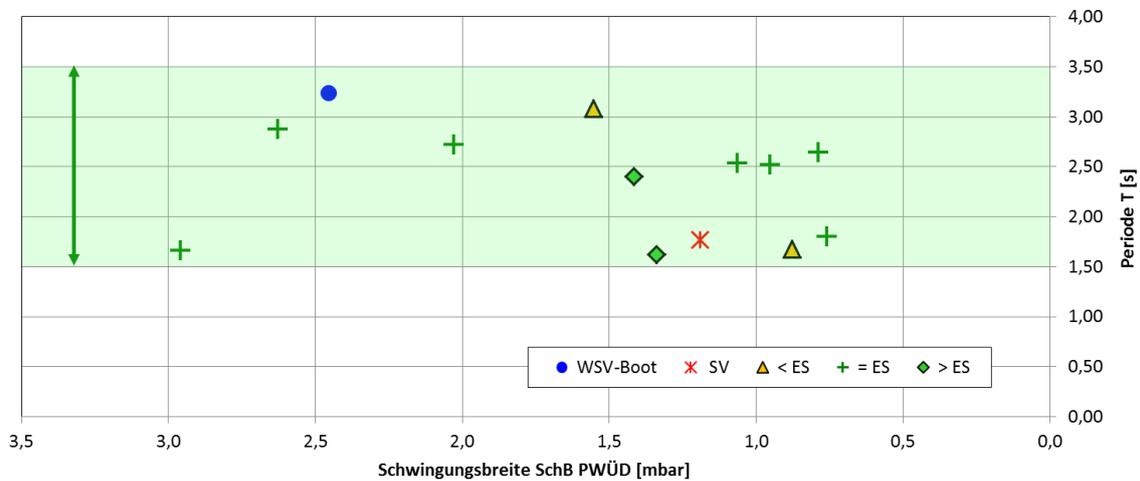


Bild 3.9-1: Auftragung von Periode vs. Schwingungsbreite der Porenwasserüberdruckschwingungen infolge Sekundärwellen, differenziert nach Schiffstypen

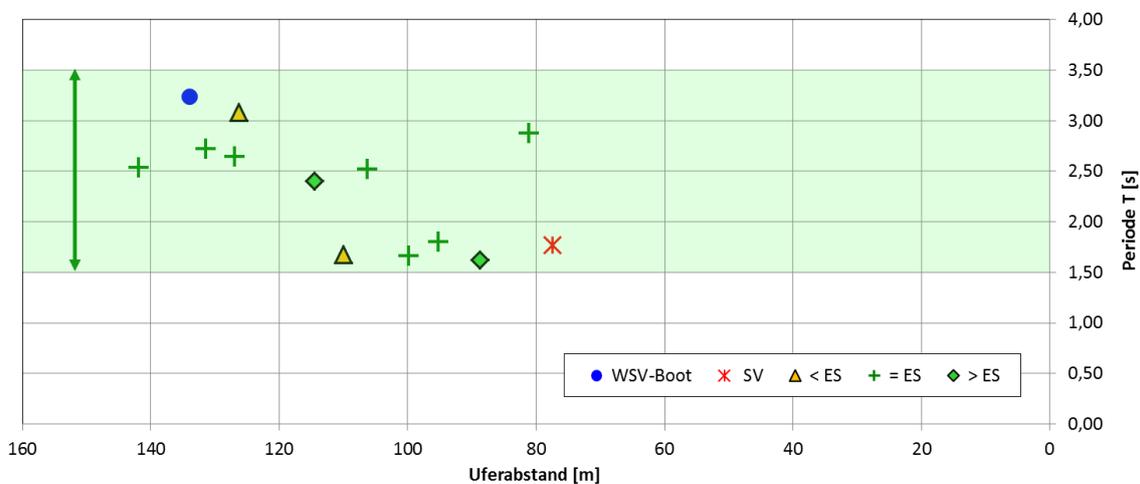


Bild 3.9-2: Auftragung von Periode vs. Uferabstand für die Porenwasserüberdruckschwingungen infolge Sekundärwellen, differenziert nach Schiffstypen

