

BfG-1917

Zwischenbericht

WAVOS Elbe Verbesserung der HW-Vorhersage

Autoren:

Andrea Gleim

Silke Rademacher

Auftraggeber: FGG Elbe



März 2017

SAP-Nr.: M39610204049

Anzahl der Seiten: 115

Impressum

Herausgeber: Bundesanstalt für Gewässerkunde
Am Mainzer Tor 1
Postfach 20 02 53
56002 Koblenz
Tel.: +49 (0)261 1306-0
Fax: +49 (0)261 1306 5302
E-Mail: posteingang@bafg.de
Internet: <http://www.bafg.de>

DOI: 10.5675/BfG-1917
SAP-Nr.:M39610204049

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis	7
1 Veranlassung und Zielsetzung	9
2 Hochwasser-Vorhersage Elbe - Modellhistorie	11
3 Datenrecherche	14
3.1 Hydrologische Daten	14
3.1.1 Geprüfte Messwerte Wasserstand und Abfluss	14
3.1.2 Abflusstafeln	16
3.1.3 Grundwasser	16
3.2 Geofachdaten	17
3.2.1 Ereignisunabhängige Geofachdaten	17
3.2.2 Ereignisabhängige Geofachdaten	33
3.2.3 Vorhandene numerische Modelle im Projektgebiet	39
3.3 Bewertung der Datenlage	40
4 Neues Vorhersagesystem WAVOS Elbe	42
4.1 Vorhersagesystem WAVOS Elbe	42
4.2 Vorhersagepegel	42
4.3 Einflussfaktoren für die Hochwasservorhersage Elbe	43
4.3.1 Zuflussvorhersagen	44
4.3.2 Deichbrüche während des HW2013	47
4.3.3 Elbeumflutkanal – Steuerung Pretziener Wehr	49
4.3.4 Havelniederung und Havelpolder	51
4.4 Unterer Modellrand	54
4.5 Zwischeneinzugsgebiete	55
4.5.1 Prinzipielle Überlegungen	55
4.5.2 Realisierbare Implementierung von zusätzlichen Zuflüssen	56
4.6 Kalibrierung und Validierung des Vorhersagemodells	62
4.7 Postprozessierung der Vorhersage	64
5 Modellunsicherheit des bestehenden WAVOS-Modells	65
5.1 Rückblick: Operationelle HW-Vorhersage mit WAVOS	66
5.1.1 Hochwasser 2006	66
5.1.2 Hochwasser 2011	66
5.1.3 Hochwasser 2013	66
5.2 Hindcasts - WAVOS 1D	68

5.2.1	Rahmenbedingungen Hindcasts	68
5.2.2	Ergebnisse Hindcasts HW2006, 2011 und 2013	74
5.3	Modellunsicherheit bezüglich Scheitelwert und Eintrittszeitpunkt des Scheitelwertes	87
5.3.1	Scheitelwerte	87
5.3.2	Eintrittszeitpunkt Scheitelwert	90
6	Zusammenfassung und Ausblick	93
	Literaturverzeichnis	96
	Anlage A-1: Grundlagendaten	102

Separate Anlagen:

Anlage B	Auswertung ausgewählter Pegel Variantenbetrachtung Deichbrüche für HW2013
Anlage C	Auswertung Pegel, HW2006 – HW2011 – HW2013

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Systemskizze aktuelles Modell für die Wasserstandsvorhersage an der Elbe.....	12
Abbildung 2:	Modellbereich, Rand-, und Vorhersagepegel WAVOS Elbe	13
Abbildung 3:	Lage Deichrückverlegung Lenzen, Elbe-km 476,2 bis 485,0	17
Abbildung 4:	Änderung DGM-W im Bereich Neu-Bleckede und Mahnkenwerder wegen Deichrückverlegung, Elbe-km 546 bis 557.....	18
Abbildung 5:	Verfügbarkeit DGM2 in Sachsen	20
Abbildung 6:	Höhen-Vergleich der Querprofile an Elbe-km 188.0, 300.2 und 471.6	21
Abbildung 7:	Höhen-Vergleich Querprofil im Elbeumflutkanal, EUK-km 12.0	22
Abbildung 8:	Profilaktualisierung im Bereich der Elbeumflut bei Magdeburg	23
Abbildung 9:	Querprofil Havel-km 134.0	24
Abbildung 10:	Beispiel Querprofilspuren und Ufergrenze.....	25
Abbildung 11:	Lage Polder Außig, Elbe (SN).....	26
Abbildung 12:	Maßnahmen Mulde: Polder Löbnitz und Vereinigte Mulde links.....	27
Abbildung 13:	Maßnahmen im Großraum Dessau an Elbe und Mulde	28
Abbildung 14:	Maßnahme DRV Sandau Nord.....	29
Abbildung 15:	Maßnahme DRV Klietznick, rechtes Elbevorland	29
Abbildung 16:	Deichsanierung Fischbeck.....	30
Abbildung 17:	Vorliegende Orthofotos, Stand: Juli 2016	32
Abbildung 18:	Hochwasserbefliegung Juni 2013, Bearbeitungsbereich Elbe Mitte mit Ausschnitt Wasser-Land-Grenze im Bereich Dessau-Roßlau	35
Abbildung 19:	Kartendienst Hochwassermarken Sachsen	36
Abbildung 20:	Luftaufnahme Deichbruchstelle Saaledeich bei Breitenhagen, 13. Juni 2013	38
Abbildung 21:	Luftaufnahme Deichbruchstelle Fischbeck, 19. Juni 2013.....	39
Abbildung 22:	Vorhersage- und Abschätzungsdauern der Elbepegel für den HW-Fall.....	45
Abbildung 23:	Einfluss der Vorhersagelänge der Zuflüsse auf die Vorhersageberechnung für die Elbe am Beispiel der Saale mit dem derzeitigen Vorhersagemodell	46
Abbildung 24:	Lage von Deichbrüchen während des HW2013	47
Abbildung 25:	Einfluss Berücksichtigung Deichbrüche und Flutung der Havelniederung auf die Hochwasservorhersage für den Pegel Wittenberge.....	48
Abbildung 26:	Pretziener Wehr von oberstrom am 07.06.2016.....	49
Abbildung 27:	Elbeumflutkanal mit Pretziener Wehr	50

Abbildung 28:	Beispiel für den Einfluss der Öffnung des Pretziener Wehres an ausgewählten Pegeln während des HW2011.....	51
Abbildung 29:	Wehrgruppe Quitzöbel, Havelniederung und Havelpolder	52
Abbildung 30:	Steuerung Wehrgruppe Quitzöbel – Systemskizze.....	53
Abbildung 31:	Lageplan Aland – Seege.....	60
Abbildung 32:	Hochwasserschutzsystem Hitzacker, Elbe.....	60
Abbildung 33:	Zeitstrahl Modellzustände	63
Abbildung 34:	Verschiebung der Vorhersageberechnung.....	64
Abbildung 35:	Lage Deichbruch Elbe bei Fischbeck	71
Abbildung 36:	Lage Deichbruch Saale (Klein Rosenberg, Breitenhagen).....	71
Abbildung 37:	Übersichtsskizze Variantenbetrachtung Deichbruch Saale	72
Abbildung 38:	Vergleich Ganglinien Messung und Vorhersagen für die Pegel Tangermünde und Wittenberge, jeweils in Var. 3a und Var. 3b bzgl. Poldergröße an den Deichbruchstellen beim HW2013	73
Abbildung 39:	Ausgewählte gemessene Pegelganglinien HW 2006.....	75
Abbildung 40:	Ausgewählte gemessene Pegelganglinien HW 2011.....	76
Abbildung 41:	Ausgewählte gemessene Pegelganglinien HW 2013.....	76
Abbildung 42:	Pegel Dresden, Streuung der Differenz Vorhersage zu Messwert.....	77
Abbildung 43:	Pegel Magdeburg, Streuung der Differenz Vorhersage zu Messwert.....	78
Abbildung 44:	Pegel Wittenberge, Streuung der Differenz Vorhersage zu Messwert	79
Abbildung 45:	Pegel Wittenberge, Vergleich Messung und Vorhersage 03.06.2013	79
Abbildung 46:	Pegel Magdeburg, HW2013 – Ganglinienvergleich.....	82
Abbildung 47:	Pegel Hitzacker, HW2013 – Ganglinienvergleich.....	83
Abbildung 48:	Pegel Magdeburg, HW2013 – Boxplot	84
Abbildung 49:	Pegel Hitzacker, HW2013 – Boxplot	84
Abbildung 50:	Pegel Magdeburg, HW2013 – Scatterplots 48 und 120h.....	85
Abbildung 51:	Pegel Hitzacker, HW2013 – Scatterplots 48 und 192h	85
Abbildung 52:	Pegel Magdeburg, HW2013 – Kontingenztafeln Schwellenwert 650.....	86
Abbildung 53:	Pegel Hitzacker, HW2006 – Kontingenztafeln Schwellenwert 588.....	86
Abbildung 54:	Längsschnitt Scheitelwerte (gemessen) für HW2006/2011/2013.....	87
Abbildung 55:	Längsschnitt Scheitelwerte (gemessen und simuliert) für HW2006/11/13 – Berechnung <i>mit</i> Projektionspegeln	88
Abbildung 56:	Längsschnitt Scheitelwerte (gemessen und simuliert) für HW2006/11/13 – Berechnung <i>ohne</i> Projektionspegel.....	88

Abbildung 57:	Längsschnitt Scheitelwerte (gemessen und simuliert) für HW2013 mit Differenzen, Berechnung <i>mit und ohne</i> Projektionspegel.....	89
Abbildung 58:	Ganglinie Pegel Dessau, Scheitelbereich HW 2006.....	90
Abbildung 59:	Zeitliche Abweichung des Scheiteleintrittspunktes Modell – Messung für die HW 2006, 2011 und 2013 mit und ohne Projektionspegel.....	91
Abbildung 60:	Zeit- und Arbeitsplan gemäß VV 2015, Anlage 1.....	95

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Pegeldaten Tschechien	15
Tabelle 2:	Pegeldaten sächsischer Zwischeneinzugsgebiete ZG1 und ZG2 - HW2006.....	16
Tabelle 3:	Nutzungsdaten, Stand 12/2015	32
Tabelle 4:	Dokumentationen der Hochwasser-Ereignisse 2006, 2011 und 2013	33
Tabelle 5:	Übersicht Wasserspiegelfixierungen Elbe.....	34
Tabelle 6:	Übersicht Hochwassermarken	37
Tabelle 7:	Übersicht numerische Modelle der Binnenelbe.....	40
Tabelle 8:	Vorhersagepegel des zukünftigen WAVOS Elbe.....	42
Tabelle 9:	Gemäß VV 2013 festgelegte Eingangsdaten aus den Nebenflüssen	44
Tabelle 10:	Öffnungen Pretziener Wehr seit 2002 (Quelle: LHW).....	51
Tabelle 11:	Zwischeneinzugsgebiete für die Hochwasservorhersage Elbe in Sachsen	57
Tabelle 12:	Berücksichtigung Nebengewässer Sachsen-Anhalt und Niedersachsen.....	58
Tabelle 13:	Berücksichtigung Nebengewässer in Brandenburg	61
Tabelle 14:	Berücksichtigung Nebengewässer in Mecklenburg-Vorpommern.....	62
Tabelle 15:	Simulationszeiträume Hindcasts.....	68
Tabelle 16:	Projektionspegel bei den Hochwassern 2006, 2011, 2013 in WAVOS-1D	69
Tabelle 17:	Öffnungs- und Schließungszeiten der Wehre in WAVOS Elbe für die betrachteten Hochwasser	70
Tabelle 18:	Varianten bzgl. Ansatz Deichbrüche im Modell	72
Tabelle 19:	In WAVOS implementiert Deichbrüche des HW2013.....	74
Tabelle 20:	Betrachtungszeitraum Auswertung Streuung der Differenzen	77
Tabelle 21:	Schwellenwerte mit Bemerkung der Länder	80
Tabelle 22:	Schwellenwerte für die Auswertung der Pegel.....	81

Abkürzungsverzeichnis

BB	Brandenburg
BAW	Bundesanstalt für Wasserbau
BfG	Bundesanstalt für Gewässerkunde
BKG	Bundesamt für Kartographie und Geodäsie
BMUB	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit
BSH	Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie
CHMI	Czech Hydrometeorological Institute (tschechisch: CHMU - Český hydrometeorologický ústav)
DGM-W	digitales Geländemodell des Wasserlaufs
DWD	Deutscher Wetterdienst
FGG	Flussgebietsgemeinschaft
GDWS	Generaldirektion Wasserstraßen und Schifffahrt
GeoSN	Staatsbetrieb Geobasisinformation und Vermessung Sachsen
HH	Hamburg
HHW	höchster bislang gemessener Wasserstand an einem Pegel
HVZ	Hochwasservorhersagezentrum
HWIMS	Hochwasserinformations- und -managementsystem des Freistaates Sachsen
HWRM-RL	EG-Hochwasserrisikomanagementrichtlinie (2007/60/EG)
IKSE	Internationale Kommission zum Schutz der Elbe
LGB	Landesvermessung und Geobasisinformation Brandenburg
LfULG	Sächsisches Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und Geologie
LHW	Landesbetrieb für Hochwasserschutz und Wasserwirtschaft des Landes Sachsen-Anhalt
LHWZ	Landeshochwasserzentrum (Sachsen)
LIDAR	Light Detection and Ranging, optische Fernerkundungstechnik, bei der Laserlicht für ein dichtes Abtasten der Erdoberfläche verwendet wird und hochgenaue X-, Y- und Z-Messwerte ermittelt werden

MHQ	mittlerer Hochwasserabfluss
MV	Mecklenburg-Vorpommern
NHWSP	Nationales Hochwasserschutzprogramm, koordiniert durch das BMUB
NI	Niedersachsen
NLWKN	Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz
SH	Schleswig-Holstein
SOBEK	Simulationssoftware der Firma Deltares, NL (zugleich Krokodilgott der ägyptischen Mythologie)
SN	Sachsen
ST	Sachsen-Anhalt
StALU WM	Staatliches Amt für Landwirtschaft und Umwelt Westmecklenburg
U ₉₅	Unsicherheit im 95%-Konfidenzintervall
UHW	Untere Havel-Wasserstraße
VHS	Vorhersage
VV	Verwaltungsvereinbarung
WAVOS	Wasserstandsvorhersagesystem der BfG
WSA	Wasserstraßen- und Schifffahrtsamt
WSD	Wasserstraßen- und Schifffahrtsdirektion (jetzt: GDWS)
WSV	Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes

1 Veranlassung und Zielsetzung

Seit dem 01.07.2013 erfolgen die Berechnung und Veröffentlichung der Wasserstands- und Hochwasservorhersagen für die Elbe gemäß der „Verwaltungsvereinbarung zwischen der Bundesrepublik Deutschland und den Ländern Brandenburg, Hamburg, Mecklenburg-Vorpommern, Niedersachsen, Sachsen, Sachsen-Anhalt und Schleswig-Holstein zur Wasserstands- / Hochwasservorhersage für die Bundeswasserstraßen Elbe, Saale und Untere Havel-Wasserstraße (Havelberg Stadt)“ [VV 2013]. Nähere Einzelheiten zur Organisation und Veröffentlichung der Vorhersage sowie zu den Vorhersagepegeln, -zeiträumen und der Datenbereitstellung regelt die zugehörige Durchführungsanweisung.

Entsprechend der Vereinbarung erstellt und veröffentlicht im „hydrologischen Normalfall“ (keine Hochwassersituation) das Wasserstraßen- und Schifffahrtsamt (WSA) Magdeburg zur Information der Schifffahrt und der für Schifffahrts- und Hafenangelegenheiten zuständigen Stellen arbeitstäglich Wasserstandsvorhersagen.

Bei Hochwasser werden in der Hochwasservorhersagezentrale Sachsen- Anhalt (HVZ ST) beim Landesbetrieb für Hochwasserschutz und Wasserwirtschaft Sachsen-Anhalt (LHW) für die in der Durchführungsanweisung benannten Pegel an den Bundeswasserstraßen Elbe, Saale und Havel täglich Hochwasservorhersagen erstellt. Das Landeshochwasserzentrum (LHWZ) des Freistaates Sachsen erstellt bei Hochwasser im sächsischen Abschnitt der Elbe Vorhersagen für die Pegel Schöna, Dresden, Riesa und Torgau. Die HVZ beim LHW übernimmt nach erfolgter Abstimmung diese Vorhersagen des LHWZ für die gemeinsame Hochwasservorhersage der Elbe.

Zur Erstellung der Hochwasservorhersagen stellt die BfG das im Auftrag der WSV entwickelte, jeweils aktuelle Wasserstandsvorhersagesystem für die Elbe zur Verfügung. Das derzeit eingesetzte Wasserstandsvorhersagesystem WAVOS ist für die Bedürfnisse des Bundes – die verkehrsbezogene Wasserstandsvorhersage an Bundeswasserstraßen insbesondere während Niedrig- und Mittelwasserperioden – entwickelt worden und wird in diesem Bereich auch ständig weiterentwickelt. Da darüber hinaus im Hochwasserfall ein Interesse seitens der Schifffahrt an der Vorhersage des Zeitpunktes der Über- bzw. Unterschreitung des höchsten Schifffahrtswasserstandes besteht, deckt das Vorhersagesystem prinzipiell das gesamte Abflussspektrum von Niedrig- über Mittel- bis Hochwasser ab. Obwohl es originär nicht dafür entwickelt wurde, kann WAVOS somit auch für die Hochwasservorhersage genutzt werden. Aufgrund der wachsenden Ansprüche an die Leistungsfähigkeit der Hochwasservorhersage und somit des Hochwasservorhersagemodells und -systems (z.B. laufende Aktualisierung Hochwassergeometrie, Deichbrüche) wird die seit jeher bestehende Lücke zwischen unterschiedlichen Nutzungsansprüchen immer deutlicher.

Das Hochwasserereignis im Juni 2013 führte an Elbe und Saale zu bisher noch nicht gemessenen Wasserständen. In Folge dessen war der Kalibrierungs- und Validierungsbereich

des bestehenden Vorhersagemodells weit überschritten. Eine nachfolgende Auswertung der Hochwasservorhersagen hat das Erfordernis einer umfassenden Optimierung und Erweiterung des vorhandenen für den Hochwasserfall verwendeten Wasserstandsvorhersagemodells deutlich gemacht. Dieser Optimierungs- und Erweiterungsbedarf geht weit über die Erfordernisse des Bundes im Interesse der Schifffahrt hinaus. Aus diesem Grund und wegen der ursprünglichen Entwicklung des Modells durch die BfG wurde diese von der FGG Elbe mit der Aktualisierung und Weiterentwicklung des Vorhersagemodells für den Hochwasserfall beauftragt.

Vor der Implementierung eines neuen Vorhersagemodells ist eine Bestandsanalyse für die Hochwasserereignisse von 2013, 2011 und 2006 durchzuführen, in der abschnittsweise aufgezeigt wird, welche Genauigkeiten in der Vorhersage über den Verlauf der Hochwasserereignisse zu erreichen waren und welche Unsicherheiten in der Vorhersage wie zustande kommen. Diese Bestandsanalyse stellt die Grundlage für die Weiterentwicklung des Vorhersagesystems dar.

2 Hochwasser-Vorhersage Elbe - Modellhistorie

Die Elbe ist ein 1.094 km langer Fluss, dessen Einzugsgebiet sich zwischen seiner Quelle im Riesengebirge bis zur Mündung in die Nordsee bei Cuxhaven auf die 4 Staaten Deutschland, Tschechische Republik, Österreich und Polen verteilt. Es ist mit rd. 148.300 km² das viertgrößte Flussgebiet Europas. Auf deutschem Gebiet hat die Elbe eine Fließlänge von 727 km, also rd. 66,4 % der Gesamtlänge und eine Einzugsgebietsgröße von 97.175 km², dies entspricht ca. 65,5 % der Gesamtfläche. Sie durchfließt auf deutschem Gebiet zunächst das Elbsandsteingebirge, durchquert dann die Dresdner Elbtalweitung und erreicht nördlich von Meißen das Norddeutsche Tiefland. Das Sperrwerk Geesthacht trennt die Binnen- von der Tideelbe. Die überwiegende Zahl bedeutender Hochwasserereignisse in der Binnenelbe entsteht hauptsächlich infolge intensiver Schneeschmelze bis in die Kammlagen der Mittelgebirge in Verbindung mit großflächigem ergiebigem Regen. Schneeschmelze allein löst aber keine großen Hochwasser in der Elbe aus. In den Sommermonaten entstehen bedeutende Hochwasserereignisse durch großflächigen mehrtägigen ergiebigen Regen. Darüber hinaus können Eisversetzungen in der Elbe ebenfalls zu unkalkulierbaren Hochwasserereignissen mit hohen Wasserständen führen. [SIMON et al., 2005]

Die aus abgelaufenen Hochwassern abgeleiteten Scheitelwasserbeziehungen und Wellenlaufzeiten wurden bereits seit Ende des 19. Jahrhunderts zur Hochwasservorhersage genutzt. [SIMON&KURIK, 2006]. Vorläufer des heutigen Vorhersagemodells waren zunächst seit Anfang der 1980er Jahre das Zentralmodell Elbe [GÜTHLEIN et al., 1980] und seit 1995 das von der BfG entwickelte Modell ELBA [FRÖHLICH, 1996]. Letzteres konnte aufgrund des hydrologischen, konzeptionellen Ansatzes keine Effekte wie Rückstau, Deichbrüche oder auch Polderflutungen berücksichtigen. Deshalb wurde für die Elbe analog zu den Wasserstandsvorhersagesystemen für Rhein, Donau und Oder, das Vorhersagesystem WAVOS Elbe von der BfG aufgebaut und im Januar 2006 zunächst zur Niedrig- und Mittelwasservorhersage, später auch zur Hochwasservorhersage im WSA Magdeburg in Betrieb genommen [BUREK&RADEMACHER, 2007]. Das integrierte eindimensionale hydrodynamisch-numerische Modell WAVOS-1D wurde in der BfG speziell für die Vorhersage konzipiert, um den Wellenablauf im Hauptstrom sowie den großen Nebenflüssen zu berechnen [STEINEBACH, 1999; RADEMACHER 2004].

Im WAVOS-Vorhersagemodell sind die Unterläufe der Zuflüsse Mulde, Saale und Havel als eigene Modellstränge implementiert, welche nach der Moldau, die in der Tschechischen Republik zufließt, die größten Einzugsgebiete beitragen. Somit ergeben sich folgende Teilmodelle, die dynamisch miteinander gekoppelt sind:

- Hydrodynamisches Modell für die Elbe von Ústí nad Labem bis Zollenspieker (inkl. Elbe Umflutkanal bei Magdeburg) auf insgesamt 663 km Fließstrecke

- Hydrodynamisches Modell für die Mulde von Golzern bis zur Mündung auf 128 km Fließstrecke
- Hydrodynamisches Modell für die Saale von Naumburg bis zur Mündung auf 164 km Fließstrecke
- Hydrodynamisches Modell für die Havel von Rathenow bis zur Mündung auf 63 km Fließstrecke

Weitere Zuflüsse mit größeren Abflussmengen sind als laterale Zuflüsse erfasst. In Sachsen sind jeweils einige kleinere Zuflüsse zwischen Schöna und Dresden sowie zwischen Dresden und Torgau zusammengefasst und werden als Zwischengebietsabfluss an je einem Knoten eingespeist (Weitere Informationen zu den sächsischen Zwischeneinzugsgebieten: siehe Kap. 4.3.1.). Als laterale Zuflüsse in die Elbe wird neben den sächsischen Zwischeneinzugsgebieten die Schwarze Elster berücksichtigt, als laterale Zuflüsse in die Saale deren Nebengewässer Bode, Wipper und Weiße Elster sowie die Pleiße als bedeutender Zufluss der Weißen Elster.

Das Modell ist als Netzwerk aus 15 Flussabschnitten aufgebaut (siehe Abbildung 1). Die zeitliche Diskretisierung ist variabel und verändert sich je nach der Dynamik im System von Zeitschritten im Sekundenabstand bis zu maximalen Abständen von drei Stunden. Der räumliche Abstand der Berechnungsknoten variiert sowohl innerhalb eines Flussabschnittes als auch zwischen den Flussabschnitten zwischen 200 m und 500 m.

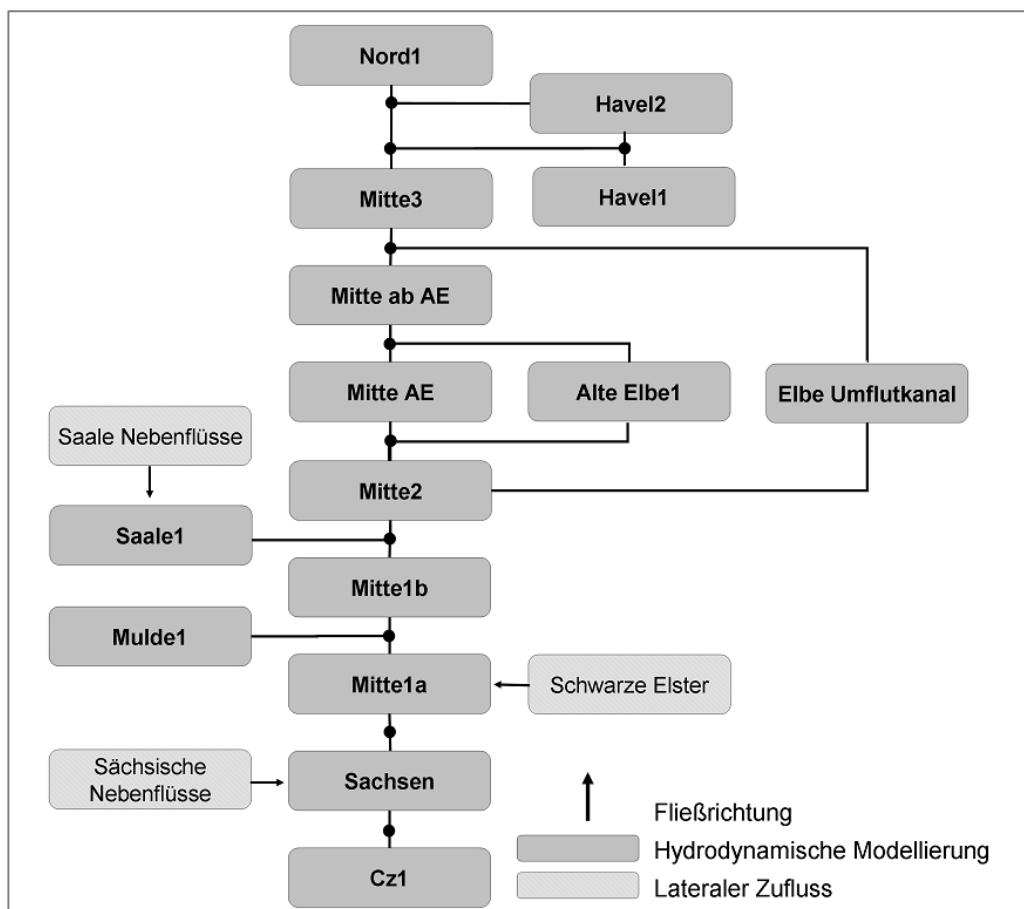


Abbildung 1: Systemskizze aktuelles Modell für die Wasserstandsvorhersage an der Elbe [BUREK&RADEMACHER, 2007]

Zum Betrieb des Modells ist über die gesamte Berechnungszeit für alle Randpegel (siehe Abbildung 2) die Angabe von Randbedingungen notwendig, d.h. am oberen Modellrand muss der Zufluss und am unteren Modellrand der Wasserstand vorgegeben werden. Ebenso wird die zeitliche Entwicklung der seitlichen Zuflüsse ins Modellgebiet benötigt. Bei der Simulation der Vergangenheit kann hier jeweils auf Messwerte zurückgegriffen werden. Zur Berechnung der Vorhersage im Fluss müssen für alle Zuflüsse sowie für den Wasserstand am unteren Modellrand ebenfalls (Zufluss-)Vorhersagen über den gesamten vorgesehenen Vorhersagezeitraum vorliegen. Für die Elbevorhersage werden Zuflussvorhersagen von Tschechien, Sachsen und Sachsen-Anhalt zur Verfügung gestellt (vgl. Kap. 4.3.1).

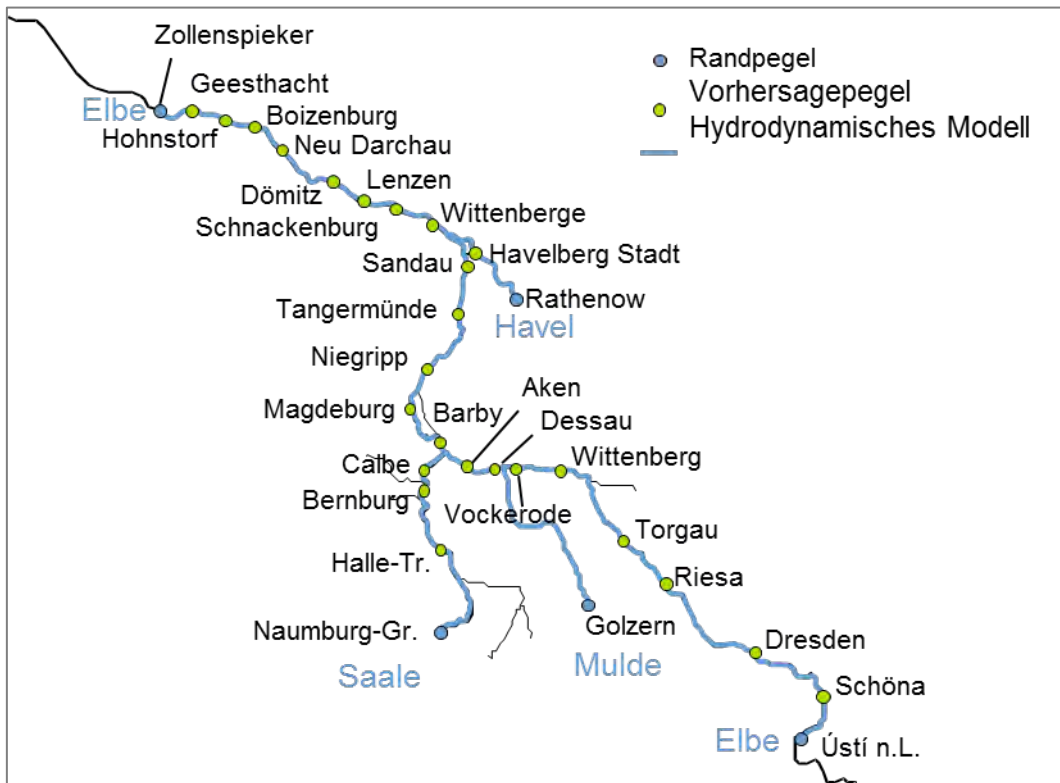


Abbildung 2: Modellbereich, Rand-, und Vorhersagepegel WAVOS Elbe
[BUREK&RADEMACHER, 2007]

3 Datenrecherche

Im Vorfeld zur Erstellung des neuen Vorhersagemodells ist eine Analyse der Modell- und Vorhersageunsicherheit des bestehenden Modells anhand der Betrachtung der Hochwasserereignisse von 2006, 2011 und 2013 durchzuführen. Auf diese Weise können Schwachstellen des Modells identifiziert werden und im Anschluss an die Überarbeitung durch die entsprechende Untersuchung am neuen Modell eine Qualitätskontrolle erfolgen. Zur Bestimmung der Modellunsicherheit des alten und des neuen Modells sowie zur Kalibrierung und Validierung des neuen Modells sind geprüfte Wasserstands- und Abflussmessdaten der im Modell erfassten Vorhersage- und Randpegel notwendig.

Die letzte grundlegende Überarbeitung des bestehenden Vorhersagemodells erfolgte 2007, so dass nun verschiedene Änderungen hinsichtlich der Modellparameter zu erfassen sind. Dabei handelt es sich zum einen um Änderungen der Geometrie des Hochwasser-Abflussquerschnittes sowie zum anderen um Änderungen der Rauheitsverhältnisse in diesen Bereichen. Aufgrund der großen Hochwasserereignisse der vergangenen Jahre wurden von den Ländern in den Jahren nach 2002 etliche Hochwasserschutzmaßnahmen wie z.B. Deichrückverlegungen umgesetzt, deren Implementierung in das neue Modell vorzunehmen ist.

Die Recherche der erforderlichen Daten erfolgte im Wesentlichen in 2015 durch den LHW Sachsen-Anhalt und die BfG. Es wird prinzipiell unterschieden in hydrologische Daten sowie ereignisunabhängige und ereignisabhängige Geofachdaten.

3.1 Hydrologische Daten

3.1.1 Geprüfte Messwerte Wasserstand und Abfluss

Im operationellen Modellbetrieb werden bei der Vorhersageerstellung Rohdaten der Wasserstände und – sofern vorhanden – des Abflusses verwendet, da nur diese zeitnah zur Verfügung stehen. Die Ermittlung der Abflusswerte erfolgt im operationellen Betrieb in den meisten Fällen durch eine Umrechnung der gemessenen Wasserstandsrohdaten über die in WAVOS hinterlegte Abflusstafel. Zur Modellkalibrierung und –validierung sowie zur Durchführung der Hindcasts (siehe Kap. 5.2) sind aber geprüfte Messwerte unerlässlich.

Die erforderlichen qualitätsgesicherten und hochaufgelöste Wasserstands- und Abflussdaten der WSV-Pegel werden der BfG regelmäßig durch die WSV zur Verfügung gestellt. Für das aktuelle Projekt wird auf die Datenreihen vom 01.01.2006 bis Sommer 2015 zurückgegriffen. Entsprechende Daten von den Landespegeln im Modellgebiet lagen teilweise ebenfalls bereits bei der BfG vor bzw. konnten bei den zuständigen Landesbehörden in Sachsen (LfULG) und Sachsen-Anhalt (LHW) abgerufen werden.

Eine Zusammenstellung der WSV-Pegel ist im Anhang der Tabelle A- 1 zu entnehmen, eine Zusammenstellung der Landespegel der Tabelle A- 2.

Die geprüften Daten sowie auch die Rohdaten der Elbepegel im tschechischen Teil des Modellgebietes wurden als Stundenwerte seitens des CHMI, Prag zur Verfügung gestellt sowie als 3h-Stundenwerte für die Zuflüsse über das LfULG. Siehe dazu Tabelle 1.

Tabelle 1: Pegeldaten Tschechien

Pegelname	Fluss	W	Q	von	bis
Ústí nad Labem	Elbe	1h	1h	01.01.2006	31.12.2015
Děčín	Elbe	1h	1h	01.01.2006	31.12.2015
Hřensko	Elbe	-	1h	01.01.2006	31.12.2015
Trmice *	Bilina	-	3h	jeweils HW-Scheitel 2006, 2011, 2013	
Benesov *	Ploučnice	-	3h	jeweils HW-Scheitel 2006, 2011, 2013	
Hřensko *	Kamenice	-	3h	jeweils HW-Scheitel 2011, 2013	

Auf sächsischem Gebiet münden etliche Nebengewässer in die Elbe, die für sich betrachtet bezogen auf den Abfluss in der Elbe jeweils keinen großen Abflussanteil beitragen, in der Summe aber nicht vernachlässigt werden sollten. Der Freistaat Sachsen, welcher für den sächsischen Elbeabschnitt ein eigenes Vorhersagemodell betreibt, hat deshalb für die Strecken Schöna bis Dresden bzw. Dresden bis Torgau jeweils ein sogenanntes Zwischeneinzugsgebiet definiert, welches die wichtigsten Zuflüsse im betreffenden Abschnitt zusammenfasst. Für den Abschnitt Schöna bis Dresden sind dies 4 Gewässer: Lachsbach, Gottleuba, Wesenitz und Müglitz, im Folgenden bezeichnet als ZG1. Im Abschnitt Dresden bis Torgau werden 2 Gewässer zusammengefasst, und zwar Triebisch und Döllnitz, im Folgenden ZG2.

Für die Abfluss-Aggregation der Pegel gilt jeweils folgende Formel:

$$Q(\text{ZG}) = a + \text{Summe}(b * \text{Pegel})$$

für ZG1 gilt $a = 25$, $b = 2,5$ (seit 23.07.2011, vorher $a = 0$ und $b = 2,5$)

für ZG2 gilt $a = 0$, $b = 3,4$

Für die Pegel der einzelnen Gewässer wurden für die Zeitfenster des HW2011 sowie des HW2013 jeweils geprüfte Daten zur Verfügung gestellt, so dass mithilfe der Formeln die Abflüsse der beiden Zwischeneinzugsgebiete ermittelt werden konnten und für die Hindcasts zur Verfügung stehen. Für das HW2006 liegen jedoch für jeweils einen Pegel des ZG1 und des ZG2 keine Daten vor. Für einige andere Pegel konnten nur teils ungeprüfte Wasserstandsmesswerte sowie die entsprechenden W-Q-Beziehungen durch das LfULG übergeben werden, so dass eine Umrechnung in Abflusswerte erfolgen konnte. Nachfolgende Tabelle 2 zeigt eine Zusammenstellung der übergebenen Daten der Zwischeneinzugsgebiete für das Zeitfenster HW2006.

Tabelle 2: Pegeldaten sächsischer Zwischeneinzugsgebiete ZG1 und ZG2 - HW2006

Pegelname	Fluss	W	Q	Bemerkung
Porschdorf	Lachsbach (ZG1)	-	23.03.06 - 01.05.06	3h-Werte
Neundorf	Gottleuba (ZG1)	01.02.06 – 31.08.06	W-Q-Beziehung übergeben	15 min-Werte, ungeprüft
Elbersdorf	Wesenitz (ZG1)	-	23.03.06 – 01.05.06	3h-Werte
Dohna	Müglitz (ZG1)	-	-	keine Daten wg. Baustelle
Garsebach	Triebisch (ZG2)	29.09.06 – 31.12.06	01.11.07 – 21.12.07	1h, ungeprüft bis 01.01.07
Merzdorf	Döllnitz (ZG2)	01.01.06 – 21.12.07	01.11.07 – 31.12.07	1h, ungeprüft bis 05.11.07

Somit ist die Ermittlung von abgesicherten Zuflussdaten zur Verwendung in den Hindcasts für das HW2006 für die beiden sächsischen Zwischeneinzugsgebiete nicht möglich. Hier wird ersatzweise auf die operationellen Daten des Jahres 2006 zurückgegriffen. Diese wurden im Zeitfenster des HW2006 auf Ausreißer überprüft.

Die übrigen, im Modell berücksichtigten Zuflüsse befinden sich auf sachsen-anhaltinischem Gebiet. Hier liegen jeweils vollständige, geprüfte Datensätze vor (vgl. Tabelle A- 2 im Anhang).

3.1.2 Abflusstafeln

Die für Modellerstellung, Betrieb sowie Auswertung und Darstellung der Ergebnisse notwendigen Umrechnungen der Wasserstände in Abflüsse und umgekehrt erfolgt über Abflusstafeln.

Eine umfangreiche Überarbeitung der Abflusstafeln erfolgte seitens der WSV und der Länder im Nachgang zum Hochwasserereignis 2013. Im Zuge dieses Ereignisses, welches an zahlreichen Pegel im Elbegebiet zu hohen bis höchsten Wasserständen führte, erfolgten umfangreiche Messungen, welche zur Überarbeitung der vorhandenen Abflusstafeln insbesondere in den extremen Abflussbereichen genutzt werden konnten [BELZ et.al, 2014, ADLER et.al., 2014a sowie persönliche Mitteilungen Frau Oelze, LHW ST und Frau Walther, LfULG SN].

Die historischen und aktuellen Abflusstafeln der WSV-Pegel wurden von der WSV und die der Landespegel von den zuständigen Länderbehörden Sachsen und Sachsen-Anhalt bereitgestellt. Für die Pegel Ustí n. L. und Děčín erfolgte eine Bereitstellung der Abflusstafeln durch das CHMI aus Tschechien. So liegen für die Nachberechnungen und Hindcasts die zum jeweiligen Ereigniszeitpunkt gültigen Abflusstafeln vor sowie die derzeit aktuellen Tafeln für das neue Modell. Im Zuge der Kalibrierung wird bei den zuständigen Stellen nochmals eine mögliche, weitere Aktualisierung der Abflusstafeln abgefragt.

3.1.3 Grundwasser

Nach erster, überschlägiger Recherche zu verfügbaren Grundwasserdaten wurde aufgrund der Komplexität der Datenlage entschieden weiterführende Untersuchungen erst dann durchzuführen, wenn sich nach ersten Berechnungen mit dem neuen Sobek-Modell zeigen sollte, dass die Hochwasserwelle wie auch in WAVOS-1D deutlich zu schnell abgebildet wird und eine entscheidende Verbesserung durch die Berücksichtigung der Grundwassersituation zu erwarten ist.

3.2 Geofachdaten

3.2.1 Ereignisunabhängige Geofachdaten

3.2.1.1 Topografie: Gewässerbett und Vorland

Im Rahmen mehrerer Bund-Länder-Gemeinschaftsprojekte wurde von der BfG ein digitales Geländemodell des Wasserlaufs (DGM-W) der Elbe von der tschechischen Grenze bis Geesthacht erstellt. In einem dieser Projekte wurden u.a. auch ein Bühnen- und Parallelwerkskataster generiert sowie Querprofile im Abstand von 100 m abgeleitet. Die Datengrundlage der Vorländer (LIDAR-Daten sowie photogrammetrisch auswertbare digitale Bilddaten) datiert aus den Jahren 2003 bis 2006, die des Gewässerbettes (Fächerecholotpeilung) aus dem Jahr 2004. Im Folgenden wird dieses DGM-W als DGM-W 2006 bezeichnet. [BROCKMANN&SCHRÖDER, 2005; BROCKMANN, 2008]

Hinsichtlich der *Gewässer-Geometrie* bildet das vorliegende DGM-W 2006 zunächst die Grundlage für das neue Vorhersagemodell. Zum einen liegen weder seitens der Länder noch des Bundes aktuellere homogene Gewässerbett- und Bühnen-/Parallelwerkskataster vor, zum anderen ist das Gewässerbett bei der Betrachtung von Hochwasserabflüssen von nachgeordneter Bedeutung. Die Daten aus dem DGM-W 2006 können somit für die Anwendung für ein HW-Modell der Elbe als hinreichend genau eingestuft und verwendet werden.

Im Hinblick auf die Datengrundlage zur *Vorlandabbildung* ist bezüglich des DGM-W 2006 zu beachten, dass zwischenzeitlich die Deichrückverlegung bei Lenzen (Elbe-km 476,2 bis 485,0), welche 2009 mit der Schlitzung des Altdeiches abgeschlossen wurde, eingearbeitet wurde [Produktblatt BfG, 2012]. Dies erfolgte auf der Basis von terrestrischen Vermessungen sowie Flächenaufnahmen des Gewässerbettes und der Bühnenfelder, die zwischen 09/2009 und 08/2010 aufgenommen wurden. Außerdem konnte hier ein DGM1 der LBG (Land BB, Stand 01/2008) verwendet werden. Abbildung 3 zeigt das Bearbeitungsgebiet mit altem, geschlitztem und neuem, rückverlegtem Deich. Der Altdeich wurde im Rückverlegungsbereich an 6 Stellen geschlitzt.

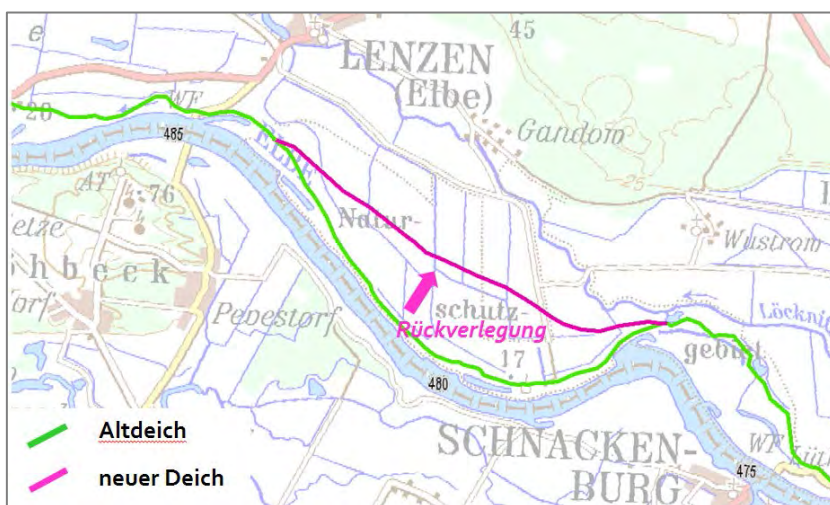


Abbildung 3: Lage Deichrückverlegung Lenzen, Elbe-km 476,2 bis 485,0
Hintergrund: © GeoBasis-DE / BKG 2015

Weitere Veränderungen an der Elbe seit 2006 sind die Fertigstellung der beiden Maßnahmen im Bereich Bleckede. Konkret handelt es sich hierbei um die Deichrückverlegungsmaßnahmen Neu-Bleckede (Fertigstellung 2010, Elbe-km 546 bis 553) in Niedersachsen und Mahnkenwerder (Fertigstellung 2009, Elbe-km 553 bis 557) in Mecklenburg-Vorpommern. Im Rahmen des Projektes „2D-Modellierung an der unteren Mittel-Elbe zwischen Wittenberge und Geesthacht“, welches von der BfG bearbeitet wurde [PROMNY et al., 2015], erfolgte die Implementierung dieser Maßnahmen in das DGM-W 2006. Die Einarbeitung der Maßnahmen basierte für den niedersächsischen Bereich auf den Planungsdaten der Maßnahme, während für den Bereich in Mecklenburg-Vorpommern Befliegungsdaten aus dem Jahr 2009 vorlagen. Im 2D-Modell ist die Elbe zwischen Elbe-km 451,1 und 585,9 abgebildet. Der nachbearbeitete Bereich ist aus Abbildung 4 ersichtlich.

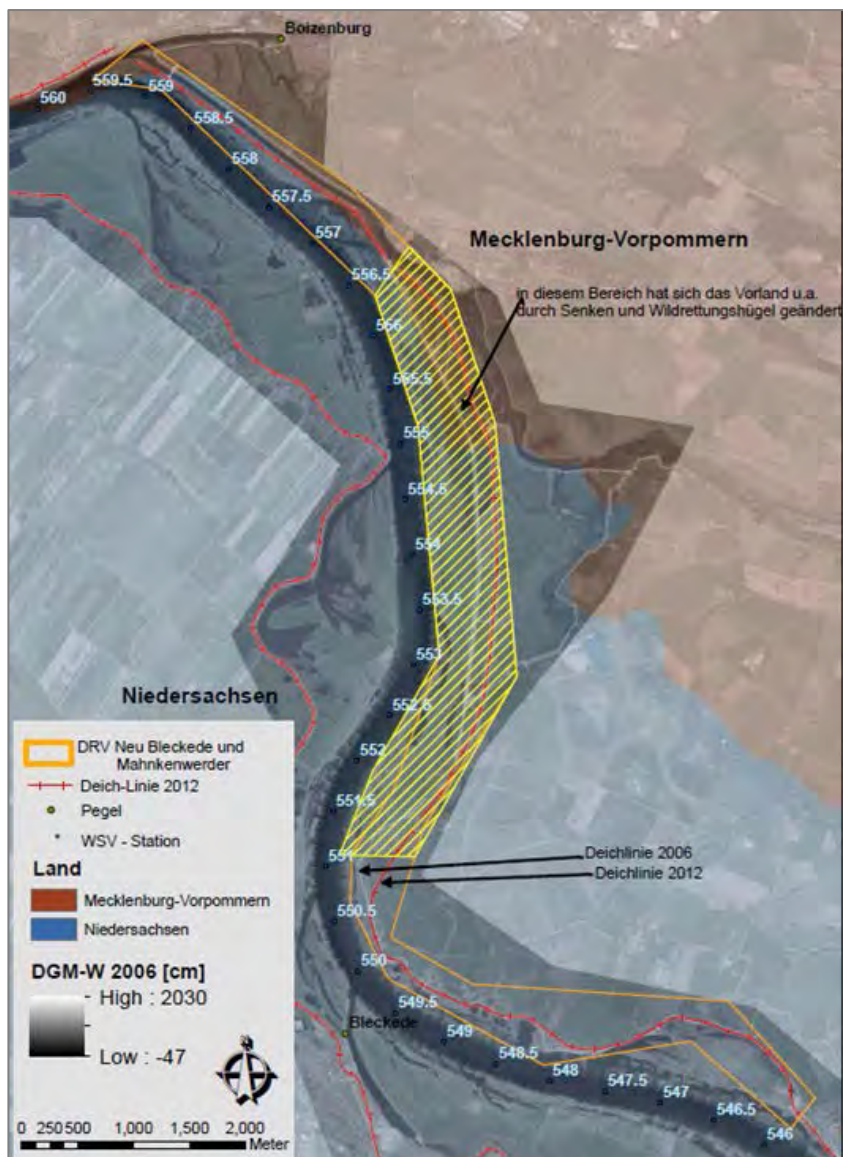


Abbildung 4: Änderung DGM-W im Bereich Neu-Bleckede und Mahnkenwerder wegen Deichrückverlegung, Elbe-km 546 bis 557
Hintergrund: © GeoBasis-DE / BKG 2015

Im Zuge der Datenabfrage bei den Ländern wurde hinsichtlich der Topografieabbildung abgefragt, welche Daten vorliegen, die aktueller sind als die dem DGM-W 2006 zugrunde liegenden. Das Ergebnis dieser Abfrage zeigt Tabelle A- 4 (siehe Anhang). Die vorgesehene Berücksichtigung der Daten wird im folgenden Abschnitt diskutiert.

3.2.1.1.1 Verwendung der Höhendaten der Länder im neuen Vorhersagemodell

Den DGM-Daten der Länder ist gemein, dass es sich durchgängig nicht um DGM-W-Daten handelt, also keine Gewässergeometrien implementiert sind.

Um entsprechende Hochwasserschutzmaßnahmen (Deichrückverlegungen, Unterhaltungsmaßnahmen, etc.), die nach Erstellung des DGM-W durchgeführt sind, zu berücksichtigen, werden in diesen Bereichen die DGM-W-Daten grundsätzlich gegen die DGM-Daten der Länder ausgetauscht. Beispiele hierfür sind die Deichrückverlegungen Neu-Bleckede und Mahnkenwerder sowie der Elbeumflutkanal bei Magdeburg.

Vorlanddaten Sachsen

Sachsen hat eine landesweite Übersicht zur Verfügbarkeit und Aktualität seiner Daten übergeben. Die Aktualität im Bereich der Elbe ist aus Abbildung 5 ersichtlich. Die Daten liegen an der Landesgrenze zu CZ von 2005/06 vor, im Bereich Dresden bis zur Landesgrenze ST von 2008/09. Es handelt sich ausschließlich um DGM 2-Daten. Für den sächsischen Elbeabschnitt wird daher das höher aufgelöste DGM-W 2006 verwendet und keine Veränderung an den Profildaten durchgeführt.

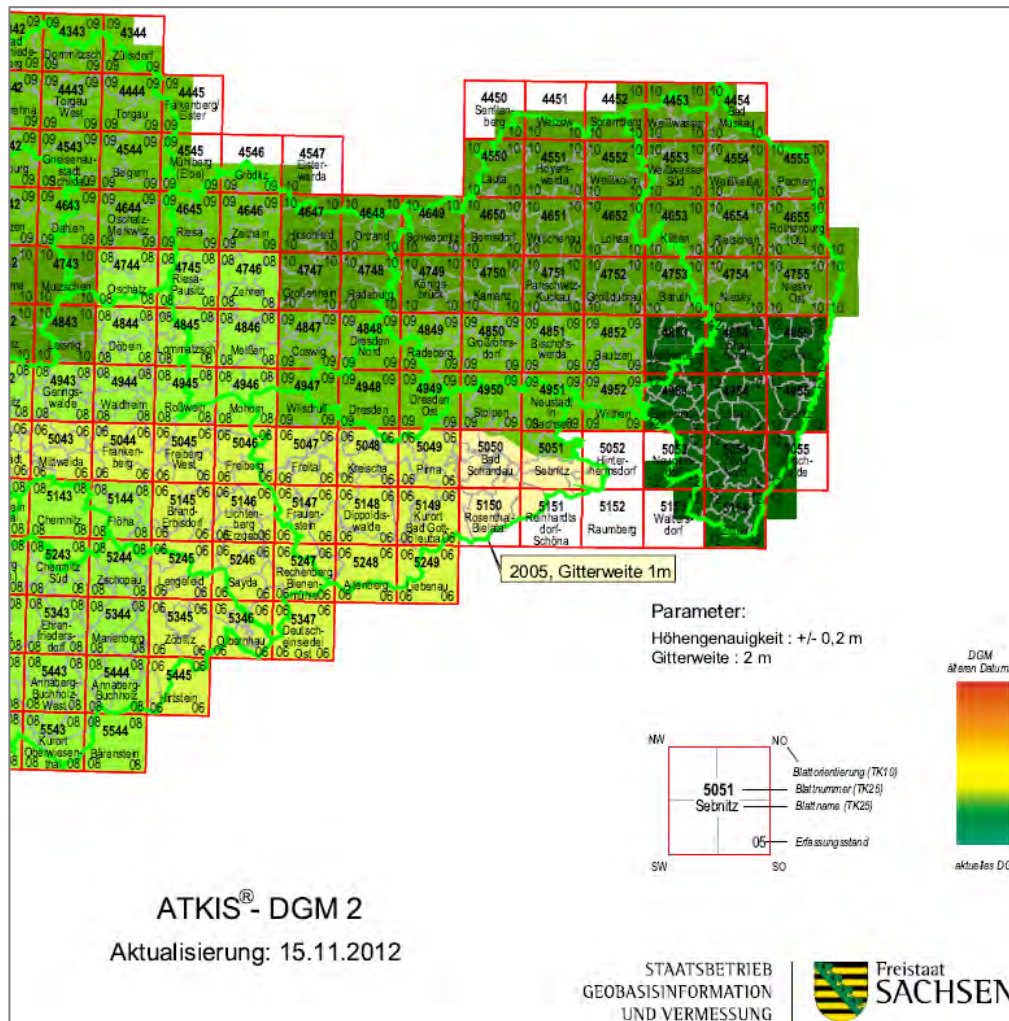


Abbildung 5: Verfügbarkeit DGM2 in Sachsen
(Quelle: GeoSN)

Vorlanddaten Sachsen-Anhalt

Die Daten für Sachsen-Anhalt sind nicht älter als 2012. Die vorliegenden DGM1-Daten eignen sich somit prinzipiell zur Aktualisierung der Profildaten des neuen Vorhersagemodells. Anhand von Profilsuren aus einem 1D-Feststofftransportmodell, für welches das hydraulische Basismodell auf Grundlage des DGM-W 2006 erstellt wurde [ARGE SOBEK-Elbe, 2009], wurden abschnittsweise Profile verglichen. Dabei zeigte sich, dass sich die Änderungen in der Regel im Bereich von ± 10 cm bewegen. In Abbildung 6 sind beispielhaft die Profile an Elbe-km 188.0, 300.2 und 471.6 dargestellt. Die Differenzen im Gewässer resultieren aus der Tatsache, dass es sich beim DGM1 aus ST nicht um ein DGM mit Gewässergeometrie handelt, sondern der Wasserspiegel zum Zeitpunkt der Befliegung im DGM abgebildet ist. Die Vorlanddifferenzen von ± 10 cm liegen im Rahmen der allgemein gültigen Höhengenaugigkeit bei der Erstellung von digitalen Geländemodellen, die nach dem Standard der Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland (AdV) bei einem Unsicherheitsfaktor $U_{95} = 15$ cm liegt. Ein genereller Austausch der Profildaten ist daher nicht erforderlich, da auch vor dem Hintergrund der gewählten Modelltechnik kein Mehrwert für die Modellierung zu erwarten ist.

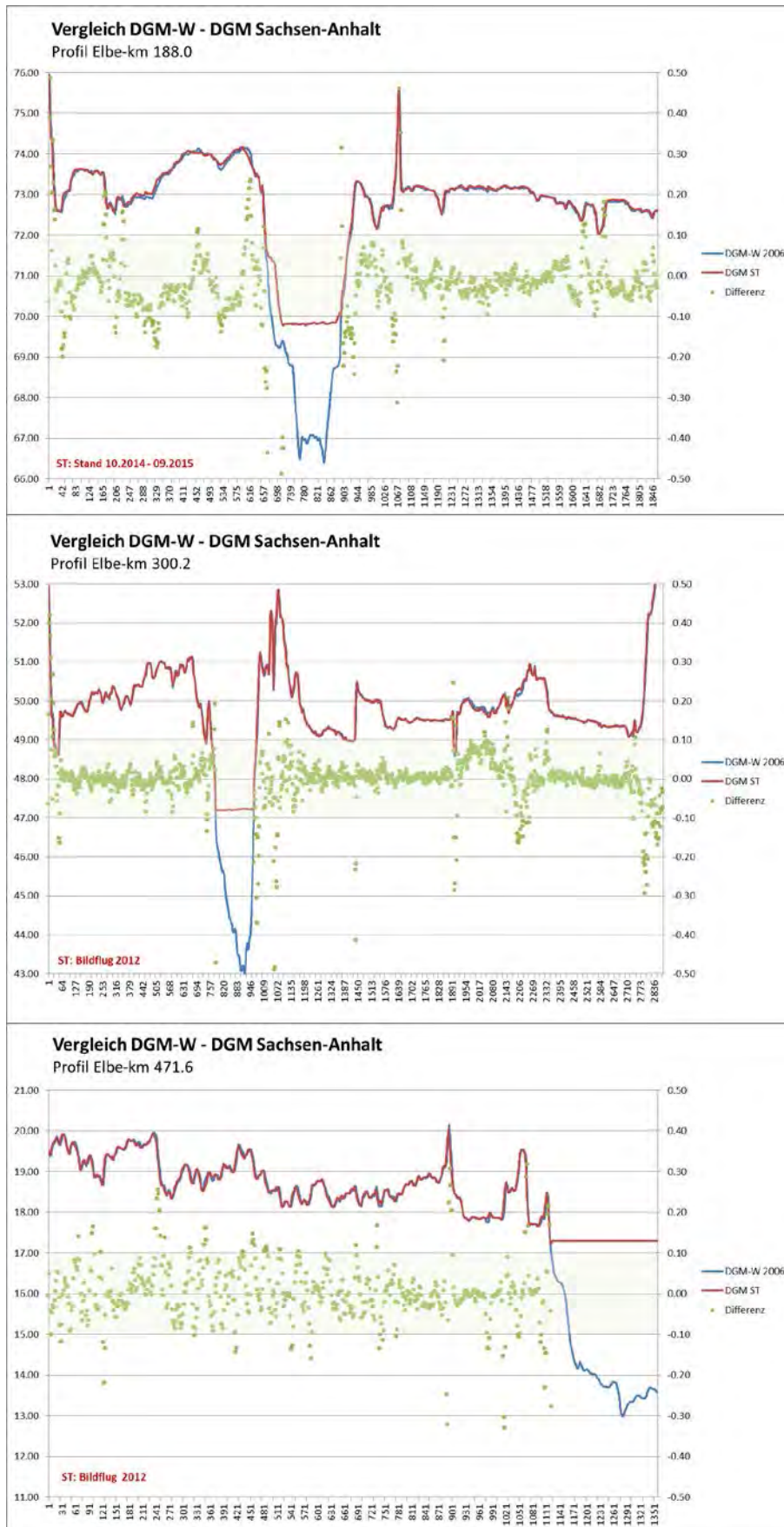


Abbildung 6: Höhen-Vergleich der Querprofile an Elbe-km 188.0, 300.2 und 471.6

Im Bereich der Elbeumflut werden die Höhedaten aufgrund der dort fortlaufend durchgeführten Unterhaltungsmaßnahmen ausgetauscht. Hier liegen Daten aus einem Bildflug 2012 vor, die teilweise 10 bis 30 cm unter den DGM-W-Daten von 2006 liegen (siehe auch Abbildung 7).

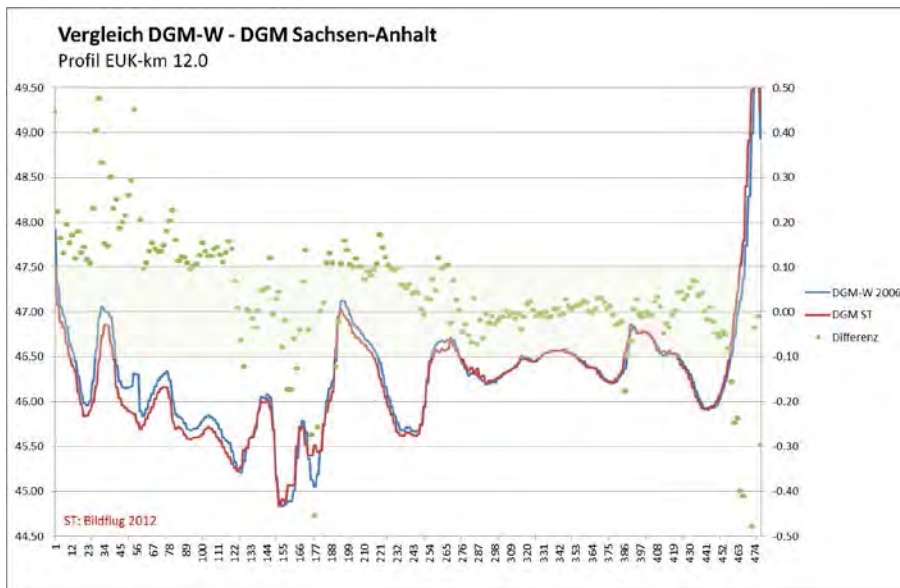


Abbildung 7: Höhen-Vergleich Querprofil im Elbeumflutkanal, EUK-km 12.0

Der Austausch der Topografiedaten erfolgt zwischen Elbe-km 300,0 (oberstrom der Stromteilung bei Dornburg) und 338,6 (Querung Autobahn A2 bei Hohenwarthe) (siehe auch Abbildung 8).

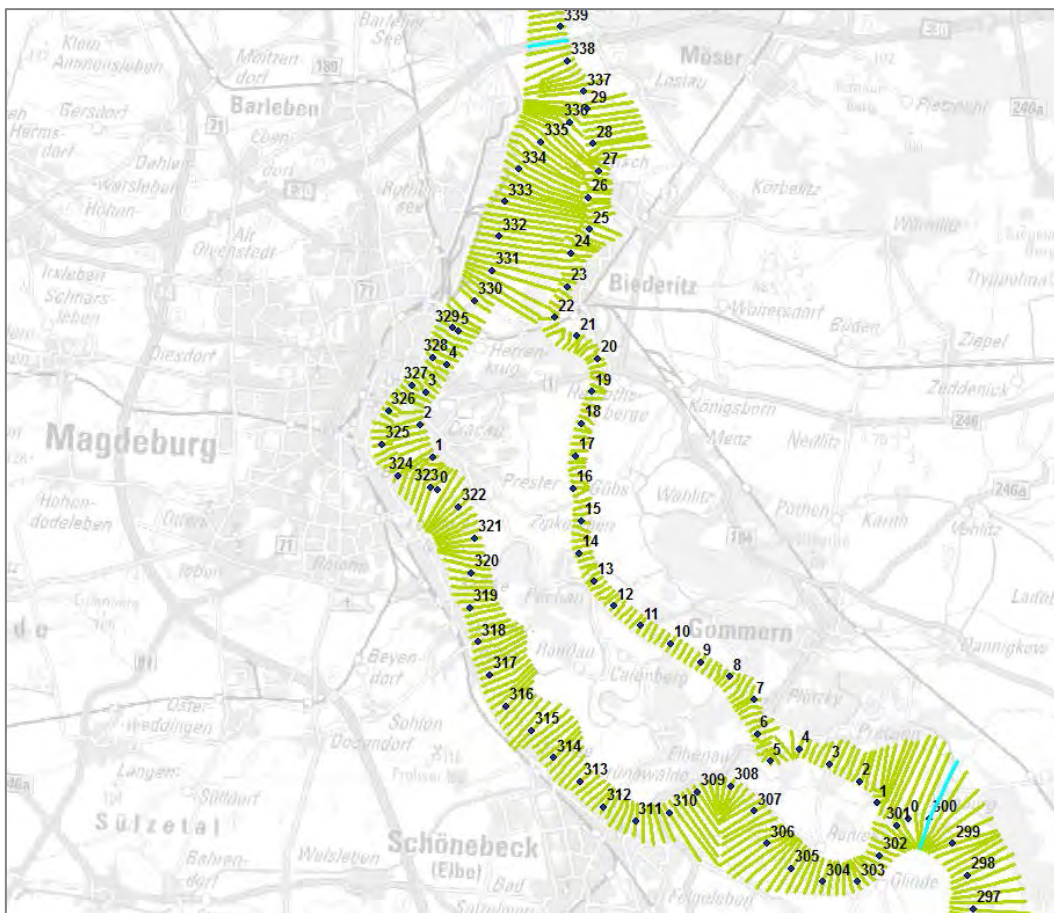


Abbildung 8: Profilaktualisierung im Bereich der Elbeumflut bei Magdeburg
Hintergrund: © GeoBasis-DE / BKG 2015

Schwarze Elster, Mulde und Saale

Die Zuflüsse Schwarze Elster, Mulde und Saale, die ebenfalls im Modell abgebildet werden, sind nicht bzw. nur teilweise im DGM-W 2006 erfasst. Hier werden Daten aus numerischen Modellen zur Profilextraktion genutzt. Es liegen jeweils 2D-Modelle im Format Hydro_AS-2D für die Schwarze Elster und die Mulde in ST sowie die Saale vor. Für die Mulde in SN wurde ein 2D-Hochwassersmodell, ebenfalls in Hydro_AS-2D erstellt. Die zugrunde liegenden Höhendaten in Fluss und Vorland datieren im Wesentlichen aus den Jahren 2010 bis 2012 (Saale, siehe auch [LHW, 2014a und b]) und 2009 bis 2014/15 (Mulde, siehe auch [LHW, 2013] sowie [LHW, 2015a]). Die Modelle werden von den jeweiligen Ländern zur Verfügung gestellt, so dass daraus Profile für das Hochwasservorhersagemodell extrahiert werden können.

Havel

Die Havel, welche bis Rathenow im Modell abgebildet wird, ist im DGM-W 2006 mit erfasst. Die Bereiche parallel zu Elbe-km 422,2 bis 423,0 sowie 427,4 und 438,3 wurden in 2007 ergänzend überarbeitet. Es handelt sich dabei um den Bereich der Havelmündung in die Elbe sowie den Gnevsdorfer Vorfluter.

Ein profilbasierter Abgleich der Daten des DGM-W-2006 mit dem DGM1 aus ST zeigt,

dass sich auch hier die Höhendifferenzen in einer Spanne von ± 10 cm bewegen (siehe auch Querprofil an Havel-km 134,0, Abbildung 9), ein Austausch also nicht notwendig ist.

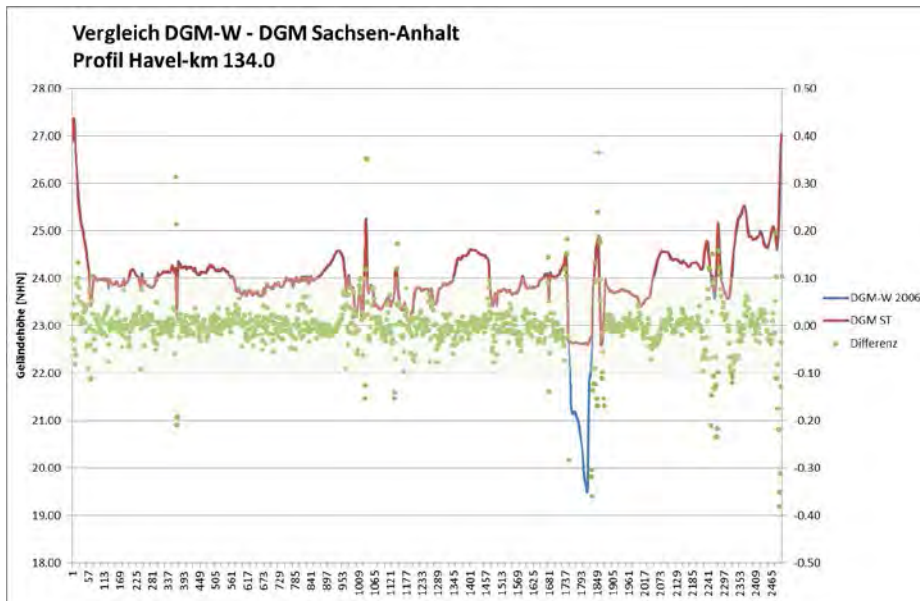


Abbildung 9: Querprofil Havel-km 134.0

Vorlanddaten Mecklenburg-Vorpommern, Brandenburg, Schleswig-Holstein

Die Daten für Mecklenburg-Vorpommern sind vom Winter 2008/09, die Daten für Schleswig-Holstein aus Laserscanning-Befliegungen von 2005 bis 2009 und die Daten aus Brandenburg aus den Jahren 2008 bis 2014. Für diese Länder, also Brandenburg, Mecklenburg-Vorpommern und Schleswig-Holstein, wurden die Vorlanddaten im Zuge der Erstellung des 2D-Modells Untere Mittelelbe [PROMNY et. al., 2015] verglichen und teilweise angepasst (siehe Abschnitt Topografie: Gewässerbett). Die angepassten Bereiche werden für die Überarbeitung des Vorhersagemodells übernommen, in den übrigen Bereichen können die Daten aus dem DGM-W 2006 beibehalten werden.

Vorlanddaten Niedersachsen

Die aktuellsten Daten wurden zunächst für Niedersachsen angekündigt: hier wurde im April 2015 eine Befliegung durchgeführt. Die Bereitstellung des daraus abgeleiteten DGM1 verzögert sich jedoch, so dass nach mündlicher Abstimmung mit dem NLWKN (Frau Köhne, Telefonat am 27.09.2016) im Bereich von Niedersachsen die Daten des DGM-W bzw. der Geländezustand aus dem 2D-Modell Untere Mittelelbe (s.o.) verwendet werden.

In allen zu überarbeitenden Bereichen werden die Vorlandbereiche der Modellquerprofile außerhalb der Wasserwechselzone bzw. Ufergrenze ausgetauscht. Die Ufergrenze liegt für die Elbe im ESRI-shp-Format aus dem oben genannten Projekt zur Erstellung eines 1D-Feststofftransportmodells vor [ARGE SOBEK-Elbe, 2009, siehe auch Abbildung 10].

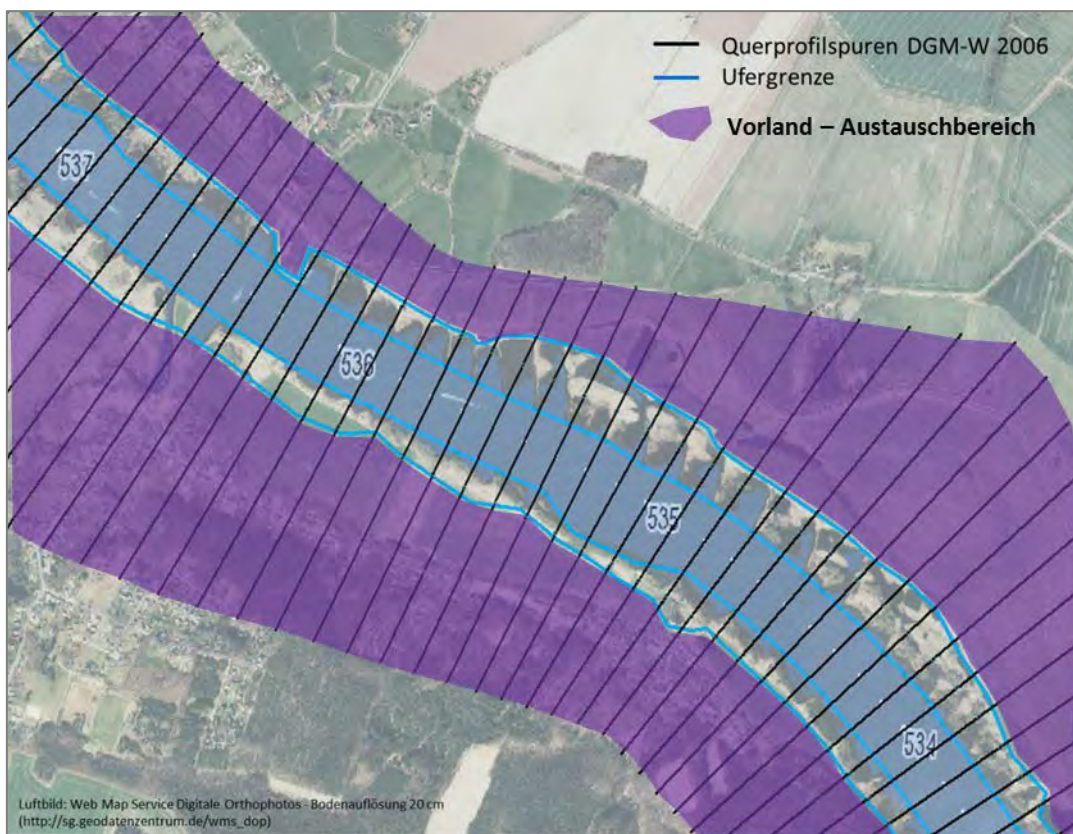


Abbildung 10: Beispiel Querprofilspuren und Ufergrenze
Hintergrund: © GeoBasis-DE / BKG 2015

3.2.1.2 Deiche

Die Länder haben im Herbst 2015 Deichdaten (Achsen, teilweise mit Deichhöhen) als shp-Files zur Verfügung gestellt, so dass die Deichlinien nach diversen Sanierungs- und Rückverlegungsmaßnahmen mit den im Zuge der DGM-W-2006-Erstellung verwendeten Daten abgeglichen und ggf. angepasst werden können. Eine Übersicht der übergebenen Deichdaten ist Tabelle A- 3 zu entnehmen. Im neuen Sobek-Vorhersage-Modell der Elbe werden diese Trassenverläufe berücksichtigt. Die Deiche bilden im Hochwassermodell die seitliche Begrenzung und werden im Modell unendlich hoch angesetzt. Ausnahmen sind sogenannte Sommerdeiche, die im Vorland liegen und lediglich für kleinere Hochwasserereignisse dimensioniert sind. Diese werden in den Querprofilen abgebildet.

3.2.1.3 Derzeit laufende Baumaßnahmen

Allgemein

Im Zuge der Datenerhebung wurden neben den seit 2006 umgesetzten Maßnahmen auch in Umsetzung befindliche Maßnahmen abgefragt, um diese beim Aufbau des neuen Vorhersagemodells berücksichtigen zu können. Teilweise sind die Maßnahmen bereits in den übergebenen DGM-Daten, sofern nach 2006 erhoben, enthalten. Andernfalls ist eine Implementierung in die Modellgeometrie erforderlich. Zur Kalibrierung werden zunächst die

bis 2013 fertig gestellten Maßnahmen berücksichtigt, d.h. die Deichrückverlegungen Lenzen (BB), Neu-Bleckede (NI) und Mahnkenwerder (MV) (siehe auch Abschnitt Topografie: Gewässerbett).

Das neue Vorhersagemodell soll 2018 fertig gestellt und übergeben werden. Aus diesem Grund wurde im Zuge der 1. AG-Sitzung im Oktober 2015 vereinbart, dass alle Maßnahmen mit hydraulischer Relevanz für den Hochwasserabfluss, die bis Mitte 2018 umgesetzt sein sollen, bereits in das Modell übernommen werden, um ein zum Zeitpunkt der Übergabe an die HVZ aktuelles Modell zur Verfügung zu stellen. Die Lieferung der erforderlichen Daten durch die Länder erfolgte bis zum 4. Quartal 2016.

Perspektivisch von entscheidender Bedeutung für die Hochwasservorhersage an der Elbe ist die Umsetzung der im Zuge des Nationalen Hochwasserschutzprogramms (NHWSP) gelisteten Maßnahmen, die sich teils auch in den Hochwasserschutzkonzeptionen der IKSE bzw. der Länder wiederfinden bzw. aus diesen übernommen wurden. Die Implementierung von umgesetzten NHWSP-Maßnahmen in das Hochwasservorhersagemodell ist je nach Fortschritt der Fertigstellung im Zuge der weiteren Modellpflege vorzunehmen, um eine realistische Vorhersage gewährleisten zu können. Eine Nachkalibrierung bzw. -validierung des Modells ist ggf. ebenfalls nachzuführen, wenn entsprechend geeignete Ereignisse nach Umsetzung und Implementierung von Maßnahmen auftreten.

Die konkret zu berücksichtigenden Maßnahmen bis 2018 wurden bis zum 4. Quartal 2016 bilateral abgestimmt und werden im Folgenden dargestellt.

Sachsen

Im Freistaat Sachsen befindet sich derzeit die Planung für den Polder Außig im Planfeststellungsverfahren. An der Mulde laufen derzeit die Arbeiten für den Polder Löbnitz. Die Maßnahme befindet sich direkt an der Grenze zu Sachsen-Anhalt. Weiter oberstrom an der Mulde, zwischen Bennewitz und Püchau, wird derzeit die Maßnahme „Vereinigte Mulde links“ zur Hochwasserrückhaltung umgesetzt.

Die Lage der Maßnahmen ist den nachfolgenden Abbildungen zu entnehmen.

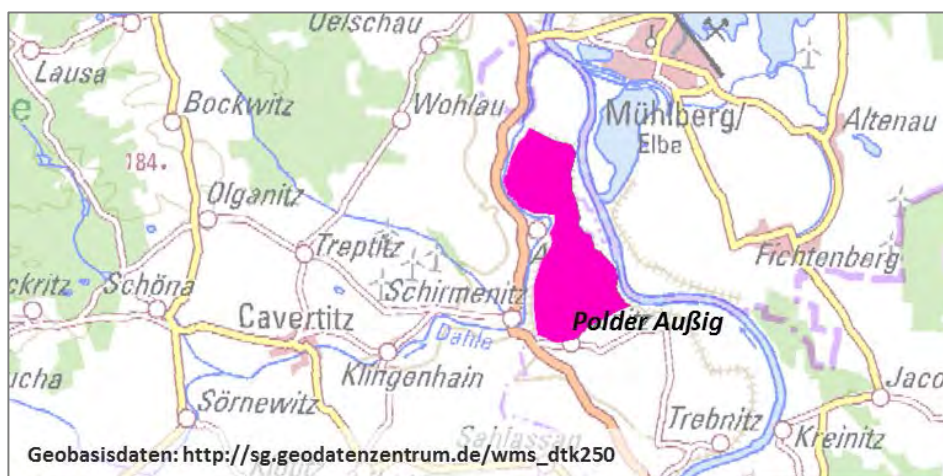


Abbildung 11: Lage Polder Außig, Elbe (SN)
Hintergrund: © GeoBasis-DE / BKG 2015

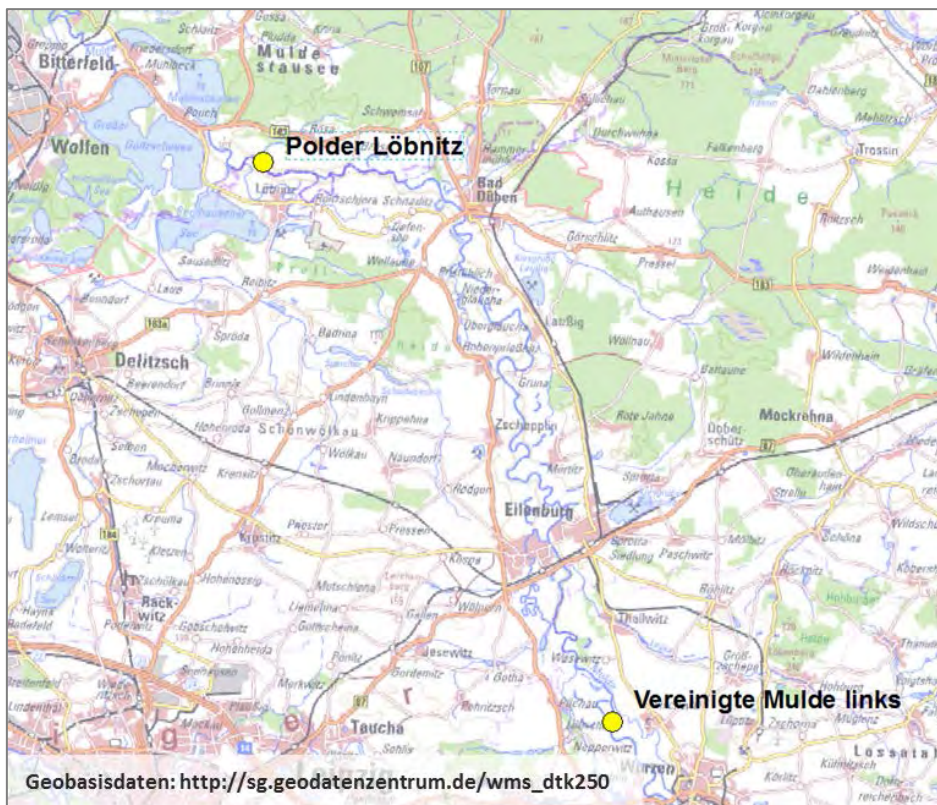


Abbildung 12: Maßnahmen Mulde: Polder Löbnitz und Vereinigte Mulde links
Hintergrund: © GeoBasis-DE / BKG 2015

Im NHWSP sind für den sächsischen Elbeabschnitt weitere Polder-Projekte vorgesehen, deren Umsetzung jedoch noch so unkonkret ist, dass sie in dieser Projektphase im Vorhersagemodell nicht berücksichtigt werden können.

Im neuen Vorhersagemodell werden die Polder Außig an der Elbe, sowie der Polder Löbnitz an der Mulde bereits angelegt, so dass sie nach Fertigstellung im Modell aktiviert werden können. Hinsichtlich der Einarbeitung des Polders Löbnitz ist zu beachten, dass der Pegel Bad Dübau 1 (Vereinigte Mulde) im Zuge der Maßnahmenumsetzung eine Umflut erhalten soll. Die Möglichkeiten zur Implementierung der Maßnahme „Vereinigte Mulde links“ als ungesteuerter Rückhalteraum in das Vorhersagemodell wird nach erfolgter Umsetzung im Zuge der nachfolgenden Modellpflege geprüft.

Brandenburg (südlicher Elbeabschnitt)

Im südlichen Brandenburg bei Mühlberg werden seit 2010 die Deiche saniert. Die Sanierungsmaßnahmen verlaufen weitgehend in der bestehenden Trasse, so dass keine hydraulisch relevanten Abweichungen gegenüber den alten Deichtrassen auftreten.

Nördlich von Mühlberg wurde seit Sommer 2015 der Flutpolder Köttlitz mit einer Fläche von rd. 180 ha realisiert, dessen Rückhalteraum seit Sommer 2016 zur Verfügung steht (offizielle Übergabe erfolgt am 21.09.2016). Errichtet wurden der Neubau eines 800 m langen Deiches sowie eine 75 m lange Überlaufstrecke mit Sielbauwerk im alten Hauptdeich. Die Überlaufstrecke ist technisch so ausgeführt, dass das kontrollierte Überströmen des Deichabschnitts in einem speziell dafür ausgelegten Bereich gewährleistet ist. Der hier vorhandene Sommerdeich wurde rückgebaut. Die Maßnahme wird im neuen Vorhersage-

modell berücksichtigt.

Südlich von Mühlberg ist die DRV Borschütz projektiert, wird jedoch nicht vor Mitte 2018 umgesetzt werden. Daher ist die Implementierung dieser Maßnahme erst im Zuge der Modellpflege durchzuführen.

Sachsen-Anhalt

In Sachsen-Anhalt wird auf der linken Elbeseite unterstrom der BAB A 9-Querung bei Dessau bis 2018 die DRV Gatzer Bergdeich umgesetzt. Zwischen Aken und Barby wird ebenfalls links der Elbe die DRV Lödderitzer Forst realisiert und entsprechend in das Modell eingearbeitet.

An der Mulde zwischen Dessau und Bitterfeld-Wolfen ist bis Ende 2018 die Umsetzung von zwei DRV-Maßnahmen vorgesehen, die DRV Törten (Stadtteil im Süden von Dessau) sowie die DRV Altjeßnitz bei Raguhn-Jeßnitz. Diese Maßnahmen werden in das Modell implementiert.

Die Maßnahmen im Großraum Dessau zeigt die nachfolgende Abbildung.

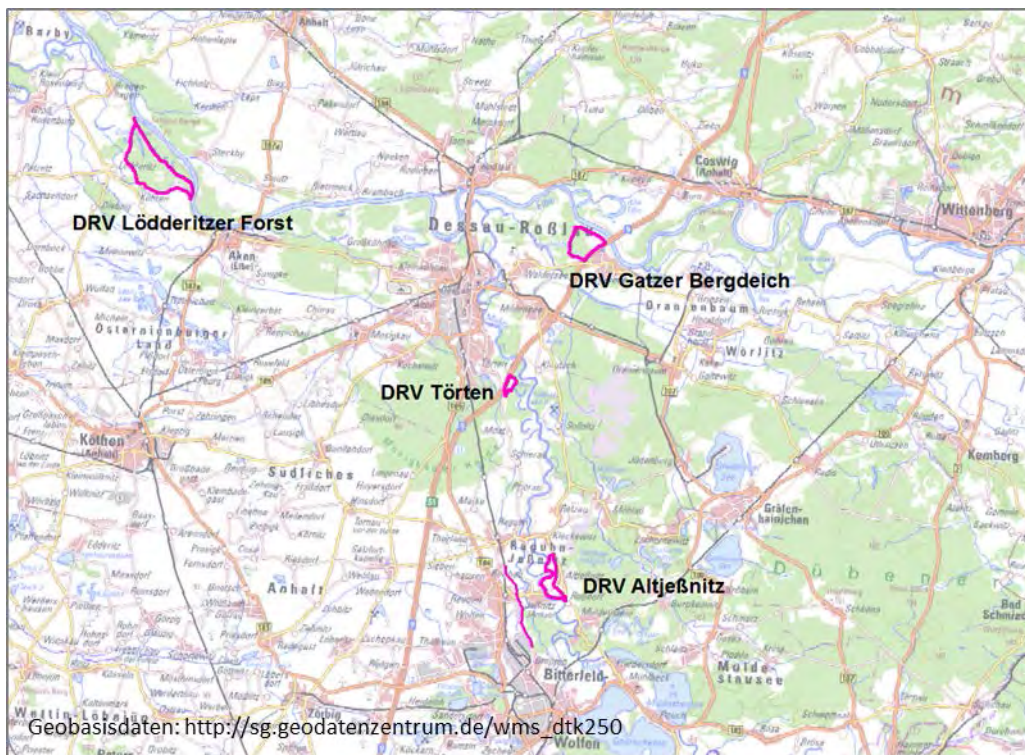


Abbildung 13: Maßnahmen im Großraum Dessau an Elbe und Mulde
Hintergrund: © GeoBasis-DE / BKG 2015

Südlich der Havelmündung wird derzeit die Deichrückverlegung Sandau im rechten Elbevorland umgesetzt. Die Maßnahme ist in die beiden Abschnitte Nord und Süd unterteilt. Der Abschnitt Nord (nördlich von Sandau, siehe Abbildung 14) befindet sich derzeit im Bau, der Deichkörper ist im Wesentlichen hergestellt und die Arbeiten sollen in 2017 nach Restarbeiten mit Fertigstellung der Wegebauarbeiten auf Krone und Berme abgeschlossen werden. Die Schlitzung des Altdeiches erfolgt ab August 2018. Die hydraulische Wirksamkeit der Rückverlegung ist nach erfolgter Schlitzung gegeben. Diese Maßnahme wird

direkt in das neue Modell übernommen. Der Abschnitt Süd, südlich von Sandau, soll zwischen 2018 und 2020 umgesetzt werden. Hier ist eine Mehrfach-Schlitzung des Altdeiches vorgesehen. Diese Maßnahme wird bereits im Modell angelegt und kann nach erfolgter Umsetzung aktiviert werden.



Abbildung 14: Maßnahme DRV Sandau Nord
Hintergrund: © GeoBasis-DE / BKG 2015

Südwestlich von Jerichow ist bis 2018 die Umsetzung der Maßnahme DRV Kletznick im rechten Elbevorland vorgesehen und wird im Modell berücksichtigt. Zur Lage siehe Abbildung 15.

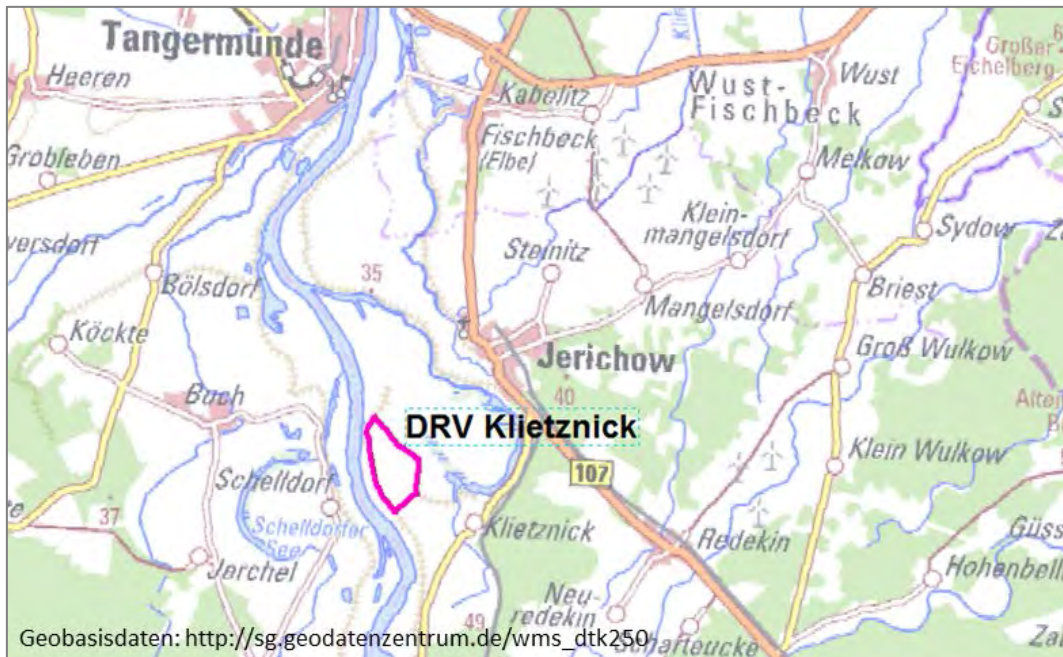


Abbildung 15: Maßnahme DRV Kletznick, rechtes Elbevorland
Hintergrund: © GeoBasis-DE / BKG 2015

Im Bereich Fischbeck, wo es während des HW-Ereignisses am 10.06.2013 zum Deichbruch kam, wird der Deich auf einer Länge von rd. 7 km zwischen Jerichow und der B 188 saniert bzw. austrassiert (Übersicht siehe Abbildung 16). Ein Teil des alten Hauptdeiches bleibt als Wildrettungshügel bestehen, der übrige Teil wird geschliffen. Ein alter Straßendamm im nördlichen Rückverlegungsbereich wird im Zuge der Maßnahme rückgebaut. Die Gesamtmaßnahme ist in 4 Abschnitte unterteilt, von denen die beiden ersten in 2016 fertiggestellt sein sollten, die Abschnitte 3 und 4 bis Ende 2017. Im neuen Modell wird die neue Deichtrasse berücksichtigt.

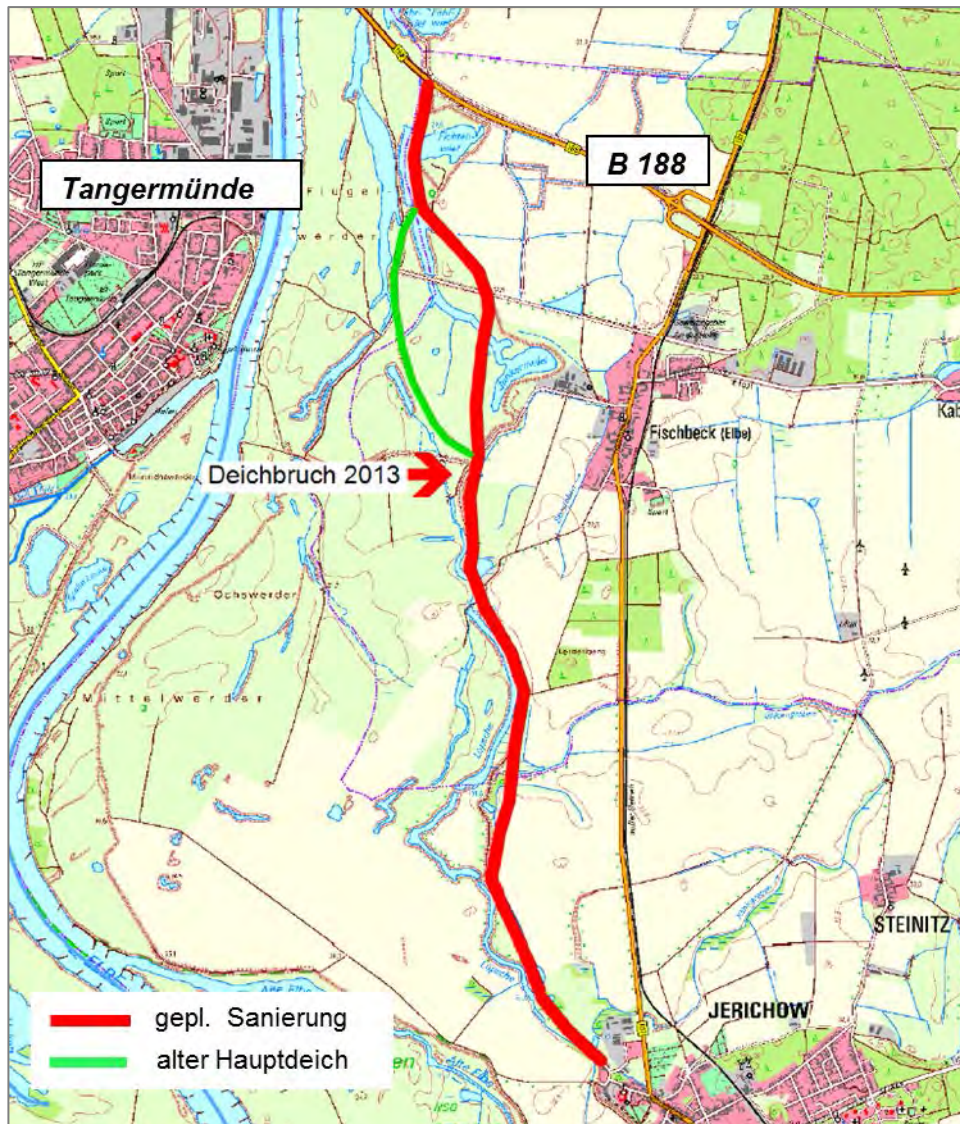


Abbildung 16: Deichsanierung Fischbeck
(Quelle: LHW), Hintergrund: © GeoBasis-DE / BKG 2011

In Sachsen-Anhalt werden noch weitere – kleinere – Maßnahmen durchgeführt, die auch im neuen Modell berücksichtigt werden. Jedoch wird in diesem Bericht darauf verzichtet auf diese Maßnahmen im Detail einzugehen.

Brandenburg (nördlicher Elbeabschnitt)

Im nördlichen Bereich der brandenburgischen Elbe liegt die Havelniederung mit ihren Polderflächen. Im Zuge des NHWSP läuft derzeit ein Projekt zur Optimierung der Nutzung der Havelpolder, gemeinsam mit den Ländern Sachsen-Anhalt, Mecklenburg-Vorpommern und Niedersachsen. Die entsprechenden Modellierungsarbeiten laufen aktuell bei der BfG. Die aus der laufenden Studie abgeleiteten Vereinbarungen zur Nutzung der Havelniederung sowie ggf. der Polder werden nach Abstimmung mit den Ländern in das Hochwasservorhersagemodell der Elbe übernommen und können im Hochwasserfall in Abstimmung mit der Koordinierungsstelle entsprechend berücksichtigt werden.

Niedersachsen

Bei den bislang in Niedersachsen vorgesehenen Maßnahmen von 2015 mit Umsetzung bis 2018 und darüber hinaus handelt es sich um Deichbauplanungen (Nacherhöhungen und Verstärkungen) auf der jetzigen Trasse. Hier sind also keine Modellanpassungen erforderlich. Im Bereich Bleckede wird eine Deichrückverlegung geprüft, die ca. 140 ha zusätzliche Retentionsfläche schaffen könnte. Die Umsetzung ist hier allerdings noch nicht terminiert und ggf. im Zuge der nachfolgenden Modellpflege nachzuführen.

In den Ortschaften Höhbeck / Vietze und Neu Darchau / Katemin laufen derzeit Planungen im Auftrag der jeweiligen Gemeinden für den Neubau von Deichen entlang der Ortslagen. Die Relevanz für die Hochwasservorhersagemodellierung ist jedoch aufgrund der geringen Ausdehnung wahrscheinlich sehr gering. Über die Implementierung kann nach Vorliegen der endgültigen Planung ggf. im Zuge der nachfolgenden Modellpflege entschieden werden.

Mecklenburg-Vorpommern

Relevante Maßnahmen an der Elbe wurden aus MV nicht gemeldet.

Schleswig-Holstein

In Schleswig-Holstein sind bis 2018 keine für die Hochwasservorhersage-Modellierung der Elbe relevanten Baumaßnahmen vorgesehen.

Hamburg

Auf dem Gebiet von Hamburg wurde an der Geesthachter Schleuse eine große Anlage zur Verbesserung der Durchgängigkeit errichtet. Im Zuge des Modellaufbaus bzw. im Rahmen der Kalibrierung wird eruiert, ob die Implementierung der Anlage in das Modell für die Hochwasservorhersage relevant ist.

3.2.1.4 Flächennutzung

Die Flächennutzung wird grundsätzlich zunächst aus dem bestehenden Modell übernommen. Kurz vor Beginn der Kalibrierung /Validierung werden die Länder durch die BfG um Übergabe der dann aktuellen Nutzungsdaten angefragt und die Daten im Modell ggf. ent-

sprechend aktualisiert. Sofern z.B. hinsichtlich der Bewuchsdichte eine Verifizierung angezeigt erscheint, erfolgt eine Abstimmung mit den zuständigen Stellen bei den Ländern und / oder ggf. eine Vor-Ort-Besichtigung durch die BfG. (Siehe dazu Tabelle 3.)

Tabelle 3: Nutzungsdaten, Stand 12/2015

Nr	Biotoptypen- und Nutzungstypenkartierung, FFH-Gebiete					
	Datenart	Gebiet	Erstelldatum	Stand	Format	Lagebezug
1	Flächendeckende Biotop und Landnutzungskartierung	BB	Mrz 2014	2014	shp	etrs89
2	FFH-Gebiete	BB	publ. Dez 2013	bei Bedarf aktualisiert	shp	etrs89
3	Biotoptypenkartierung	Elbe in NI	Sep 2015	2015	shp	etrs89
4	ATKIS-Daten	Mulde, Saale, Schwärze Elster in ST	Dez 2015	Okt 2015	shp	etrs89

3.2.1.5 Orthofotos

Zur visuellen Überprüfung während des Modellaufbaus bezüglich erfasster Geometrien sowie Flächennutzung ist die Verwendung von Orthofotos, die von Bund und den Ländern als WMS-Dienst bereitgestellt werden, vorgesehen. So stellt z.B. das Bundesamt für Kartografie und Geodäsie (BKG) diese jeweils in ihrer aktuellsten verfügbaren Fassung als WMS-Dienst mit einer Bodenauflösung von 20 bis 40 cm zur Verfügung. Die Aktualität kann über den Webaufruf des BKG abgefragt werden (als Grafik, shape-File oder Liste unter Aktualitätsübersichten auf <http://www.geodatenzentrum.de>). Die im Modellgebiet verfügbaren Orthofotos datieren aus den Jahren 2013 bis 2016.

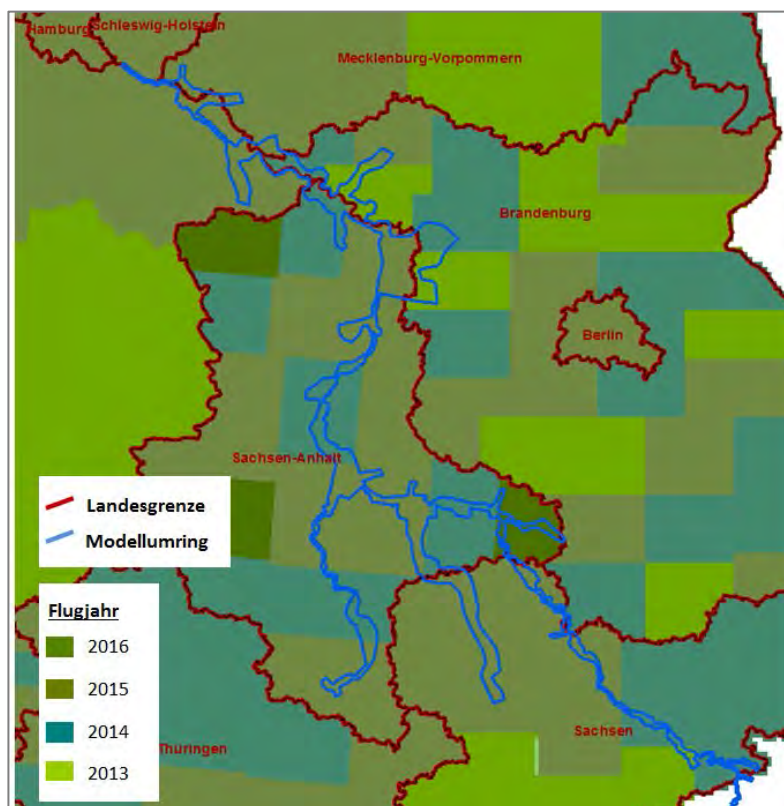


Abbildung 17: Vorliegende Orthofotos, Stand: Juli 2016
(Quelle: Geodatenzentrum BKG)

3.2.2 Ereignisabhängige Geofachdaten

3.2.2.1 Ereignisanalysen und Berichte zu abgelaufenen Hochwasserereignissen

Zu den hier näher betrachteten Hochwasserereignissen der Jahre 2006, 2011 und 2013 gibt es von verschiedenen Stellen Dokumentationen und Ereignisanalysen im Hinblick auf Hochwassergenese und –ablauf. Tabelle 4 zeigt eine Zusammenstellung der vorliegenden Berichte.

Tabelle 4: Dokumentationen der Hochwasser-Ereignisse 2006, 2011 und 2013

HW2006	
[Belz et al. 2006]	Das Hochwasser der Elbe im Frühjahr 2006
[LHW Sachsen-Anhalt 2006]	Abschlussbericht Hochwasserereignis Frühjahr 2006
[IKSE 2007]	Hydrologische Auswertung des Frühjahrshochwassers 2006 im Einzugsgebiet der Elbe
HW2011	
[LfULG Sachsen 2013]	Ereignisanalyse - Hochwasser im August und September 2010 und im Januar 2011 in Sachsen
[LHW Sachsen-Anhalt 2011]	Bericht über das Hochwasser Januar 2011
[StALU WM 2011]	Dokumentation Elbehochwasser Januar 2011, Teil 1 Meteorologische Situation und Hydrologischer Verlauf des Hochwassers
[Lange 2011]	Präsentation zum Hochwasser 2011 an Elbe und Löcknitz, Bericht zur Hochwasserabwehr im Januar 2011, Landkreis Prignitz
HW2013	
[FGG Elbe 2013]	Darstellung des Hochwassers 2013 im Einzugsgebiet der Flussgebietsgemeinschaft (FGG) Elbe
[LfULG Sachsen 2015]	Ereignisanalyse Hochwasser Juni 2013
[Freistaat Sachsen 2013]	Bericht der Kommission der Sächsischen Staatsregierung zur Untersuchung der Flutkatastrophe 2013
[BfG 2013]	Länderübergreifende Analyse des Juni-Hochwassers 2013
[LAWA 2014]	Zusammenfassende Analyse der Ergebnisse der vom Hochwasser 2013 betroffenen Flussgebietsgemeinschaften
[LHW Sachsen-Anhalt 2014]	Bericht über das Hochwasser im Juni 2013 in Sachsen-Anhalt
[StALU WM 2011]	Präsentation am 31.03.2014: Das Hochwasser der Elbe (2013) aus gewässerkundlicher Sicht

3.2.2.2 Messungen Abfluss und Wasserstand bei Hochwasser

Zur Kalibrierung und Validierung des Modells werden Wertepaare Abfluss und Wasserstand im Modellgebiet benötigt. Zum Aufbau eines Hochwassermodells sind dafür naturgemäß Messungen von Hochwasserereignissen das Mittel der Wahl.

Während des Sommerhochwassers 2013 wurden an zahlreichen Pegeln im Elbegebiet neue Höchstwasserstände gemessen. Seitens der WSV und den beiden Bundesoberbehörden BfG und BAW sowie durch die Länder erfolgten umfängliche Abfluss- und Wasserspiegellagen-Messungen an Elbe und Saale. Weiterführende Informationen zur Messkampagne während des HW2013 siehe Adler et al. 2014b.

An den Bundeswasserstraßen werden regelmäßig Wasserspiegelfixierungen bei unterschiedlichen Abflusssituationen durchgeführt. Dazu gehören auch Fixierungen bei Hochwasserereignissen. An der Elbe wurden die großen Ereignisse der letzten Jahre mittels Fixierung erfasst und somit auch die Ereignisse von 2006, 2011 und 2013 (siehe Tabelle 5).

Tabelle 5: Übersicht Wasserspiegelfixierungen Elbe

Ereignis	Elbe-Abschnitt [km von ... bis ...]	Zeitraum
HW2006	0 bis 583,5	April 2006
HW2011	290 bis 586	Januar 2011
HW2013	107 bis 584	Juni 2013

Bei der Fixierung des HW2013 konnten an der Mittel-Elbe nahezu überall die höchsten Wasserstände des Ereignisses gemessen werden. Im Bereich der Pegel Barby und Tangermünde erfolgten die Messungen nach den Deichbrüchen, so dass hier jeweils deichbruchinduziert niedrigere Wasserstände aufgenommen wurden [Adler et al., 2014b]. Während des Hochwassers 2013 wurden im Auftrag der BfG und der WSV zudem umfangreiche stereophotogrammetrisch auswertbare Befliegungen zur flächendeckenden und einheitlichen Erfassung des Hochwassers durchgeführt [Adler et al., 2014b]. Hierbei wurden entlang der Elbe Daten zwischen der tschechischen Grenze und Geesthacht sowie an der Saale ab Talsperre Hohenwarte und der Mulde ab Vereinigung Freiburger und Zwickauer Mulde bei Sermuth aufgenommen. Die Deichbruchstelle Fischbeck (Elbe) wurde dabei einmalig erfasst, die Deichbruchstelle Klein-Rosenburg (Saale) dreimalig. Aus den Befliegungen wurden digitale Orthophotos (DOP), 3D-Wasser-Land-Grenzen (3DWLGren) sowie 3D-Wasserspiegellagen (3DWasSpl) abgeleitet. [PRODUKTBLÄTTER BfG, 2015]

In Abbildung 18 ist beispielhaft die Ausdehnung des Bereiches Elbe Mitte (Los 4) dargestellt.

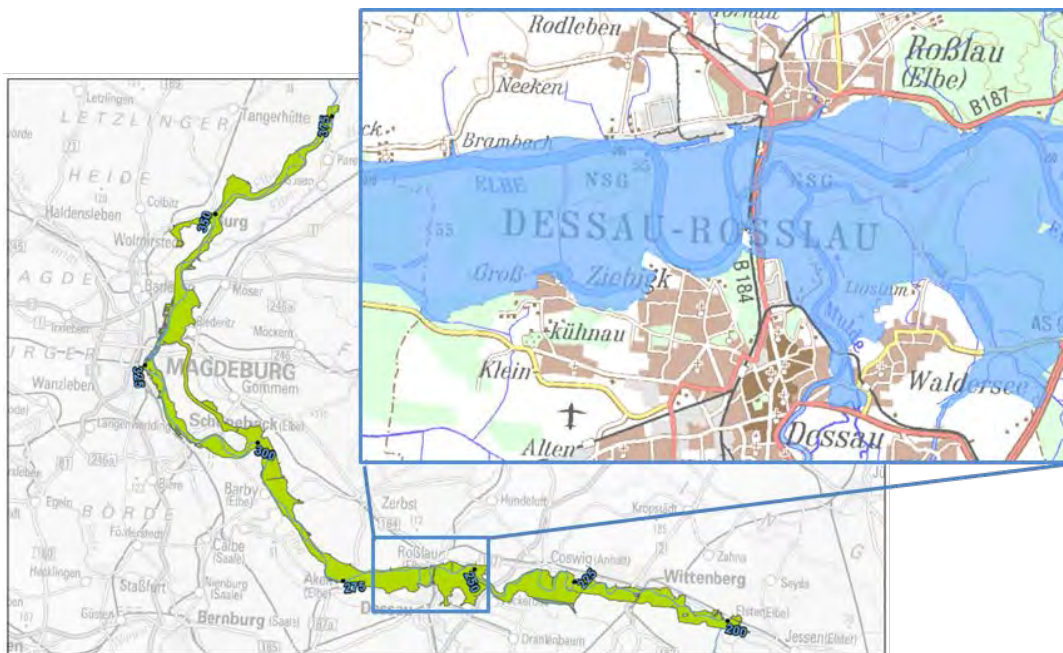


Abbildung 18: Hochwasserbefliegung Juni 2013, Bearbeitungsbereich Elbe Mitte mit Ausschnitt Wasser-Land-Grenze im Bereich Dessau-Roßlau
Hintergrund: © GeoBasis-DE / BKG 2011/2015

3.2.2.3 Hochwassermarken und Geschwemmsellinien

Neben den o.a. Auswertungen aus Wasserspiegelfixierungen und Befliegungen werden bei Hochwasserereignissen oftmals sogenannte Hochwassermarken aufgenommen. Wichtig bei der Aufnahme solcher Marken ist die Lage der Markierung und somit die Möglichkeit den Wasserstand an dieser Stelle eindeutig ermitteln zu können. Hochwassermarken an Brücken beispielsweise sind aufgrund der lokalen Strömungseffekte (z.B. Pfeilerstau) am Bauwerk nicht nur schwierig anzubringen, sondern auch nicht zwingend repräsentativ für den Wasserstand im Ober- und Unterwasser des Bauwerkes. Des Weiteren ist der Zeitpunkt der Markierung wichtig, um die Zuordnung innerhalb der Hochwasserwelle zu ermöglichen und den zugehörigen Abfluss ermitteln zu können. Auch ist es je nach Ausprägung des Hysterese-Effektes an der Markierungsstelle von Bedeutung, ob die Markierung vor oder nach Durchgang des Wellenscheitels und in welchem zeitlichen Abstand zum Wellenscheitel aufgenommen wird, um die korrekte Abflusszuordnung vornehmen zu können. Idealerweise erfolgt die Markierung im Scheitel einer Hochwasserwelle.

Eine weitere Möglichkeit zur Ermittlung der Wasserspiegellagen bei einem Hochwasserereignis ist die Markierung (z.B. mittels Pflöcken) und Einmessung von Geschwemmsellinien.

Die Güte von Hochwassermarken und Geschwemmsellinien ist im Vergleich zu Wasserspiegel-Fixierungen per Schiffsmessung oder durch Befliegungsauswertung aufgrund der Erhebungsmethodik und den damit verbundenen Ungenauigkeiten i.d.R. als deutlich geringer einzustufen. In Abhängigkeit der Rahmenbedingungen und aufgrund von Witterungseinflüssen wie Wellenschlag und Windeinfluss sind hier erhebliche Unsicherheiten bei der Datenerhebung zu berücksichtigen, die eine exakte Höhenbestimmung erheblich erschwe-

Geschwemmsellinien des Hochwasserereignisses 2013 übergeben, die hier ebenfalls genutzt werden können. Tabelle 6 zeigt die insgesamt im Projekt zur Verfügung stehenden Hochwassermarken.

Tabelle 6: Übersicht Hochwassermarken

Nr	vorliegende WSP-Einmessungen von Hochwasserereignissen, HW-Markierungen					Land
	Datenart	Flächenabdeckung/ Gebiet	HW-Ereignis	Format	Bemerkung	
1	WSP_Einmessung HW2013	Elbe in BB zwischen Genvsdorf und Dömitz	2013	xls		BB
2	WSP_Einmessung HW2011	Elbe in BB zwischen Genvsdorf und Dömitz	2011	xls		BB
3	WSP_Einmessungen Geschw emmsellinie	Elbe in MV	2013	txt, shp	übergeben im Rahmen des Projektes 2D-Modell untere Mittelelbe [PROMNY et.al., 2015]	MV
4	WSP_Einmessungen Geschw emmsellinie	Elbe in NI	2013	txt, shp	übergeben im Rahmen des Projektes 2D-Modell untere Mittelelbe [PROMNY et.al., 2015]	NI
5	WSP_Einmessungen Geschw emmsellinie	Elbe in SH	2013	txt, shp	übergeben im Rahmen des Projektes 2D-Modell untere Mittelelbe [PROMNY et.al., 2015]	SH
6	HW-Marken	Elbe in ST ab Einmdg. Saale	2013	shp		ST
7	HW-Marken	Elbe in ST	2006	shp		ST
8	HW-Marken	Elbe in SN	2006	xls	siehe auch online-Dienst SMUL	SN
9	HW2013: HW-Befliegung - BfG	Elbe zw. Landesgrenze D - CZ und Geesthacht	2013	tif, jpg		Bund

3.2.2.4 Deichbrüche beim Hochwasser 2013

3.2.2.4.1 Deichbruch Saaledeich bei Breitenhagen/Klein-Rosenburg

Der Bruch des Saaledeiches fand nach ersten Abrutschungen am 08. Juni 2013 am frühen Morgen des 09. Juni statt. Am 10. Juni 2013 wies die Bresche bereits eine Breite von 140 m auf und überschwemmte eine Hinterlandfläche von nahezu 85 km² [LHW 2013]. In der Nacht vom 13. auf den 14. Juni 2013 begann das Wasser wieder aus dem Hinterland abzulaufen. Dieser Ablaufprozess wurde durch zwei Deichsprengungen am 15. und 16. Juni 2013 zur Vertiefung und Verbreiterung der Bresche unterstützt. Die erste Sprengung verbreiterte die Bresche um rd. 30 m von 140 auf 170 m. Mit der zweiten Sprengung wurde eine weitere Verbreiterung um rd. 30 auf eine Gesamtbreite von ca. 200 m erreicht.



Abbildung 20: Luftaufnahme Deichbruchstelle Saaledeich bei Breitenhagen, 13. Juni 2013
(Quelle: LHW)

3.2.2.4.2 Deichbruch Elbedeich bei Fischbeck

Am 10. Juni 2013 brach kurz nach Mitternacht der Deich bei Fischbeck (rechts der Elbe, auf Höhe des Pegels Tangermünde) und überflutete ein Gebiet von rd. 200 km². Um die Bresche, die eine Breite von gut 90 m annahm, zu verschließen, wurden am 15. und 16. Juni 2013 Lastkähne in die Deichbruchstelle eingeschwommen und durch Sprengung versenkt. Vor und nach den Sprengungen wurden zusätzlich Bigpacks und Betonteile als Auflagerflächen bzw. Auflast und zur endgültigen Abdichtung eingebracht. Am 19. Juni 2013 war die Bruchstelle soweit verschlossen, dass nur noch wenig Wasser aus der Elbe ins Hinterland strömte. [LHW 2013]



Abbildung 21: Luftaufnahme Deichbruchstelle Fischbeck, 19. Juni 2013
(Quelle: LHW)

3.2.3 Vorhandene numerische Modelle im Projektgebiet

Um bei Hochwasser im Vorland auftretende, relevante Abflusswege gut detektieren und bestmöglich im 1D-Modell implementieren zu können, ist es hilfreich, wenn auf bereits vorhandene, möglichst mehrdimensionale numerische Modelle im Projektgebiet bzw. zunächst deren Dokumentation (Bericht und Lagepläne mit Strömungsfeldern) zurückgegriffen werden kann. Die vorhandenen Modelle wurden seitens der Länder gemeldet und die Modellberichte weitgehend übergeben (Tabelle 7). Bei der BfG selber liegt ein aktuelles 2D-Modell der unteren Mittel-Elbe zwischen Wittenberge und Geesthacht vor [PROMNY et. al., 2015]. Des Weiteren wurden im Rahmen der Erstellung des 1D-Feststofftransportmodells der Elbe [ARGE SOBEK Elbe, 2009] zwei Abschnitte der Elbe, nämlich die Elbeschleifen bei Coswig sowie der Einmündungsbereich der Schwarzen Elster, mittels 2D-Modell betrachtet, um hier jeweils die Kurzschluss-Stränge bei Beteiligung des Vorlandes am Abflussgeschehen und die Abflussaufteilung auf Hauptstrom und Kurzschluss-Strang zu ermitteln. Dazu wurde das System SOBEK-Rural Overland Flow (2D) eingesetzt, deren Ergebnis-Dokumentation der BfG vorliegt.

Tabelle 7: Übersicht numerische Modelle der Binnenelbe

Gewässer	Abschnitt (Fluss-km)	Modellierung			Bereitstellung für WAVOS	BL
		Typ	Software	Stand Bearbeitung		
Elbe	km 24 bis 40,1 (Pirna /Heidenau)	2D	Hydro_AS-2D	2015	auf Anfrage	SN
Elbe	km 30 bis 85 (Stadtmodell Dresden)	2D	Hydro_AS-2D	2015	auf Anfrage	SN
Elbe	km 94 bis 115 (Diesbar und Strehla)	2D	Hydro_AS-2D	in Bearbeitung	auf Anfrage	SN
Elbe	km 100 bis 124 (Riesa)	2D	Hydro_AS-2D	in Überarbeitung	auf Anfrage	SN
Elbe	km 118 bis 142,3 (Polder Außig)	2D	Hydro_AS-2D	2011	ja	SN
Elbe	km 153,1 bis 179,6 (Polder Dautzschen)	2D	Hydro_AS-2D	2014	ja	SN
Elbe	km 168.0 bis 245.6 Landesgrenze SN bis Vockerode	2D	Hydro_AS-2D	2011	ja	ST
Elbe	km 245.6 bis 294.8 (Vockerode bis Barby)	2D	Hydro_AS-2D	2014	ja	ST
Elbe	km 293.5 bis 339.1 (Stadtstrecke Magdeburg)	2D	Hydro_AS-2D	2013 - 2014	ja	ST
Elbe	km 338,5 bis 472 (MD bis Grenze BB und NI)	2D	Hydro_AS-2D	2013	ja	ST
Elbe	km 451.1 bis 585.9 (Wittenberge bis Geesthacht)	2D	Delft3D	2015	ja	NI, MV, SH
Elbe	km -38.7 bis 585.9 (Usti n.L. bis Geesthacht)	1D	SOBEK River	2009	ja	(BfG)
Elbe	km 194 bis 208 und km 222 bis 240 (Einmd. Schw. Elster und Schleifen bei Coswig)	1D/2D	SOBEK Rural	2009	ja	(BfG)
Zuflüsse	diverse Zuflüsse in SN auf Anfrage	2D	Hydro_AS-2D	2015	auf Anfrage	SN
Zuflüsse	Mulde (in SN)	2D	Hydro_AS-2D	2016	ja	SN
Zuflüsse	Schwarze Elster	2D	Hydro_AS-2D	2011	ja	ST
Zuflüsse	Saale	2D	Hydro_AS-2D	2014	ja	ST
Zuflüsse	Mulde (in ST)	2D	Hydro_AS-2D	2015	ja	ST

3.3 Bewertung der Datenlage

Die Datenlage soll abschließend im Hinblick darauf bewertet werden, ob zur Erstellung eines aktualisierten Modells zur Hochwasservorhersage an der Elbe und den weiteren Betrieb desselben, die verfügbaren Daten ausreichen oder ob ggf. für eine genauere / bessere Vorhersage zusätzliche Daten oder eine bessere Qualität der Daten erforderlich sind.

Bei der Einordnung der Daten sind u.a. der Verwendungszweck und die verwendete Modelltechnik zu beachten. Es wird ein eindimensionales, numerisches Modell eingesetzt, d.h. das Strömungsmodell wird aus Querprofilen aufgebaut und ermittelt über den Profilquerschnitt gemittelt einen Wasserstand und eine Fließgeschwindigkeit. Nur durch diese vereinfachte Abbildung ist aktuell die Betrachtung der Elbe auf der gesamten Länge zwischen Usti und Geesthacht mit relativ geringen Rechenzeiten für die operationelle Anwendung als Hochwasservorhersagemodell effizient möglich.

Die hydrologischen Daten liegen in erforderlichem Umfang und guter Qualität vor. Bei der Verwendung von Daten zum HW2013 ist allerdings die Problematik der Deichbrüche zu beachten. Diese beeinflussen durch den ungesteuerten Retentionseinfluss das Strömungsgeschehen, was bei der Beurteilung und Einordnung von Messwerten im Einflussbereich, aber insbesondere auch im Vergleich mit anderen Hochwasserereignissen bedacht werden muss. Die beiden signifikanten Deichbrüche bei Breitenhagen (Saale-Elbe-Winkel) und Fischbeck (Elbe) traten jeweils unmittelbar nach Durchgang des Wellenscheitels auf. Sie wirkten stromab mindernd auf das Volumen der Hochwasserwelle, minderten jedoch auch den durch die kontrollierte Havelpolderflutung beabsichtigten Retentionseffekt.

Wie bereits Kap. 3.2.1.1 ausgeführt, wäre die Datenlage im Hinblick auf Aktualität und Homogenität der ereignisunabhängigen Geofachdaten dann optimal, wenn ein aktuelles DGM-W durchgehend für den gesamten Modellbereich vorläge. Gemäß Leistungsanforderung der Länder und Vorabstimmung zur Festlegung der VV (siehe auch Punkt 1.2 in Anlage 1 zu [VV, 2015]) wird im Zuge des hier anstehenden Modellaufbaus kein neues, einheitliches DGM-W erstellt. Mit der verfügbaren Datenlage ist bereichsweise eine Aktualisierung inkl. Implementierung von durchgeführten Deichrückverlegungen und hydraulisch relevanten Maßnahmen im Vorland möglich und unter Berücksichtigung der ansonsten geringen Änderungen in Fluss und Vorland für die Erstellung eines Hochwasservorhersagemodells hinreichend genau. Zukünftige Änderungen hinsichtlich der Topografie sind im Zuge der Modellpflege kontinuierlich nachzuführen.

Hinsichtlich einer möglichen 2D-Modellierung einzelner Bereiche (z.B. Mündungsbereiche der großen Zuflüsse und Stromteilungen) sind die vorliegenden DGM-Daten aus vorhandenem DGM-W, 2D-Modellen sowie den vorliegenden Befliegungsdaten der Länder für den Einsatz während der Hochwasservorhersage hinreichend gut geeignet.

Die Datenlage der ereignisabhängigen Geofachdaten ist bezüglich der Ereignisanalysen zu abgelaufenen Hochwasserereignissen gut geeignet, um das neue Hochwasservorhersagemodell aufbauen und kalibrieren zu können. Die signifikanten Ereignisse der vergangenen Jahre nach der sogenannten Jahrhundertflut von 2002 sind gut dokumentiert und analysiert. Zu den Ereignissen zwischen 2006 und 2013 liegen Wasserspiegelaufnahmen vor, teils klassisch seitens der WSV auf Basis von Fixierungen vom Boot aus teils basierend auf photogrammetrischen Daten. Das Ereignis 2013, welches einer Jährlichkeit von 20-50 in Tschechien und 50-100 in Sachsen sowie unterstrom von Barby von 100-200 Jahren zugeordnet werden kann, wurde durch Bund und Länder sehr gut dokumentiert. Im Auftrag der BfG und der WSV erfolgte 2013 auch der Einsatz von Fernerkundungstechnik zur photogrammetrischen Erfassung von Überschwemmungsgrenzen und Wasserspiegellagen. Somit liegen gute Daten für die erforderliche Kalibrierung des neuen Modells vor. Aufgrund der Seltenheit von in dieser Größenordnung auftretenden Ereignissen sind die Validierungsmöglichkeiten für solche Ereignisse jedoch gering (siehe dazu auch Kap. 4.6).

4 Neues Vorhersagesystem WAVOS Elbe

4.1 Vorhersagesystem WAVOS Elbe

Das neue Hochwasservorhersagesystem wird wie das bestehende die Elbe von Ustí nad Labem (Tschechische Republik) bis zum Pegel Zollenspieker unterstrom des Wehres Geesthacht erfassen. Die seitlichen Zuflüsse Mulde, Saale und Havel werden analog zum bestehenden Modell jeweils auf einem Teilstück ab ihrer Mündung in die Elbe als Modellstrang erfasst. Neu erfasst werden sollen einige Nebengewässer, von deren Mündungsbereich eine Funktion als Rückhalteraum zu erwarten ist.

Zukünftig wird in WAVOS Elbe analog zu WAVOS Rhein, WAVOS Donau und WAVOS Main als Vorhersagemodell nicht mehr die Eigenentwicklung WAVOS-1D der BfG sondern die kommerzielle Software SOBEK (Deltares) verwendet werden.

Bezüglich der einzusetzenden Version für das neue Hochwasservorhersagemodell Elbe steht prinzipiell die neue Version SOBEK 3 sowie die derzeit aktuelle Version SOBEK 2 zur Auswahl. Nach Auskunft vom Juni 2016 durch den Vertriebs- und Supportpartner iHC (Cottbus), der den deutschen Vertrieb / Support und Schulungen anbietet und diesbezüglich vom LHW angefragt wurde, ist vorerst weder mit einer offiziellen Version SOBEK 3 zu rechnen noch kann seitens iHC deutscher Support angeboten werden. Aus diesem Grund erfolgt der Aufbau in SOBEK 2.

4.2 Vorhersagepegel

Die in der Verwaltungsvereinbarung von 2013 [VV 2013] festgelegte Liste von Vorhersagepegeln (siehe Abbildung 21) wurde um vier Vorhersagepegel erweitert [VV 2015]. Die Pegel, für welche zukünftig eine Vorhersage zu erstellen ist, sind in Tabelle 8 zusammengefasst. Die Veröffentlichung gemäß Verwaltungsvereinbarung von 2013 [VV 2013] bleibt hiervon vorerst unberührt.

Tabelle 8: Vorhersagepegel des zukünftigen WAVOS Elbe

Pegelname	Gewässer	Fluss-km	Bisher nicht enthalten
Ustí nad Labem	Elbe	-70,30	
Schöna	Elbe	20,05	
Pirna	Elbe	34,67	x
Dresden	Elbe	55,63	
Meißen	Elbe	82,20	x
Riesa	Elbe	108,4	

Pegelname	Gewässer	Fluss-km	Bisher nicht enthalten
Mühlberg	Elbe	128,02	x
Torgau	Elbe	154,15	
Wittenberg	Elbe	214,14	
Vockerode	Elbe	245,62	
Dessau	Elbe	261,17	
Aken	Elbe	274,73	
Barby	Elbe	294,85	
Magdeburg-Strombrücke	Elbe	326,60	
Magdeburg-Rothensee	Elbe	333,10	
Niegripp	Elbe	343,60	
Tangermünde	Elbe	388,18	
Sandau	Elbe	416,00	
Wittenberge	Elbe	453,92	
Schnackenburg	Elbe	474,60	
Lenzen	Elbe	484,60	
Dömitz	Elbe	504,73	
Hitzacker	Elbe	522,22	
Neu-Darchau	Elbe	536,44	
Boizenburg	Elbe	559,46	
Hohnstorf	Elbe	568,97	
Geesthacht	Elbe	583,36	
Halle-Trotha UP	Saale	89,15	
Bernburg UP	Saale	36,05	
Calbe UP	Saale	19,90	
Neuwerben EP	Untere Havel-Wasserstraße	156,21	x
Havelberg-Stadt	Havel	422,70	

4.3 Einflussfaktoren für die Hochwasservorhersage Elbe

Bei Hochwasserereignissen zeigen Gewässer in Abhängigkeit ihrer topografischen und hydrologischen Randbedingungen, anthropogener Einflüsse und deren Zusammenwirken ganz unterschiedliche Reaktionen auf Hochwassergenese und –ablauf und letztlich die Möglichkeiten zur Vorhersage derselben.

Bezüglich der Bewertung der Vorhersagen für die Elbe soll auf einige prinzipielle und besondere Einflussfaktoren, die an der Elbe zur berücksichtigen sind, näher eingegangen werden:

- Länge und Qualität der Zuflussvorhersagen
- Deichbrüche
- Steuerung Pretziener Wehr
- Steuerung Havelpolder
- Tideeinfluss - Wehr Geesthacht

4.3.1 Zuflussvorhersagen

Die Qualität der Vorhersagen der Elbe, Saale und Havel hängen neben der Abbildung des Wellenablaufes durch das Vorhersagemodell auch ganz entscheidend davon ab, dass für die maßgebenden Zuflüsse Vorhersagen in guter Qualität und ausreichender Länge zum Vorhersagezeitpunkt zur Verfügung stehen. Da WAVOS Elbe nicht über ein Niederschlagsabflussmodell verfügt, das diese Zuflussvorhersagen zur Verfügung stellen könnte, ist es hier auf die Zulieferung von außen (z.B. durch die Bundesländer, Tschechien) angewiesen. Stehen keine Vorhersagedaten bzw. nur zur kurze Vorhersagen der Zuflüsse zur Verfügung, verwendet WAVOS die Persistenz-Vorhersage, d.h. es wird der letzte vorhandene Mess- bzw. Vorhersagewert über den (restlichen) Vorhersagezeitraum konstant weitergeführt. Dem Vorhersagenden ist aber immer die Möglichkeit gegeben über die Nutzeroberfläche diese Persistenz-Vorhersage – wie auch alle anderen Zuflussvorhersagen – zu verändern.

In der Durchführungsanweisung zur Verwaltungsvereinbarung von 2013 [VV 2013] sind die (Mindest-)Vorhersagedauern für die deutschen Zuflusspegel festgelegt (siehe Tabelle 9), die notwendig sind, um die ebenfalls dort für den Hochwasserfall festgelegten Vorhersage- und Abschätzungslängen der verschiedenen Pegel entlang der Elbe, Saale und Havel (siehe Abbildung 22) zu ermöglichen. Diese werden mit Stand Ende 2016 durch die Länder erfüllt.

Tabelle 9: Gemäß VV 2013 festgelegte Eingangsdaten aus den Nebenflüssen (Quelle: [VV 2013])

Pegel	Gewässer	Lage	Datenart Mess- bzw. Vorhersagewerte	zeitl. Auflösung / Vorhersagezeitraum*	Quelle
Zwischengebiet 1		zwischen Elbe- km 0,0 – 55,6	Integraler Abfluss des Zwischeneinzugsgebietes	6-Stundenwerte / 30 Stunden	LHWZ Sachsen
Zwischengebiet 2		zwischen Elbe- km 55,6 – 154,15	Integraler Abfluss des Zwischeneinzugsgebietes	6-Stundenwerte / 36 Stunden	LHWZ Sachsen
Golzern 1	Mulde	km 128.4 R	Abfluss und Wasserstand	1-Stundenwerte / 48 Stunden	LHWZ Sachsen
Bad Dübén 1	Mulde	km 68.1 R	Abfluss und Wasserstand	1-Stundenwerte / -	LHWZ Sachsen
Böhlen 1	Pleißer	km 13.1 L	Abfluss und Wasserstand	1-Stundenwerte / 30 Stunden	LHWZ Sachsen
Loeben	S. Elster	km 21.6 R	Abfluss und Wasserstand	1-Stundenwerte / 120 Stunden	HVZ Sachsen-Anhalt
Naumburg	Saale	km 163.9 R	Abfluss und Wasserstand	1-Stundenwerte / 120 Stunden	HVZ Sachsen-Anhalt
Zeitz UP	W. Elster	km 89.5 L	Abfluss und Wasserstand	1-Stundenwerte / 120 Stunden	HVZ Sachsen-Anhalt
Großschießstedt	Wipper	km 17.8 L	Abfluss und Wasserstand	1-Stundenwerte / 120 Stunden	HVZ Sachsen-Anhalt
Hadmersleben	Bode	km 46.9 L	Abfluss und Wasserstand	1-Stundenwerte / 120 Stunden	HVZ Sachsen-Anhalt

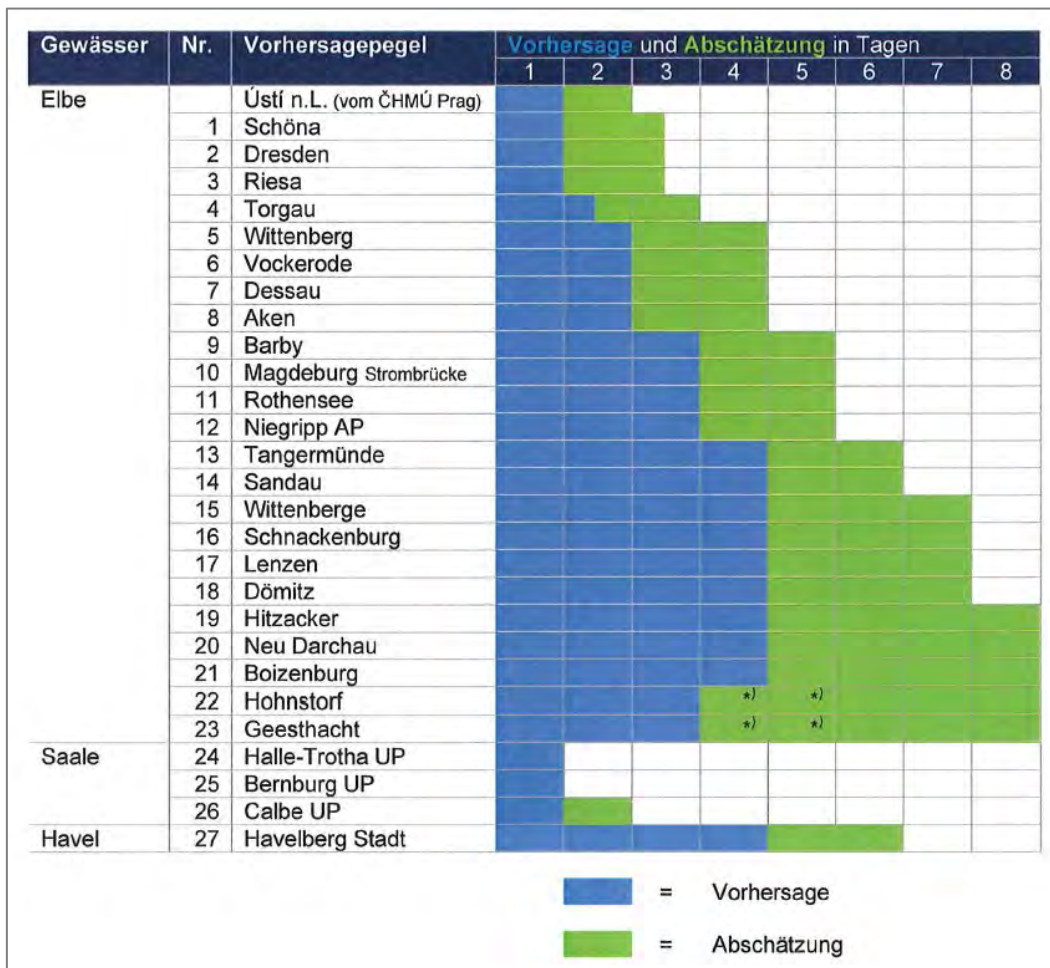
* Vorhersagezeitraum in Stunden jeweils ab dem Berechnungstermin (i.d.R. 07:00 Uhr gesetzlicher Zeit)

LHWZ = Landeshochwasserzentrum im Sächsischen Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG);
HVZ = Hochwasserzentrale im Landesbetrieb für Hochwasserschutz und Wasserwirtschaft Sachsen-Anhalt (LHW)

Für den zu erwartenden Zufluss der Elbe von oberstrom steht seit November 2015 eine detaillierte Vorhersage (Stundenwerte) für den Pegel Ustí nad Labem (CZ) zur Verfügung. Die Vorhersagelänge liegt hier bei 48 Stunden in einer Auflösung von einer Stunde. Die Bereitstellung erfolgt stündlich durch das CHMI. Für den Pegel Usti werden zwei Mal

täglich (am frühen Vormittag sowie am späten Nachmittag) Vorhersagen erstellt. Die Schnittstellen für diese detailliertere Vorhersage wurden bereits in WAVOS Elbe eingebaut und auch dem LHW zur Verfügung gestellt.

Der Zufluss aus der Havel bzw. der Unteren Havel-Wasserstraße (UHW) wird im Modell am Pegel Rathenow eingespeist, da im Hochwasserfall der Rückstau bis an diesen Pegel reichen kann [LUGV Brandenburg 2014]. Für diesen Pegel wird zur Berechnung als Vorhersagewert der letzte Messwert des Pegels Rathenow Unterpegel (UP) als konstant über den gesamten Vorhersagezeitraum angesetzt bzw. muss vom Vorhersagenden ein zeitlicher Verlauf in der Zukunft abgeschätzt werden. In Ermangelung von Vorhersagedaten stellt dies derzeit die bestmögliche Variante zur Berücksichtigung des Zustroms aus dem Einzugsgebiet der Havel dar.



^{*)} Bedingt durch das bei Hochwasser gelegte Wehr Geesthacht kann sich der Tideeinfluss auch oberhalb von Geesthacht auswirken, so dass der Vorhersagezeitraum eingeschränkt ist.

Abbildung 22: Vorhersage- und Abschätzungsdauern der Elbepegel für den HW-Fall (Quelle: [VV 2013])

Eine Beurteilung der Qualität der Zuflussvorhersagen erfolgt durch die BfG nicht. Am Beispiel der Saale soll aber der Effekt ausreichend langer Zuflussvorhersagen auf die Aussagefähigkeit der Wasserstandsvorhersage für die Elbepegel deutlich gemacht werden. Bis Mitte Januar 2016 wurden Vorhersagen für die Saale mit einer Länge von 60 Stunden zur

Verfügung gestellt. Nach erfolgter Aktualisierung des Saalemodells stehen seit Mitte Januar 2016 Vorhersagen über 120 Stunden zur Verfügung. Da ausgehend vom letzten Vorhersagewert für die Modellrechnung eine konstante Verlängerung bis auf 8 Tage erfolgt, wird die weitere Abflussentwicklung ggf. deutlich über- oder auch unterschätzt. Betrachtet man z.B. die Vorhersage für den 08. Februar 2016 mit dem aktualisierten Modell, so ist eine kleine Welle zwischen dem 09. und 12. Februar 2016 in der Saale erkennbar, deren Auf- und Abbau sich in der Vorhersage für die Elbepegel Barby bis Sandau niederschlägt. Bei einer Vorhersagelänge des Zustroms aus der Saale von nur 60 Stunden endet die Vorhersage im Scheitel der Zuflusswelle, was in der Vorhersage für die Elbe zu einem anhaltend ansteigenden Trend in den beeinflussten Pegeln führt. In Abbildung 22 ist beispielhaft die Auswirkung der unterschiedlich langen Saale-Vorhersagelänge auf den Elbepegel Barby dargestellt.

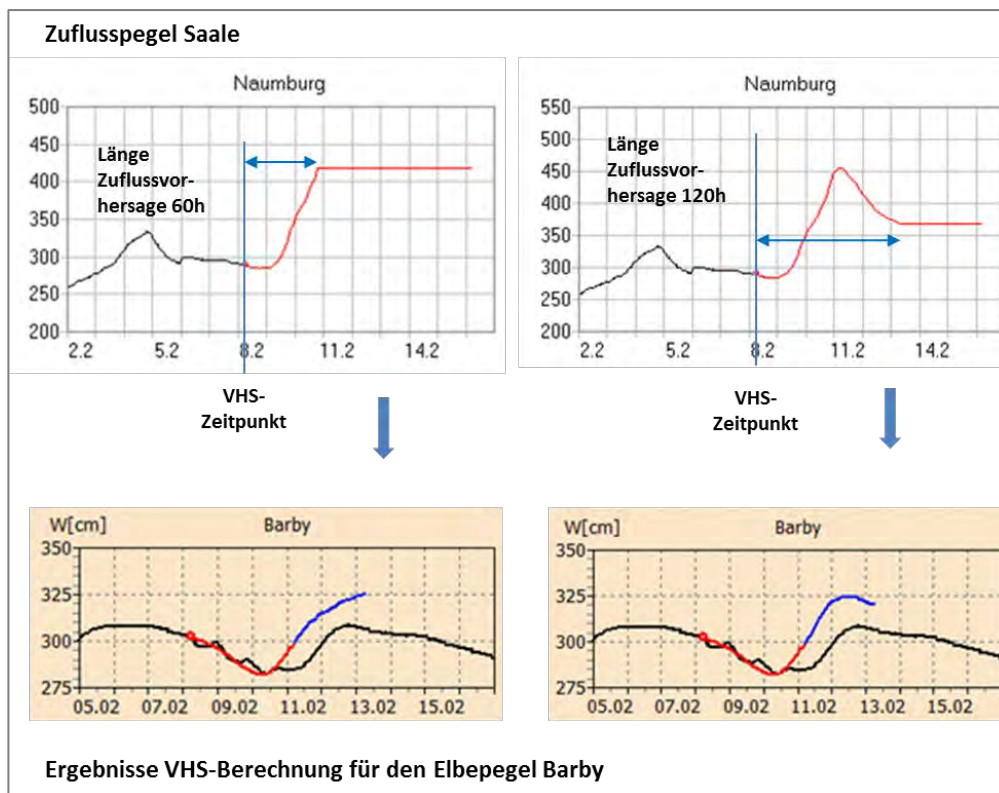


Abbildung 23: Einfluss der Vorhersagelänge der Zuflüsse auf die Vorhersageberechnung für die Elbe am Beispiel der Saale mit dem derzeitigen Vorhersagemodell

4.3.2 Deichbrüche während des HW2013

Während des Hochwasserereignisses im Jahr 2013 kam es an der Elbe und ihren Nebenflüssen zu einigen Deichbrüchen sowie Deichüberströmungen mit Schwerpunkt in Sachsen und Sachsen-Anhalt. Eine Übersicht zeigt Abbildung 24.

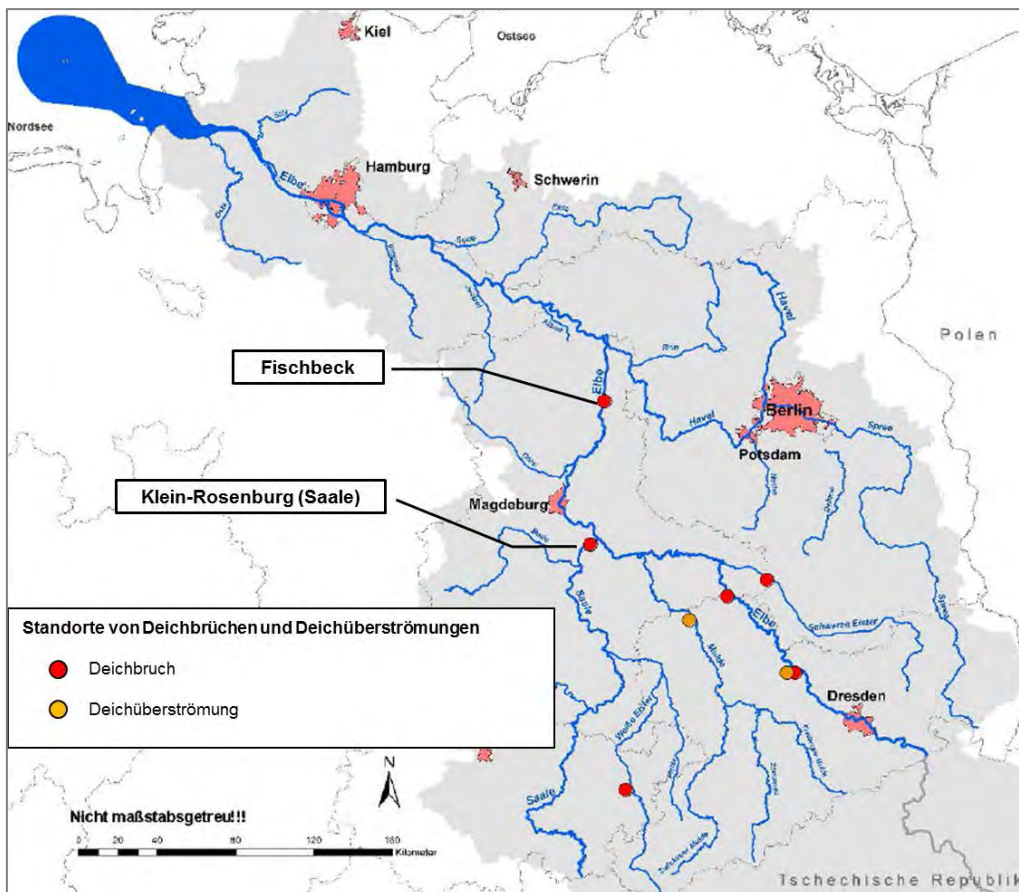


Abbildung 24: Lage von Deichbrüchen während des HW2013
(Quelle: [FGG Elbe, 2013], angepasst)

Anfang Juni 2013 traten in kurzem Abstand die beiden signifikantesten Deichbrüche auf. Am 09. Juni 2013 brach der Saaledeich bei Klein-Rosenburg (Saale-km 1,2), am 10. Juni 2013 kam es zum Deichbruch an der Elbe bei Fischbeck (Elbe-km 388). Diese beiden Deichbrüche traten jeweils im Scheitelpunkt der Elbe auf [BELZ et. al. 2014].

Für die operationelle Vorhersage ist die Berücksichtigung von Deichbrüchen von Bedeutung, da diese einen Fall von ungesteuerter Retention darstellen und daher markanten Einfluss auf das Abflussgeschehen und die Vorhersage haben, da sie dem System zunächst Wasser entziehen. Je nach topografischen und hydrologischen Rahmenbedingungen im Retentionsgebiet fließt das Wasser dem System später wieder zu (Kenterung der Strömung bei abfließender Welle im Hauptstrom, evtl. verstärkt durch binnenseitigen Zufluss) oder aber es bleibt für das Abflussgeschehen verloren (Ableitung ins Hinterland, keine Rückströmung).

Um diese Effekte zu berücksichtigen, muss im Modell an der Deichbruchstelle ein Ausfluss mit dahinter liegendem Polder angesetzt und ggf. je nach weiterer Entwicklung die

Bresche wieder geschlossen oder auch hinsichtlich der Breite nochmals angepasst werden. Die Implementierung von Deichbrüchen ist im derzeitigen Vorhersagemodell aufgrund der limitierten Eingriffsmöglichkeiten in die Modelltopografie über die WAVOS-Oberfläche nicht möglich. Ein Einbau erfordert bisher tiefgreifende Kenntnisse der Steuerdateien. Beim Hochwasser 2013 wurden deshalb durch die BfG in Koblenz per Fernzugriff ad hoc die der Vorhersagezentrale bekannten Deichbrüche in das Modell eingebaut [Meißner & Rademacher 2014]. Für das neue Vorhersagemodell ist vorgesehen - in Abstimmung mit den Ländern - vorab mögliche Deichbruchstellen vorzusehen und im WAVOS Elbe zu implementieren. Diese können dann im Eintretensfall unkompliziert durch den Nutzer des Vorhersagemodells mit Hilfe der grafischen Oberfläche über eine zeitlich variable Brechenbreite aktiviert werden. Unabdingbare Voraussetzung ist dann allerdings, dass Deichbrüche dementsprechend zeitnah an die Vorhersagezentrale gemeldet werden.

Dieses Vorgehen kann in den meisten Fällen nur eine Näherung sein und sagt nichts über die wahre zeitliche und räumliche Verteilung des Wassers im Hinterland des Deichbruchs aus. Es ermöglicht aber eine Abschätzung der Veränderung der Hochwasserswelle in der Elbe unterhalb des Deichbruches. Abbildung 24 zeigt beispielhaft im Nachgang berechnete perfekte Vorhersagen für den Pegel Wittenberge für den 07. Juni 2013. Perfekte Vorhersage bedeutet, dass als Zuflussvorhersagen über den gesamten Vorhersagezeitraum Messwerte genutzt werden. Der Unterschied besteht darin, dass in der ersten Variante (blau) die Deichbrüche und die Flutung der Havelniederung nicht berücksichtigt wurden, in der zweiten Variante (rot) wurden die im Nachgang des Ereignisses verfügbaren Daten zur Nachbildung der Deichbrüche und der Flutung der Havelniederung verwendet. Hierdurch ergibt sich dann eine sehr gute Übereinstimmung mit den Messwerten (schwarz).

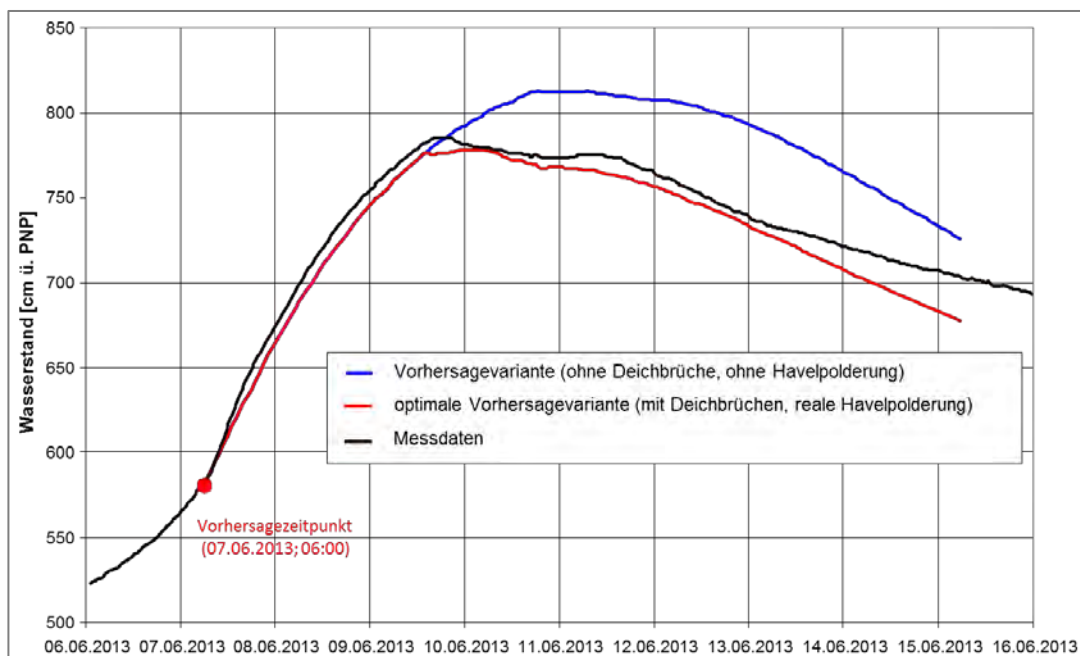


Abbildung 25: Einfluss Berücksichtigung Deichbrüche und Flutung der Havelniederung auf die Hochwasservorhersage für den Pegel Wittenberge

4.3.3 Elbeumflutkanal – Steuerung Pretziener Wehr

Der 25 km lange Elbeumflutkanal mit dem Pretziener Wehr im Einlaufbereich dient dem Schutz der Städte Magdeburg und Schönebeck vor Hochwasser an der Elbe. Die Steuerung erfolgt seit 1875 über das Pretziener Wehr zu Beginn des Elbeumflutkanals. In Abhängigkeit der Abflussverhältnisse sollte das Wehr historisch unterschiedliche Aufgaben erfüllen. Bei Niedrigwasser ist das Wehr i.d.R. geschlossen, um zur Erhöhung des Wasserspiegels beizutragen und die Schifffahrt auf der Stromelbe aufrecht zu erhalten [HAHM & THOMAS, 2010]. Bei erhöhtem Mittelwasser ist das Wehr ebenfalls geschlossen zu halten und schützt dann das Umflutgelände vor Überflutung. Bei Hochwasser kann das Wehr geöffnet werden, einen Teil des Elbeabflusses in den Elbeumflutkanal ableiten, zur Absenkung des Hochwasserscheitels in der Stromelbe beitragen und somit Schönebeck und Magdeburg vor Hochwasser schützen. Der Elbeumflutkanal schließt unterstrom von Magdeburg wieder an die Stromelbe an. Abbildung 25 zeigt das Pretziener Wehr von oberstrom bei Niedrigwasser, Abbildung 26 zeigt eine Übersicht des Elbeumflutkanals mit Lage des Pretziener Wehres.



Abbildung 26: Pretziener Wehr von oberstrom am 07.06.2016



Abbildung 27: Elbeumflutkanal mit Pretziener Wehr
(Quelle: [SIMON et al. 2005])

Eine Öffnung des Wehres ist dann vorgesehen, wenn ein Wasserstand von mehr als 5,92 m mit steigender Tendenz für den oberstrom gelegenen Pegel Barby vorhergesagt wird. Um ein Überströmen des Wehres zu vermeiden, erfolgt die Öffnung in der Regel ab einem Pegelstand von 5,5 m am Pegel Barby, die Schließung erfolgt ab 5,25 m zur Wiederentleerung des Umflutkanals. Das Wehr besteht aus 9 Jochen, die Joch für Joch ausgehend von der Mitte der Anlage geöffnet werden. Jedes Joch weist 36 Wehrtafeln auf, die einzeln gezogen werden müssen, so dass der Öffnungsprozess ca. 5-6 Stunden in Anspruch nimmt. Bei komplett gezogenem Wehr strömen bis zu 1.200 bis 1.400 m³/s durch den Umflutkanal [HAHM & THOMAS 2010]. Über die Öffnung des Pretziener Wehres entscheidet der LHW Sachsen-Anhalt.

Die erste Öffnung erfolgte 1876. Bis heute wurde es bei Hochwasser 54 Mal im Winter und 9 Mal im Sommer geöffnet, in Summe an 595 Tagen. Eine Übersicht der Öffnungszeiten der letzten Jahre zeigt Tabelle 10. Eine Komplettübersicht findet sich im Anhang (Tabelle A- 6).

Tabelle 10: Öffnungen Pretziener Wehr seit 2002 (Quelle: LHW)

Jahr	Öffnung (Anzahl)	Tage der Öffnung (Anzahl)	Joche (Anzahl)	Winter	Sommer	Geöffnet		Scheitel Wasserstand Barby (cm) Elbe km	
						von	bis		
2002	1	12	alle		Aug	15.8.	26.8	701	294,8
2003	1	16	alle	Jan		4.1	19.1	637	294,8
2005	1	6	alle	Mrz		22.3	27.3	574	294,8
2006	1	15	alle	Mrz bis Apr		31.3	14.4	653	294,8
2011	1	15	alle	Jan		15.1	29.1	654	294,8
2013	1	18	alle		Jun	3.6	20.6	762	294,8

Beispielhaft für 2011 zeigt Abbildung 28 den möglichen Einfluss der Wehröffnung und damit des Entlastungseffektes durch Aktivieren der Elbeumflut auf die benachbarten Pegel Aken und Barby im Oberwasser sowie die beiden Magdeburger Pegel Strombrücke und Rothensee.

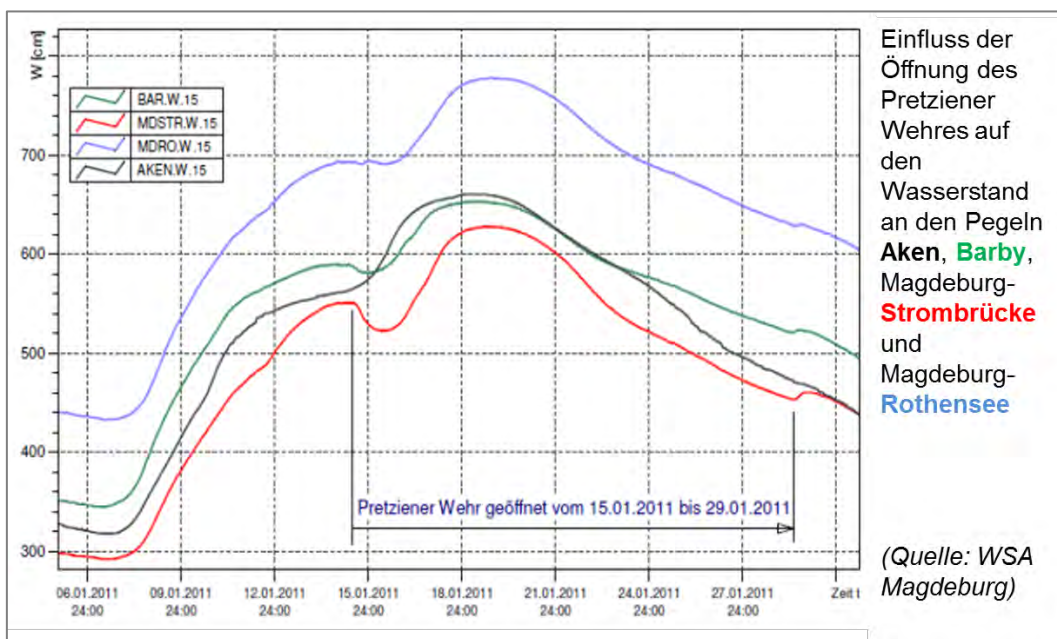


Abbildung 28: Beispiel für den Einfluss der Öffnung des Pretziener Wehres an ausgewählten Pegeln während des HW2011 (Quelle: [StALU WM 2011])

Im Vorhersagesystem kann die Wehröffnung über die Benutzeroberfläche berücksichtigt werden.

4.3.4 Havelniederung und Havelpolder

Die Havelniederung unterstrom von Rathenow bildet im Hochwasserfall ein natürliches Rückstau- und Entlastungsgebiet für die Elbe. Zwischen 1933 und 1936 wurde die Wehrgruppe Quitzöbel errichtet und durch die Erstellung des Gnevsdorfer Vorfluters im Jahr 1954 die Havelmündung zusätzlich weiter stromabwärts verlegt. Die Wehrgruppe Quitzö-

bel besteht aus insgesamt 4 Wehren (siehe Abbildung 29). Diese werden je nach Abflusssituation in Havel und Elbe entsprechend gesteuert. So kann die Wehrgruppe die Havelniederung vor Hochwasser der Elbe schützen, den Hochwasserscheitel der Elbe kappen, den Wasserstand der Unteren Havel regulieren, aber auch eine Niedrigwasser-Aufhöhung der Elbe ermöglichen.

Die Flutung der Havelniederung zur Kappung eines Elbehochwassers erfolgt über Öffnung des Wehres Neuwerben. Nach Ablauf des Hochwassers erfolgt die Entleerung mittels Öffnung des Durchstichwehres Quitzöbel über den Gnevsdorfer Vorfluter.

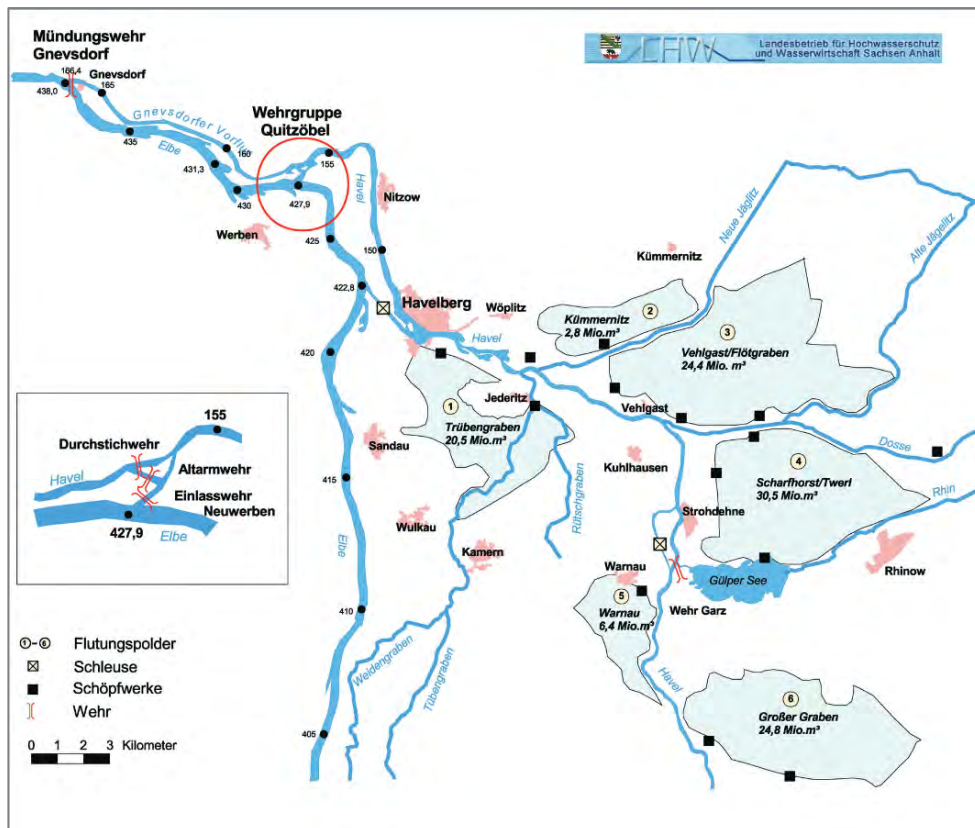


Abbildung 29: Wehrgruppe Quitzöbel, Havelniederung und Havelpolder
(Quelle: [SIMON et al. 2005])

Über die Polderflutung wird gemäß Staatsvertrag vom 06.03.2008 [SV 2008] in der Koordinierungsstelle beraten, die sich aus Vertretern der Länder Sachsen-Anhalt, Brandenburg, Niedersachsen und Mecklenburg-Vorpommern sowie des Bundes (WSV) zusammensetzt. Die Koordinierungsstelle tritt spätestens 24 Stunden nach der erstmaligen Vorhersage eines Wasserstandes von 680 cm am Pegel Wittenberge zusammen. Aufgabe sind u.a. die Ermittlung der Flutungsmöglichkeiten nach wasserwirtschaftlichen Kriterien und die Erarbeitung einer Entscheidungsempfehlung für die Fachminister.

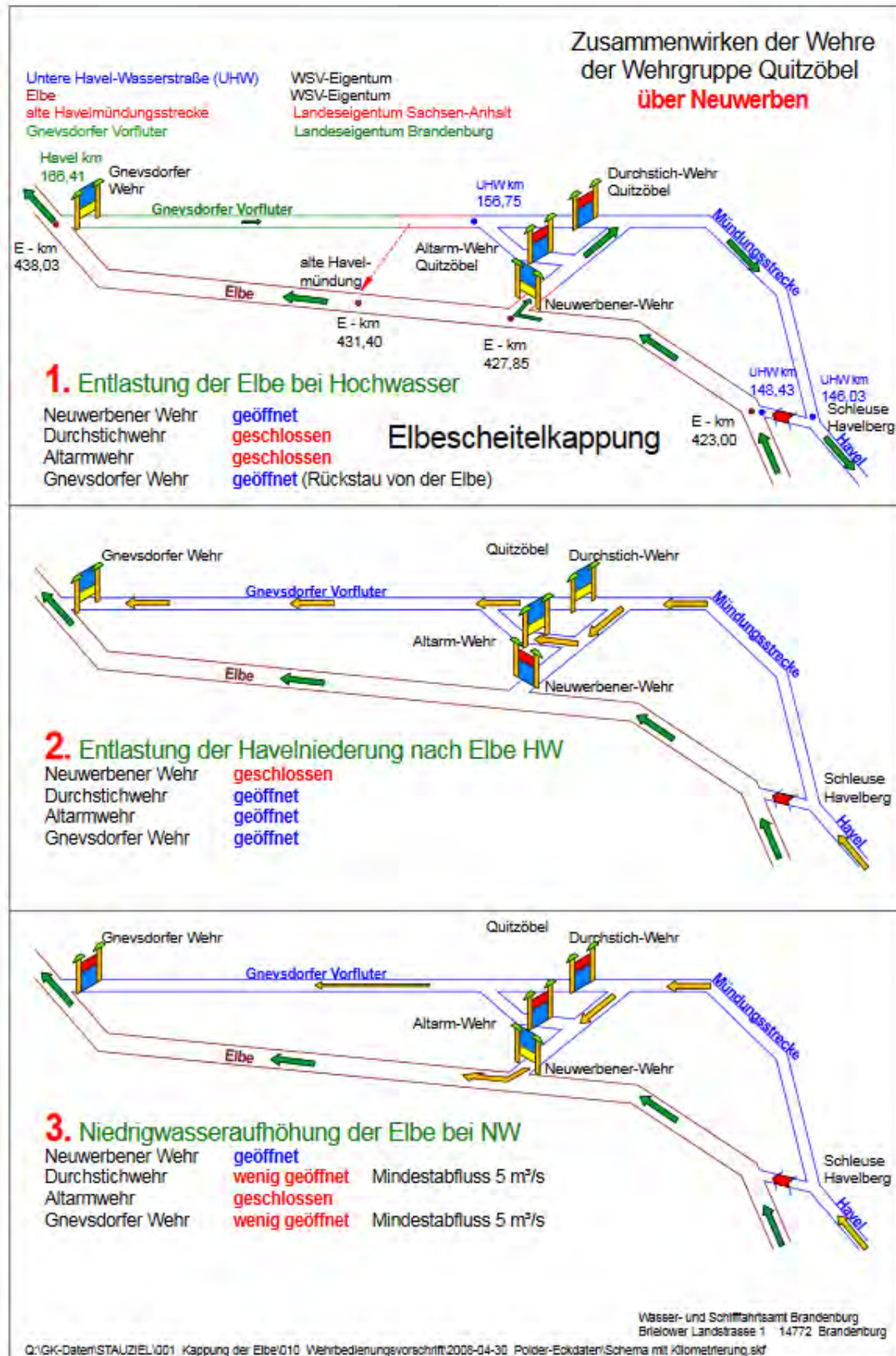


Abbildung 30: Steuerung Wehrgruppe Quitzöbel – Systemskizze
(Quelle: WSA Brandenburg)

Während des Extrem-Hochwassers im August 2002 konnte der Hochwasserscheitel der Elbe durch die Flutung der Havelniederung und der Havelpolder gekappt werden. Beim Hochwasser 2006 erfolgte die Steuerung der Havelwehre zwischen Spandau und der Havelmündung in Quitzöbel in gleicher Art wie 2002, um auch die Haltungen Brandenburg, Bahnitz und Rathenow mit ihren Speicherräumen für den Havelwasserrückhalt zu nutzen. Auf die Havelpolderflutung wurde bei diesem Ereignis verzichtet, da mit dem zur Verfügung stehenden Retentionsvolumen die außergewöhnlich lange Hochwasserwelle nur unwesentlich hätte gekappt werden können [IKSE 2007]. Auch im Januar 2011 wurde von einer Nutzung der Havelpolder abgesehen. Die Ausgangswasserstände in der Havel waren zu diesem Zeitpunkt schon sehr hoch, da hohe Abflüsse in der Elbe in den Monaten zuvor immer wieder einen freien Abfluss der Havel behindert hatten und die Havel im Dezember von starker Vereisung betroffen gewesen war [StALU Westmecklenburg 2011].

Im Juni 2013 konnten die Havelniederung und Havelpolder nach entsprechenden Vorberechnungen in der Koordinierungsstelle hingegen geflutet und so eine Verminderung des Scheitels der Hochwasserwelle erreicht werden [LUGV Brandenburg 2014].

Um den entscheidenden Einfluss der Wehrsteuerung sowie die Flutung der Havelniederung in den Vorhersageberechnung berücksichtigen zu können, kann diese bereits im derzeit eingesetzten WAVOS Elbe über die Öffnungs- und Schließzeiten der Wehre berücksichtigt werden [BUREK & RADEMACHER 2007]. Durch den Einsatz der Software SOBEK für das überarbeitete Modell wird zukünftig eine verbesserte Modellierung der Havelniederung und -polder auch bei Extremhochwassern möglich sein. Außerdem wird das System um den Pegel Neuwerben als Vorhersagepegel für die Koordinierungsstelle bzw. für die Entscheidungsfällung erweitert.

4.4 Unterer Modellrand

Die Staustufe bei Geesthacht bildet das untere Ende der Mittelelbe und bei normalen Tideverhältnissen die Grenze des Tideeinflusses nach oberstrom. Das Wehr verfügt über 4 Wehröffnungen mit einer Breite von je 50 m, über deren bewegliche Verschlüsse der Wasserstand im Oberwasser beeinflusst werden kann. Im „hydrologischen Normalfall“ erfolgt das Halten eines festgelegten Stauzieles von 4 m ü. NN, wichtig für den Betrieb des Pumpspeicherkraftwerkes Geesthacht sowie für die Sicherstellung einer ausreichenden Fahrrinntiefe für die Schifffahrt. Bei mittlerem Abfluss der Elbe ergibt sich ein mittleres Tideniedrigwasser von 0,56 m ü. NN (Reihe 1990-2000) unterhalb des Wehres und damit eine Wasserspiegeldifferenz von 3,44 m. Der Rückstau des Wehres beträgt bei Mittelwasser 21,9 km [Simon et al. 2005] und ist auch bei Sturmflut (mit gelegtem Wehr) ab Neu Darchau zu vernachlässigen.

Bei Sturmfluten, also maritim induzierten Hochwassern von unterstrom sowie Hochwasserereignissen von oberstrom mit einem Abfluss größer 1.100 m³/s, werden die Wehre komplett gelegt [RUDOPH, 2011]. Die Trennung von Tideelbe und Mittelelbe ist in diesem Fall aufgehoben.

Beidseitig der Anlage befinden sich Fischaufstiege. Der Fischaufstieg am Südufer ist bei

Hochwasser aus hydraulischer Sicht zu vernachlässigen. Die Berücksichtigung der Anlage am Nordufer, welche als größte Fischauftiegsanlage in Europa im Sommer 2010 in Betrieb genommen wurde, wird im Zuge des Modellaufbaus geprüft. Um Vorhersagen für die Pegel unterhalb von Neu Darchau, die im Bereich des Rückstaus des Wehr Geestacht bzw. bei gelegtem Wehr im tidebeeinflussten Bereich liegen, erstellen zu können, wurde als untere Randbedingung des bestehenden Modells der Pegel Zollenspieker gewählt. Hierdurch treten zwei Probleme auf: Zum einen werden durch die Verwendung des Pegels Zollenspieker mit seinen starken Tideschwankungen als untere Randbedingung die Rechenzeiten sehr stark verlängert. Zum anderen lagen vom Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH) für den Pegel Zollenspieker Wasserstandsvorhersagen nur bis zu 3 Tagen vor. Benötigt wird aber eine Randbedingung für den gesamten Vorhersage- und Abschätzungszeitraum von acht Tagen. Aus diesem Grund wurde als Randbedingung für WAVOS eine konstruierte Wasserstands-Abfluss Beziehung für den Pegel Zollenspieker verwendet, die aus dem Abfluss der Binnenelbe und dem mittleren Tidehochwasser hergeleitet wurde [Burek & Rademacher 2007].

Um den Tideeinfluss im neuen Sobek-Modell erfassen zu können, wird wiederum die Verwendung der Messwerte sowie der BSH-Vorhersage der Wasserstände am Pegel Zollenspieker geprüft. Allerdings ist es dann ebenfalls erforderlich, neben der tatsächlich ausgeführten Steuerung der Wehre in Geestacht auch die voraussichtlichen Wehrstellungen in Geestacht im Laufe der gesamten Vorhersageberechnung für die Elbe zu berücksichtigen. Gegebenenfalls wäre bei Berücksichtigung des Tideeinflusses in Anbetracht der Rechenzeiten für den operationellen Einsatz eine Modellaufteilung im Bereich Neu Darchau zu überdenken.

Unter Abwägung der Eignung insbesondere im Hinblick auf Datenverfügbarkeit, Handhabbarkeit und Rechenzeiten wird im Weiteren über die Berücksichtigung des Tideeinflusses entschieden.

4.5 Zwischeneinzugsgebiete

4.5.1 Prinzipielle Überlegungen

Im aktuellen Modell sind die größten seitlichen Zuflüsse als eigene, gekoppelte Modellstränge oder laterale Zuflüsse berücksichtigt. Über die Berücksichtigung als gekoppelten Modellstrang können Rückstaueffekte erfasst werden, während über laterale Zuflüsse „nur“ die Zuflussmengen aus seitlichen Nebengewässern bzw. Einzugsgebieten (Zusammenfassung mehrerer, kleinerer Nebengewässer) in die Berechnung eingehen.

Um zum einen die tatsächlichen Abflussmengen zukünftig noch besser im Modell zu erfassen, wird geprüft, ob die Implementierung weiterer Zuflüsse hinsichtlich der Hochwasservorhersage eine Verbesserung bringt. Des Weiteren sollen ggf. bislang vernachlässigte Retentionsräume in den Mündungsbereichen Berücksichtigung finden. Letzteres kann zu einer Reduktion der Hochwasserwellenfortschrittsgeschwindigkeit beitragen, die im aktuellen Modell schneller fortschreitet als in der Natur (siehe auch Kap. 5.3.2).

Im Vorfeld der 1. Sitzung der AG Hochwasservorhersage Elbe der FGG Elbe im Okto-

ber 2015 beim LHW ST wurde eine Zusammenstellung möglicher zukünftig zu berücksichtigender Nebengewässer erarbeitet und im kick-off-Termin vorgestellt. Dabei wurden die Einzugsgebietsgrößen und mittlere Hochwasserabflüsse der Gewässer sowie mögliche Räume für Rückstaubereiche bei einem Elbehochwasser als Auswahlkriterien herangezogen. Letztere wurden u.a. aus den Überflutungsflächen abgeleitet, welche im Zuge der Erstellung der Hochwassergefahren- und risikokarten ermittelt wurden. Im Nachgang des Termins erfolgte seitens der Länder eine erste Rückmeldung bzgl. der Erfordernis und der Erfassungsmöglichkeiten im neuen Modell. Die konkrete Entscheidung, ob einzelne, kleinere Zuflüsse im neuen Modell Berücksichtigung finden, erfolgt im Zuge der Modellerstellung sowie nach ersten Rechenläufen und deren Ergebnisanalysen. Hier ist ein iteratives Vorgehen geplant.

4.5.2 Realisierbare Implementierung von zusätzlichen Zuflüssen

Die Implementierung von weiteren Zuflüssen ist dann von entscheidendem Nutzen, wenn für diese Zuflüsse Vorhersagen bereitgestellt und als Eingangsgröße für die Modellierung verwendet werden können. Andernfalls wird der letzte Messwert des Zuflusspegels als konstanter Zufluss in das Modell eingespeist. Dies ist als erste Näherung durchaus eine legitime Herangehensweise, eine Zufluss-Vorhersage bietet jedoch bessere Voraussetzungen für eine verlässliche Vorhersage des Gesamtsystems. Nach derzeitigem Stand sind außer für die Tschechische Republik für keines der Nebengewässer, die derzeit noch nicht in die Vorhersage implementiert sind, Vorhersagen verfügbar. In Sachsen werden Zwischeneinzugsgebiete berücksichtigt, hierzu wird auf den entsprechenden Abschnitt verwiesen (siehe unten).

Hinsichtlich der potentiellen Abbildung des Mündungsraumes ausgewählter Zuflüsse als Retentionsraum ist die Möglichkeit der Abschätzung der Retentionsraumgröße zu bewerten.

Die bisher nicht im Modell berücksichtigen Zuflüsse gem. Vorstellung im kick-off-Termin im Oktober 2015 (siehe 4.5.1) wurden von den jeweils zuständigen Bundesländern hinsichtlich ihrer Einarbeitungsmöglichkeit im zukünftigen Vorhersagemodell eingeordnet. Die Ergebnisse sind nachfolgend zusammengefasst.

4.5.2.1 Sachsen – mit Tschechischer Republik

Der Freistaat Sachsen betreibt in seinem LHWZ in Dresden ein eigenes numerisches Hochwasservorhersage-Modell, dessen Eingangsdaten auch für das Gesamtmodell Elbe genutzt werden. Die steilen, schnell reagierenden seitlichen Zuflüsse der Oberen Elbe sind hier zu Zwischeneinzugsgebieten (ZG) zusammengefasst und erfassen Zuflüsse zwischen der tschechischen Grenze und Torgau. Die Vorhersagen für diese Zwischeneinzugsgebiete werden von Sachsen für das Gesamtmodell Elbe zur Verfügung gestellt und im aktuellen WAVOS-1D-Vorhersagemodell entsprechend berücksichtigt. Bislang wurden die Abflüsse zu zwei Zwischeneinzugsgebieten (bezeichnet als ZG 1 für den Bereich Schöna bis Dresden und ZG 2 für den Bereich Dresden bis Torgau, berücksichtigte Gewässer siehe Tabelle 2 in Kap. 3.1.1) aggregiert.

Seit Herbst 2015 werden im LHWZ in den sächsischen Elbe-Abschnitten zusätzliche, bislang nicht erfasste Zuflüsse berücksichtigt. Zudem werden über ein zusätzliches Zwischen-

einzugsgebiet ZG Usti bis Schöna Vorhersagen des CHMI für die tschechischen Zuflüsse Ploučnice und Kamenice in die Modellierung für den sächsischen Elbeabschnitt miteinbezogen.

Für das neu zu erstellende Gesamt-Modell der Elbe mit Sobek ist die Berücksichtigung der veränderten Zwischeneinzugsgebiete ZG Schöna bis Dresden (aktuell bezeichnet als ZG 1) und ZG Dresden bis Torgau (aktuell bezeichnet als ZG 2) sowie des zusätzlichen Zwischeneinzugsgebietes ZG Usti bis Schöna vorgesehen. Für alle drei ZGs werden sowohl Messwerte als auch Vorhersage mit einer Länge von 72 Stunden in stündlicher Auflösung über das Hochwasserinformations- und –managementsystem des Freistaates Sachsen (HWIMS) zur Verfügung gestellt.

Die in den einzelnen ZGs zukünftig berücksichtigten Gewässer sind Tabelle 11 zu entnehmen.

Tabelle 11: Zwischeneinzugsgebiete für die Hochwasservorhersage Elbe in Sachsen

Gewässer	Pegelname	Land	zuständig	EZG [km ²] Pegel	MHQ [m ³ /s]	Bemerkung
Bilina	Trmice	CZ	CHMI	963	ca. 20	ZG Usti – Schöna keine Vorhersage CHMI
Ploucnice	Benesov nad Ploucnice	CZ	CHMI	1156	57.8	ZG Usti – Schöna Vorhersage CHMI
Kamenice	Hrensko	CZ	CHMI	217	ca. 20	ZG Usti – Schöna Vorhersage CHMI
Kirnitzsch	Kirnitzschtal	SN	LfUG SN	157	13.2	ZG Schöna - Dresden
Lachsbach	Porschdorf 1	SN	LfUG SN	268	30.8	ZG Schöna - Dresden
Biela	Bielatal 1	SN	LfUG SN	37	3.5	ZG Schöna - Dresden
Cunners- dorfer Bach	Cunnersdorf 1	SN	LfUG SN	29	3.6	ZG Schöna – Dresden Zufluss Biela
Gottleuba	Neundorf	SN	LfUG SN	133	33.9	ZG Schöna - Dresden
Seidewitz	Liebstadt 2	SN	LfUG SN	25	3.8	ZG Schöna - Dresden Zufluss Gottleuba
Wesenitz	Elbersdorf	SN	LfUG SN	227	23.7	ZG Schöna - Dresden
Müglitz	Dohna	SN	LfUG SN	198	38.6	ZG Schöna - Dresden
Lockwitz- bach	Kreischa	SN	LfUG SN	44	5.8	ZG Schöna - Dresden
Vereinigte Weißeritz	Plauen (ab 2017: Friedrichstadt)	SN	LfUG SN	368	25.4	ZG Dresden - Torgau
Wilde Sau	Wilsdruff 1	SN	LfUG SN	26	5.1	ZG Dresden - Torgau
Triebisch	Garsebach	SN	LfUG SN	165	18.5	ZG Dresden - Torgau

Gewässer	Pegelname	Land	zuständig	EZG [km ²] Pegel	MHQ [m ³ /s]	Bemerkung
Ketzerbach	Piskowitz 2	SN	LfUG SN	157	15.3	ZG Dresden - Torgau
Jahna	Seerhausen 1	SN	LfUG SN	153	6.9	ZG Dresden – Torgau
Keppritz- bach	Paltzschen 3	SN	LfUG SN	20	2.2	ZG Dresden – Torgau Zufluss Jahna
Jahna- Umflut	Seerhausen 3	SN	LfUG SN	-	-	ZG Dresden – Torgau Umflut
Döllnitz	Merzdorf	SN	LfUG SN	211	9.7	ZG Dresden - Torgau

4.5.2.2 Sachsen-Anhalt und Niedersachsen

In Bereich des Landes Sachsen-Anhalt wurden mit dem LHW die Möglichkeiten zur Berücksichtigung weiterer Elbe-Nebengewässer diskutiert. Im Ergebnis wurde entschieden, dass die Berücksichtigung weiterer Zuflüsse aufgrund mangelnder Relevanz auf den Gesamtabfluss nicht erforderlich ist. Hinsichtlich einer möglichen Retentionswirkung ist jedoch die Implementierung einiger Gewässer bzw. Mündungsbereiche als Gewässerstrang und/oder „Polder“ für gesteuerte oder ungesteuerte Retention vorgesehen.

Tabelle 12: Berücksichtigung Nebengewässer Sachsen-Anhalt und Niedersachsen

Gewässer	Land	EZG* [km ²]	MHQ [m ³ /s]	Berücksichtigung im neuen Modell	Vorhersage verfügbar
Ohre	ST	1.503	17.3 (Pegel Wolmirstedt, 17 km oh Mdg.)	Einarbeitung Ohre bis Pegel Wolmirstedt als Rückhalte- raum	nein
Tanger	ST	357	7.1 (Pegel Demker, 9,6 km oh Mdg.)	Einarbeitung Tangerniede- rung als Rückhalteraum	nein
Aland Biese Milde	ST/NI	1957	36.2 (Aland-Pegel Kl.Wanzer, 3,6 km oh Mdg.)	Einarbeitung Aland von Mdg. bis Abschlussbauwerk als Rückhalteraum	nein
Seege	ST/NI	213	3.3 (Pegel Bömenzien, 12,8 km oh Mdg.)	Überleitung Alandwasser bei geschlossenem Alandab- schlussbauwerk ab 2017	nein
Jeetze Jeetzel	ST/NI	1.300	30.4 (Pegel Lüchow, 27 km oh Mdg.)	Abschlussbauwerk mit Steu- erungsmodell Hitzacker	nein

* EZG bezogen auf den jeweils angegebenen Pegel

Die Ohre wird testweise als Modellstrang bis zum Pegel Wolmirstedt in das Modell implementiert, so dass der Flussschlauch und die Vorländer als Rückhalteraum in die Berechnung eingehen. Sollte der Effekt auf die Wellenlaufzeit in der Elbe sehr gering sein, jedoch

die Rechenzeit unnötig verlängern, wird für das Endmodell auf die Abbildung verzichtet.

Der Tanger mündet bei km 388,3 linksseitig bei Tangermünde in die Elbe. Dem Abfluss kommt bezogen auf ein Elbehochwasserereignis in der Regel keine maßgebende Bedeutung zu. Der Mündungsbereich ist jedoch bei Hochwasser als Rückhalteraum von Bedeutung. So wird die so genannte Tangerniederung durch Überströmen des Sommerdeiches bereits bei kleineren Hochwasserereignissen zum Retentionsraum für Elbe-Hochwasser. Gemäß eines Umsetzungskonzeptes [LHW, 2016] im Auftrag des LHW soll die Tangerniederung als gesteuerter Polder mit einem Retentionsvolumen von rd. 70 Mio. m³ umgesetzt werden. Im Zuge von geplanten Deichertüchtigungen sowie durch die Errichtung von Bauwerken zur Ein- und Auslassteuerung wird zukünftig eine gesteuerte Rückhaltung möglich sein. Für den Modellaufbau ist die Implementierung des Polders bereits vorgesehen, Volumen und Steuerung werden in Abhängigkeit des aktuellen Standes angepasst (im Zuge von Modellpflege / -support).

Am Aland wurde 1991 der Bau des Abschlussbauwerkes zum Schutz des Hinterlandes vor Hochwasser der Elbe vollendet. Es liegt 3,6 km oberstrom der Mündung in die Elbe und somit auf Gebiet des Landes Sachsen-Anhalt. Die Mündung in die Elbe befindet sich bei Schnackenburg in Niedersachsen. Im Oberlauf heißt das Gewässer zunächst Milde, im weiteren Verlauf Biese, während die Bezeichnung Aland etwa ab Seehausen in der Altmark gilt. Das Fließgewässersystem Aland entwässert mit seinen Zuflüssen große Teile der nördlichen Altmark. Für das Aland-Bauwerk wurde seitens des zuständigen LHW eine Steuerungsvorschrift vom 26.03.2015 übergeben [LHW, Wasserführung im Alandgebiet, 2015]. Im Normalfall ist das Bauwerk geöffnet. Für Hochwasser gelten mit Bezugspegel Wittenberge Regelungen zur Schließung und Wiederöffnung. Für die Vegetationsperiode gelten ggf. weitere Regelungen zur Stützung des Wasserstandes im Hinterland. Für die Schließung muss für den Pegel Wittenberge ein Wasserstand von 630 cm vorhergesagt und ein Wasserstand von 515 cm bereits überschritten sein oder aber das Elbehochwasser bereits zur Strömungs-Kenterung am Bauwerk geführt haben, so dass Elbewasser über das Bauwerk hinaus in den Aland einströmt. Das MHW am Pegel Wittenberge liegt bei 572 cm. Um den Rückhalteraum des Aland im neuen Modell zu berücksichtigen, besteht die Möglichkeit der Abbildung über Implementierung als Modellstrang bis zum Alandbauwerk oder als ungesteuerter Polder. Dies wird in Abhängigkeit der Rechenzeiten während des Modellaufbaus entschieden.

Bis Ende 2017 soll ein Überleitungsbauwerk oberhalb des Abschlussbauwerkes am linken Alanddeich fertig gestellt sein, welches bei geschlossenem Aland-Abschlussbauwerk Eigenwasser des Aland in die Seegeniederung abschlägt und so letztlich über die Seege in die Elbe einleitet. Die Seege mündet an km 489,6 von links in die Elbe und durchfließt kurz vor der Einmündung den Gartower See sowie die Laascher See. Der Mündungsbereich ist bei Elbehochwasser stark rückstaubeinflusst, die Seen wirken dabei als zusätzlicher Rückhalteraum. Die Eigenwassermenge der Seege ist bezogen auf ein Elbe-Hochwasser nicht relevant, eine Vorhersage daher nicht erforderlich. Die Regelung zur Einleitung von Alandwasser am Überleitungsbauwerk ist angefragt, derzeit aber noch in Bearbeitung. Die Relevanz hinsichtlich der Modell-Abbildung wird geprüft.

Einen Übersichtslageplan von Aland und Seege zeigt Abbildung 31.

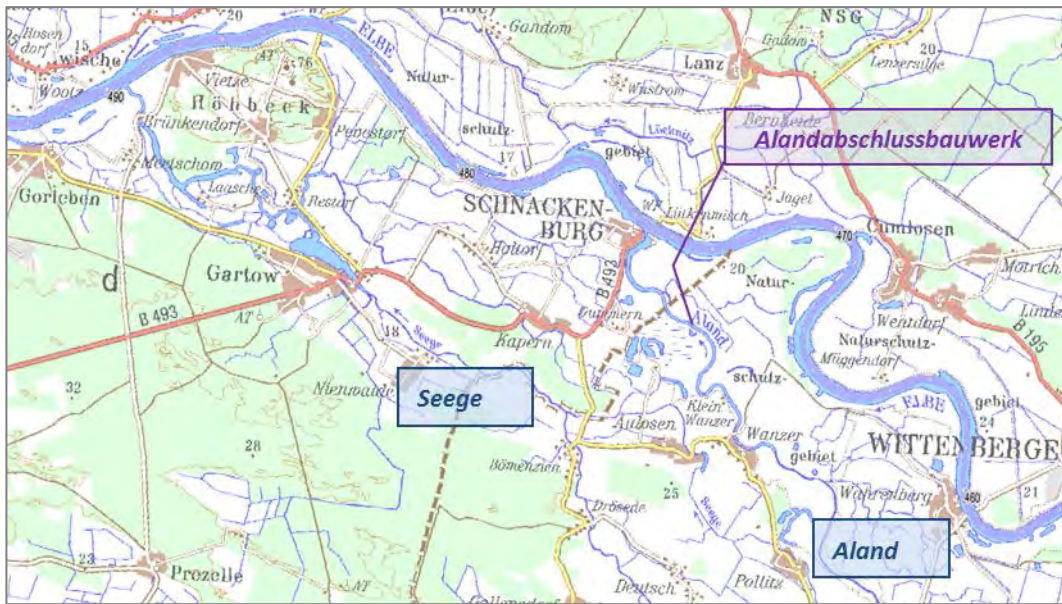


Abbildung 31: Lageplan Aaland – Seege
Hintergrund: © GeoBasis-DE / BKG 2011

Die Jeetze entspringt im Norden von Sachsen-Anhalt und mündet als Jeetzel (Name ab der Grenze zu Niedersachsen) bei Hitzacker in die Elbe. Hier wurde im Nachgang zu den großen Hochwasserereignissen zwischen 2006 und 2008 ein Hochwasserschutzsystem errichtet, bestehend aus einem Mündungsperrbauwerk, Schöpfwerk und Hochwasserschutzwand, welches bei Elbehochwasser geschlossen werden kann, um Hitzacker und das Hinterland vor eindringendem Elbewasser zu schützen.



Abbildung 32: Hochwasserschutzsystem Hitzacker, Elbe
(Quelle: [NLWKN, 2011])

Um das binnenseitig anfallende Jeetzelwasser bei Schließung des Sperrwerkes schadfrei abführen zu können, wurde ein Schöpfwerk in das System integriert. Zudem wurde ein operationell einsetzbares Steuerungsmodell installiert, um einen effektiven und sicheren Betrieb der Gesamtanlage zu gewährleisten [STEINRÜCKE, 2014]. Die Steuerung der Anlage basiert auf der Vorhersage aus einem NA-Modell des Jeetzel-Einzugsgebietes, in welches Niederschlagsdaten des DWD einfließen. Alternativ kann auch ein pegel-basiertes Vorhersagemodell eingesetzt werden. Die ermittelten Abflüsse gehen in ein hydraulisches 1D-Modell ein, woraus schließlich eine Handlungsempfehlung zur Steuerung abgeleitet wird.

Der Zufluss aus der Jeetzel in die Elbe ist bei einem Elbe-Hochwasser in der Regel nicht relevant. Gemäß Betriebsplan [NLWKN, 2011] wird bei vorhergesagten Elbe-Wasserständen von etwas über MHW am Bezugspegel Hitzacker das Sperrwerk geschlossen. Die Relevanz der Pumpwassermenge wird im Zuge des Modellaufbaus geprüft, ebenso ggf. die Relevanz des Mündungsbereiches als Retentionsraum.

4.5.2.3 Brandenburg

Das LUGV Brandenburg hat mit der Stepenitz ein Gewässer zur Berücksichtigung als Retentionsraum im neuen Vorhersagemodell gemeldet. Die Relevanz wird während des Modellaufbaus bzw. im Rahmen erster Testrechnungen geprüft. Das evtl. verfügbare Volumen wird aus dem DGM abgeschätzt und als ungesteuerter Polder berücksichtigt. Die Stepenitz mündet in den Elbhafen von Wittenberge.

Die Karthane mündet wie die Stepenitz in den Wittenbergener Hafen und ist bei Elbhochwasser über ein Schöpfwerk gegen die Elbe abgeriegelt. Die Schöpfmengen liegen bei max. 18,2 m³/s und sind nicht abflussrelevant. Die Karthane wird daher im neuen Modell nicht berücksichtigt.

Bei km 513,2 mündet bei Wehningen die Löcknitz rechtsseitig in die Elbe. Das Wehr Wehningen im Mündungsbereich wird bei Elbe-Hochwasser geschlossen, so dass die Löcknitzniederung nicht als Rückhalteraum zur Verfügung steht. Das Eigenwasser der Löcknitz wird in diesem Fall in der Niederung und angrenzenden Polderflächen zwischen gespeichert.

Tabelle 13: Berücksichtigung Nebengewässer in Brandenburg

Gewässer	Land	EZG [km ²]	MHQ [m ³ /s]	Berücksichtigung im neuen Modell	Vorhersage verfügbar
Stepenitz	BB	862	18.4 (Pegel Wolfshagen, 35,7km oh Mdg.)	Einarbeitung als Rückhalteraum	nein
Karthane	BB	437	5.9 (Pegel Bad Wilsnach, 17,6km oh Mdg.)	nicht vorgesehen (Sperrwerk, Q gering)	nein
Löcknitz	BB	937	10.8 (Pegel Gadow, 33,2km oh Mdg.)	nicht vorgesehen (Sperrwerk, Q gering)	nein

* EZG bezogen auf den jeweils angegebenen Pegel

4.5.2.4 Mecklenburg-Vorpommern:

Die Sude mündet bei Elbe-km 559,5 westlich von Boizenburg ein. Im Mündungsbereich befindet sich ein Sperrwerk, welches bei Hochwasser einen Rückstau der Elbe in die Sude-niederung verhindert. Die Entscheidung zur Schließung des Sperrwerks erfolgt jeweils aufgrund der örtlichen Situation [SIMON 2012]. Die Zuflussmengen sind im Vergleich zur Abflussmenge der Elbe bei Hochwasser vernachlässigbar. Eine Einarbeitung in das neue Modell ist daher weder als Zufluss noch als Rückhalteraum vorgesehen.

Tabelle 14: Berücksichtigung Nebengewässer in Mecklenburg-Vorpommern

Gewässer	Land	EZG [km ²]	MHQ [m ³ /s]	Berücksichtigung im neuen Modell	Vorhersage verfügbar
Sude	MV	735*	15,9*	nicht vorgesehen (Sperrwerk, Q gering)	nein

* bezogen auf Pegel Garlitz, 24 km oberhalb der Mündung

Eine Übersicht der diskutierten Zuflüsse sowie die angefragten Rückmeldungen der Länder sind in Tabelle A- 7 im Anhang zu finden.

4.6 Kalibrierung und Validierung des Vorhersagemodells

Im Zuge des Modellaufbaus ist die Kalibrierung der empirischen Modellparameter erforderlich, um die korrekte Abbildung der wesentlichen Phänomene des Flussgebietes im Modell gewährleisten zu können. Im Falle einer 1D-Modellierung erfolgt dies über den Strömungswiderstand, der sämtliche Verlustanteile des jeweiligen Gewässerabschnittes erfassen muss. Im Idealfall stehen aufgrund der Fließtiefenabhängigkeit des Abflussbeiwertes zur Kalibrierung mehrere Ereignisse aus dem gewünschten Abflussspektrum für die späteren Vorhersageberechnungen zum „Nachrechnen“ und Einstellen der Parameter zur Verfügung. Die Parameter müssen im Zuge der Vorhersage-Berechnung fließtiefen- oder abflussabhängig angepasst werden.

Mittels Nachrechnungen ohne Veränderung der im Zuge der Kalibrierung ermittelten Parameter und den Vergleich der Berechnungsergebnisse mit Messwerten (hier des Wasserstandes) wird die Validierung eines numerischen Modells durchgeführt. Die Validierung verifiziert die Übertragbarkeit der Modellanwendung auf andere Abflussereignisse als die zur Kalibrierung verwendeten. Liegen keine ausreichenden Daten für eine Validierung vor, ist das kalibrierte Modell mittels Sensitivitätsanalyse zu verifizieren.

Zu beachten ist bei der Auswahl der Kalibrierungs- und Validierungereignisse, dass die Geländesituation bei den Ereignissen vergleichbar bzw. eigentlich identisch ist. Beim Aufbau eines Hochwassermodells ist dies aufgrund des geringen Wiederkehrintervalls oft schwierig. Mit größer werdendem Abstand der Ereignisse untereinander steigt die Wahrscheinlichkeit, dass sich die topografischen Verhältnisse im Modellgebiet verändert haben. An der Elbe traten in geringem zeitlichen Abstand zwischen 2002 und 2013 mehrere Hochwasserereignisse ein, wobei die Ereignisse von 2002 und 2013 statistisch seltene Er-

eignisse darstellen, was für Kalibrierung und Validierung prinzipiell optimal ist. Das HW2002 ist zur Kalibrierung/Validierung leider nicht gut geeignet, da für die zahlreich aufgetretenen Deichbrüche eine korrekte Abbildung im Modell nur sehr schwer durchzuführen ist. Auch das HW2006 eignet sich nur bedingt zur Kalibrierung, da nach diesem Ereignis drei große DRV-Maßnahmen in Brandenburg, Niedersachsen und Mecklenburg-Vorpommern umgesetzt wurden (siehe Abbildung 33). Das Ereignis 2006 hat ein Wiederkehrintervall zwischen 25 und 50 Jahren an der Oberen Elbe sowie unterstrom der Saalemündung. Zwischen Torgau und Aken liegt die Jährlichkeit bei 10-20 Jahren.

Beim Hochwasserereignis in 2011 kam es nicht zur Überströmung von Deichen oder gar zu Deichbrüchen. Das Ereignis 2011 entspricht bezüglich der Jährlichkeit etwa einem HQ20.

Dementsprechend erfolgt die Kalibrierung anhand der beiden jüngeren Ereignisse in 2011 und 2013, während das HW2006 als Validierungsereignis herangezogen wird. Aufgrund der zwischen 2006 und 2011 durchgeführten Deichrückverlegungsmaßnahmen konzentriert sich die Eignung des Ereignisses auf den Bereich oberstrom der Maßnahme Lenzen, d.h. oberstrom des Pegels Schnackenburg (Fluss-km 474,6), wo keine elementaren topografischen Veränderungen erfolgt sind. Gegebenenfalls wird zum Zwecke einer durchgehenden Validierung ein Zustand ohne Deichrückverlegungen hergestellt.

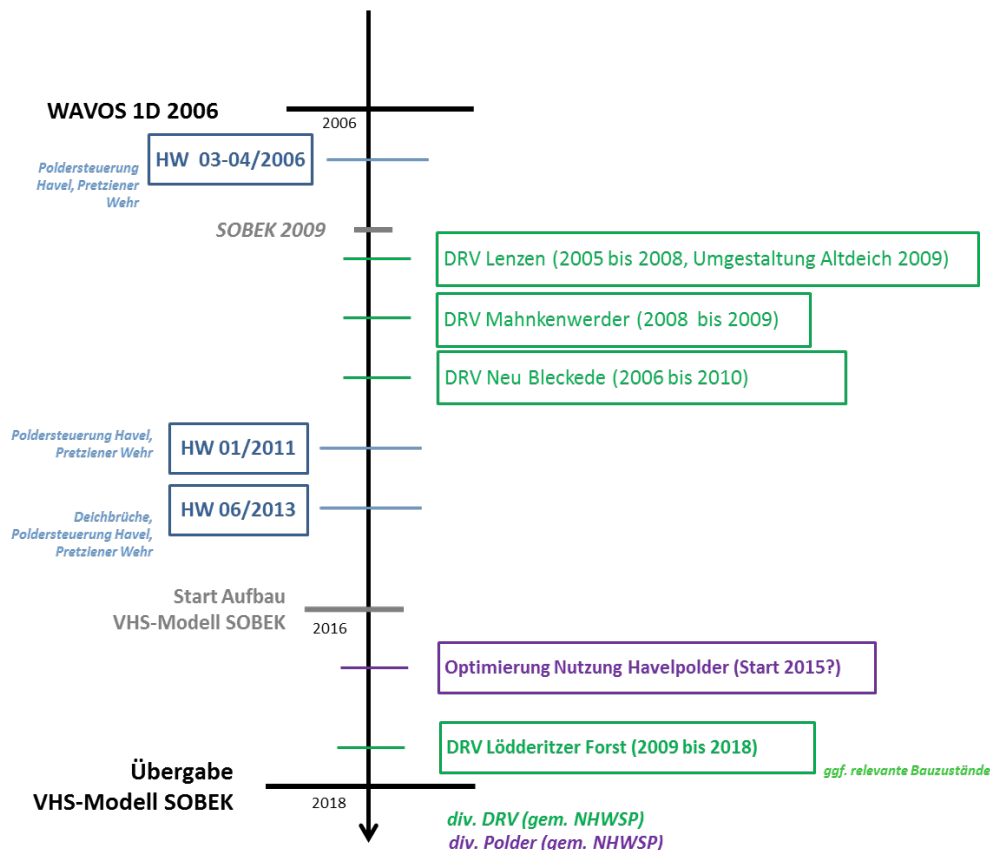


Abbildung 33: Zeitstrahl Modellzustände

Der Ablauf von Hochwasserwellen ist ein komplexer Prozess, der mittels instationärer Berechnung im Modell abgebildet wird. Demzufolge wird auch die Kalibrierung instationär durchgeführt. Die entsprechend erforderlichen Pegeldata liegen vor.

Die Güte der Kalibrierung wird für ausgewählte Pegel dokumentiert. Vorgesehen sind die Pegel Dresden (SN), Barby (ST), Magdeburg-Strombrücke (ST), Wittenberge (BB), Dömitz (MV) sowie Neu Darchau (NI).

4.7 Postprozessierung der Vorhersage

Am Ende der Berechnung muss eine Anpassung bzw. Verschiebung der Berechnungsergebnisse für die einzelnen Pegel an den Messwert zum Vorhersagezeitpunkt um keinen Sprung im Verlauf am Vorhersagezeitpunkt zu erhalten. Hierfür wird durch WAVOS die Abweichung (Messwert - Berechnungswert) zum Vorhersagezeitpunkt berechnet und die Vorhersage je nach gewählter Option während des gesamten Vorhersagezeitraums um diesen Betrag konstant oder mittels homotopisches Verfahren verschoben. Beim homotopischen Verfahren geht die Verschiebung der Vorhersage im Laufe der Zeit auf null zurück, d. h. die Vorhersage entspricht dann genau dem Simulationsergebnis (siehe dazu Abbildung 34).

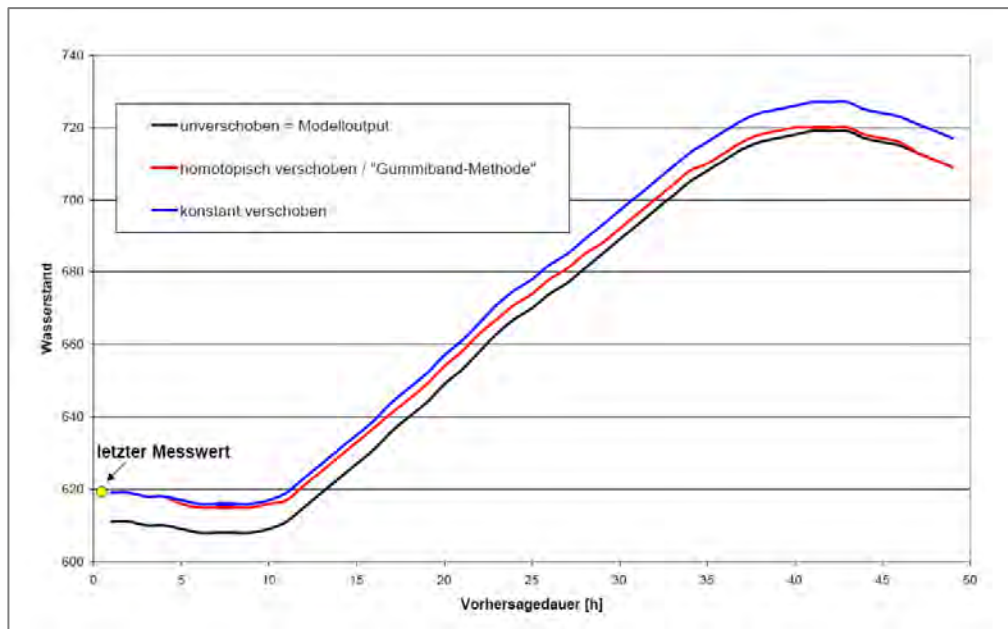


Abbildung 34: Verschiebung der Vorhersageberechnung

Durch die homotopische Verschiebung soll verhindert werden, dass die zeitliche Verschiebung zwischen gemessener Ganglinie und Simulation, wie z.B. bei schnellem Anstieg des Wasserstandes, zu einer Überschätzung des vorhergesagten Wasserstandes führt. Über welchen Zeitraum und bis zu welchen Wasserständen die Verschiebung auf die Simulation durchgeführt wird, ist für jeden Pegel definierbar.

5 Modellunsicherheit des bestehenden WAVOS-Modells

Vor Erstellung des neuen Vorhersagemodells sollen die Unsicherheiten bzw. die Verlässlichkeit der Vorhersagen, die sich bei Einsatz des bestehenden Modells ergeben, eruiert werden, um daraus die wesentlichen Einflussfaktoren ableiten und diese entsprechend beim Aufbau des neuen Modells besonders berücksichtigen zu können. Eine quantifizierende Auswertung der durchgeführten operationellen Vorhersagen vergangener Ereignisse ist hierzu nicht zielführend, da neben dem Einfluss des eingesetzten Vorhersagemodells diverse Faktoren wie z.B. die Eingangsdaten der Berechnungen (vor allem die vorhergesagten Zuflüsse und die diesen zugrundeliegenden Niederschlagsvorhersagen), die Steuerung von Poldern und Speichern wie z.B. der Wehrgruppe Quitzöbel, aber auch unvorhergesehene Ereignisse wie Deichbrüche einen erheblichen Einfluss auf die berechneten Wasserstände haben können. Einleitend erfolgt in Abschnitt 5.1 zunächst ein kurzer, qualitativer Rückblick auf die operationelle Vorhersage der drei letzten Hochwasserereignisse.

Die im Anschluss beschriebene quantifizierende Analyse erfolgte auf der Basis von sogenannten Hindcasts. Hindcasts sind Vorhersagerechnungen, die im Nachgang für abgelaufene Hochwasserereignisse unter definierten Bedingungen durchgeführt werden, und es so erlauben, verschiedene Aspekte der Vorhersageunsicherheit konkret zu untersuchen. Werden nun bei den Hindcasts für das hydrodynamische Vorhersagemodell Messwerte anstelle von Vorhersagen als Eingangsgröße verwendet, die Polder/Speicher entsprechend dem realen Verlauf gesteuert und Deichbrüche bestmöglich nachgebildet, ermöglicht das die Evaluierung derjenigen Fehler, die direkt aus dem Vorhersagemodell resultieren. Diese spezielle Art der Hindcast wird als „perfekte Vorhersage“ bezeichnet.

Zur Auswertung der Hindcasts wird, neben der Verwendung von BfG-eigenen Programmen, auf ein spezielles Softwareprodukt zurückgegriffen, welches zur quantitativen Auswertung von Abfluss- und Wasserstandsvorhersagen entwickelt wurde. Es handelt sich um das Programm ProFoUnD (**program to assess the forecast uncertainty of discharge**). Die Entwicklung erfolgte seit 2008 durch die Wasserwirtschaftsverwaltungen der Bundesländer Bayern, Rheinland-Pfalz und Hessen. Die Umsetzung erfolgte durch die Ingenieurgesellschaft HYDRON aus Karlsruhe. Die jüngste Anpassung wurde in Absprache mit den Bundesländern im Auftrag der BfG im Frühjahr 2016 durchgeführt, so dass zur aktuellen Bearbeitung das Programm in der Revision 7.2 vorlag [HYDRON, 2016]. Mit ProFoUnD ist die Aus- und Bewertung von Vorhersagen in Abhängigkeit der Vorhersagedauer möglich.

Die Auswertung erfolgt für alle 27 Vorhersagepegel (siehe Abbildung 22) über den gesamten jeweiligen Vorhersage- und Abschätzungszeitraum.

5.1 Rückblick: Operationelle HW-Vorhersage mit WAVOS

Aus den Ereignisanalysen und Berichten zu den betrachteten Hochwasserereignissen 2006 und 2011 werden jeweils die Einschätzungen zur operationellen Vorhersage seitens LHW sowie für 2013 seitens LHW und BfG kurz zusammengefasst.

5.1.1 Hochwasser 2006

Die Vorhersageberechnungen während des HW2006 erfolgten durch das WSA Magdeburg mit WAVOS Elbe, Plausibilisierung und Herausgabe liefen über das HVZ. Der HW-Zeitraum umfasste 25 Vorhersagetage (27.03. bis 21.04.2006). Vom 01. Bis 03.04. waren die Ergebnisse mit größeren Unsicherheiten behaftet, da die tatsächliche Wellenlaufzeit nicht hinreichend durch das Modell abgebildet werden konnte. Nach einer entsprechenden Modellanpassung wurden die Abweichungen in den Folgetagen minimiert. Insgesamt wurden verlässliche Hochwasservorhersagen erstellt. (Siehe Lagebericht LHW, 2006.)

5.1.2 Hochwasser 2011

Bezogen auf den Gesamtzeitraum des Hochwasserereignisses urteilte der LHW in seinem Bericht zum Hochwasser, dass die Vorhersage für alle 23 Vorhersagepegel von guter Qualität war. Die Berechnungen zur Wasserstandvorhersage wurden gemäß der seinerzeit gültigen Regelung durch das WSA Magdeburg mit dem Modell WAVOS Elbe durchgeführt. Die HVZ war ab dem 08.01. für die Herausgabe der Vorhersagen verantwortlich und führte die Plausibilisierung und teilweise Anpassungen der Vorhersagen durch. Hinsichtlich der Modellberechnungen wurde bemängelt, dass sowohl in der Anstiegs- als auch Rücklaufphase der Hochwasserwelle an einigen, wenigen Tagen Translationsprobleme zu verzeichnen waren. Das im Januar aufgetretene Hochwasserereignis machte aufgrund seines Verlaufs zudem deutlich, wie entscheidend verlässliche Vorhersagen der Zuflüsse für das Modell- und somit auf das Vorhersageergebnis der Elbewasserstände sind. (Siehe Lagebericht LHW, 2011)

5.1.3 Hochwasser 2013

Das Hochwasserereignis im Juni 2013 führte entlang der Elbe an zahlreichen Pegel zu neuen höchsten Wasserständen (HHW), insbesondere unterstrom der Muldemündung. An der Saale und etlichen ihrer Zuflüsse wurden ebenfalls neue HHW erreicht. An vielen weiteren Pegeln der Elbe oberstrom der Muldemündung, an der Schwarzen Elster und weiteren Saale-Zuflüssen wurde die höchste Alarmstufe erreicht. Auf tschechischem Gebiet trugen die Abflussmengen aus der Moldau erheblich zur Höhe des Hochwassers bei.

Die Hochwasservorhersagen wurden gemeinsam vom Wasser- und Schifffahrtsamt Magdeburg und dem Landesbetrieb für Hochwasserschutz und Wasserwirtschaft für 23 Pegel (unterhalb Pegel Torgau bis Wehr Geesthacht) erarbeitet. Die Berechnung erfolgte mit dem Wasserstandsvorhersagemodell WAVOS der BfG, die im Verlauf des Hochwassers nach Eintreten der Deichbrüche eine entsprechende Anpassung des Vorhersagemodells und verschiedene Variantenberechnungen durchgeführt hat. Die Herausgabe erfolgte unter Einbeziehung der Hochwasservorhersagen des CHMU Prag (Pegel Usti n. L.) sowie des LHWZ Dresden (Pegel Schöna bis Pegel Torgau).

Die Hochwasserscheitel entlang der Elbe traten beim HW2013 in der oberen Elbe in der ersten Junihälfte auf. Ende Juni befand sich der Hochwasserscheitel im Raum Dessau, während am Pegel Torgau am 29.06. die Alarmstufe 1 wieder unterschritten wurde. Zum 01.07. wechselte die Vorhersagezuständigkeit gemäß VV 2013 vom WSA Magdeburg auf die HVZ beim LHW, so dass die Berichterstattung ab dem 01.07.2013 durch die HVZ erfolgte.

Am 05.07.2013 befand sich der Scheitel einer kleineren, nachlaufenden Welle im Bereich des Pegels Neu-Darchau, mit deutlich zurückgehenden Wasserständen oberstrom. Am nächsten Tag waren die Wasserstände auch an der unteren Mittelelbe so weit gesunken, dass die Hochwasserberichterstattung am 06.07.2013 eingestellt wurde.

Bei Vorhersagezeiträumen von bis zu 4 Tagen wurden hinsichtlich der Scheitelhöhe grundsätzlich sinnvolle Vorhersagen errechnet. Bezüglich der Wellenlaufzeiten sowie für den Abschätzungsbereich besteht Optimierungsbedarf [MEISSNER und RADEMACHER, 2014 und Lagebericht LHW, 2013]. Unter Berücksichtigung der Tatsache, dass das bestehende Modell im Zuge seiner Kalibrierung und Validierung naturgemäß lediglich für die bis dahin aufgetretenen Ereignisse eingestellt werden konnte und dass Hochwasserereignis 2013 an zahlreichen Pegeln zu bis dahin nicht gemessenen Hochwasserständen führte, ist die Vorhersage insbesondere zu Beginn des Ereignisses als gut zu bezeichnen. Insgesamt aber zeigt insbesondere die Nachbetrachtung des HW 2013 unter Berücksichtigung von seitens der Beteiligten bei LHW, WSA und BfG durchgeführten und erforderlichen operationellen Anpassungen der Vorhersageberechnungen einen deutlichen Aktualisierungs- und Überarbeitungsbedarf des Vorhersagemodells für den Hochwasserfall. Siehe dazu auch die Ausführungen der Modellanalyse in den nachfolgenden Kap. 5.2 und 5.3.

5.2 Hindcasts - WAVOS 1D

Zur Durchführung der Hindcasts als perfekte Vorhersage werden anstelle der zum operationellen Vorhersagezeitpunkt verwendeten Vorhersagen für die Zuflussmengen an den Randpegeln die zwischenzeitlich aus Messungen bekannten Werte als Eingangsdaten verwendet. Des Weiteren werden die übrigen Randbedingungen wie z.B. Wehr- bzw. Poldersteuerung oder auch aufgetretene Deichbrüche entsprechend ihres realen Einsatzes bzw. Auftretens berücksichtigt.

Betrachtet werden die Hochwasserereignisse der Jahre 2006, 2011 sowie 2013. Wie auch schon zur Kalibrierung und Validierung des Modells wird das HW2002 zur Beurteilung der Modellgüte nicht verwendet, da sich die Geometrie im Modellgebiet im Nachgang des Hochwassers aufgrund der durchgeführten Maßnahmen zur Schadensbeseitigung aber auch zur Hochwasservorsorge/Hochwasserschutz zwischenzeitlich erheblich verändert hat. Darüber hinaus ist es schwierig, die zahlreichen Deichbrüche und ihre Effekte an der Elbe sowie ihren Zuflüssen korrekt im Modell abzubilden.

Hindcast-Durchführung

- Verwendung des aktuellen Vorhersagemodells WAVOS-1D
- Antrieb durch geprüfte Messdaten Wasserstand bzw. Abflüsse
- Verwendung der zum jeweiligen Ereigniszeitpunkt gültigen Abflusstafeln, die gegebenenfalls erst später eingeführt wurden
- Berücksichtigung von Wehr- bzw. Poldersteuerung
- Ggf. Berücksichtigung von Deichbrüchen (hier relevant für HW2013)
- Auswertung (Software ProFoUnD, BfG-Tools)

Für die einzelnen Hochwasserereignisse wurden bei den Hindcast-Berechnungen Vor- und Nachlaufzeiten berücksichtigt. Die simulierten Zeiträume sind in Tabelle 15 zusammengestellt.

Tabelle 15: Simulationszeiträume Hindcasts

Jahr	von	bis	Hochwasser-Scheitel Pegel Magdeburg-Strombrücke
2006	01.03.2006	31.05.2006	04.04.2006
2011	10.12.2010	31.03.2011	19.01.2011
2013	15.05.2013	31.07.2013	09.06.2013

5.2.1 Rahmenbedingungen Hindcasts

5.2.1.1 Projektionspegel

Eine operationelle Vorhersageberechnung startet im Allgemeinen nicht direkt am Vorhersagezeitpunkt, sondern mit einem sogenannten Vorlauf- oder Simulationszeitraum, um dem Modell die Möglichkeit zu geben, sich „einzuschwingen“. Während dieses Simulationszeit-

raumes, der an der Elbe 6 Tage beträgt, wird das Modell mit Messdaten betrieben.

Das WAVOS-1D Modell verfügt über die Möglichkeit sogenannte Projektionspegel zu definieren. An diesen Pegeln wird über den gesamten Simulationszeitraum, während jedes Berechnungszeitschritts geprüft, ob der simulierte Durchfluss bzw. Wasserstand am Projektionspegel dem gemessenen Durchfluss (direkte Messung oder Berechnung über Messwert der Wasserstandes mit Hilfe der Abflusstafel) bzw. Wasserstand an diesem Pegel entspricht. Ist dies nicht der Fall wird die erforderliche Differenzmenge zugegeben bzw. entnommen. Auf diese Weise können Modellfehler, die z.B. aus der Vernachlässigung kleinerer Zuflüsse resultieren können und dazu führen, dass im Modell zu wenig Wasser in der Elbe abgeführt wird, ausgeglichen werden und das Modell bildet die Realität zum Vorhersagezeitpunkt besser ab. Allerdings ist dieser laufende Abgleich aufgrund fehlender Messdaten im Vorhersagezeitraum nicht mehr möglich. Als bestmögliche Schätzung wird der Wert der Zugabe bzw. Entnahme, der am Ende des Simulationszeitraumes d. h. zu Beginn der Vorhersage ermittelt wurde, über den gesamten Vorhersagezeitraum konstant gelassen. Da sich für die langen Vorhersagezeiten der Elbevorhersage dieses Vorgehen als weniger geeignet herausgestellt hat, werden im neuen Sobek-Vorhersagemodell keine Projektionspegel mehr integriert sein. Die Bilanz entlang der Elbe und die Wellenlaufgeschwindigkeit soll schon im Modell verbessert abgebildet werden. Darüber hinaus ist eine Fehlerkorrektur im Postprocessing nach Berechnungsende vorgesehen.

In Anlehnung an die während der Hochwasser-Ereignisse in der operationellen Vorhersage berücksichtigten Projektionspegel werden für die Hindcasts die nachfolgenden Pegel zur Projektion angesetzt (s. Tabelle 16).

Tabelle 16: Projektionspegel bei den Hochwassern 2006, 2011, 2013 in WAVOS-1D

Pegelname	HW2006	HW2011	HW2013
Dresden	x	-	-
Torgau	x	x	X
Wittenberg	x	-	-
Bad Düben	-	x	x
Aken	x	x	x
Halle-Trotha	-	x	x
Calbe UP	X	-	-
Wittenberge	-	x	x

5.2.1.2 Abflusstafeln

Um dem Anspruch einer „perfekten Vorhersage“ gerecht zu werden, werden bei den Hindcasts im Gegensatz zur operationellen Vorhersage zur Ermittlung der gemessenen Abflüsse nicht die zum Vorhersagezeitpunkt vorliegenden Abflusstafeln verwendet, sondern die zum jeweiligen Vorhersagezeitpunkt gültigen (später eingeführten) Abflusstafeln. Die gilt für die Randzuflusspegel wie auch für die Projektionspegel.

5.2.1.3 Wehrsteuerungen

Bei den Berechnungen wurden die tatsächlichen Wehrsteuerungen für das Pretziener Wehr, das Wehr Neuwerben und das Wehr Quitzöbel berücksichtigt.

Die in WAVOS integrierten Wehrsteuerungen sind zeitlich geregelt und wie in Tabelle 17 zusammengefasst für die drei zur Nachbetrachtung ausgewählten Hochwasserereignisse 2006, 2011 und 2013 in der Berechnung berücksichtigt. Das Pretziener Wehr ist aufgrund der modelltechnischen Abbildung in die 3 Teile A, B und C unterteilt. Teil A initialisiert die Öffnung des Pretziener Wehres, Teil B wird 15 Minuten nach Teil A geöffnet und zeitgleich mit selbigem geschlossen. Teil C schließlich wird vor der vollständigen Öffnung des Pretziener Wehres geöffnet und mit Beginn des Schließungsvorganges geschlossen. [BUREK et al. 2008]. So kann die Dauer des sehr aufwändigen Öffnungs- bzw. Schließungsprozesses näherungsweise berücksichtigt werden.

Tabelle 17: Öffnungs- und Schließungszeiten der Wehre in WAVOS Elbe für die betrachteten Hochwasser

Name	Öffnung	Schließung
Pretz_Wehr A	03.06.2013 15:00	20.06.2013 06:30
	15.01.2011 09:00	29.01.2011 09:00
	31.03.2006 09:00	14.04.2006 07:30
Pretz_Wehr B	03.06.2013 15:15	20.06.2013 06:30
	15.01.2011 09:15	29.01.2011 09:00
	31.03.2006 09:15	14.04.2006 07:30
Pretz_Wehr C	03.06.2013 18:00	20.06.2013 06:30
	15.01.2011 11:00	29.01.2011 09:00
	31.03.2006 14:00	14.04.2006 07:30
Neuwerben	09.06.2013 13:15	10.06.2013 23:15
Gnevsdorfer Vorfluter	13.06.2013 03:45	
	05.04.2006 09:00	07.06.2013 14:45
	01.01.2006 01:00	04.04.2006 13:00

5.2.1.4 Deichbrüche

Bei den betrachteten Hochwasserereignissen kam es in 2006 sowie 2011 nicht zu Deichbrüchen. Während des HW2013 traten hingegen mehrere Deichbrüche im Elbegebiet auf, von denen die beiden signifikantesten in Fischbeck an der Elbe und Klein-Rosenburg an der Saale bei den Berechnungen sowohl operationell als auch im Zuge der Hindcasts berücksichtigt wurden. Zur Lage der Deichbrüche siehe Abbildung 36 und Abbildung 35. Informationen bzgl. der Breschenentwicklung sind Kap. 4.3.2 zu entnehmen.



Abbildung 35: Lage Deichbruch Elbe bei Fischbeck
(violett: Deichachse, LHW)



Abbildung 36: Lage Deichbruch Saale (Klein Rosenberg, Breitenhagen)
(violett: Deichachse, LHW)

Der Deichbruch an der Saale wurde aufgrund der Lage im Elbe-Saale-Winkel operationell mit einer Breite von 85 m an Elbe-km 288 angesetzt. Im Zuge der Modellanalyse wurden

ergänzend weitere Varianten betrachtet, in welchen der Deichbruch mit unterschiedlichen Breiten an Saale-km 1,2 angesetzt wurde. Siehe dazu auch Abbildung 37.

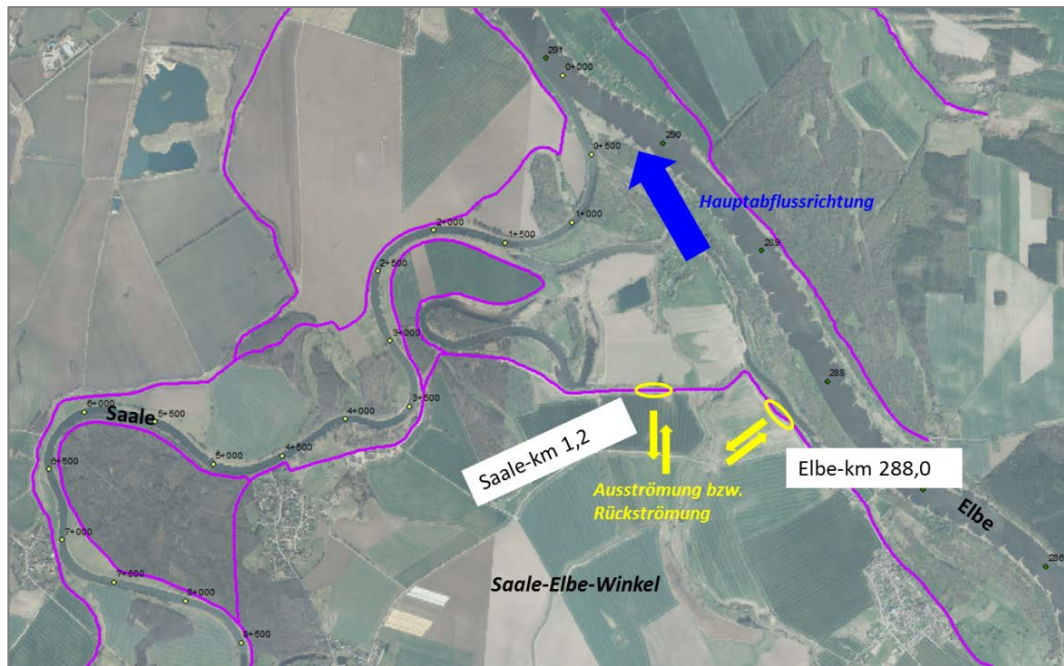


Abbildung 37: Übersichtsskizze Variantenbetrachtung Deichbruch Saale
(violett: Deichachse, LHW)

Zudem wurde die Breite des Bruchs bei Ansatz an der Elbe in einer vergrößerten Variante betrachtet. Der Deichbruch Fischbeck wurde analog zur operationellen Anwendung immer mit einer Breschenbreite von 70 m angesetzt, also gegenüber der tatsächlichen Breite ebenfalls vermindert. Testrechnungen, die bereits während des Hochwassers durchgeführt wurden, hatten ergeben, dass die realen Breiten im Modell zu einer Überschätzung der durch die Breschen abfließenden Abflussanteile führen.

Die betrachteten Varianten sind in Tabelle 18 zusammengefasst.

Tabelle 18: Varianten bzgl. Ansatz Deichbrüche im Modell

Var.	Fischbeck		Breitenhagen / Klein-Rosenburg		
	Breschenbreite [m]	Poldergröße [km ²]	Bruchstelle	Breschenbreite [m]	Poldergröße [km ²]
0	-	-	-	-	-
1a	70	500	Elbe (km 288)	110	200
1b		200		110	85
2		500		85	200
3a	70	500	Saale (km 1,2)	120	200
3b		200		120	85
4a		500		140	200
4b		200		140	85
Tatsächliche Größen (gemäß [LHW 2014])					
	rd. 90	ca. 150	Saale	rd. 140	ca. 85

Beim Ansatz eines Deichbruchs wird im Modell an der Deichbruchstelle behelfsweise ein Polder angeschlossen, in welchen das über die Deichbruchstelle aus dem System ausfließende Wasser abgeleitet wird. Wird die Deichbruchstelle geschlossen, verbleibt das Wasser modelltechnisch in diesem Polder und wird im weiteren Berechnungsverlauf nicht mehr berücksichtigt. Bleibt die Deichbruchstelle hingegen unverschlossen und wird ggf. sogar wie in Breitenhagen noch vergrößert, kann das Wasser wieder ins System zurückfließen und wird bei der weiteren Berechnung entsprechend berücksichtigt. Die Flächengröße der Polder wurden für beide Deichbruchstellen in einer großen (analog zum operationellen Ansatz) sowie einer kleineren Variante, die auf den im Nachgang des Hochwassers ermittelten Flächengrößen (Quelle: LHW) basiert, zur Modellierung angesetzt.

Das Modell liefert für die Varianten mit kleineren Poldergrößen in der ablaufenden Welle im Vergleich zu den Messwerten die besseren Ergebnisse. (siehe beispielhaft Pegel Tangermünde und Wittenberge, Abbildung 38). Eine detaillierte Zusammenstellung der statistischen Ergebnisse der Vorhersagen für ausgewählte Pegel in allen Varianten für das HW2013 ist Anlagenreihe C zu entnehmen.

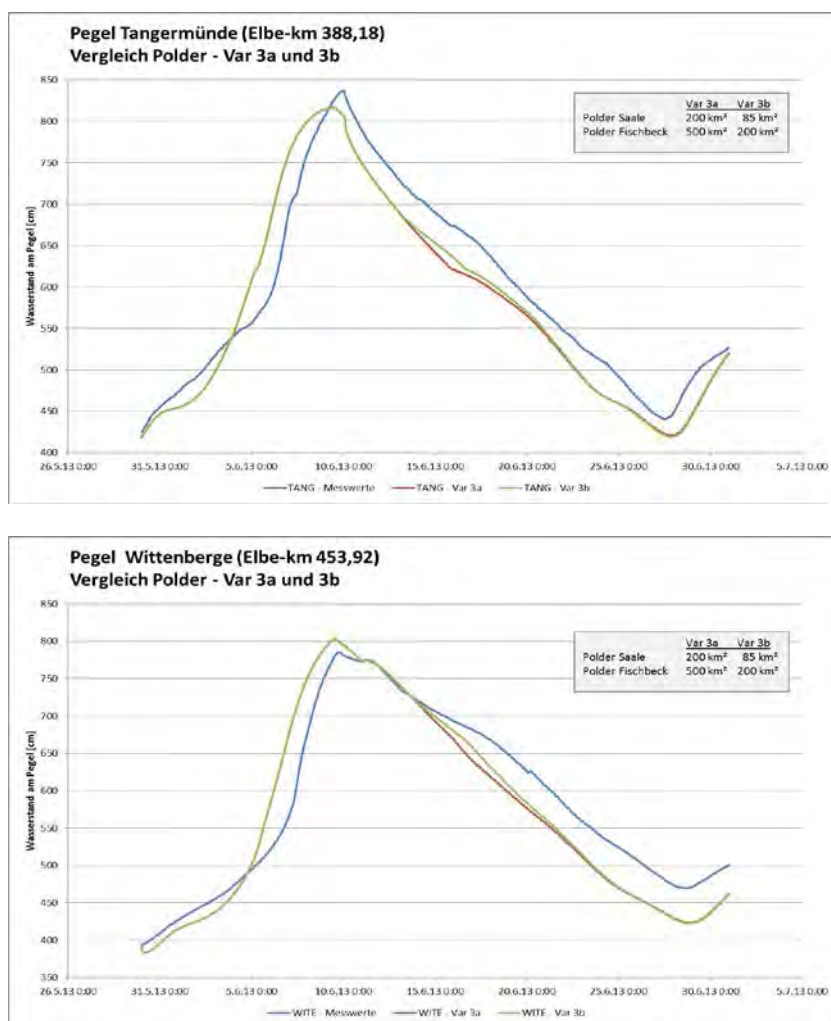


Abbildung 38: Vergleich Ganglinien Messung und Vorhersagen für die Pegel Tangermünde und Wittenberge, jeweils in Var. 3a und Var. 3b bzgl. Poldergröße an den Deichbruchstellen beim HW2013

Hinsichtlich der Breschenbreite zeigten die Varianten 110 m bei Lage an der Elbe sowie 120 m bei Lage an der Saale die besseren Annäherungen an die Messwerte.

Die hinsichtlich der Deichbrüche im Modell angesetzten Kennwerte und Zeiträume sind für die im Folgenden diskutierten Varianten 1b und 3b aus nachfolgender Tabelle 19 ersichtlich.

Tabelle 19: In WAVOS implementiert Deichbrüche des HW2013

Name	Breschenbreite [m]	Sohlhöhe Bresche [müNN]	Überfallbeiwert μ [-]	offen	geschlossen	Polder [Fläche in km ² /mittl. Sohlhöhe im Polder in müNN]
Saale *	Elbe 110 Saale 120	Elbe 52.90 Saale 52.40	0.5	09.06.2013 09:00 Uhr	-	85 / 52.00
Fischbeck	70.0	33.74	0.5	10.06.2013 02:00 Uhr	17.06.2013 01:00 Uhr	200 / 31.50

* Ansatz Deichbruch: Elbe-km 288 oder Saale-km 1,2

Während die Deichbresche bei Fischbeck während des Hochwassers verschlossen wurde, so dass am 17.06.2013 nur noch eine sehr geringe Wassermenge ausfloss, wurde die Deichbruchstelle an der Saale in der ablaufenden Welle noch vergrößert, um die Rückströmung des Wassers aus dem Hinterland zu beschleunigen. Deshalb wurde diese im Modell bis über das Ende des Hochwassers hinaus offen gelassen.

5.2.1.5 Messwerte und Abflusstafeln

Die geprüften Messwerte (siehe Kap. 3.2.2.2) der für die Berechnung erforderlichen Pegel werden je Hochwasserereignis als Berechnungsgrundlage zusammengestellt. Aufgrund fehlender Aufzeichnungen an jeweils einem Pegel in den Zwischeneinzugsgebieten ZG 1 und ZG 2 für den Zeitraum des Hochwasserereignisses 2006 (siehe Tabelle 2) wurden für diese beiden Zuflussrandbedingungen die Werte aus dem operationellen Betrieb übernommen (siehe auch Kap. 3.1.1).

Die Abflusstafeln wurden für jedes Hochwasserereignis gemäß ihrem Gültigkeitszeitraums zusammengestellt. Je nach Bearbeitungsstand werden zu einzelnen Pegeln rückwirkend gültige Abflusstafeln veröffentlicht, beispielsweise nach ausgeprägten Niedrigwasserperioden (wie z.B. Sommer 2015) mit Ergänzungen und / oder Anpassungen im unteren Abflussspektrum oder im Nachgang zu extremen Hochwasserereignissen (wie z.B. Sommer 2013) im oberen Abflussspektrum. Daher sind die Tafeln nicht in allen Fällen mit denen identisch, welche während des HW-Ereignisses zur Vorhersageberechnung verfügbar waren.

5.2.2 Ergebnisse Hindcasts HW2006, 2011 und 2013

Vor Erläuterung der Auswertungsergebnisse nachfolgend eine Übersicht der Hochwasserwellen bei den drei Hochwasserereignissen. Auf die Form der Wellen wird bei der Ergebnisinterpretation teilweise Bezug genommen.

Das Hochwasserereignis 2006 war ein Schmelzhochwasser im Frühjahr mit steilem Anstieg und flachem, langgezogenen Scheitel.

Das Winterhochwasser 2011 war ebenfalls ein Schmelzhochwasser. Hier setzte zeitgleich mit aufgrund sehr schneller Erwärmung eintretenden Abtauphasen einer bis in die Flachlandgebiete geschlossenen Schneedecke Dauerregen ein. Der Hauptwelle liefen zwei kleinere Abflusswellen vor. Die Hauptwelle war nicht so steil wie 2006, der Scheitelpunkt dabei deutlich kürzer und nicht so lang gezogen wie 2006 [LHW, 2011]. Nach unterstrom flachte die Hochwasserwelle deutlich ab.

Das Hochwasserereignis 2013 trat im Sommer auf und resultierte aus außergewöhnlich ergiebigen Niederschlägen. Die Bodenfeuchte war aufgrund der vorhergegangenen Niederschläge, die vielerorts deutlich über den langjährigen Mittelwerten lagen, sehr hoch und lag z.B. in Sachsen-Anhalt in großen Gebieten bereits an der Sättigungsgrenze [LHW, 2013]. So kam es zu einer steilen, schnellen Hochwasserwelle, die sich nach unterstrom nur langsam abflachte.

Die Ganglinien der Pegel Dresden, Magdeburg, Wittenberge und Dömitz sind in den nachfolgenden Grafiken für die Ereignisse 2006, 2011 und 2013 dargestellt.

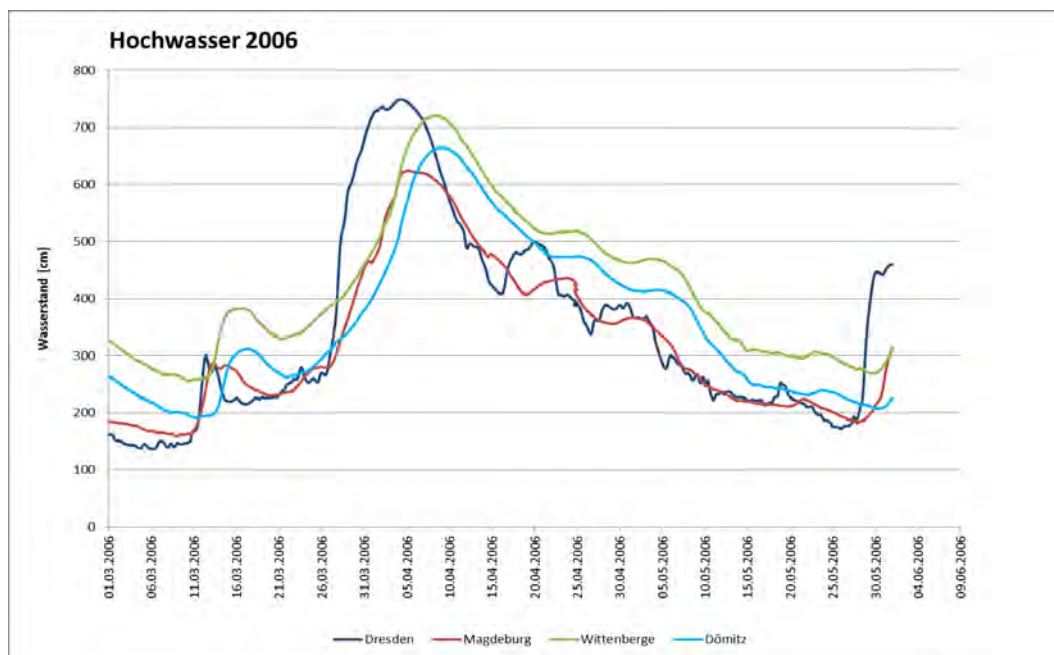


Abbildung 39: Ausgewählte gemessene Pegelganglinien HW 2006

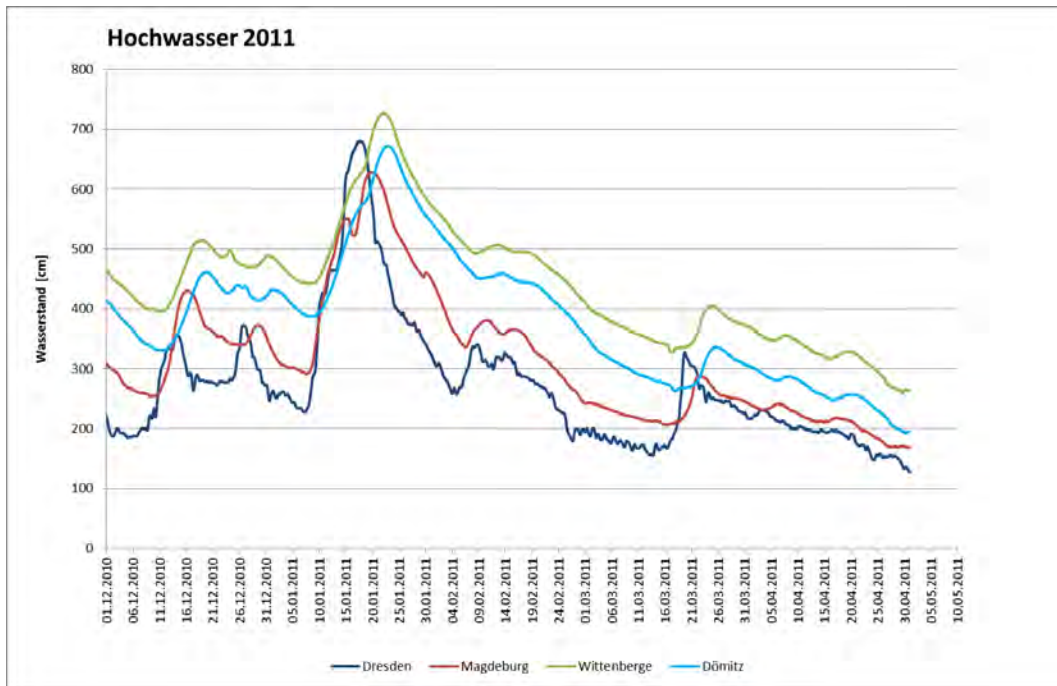


Abbildung 40: Ausgewählte gemessene Pegelganlinien HW 2011

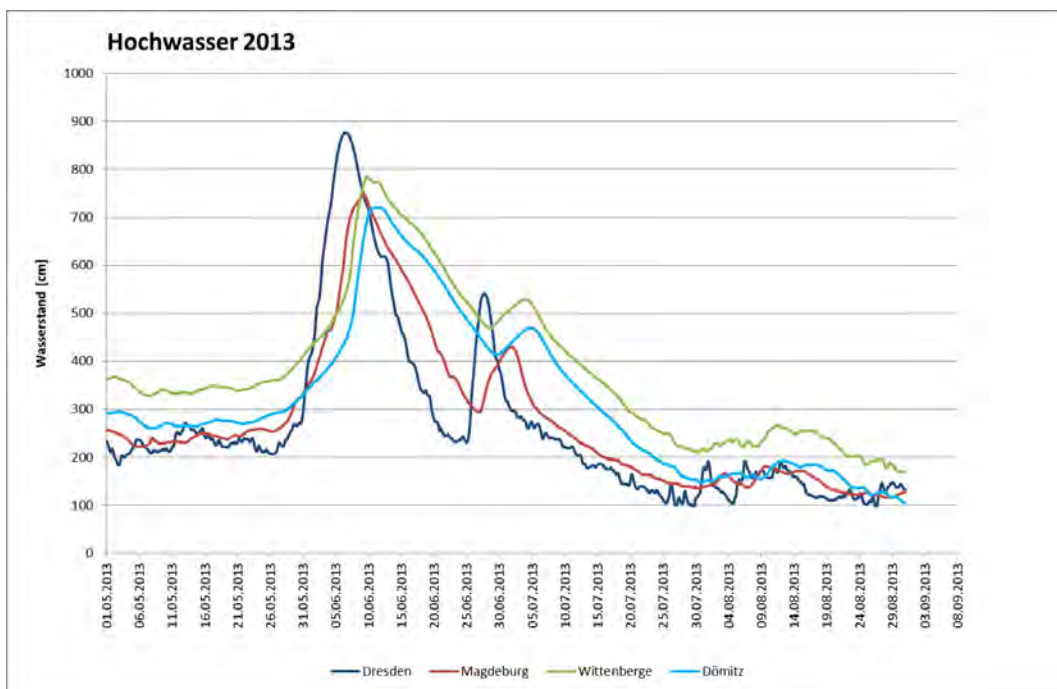


Abbildung 41: Ausgewählte gemessene Pegelganlinien HW 2013

Neben der Beachtung des Wellenablaufs der unterschiedlichen Hochwasserereignisse ist die im aktuell eingesetzten Vorhersagemodell abgebildete Topografie zu beachten. Diese bildet den Zustand des DGM-W 2006 (siehe Kap. 3.2.1.1) ab. Im Modell fehlen daher die zwischenzeitlich umgesetzten Deichrückverlegungsmaßnahmen Lenzen, Bleckede und Mahnkenwerder (Fertigstellung 2009 und 2010, siehe Kap. 3.2.1.1). Des Weiteren sind für das Ereignis 2013 die Havelpolderflutung sowie das Auftreten der Deichbrüche in 2013 zu berücksichtigen. Hinsichtlich des Ereignisses 2011 ist zu beachten, dass der Winter

2010/11 sehr nass und schneereich und die Vorfüllung der Elbe aufgrund dessen bei Eintritt des Hochwassers unterstrom von Barby bereits sehr hoch war. [LHW, 2011].

Für die drei Hochwasserereignisse wurde die Streuung der Differenz Vorhersage zu Messung für den 6 Uhr-Wert an den Pegeln für verschiedene Vorhersage-Längen ermittelt. Der Betrachtungszeitraum beträgt jeweils ca. 4 Wochen, siehe Tabelle 20.

Tabelle 20: Betrachtungszeitraum Auswertung Streuung der Differenzen

Ereignis	Betrachtungszeitraum
HW2006	23.03.2006 bis 27.04.2006
HW2011	06.01.2011 bis 10.02.2011
HW2013	27.05.2013 bis 28.06.2013

In den nachfolgenden Abbildungen sind die Differenzen über den Wasserstand für die Pegel Dresden, Magdeburg und Wittenberge dargestellt, jeweils für die entsprechende maximale Vorhersagelänge des Pegels. Der Abschätzungszeitraum wird hier nicht betrachtet. Tabellarisch sind jeweils die prozentualen Anteile der Werte innerhalb der beiden Toleranzbereiche bis 10 cm und 20 cm angegeben.

Für den Pegel Dresden (Abbildung 42), für den die Vorhersage für 24 Stunden erfolgt, zeigt sich bei allen 3 Hochwasserereignissen eine verhältnismäßig geringe Streuung. So wird bei Betrachtung eines Toleranzbereiches von 20 cm in 90% bis 100% der Fälle der Wasserstand gut vorhergesagt, bei einem Toleranzbereich von 10 cm kommt es nur beim Extremereignis 2013 in ca. 45% der Fälle zu Abweichungen von mehr als 10 cm.

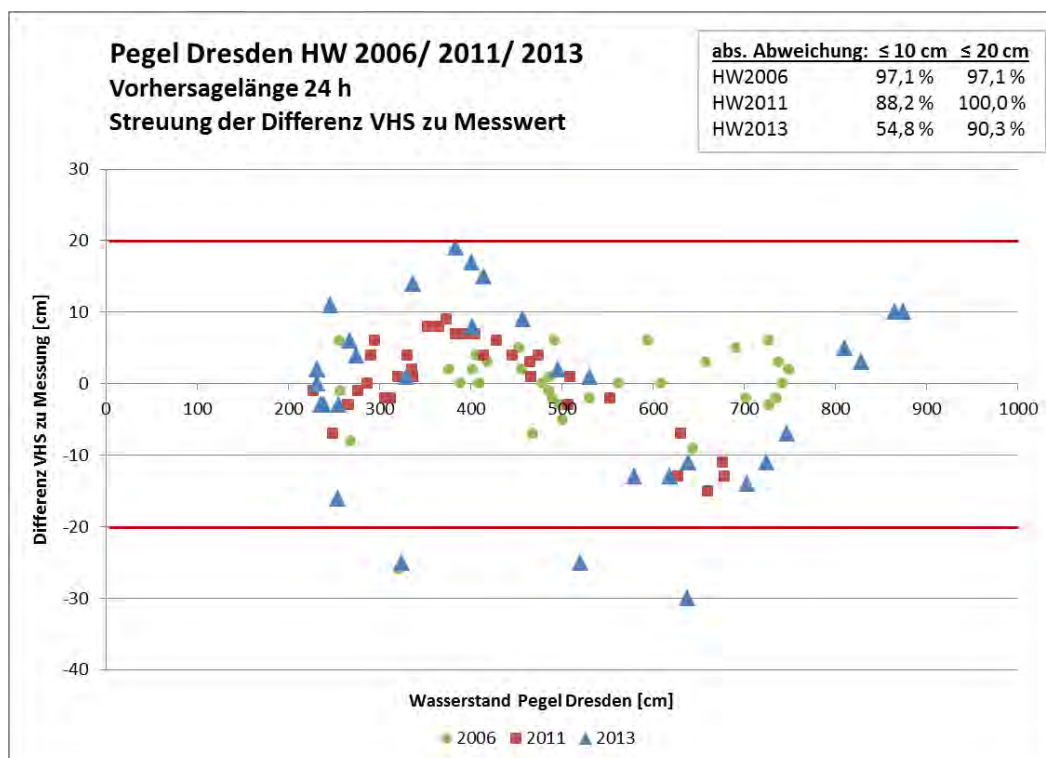


Abbildung 42: Pegel Dresden, Streuung der Differenz Vorhersage zu Messwert

Am Pegel Magdeburg (Abbildung 43) kommt es bei allen drei betrachtenden Hochwassern zu Abweichungen, die teils deutlich über dem Toleranzbereich liegen. Ursachen sind neben der komplizierten Abflusssituation in Magdeburg (Abflussaufteilung durch Umflut, Alte Elbe und Zollelbe) die fehlende Kalibrierung im Extrembereich sowie die vom Modell zu schnell abgebildete Hochwasserwelle. Hierdurch wird der Wellenanstieg zu früh vorhergesagt und die Abweichung der Vorhersage vom Messwert ist demzufolge sehr groß.

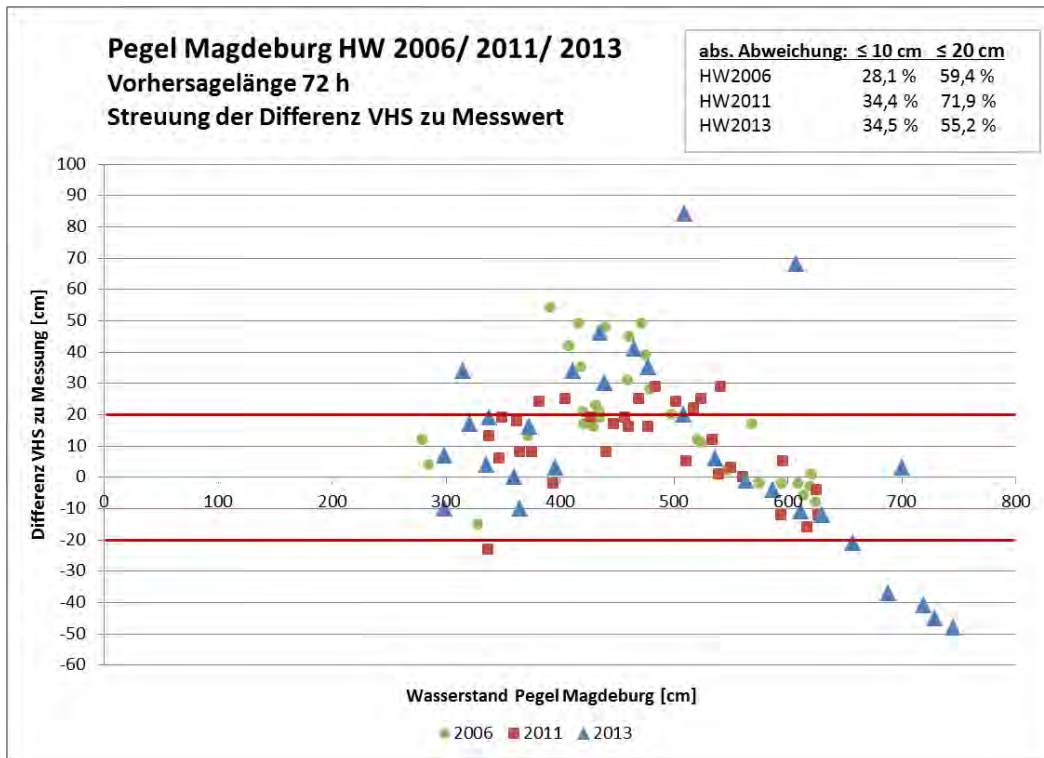


Abbildung 43: Pegel Magdeburg, Streuung der Differenz Vorhersage zu Messwert

Am Pegel Wittenberge (Abbildung 44) werden die HW2006 und HW2011 gut vorhergesagt, es treten jedoch beim HW2013 an einigen Tagen sehr große Abweichungen auf. Bei diesem Ereignis, welches wie auch am Pegel Magdeburg zu den höchsten, je gemessenen Wasserständen am Pegel führte, spielt neben der auch hier fehlenden Kalibrierung des Modells im Extrembereich insbesondere die zu große Geschwindigkeit der Welle im Modell eine entscheidende Rolle. Beispielhaft sind für die Vorhersage vom 03.06.2013 in Abbildung 45 die gemessenen Wasserstände am Pegel Wittenberge den vorhergesagten Wasserständen gegenübergestellt. Für die Vorhersagelänge von 96 h prognostiziert das Modell in der anlaufenden Welle einen Wasserstand von 713 cm, der jedoch erst 28 h später gemessen wurde. Tatsächlich wurde 96 h nach dem Vorhersagezeitpunkt ein Wasserstand von 582 cm erreicht, was zu einer Wasserstandsdifferenz von 131 cm für die Vorhersage vom 03.06.2013 führt.

Zur vertieften Betrachtung des Zeitfehlers im derzeitigen Vorhersagemodell Elbe wurden Simulationen der drei Hochwasserereignisse durchgeführt, deren Ergebnisse in Kap. 5.3.2 zusammengefasst sind.

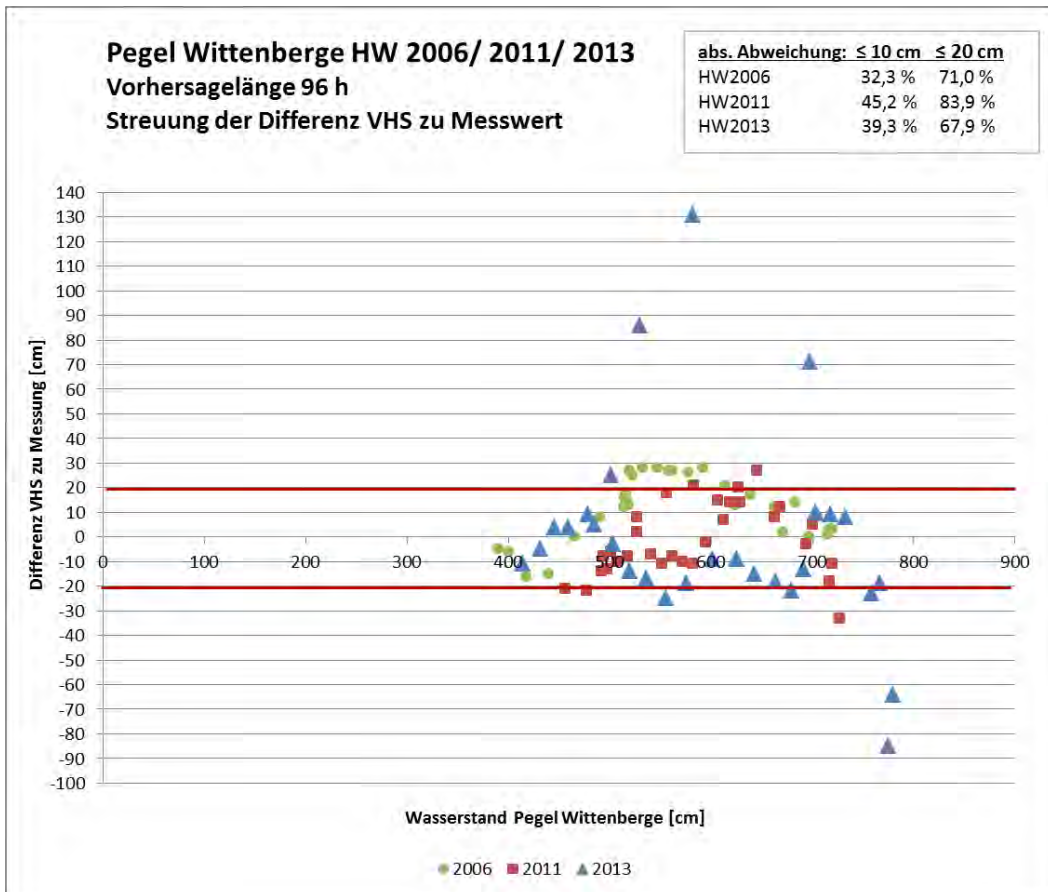


Abbildung 44: Pegel Wittenberge, Streuung der Differenz Vorhersage zu Messwert

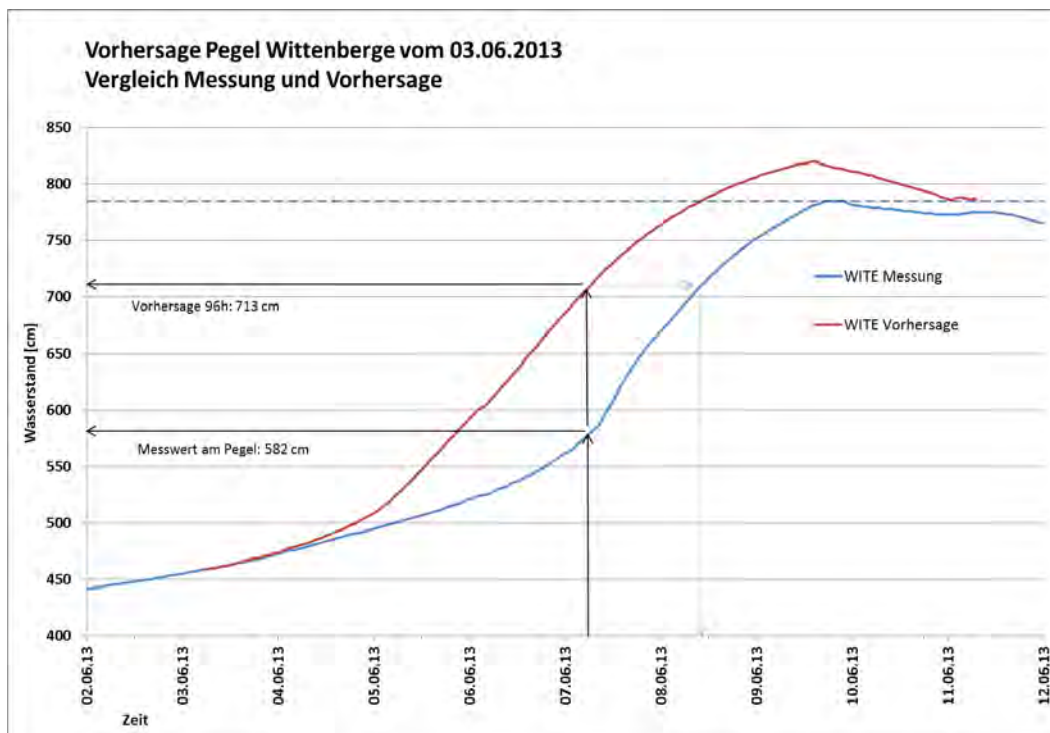


Abbildung 45: Pegel Wittenberge, Vergleich Messung und Vorhersage 03.06.2013

5.2.2.1 Statistische Auswertung für die Vorhersagepegel

Die statistische Auswertung der Hindcasts für alle Vorhersagepegel ist in Anlage C zusammengestellt, jeweils für die Hochwasserereignisse HW2006, 2011 und 2013 und für die je Pegel in der VV festgelegten Länge für Vorhersage und Abschätzung sowie jeweils für die beiden Vorhersagelängen 24 und 48 Stunden.

Es handelt sich um folgende Darstellungen:

- Ganglinien-Vergleich für die jeweils maßgeblichen Vorhersagelängen (siehe auch Abbildung 22 auf Seite 45)
- Boxplot (alle Vorhersagelängen von 24 bis 192 Stunden)
- Kontingenztafeln für vereinbarte Schwellenwerte
- Scatterplots für die jeweils maßgeblichen Vorhersagelängen
- absolute Abweichung für den HW-Scheitel bis zum gemessenen Scheitelzeitpunkt

Die Festlegung der Schwellenwerte für die Berechnung der Kontingenztafeln erfolgte in Zusammenarbeit mit den Ländern. Als 1. Schwellenwert wurde jeweils MHW gewählt. Sofern vorhanden repräsentiert der 2. Schwellenwert das Erreichen der Alarm- oder Meldestufe 4. Die übrigen Schwellenwerte wurden von den Ländern aufgrund ihrer Alarmpläne vorgegeben. Es handelt sich um folgende zusätzliche Werte:

Tabelle 21: Schwellenwerte mit Bemerkung der Länder

Pegel	Schwellenwert [cm]	Bemerkung
Barby	592	Öffnung Pretziener Wehr
Wittenberge	630	Schließung Alandbauwerk
	680	Flutung Havelniederung (Alarmstufe 4 plus 10 cm)
Hitzacker	621	relevanter Wasserstand für Schließung des Jeetzelsperrwerks
Neu Darchau	550	Meldegrenze an das MU NI
	757	BHW (alt) - NI
Boizenburg	300	Ausgabe erster Warnungen an Nutzer (z.B. Landwirte)
	681	BHW (alt) - NI
Hohnstorf	900	Flutung BAB A4
	920	Evakuierung Lauenburg
	940	BHW (alt) - NI
	1.030	Flutung Industriegebiet Lauenburg

Tabelle 22: Schwellenwerte für die Auswertung der Pegel

Pegel	Lage [km] - L/R	Land	Schwellenwerte für Kontingenztafeln				
			Wert 1 (MHW)	Wert 2 (AS)	Wert 3	Wert 4	Wert 5
Elbe							
Usti	-38,7	CZ	600	1094			
Schöna	002,05 L	SN	641	750			
Dresden	055,63 L	SN	574	700			
Riesa	108,4 L	SN	635	760			
Torgau	154,15 L	SN	623	780	800		
Wittenberg/L.	214,14 L	ST	543	650			
Vockerode	245,62 L	ST	556	-			
Dessau	261,16 L	ST	542	750			
Aken	274,75 L	ST	555	700			
Barby	294,82 L	ST	547	660	592		
Magdeburg Str.	326,67 L	ST	488	650			
Rothensee	333,12 L	ST	654	750			
Niegripp AP	343,60 R	ST	730	850			
Tangermünde	388,26 L	ST	593	700			
Sandau	416,06 L	ST	606	-			
Wittenberge	453,98 R	BB	572	670	630	680	
Schnackenburg	474,56 L	NI	585	-			
Lenzen	484,60 R	BB	581	-			
Dömitz	504,72 R	MV	513	650			
Hitzacker	522,92 L	NI	588	650	621		
Neu Darchau	536,44 L	NI	589	757	550		
Boizenburg	559,46 R	MV	494	650	300	681	
Hohnstorf	568,97 L	NI	733	900	920	940	1030
Geesthacht	583,36 L	SH	543	700			
Saale							
Halle –Trotha UP	089,15 R	ST	472	630			
Bernburg UP	036,05 L	ST	426	400			
Calbe UP	019,67 L	ST	743	900			
Untere Havel							
Havelberg Stadt	145,29 R	ST	330	430			

Nachfolgend werden einige Grafiken exemplarisch jeweils für den Pegel Magdeburg-Strombrücke und den Pegel Hitzacker für das Ereignis HW2013 (Var. 3b) dargestellt. Der Betrachtungszeitraum ist Tabelle 15 zu entnehmen.

Der Ganglinienvergleich (Abbildung 46) für Magdeburg zeigt für die Vorhersagelängen 24, 48, 72 und 120 h, dass das Vorhersagemodell eine gute Näherung an die tatsächlich abgelaufene Hochwasserwelle in Magdeburg errechnet. Der Scheitel wird in seiner Höhe unterschätzt, jedoch bildet die Vorhersage den Verlauf mit einem Vorlauf (entspricht der Vorhersagelänge) von 2 bis 3 Tagen gut ab. Am Pegel Hitzacker (Abbildung 47), also im unteren Modellbereich, können für die VHS-Längen 24 und 48 h ebenfalls gute Vorhersagen erzielt werden, vor allem unter Berücksichtigung der zahlreichen Einflussfaktoren (insbesondere z.B. der Deichbrüche) während des HW-Ereignisses. Für die größeren Vorhersagelängen von 96 und 192 h kommt es teils zu größeren Abweichungen in der anlaufenden Hauptwelle sowie in der kleineren, nachlaufenden Welle Anfang Juli.

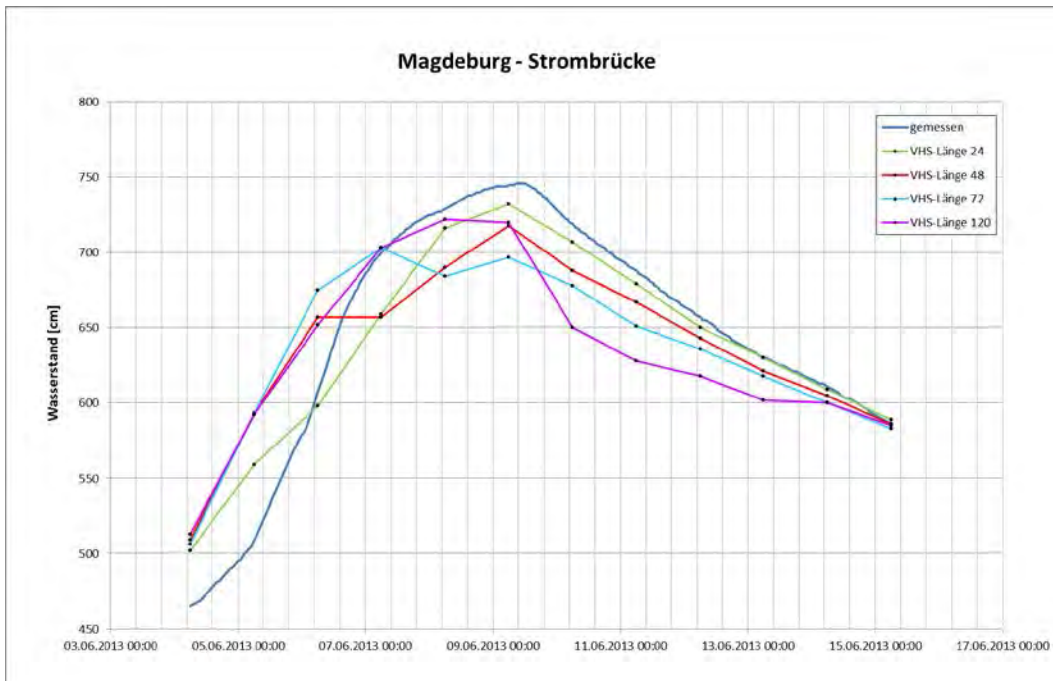
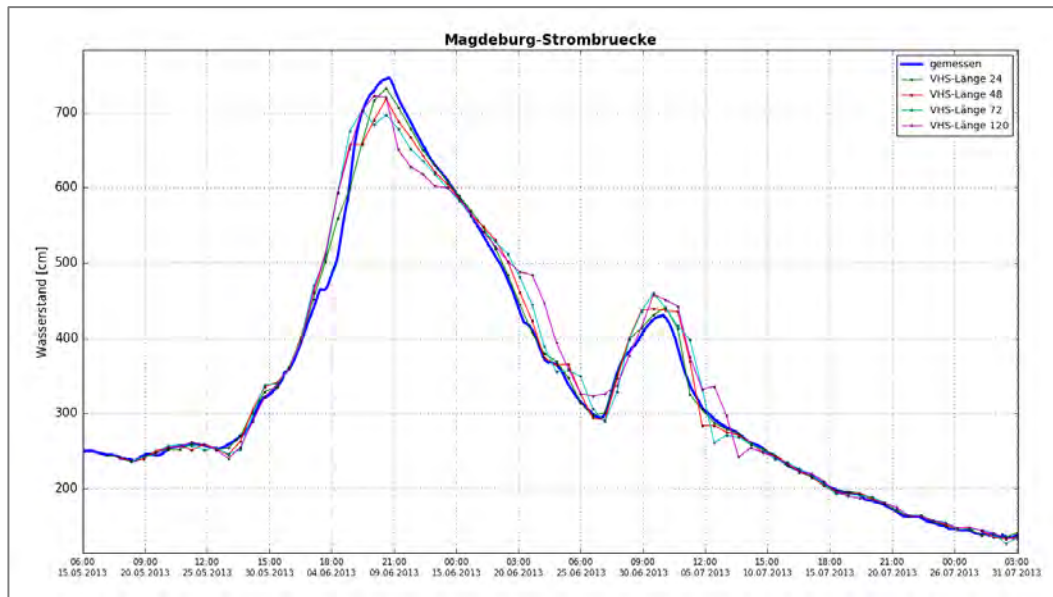


Abbildung 46: Pegel Magdeburg, HW2013 – Ganglinienvergleich
(Zeitfenster: 15.05 – 31.07.2013 und 04.06 bis 15.06.2013)

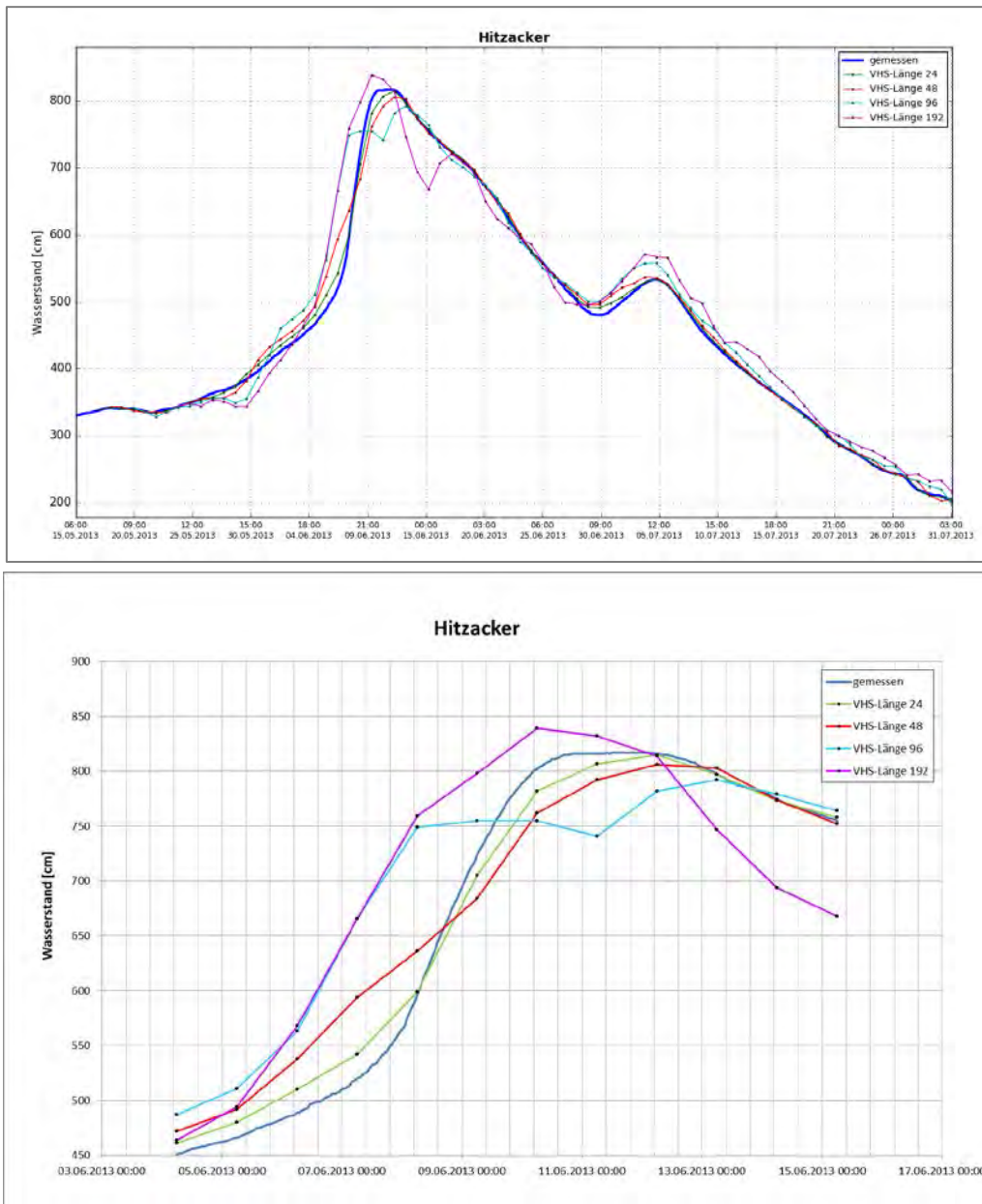


Abbildung 47: Pegel Hitzacker, HW2013 – Ganglinienvergleich
(Zeitfenster: 15.05 – 31.07.2013 und 04.06 bis 15.06.2013)

Der Boxplot (Abbildung 48) zeigt für das HW2013 in Magdeburg kleine Boxlängen. Eine Boxlänge repräsentiert die mittleren 50% des Datensatzes, d.h. die Datenstreuung ist hier gering. Die Lage des oberen Quartilwert für alle Vorhersagelängen knapp über der Nulllinie zeigt, dass die Vorhersagewerte überwiegend unter den Messwerten liegen. Die Medianlinie liegt entsprechend leicht im negativen Bereich. Die Whisker, welche das 10 bzw. 90-Quantil markieren, liegen mit zunehmender Vorhersagelänge weiter von den Quartilswerten entfernt, die Anzahl der Ausreißer (hier repräsentiert über das 5 bzw. 95%-Quantil) nimmt demzufolge entsprechend zu und das Unsicherheitsband (rote Linie) geht weiter auf.

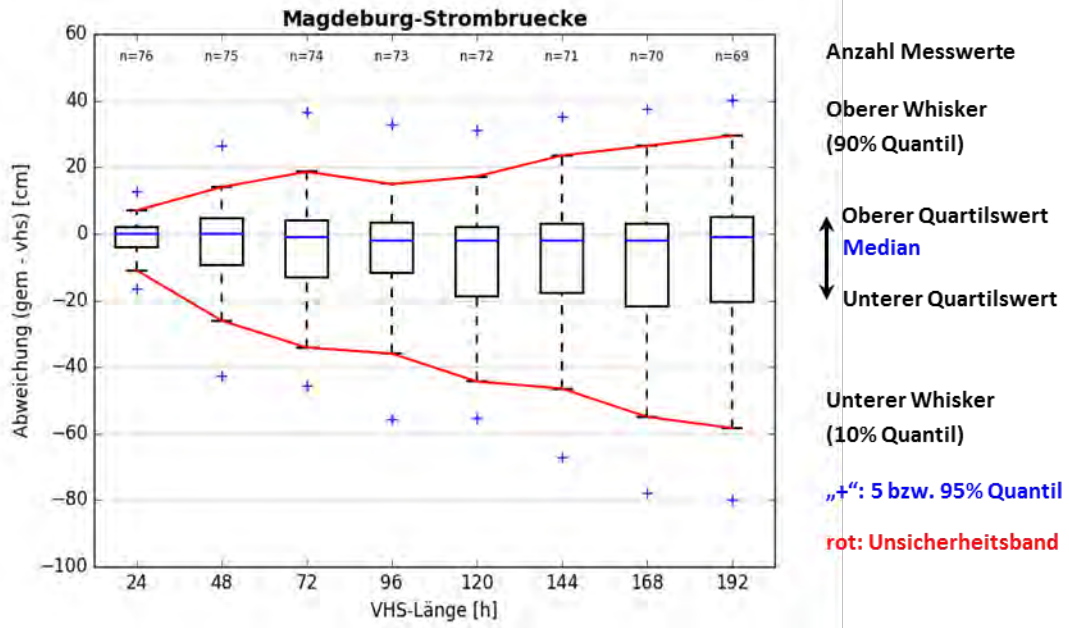


Abbildung 48: Pegel Magdeburg, HW2013 – Boxplot

Am Pegel Hitzacker (Abbildung 49) liegen die Medianwerte mit zunehmender VHS-Länge weiter von der Nulllinie entfernt, die Vorhersagen überschätzen also überwiegend die tatsächlich eingetretenen Wasserstände.

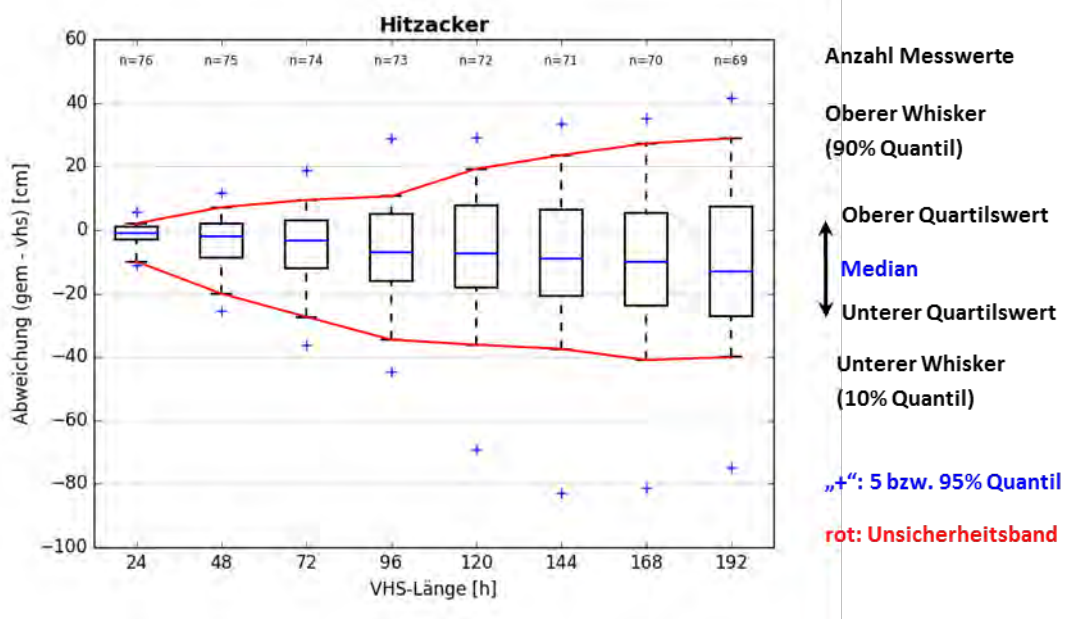


Abbildung 49: Pegel Hitzacker, HW2013 – Boxplot

Die sogenannten Scatterplots (Abbildung 50) zeigen für die gewählten Vorhersagelängen die Streuung der berechneten Werte im Vergleich zu den Messwerten. Für 48- und 120 h-Vorhersagen heißt das für den Ereigniszeitraum des HW2013, dass Wasserstände bis 300 cm sehr gut vorhergesagt werden. Bei 48 h werden auch größere Wasserstände noch gut getroffen, bei 120 h (was in Magdeburg dem Abschätzungszeitraum entspricht) kommt es zu einer vermehrten Streuung der Werte, wobei die Extremwerte wiederum recht nah an

den Messwerten liegen.

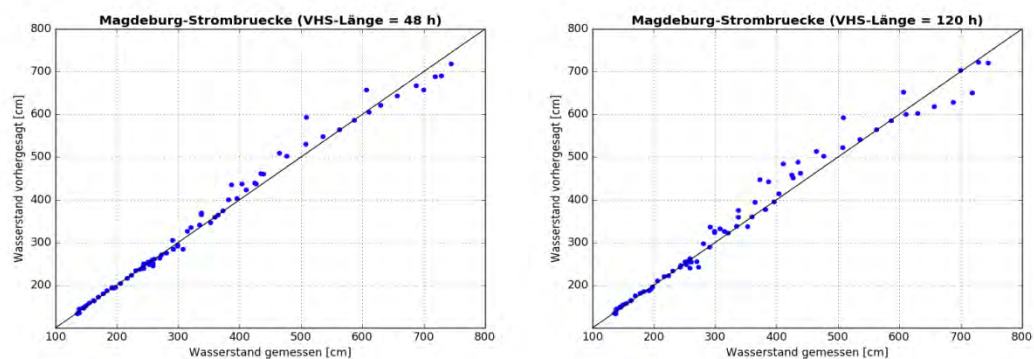


Abbildung 50: Pegel Magdeburg, HW2013 – Scatterplots 48 und 120h

Für den Pegel Hitzacker liegen die Vorhersagewerte für eine Vorhersagelänge von 48 h dicht an den Messwerten, für den Abschätzungszeitraum von 192 h kommt es ab Wasserständen von 3 m zu vermehrter Streuung.

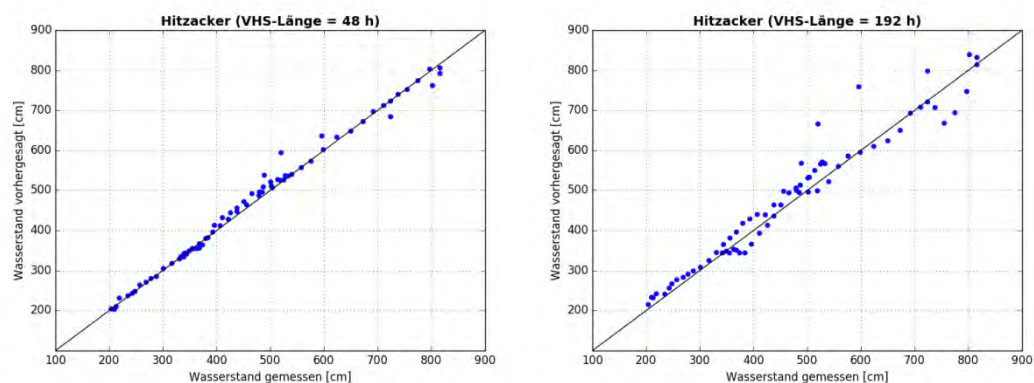


Abbildung 51: Pegel Hitzacker, HW2013 – Scatterplots 48 und 192h

Die Kontingenztafeln (Abbildung 52 ff) zeigen, ob und wie oft ein gewählter Schwellenwert (hier: i.d.R. Alarmstufe 4) im Verlauf der Vorhersageberechnung im Betrachtungszeitraum über- oder unterschritten und ob die Richtung korrekt war. Das Überschreiten bestimmter Schwellenwerte ist insbesondere im Hinblick auf den möglichen Einsatz für die Hochwassergefahrenabwehr bzw. den Katastrophenschutz eine wichtige Frage. Auch wenn bei dieser Auswertung kein Bezug hinsichtlich des Eintrittszeitpunktes des Schwellenwertes oder die Höhe der Abweichung von simuliertem und berechnetem Wert betrachtet wird, ist doch die Aussagekraft des Vorhersagemodells „Überschreitung Schwellenwert ja oder nein“ von Bedeutung und kann über Kontingenztafeln beurteilt werden. Es wird also ermittelt, ob z.B. die Überschreitung des Schwellenwertes vorhergesagt war und dies auch gemessen wurde oder ob die Überschreitung vorhergesagt war, jedoch nicht erfolgt ist. Je größer die Anzahl der Treffer in den „korrekten“, grün eingefärbten Feldern, desto besser die Vorhersage bzgl. des Schwellenwertes.

Bezogen auf den Pegel Magdeburg-Strombrücke wurde für das HW2013 die Vorhersage bezogen auf einen Wasserstand von 650 cm, welcher Alarmstufe 4 entspricht und betrachtet für verschiedene Vorhersagelängen insgesamt gut vorhergesagt.

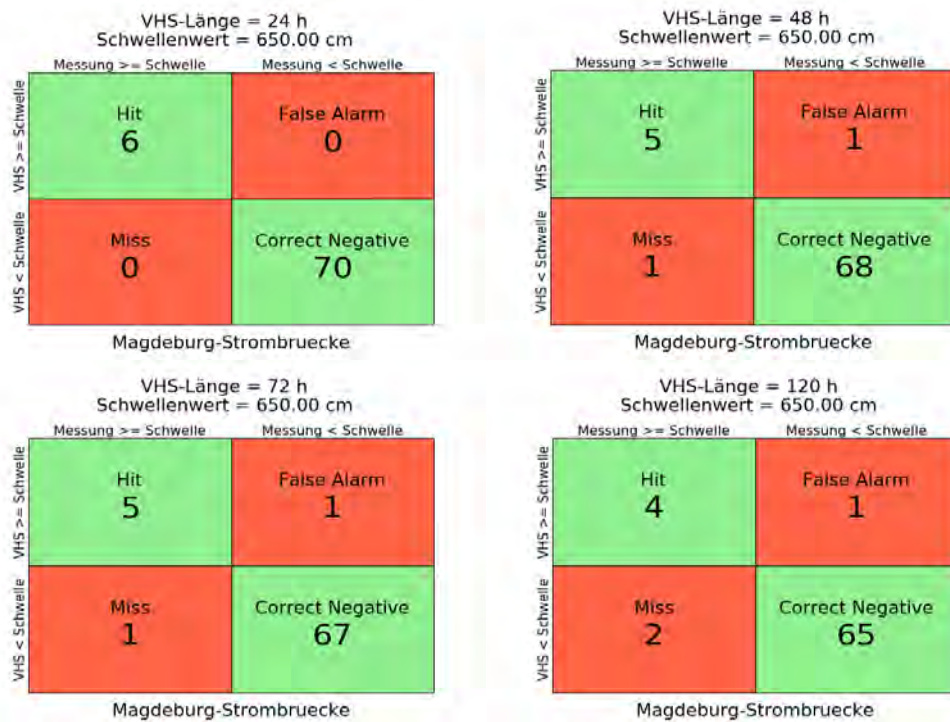


Abbildung 52: Pegel Magdeburg, HW2013 – Kontingenztafeln Schwellenwert 650

Für den Pegel Hitzacker wurde u.a. der Schwellenwert 588 cm betrachtet, was dem MHW entspricht. Bezogen auf diesen Wert ergab die Vorhersageberechnung für die betrachteten Vorhersagelängen zwischen 2 und 4 Mal eine Überschätzung des eingetretenen Wertes, also einen „False Alarm“.

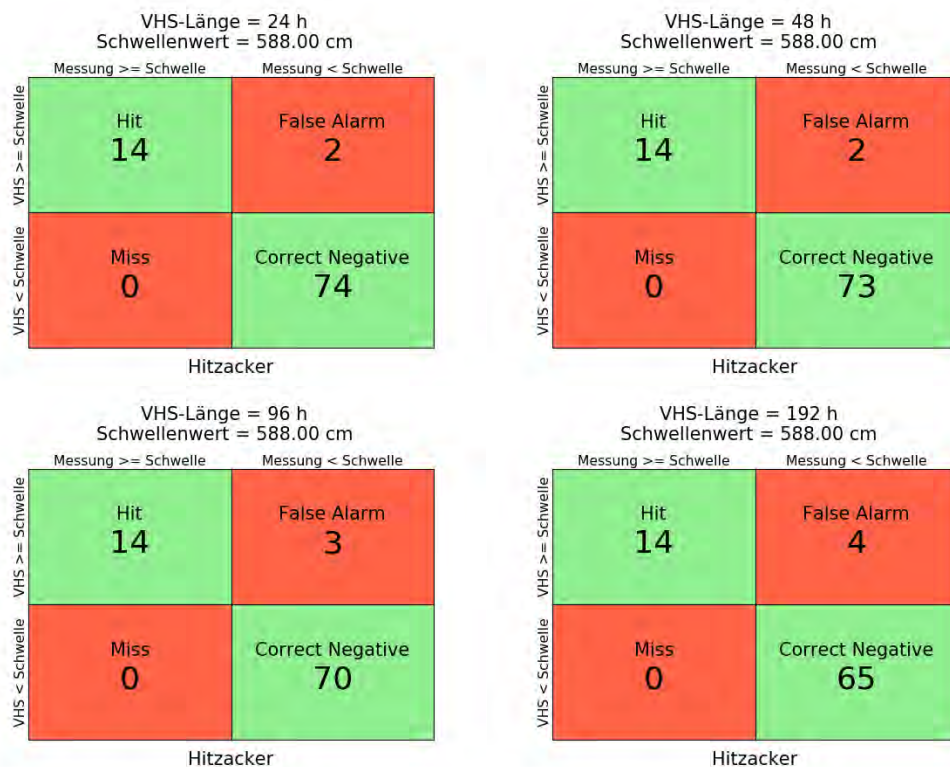


Abbildung 53: Pegel Hitzacker, HW2006 – Kontingenztafeln Schwellenwert 588

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass für die Hochwasservorhersage das Modell angepasst und optimiert werden sollte, da zum Einen die Geometrie nicht mehr aktuell ist sowie zum Anderen die Notwendigkeit besteht die Kalibrierung / Validierung aufgrund der jüngsten Hochwasserereignisse mit geringer Wiederkehrwahrscheinlichkeit zu überarbeiten bzw. neu durchzuführen. So können zukünftig gute Hochwasservorhersagen errechnet und bereitgestellt werden.

5.3 Modellunsicherheit bezüglich Scheitelwert und Eintrittszeitpunkt des Scheitelwertes

Zur Ermittlung der Unsicherheit, die sich aus der Modellabbildung ergibt, werden unter Verwendung des Rechenkerns WAVOS-1D Simulationen durchgeführt, in die als Zuflussrandbedingungen die gemessenen Werte eingehen. Es handelt sich also um Nachrechnungen der Hochwasserwellen. Die Bauwerkssteuerung und γ -parameter werden ebenso wie die verwendeten Abflusstafeln analog zu den Hindcast-Berechnungen gewählt. Für die Nachrechnung des HW2013 wird für den Saaledeichbruch die Variante 3b gewählt, welche die beste Vorhersagevariante darstellt (siehe Kap. 5.2.2).

5.3.1 Scheitelwerte

Von den drei betrachteten Hochwasserereignissen brachte das Ereignis im Sommer 2013 an der deutschen Binnenelbe die höchsten Wasserstände mit sich. Im Elbeabschnitt bis etwa Barby (Strom-km 294,82) folgen danach das HW2006 und das HW2011, während unterstrom von Magdeburg die Wasserstände 2011 geringfügig über denen von 2006 lagen. Eine Ausnahme bildet der Bereich unterhalb Wittenberge bis zum Pegel Schnackenburg. Hier macht sich der Effekt der 2009 fertig gestellten DRV Lenz (Strom-km 477 bis 483) bemerkbar und führt aufgrund der Profilaufweitung oberstrom der Maßnahme zu einer bereichsweisen Verminderung der Wasserspiegellage.

Abbildung 51 zeigt die maximalen gemessenen Wasserstände, also die Scheitelwerte an den Pegeln in cm im Längsschnitt.

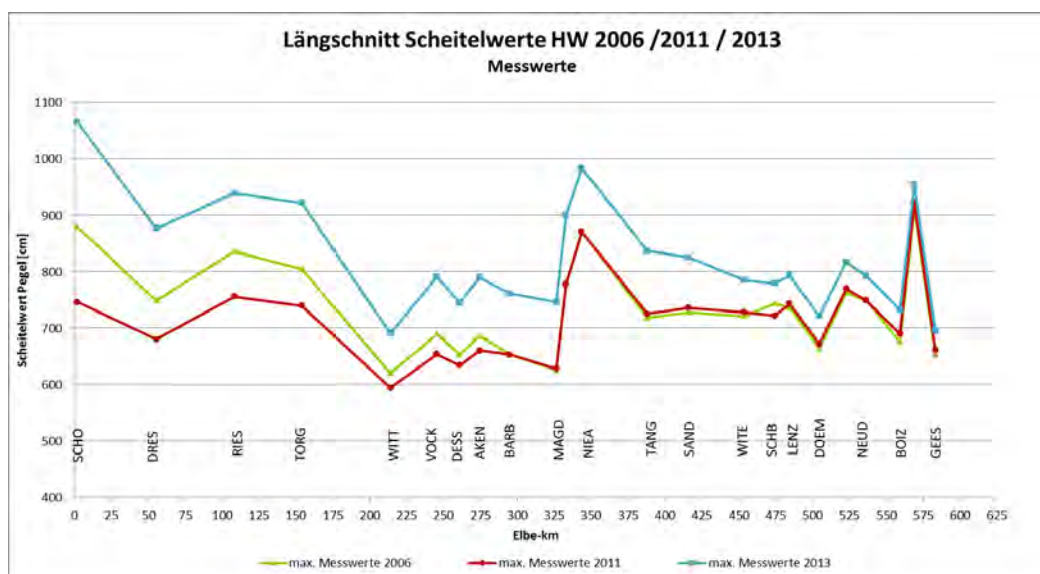


Abbildung 54: Längsschnitt Scheitelwerte (gemessen) für HW2006/2011/2013

Abbildung 55 und Abbildung 56 zeigen die simulierten Scheitelwerte im Vergleich zu den gemessenen an den Pegeln in cm im Längsschnitt für alle drei Hochwasserereignisse, zum einen mit Projektionspegeln, zum anderen ohne Projektionspegel.

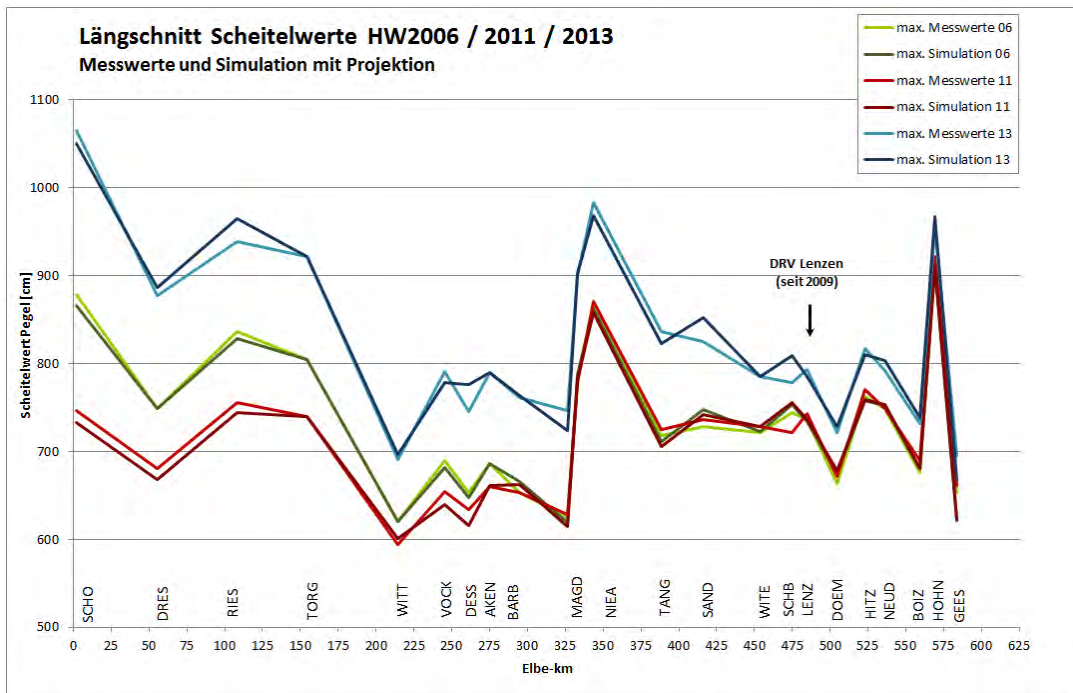


Abbildung 55: Längsschnitt Scheitelwerte (gemessen und simuliert) für HW2006/11/13 – Berechnung mit Projektionspegeln

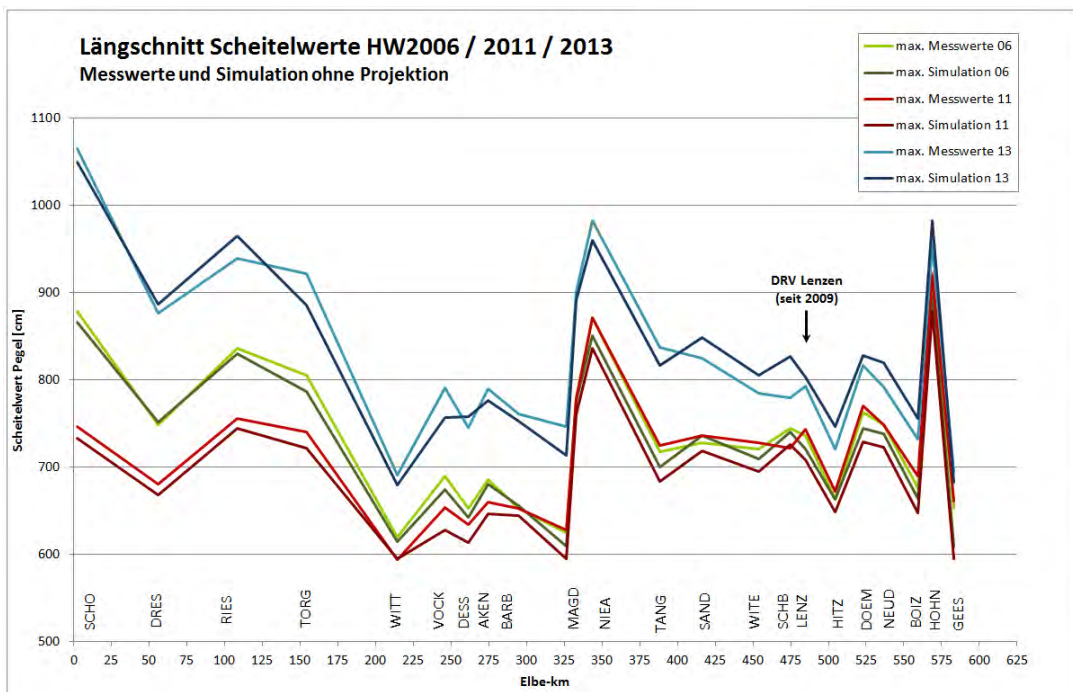


Abbildung 56: Längsschnitt Scheitelwerte (gemessen und simuliert) für HW2006/11/13 – Berechnung ohne Projektionspegel

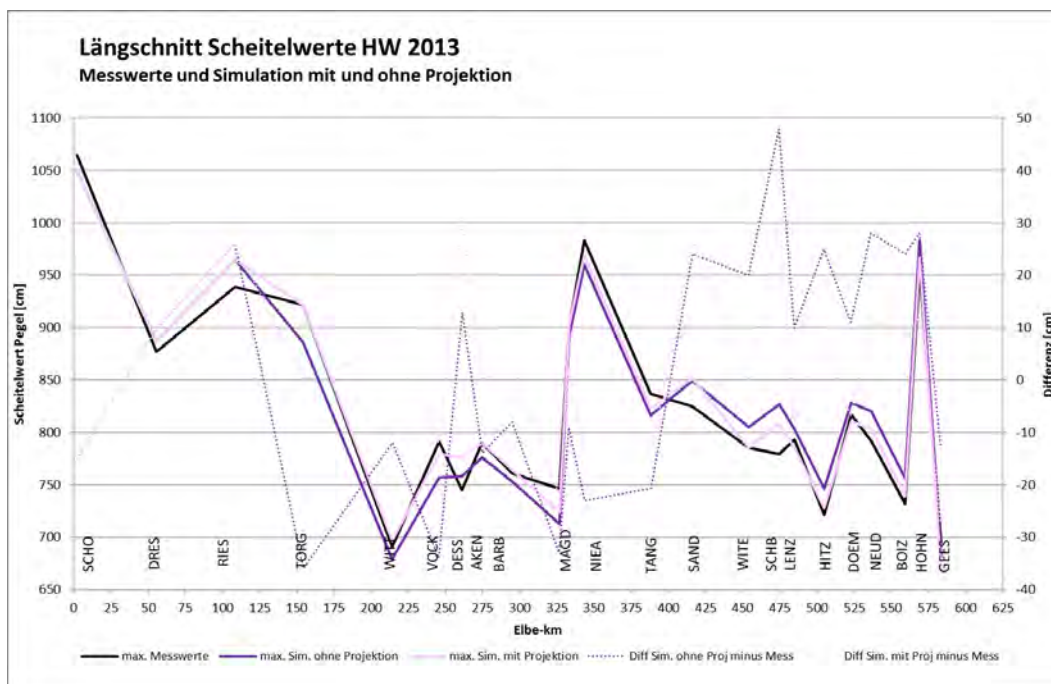


Abbildung 57: Längsschnitt Scheitelwerte (gemessen und simuliert) für HW2013 mit Differenzen, Berechnung mit und ohne Projektionspegel

Daraus ist ersichtlich, dass bei Betrachtung der Simulationen mit Projektionspegeln die Simulation für das HW2006 die Messwerte am besten trifft, das HW2011 bereits etwas größere Differenzen zwischen Messung und Simulation zeigt und für das HW2013 insgesamt die größten Differenzen auftreten. Dabei liegen die simulierten Werte bis Dessau (Strom-km 261,16) für 2006 und 2011 unter den gemessenen Werten, während sie beim HW2013 darüber liegen, das Modell also die Wasserstände überschätzt. Gut zu erkennen ist hier der Einfluss aus der im Modell abgebildeten Topografie Stand 2006. Die DRV Lenzen ist nicht im Modell erfasst, so dass die Linien Messung und Simulation im Bereich Schnackenburg beim HW2006 noch parallel verlaufen, während sich beim HW2011 und 2013 eine Abweichung aufgrund der Profilaufweitung ergibt und die simulierten Werte deutlich über den gemessenen Werten liegen.

Unterstrom von Dessau reduzieren sich die Differenzen für 2006 und 2011, während sie sich 2013 zunächst umkehren und bis Tangermünde die gemessenen Scheitelwerte über den simulierten Scheitelwasserständen liegen. Im Anschluss tritt wiederum eine Überschätzung der Wasserstände durch das Modell auf, die sich hinsichtlich des Differenzbetrages nach unterstrom reduziert.

Deutlich erkennbar ist in dieser Darstellung der Einfluss der Projektionspegel. 2006 wurde an den Elbe-Pegeln Dresden, Torgau, Wittenberg und Aken ein Wasserstands-Abgleich inkl. Anpassung durchgeführt, 2011 und 2013 jeweils an den Pegeln Torgau, Aken und Wittenberge. Hier reduziert sich die Differenz modellbedingt auf null.

Bei den Berechnungen ohne Projektionspegel entfällt die Zwischenkorrektur, so dass sich nach unterstrom letztlich größere Abweichungen ergeben als bei Berechnung mit Projektionspegeln. In Abbildung 57 sind für das HW2013 zum einen die maximalen Simulationswerte mit und ohne Projektionspegel vergleichend den Messwerten gegenübergestellt, des

Weiteren die jeweiligen Differenzen Simulation zu Messwert. Für die Simulation mit Projektion beträgt die maximale Abweichung plus 31 cm bzw. minus 27 cm, für die Simulation ohne Projektion hingegen plus 48 cm bzw. minus 36 cm.

5.3.2 Eintrittszeitpunkt Scheitelwert

Neben der möglichst genauen Ermittlung des Scheitelwasserstandes interessiert bei der Hochwasservorhersage der zu erwartende Eintrittszeitpunkt des Scheitels. Deshalb wurden die Abweichungen des Scheiteleintrittszeitpunktes in Stunden für die einzelnen Pegel und Hochwasserereignisse ermittelt und als Säulendiagramm nachfolgend dargestellt. Für Messung und Simulation wurde der Eintrittszeitpunkt des jeweils höchsten Wasserstandes ermittelt und diese Werte bilanziert. Da sich bei Bestimmung der Scheiteleintrittszeit bei Wellen mit einem langen, flachen Scheitelplateau, wie z.B. beim HW2006 (siehe Abbildung 58), schon kleine Wasserspiegelschwankungen sehr stark auswirken, wurde ein Toleranzbereich zur Auswertung herangezogen. Dieser wurde zu 2 cm gewählt.

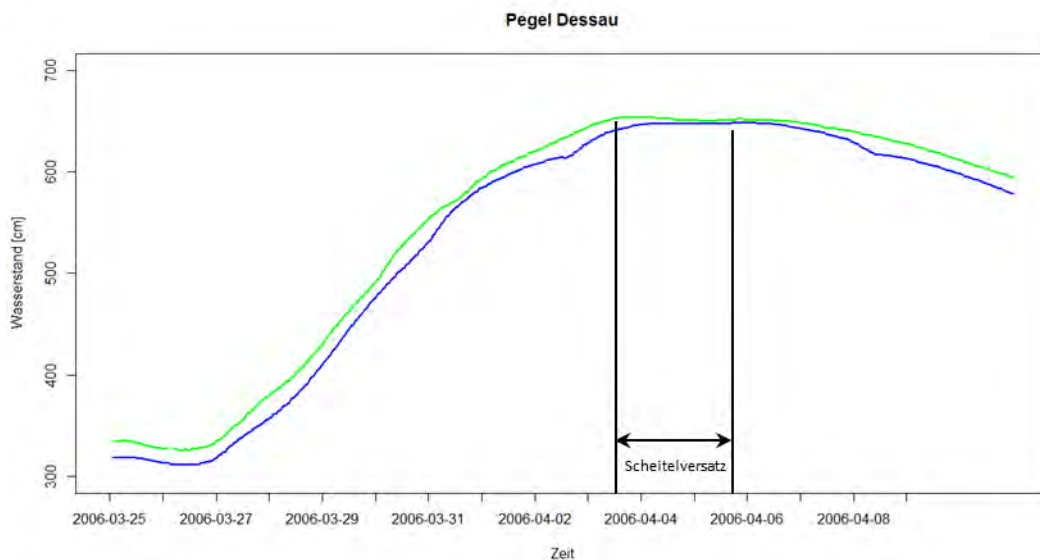


Abbildung 58: Ganglinie Pegel Dessau, Scheitelbereich HW 2006
(Messung grün, Simulation blau)

Die Darstellung der zeitlichen Abweichung des Scheiteleintrittszeitpunktes mit dem gewählten Toleranzbereich ist Abbildung 59 zu entnehmen. Aus den Darstellungen der Zeitfehler ist wiederum ersichtlich, welchen Einfluss die Projektionen auf die Simulationsergebnisse nehmen. Im Gegensatz zu den Scheitelwasserstandshöhen können sich bei der zeitlichen Betrachtung bei größerem Toleranzbereich trotz Projektion kleine zeitliche Verschiebungen ergeben. Die Projektionspegel Dresden, Torgau, Wittenberg und Aken (2006) bzw. Torgau, Aken und Wittenberge (2011 und 2013) sind auch hier deutlich zu erkennen.

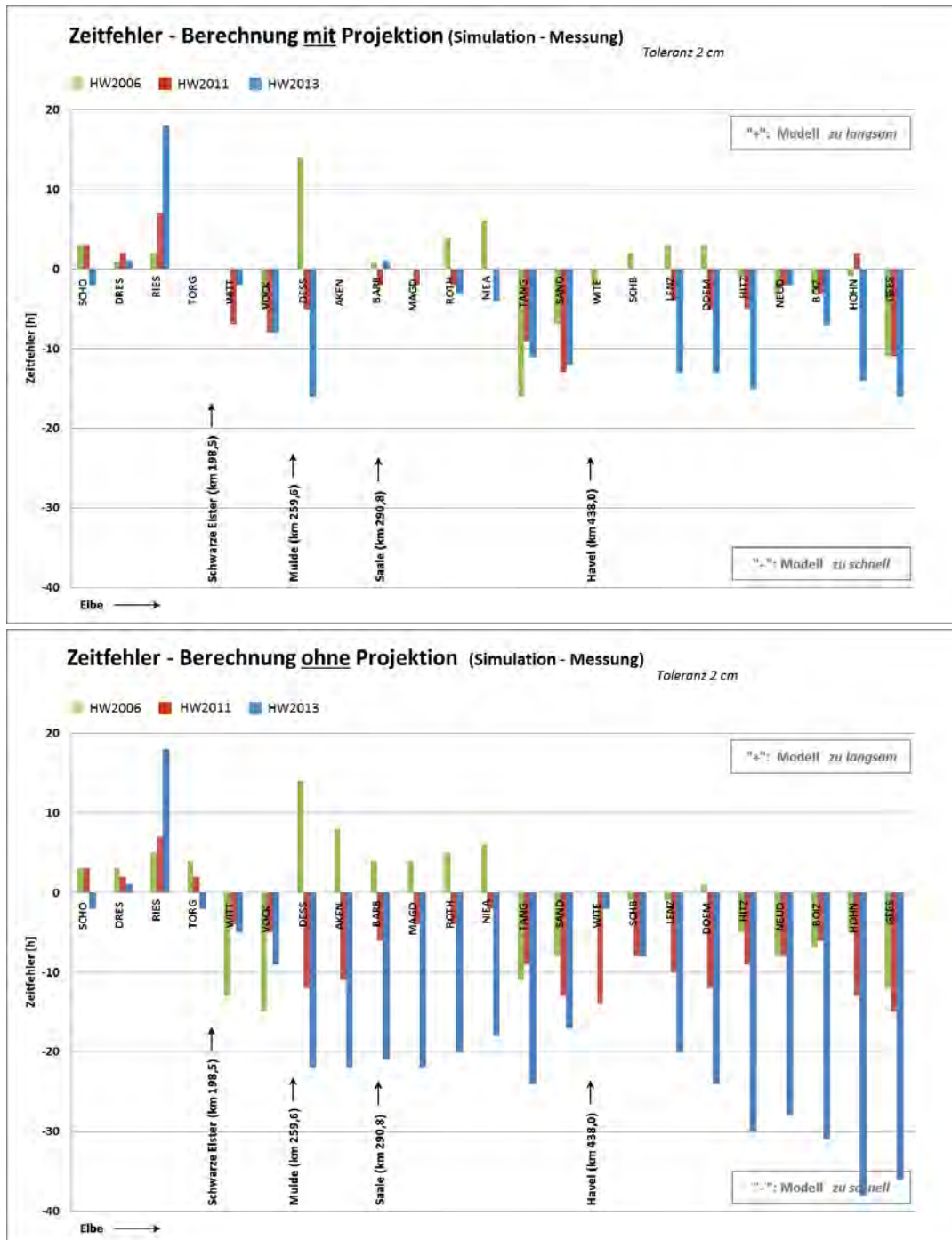


Abbildung 59: Zeitliche Abweichung des Scheiteleintrittspunktes Modell – Messung für die HW 2006, 2011 und 2013 mit und ohne Projektionspegel

An der Grafik ohne Projektionen ist gut zu erkennen, dass unterhalb von Torgau die Welle im Modell grundsätzlich zu schnell abgebildet wird, das heißt die Scheitelwerte werden zu früh erreicht werden. Im Vergleich ist zu erkennen, dass die Abweichungen in der Laufzeit durch die Projektionen verringert werden, aber immer noch vorhanden sind.

Eine Ausnahme bildet beim HW2006 der Bereich von der Muldemündung bis nach Niegripp. Hier ist die Modellwelle langsamer als die tatsächlich abgelaufene Hochwasserwelle. Dies ist auf den Einfluss der sich mit der langgestreckten Elbewelle überlagernden

Wellen der Zuflüsse Mulde und Saale zurückzuführen, die beim HW2006 einen erheblichen Anteil am Abflussvolumen hatten und dazu führten, dass an den Pegeln Aken und Barby die Scheitelwasserstände bereits vor dem Durchgang des Scheitels am oberstrom gelegenen Pegel Wittenberg zu verzeichnen waren (siehe auch [BELZ et.al., 2006]).

Insgesamt hat an den Pegeln Wittenberg, Vockerode, Dessau und Barby die modelltechnische Abbildung der einmündenden Zuflüsse einen erheblichen Einfluss. Ein zeitlicher Versatz der hier auftretenden Scheitel zieht naturgemäß Verschiebungen an den beeinflussten Elbepegeln nach sich. So ist beim HW2006 ab Dessau auch mit Projektion eine deutliche Abweichung der Scheiteleintrittszeit zu verzeichnen. Bei der Überarbeitung des Vorhersagemodells wird deswegen auch ein besonderes Augenmerk auf die Abbildung der Nebenflüsse, insbesondere der Mulde, zu legen sein.

Die Zeitfehler bei HW2011 und HW2013 verhalten sich hinsichtlich Ausprägung nach Größe und Richtung sehr ähnlich. Analog zum HW2006 ist das Modell im sächsischen Elbeabschnitt zu langsam. Im Gegensatz zur Simulation des HW2006 sind die Hochwasserwellen 2011 und 2013 unterstrom von Torgau jedoch tendenziell zu schnell und laufen den gemessenen Scheitelwerten zwischen 1 und 15 Stunden vor. Hier kommt unter anderem auch die bisher fehlende Berücksichtigung der Deichrückverlegungsmaßnahmen Lenzen, Neu-Bleckende und Mahnkenwerder (Umsetzung zwischen 2006 und 2011) an der unteren Mittelelbe in der Modelltopografie des aktuell eingesetzten Modells zum Tragen.

6 Zusammenfassung und Ausblick

Zur Hochwasservorhersage an der deutschen Binneneibe wird derzeit in der HVZ beim LHW das insbesondere für die Belange der Schifffahrt entwickelte Vorhersagesystem WAVOS Elbe genutzt. Aufgrund der Erfahrungen beim Hochwasserereignis im Sommer 2013 wurde im Nachgang die Verbesserung des Modells vereinbart, welche im Auftrag der FGG Elbe durch die Bundesanstalt für Gewässerkunde auf Basis der VV vom März 2015 seit Juli 2015 durchgeführt wird.

Derzeit ist bei der HVZ WAVOS Elbe mit dem darunterliegenden Vorhersagemodell WAVOS-1D im Einsatz (Kap. 2). Dieses Modell wurde zuletzt 2007 durch die BfG aktualisiert und ist somit heute in einigen Abschnitten weder hinsichtlich der abgebildeten Geometrie noch bezüglich der damals erfolgten Kalibrierung aktuell, da im Winter 2011 sowie im Sommer 2013 größere Hochwasserereignisse in der Elbe abliefen, die naturgemäß zum Zeitpunkt der Modellaktualisierung 2007 noch nicht berücksichtigt werden konnten. Damals war an jüngeren Hochwasserereignissen neben dem Frühjahrshochwasser von 2006 nur das Extremereignis vom Sommer 2002 verfügbar, welches nicht zuletzt aufgrund der zahlreichen Deichbrüche ein für Kalibrierungszwecke schwieriges Ereignis darstellt.

Im Zuge der nun anstehenden Überarbeitung erfolgt ein Wechsel von einer durch die BfG entwickelten Software WAVOS-1D auf ein kommerzielles Softwareprodukt. Entsprechend den Anwendungen an Rhein, Donau und Main wird zukünftig bei WAVOS Elbe ebenfalls die Software Sobek von Deltares, Delft, zur Erstellung des Vorhersagemodells eingesetzt.

Für den Aufbau, die Kalibrierung und Validierung des neuen Modells sowie für die Analyse der Vorhersage- und Modellunsicherheit des derzeitigen und zukünftigen Modells wurden aktuelle hydrologische Daten und Geofachdaten benötigt. Bis September 2016 erfolgte in Zusammenarbeit mit dem LHW die Erhebung der notwendigen Daten bei Ländern und WSV (Kap. 3). Die anschließende Sichtung und Bewertung im Bezug zum Projektziel ergab für alle Daten eine ausreichende Qualität.

Im derzeitigen Modell ist der Geländezustand gemäß DGM-W 2006 erfasst. Um entsprechende Hochwasserschutzmaßnahmen (Deichrückverlegungen, Unterhaltungsmaßnahmen, etc.), die nach Erstellung des DGM-W durchgeführt sind, zu berücksichtigen, werden im neuen Modell in diesen Bereichen die DGM-W-Daten grundsätzlich gegen die DGM-Daten der Länder ausgetauscht. Ferner werden im neuen Modell, welches Mitte 2018 offiziell in Betrieb genommen werden soll, die bis Mitte 2018 zur Umsetzung geplanten Maßnahmen im Modellgebiet mit Auswirkungen auf das Hochwasserabflussgeschehen (wie z.B. Deichrückverlegungen) implementiert.

Zur Dokumentation der Verbesserung der Vorhersagen und zur Deduktion von Schwachstellen wurde vorlaufend zur Neuerstellung des Vorhersagemodells mit Fokus auf dem Hochwasserfall eine Analyse der Modellunsicherheit des bestehenden Modells durchgeführt. Dazu wurden jeweils die Hochwasserereignisse der Jahre 2006, 2011 und 2013 betrachtet. Durchgeführt wurden sowohl Simulationen als auch Hindcasts, d.h. nachträgliche Vorhersageberechnungen mit gemessenen Werten der Zuflüsse anstelle von vorhergesagten Zuflüssen wie im operationellen Fall. Anhand der Hindcasts (Kap. 5.2) wurde die Vorhersagegüte mittels statistischer Auswertungen auf Basis der Hochwasseraufzeichnungen an den 27 Vorhersagepegeln der Elbe, Saale und Havel betrachtet (Anlage C). So wurden z.B. Ganglinienvergleiche, Boxplots und absolute Abweichungen für die verschiedenen Hochwasserereignisse erstellt. Die Simulationen (Kap. 5.3) wurden im Hinblick auf die Abbildung der Hochwasserwellen durch das numerische Modell in der Längsentwicklung entlang der Elbe ausgewertet. Hier wurden die simulierten im Vergleich zu den tatsächlichen Eintrittszeitpunkten des Wellenscheitels analysiert sowie die Höhe der vorhergesagten Wasserstände mit den gemessenen.

Es zeigt sich, dass das derzeitige Vorhersagemodell grundsätzlich gute Vorhersagen liefert, es aber u.a. durch eine unzulängliche Abbildung der Wellenablaufgeschwindigkeit zu sehr großen Abweichungen der Vorhersage hinsichtlich des Scheiteleintrittszeitpunktes kommen kann. Mit zunehmender Vorhersagelänge und steigenden Wasserständen zeigten sich insbesondere im unteren Modellgebiet an vielen Pegeln große Abweichungen der vorhergesagten Wasserstände im Vergleich zu den gemessenen. Dieser Effekt zeigt sich insbesondere für das Hochwasserereignis 2013, welches an vielen Pegeln im Elbeeinzugsgebiet zu neuen Höchstwasserständen führte. Hier kommt naturgemäß die fehlende Kalibrierung des derzeitigen Modells im Extrembereich aufgrund fehlender Extremereignisse zur Kalibrierung und Validierung zum Zeitpunkt des Modellaufbaus zum Tragen. Bei der nun anstehenden Neuerstellung des Vorhersagemodells wird das Hochwasser 2013 bei der Kalibrierung besonders berücksichtigt, wobei auch die Erfassung und modelltechnische Abbildung der beiden großen Deichbruchereignisse untersucht wird. Ein besonderes Augenmerk wird ferner im Hinblick auf die Optimierung des Vorhersagemodells auf eine bestmögliche Abbildung der Wellenablaufgeschwindigkeit im Hochwasserbereich gelegt.

Weiterhin ist im neuen Vorhersagemodell die Implementierung von Sollbruchstellen der Deiche in definierten Abschnitten vorgesehen, um im operationellen Fall möglichst schnell und gut reagieren zu können.

Die Bearbeitung ist gemäß Arbeitsplan in Anlage 1 der VV 2015 (Abbildung 60) im Zeitplan.

Arbeitspaket	1. Jahr		2. Jahr		3. Jahr	
	6 Monate	12 Monate	18 Monate	24 Monate	30 Monate	36 Monate
AP 1	Datenanalyse					
AP 2	Analyse der Modellunsicherheit und der Unsicherheit der operationellen Vorhersagen					
AP 3	Untersuchung zu den nicht erfassten Zwischengebieten					
AP 4	Untersuchung zum Einfluss der Interaktion Oberflächengewässer-Grundwasser auf die Vorhersageunsicherheit					
AP 5	Zwischenbericht					
AP 6	Aktualisierung Vorhersagemodell					
AP 7	Aktualisierung Vorhersagesystem					
AP 8	Analyse der Unsicherheit des aktualisierten Vorhersagemodells und -systems					
AP 9	Testung, Implementierung von Vorhersagemodell und -system in die HVZ, Schulungen					

Abbildung 60: Zeit- und Arbeitsplan gemäß VV 2015, Anlage 1

Nach erster überschlägiger Recherche zu verfügbaren Grundwasserdaten wurde aufgrund der Komplexität der Datenlage entschieden weiterführende Untersuchungen (AP 4) erst dann durchzuführen, wenn sich nach ersten Berechnungen mit dem neuen Modell zeigen sollte, dass die Hochwasserwelle wie im derzeitigen Modell WAVOS-1D deutlich zu schnell abgebildet wird und eine entscheidende Verbesserung durch die Berücksichtigung der Grundwassersituation zu erwarten ist.

Bis Ende 2016 wurden die Profildaten aktualisiert, die unter Berücksichtigung der Baumaßnahmen, die bis Mitte des Jahres 2018 umgesetzt sein sollen, so dass Anfang 2017 die Kalibrierung und Validierung des neuen Modells erfolgen kann. Parallel dazu werden das Vorhersagesystem und die zugehörigen Prä- und Postprozessoren angepasst. Daran schließen sich Analysen zur Modell- und Vorhersageunsicherheit an. Die Implementierung bei der HVZ des LHW mit einer entsprechenden Dokumentation und die Schulungen des Personals dort sind ab dem III. Quartal 2017 vorgesehen.