Auf Bild 3.9-2 ist die Periode über dem Uferabstand (= „Entfernung vom Hektometer“), zusätzlich unterschieden nach dem Schiffstyp, aufgetragen. Als leichter Trend ist eine Zunahme der Periode mit steigendem Uferabstand zu sehen. Das liegt daran, dass die am Schiff erzeugten Sekundärwellen auf dem Weg zum Ufer hin eine geringe Dämpfung erfahren, die ein Abflachen der Wellen auf geringere Amplituden bei größerer Periode zur Folge hat. Durch diesen Effekt wird die Absunkgeschwindigkeit der Sekundärwelle geringer, was sich reduzierend auf den Porenwasserüberdruck auswirkt.

• Laufzeiten

Ein Blick auf die Laufzeiten der Sekundärwellen zwischen Schiff (dem Ort der Erzeugung) und Ufer (Auftrittspunkt) ist interessant, weil es durch große Laufzeiten zu belastungserhöhenden, also ungünstigen Überlagerungen von Sekundärwellen eines Schiffes mit der Primärwelle eines zweiten folgenden oder Primär- und Sekundärwellen eines begegnenden Schiffes kommen kann.

Als Laufzeiten werden die Zeitspannen zwischen dem Auftreffen des Bugstaus (t_{P1}) und dem Auftreffen der ersten Sekundärwelle (t_0 , „Beginn“ der Sekundärw.) bzw. der maximalen Sekundärwellenhöhe (t_{max}) am Ufer definiert. Alle drei Zeitpunkte wurden anhand der Messwertaufzeichnungen bestimmt. Die gesuchten Differenzen sind in Tab. 3.9-1 aufgelistet, ergänzt durch Fahrtrichtung und Uferabstand des jeweiligen Schiffes. Auf Bild 3.9-2 sind diese Werte grafisch dargestellt.

Erwartungsgemäß war das früheste erste Auftreffen („Beginn“) einer Sekundärwelle nach ca. 36 s beim geringsten Uferabstand, das späteste Auftreffen einer maximalen Sekundärwellenhöhe nach ca. 147 s (entspr. ca. 2,5 min) beim größten Uferabstand zu verzeichnen. Als größte Differenz zwischen erstem Auftreffen einer Sekundärwellengruppe und ihrer maximalen Höhe für eine Passage ergaben sich ca. 44 s. Die zwei Fälle, in denen kein P1 zu identifizieren war, sind Passagen von Schiffen mit sehr großen Uferabständen, bei denen diese Schiffe außerhalb ihrer Einflussbreite fahren (vgl. Tab. 3.1 in Kap. 3.4).

Auf Bild 3.9-3 ist deutlich zu erkennen, dass mit zunehmendem Uferabstand des passierenden Schiffes die Differenz zwischen Beginn und Maximum der Sekundärwellengruppe wächst. Fahren die Schiffe näher zum Ufer, so folgt das Maximum der Sekundärwellen schnell auf deren Beginn (blau gestrichelt umrandete Wertepaare auf Bild 3.9-3). Bei uferferneren Vorbeifahrten sind die Differenzen größer, maximal ca. 44 s (Schiff Nr. 3). Das heißt, dass im Boden hervorgerufene Reaktionen auch erst entsprechend später auftreten. Inwieweit diese unterschiedliche Ausprägung der oben angesprochenen Periodizität Einfluss auf die Größe des erzeugten Porenwasserüberdrucks hat, bleibt vorerst offen.