Literaturverzeichnis

- Adler, M., Gebhardt, M., Nicodemus, U., Daedlow, K., Stoll, K., Pöschel, A., Frett, S. (2014a): Neue Abflusskurven an Elbe und Saale auf der Grundlage von Durchflussmessungen während des Extremhochwassers im Juni 2013, BfG-Bericht 1823, Bundesanstalt für Gewässerkunde. Koblenz. 2014
- Adler, M., Baschek, B., Belz, J.U., Brockmann, H., Busch, N., Claes, J., Daedlow, K., Hatz, M. und Mothes, D. (2014b): Ereigniserfassung und Hydrometrie. In: Das Hochwasserextrem des Jahres 2013 in Deutschland: Dokumentation und Analyse. BfG-Mitteilungen Nr. 31. Koblenz. Bundesanstalt für Gewässerkunde. Koblenz. 2014. DOI: 10.5675/BfG_Mitteilungen_31.2014, URL: http://doi.bafg.de/BfG/2014/BfG_Mitteilungen_31.2014.pdf
- ARGE SOBEK-Elbe (2009): Erstellung des eindimensionalen Feststofftransportmodells für die Elbe, ARGE aus BjörnSEN Beratende Ingenieure GmbH und Deltares im Auftrag der BfG, Koblenz. 2009
- Belz, J. U., Burek, P., Matthäus, H., Rudolf, B., Vollmer, S. & W. Wiechmann (2006): Das Hochwasser der Elbe im Frühjahr 2006. BfG-Bericht 1514, Bundesanstalt für Gewässerkunde. Koblenz. 2006
- Belz, J. U. et al. (2014): Das Hochwasserextrem des Jahres 2013 in Deutschland: Dokumentation und Analyse, BfG-Mitteilungen der Nr. 31, Bundesanstalt für Gewässerkunde. Koblenz. 2014
- Belz, J. U., Busch, N., Hammer, M., Hatz, M. und Promny, M. (2014): Hochwasserverlauf, Retentionswirkungen und statistische Einordnung der Wasserstände und Durchflüsse in den betroffenen Flussgebieten. In: Das Hochwasserextrem des Jahres 2013 in Deutschland: Dokumentation und Analyse. BfG-Mitteilungen Nr. 31., Koblenz. Bundesanstalt für Gewässerkunde. Koblenz. 2014. DOI: 10.5675/BfG_Mitteilungen_31.2014, URL: http://doi.bafg.de/BfG/2014/BfG_Mitteilungen_31.2014.pdf
- BfG (2013): Länderübergreifende Analyse des Juni-Hochwasser 2013, BfG-Bericht 1797, 15.08.2013, Bundesanstalt für Gewässerkunde. Koblenz. 2013
- Brockmann, H. und Schröder, U. (2005): Aktuelle Fernerkundungsprojekte an der Elbe. In: Praxisorientierte und vielseitig nutzbare Fernerkundungseinsätze an der Elbe. Kolloquium am 30. September 2004 in Magdeburg - BfG-Veranstaltungen 1/2005. Bundesanstalt für Gewässerkunde. Koblenz. 2005
- Brockmann, H. (2008): Auswertung digitaler Fernerkundungsaufnahmen des Elbe-Wasserlaufes (FE-Datenauswertung Elbe), BfG-Bericht 1580, Bundesanstalt für Gewässerkunde. Koblenz. 2008
- Burek, P. und Rademacher, S. (2007): Operationelle Hochwasservorhersage für die Elbe mit dem Wasserstandsvorhersagesystem WAVOS. In: Fünf Jahre nach der Flut. Hochwasserschutzkonzepte - Planung, Berechnung, Realisierung. Dresdner Wasserbaukolloquium 2007. Dresdner Wasserbauliche Mitteilungen Heft 35. Technische Universität Dresden. Dresden. S. 25-34

- Burek, P., Rademacher, S. und Schikowski, G. (2008): Wasserstandsvorhersagesystem WAVOS, MOdellbeschreibung und Benutzerhandbuch WAVOS Elbe, Bundesanstalt für Gewässerkunde. Koblenz. 2008
- DVWK (1999): Numerische Modelle von Flüssen, Seen und Küstengewässern, DVWK-Schrift 127, Zsgest. von W. Zielke, Bonn
- EG-Hochwasserrisikomanagementrichtlinie (2007/60/EG, HWRM-RL)
- FGG Elbe (2013): Darstellung des Hochwassers 2013 im Einzugsgebiet der Flussgebietsgemeinschaft (FGG) Elbe. Flussgebietsgemeinschaft Elbe. Magdeburg
- Freistaat Sachsen (2013): Bericht der Kommission der Sächsischen Staatsregierung zur Untersuchung der Flutkatastrophe 2013. Sächsische Staatskanzlei. Dresden. 2013
- Fröhlich, W. (1996). ELBA ein Programmsystem für die Wasserstandsvorhersage. Aus: Gewässer-Informationssysteme: Datenmanagement und Modellierung von Stromlandschaften ; Tagungsband zum Vorseminar vor dem 7. Magdeburger Gewässerschutzseminar, 20. Oktober bis 22. Oktober 1996 in Budweis. - 1996. - S. 150-153.
- Güthlein, K., Burkhardt, P., Melcher, M., Polte, B. (1980). Das Zentralmodell Elbe - erstes kontinuierlich arbeitendes Wasserstands- und Durchflußvorhersagemodell in der DDR. Wasserwirtschaft-Wassertechnik, Berlin, 30 (1980)10.
- Hahm, J. und Thomas, K. (2010): Das Pretziener Wehr, Wahrzeichen und architektonische Meisterleistung, Informationsbroschüre herausgegeben vom LHW Sachsen-Anhalt, Magdeburg
- Hatz, M. und Busch, N. (2011): Ermittlung des Einflusses der Flutung der Havelniederung auf Hochwasser an der Elbe im Bereich des HQ100, Bericht der Bundesanstalt für Gewässerkunde BfG-1726, Koblenz
- HYDRON (2016): ProFoUnD Programmbeschreibung und Anwendungshinweise - Stand 19.04.2016 (Revision 7.2), im Auftrag von WWA Kempten, Bayer. Landesamt für Umwelt, LUWG Rheinland-Pfalz, Hess. Landesamt für Umwelt und Geologie, Karlsruhe. Unveröffentlicht.
- IKSE (2004): Dokumentation des Hochwassers vom August 2002 im Einzugsgebiet der Elbe, Magdeburg
- IKSE (2007): Hydrologische Auswertung des Frühjahrshochwassers 2006 im Einzugsgebiet der Elbe. Internationale Kommission zum Schutz der Elbe. Magdeburg. 2007
- Klein, B., D. Meissner, R. Pinzinger & D. Lisniak (2014): Ermittlung der prädiktiven Unsicherheit von hydrologischen Modellsimulationen und Vorhersagen mit Copulas. Hydrologie und Wasserbewirtschaftung 58(2). 95-105, Koblenz
- Lange, H. (2011): Hochwasser 2011 an Elbe und Löcknitz, Bericht zu Hochwasserabwehr im Januar 2011 - Landkreis Prignitz, Präsentation des Landrats, Landkreis Prignitz

- LAWA (2014): Zusammenfassende Analyse der Ergebnisse der vom Hochwasser 2013 betroffenen Flussgebietsgemeinschaften. Bund/Länderarbeitsgemeinschaft Wasser, Kiel. 2014
- LfULG Sachsen (2013): Ereignisanalyse Hochwasser im August und September 2010 und im Januar 2011 in Sachsen, 30.04.2013, Dresden
- LfULG Sachsen (2015): Ereignisanalyse Hochwasser Juni 2013. Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie. Dresden. 2015
- LHW Sachsen-Anhalt (2006): Abschlussbericht Hochwasserereigniss Frühjahr 2006, Landesbetrieb für Hochwasserschutz und Wasserwirtschaft Sachsen-Anhalt. Magdeburg.
- LHW Sachsen-Anhalt (2011): Bericht über das Hochwasser 2011, Landesbetrieb für Hochwasserschutz und Wasserwirtschaft Sachsen-Anhalt, Magdeburg, 2011
- LHW Sachsen-Anhalt (2013): Erweiterung Mulde-Modell bis ans Hochufer, Mulde vom Muldestausee bis Mündung, erstellt durch Ingeniergesellschaft Prof. Dr.-Ing. E. Macke mbH. Magdeburg. 2013
- LHW Sachsen-Anhalt (2014): Bericht über das Hochwasser im Juni 2013 in Sachsen-Anhalt, Landesbetrieb für Hochwasserschutz und Wasserwirtschaft Sachsen-Anhalt. Magdeburg. 2014
- LHW Sachsen-Anhalt (2014a): Erarbeitung fachlicher Grundlagen für die Umsetzung der EG-HWRM-RL für die Saale von der Mündung (km 0+000) bis km 71+000, Erstellung eines hydraulischen 2D-Modells, erstellt durch Planungsgesellschaft Schloz+Lewis mbH. Magdeburg. 2014
- LHW Sachsen-Anhalt (2014b): Szenarienberechnungen mittels hydraulischer 2D-Modellierung an der Saale von km 68+000) bis km 166+500, erstellt durch Planungsgesellschaft Schloz+Lewis mbH. Magdeburg. 2014
- LHW Sachsen-Anhalt (2015): Festlegungen zur Steuerung der Wasserführung im Alandgebiet, Festlegung der AG Wassersteuerung vom 26.03.2015, Magdeburg
- LHW Sachsen-Anhalt (2015a): 2D-Modell der Mulde, Mündung Elbe bis Muldestausee, Aktualisierung des Gewässerschlauches, erstellt durch Ingeniergesellschaft Prof. Dr.-Ing. E. Macke mbH. Magdeburg. 2015
- LHW Sachsen-Anhalt (2016): Kurzfassung des Umsetzungskonzeptes zur Realisierung Potenzieller Standorte für Hochwasserpolder und Deichrückverlegungen im Land Sachsen-Anhalt (aufgestellt durch ARCADIS Deutschland). Magdeburg. 2016
- LUGV Brandenburg (2014): Das Sommerhochwasser an Elbe und Havel 2013 – Ein Arbeitsbericht des LUGV (Kurzfassung). Landesamtes für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz Brandenburg. Postdam. 2014
- Meißner, D. und Rademacher, S. (2014): Hochwasservorhersagen für die betroffenen Bundeswasserstraßen In: Das Hochwasserextrem des Jahres 2013 in Deutschland: Dokumentation und Analyse. BfG-Mitteilungen Nr. 31., Koblenz. Bundesanstalt für Gewässerkunde. Koblenz. 2014. DOI: 10.5675/BfG_Mitteilungen_31.2014, URL: http://doi.bafg.de/BfG/2014/BfG_Mitteilungen_31.2014.pdf

- NLWKN (2011): Vorläufiger Betriebsplan für den Betrieb des Sielbauwerkes und des Schöpfwerkes in Hitzacker (Elbe), NLWKN Betriebsstelle Lüneburg im Auftrag des Jeetzeldeichverbandes, Lüchow, Lüneburg
- Produktblatt BfG (2012): DGM-W Elbe-Lenzen, 2003 - 2011, Aktualisierung des Digitalen Geländemodells des Elbewasserlaufes bei Lenzen, Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz
- Produktblätter BfG (2015): Flugzeuggestützte Erfassung der Hochwasserereignisse an Elbe und Donau, 2013, Lose 1 bis 7 (Los 1: Mulde - km 0 bis 147, Los 2: Saale - km 0 bis 283, Los 3: Elbe-Süd - km 0 bis 199, Los 4: Elbe Mitte, km 197 bis 376, Los 5: Elbe Nord - km 375 bis 587, Los 6: Deichbruch Rosenburg, Los 7: Deichbruch Fischbeck), Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz
- Promny, M., Hammer, M., Hatz, M. und Busch, N. (2015): 2D-Modellierung an der unteren Mittel-Elbe zwischen Wittenberge und Geesthacht - Beschreibung der Strömungsverhältnisse und Wirkung von abflussverbesserenden Maßnahmen auf Hochwasser der Elbe, Bericht der Bundesanstalt für Gewässerkunde BfG-1848, Koblenz
- Rademacher, S. (2004): Das Wasserstandsvorhersagesystem WAVOS im Oder- und Elbegebiet. BfG-Kolloquium „Wasserstands- und Abflussvorhersage in grenzüberschreitenden Flussgebieten. Stand und Weiterentwicklung von Vorhersagesystemen“. BfG-Veranstaltungen 6/2004. Bundesanstalt für Gewässerkunde. Koblenz 2004
- Rogge, H., Steingraf, H.-J. (2006): Bericht zur Fortbildungsveranstaltung des BWK-Landesverbandes Sachsen-Anhalt e.V., Bezirksgruppe Magdeburg am 14.07.2006: Wasserwirtschaftliche Verhältnisse im Einzugsgebiet des Aland, Magdeburg
- Rudolph, E. (2005): Einfluss sehr hoher Abflüsse auf die Wasserstände in der Tideelbe, Bundesanstalt für Wasserbau - Dienststelle Hamburg, veröffentlicht in promet (Deutscher Wetterdienst), Jahrg. 31, Nr. 2-4, S. 186-190
- Rudolph, E., Vierfuß, U. und Böker, F. (2011): Modellierung von Sturmflutwasserständen und Seegang in der Tideelbe, Bundesanstalt für Wasserbau - Dienststelle Hamburg, BAW-Nr. A 3955 03 10191, Hamburg
- Simon, M., Bekele, V., Kulasová, B., Maul C., Oppermann R. und Řehák P. (2005): Die Elbe und ihr Einzugsgebiet - Ein geographisch-hydrologischer und wasserwirtschaftlicher Überblick, Herausgeber: Internationale Kommission zum Schutz der Elbe. Magdeburg. 2005
- Simon, M. und Kuřik, P. (2006): Historische Entwicklung der Wasserstandsvorhersage an der Elbe. In: Wasserstands- und Abflussvorhersagen im Elbegebiet, Kolloquium am 29./30. November 2005 in Magdeburg, BfG-Veranstaltungen 2/2006, Koblenz 2006, S. 5-17
- Simon, M. (2012): Hydrologische und wasserbauliche Besonderheiten der Elbe, Forum der Deutschen Wasserhistorischen Gesellschaft im Rahmen der DWA-Bundestagung 2012, Magdeburg

- Steinebach, G. (1999): Using hydrodynamic models in forecast systems for large rivers. Proc. Advances in Hydro-Science and -Engineering, Vol.3 incl. CD-ROM, Holz, K.P., Bechteler, W., Wang, S.S.Y., Kawahara, M. (Hrsg.). Cottbus 1999
- Steinrücke, J. (2014): Numerische Modelle im operativen Einsatz am Beispiel Hitzacker/Elbe, Tagungsbeitrag 44. IWASA am 09. und 10. Januar 2014, RWTH Aachen
- StALU Schwerin (2006): Dokumentation Elbehochwasser März / Mai 2006, Teil 1: Meteorologische Verhältnisse und hydrologischer Verlauf des Hochwasserereignisses, Schwering, Nov. 2006
- StALU Westmecklenburg (2011): Dokumentation Elbehochwasser Januar 2011, Teil 1: Meteorologische Situation und hydrologischer Verlauf des Hochwassers, Staatliches Amt für Landwirtschaft und Umwelt Westmecklenburg.
- StALU Westmecklenburg (2014): Das Hochwasser der Elbe aus gewässerkundlicher Sicht, Präsentation Müller, F. am 31.03.2014, Schwerin
- SV (2008): Staatsvertrag über die Flutung der Havelpolder und die Einrichtung einer gemeinsamen Schiedsstelle vom 6. März 2008
- Thimian, G. (2015): Stellungnahme zur Verwendung vorliegender Geobasisdaten der Mitgliedsländer der FGG-Elbe zur Erstellung eines DGM-W der Elbe von der CZ-Grenze bis Geesthacht (BfG /M5/960/2060) , Koblenz 25.05.2016 - unveröffentlicht
- Vogelbacher, A. (2014): Zuverlässigkeitsaussagen in der Praxis der Hochwasserwarnung und -vorhersage in Bayern. Hydrologie und Wasserbewirtschaftung 58(2). 148-154
- VV (1994): Verwaltungsvereinbarung zur Durchführung des Hochwassermelde- und vorhersagedienstes an den Bundeswasserstraßen Elbe, Saale und Havel (unterhalb des Wehres Rathenow) im Land Sachsen-Anhalt zwischen der BRD und dem Land Sachsen-Anhalt, unterzeichnet im Dezember 1994, in Kraft getreten am 01.01.1995. Unveröffentlicht.
- VV (2013): Verwaltungsvereinbarung inkl. Durchführungsanweisung zwischen der Bundesrepublik Deutschland und den Ländern Brandenburg, Hamburg, Mecklenburg-Vorpommern, Niedersachsen, Sachsen, Sachsen-Anhalt und Schleswig-Holstein zur Wasserstands- und Hochwasservorhersage für die Bundeswasserstraßen Elbe, Saale und Untere Havel-Wasserstraße (Havelberg Stadt), unterzeichnet im Juni 2013, in Kraft getreten am 01.07.2013. Unveröffentlicht.
- VV (2015): Verwaltungsvereinbarung für die Zusammenarbeit zur "Verbesserung Hochwasservorhersage Elbe", Teil1: "Aktualisierung und Erweiterung von WAVOS Elbe für den Hochwasserfall" zwischen der Flussgebietsgemeinschaft Elbe und der BRD, unterzeichnet im März 2015, in Kraft getreten am 01.07.2015. Unveröffentlicht.
- WasserBLiCK: Bund-Länder-Informationsportal der Bundesrepublik Deutschland zum Themenschwerpunkt Europäische Wasserrahmenrichtlinie, BfG & zuständige Behörden der Länder, Themengruppe "Karten der HWRM-RL", Kartenthema "Überflutungsszenarien der HWRM-RL" (www.wasserblick.net)

WSA Brandenburg (2013): Die Elbescheitelkappung am 09.06.2013 an der Wehrgruppe
Quitzebel, Bericht des WSA Brandenburg zur Polder- und Niederungsflutung,
Verfasser: G. Löper, Brandenburg

WSA Lauenburg (2012), URL: http://www.wsa-lauenburg.wsv.de/wasserstrassen/elbe/Staustufe_Geesthacht/index.html (Stand: 15.11.2012, Zugriff am 10.03.2016)

Anlage A-1: Grundlegendaten

Tabelle A- 1: WSV-Pegel im Projektgebiet

W-15 (1): Wasserstandswerte alle 15 (1) Minuten

Q-15: Abflusswerte alle 15 Minuten

Pegelname	Fluss	Lage [km]	W	Q	Geprüfte Daten von 01.01.2006 bis
Schöna	Elbe	2.05	W-15	Q-15	01.07.2015
Pirna	Elbe	34.67	W-15		01.07.2015
Dresden	Elbe	55.63	W-15	Q-15	01.07.2015
Meißen	Elbe	82.2	W-15		01.07.2015
Riesa	Elbe	108.4	W-15	Q-15	01.07.2015
Mühlberg	Elbe	128.02	W-15		01.07.2015
Torgau	Elbe	154.15	W-15	Q-15	01.07.2015
Pretzsch-Mauken	Elbe	184.45	W-15		01.07.2015
Elster	Elbe	200.15	W-15		01.07.2015
Wittenberg	Elbe	214.14	W-15	Q-15	01.07.2015
Coswig	Elbe	236.31	W-15		01.07.2015
Vockerode	Elbe	245.62	W-15	Q-15	01.07.2015
Roßlau	Elbe	257.84	W-15		01.07.2015
Dessau	Elbe	261.16	W-15		01.07.2015
Aken	Elbe	274.75	W-15	Q-15	01.07.2015
Barby	Elbe	294.82	W-15	Q-15	01.07.2015
Schönebeck	Elbe	311.76	W-15		01.07.2015
MD-Buckau	Elbe	325.39	W-15		01.07.2015
MD-Strombrücke	Elbe	326.67	W-15	Q-15	01.07.2015
Rothensee	Elbe	333.12	W-15	Q-15	01.07.2015
Niegripp AP	Elbe	343.6	W-15		01.07.2015
Rogätz	Elbe	350.64	W-15		01.07.2015
Tangermünde	Elbe	388.26	W-15	Q-15	01.07.2015
Storkau	Elbe	396.11	W-15		01.07.2015
Sandau	Elbe	416.06	W-15		01.07.2015
Scharleuk	Elbe	447.22	W-15		01.07.2015
Wittenberge	Elbe	453.98	W-15	Q-15	01.07.2015
Müggendorf	Elbe	463.94	W-15		01.07.2015
Schnackenburg	Elbe	474.56	W-15		01.07.2015
Lenzen	Elbe	484.7	W-15		01.07.2015

Pegelname	Fluss	Lage [km]	W	Q	Geprüfte Daten von 01.01.2006 bis
Gorleben	Elbe	492.95	W-15		01.07.2015
Dömitz	Elbe	504.72	W-15	Q-15	01.07.2015
Damnatz	Elbe	509.35	W-15		01.07.2015
Hitzacker	Elbe	522.92	W-15		01.07.2015
Neu Darchau	Elbe	536.44	W-15	Q-15	01.07.2015
Bleckede	Elbe	549.71	W-15		01.07.2015
Boizenburg	Elbe	559.46	W-15		01.07.2015
Hohnstorf	Elbe	568.97	W-15		01.07.2015
Artlenburg	Elbe	573.8	W-15		01.07.2015
Geesthacht	Elbe	583.36	W-15		01.07.2015
Geesthacht Wehr UP	Elbe	586	W-1		01.07.2015
Altengamme	Elbe	588.73	W-1		01.07.2015
Zollenspieker	Elbe	598.2	W-1		01.07.2015
<hr/>					
Riszmühle UP	Saale	115.19	W-15		01.07.2015
Röpzig	Saale	101.9	W-15		01.07.2015
Halle-Trotha OP	Saale	89.22	W-15		01.07.2015
Halle-Trotha UP	Saale	89.15	W-15	Q-15	01.07.2015
Wettin OP	Saale	70.47	W-15		01.07.2015
Wettin UP	Saale	70.3	W-15		01.07.2015
Rothenburg OP	Saale	58.78	W-15		01.07.2015
Rothenburg UP	Saale	58.6	W-15		01.07.2015
Alsleben OP	Saale	50.42	W-15		01.07.2015
Alsleben UP	Saale	50.24	W-15		01.07.2015
Bernburg OP	Saale	36.2	W-15		01.07.2015
Bernburg UP	Saale	36.05	W-15	Q-15	01.07.2015
Nienburg	Saale	27.9	W-15		01.07.2015
Calbe OP	Saale	20.08	W-15		
Calbe UP	Saale	19.67	W-15	Q-15	
Calbe Grizehne	Saale	17.43	W-15	Q-15	
Groß Rosenberg	Saale	9.64	W-15		
<hr/>					
Parey EP	Pareyer Verbindungskanal	0.68	W-15		01.05.2015
Parey UP	Pareyer Verbindungskanal	0.85	W-15		01.05.2015
Rathenow UP	Untere Havel-Wasserstraße	103.94	W-15	Q-15	01.01.2015

Pegelname	Fluss	Lage [km]	W	Q	Geprüfte Daten von 01.01.2006 bis
Albertsheim	Untere Havel-Wasserstraße	109.83	W-15	Q-15	01.01.2015
Grütz OP	Untere Havel-Wasserstraße	116.78		Q-15	01.01.2015
Grütz UP	Untere Havel-Wasserstraße	117.14	W-15		01.01.2015
Garz OP	Untere Havel-Wasserstraße	128.84	W-15		01.07.2014
Garz UP	Untere Havel-Wasserstraße	129.18	W-15		31.07.2014
Havelberg Stadt	Untere Havel-Wasserstraße	145.29	W-15	Q-15	01.01.2015
Havelberg UP	Untere Havel-Wasserstraße	146.89	W-15		01.01.2015
Havelberg EP	Untere Havel-Wasserstraße	147.3	W-15		01.07.2015
Quitzebel OP	Untere Havel-Wasserstraße	156.1	W-15		01.01.2015
Quitzebel UP	Untere Havel-Wasserstraße	156.19	W-15		01.01.2015
Neuwerben EP	Untere Havel-Wasserstraße	156.21	W-15		01.01.2015
Gnevsdorf EP	Untere Havel-Wasserstraße	165.48	W-15		01.01.2015
<hr/>					
Dömitz OP	Müritz-Elde-Wasserstraße	1.01	W-15		01.08.2015
Dömitz UP	Müritz-Elde-Wasserstraße	0.91	W-15		01.08.2015

Tabelle A- 2: Landespegel – Zuflusspegel WAVOS
alle Datenreihen: 15-Minuten-Werte, Ausnahmen: siehe Feld „Bemerkung“

Pegel	Gewässer	Betreiber	W	von	bis	Q	von	bis	Quelle 1	Quelle 2	Bemerkung
Löben	Schwarze Elster	LHW, ST	x	01.01.2006	01.01.2015	x	01.01.2006	01.01.2015	BfG	LHW, ST	LHW: 01.01.06 bis 30.06.06
Golzern	Mulde	LfULG, SN	x	01.01.2006	01.01.2015	x	01.11.2007	01.01.2015	BfG	LfULG, SN	LfULG: Stundenwerte vom 01.06.06 bis 01.11.07, ungeprüfte Rohdaten
Bad Düben	Mulde	LfULG, SN	x	01.01.2006	01.01.2015	x	01.01.2006	01.01.2015	BfG	LfULG, SN	LfULG: Stundenwerte vom 01.01.06 bis 01.01.08, ungeprüfte Rohdaten
Naumburg	Saale		x	01.01.2006	01.01.2015	x	01.01.2006	01.01.2015	BfG		
Böhlen	Pleiße	LfULG, SN	x	01.01.2006	01.01.2015	x	01.11.2007	01.01.2015	BfG	LfULG, SN	LfULG: Stundenwerte vom 01.06.06 bis 01.11.07, ungeprüfte Rohdaten
Zeititz UP	Weißer Elster	LHW, ST	x	01.01.2006	01.01.2015	x	01.01.2007	01.01.2015	BfG	LHW, ST	LHW: 01.01.2006 bis 30.06.2006
Großschießstedt	Wipper	LHW, ST	x	01.01.2006	01.01.2015	x	01.01.2006	01.01.2015	BfG		
Hadmersleben	Bode	LHW, ST	x	01.01.2006	01.01.2015	x	01.01.2006	01.01.2015	BfG		

Tabelle A- 3: Übersicht Deichdaten

Nr	Deichlinien- und Deichhöhenshapes					Land	Bereitstellung	
	Datenart	Flächenabdeckung/ Gebiet	Stand	Format	Höhen- und Lagebezug			
1	Deichlinien	SH	2015	shp	ETRS89 UTM Zone 32N 8Stellen	SH	erhalten (ftp)	07.09.2015
2	Deich - Quer- & Längsprofile	Deiche	2015	shp	ETRS89 UTM Zone 32N 8Stellen	SH	erhalten (ftp)	07.09.2015
3	Deichlinie	Brandenburg	2012	shp	ETRS89 GRS80_3	BB	erhalten (ftp)	02.09.2015
4	Deichhöhe	Brandenburg	2012	shp	ETRS89 GRS80_3	BB	erhalten (ftp)	02.09.2015
5	Deichachsen	Ebe-Deiche in NI	2011	mdb	DHND_3 Gauss_Zone_3	NI	erhalten (ftp)	22.09.2015
6	Deichhöhen	Ebe-Deiche in NI	2003-2010	mdb	DHND_3 Gauss_Zone_3	NI		
8	Deichlinien	EZG Ebe ST	2016	shp	ETRS89 Zone32N	ST	erhalten (ftp)	10.08.2016
9	Deichhöhen	EZG Ebe ST	2014	shp	ETRS89 Zone32N, DHHN92	ST	erhalten (ftp)	14.08.2015
10	Deichdaten	Übernahme aus 2D-Modell	2009		ETRS89	MV	-	
11	Deichmittellinie	EZG Ebe SN	2015	shp	ETRS89 UTM Zone33N	SN	erhalten (eMail)	15.10.2015

Tabelle A- 4: Übersicht DGM-Daten

Nr	BL	DGM/DHM	Raster- weite	Format (*.ASCII)	Flächenabdeckung/ Gebiet	Integrierte Sohlhöhen Fließgewässer	Grundlage auf Daten ... aus dem Jahr ...	Bearbeitungs- stand	Höhen- und Lagebezug	Genauigkeiten	Bereitstellung für WAVOS	Bemerkung	Übergabe
0	BfG	DGM-W	1m	ASCII, Esri-Grid	Elbe zwischen Landesgrenze zu CZ und Geesthacht	ja	Vorländer: 2003 bis 2006 Gewässerbett: 2004 (Fächerecholot)	aktualisiert DRV Lenzen (2012)	etrs89, UTM, Zone 32/33, 6- stellig / DHHN92	Lage ≤ 30 cm, Höhe ≤ 15 cm	Grundlage derzeitiges Modell	erstellt durch BfG	
1	NI	DGM1	1m	ASCII	Elbe in NI (ohne HH)	nein	April 2015	Dez 15	ETRS89, Zone 32, 6-stellig; Höhe: DHHN92	Primärdaten: ≤ 20 cm (Höhe)	ja	in Bearbeitung	bis Ende 2016 nicht erfolgt
2	BB	DGM 1	1m	ASCII, ESRI GRID, Schummerung, Isolinien (Shape, DXF)	Vorland Elbe (Prignitz) und Elbe (Elster)	nein	2008	aktuell (2015)	ETRS89, Zone 32, 6-stellig; Höhe: DHHN92	0,3 m	ja		
3	MV	DGM	n.b.	ASCII	Elbeabschnitt MV	nein	Winter 2008/2009	k.A.	ETRS89; UTM, Zone 32 (Lage) und DHHN92	k.A.	-	Übernahme gem. 2D-Modell Untere Mittelbe (aus aktualisiertem DGM-W)	
4	SH	DGM1	1 m	ASCII, ESRI GRID	Schleswig-Holstein	nein	Laserscanbefliegung in den Jahren 2005 - 2007	k.A.	ETRS89; UTM, Zone 32 (Lage) und DHHN92	Lagegenauigkeit: < 30 cm Höhen Genauigkeit: flaches Gelände (bis 10%) < 15 cm geneigtes Gelände (10 % - 25%) < 25 cm, steiles Gelände (ab 25%) < 35 cm	ja	Übernahme gem. 2D-Modell Untere Mittelbe (aus aktualisiertem DGM-W)	
5	HH	DGM-W	1m	ASCII-grid, ESRI-Grid, xyz, TINs (dxf,AVS-UCD u.w.)	Außenelbe, untere und obere Tideelbe	ja	VL: Befliegung 2010 Sohle 2006-2011 (Fächerecholot und QP)	2011	ETRS89; UTM, Zone 32 (Lage) und DHHN92	Höhe 15-40 cm	liegt BfG vor		
6	ST	DGM1	1m	ASCII	Modellgebiet in ST	nein	unterschiedlich (älteste 2012)	aktuell (2012-2015)	ETRS89; UTM, Zone 33 (Lage) und DHHN92	Lagegenauigkeit: ± 0,30 m Höhen Genauigkeit: ± 0,15 m	ja	erhalten (ftp)	(07./08.09.2015) NEU: 01.03.2016
7	SN	DGM2	2m	ASCII	Modellgebiet in SN	nein	unterschiedlich (älteste 2005, neueste 2009)	k.A.	ETRS89; UTM, Zone 32 (Lage) und DHHN92	Höhen Genauigkeit Gitterpunkte ± 0,20 m	ja	erhalten (LTV, Daten-CD per	20.10.2015

Tabelle A- 6: Öffnungen Pretziener Wehr (Quelle: LHW)

Jahr	Öffnung (Anzahl)	Tage der Öffnung (Anzahl)	Joche (Anzahl)	Winter	Sommer	Geöffnet		Scheitel Wasserstand Barby	
						von	bis	(cm)	Elbe km
1876	1	7		Feb				703	293,44
1879	1	4		Nov				[548]	293,44
1880	2	7		Jan				[592]	293,44
				Okt					
1881	1	8		Jan				[696]	293,44
1888	1	21		Mrz bis Apr				662	293,44
1889	1	15		Mrz bis Apr				[589]	293,44
1890	2	11		Dez				652	293,44
					Sep				
1891	1	7		Mrz				[616]	293,44
1895	1	18		Mrz bis Apr				679	293,44
1896	1	5		Mai				628	293,44
1897	2	17		Feb bis Mrz				[640]	293,44
					Aug				
1899	1	7		Mai				579	293,44
1900	2	20		Jan				572	293,44
				Apr				658	293,44
1906	1	3		Mrz				575	293,44
1907	1	4		Mrz				574	293,44
1909	2	7		Feb				608	293,44
				Apr				549	293,44
1914	1	4		Mrz				574	293,44
1915	2	14		Mrz				625	293,44
				Okt				586	293,44
1916	1	1		Jan				561	293,44
1917	2	12		Jan				613	293,44
				Apr				596	293,44
1920	1	12		Jan				683	293,44
1923	1	7		Feb				652	293,44
1924	1	5		Apr				599	293,44
1926	2	16		Jan				598	293,44
					Jun			639	293,44
1932	1	5		Jan				576	293,44
1939	1	11		Dez		3.12	14.12	619	293,44
1940	2	26		Mrz bis Apr		17.3	7.4	659	293,44
				Nov		9.11	14.11	589	293,44
1941	3	51		Feb				614	293,44
				Apr		11.4		635	293,44
					Jun			607	293,44

Jahr	Öffnung (Anzahl)	Tage der Öffnung (Anzahl)	Joche (Anzahl)	Winter	Sommer	Geöffnet		Scheitel Wasserstand Barby (cm) Elbe km	
						von	bis		
1946	1	8		Feb		8.2	15.2	667	293,44
1947	1	14		Mrz		16.3	30.3	649	293,44
1948	1	4		Feb		15.2	18.2	625	293,44
1954	1	7			Jul	13.7	19.7	650	293,44
1956	1	5		Mrz		8.3	12.3	599	293,44
1958	1	6			Jul	8.7	14.7	638	293,44
1965	1	5	7	Mai		16.5	20.5	592	293,44
	1	10	9		Jun	12.6	21.6	588	293,44
1968	1	6	-	Jan		20.1	25.1	568	293,44
1974	1	17	alle	Dez		11.12	27.12	606	295,5
1975	1	12	alle	Jan		2.1	13.1	594	295,5
1981	1	8	alle	Mrz		15.3	22.3	618	295,5
1982	1	6	alle	Jan		10.1	15.1	603	295,5
1987	1	7	alle	Jan		5.1	11.1	594	295,5
	1	19	alle	Apr		2.4	20.4	592	295,5
1988	1	20	alle	Mrz bis Apr		27.3	16.4	618	295,5
1994 *	wegen Sanierungsarbeiten			Apr				559	295,5
1995	1	6	alle	Feb		2.2	7.2	544	295,5
1999	1	10	alle	Mrz		6.3	15.3	588	294,8
2002	1	12	alle		Aug	15.8.	26.8	701	294,8
2003	1	16	alle	Jan		4.1	19.1	637	294,8
2005	1	6	alle	Mrz		22.3	27.3	574	294,8
2006	1	15	alle	Mrz bis Apr		31.3	14.4	653	294,8
2011	1	15	alle	Jan		15.1	29.1	654	294,8
2013	1	18	alle		Jun	3.6	20.6	762	294,8

Tabelle A- 7: Zusammenstellung Zuflüsse im Modellgebiet mit Ergebnissen der Abfrage bei den Ländern

Gewässer	bereits erfasst	Elbe-km	Einmdg von	Pegel	zuständig	Land	EZG [km ²] am Pegel	MHQ	Relevanz	Bemerkung	VHS	wer?	VHS-Zeitraum (lt. DA zur VV 2013)	Zusatzbemerkungen BL		
ELBE am Pegel Usti nad Labem		-37.4					48 557	1 390						Rechnungen ZWG für LHWZ-Modell	Rechnung ZWG jetzt nur noch für WAVOS	
Bilina (Tschechien)	nein	-36.0	rechts	Trmice, 4,5k m oh Mdg in Elbe	CHMI / PLA	CZE	963	(ca. 20)	Q	keine Vorhersage CHMU				Einschätzung für die nächsten 72h des Zwischengebietes Usti-Schöna in stündlicher Auflösung geht in das HW-Modell des LHWZ ein und kann zur Vergütung gestellt werden		
Ploucnice (Tschechien)	nein	-10.3	links	Benesov, 11 km oh Mdg. in Elbe	CHMI / PLA	CZE	1 156	57.8	Q	ergänzt, hier Vorhersage CHMU		CHMU	48h			
Kamenice (Tschechien)	nein			Hřensko, 1,23 km oh Mdg. Elbe	CHMU	CZE		(ca. 20)		ergänzt, hier Vorhersage CHMU		CHMU	48h			
Kirnitzsch	nein	9.7	rechts	Kirnitzchtal (Q u W), 3,5 km oh Mdg.	LFUG SN	SN	157	13.2	Q					Einschätzung für die nächsten 72h des Zwischengebietes Usti-Dresden in stündlicher Auflösung kann zur Vergütung gestellt werden		
Lachsbach (ZG1)	ja	12.0	rechts	Porschdorf 1 2,8 km oh Mdg.	LFUG SN	SN	268	30.8	Q	aggregiert mit Gottleuba, Wesenitz, Müglitz	ja	LHWZ SN	30h			
Cunnersdorfer Bach	nein			Cunnersdorf 1 5 km oh. Mdg. Biela	LFUG SN	SN	29	3.6	Q							
Biela	Sobek	16.5	links	Bielatal 1 - 7,8 km oh Mdg.	LFUG SN	SN	37	3.5	Q							
Gottleuba (ZG1)	ja	35.3	links	Neundorf - 8,2 km oh Mdg. Gottleuba	LFUG SN	SN	133	33.9	Q	aggregiert mit Lachsbach, Wesenitz, Müglitz	ja	LHWZ SN	30h			
Seidewitz	nein			Liebstadt 2 - 15,3 km oh Mdg. Gottleuba	LFUG SN	SN	25	3.8	Q							
Wesenitz (ZG1)	ja	37.3	rechts	Elbersdorf, 16,5 km oh Mdg.	LFUG SN	SN	227	23.7	Q	aggregiert mit Gottleuba, Lachsbach, Müglitz	ja	LHWZ SN	30h			
Mueglitz (ZG1)	ja	39.2	links	Dohna, 4,3 km oh Mdg.	LFUG SN	SN	198	38.6	Q	aggregiert mit Gottleuba, Wesenitz, Lachsbach	ja	LHWZ SN	30h			
Lockwitzbach I	Sobek	44.8	links	Kreischa (W und Q), 14,5 km oh Mdg.	LFUG SN	SN	44	5.8	Q							
Ver. Weisseritz				Plauen, 4,6 km oh Mdg.	LFUG SN	SN	368	25.4	Q	Ersatz für Pegel Cotta und für Pegel Dözschen im Zusammenhang mit dem Weißeritzausbau, Bau eines neuen Pegels: Pegel Friedrichstadt ca. 4 km oh. Mdg. (Fertigstellung 2017)	ja	LHWZ SN		Einschätzung für die nächsten 72h des Zwischengebietes Dresden-Torgau in stündlicher Auflösung geht in das HW-Modell des LHWZ ein und kann zur Vergütung gestellt werden	Einschätzung für die nächsten 72h des Zwischengebietes Dresden-Torgau in stündlicher Auflösung kann zur Vergütung gestellt werden	
Wilde Sau	Sobek	72.6	links	Wilsdruff 1 - 10,7 km oh Mdg.	LFUG SN	SN	26	5.1	Q							
Triebisch (ZG2)	ja	82.1	links	Garsebach, 8,2 km oh Mdg.	LFUG SN	SN	165	18.5	Q	aggregiert mit Döllnitz	ja	LHWZ SN	36h			
Ketzerbach	Sobek	89.0	links	Piskowitz 2 - 4 km oh Mdg.	LFUG SN	SN	157	15.3	Q							
Keppritzbach				Paltzchen 3 - 9,8 km oh. Mdg. Jahna	LFUG SN	SN	20	2.2	Q							
Jahna-Umflut				Seerhausen 3, Umflut	LFUG SN	SN										
Jahna	Sobek	107.1	links	Seerhausen 1, 9,4 km oh Mdg. (Ostrau, 20,9 km oh Mdg.: bitte nicht verwenden)	LFUG SN	SN	153	6.9	Q							
Doellnitz (ZG2)	ja	109.5	links	Merzdorf, 3 km oh Mdg.	LFUG SN	SN	211	9.7	Q	aggregiert mit Triebisch	ja	LHWZ SN	36h			
Dahle	nein	127.9	links	- keine Pegel ? -		SN	230*	21,9 ¹ (Wert zu hoch-ca. 10 m ³ /s)	Q	Pegel geplant (bisher Probetrieb)						
Weinske	nein	171.6	links	- keine Pegel ? -		SN/ST	355*	(10-12 m ³ /s)	Q	LP 1999 eingestellt nach Rücksprache mit LTV keine Berücksichtigung im Modell						

bereits im aktuellen VHS-Modell enthalten
Angaben der BL

Gewässer	bereits erfasst	Elbe-km	Einmdg von	Pegel	zuständig	Land	EZG [km ²] am Pegel	MHQ	Relevanz	Bemerkung	VHS	wer?	VHS-Zeitraum (lt. DA zur VV 2013)
Schwarze Elster	ja	198.5	rechts	Löben	LHW ST	ST	4 327	68.9	Q		ja	HVZ ST	seit 02/16: 120 h (vorher 60 h)
Fließgraben	nein	244.0	links	Klitzschesa - nur Lattenpegel	LHW ST	ST	-	-	(Q)	keine Einbeziehung möglich, da nur Lattenpegel	nein	HVZ ST	-
Rossel	nein	257.8	rechts	Mühlstedt, 6 km oh Mdg	LHW ST	ST	157	2.1	(Q)	Messdaten können zur Verfügung gestellt werden (W15, Q15). Einbeziehung des Zuflusses eher nicht sichtbar im Wellenablauf der Elbe. Vorschlag LHW: Zufluss nicht berücksichtigen.	nein	HVZ ST	-
Vereinigte Mulde	nein	259.6	links	Priorau	LHW ST	ST	6 990	507.0	Q	Messdaten können zur Verfügung gestellt werden (W15, Q15). Vorhersage für die Mulde erfolgt über Golzern durch LHWZ SN.	nein	HVZ ST	-
Saale	ja	290.8	links	Naumburg-Grochlitz, Halle-Trotha, Bernburg UP, Calbe-Grizehne, Calbe UP	LHW ST, WS	ST, Bund			Q	Momentan Lieferung W Umstellung auf Q angedacht	ja	HVZ ST	seit 02/16 Naumburg: 120h (vorher 60 h)
Weißer Elster (Zufluss Saale)	ja			Zeitz	LHW ST	ST	2 504	148.0		Momentan Lieferung W Umstellung auf Q angedacht	ja	HVZ ST	seit 02/16: 120 h (vorher 60 h)
Wipper (Zufluss Saale)	ja			Großschiebstedt	LHW ST	ST	544	16.7		Momentan Lieferung W Umstellung auf Q angedacht	ja	HVZ ST	seit 02/16: 120 h (vorher 60 h)
Bode (Zufluss Saale)	ja			Hadmersleben	LHW ST	ST	2 758	55.6		Momentan Lieferung W Umstellung auf Q angedacht	ja	HVZ ST	seit 02/16: 120 h (vorher 60 h)
Nuthe	nein	296.4	rechts	Nutha, 12,4km oh Mdg	LHW ST	ST	509	5.5	Q	Messdaten können zur Verfügung gestellt werden (W15, Q15). Die Nuthe an sich hat keine große Retentionswirkung für die Elbe. Allerdings hat der Mündungsbereich (der sich in Höhe Barby befindet) eine hydraulische Wirkung auf den Pegel Barby. Dementsprechend müsste hier überlegt werden, ob der Mündungsbereich mit in das Modell aufgenommen wird.	nein	HVZ ST	-
Ehle	nein	336.7	rechts	Dannigkow, 9,4km oh Mdg.	LHW ST	ST	260	5.9	Q	Messdaten können zur Verfügung gestellt werden (W15, Q15). Einbeziehung des Zuflusses eher nicht sichtbar im Wellenablauf der Elbe. Vorschlag LHW: Zufluss nicht berücksichtigen.	nein	HVZ ST	-
Ohre	nein	350.3	links	Wolmirstedt, 17,0 km oh Mdg.	LHW ST	ST	1 503	17.3	Q	Messdaten können zur Verfügung gestellt werden (W15, Q15). Der Modellstrang für die Berücksichtigung der Retentionswirkung sollte aus Sicht des LHW bis Pegel WMS verlängert werden. LHW fragt bzgl. Vermessungsdaten (Querprofile) der Ohre innerhalb des Hauses nach.	nein	HVZ ST	-
Tanger	nein	388.3	links	Demker, 9,6 km oh Mdg.	LHW ST	ST	357	7.1	Q, Topografie	Messdaten können zur Verfügung gestellt werden (W15, Q15). Allerdings macht das aufgrund der Entfernung des Pegels und der Größe der Tangeniederung im Mündungsbereich eher wenig Sinn, diesen Pegel miteinzubeziehen. Allerdings sollte die Tangeniederung als Retentionsraum mit in das neue Modell eingebunden werden. Modellgrenzenhabe aus der 2D-Modellierung der Elbe kann zur Verfügung gestellt werden. Prüfung, ob man die Tangeniederung als Modellstrang oder als "Polder" anlegt. Querprofile für den Tanger gibt es nicht, 2D-Modell auf Basis DHM. Abstimmung mit LHW im Zuge des Modellbaus.	nein	HVZ ST	-

bereits im aktuellen VHS-Modell enthalten
Angaben der BL

Gewässer	bereits erfasst	Elbe-km	Einmdg von	Pegel	zuständig	Land	EZG [km ²] am Pegel	MHQ	Relevanz	Bemerkung	VHS	wer?	VHS-Zeitraum (lt. DA zur VV 2013)
Aland/Biese/Milde	nein	474.5	links	KI Wanzer OP (Aland, W)), 3,6 km oh Mdg.	LHW ST	ST	1 947	36.2	Q, Topografie	Messdaten können zur Verfügung gestellt werden (W15, Q15). Hier sollte das Modell bis zum Alandabschlussbauwerk erweitert werden. Die Geometrie des Bauwerks wird durch den LHW noch übergeben - Einbau der WOK. Dann sollte es eine Möglichkeit geben, die Steueranweisung zur Schließung und zur Öffnung miteinzubauen. Die Steueranweisung wird durch den LHW noch übergeben. Detaillierte Abstimmung mit LHW im Zuge des Modellaufbaus.	nein	HVZ ST	-
				Dobbrun (Biese) 36,7km oh Mdg.	LHW ST	ST	1 597	23.9		Messdaten können zur Verfügung gestellt werden (W15, Q15). Keine Einbeziehung nötig, wenn Alandabschlussbauwerk integriert wird.	nein	HVZ ST	-
				Gardelegen (Milde)	LHW ST	ST	154	3.2		Messdaten können zur Verfügung gestellt werden (W15, Q15). Keine Einbeziehung nötig, wenn Alandabschlussbauwerk integriert wird.	nein	HVZ ST	-
				Karritz (Milde)	LHW ST	ST	243	4.4		Messdaten können zur Verfügung gestellt werden (W15, Q15). Keine Einbeziehung nötig, wenn Alandabschlussbauwerk integriert wird.	nein	HVZ ST	-
Seege	nein	489.6	links	Bömenzien, 12,8 km oh Mdg.	LHW ST	ST	213	3.3	Topografie	Messdaten können zur Verfügung gestellt werden (W15, Q15). Einbeziehung des Zuflusses eher nicht sichtbar im Wellenablauf der Elbe. Vorschlag LHW: Zufluss nicht berücksichtigen.	nein	HVZ ST	-
Jeetze/Jeetzel	nein	523.0	links	Sienau OP, 43km oh Mdg. Lüchow OW, 26 km oh Mdg.	LHW ST NLWKN	ST NI	438 1300	9.9 31.2	Q	Angaben zum Abschlussbauwerk und zur Steuerung an BfG übergeben. Details siehe Bericht, Kap. 4.5	nein	HVZ ST NLWKN	-
Stepenitz	nein	454.9	rechts	Wolfhagen, 35,7km oh Mdg.	MUGV BB	BB	575	18.4	Q	Mdg. in Elbehafen in Wittenberge. Rückstau Elbe bei HW bis Wehr Weisen, HHQ Pegel Wolfshagen 52.8 m ³ /s. Empfehlung: Prüfung Berücksichtigung Retentionsfläche Unterlauf bei Modelllaufbau.	nein		
Karthane	nein			Bad Wilsnack, 17km oh Mdg.	MUGV BB	BB	437	5.9	Q, Topografie	Mdg. in Elbehafen in Wittenberge, HHQ Pegel Wilsnack 12.9 m ³ /s. Bei Elbe-HW über Schöpfwerk abgeriegelt, Schöpfmengen bei HW nicht modellrelevant (max. 18.2m ³ /s).	nein		
Löcknitz	nein	513.2	rechts	Gadow (W und Q), 42,9 km oh Mdg	MUGV BB	BB	475	10.6	Q	Wehr Wehningen im Mdg.bereich, wird bei Elbe-HW geschlossen. Löcknitzwasser wird in der Löcknitzniederung und ggf. in angrenzenden Poldern zwischengespeichert.	nein		-
Sude	nein	559.2	rechts	Garlitz (W und Q), 24km oh Mdg.	LUNG MV	MV	735	15.9	Q	Fehlmeldung Informationen gem. [SIMON, 2012] siehe Bericht, Kap. 4.5	nein		-
Rögnitz (Zufluss Sude)	nein			Laave, 11km oh Mdg. in Sude			390	9.3	Q		nein		-
Schaale (Zufluss Sude)	nein			Klein Bengerstorf, 14km oh Mdg. in Sude			608	10.4			nein		-
Boize (Zufluss Sude)	nein	559.2		Schwartau, 5km oh Mdg. in Sude	NLWKN	NI	157	5.4			nein		-
ELBE am Pegel Boizenburg		559.5					134 512	2 130					-

bereits im aktuellen VHS-Modell enthalten
Angaben der BL

Anlage B

zum Zwischenbericht BfG-1917:

WAVOS Elbe

Verbesserung der HW-Vorhersage

Auswertung ausgewählter Pegel

Variantenbetrachtung Deichbrüche für HW2013

Variante 0: ohne Deichbrüche

Saale: Breschenbreite und Bruchstelle

Var 1a: Elbe-km 288: 110 m

Var 2: Elbe-km 288: 85 m

Var 3a: Saale-km 1,2: 120 m

Var 4a: Saale-km 1,2: 140 m

Polder jeweils: 200 / 500

Saale und Elbe: Poldergröße

Var 1 b: Elbe-km 288: 110 m – Polder kleiner

Var 3b: Saale-km 1,2: 120 m – Polder kleiner

Var 4b: Saale-km 1,2: 140 m – Polder kleiner

Polder jeweils: 85/200

Inhaltsverzeichnis

Erläuterungen	3
Anlage B-10: Pegel Barby, Elbe-km 294,82	7
Anlage B-11: Pegel Magdeburg-Strombrücke, Elbe-km 326,6	47
Anlage B-16: Pegel Wittenberge, Elbe-km 453,98	79
Anlage B-19: Pegel Dömitz, Elbe-km 504,72	119
Anlage B-23: Pegel Hohnstorf, Elbe-km 568,97	151

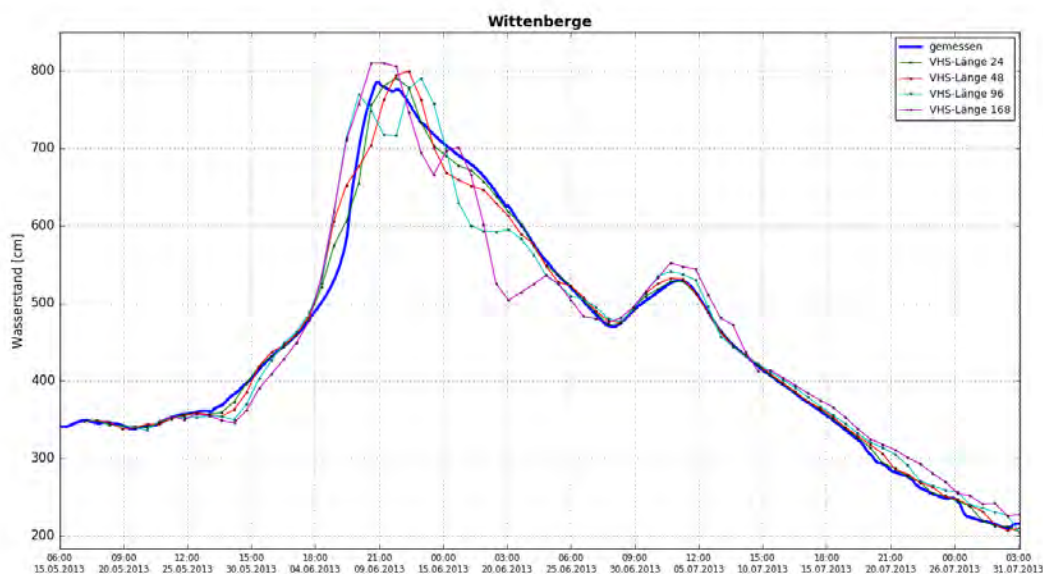
Erläuterungen

Nachfolgend sind für ausgewählte Pegel (siehe Zusammenstellung im Bericht, Tabelle ...) die Auswertungsergebnisse der Hindcasts im Vergleich zu den gemessenen Werten dargestellt. Es handelt sich um die folgenden Darstellungen:

- Ganglinien-Vergleich
- Boxplot
- Kontingenztafeln für vereinbarte Schwellenwerte
- Scatterplots für versch. Vorhersage-Längen (VHS-Längen)
- absolute Scheitelabweichung

Ganglinien-Vergleich

Je Pegel und Ereignis sind die Ganglinien der Messwerte sowie der zusammengesetzten Vorhersagen der gewählten Vorhersage-Längen in einer Grafik Wasserstand in cm am Pegel über die Zeit dargestellt. So ist ein direkter visueller Vergleich von Messung und Vorhersage möglich.

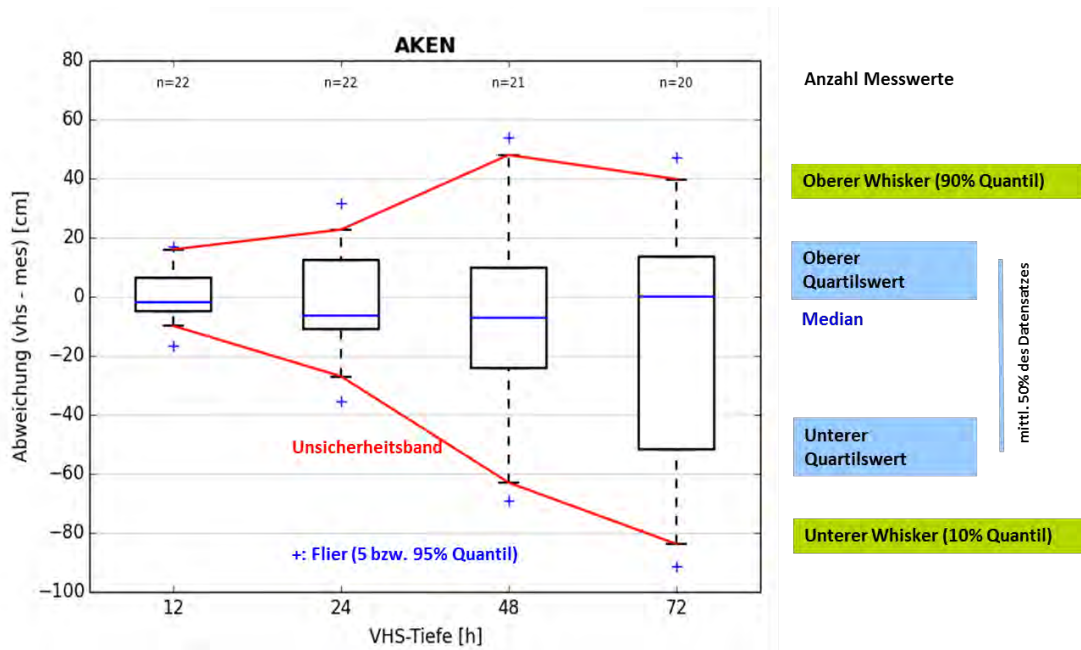


Boxplot

In Boxplots werden statistische Kenngrößen einer Verteilung dargestellt Median, Maximal- und Minimalwerte sowie der untere und obere Quartilwert.

Die Box im mittleren Teil repräsentiert den Bereich, in welchem 50 % der Daten liegen und wird somit durch das obere und untere Quartil begrenzt. Die Länge der Box entspricht somit dem Interquartilsabstand und ist ein Maß für die Datenstreuung. In der Box wird der Median als durchgehender Strick eingetragen, der durch seine Lage innerhalb der Box einen Eindruck der Verteilungsschiefe vermittelt.

Die Antennen, auch als Whisker bezeichnet, grenzen den Bereich der Daten ab, die außerhalb der Box liegen. Hier markieren sie das 10 bzw. 90%-Quantil. Die Markierungen ober- bzw. unterhalb der Whisker (auch bezeichnet als „Flier“) repräsentieren in ProFoUnD das 5 bzw. 95%-Quantil und somit Messwertausreißer.



Kontingenztafeln für vereinbarte Schwellenwerte

Für die kategorischen Maße wird untersucht, ob das Eintreten bzw. das Nichteintreten eines Ereignisses korrekt vorhergesagt wurde. Der Eintritt eines Ereignisses ist hier durch das Überschreiten (Hochwasser) eines Schwellenwerts definiert. Eine Kontingenztafel gewährt also einen ersten Überblick darüber, ob das Eintreten oder Nicht-Eintreten eines Ereignisses zumeist korrekt vorhergesagt wird. Zur Ermittlung werden pegelspezifische Schwellenwerte verwendet.

Hit	eine Überschreitung des Schwellenwertes wurde vorhergesagt und gemessen
False Alarm	eine Überschreitung des Schwellenwertes wurde vorhergesagt, aber nicht gemessen
Miss	eine Überschreitung des Schwellenwertes wurde nicht vorhergesagt, aber gemessen
Correct Negative	eine Überschreitung des Schwellenwertes wurde nicht vorhergesagt und nicht gemessen

Daraus kann die folgende Matrix gebildet werden:

VHS-Länge = 48 h
Schwellenwert = 920.00 cm

	Messung \geq Schwelle	Messung $<$ Schwelle
VHS \geq Schwelle	Hit 3	False Alarm 0
VHS $<$ Schwelle	Miss 0	Correct Negative 8

Hohnstorf

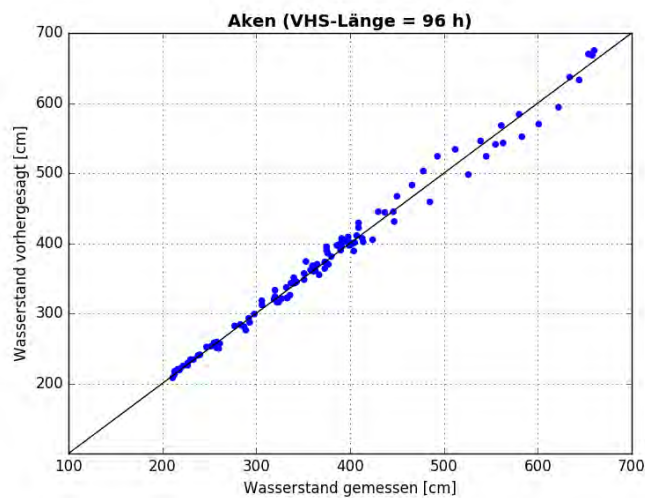
Je häufiger also Hit und Correct Negative (in der Matrix grün dargestellt) im Vergleich zu False Alarm und Miss (rot hinterlegte Felder) auftreten, desto besser die Vorhersage bezogen auf den Schwellenwert.

In der nachfolgenden Tabelle sind die in Abstimmung mit den Ländern festgelegten Schwellenwerte der einzelnen Pegel zusammengestellt. Für alle Pegel wird MHW als Schwellenwert angesetzt sowie – sofern definiert – der Wert für Alarmstufe/Meldestufe 4. Für einige Pegel gibt es auch 3 und mehr Schwellenwerte. Diese repräsentieren für das jeweilige Land wichtige Wasserstände, wie z.B. die drohende Überflutung einer wichtigen Straße oder eines Industriegeländes und/oder bedingen die Einleitung bestimmter HW-Schutzmaßnahmen.

Pegel	Lage [km] - L/R	Land	Schwellenwerte für Kontingenztafeln				
			Wert 1 (MHW)	Wert 2 (AS)	Wert 3	Wert 4	Wert 5
Elbe							
Usti	-38,7	CZ	600	1094			
Schöna	002,05 L	SN	641	750			
Dresden	055,63 L	SN	574	700			
Riesa	108,4 L	SN	635	760			
Torgau	154,15 L	SN	623	780	800		
Wittenberg/L.	214,14 L	ST	543	650			
Vockerode	245,62 L	ST	556	-			
Dessau	261,16 L	ST	542	750			
Aken	274,75 L	ST	555	700			
Barby	294,82 L	ST	547	660	592		
Magdeburg Str.	326,67 L	ST	488	650			
Rothensee	333,12 L	ST	654	750			
Niegripp AP	343,60 R	ST	730	850			
Tangermünde	388,26 L	ST	593	700			
Sandau	416,06 L	ST	606	-			
Wittenberge	453,98 R	BB	572	670	630	680	
Schnackenburg	474,56 L	NI	585	-			
Lenzen	484,60 R	BB	581	-			
Dömitz	504,72 R	MV	513	650			
Hitzacker	522,92 L	NI	588	650	621		
Neu Darchau	536,44 L	NI	589	757	550		
Boizenburg	559,46 R	MV	494	650	300	681	
Hohnstorf	568,97 L	NI	733	900	920	940	1030
Geesthacht	583,36 L	SH	543	700			
Saale							
Halle –Trotha UP	089,15 R	ST	472	630			
Bernburg UP	036,05 L	ST	426	400			
Calbe UP	019,67 L	ST	743	900			
Untere Havel							
Havelberg Stadt	145,29 R	ST	330	430			

Scatterplots für versch. Vorhersage-Längen

Scatterplots zeigen für gewählte Vorhersage-Längen die Streuung der vorhergesagten Werte in Bezug auf die gemessenen Werte.



Anlage B-10: Pegel Barby, Elbe-km 294,82

Hochwasser Mai – Juni 2013 – Variante 0

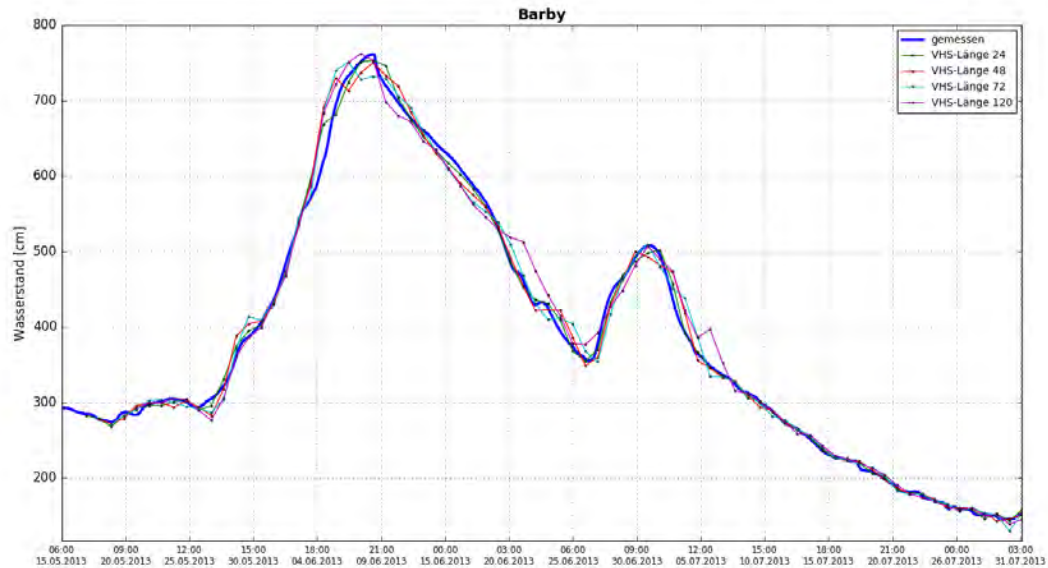


Abbildung B-1: BARB HW2013, Ganglinien-Vergleich

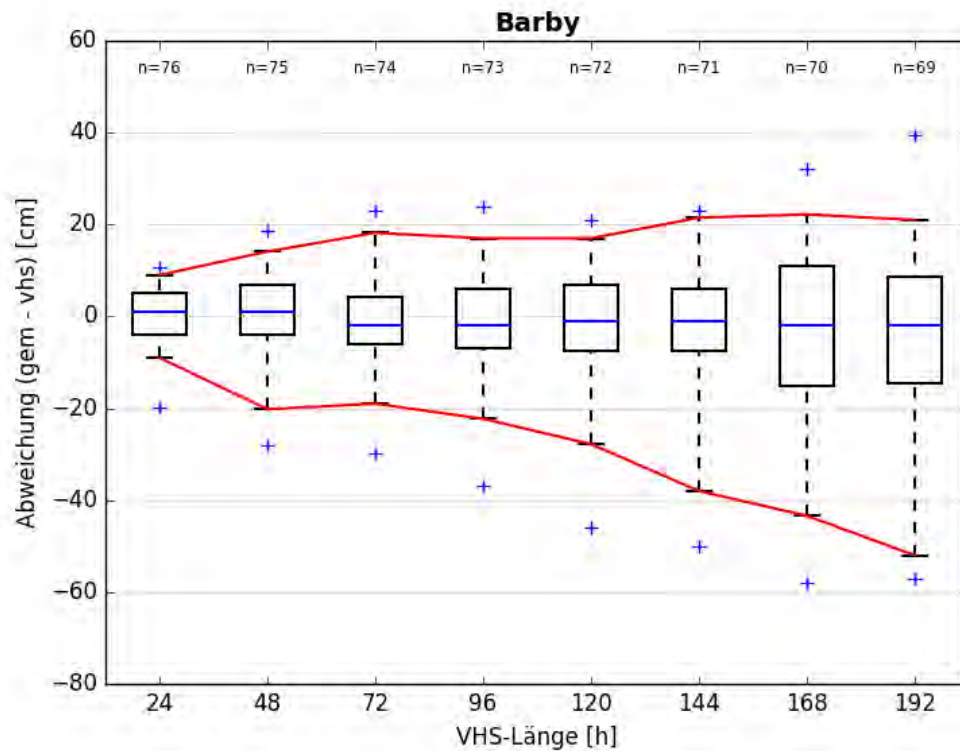


Abbildung B-2: BARB HW2013, Boxplot

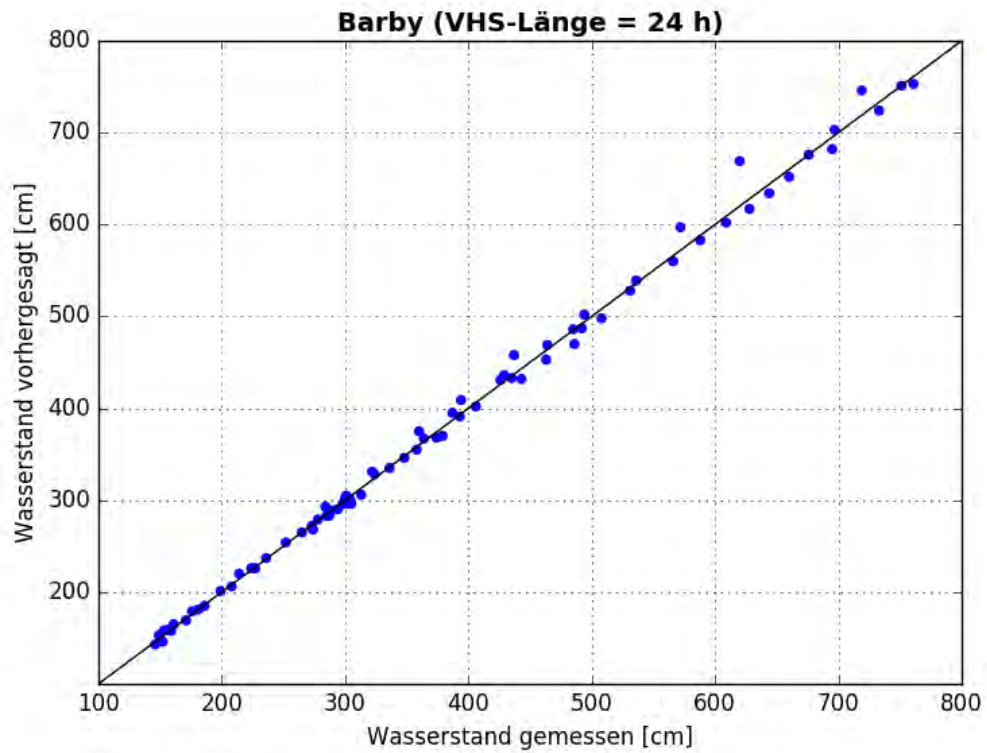


Abbildung B- 3: BARB HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 24 h (VHS)

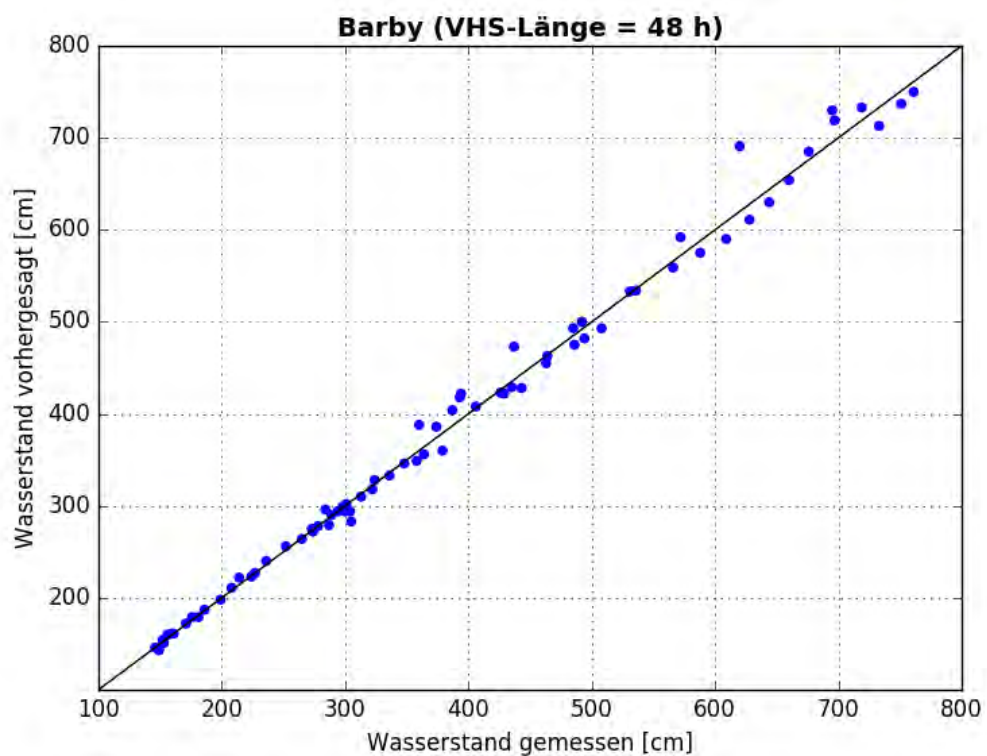


Abbildung B- 4: BARB HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 48 h (VHS)

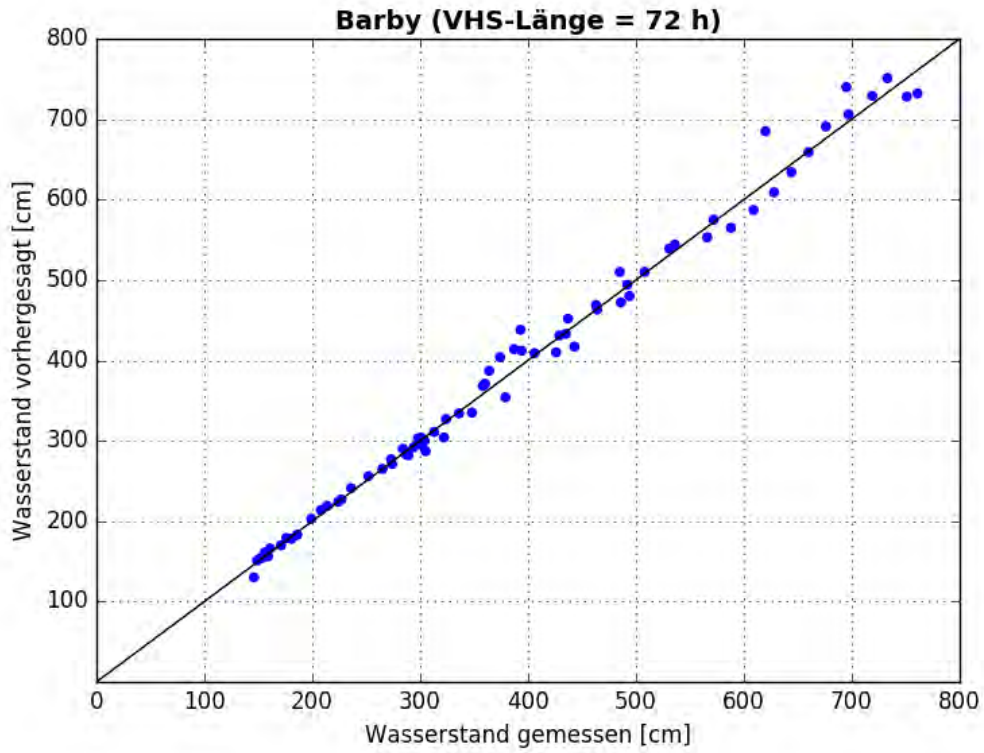


Abbildung B- 5: BARB HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 72 h (VHS)

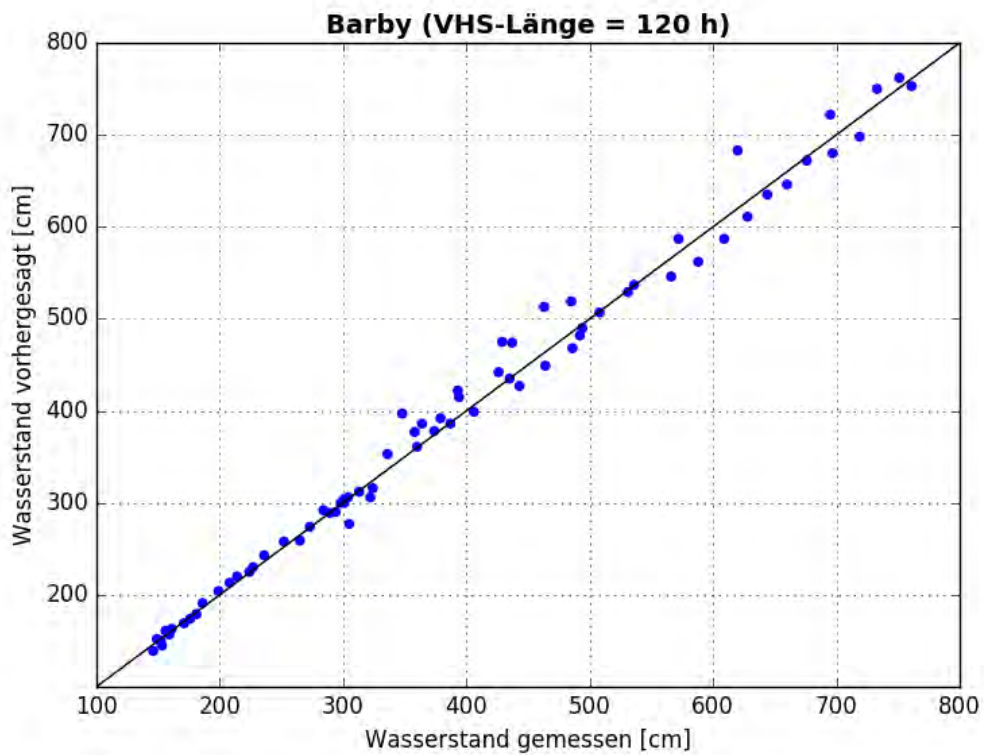


Abbildung B- 6: BARB HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 120 h (Absch.)

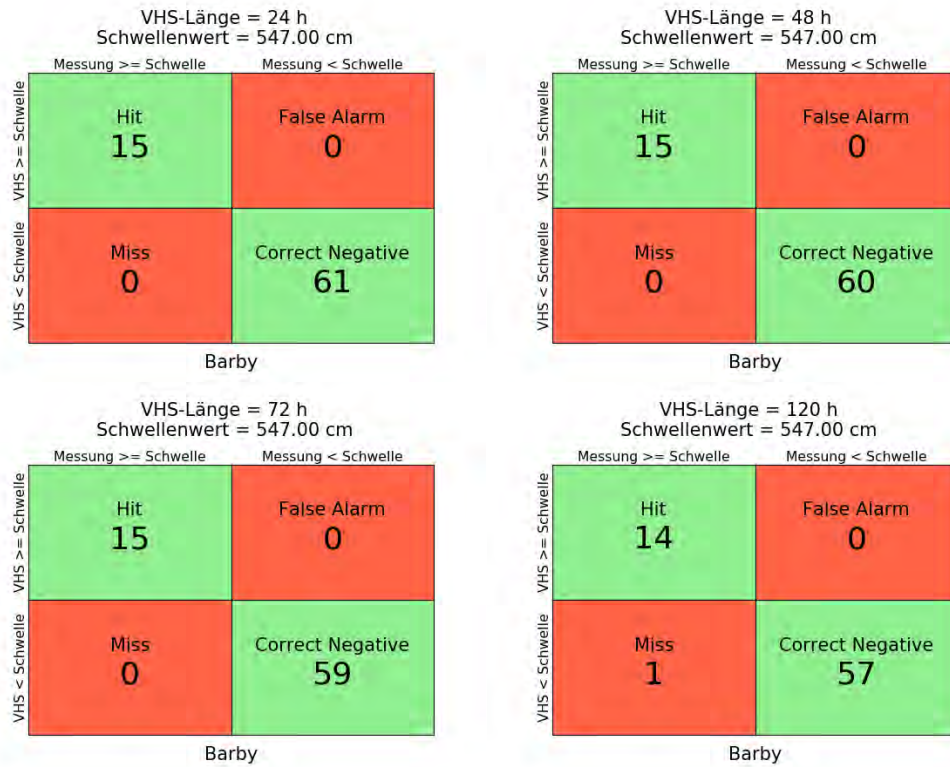


Abbildung B- 7: BARB HW2013, Kontingenztafeln Schwellenwert 547

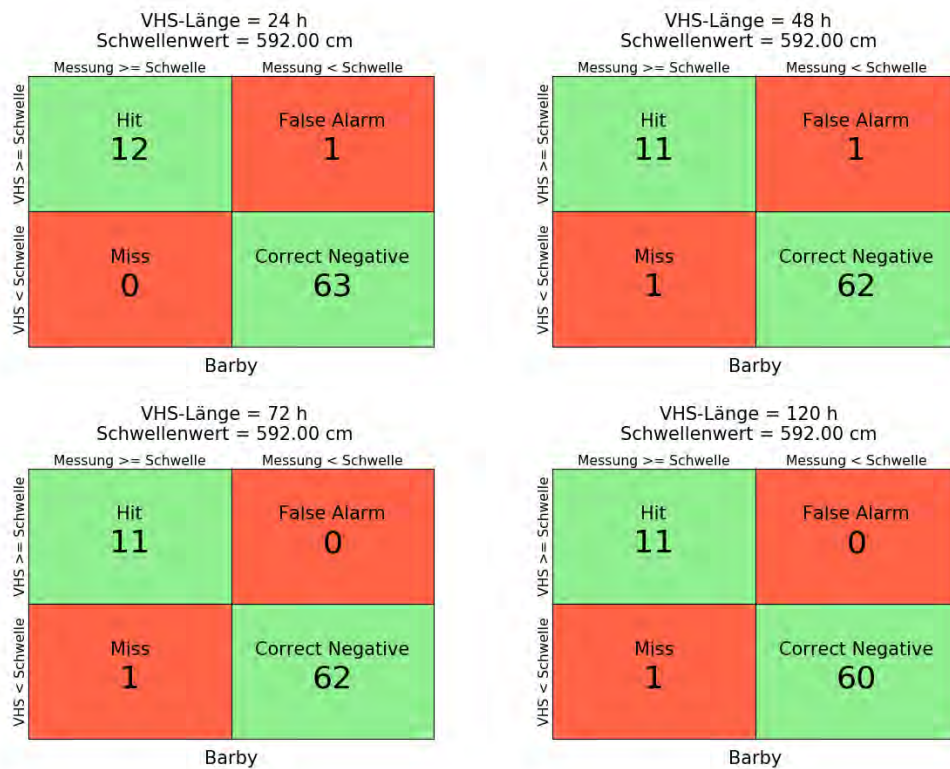


Abbildung B- 8: BARB HW2013, Kontingenztafeln Schwellenwert 592

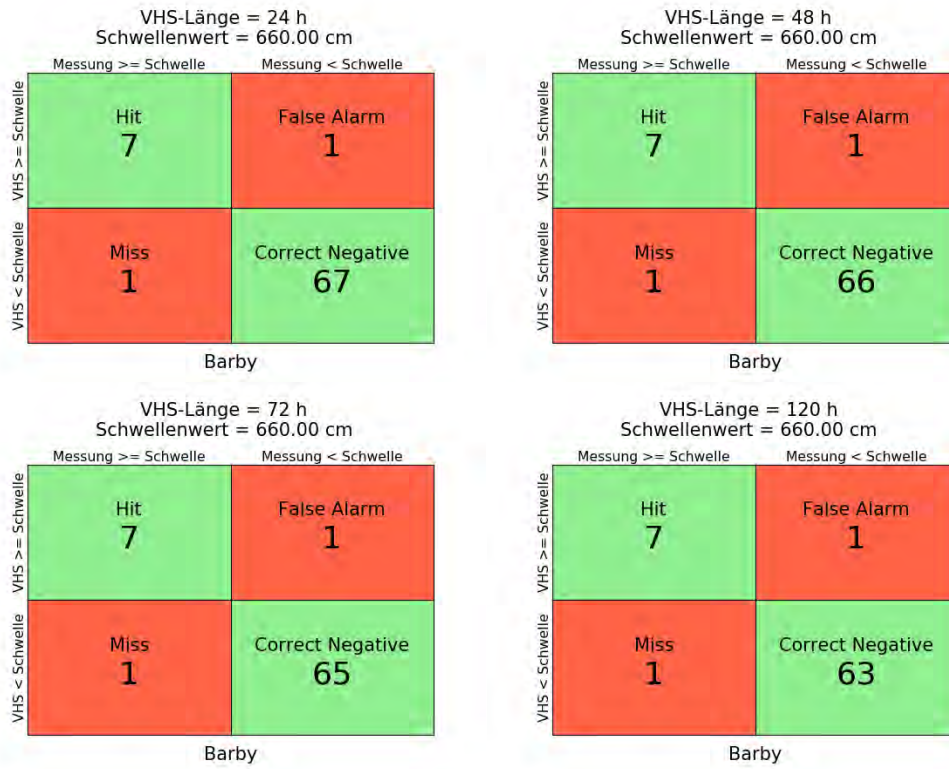


Abbildung B- 9: BARB HW2013, Kontingenztafeln Schwellenwert 660

Hochwasser Mai – Juni 2013 – Variante 1a

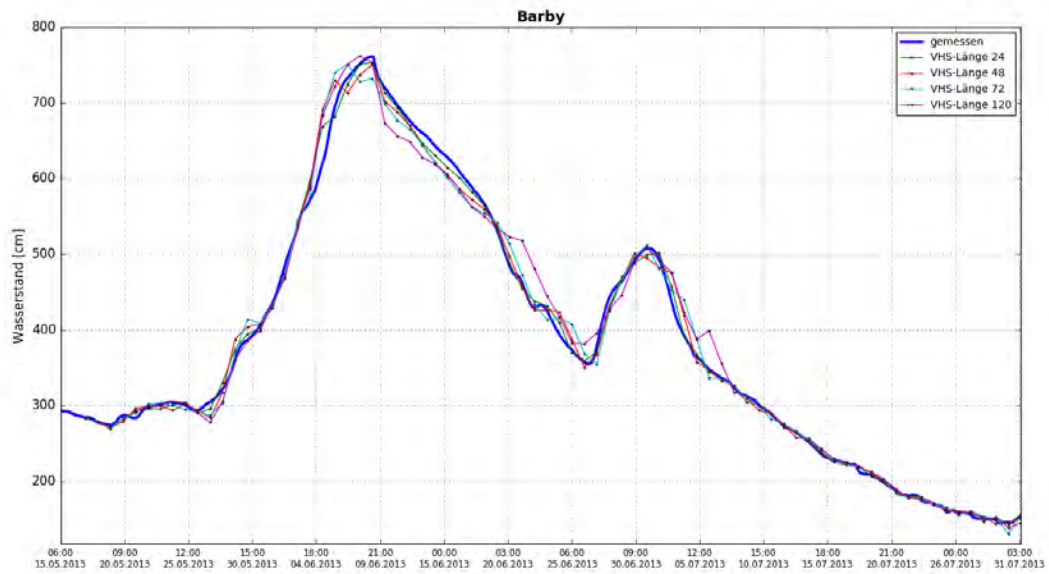


Abbildung B- 10: BARB HW2013, Ganglinien-Vergleich

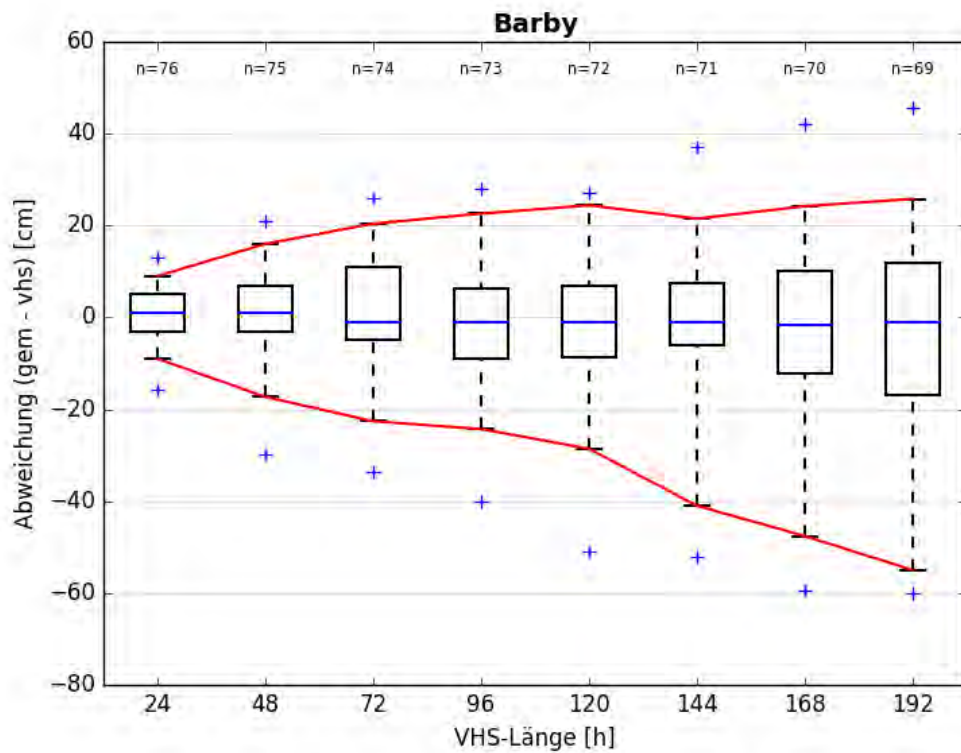


Abbildung B- 11: BARB HW2013, Boxplot

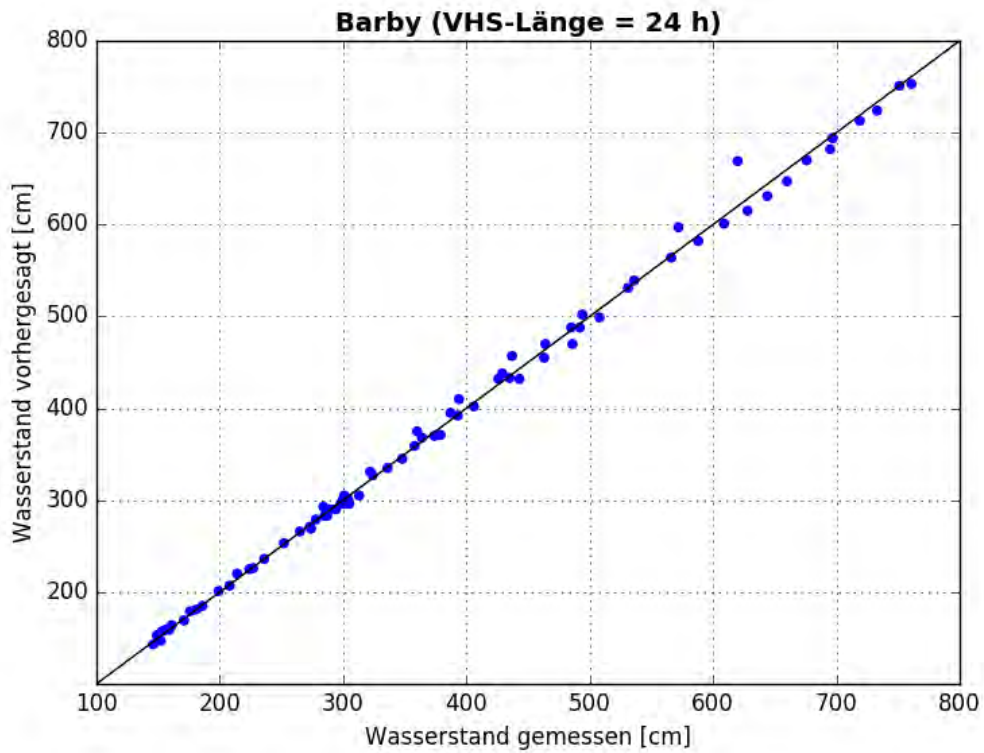


Abbildung B- 12: BARB HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 24 h (VHS)

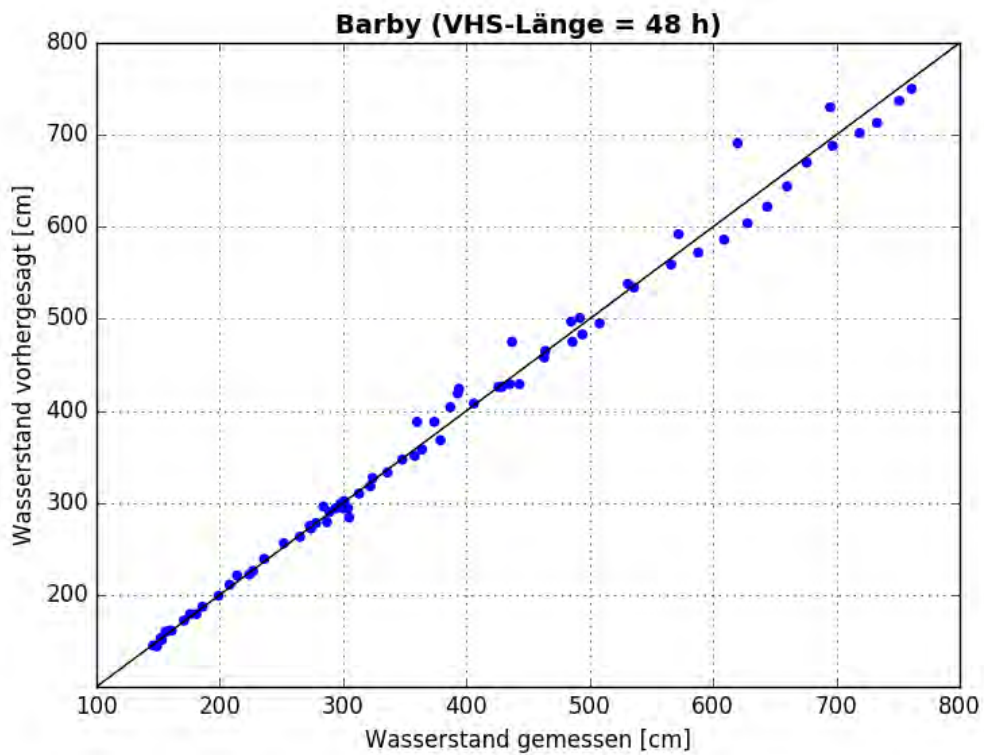


Abbildung B- 13: BARB HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 48 h (VHS)

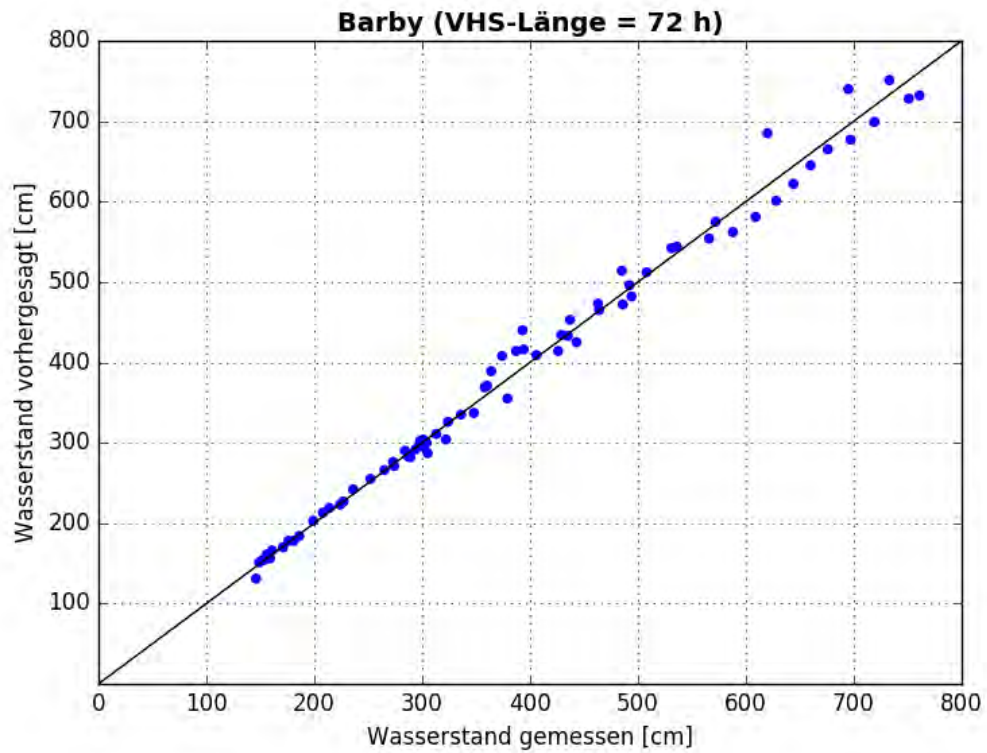


Abbildung B- 14: BARB HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 72 h (VHS)

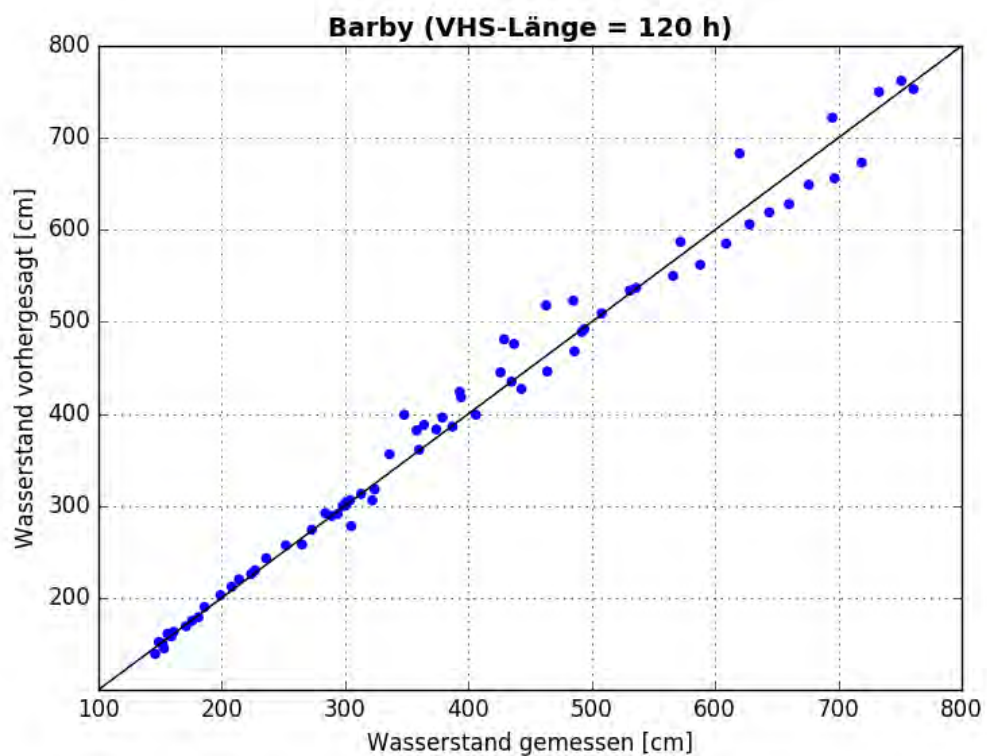


Abbildung B- 15: BARB HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 120 h (Absch.)

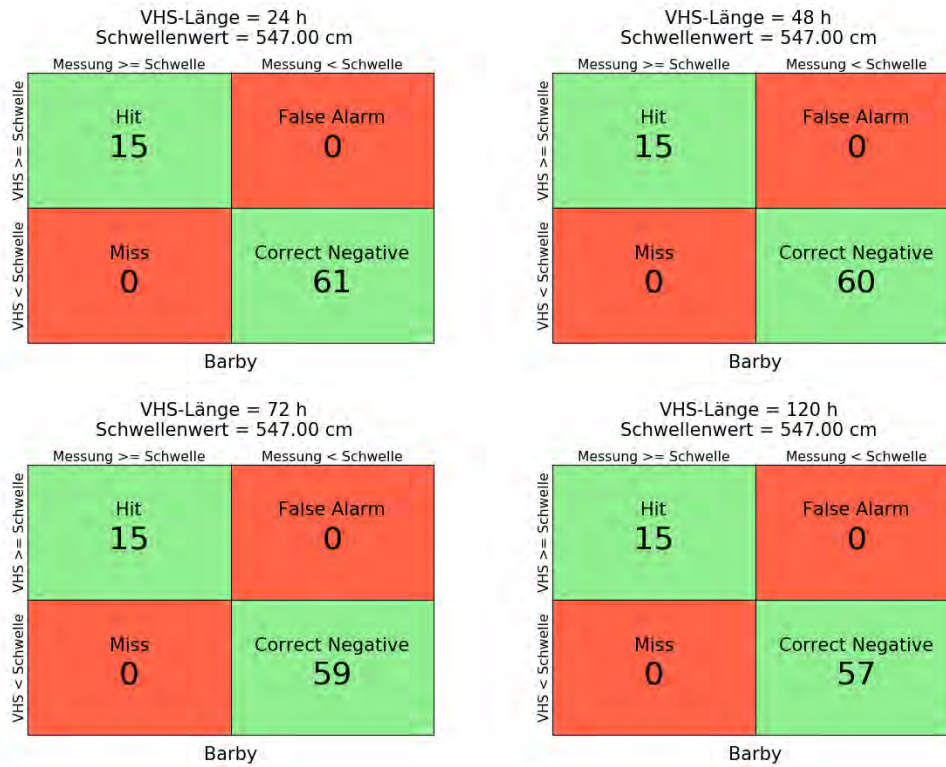


Abbildung B- 16: BARB HW2013, Kontingenztafeln Schwellenwert 547

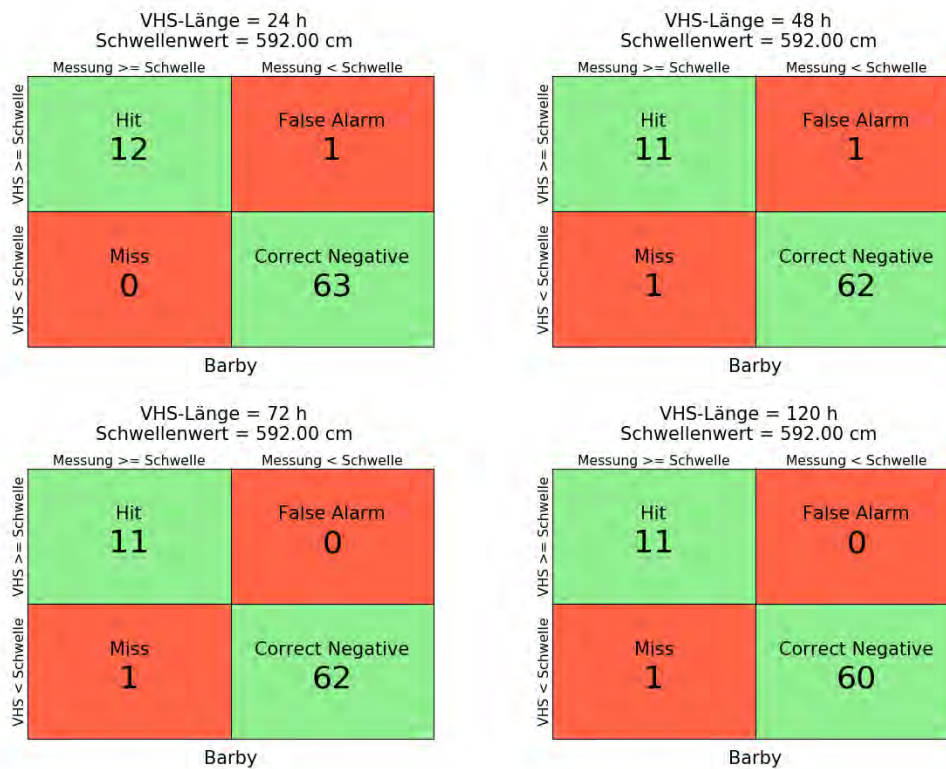


Abbildung B- 17: BARB HW2013, Kontingenztafeln Schwellenwert 592

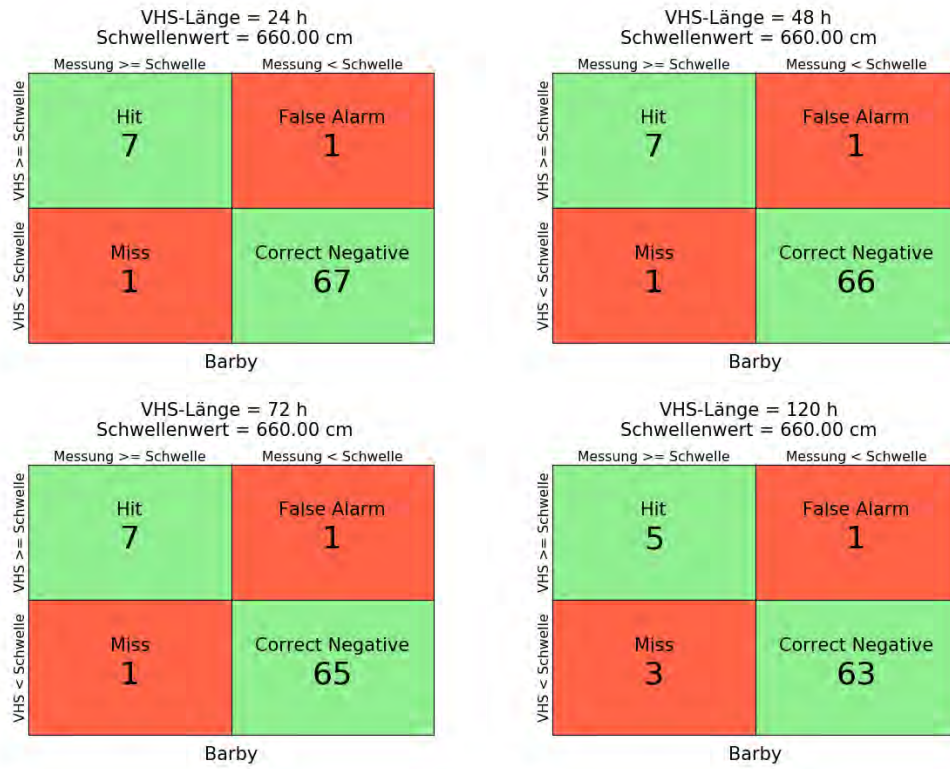


Abbildung B- 18: BARB HW2013, Kontingenztafeln Schwellenwert 660

Hochwasser Mai – Juni 2013 – Variante 2

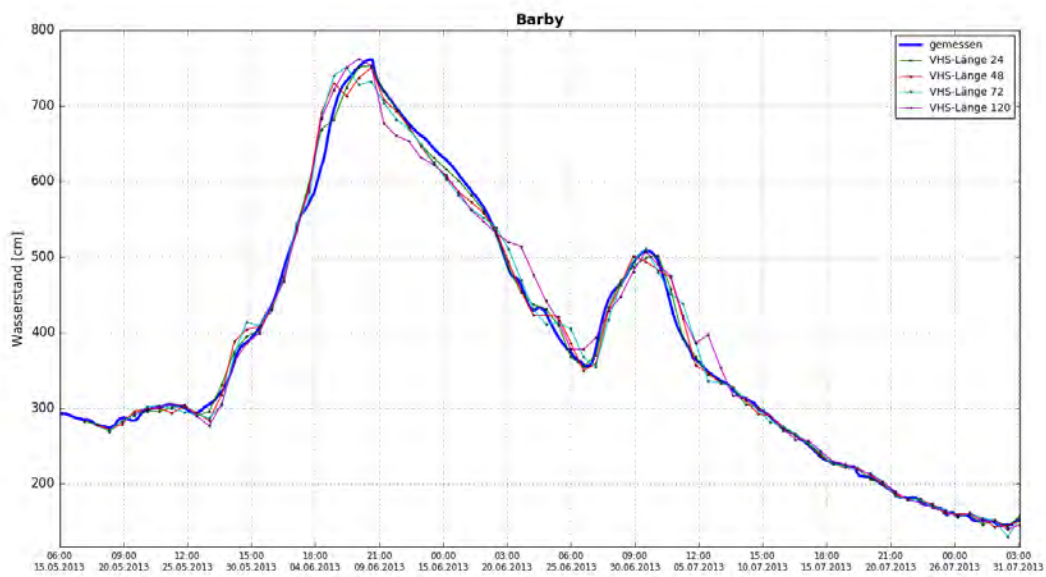


Abbildung B- 19: BARB HW2013, Ganglinien-Vergleich

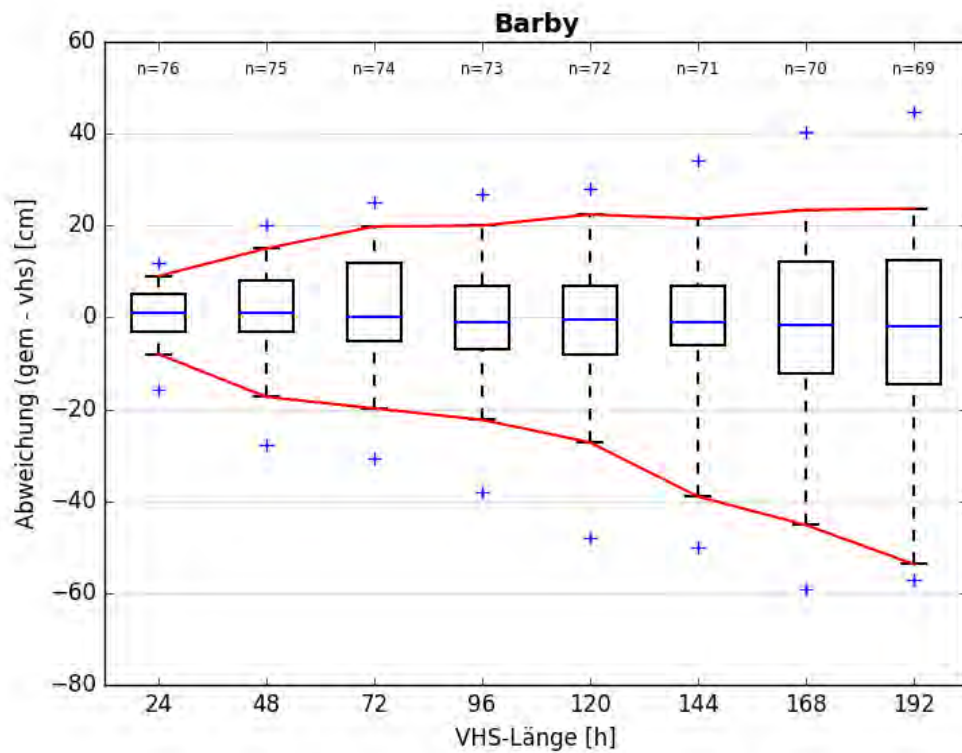


Abbildung B- 20: BARB HW2013, Boxplot

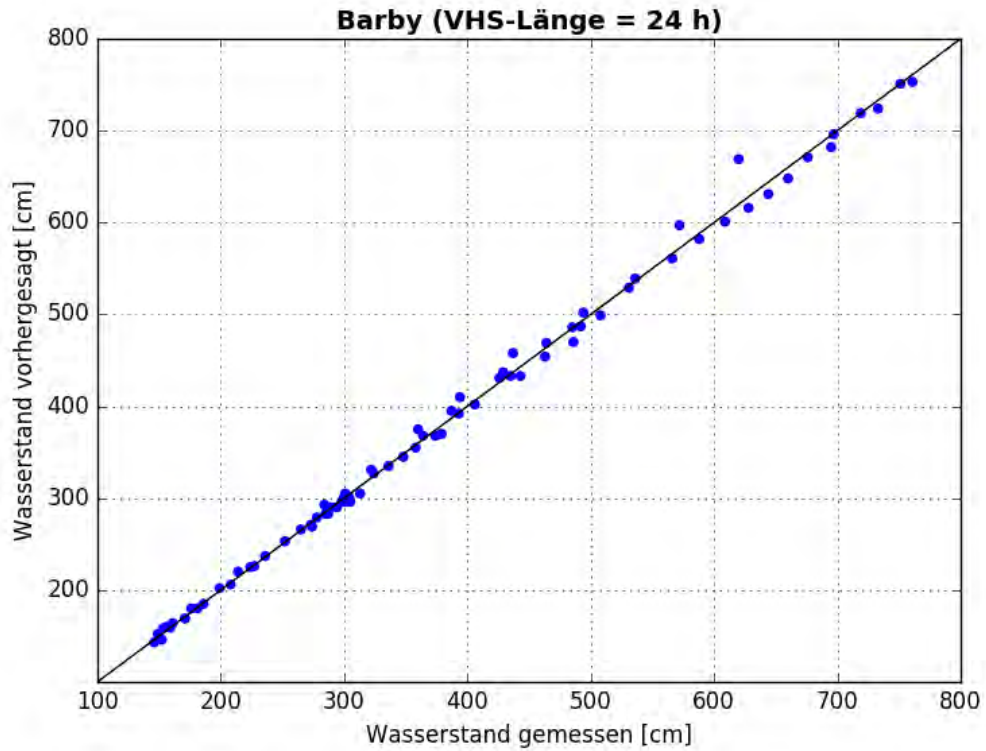


Abbildung B- 21: BARB HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 24 h (VHS)

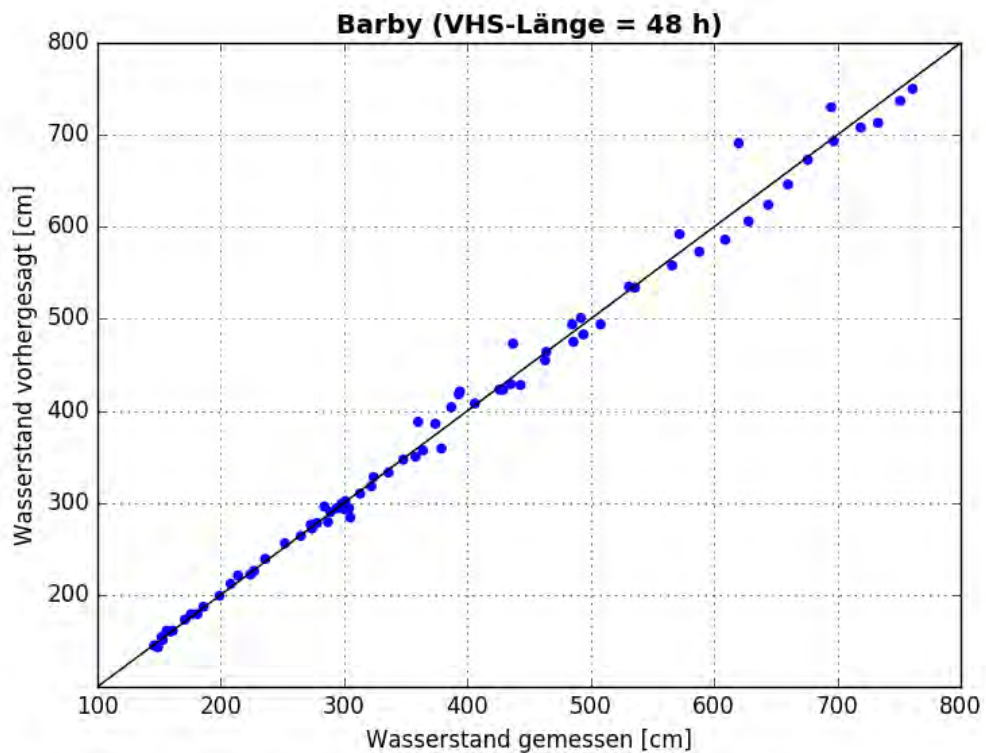


Abbildung B- 22: BARB HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 48 h (VHS)

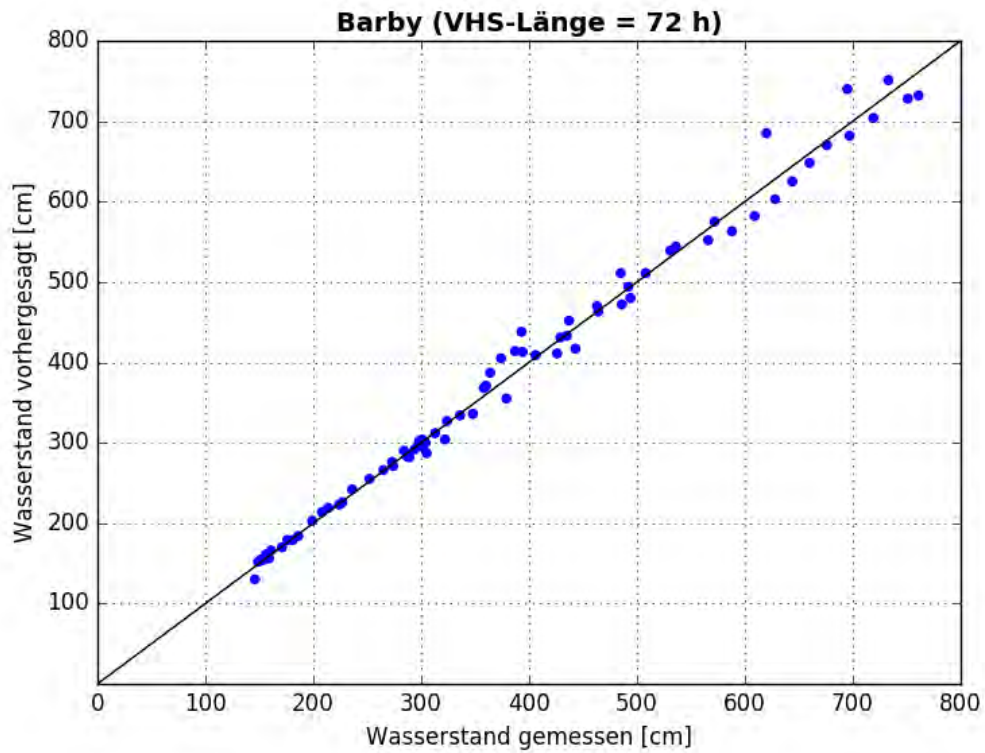


Abbildung B- 23: BARB HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 72 h (VHS)

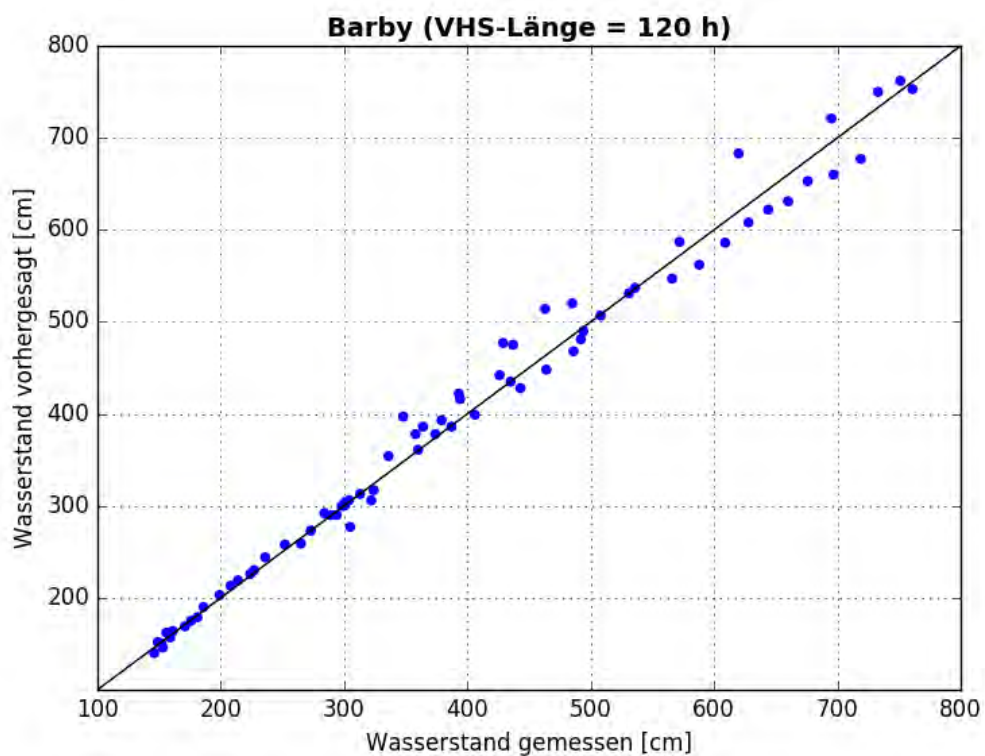


Abbildung B- 24: BARB HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 120 h (Absch.)

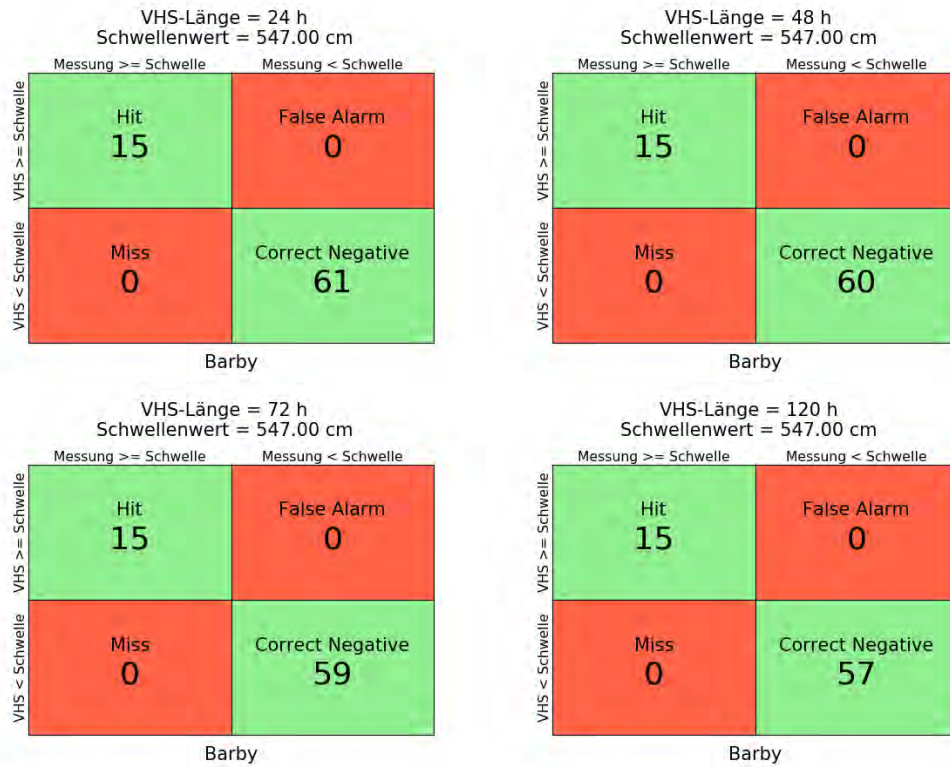


Abbildung B- 25: BARB HW2013, Kontingenztafeln Schwellenwert 547

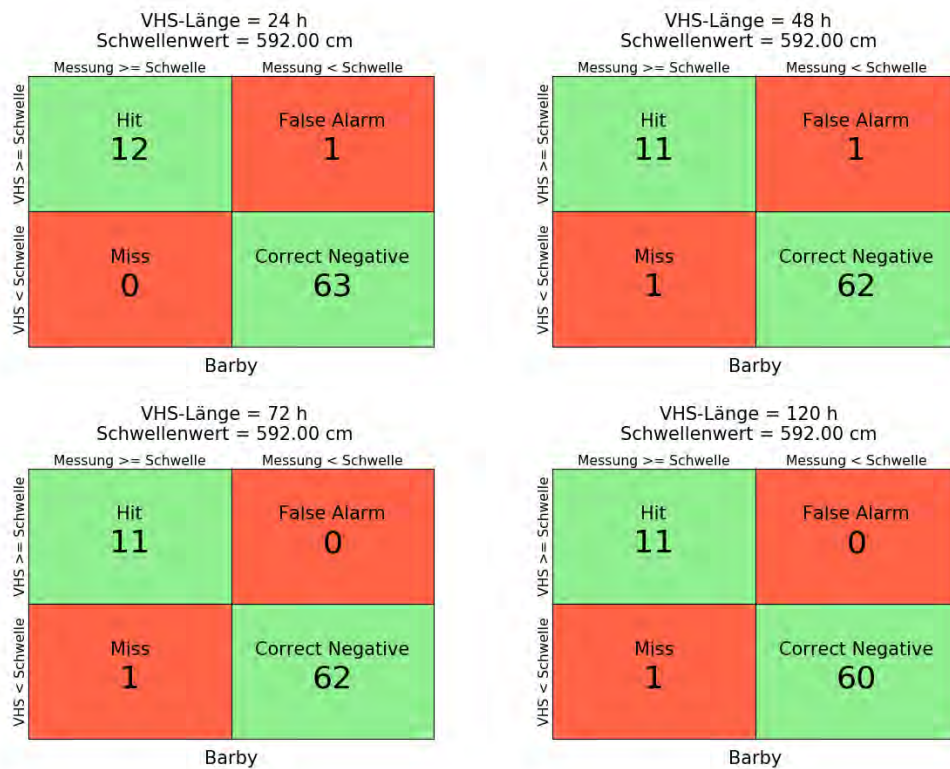


Abbildung B- 26: BARB HW2013, Kontingenztafeln Schwellenwert 592

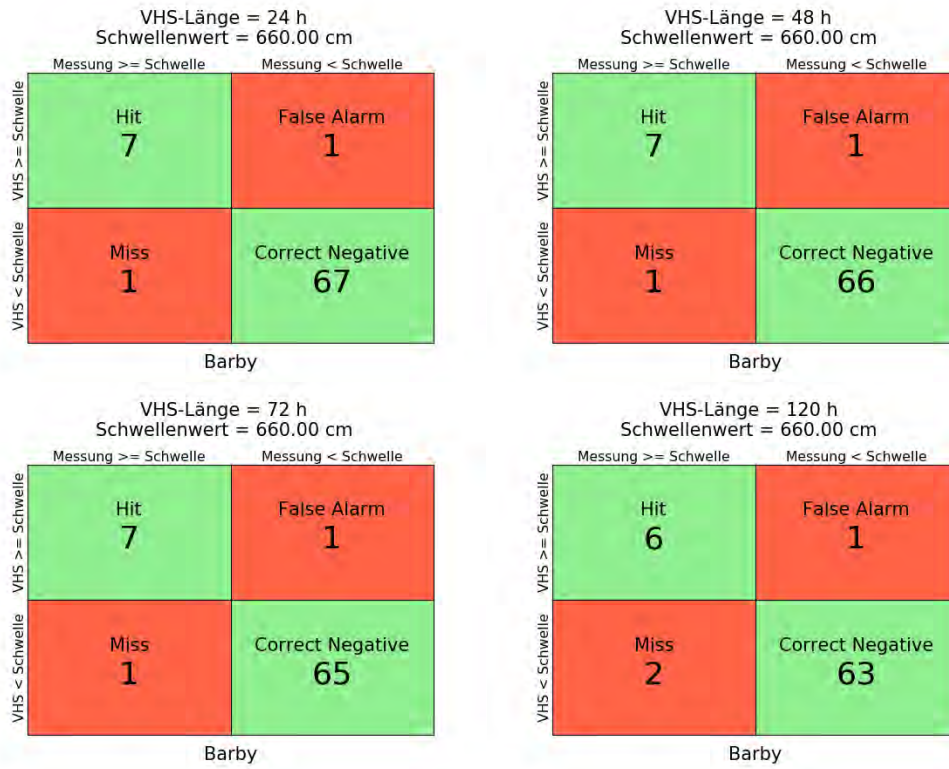


Abbildung B- 27: BARB HW2013, Kontingenztafeln Schwellenwert 660

Hochwasser Mai – Juni 2013 – Variante 3a

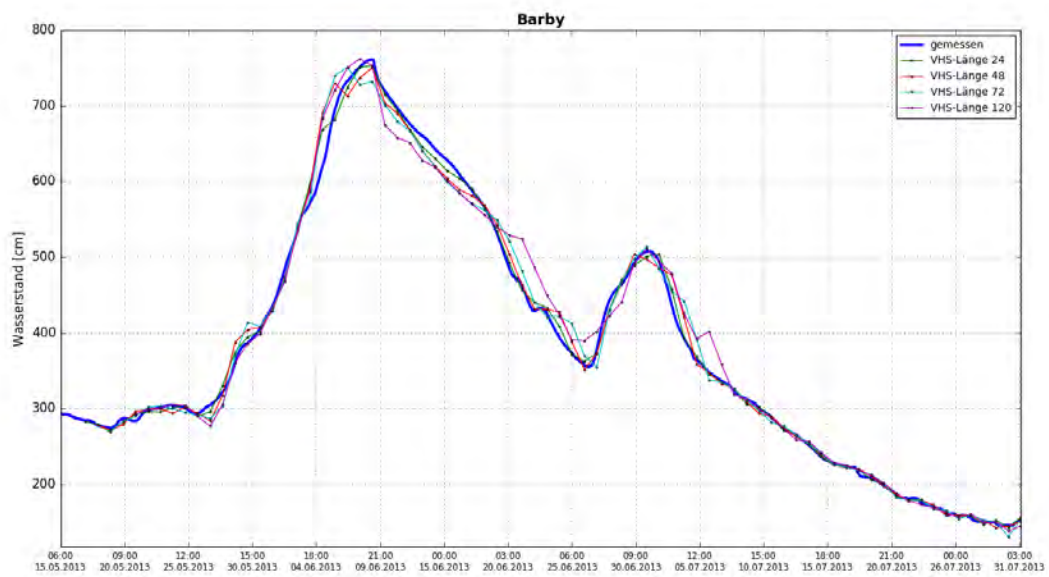


Abbildung B- 28: BARB HW2013, Ganglinien-Vergleich

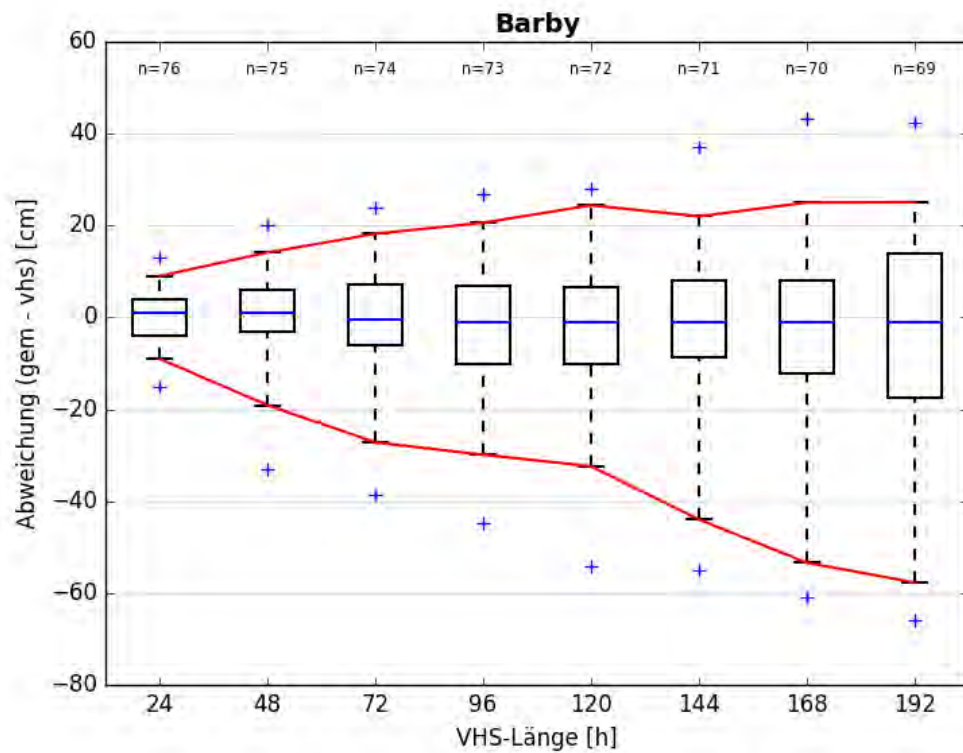


Abbildung B- 29: BARB HW2013, Boxplot

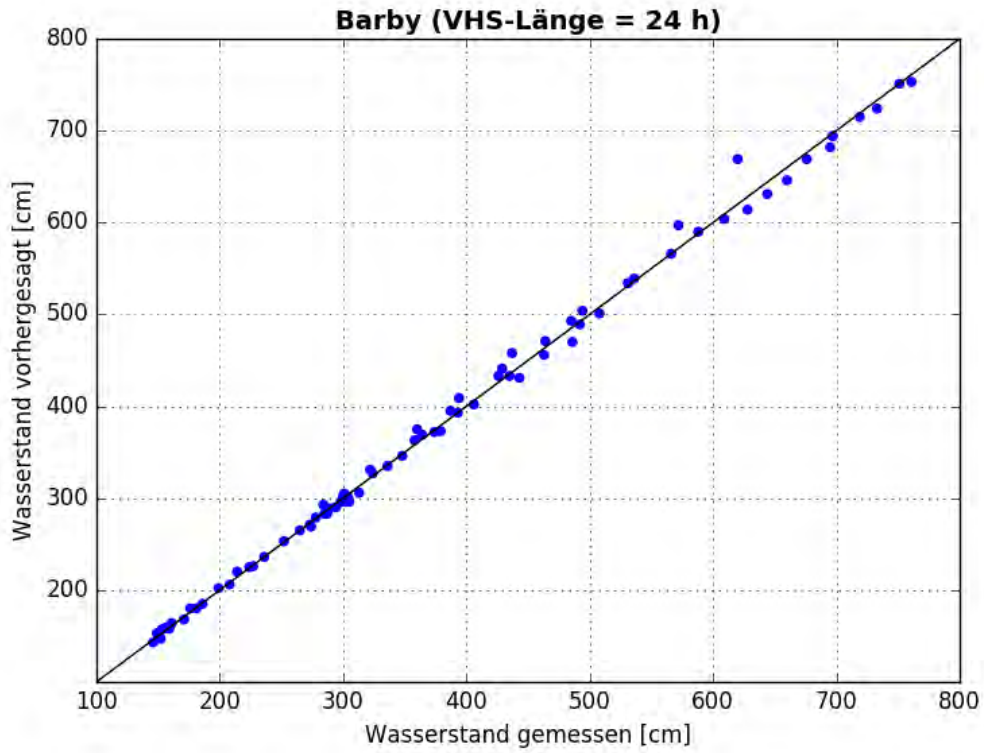


Abbildung B- 30: BARB HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 24 h (VHS)

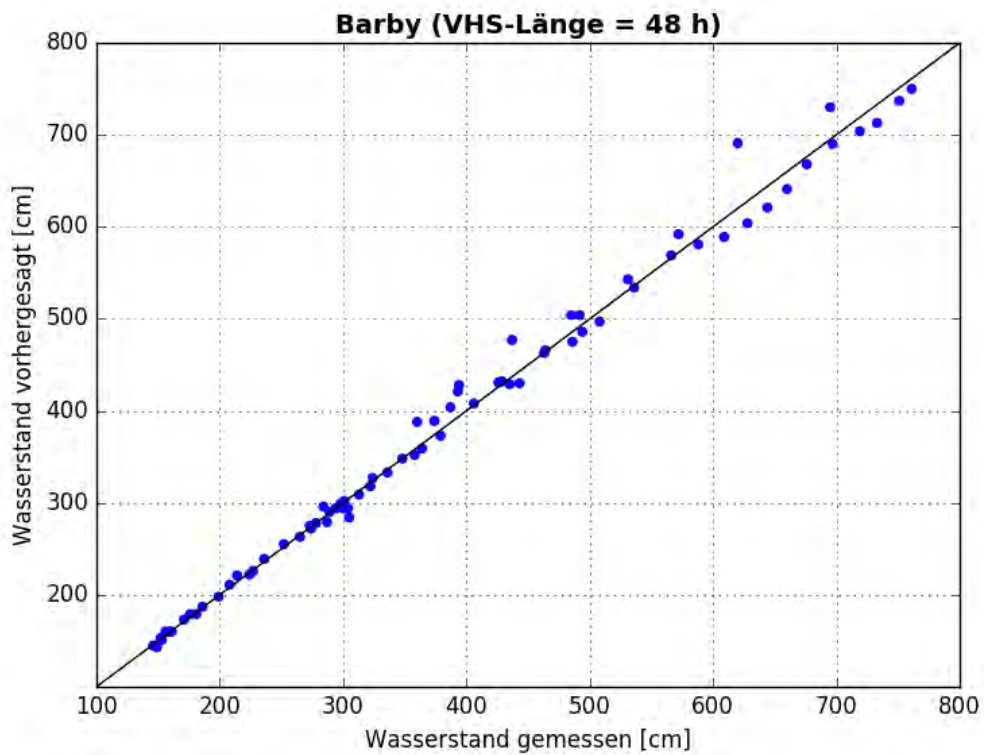


Abbildung B- 31: BARB HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 48 h (VHS)

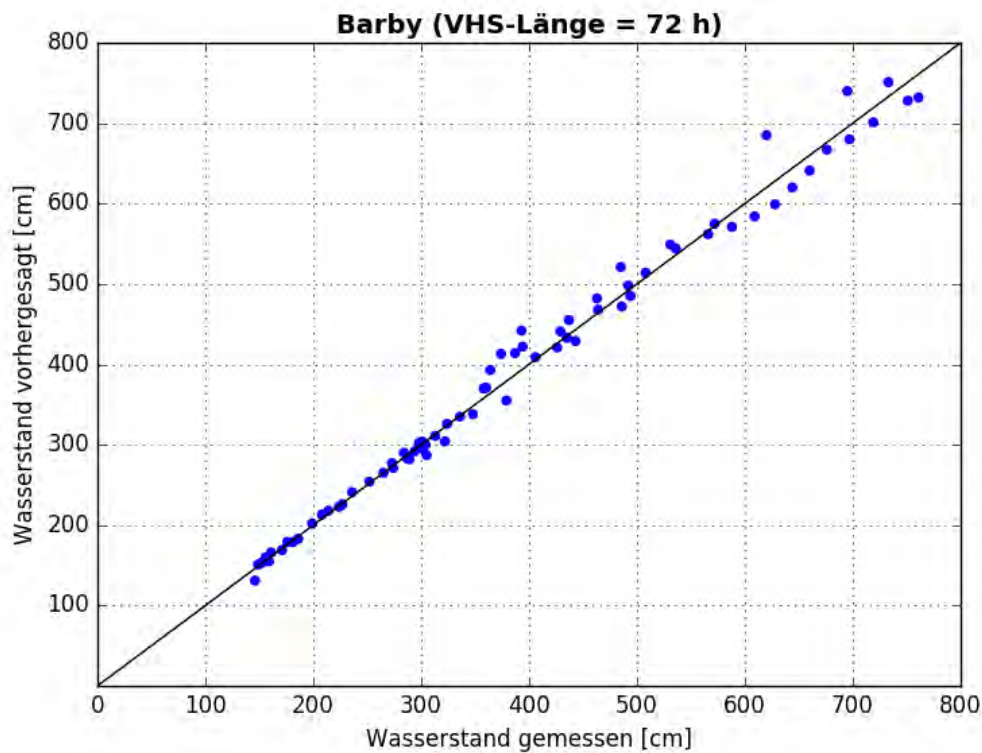


Abbildung B- 32: BARB HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 72 h (VHS)

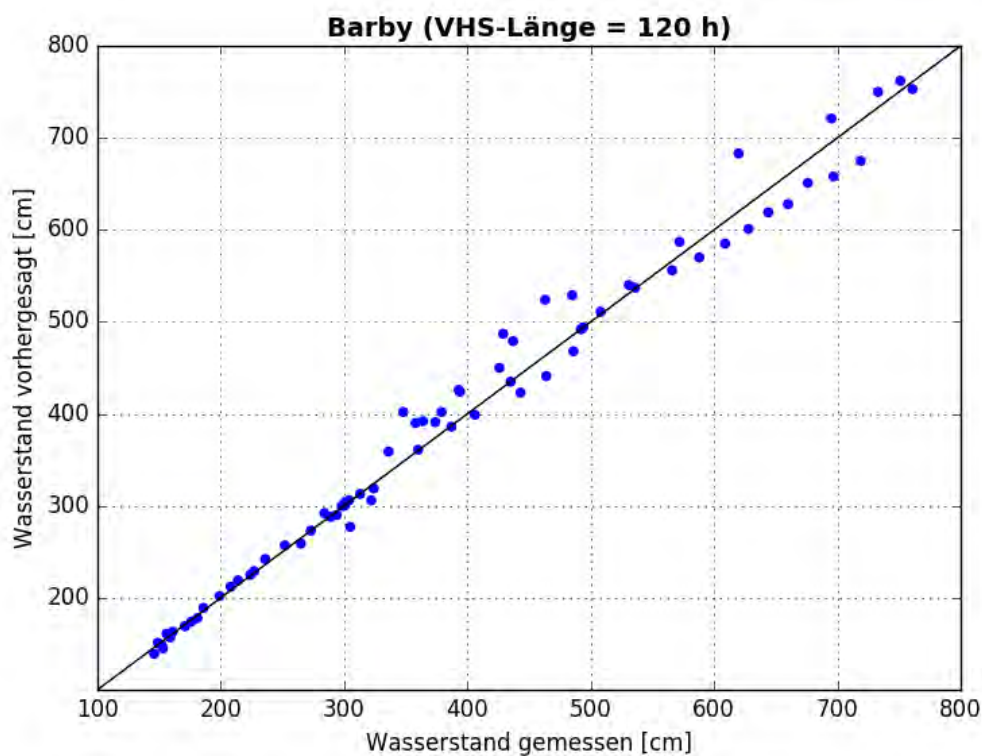


Abbildung B- 33: BARB HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 120 h (Absch.)

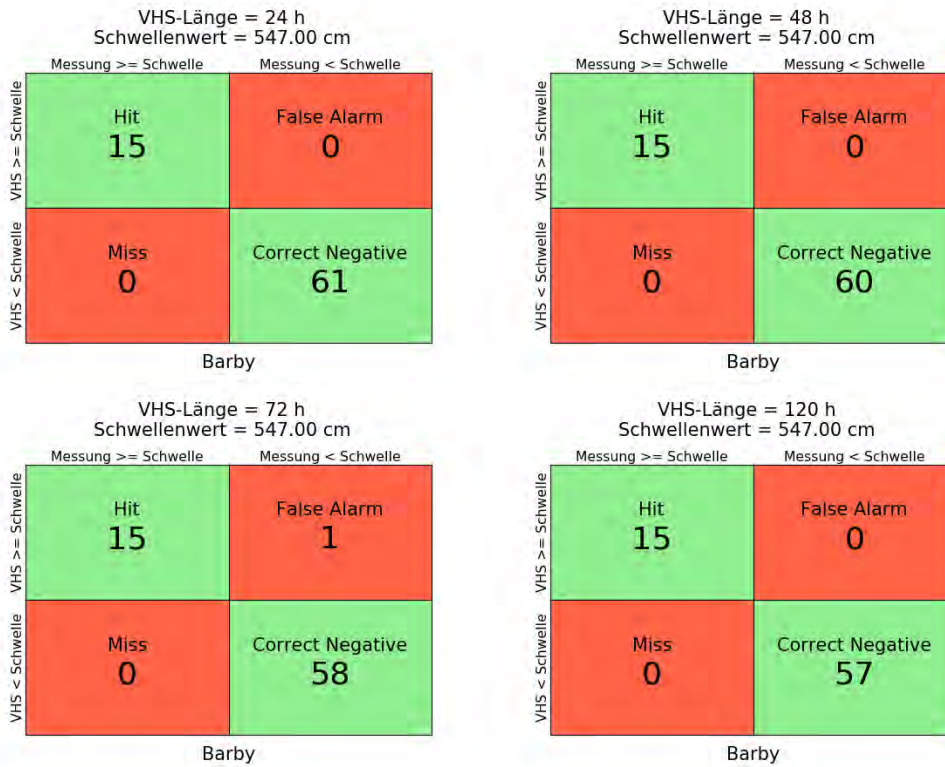


Abbildung B- 34: BARB HW2013, Kontingenztafeln Schwellenwert 547

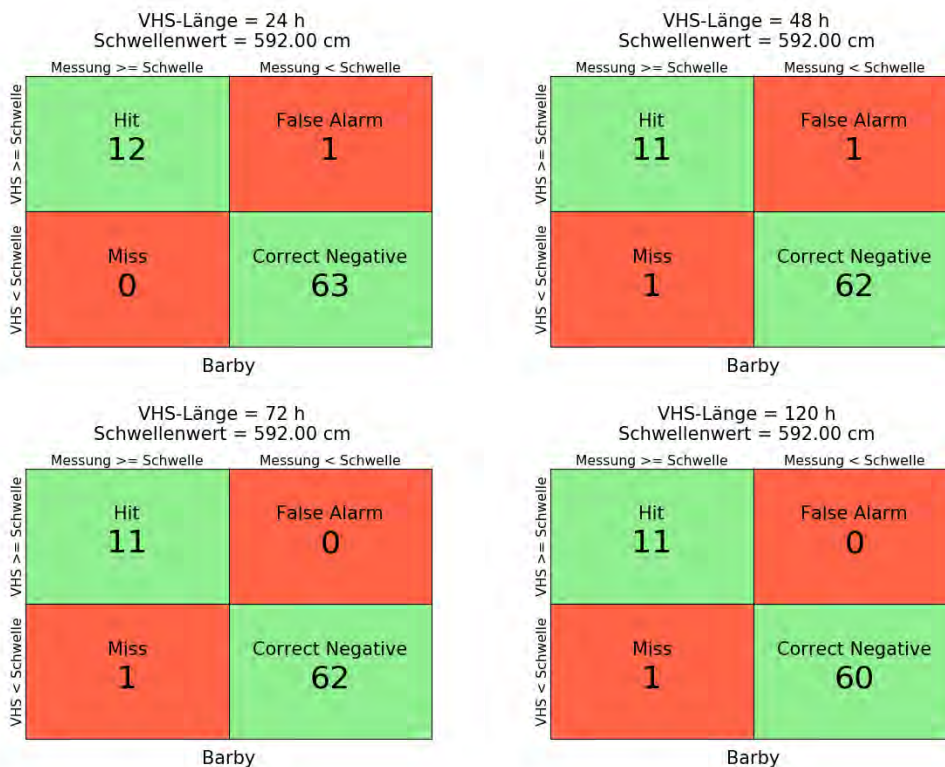


Abbildung B- 35: BARB HW2013, Kontingenztafeln Schwellenwert 592

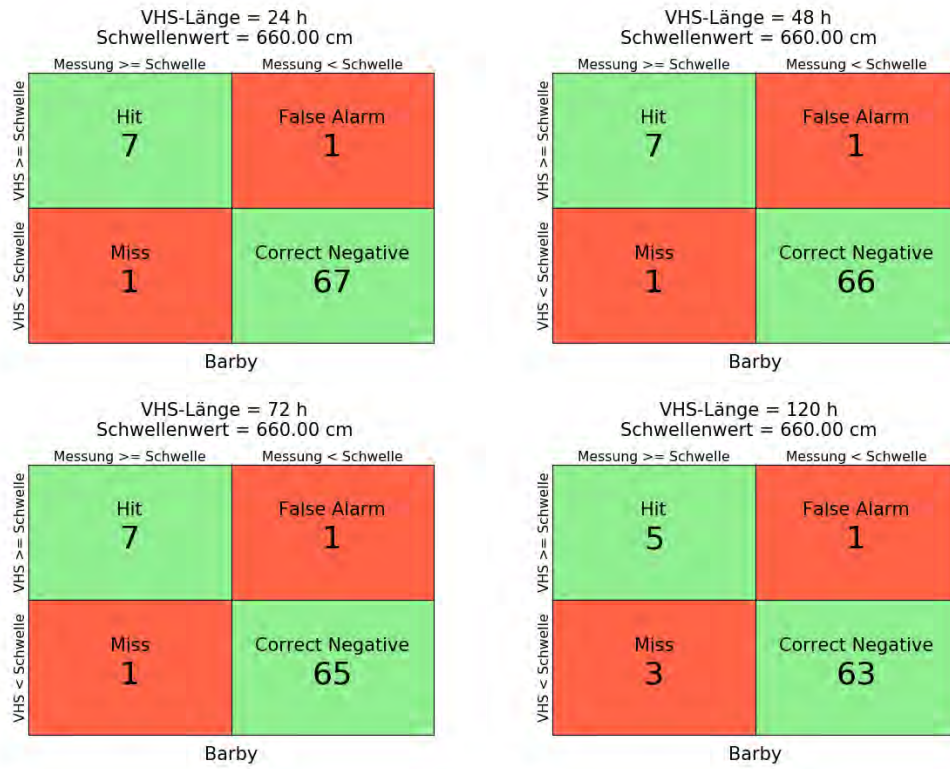


Abbildung B- 36: BARB HW2013, Kontingenztafeln Schwellenwert 660

Hochwasser Mai – Juni 2013 – Variante 4a

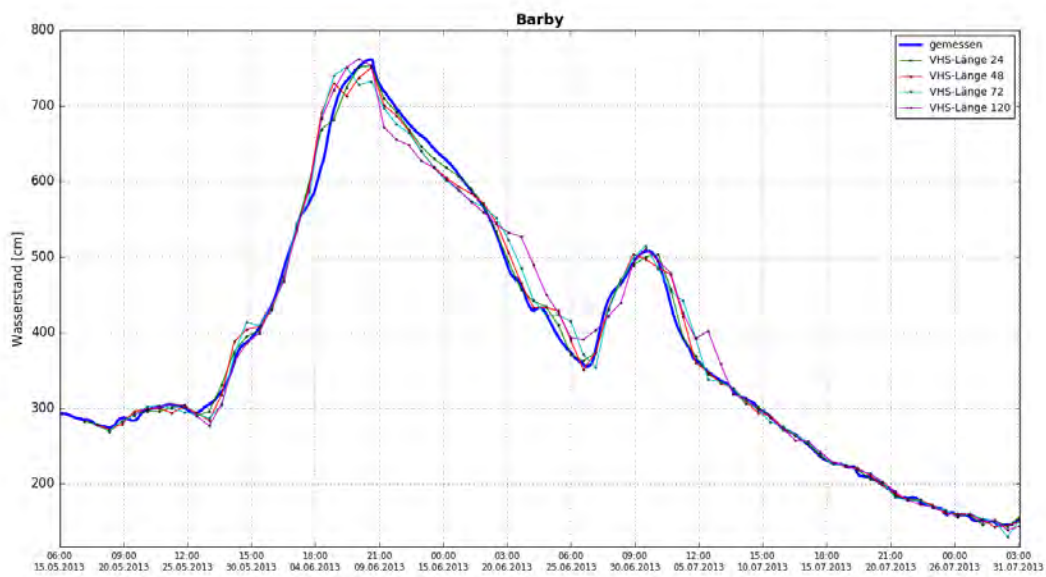


Abbildung B- 37: BARB HW2013, Ganglinien-Vergleich

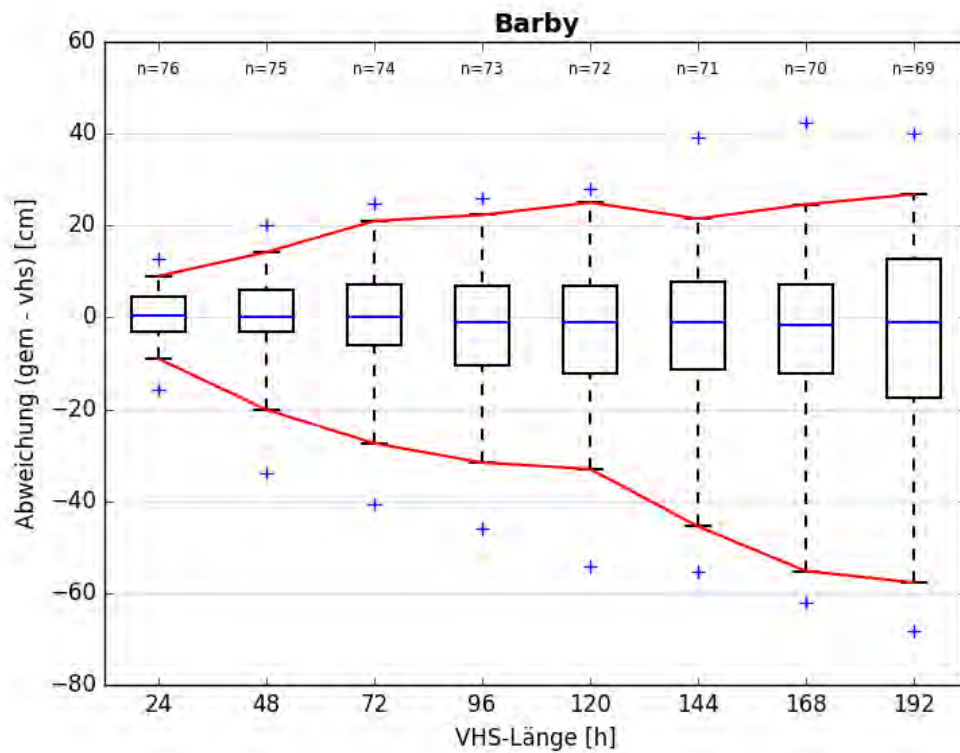


Abbildung B- 38: BARB HW2013, Boxplot

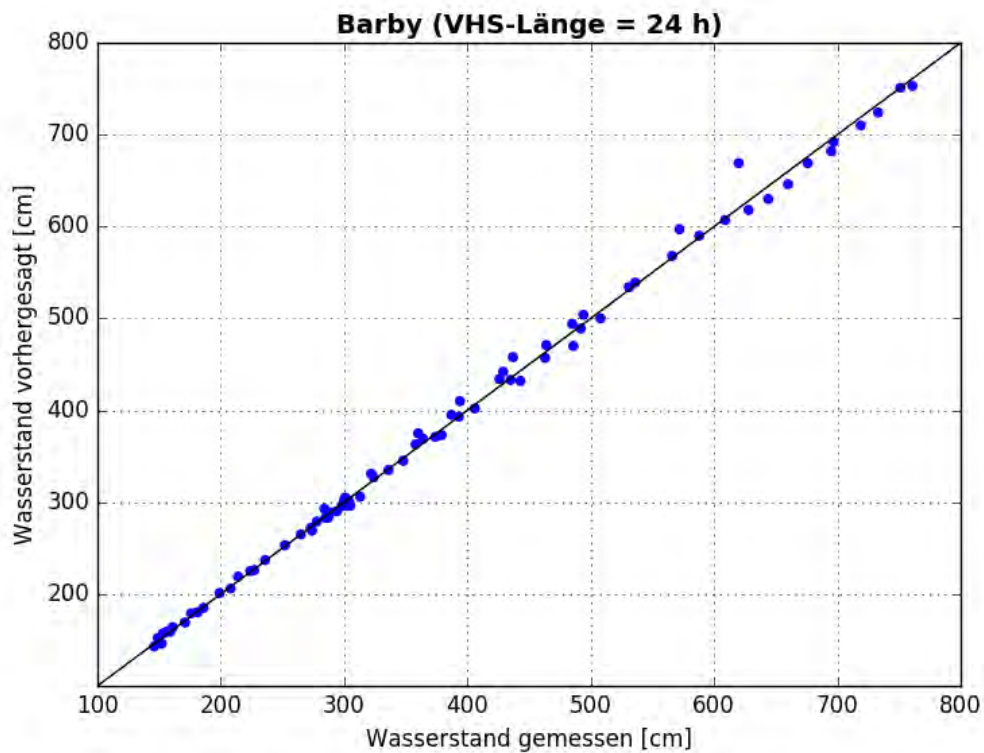


Abbildung B- 39: BARB HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 24 h (VHS)

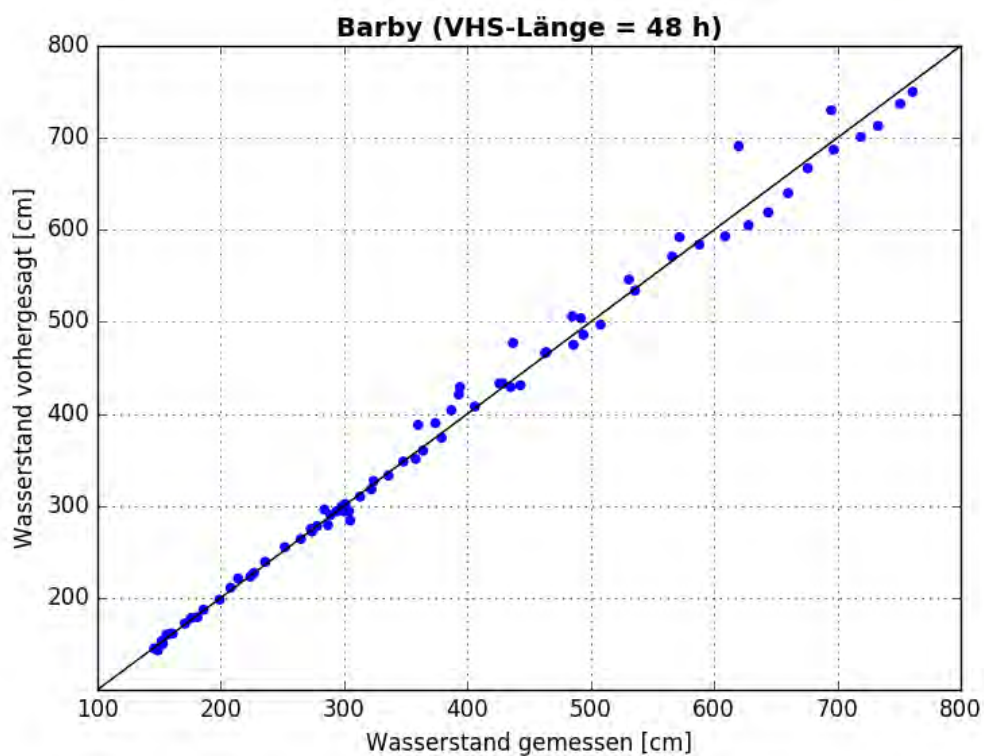


Abbildung B- 40: BARB HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 48 h (VHS)

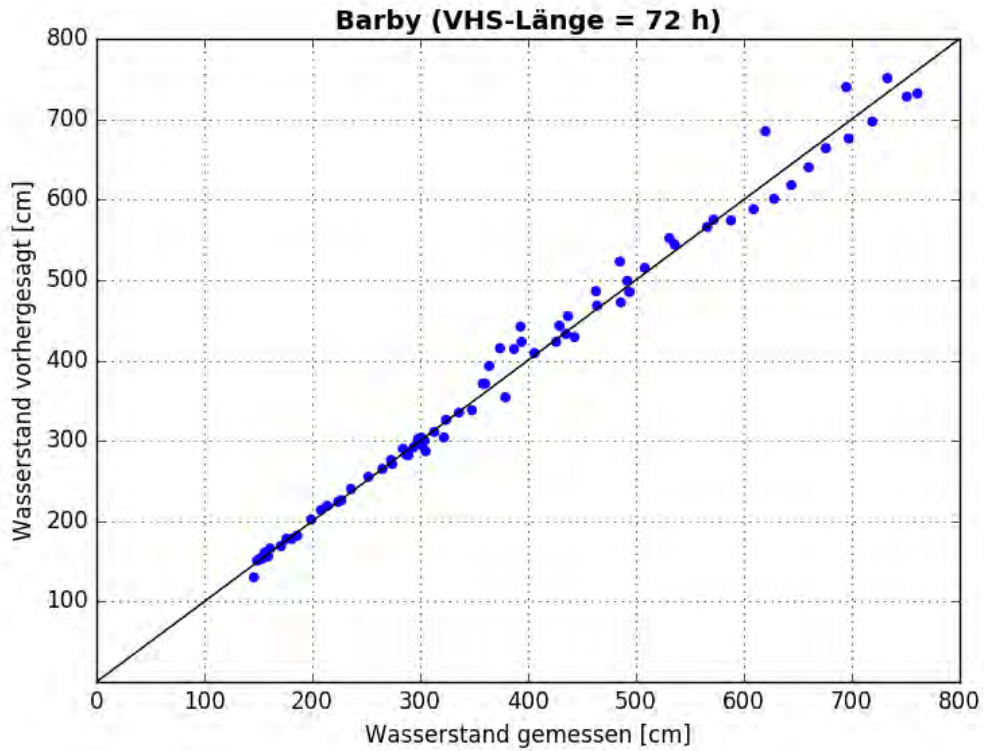


Abbildung B- 41: BARB HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 72 h (VHS)

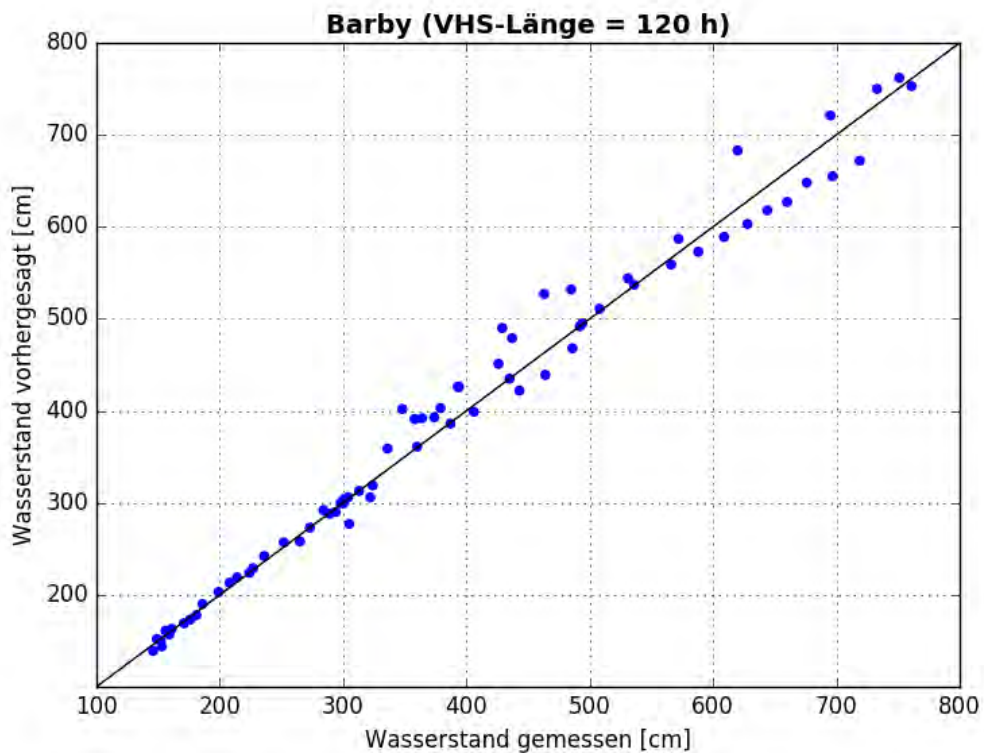


Abbildung B- 42: BARB HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 120 h (Absch.)

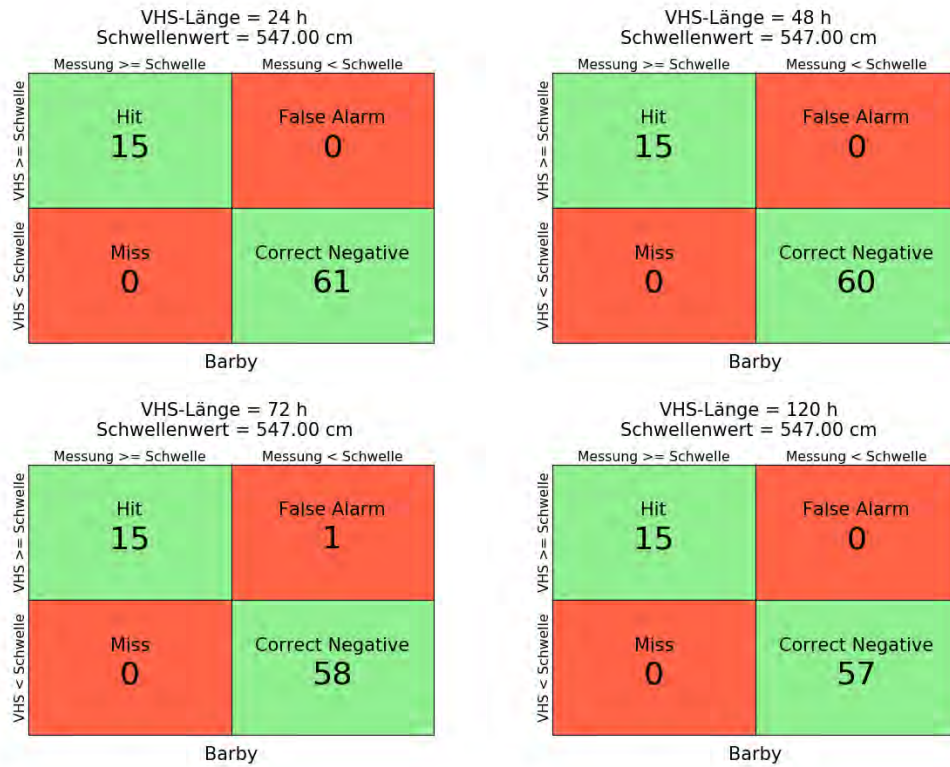


Abbildung B- 43: BARB HW2013, Kontingenztafeln Schwellenwert 547

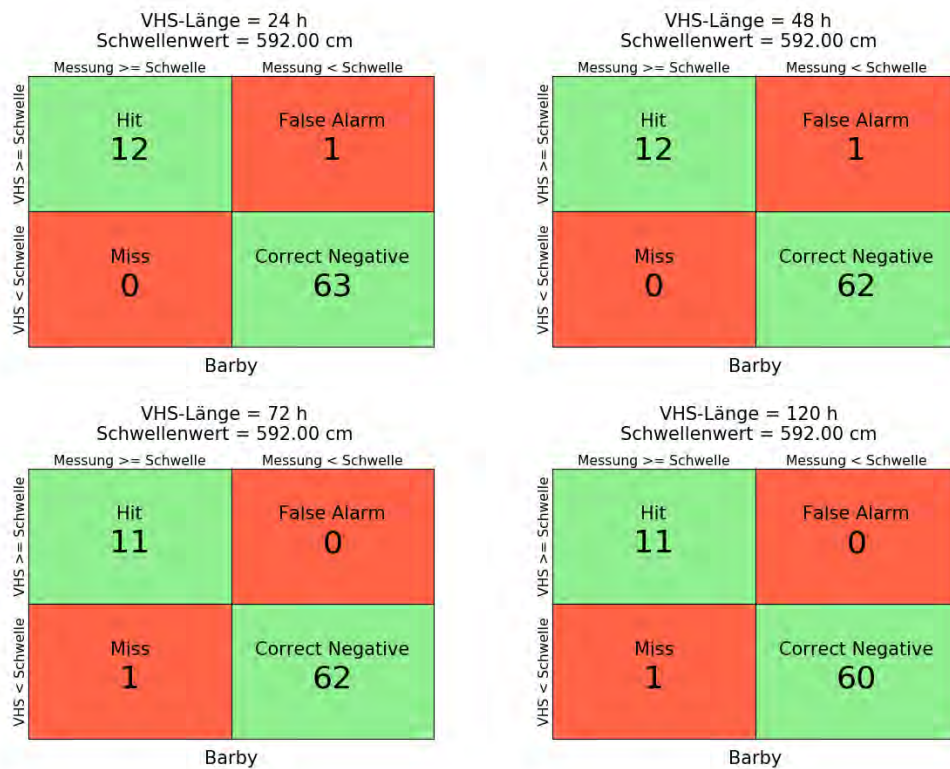


Abbildung B- 44: BARB HW2013, Kontingenztafeln Schwellenwert 592

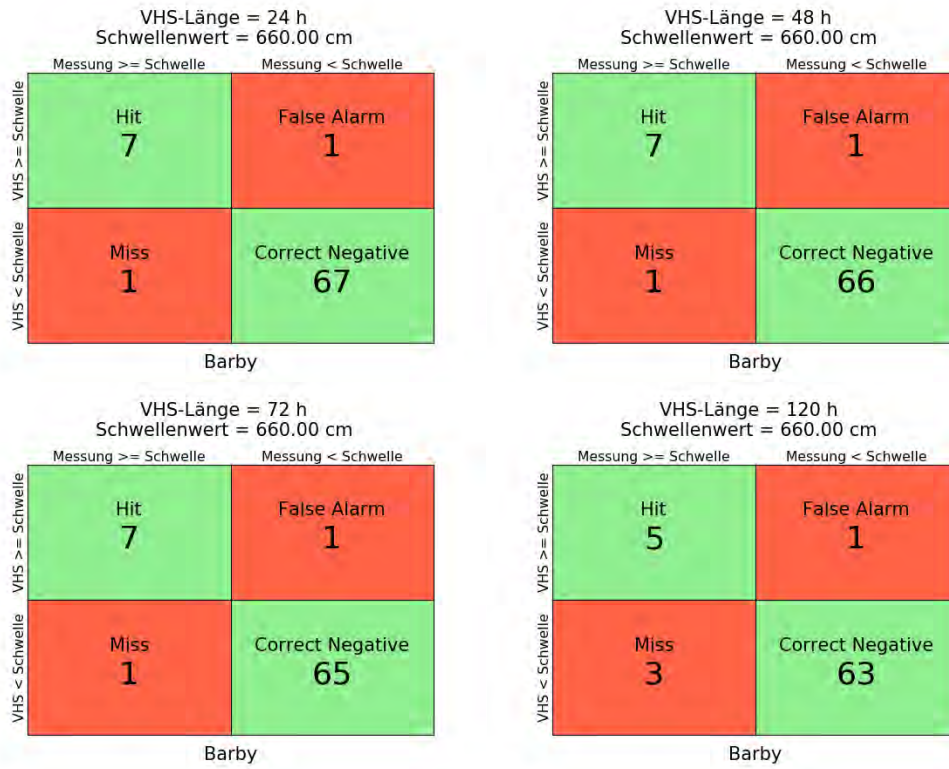


Abbildung B- 45: BARB HW2013, Kontingenztafeln Schwellenwert 660

Hochwasser Mai – Juni 2013 – Variante 1b

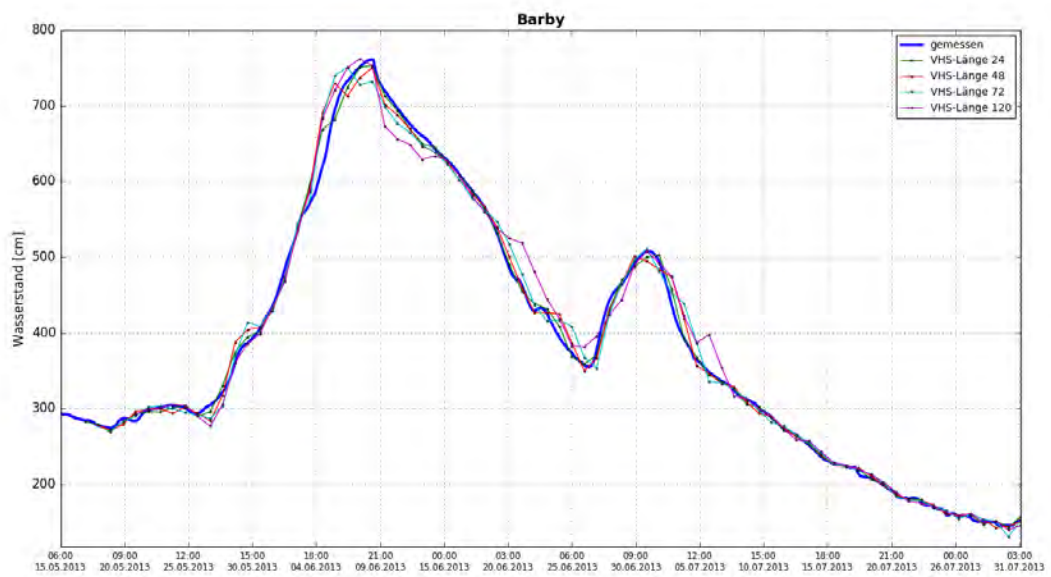


Abbildung B- 46: BARB HW2013, Ganglinien-Vergleich

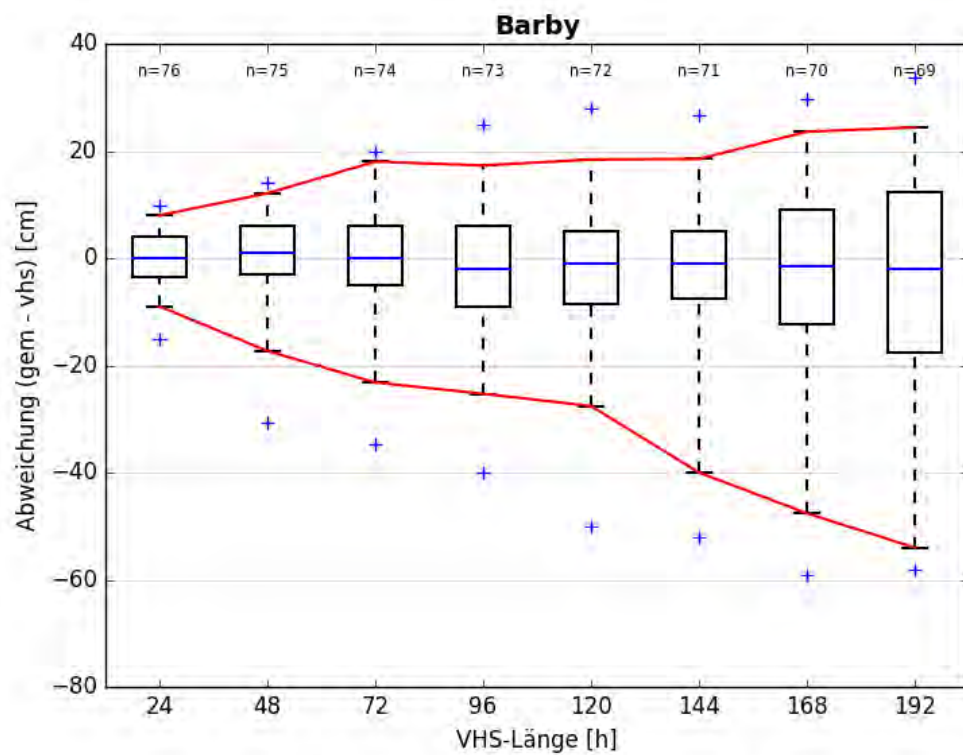


Abbildung B- 47: BARB HW2013, Boxplot

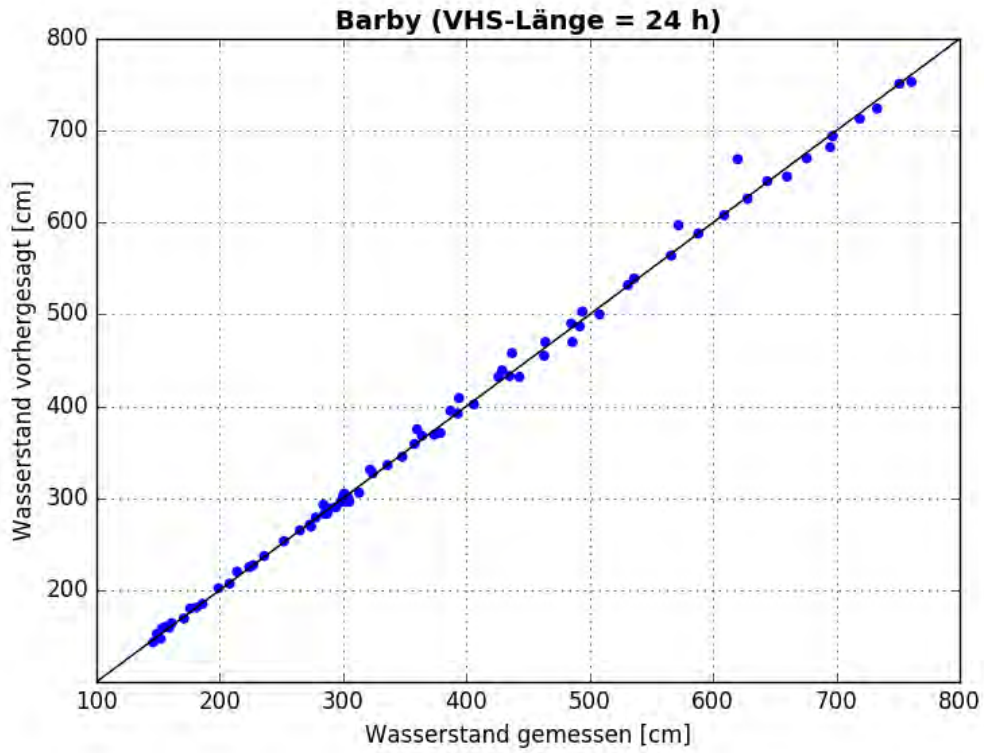


Abbildung B- 48: BARB HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 24 h (VHS)

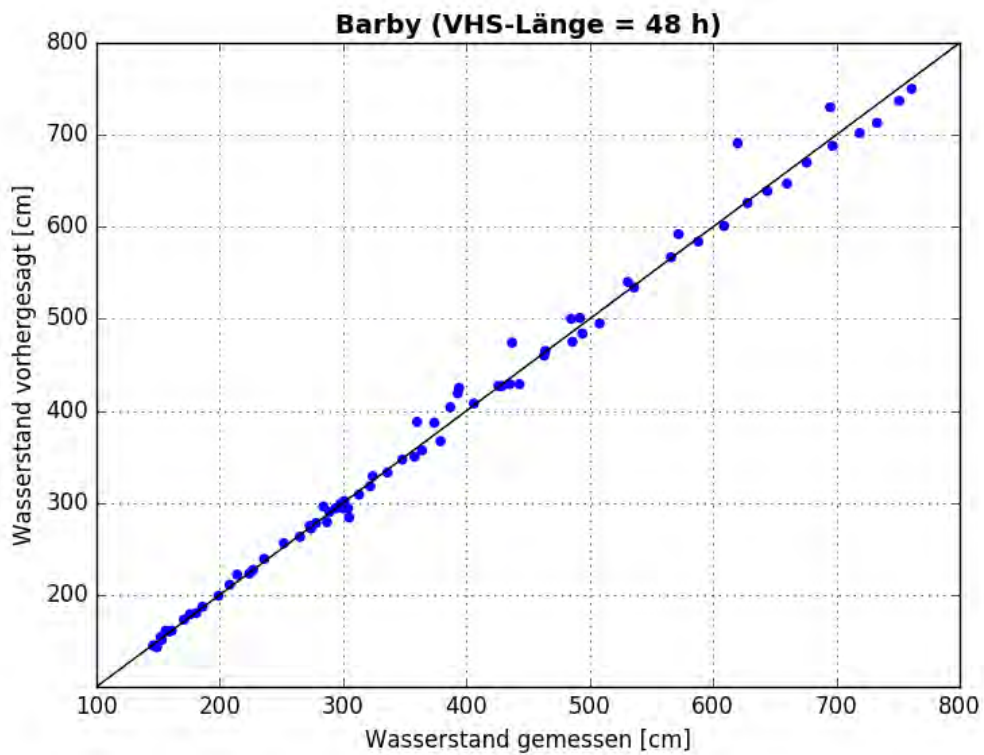


Abbildung B- 49: BARB HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 48 h (VHS)

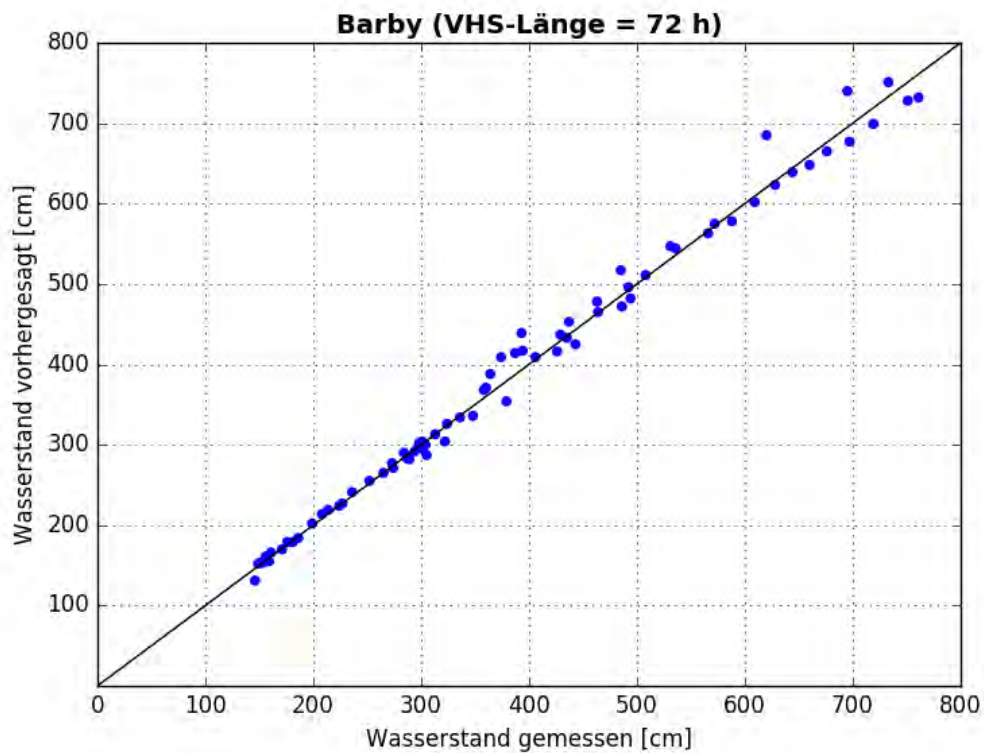


Abbildung B- 50: BARB HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 72 h (VHS)

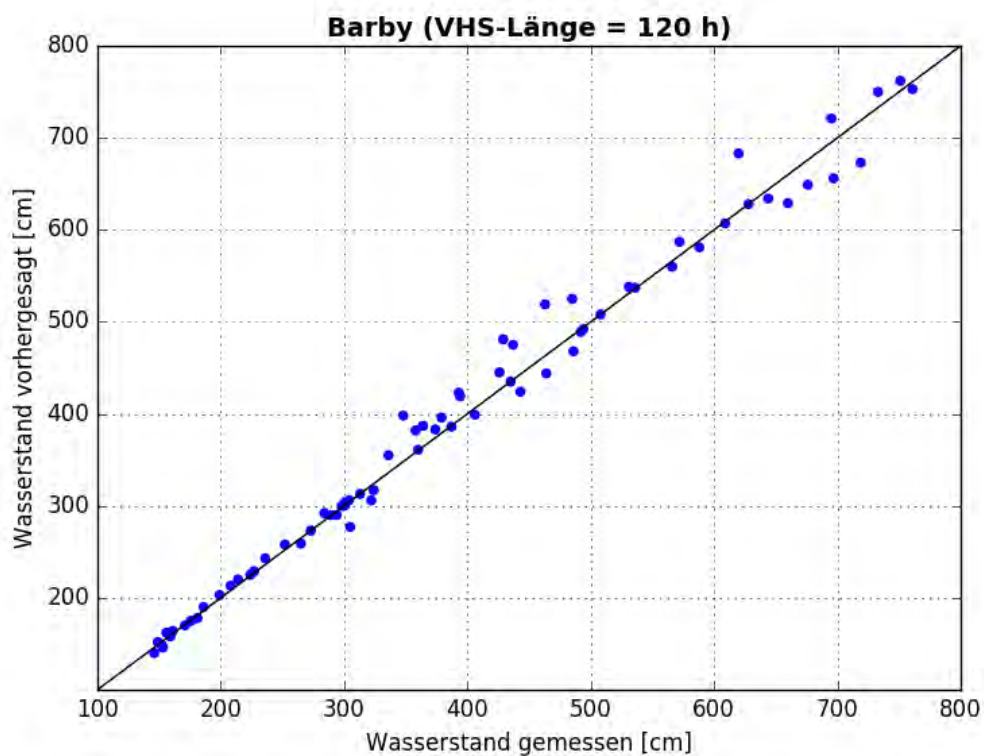


Abbildung B- 51: BARB HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 120 h (Absch.)

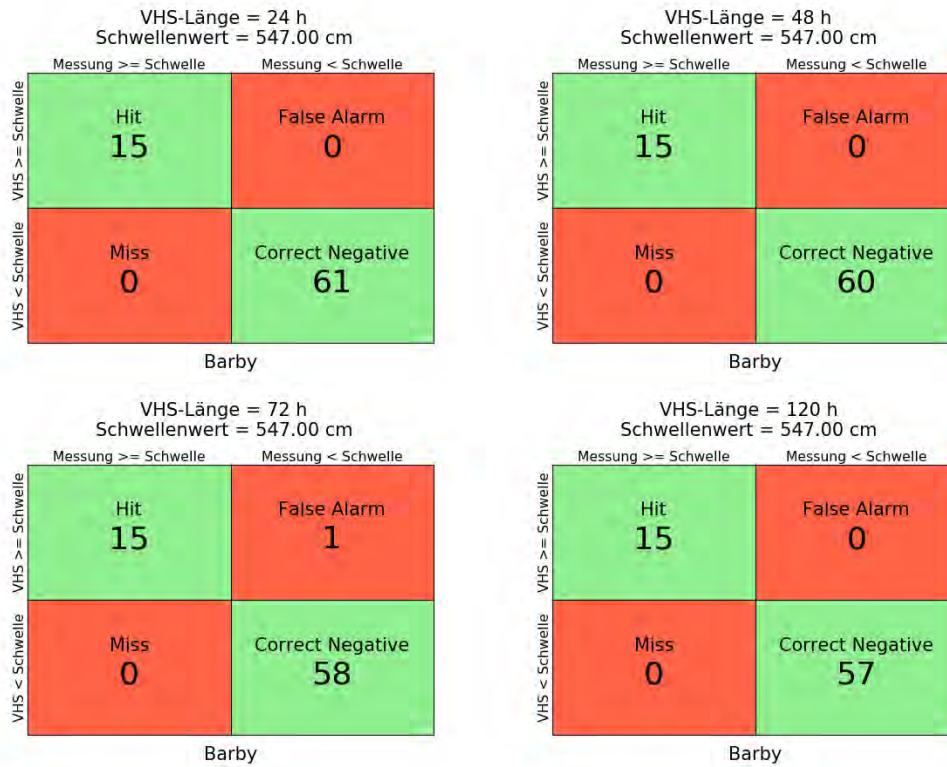


Abbildung B- 52: BARB HW2013, Kontingenztafeln Schwellenwert 547

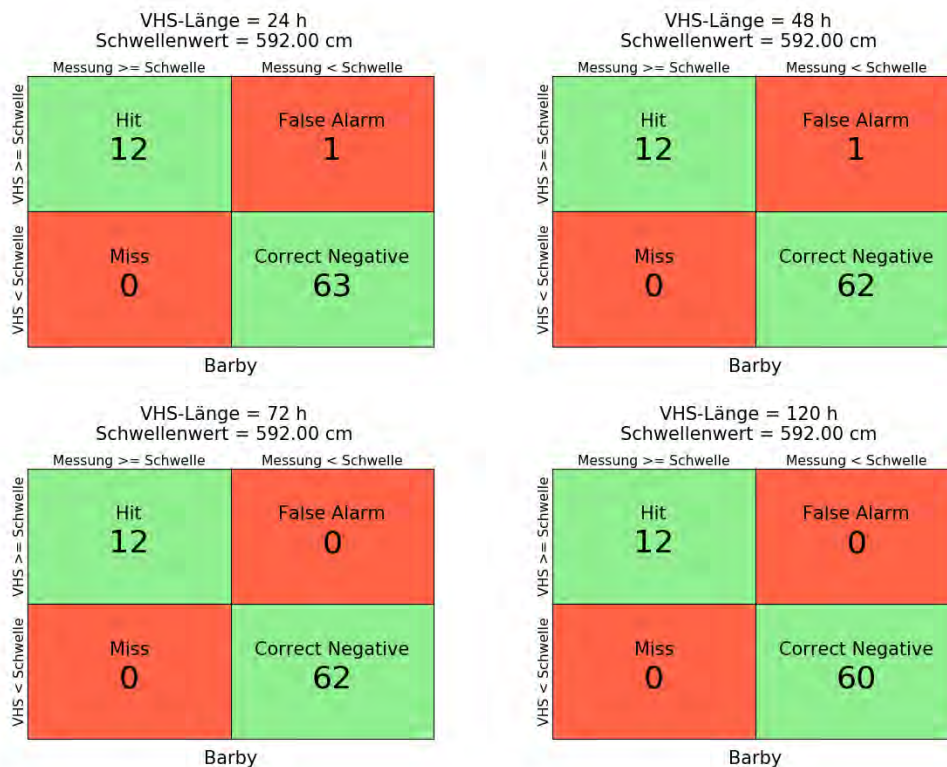


Abbildung B- 53: BARB HW2013, Kontingenztafeln Schwellenwert 592

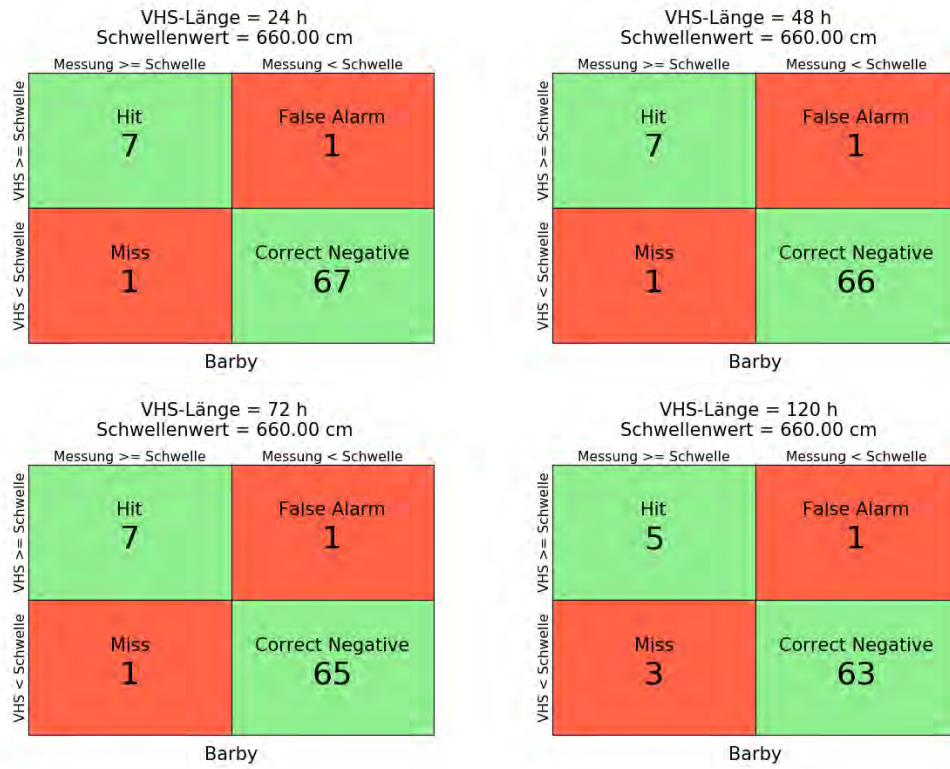


Abbildung B- 54: BARB HW2013, Kontingenztafeln Schwellenwert 660

Hochwasser Mai – Juni 2013 – Variante 3b

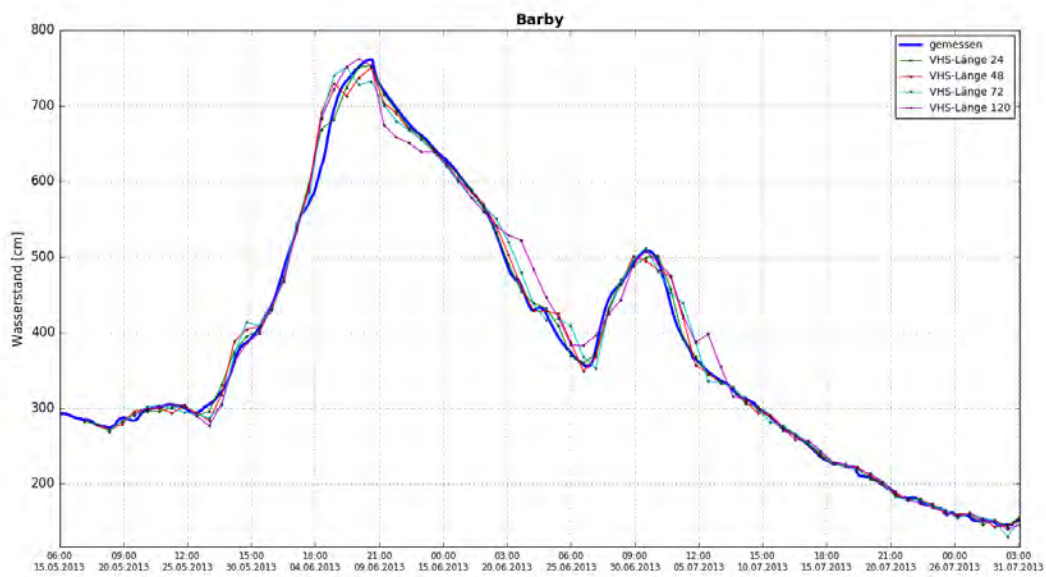


Abbildung B- 55: BARB HW2013, Ganglinien-Vergleich

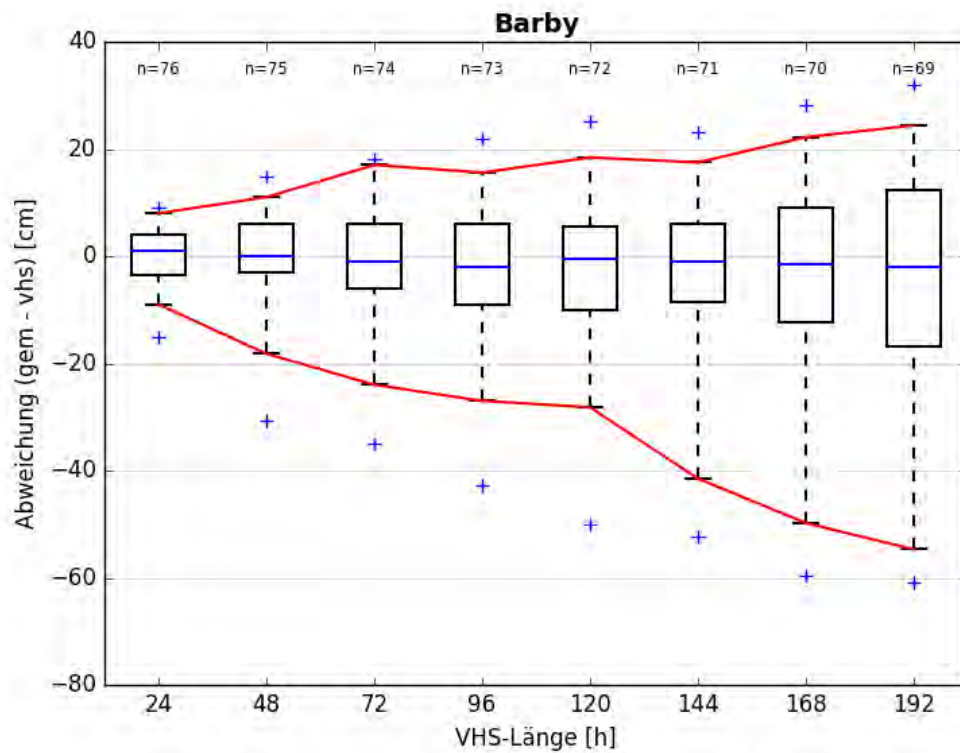


Abbildung B- 56: BARB HW2013, Boxplot

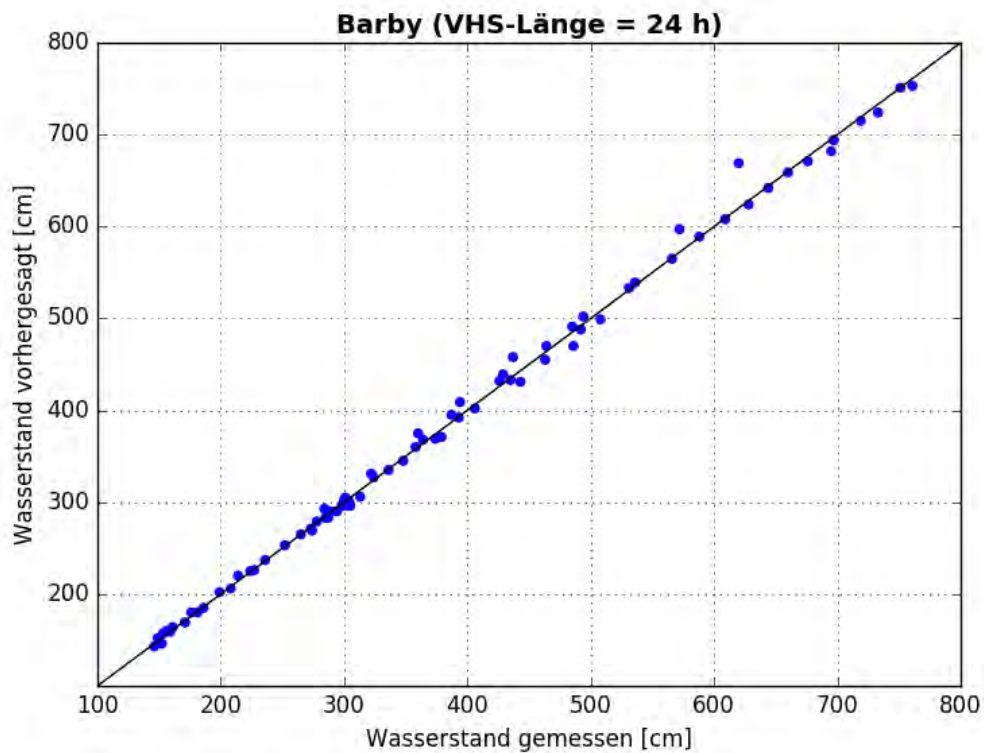


Abbildung B- 57: BARB HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 24 h (VHS)

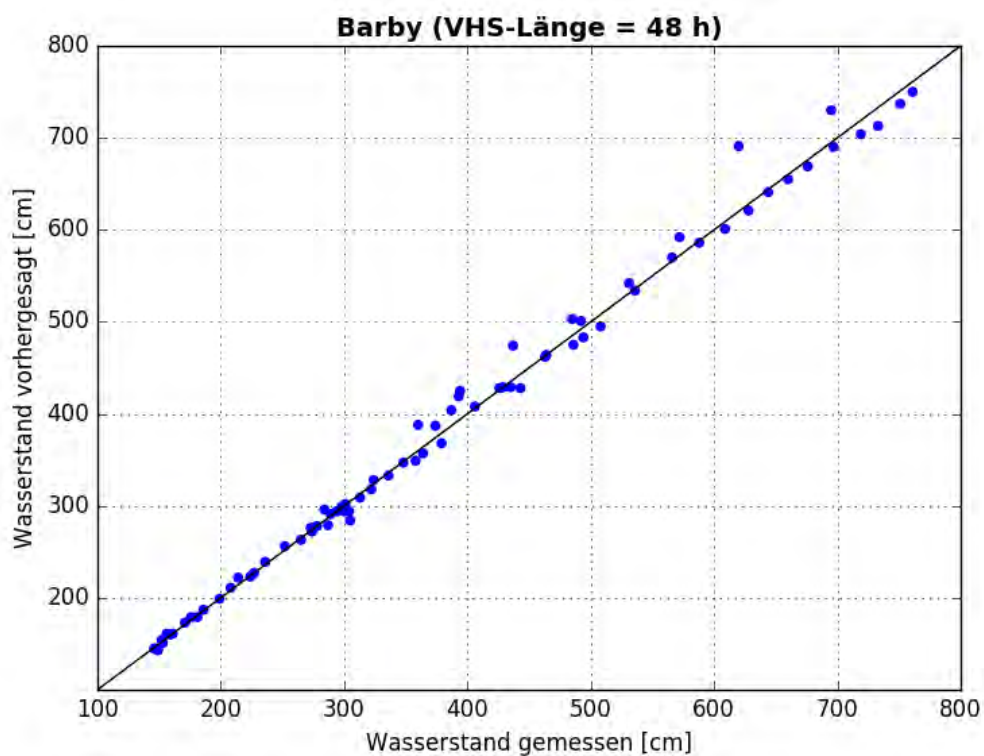


Abbildung B- 58: BARB HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 48 h (VHS)

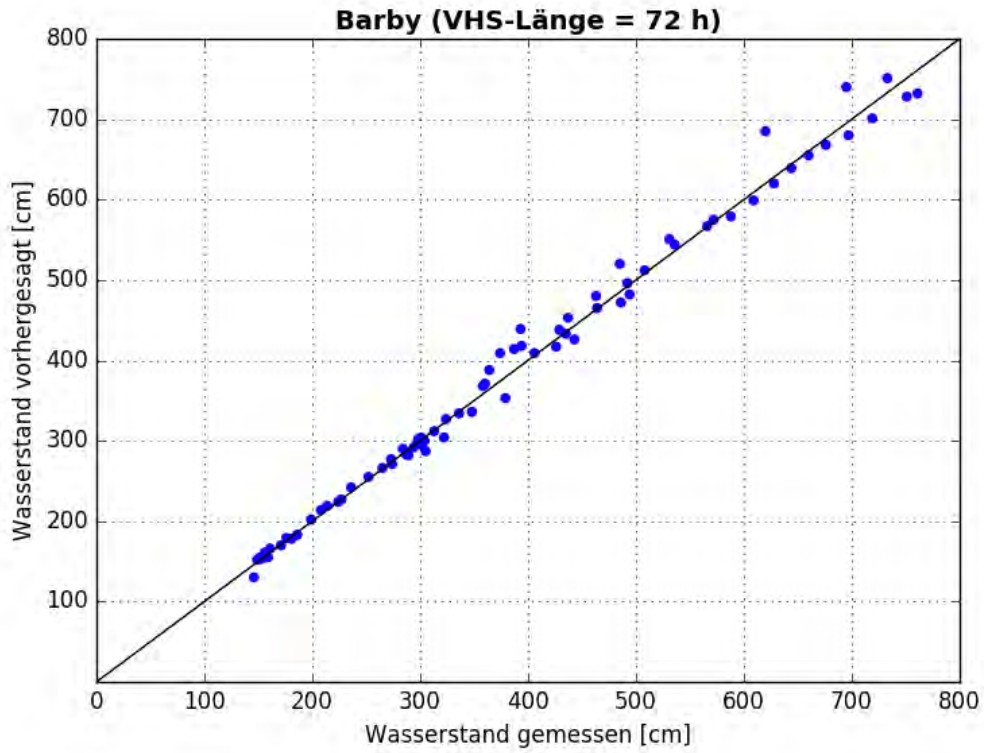


Abbildung B- 59: BARB HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 72 h (VHS)

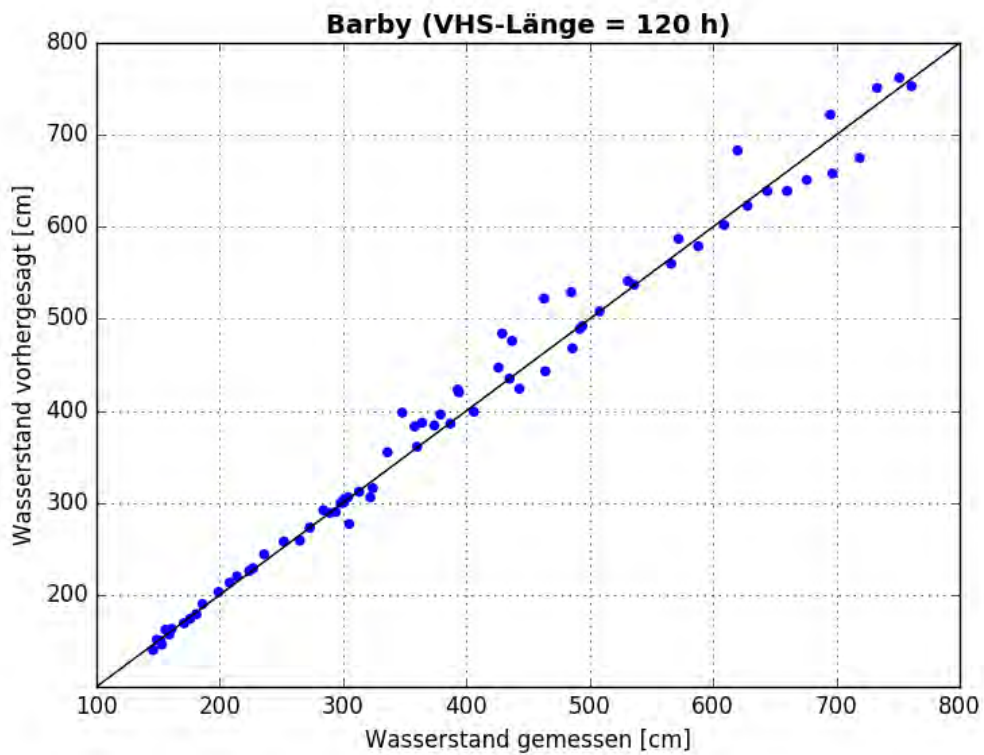


Abbildung B- 60: BARB HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 120 h (Absch.)

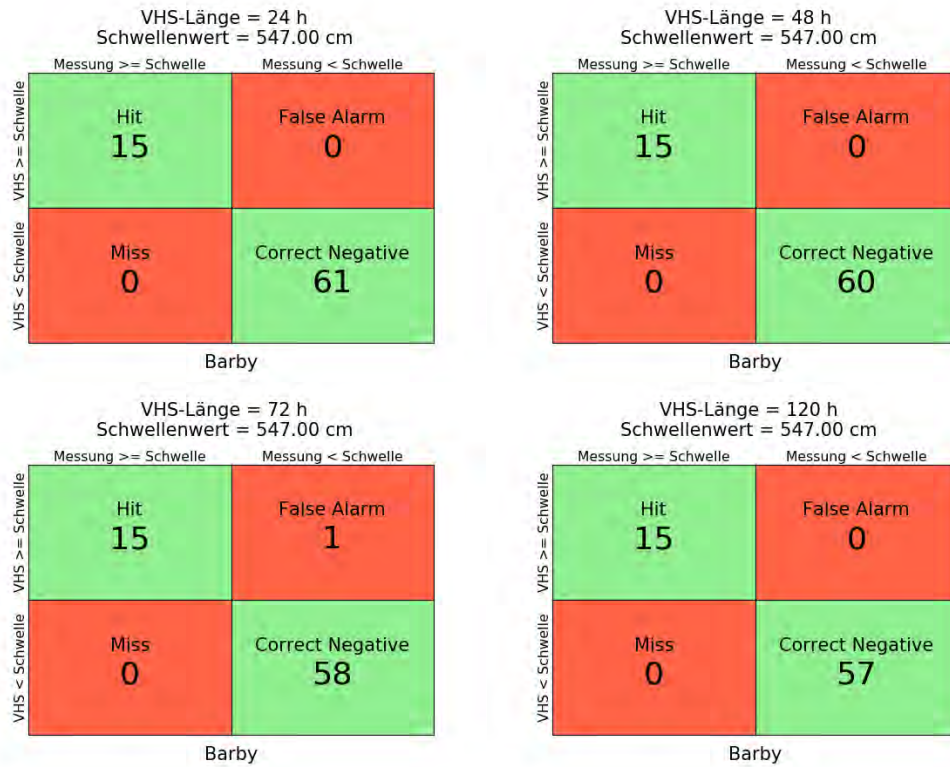


Abbildung B- 61: BARB HW2013, Kontingenztafeln Schwellenwert 547

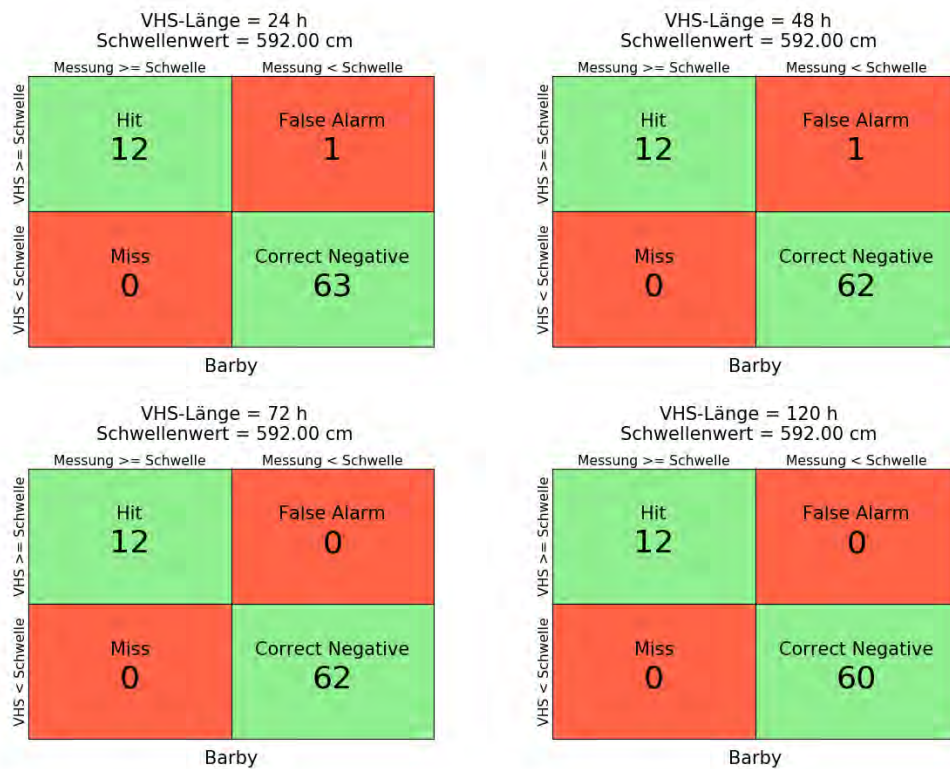


Abbildung B- 62: BARB HW2013, Kontingenztafeln Schwellenwert 592

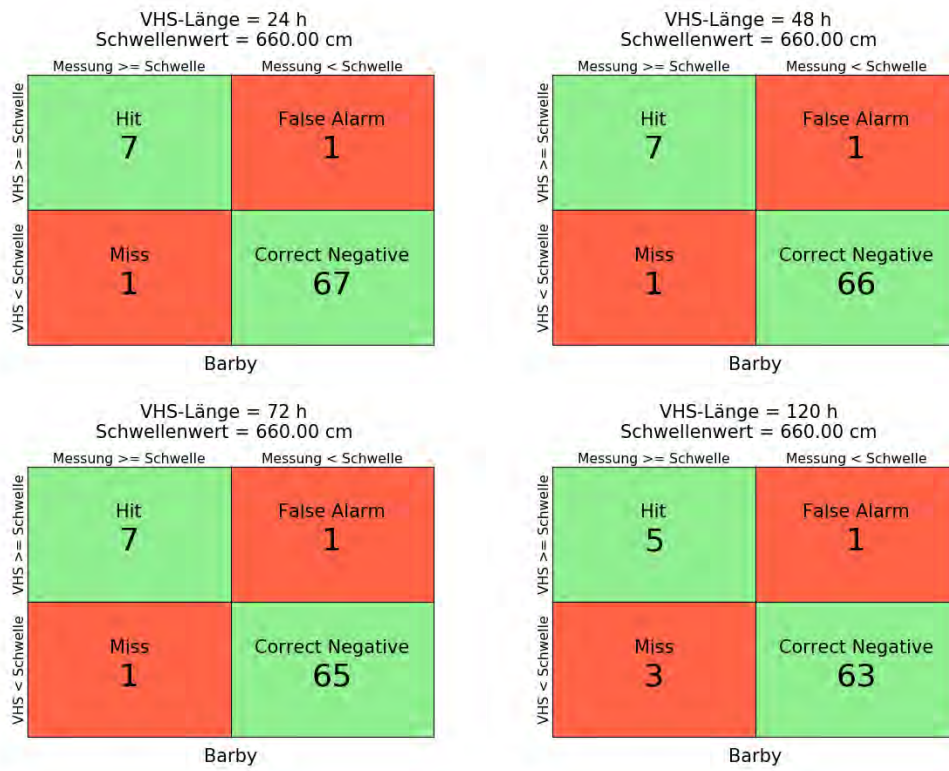


Abbildung B- 63: BARB HW2013, Kontingenztafeln Schwellenwert 660

Hochwasser Mai – Juni 2013 – Variante 4b

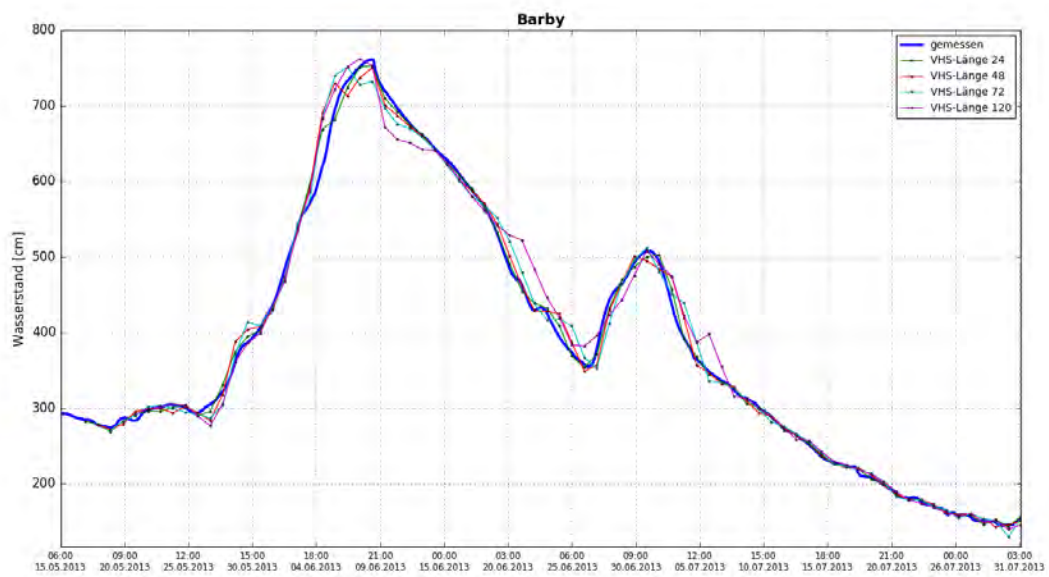


Abbildung B- 64: BARB HW2013, Ganglinien-Vergleich

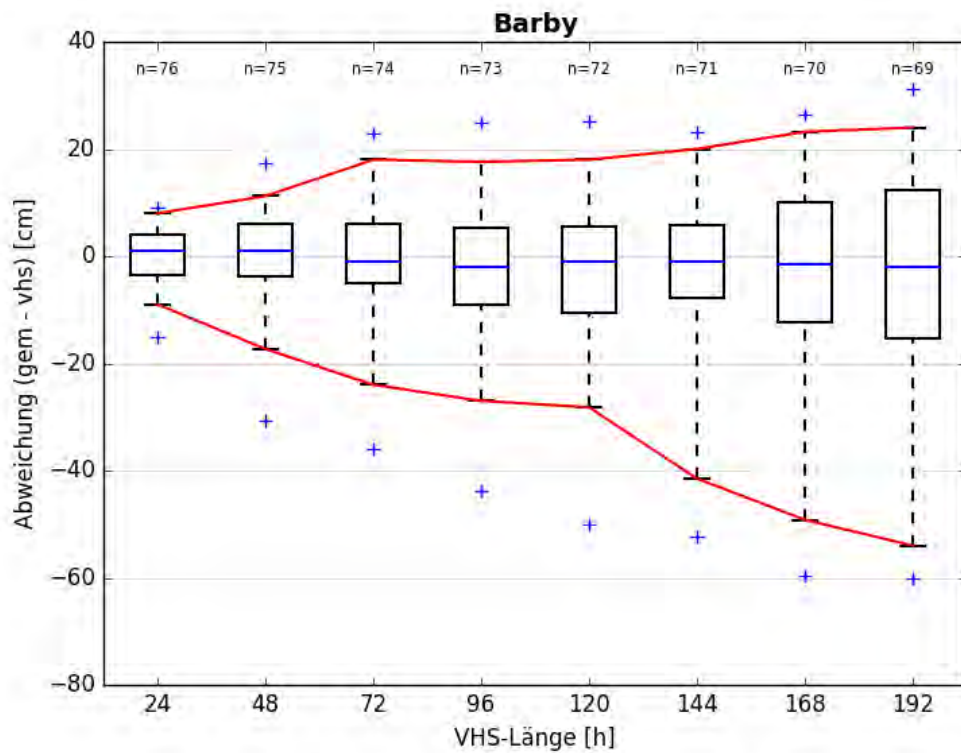


Abbildung B- 65: BARB HW2013, Boxplot

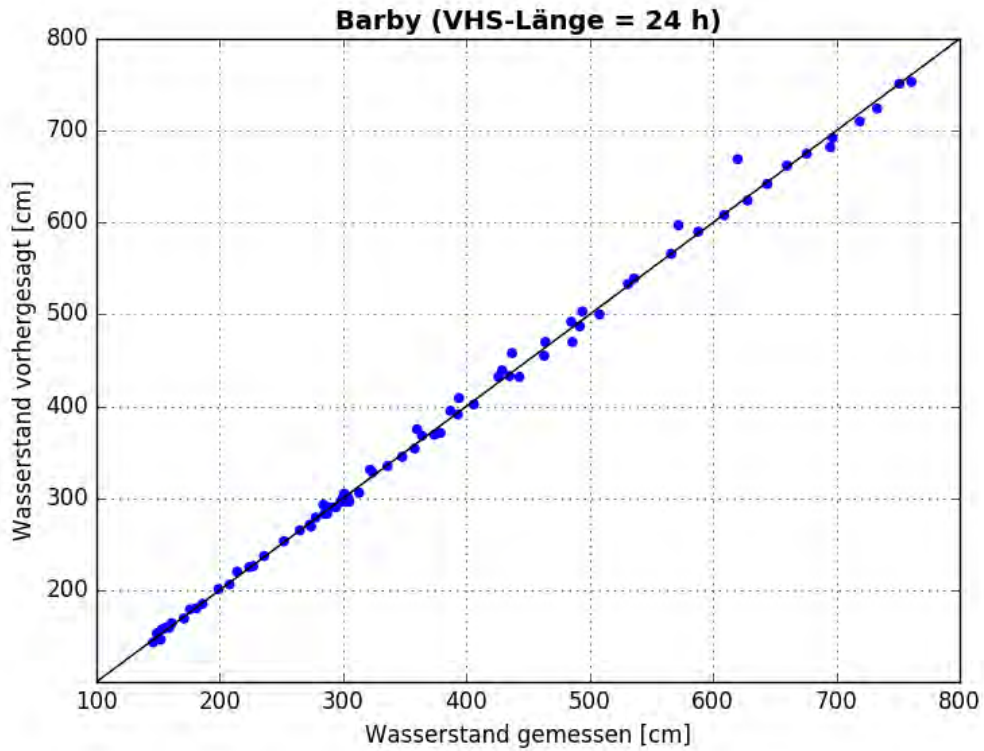


Abbildung B- 66: BARB HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 24 h (VHS)

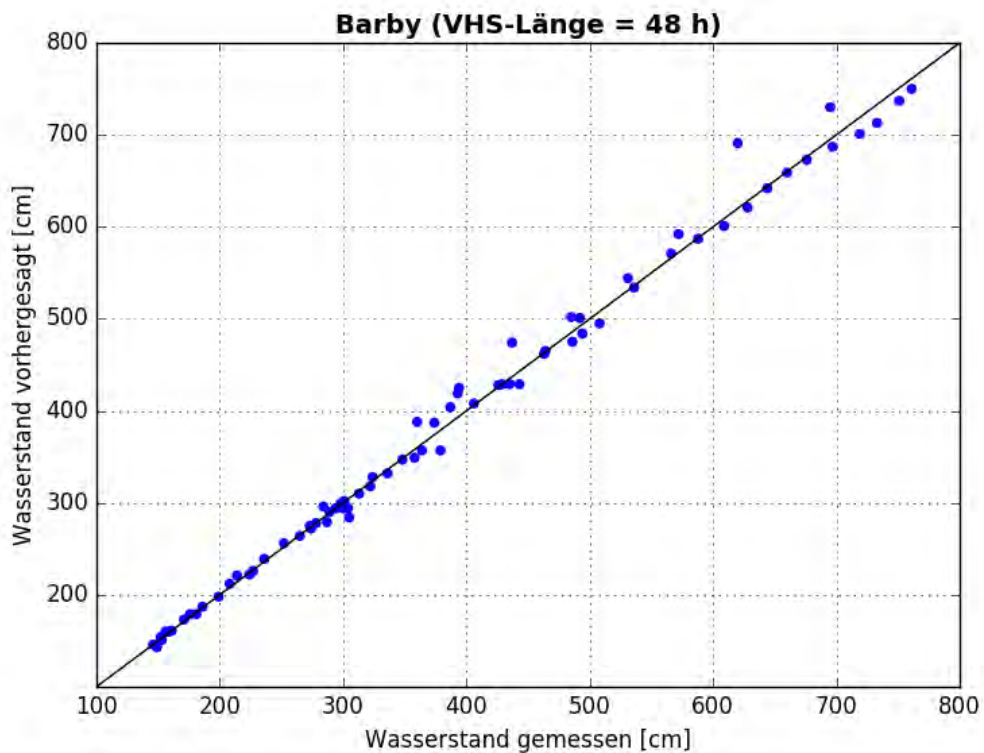


Abbildung B- 67: BARB HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 48 h (VHS)

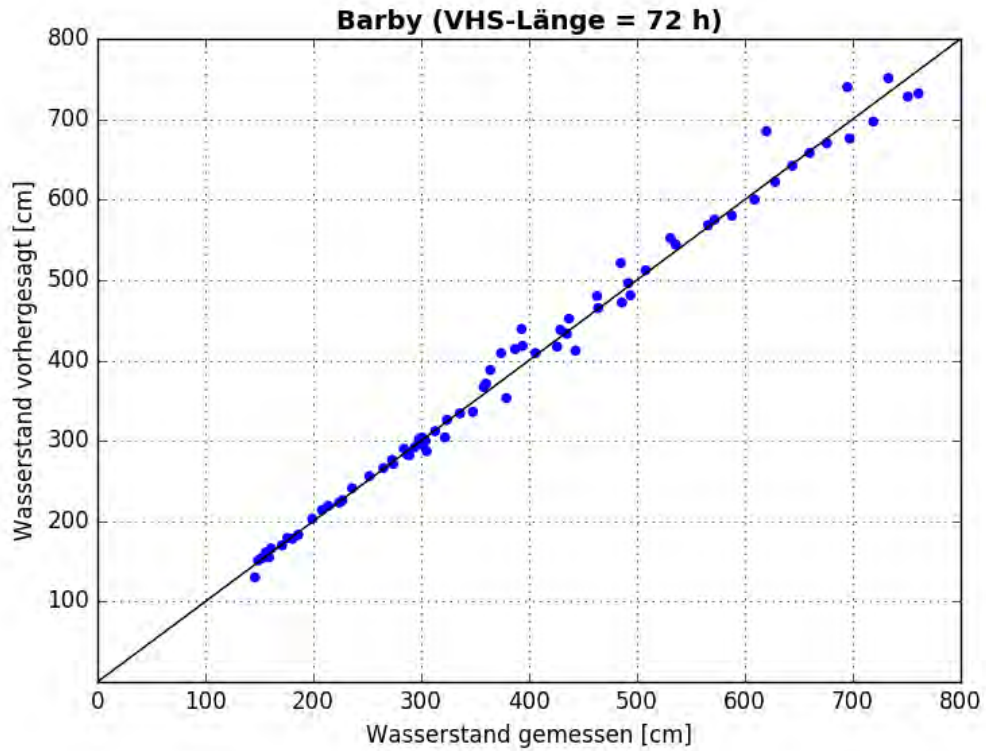


Abbildung B- 68: BARB HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 72 h (VHS)

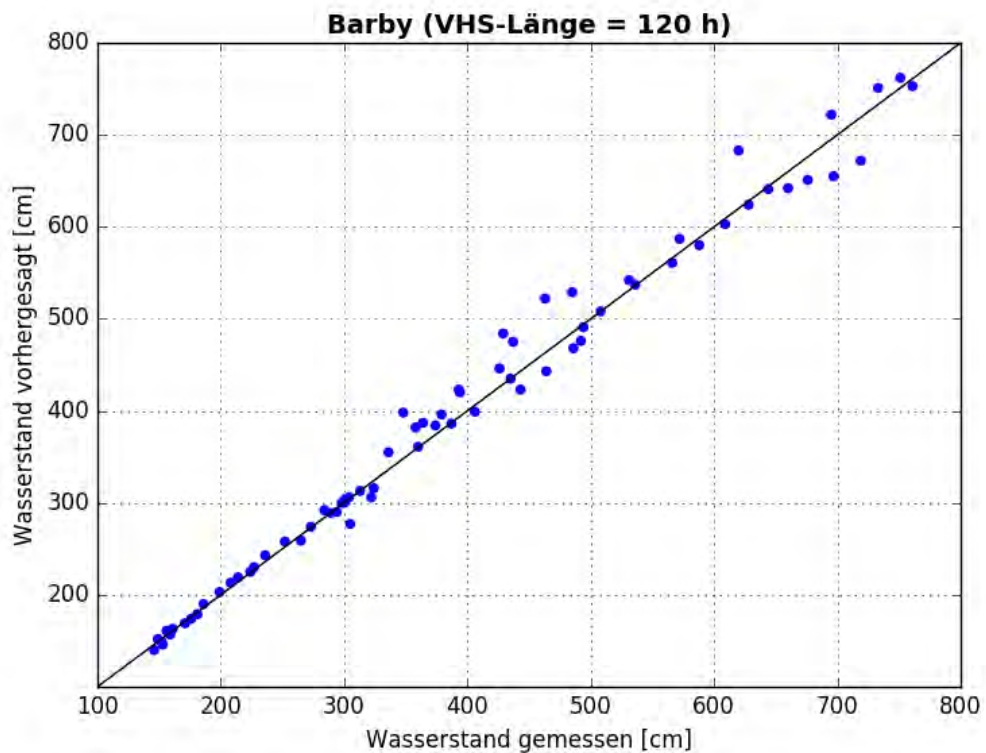


Abbildung B- 69: BARB HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 120 h (Absch.)

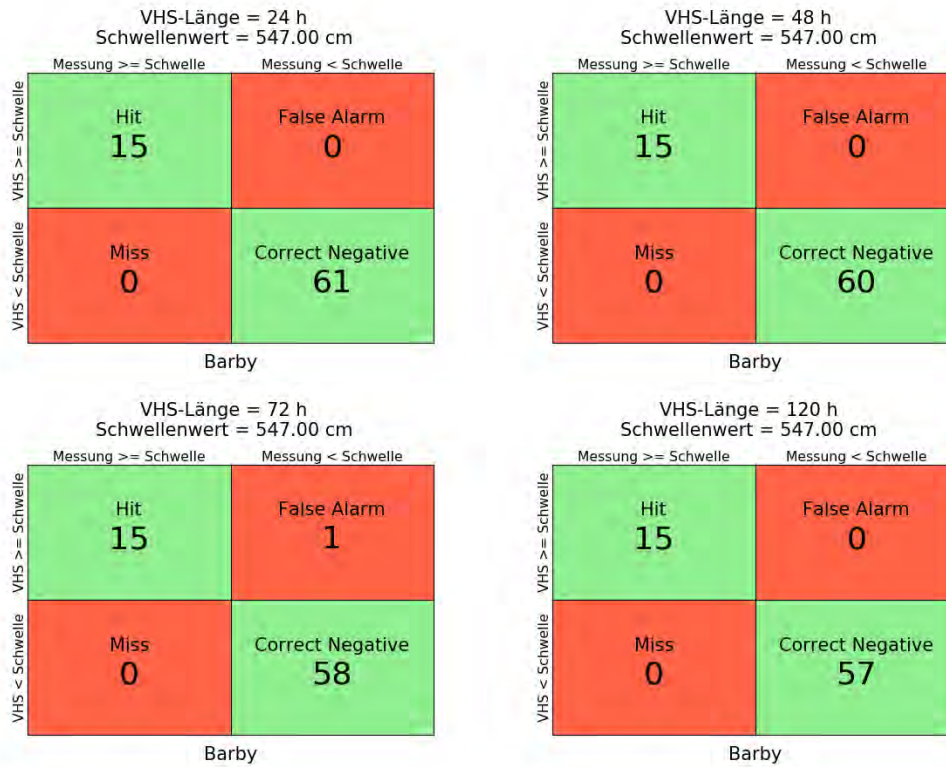


Abbildung B- 70: BARB HW2013, Kontingenztafeln Schwellenwert 547

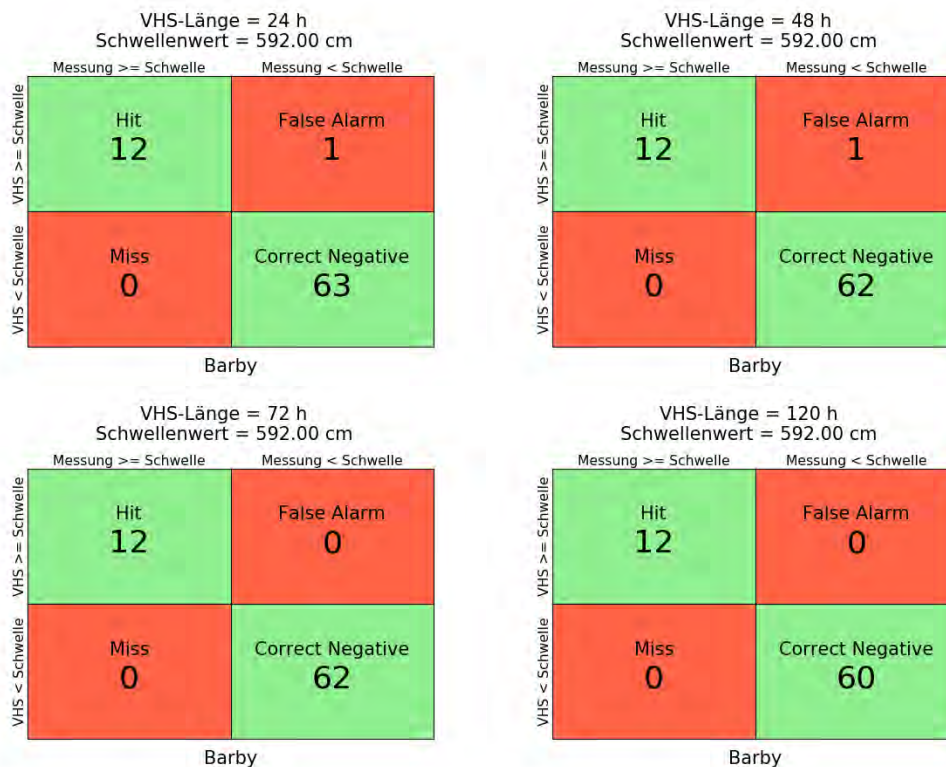


Abbildung B- 71: BARB HW2013, Kontingenztafeln Schwellenwert 592

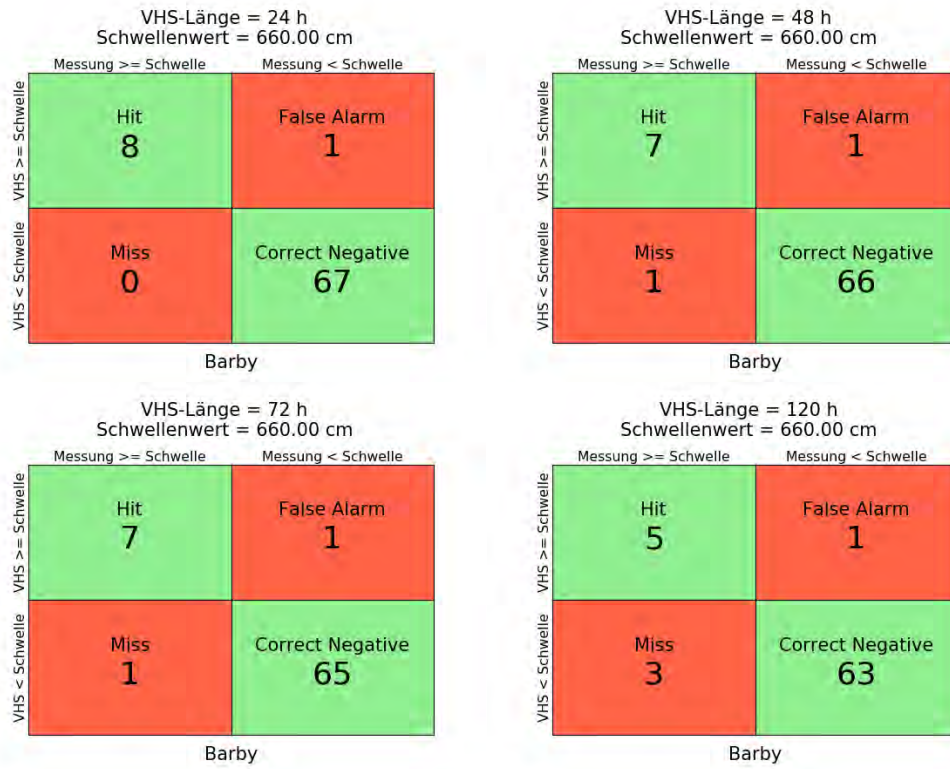


Abbildung B- 72: BARB HW2013, Kontingenztafeln Schwellenwert 660

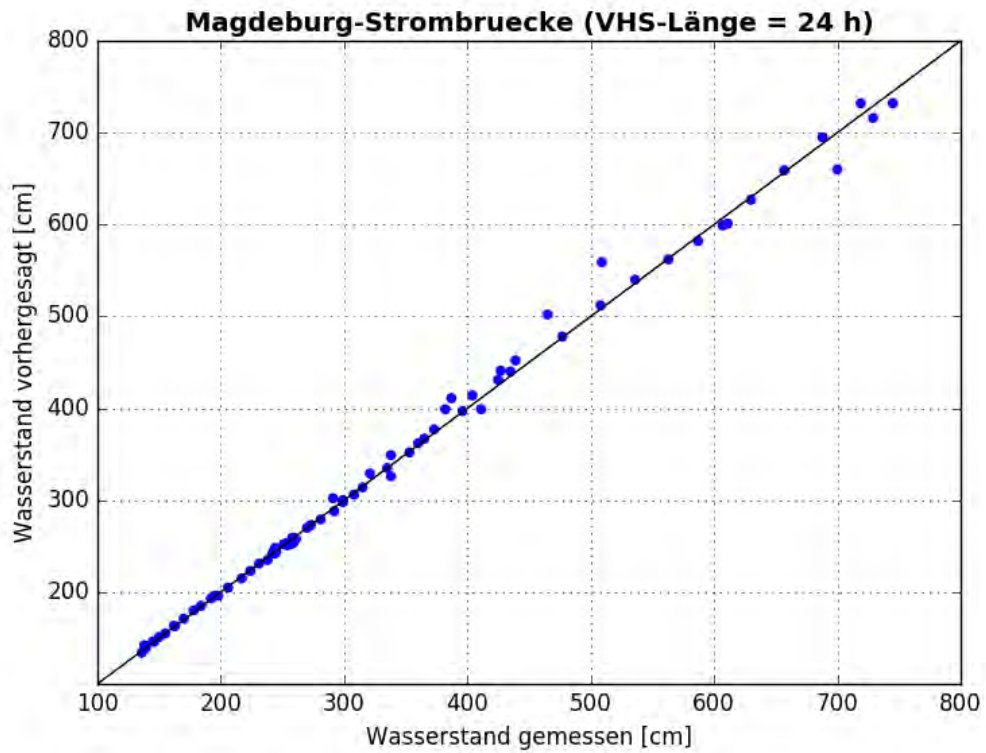


Abbildung B- 75: MAGD HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 24 h (VHS)

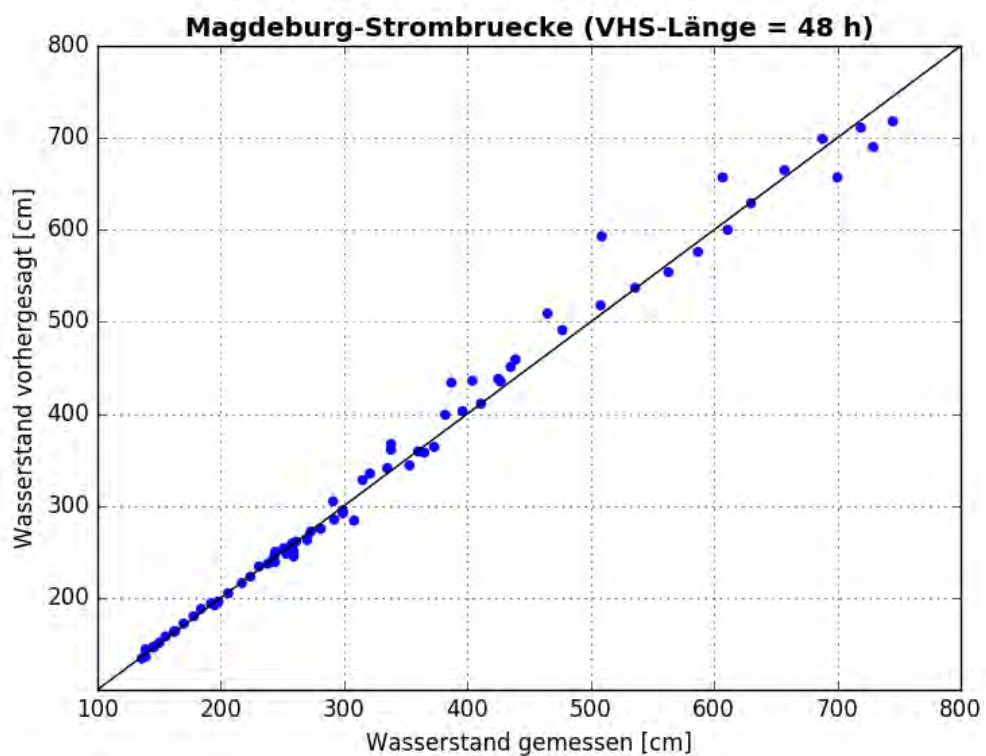


Abbildung B- 76: MAGD HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 48 h (VHS)

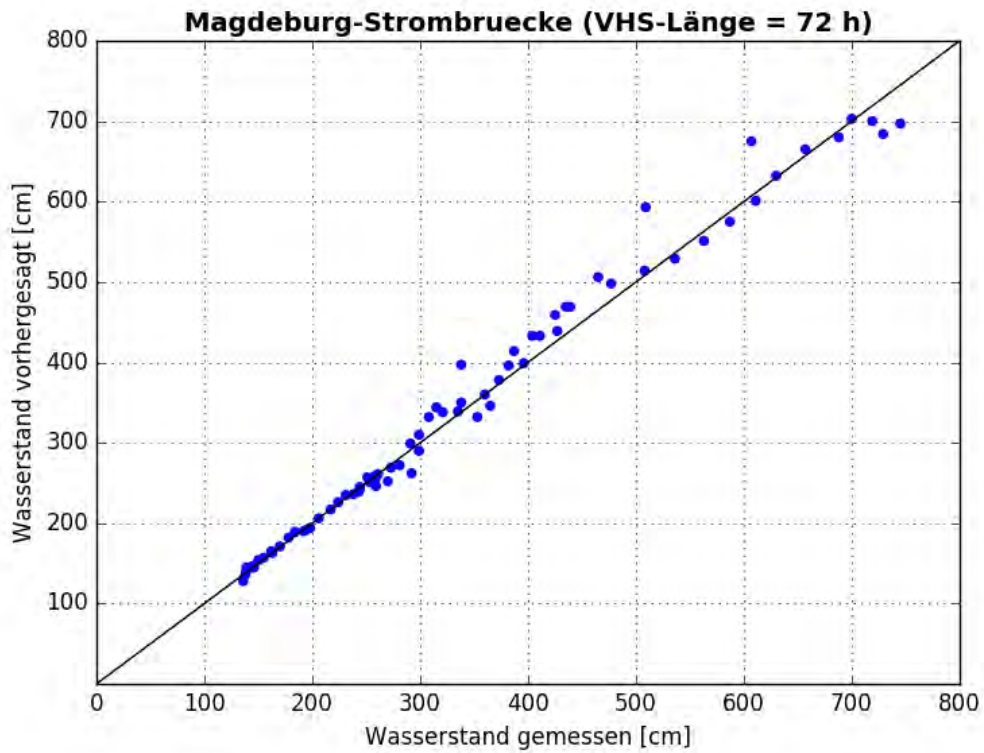


Abbildung B- 77: MAGD HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 72 h (VHS)

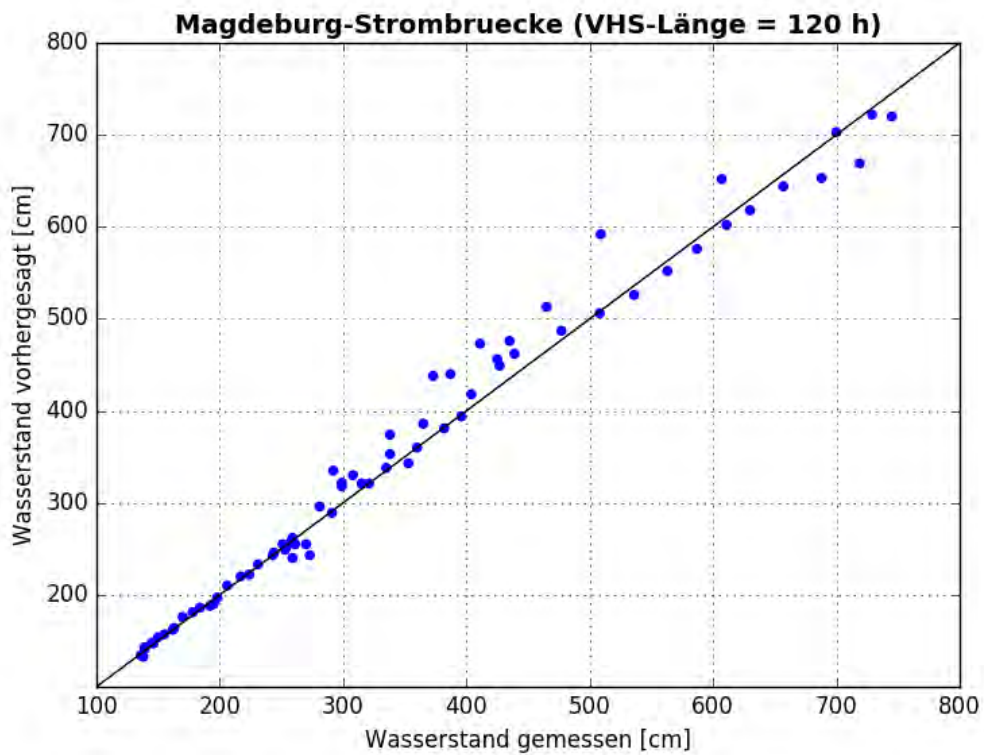


Abbildung B- 78: MAGD HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 120 h (Absch.)



Abbildung B- 79: MAGD HW2013, Kontingenztafeln Schwellenwert 488



Abbildung B- 80: MAGD HW2013, Kontingenztafeln Schwellenwert 650

Hochwasser Mai- Juni 2013 – Variante 1a

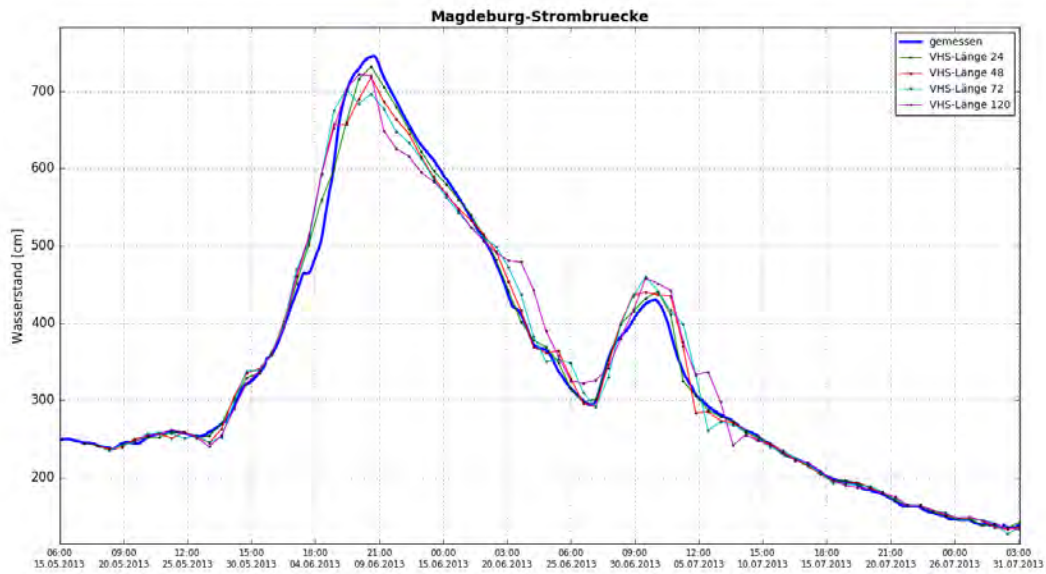


Abbildung B- 81: MAGD HW2013, Ganglinien-Vergleich

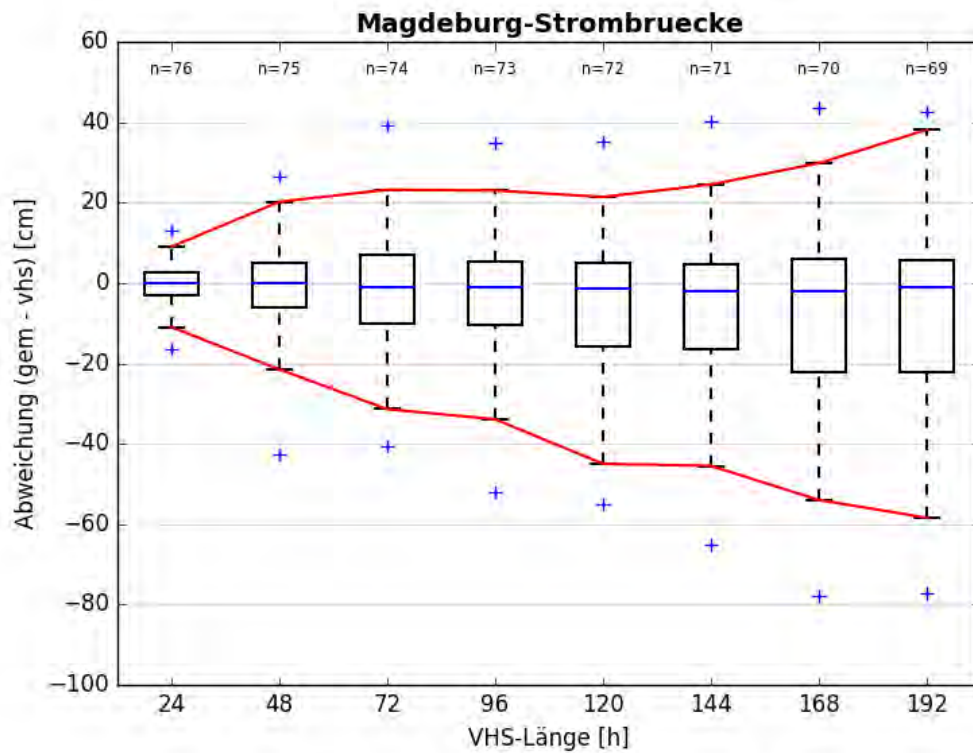


Abbildung B- 82: MAGD HW2013, Boxplot

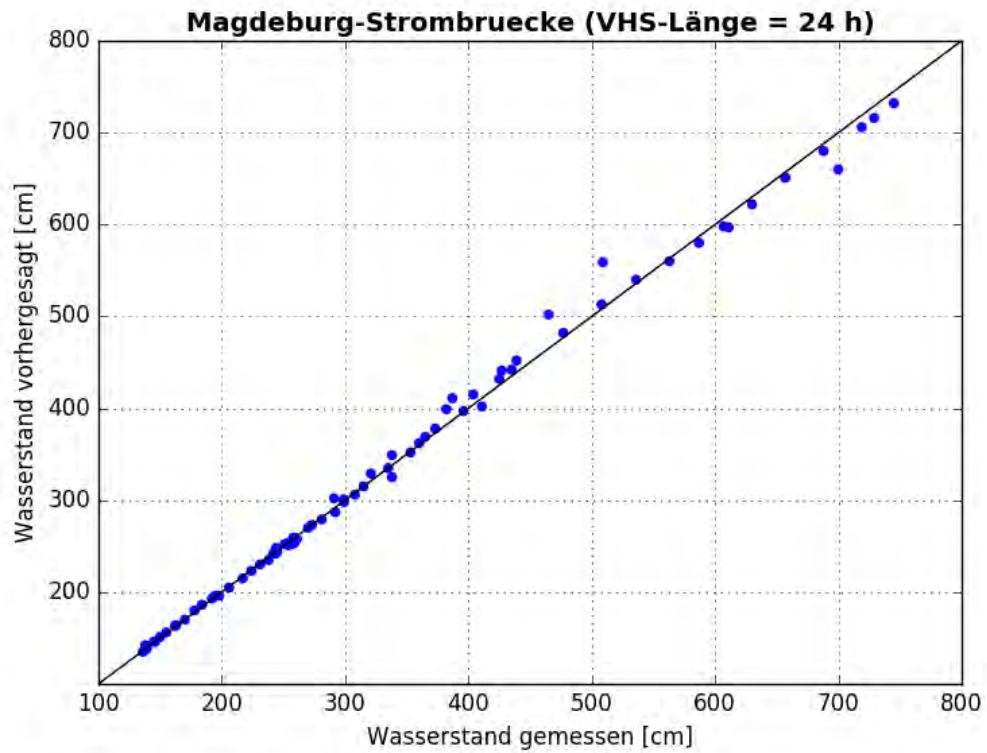


Abbildung B- 83: MAGD HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 24 h (VHS)

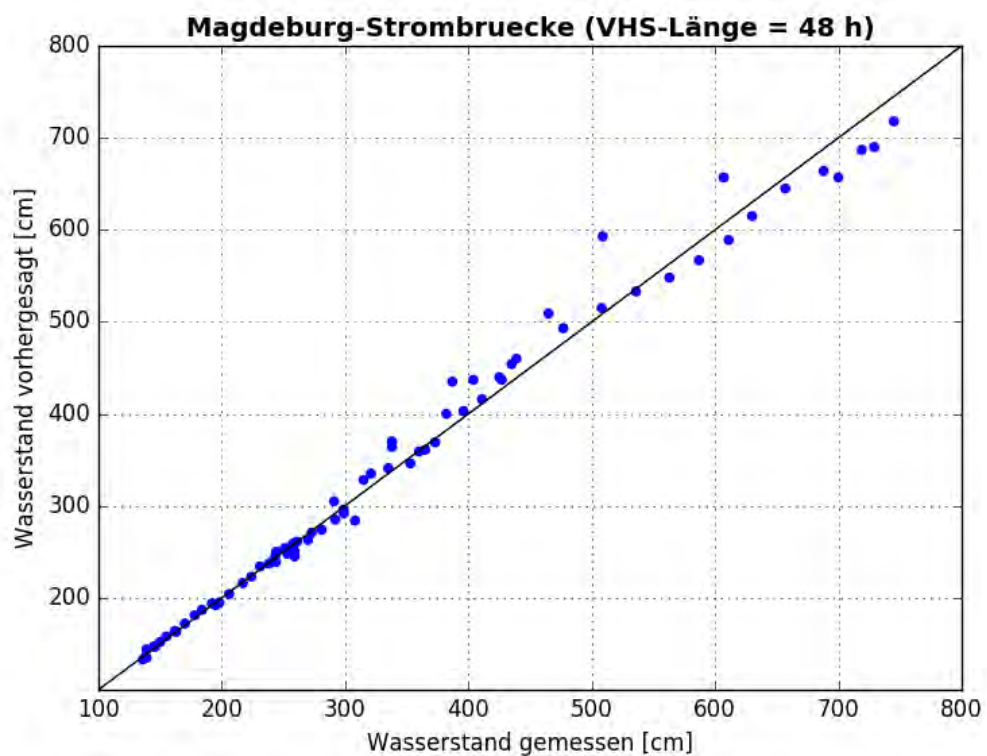


Abbildung B- 84: MAGD HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 48 h (VHS)

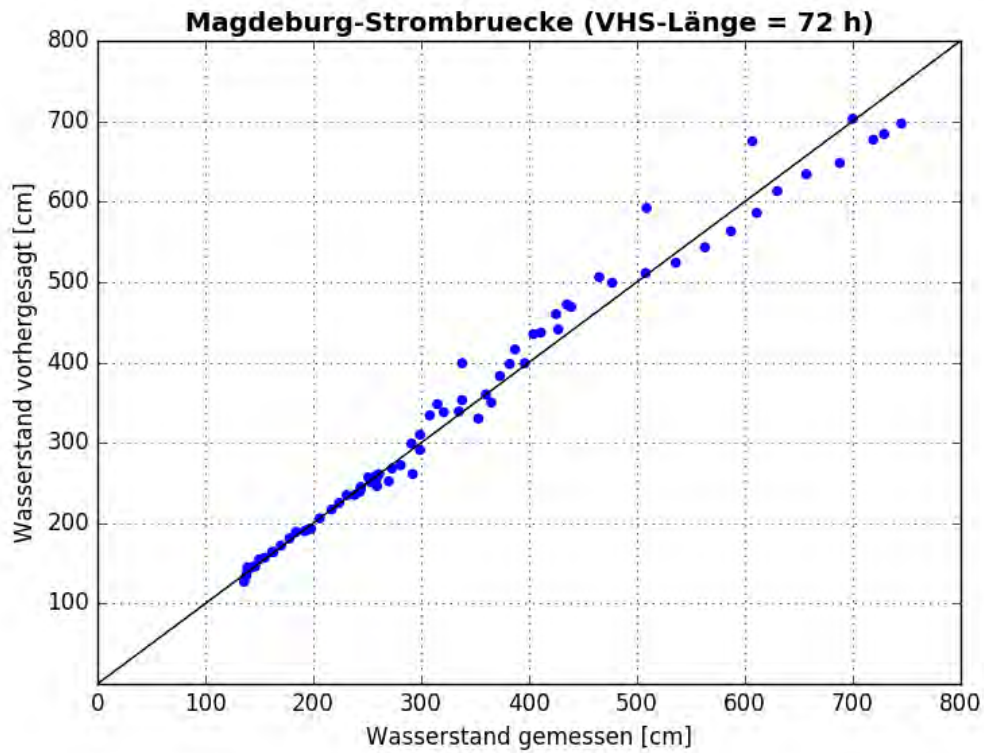


Abbildung B- 85: MAGD HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 72 h (VHS)

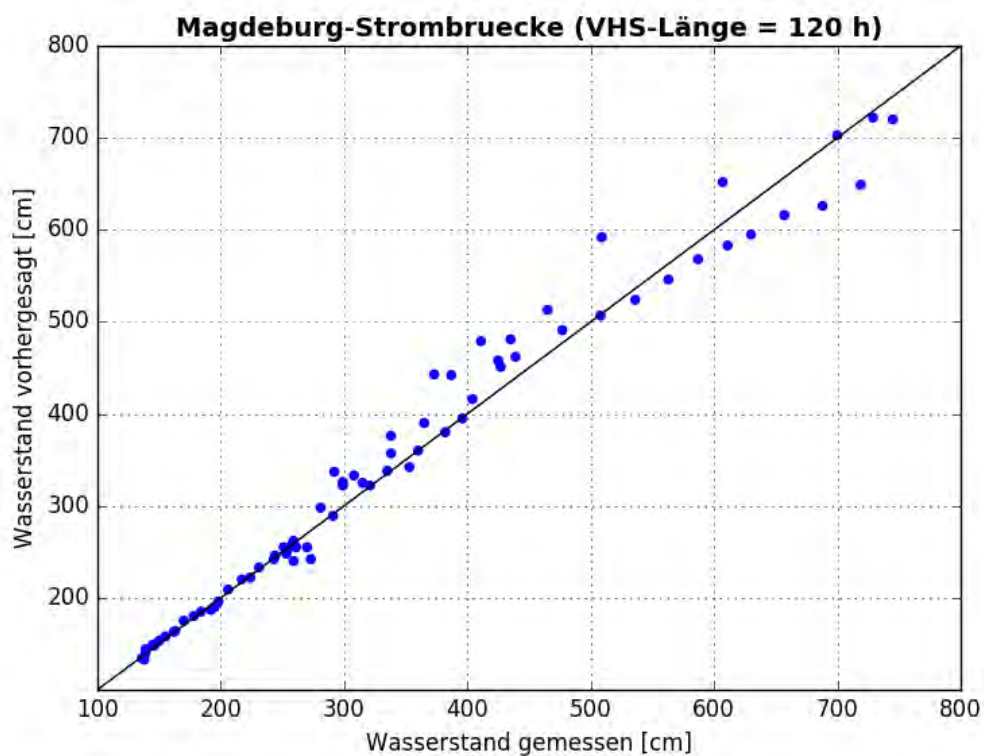


Abbildung B- 86: MAGD HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 120 h (Absch.)



Abbildung B- 87: MAGD HW2013, Kontingenztafeln Schwellenwert 488



Abbildung B- 88: MAGD HW2013, Kontingenztafeln Schwellenwert 650

Hochwasser Mai- Juni 2013 – Variante 2

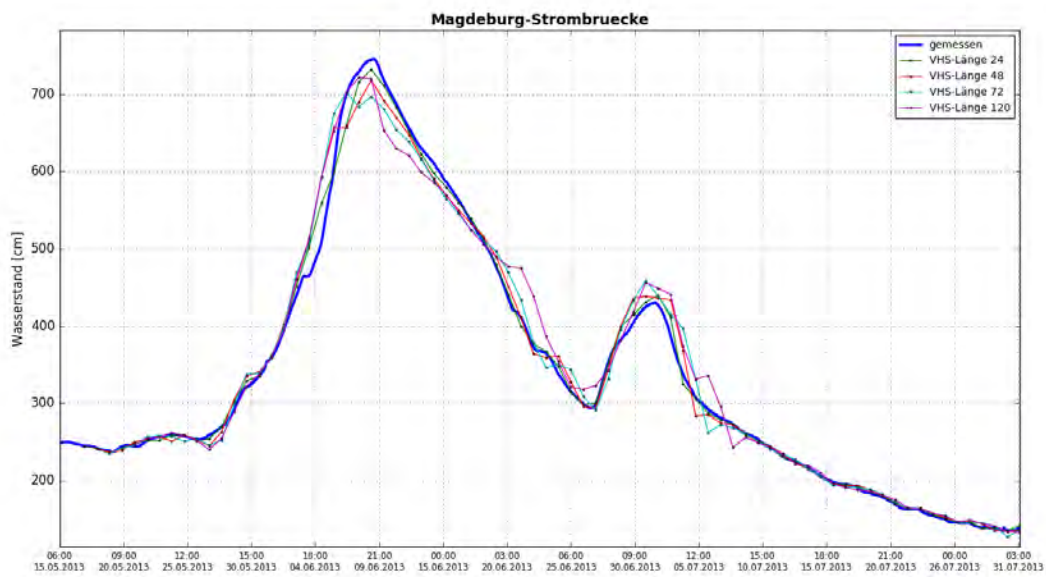


Abbildung B- 89: MAGD HW2013, Ganglinien-Vergleich

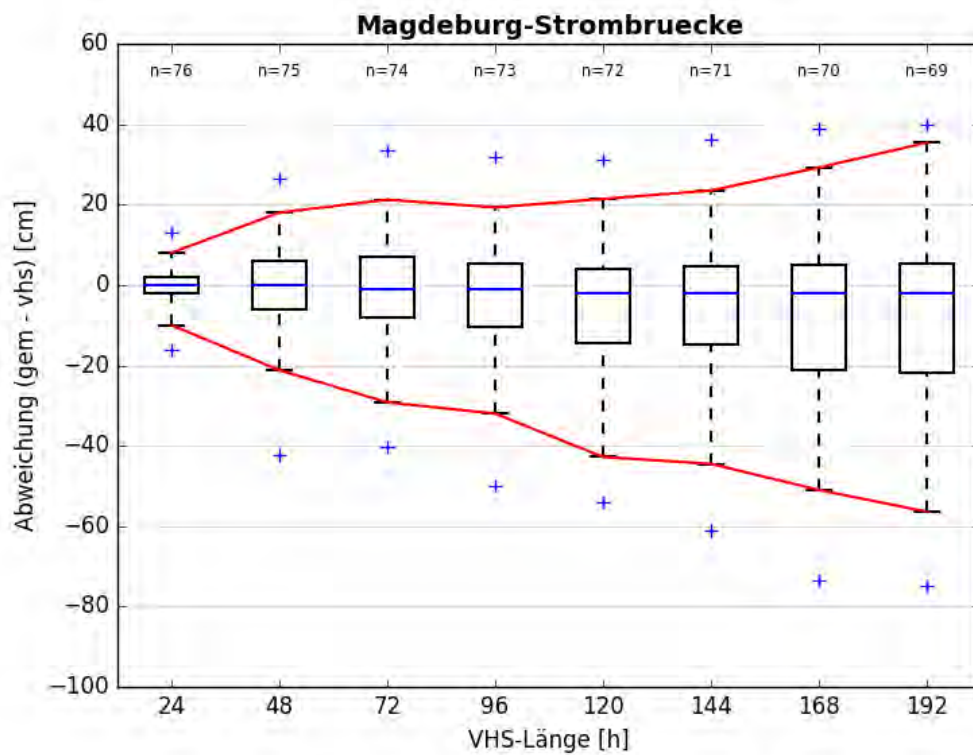


Abbildung B- 90: MAGD HW2013, Boxplot

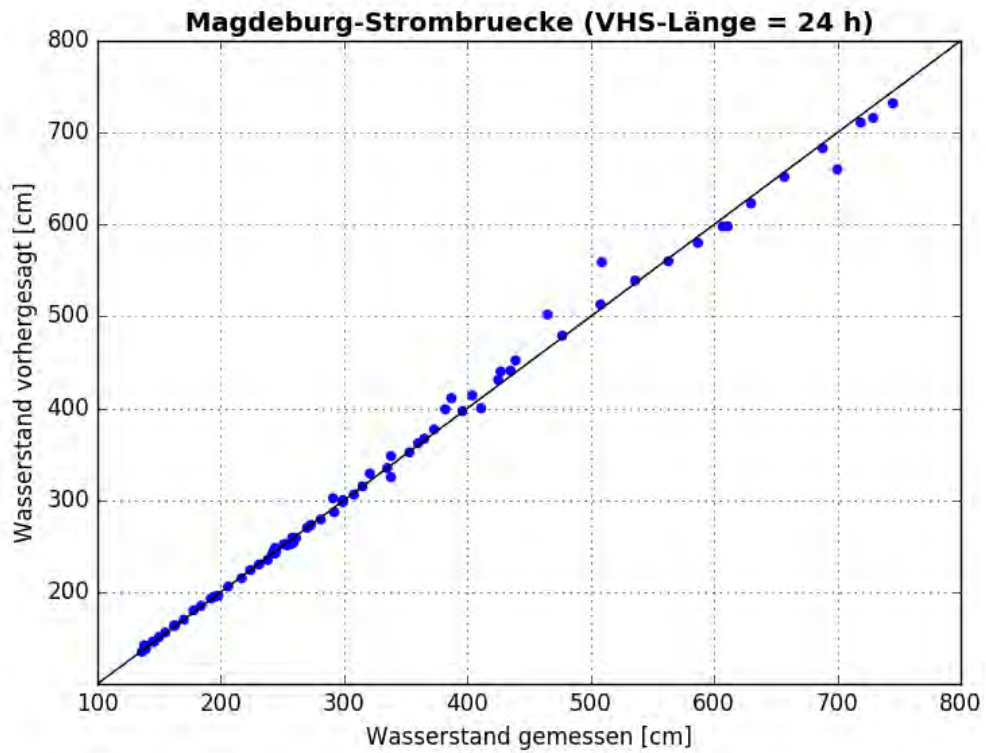


Abbildung B- 91: MAGD HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 24 h (VHS)

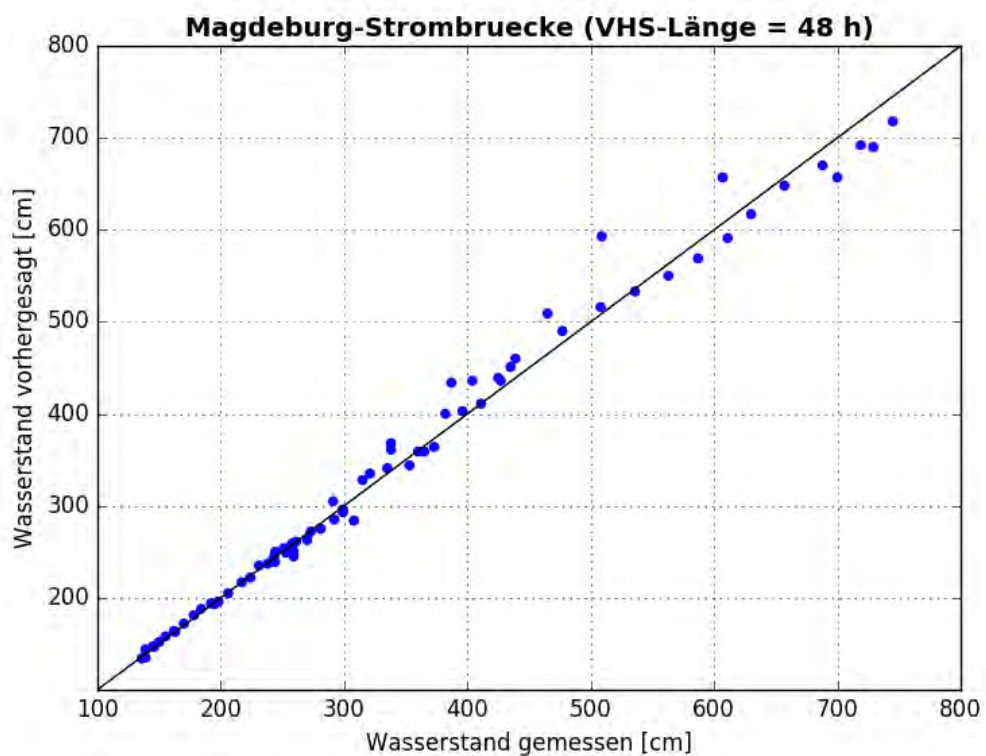


Abbildung B- 92: MAGD HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 48 h (VHS)

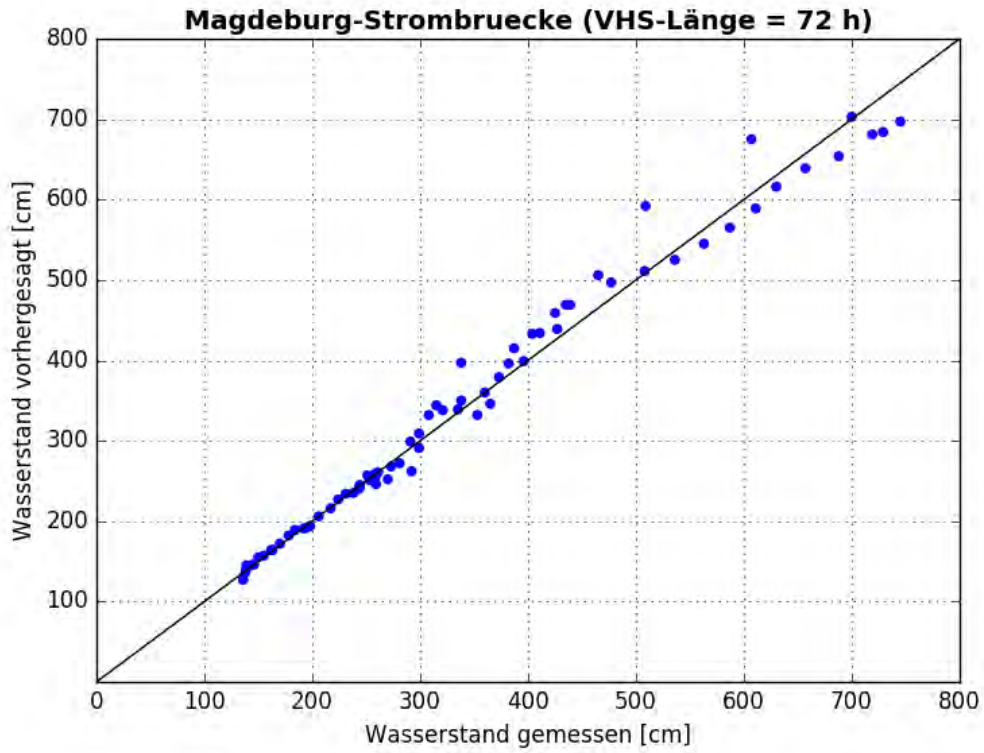


Abbildung B- 93: MAGD HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 72 h (VHS)

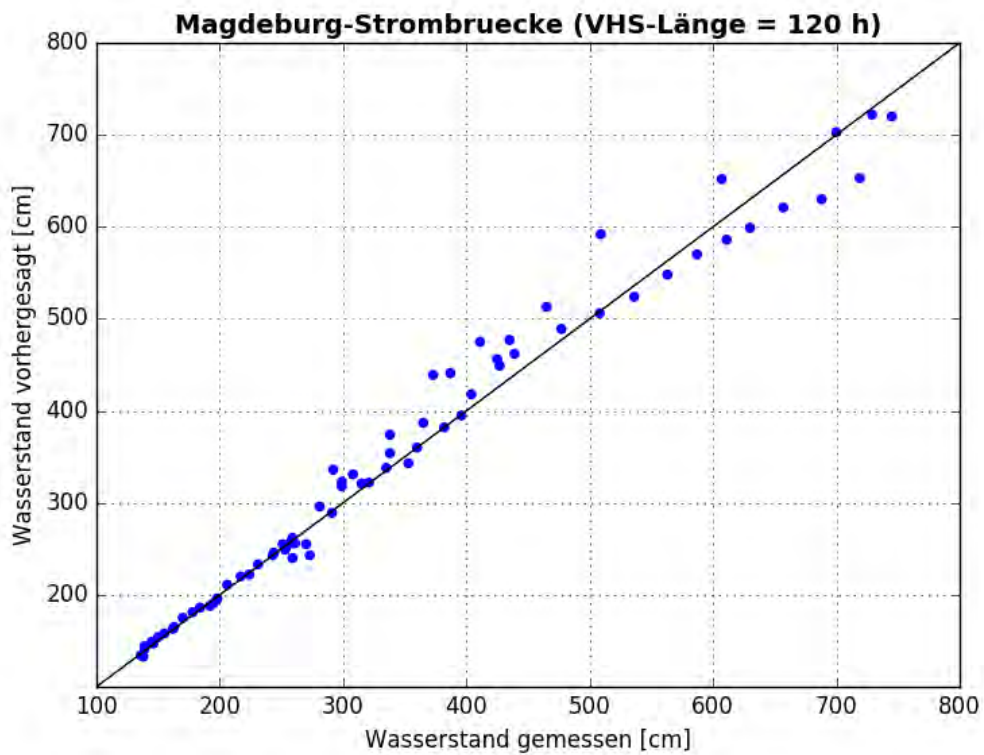


Abbildung B- 94: MAGD HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 120 h (Absch.)



Abbildung B- 95: MAGD HW2013, Kontingenztafeln Schwellenwert 488



Abbildung B- 96: MAGD HW2013, Kontingenztafeln Schwellenwert 650

Hochwasser Mai- Juni 2013 – Variante 3a

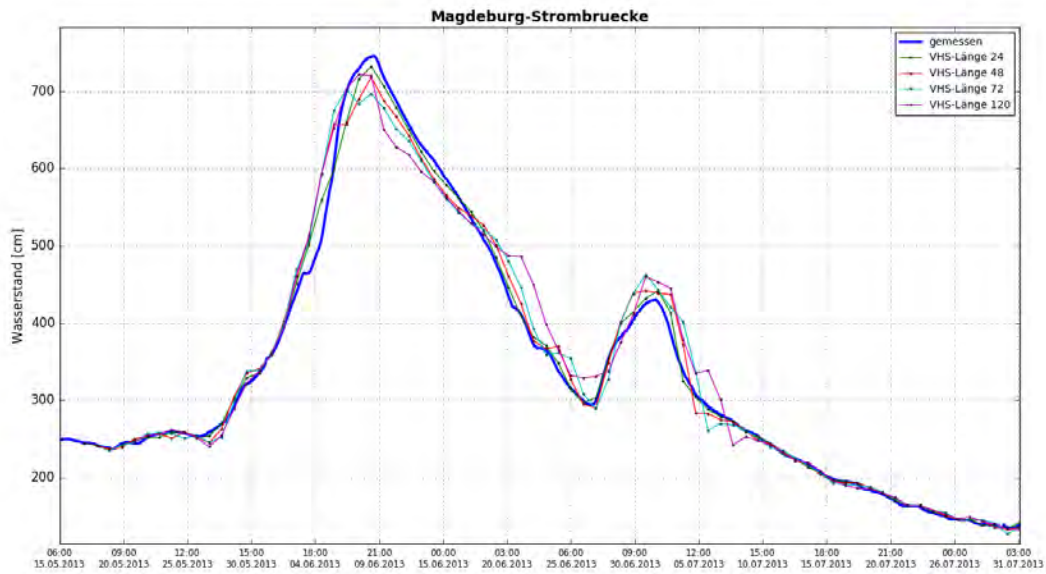


Abbildung B- 97: MAGD HW2013, Ganglinien-Vergleich

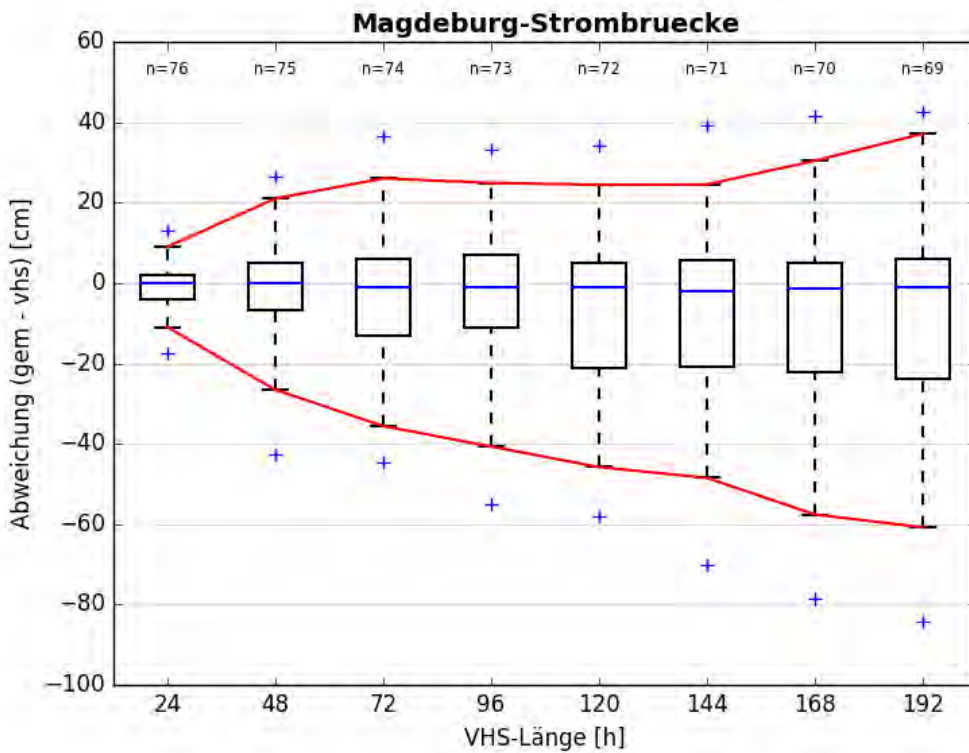


Abbildung B- 98: MAGD HW2013, Boxplot

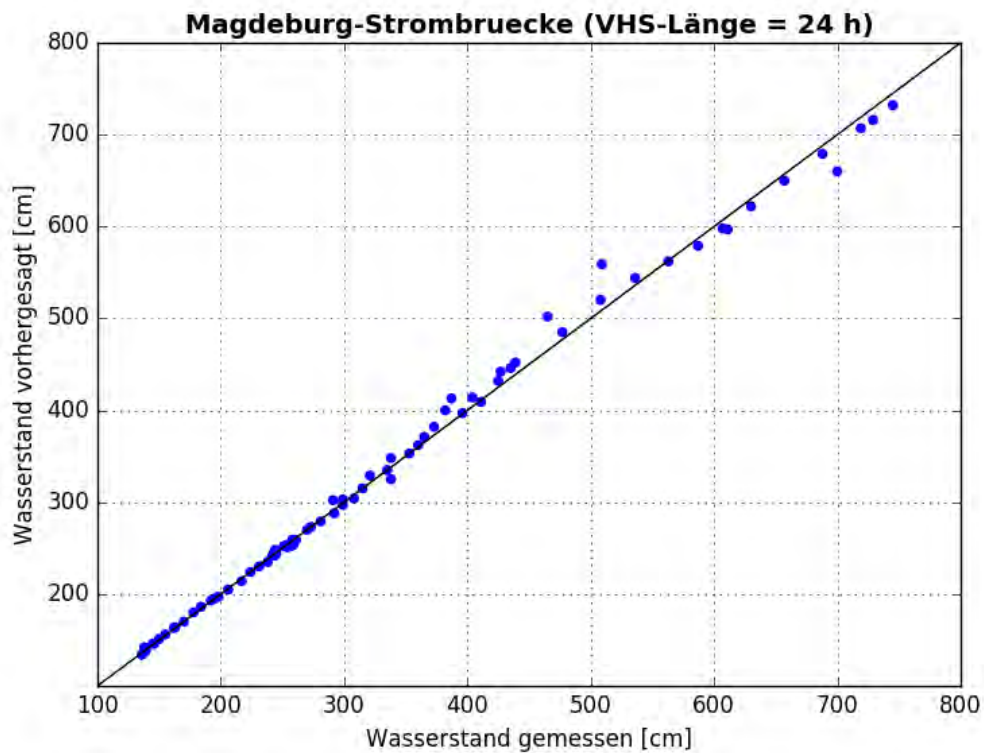


Abbildung B- 99: MAGD HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 24 h (VHS)

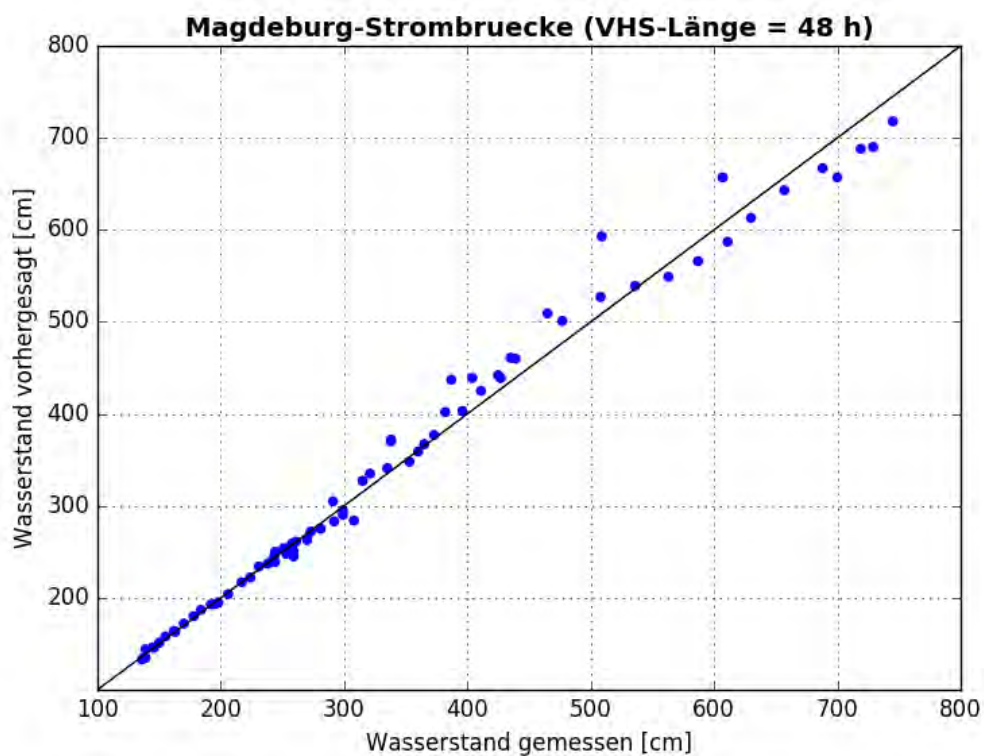


Abbildung B- 100: MAGD HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 48 h (VHS)

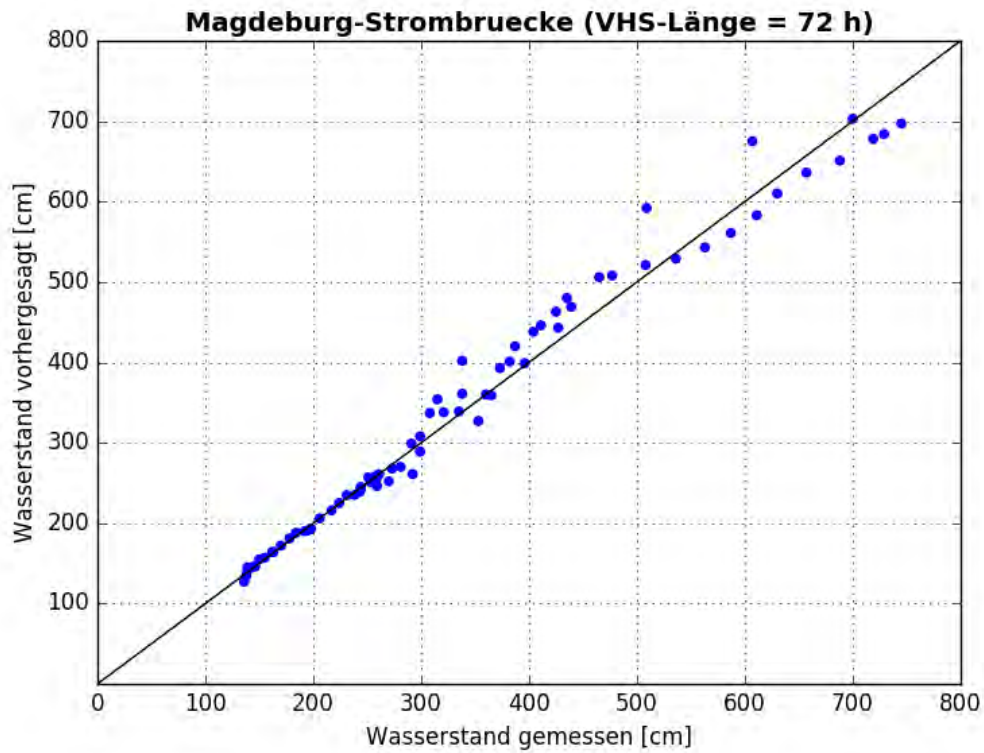


Abbildung B- 101: MAGD HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 72 h (VHS)

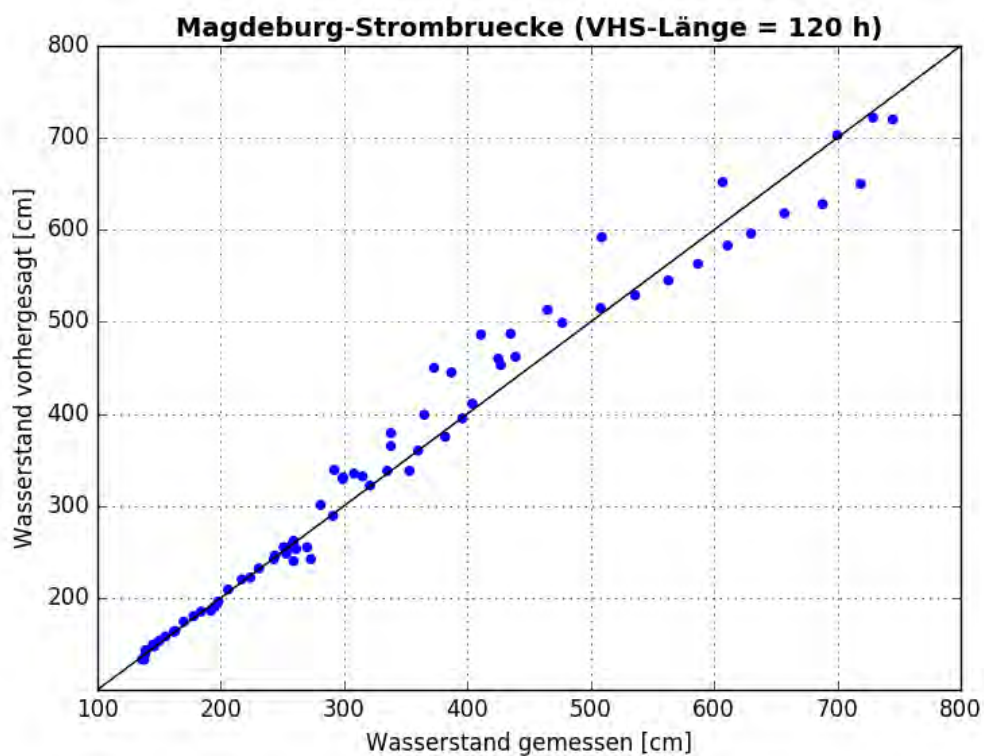


Abbildung B- 102: MAGD HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 120 h (Absch.)



Abbildung B- 103: MAGD HW2013, Kontingenztafeln Schwellenwert 488



Abbildung B- 104: MAGD HW2013, Kontingenztafeln Schwellenwert 650

Hochwasser Mai- Juni 2013 – Variante 4a

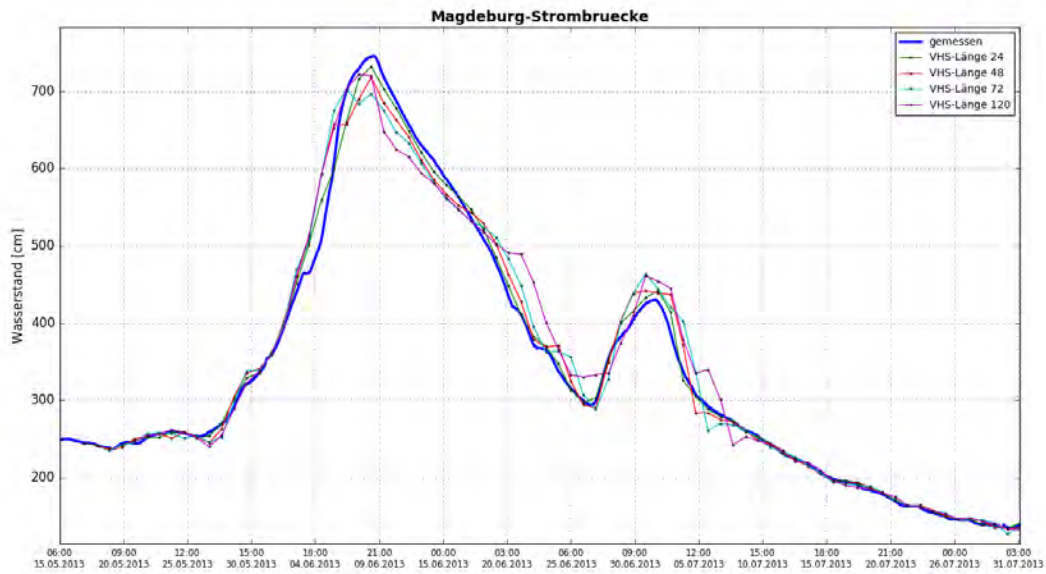


Abbildung B- 105: MAGD HW2013, Ganglinien-Vergleich

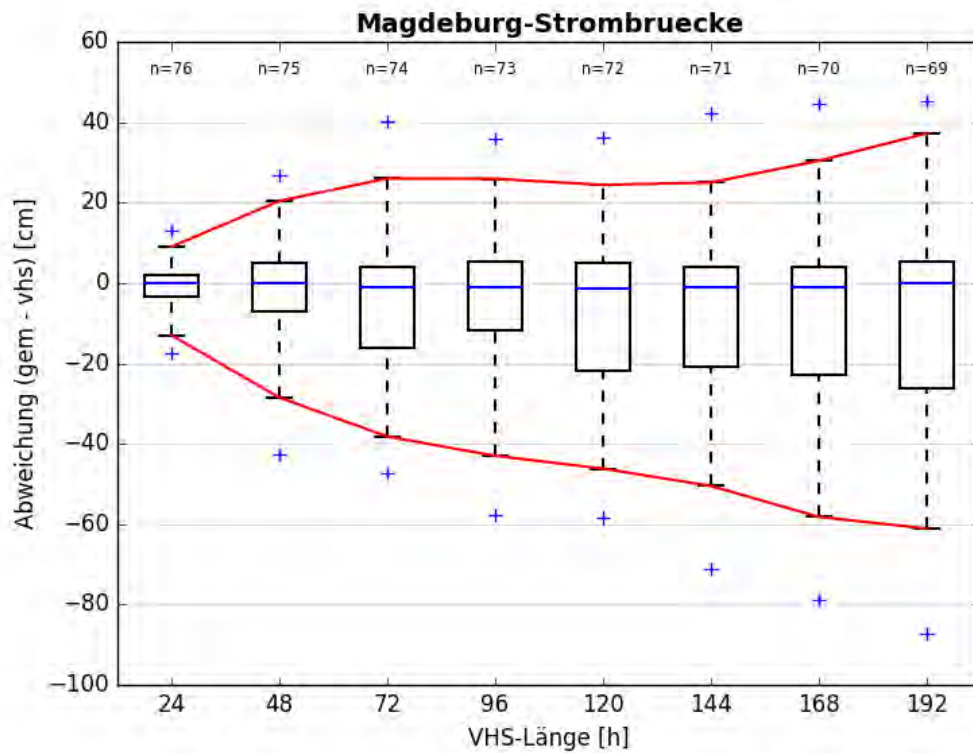


Abbildung B- 106: MAGD HW2013, Boxplot

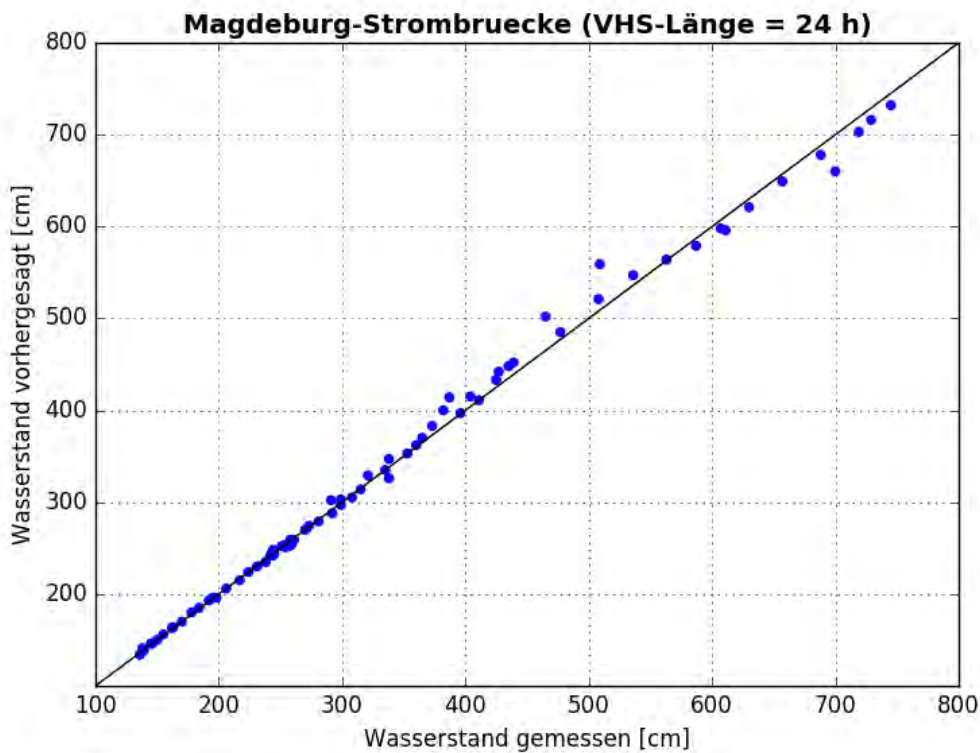


Abbildung B- 107: MAGD HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 24 h (VHS)

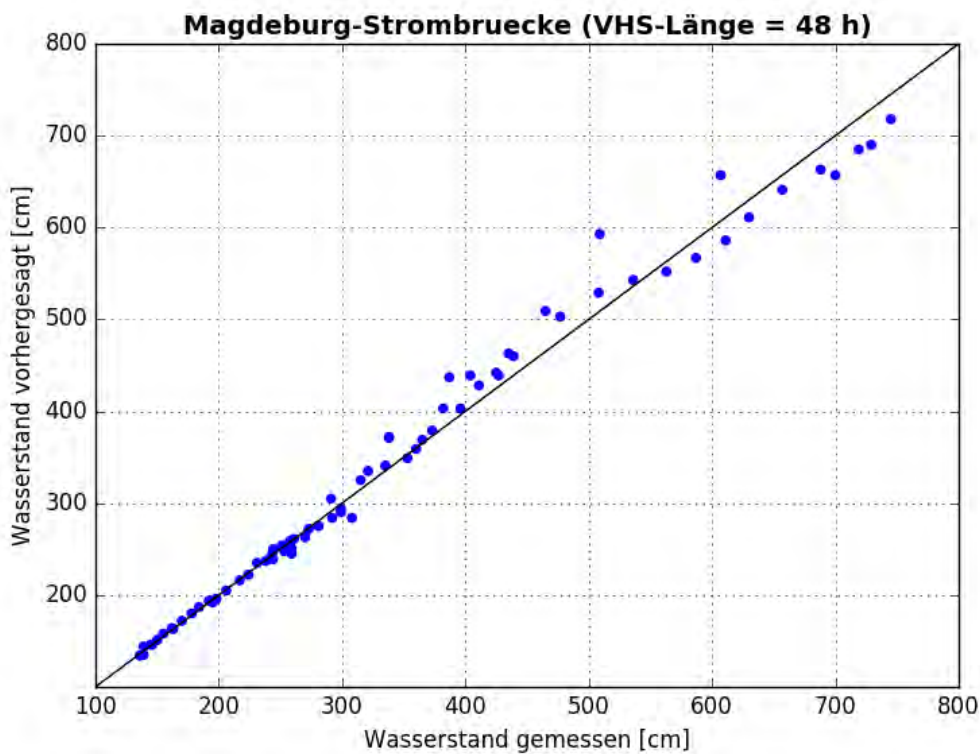


Abbildung B- 108: MAGD HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 48 h (VHS)

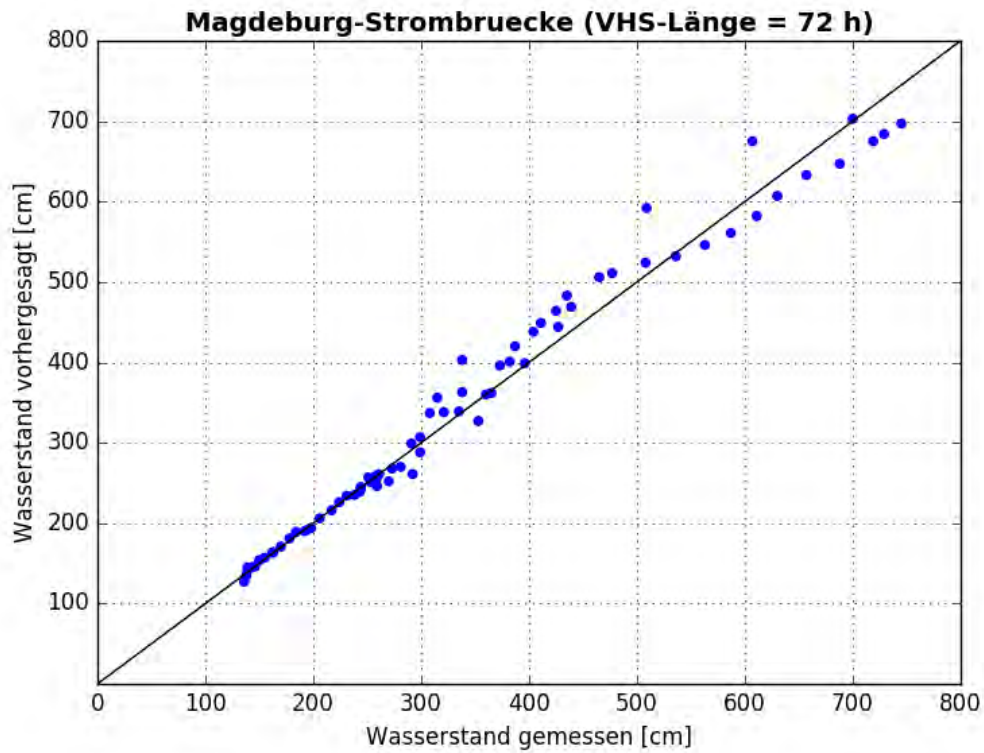


Abbildung B- 109: MAGD HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 72 h (VHS)

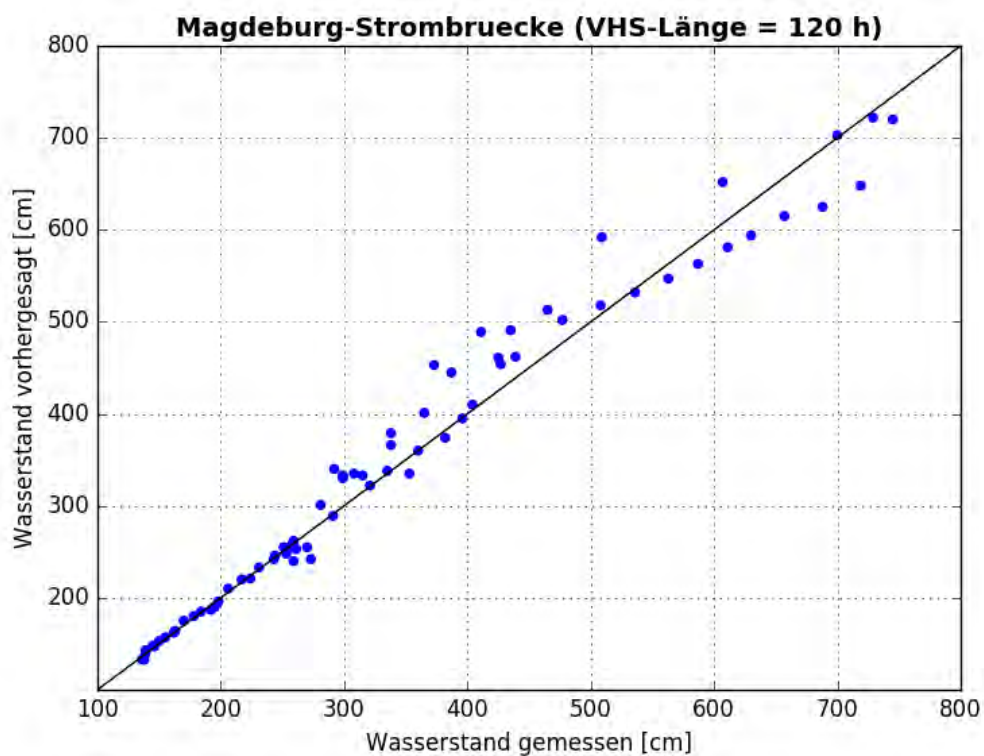


Abbildung B- 110: MAGD HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 120 h (Absch.)



Abbildung B- 111: MAGD HW2013, Kontingenztafeln Schwellenwert 488



Abbildung B- 112: MAGD HW2013, Kontingenztafeln Schwellenwert 650

Hochwasser Mai- Juni 2013 – Variante 1b

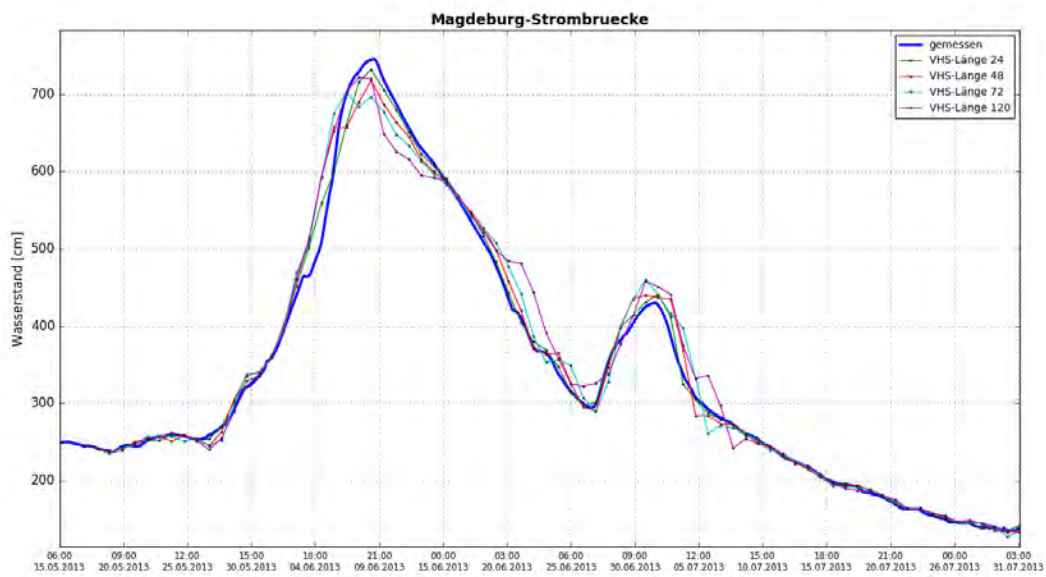


Abbildung B- 113: MAGD HW2013, Ganglinien-Vergleich

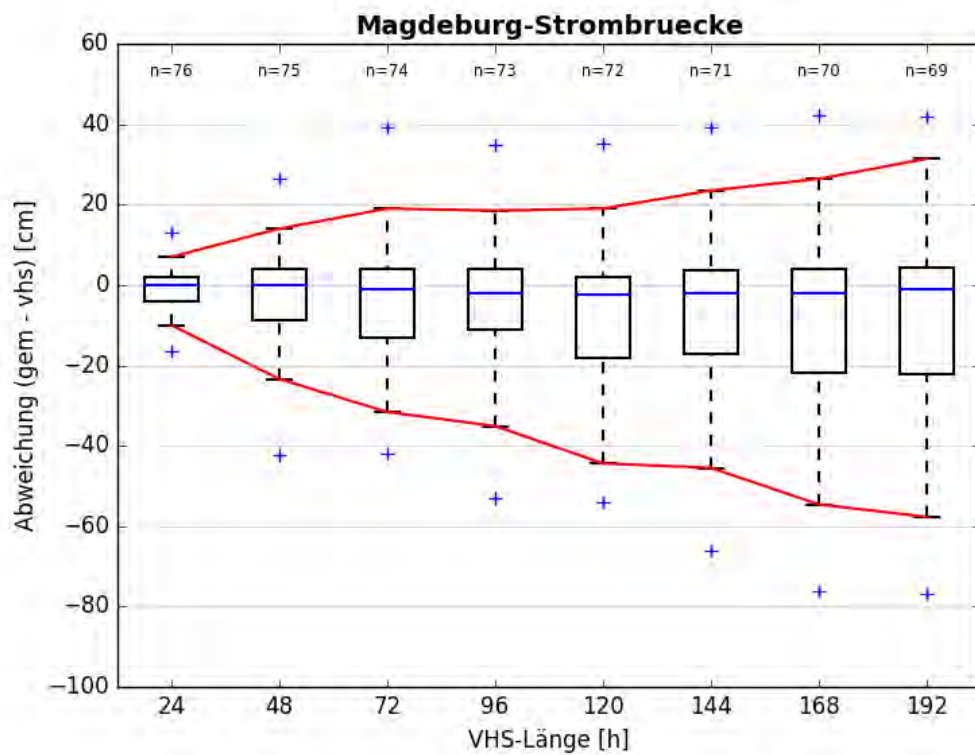


Abbildung B- 114: MAGD HW2013, Boxplot

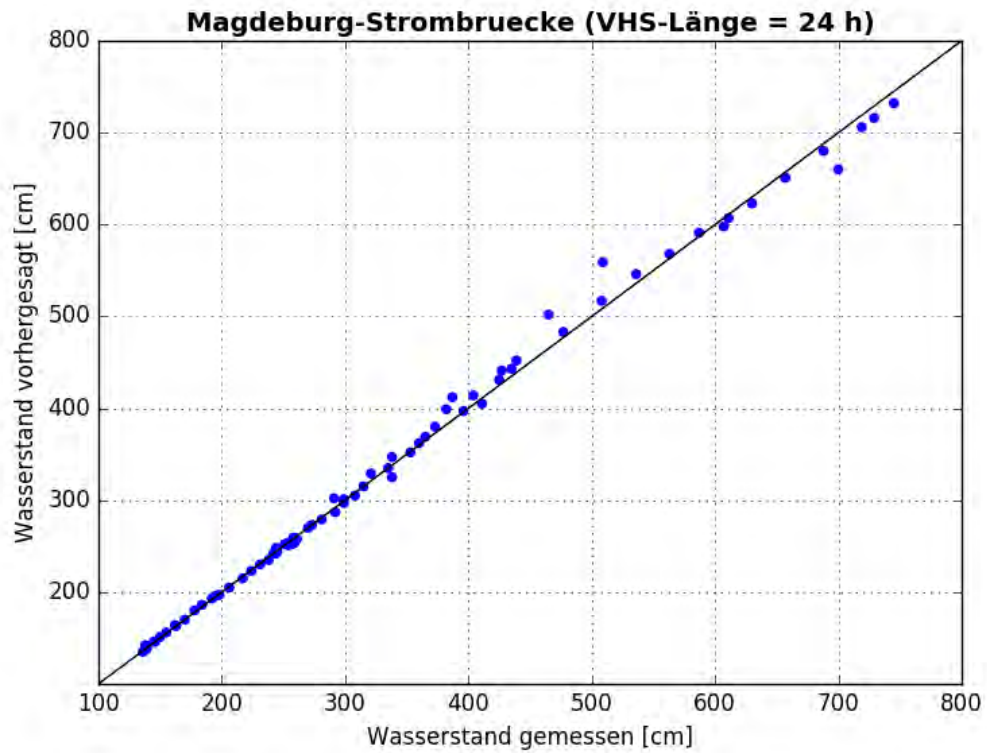


Abbildung B- 115: MAGD HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 24 h (VHS)

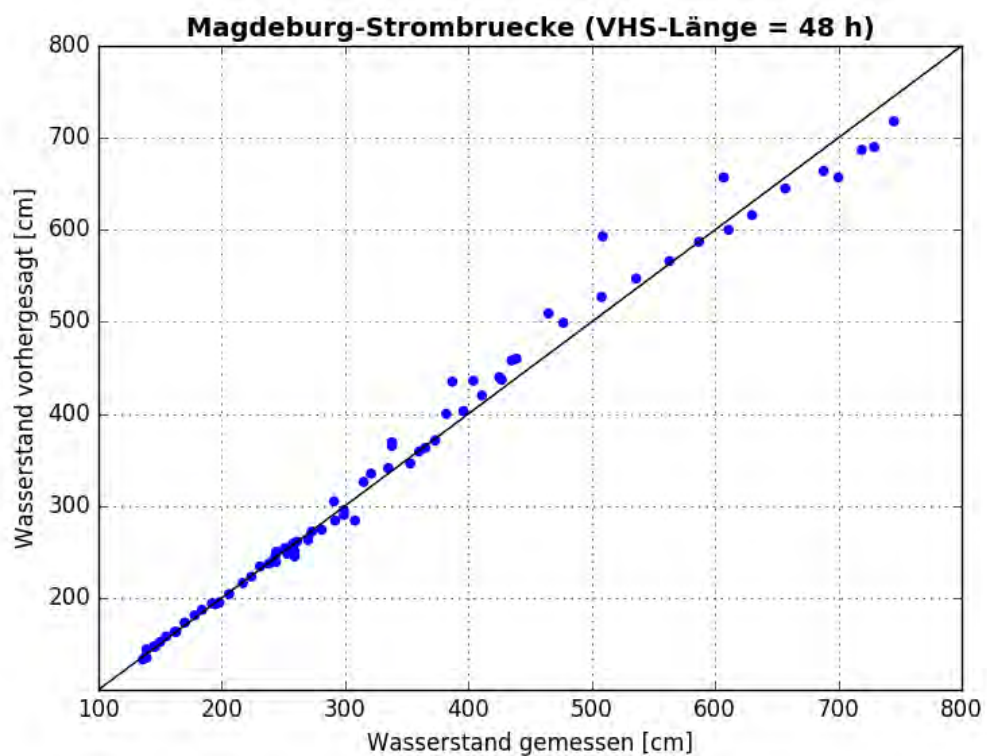


Abbildung B- 116: MAGD HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 48 h (VHS)

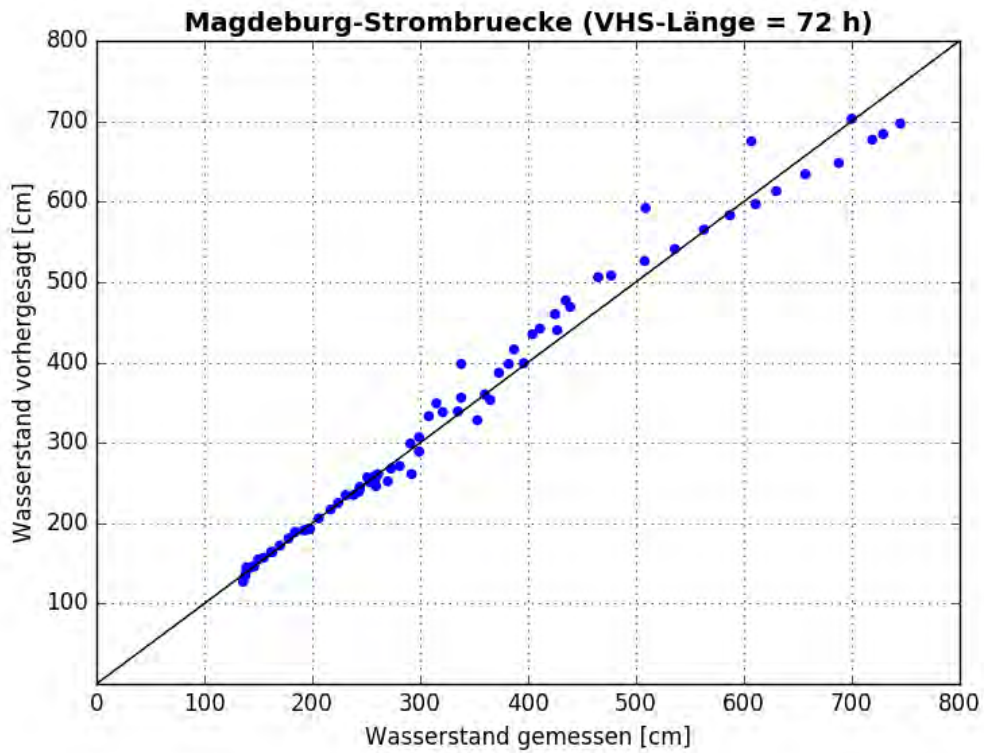


Abbildung B- 117: MAGD HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 72 h (VHS)

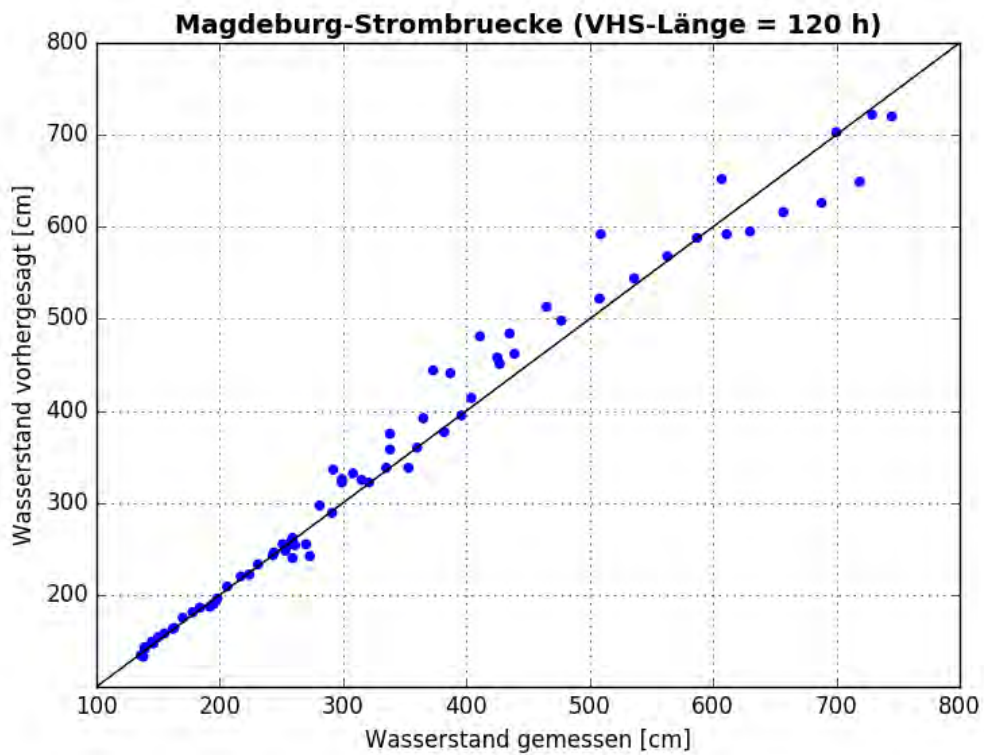


Abbildung B- 118: MAGD HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 120 h (Absch.)



Abbildung B- 119: MAGD HW2013, Kontingenztafeln Schwellenwert 488



Abbildung B- 120: MAGD HW2013, Kontingenztafeln Schwellenwert 650

Hochwasser Mai- Juni 2013 – Variante 3b

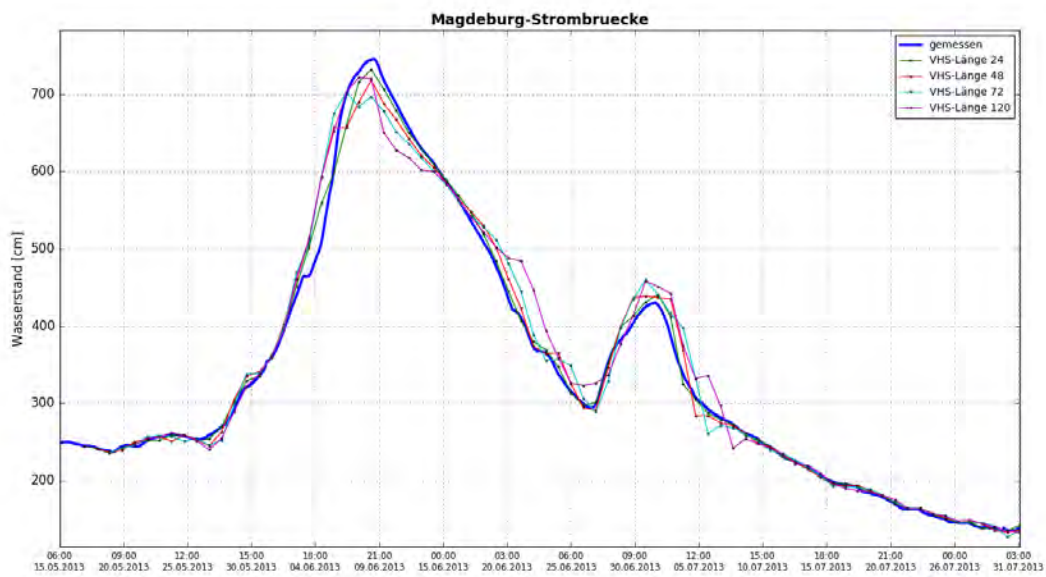


Abbildung B- 121: MAGD HW2013, Ganglinien-Vergleich

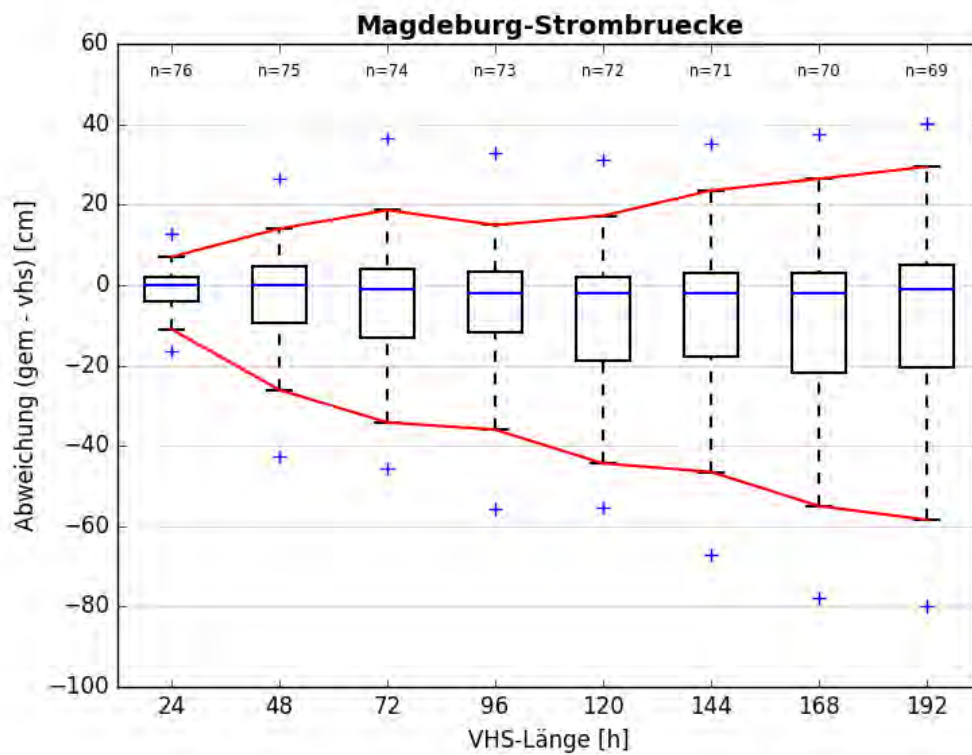


Abbildung B- 122: MAGD HW2013, Boxplot

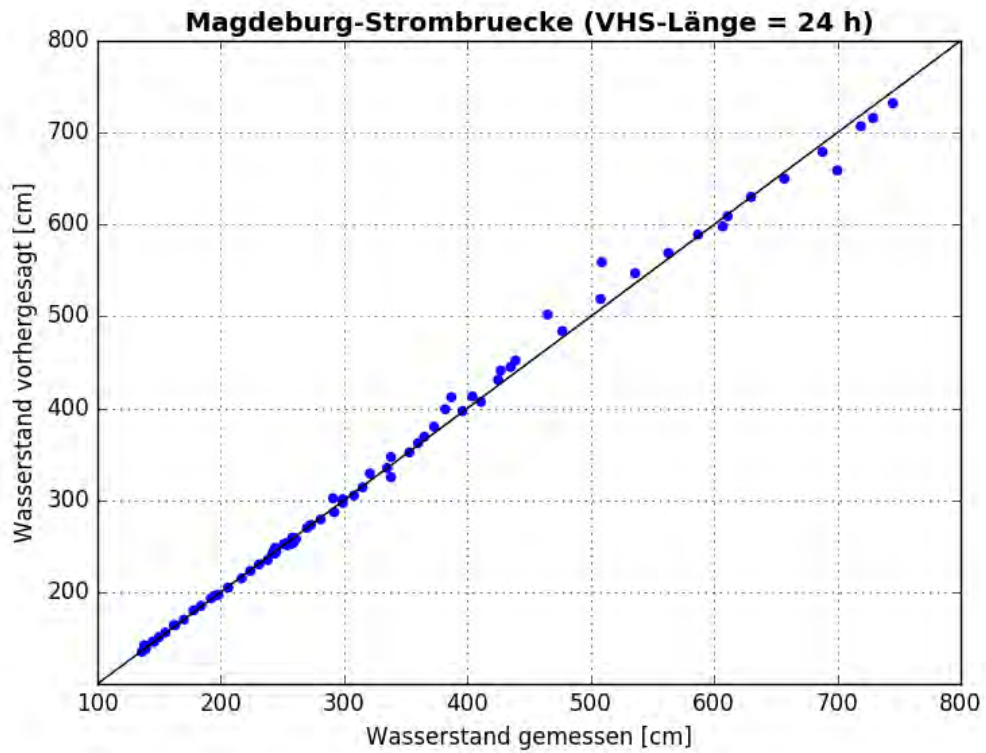


Abbildung B- 123: MAGD HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 24 h (VHS)

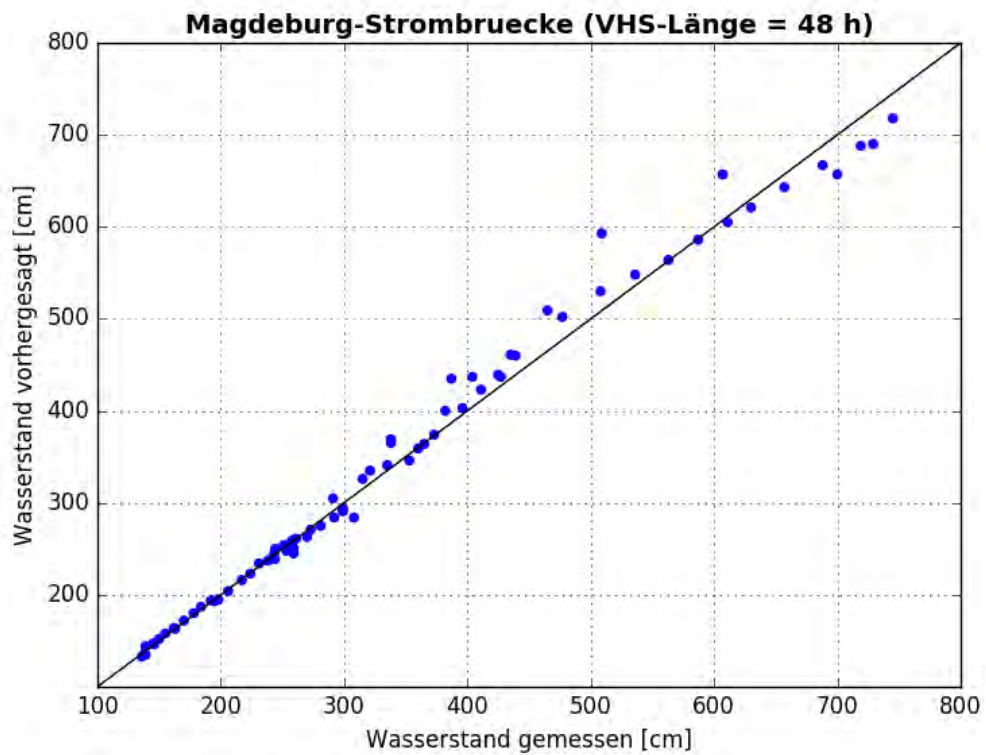


Abbildung B- 124: MAGD HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 48 h (VHS)

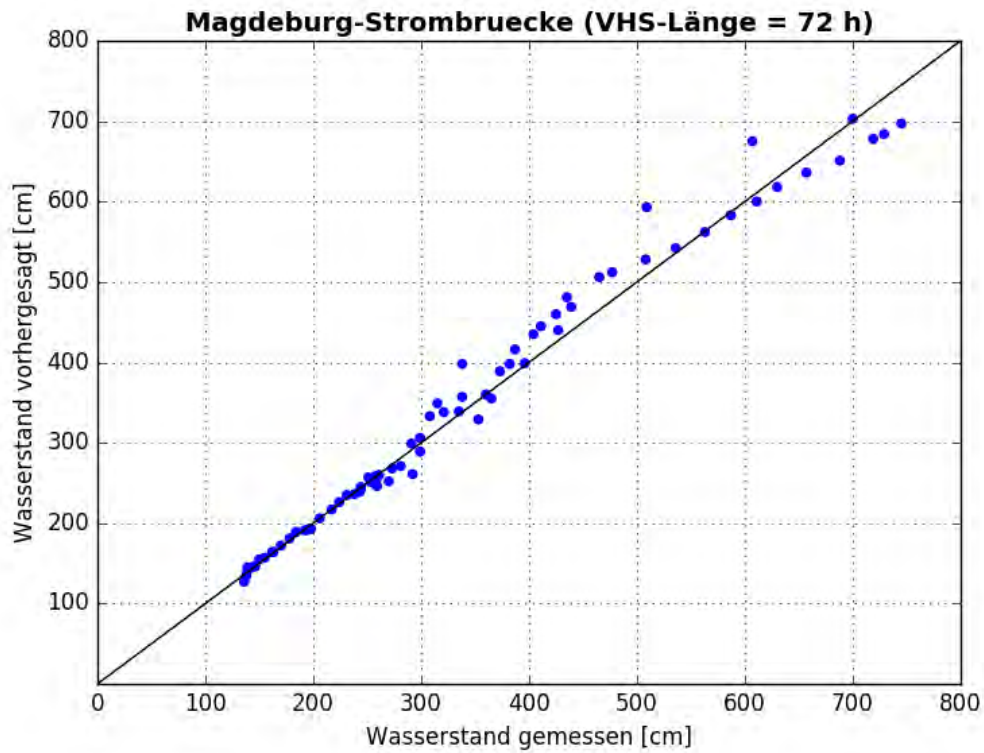


Abbildung B- 125: MAGD HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 72 h (VHS)

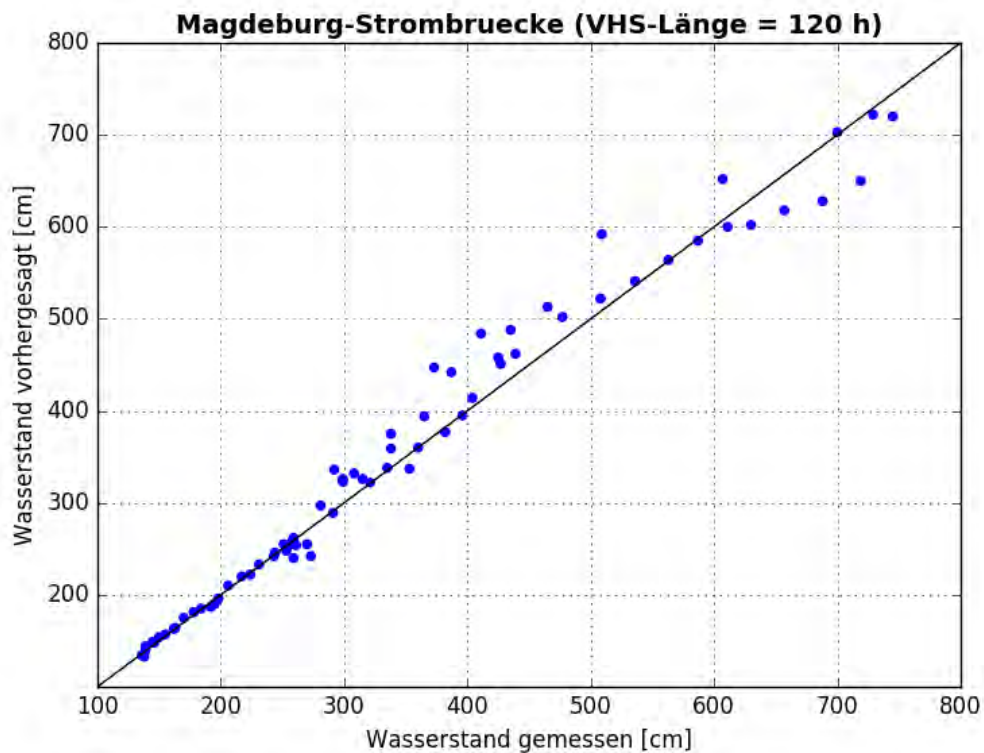


Abbildung B- 126: MAGD HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 120 h (Absch.)



Abbildung B- 127: MAGD HW2013, Kontingenztafeln Schwellenwert 488



Abbildung B- 128: MAGD HW2013, Kontingenztafeln Schwellenwert 650

Hochwasser Mai- Juni 2013 – Variante 4b

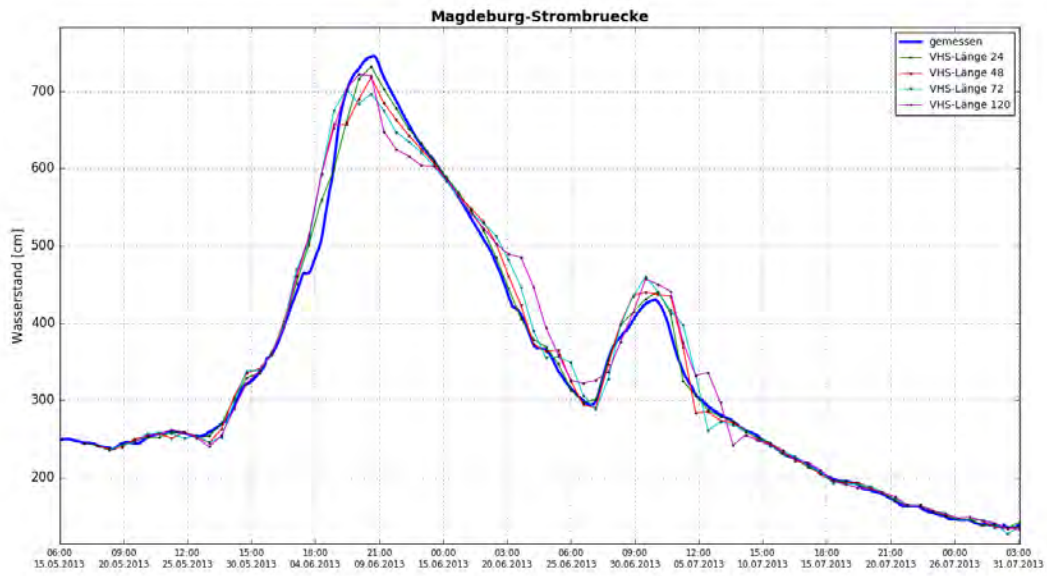


Abbildung B- 129: MAGD HW2013, Ganglinien-Vergleich

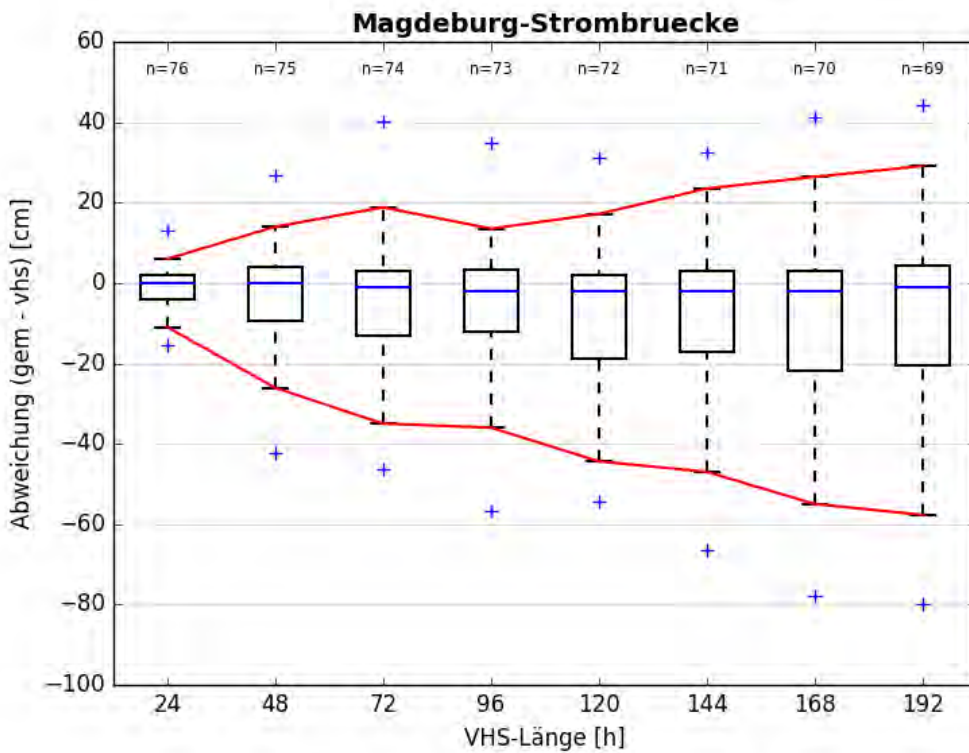


Abbildung B- 130: MAGD HW2013, Boxplot

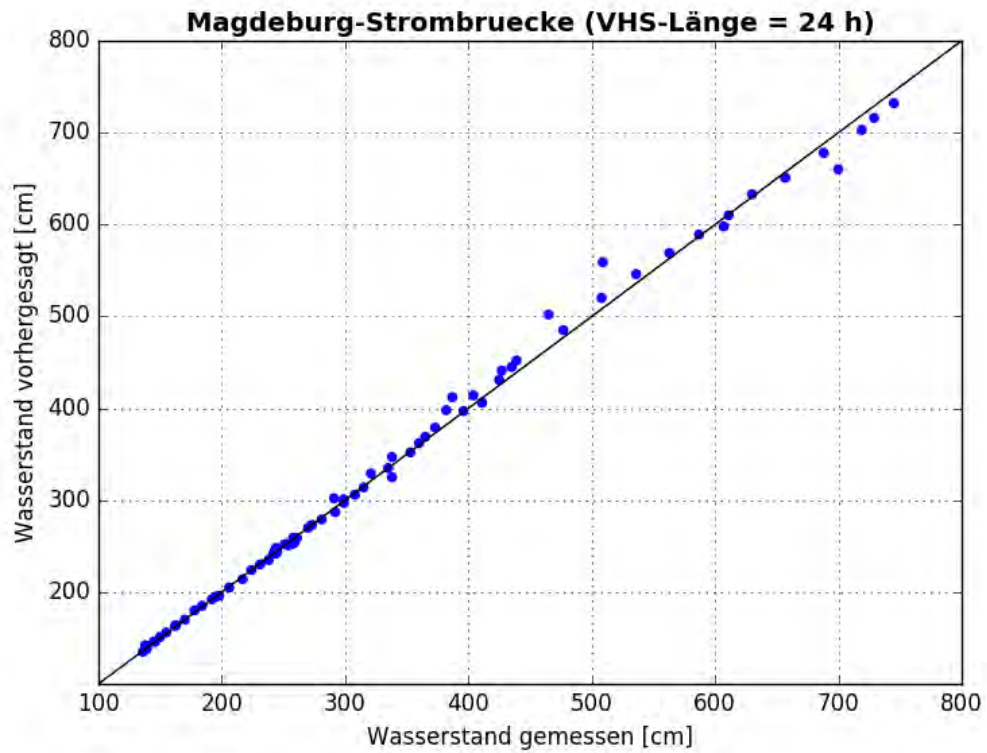


Abbildung B- 131: MAGD HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 24 h (VHS)

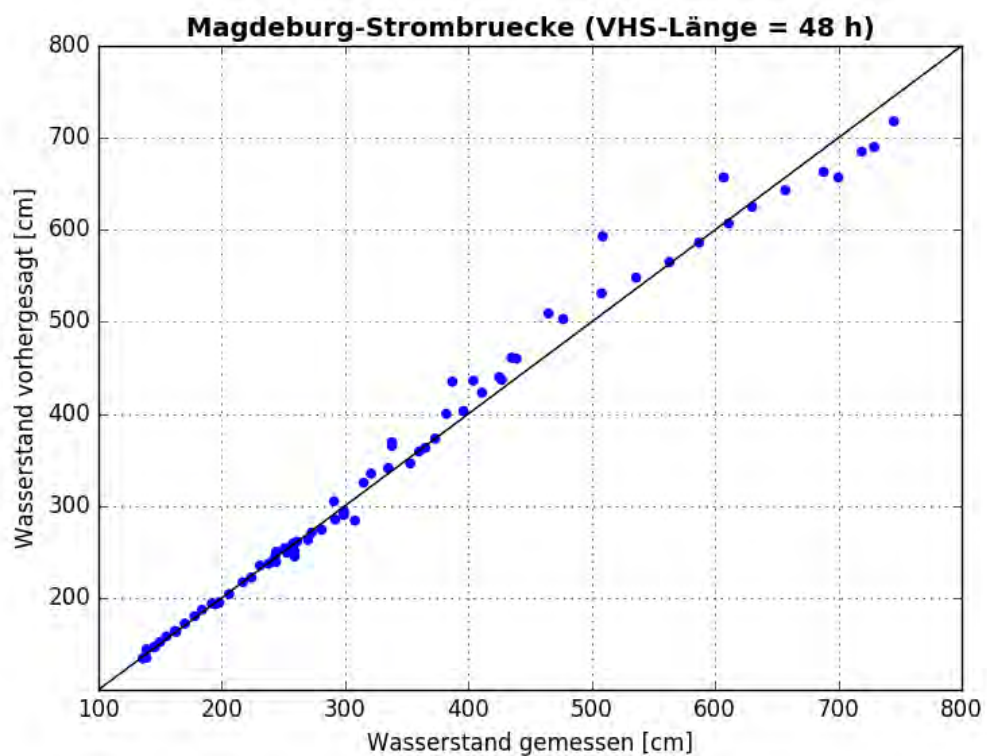


Abbildung B- 132: MAGD HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 48 h (VHS)

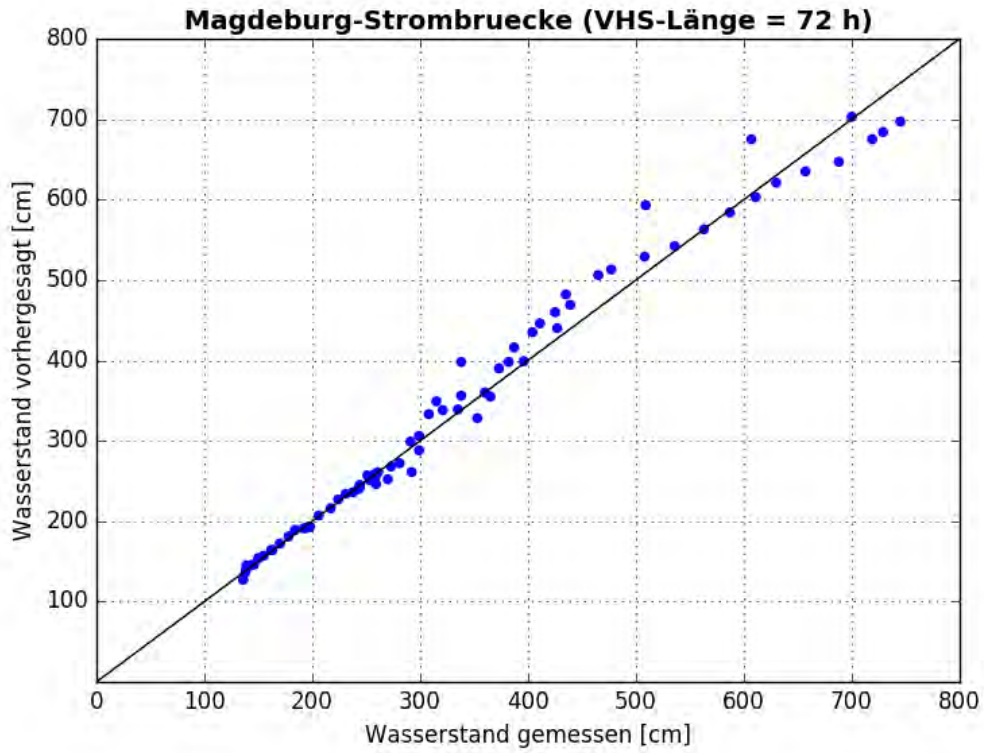


Abbildung B- 133: MAGD HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 72 h (VHS)

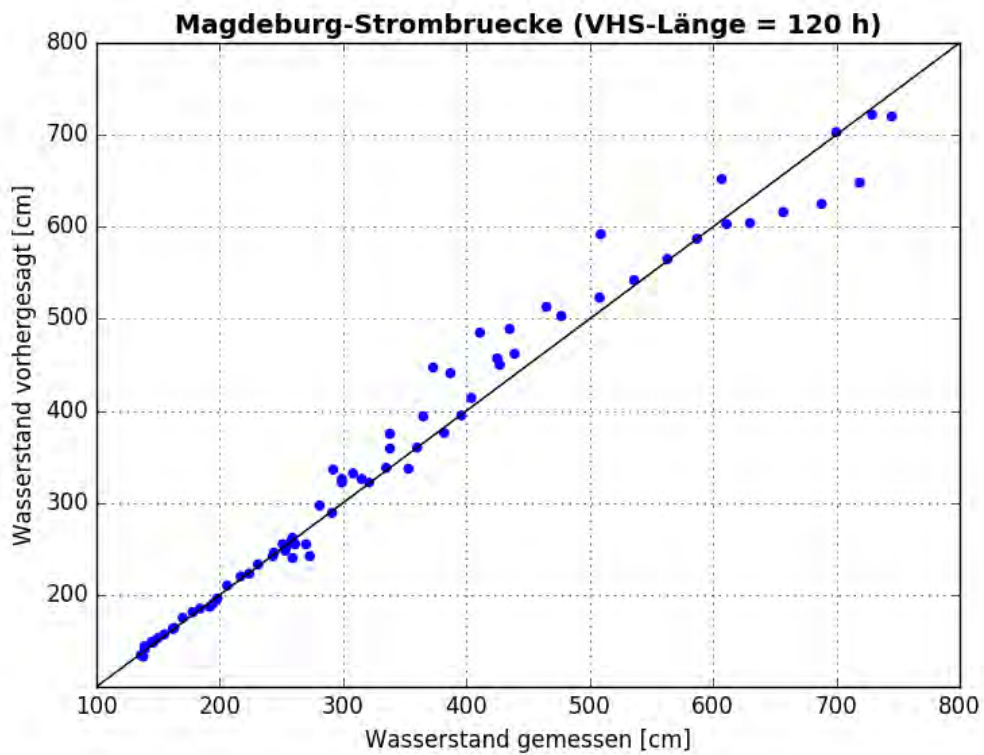


Abbildung B- 134: MAGD HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 120 h (Absch.)



Abbildung B- 135: MAGD HW2013, Kontingenztafeln Schwellenwert 488



Abbildung B- 136: MAGD HW2013, Kontingenztafeln Schwellenwert 650

Anlage B-16: Pegel Wittenberge, Elbe-km 453,98

Hochwasser Mai – Juni 2013 – Variante 0

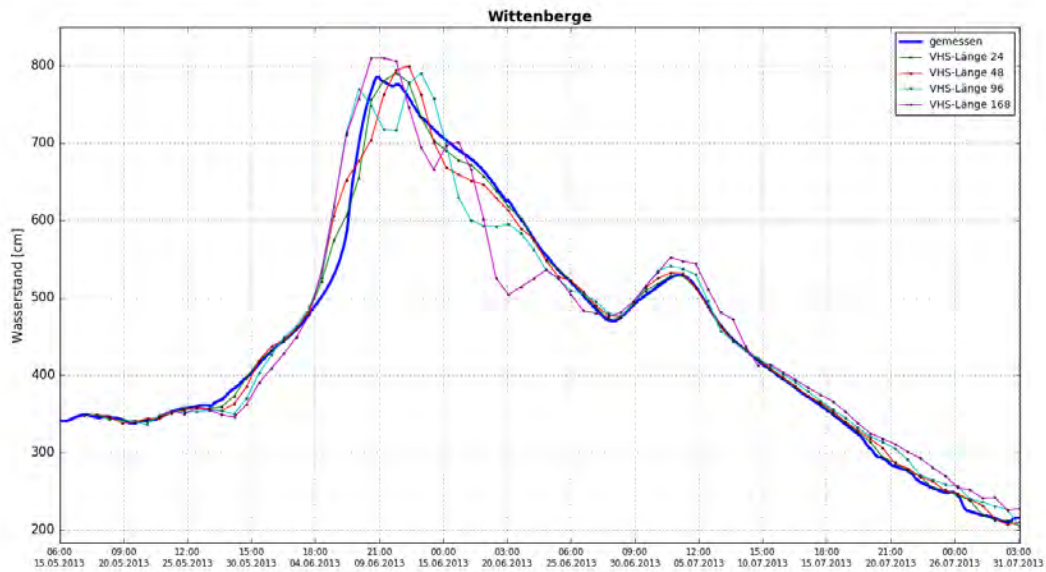


Abbildung B- 137: WITE HW2013, Ganglinien-Vergleich

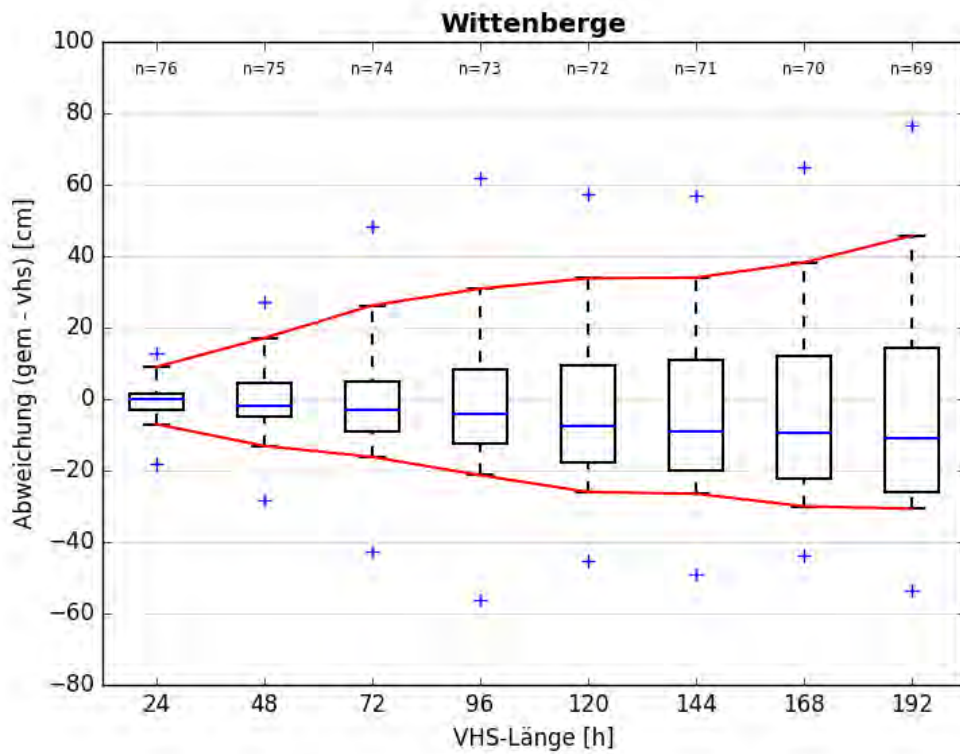


Abbildung B- 138: WITE HW2013, Boxplot

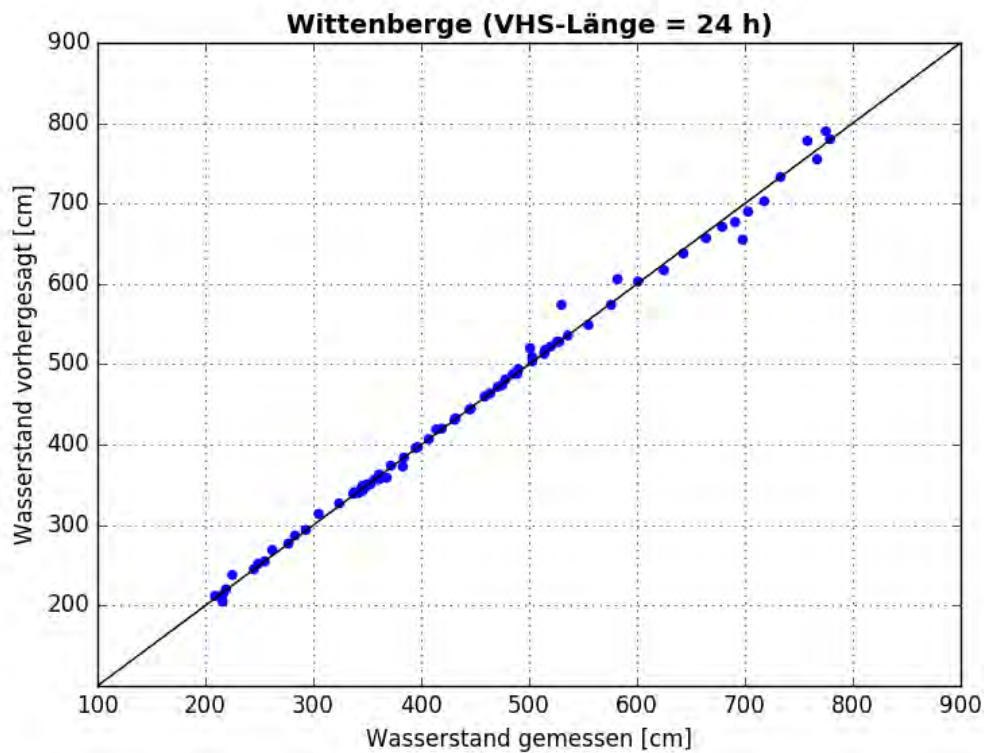


Abbildung B- 139: WITE HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 24 h (VHS)

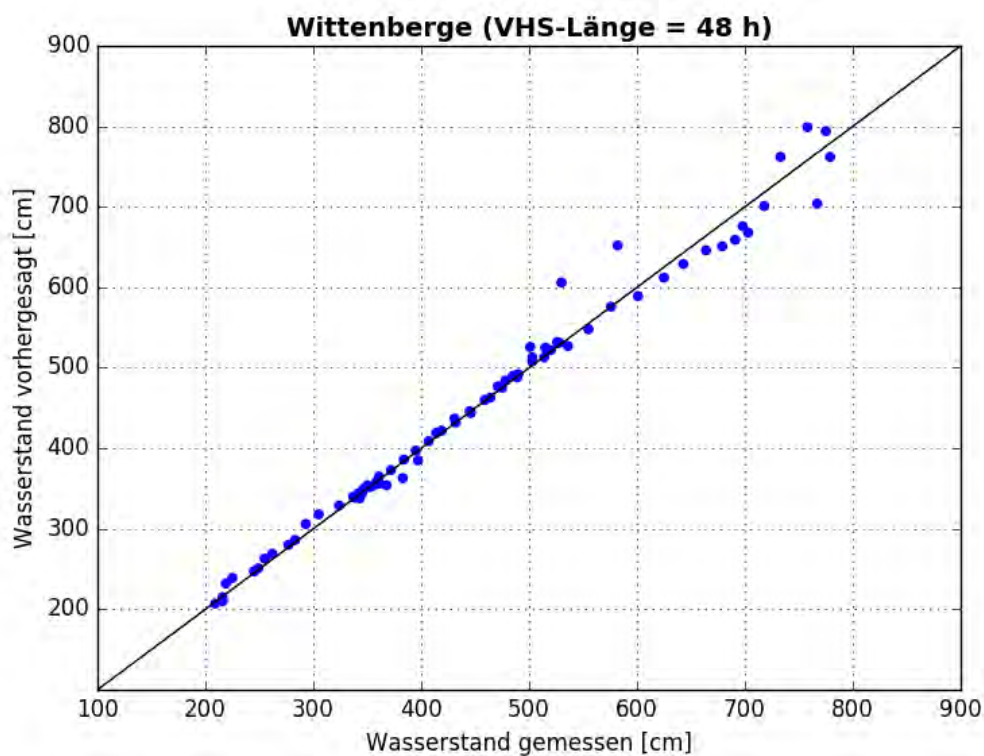


Abbildung B- 140: WITE HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 48 h (VHS)

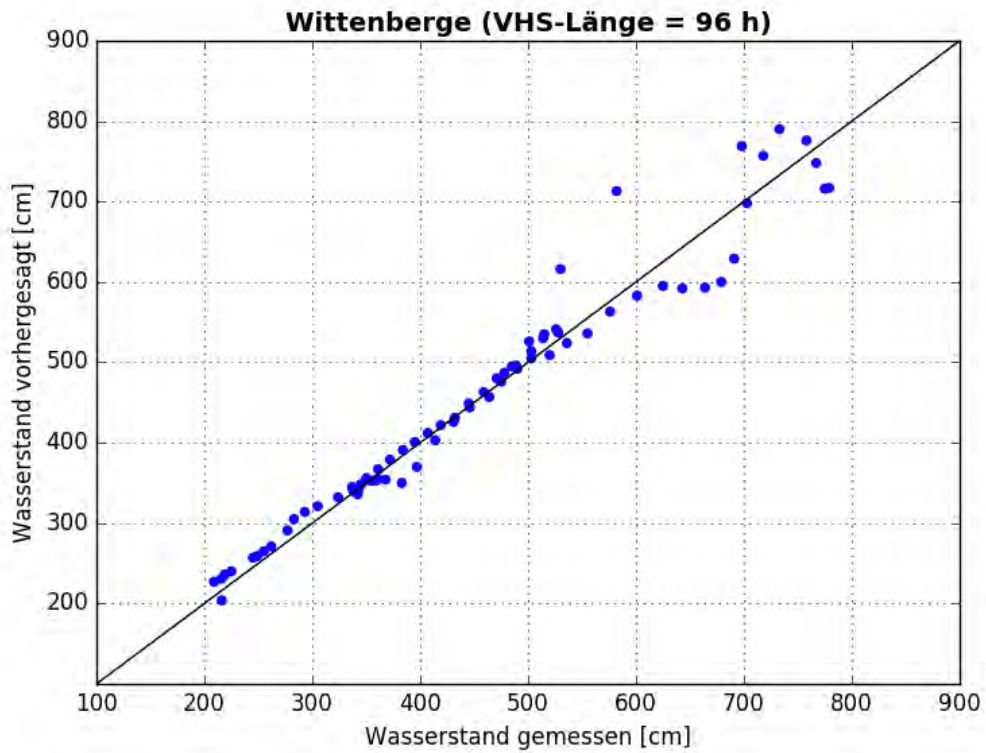


Abbildung B- 141: WITE HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 96 h (VHS)

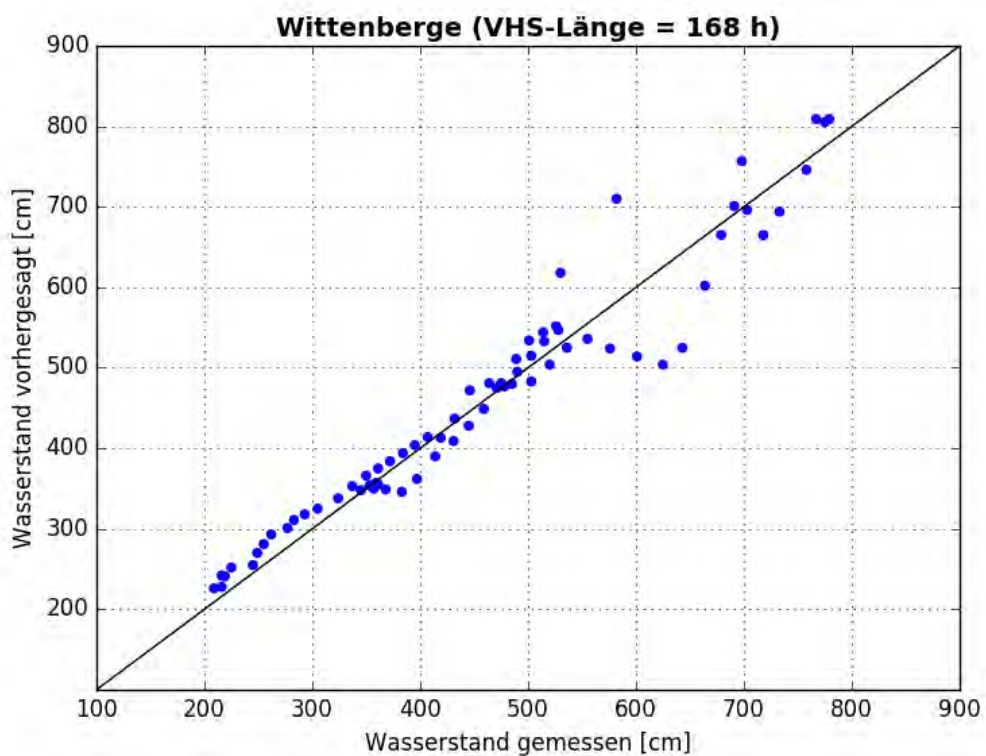


Abbildung B- 142: WITE HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 168 h (Absch.)

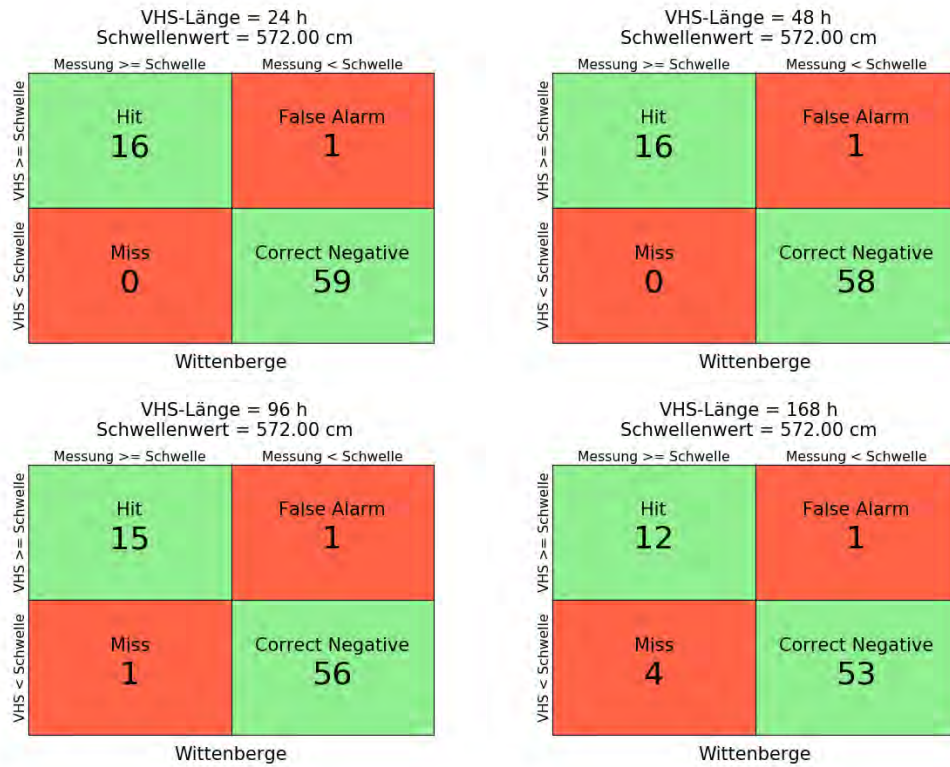


Abbildung B- 143: WITE HW2013, Kontingenztafeln Schwellenwert 572

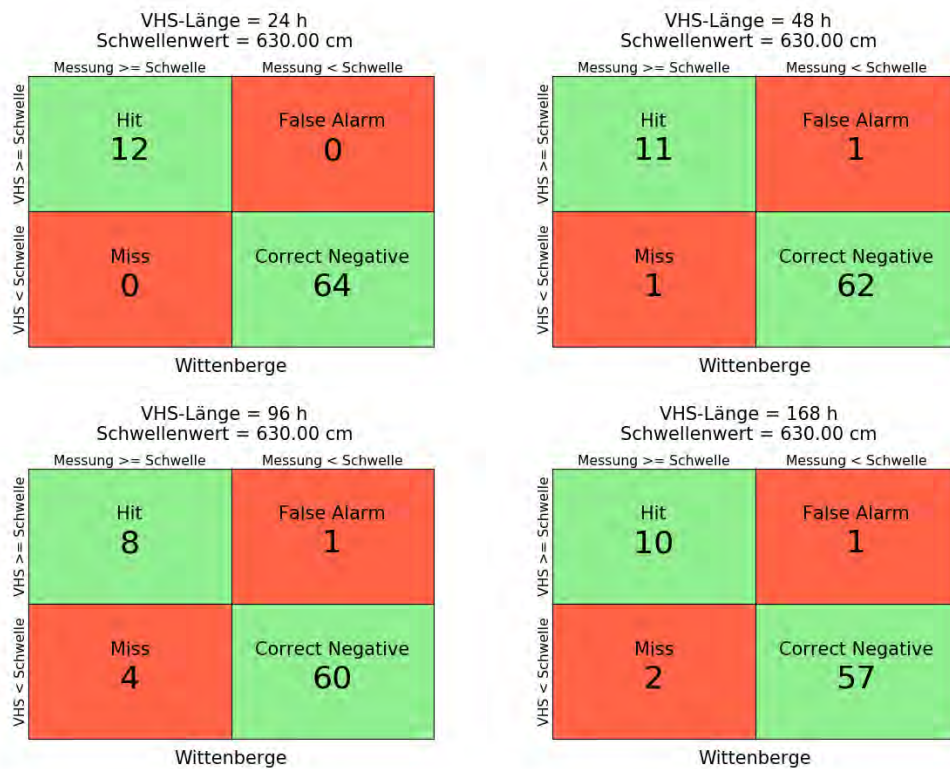


Abbildung B- 144: WITE HW2013, Kontingenztafeln Schwellenwert 630

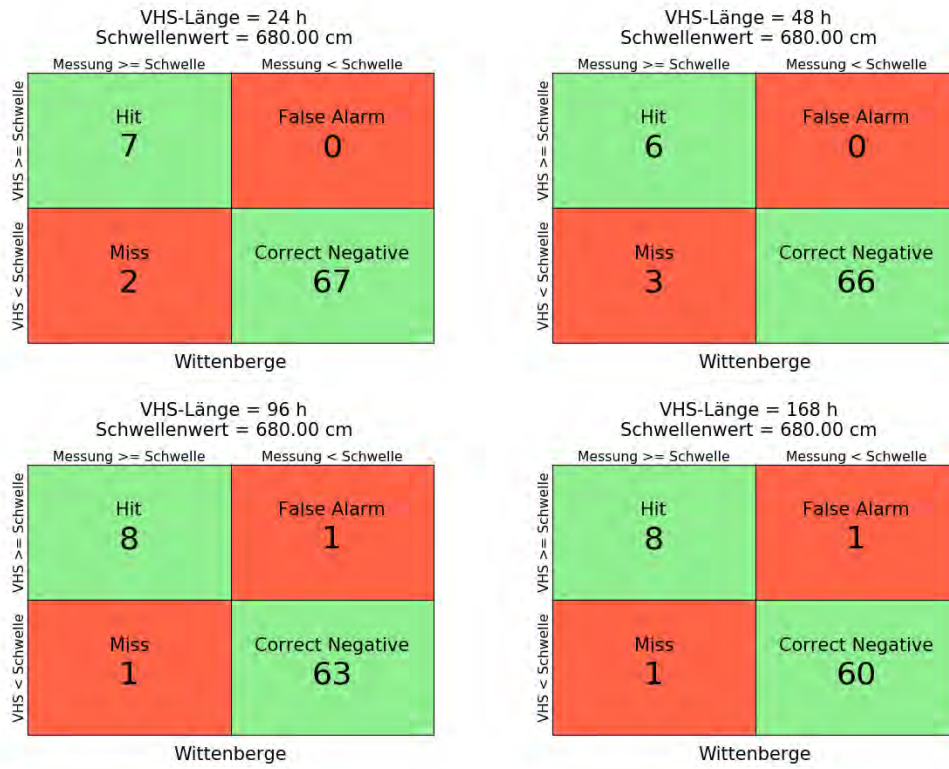


Abbildung B- 145: WITE HW2013, Kontingenztafeln Schwellenwert 680

Hochwasser Mai – Juni 2013 – Variante 1a

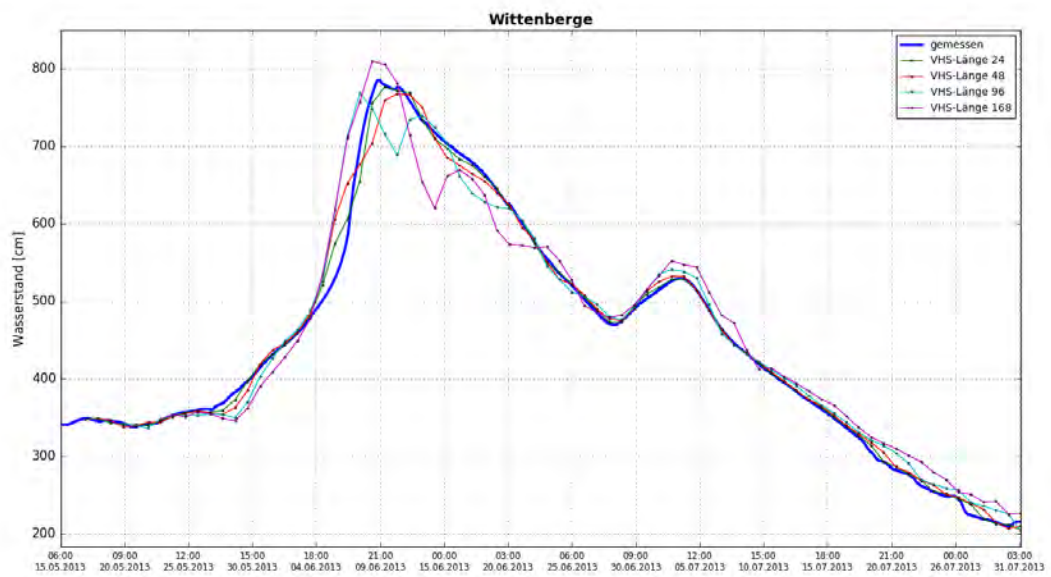


Abbildung B- 146: WITE HW2013, Ganglinien-Vergleich

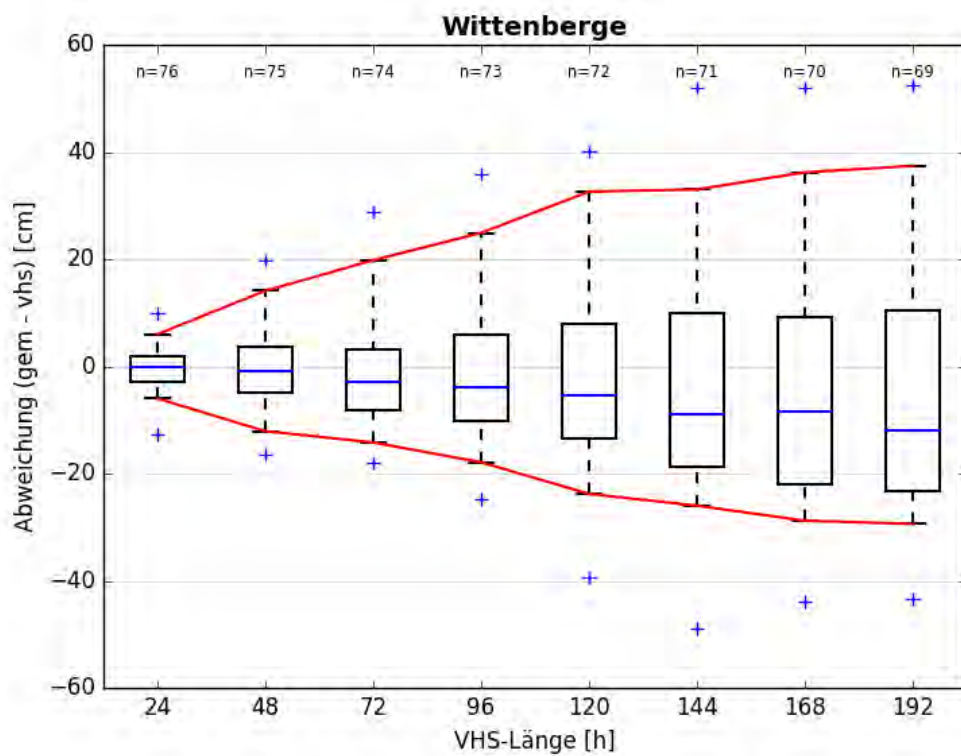


Abbildung B- 147: WITE HW2013, Boxplot

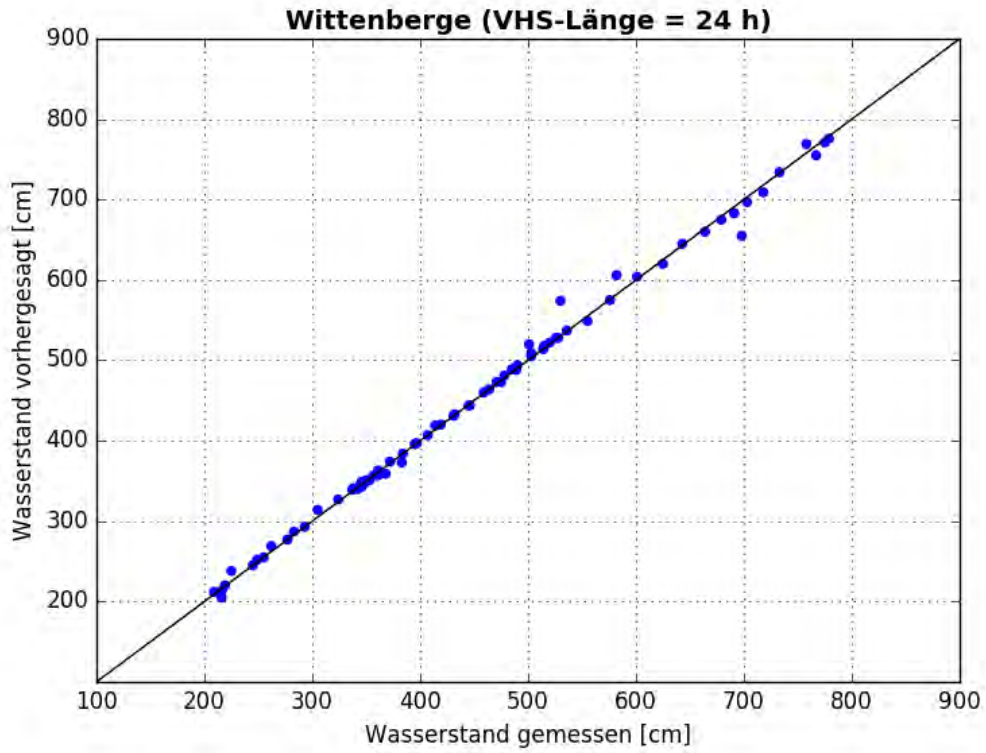


Abbildung B- 148: WITE HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 24 h (VHS)

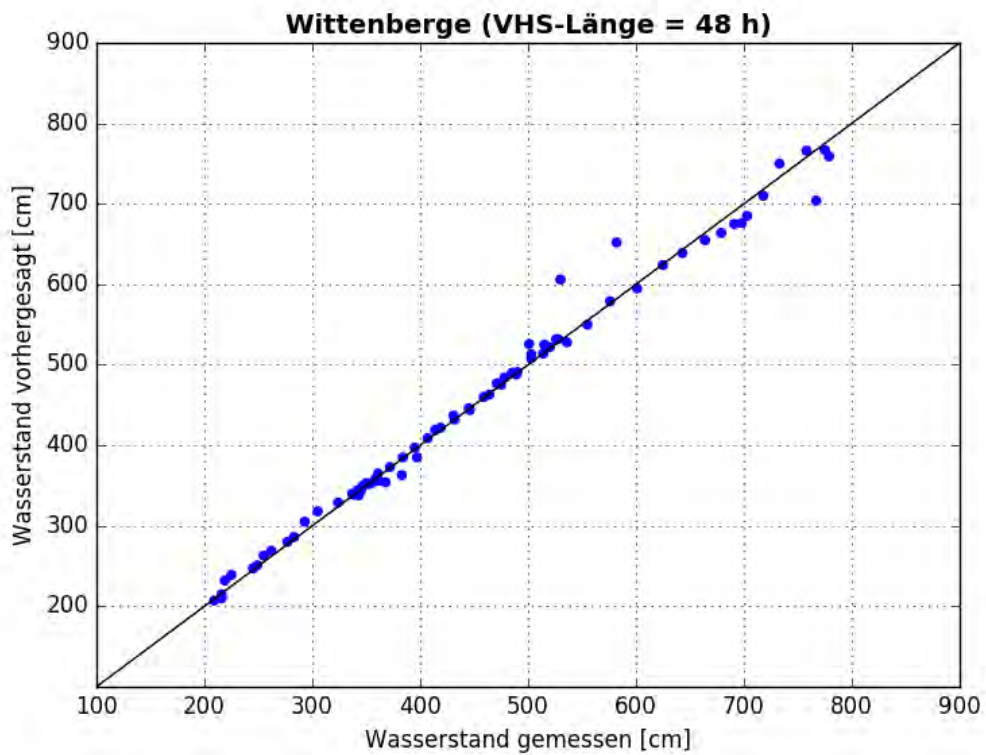


Abbildung B- 149: WITE HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 48 h (VHS)

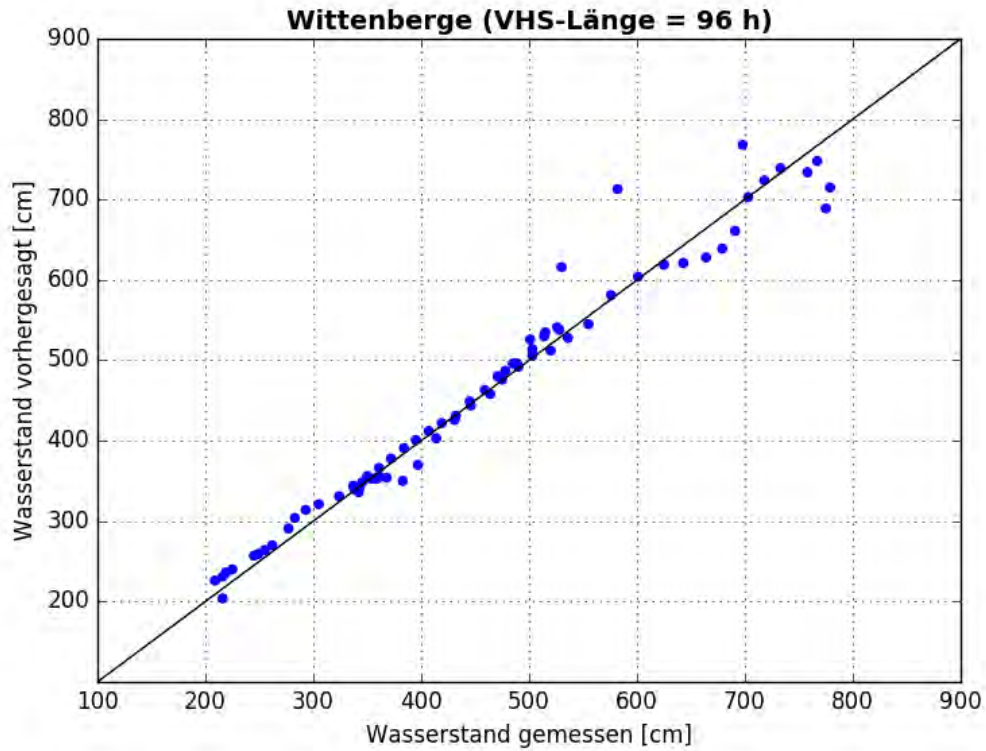


Abbildung B- 150: WITE HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 96 h (VHS)

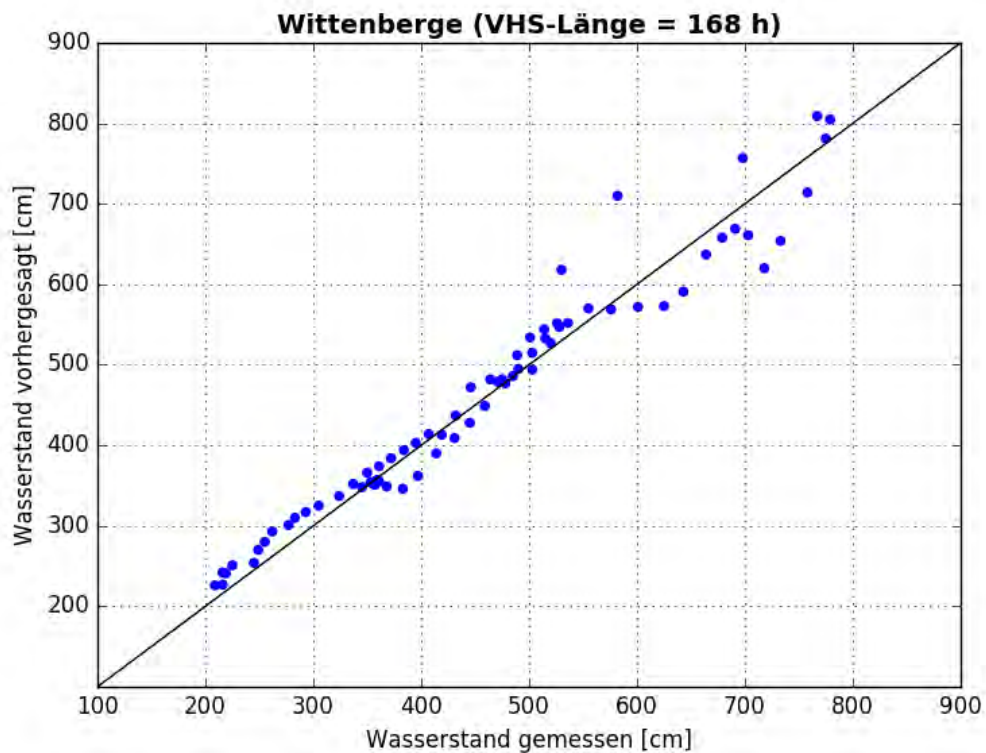


Abbildung B- 151: WITE HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 168 h (Absch.)