Tab. 3.9-1: Gemessene Laufzeiten der Sekundärwellen vom Schiffsbug (t_{P1}) bis zum ersten Auftreffen am Ufer (t_0) und zum Maximum (t_{max})

Schiff Nr.	Laufzeiten			Fahrt-richtung Berg/Tal	Ufer-abstand
	zum ersten Auftreffen $t_0 - t_{P1}$	zum Maximum $t_{max} - t_{P1}$	Differenz $t_{max} - t_0$		
[n]	[s]	[s]	[s]	-	[m]
1	2	3	4	5	6
2	86,00	117,24	31,24	B	106,2
3	88,25	132,08	43,83	B	114,5
6	103,81	146,54	42,73	B	131,4
8	47,73	52,69	4,95	T	110,05
9	79,24	83,30	4,06	T	95,2
15	- ¹⁾	- ¹⁾		B	141,9
18	105,90	139,47	33,57	B	126,3
19	- ¹⁾	- ¹⁾		B	134
22	41,32	53,04	11,72	T	99,8
23	36,26	41,77	5,52	T	77,5
25	36,85	37,86	1,01	B	81,1
28	54,88	55,33	0,44	T	88,8
29	101,31	118,07	16,76	B	126,9

Hinweis: ¹⁾ kein P1 zu identifizieren

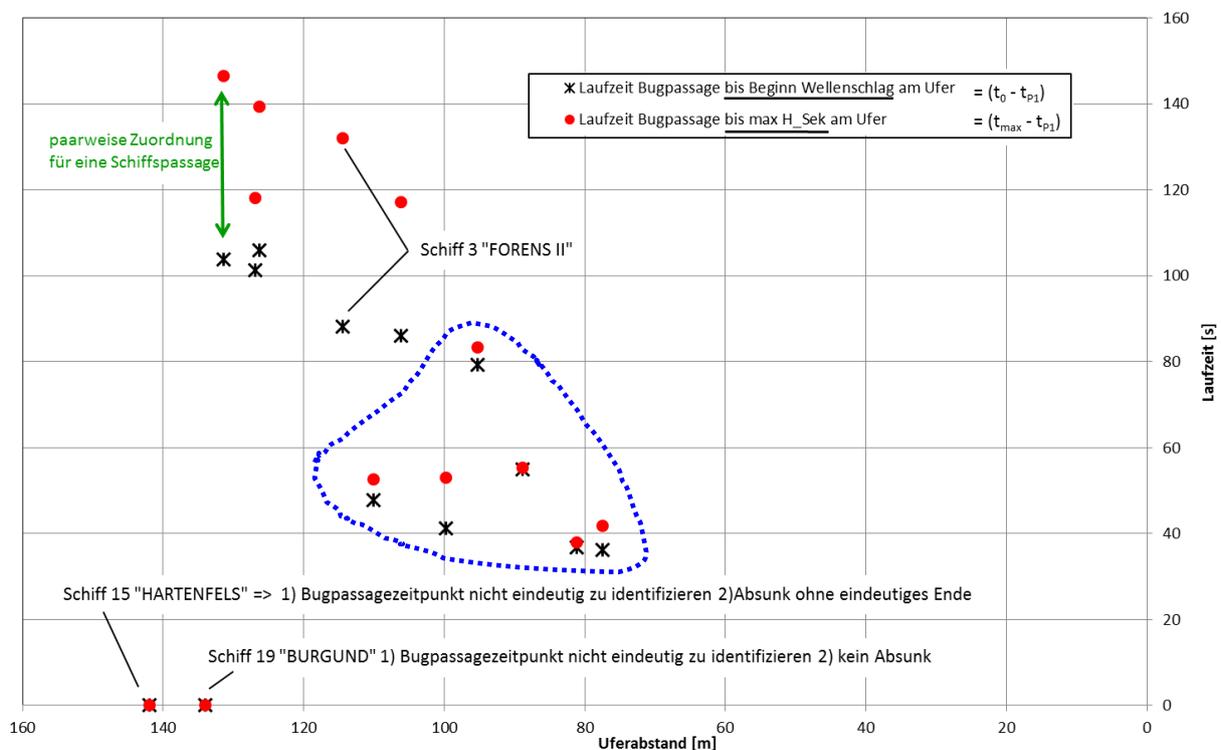


Bild 3.9-3: Laufzeiten der Sekundärwellen vom Schiffsbug (t_{P1}) bis zum ersten Auftreffen am Ufer (t_0) und zum Maximum (t_{max})
 Hinweis: Wellenschlag = Sekundärwellenereignis