Abbildung B- 152: WITE HW2013, Kontingenztafeln Schwellenwert 572

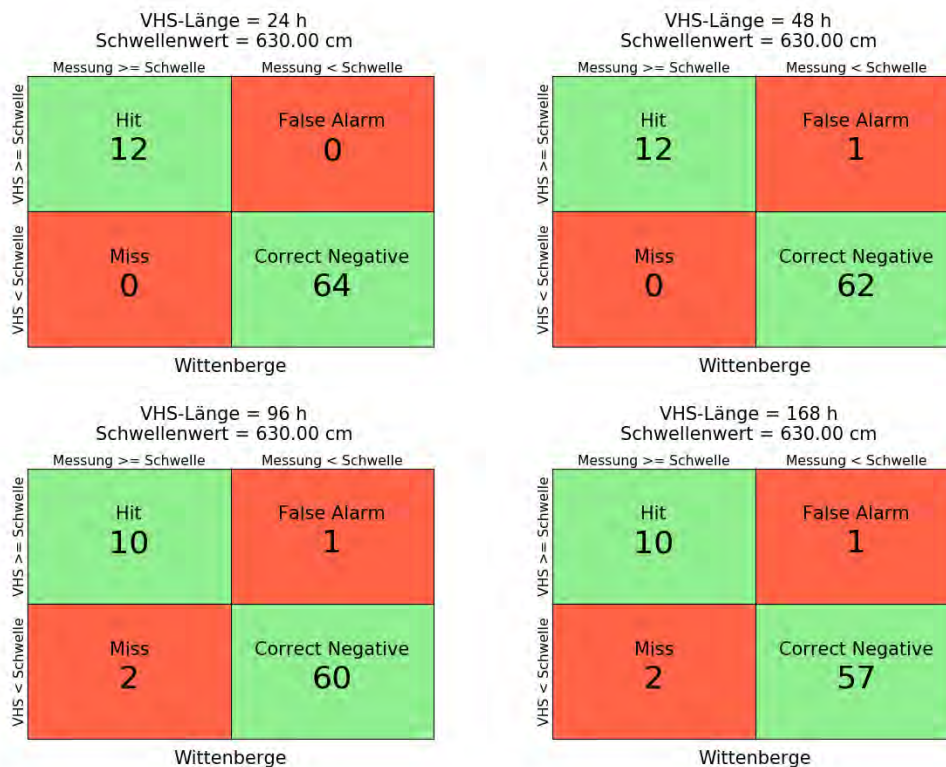


Abbildung B- 153: WITE HW2013, Kontingenztafeln Schwellenwert 630

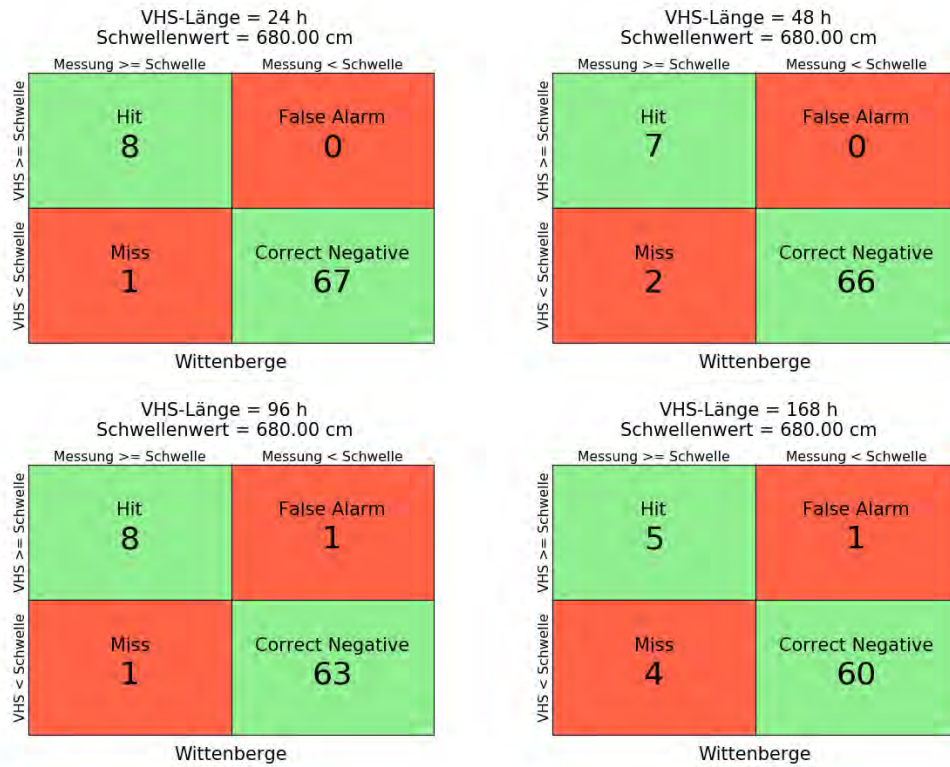


Abbildung B- 154: WITE HW2013, Kontingenztafeln Schwellenwert 680

Hochwasser Mai – Juni 2013 – Variante 2

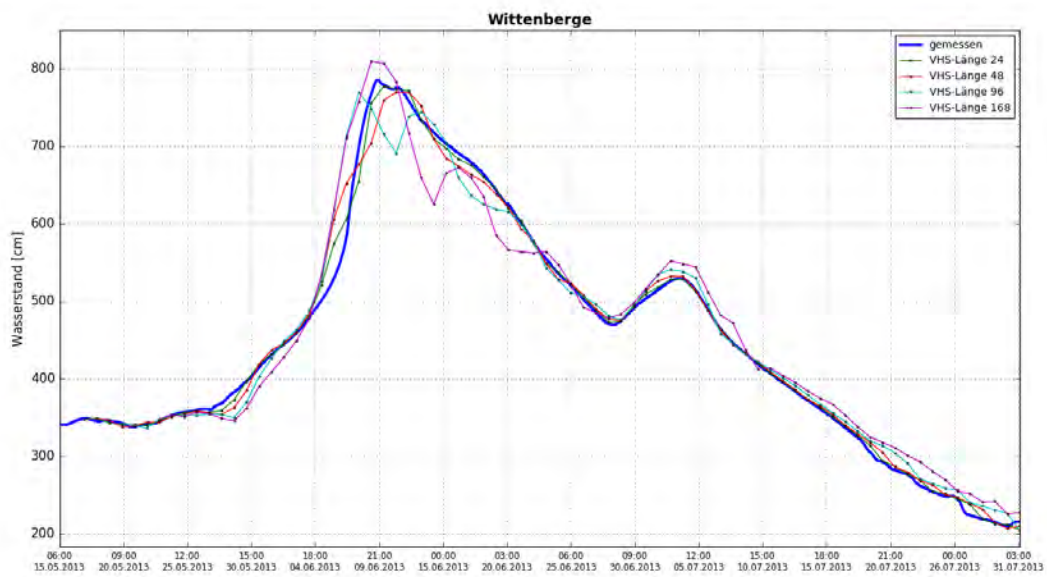


Abbildung B- 155: WITE HW2013, Ganglinien-Vergleich

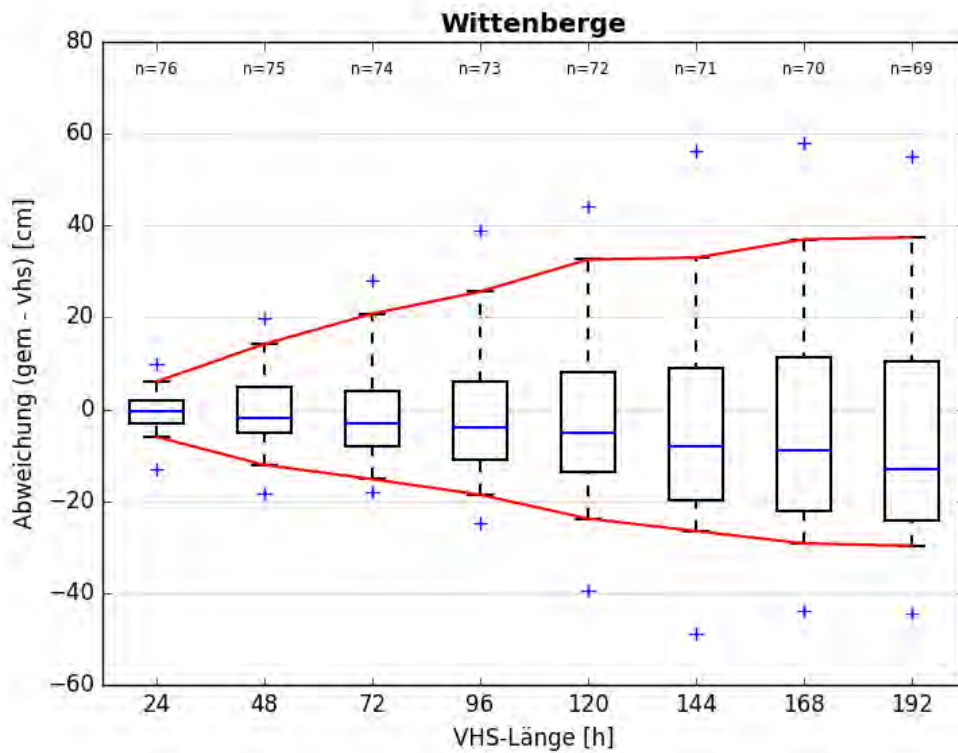


Abbildung B- 156: WITE HW2013, Boxplot

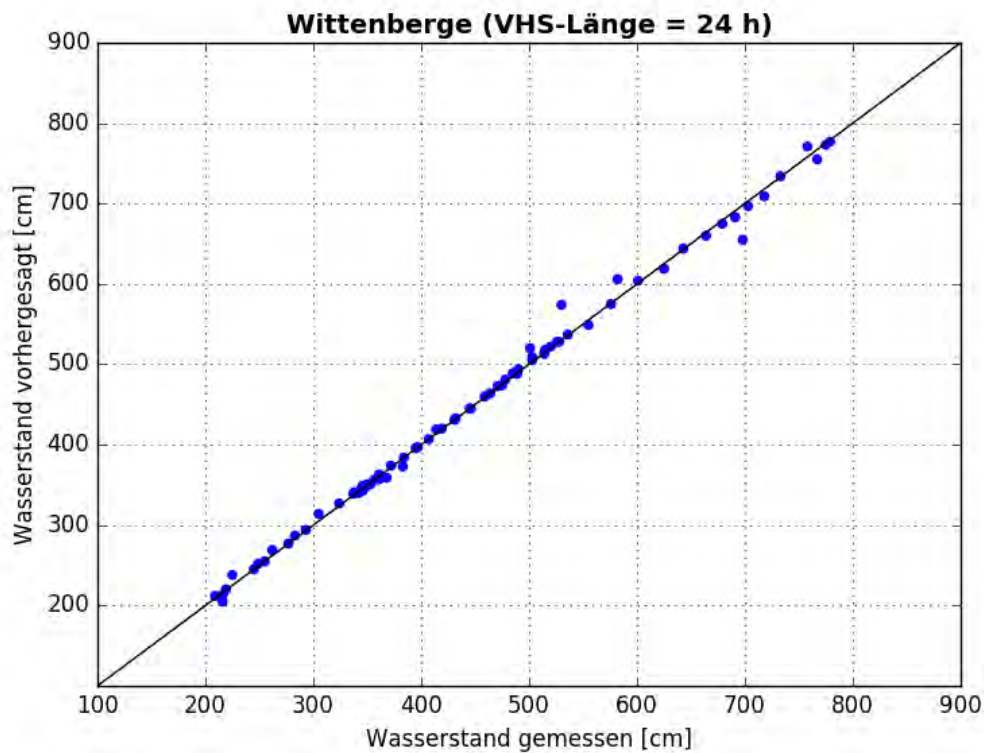


Abbildung B- 157: WITE HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 24 h (VHS)

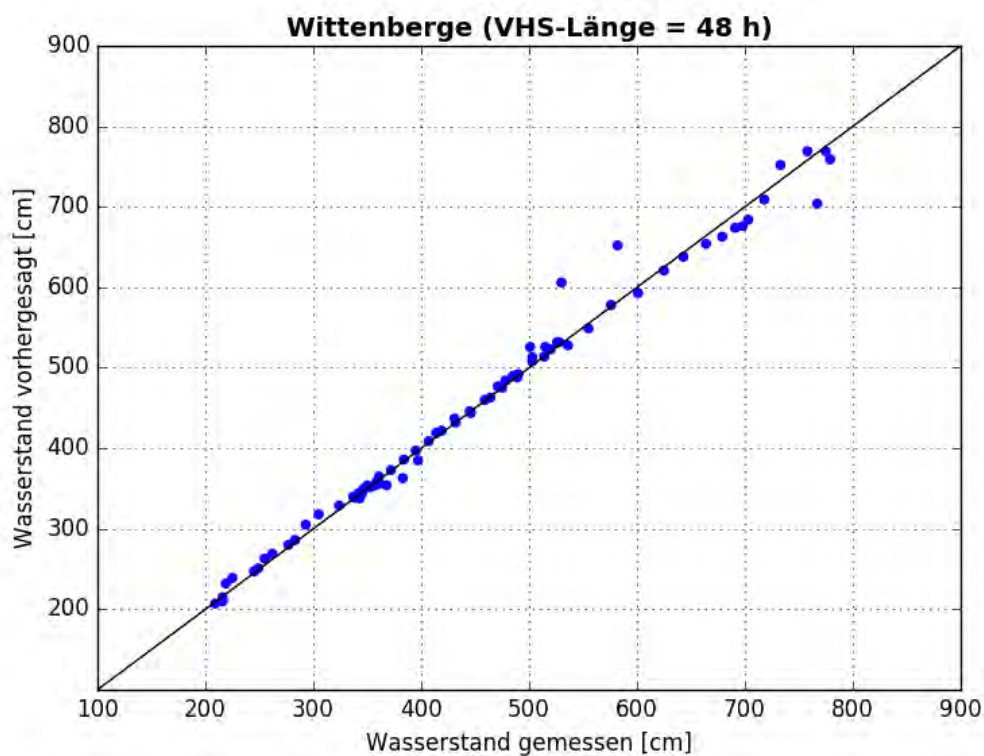


Abbildung B- 158: WITE HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 48 h (VHS)

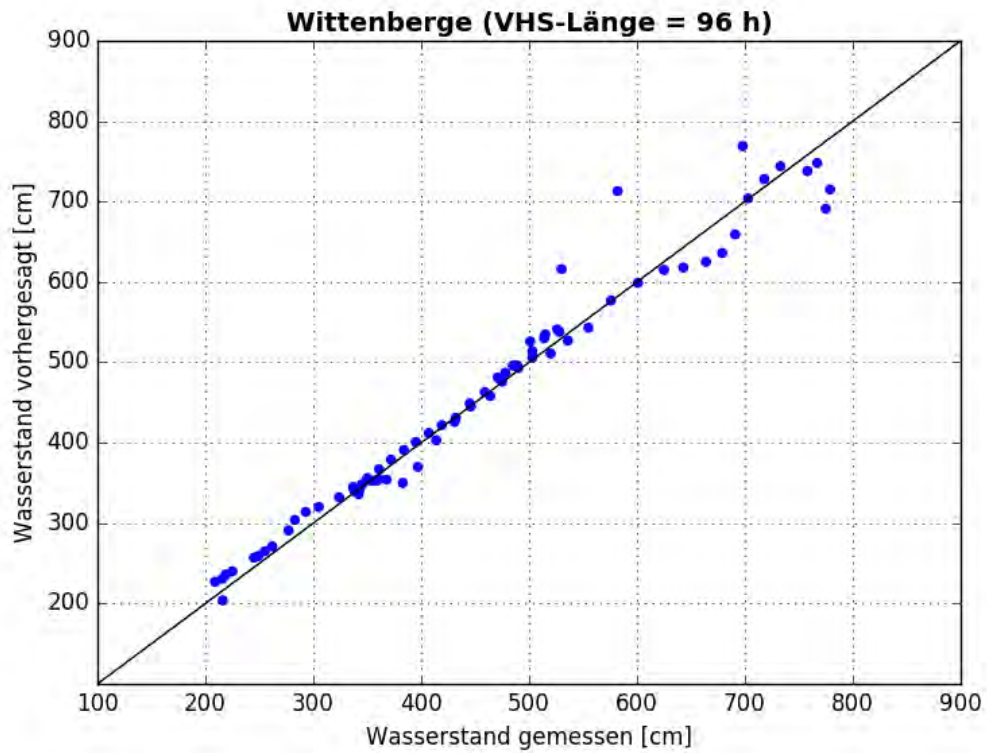


Abbildung B- 159: WITE HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 96 h (VHS)

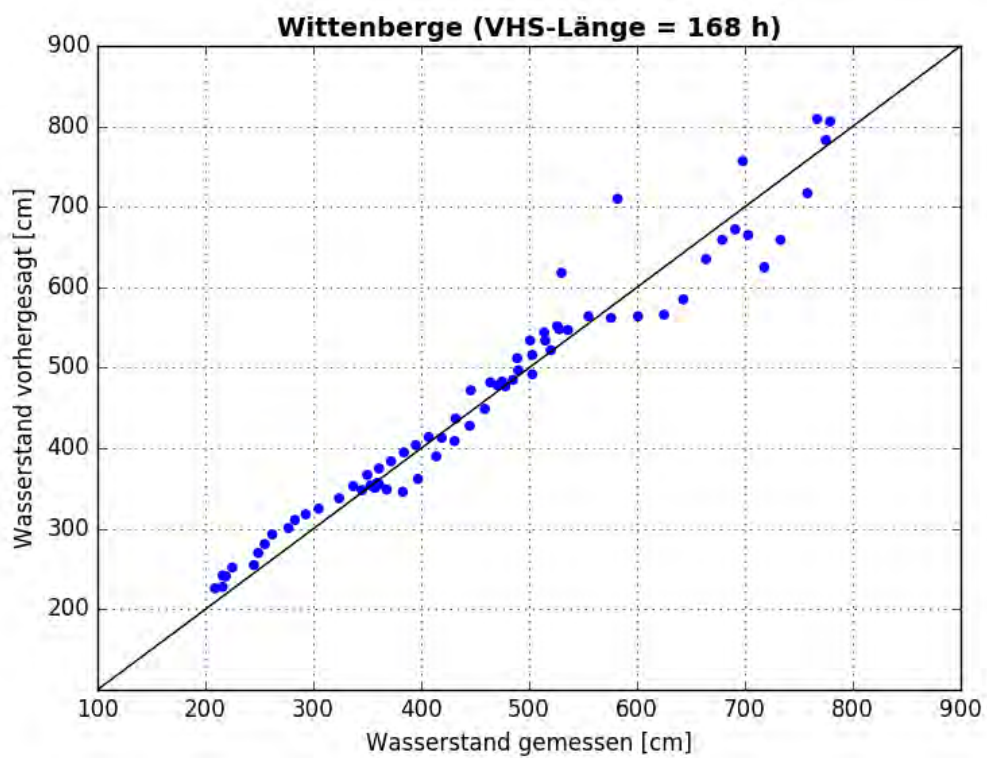


Abbildung B- 160: WITE HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 168 h (Absch.)



Abbildung B- 161: WITE HW2013, Kontingenztafeln Schwellenwert 572



Abbildung B- 162: WITE HW2013, Kontingenztafeln Schwellenwert 630

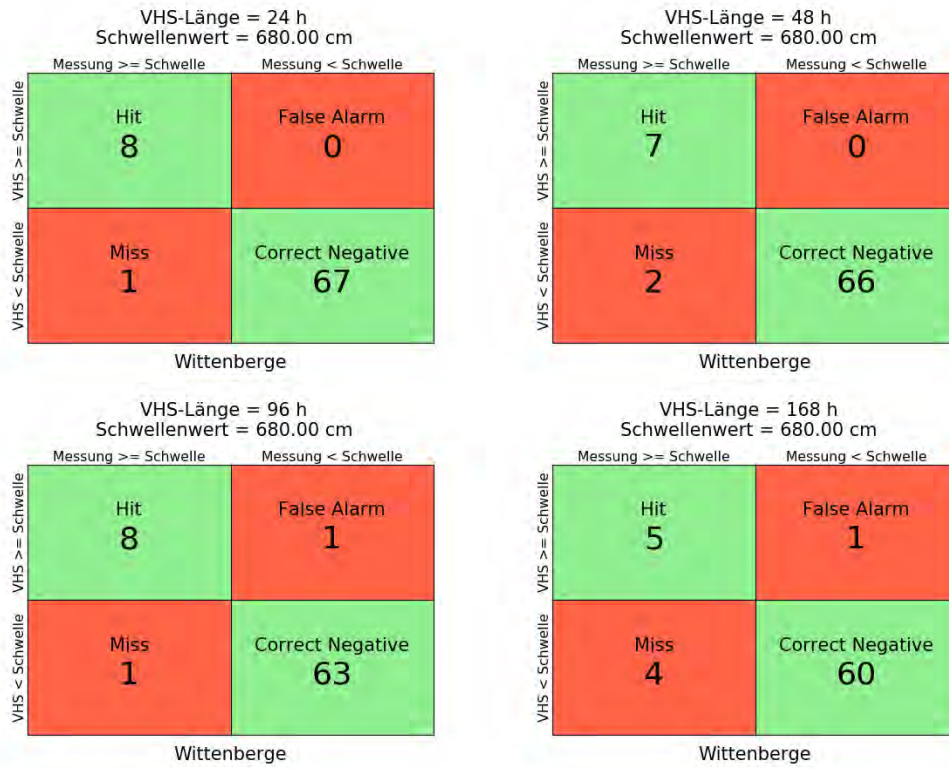


Abbildung B- 163: WITE HW2013, Kontingenztafeln Schwellenwert 680

Hochwasser Mai – Juni 2013 – Variante 3a

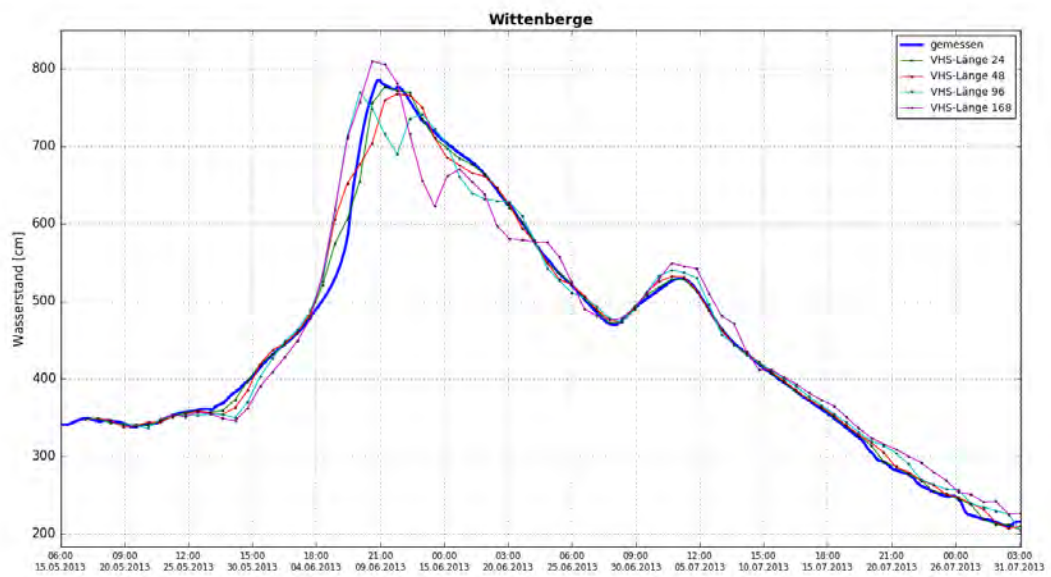


Abbildung B- 164: WITE HW2013, Ganglinien-Vergleich

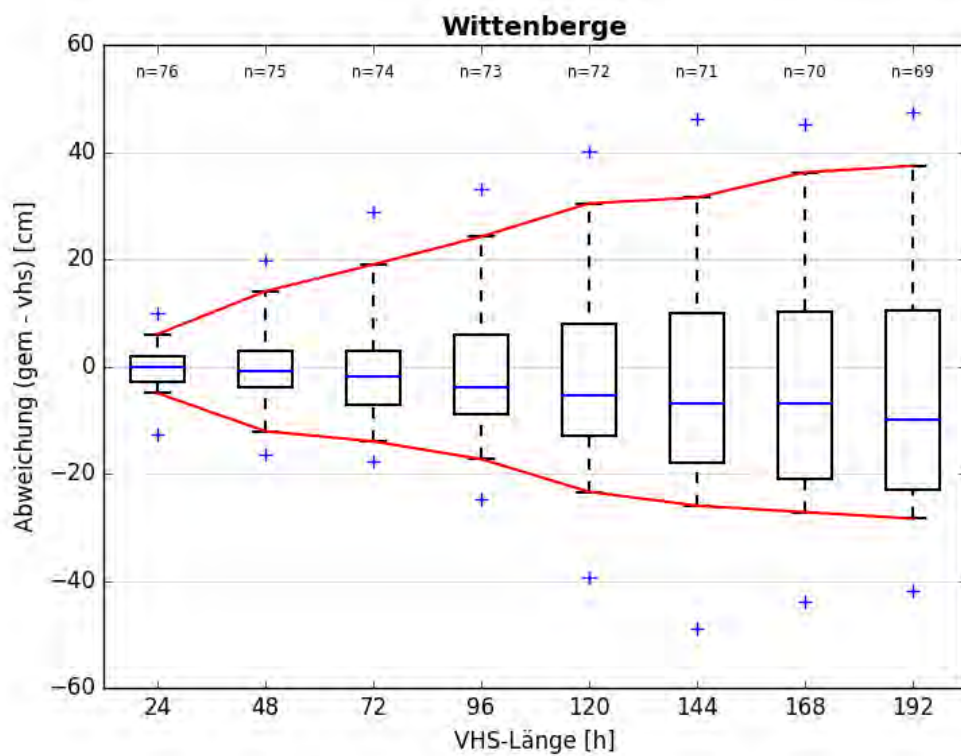


Abbildung B- 165: WITE HW2013, Boxplot

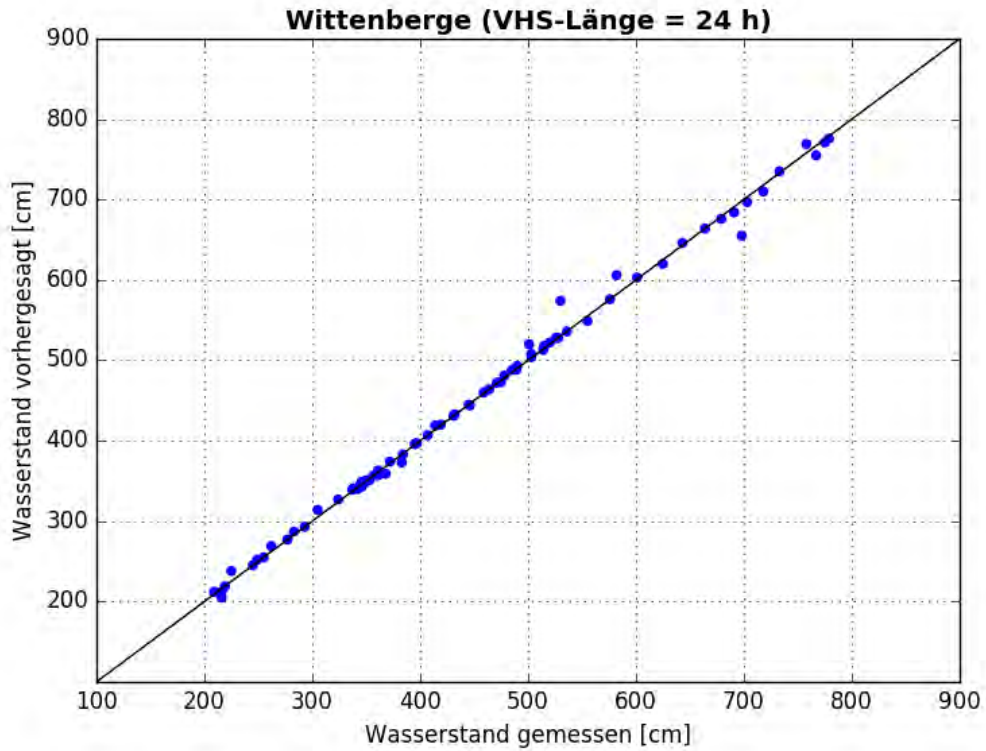


Abbildung B- 166: WITE HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 24 h (VHS)

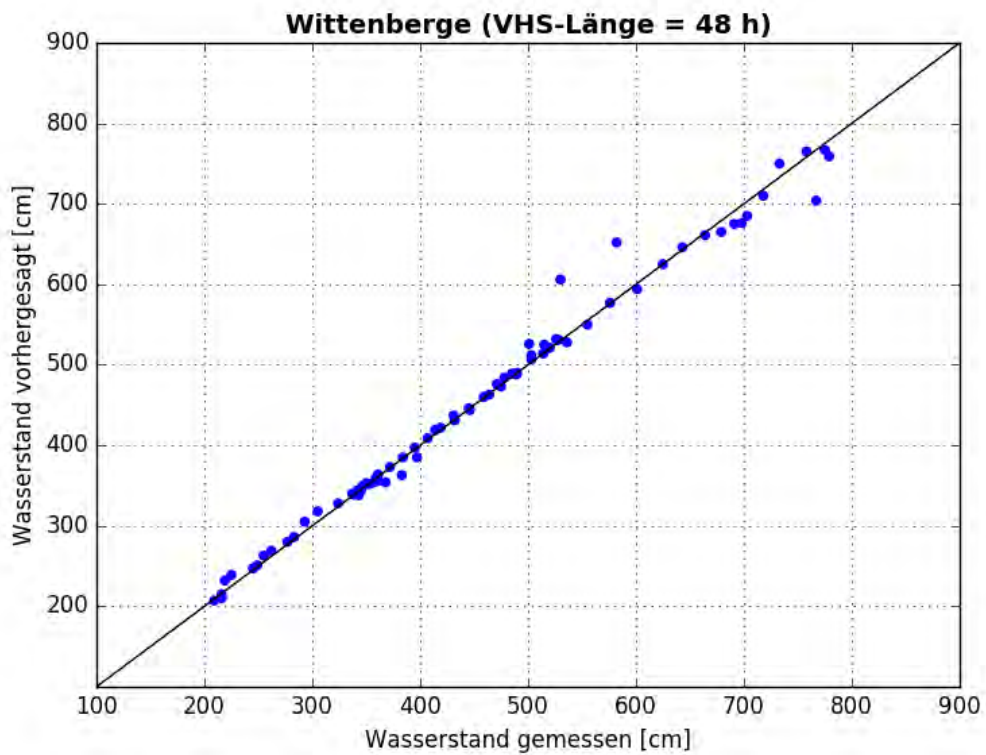


Abbildung B- 167: WITE HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 48 h (VHS)

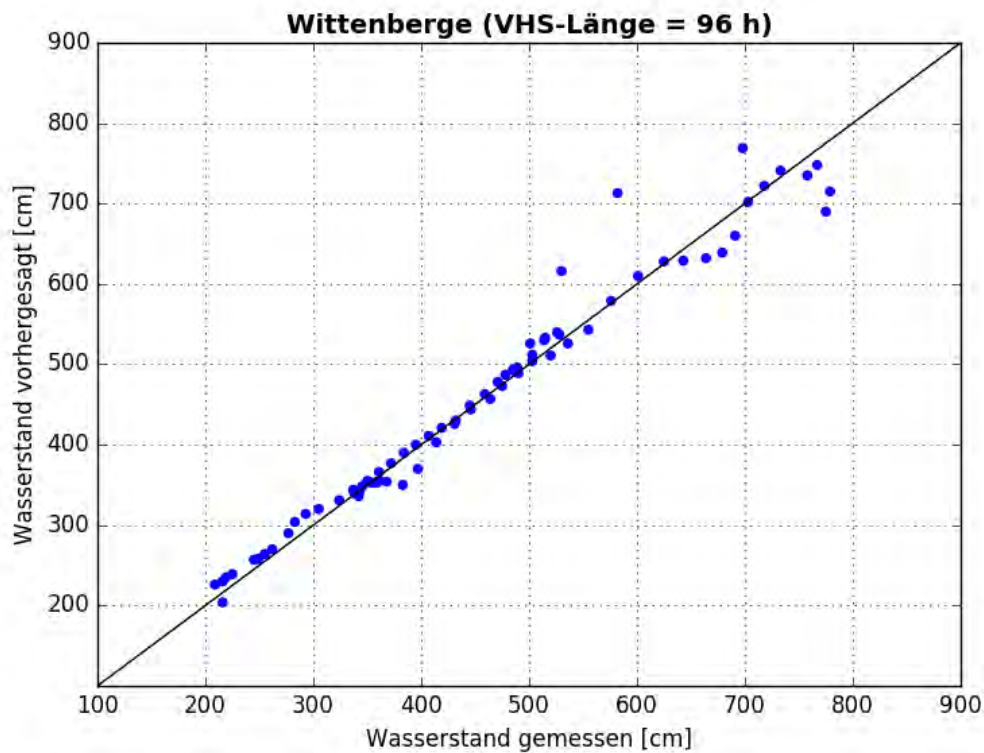


Abbildung B- 168: WITE HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 96 h (VHS)

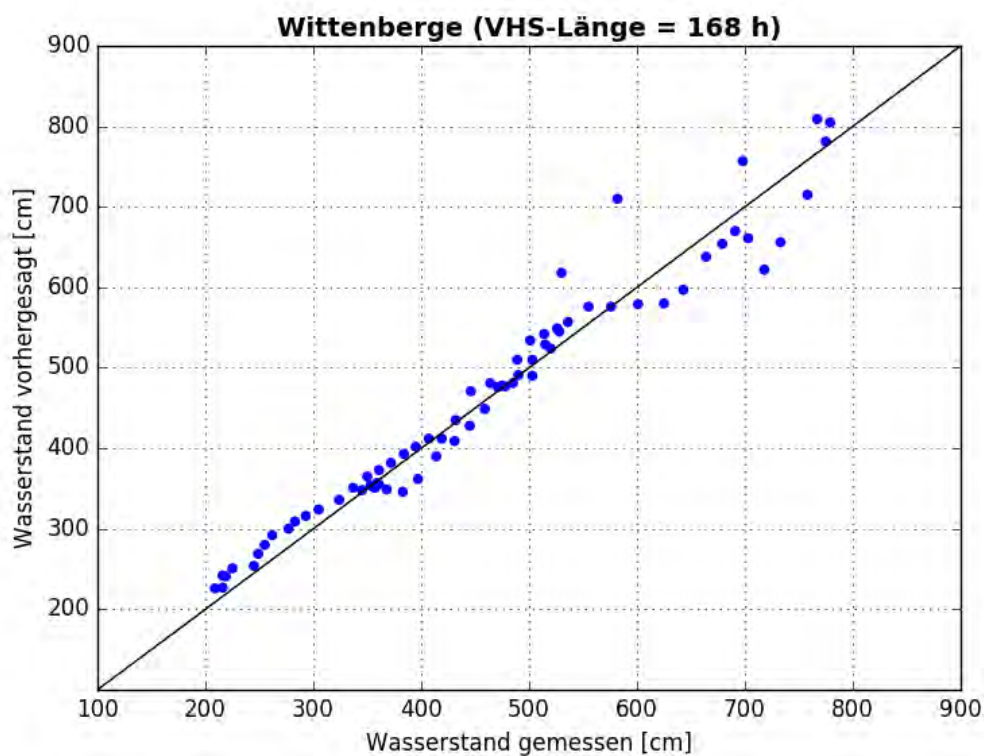


Abbildung B- 169: WITE HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 168 h (Absch.)

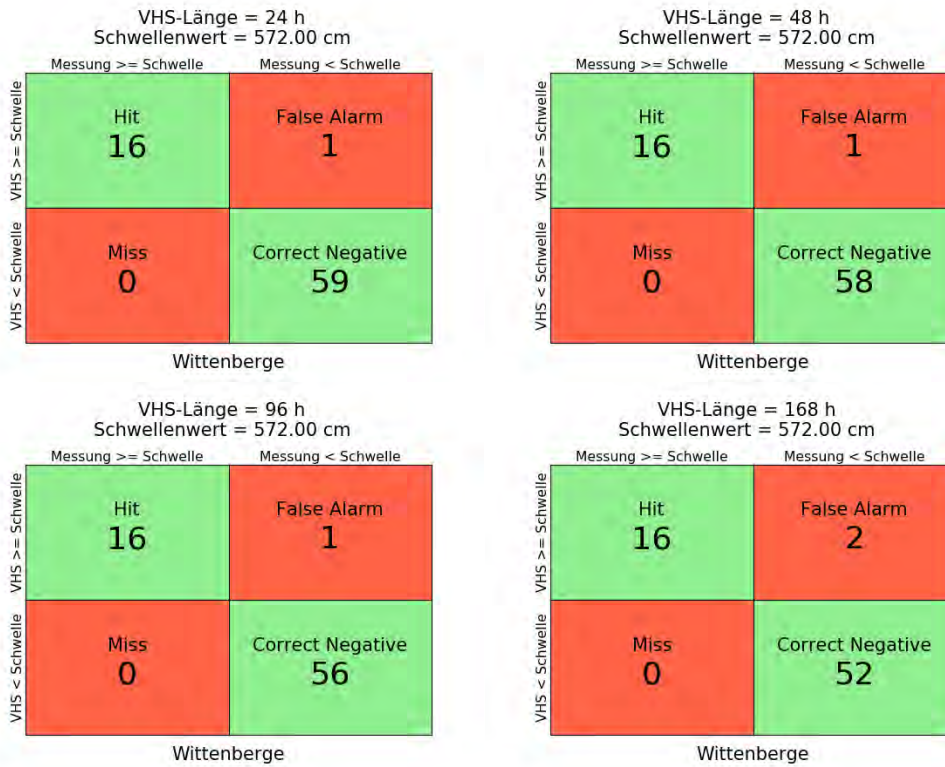


Abbildung B- 170: WITE HW2013, Kontingenztafeln Schwellenwert 572



Abbildung B- 171: WITE HW2013, Kontingenztafeln Schwellenwert 630

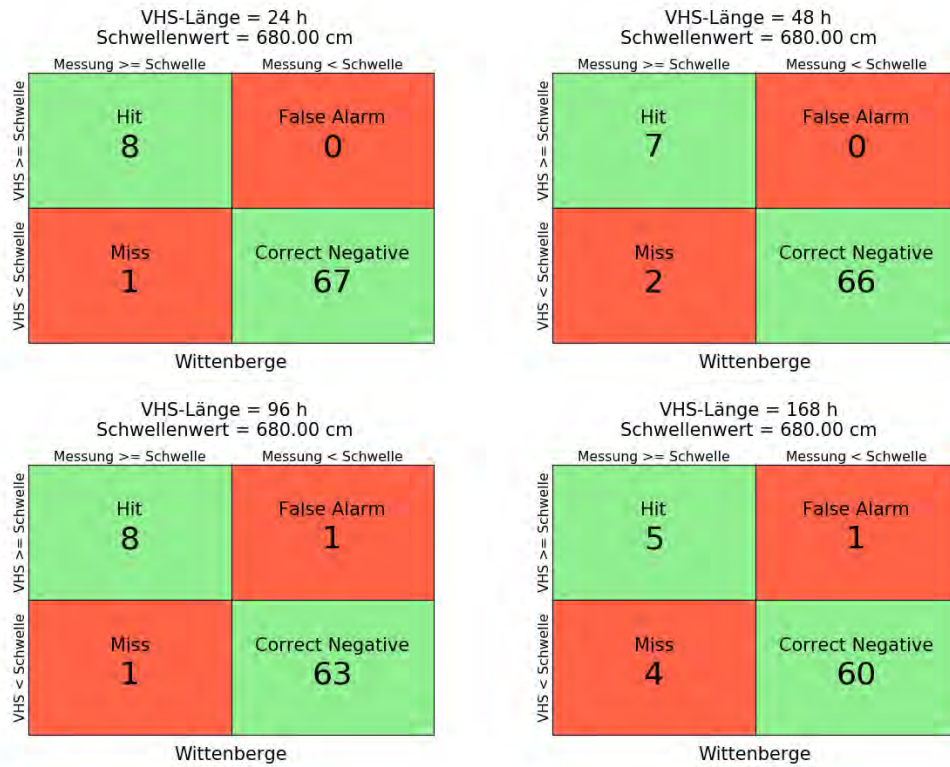


Abbildung B- 172: WITE HW2013, Kontingenztafeln Schwellenwert 680

Hochwasser Mai – Juni 2013 – Variante 4a

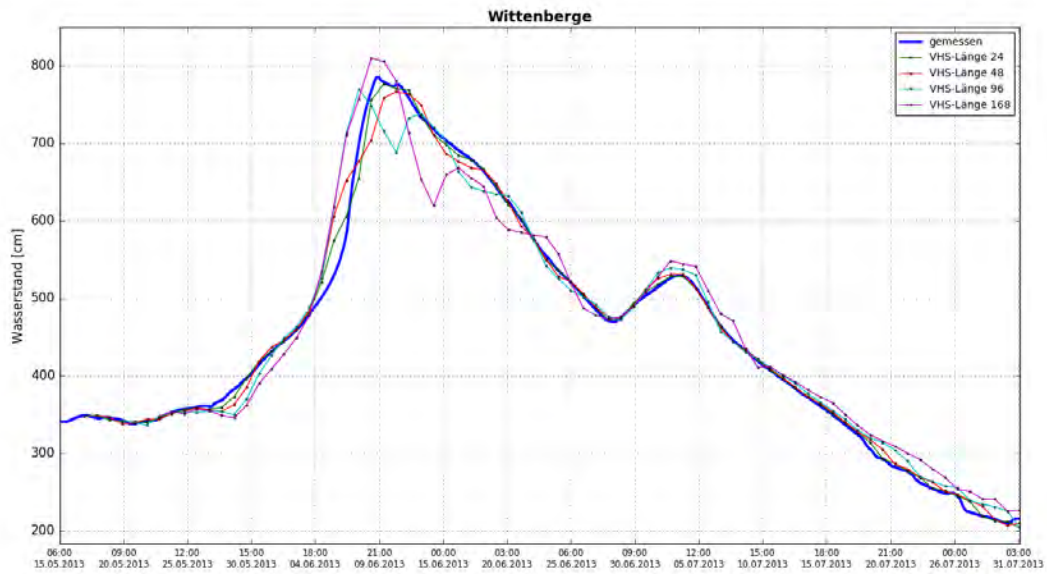


Abbildung B- 173: WITE HW2013, Ganglinien-Vergleich

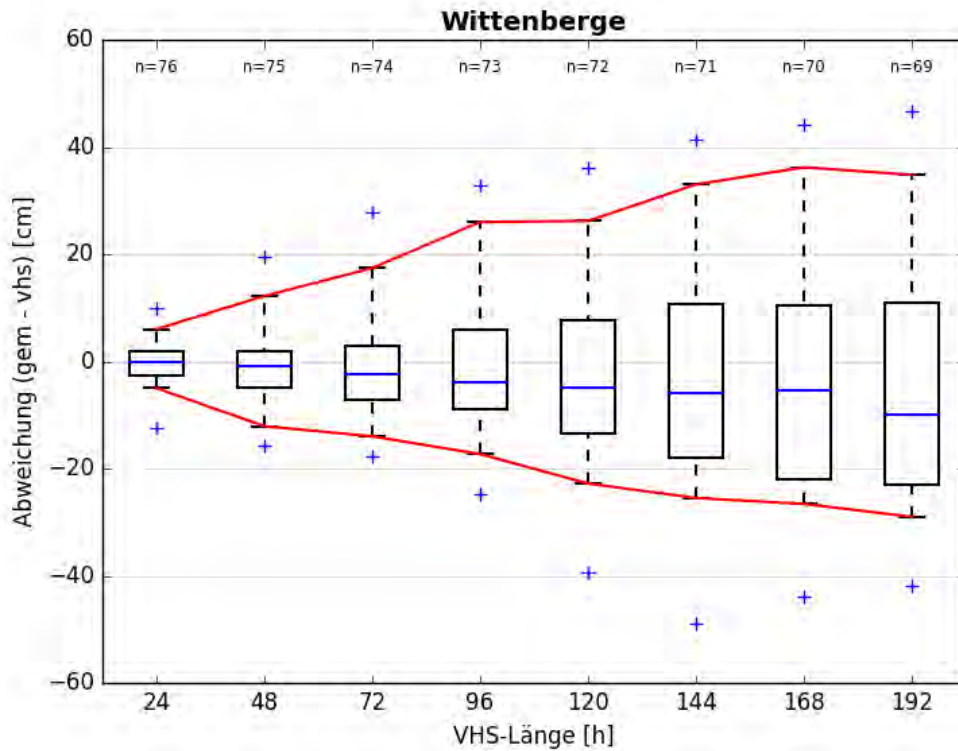


Abbildung B- 174: WITE HW2013, Boxplot

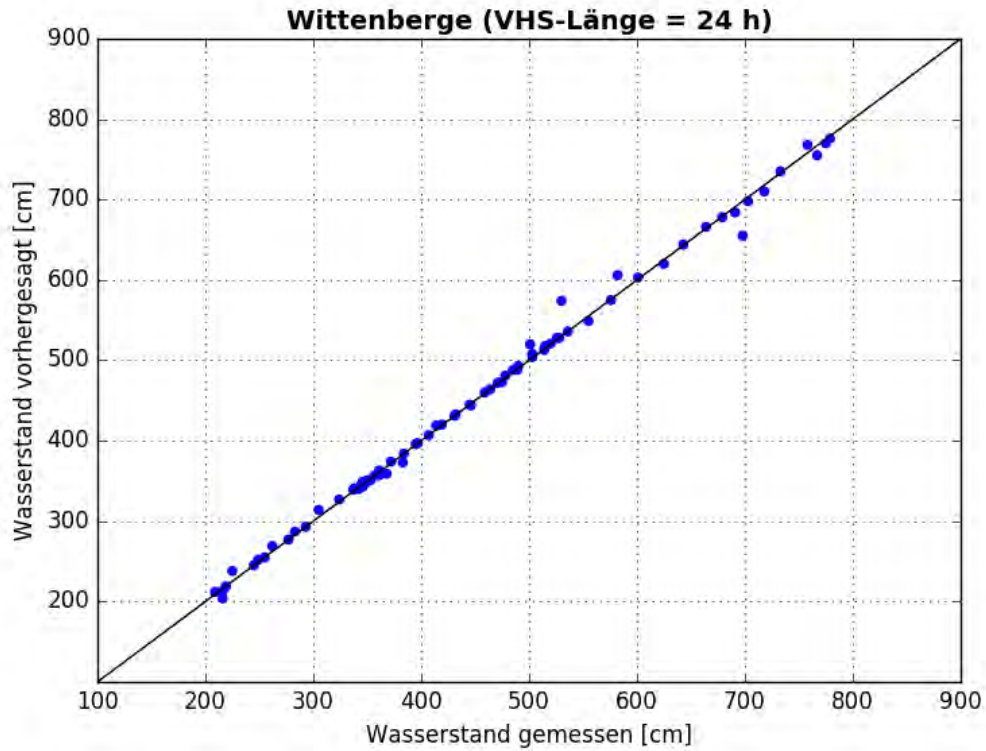


Abbildung B- 175: WITE HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 24 h (VHS)

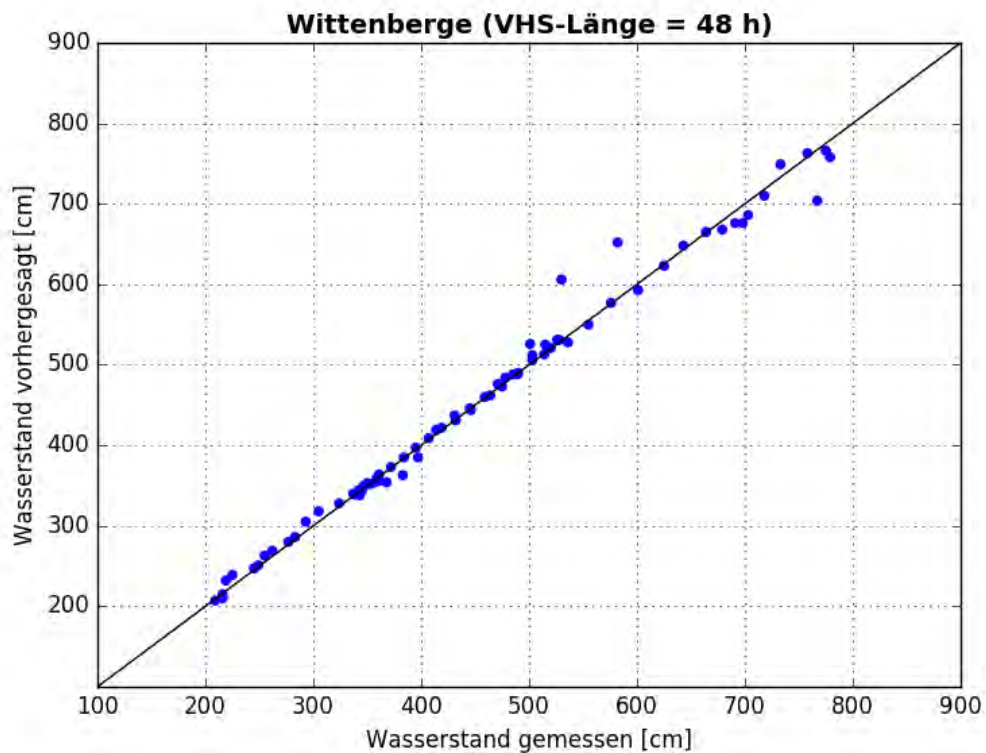


Abbildung B- 176: WITE HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 48 h (VHS)

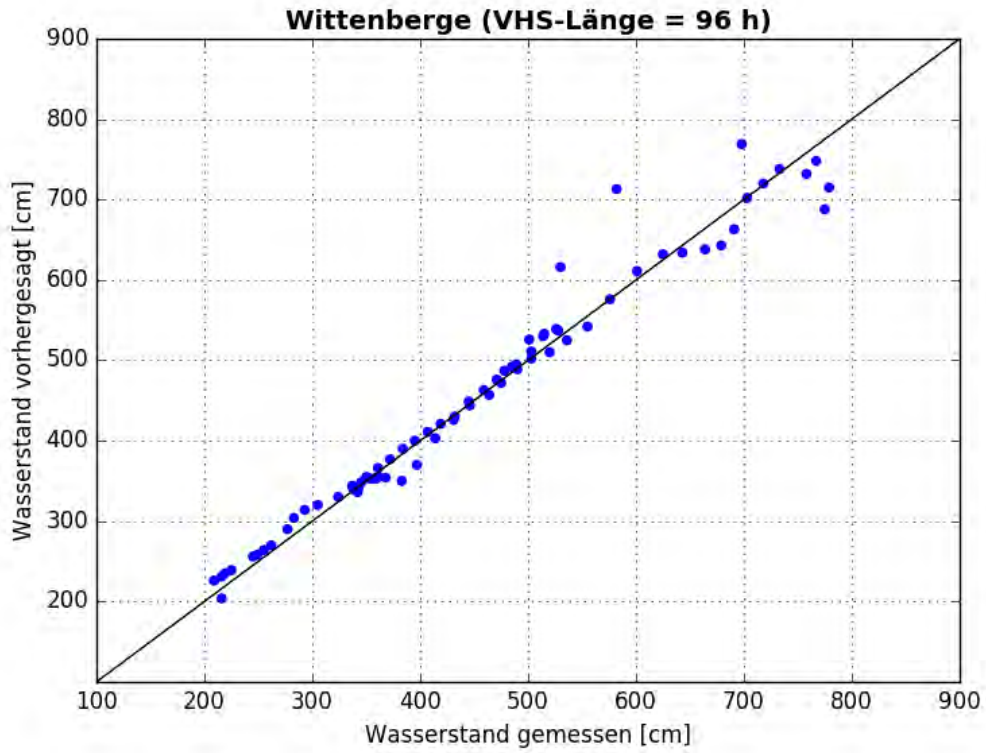


Abbildung B- 177: WITE HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 96 h (VHS)

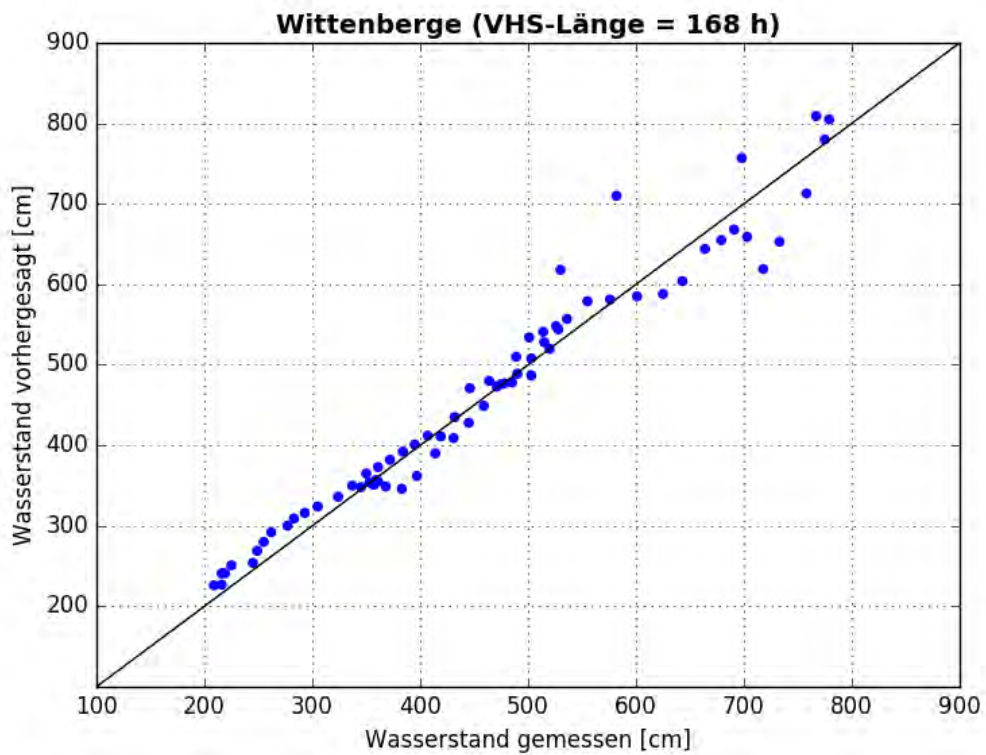


Abbildung B- 178: WITE HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 168 h (Absch.)



Abbildung B- 179: WITE HW2013, Kontingenztafeln Schwellenwert 572

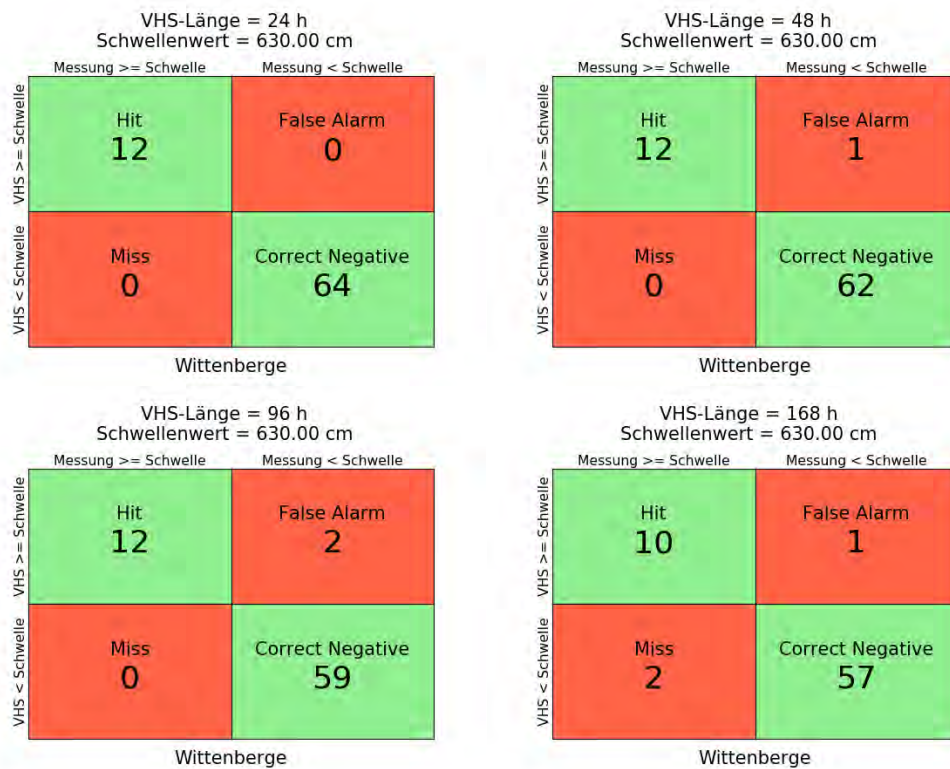


Abbildung B- 180: WITE HW2013, Kontingenztafeln Schwellenwert 630

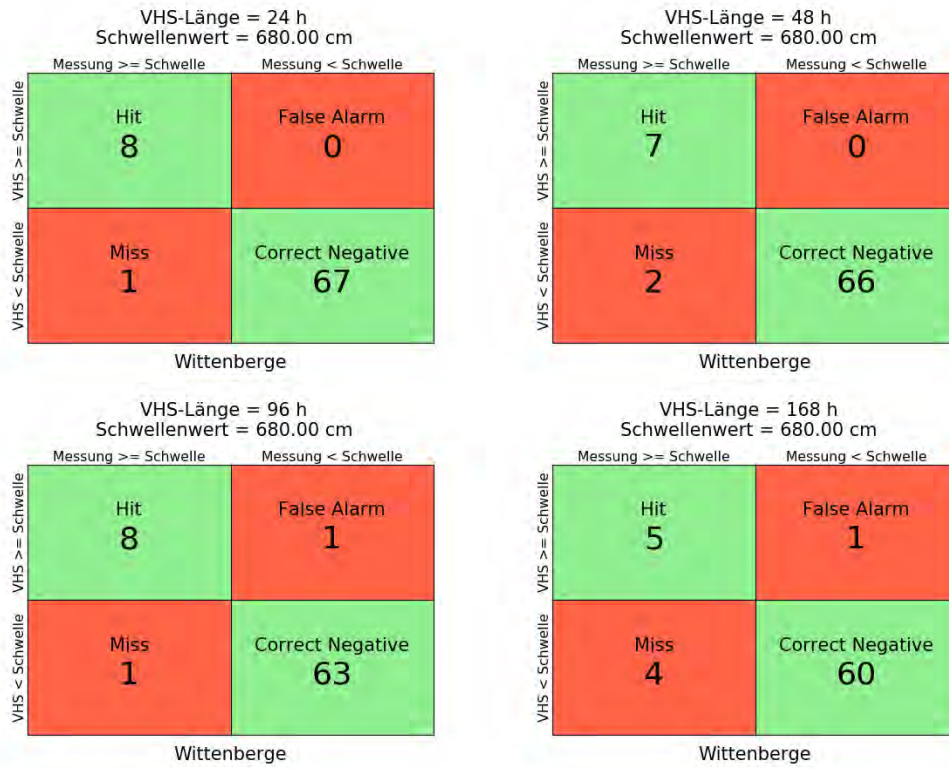


Abbildung B- 181: WITE HW2013, Kontingenztafeln Schwellenwert 680

Hochwasser Mai – Juni 2013 – Variante 1b

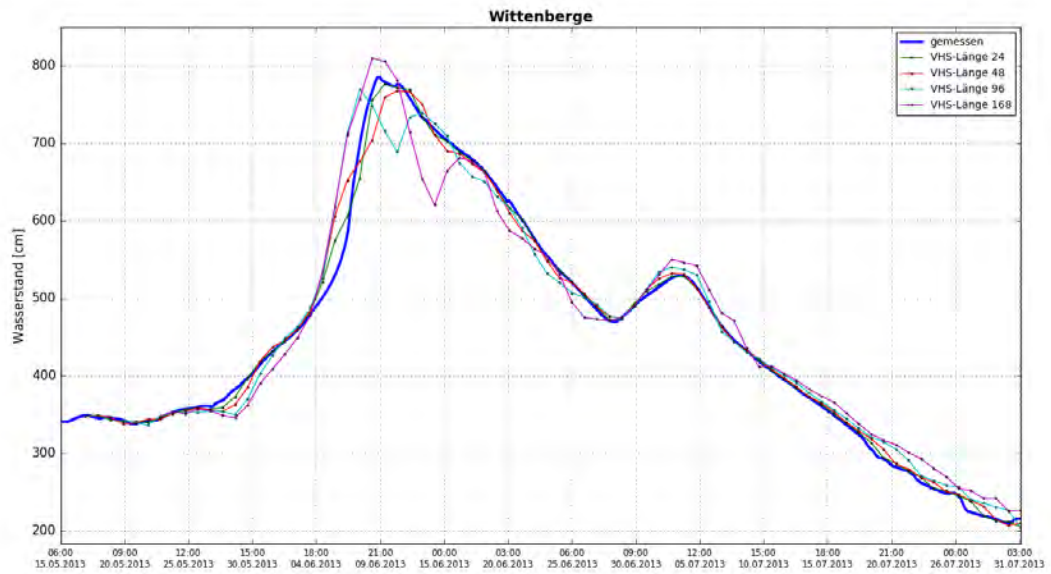


Abbildung B- 182: WITE HW2013, Ganglinien-Vergleich

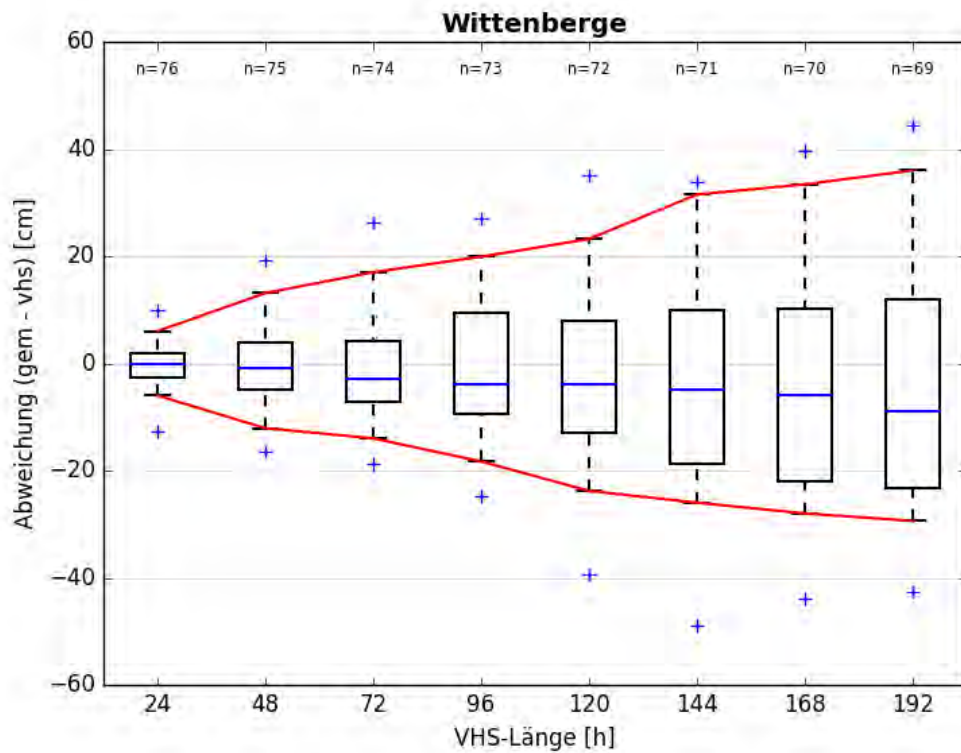


Abbildung B- 183: WITE HW2013, Boxplot

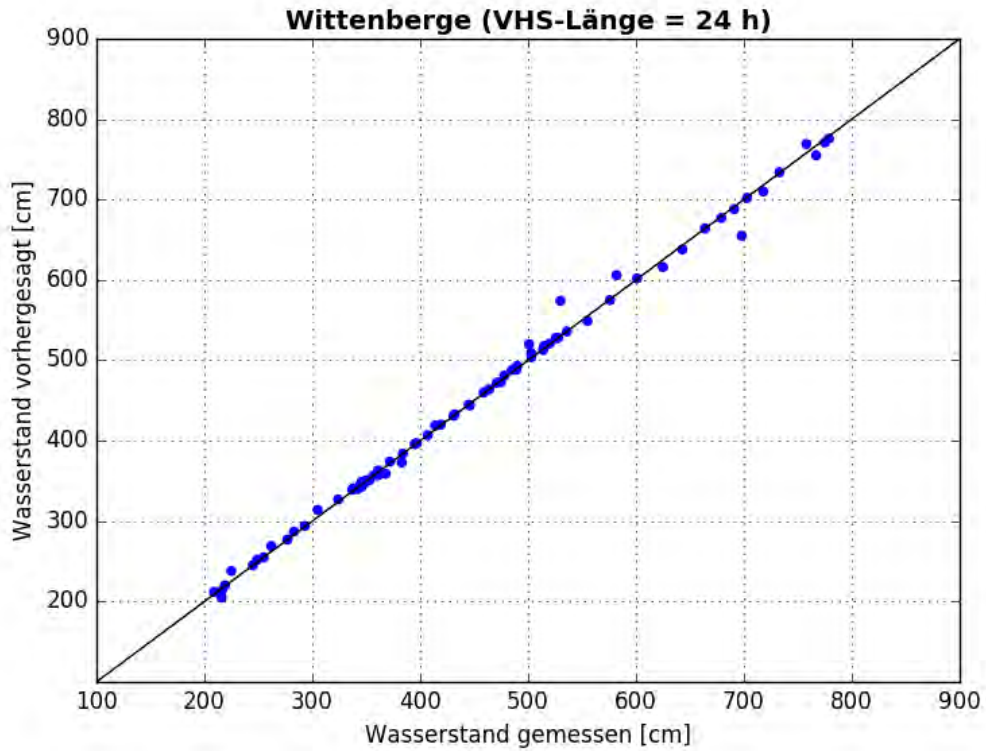


Abbildung B- 184: WITE HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 24 h (VHS)

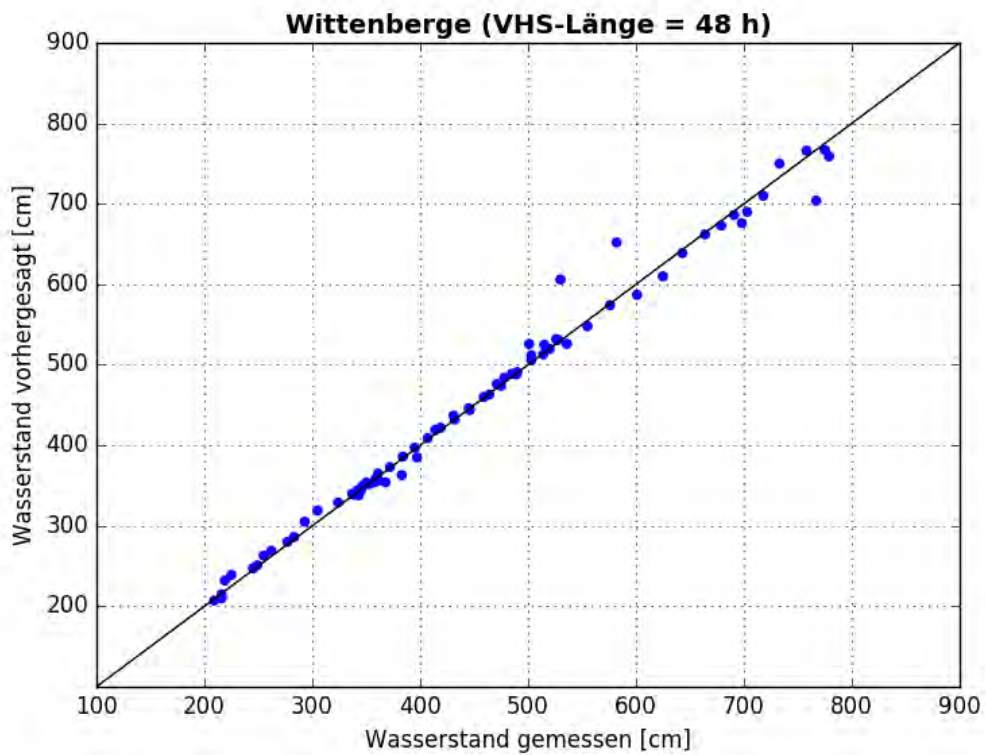


Abbildung B- 185: WITE HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 48 h (VHS)

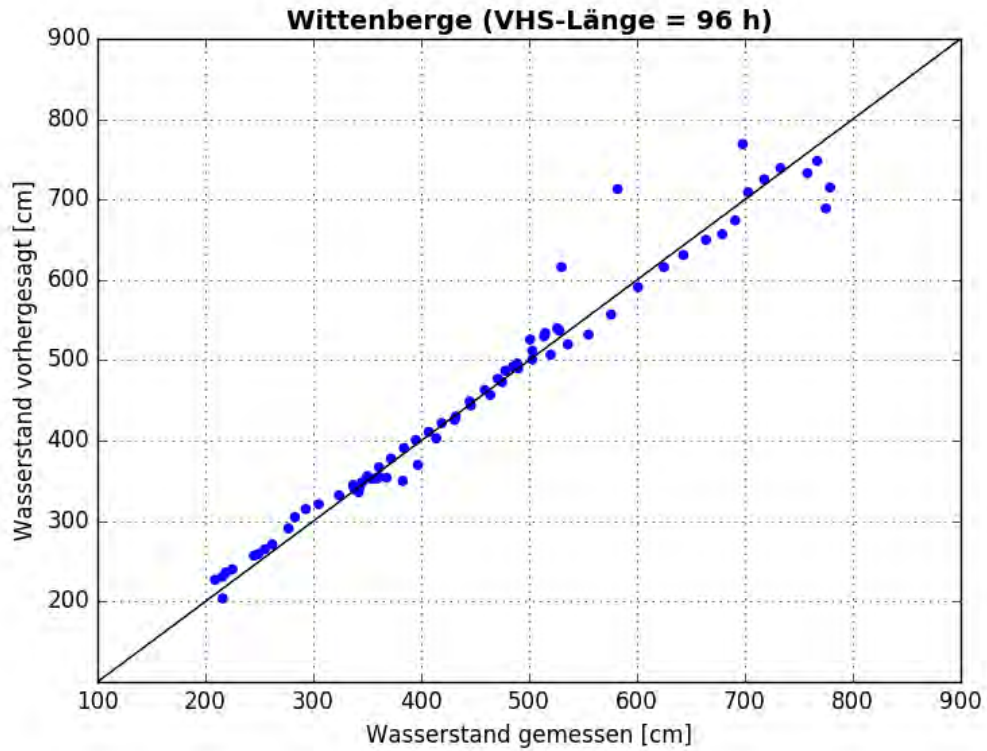


Abbildung B- 186: WITE HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 96 h (VHS)

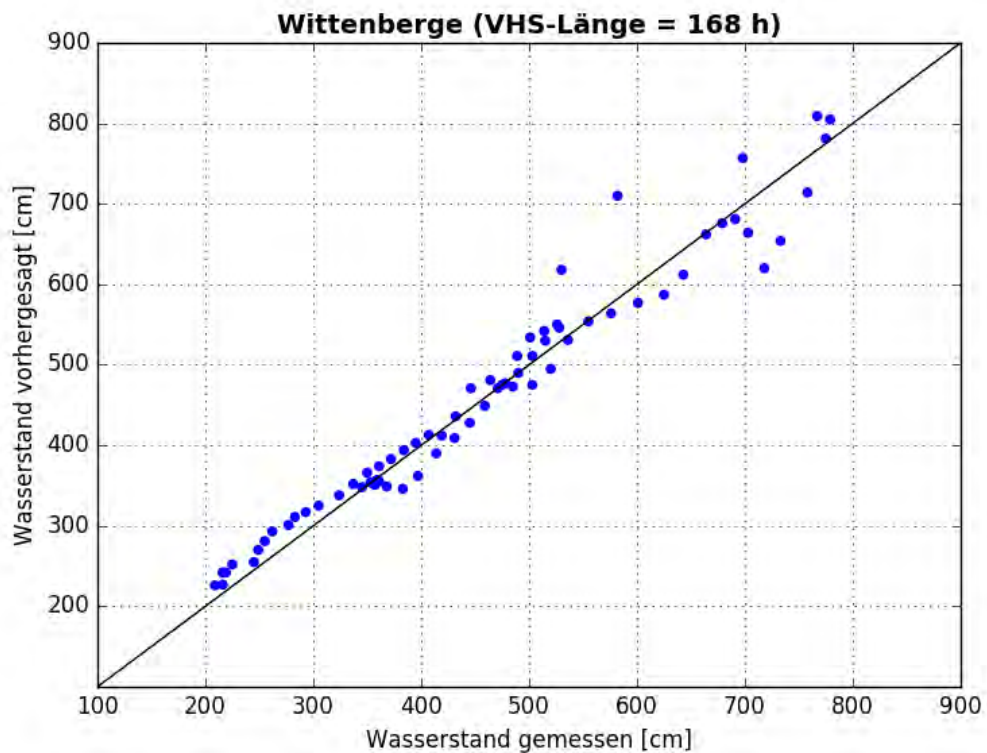


Abbildung B- 187: WITE HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 168 h (Absch.)

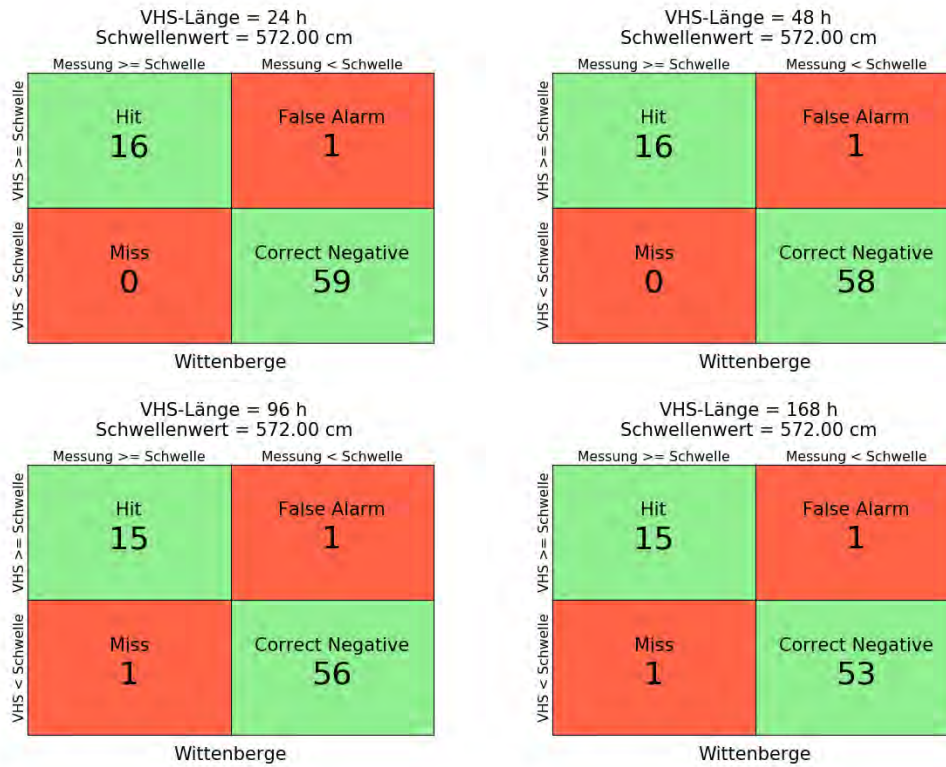


Abbildung B- 188: WITE HW2013, Kontingenztafeln Schwellenwert 572

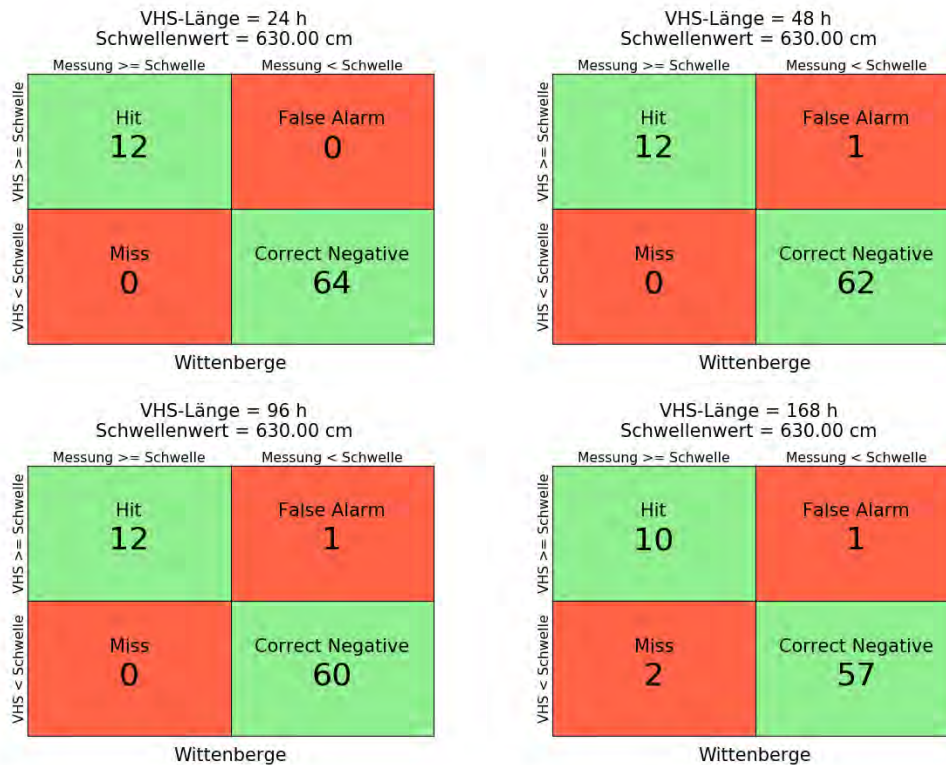


Abbildung B- 189: WITE HW2013, Kontingenztafeln Schwellenwert 630

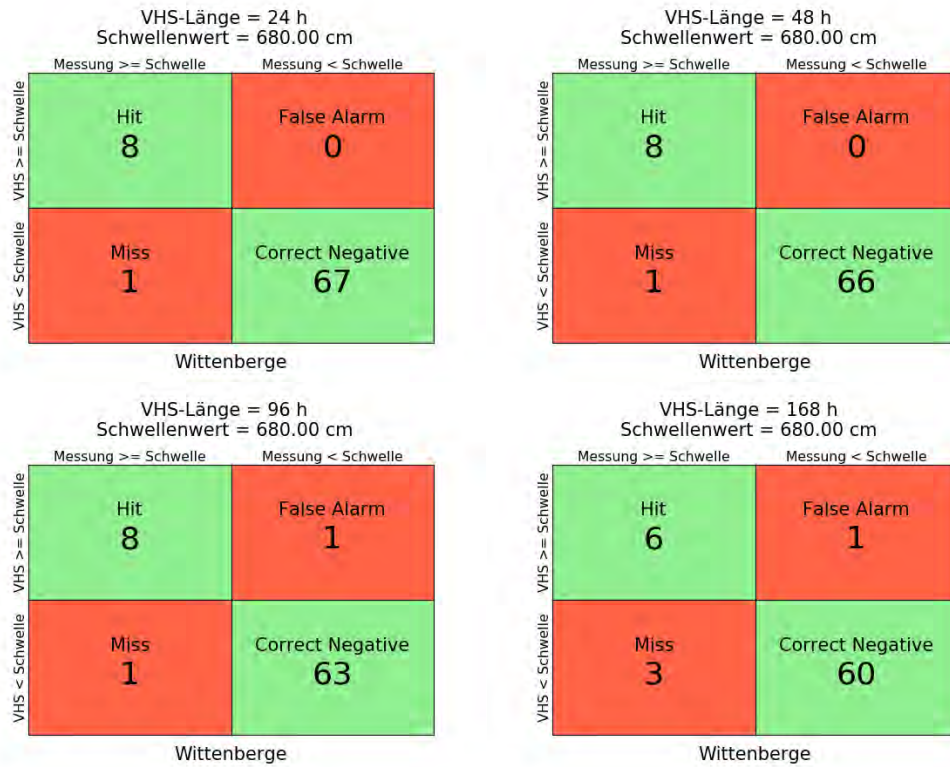


Abbildung B- 190: WITE HW2013, Kontingenztafeln Schwellenwert 680

Hochwasser Mai – Juni 2013 – Variante 3b

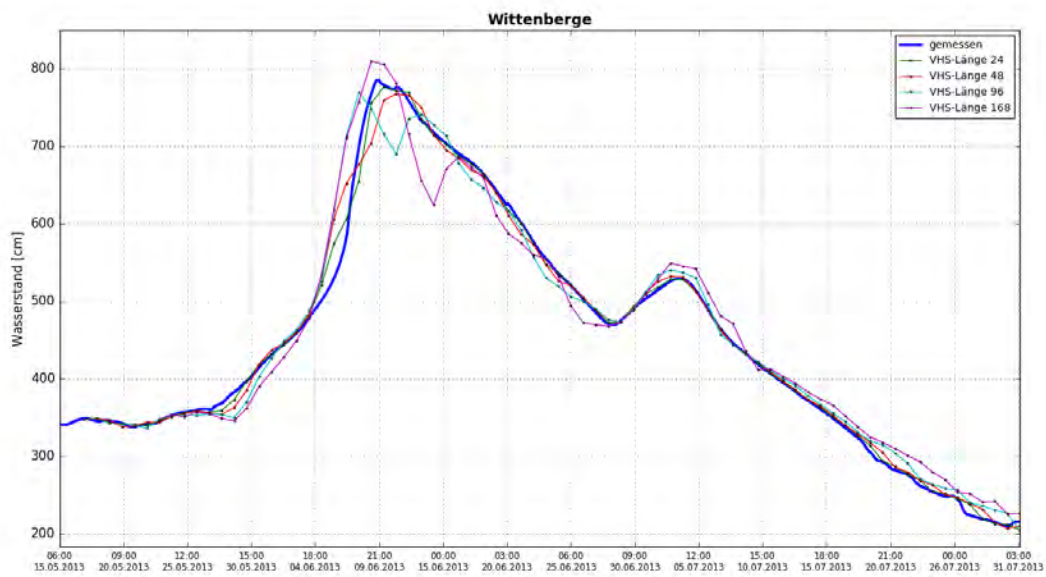


Abbildung B- 191: WITE HW2013, Ganglinien-Vergleich

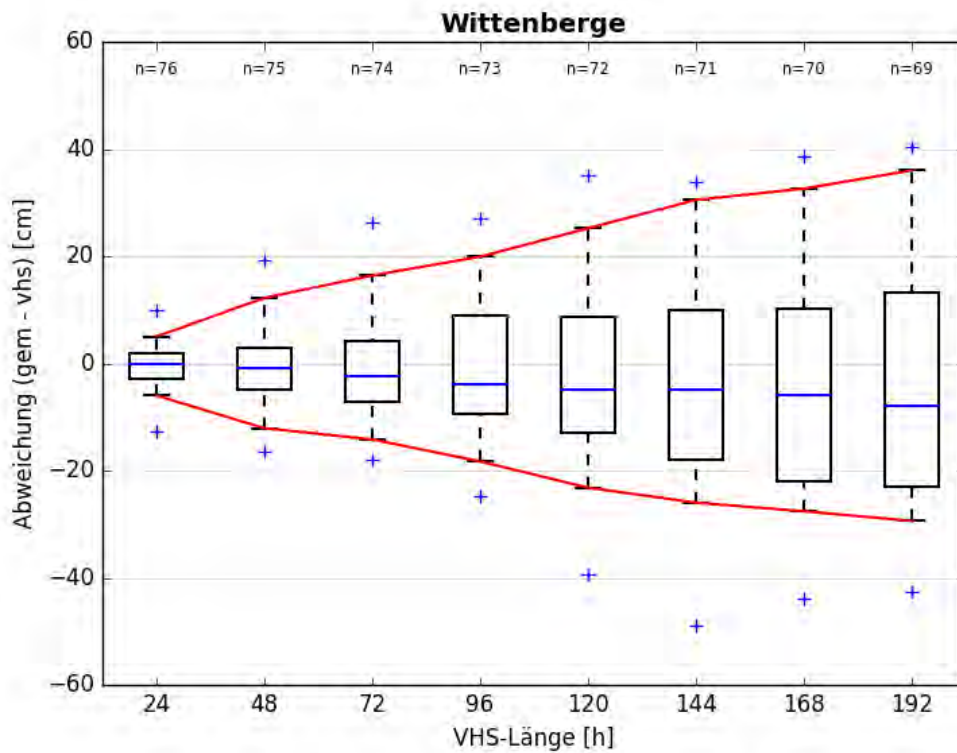


Abbildung B- 192: WITE HW2013, Boxplot

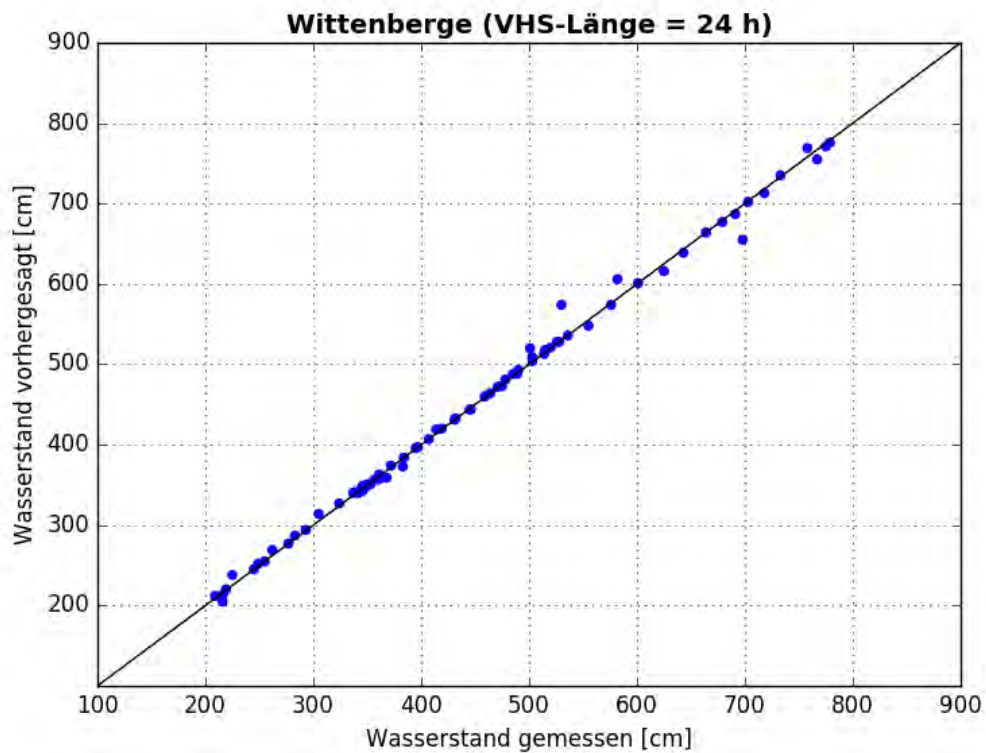


Abbildung B- 193: WITE HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 24 h (VHS)

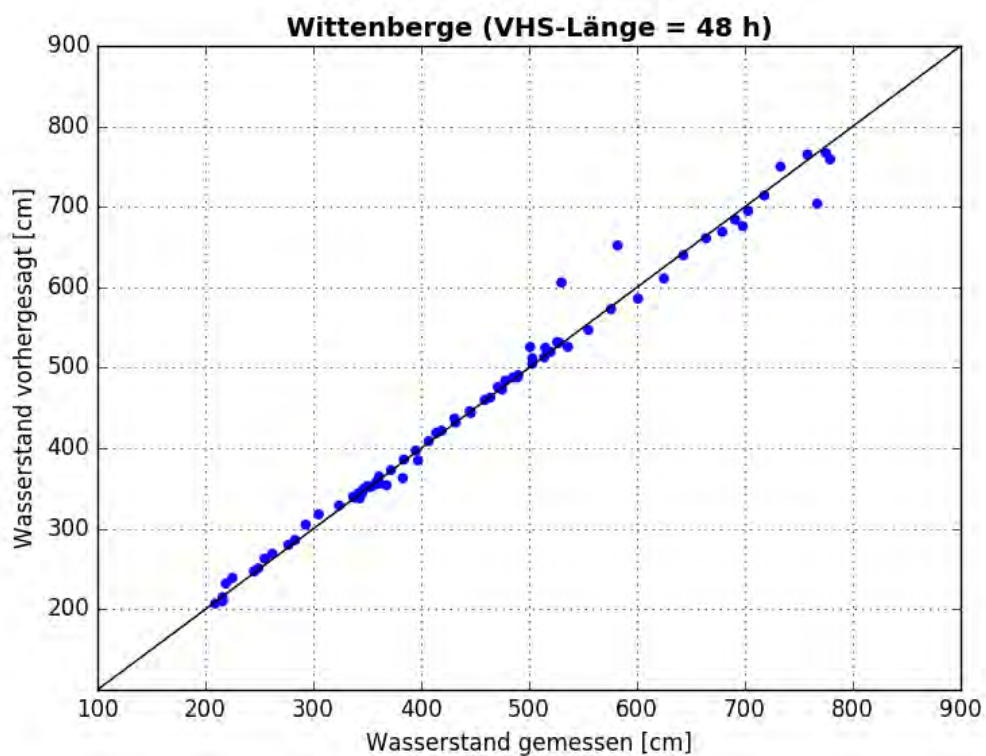


Abbildung B- 194: WITE HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 48 h (VHS)

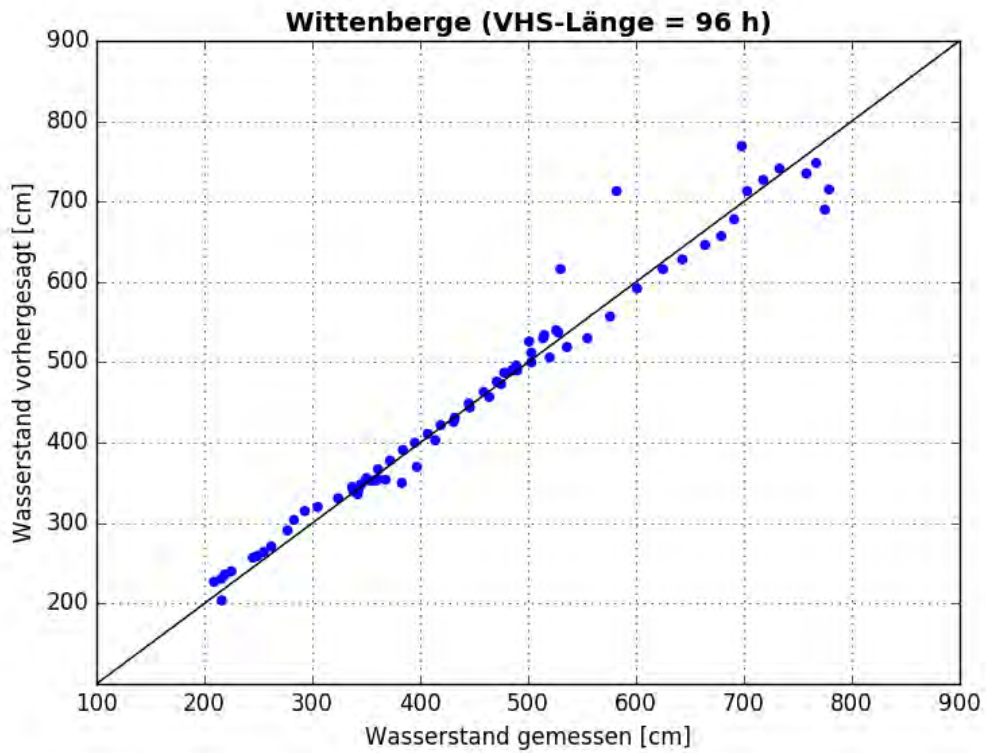


Abbildung B- 195: WITE HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 96 h (VHS)

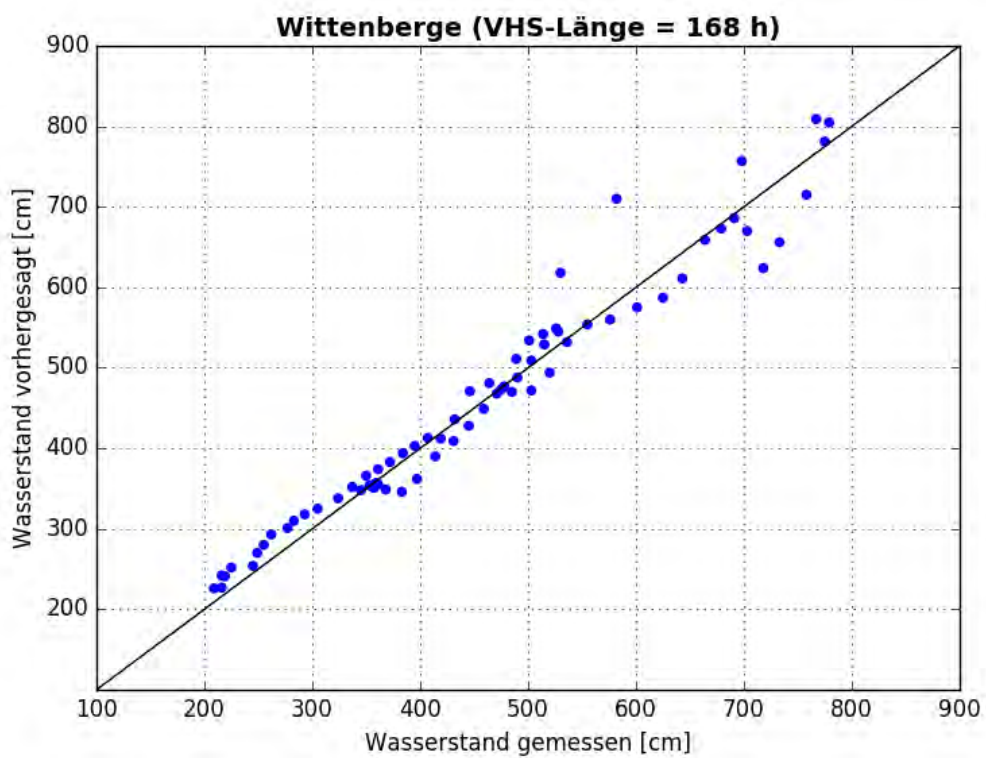


Abbildung B- 196: WITE HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 168 h (Absch.)

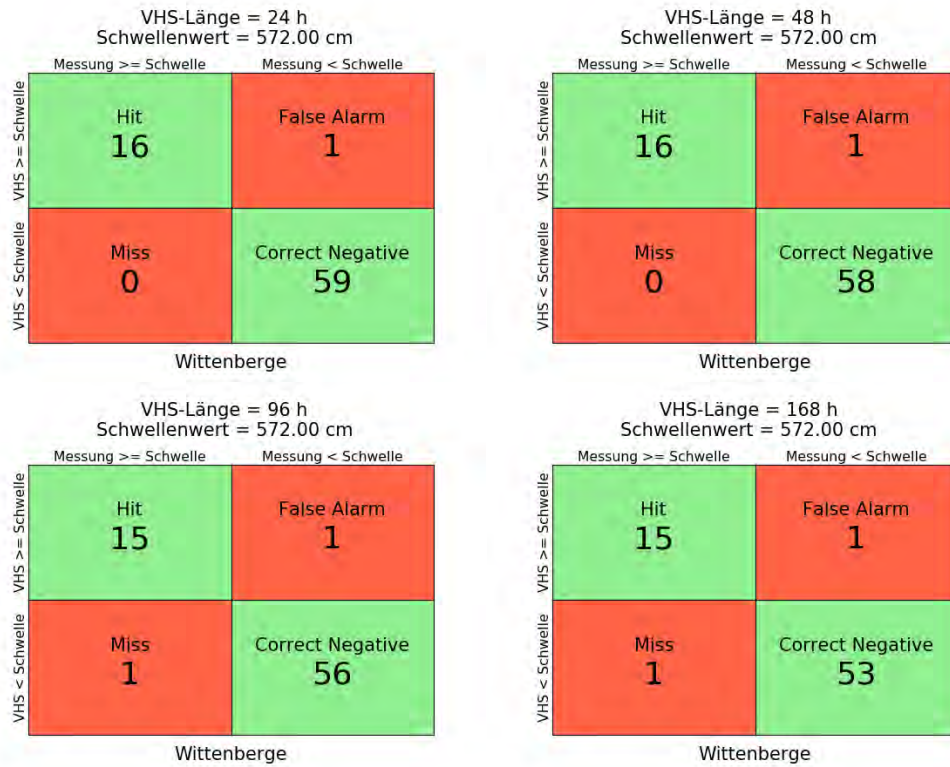


Abbildung B- 197: WITE HW2013, Kontingenztafeln Schwellenwert 572



Abbildung B- 198: WITE HW2013, Kontingenztafeln Schwellenwert 630

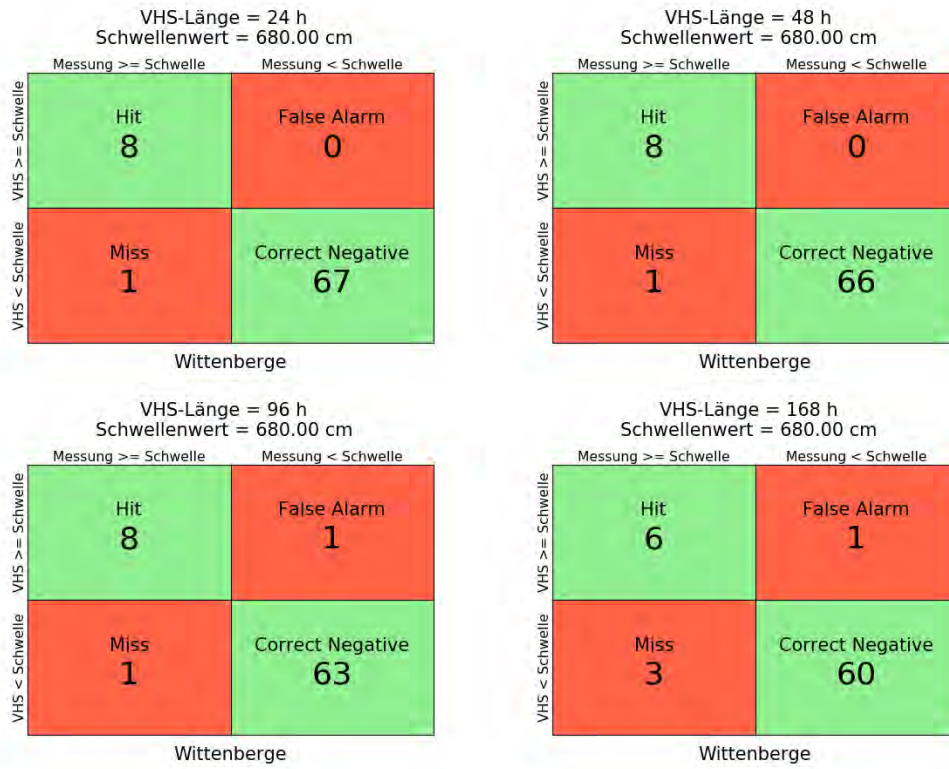


Abbildung B- 199: WITE HW2013, Kontingenztafeln Schwellenwert 680

Hochwasser Mai – Juni 2013 – Variante 4b

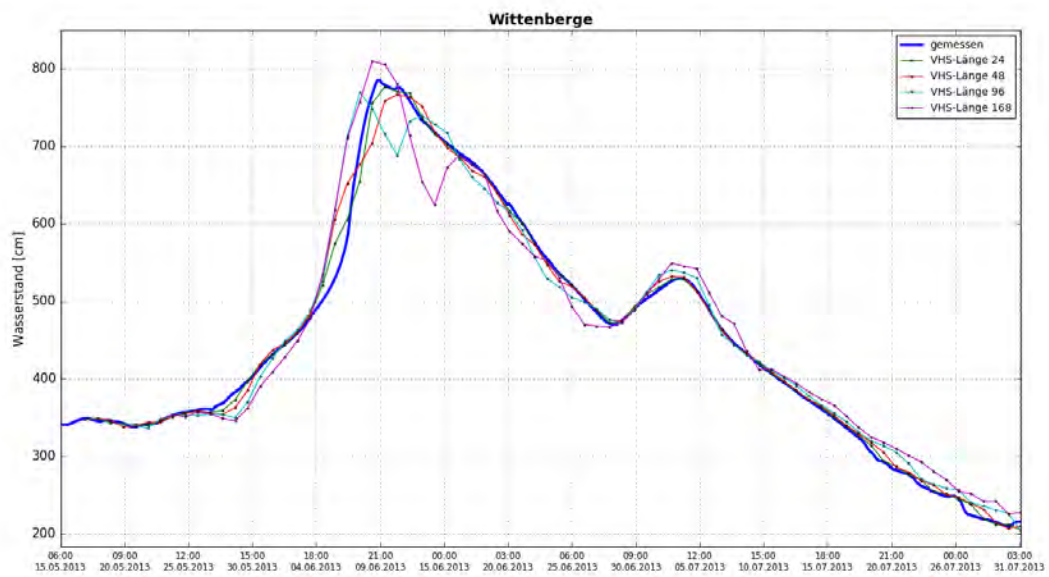


Abbildung B- 200: WITE HW2013, Ganglinien-Vergleich

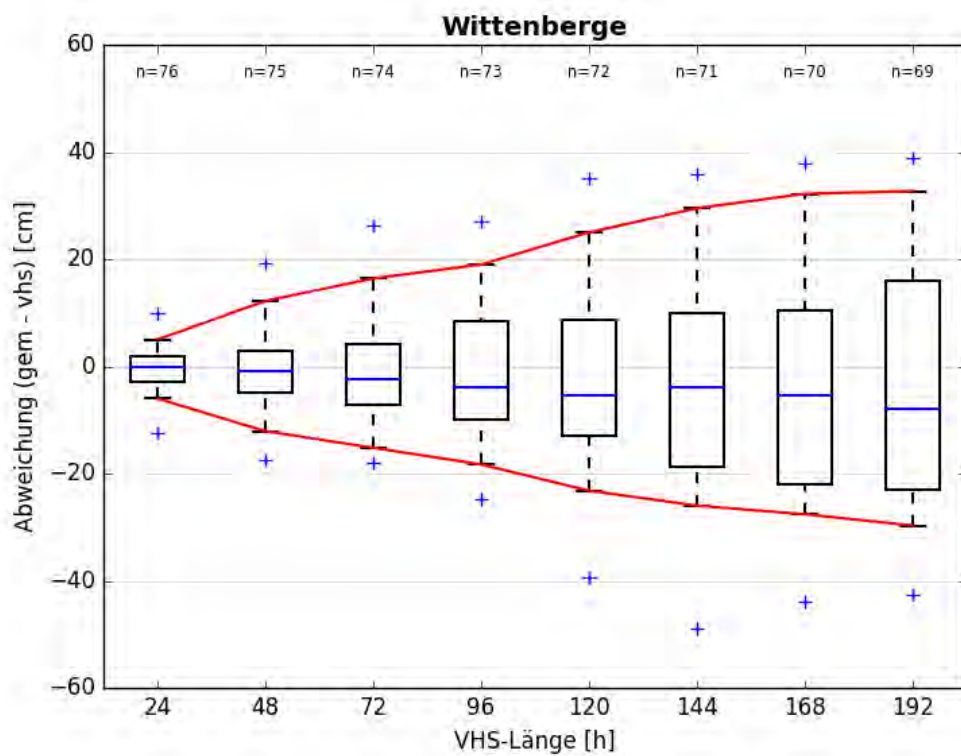


Abbildung B- 201: WITE HW2013, Boxplot

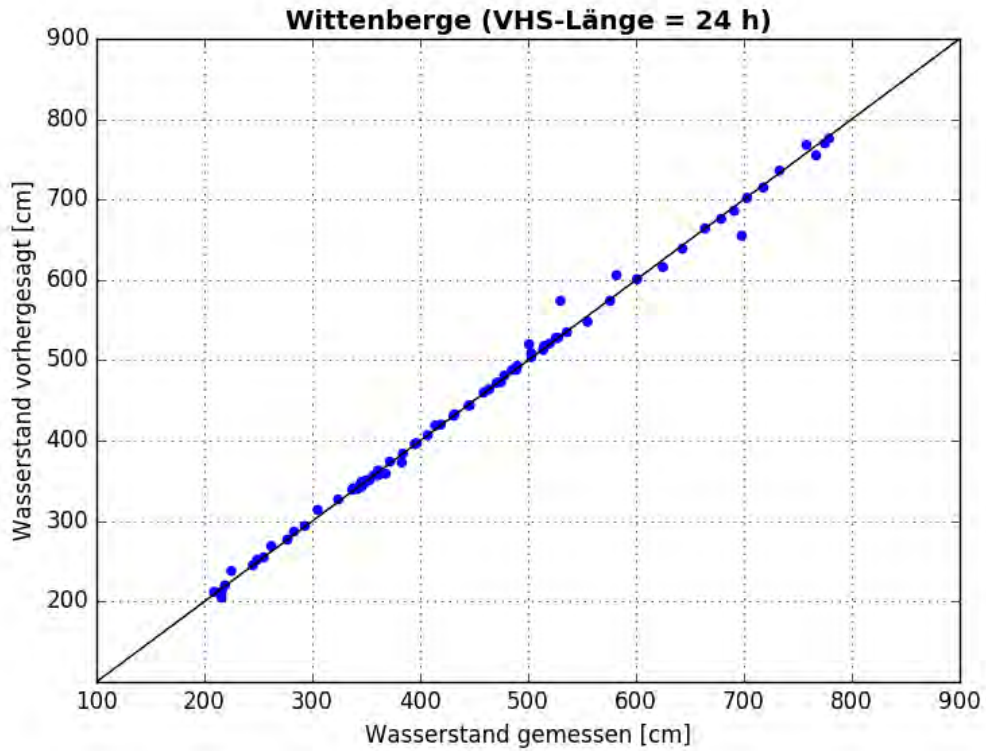


Abbildung B- 202: WITE HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 24 h (VHS)

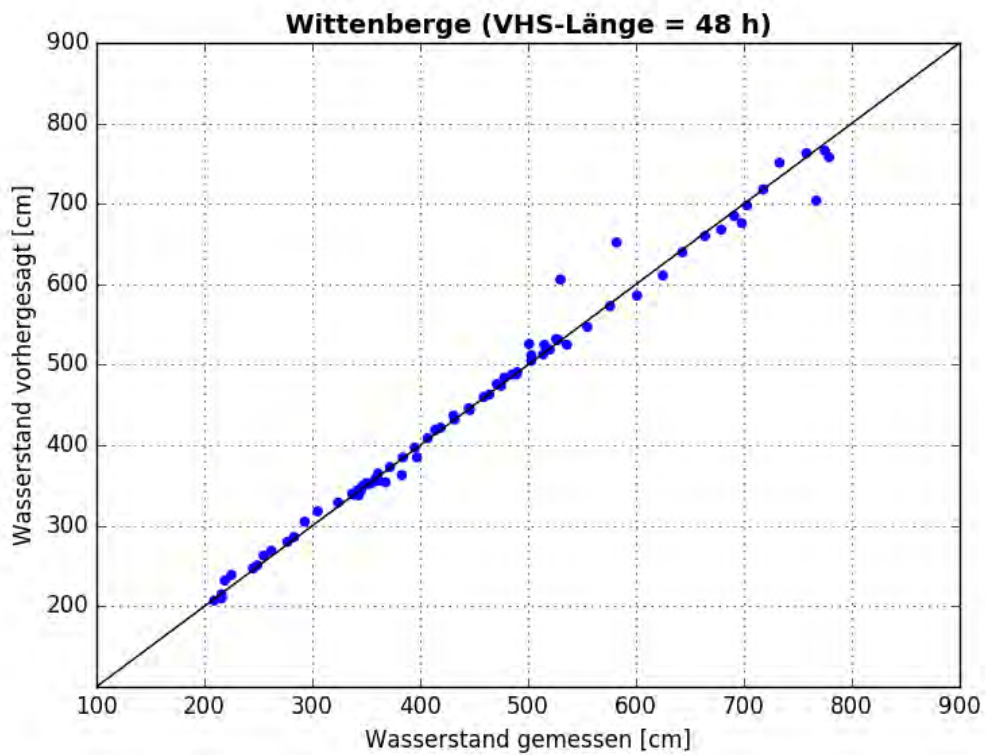


Abbildung B- 203: WITE HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 48 h (VHS)

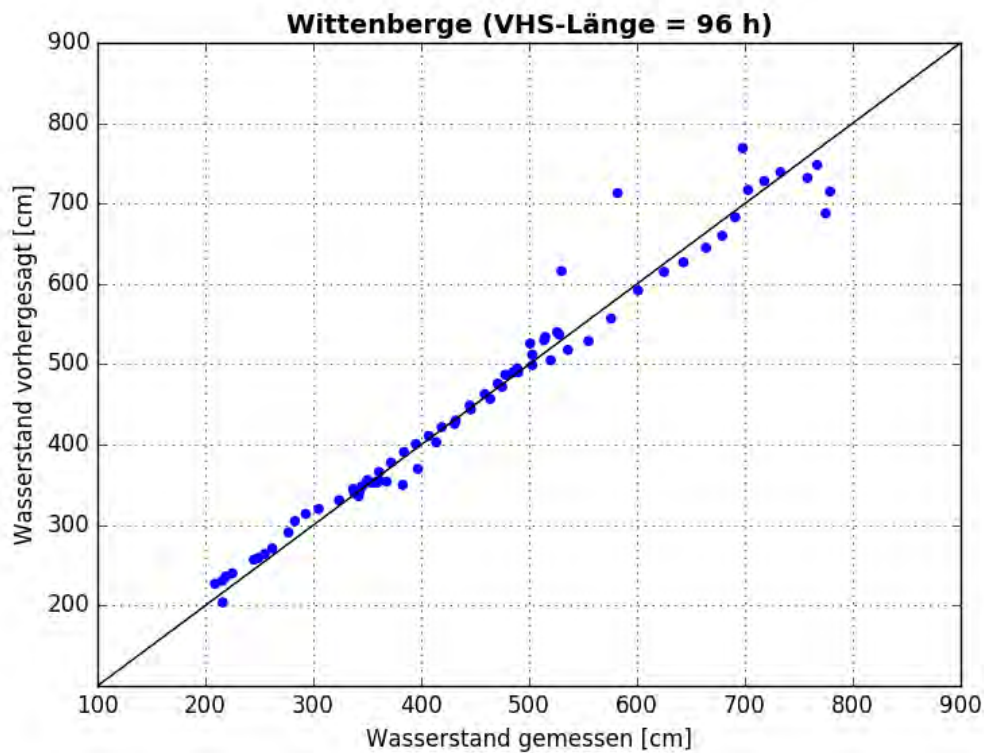


Abbildung B- 204: WITE HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 96 h (VHS)

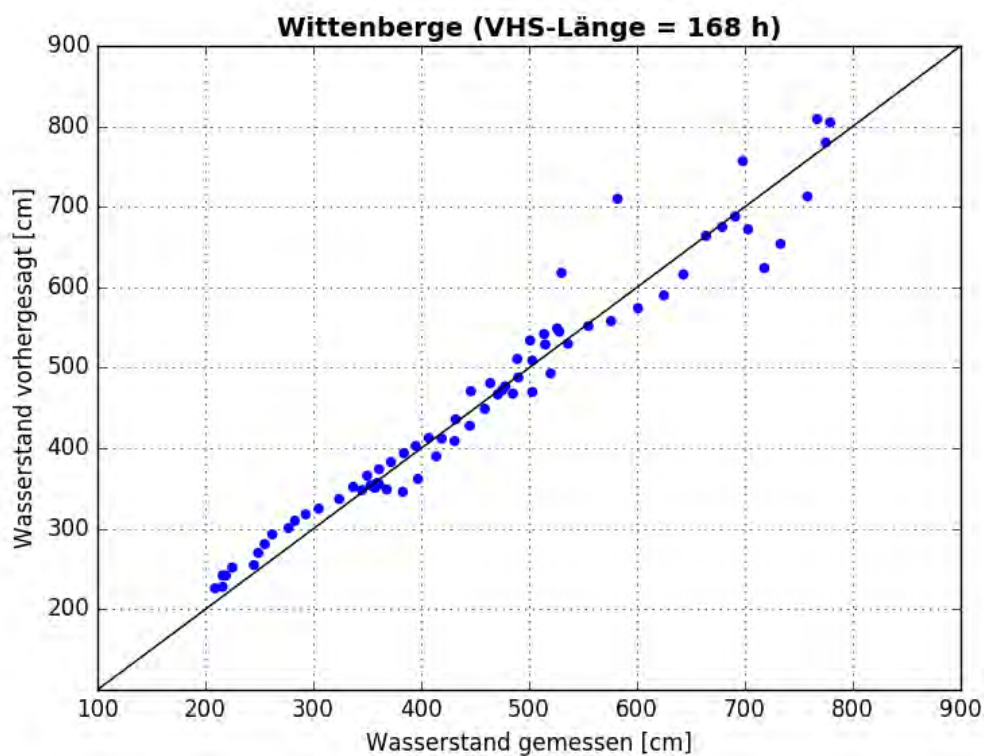


Abbildung B- 205: WITE HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 168 h (Absch.)

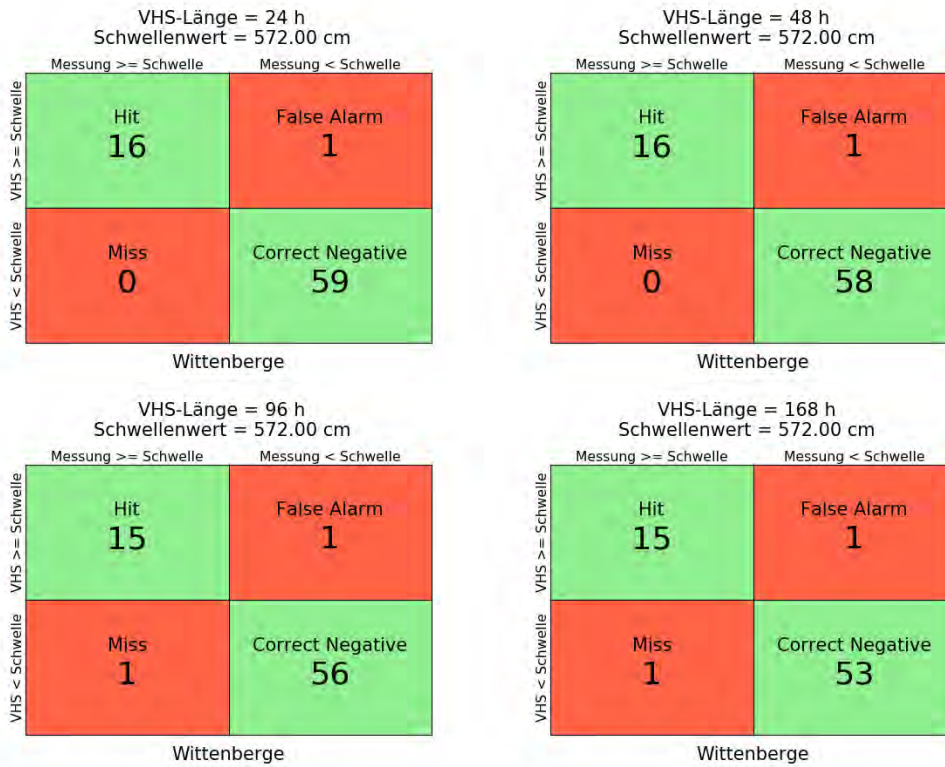


Abbildung B- 206: WITE HW2013, Kontingenztafeln Schwellenwert 572



Abbildung B- 207: WITE HW2013, Kontingenztafeln Schwellenwert 630

VHS-Länge = 24 h
Schwellenwert = 680.00 cm

		Messung \geq Schwelle	Messung $<$ Schwelle
VHS \geq Schwelle	Hit	8	False Alarm 0
	Miss	1	Correct Negative 67
		Wittenberge	

VHS-Länge = 48 h
Schwellenwert = 680.00 cm

		Messung \geq Schwelle	Messung $<$ Schwelle
VHS \geq Schwelle	Hit	8	False Alarm 0
	Miss	1	Correct Negative 66
		Wittenberge	

VHS-Länge = 96 h
Schwellenwert = 680.00 cm

		Messung \geq Schwelle	Messung $<$ Schwelle
VHS \geq Schwelle	Hit	9	False Alarm 1
	Miss	0	Correct Negative 63
		Wittenberge	

VHS-Länge = 168 h
Schwellenwert = 680.00 cm

		Messung \geq Schwelle	Messung $<$ Schwelle
VHS \geq Schwelle	Hit	6	False Alarm 1
	Miss	3	Correct Negative 60
		Wittenberge	

Abbildung B-208: WITE HW2013, Kontingenztafeln Schwellenwert 680

Anlage B-19: Pegel Dömitz, Elbe-km 504,72

Hochwasser April – Mai 2013 – Variante 0

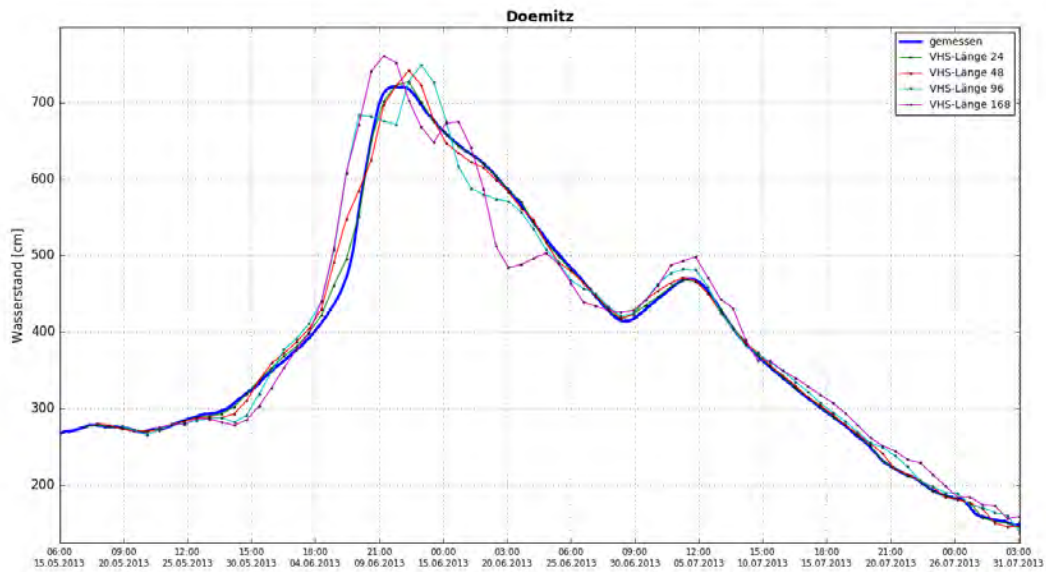


Abbildung B- 209: DOEM HW2013, Ganglinien-Vergleich

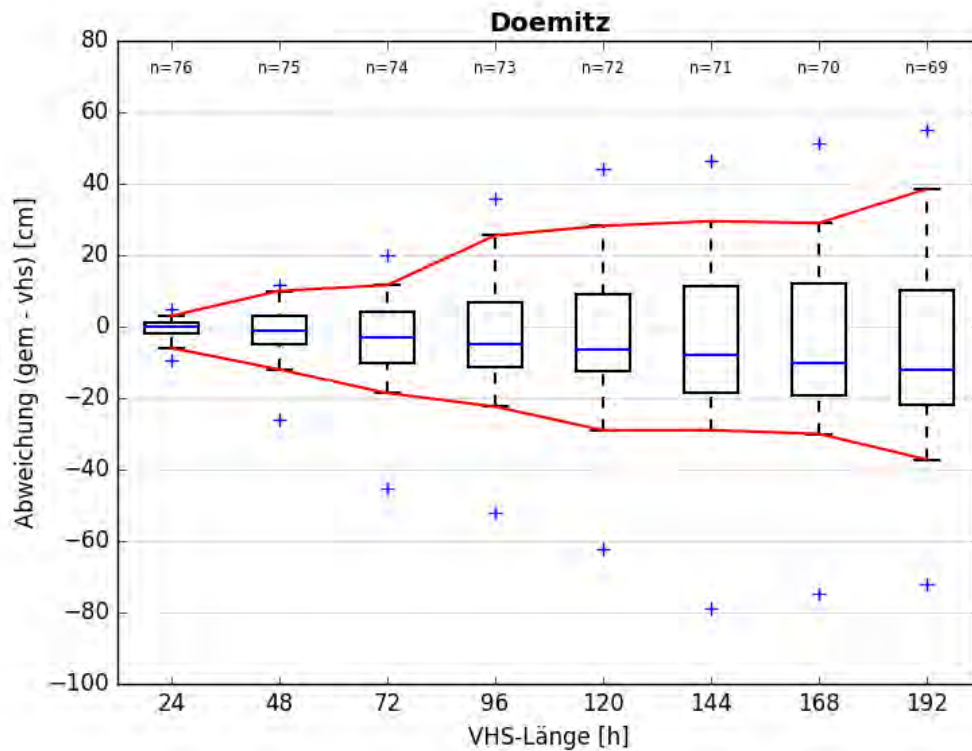


Abbildung B- 210: DOEM HW2013, Boxplot

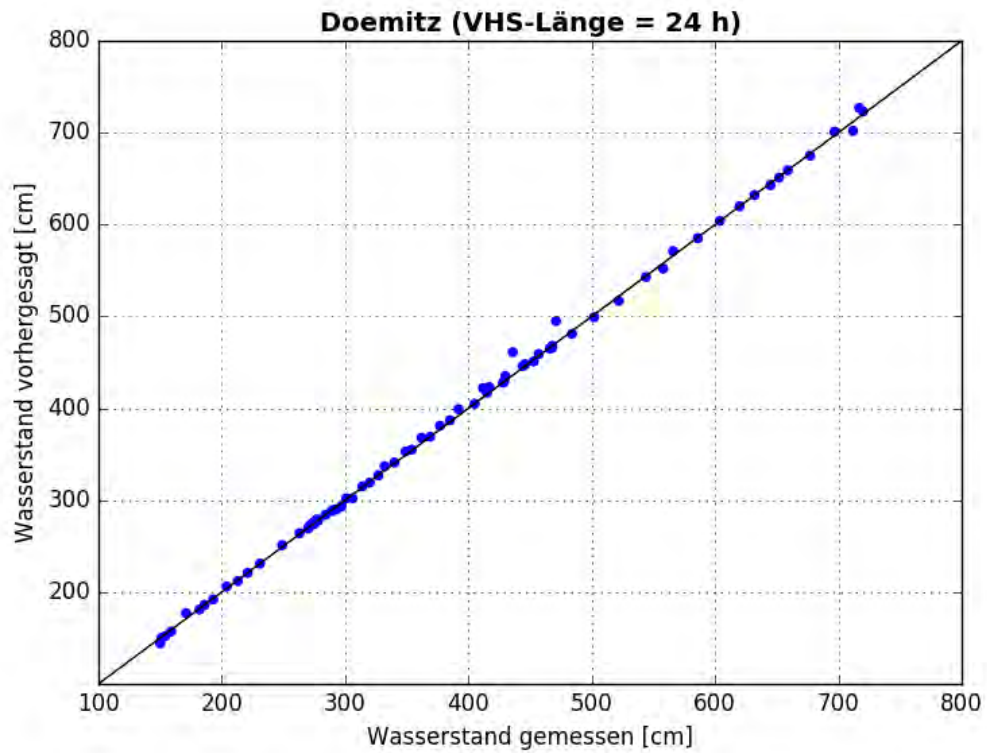


Abbildung B- 211: DOEM HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 24 h (VHS)

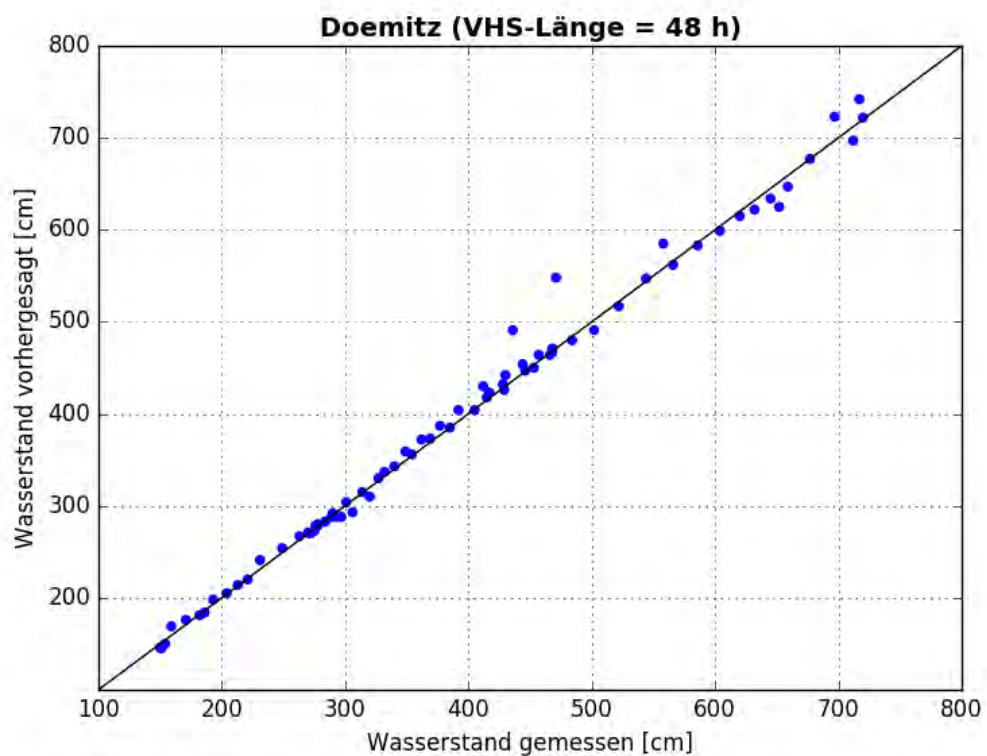


Abbildung B- 212: DOEM HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 48 h (VHS)

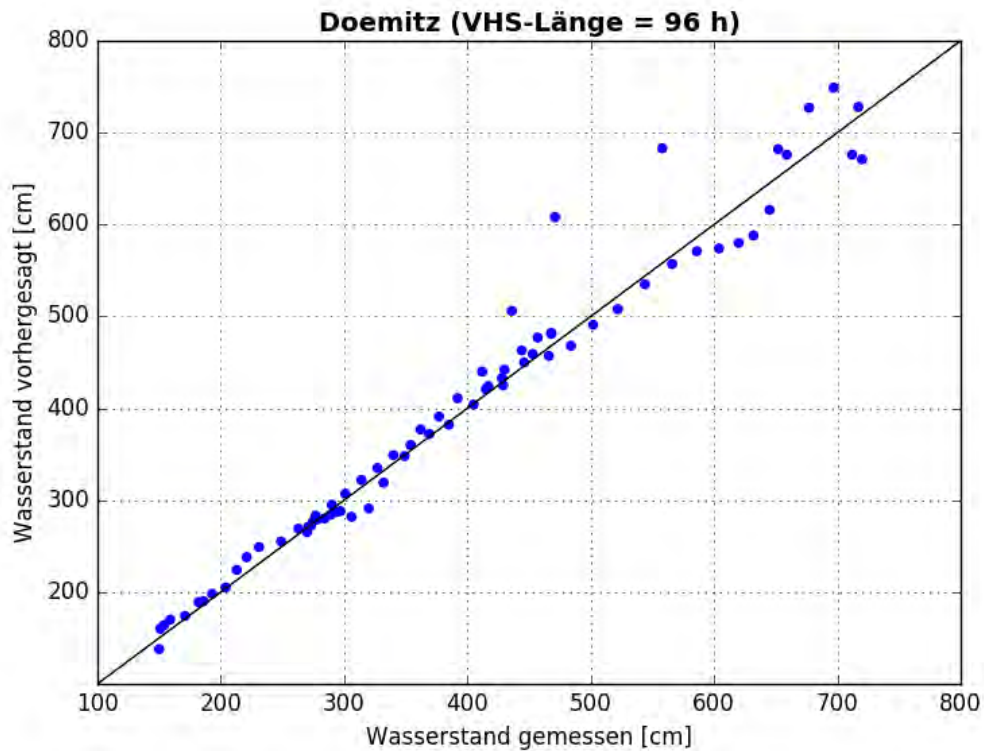


Abbildung B- 213: DOEM HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 96 h (VHS)

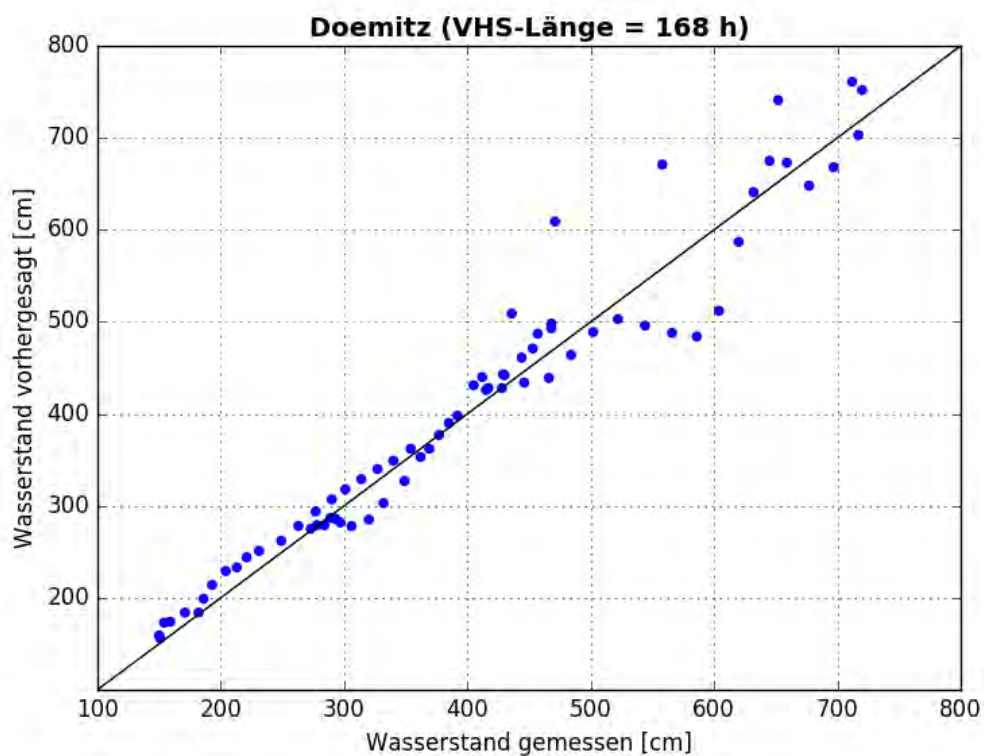


Abbildung B- 214: DOEM HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 168 h (Absch.)



Abbildung B- 215: DOEM HW2013, Kontingenztafeln Schwellenwert 513

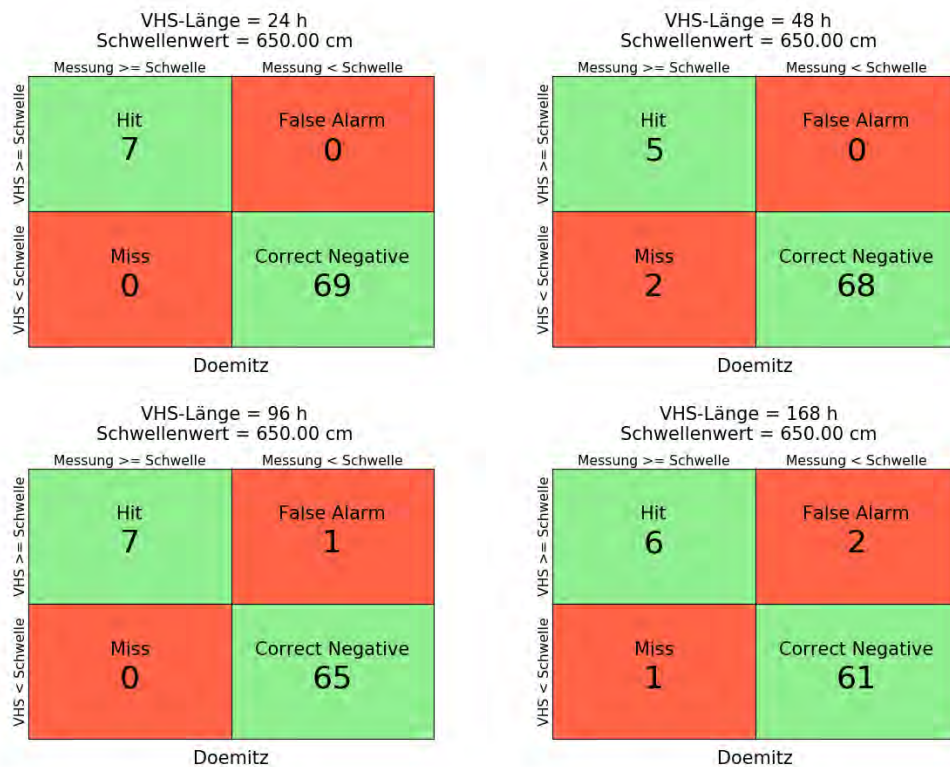


Abbildung B- 216: DOEM HW2013, Kontingenztafeln Schwellenwert 650

Hochwasser April – Mai 2013 – Variante 1a

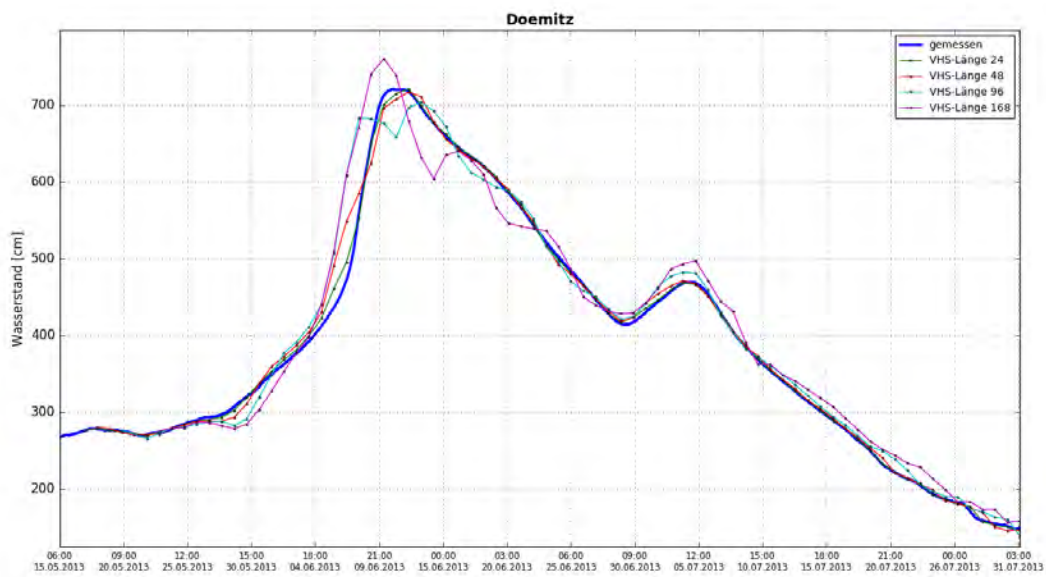


Abbildung B- 217: DOEM HW2013, Ganglinien-Vergleich

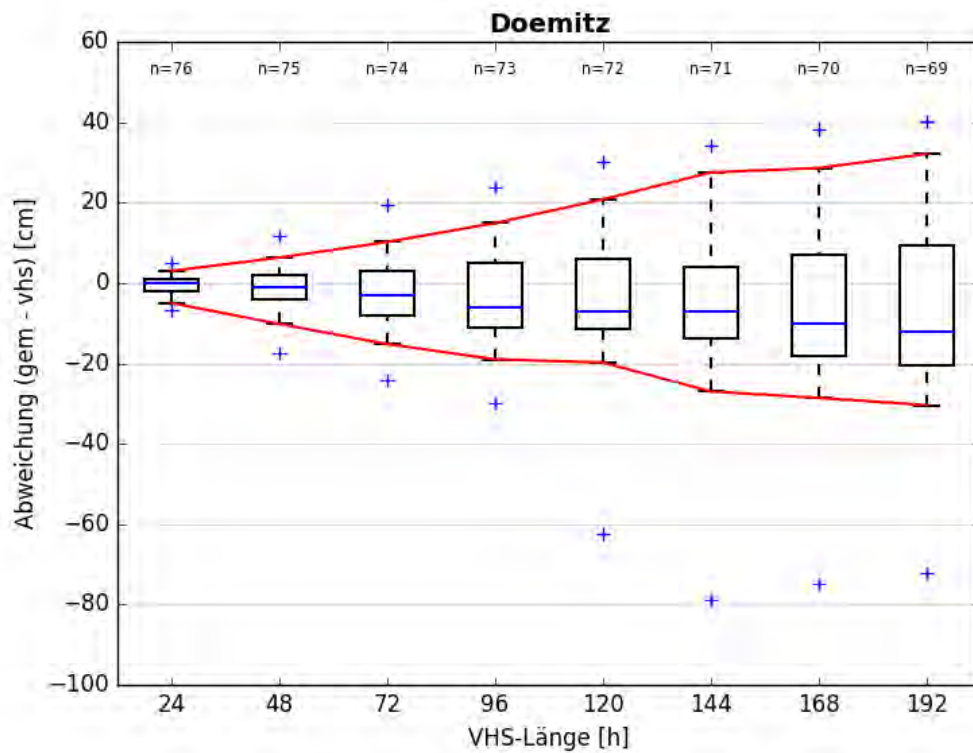


Abbildung B- 218: DOEM HW2013, Boxplot

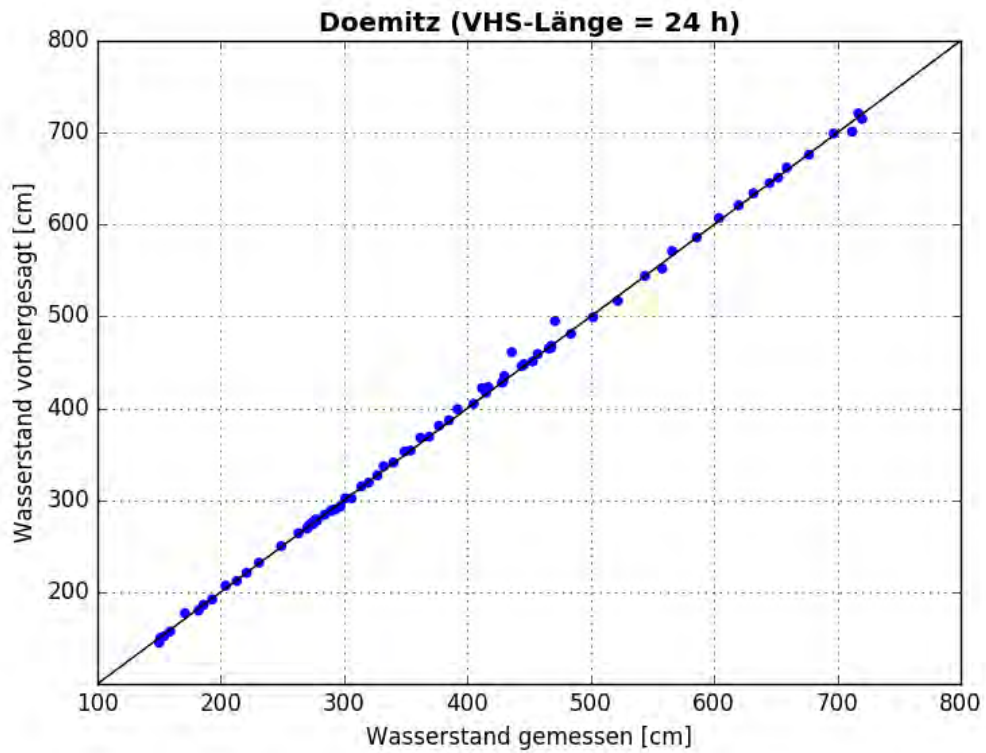


Abbildung B- 219: DOEM HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 24 h (VHS)

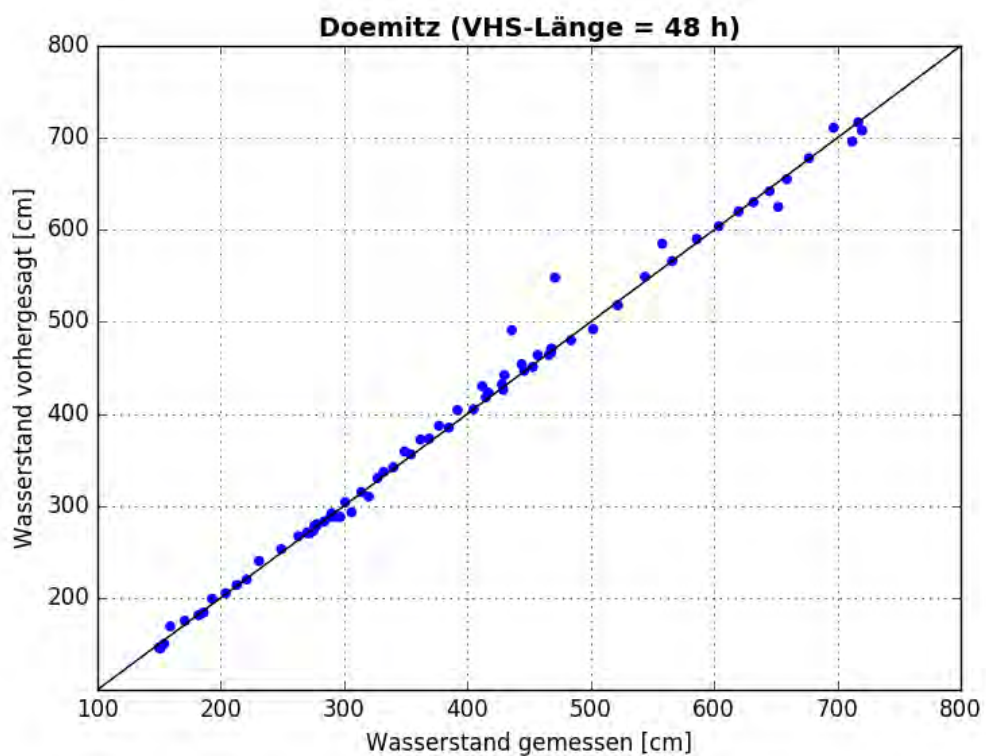


Abbildung B- 220: DOEM HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 48 h (VHS)

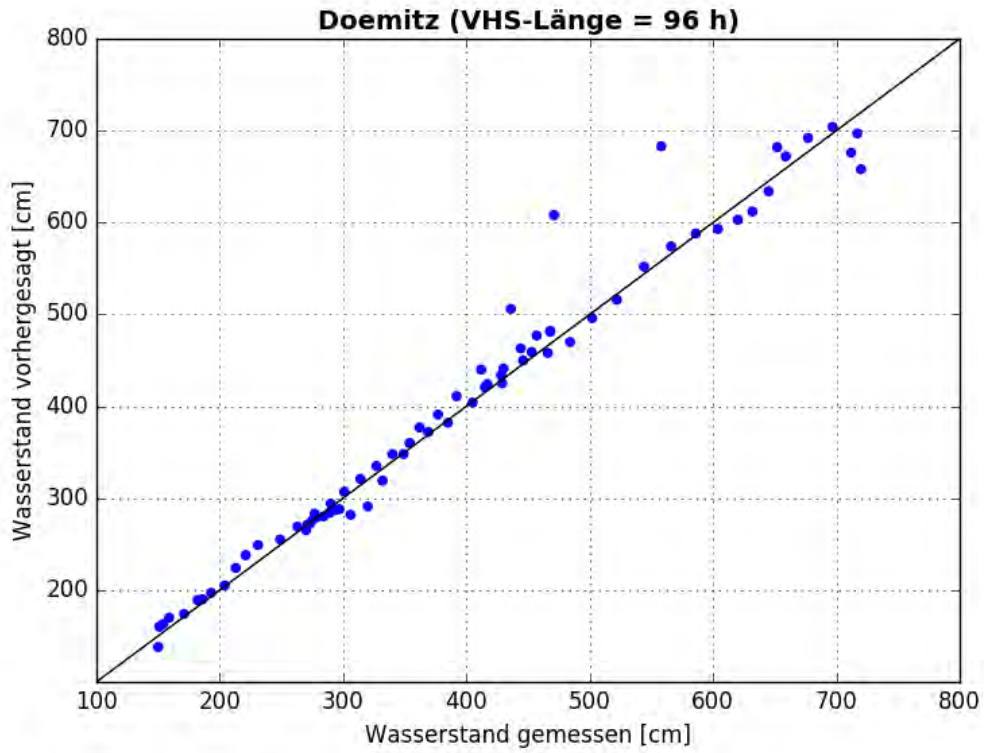


Abbildung B- 221: DOEM HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 96 h (VHS)

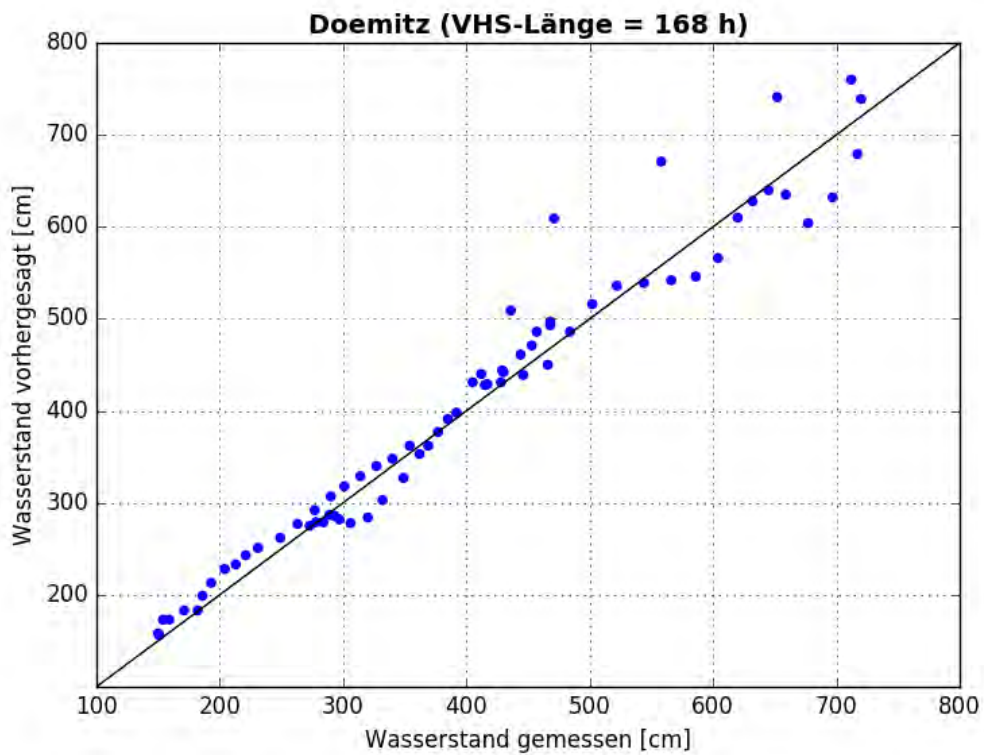


Abbildung B- 222: DOEM HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 168 h (Absch.)

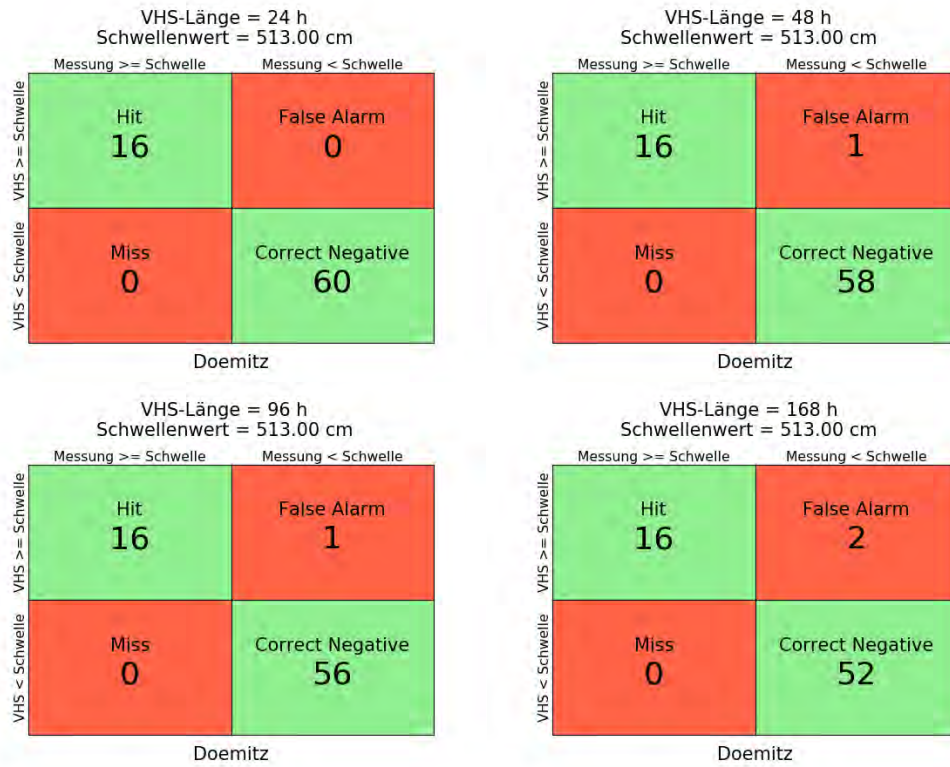


Abbildung B- 223: DOEM HW2013, Kontingenztafeln Schwellenwert 513

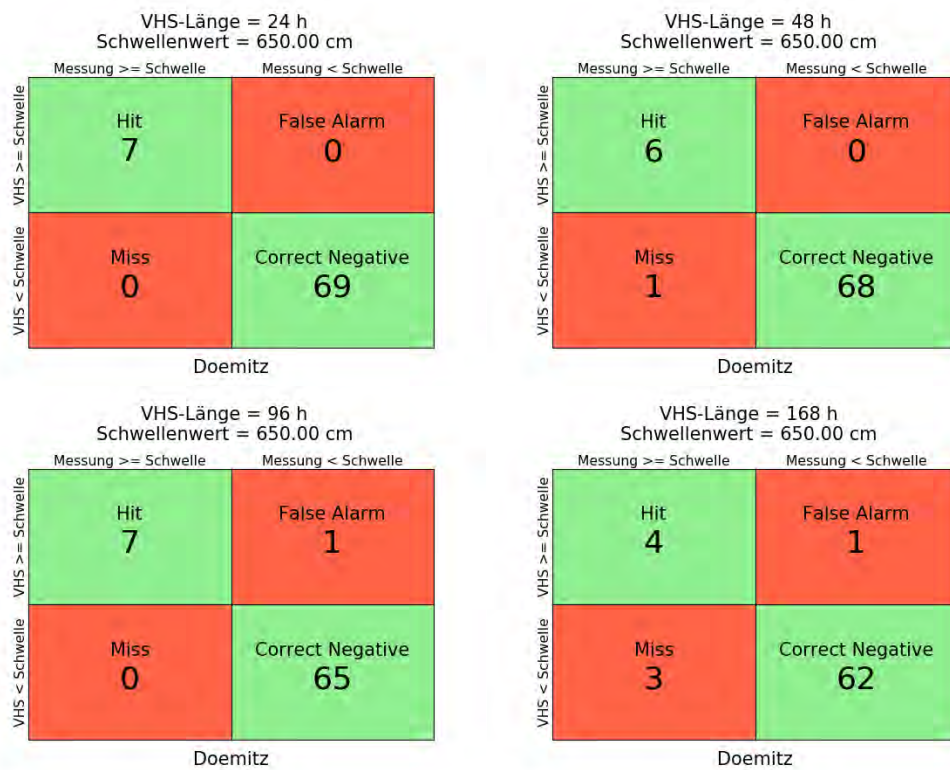


Abbildung B- 224: DOEM HW2013, Kontingenztafeln Schwellenwert 650

Hochwasser April – Mai 2013 – Variante 2

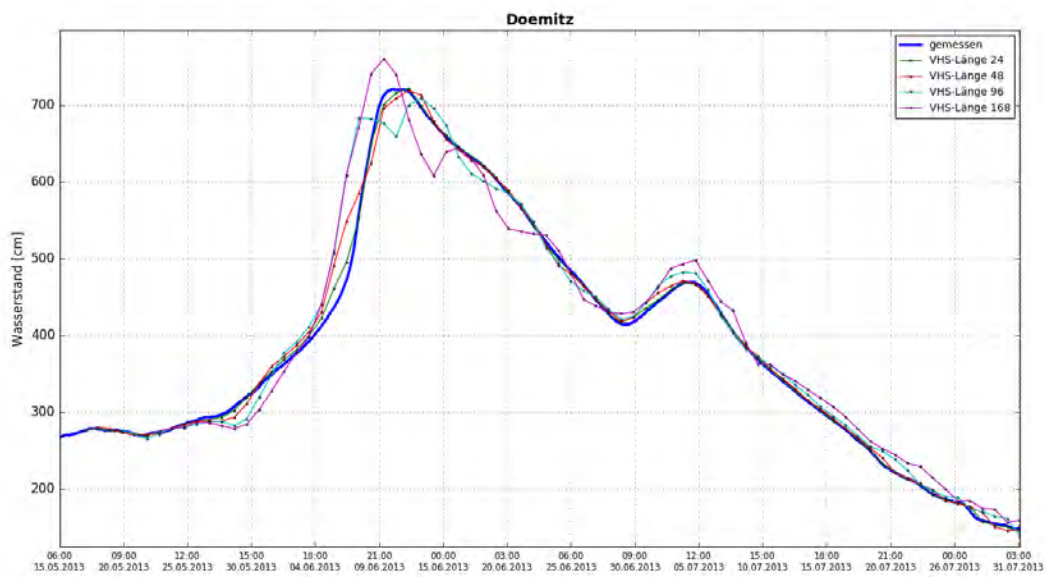


Abbildung B- 225: DOEM HW2013, Ganglinien-Vergleich

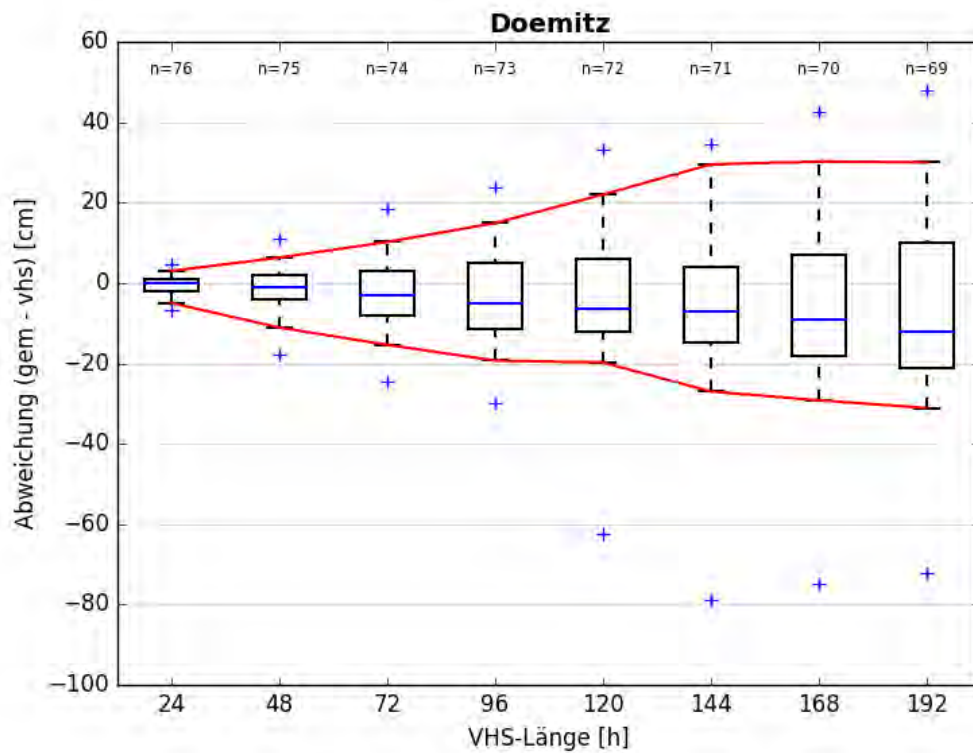


Abbildung B- 226: DOEM HW2013, Boxplot

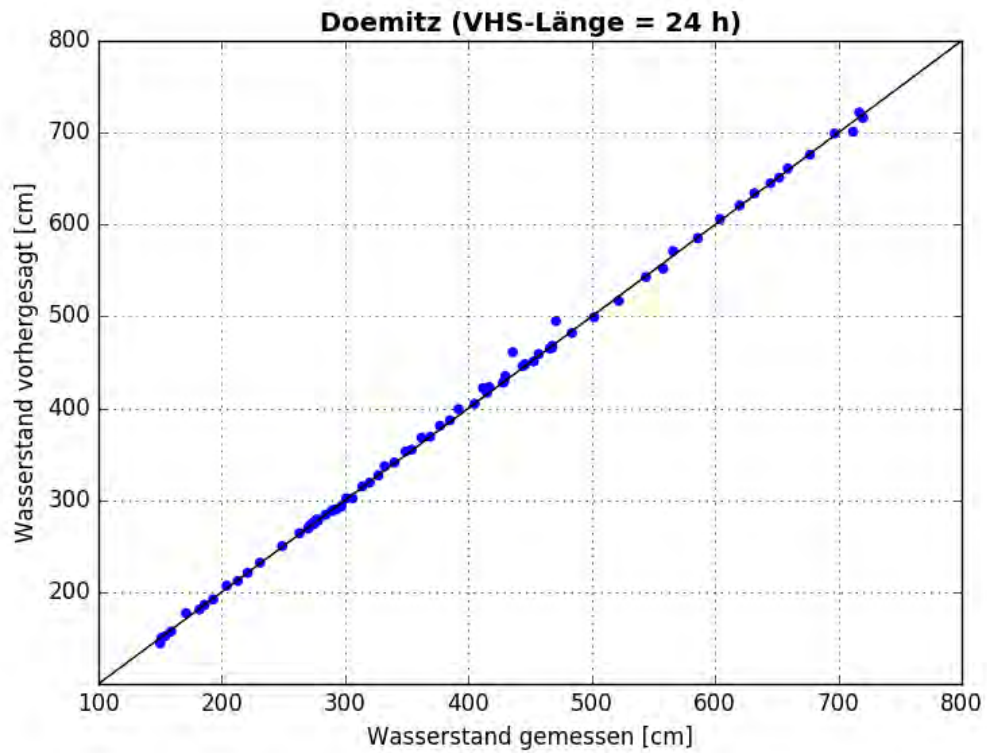


Abbildung B- 227: DOEM HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 24 h (VHS)

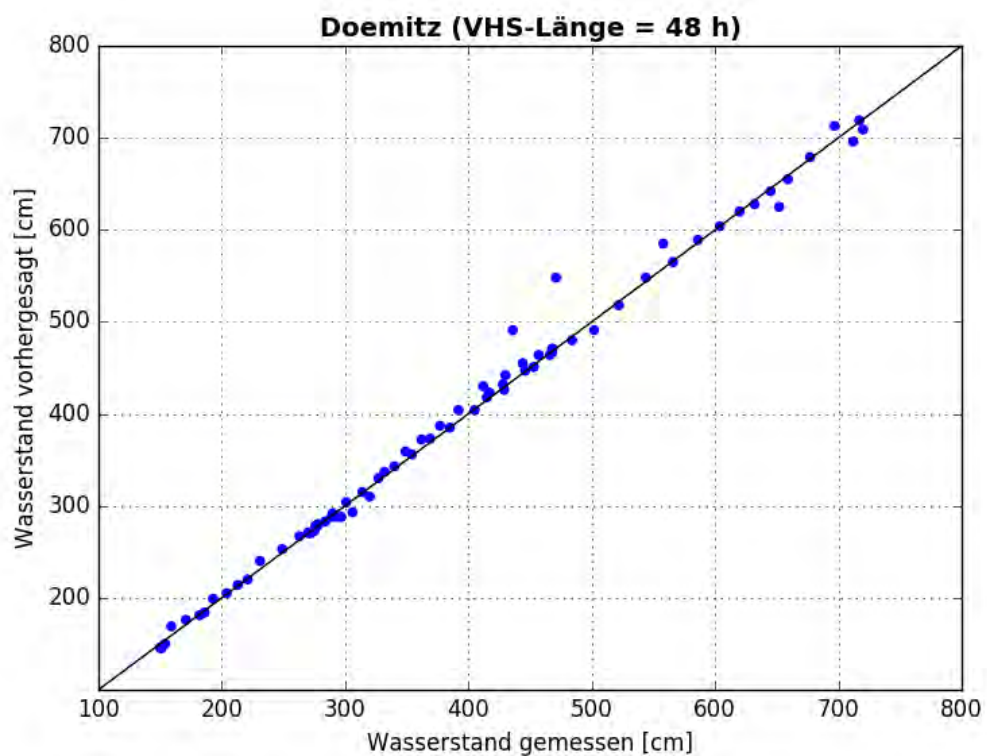


Abbildung B- 228: DOEM HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 48 h (VHS)

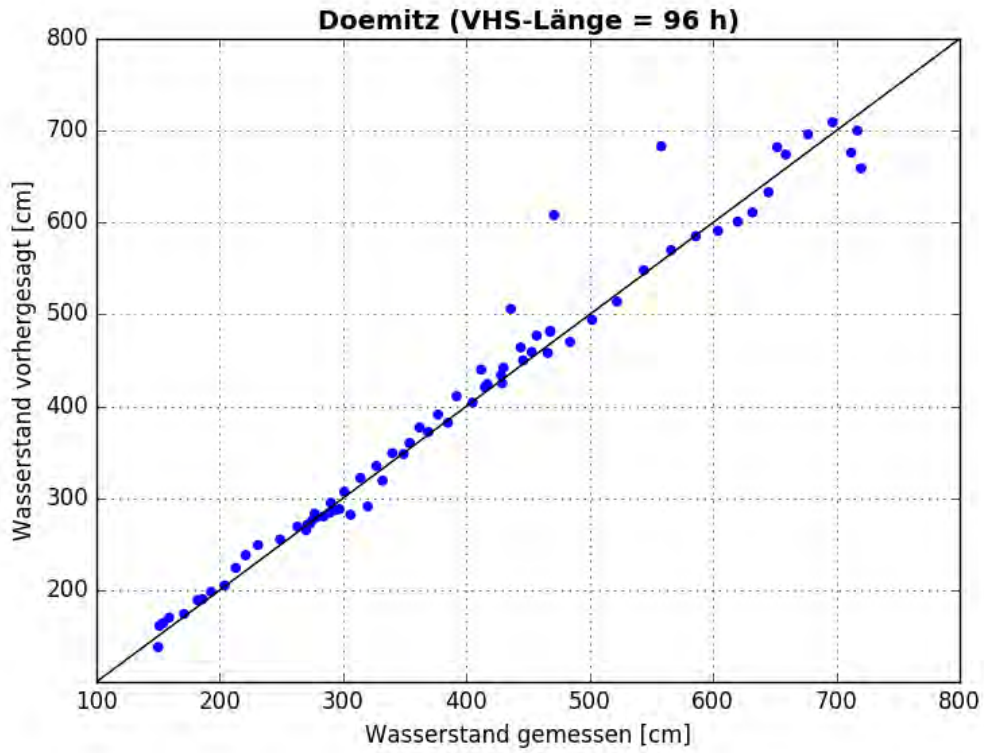


Abbildung B- 229: DOEM HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 96 h (VHS)

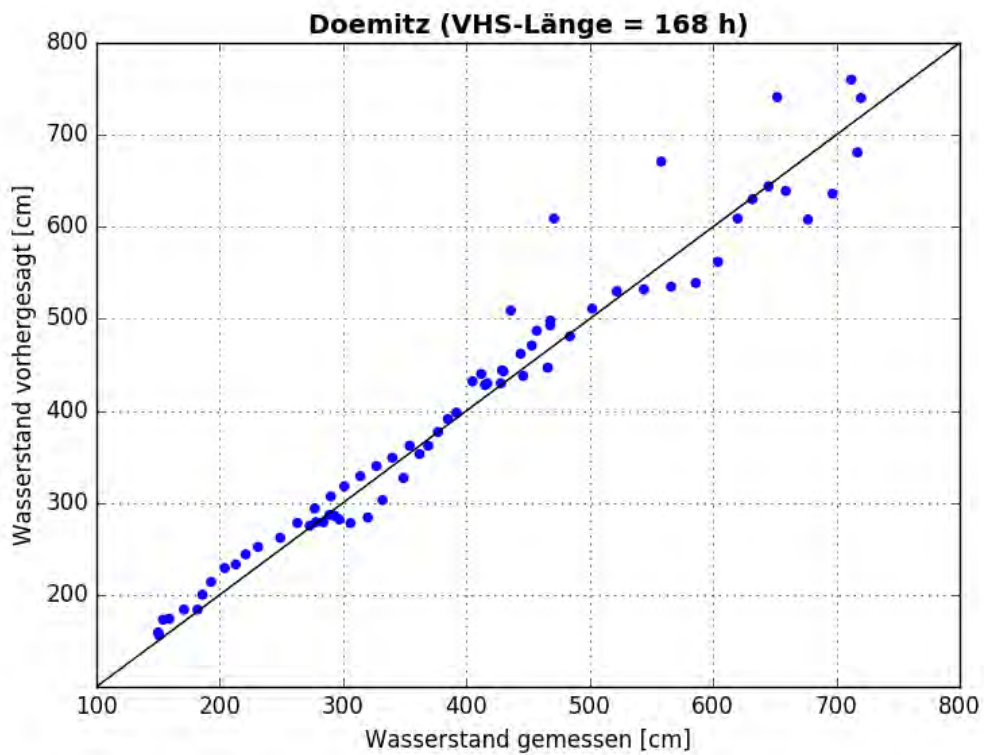


Abbildung B- 230: DOEM HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 168 h (Absch.)

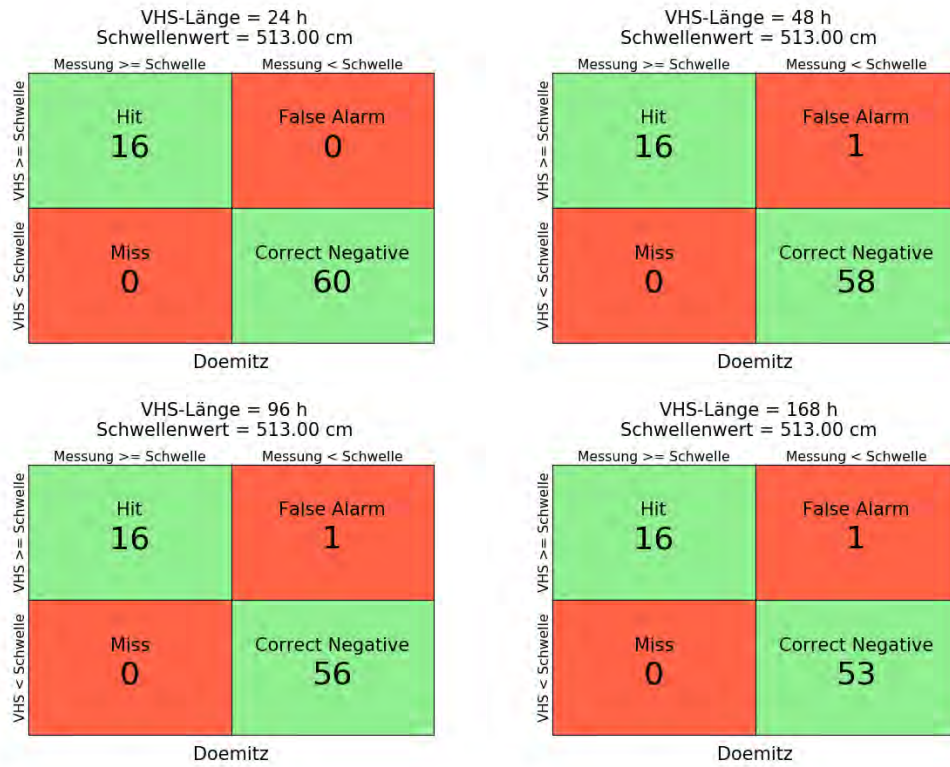


Abbildung B- 231: DOEM HW2013, Kontingenztafeln Schwellenwert 513

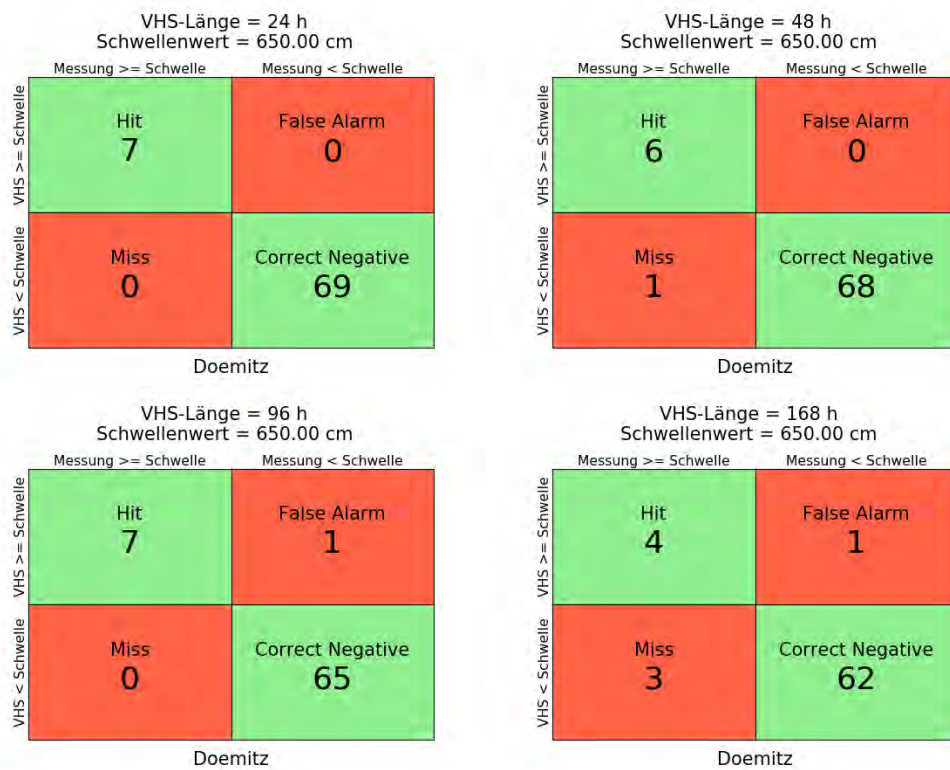


Abbildung B- 232: DOEM HW2013, Kontingenztafeln Schwellenwert 650

Hochwasser April – Mai 2013 – Variante 3a

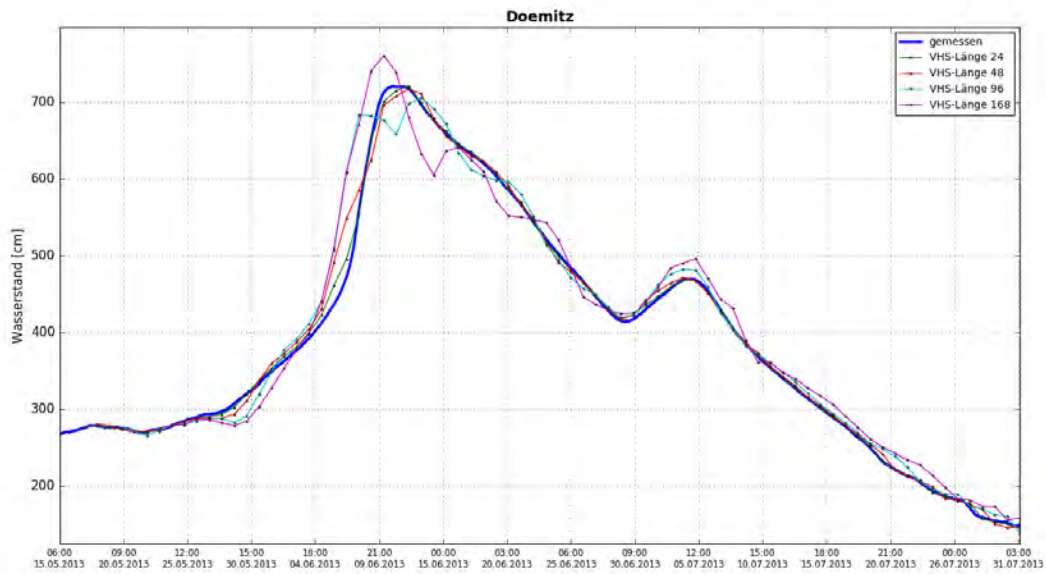


Abbildung B- 233: DOEM HW2013, Ganglinien-Vergleich

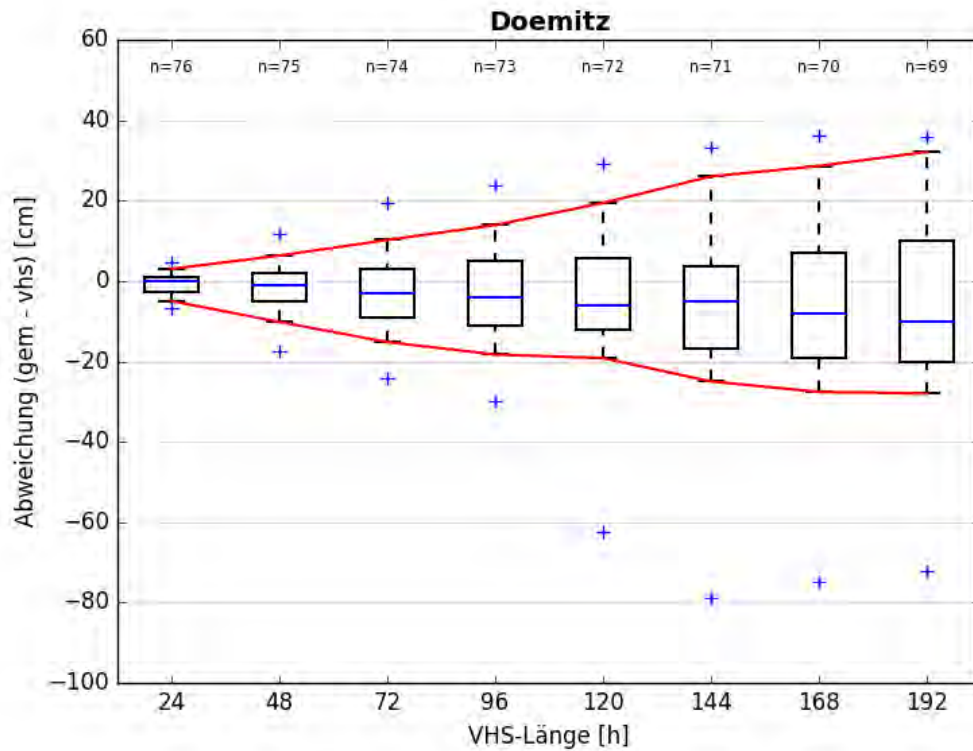


Abbildung B- 234: DOEM HW2013, Boxplot

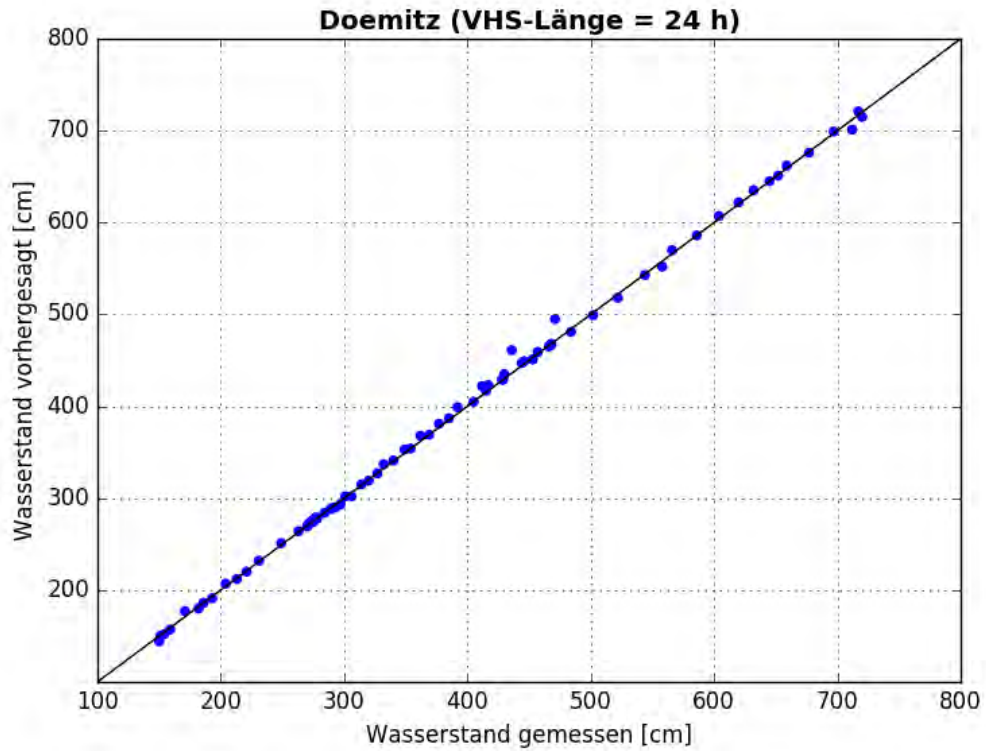


Abbildung B- 235: DOEM HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 24 h (VHS)

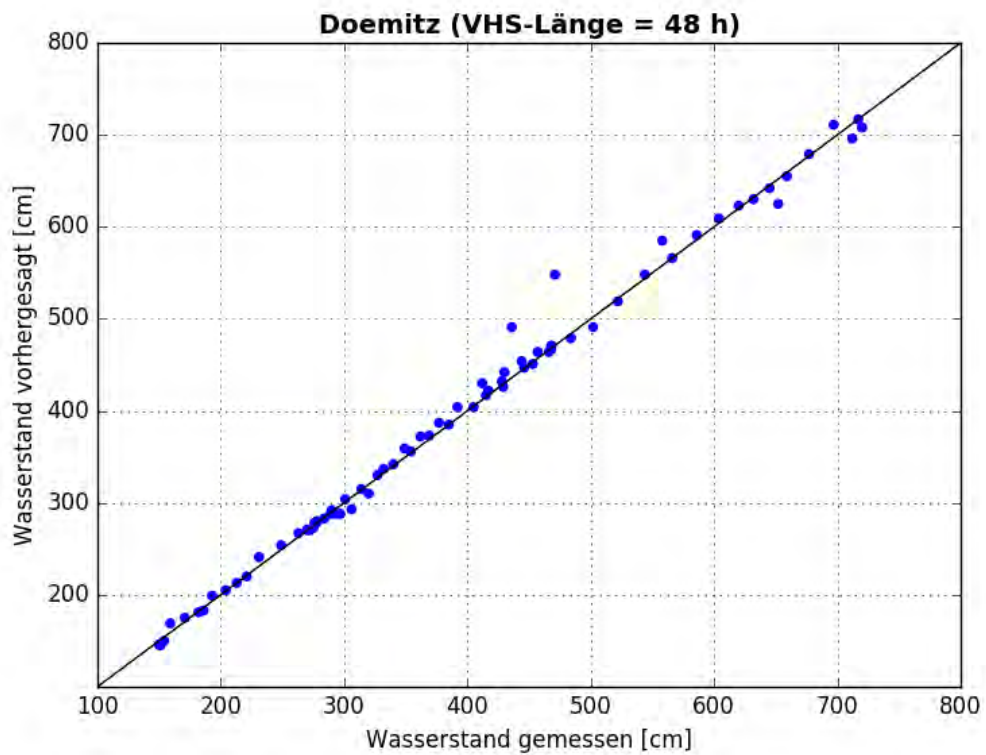


Abbildung B- 236: DOEM HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 48 h (VHS)

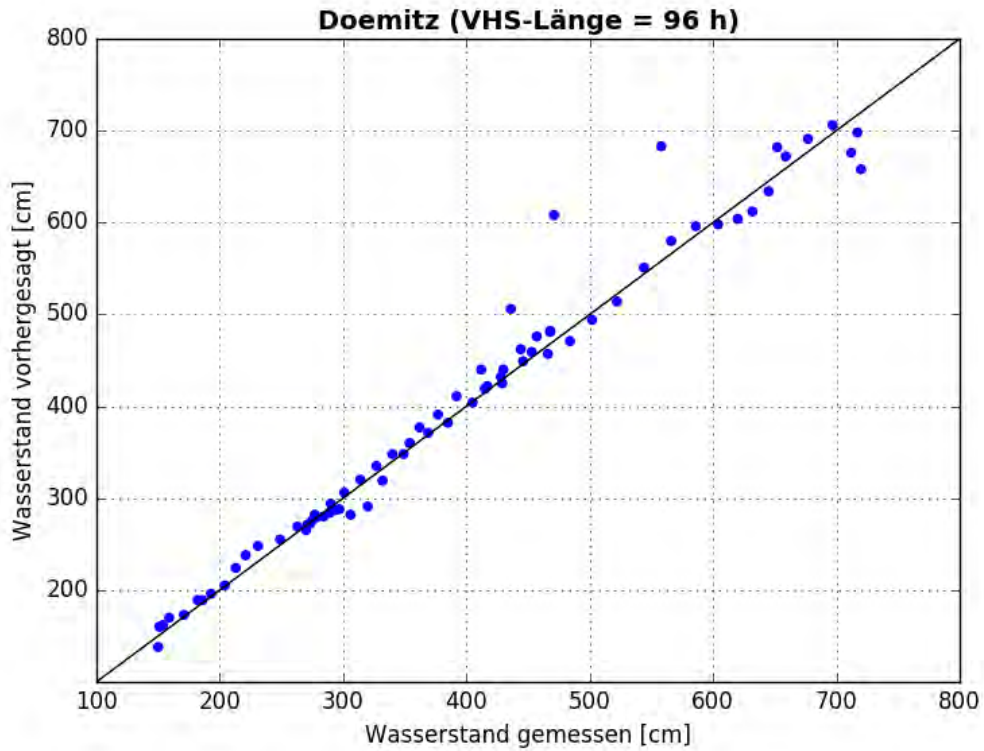


Abbildung B- 237: DOEM HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 96 h (VHS)

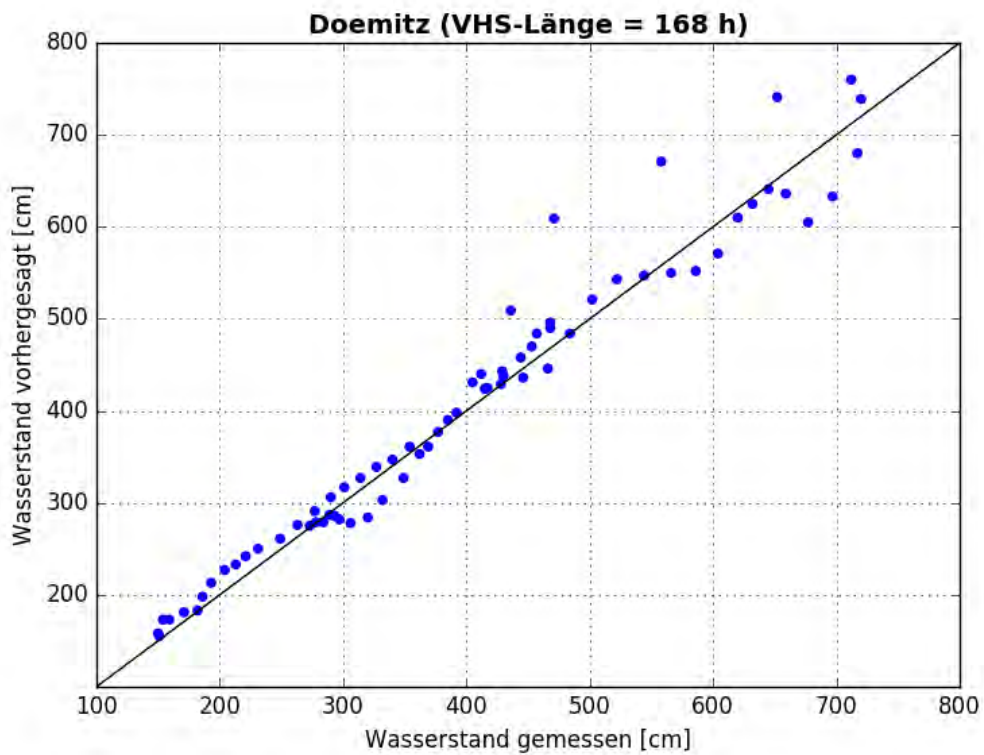


Abbildung B- 238: DOEM HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 168 h (Absch.)

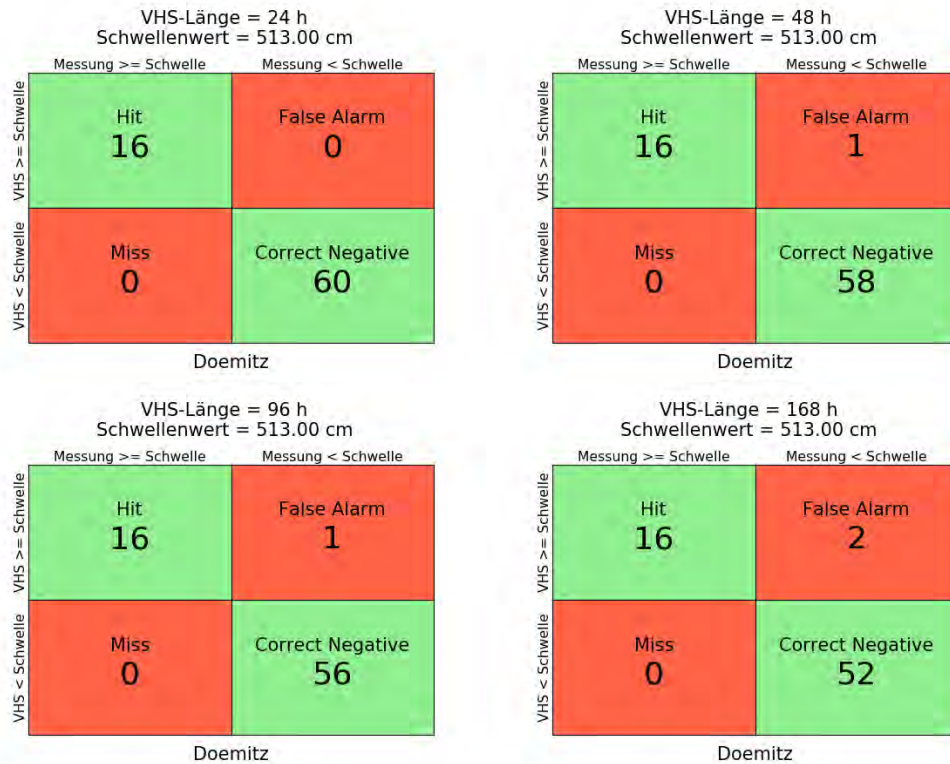


Abbildung B- 239: DOEM HW2013, Kontingenztafeln Schwellenwert 513

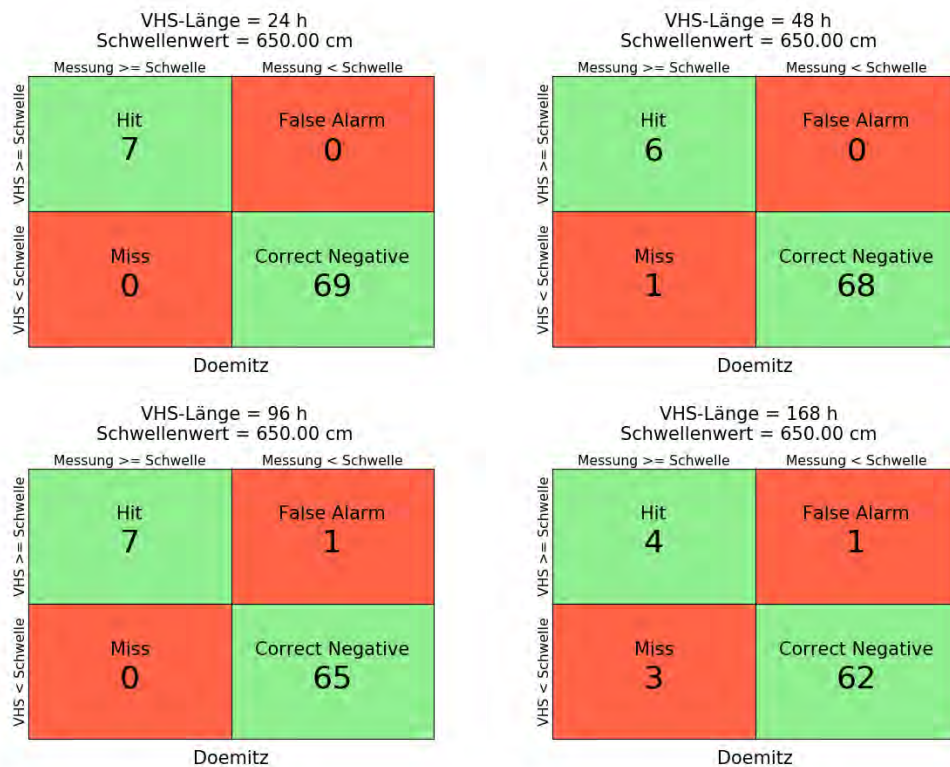


Abbildung B- 240: DOEM HW2013, Kontingenztafeln Schwellenwert 650

Hochwasser April – Mai 2013 – Variante 4a

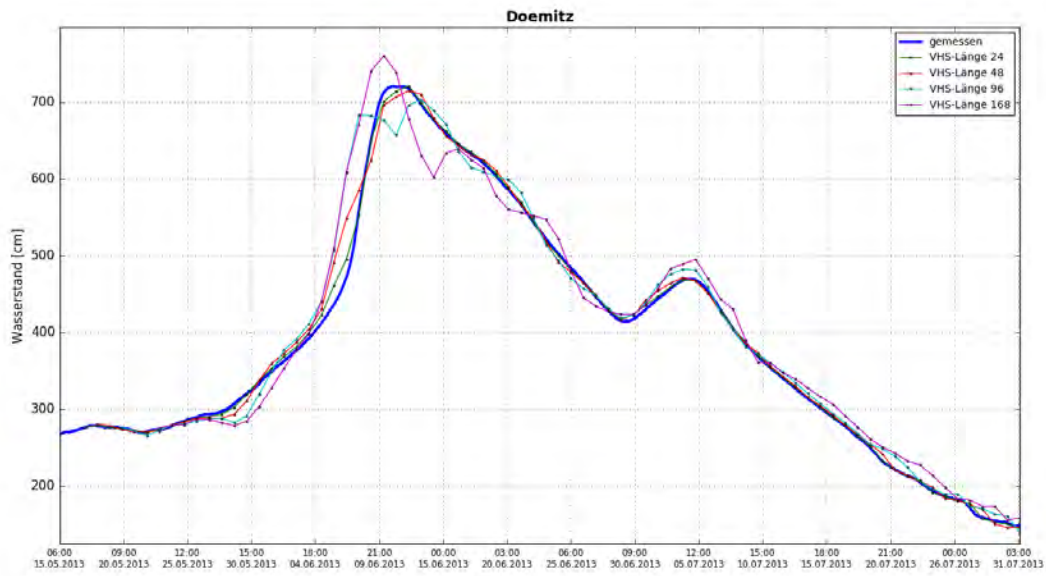


Abbildung B- 241: DOEM HW2013, Ganglinien-Vergleich

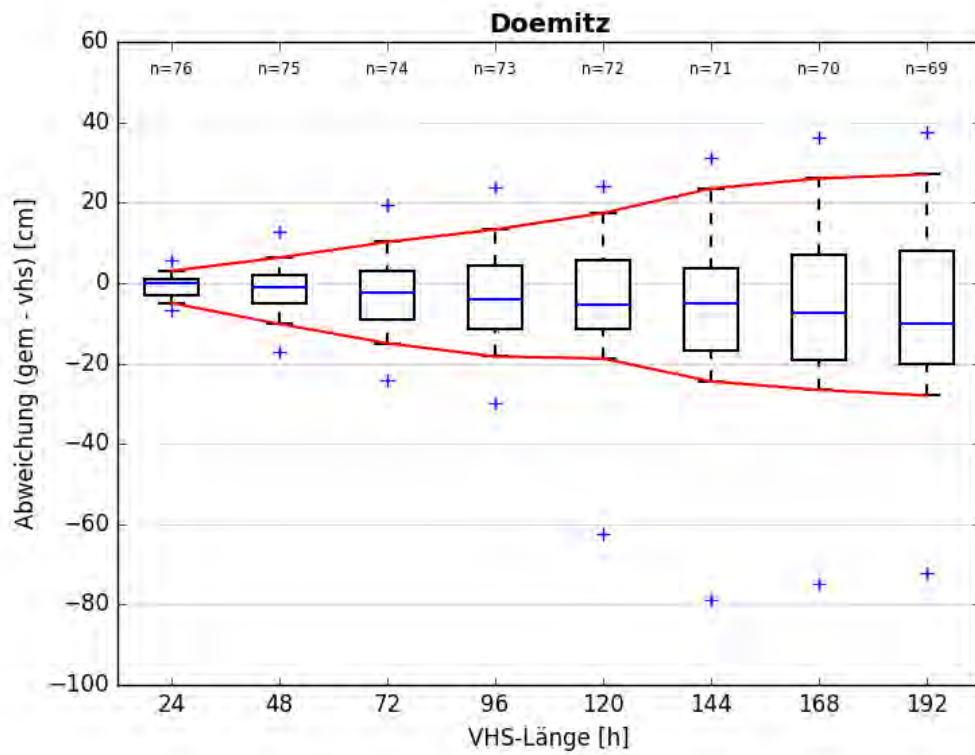


Abbildung B- 242: DOEM HW2013, Boxplot

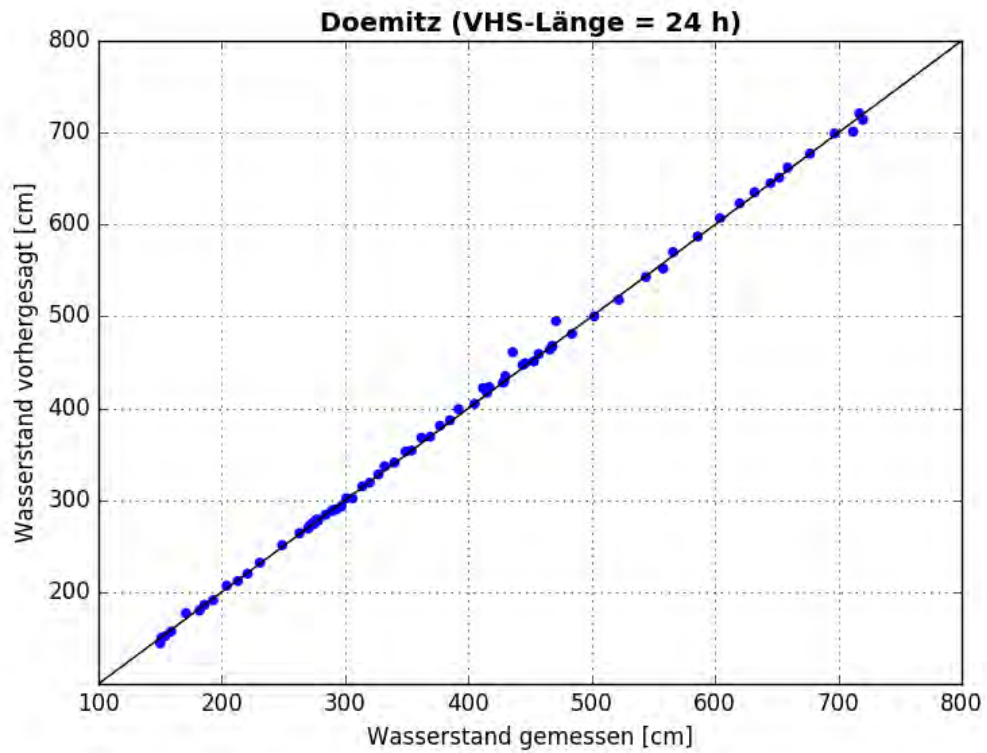


Abbildung B- 243: DOEM HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 24 h (VHS)

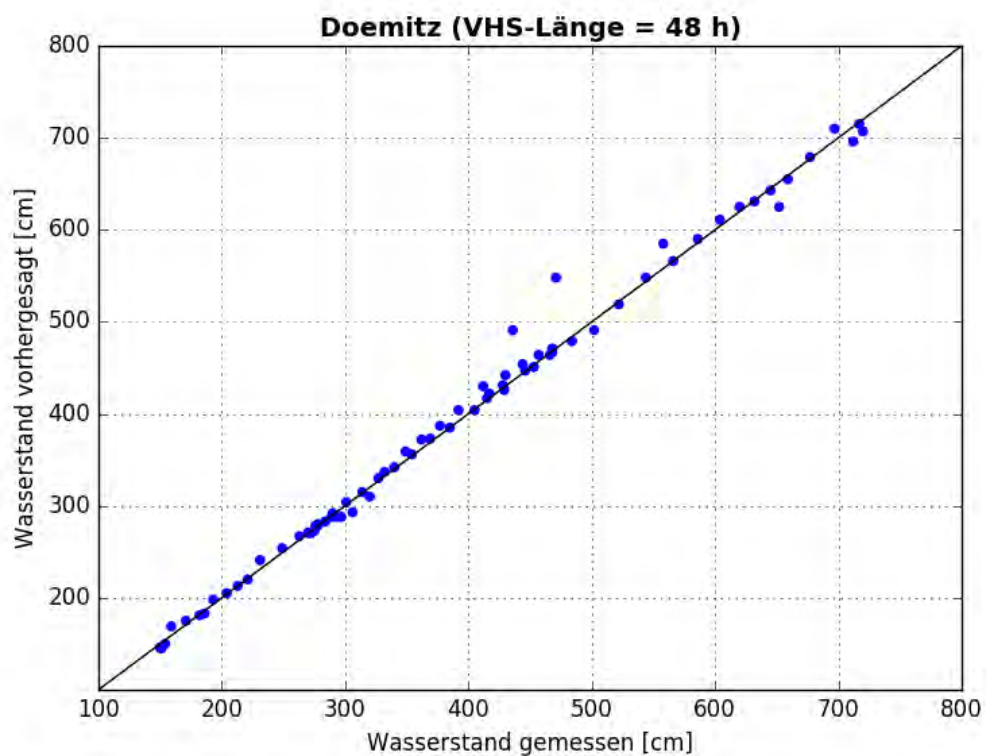


Abbildung B- 244: DOEM HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 48 h (VHS)

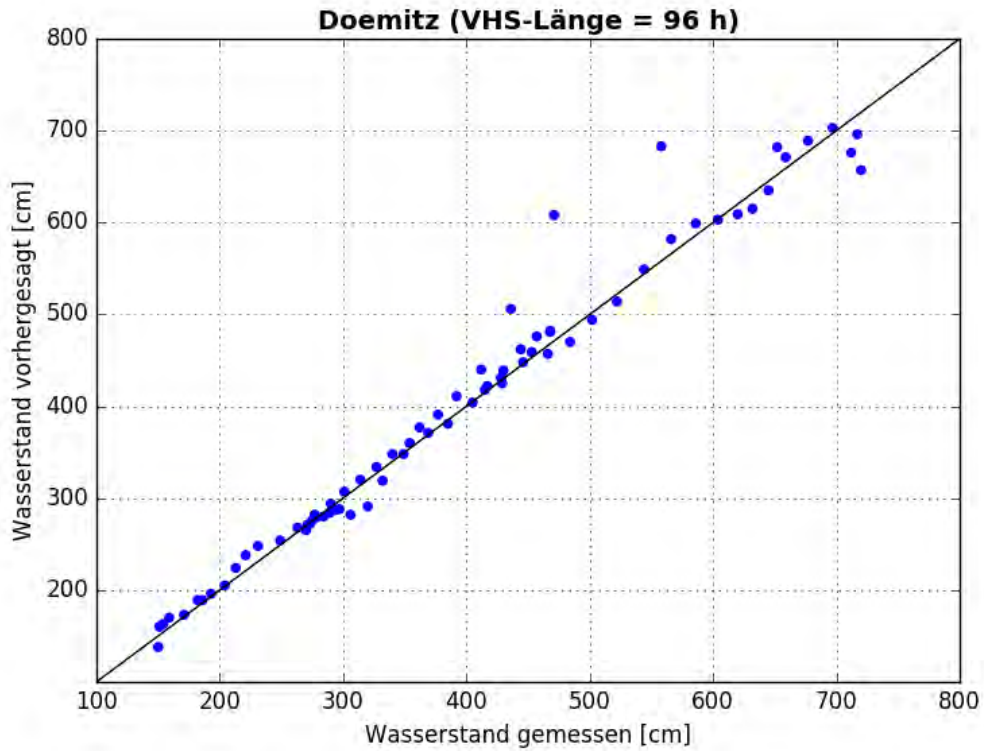


Abbildung B- 245: DOEM HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 96 h (VHS)

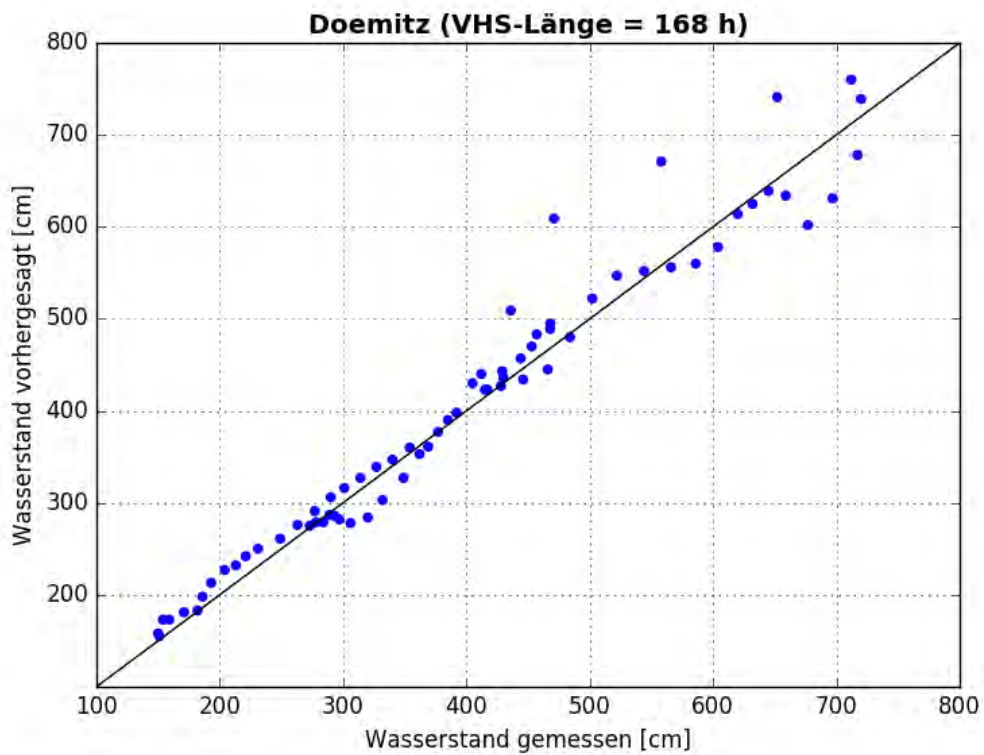


Abbildung B- 246: DOEM HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 168 h (Absch.)

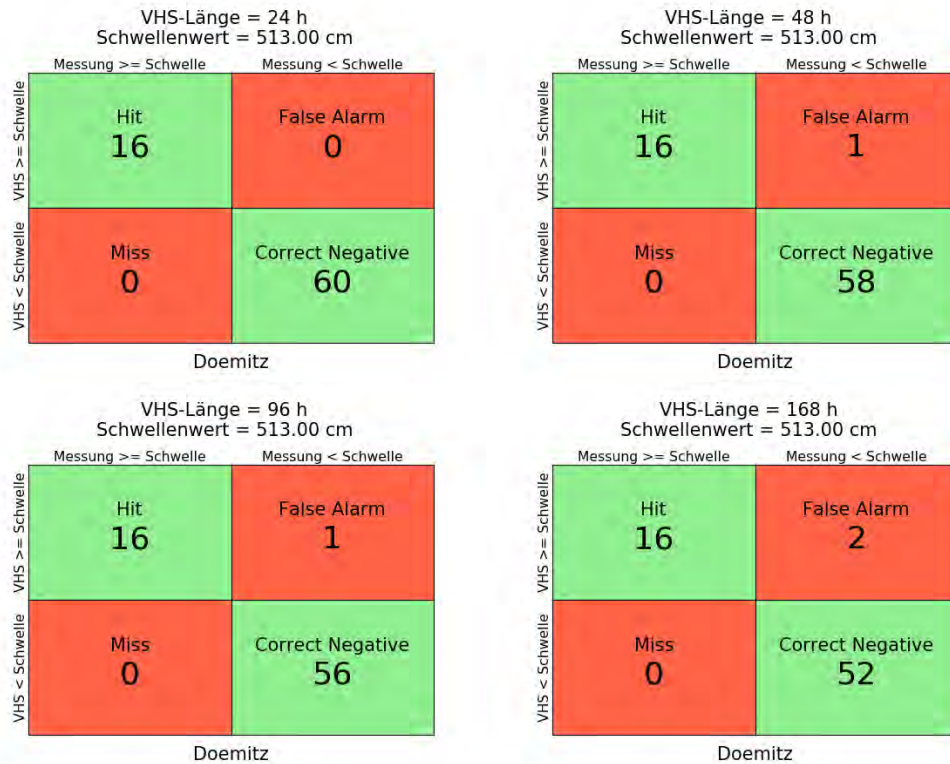


Abbildung B- 247: DOEM HW2013, Kontingenztafeln Schwellenwert 513

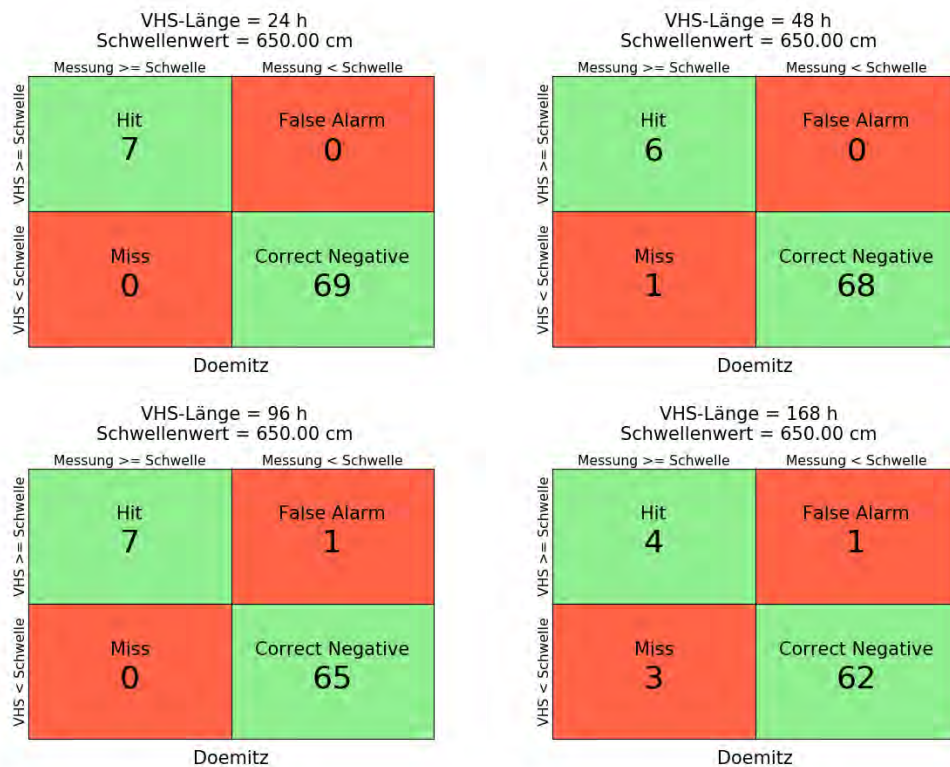


Abbildung B- 248: DOEM HW2013, Kontingenztafeln Schwellenwert 650

Hochwasser April – Mai 2013 – Variante 1b

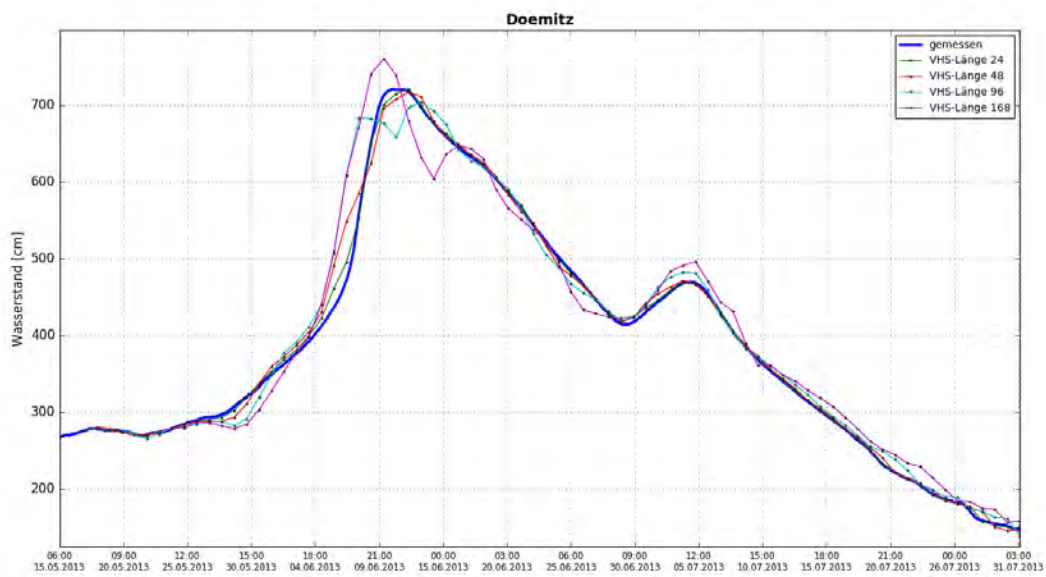


Abbildung B- 249: DOEM HW2013, Ganglinien-Vergleich

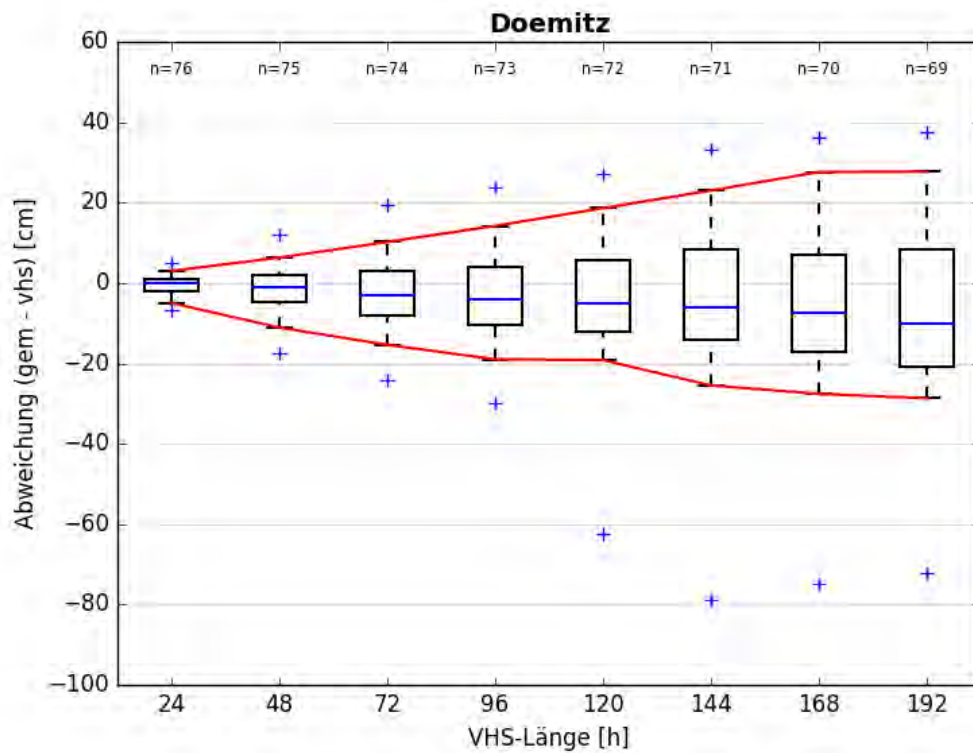


Abbildung B- 250: DOEM HW2013, Boxplot

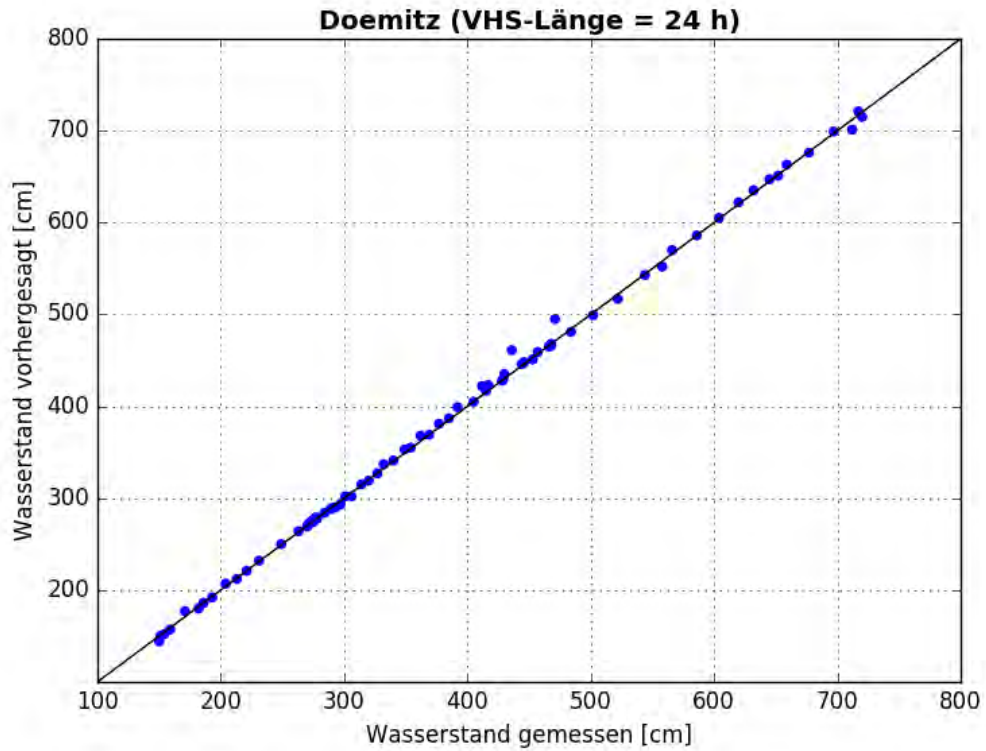


Abbildung B- 251: DOEM HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 24 h (VHS)

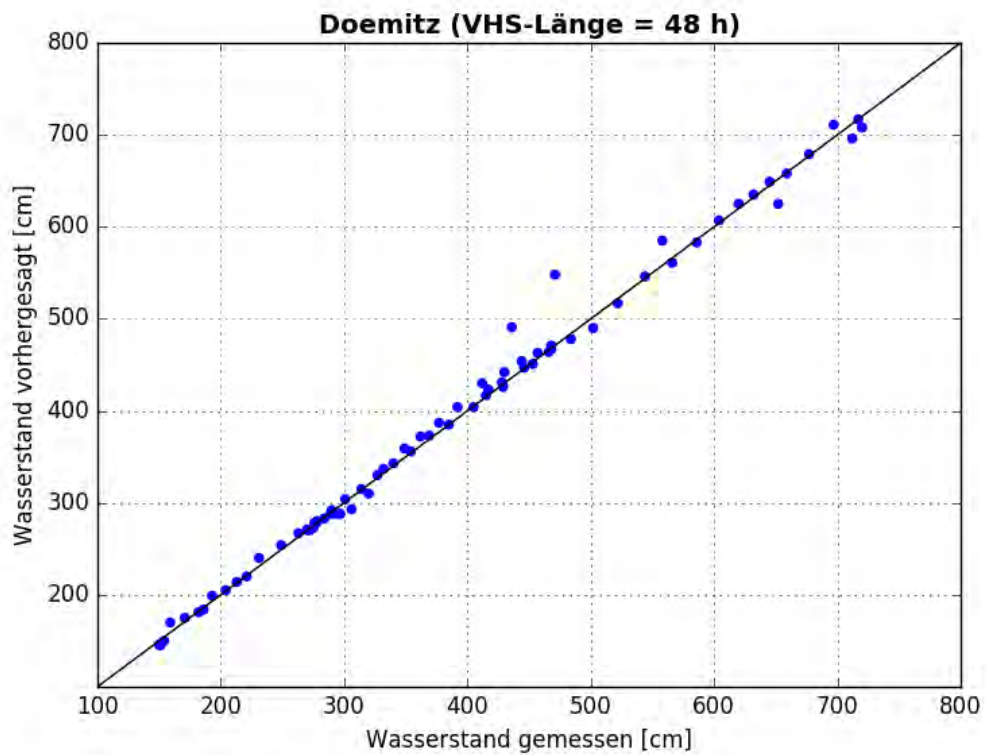


Abbildung B- 252: DOEM HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 48 h (VHS)

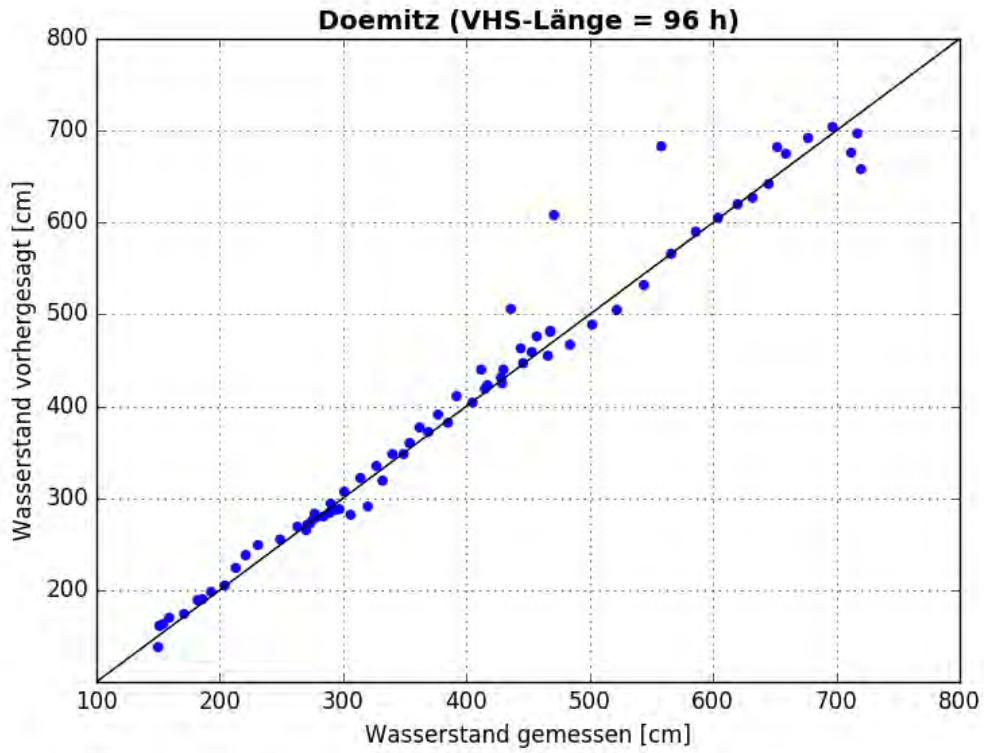


Abbildung B- 253: DOEM HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 96 h (VHS)

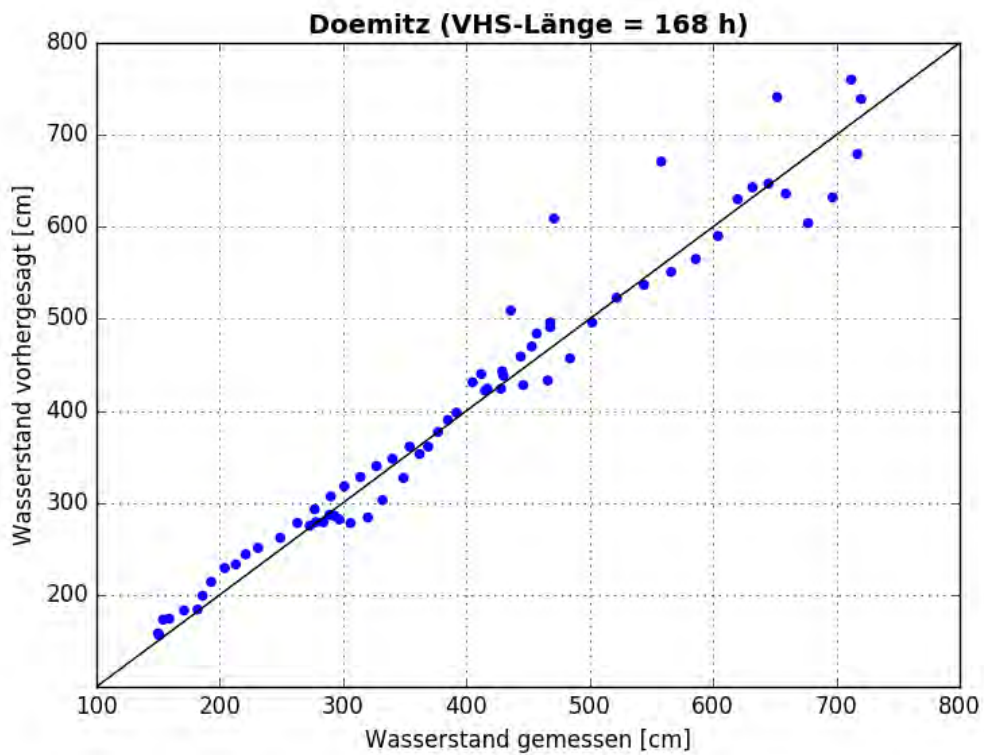


Abbildung B- 254: DOEM HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 168 h (Absch.)



Abbildung B- 255: DOEM HW2013, Kontingenztafeln Schwellenwert 513

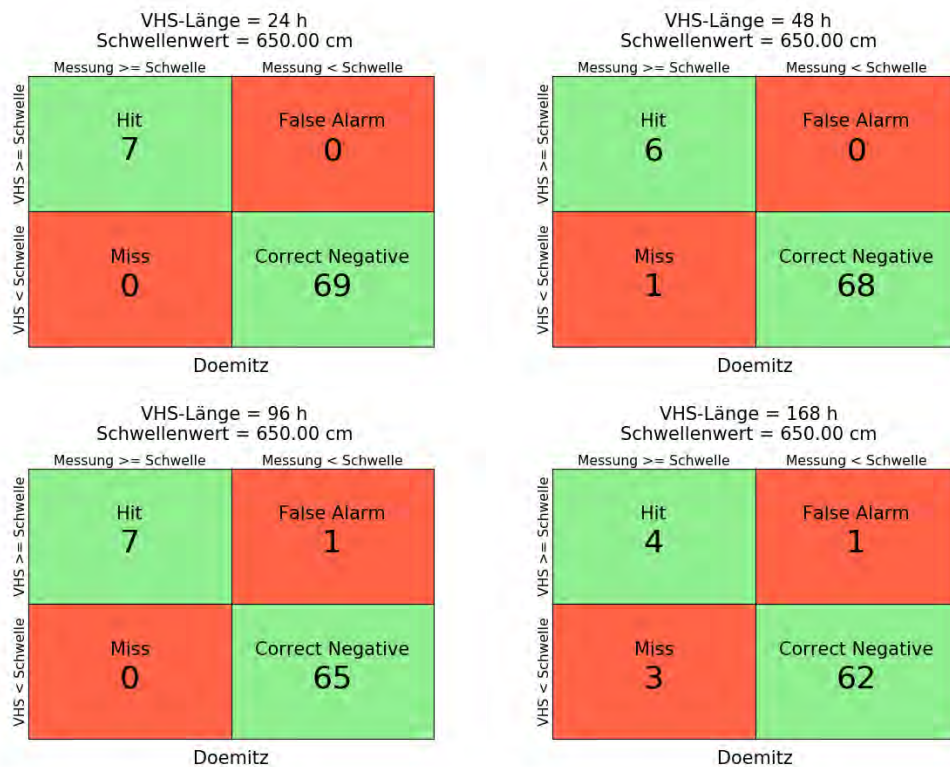


Abbildung B- 256: DOEM HW2013, Kontingenztafeln Schwellenwert 650

Hochwasser April – Mai 2013 – Variante 3b

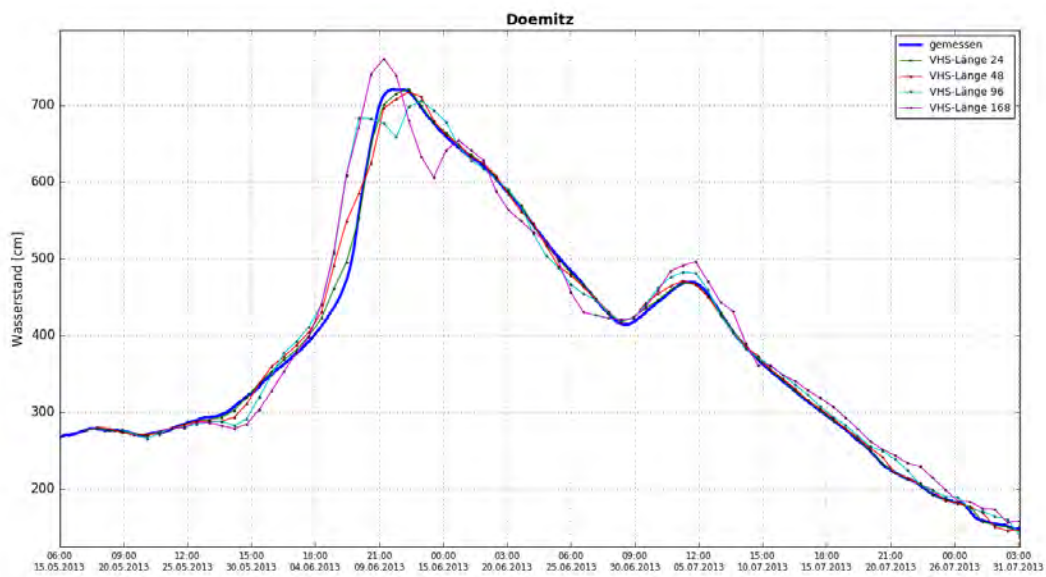


Abbildung B- 257: DOEM HW2013, Ganglinien-Vergleich

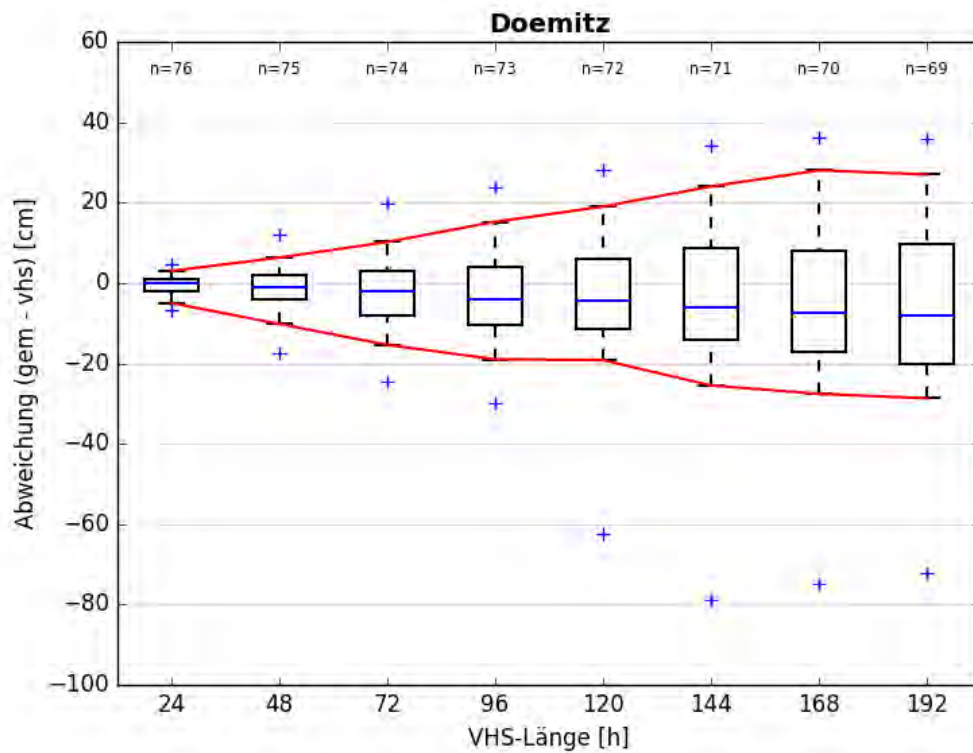


Abbildung B- 258: DOEM HW2013, Boxplot

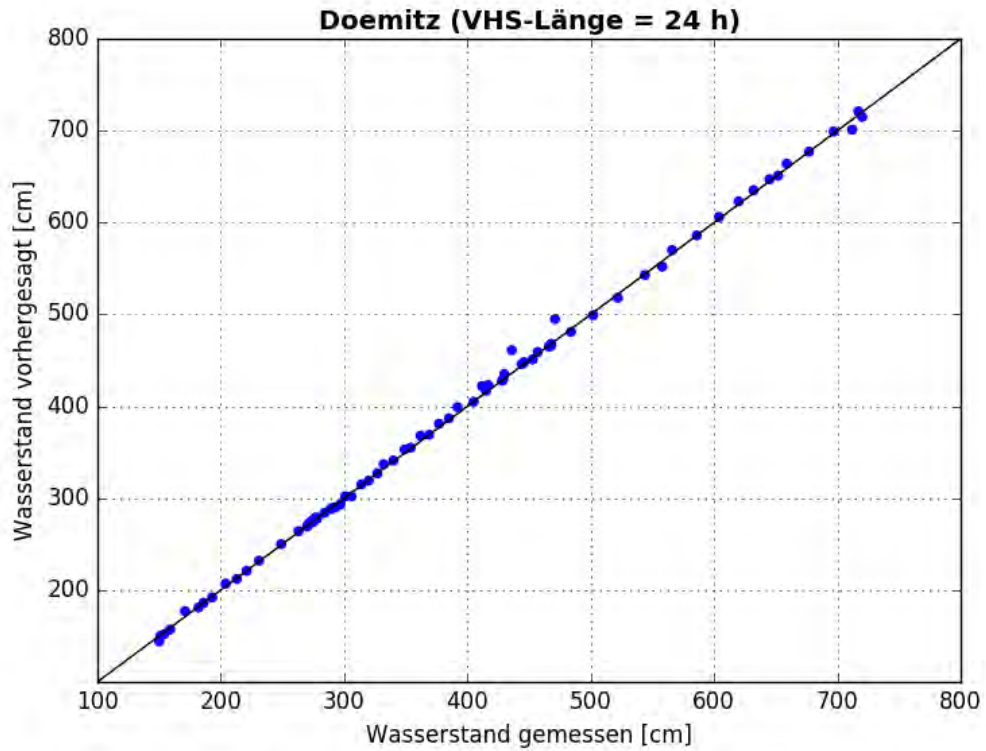


Abbildung B- 259: DOEM HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 24 h (VHS)

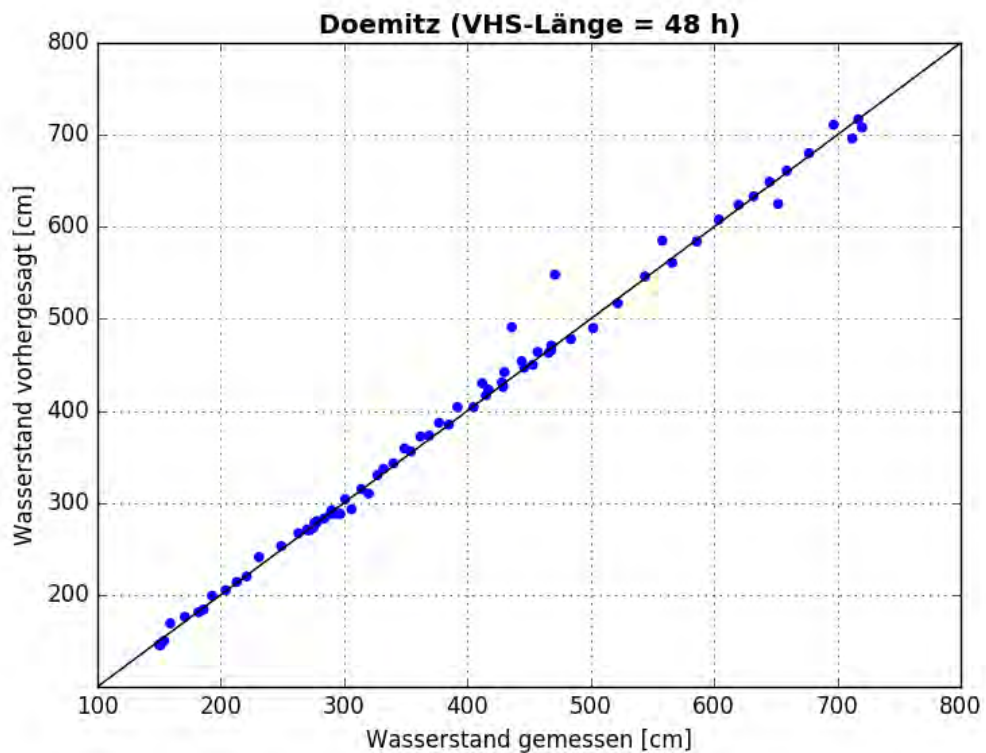


Abbildung B- 260: DOEM HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 48 h (VHS)

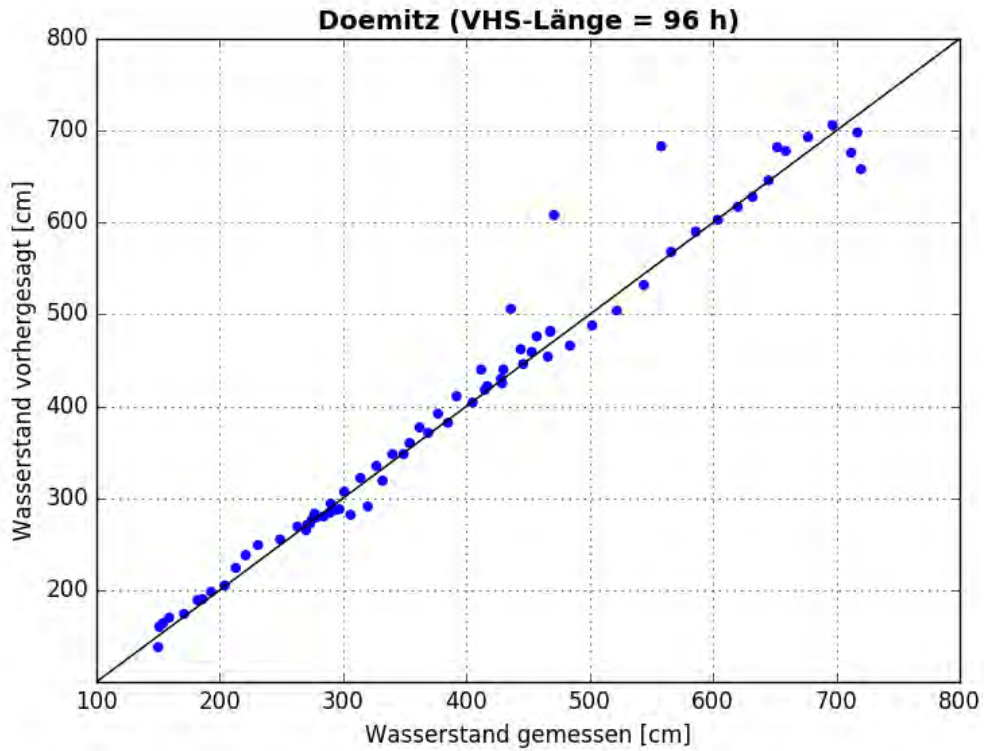


Abbildung B- 261: DOEM HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 96 h (VHS)

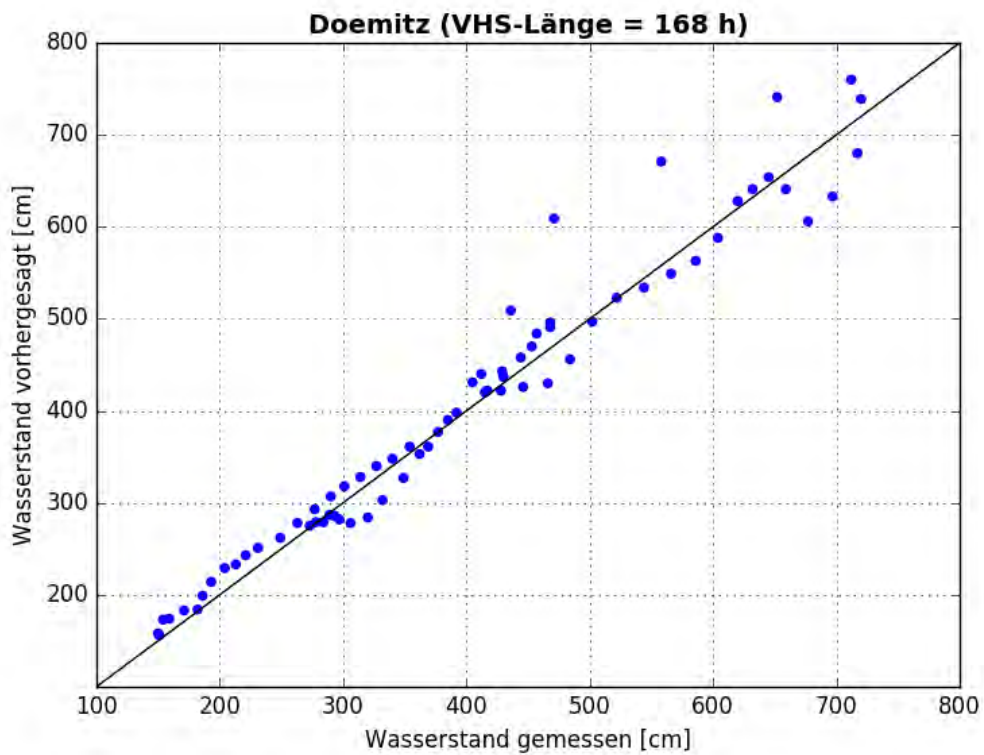


Abbildung B- 262: DOEM HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 168 h (Absch.)

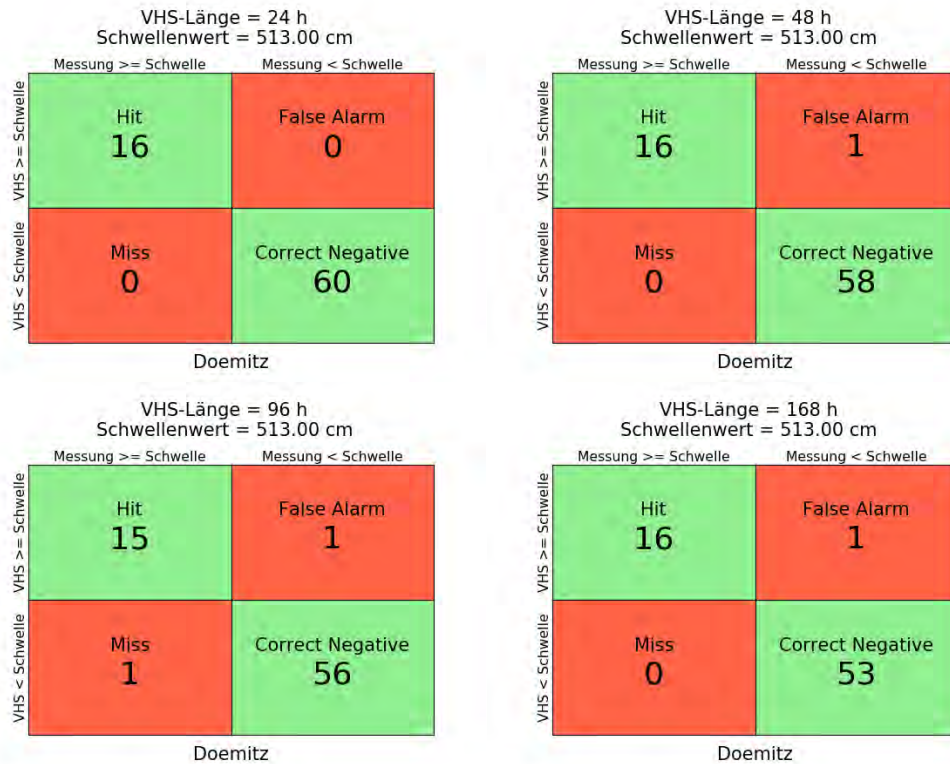


Abbildung B- 263: DOEM HW2013, Kontingenztafeln Schwellenwert 513

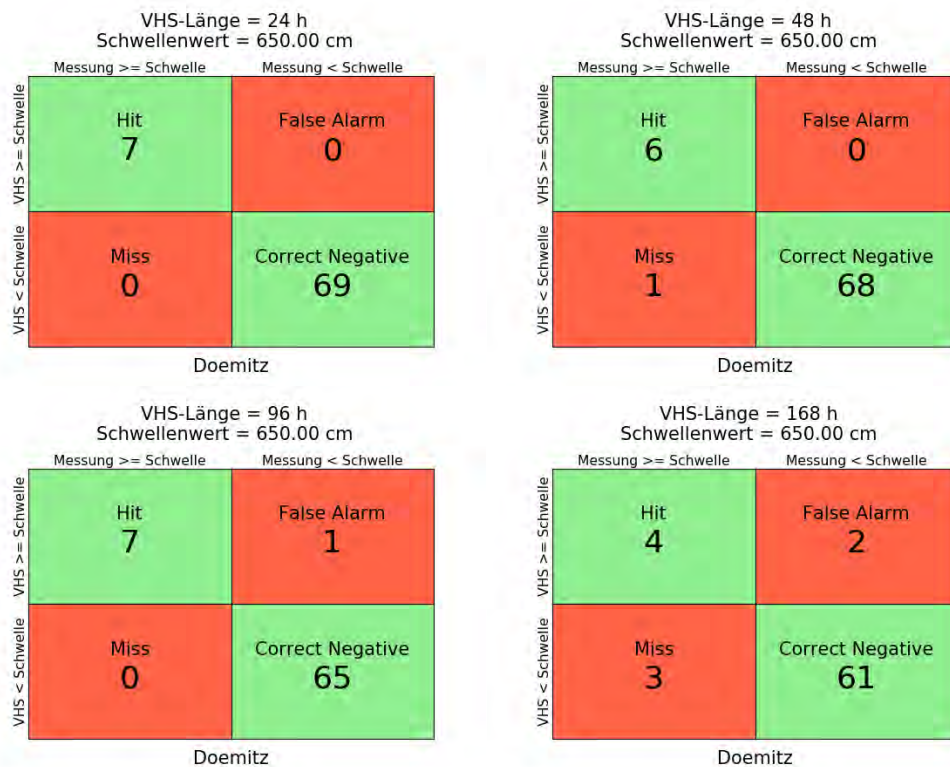


Abbildung B- 264: DOEM HW2013, Kontingenztafeln Schwellenwert 650

Hochwasser April – Mai 2013 – Variante 4b

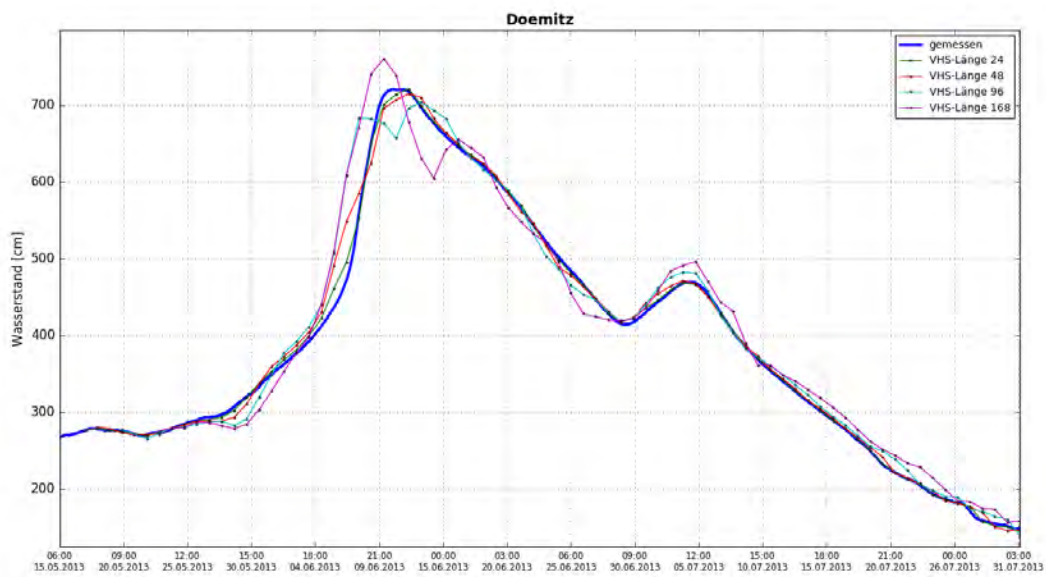


Abbildung B- 265: DOEM HW2013, Ganglinien-Vergleich

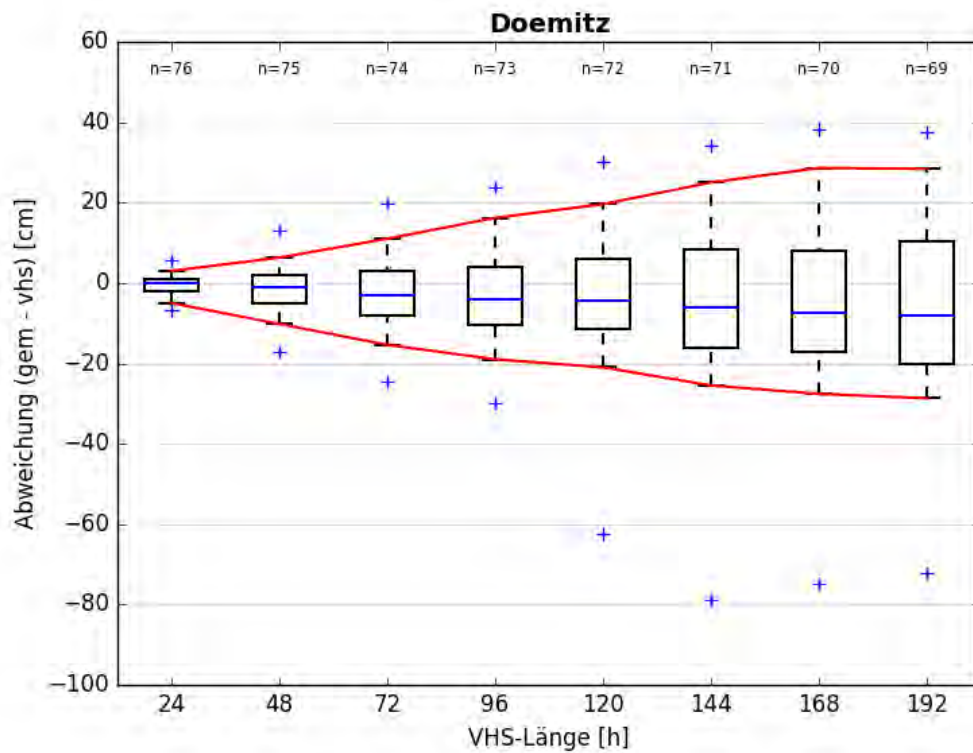


Abbildung B- 266: DOEM HW2013, Boxplot

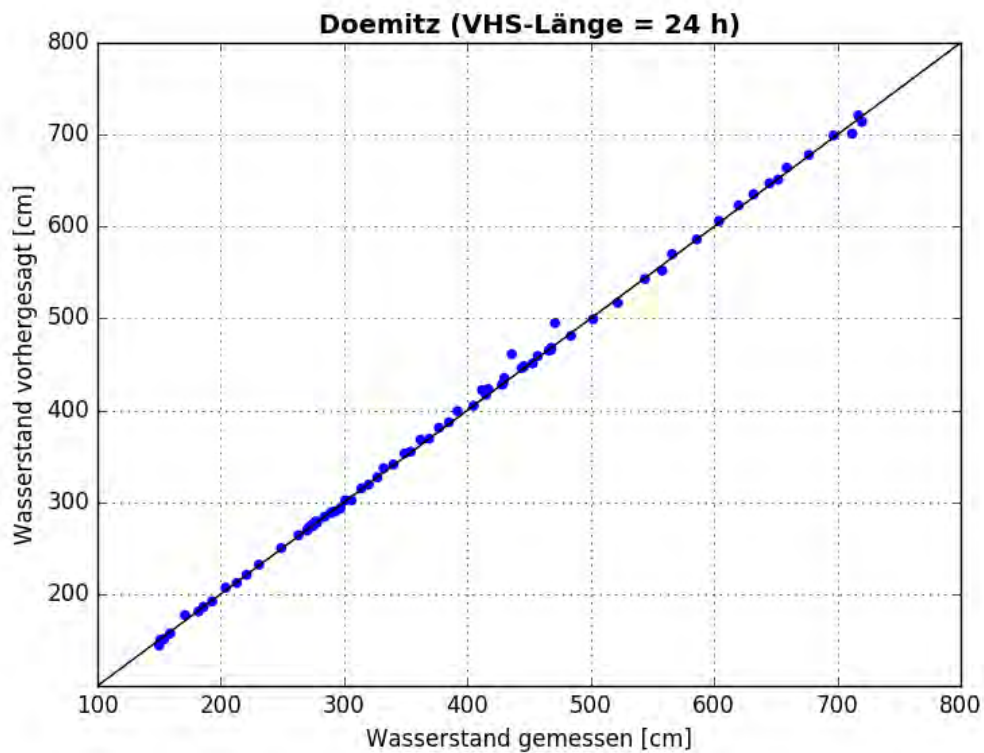


Abbildung B- 267: DOEM HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 24 h (VHS)

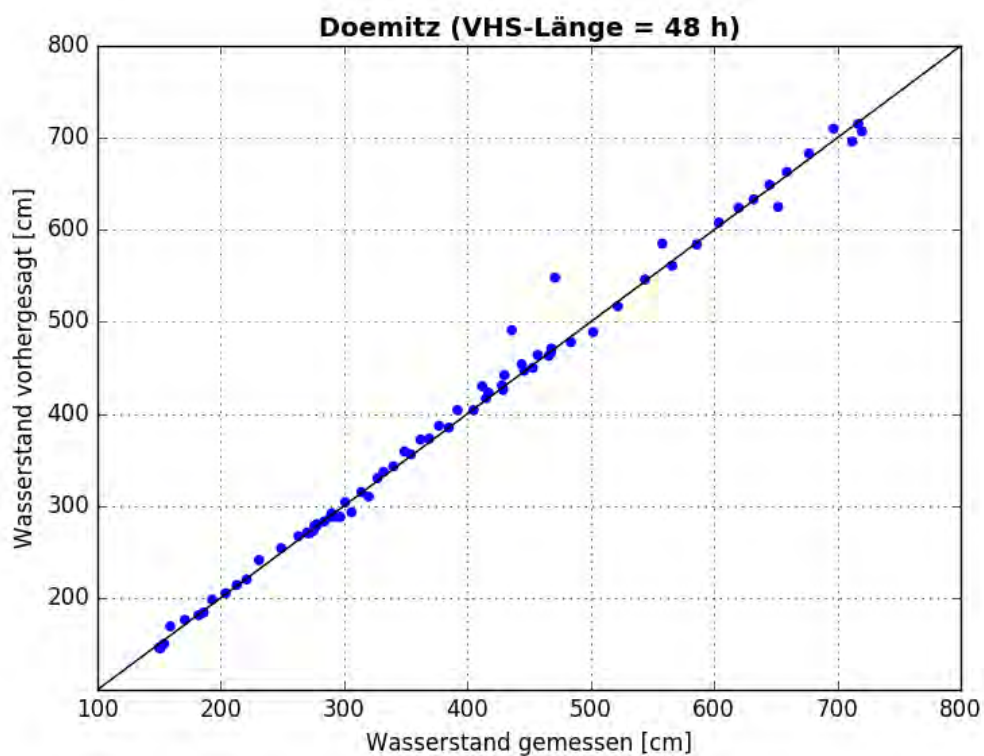


Abbildung B- 268: DOEM HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 48 h (VHS)

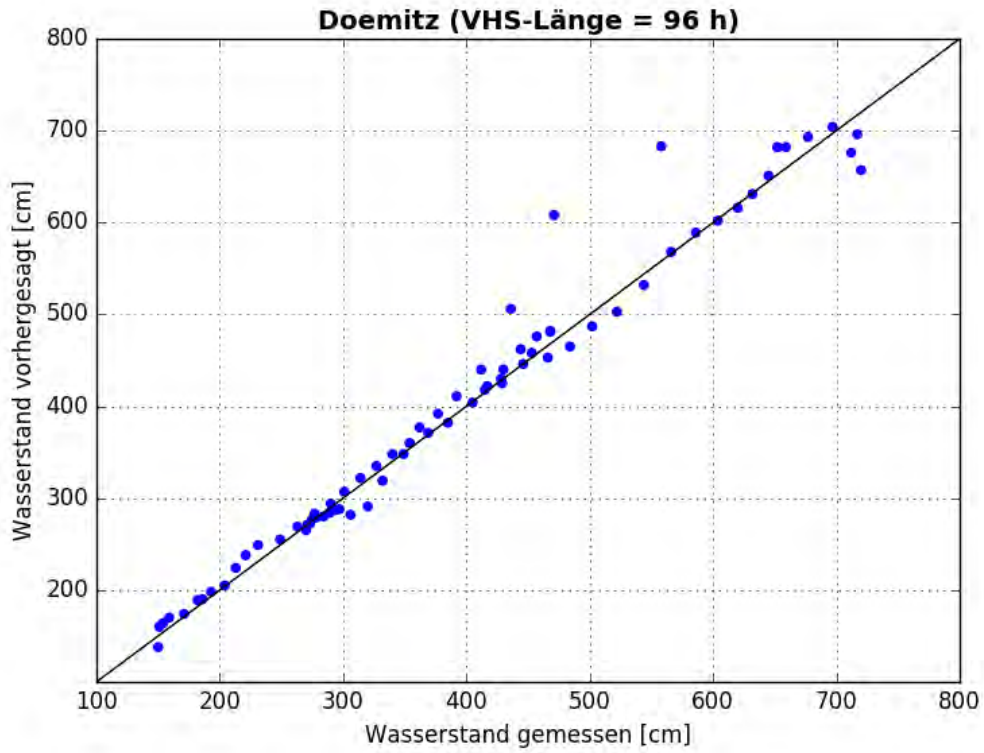


Abbildung B- 269: DOEM HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 96 h (VHS)

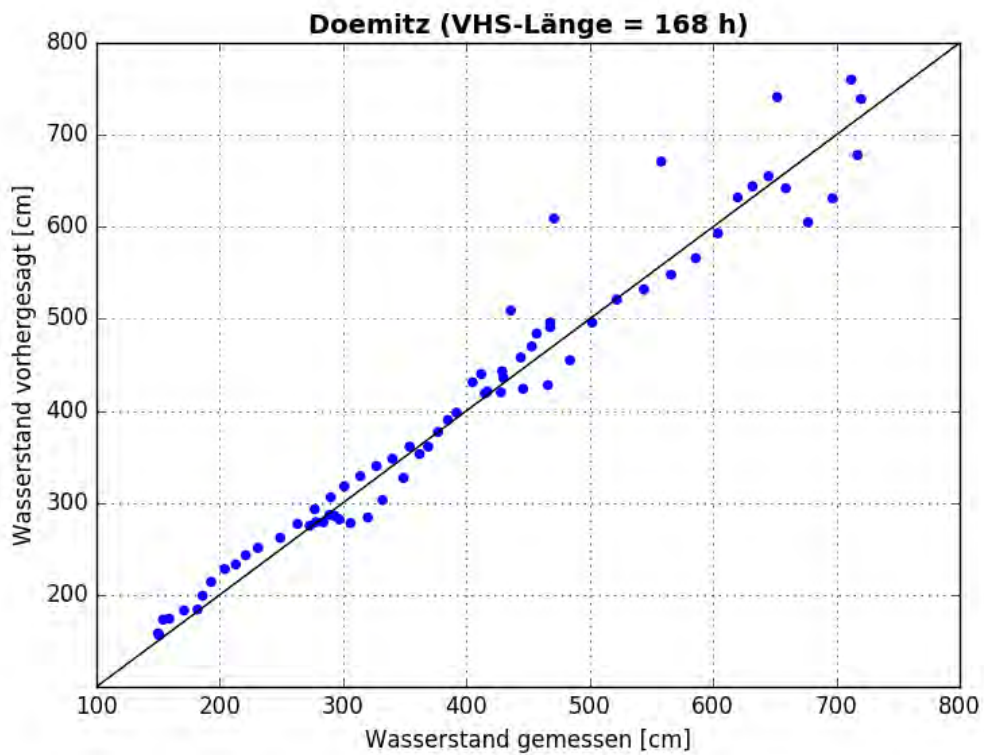


Abbildung B- 270: DOEM HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 168 h (Absch.)



Abbildung B- 271: DOEM HW2013, Kontingenztafeln Schwellenwert 513

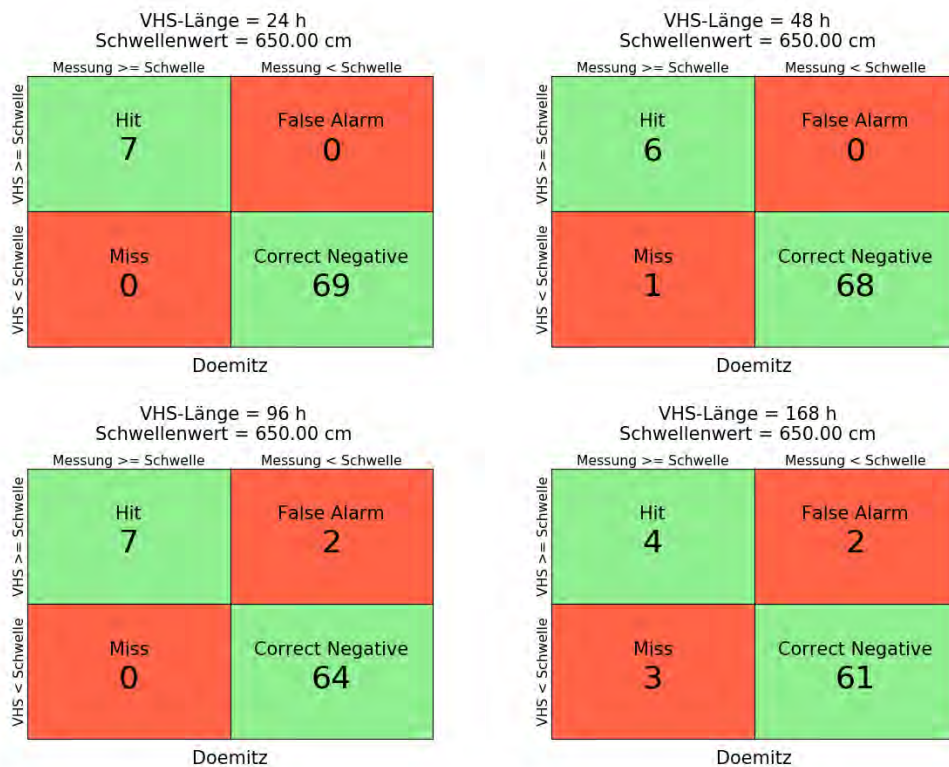


Abbildung B- 272: DOEM HW2013, Kontingenztafeln Schwellenwert 650

Anlage B-23: Pegel Hohnstorf, Elbe-km 568,97

Hochwasser April – Mai 2013 – Variante 0

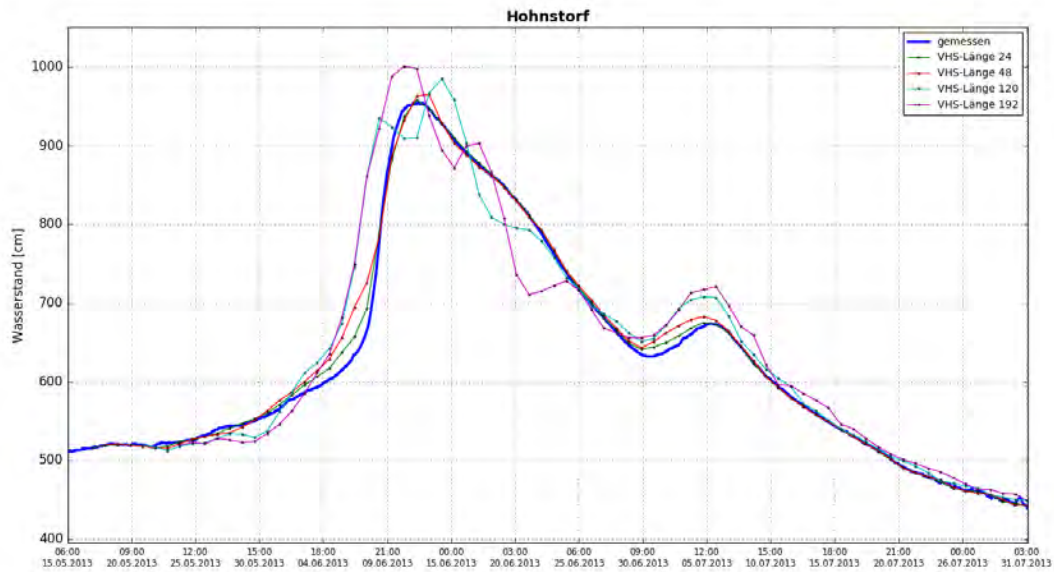


Abbildung B- 273: HOHN HW2013, Ganglinien-Vergleich

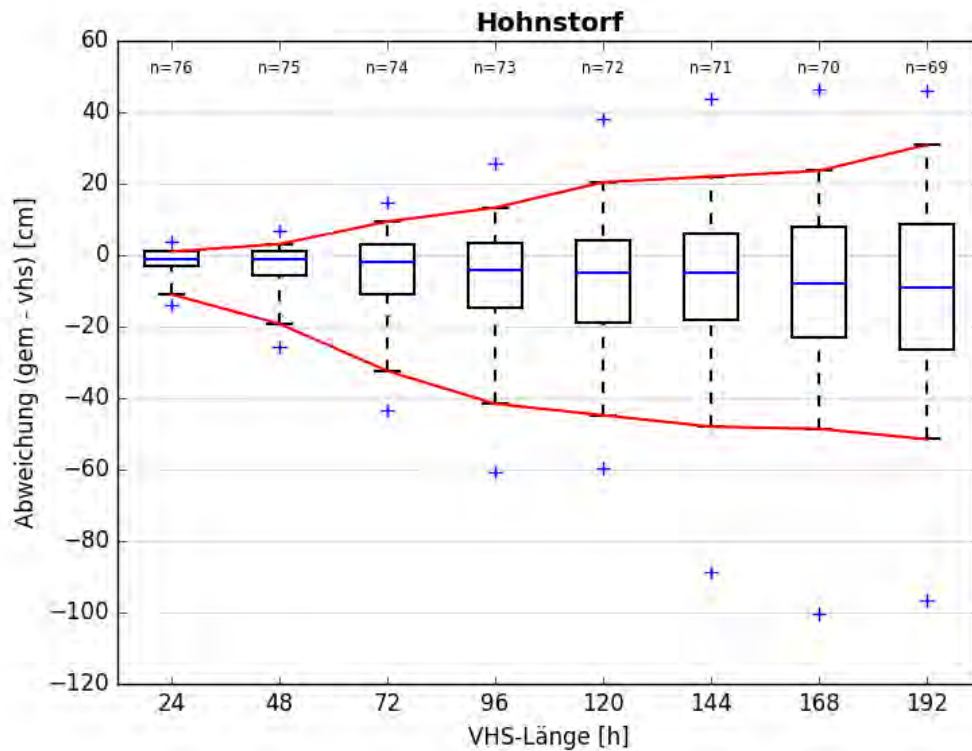


Abbildung B- 274: HOHN HW2013, Boxplot

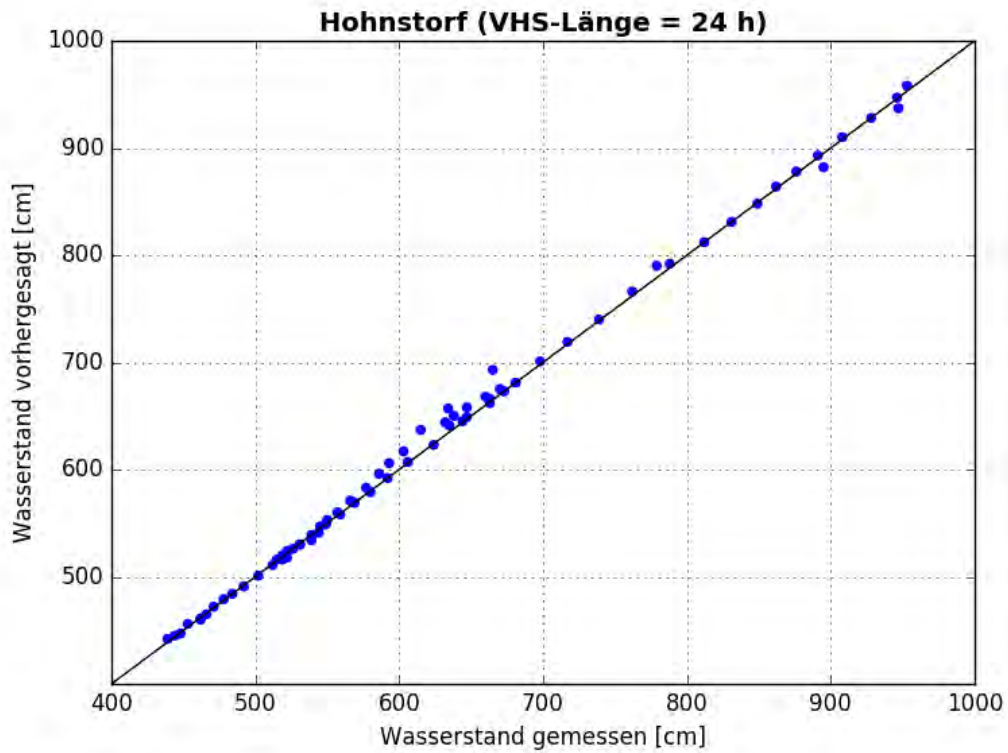


Abbildung B- 275: HOHN HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 24 h (VHS)

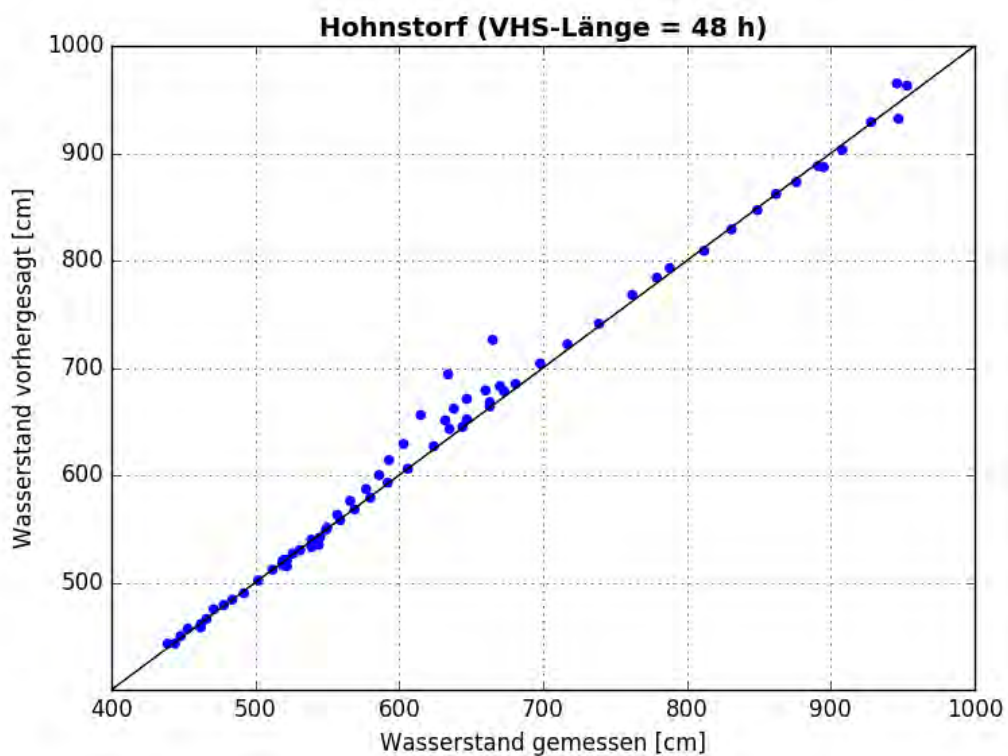


Abbildung B- 276: HOHN HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 48 h (VHS)

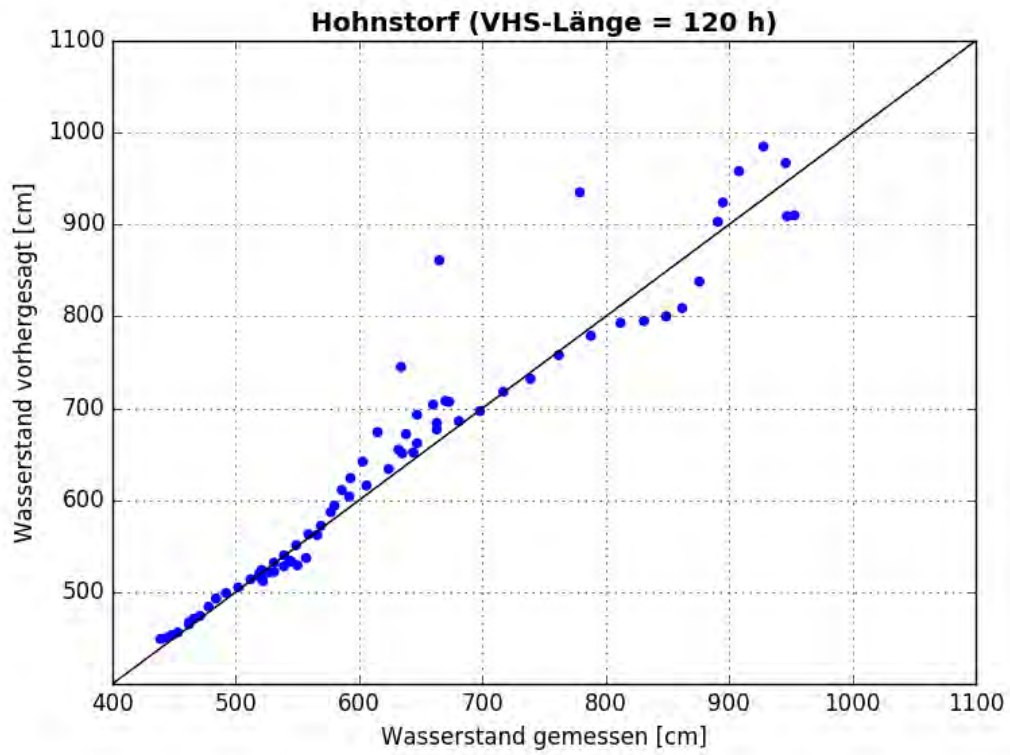


Abbildung B- 277: HOHN HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 120 h (VHS)

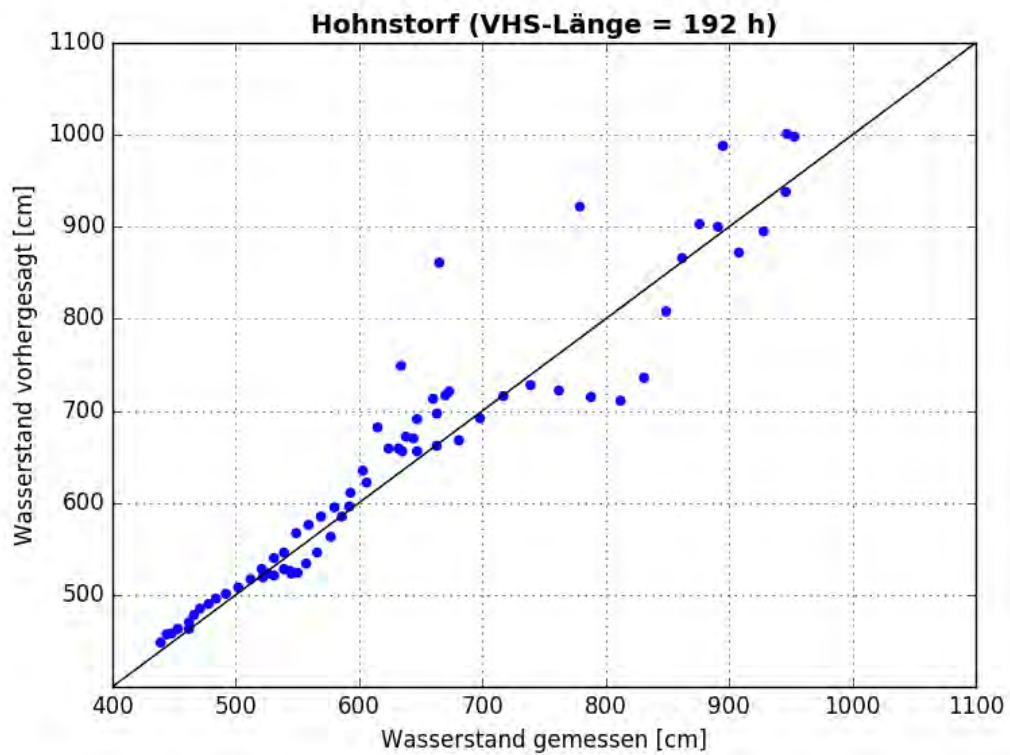


Abbildung B- 278: HOHN HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 192 h (Absch.)

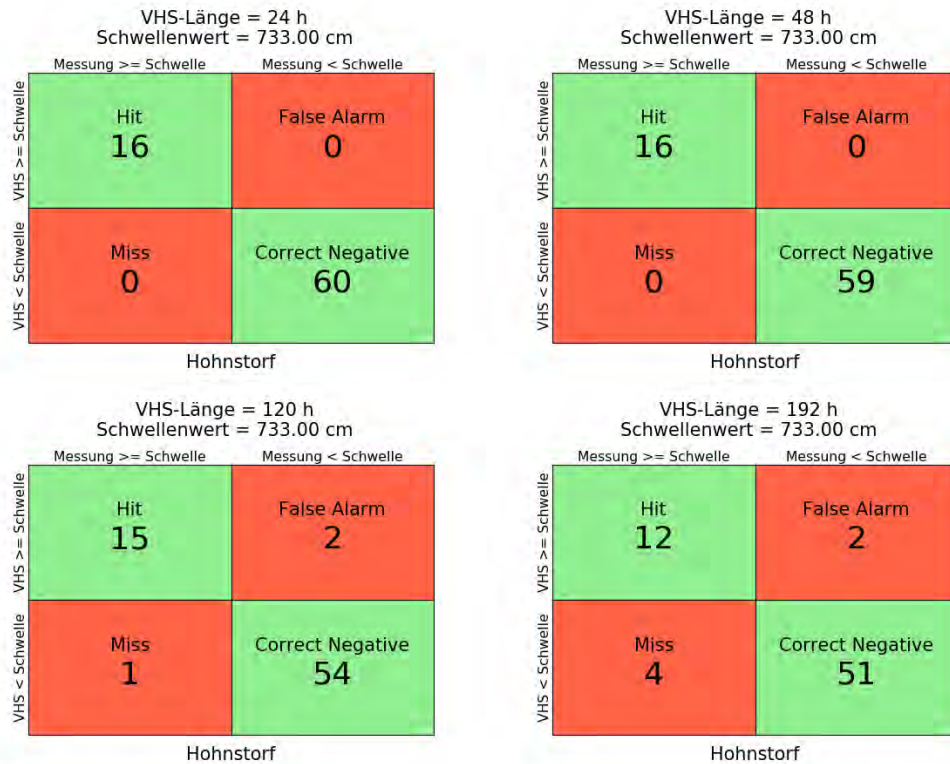


Abbildung B- 279: HOHN HW2006, Kontingenztafeln Schwellenwert 733

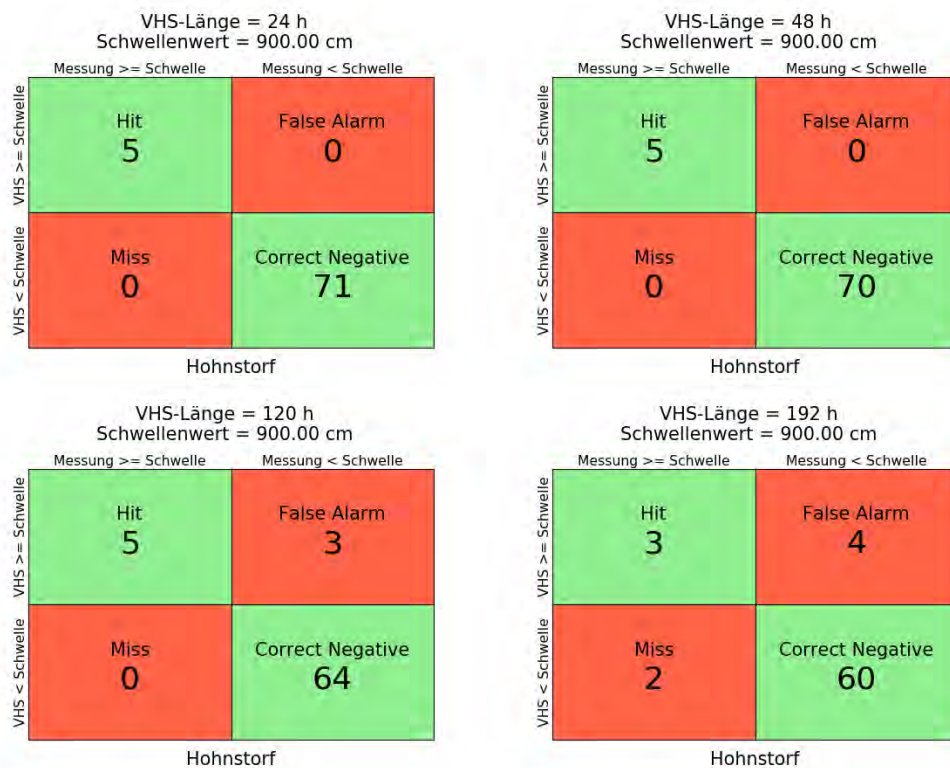


Abbildung B- 280: HOHN HW2006, Kontingenztafeln Schwellenwert 900



Abbildung B- 281: HOHN HW2006, Kontingenztafeln Schwellenwert 940

Hochwasser April – Mai 2013 – Variante 1a

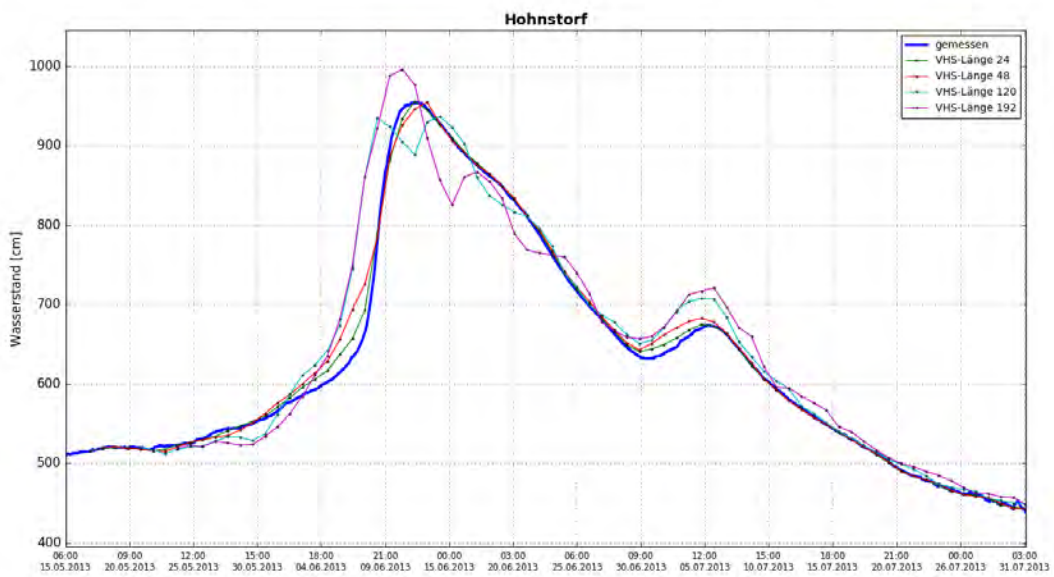


Abbildung B- 282: HOHN HW2013, Ganglinien-Vergleich

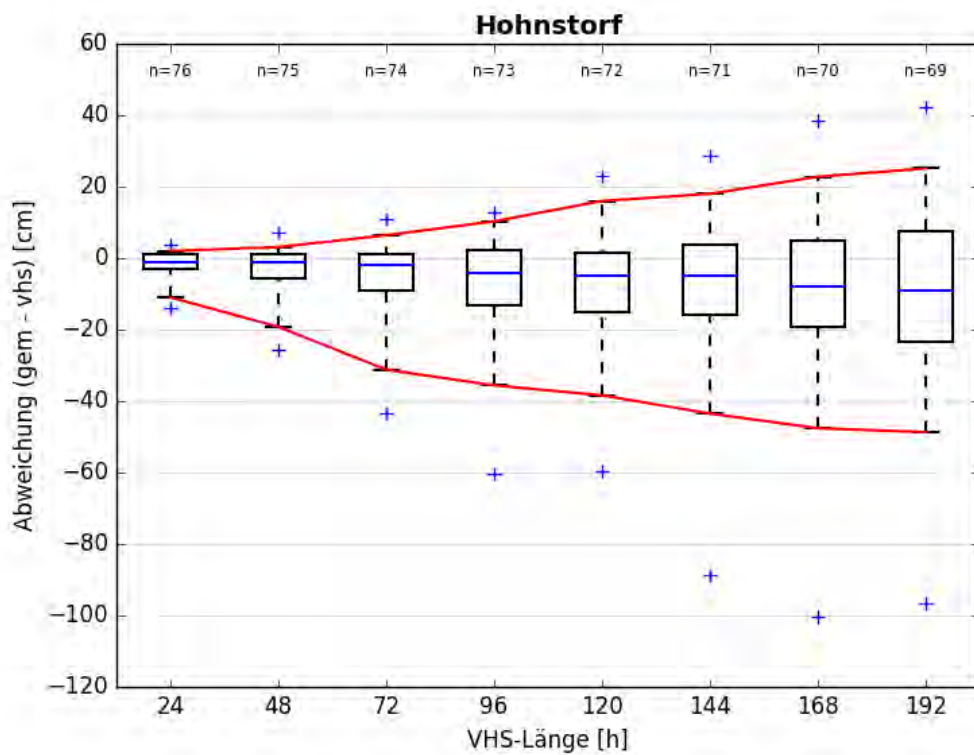


Abbildung B- 283: HOHN HW2013, Boxplot

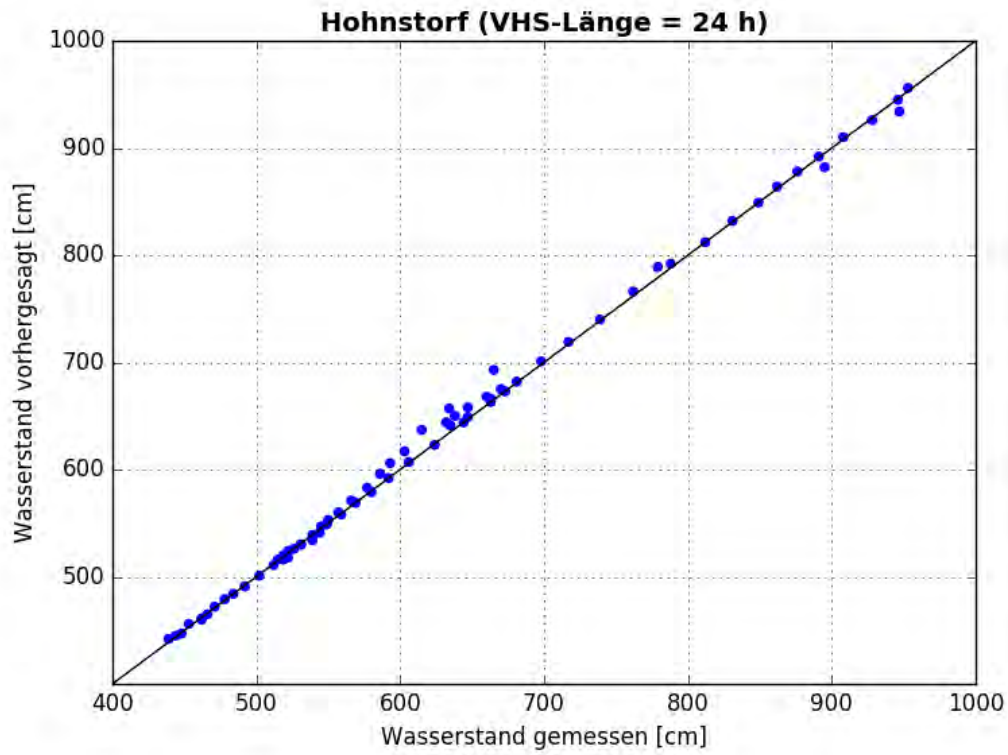


Abbildung B- 284: HOHN HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 24 h (VHS)

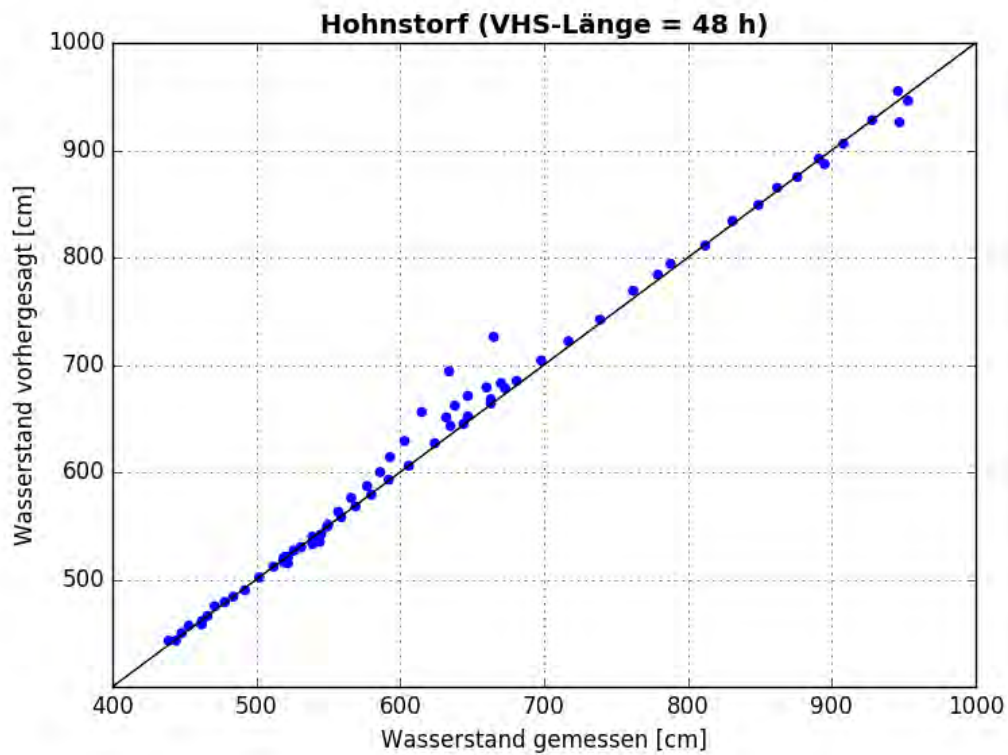


Abbildung B- 285: HOHN HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 48 h (VHS)

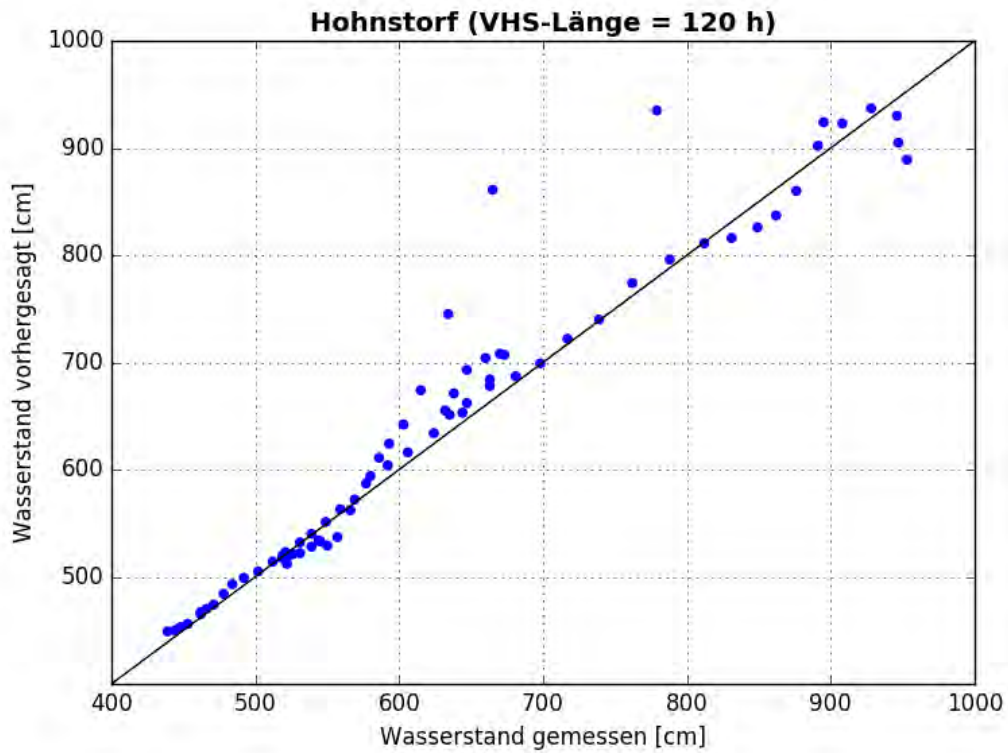


Abbildung B- 286: HOHN HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 120 h (VHS)

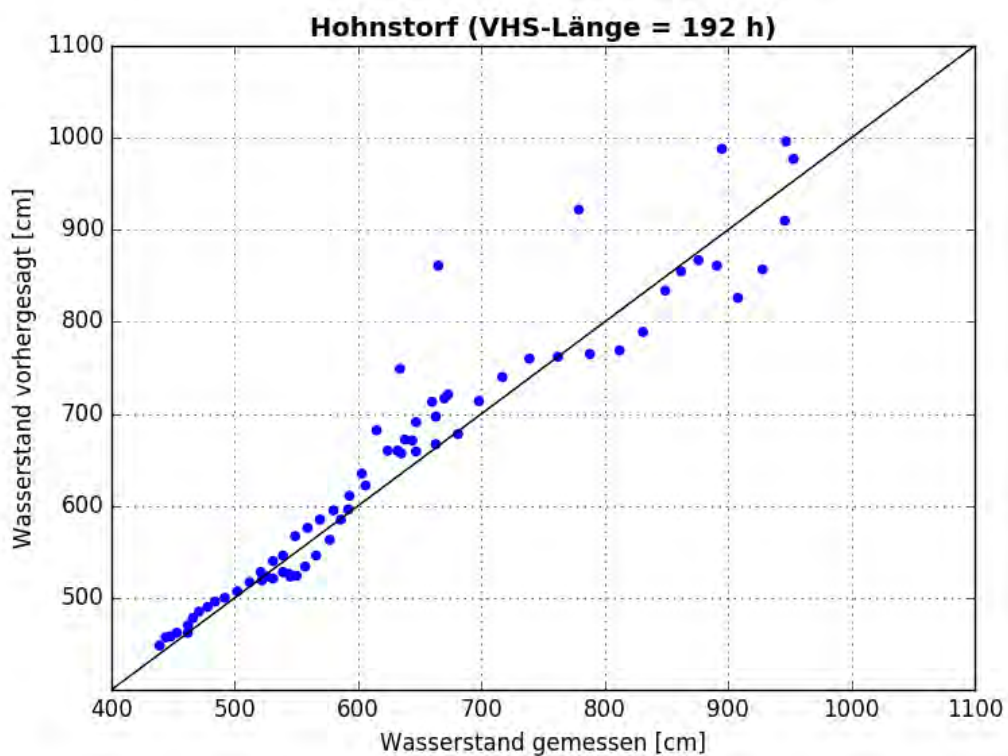


Abbildung B- 287: HOHN HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 192 h (Absch.)

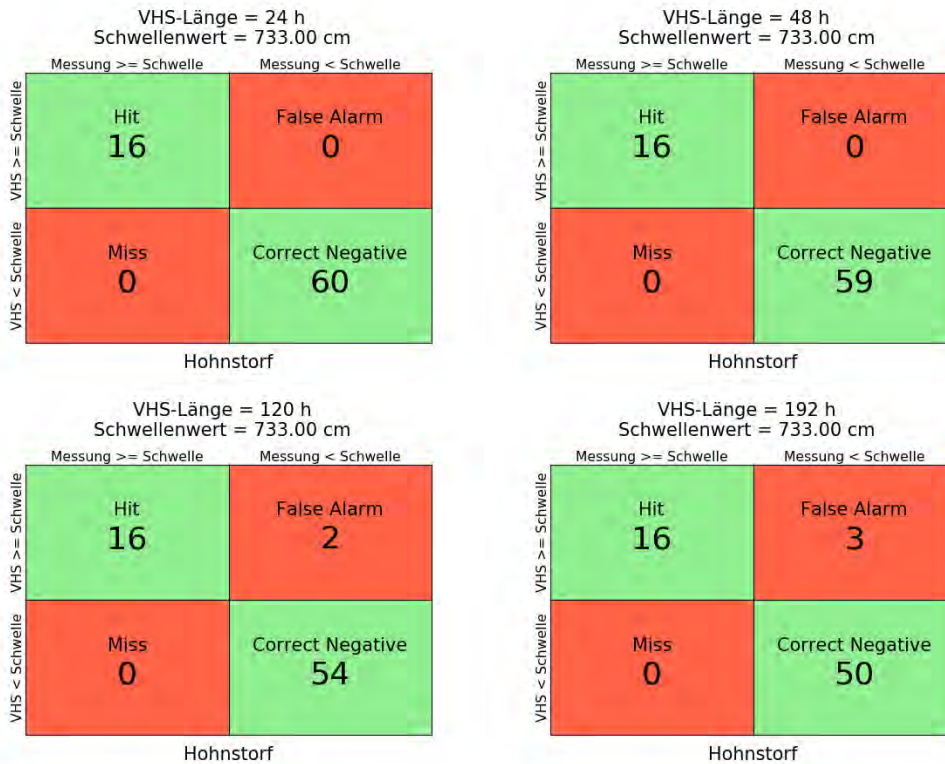


Abbildung B- 288: HOHN HW2006, Kontingenztafeln Schwellenwert 733

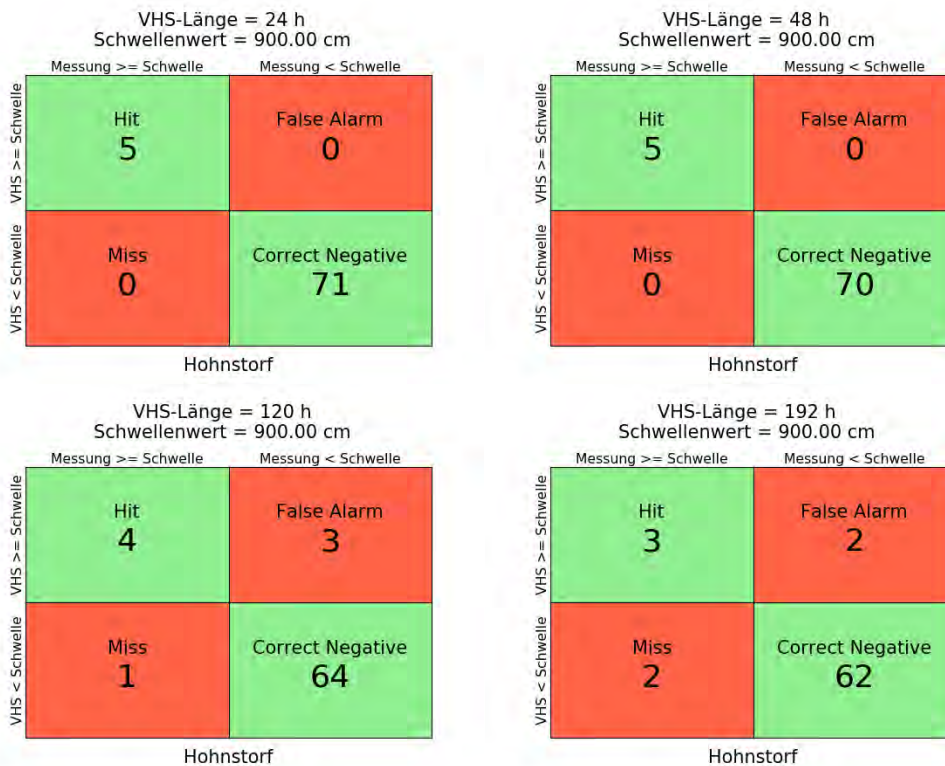


Abbildung B- 289: HOHN HW2006, Kontingenztafeln Schwellenwert 900



Abbildung B- 290: HOHN HW2006, Kontingenztafeln Schwellenwert 940

Hochwasser April – Mai 2013 – Variante 2

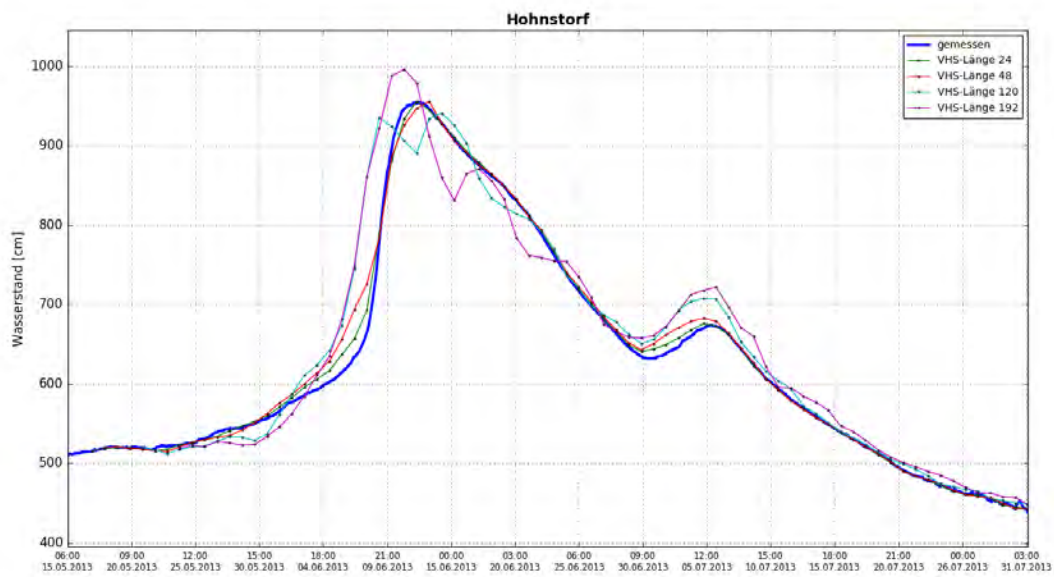


Abbildung B- 291: HOHN HW2013, Ganglinien-Vergleich

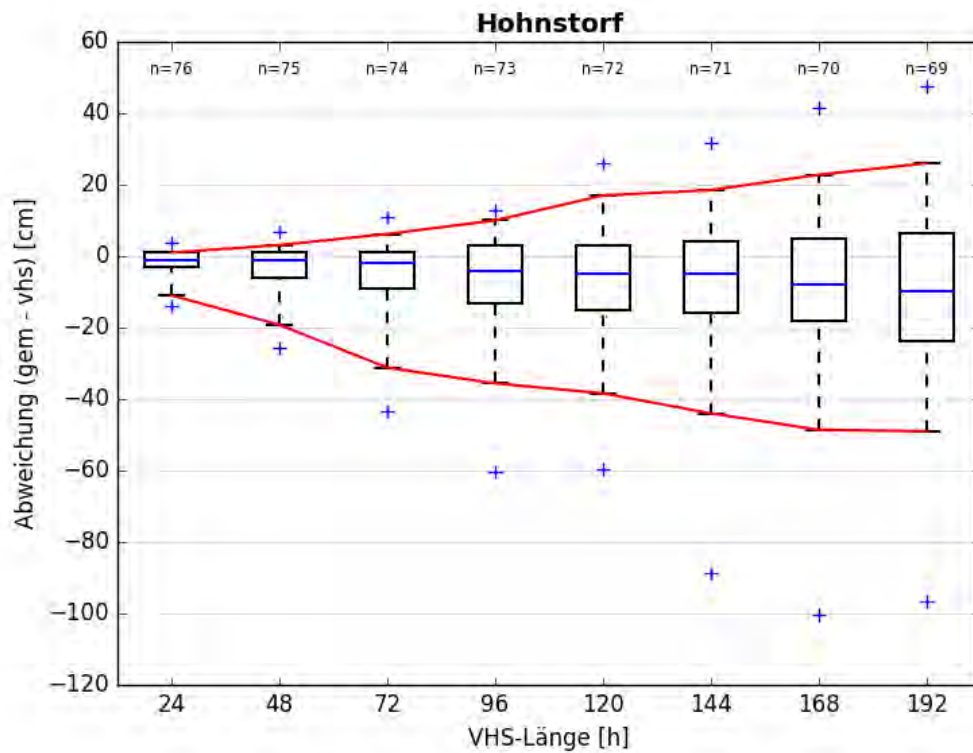


Abbildung B- 292: HOHN HW2013, Boxplot

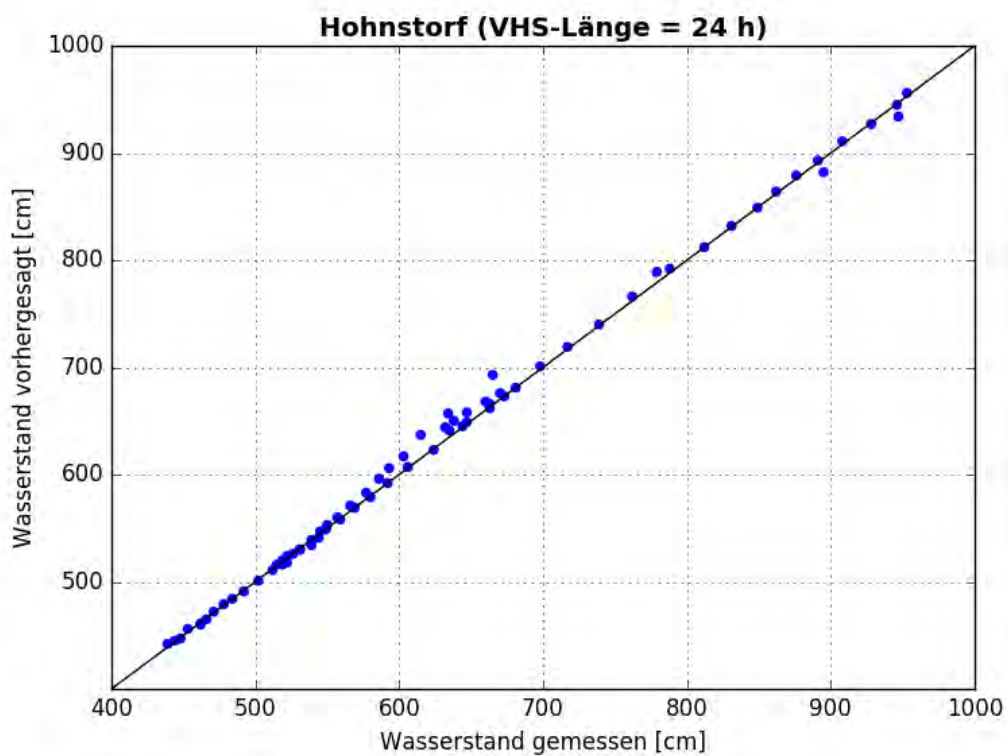


Abbildung B- 293: HOHN HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 24 h (VHS)

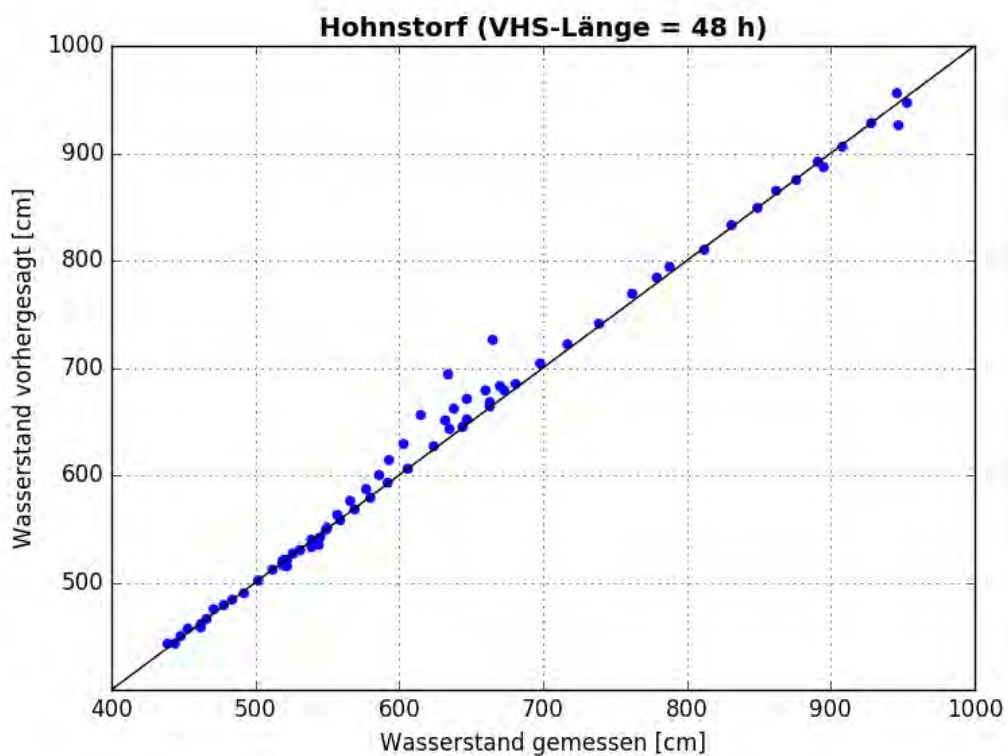


Abbildung B- 294: HOHN HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 48 h (VHS)

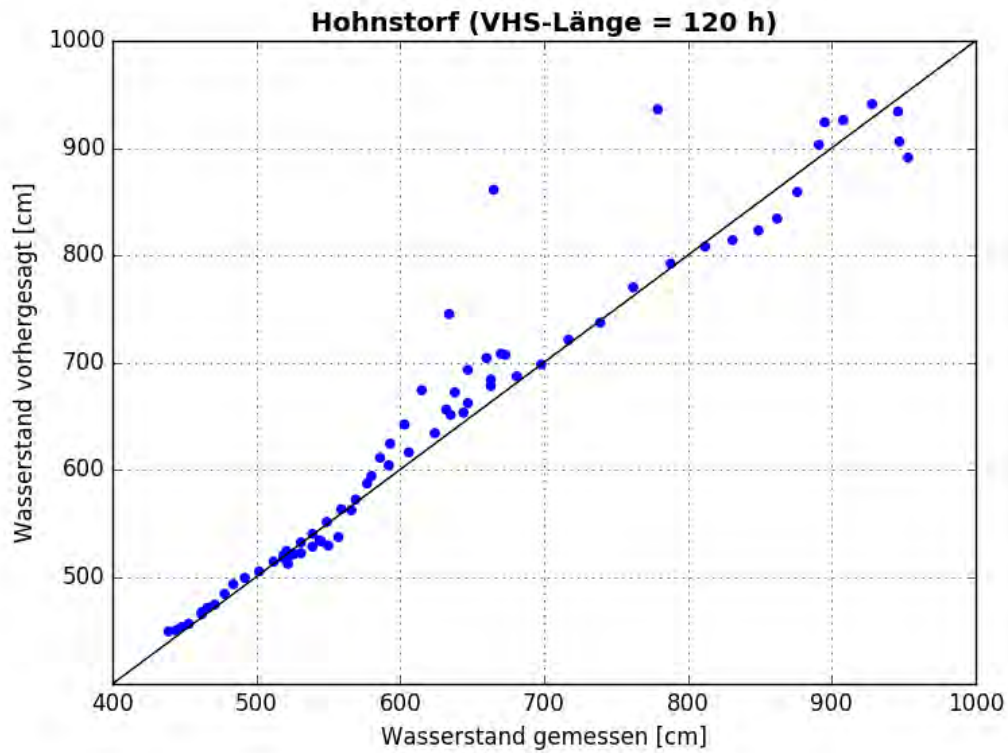


Abbildung B- 295: HOHN HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 120 h (VHS)

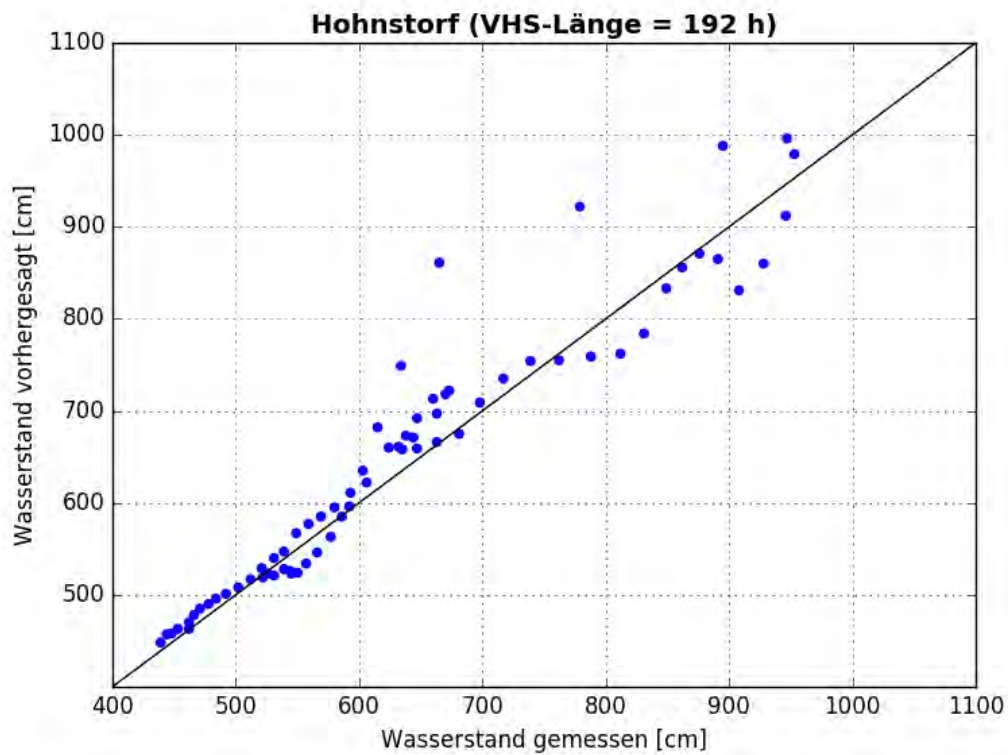


Abbildung B- 296: HOHN HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 192 h (Absch.)

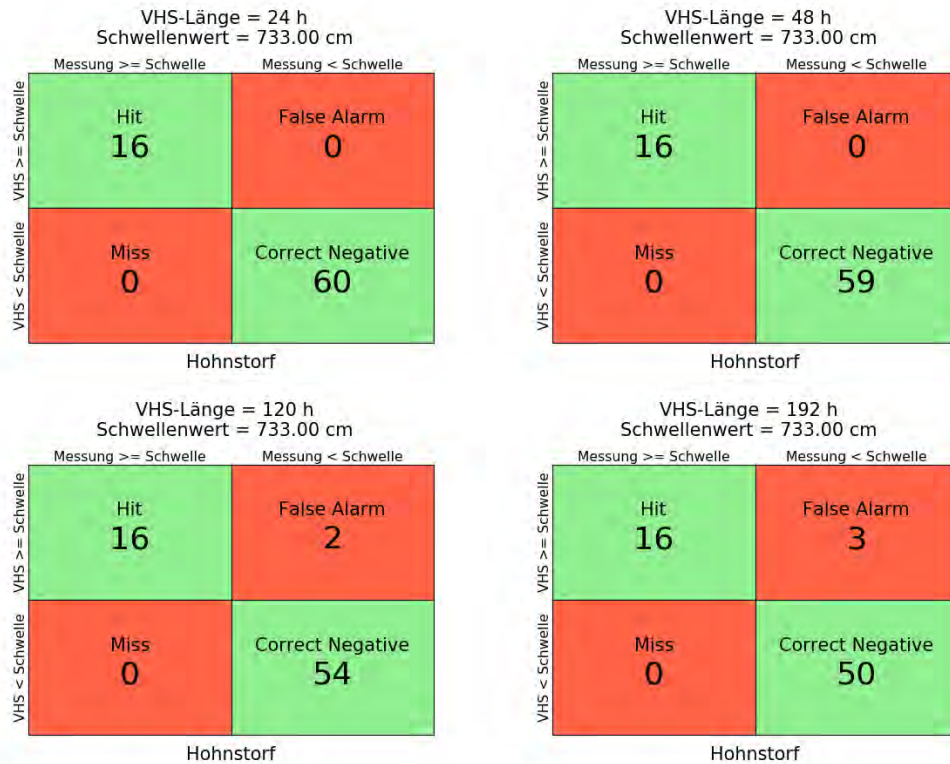


Abbildung B- 297: HOHN HW2006, Kontingenztafeln Schwellenwert 733



Abbildung B- 298: HOHN HW2006, Kontingenztafeln Schwellenwert 900



Abbildung B- 299: HOHN HW2006, Kontingenztafeln Schwellenwert 940

Hochwasser April – Mai 2013 – Variante 3a

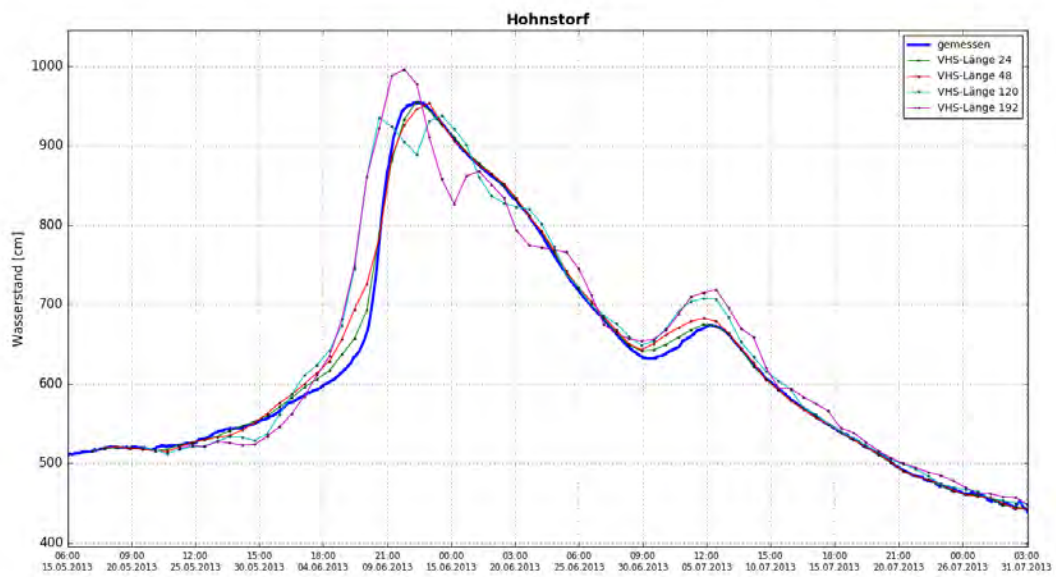


Abbildung B- 300: HOHN HW2013, Ganglinien-Vergleich

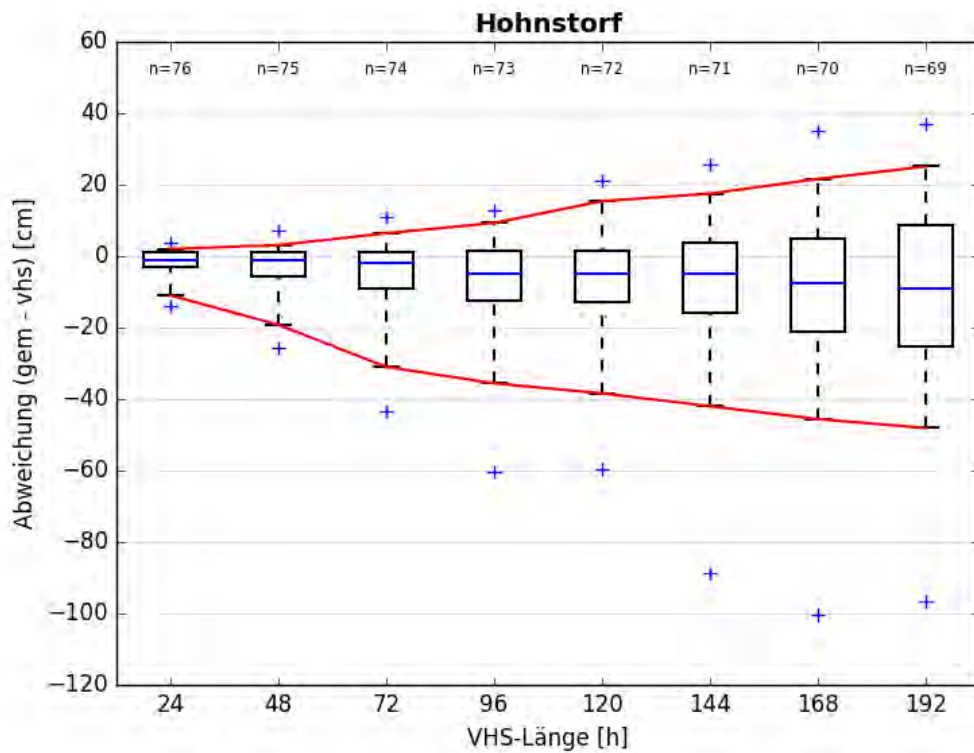


Abbildung B- 301: HOHN HW2013, Boxplot

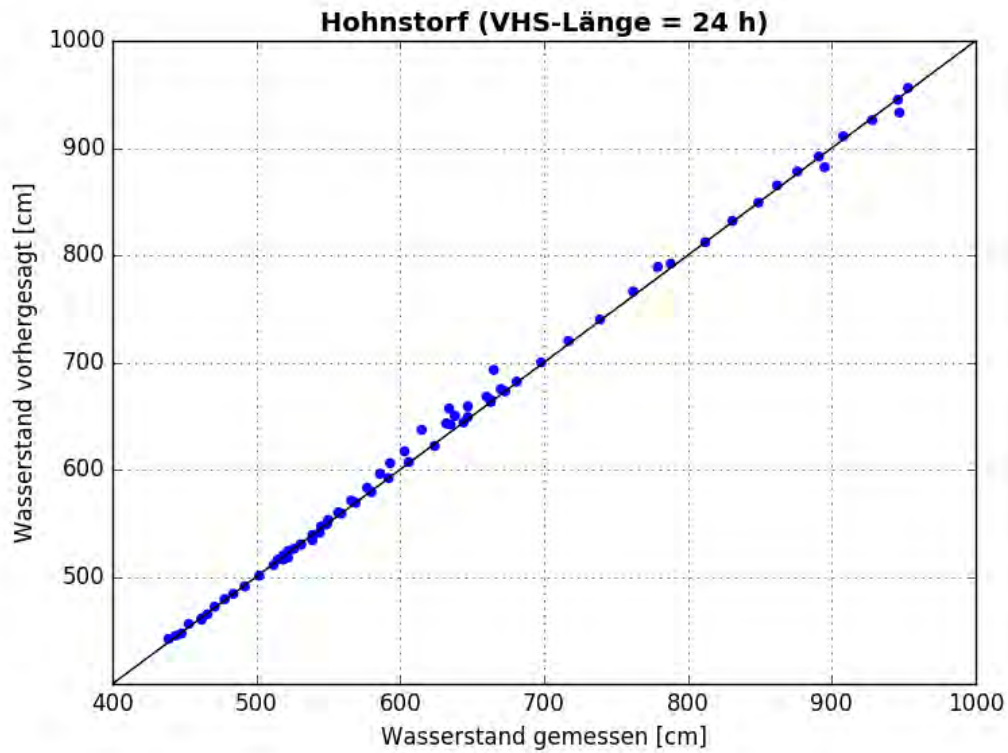


Abbildung B- 302: HOHN HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 24 h (VHS)

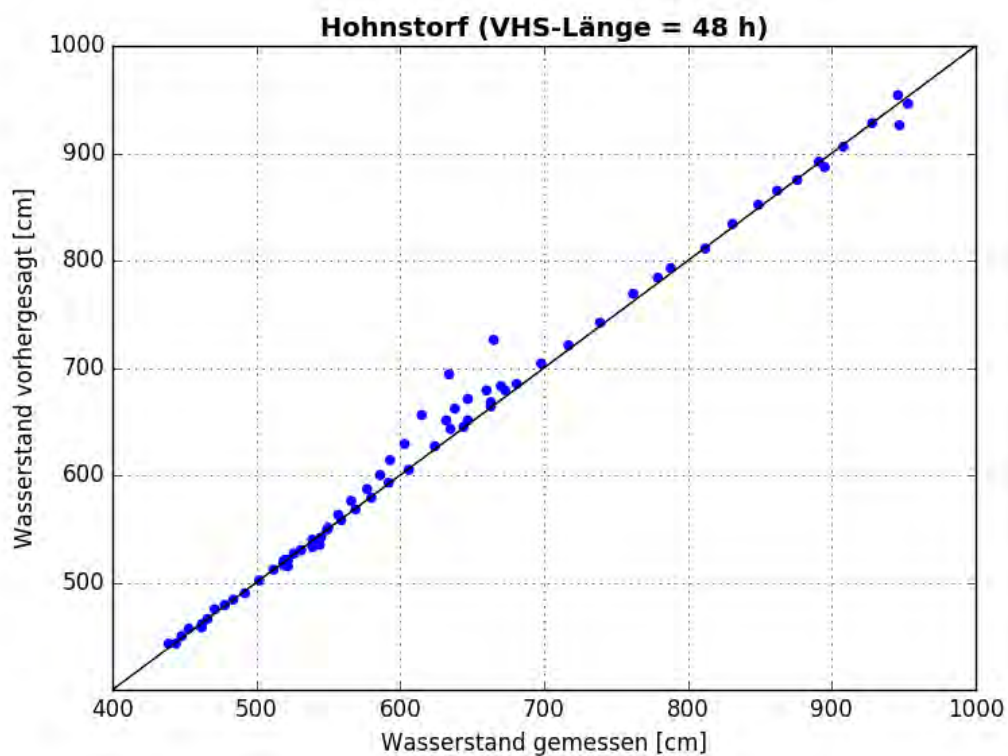


Abbildung B- 303: HOHN HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 48 h (VHS)

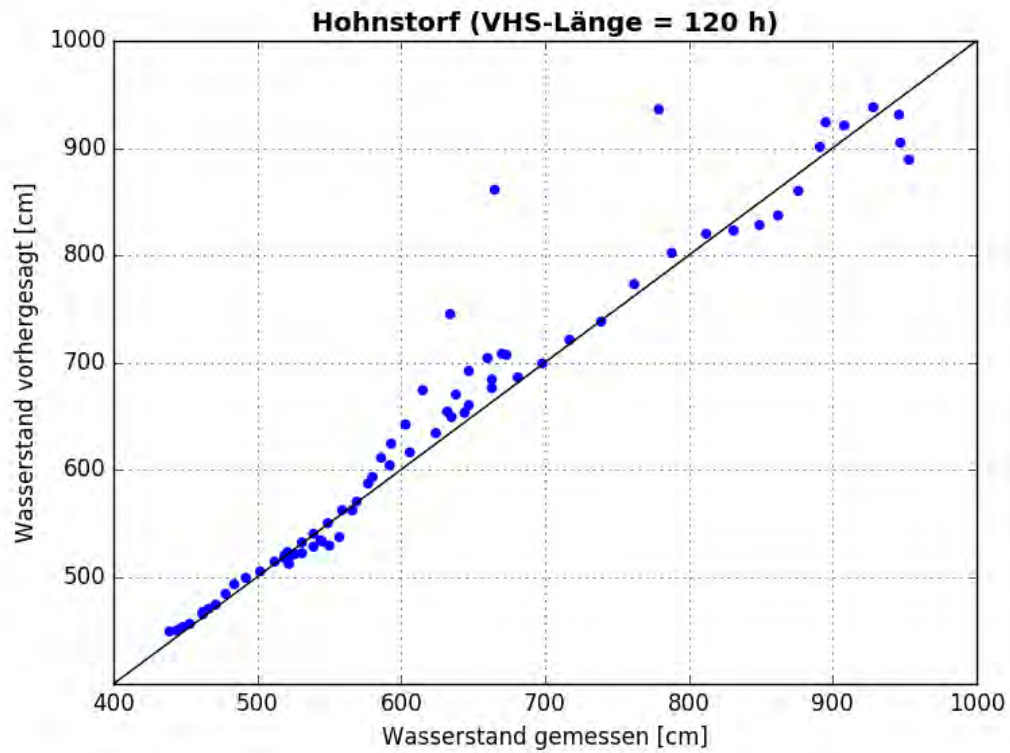


Abbildung B- 304: HOHN HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 120 h (VHS)

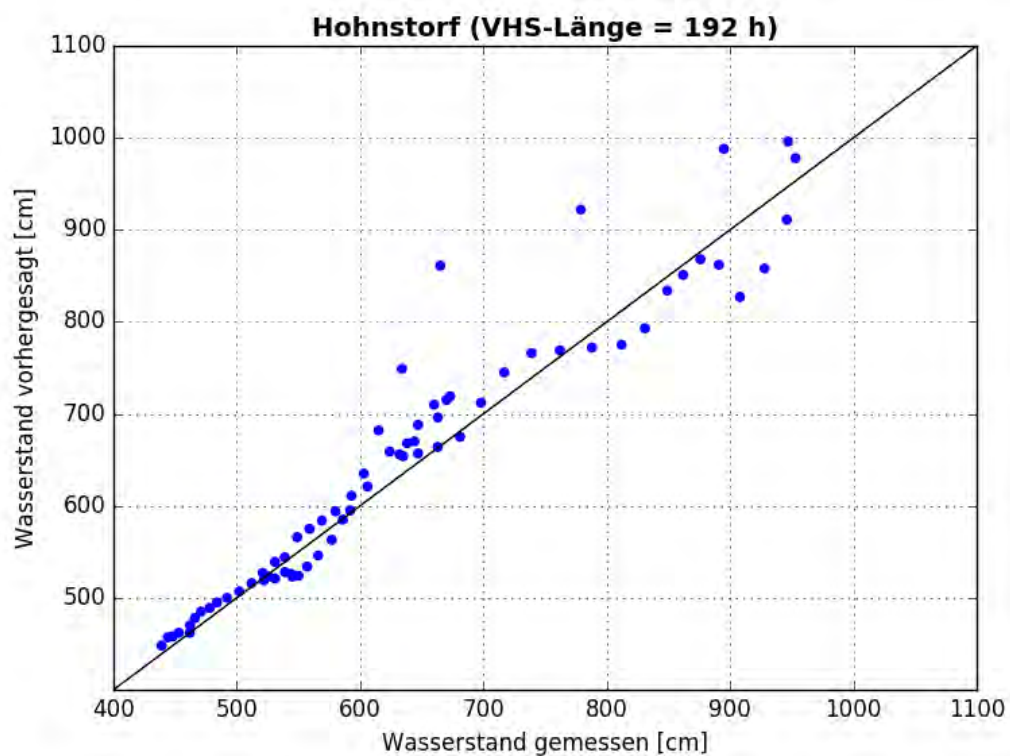


Abbildung B- 305: HOHN HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 192 h (Absch.)

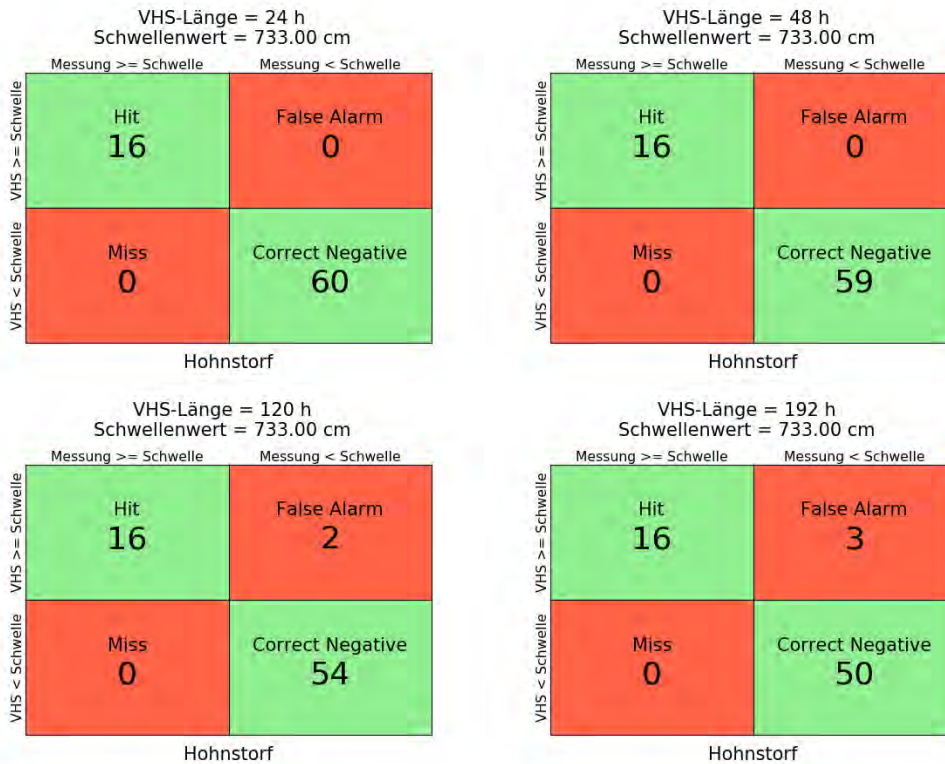


Abbildung B- 306: HOHN HW2006, Kontingenztafeln Schwellenwert 733



Abbildung B- 307: HOHN HW2006, Kontingenztafeln Schwellenwert 900



Abbildung B- 308: HOHN HW2006, Kontingenztafeln Schwellenwert 940

Hochwasser April – Mai 2013 – Variante 4a

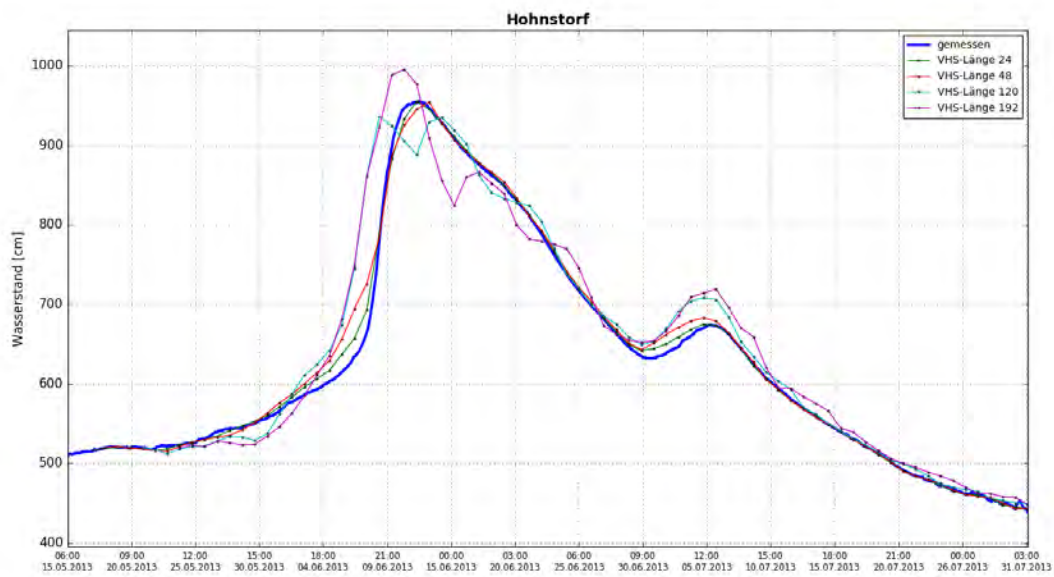


Abbildung B- 309: HOHN HW2013, Ganglinien-Vergleich

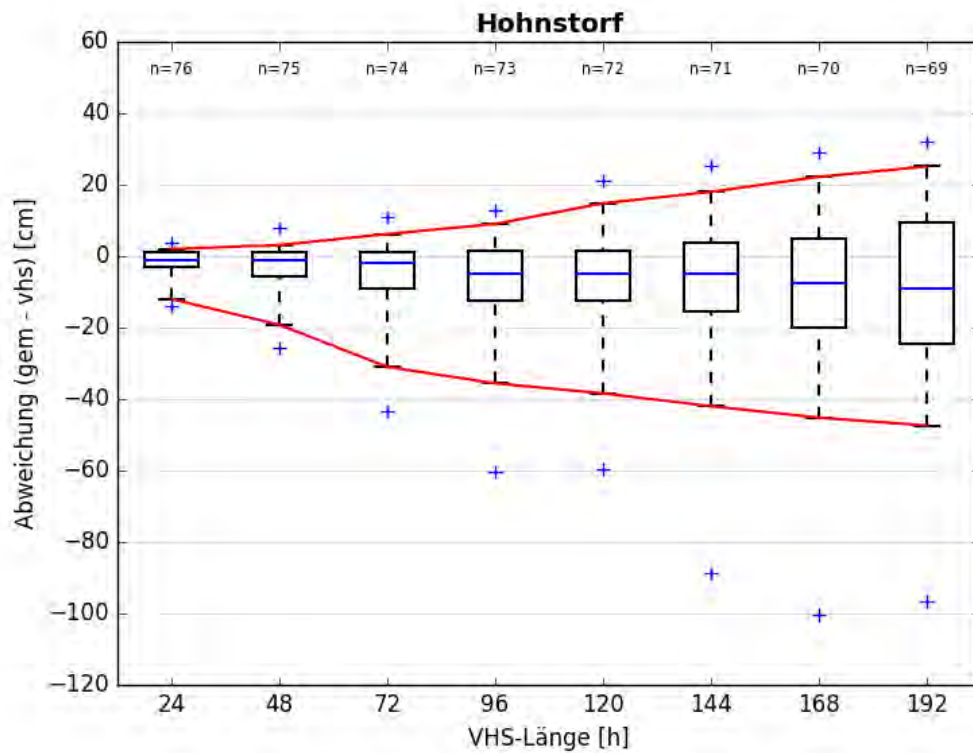


Abbildung B- 310: HOHN HW2013, Boxplot

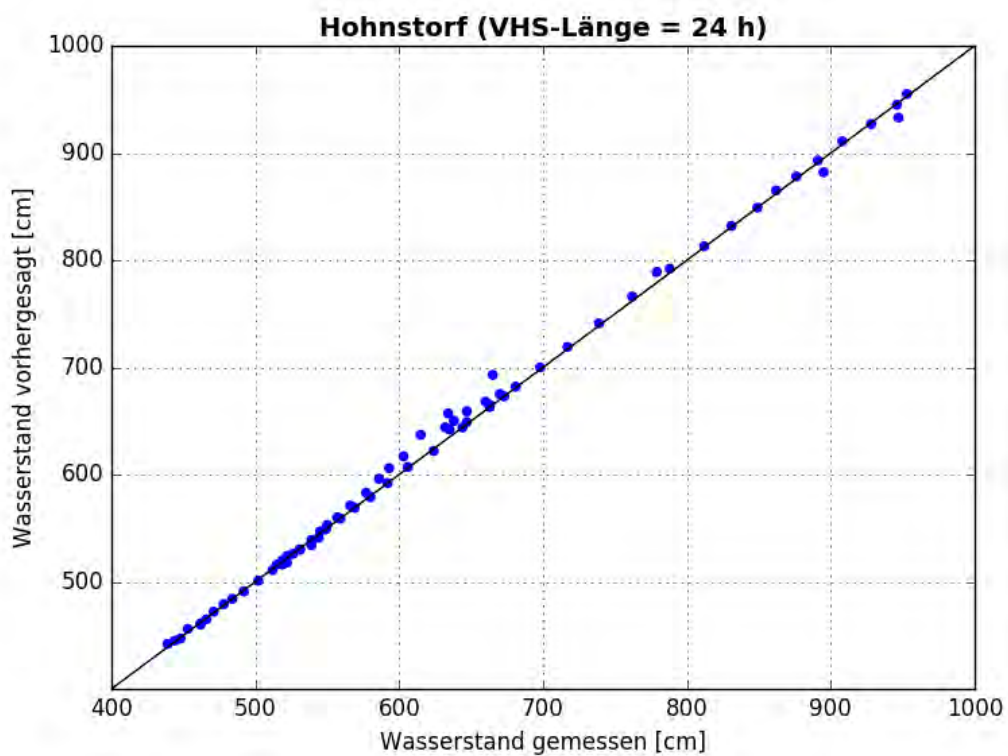


Abbildung B- 311: HOHN HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 24 h (VHS)

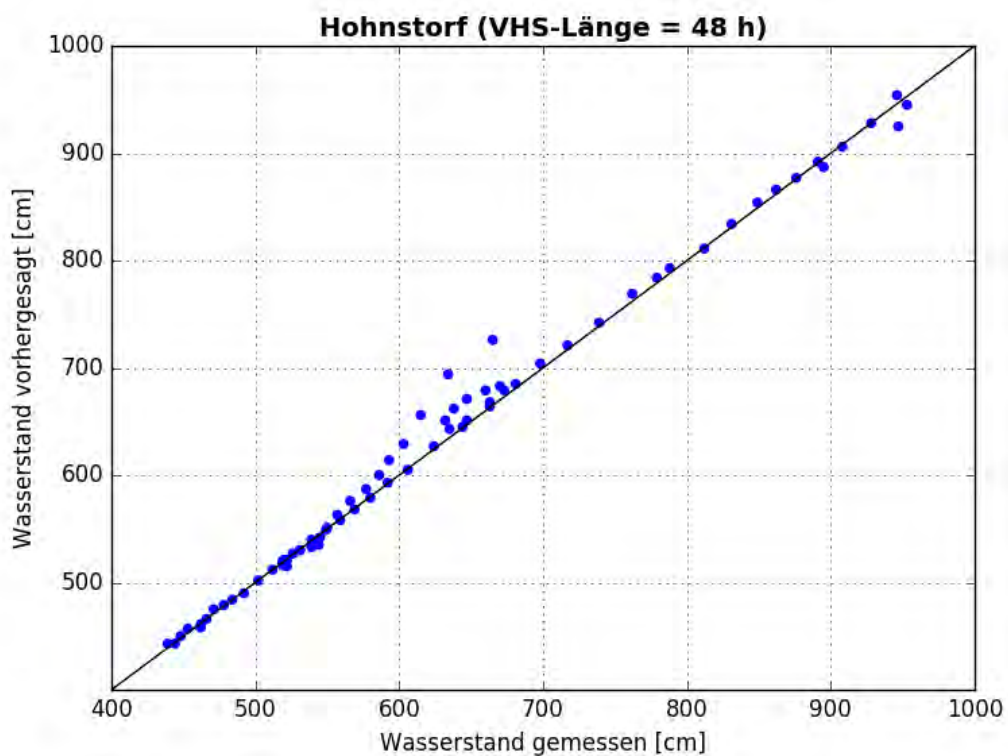


Abbildung B- 312: HOHN HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 48 h (VHS)

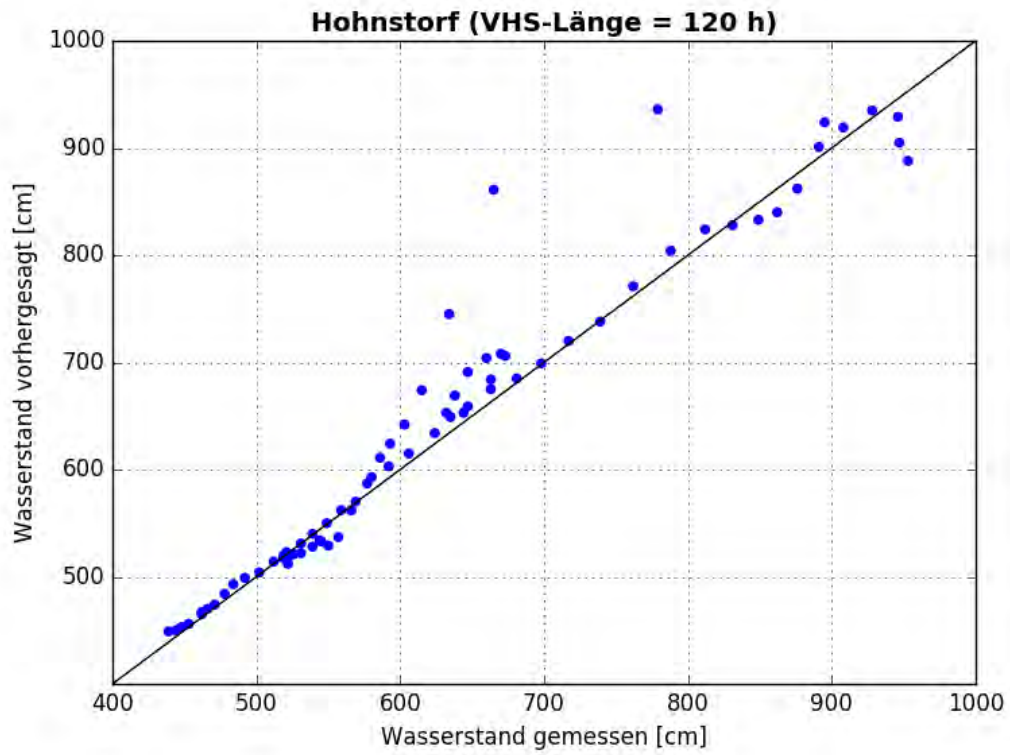


Abbildung B- 313: HOHN HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 120 h (VHS)

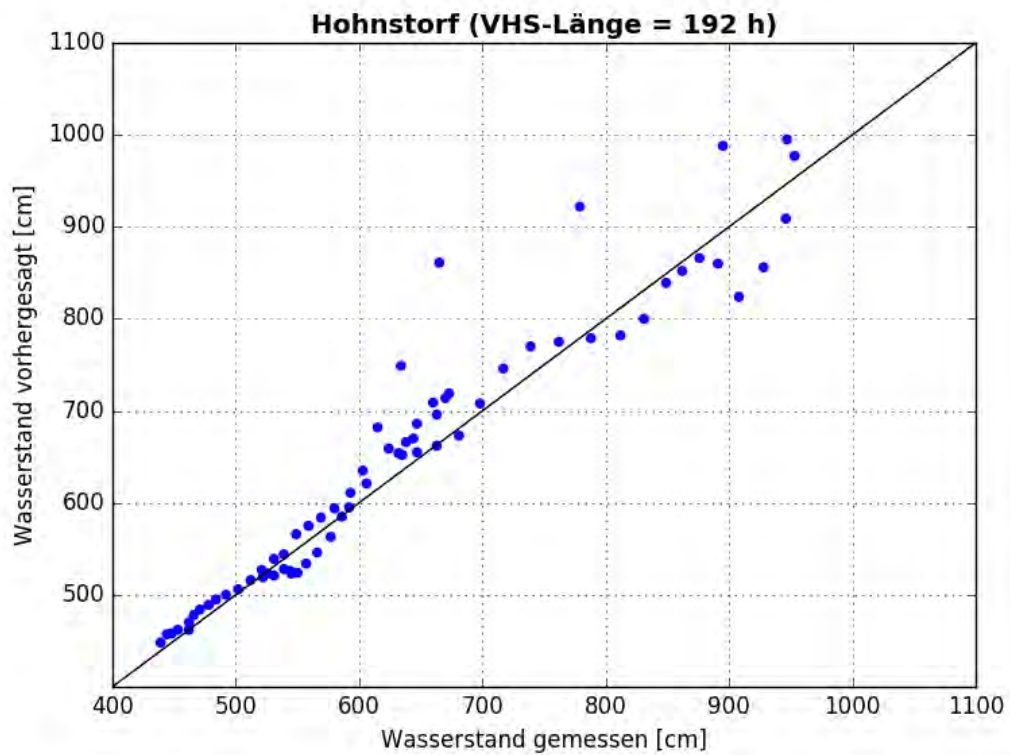


Abbildung B- 314: HOHN HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 192 h (Absch.)

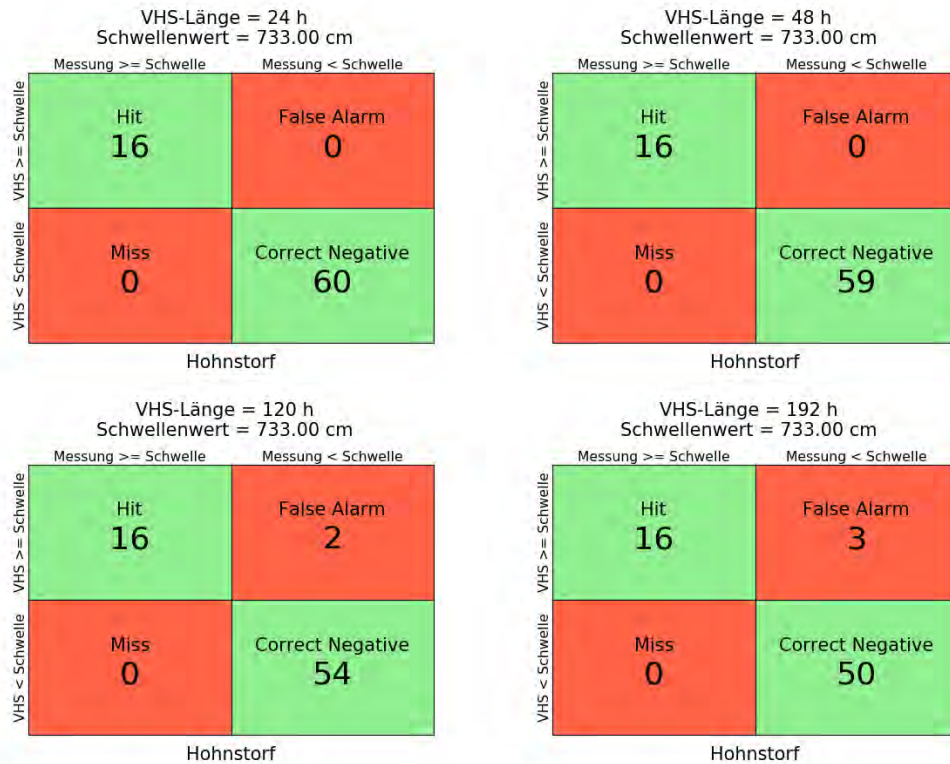


Abbildung B- 315: HOHN HW2006, Kontingenztafeln Schwellenwert 733



Abbildung B- 316: HOHN HW2006, Kontingenztafeln Schwellenwert 900



Abbildung B- 317: HOHN HW2006, Kontingenztafeln Schwellenwert 940

Hochwasser April – Mai 2013 – Variante 1b

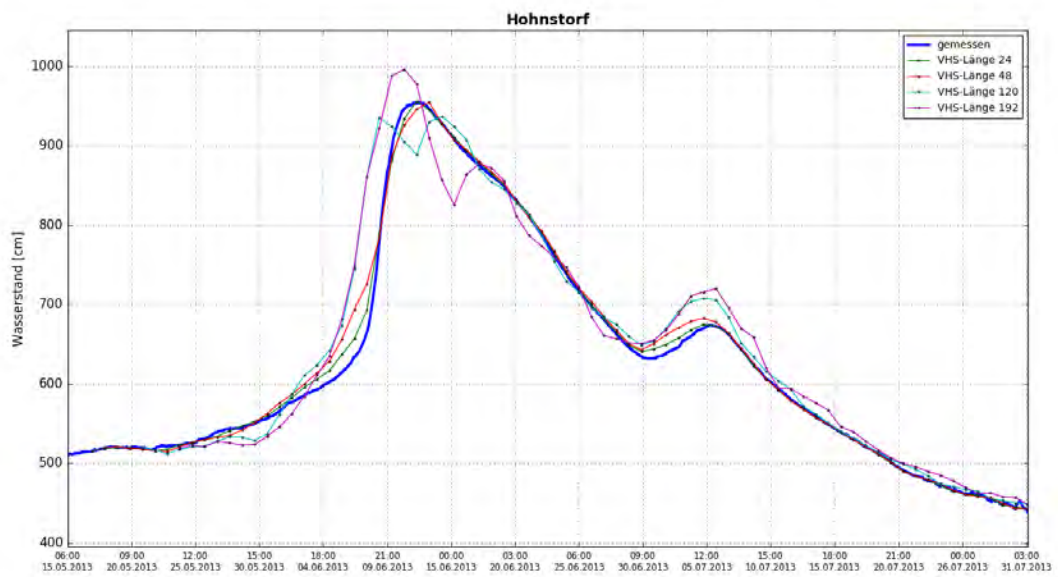


Abbildung B- 318: HOHN HW2013, Ganglinien-Vergleich

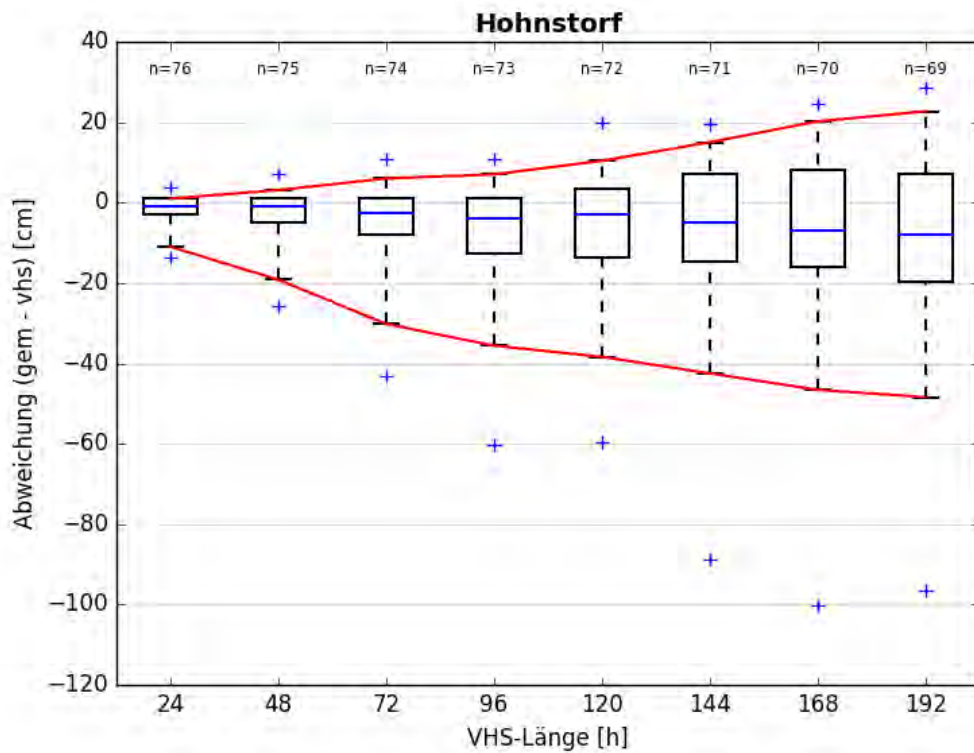


Abbildung B- 319: HOHN HW2013, Boxplot

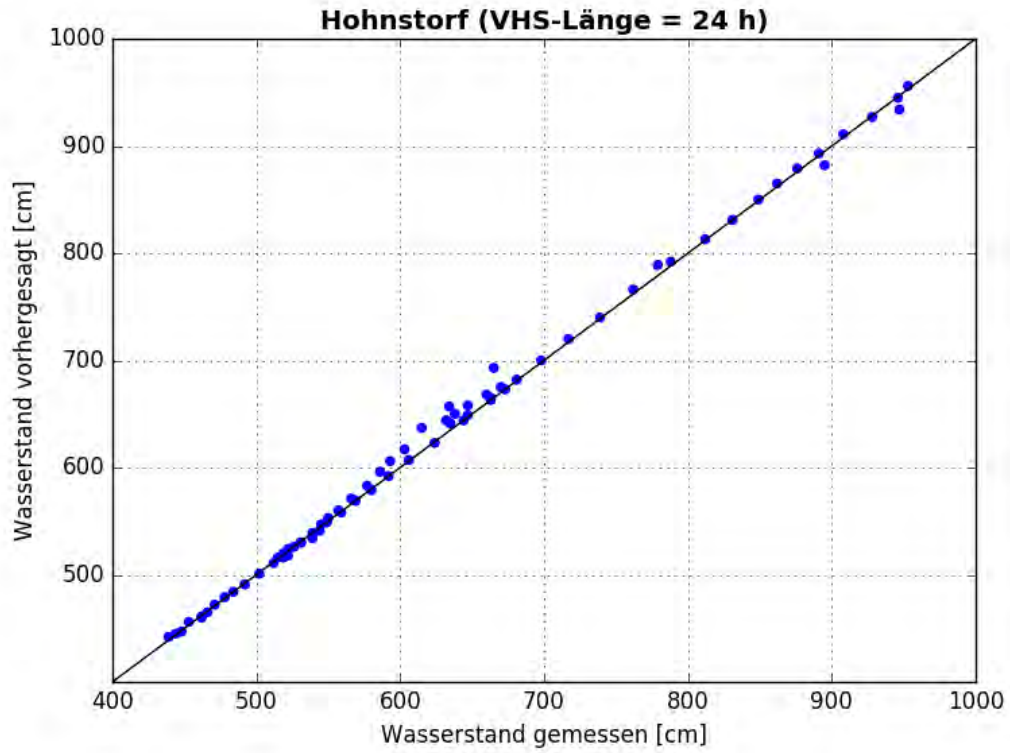


Abbildung B- 320: HOHN HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 24 h (VHS)

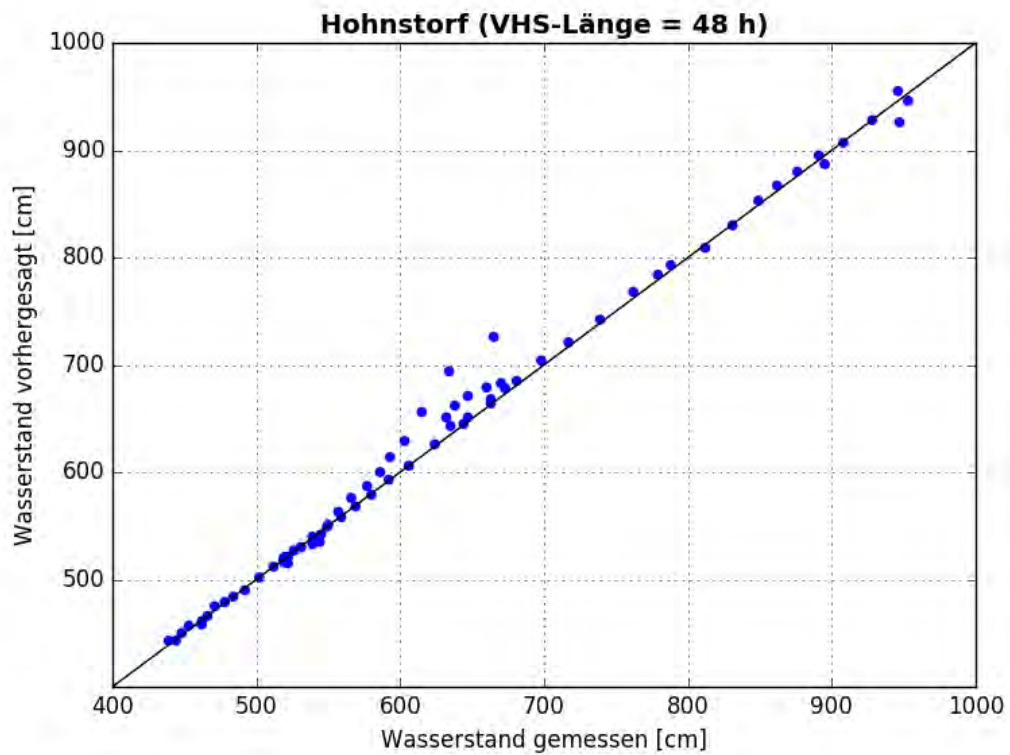


Abbildung B- 321: HOHN HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 48 h (VHS)

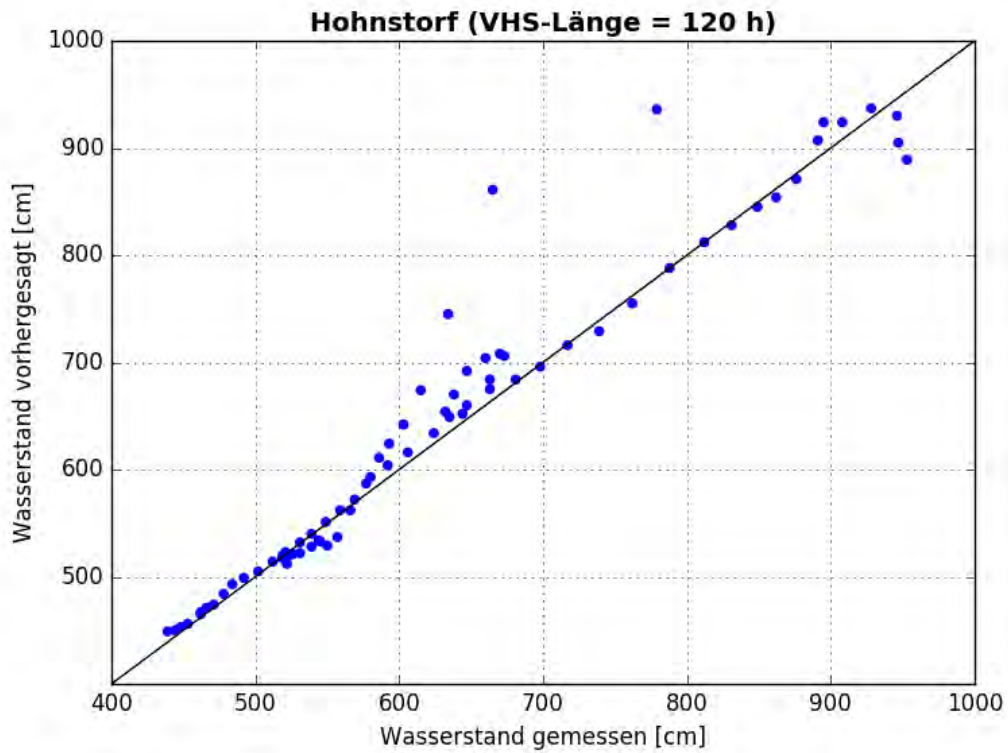


Abbildung B- 322: HOHN HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 120 h (VHS)

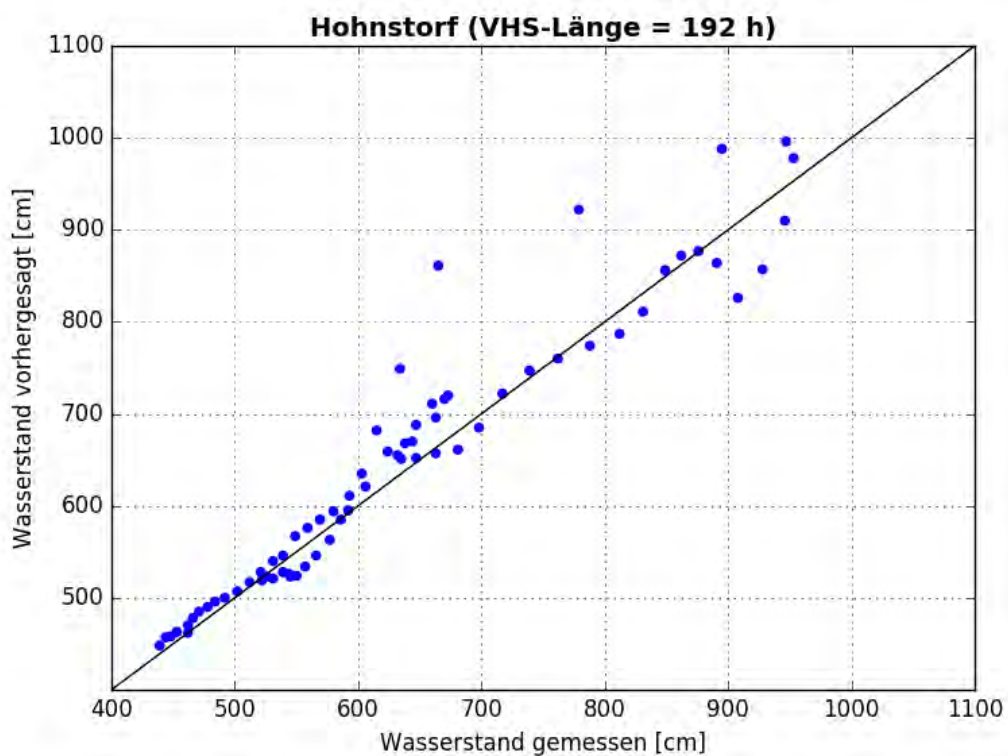


Abbildung B- 323: HOHN HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 192 h (Absch.)

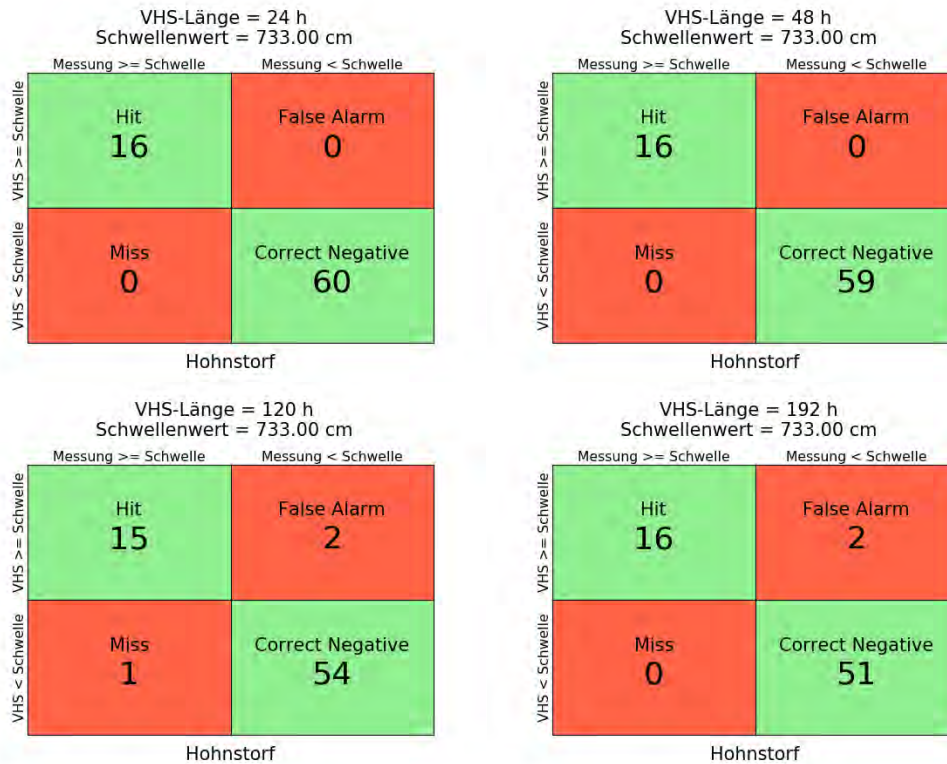


Abbildung B- 324: HOHN HW2006, Kontingenztafeln Schwellenwert 733

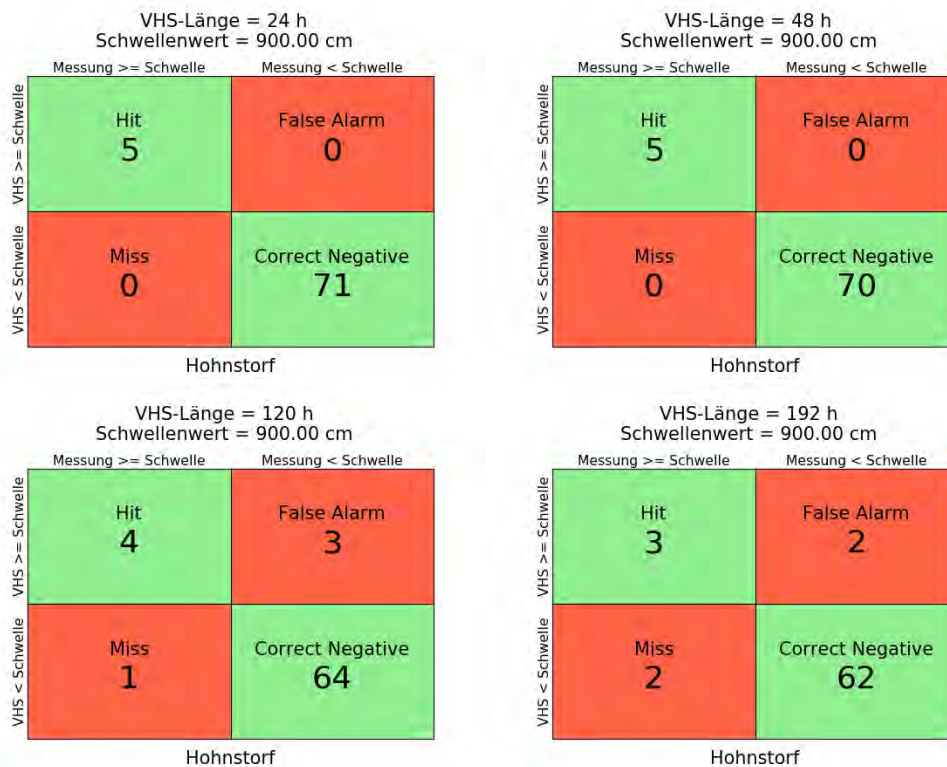


Abbildung B- 325: HOHN HW2006, Kontingenztafeln Schwellenwert 900



Abbildung B- 326: HOHN HW2006, Kontingenztafeln Schwellenwert 940

Hochwasser April – Mai 2013 – Variante 3b

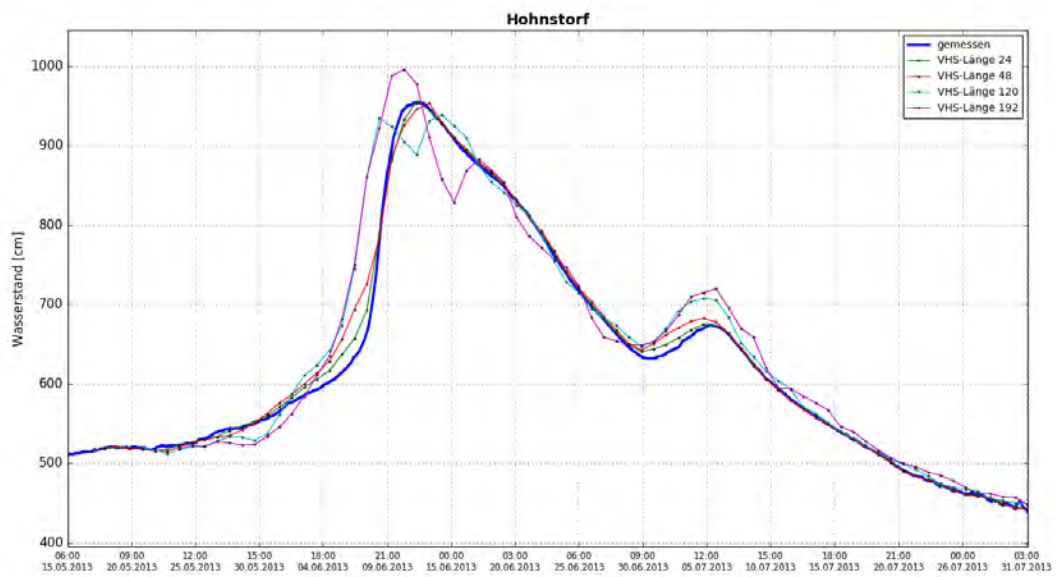


Abbildung B- 327: HOHN HW2013, Ganglinien-Vergleich

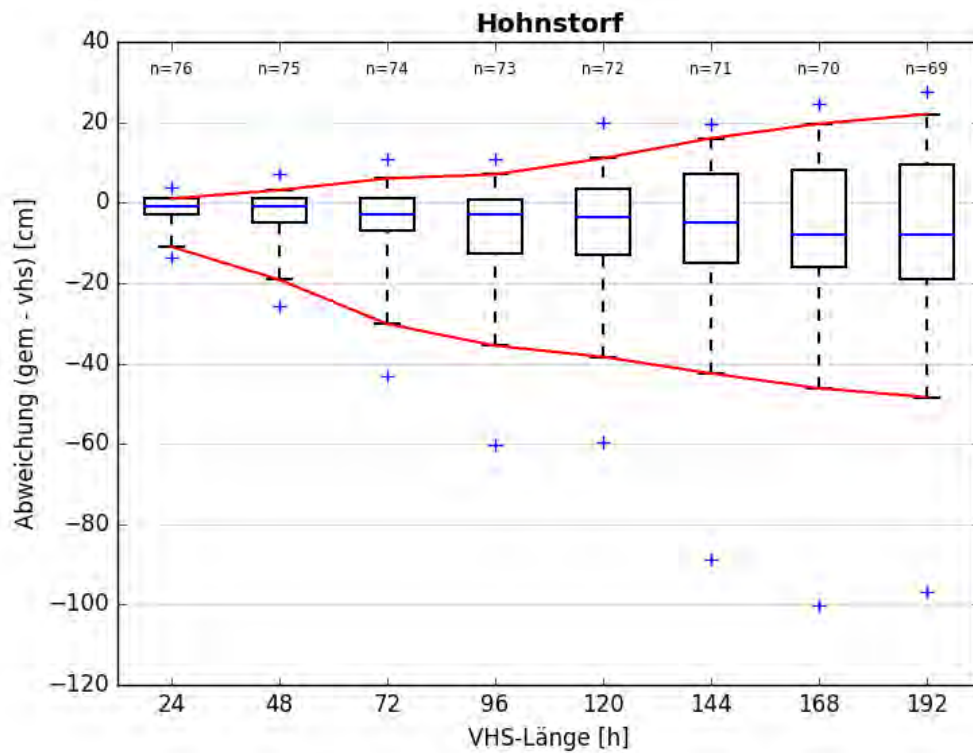


Abbildung B- 328: HOHN HW2013, Boxplot

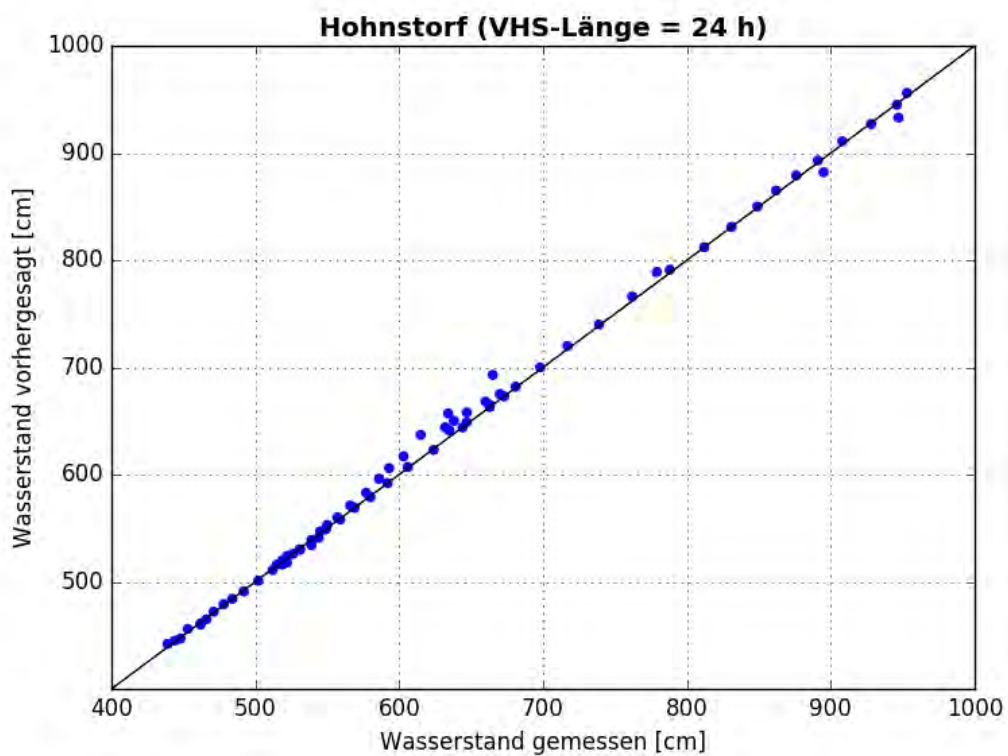


Abbildung B- 329: HOHN HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 24 h (VHS)

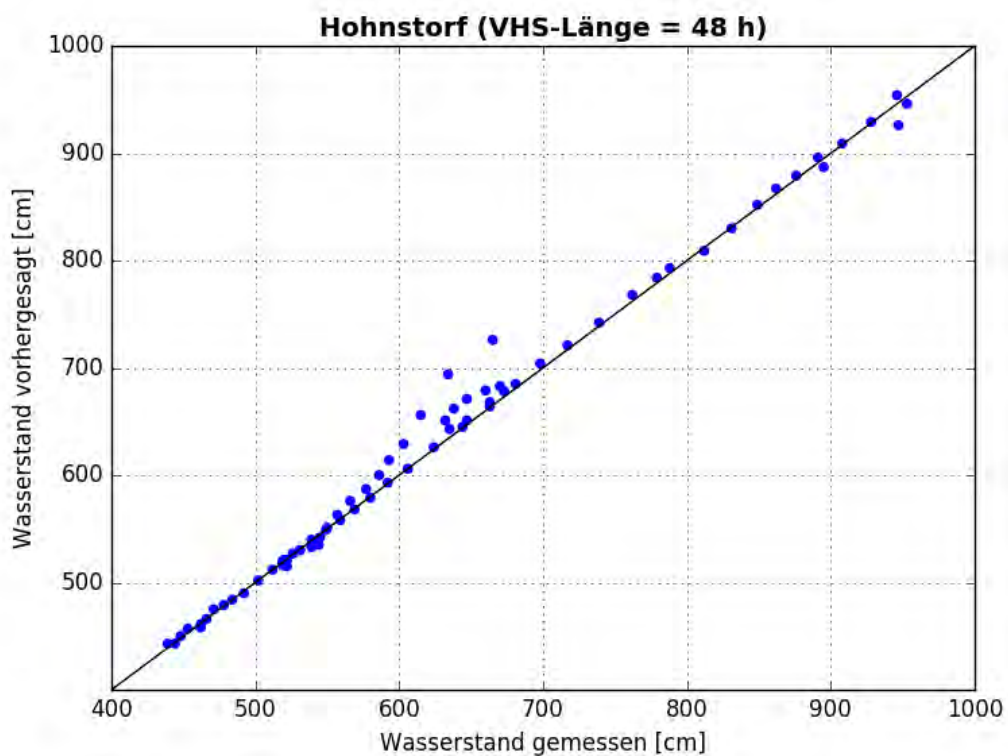


Abbildung B- 330: HOHN HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 48 h (VHS)

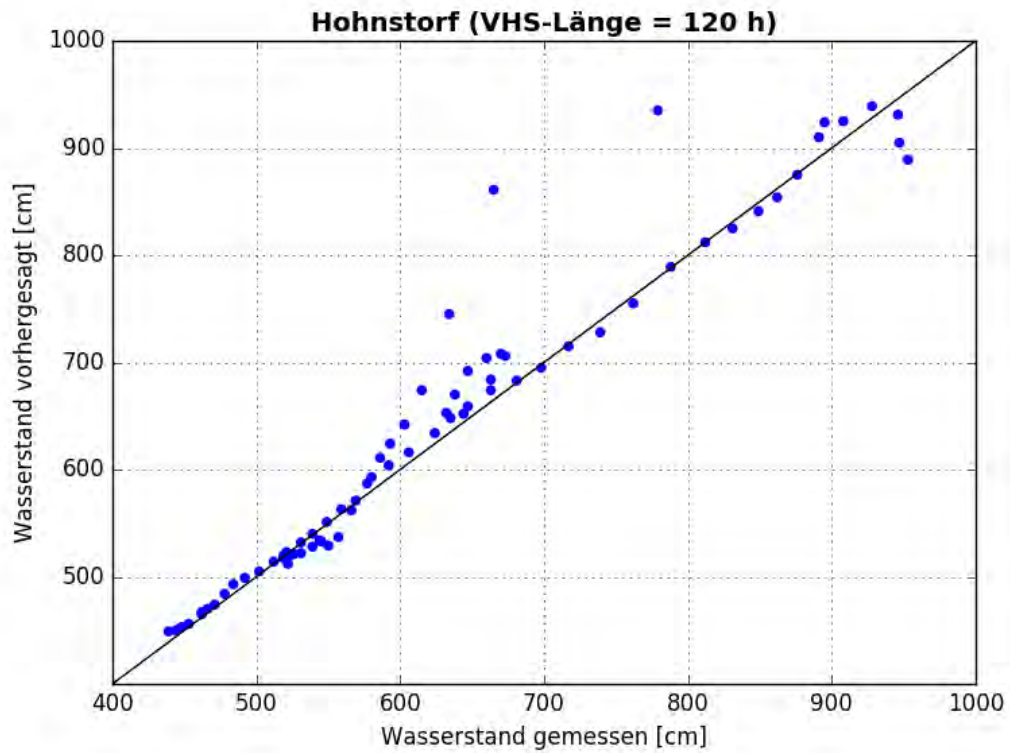


Abbildung B- 331: HOHN HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 120 h (VHS)

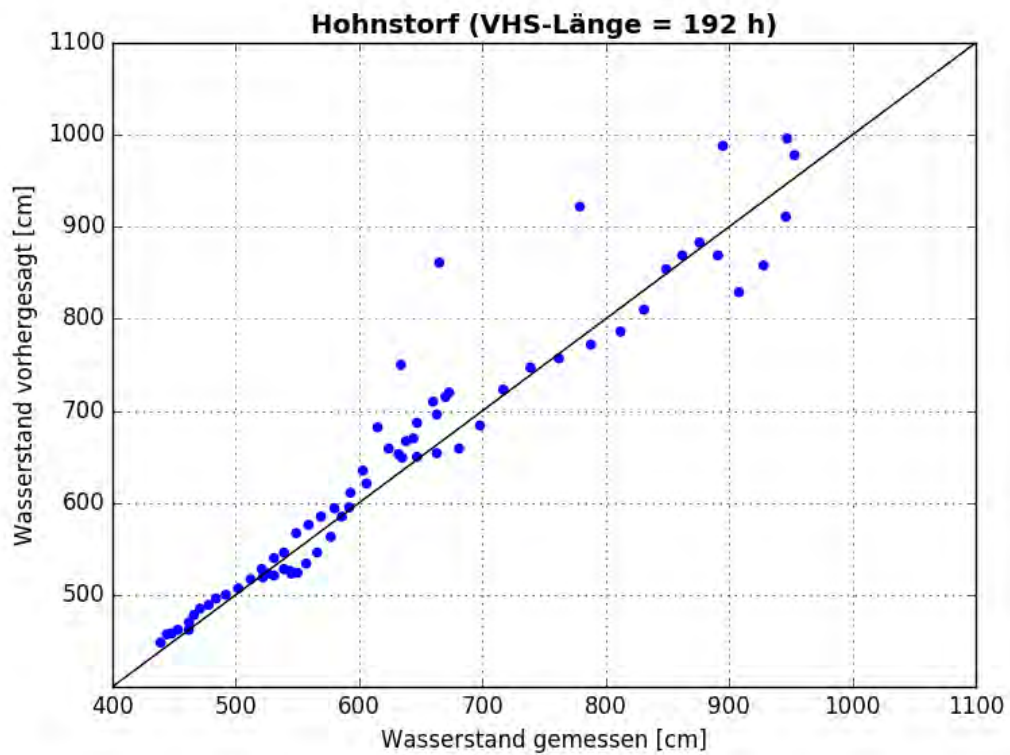


Abbildung B- 332: HOHN HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 192 h (Absch.)

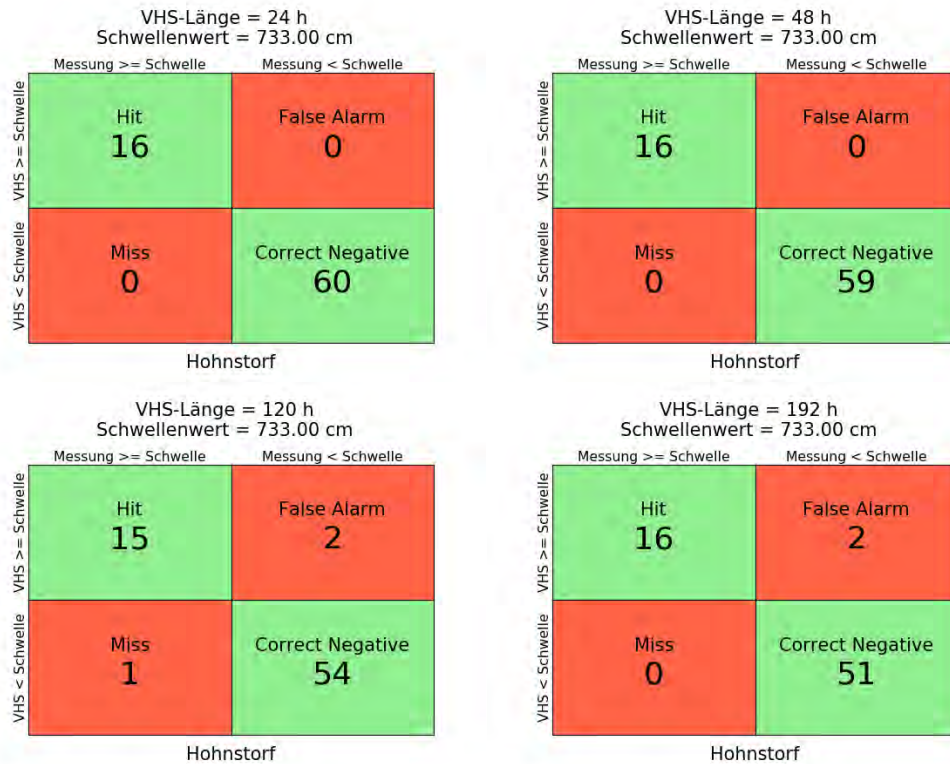


Abbildung B- 333: HOHN HW2006, Kontingenztafeln Schwellenwert 733



Abbildung B- 334: HOHN HW2006, Kontingenztafeln Schwellenwert 900



Abbildung B- 335: HOHN HW2006, Kontingenztafeln Schwellenwert 940

Hochwasser April – Mai 2013 – Variante 4b

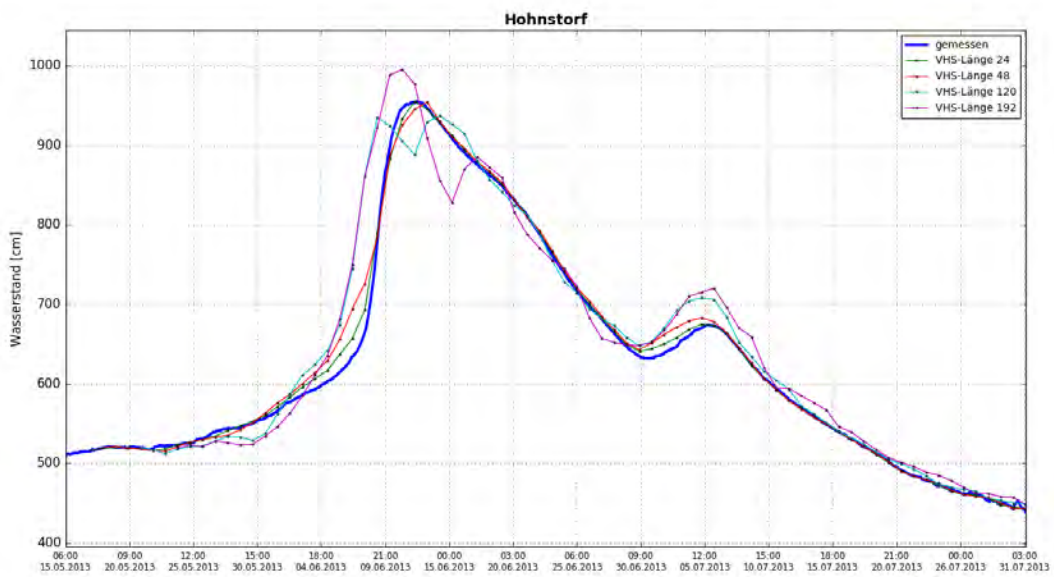


Abbildung B- 336: HOHN HW2013, Ganglinien-Vergleich

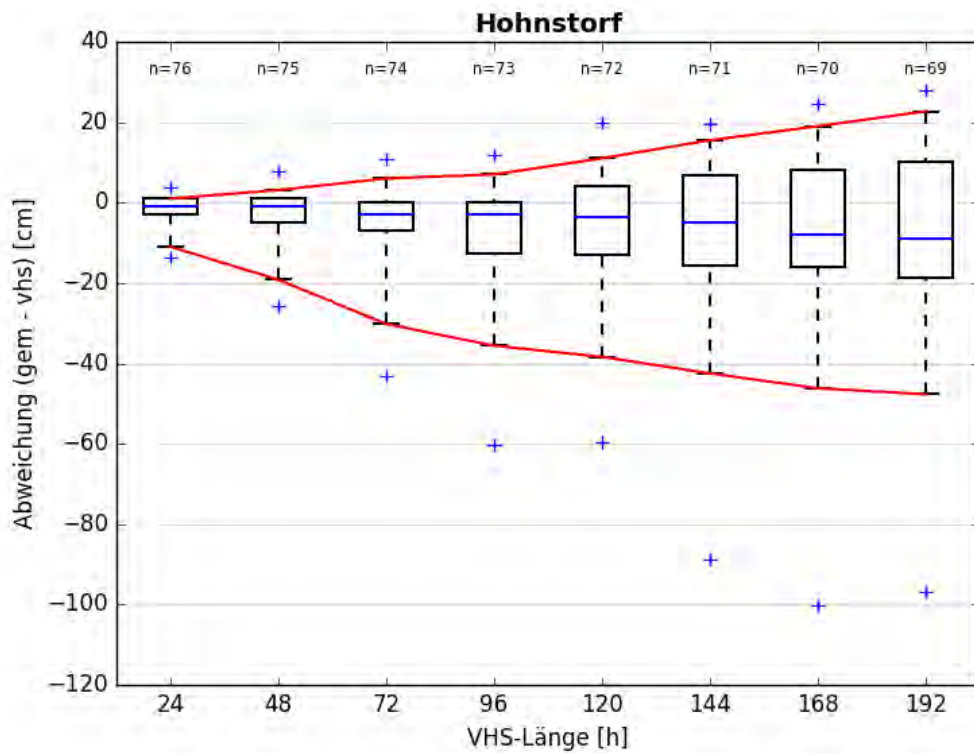


Abbildung B- 337: HOHN HW2013, Boxplot

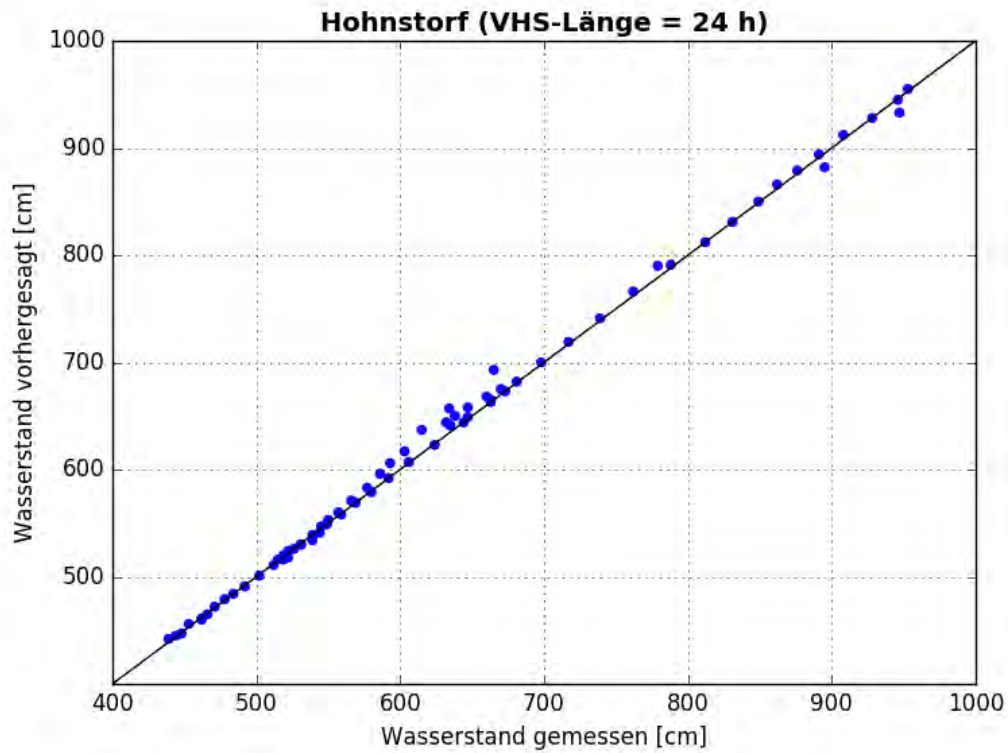


Abbildung B- 338: HOHN HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 24 h (VHS)

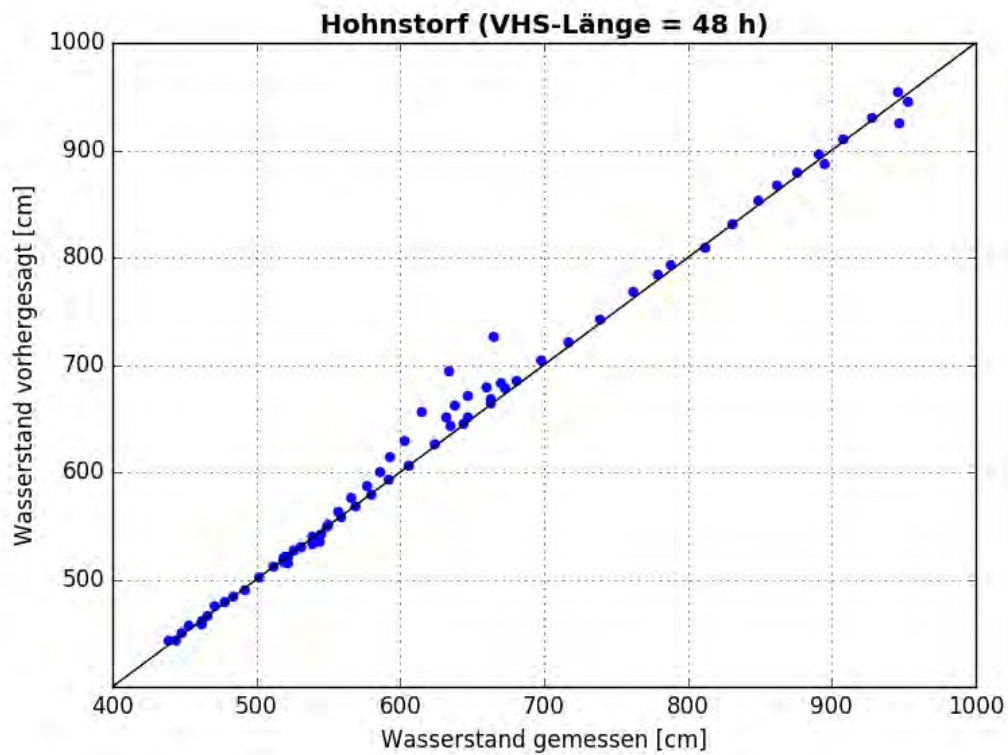


Abbildung B- 339: HOHN HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 48 h (VHS)

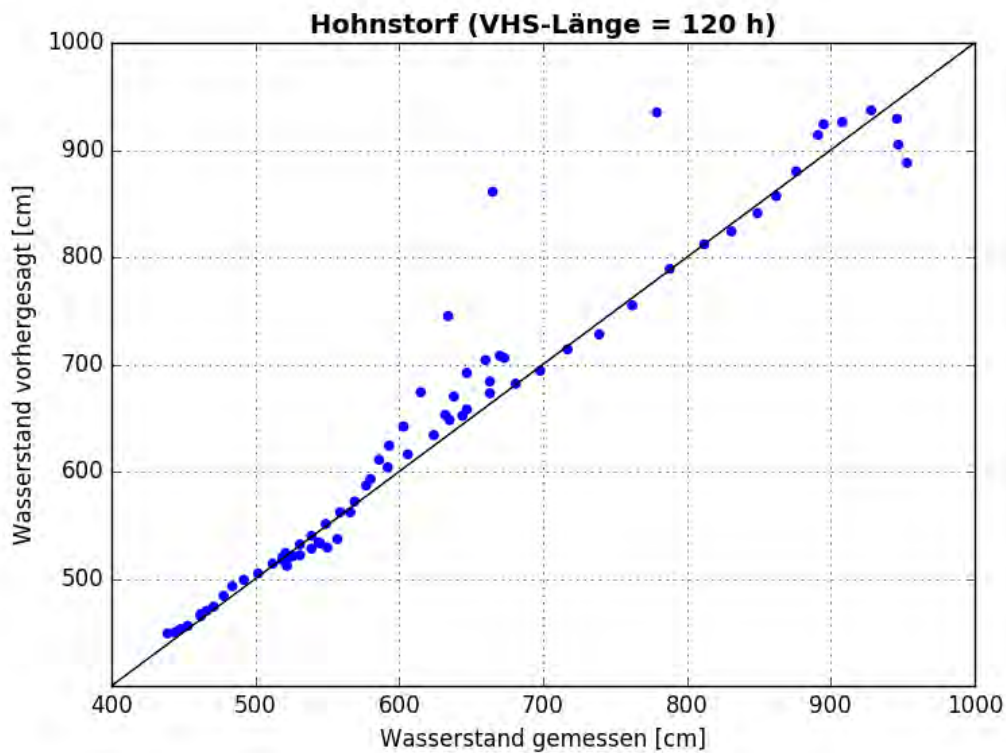


Abbildung B- 340: HOHN HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 120 h (VHS)

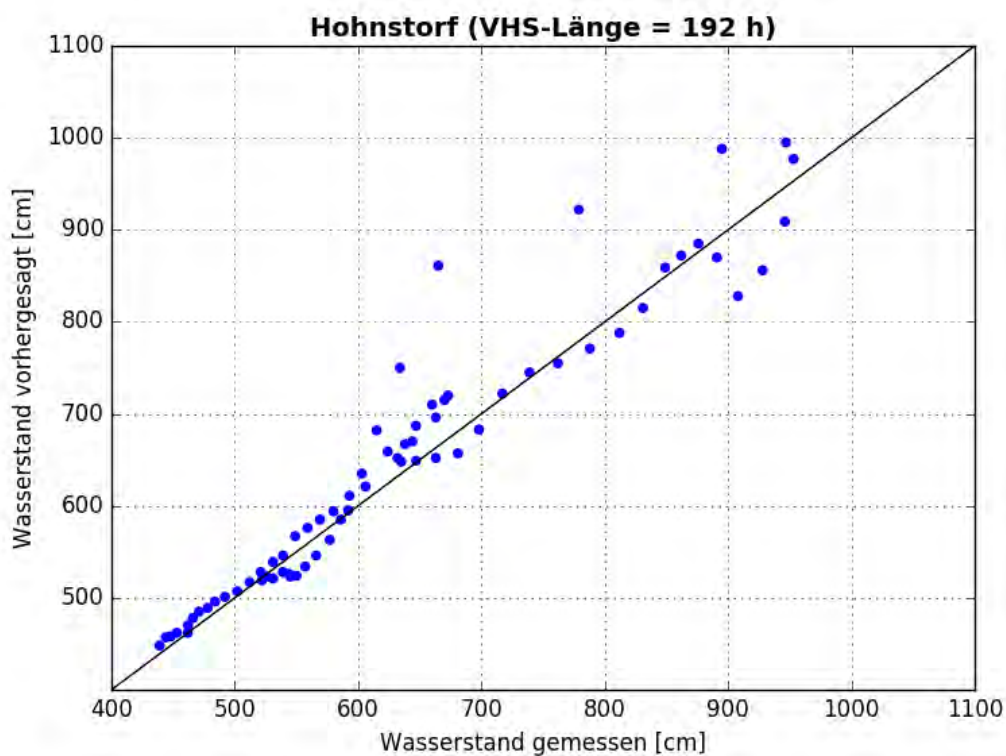


Abbildung B- 341: HOHN HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 192 h (Absch.)

Abbildung B- 342: HOHN HW2013, absolute Scheitelabweichung

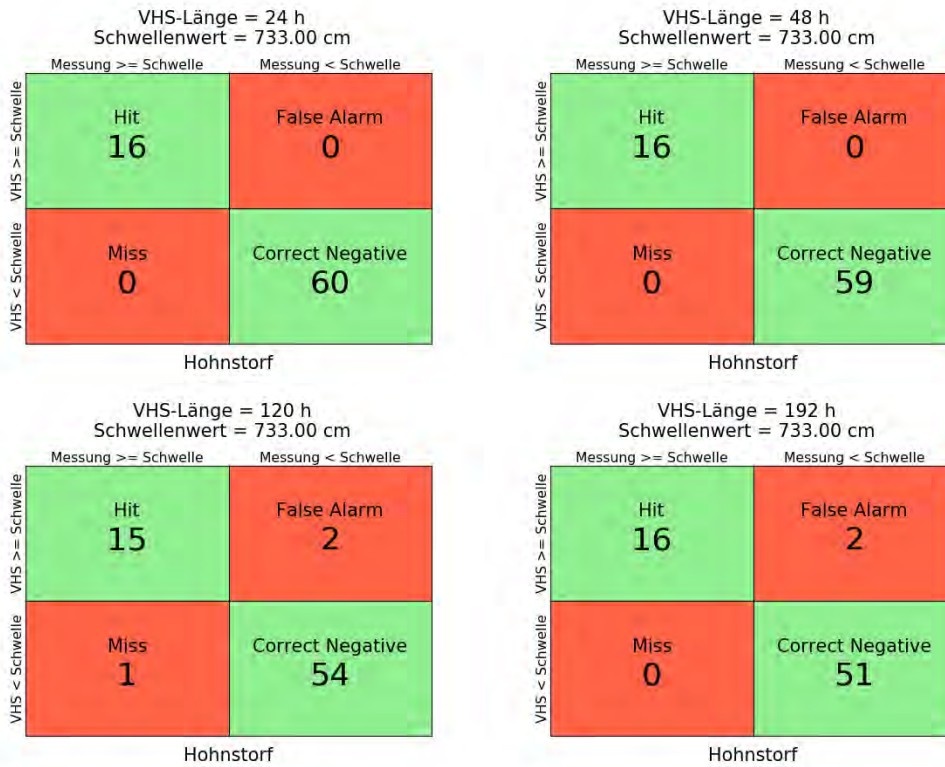


Abbildung B- 343: HOHN HW2006, Kontingenztafeln Schwellenwert 733



Abbildung B- 344: HOHN HW2006, Kontingenztafeln Schwellenwert 900



Abbildung B- 345: HOHN HW2006, Kontingenztafeln Schwellenwert 940

Anlage C

zum Zwischenbericht BfG-1917:

WAVOS Elbe

Verbesserung der HW-Vorhersage

Auswertung Pegel

HW2006 – HW2011 – HW2013

Inhaltsverzeichnis

Erläuterungen	3
Anlage C-1: Pegel Schöna, Elbe-km 2,05	7
Anlage C-2: Pegel Dresden, Elbe-km 55,63	16
Anlage C-3: Pegel Riesa, Elbe-km 108,4	25
Anlage C-4: Pegel Torgau, Elbe-km 154,15	34
Anlage C-5: Pegel Wittenberg/L., Elbe-km 214,14	46
Anlage C-6: Pegel Vockerode, Elbe-km 245,62	58
Anlage C-7: Pegel Dessau, Elbe-km 261,16	67
Anlage C-8: Pegel Aken, Elbe-km 274,75	79
Anlage C-9: Pegel Barby, Elbe-km 294,82	91
Anlage C-10: Pegel Magdeburg-Strombrücke, Elbe-km 326,6	106
Anlage C-11: Pegel Rothensee, Elbe-km 333,12	118
Anlage C-12: Pegel Niegripp AP, Elbe-km 343,6	130
Anlage C-13: Pegel Tangermünde, Elbe-km 388,26	142
Anlage C-14: Pegel Sandau, Elbe-km 416,06	154
Anlage C-15: Pegel Wittenberge, Elbe-km 453,98	166
Anlage C-16: Pegel Schnackenburg, Elbe-km 474,56	181
Anlage C-17: Pegel Lenzen, Elbe-km 484,6	193
Anlage C-18: Pegel Dömitz, Elbe-km 504,72	205
Anlage C-19: Pegel Hitzacker, Elbe-km 536,44	217
Anlage C-20: Pegel Neu-Darchau, Elbe-km 536,44	229
Anlage C-21: Pegel Boizenburg, Elbe-km 559,46	244
Anlage C-22: Pegel Hohnstorf, Elbe-km 568,97	259
Anlage C-23: Pegel Geesthacht, Elbe-km 583,36	277
Anlage C-24: Pegel Halle-Trotha UP, Saale-km 89,15	289
Anlage C-25: Pegel Bernburg UP, Saale-km 36,05	298
Anlage C-26: Pegel Calbe UP, Saale-km 19,67	307
Anlage C-27: Pegel Havelberg Stadt, Havel-km 145,29	316

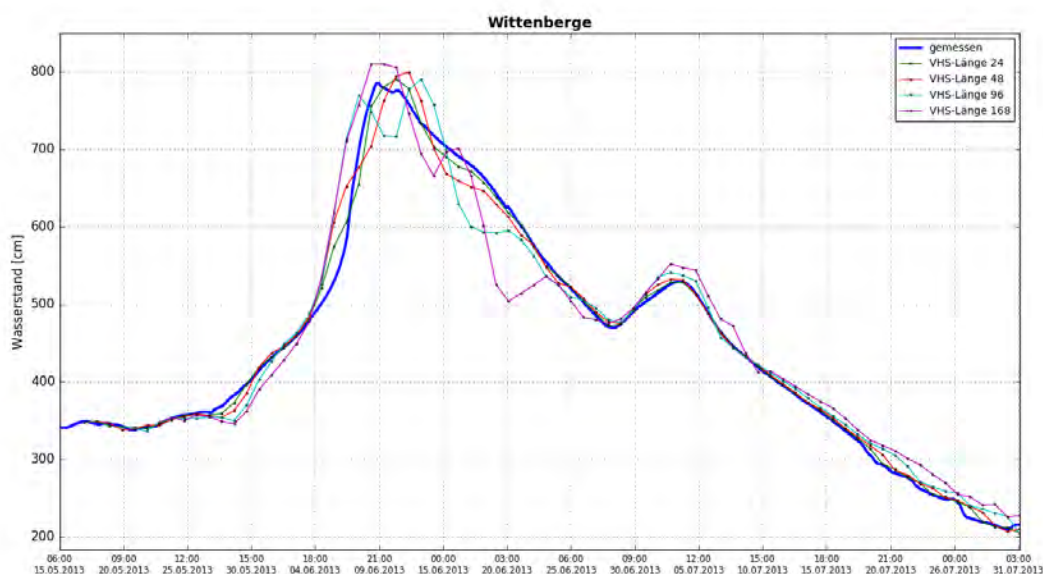
Erläuterungen

Nachfolgend sind für ausgewählte Pegel die Auswertungsergebnisse der Hindcasts im Vergleich zu den gemessenen Werten dargestellt. Es handelt sich um die folgenden Darstellungen:

- Ganglinien-Vergleich
- Boxplot
- Kontingenztafeln für vereinbarte Schwellenwerte
- Scatterplots für versch. Vorhersage-Längen (VHS-Längen)
- absolute Scheitelabweichung

Ganglinien-Vergleich

Je Pegel und Ereignis sind die Ganglinien der Messwerte sowie der zusammengesetzten Vorhersagen der gewählten VHS-Längen in einer Grafik Wasserstand in cm am Pegel über die Zeit dargestellt. So ist ein direkter visueller Vergleich von Messung und Vorhersage möglich.

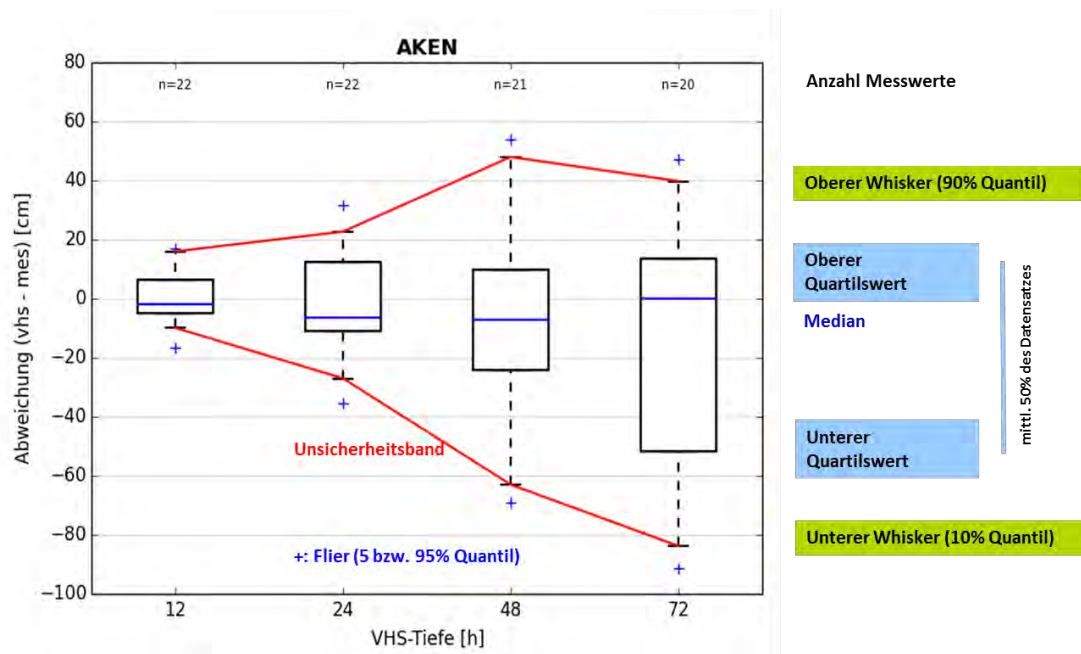


Boxplot

In Boxplots werden statistische Kenngrößen einer Verteilung dargestellt: Median, Maximal- und Minimalwerte sowie der untere und obere Quartilwert.

Die Box im mittleren Teil repräsentiert den Bereich, in welchem 50 % der Daten liegen und wird somit durch das obere und untere Quartil begrenzt. Die Länge der Box entspricht somit dem Interquartilsabstand und ist ein Maß für die Datenstreuung. In der Box wird der Median als durchgehender Strick eingetragen, der durch seine Lage innerhalb der Box einen Eindruck der Verteilungsschiefe vermittelt.

Die Antennen, auch als Whisker bezeichnet, grenzen den Bereich der Daten ab, die außerhalb der Box liegen. Hier markieren sie das 10 bzw. 90%-Quantil. Die Markierungen ober- bzw. unterhalb der Whisker (auch bezeichnet als „Flier“) repräsentieren in ProFoUnD das 5 bzw. 95%-Quantil und somit Messwertausreißer.



Kontingenztafeln für vereinbarte Schwellenwerte

Für die kategorischen Maße wird untersucht, ob das Eintreten bzw. das Nichteintreten eines Ereignisses korrekt vorhergesagt wurde. Der Eintritt eines Ereignisses ist hier durch das Überschreiten (Hochwasser) eines Schwellenwerts definiert. Eine Kontingenztafel gewährt also einen ersten Überblick darüber, ob das Eintreten oder Nicht-Eintreten eines Ereignisses zumeist korrekt vorhergesagt wird. Zur Ermittlung werden pegelspezifische Schwellenwerte verwendet.

Hit	eine Überschreitung des Schwellenwertes wurde vorhergesagt und gemessen
False Alarm	eine Überschreitung des Schwellenwertes wurde vorhergesagt, aber nicht gemessen
Miss	eine Überschreitung des Schwellenwertes wurde nicht vorhergesagt, aber gemessen
Correct Negative	eine Überschreitung des Schwellenwertes wurde nicht vorhergesagt und nicht gemessen

Daraus kann die folgende Matrix gebildet werden:

VHS-Länge = 48 h
Schwellenwert = 920.00 cm

	Messung \geq Schwelle	Messung $<$ Schwelle
VHS $>=$ Schwelle	Hit 3	False Alarm 0
VHS $<$ Schwelle	Miss 0	Correct Negative 8

Hohnstorf

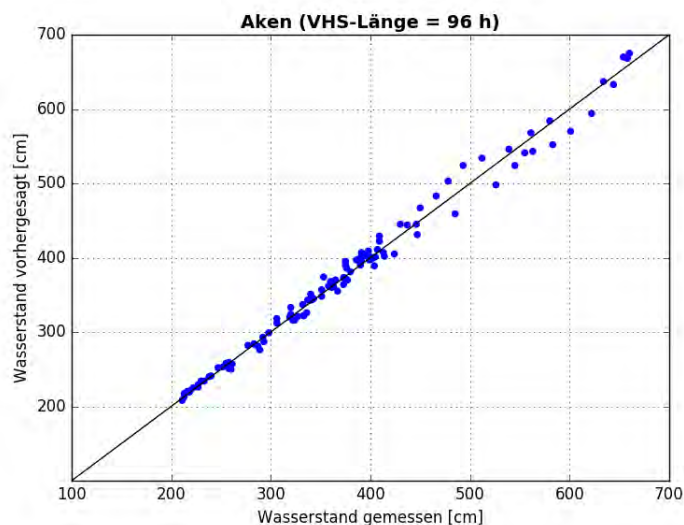
Je häufiger also Hit und Correct Negative (in der Matrix grün dargestellt) im Vergleich zu False Alarm und Miss (rot hinterlegte Felder) auftreten, desto besser die Vorhersage bezogen auf den Schwellenwert.

In der nachfolgenden Tabelle sind die in Abstimmung mit den Ländern festgelegten Schwellenwerte der einzelnen Pegel zusammengestellt. Für alle Pegel wird MHW als Schwellenwert angesetzt sowie – sofern definiert – der Wert für Alarmstufe/Meldestufe 4. Für einige Pegel gibt es auch 3 und mehr Schwellenwerte. Diese repräsentieren für das jeweilige Land wichtige Wasserstände, wie z.B. die drohende Überflutung einer wichtigen Straße oder eines Industriegeländes und/oder bedingen die Einleitung bestimmter HW-Schutzmaßnahmen.

Pegel	Lage [km] - L/R	Land	Schwellenwerte für Kontingenztafeln				
			Wert 1 (MHW)	Wert 2 (AS)	Wert 3	Wert 4	Wert 5
Elbe							
Usti	-38,7	CZ	600	1094			
Schöna	002,05 L	SN	641	750			
Dresden	055,63 L	SN	574	700			
Riesa	108,4 L	SN	635	760			
Torgau	154,15 L	SN	623	780	800		
Wittenberg/L.	214,14 L	ST	543	650			
Vockerode	245,62 L	ST	556	-			
Dessau	261,16 L	ST	542	750			
Aken	274,75 L	ST	555	700			
Barby	294,82 L	ST	547	660	592		
Magdeburg Str.	326,67 L	ST	488	650			
Rothensee	333,12 L	ST	654	750			
Niegripp AP	343,60 R	ST	730	850			
Tangermünde	388,26 L	ST	593	700			
Sandau	416,06 L	ST	606	-			
Wittenberge	453,98 R	BB	572	670	630	680	
Schnackenburg	474,56 L	NI	585	-			
Lenzen	484,60 R	BB	581	-			
Dömitz	504,72 R	MV	513	650			
Hitzacker	522,92 L	NI	588	650	621		
Neu Darchau	536,44 L	NI	589	757	550		
Boizenburg	559,46 R	MV	494	650	300	681	
Hohnstorf	568,97 L	NI	733	900	920	940	1030
Geesthacht	583,36 L	SH	543	700			
Saale							
Halle –Trotha UP	089,15 R	ST	472	630			
Bernburg UP	036,05 L	ST	426	400			
Calbe UP	019,67 L	ST	743	900			
Untere Havel							
Havelberg Stadt	145,29 R	ST	330	430			

Scatterplots für versch. Vorhersage-Längen

Scatterplots zeigen für gewählte Vorhersage-Längen die Streuung der vorhergesagten Werte in Bezug auf die gemessenen Werte.



Anlage C-1: Pegel Schöna, Elbe-km 2,05

Hochwasser April – Mai 2006

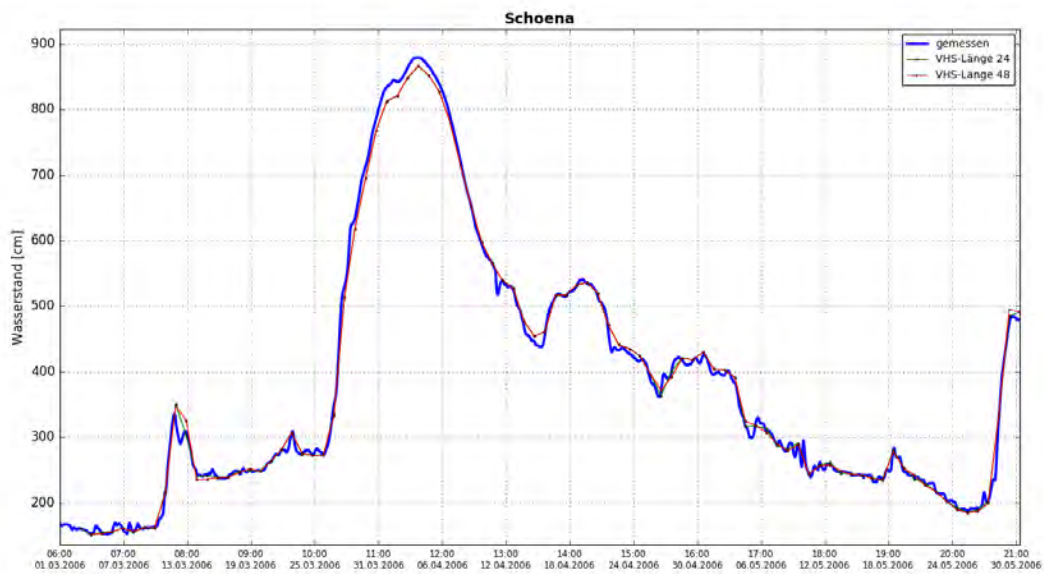


Abbildung C- 1: SCHO HW2006, Ganglinien-Vergleich

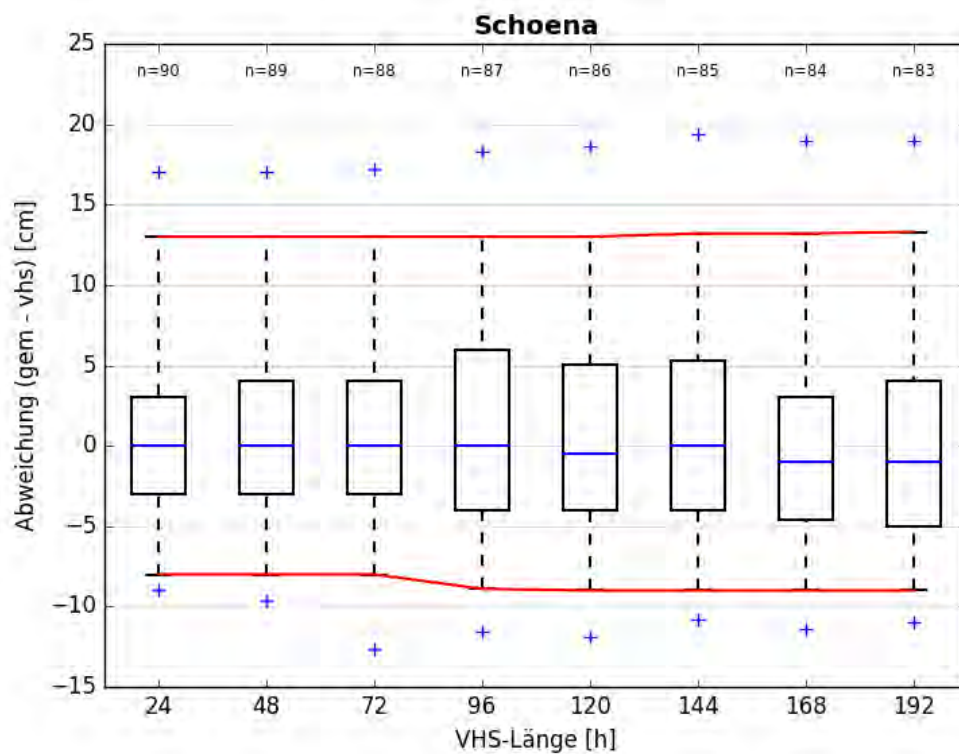


Abbildung C- 2: SCHO HW2006, Boxplot

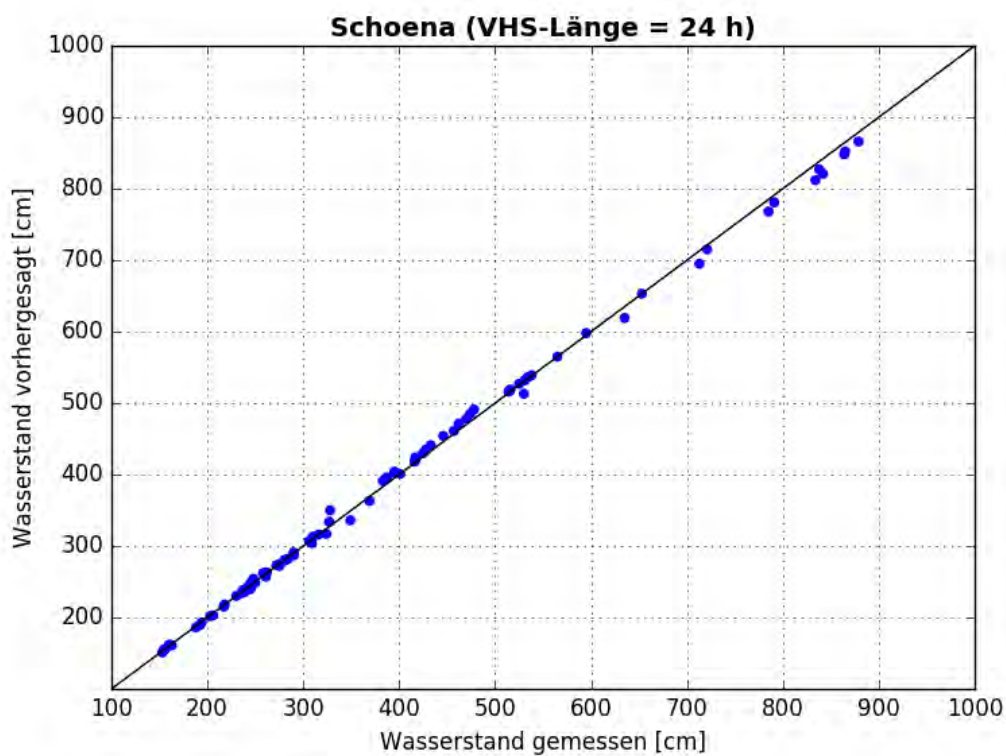


Abbildung C- 3: SCHO HW2006, Scatterplot – VHS-Länge 24 h (VHS)

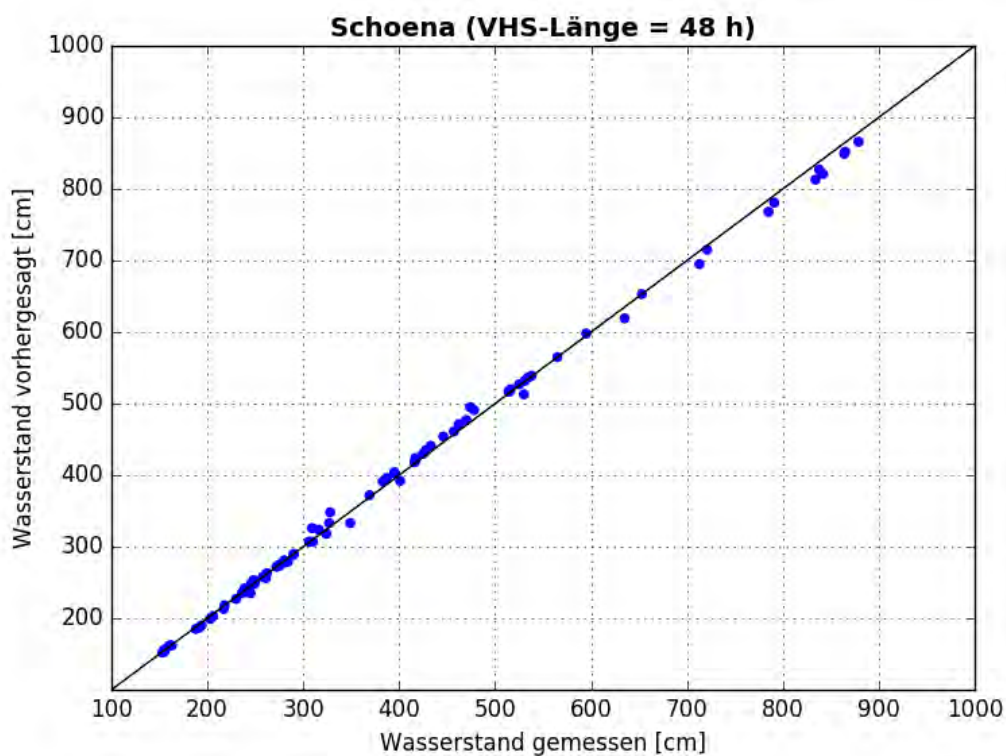


Abbildung C- 4: SCHO HW2006, Scatterplot – VHS-Länge 48 h (Absch.)

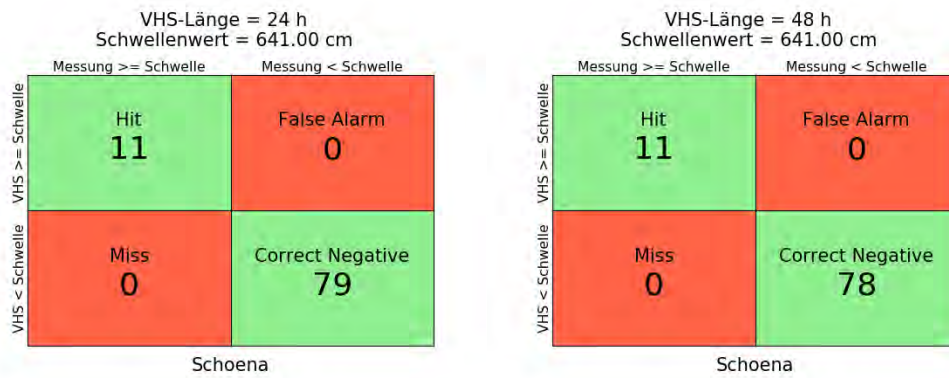


Abbildung C- 5: SCHO HW2006, Kontingenztafeln Schwellenwert 641

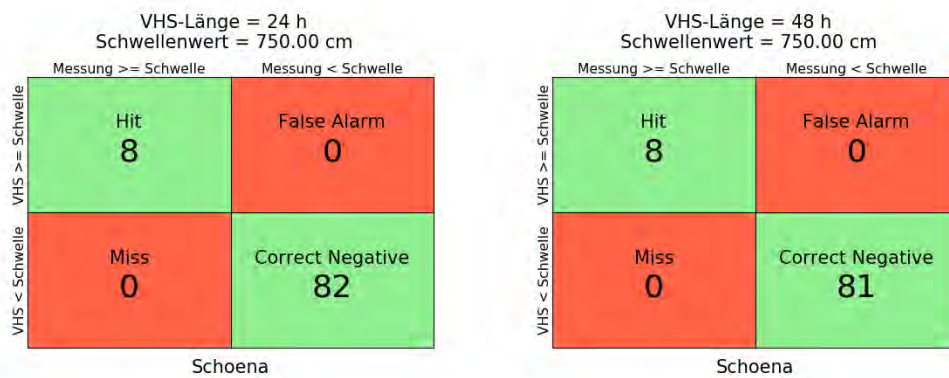


Abbildung C- 6: SCHO HW2006, Kontingenztafeln Schwellenwert 750

Hochwasser Januar – Februar 2011

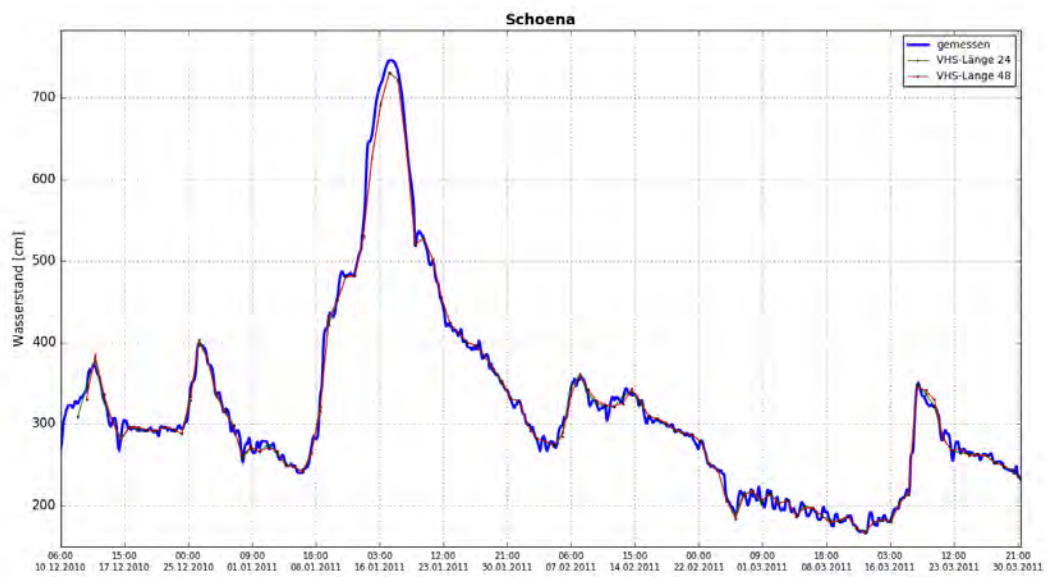


Abbildung C- 7: SCHO HW2011, Ganglinien-Vergleich

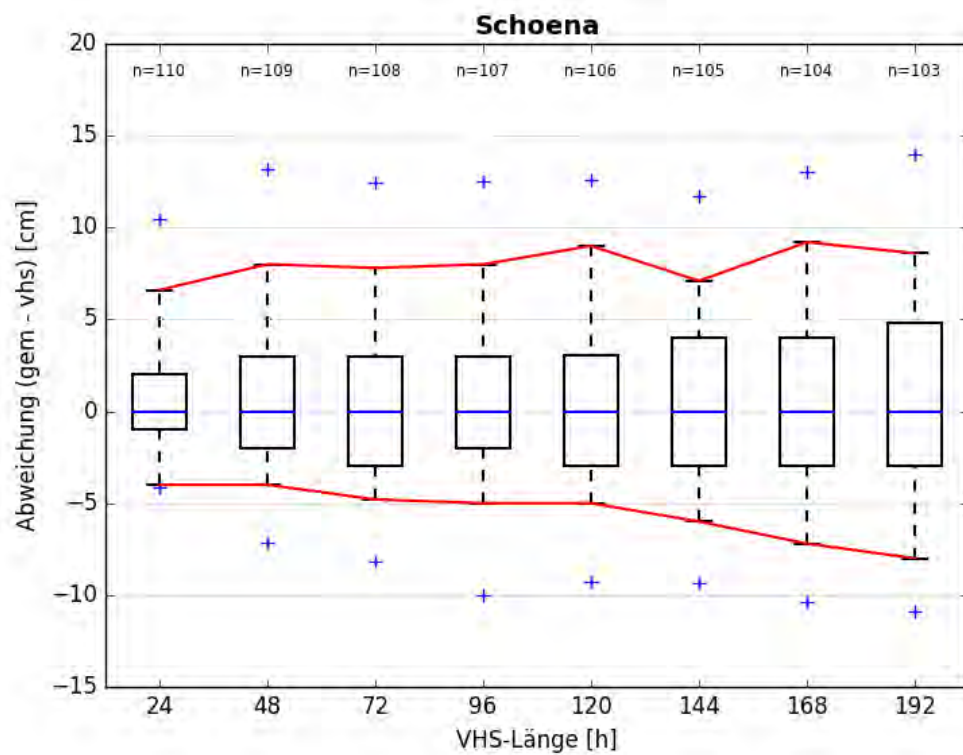


Abbildung C- 8: SCHO HW2011, Boxplot

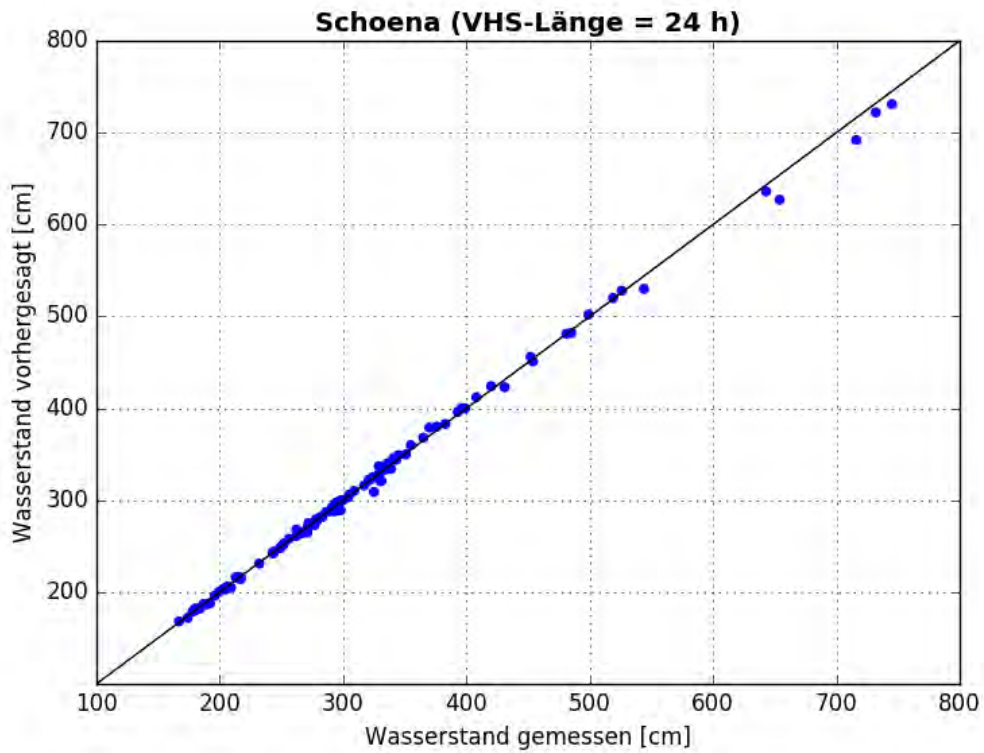


Abbildung C- 9: SCHO HW2011, Scatterplot – VHS-Länge 24 h (VHS)

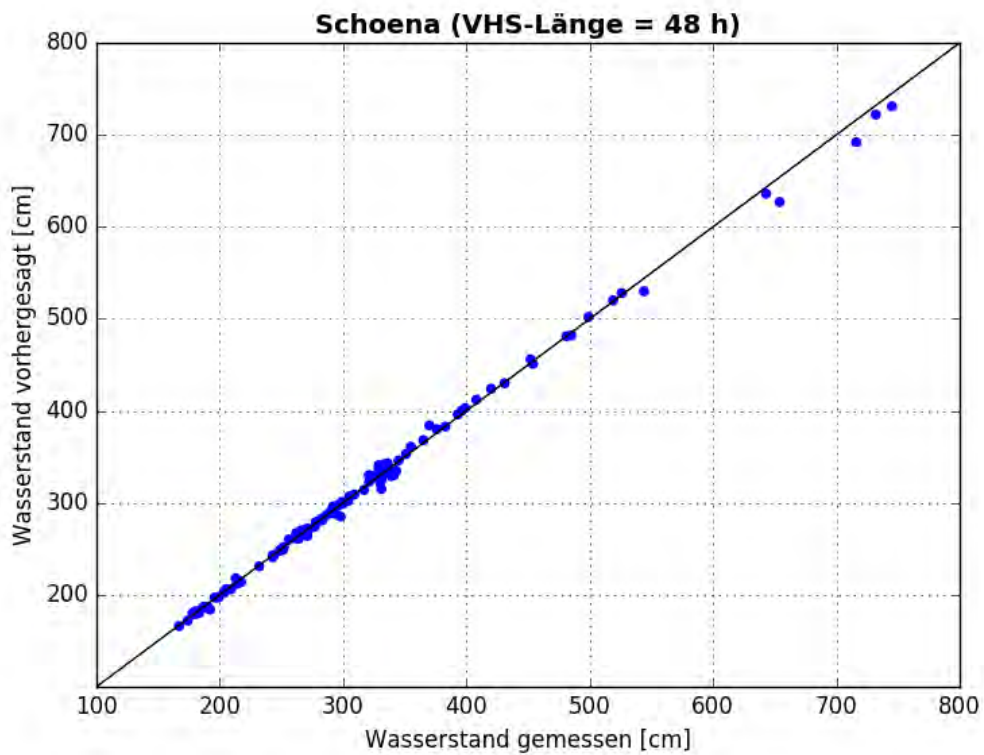


Abbildung C- 10: SCHO HW2011, Scatterplot – VHS-Länge 48 h (Absch.)

VHS-Länge = 24 h
Schwellenwert = 641.00 cm

		Messung \geq Schwelle	Messung $<$ Schwelle
VHS	\geq Schwelle	Hit 3	False Alarm 0
	$<$ Schwelle	Miss 2	Correct Negative 105

Schoena

VHS-Länge = 48 h
Schwellenwert = 641.00 cm

		Messung \geq Schwelle	Messung $<$ Schwelle
VHS	\geq Schwelle	Hit 3	False Alarm 0
	$<$ Schwelle	Miss 2	Correct Negative 104

Schoena

Abbildung C- 11: SCHO HW2011, Kontingenztafeln Schwellenwert 641

VHS-Länge = 24 h
Schwellenwert = 750.00 cm

		Messung \geq Schwelle	Messung $<$ Schwelle
VHS	\geq Schwelle	Hit 0	False Alarm 0
	$<$ Schwelle	Miss 0	Correct Negative 110

Schoena

VHS-Länge = 48 h
Schwellenwert = 750.00 cm

		Messung \geq Schwelle	Messung $<$ Schwelle
VHS	\geq Schwelle	Hit 0	False Alarm 0
	$<$ Schwelle	Miss 0	Correct Negative 109

Schoena

Abbildung C- 12: SCHO HW2011, Kontingenztafeln Schwellenwert 750

Hochwasser Mai – Juni 2013

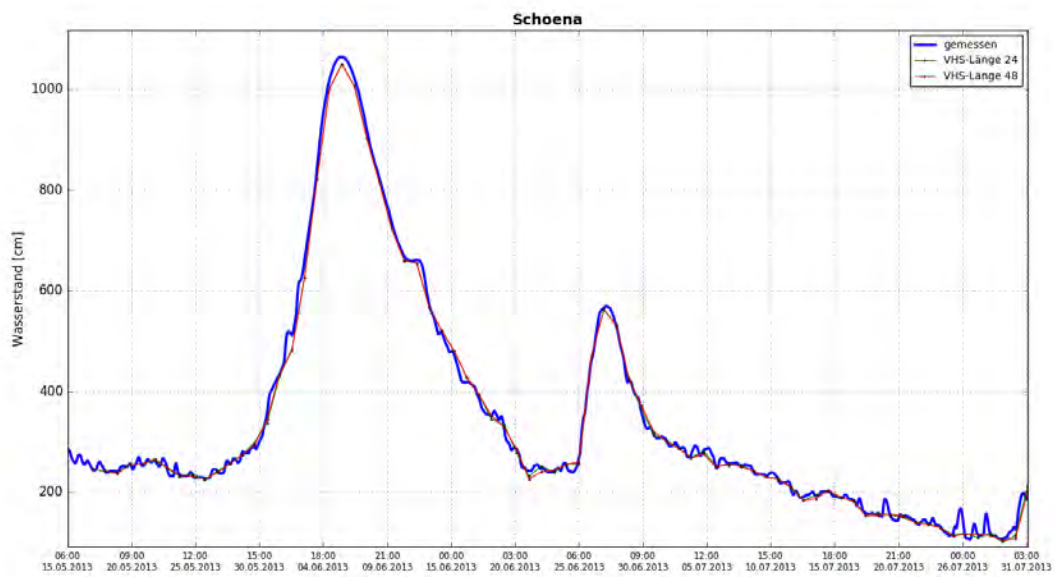


Abbildung C- 13: SCHO HW2013, Ganglinien-Vergleich

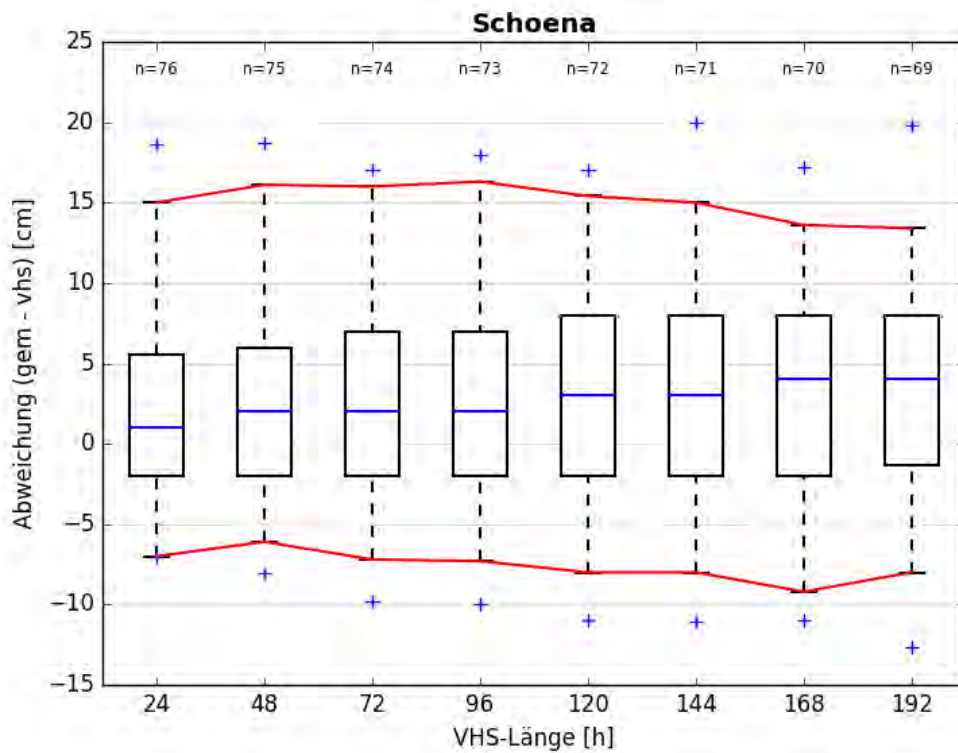


Abbildung C- 14: SCHO HW2013, Boxplot

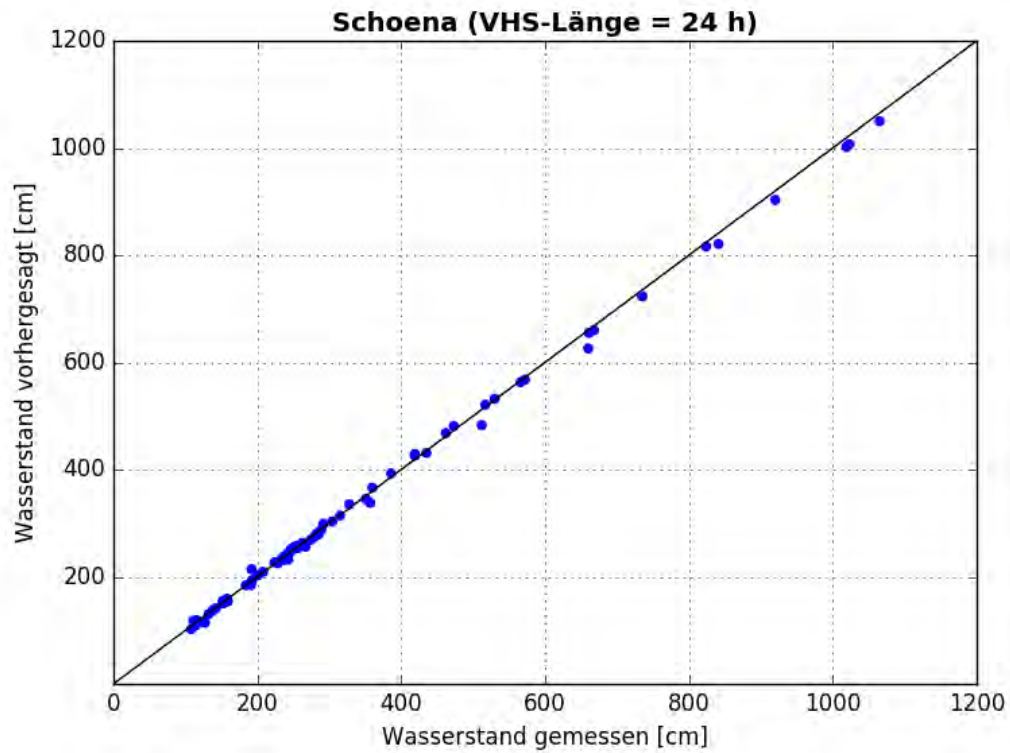


Abbildung C- 15: SCHO HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 24 h (VHS)

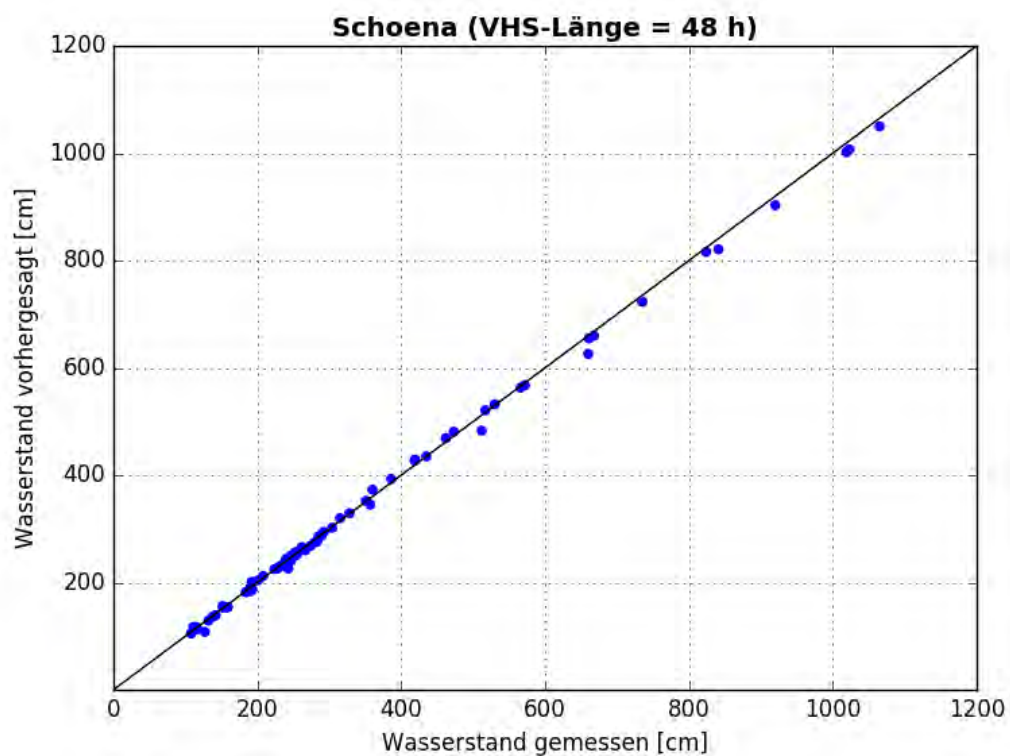


Abbildung C- 16: SCHO HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 48 h (Absch.)

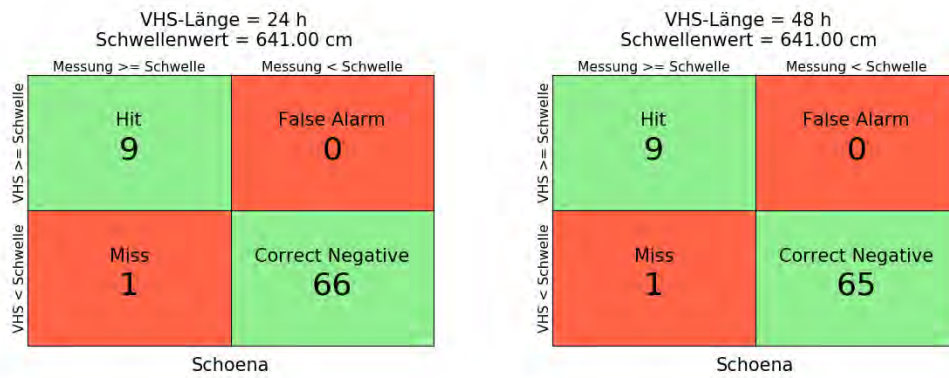


Abbildung C- 17: SCHO HW2013, Kontingenztafeln Schwellenwert 641

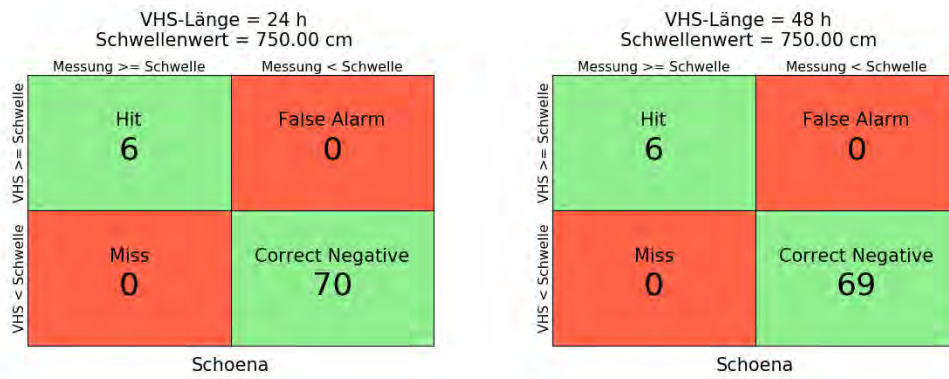


Abbildung C- 18: SCHO HW2013, Kontingenztafeln Schwellenwert 750

Anlage C-2: Pegel Dresden, Elbe-km 55,63

Hochwasser April – Mai 2006

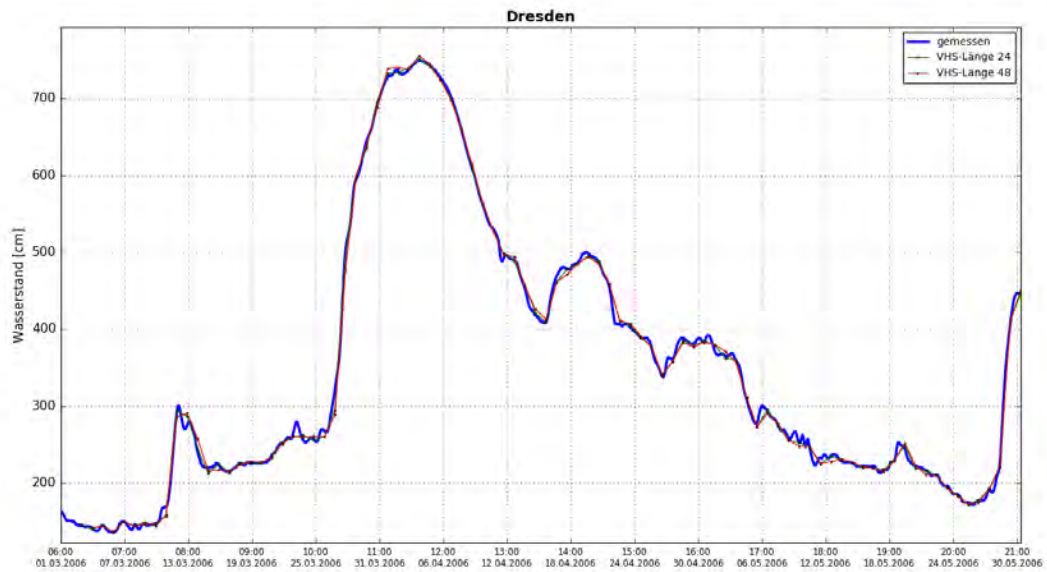


Abbildung C- 19: DRES HW2006, Ganglinien-Vergleich

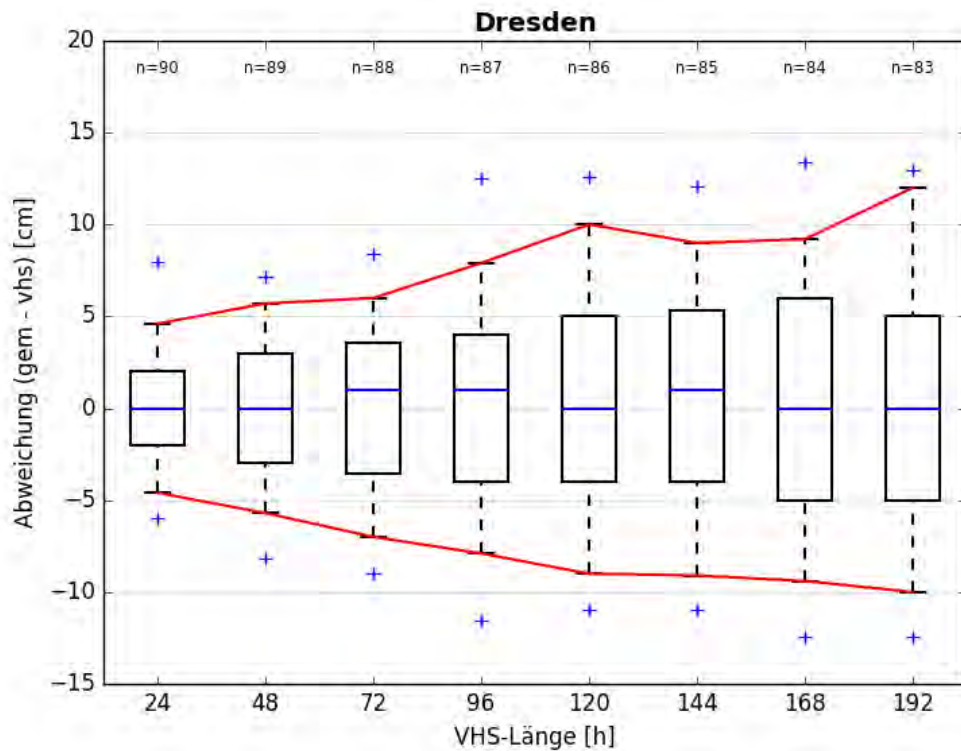


Abbildung C- 20: DRES HW2006, Boxplot

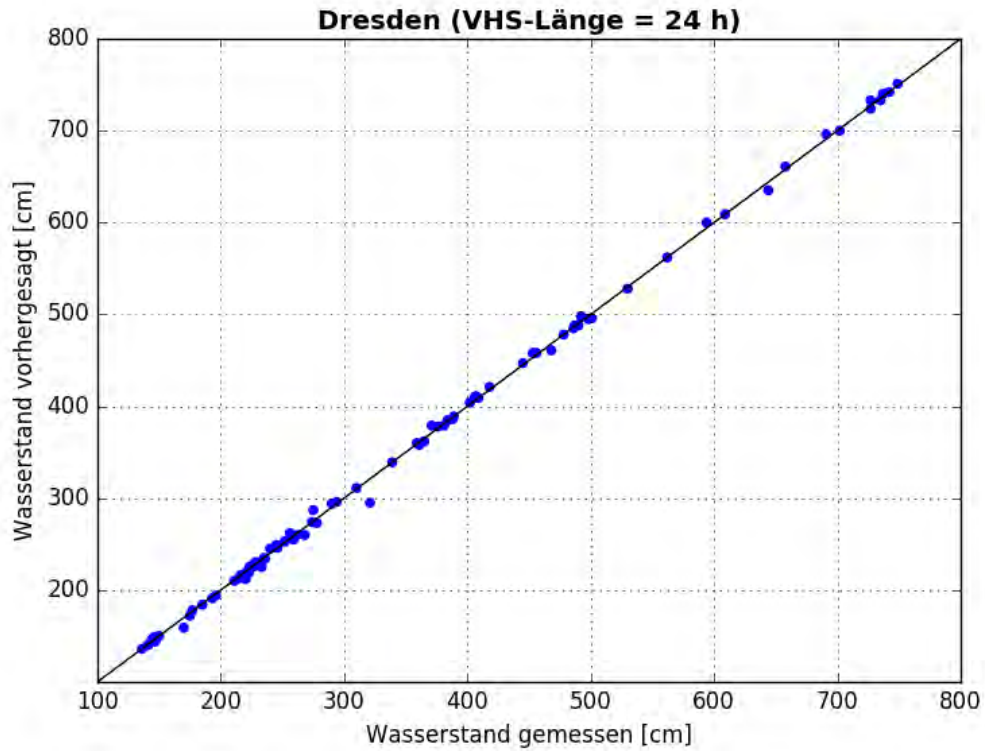


Abbildung C- 21: DRES HW2006, Scatterplot – VHS-Länge 24 h (VHS)

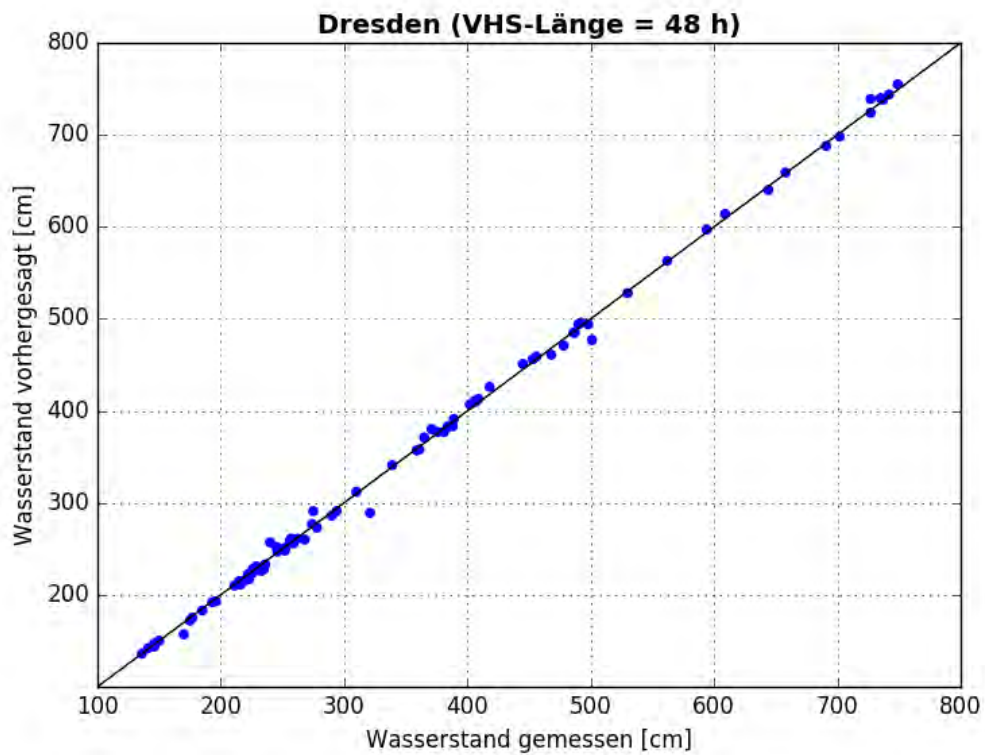


Abbildung C- 22: DRES HW2006, Scatterplot – VHS-Länge 48 h (VHS)

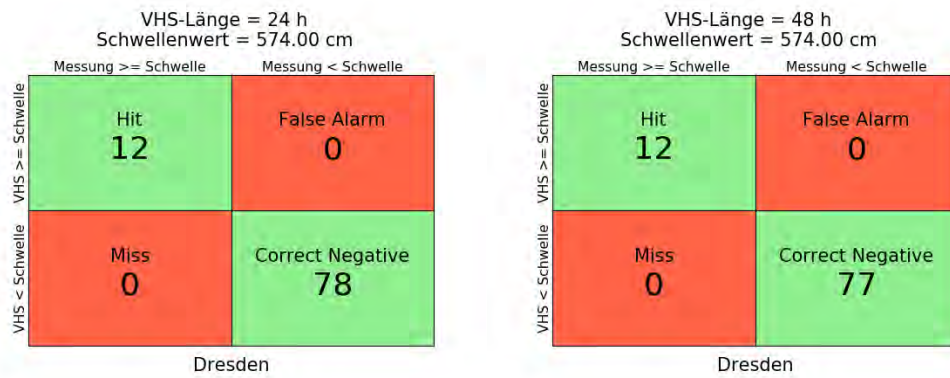


Abbildung C- 23: DRES HW2006, Kontingenztafeln Schwellenwert 574

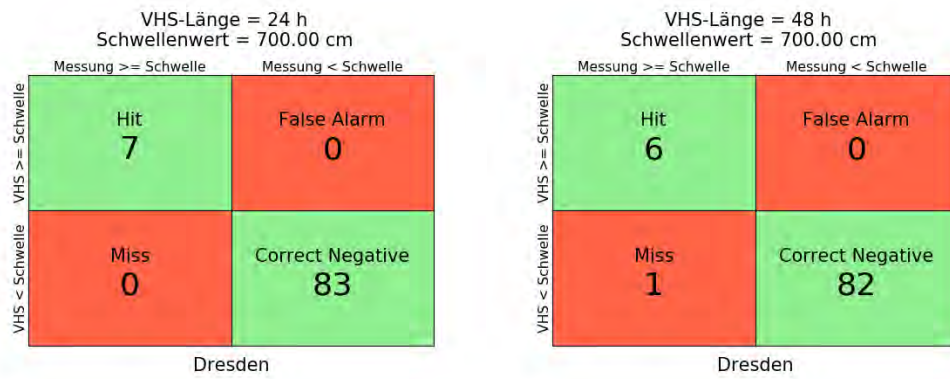


Abbildung C- 24: DRES HW2006, Kontingenztafeln Schwellenwert 700

Hochwasser Januar – Februar 2011



Abbildung C- 25: DRES HW2011, Ganglinien-Vergleich

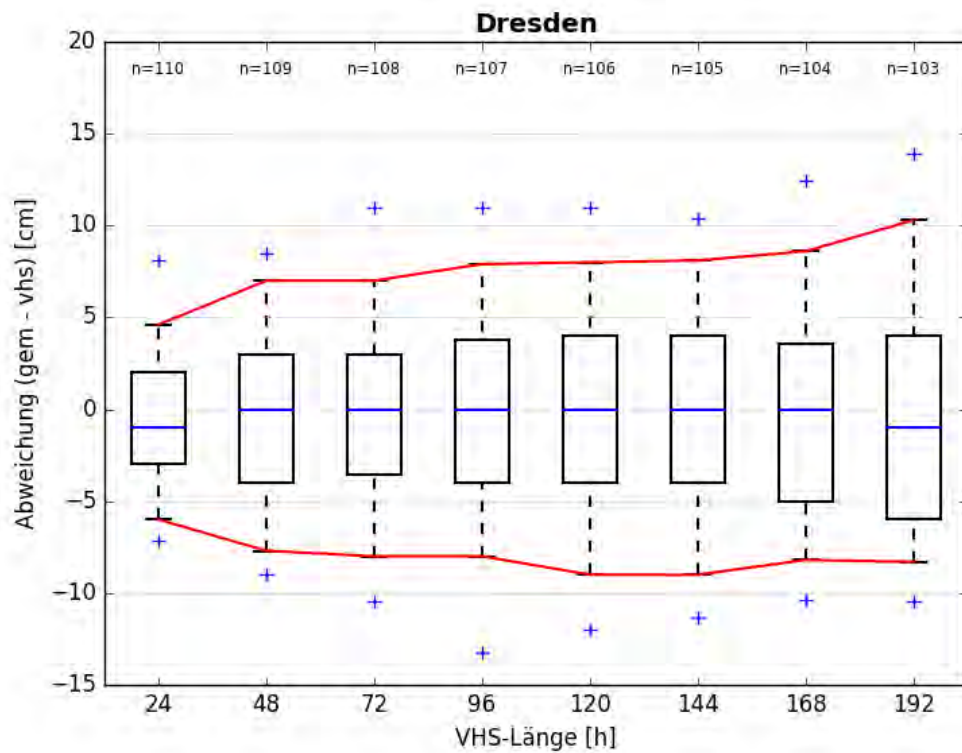


Abbildung C- 26: DRES HW2011, Boxplot

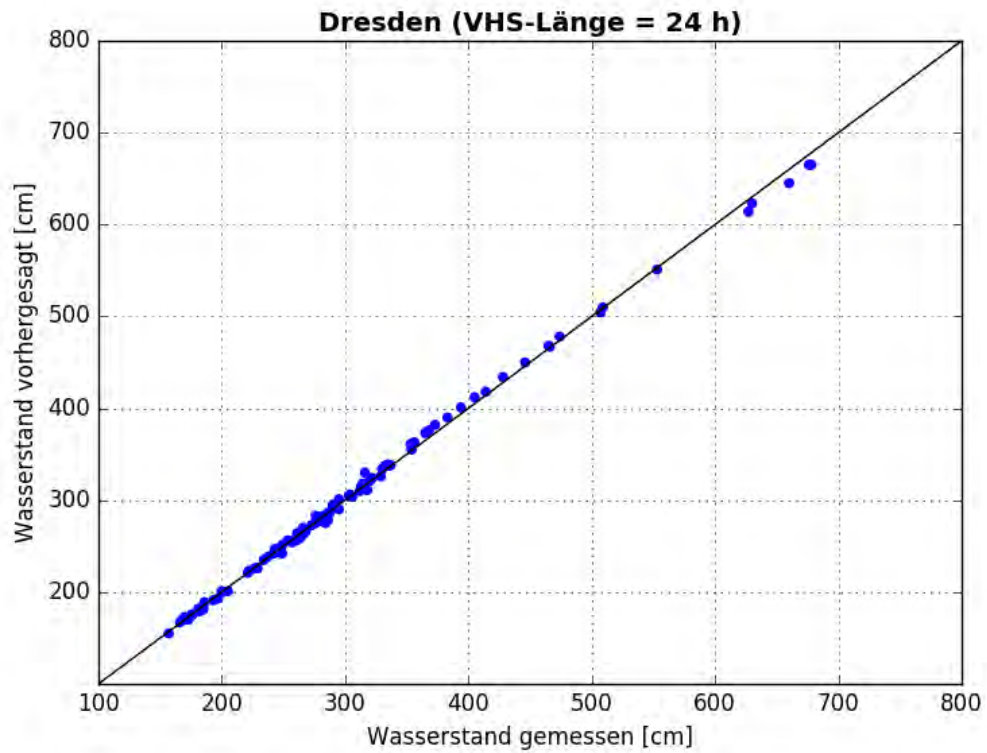


Abbildung C- 27: DRES HW2011, Scatterplot – VHS-Länge 24 h (VHS)

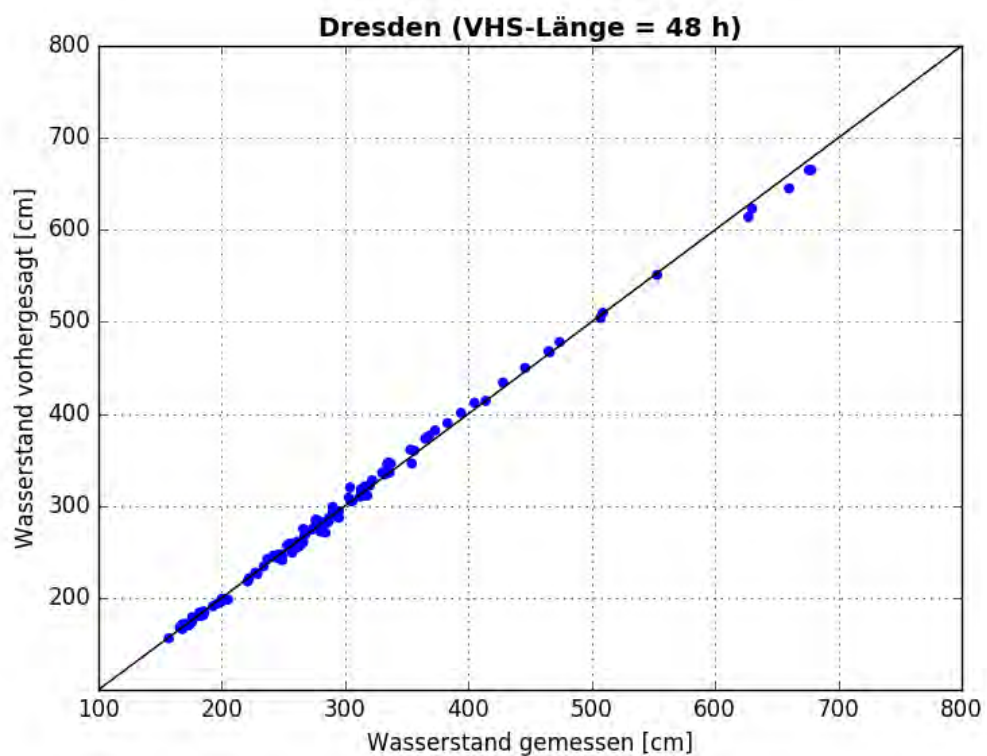


Abbildung C- 28: DRES HW2011, Scatterplot – VHS-Länge 48 h (VHS)

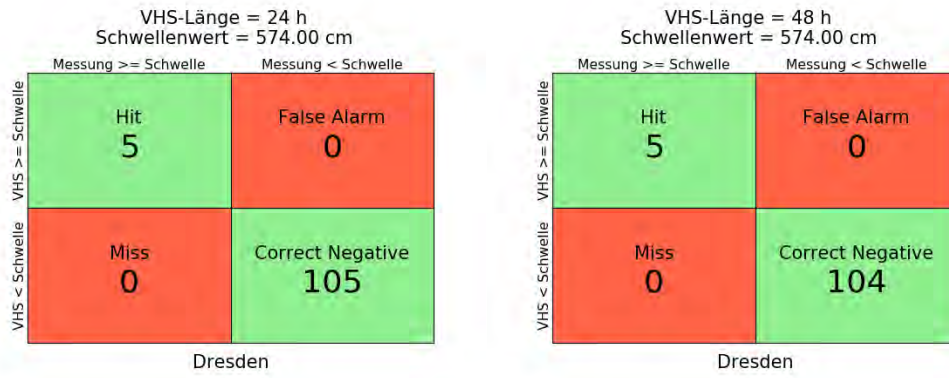


Abbildung C- 29: DRES HW2011, Kontingenztafeln Schwellenwert 574

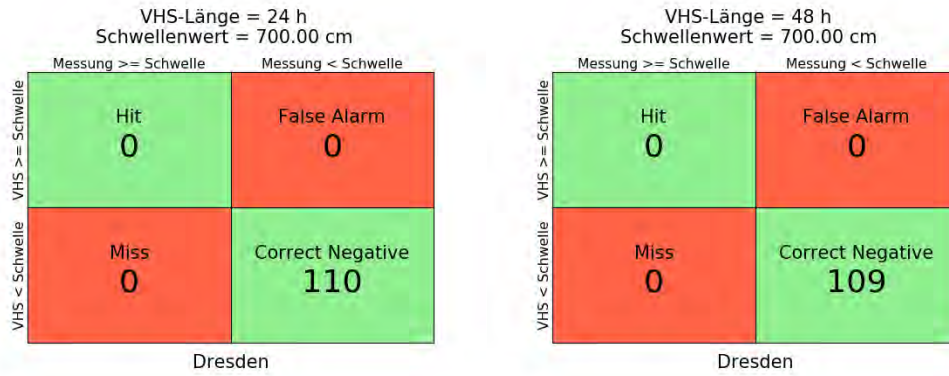


Abbildung C- 30: DRES HW2011, Kontingenztafeln Schwellenwert 700

Hochwasser Mai – Juni 2013

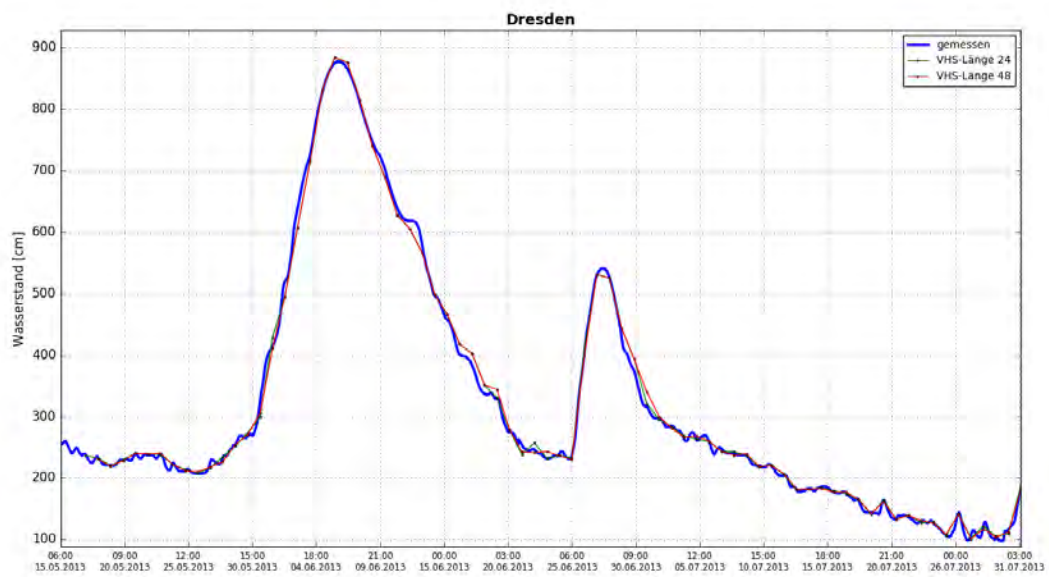


Abbildung C- 31: DRES HW2013, Ganglinien-Vergleich

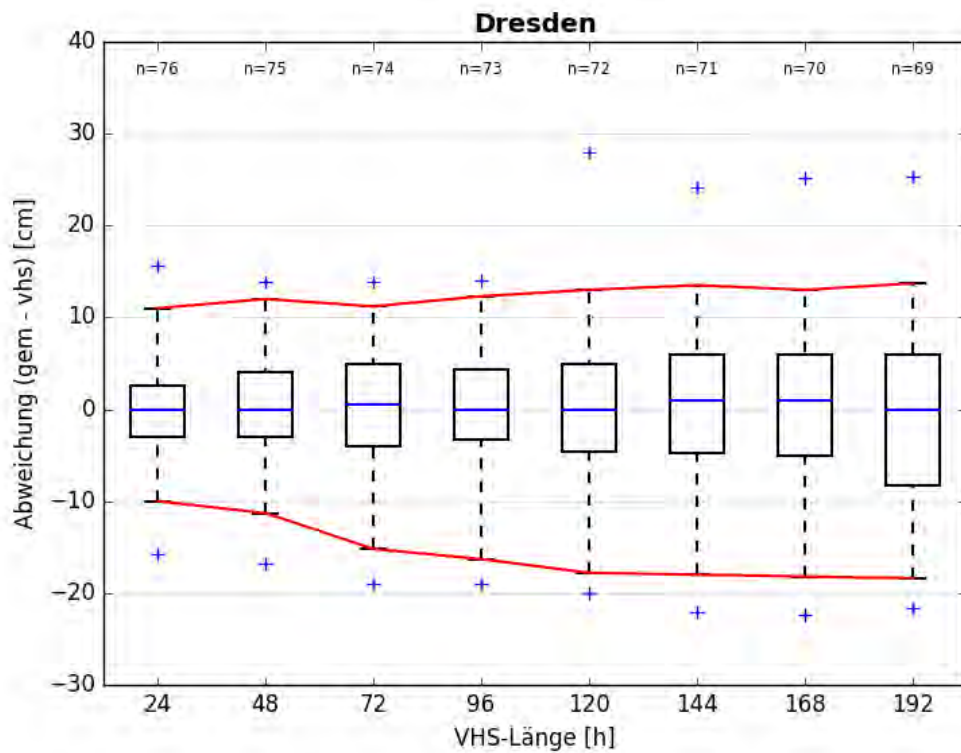


Abbildung C- 32: DRES HW2013, Boxplot

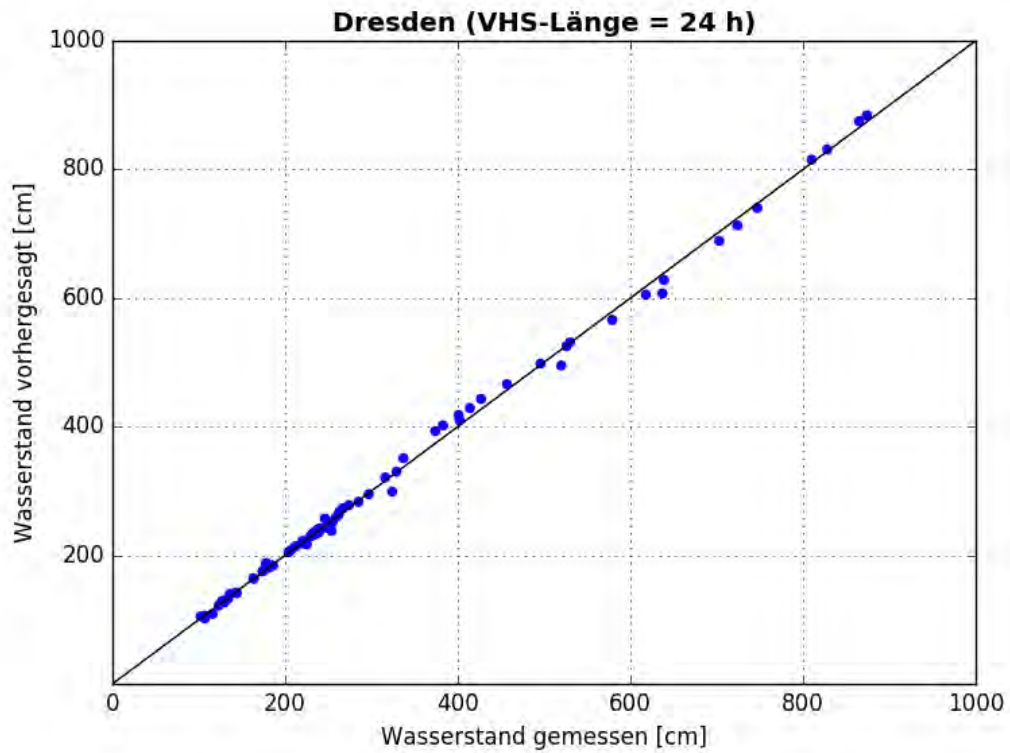


Abbildung C- 33: DRES HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 24 h (VHS)

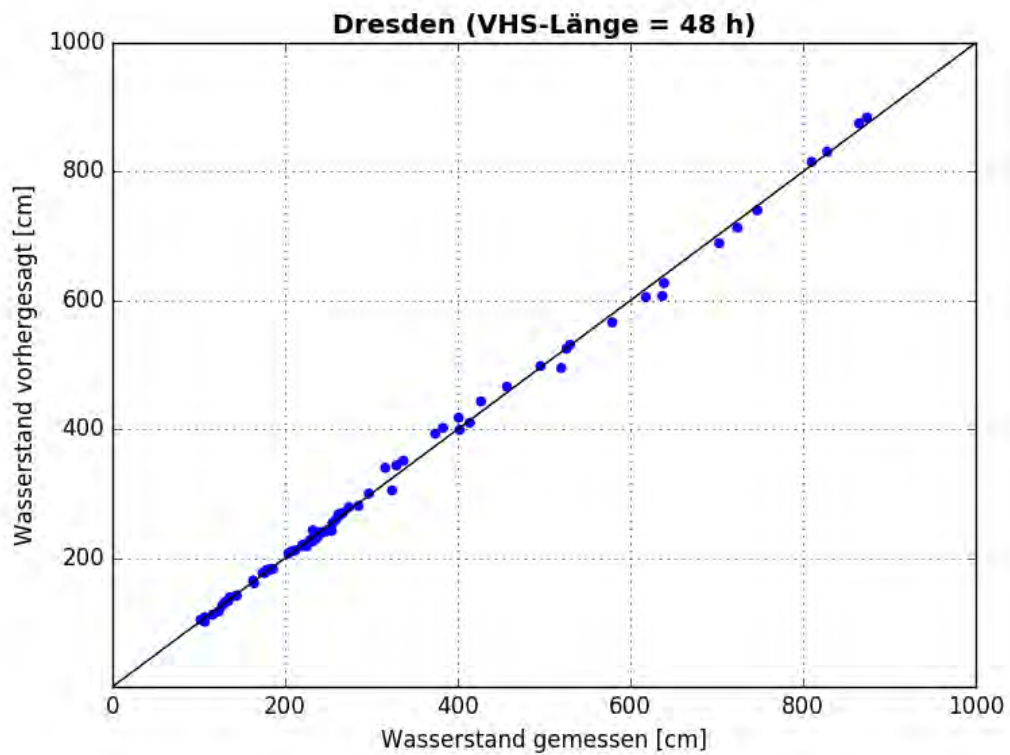


Abbildung C- 34: DRES HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 48 h (VHS)

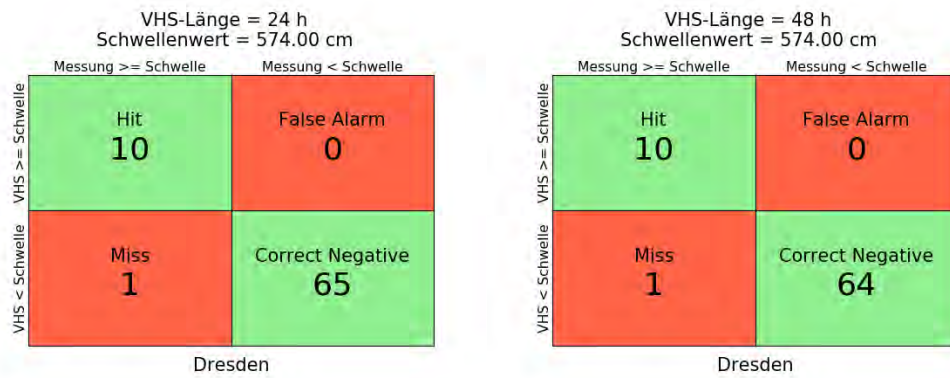


Abbildung C- 35: DRES HW2013, Kontingenztafeln Schwellenwert 574

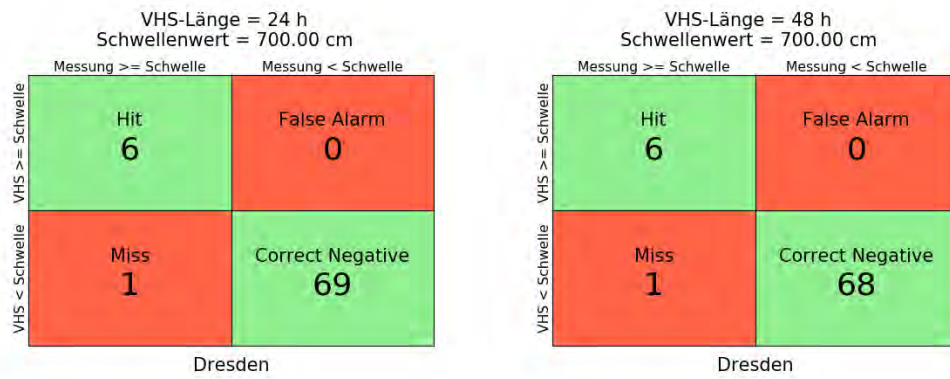


Abbildung C- 36: DRES HW2013, Kontingenztafeln Schwellenwert 700

Anlage C-3: Pegel Riesa, Elbe-km 108,4

Hochwasser April – Mai 2006

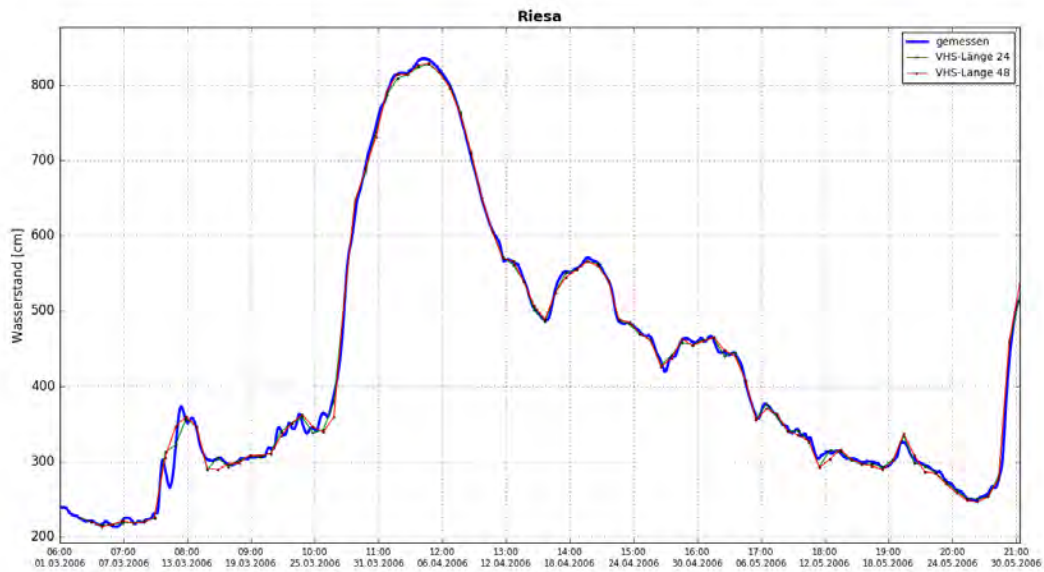


Abbildung C- 37: RIES HW2006, Ganglinien-Vergleich

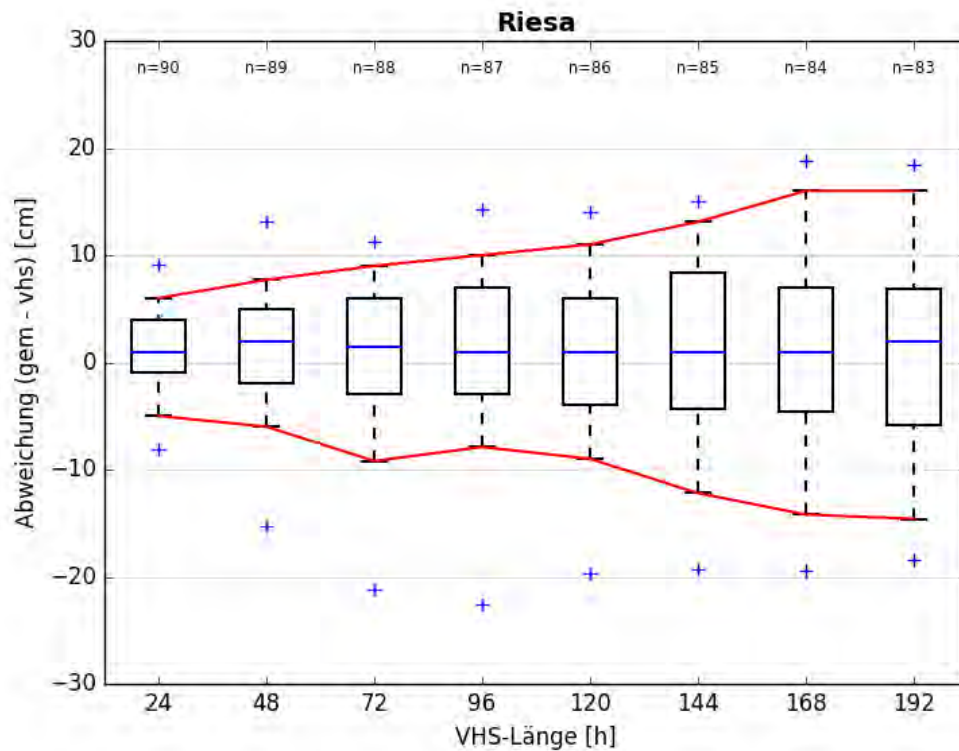


Abbildung C- 38: RIES HW2006, Boxplot

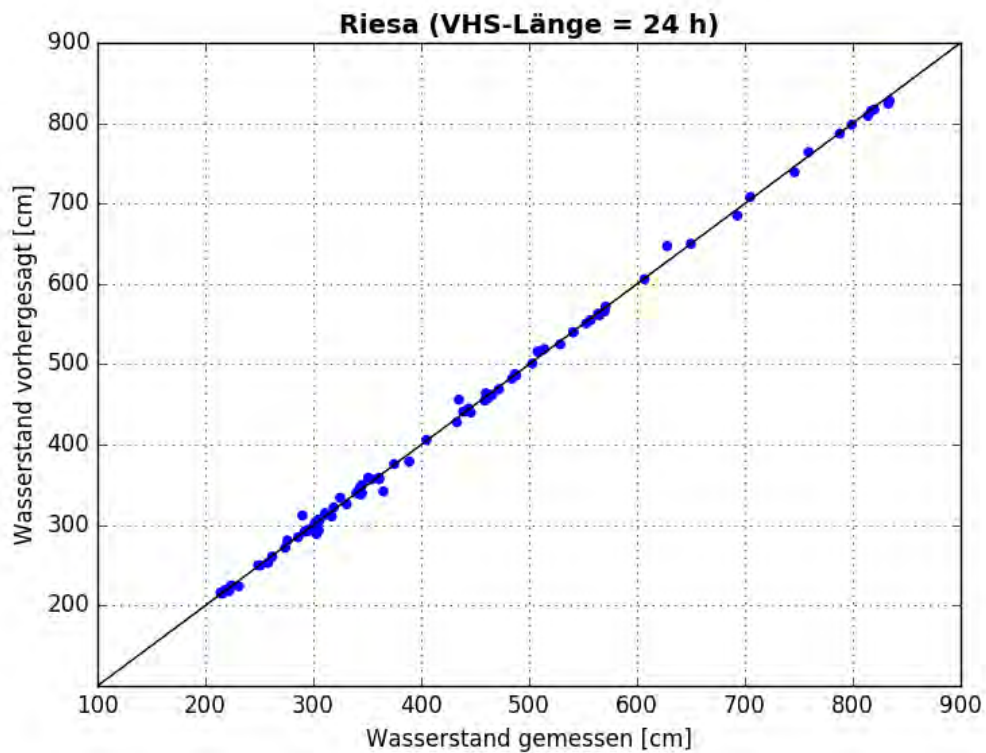


Abbildung C- 39: RIES HW2006, Scatterplot – VHS-Länge 24 h (VHS)

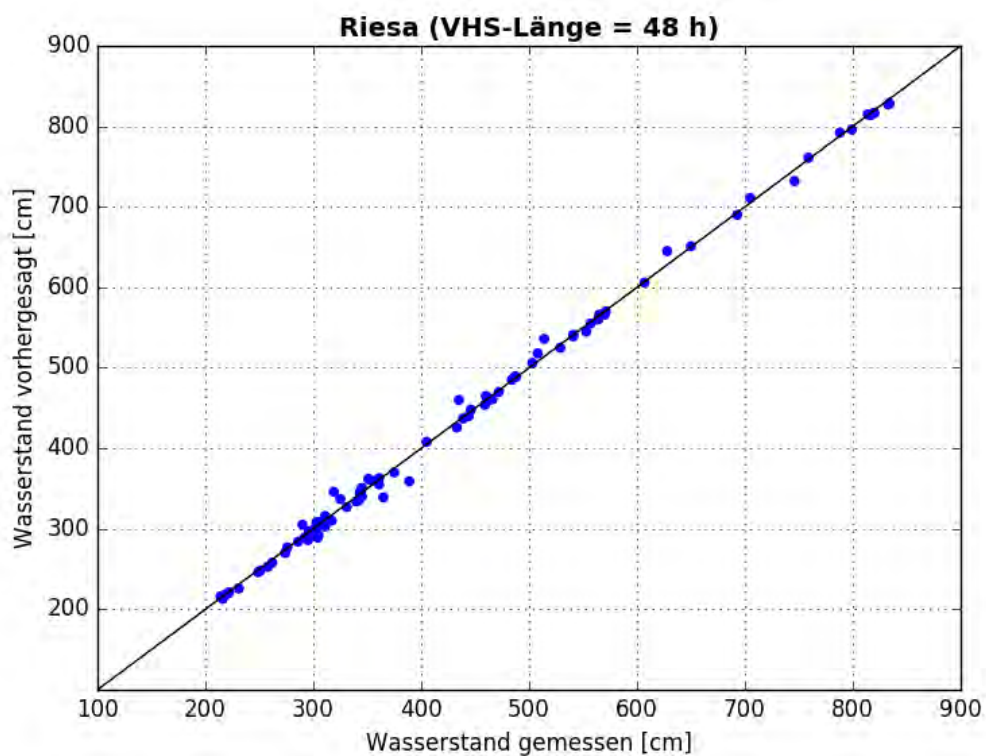


Abbildung C- 40: RIES HW2006, Scatterplot – VHS-Länge 48 h (Absch.)

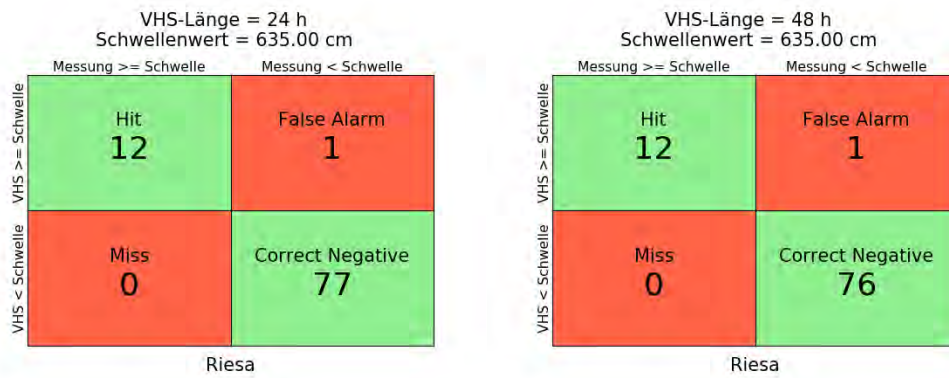


Abbildung C- 41: RIES HW2006, Kontingenztafeln Schwellenwert 635

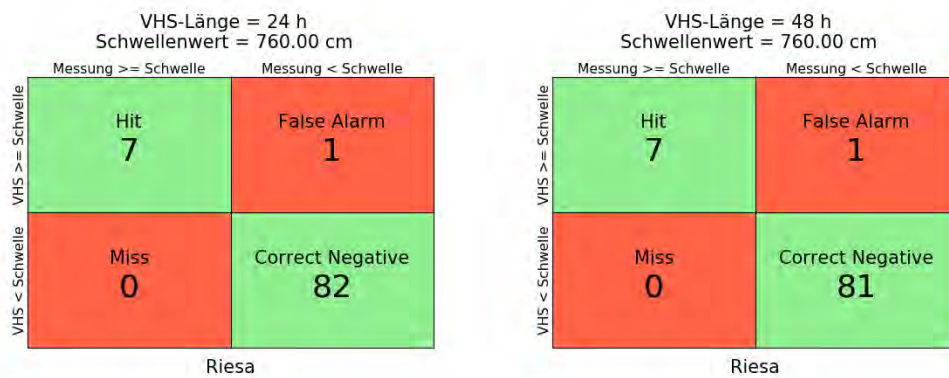


Abbildung C- 42: RIES HW2006, Kontingenztafeln Schwellenwert 760

Hochwasser Januar – Februar 2011

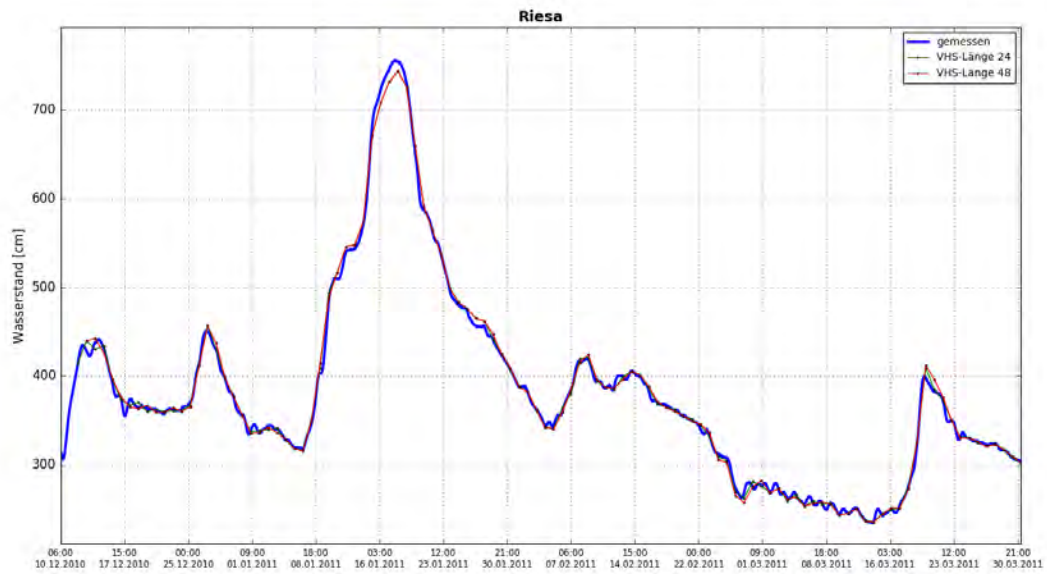


Abbildung C- 43: RIES HW2011, Ganglinien-Vergleich

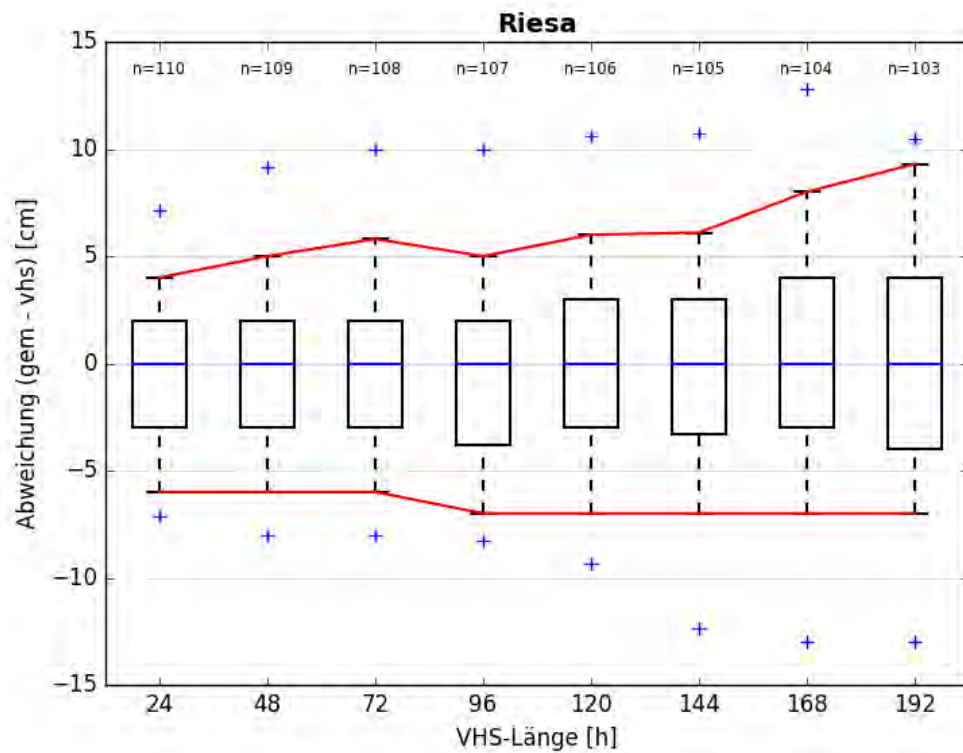


Abbildung C- 44: RIES HW2011, Boxplot

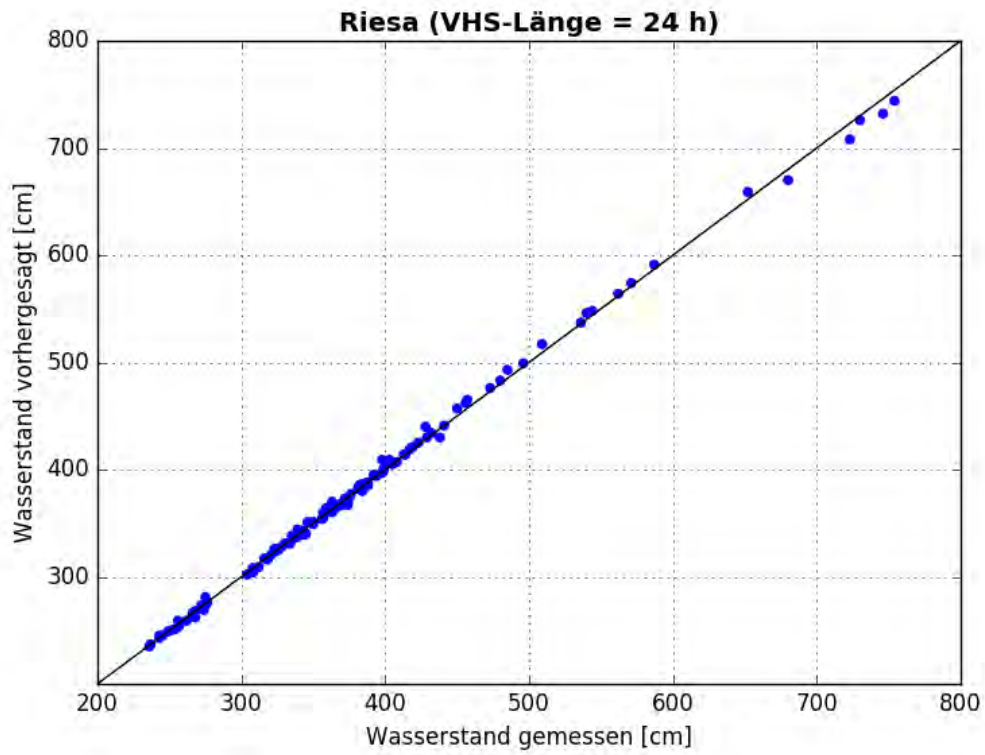


Abbildung C- 45: RIES HW2011, Scatterplot – VHS-Länge 24 h (VHS)

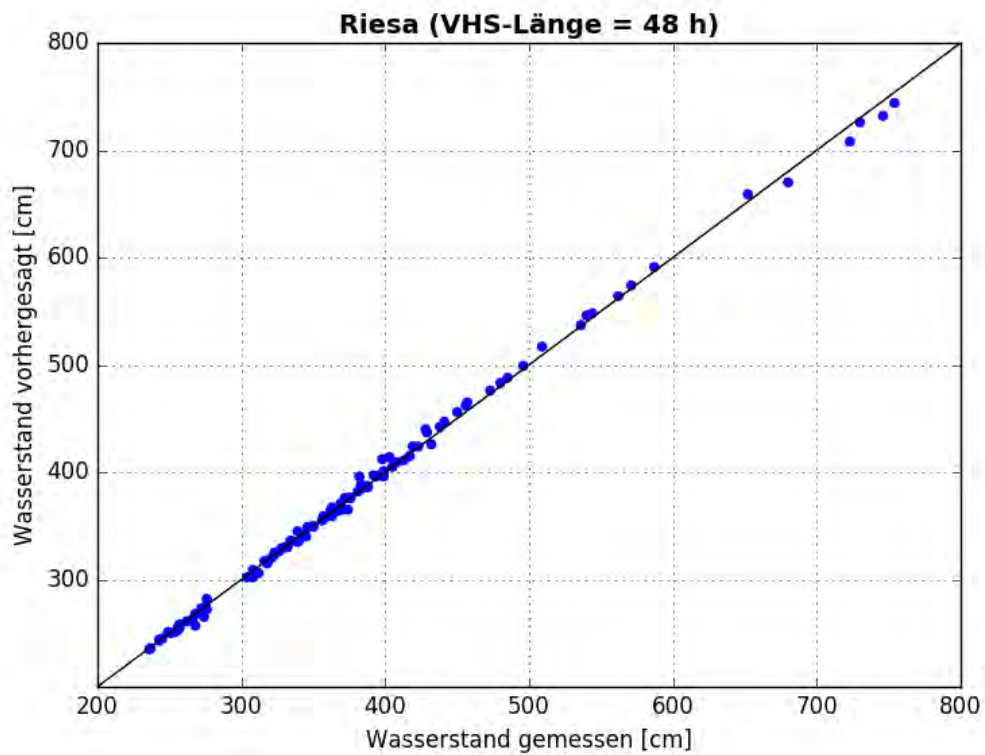


Abbildung C- 46: RIES HW2011, Scatterplot – VHS-Länge 48 h (Absch.)

VHS-Länge = 24 h
Schwellenwert = 635.00 cm

		Messung \geq Schwelle	Messung $<$ Schwelle
VHS $>$ Schwelle	Hit	6	False Alarm 0
	Miss	0	Correct Negative 104

Riesa

VHS-Länge = 48 h
Schwellenwert = 635.00 cm

		Messung \geq Schwelle	Messung $<$ Schwelle
VHS $>$ Schwelle	Hit	6	False Alarm 0
	Miss	0	Correct Negative 103

Riesa

Abbildung C- 47: RIES HW2011, Kontingenztafeln Schwellenwert 635

VHS-Länge = 24 h
Schwellenwert = 760.00 cm

		Messung \geq Schwelle	Messung $<$ Schwelle
VHS $>$ Schwelle	Hit	0	False Alarm 0
	Miss	0	Correct Negative 110

Riesa

VHS-Länge = 48 h
Schwellenwert = 760.00 cm

		Messung \geq Schwelle	Messung $<$ Schwelle
VHS $>$ Schwelle	Hit	0	False Alarm 0
	Miss	0	Correct Negative 109

Riesa

Abbildung C- 48: RIES HW2011, Kontingenztafeln Schwellenwert 760

Hochwasser Mai – Juni 2013

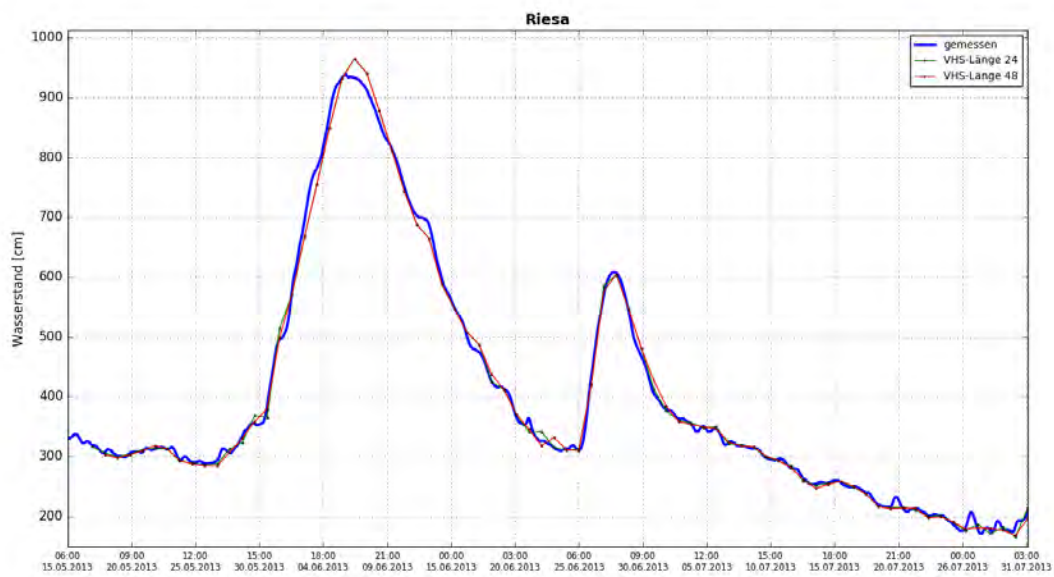


Abbildung C- 49: RIES HW2013, Ganglinien-Vergleich

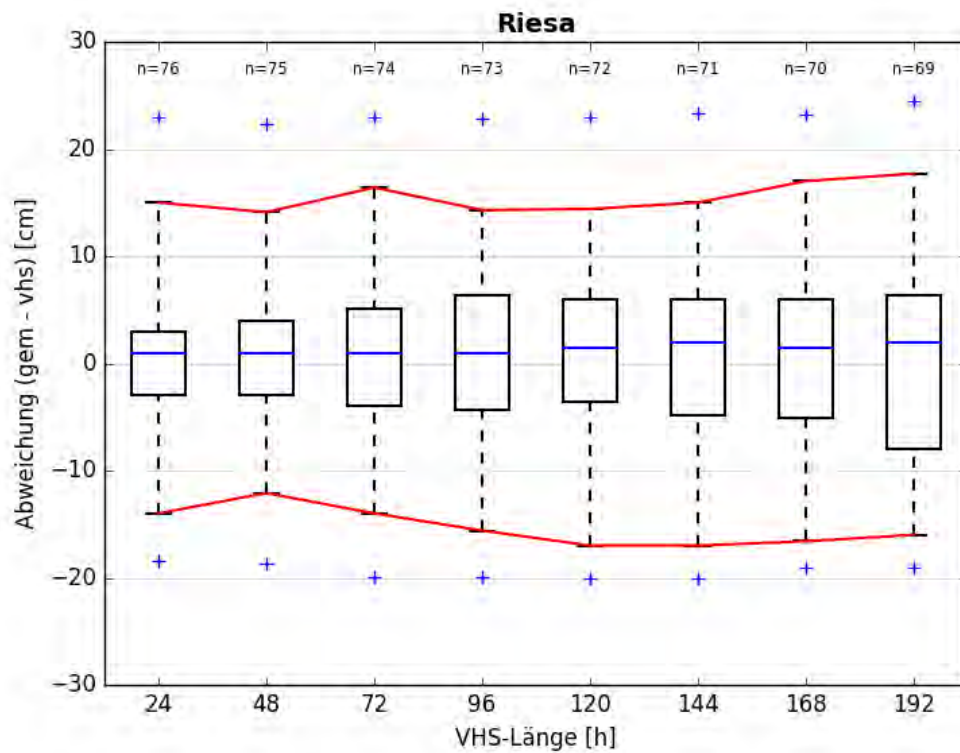


Abbildung C- 50: RIES HW2013, Boxplot

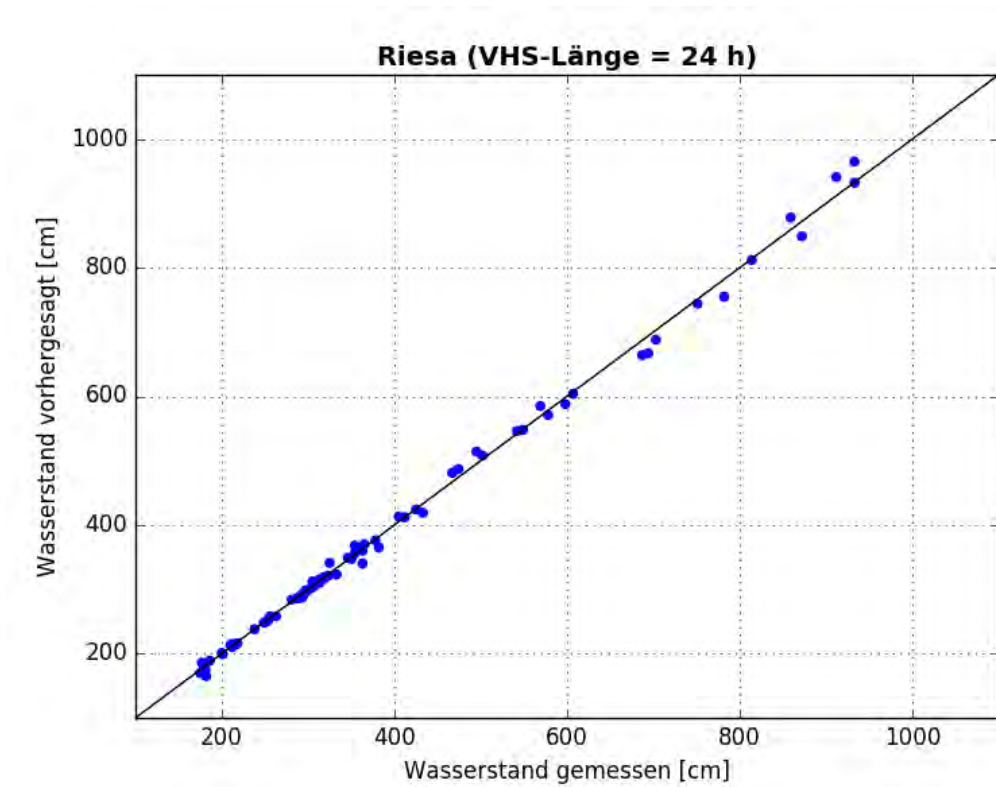


Abbildung C- 51: RIES HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 24 h (VHS)

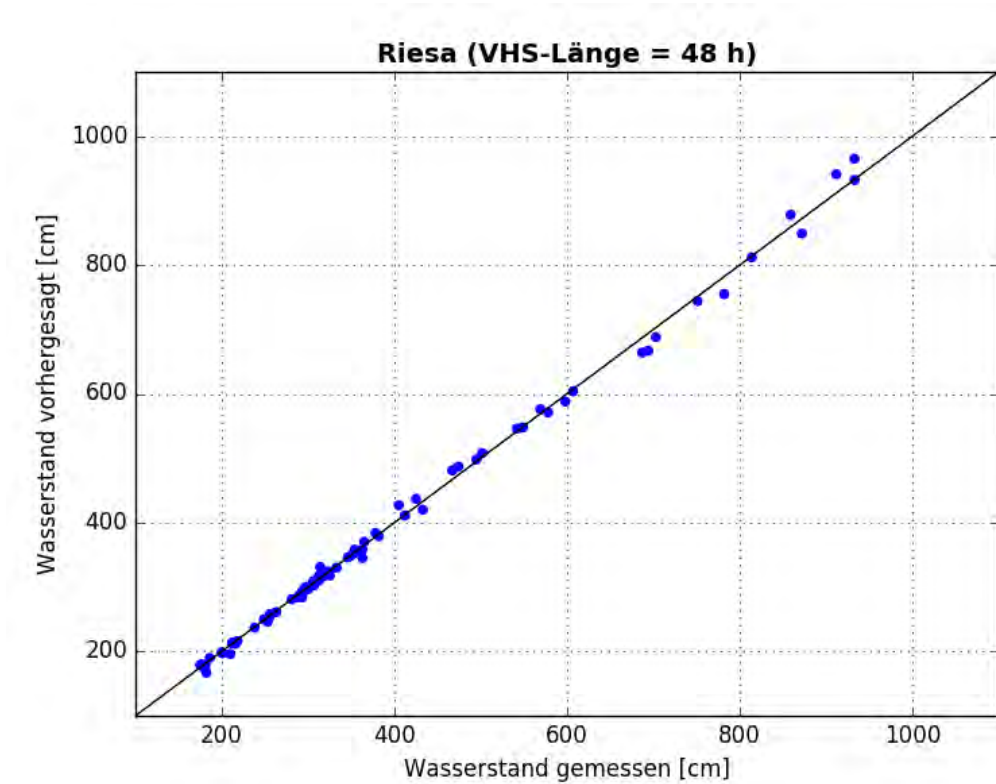


Abbildung C- 52: RIES HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 48 h (VHS)

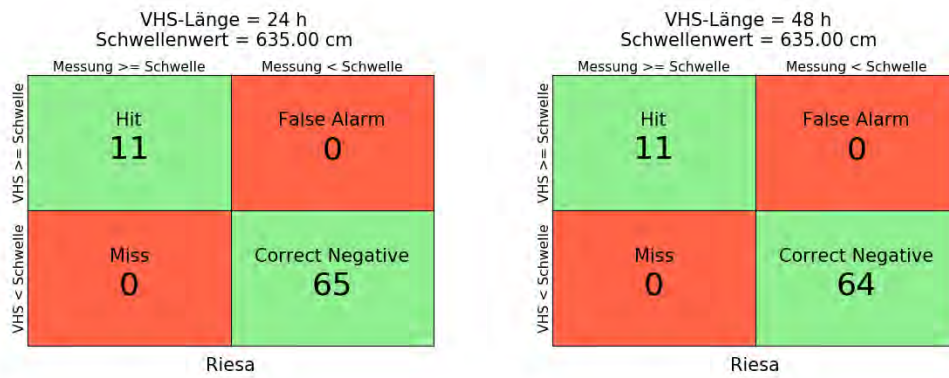


Abbildung C- 53: RIES HW2013, Kontingenztafeln Schwellenwert 635

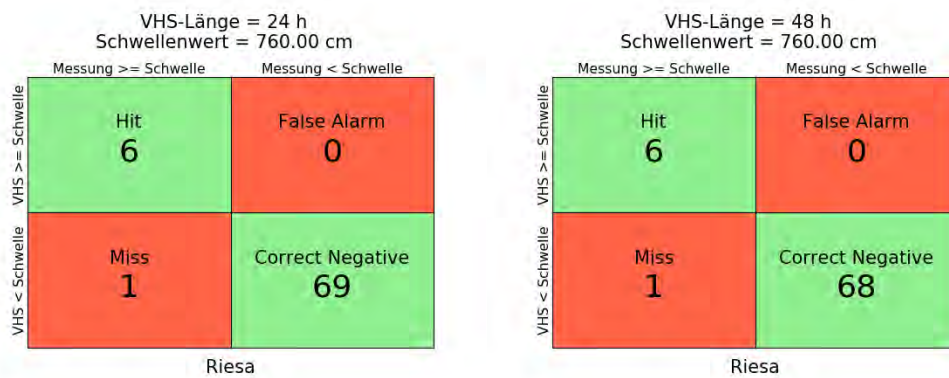


Abbildung C- 54: RIES HW2013, Kontingenztafeln Schwellenwert 760

Anlage C-4: Pegel Torgau, Elbe-km 154,15

Hochwasser April – Mai 2006

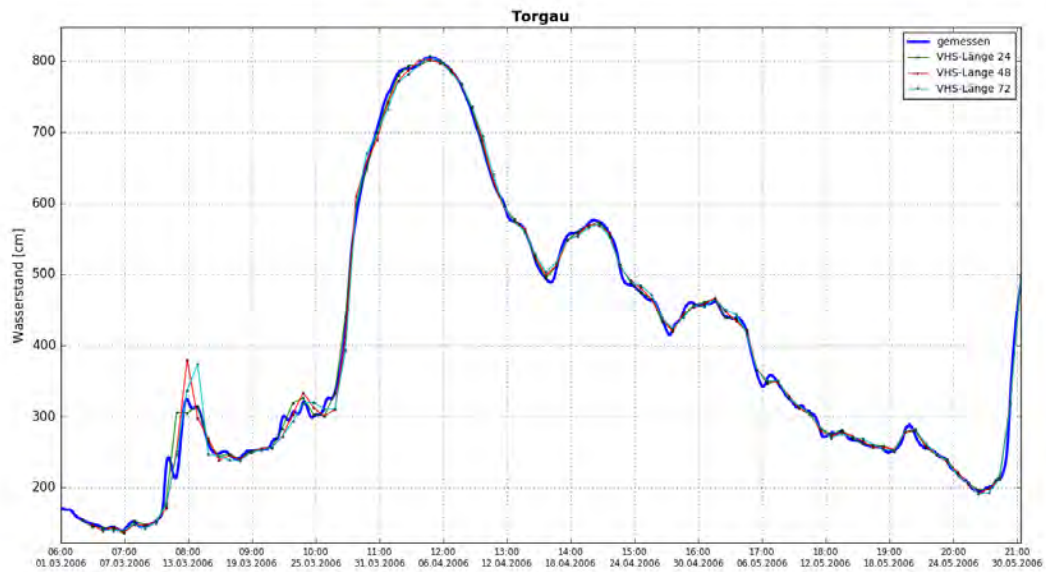


Abbildung C- 55: TORG HW2006, Ganglinien-Vergleich

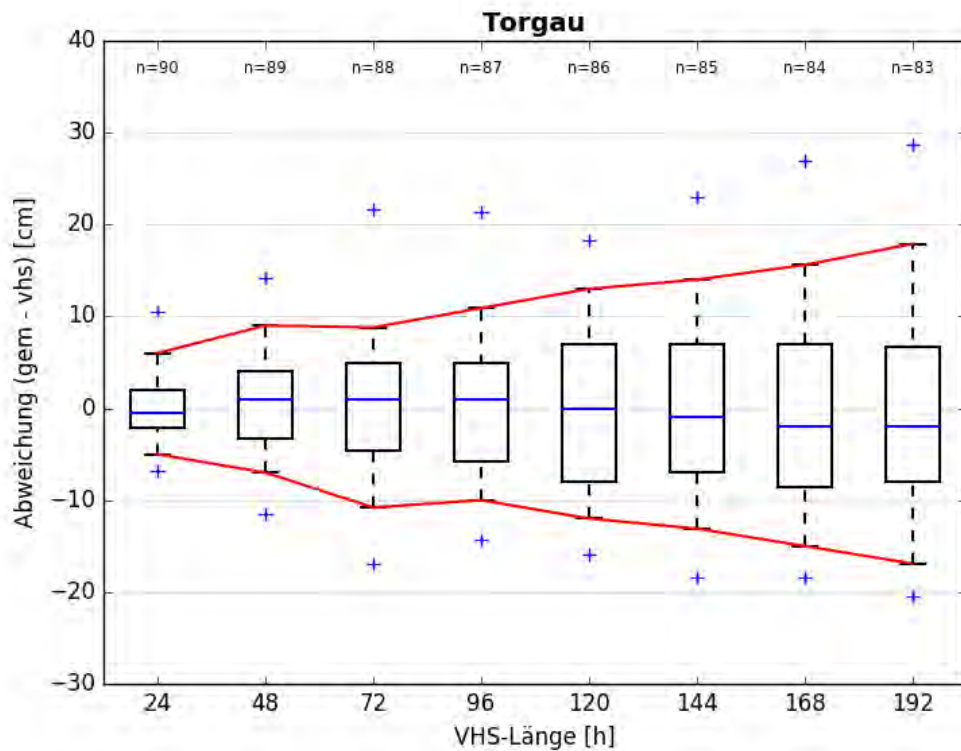


Abbildung C- 56: TORG HW2006, Boxplot

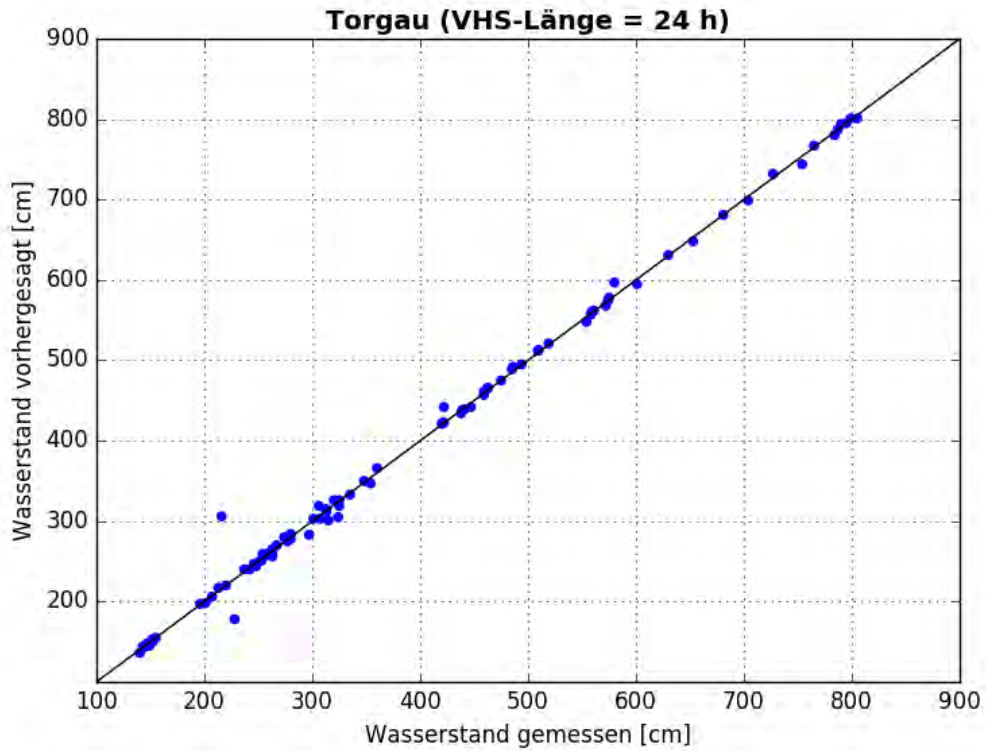


Abbildung C- 57: TORG HW2006, Scatterplot – VHS-Länge 24 h (VHS)

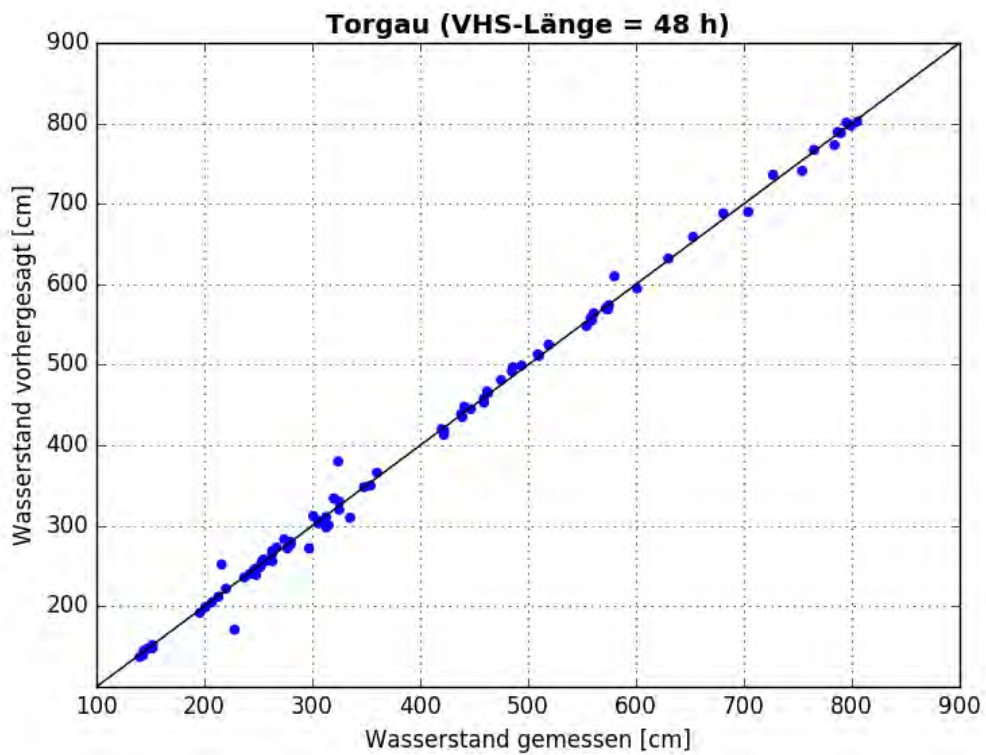


Abbildung C- 58: TORG HW2006, Scatterplot – VHS-Länge 48 h (VHS)

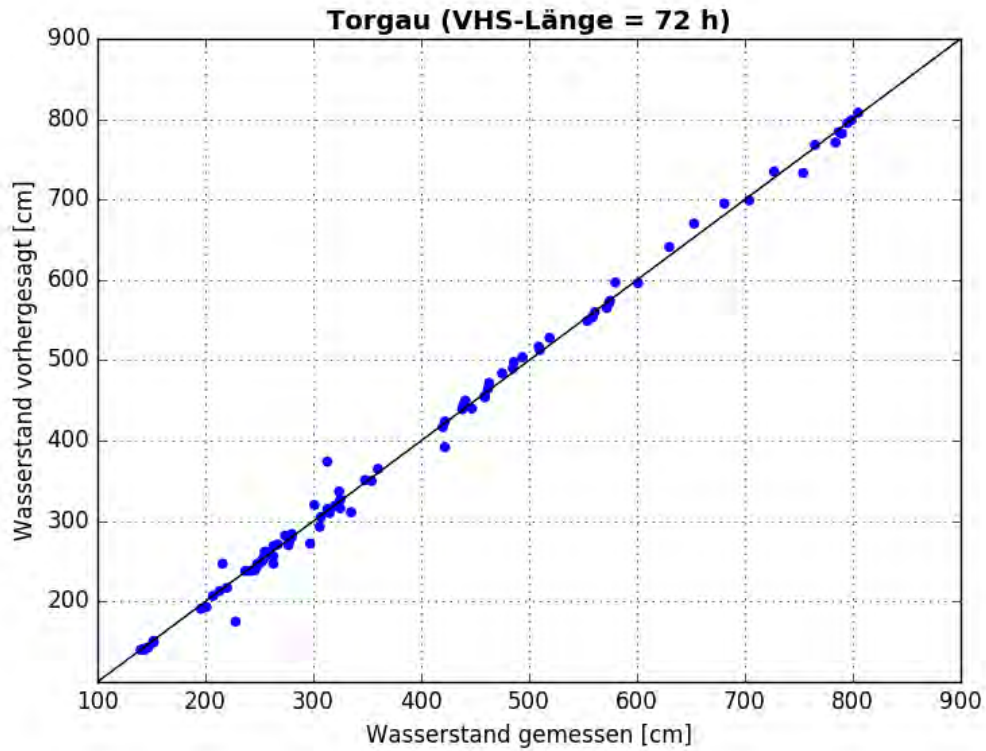


Abbildung C- 59: TORG HW2006, Scatterplot – VHS-Länge 72 h (Absch.)

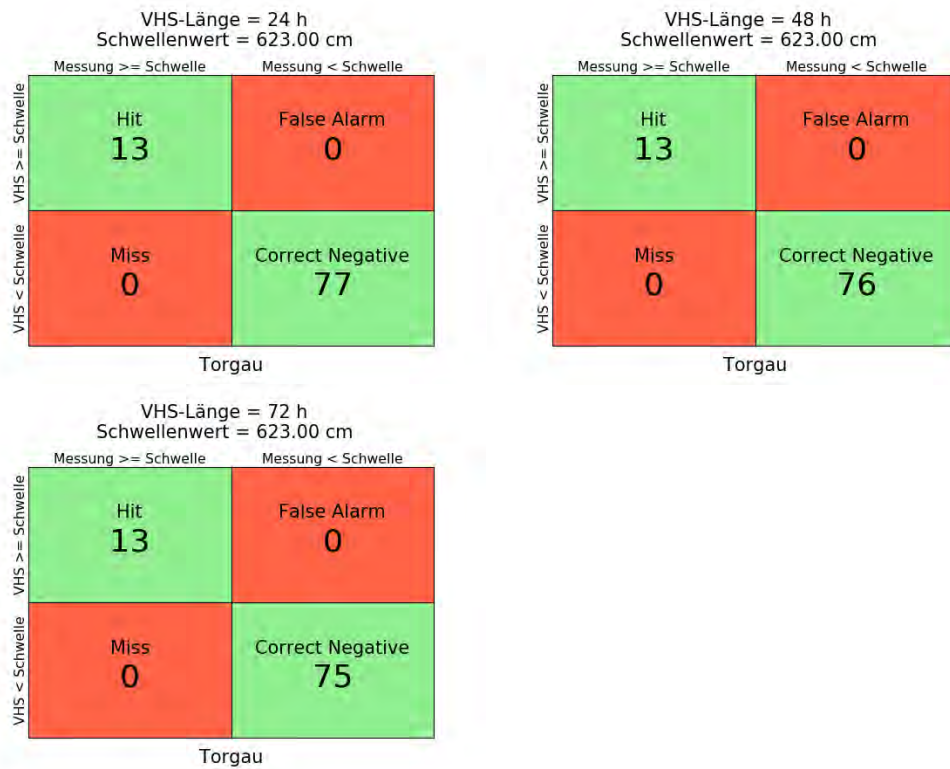


Abbildung C- 60: TORG HW2011, Kontingenztafeln Schwellenwert 623

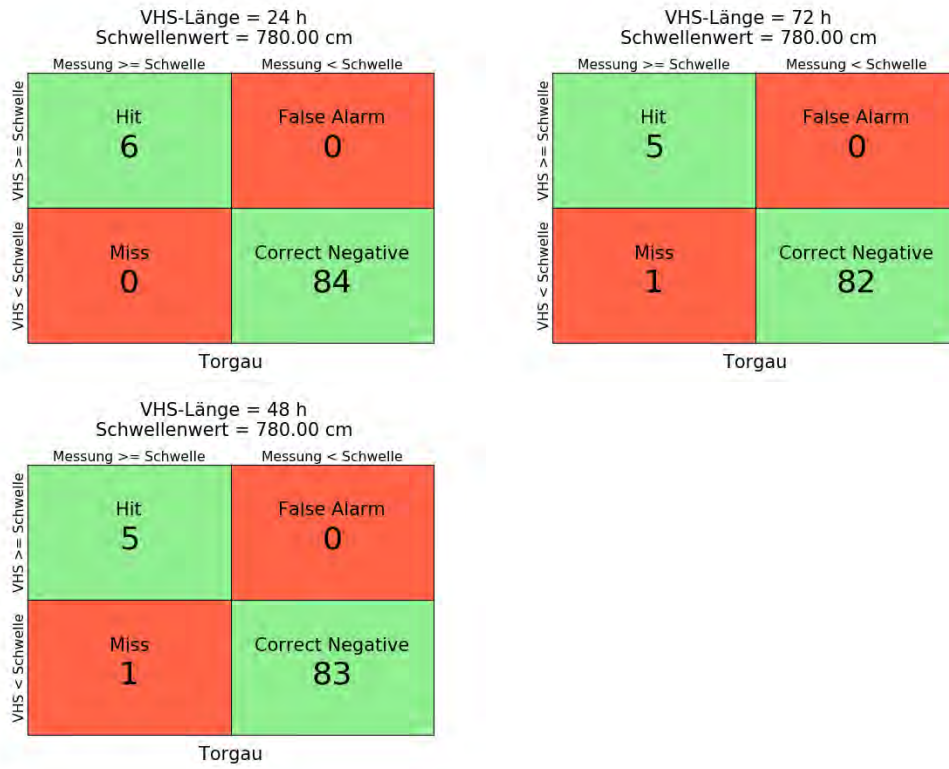


Abbildung C- 61: TORG HW2011, Kontingenztafeln Schwellenwert 780

Hochwasser Januar – Februar 2011

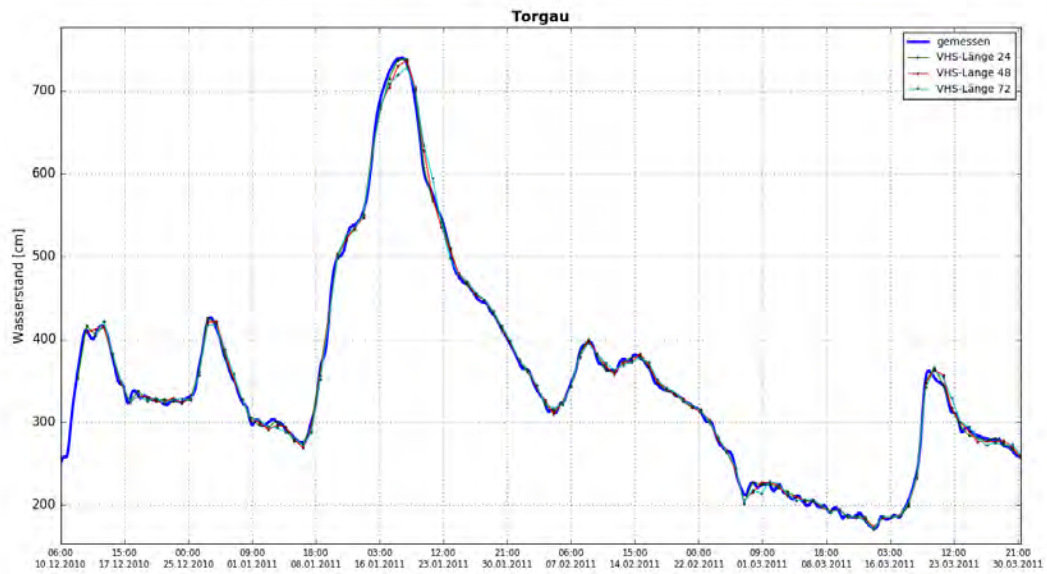


Abbildung C- 62: TORG HW2011, Ganglinien-Vergleich

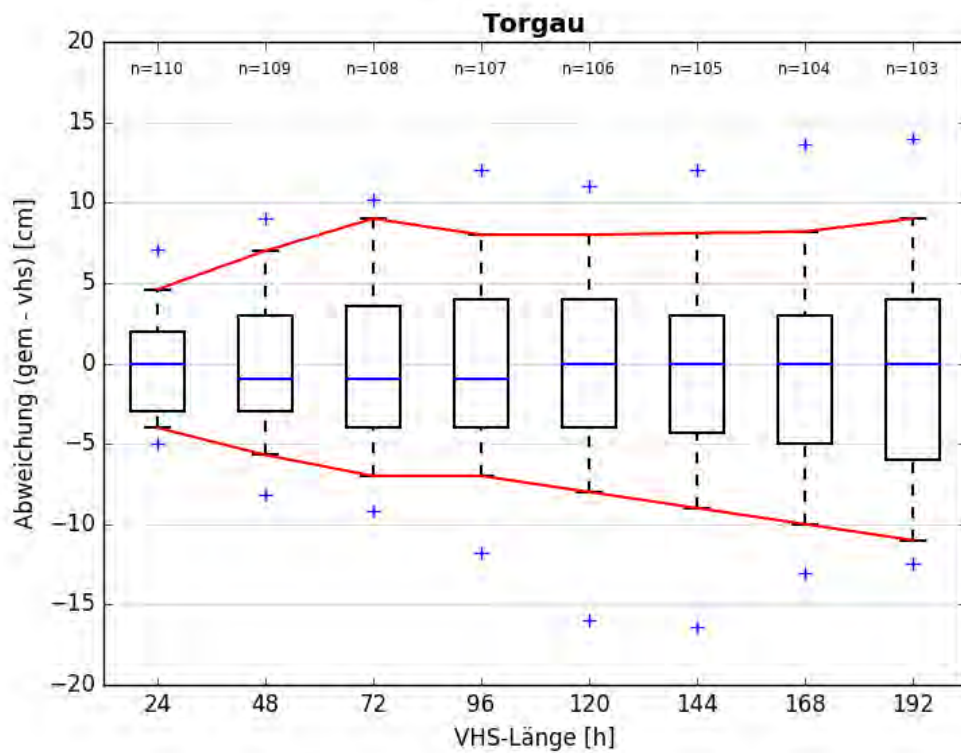


Abbildung C- 63: TORG HW2011, Boxplot

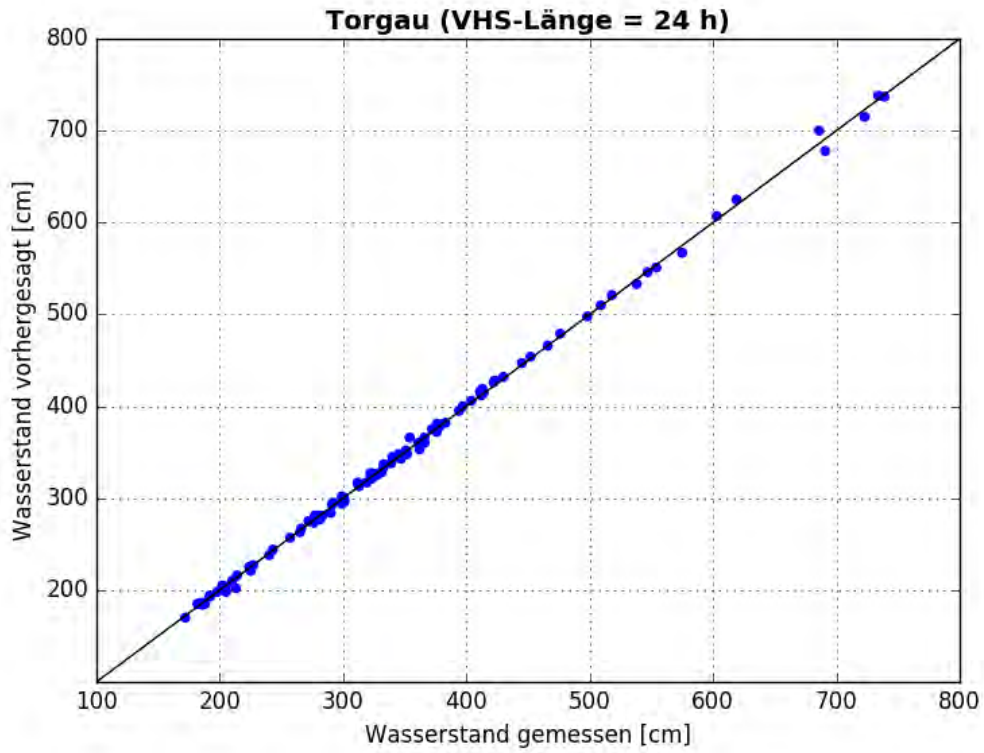


Abbildung C- 64: TORG HW2011, Scatterplot – VHS-Länge 24 h (VHS)

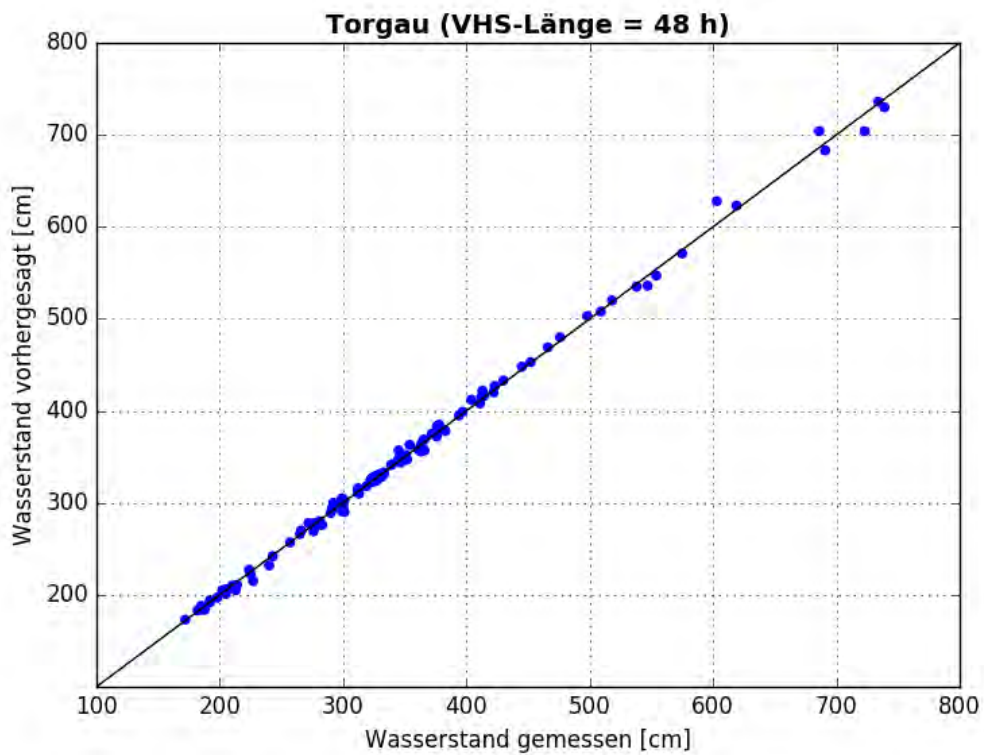


Abbildung C- 65: TORG HW2011, Scatterplot – VHS-Länge 48 h (VHS)

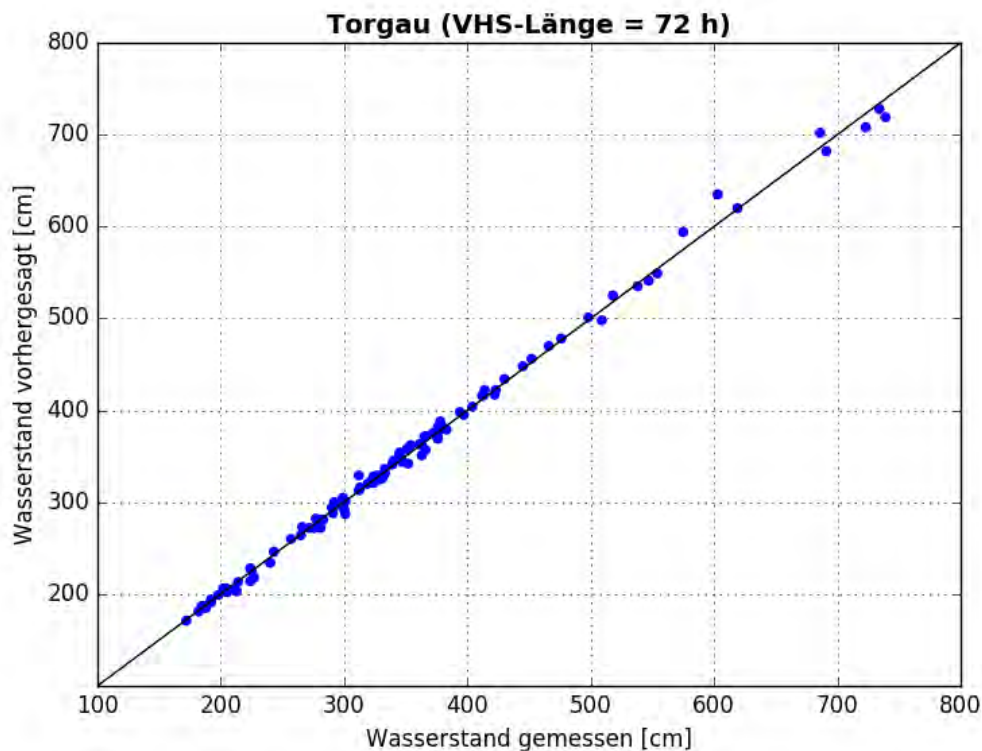


Abbildung C- 66: TORG HW2011, Scatterplot – VHS-Länge 72 h (Absch.)

VHS-Länge = 24 h
Schwellenwert = 623.00 cm

		Messung	
		≥ Schwelle	< Schwelle
VHS	≥ Schwelle	Hit 5	False Alarm 1
	< Schwelle	Miss 0	Correct Negative 104

Torgau

VHS-Länge = 48 h
Schwellenwert = 623.00 cm

		Messung	
		≥ Schwelle	< Schwelle
VHS	≥ Schwelle	Hit 5	False Alarm 2
	< Schwelle	Miss 0	Correct Negative 102

Torgau

VHS-Länge = 72 h
Schwellenwert = 623.00 cm

		Messung	
		≥ Schwelle	< Schwelle
VHS	≥ Schwelle	Hit 5	False Alarm 1
	< Schwelle	Miss 0	Correct Negative 102

Torgau

Abbildung C- 67: TORG HW2011, Kontingenztafeln Schwellenwert 623

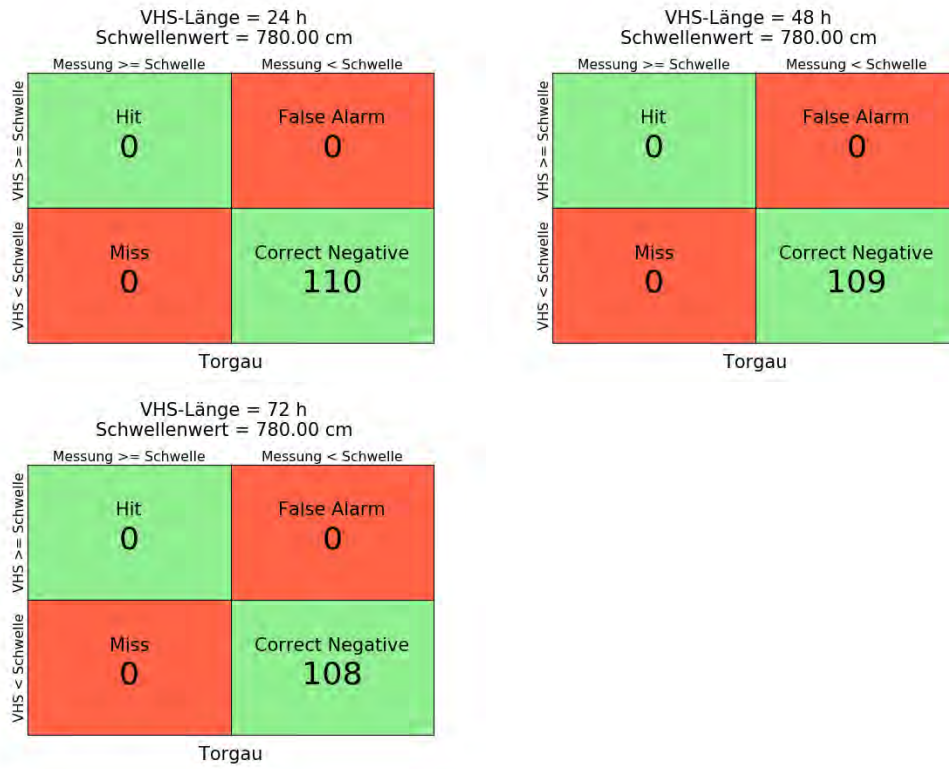


Abbildung C- 68: TORG HW2011, Kontingenztafeln Schwellenwert 780

Hochwasser Mai – Juni 2013

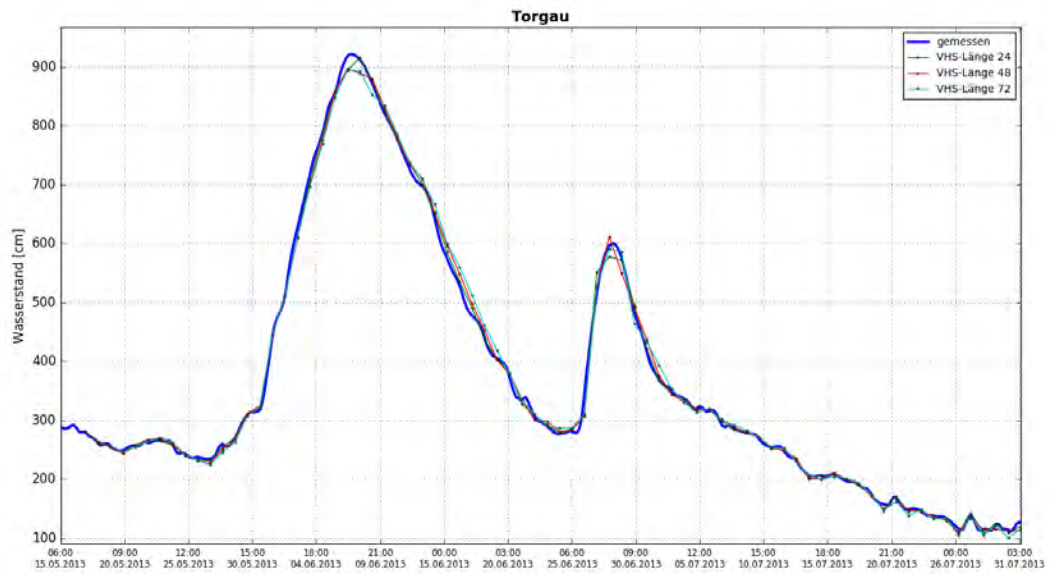


Abbildung C- 69: TORG HW2013, Ganglinien-Vergleich

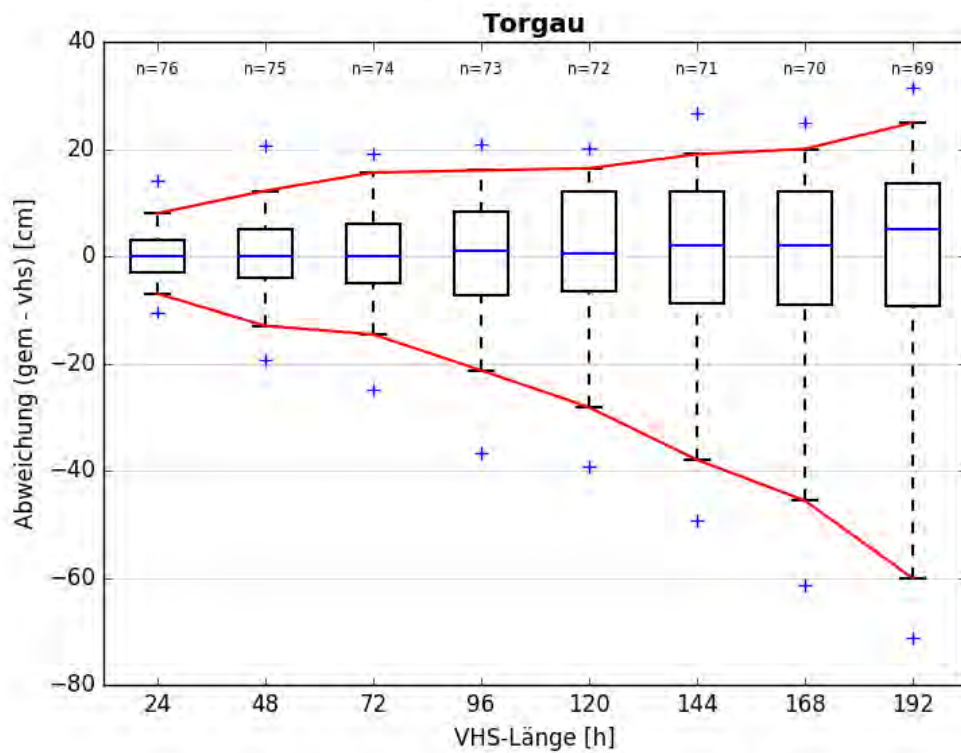


Abbildung C- 70: TORG HW2013, Boxplot

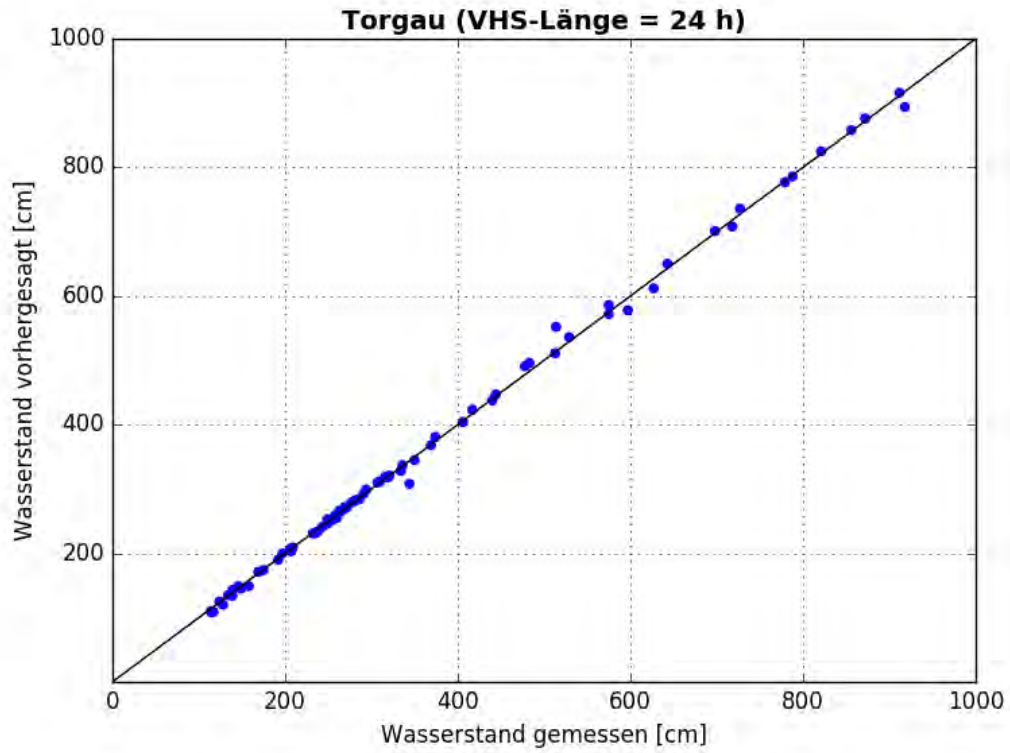


Abbildung C- 71: TORG HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 24 h (VHS)

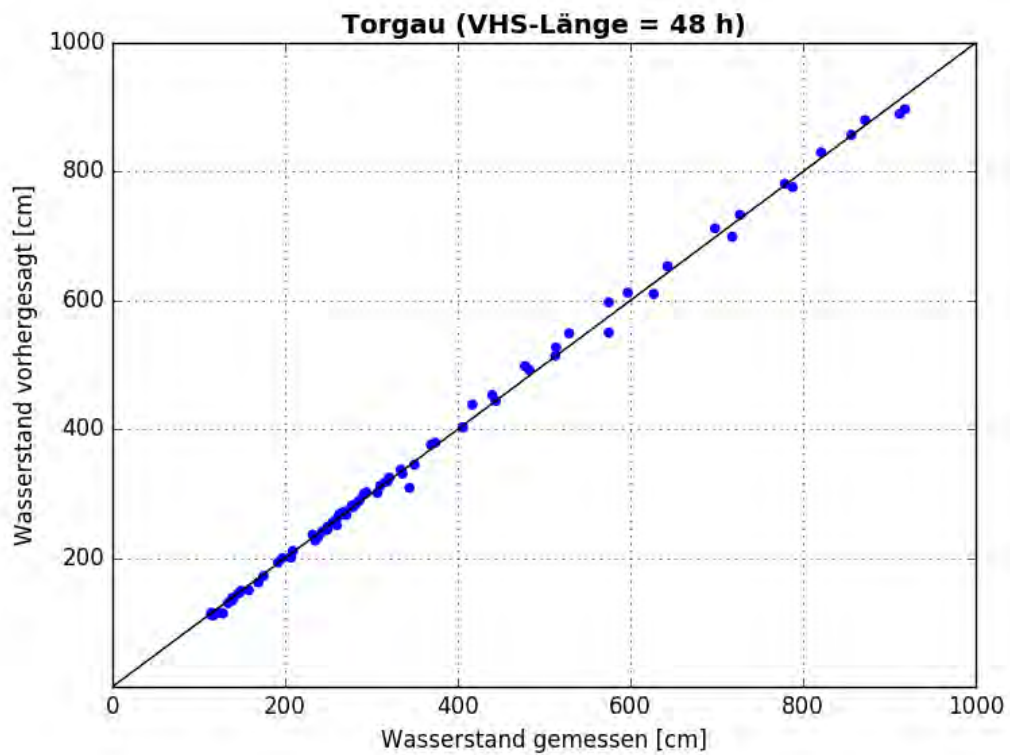


Abbildung C- 72: TORG HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 48 h (VHS)

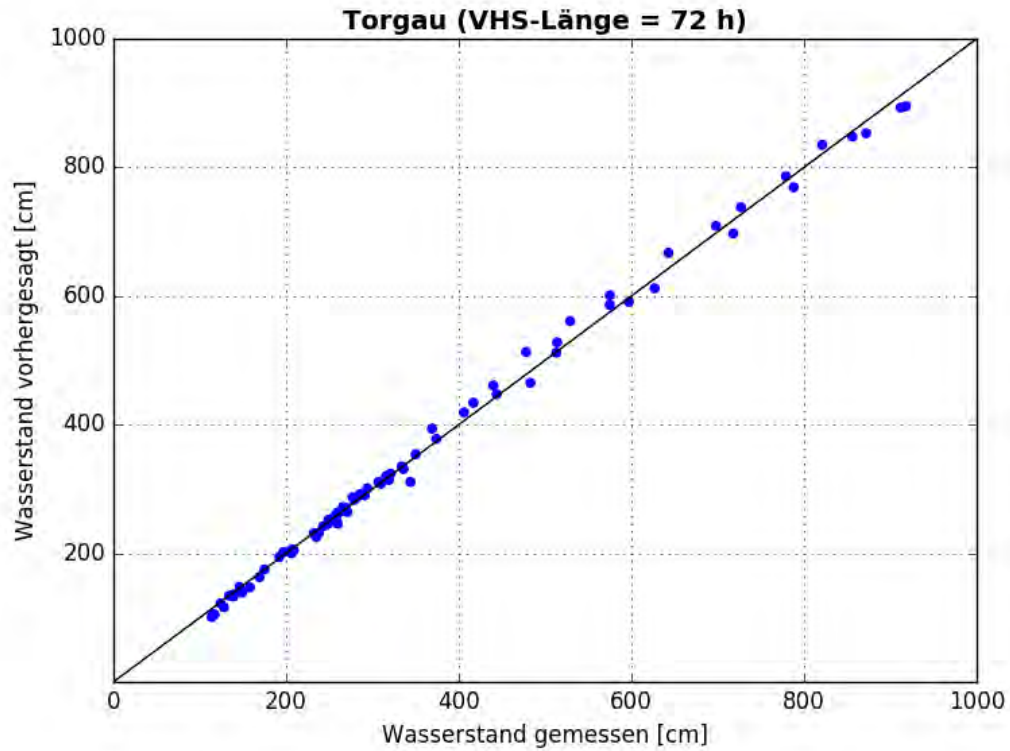


Abbildung C- 73: TORG HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 72 h (Absch.)

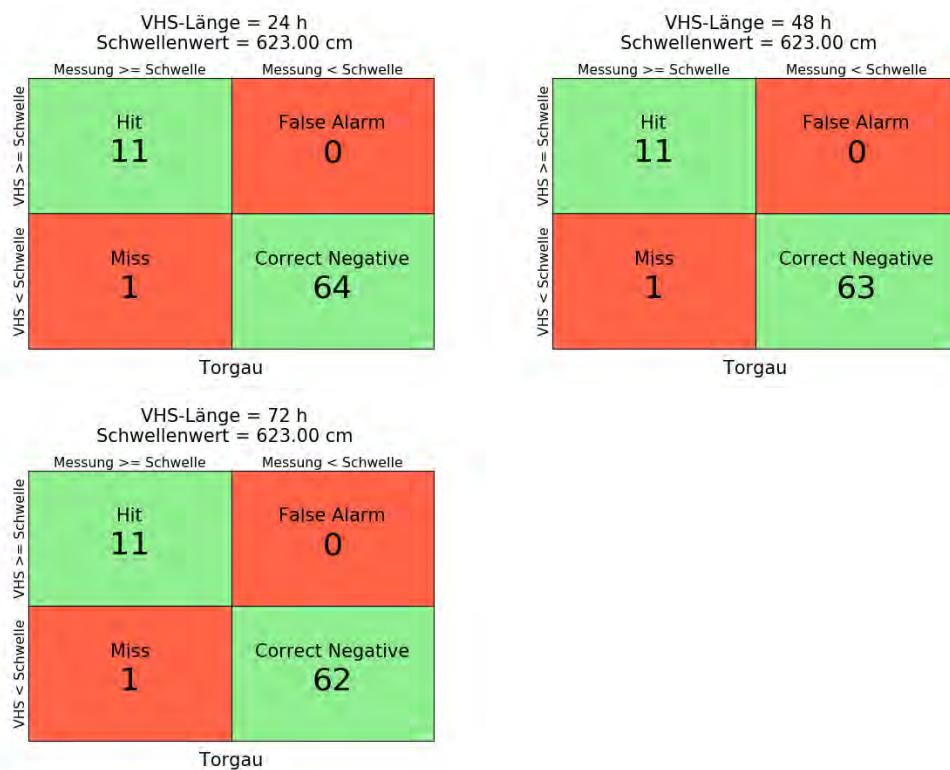


Abbildung C- 74: TORG HW2013, Kontingenztafeln Schwellenwert 623

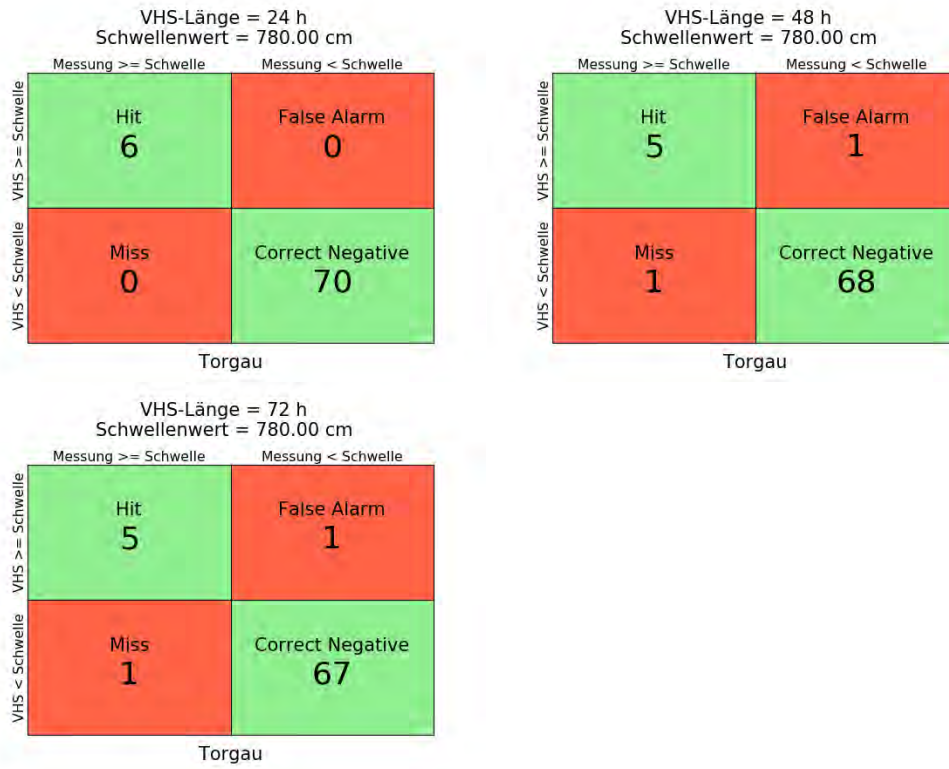


Abbildung C- 75: TORG HW2013, Kontingenztafeln Schwellenwert 780

Anlage C-5: Pegel Wittenberg/L., Elbe-km 214,14

Hochwasser April – Mai 2006

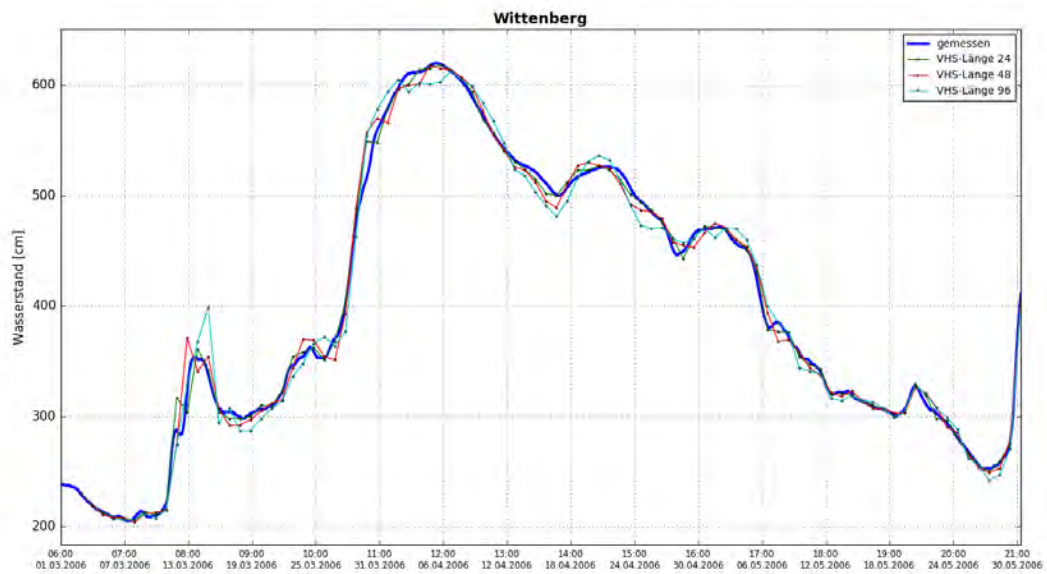


Abbildung C- 76: WITT HW2006, Ganglinien-Vergleich

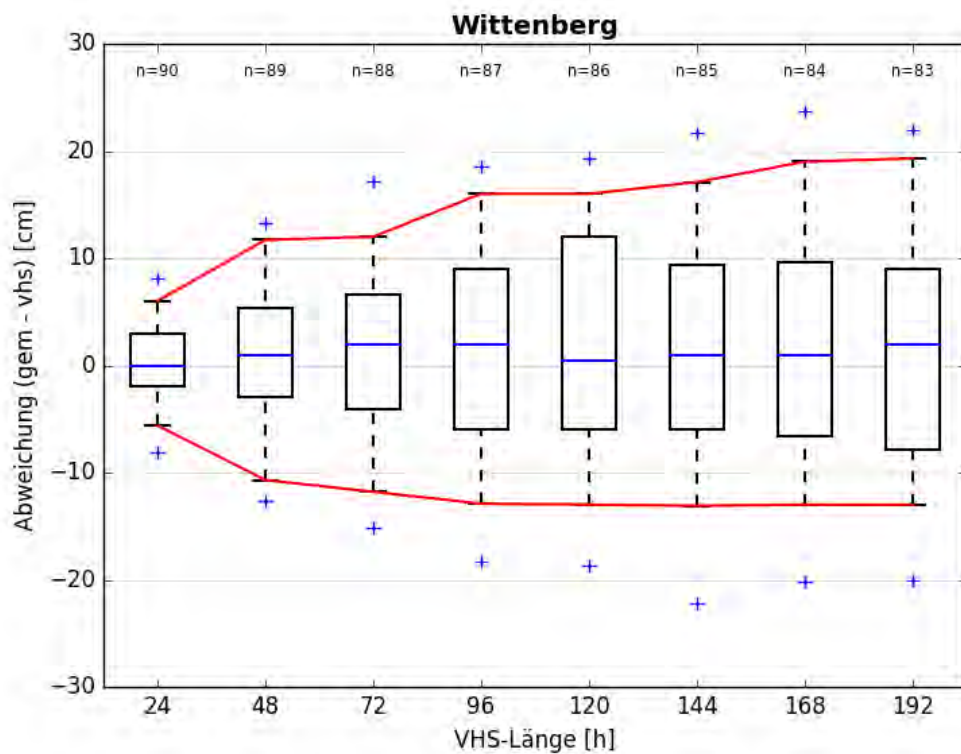


Abbildung C- 77: WITT HW2006, Boxplot

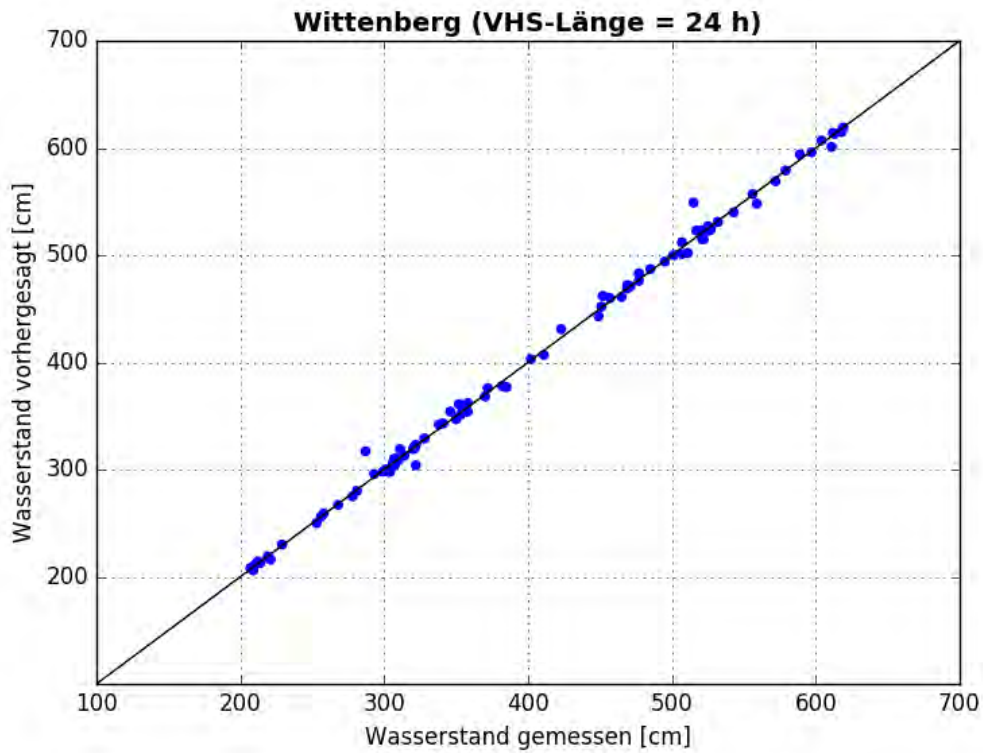


Abbildung C- 78: WITT HW2006, Scatterplot – VHS-Länge 24 h (VHS)

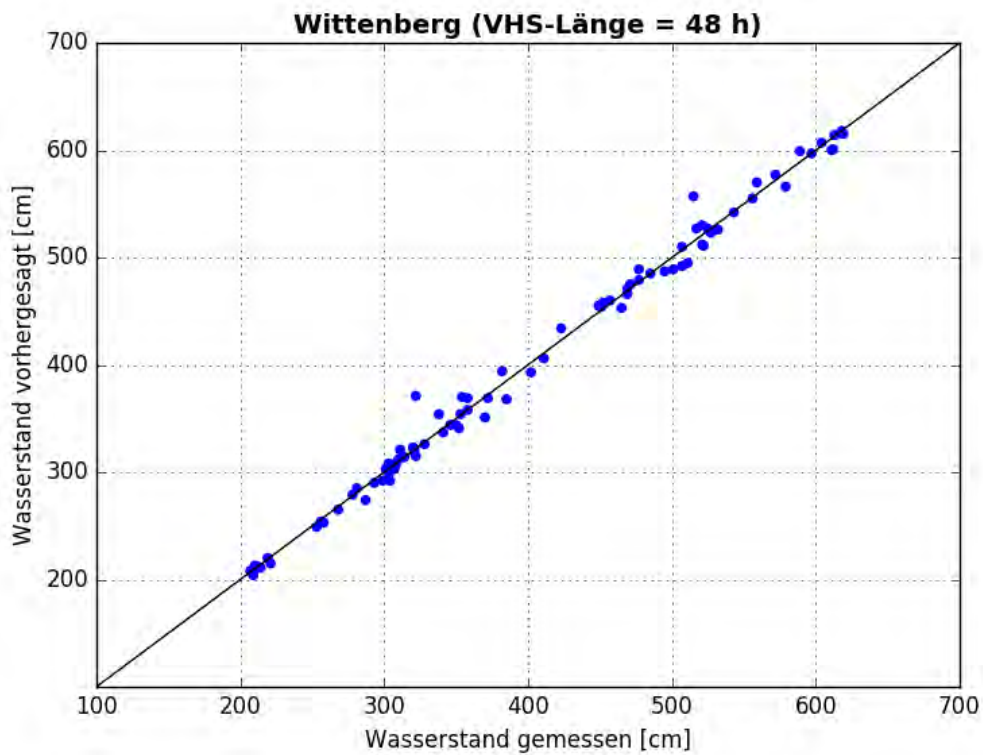


Abbildung C- 79: WITT HW2006, Scatterplot – VHS-Länge 48 h (VHS)

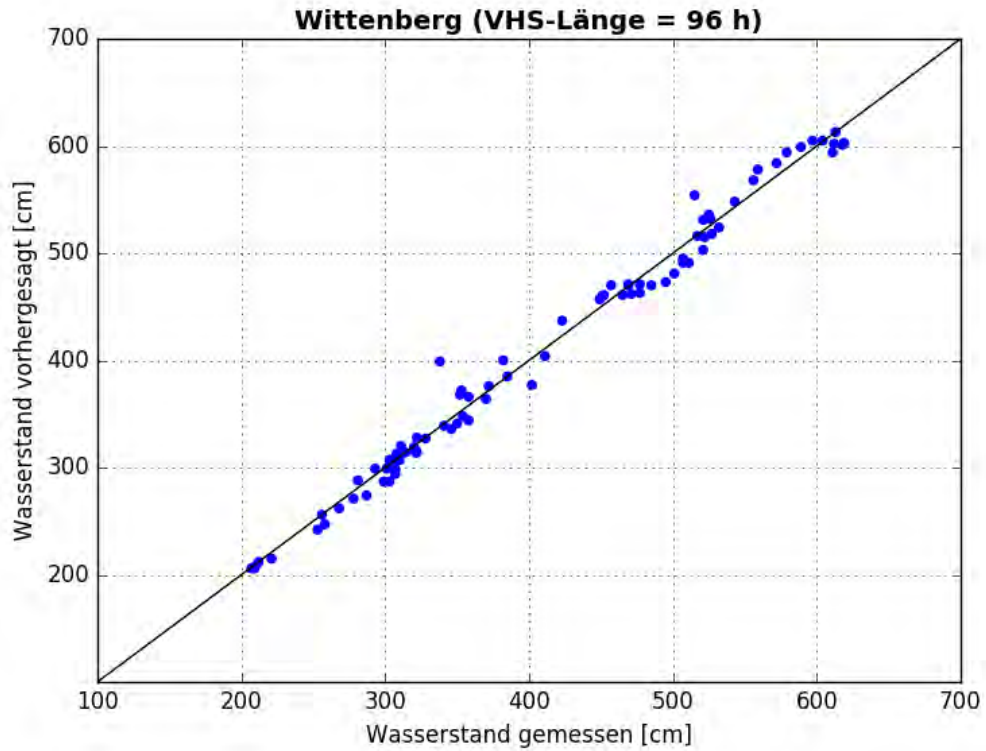


Abbildung C- 80: WITT HW2006, Scatterplot – VHS-Länge 96 h (Absch.)

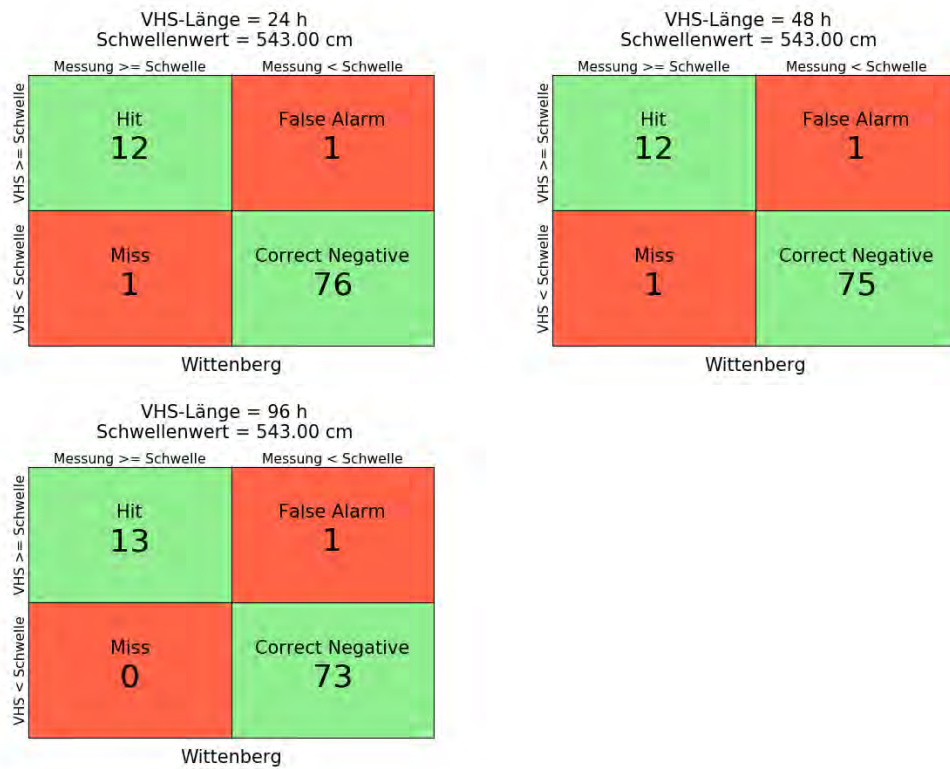


Abbildung C- 81: WITT HW2006, Kontingenztafeln Schwellenwert 543

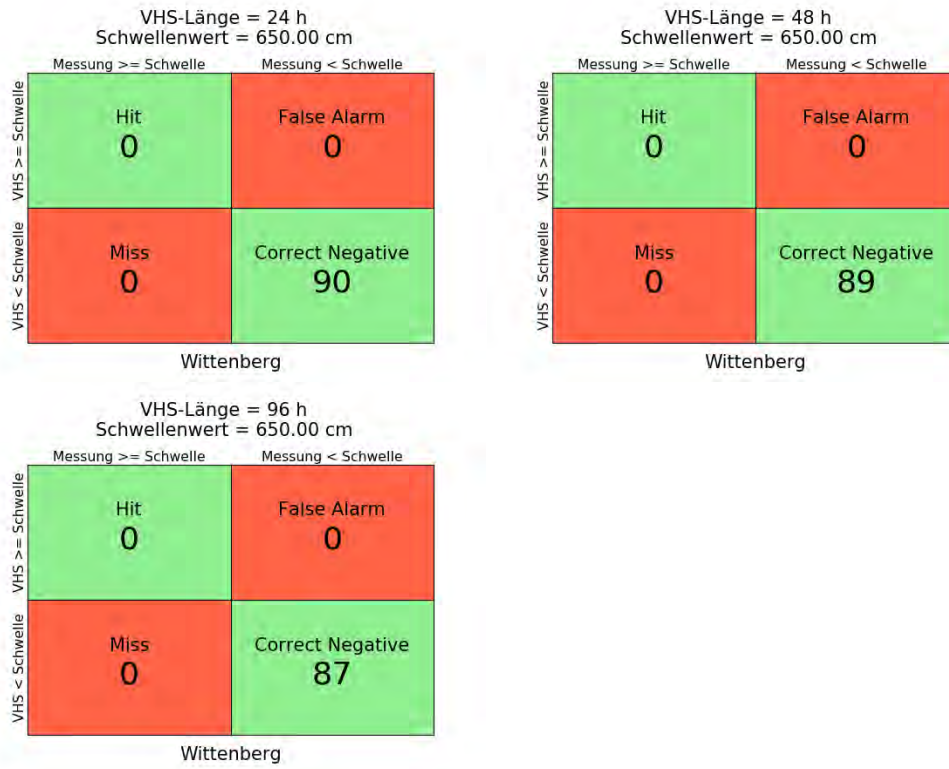


Abbildung C- 82: WITT HW2006, Kontingenztafeln Schwellenwert 650

Hochwasser Januar – Februar 2011

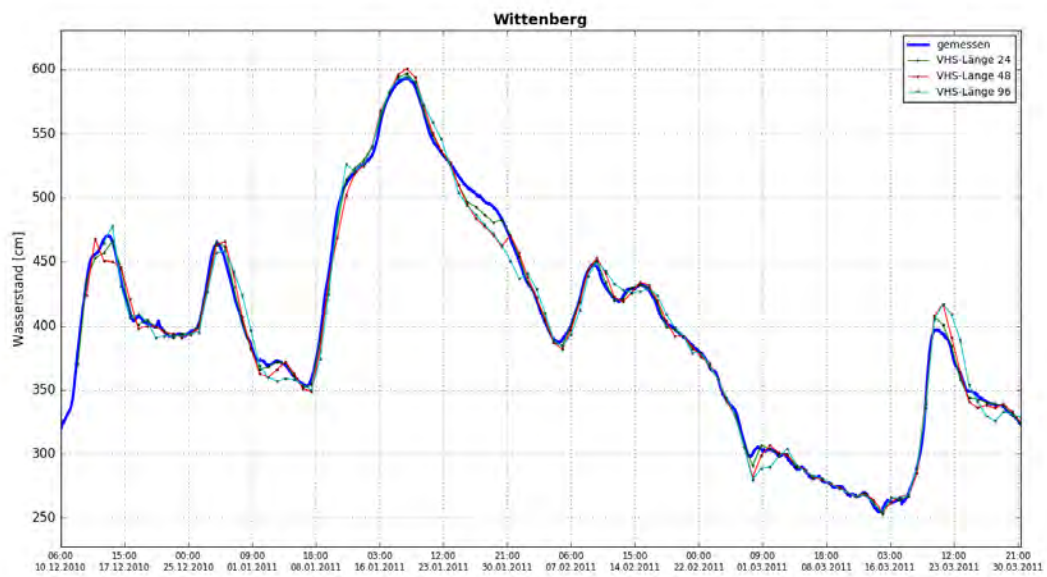


Abbildung C- 83: WITT HW2011, Ganglinien-Vergleich

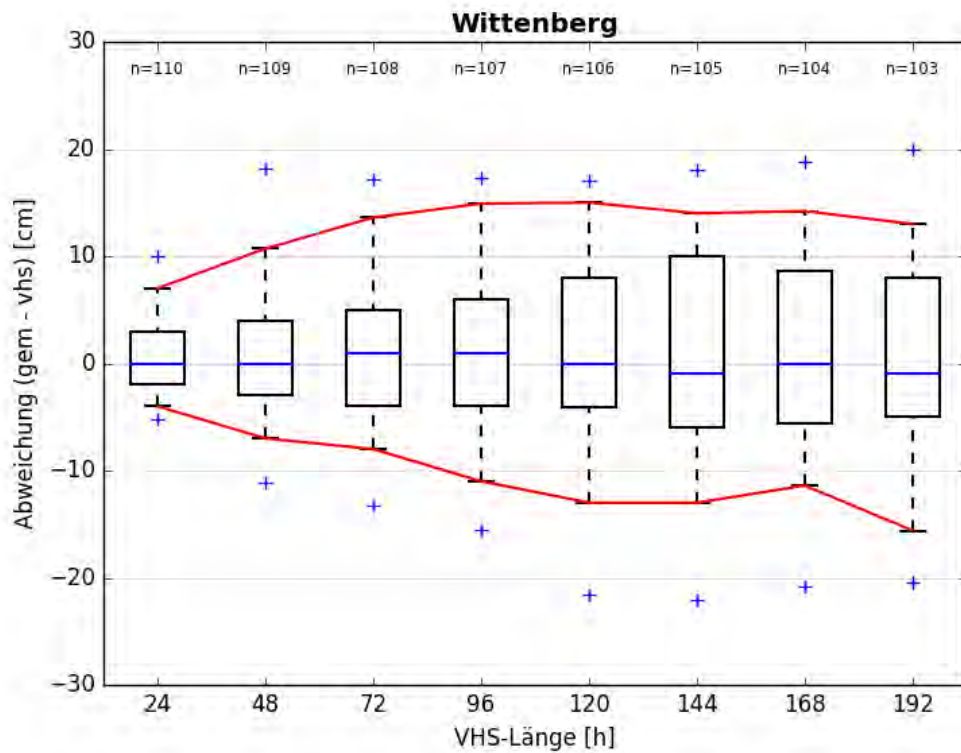


Abbildung C- 84: WITT HW2011, Boxplot

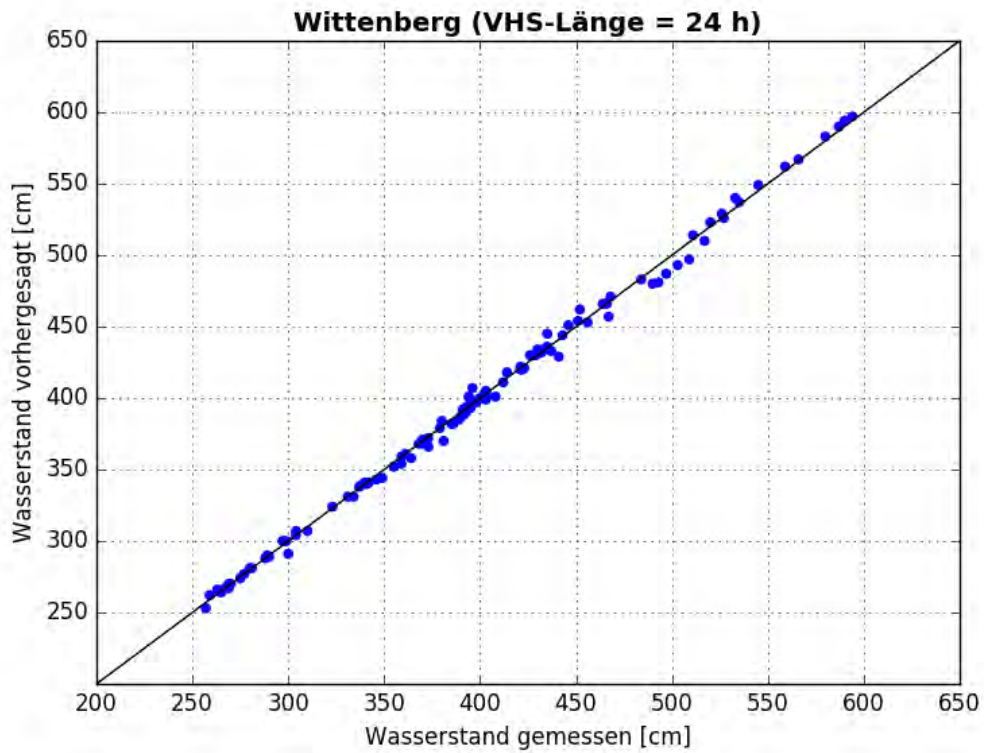


Abbildung C- 85: WITT HW2011, Scatterplot – VHS-Länge 24 h (VHS)

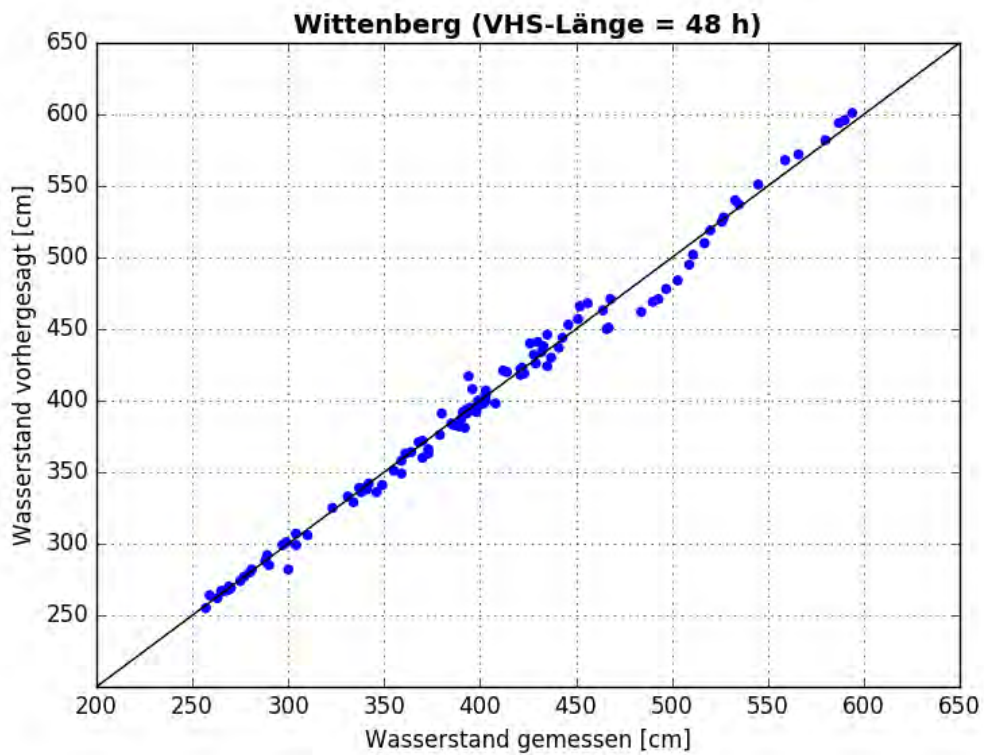


Abbildung C- 86: WITT HW2011, Scatterplot – VHS-Länge 48 h (VHS)

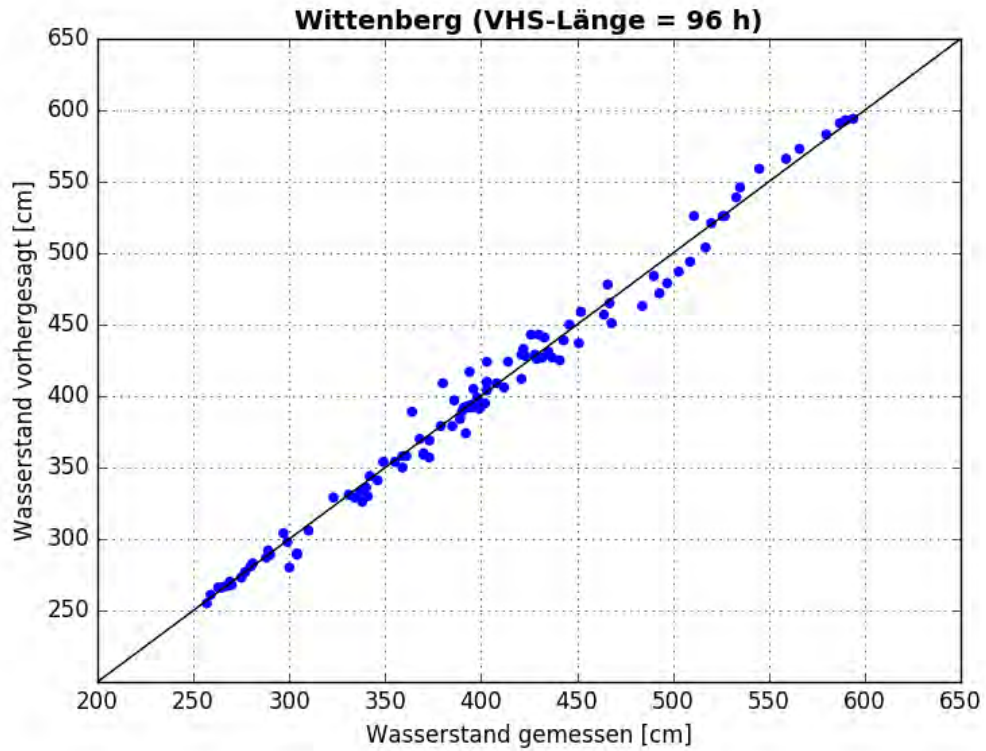


Abbildung C- 87: WITT HW2011, Scatterplot – VHS-Länge 96 h (Absch.)

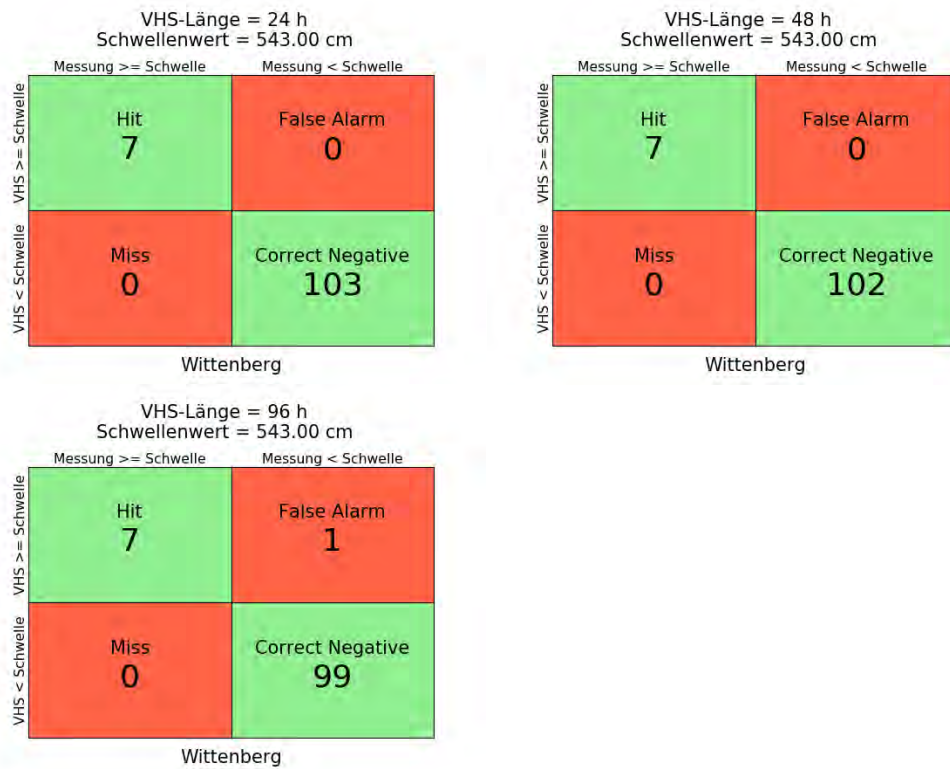


Abbildung C- 88: WITT HW2011, Kontingenztafeln Schwellenwert 543

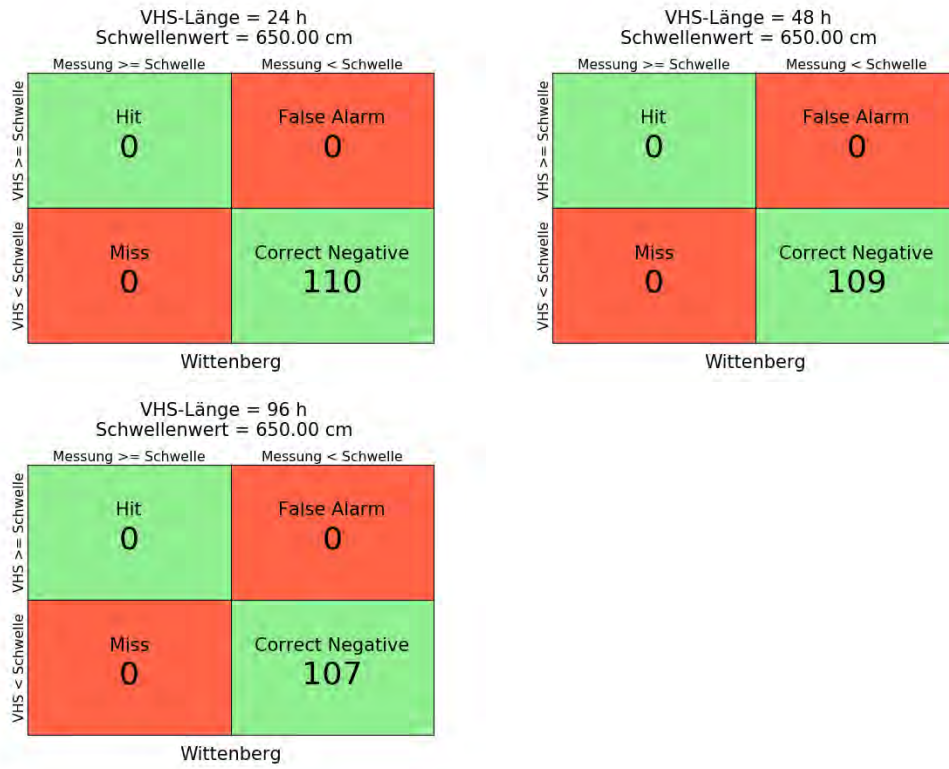


Abbildung C- 89: WITT HW2011, Kontingenztafeln Schwellenwert 650

Hochwasser Mai – Juni 2013

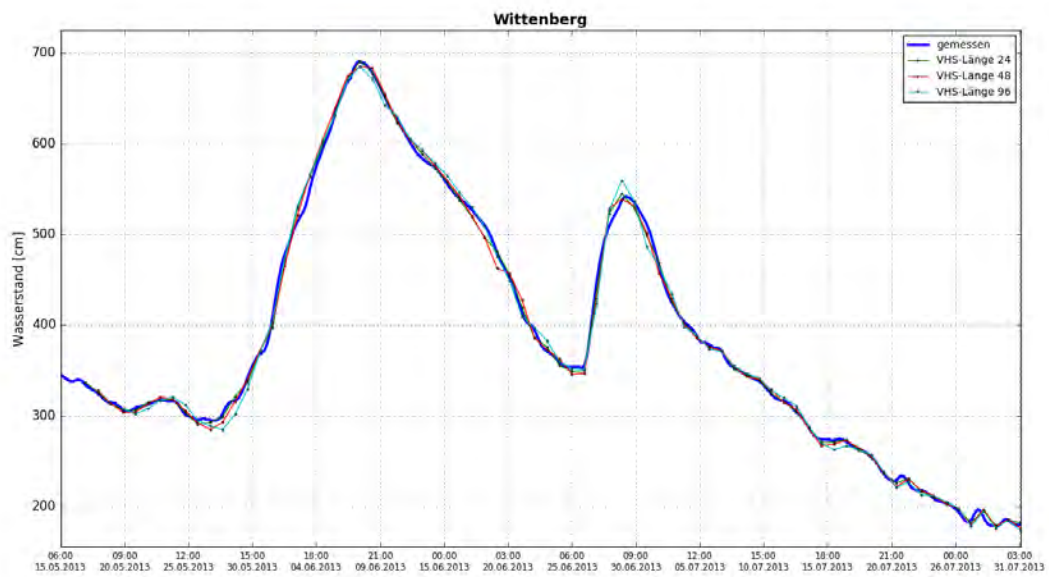


Abbildung C- 90: WITT HW2013, Ganglinien-Vergleich

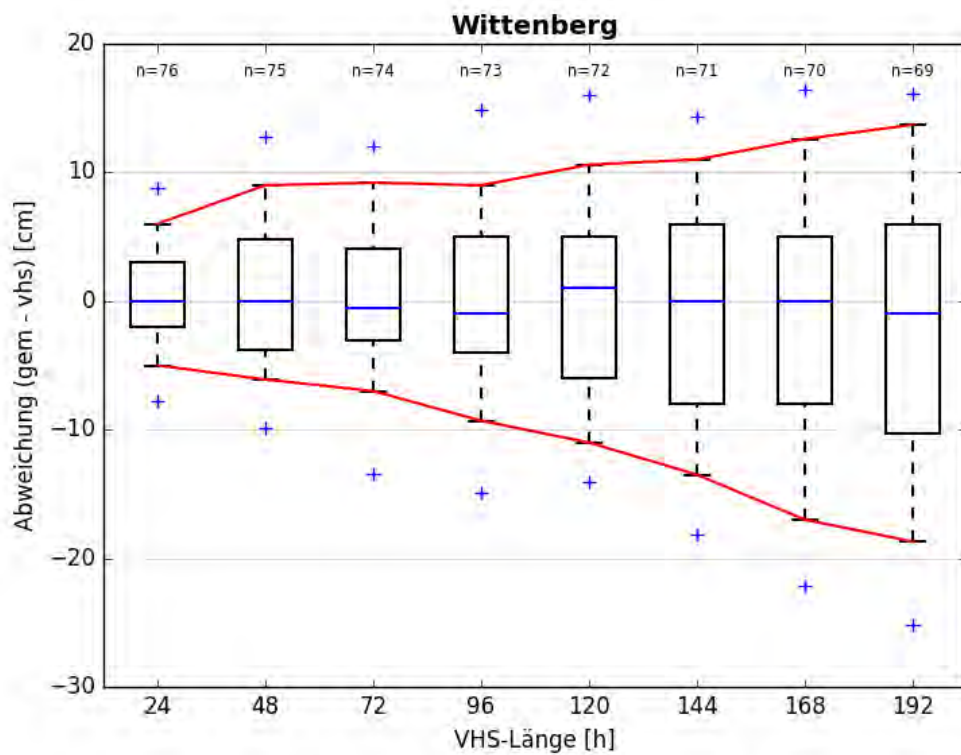


Abbildung C- 91: WITT HW2013, Boxplot

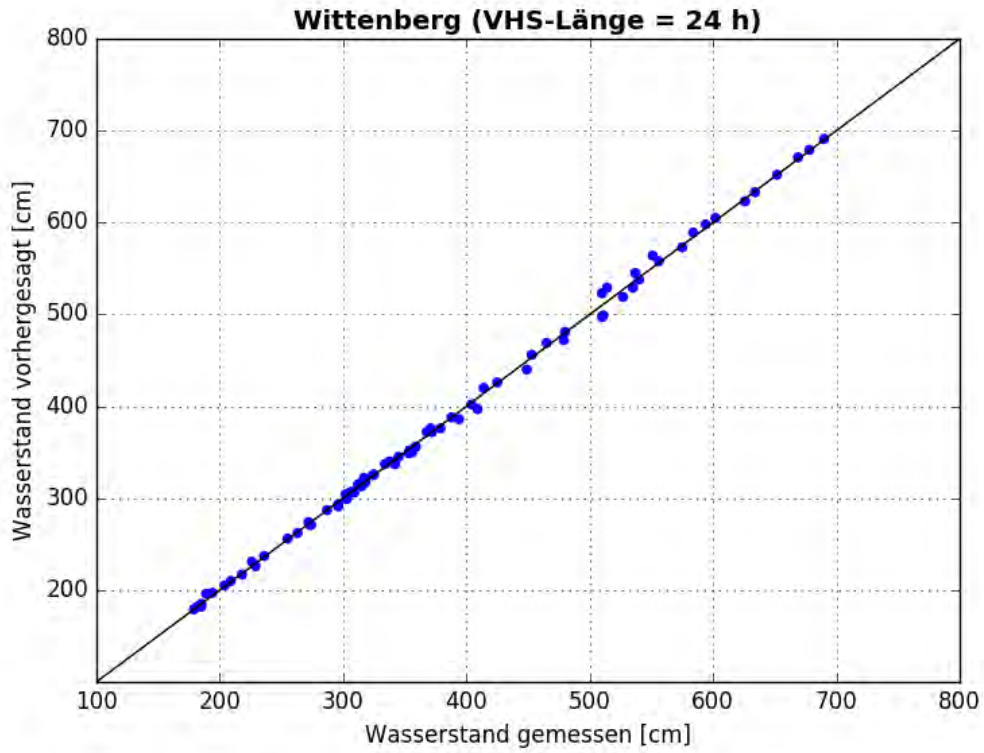


Abbildung C- 92: WITT HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 24 h (VHS)

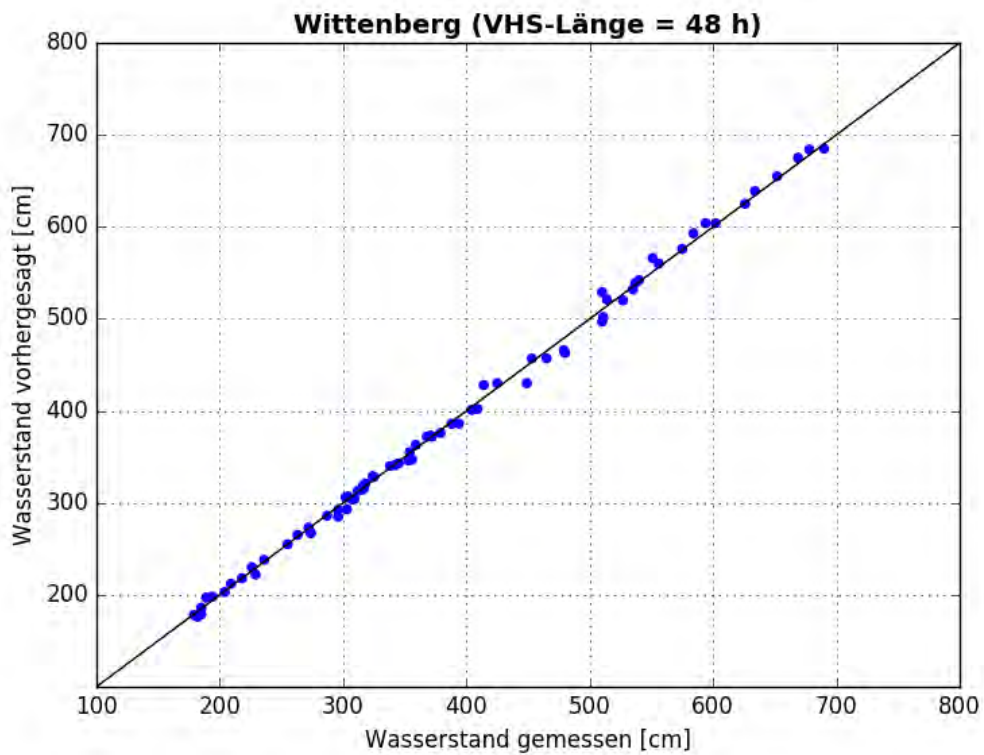


Abbildung C- 93: WITT HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 48 h (VHS)

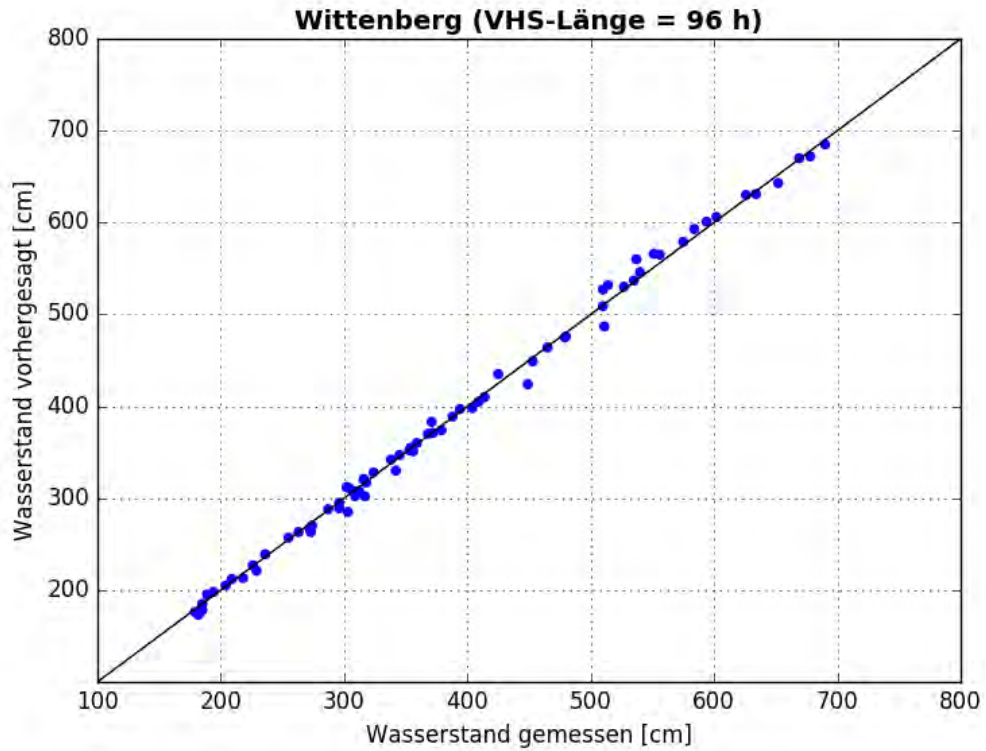


Abbildung C-94: WITT HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 96 h (Absch.)

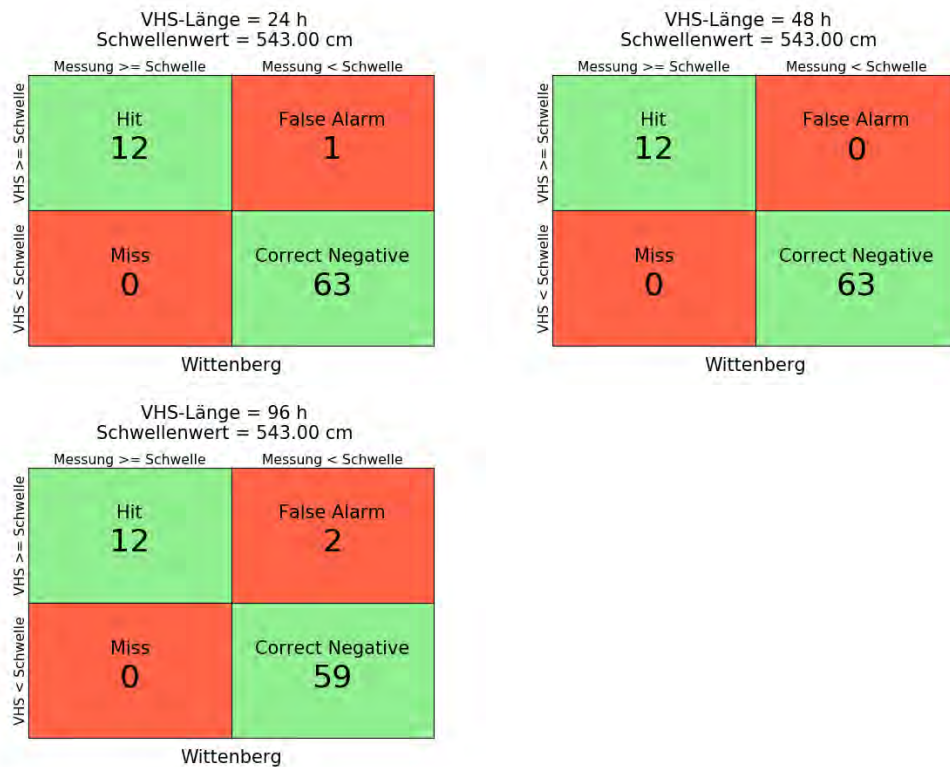


Abbildung C-95: WITT HW2013, Kontingenztafeln Schwellenwert 543

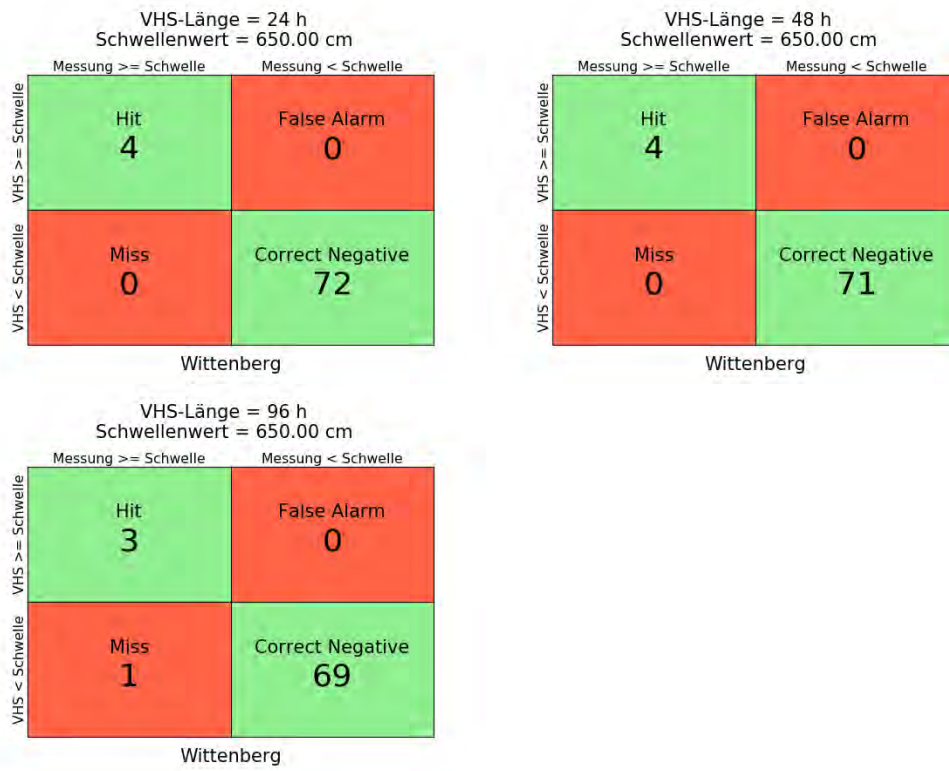


Abbildung C- 96: WITT HW2013, Kontingenztafeln Schwellenwert 650

Anlage C-6: Pegel Vockerode, Elbe-km 245,62

Hochwasser April – Mai 2006

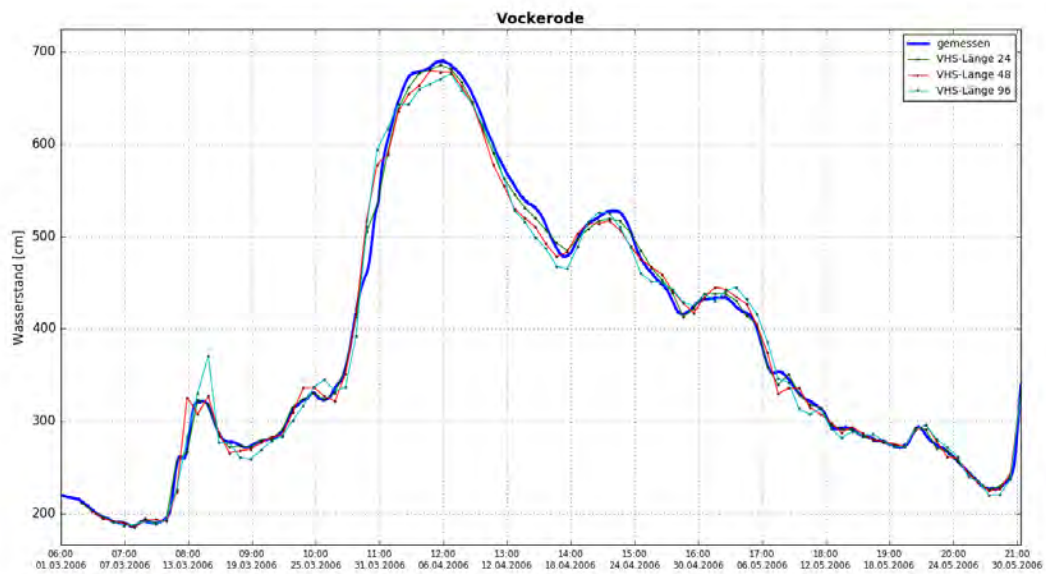


Abbildung C- 97: VOCK HW2006, Ganglinien-Vergleich

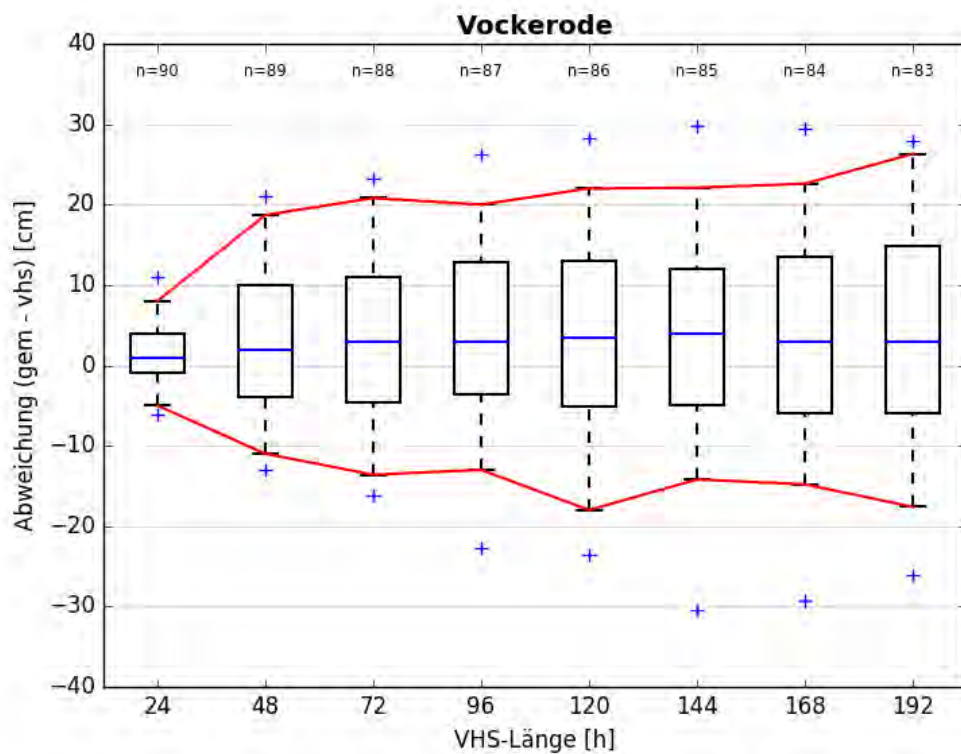


Abbildung C- 98: VOCK HW2006, Boxplot

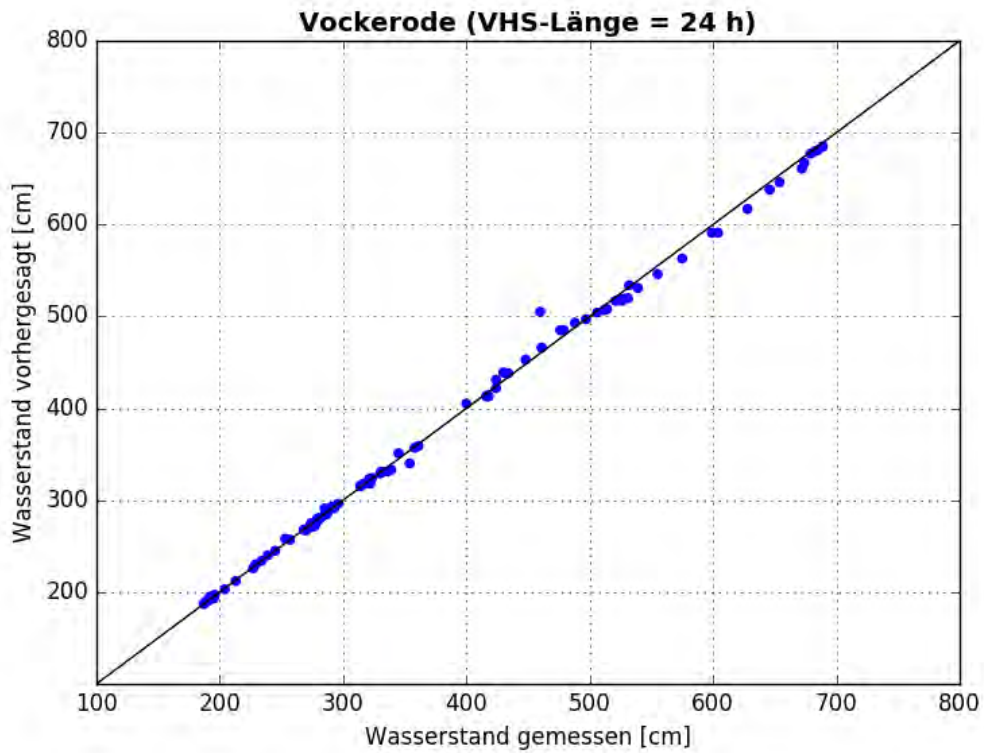


Abbildung C- 99: VOCK HW2006, Scatterplot – VHS-Länge 24 h (VHS)

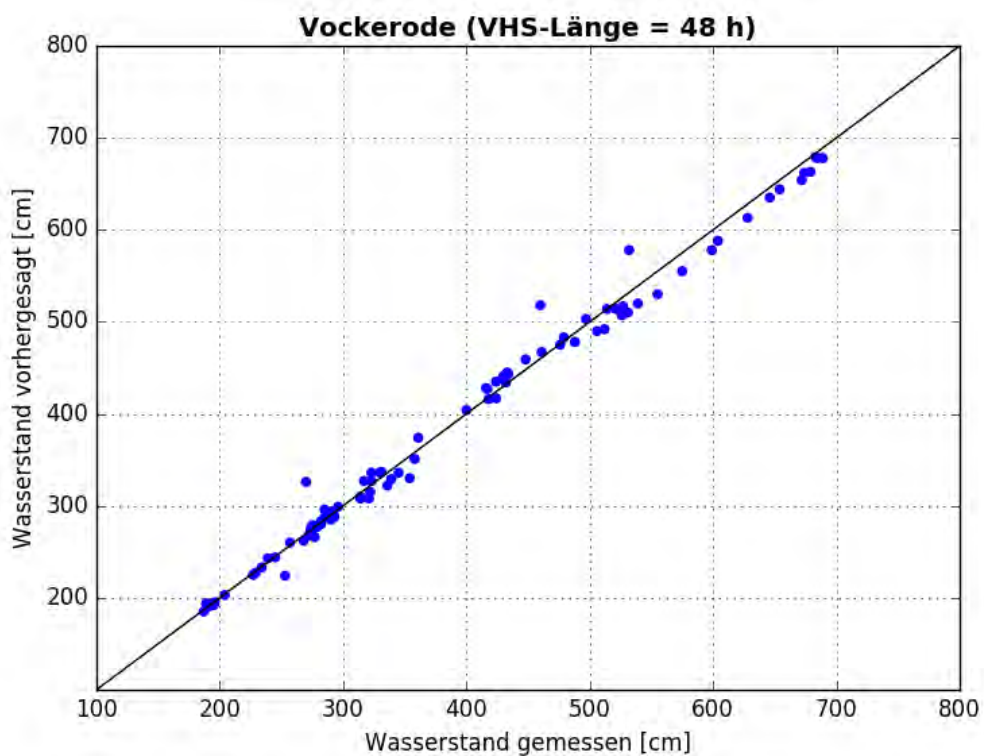


Abbildung C- 100: VOCK HW2006, Scatterplot – VHS-Länge 48 h (VHS)

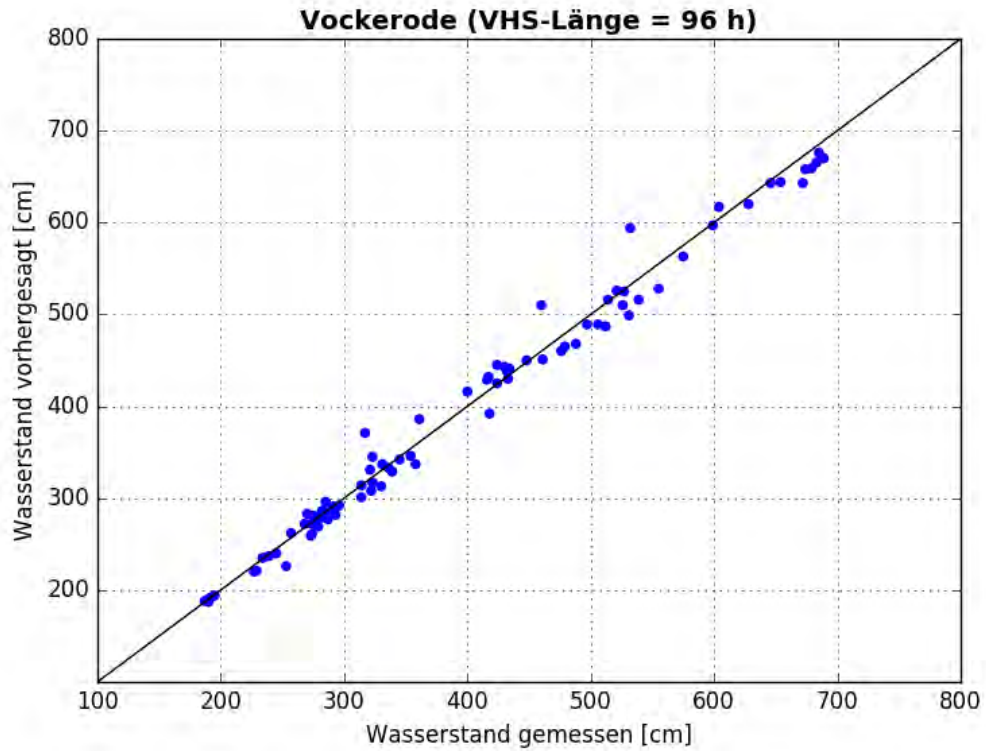


Abbildung C- 101: VOCK HW2006, Scatterplot – VHS-Länge 96 h (Absch.)

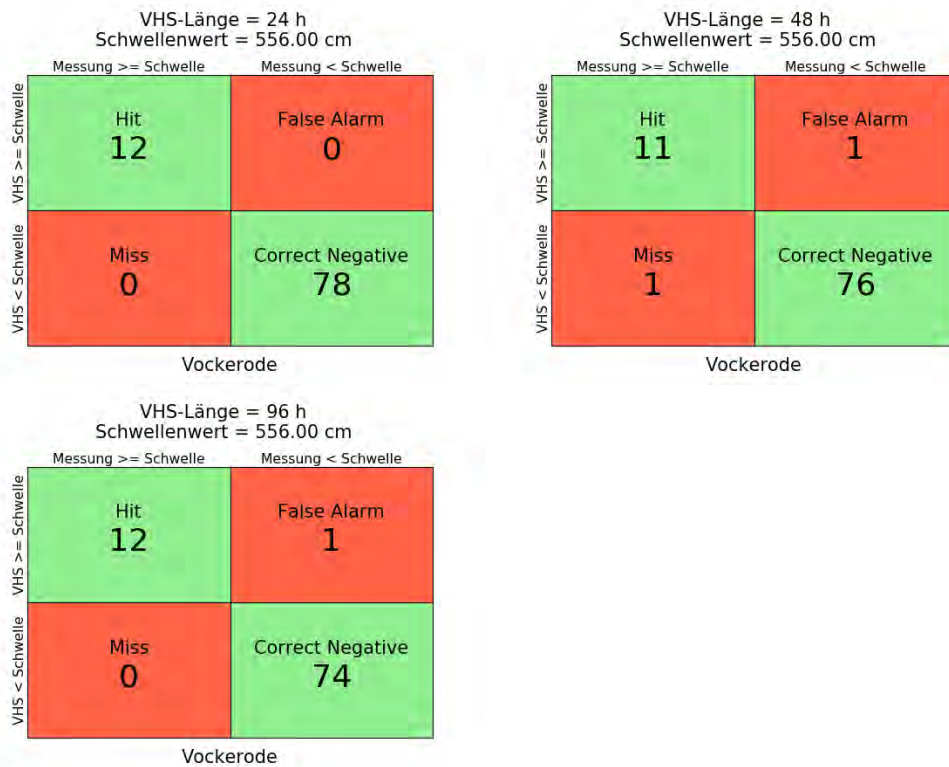


Abbildung C- 102: VOCK HW2006, Kontingenztafeln Schwellenwert 556

Hochwasser Januar – Februar 2011

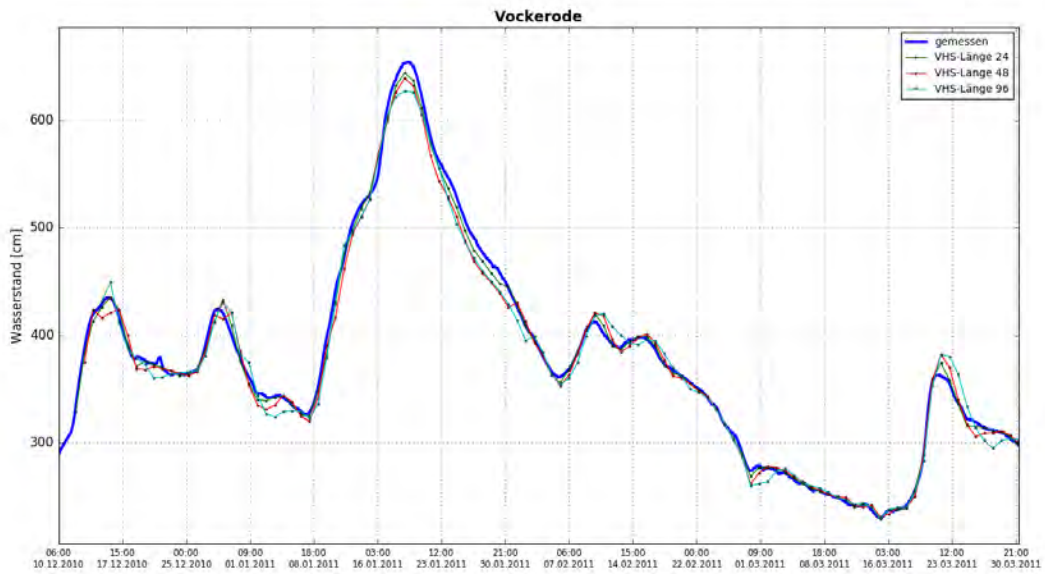


Abbildung C- 103: VOCK HW2011, Ganglinien-Vergleich

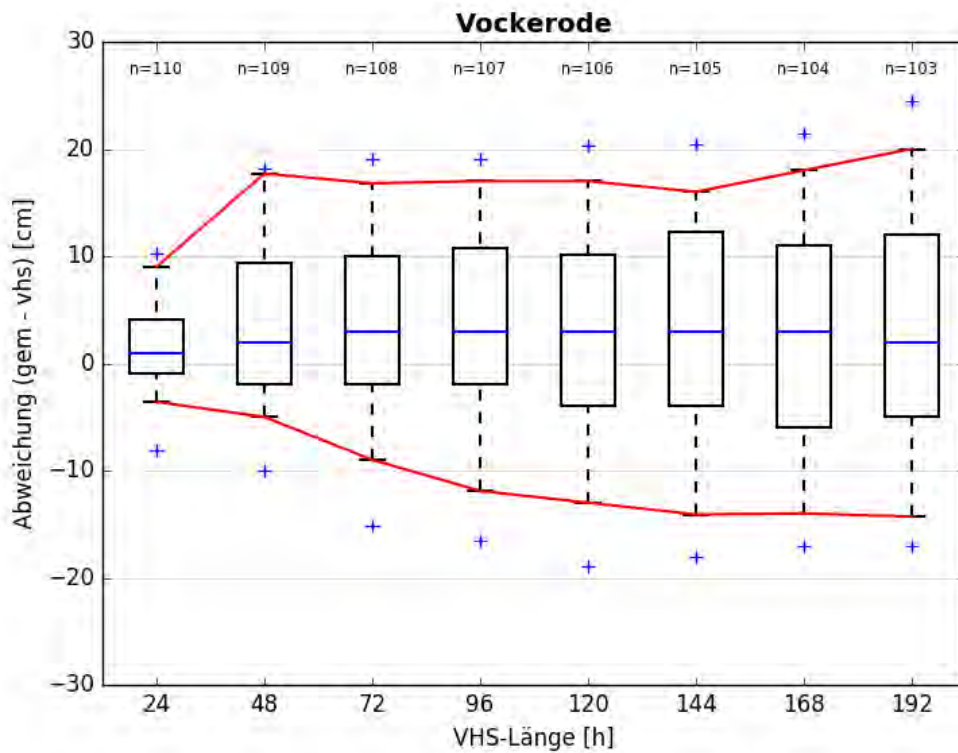


Abbildung C- 104: VOCK HW2011, Boxplot

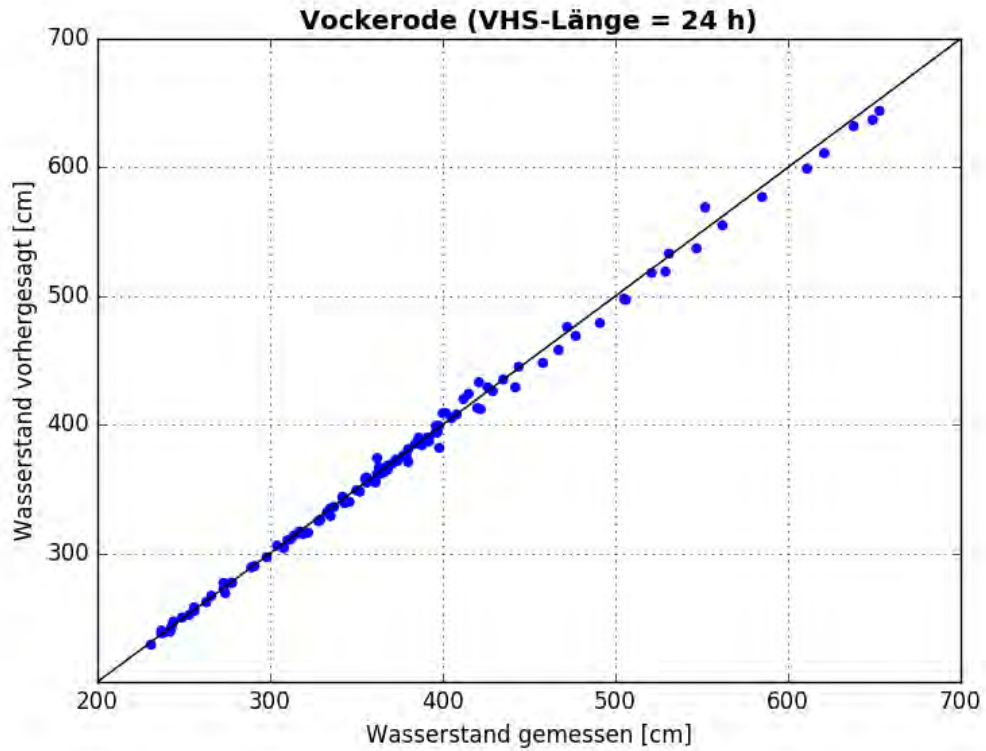


Abbildung C- 105: VOCK HW2011, Scatterplot – VHS-Länge 24 h (VHS)

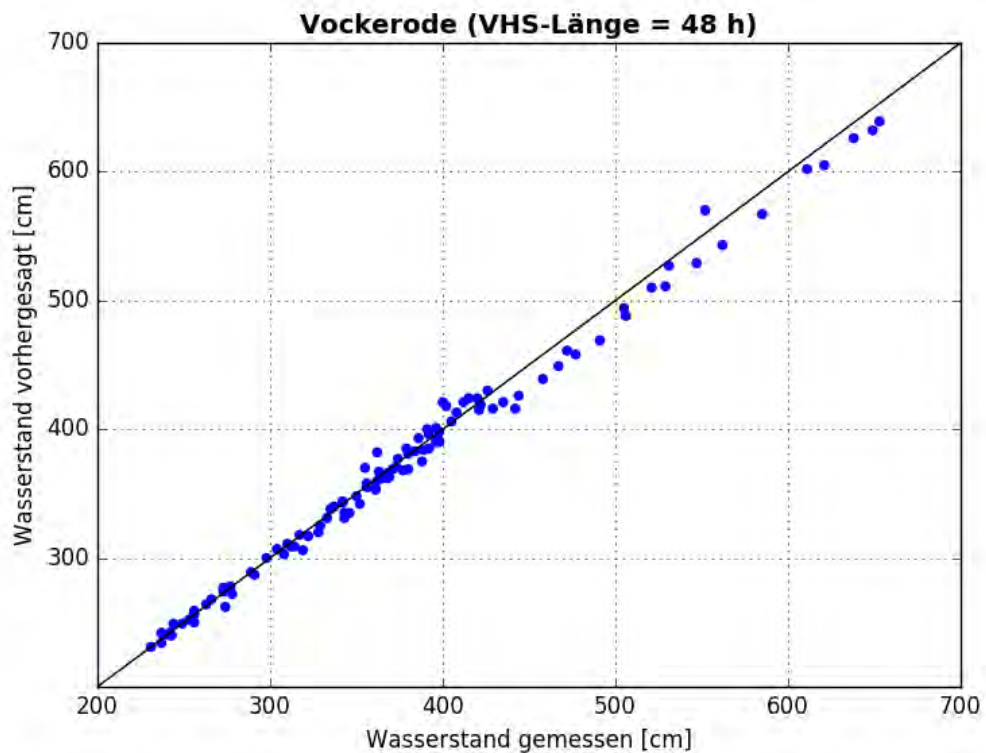


Abbildung C- 106: VOCK HW2011, Scatterplot – VHS-Länge 48 h (VHS)

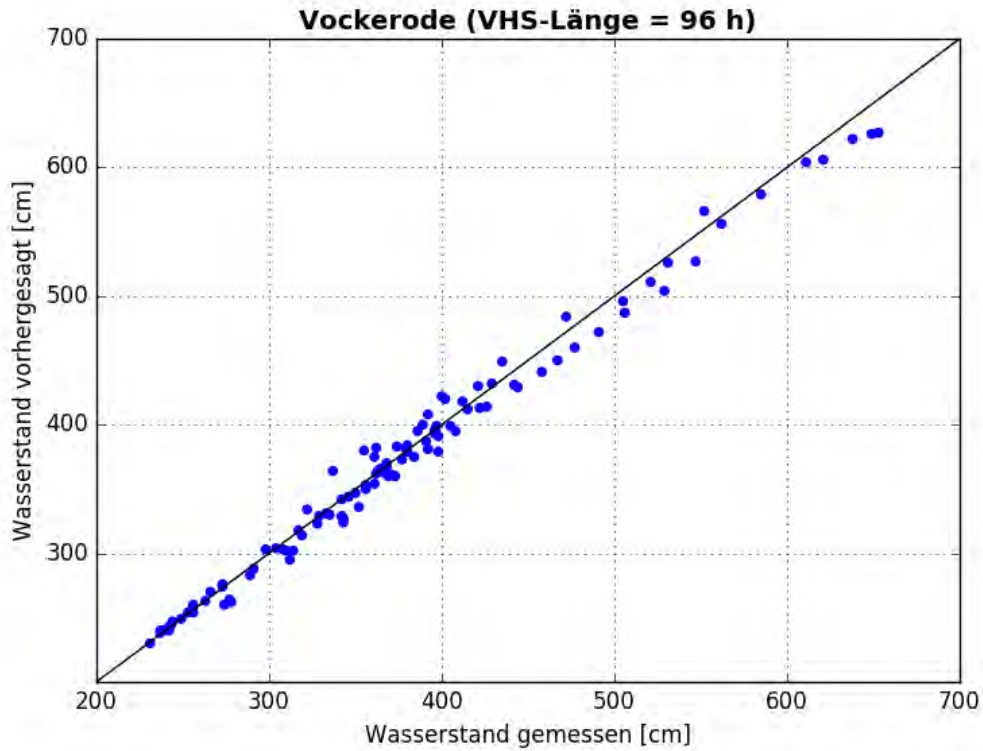


Abbildung C- 107: VOCK HW2011, Scatterplot – VHS-Länge 96 h (Absch.)

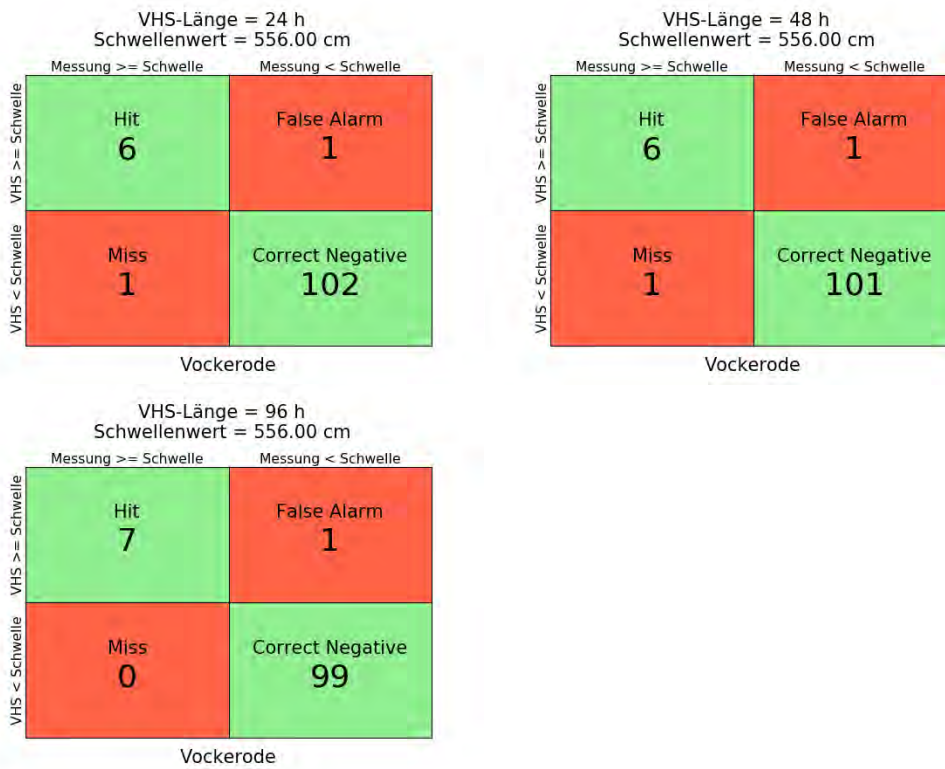


Abbildung C- 108: VOCK HW2011, Kontingenztafeln Schwellenwert 556

Hochwasser Mai – Juni 2013

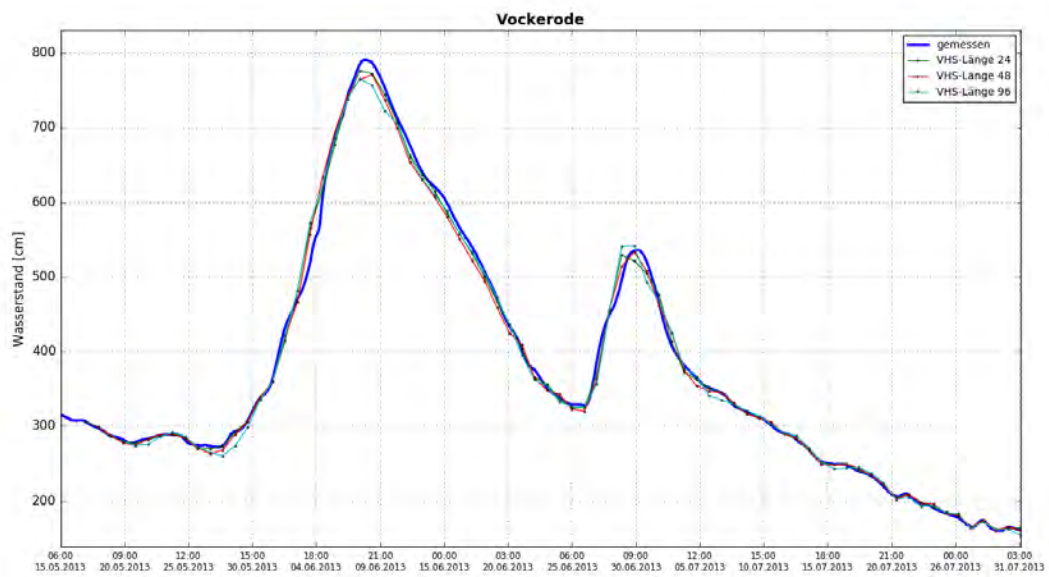


Abbildung C- 109: VOCK HW2013, Ganglinien-Vergleich

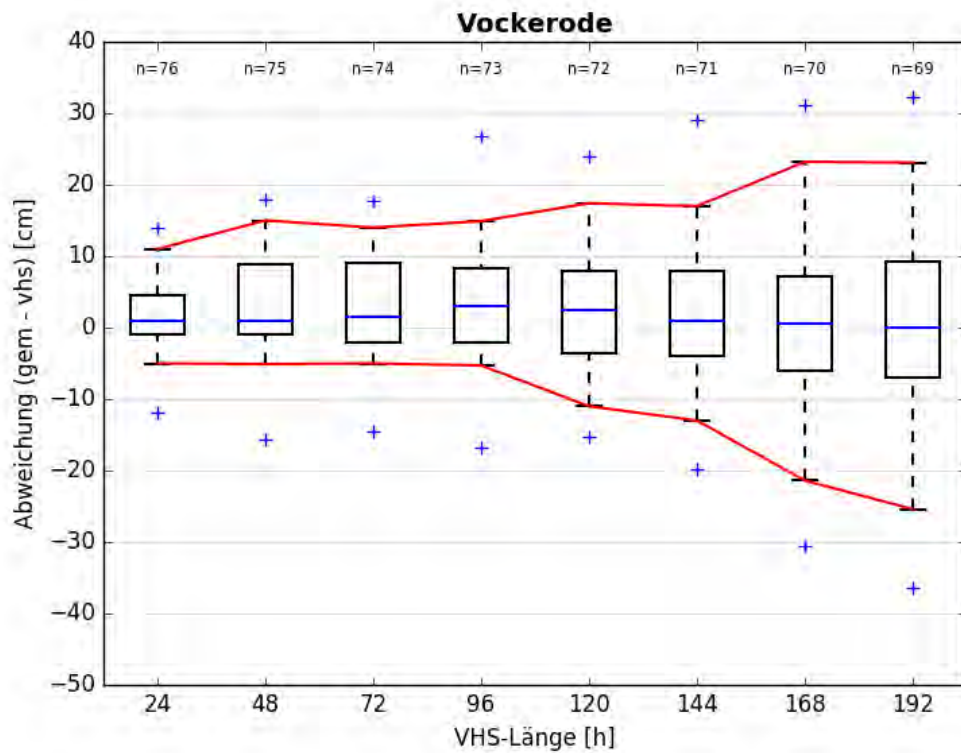


Abbildung C- 110: VOCK HW2013, Boxplot

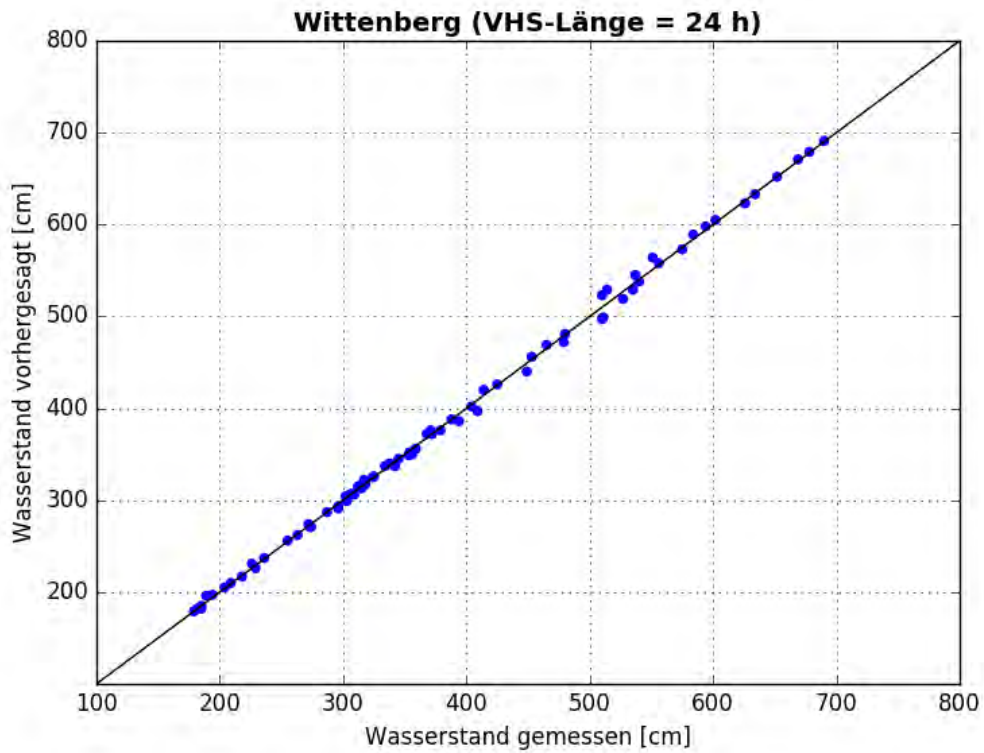


Abbildung C- 111: VOCK HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 24 h (VHS)

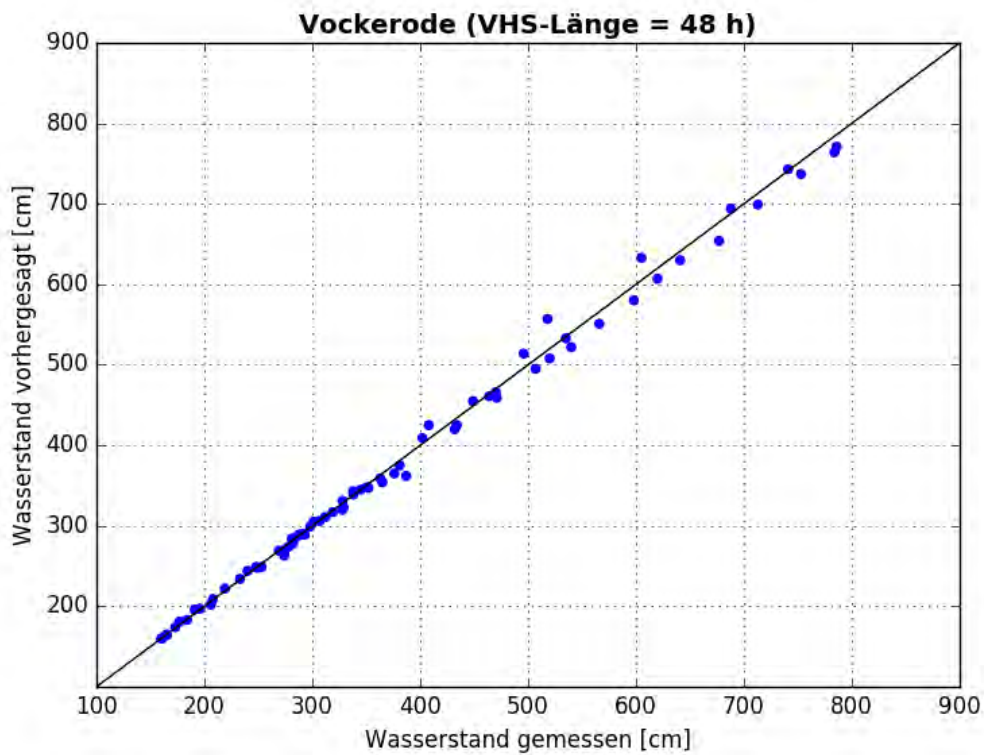


Abbildung C- 112: VOCK HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 48 h (VHS)

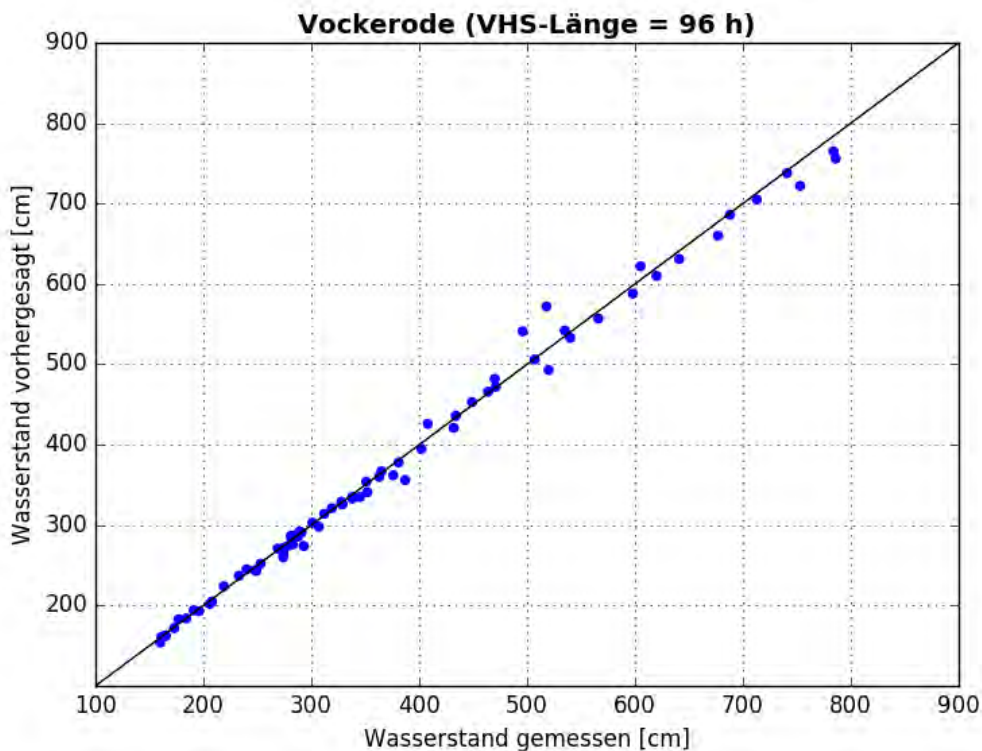


Abbildung C- 113: VOCK HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 96 h (Absch.)

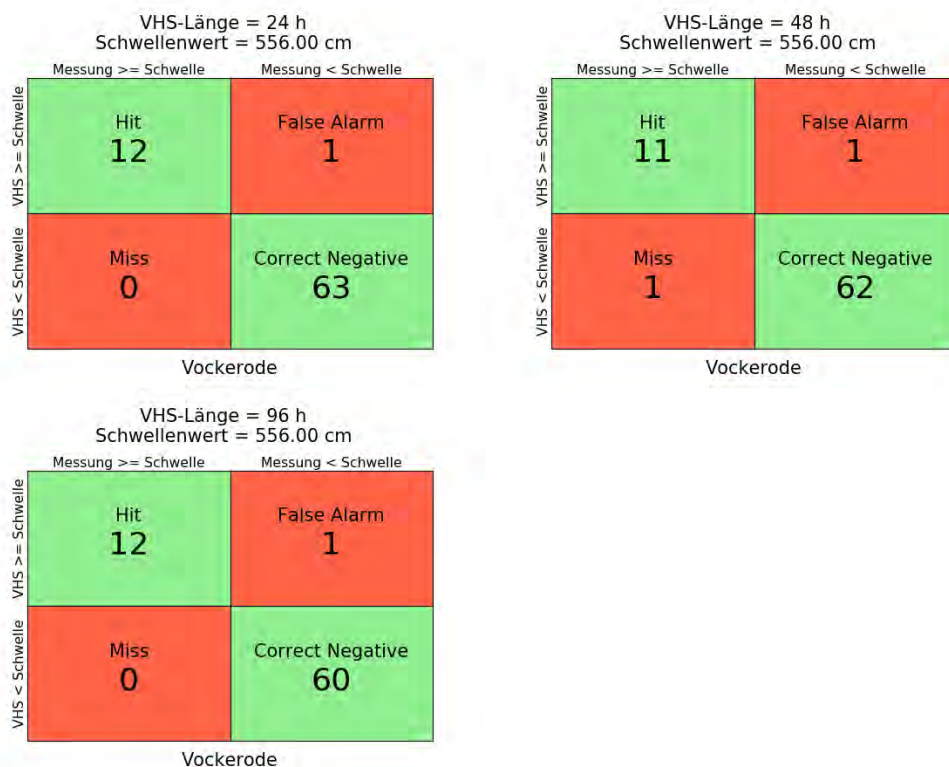


Abbildung C- 114: VOCK HW2013, Kontingenztafeln Schwellenwert 556

Anlage C-7: Pegel Dessau, Elbe-km 261,16

Hochwasser April – Mai 2006

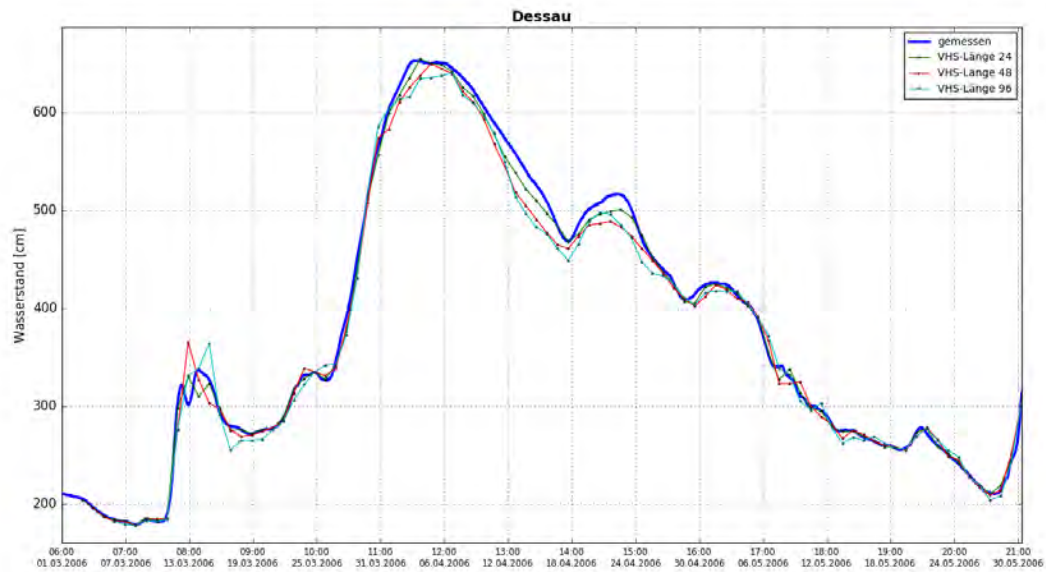


Abbildung C- 115: DESS HW2006, Ganglinien-Vergleich

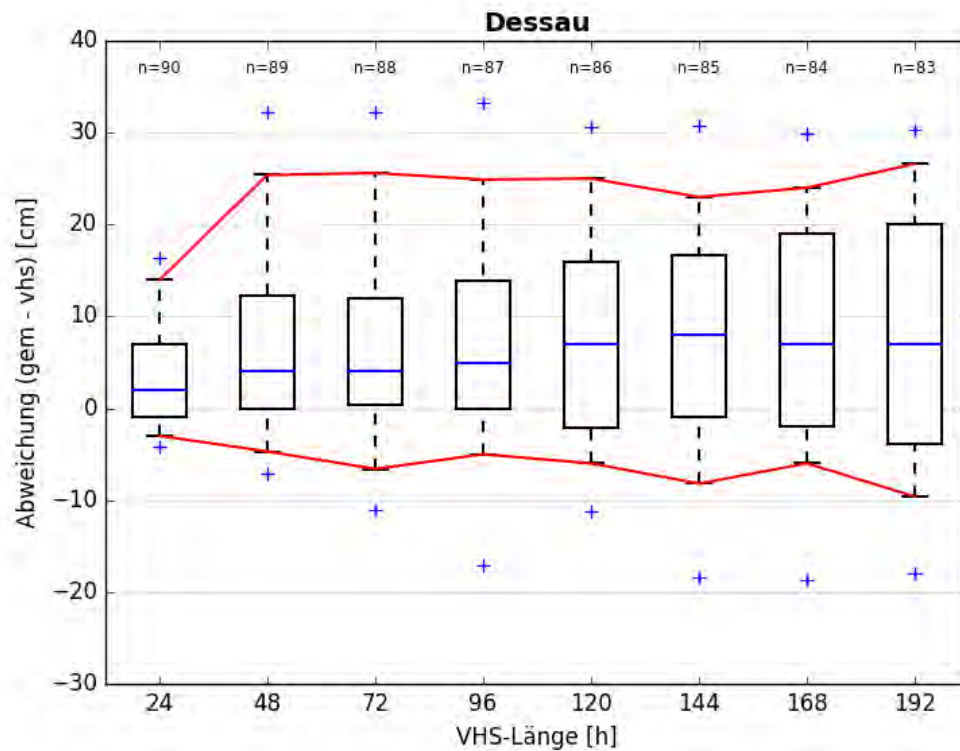


Abbildung C- 116: DESS HW2006, Boxplot

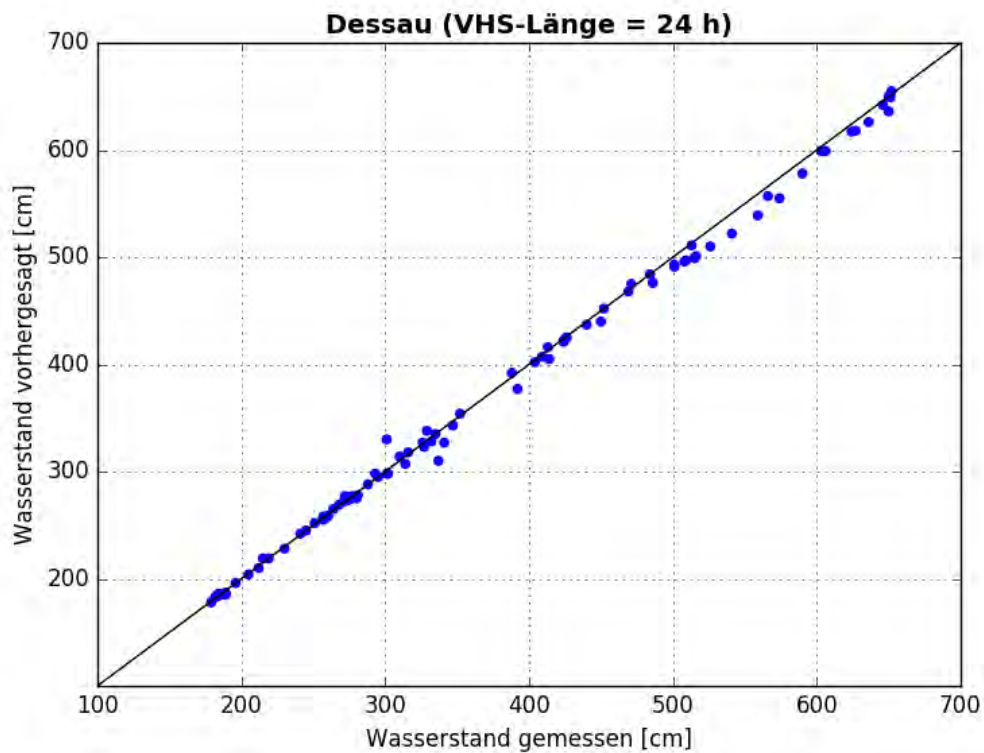


Abbildung C- 117: DESS HW2006, Scatterplot – VHS-Länge 24 h (VHS)

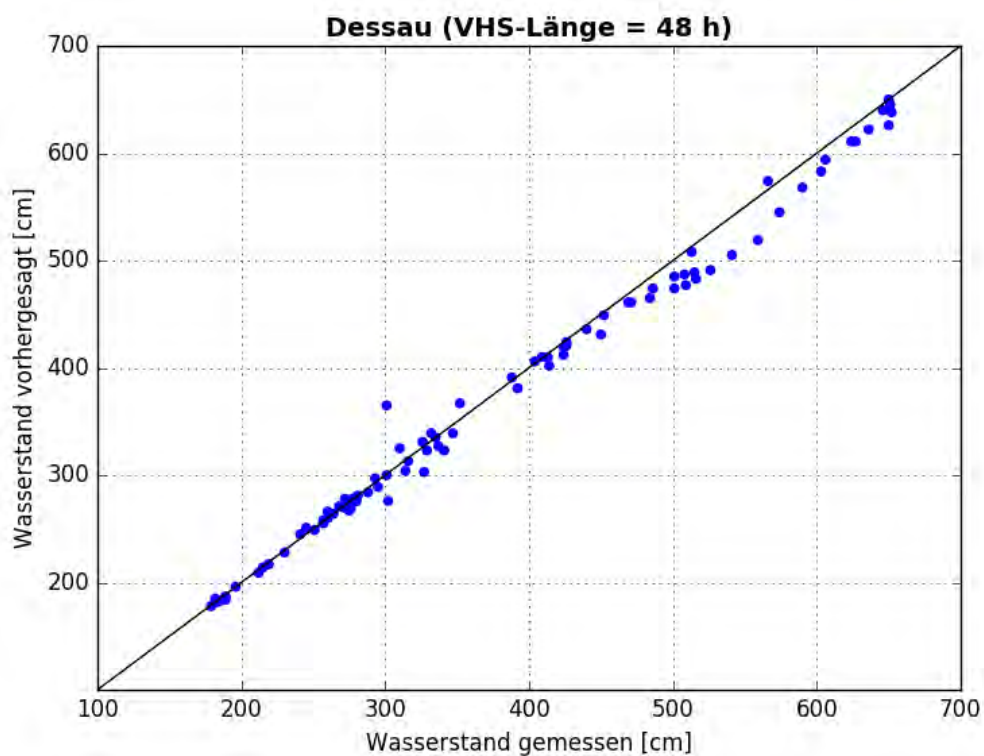


Abbildung C- 118: DESS HW2006, Scatterplot – VHS-Länge 48 h (VHS)

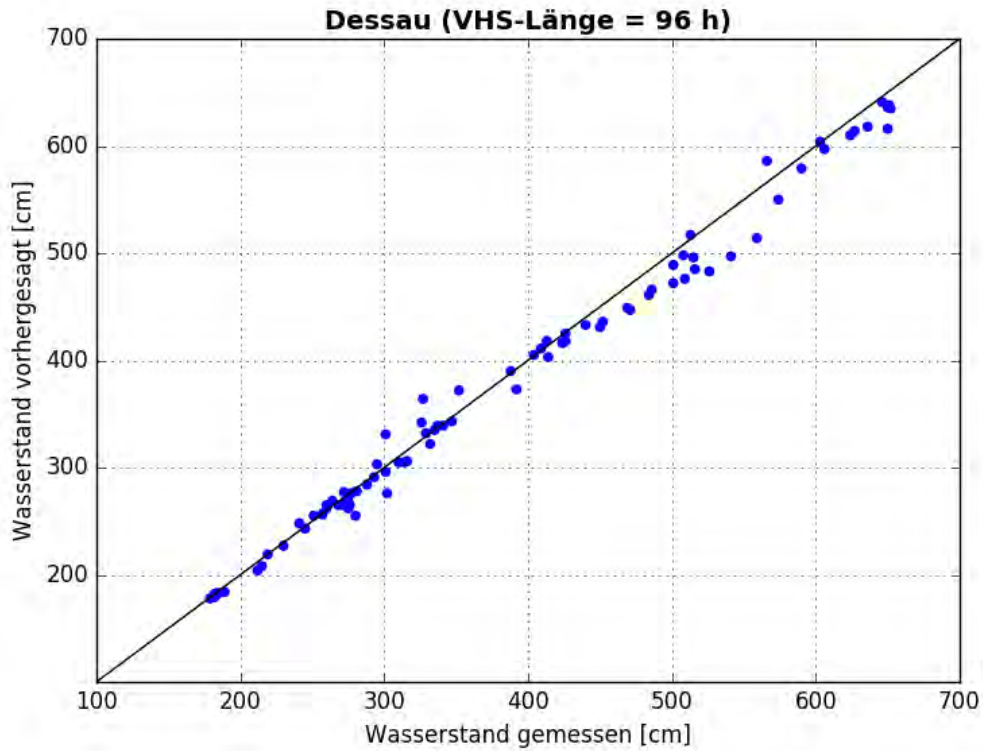


Abbildung C- 119: DESS HW2006, Scatterplot – VHS-Länge 96 h (Absch.)

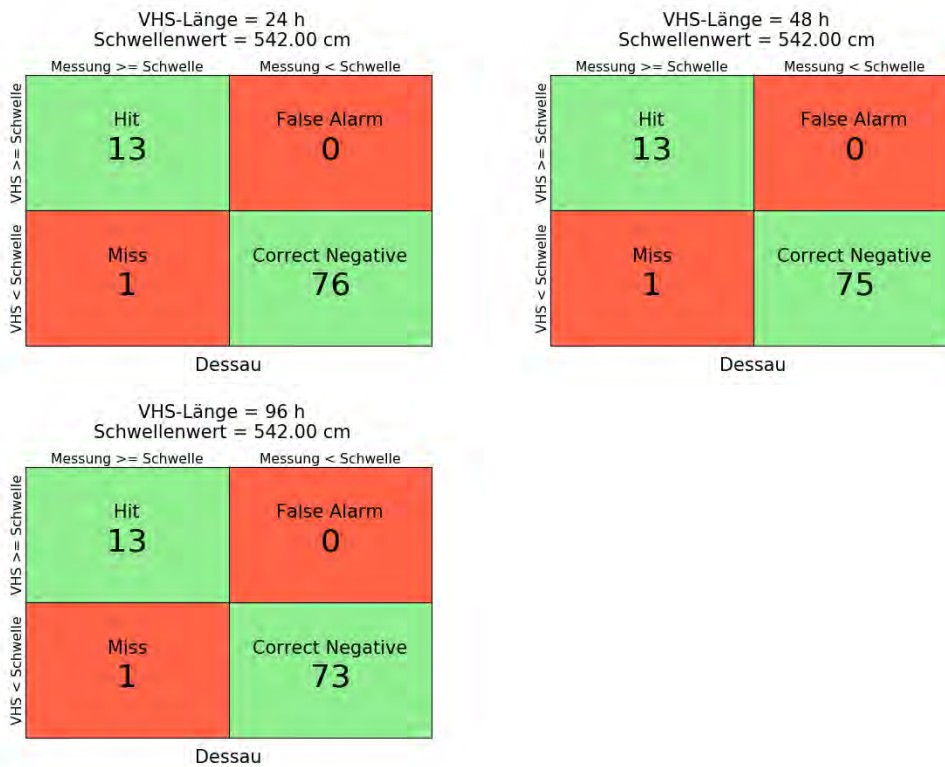


Abbildung C- 120: DESS HW2006, Kontingenztafeln Schwellenwert 542

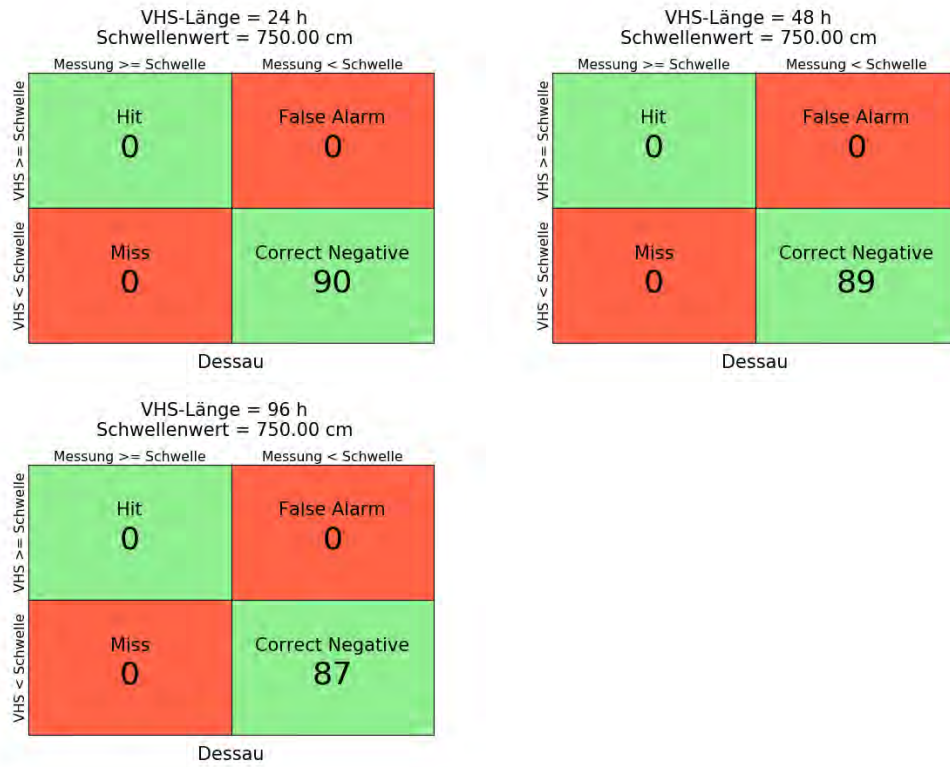


Abbildung C- 121: DESS HW2006, Kontingenztafeln Schwellenwert 750

Hochwasser Januar – Februar 2011

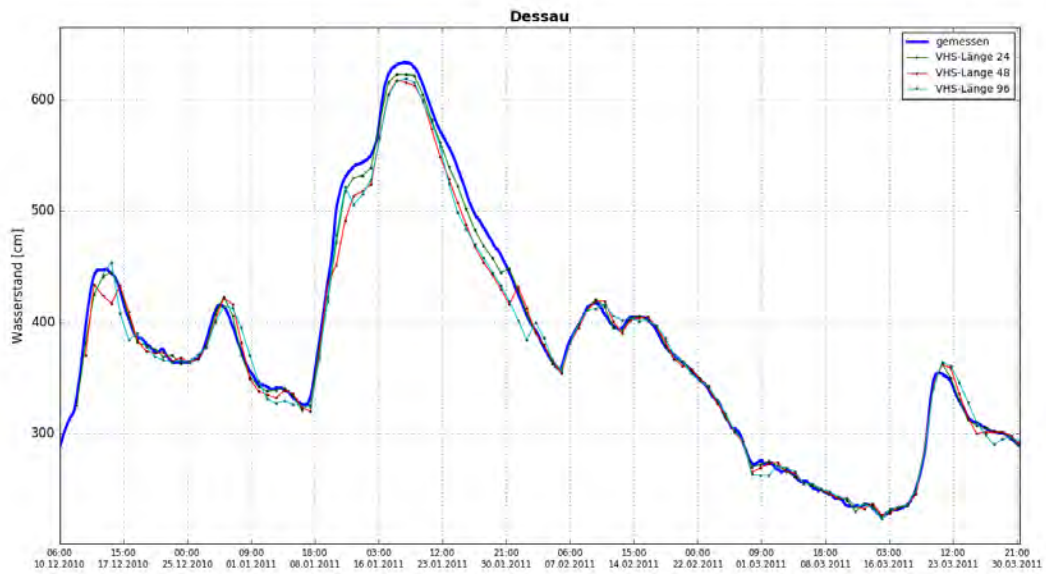


Abbildung C- 122: DESS HW2011, Ganglinien-Vergleich

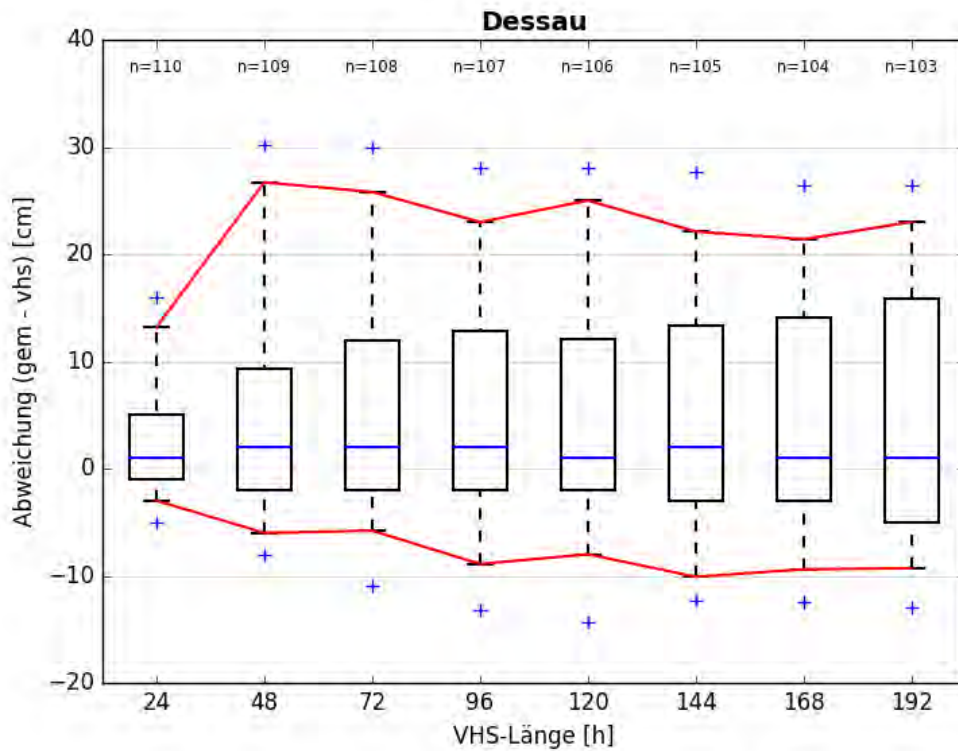


Abbildung C- 123: DESS HW2011, Boxplot

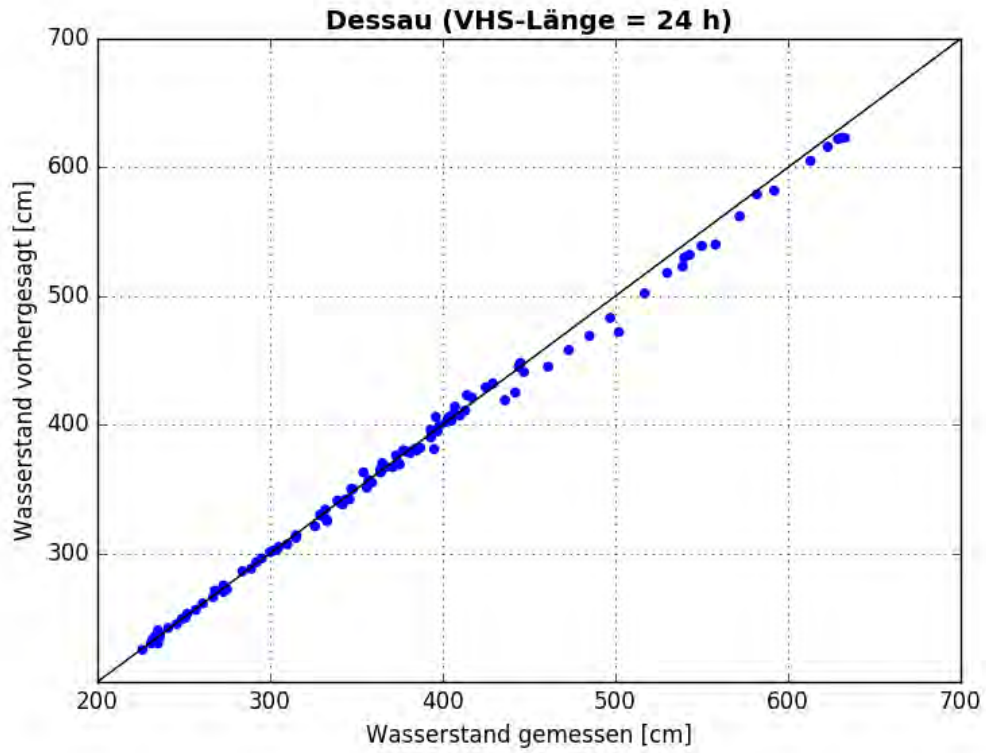


Abbildung C- 124: DESS HW2011, Scatterplot – VHS-Länge 24 h (VHS)

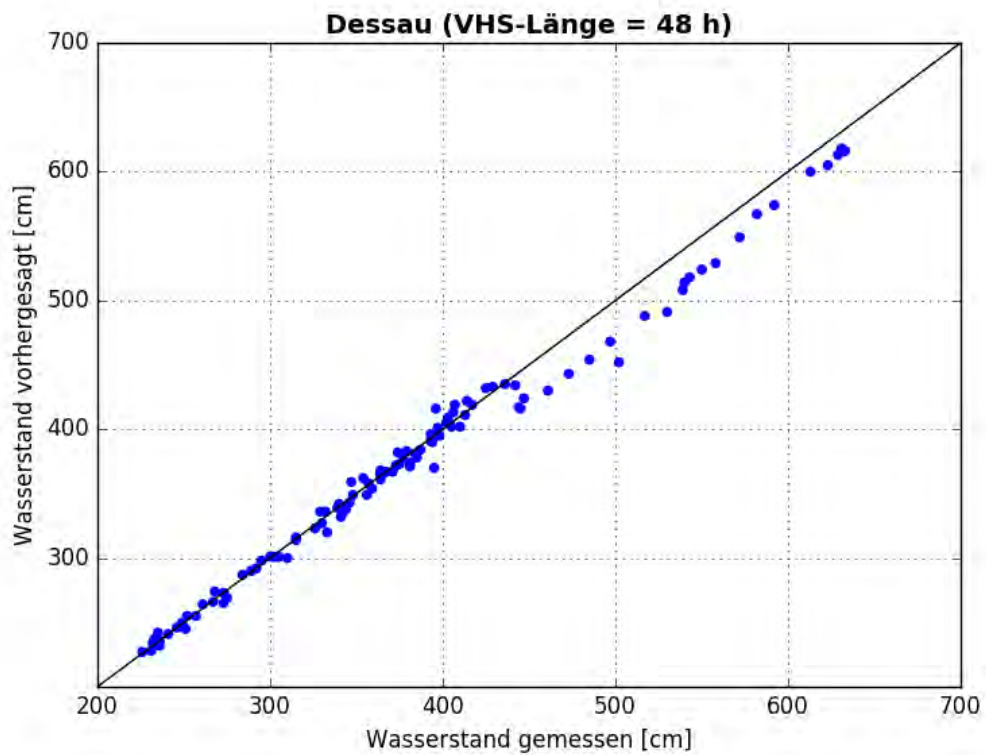


Abbildung C- 125: DESS HW2011, Scatterplot – VHS-Länge 48 h (VHS)

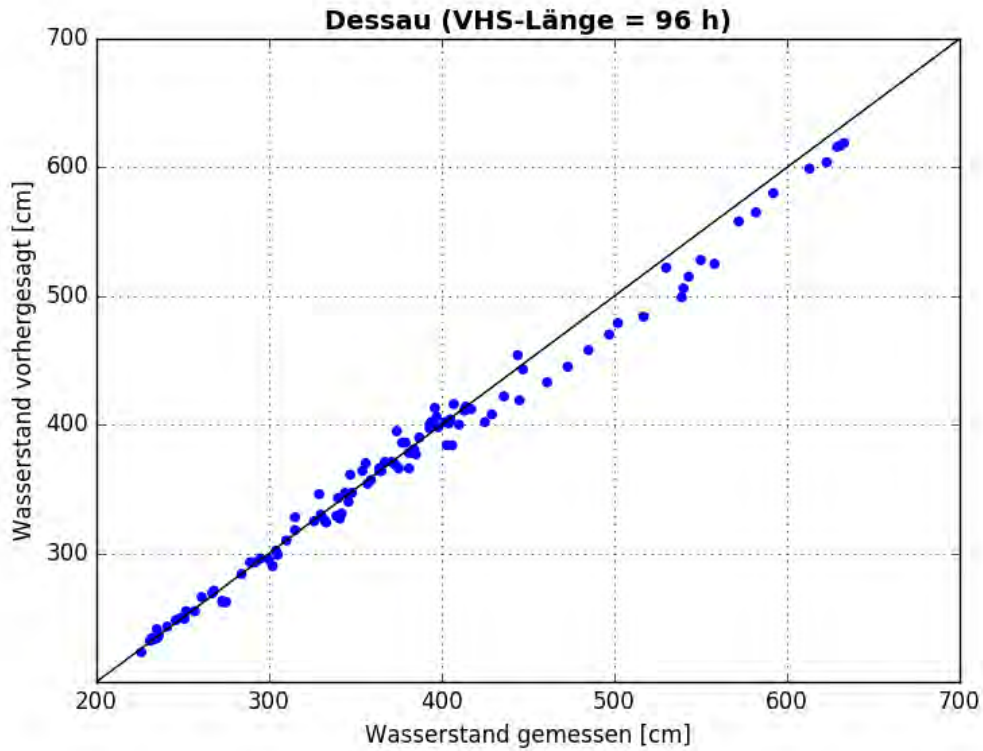


Abbildung C- 126: DESS HW2011, Scatterplot – VHS-Länge 96 h (Absch.)

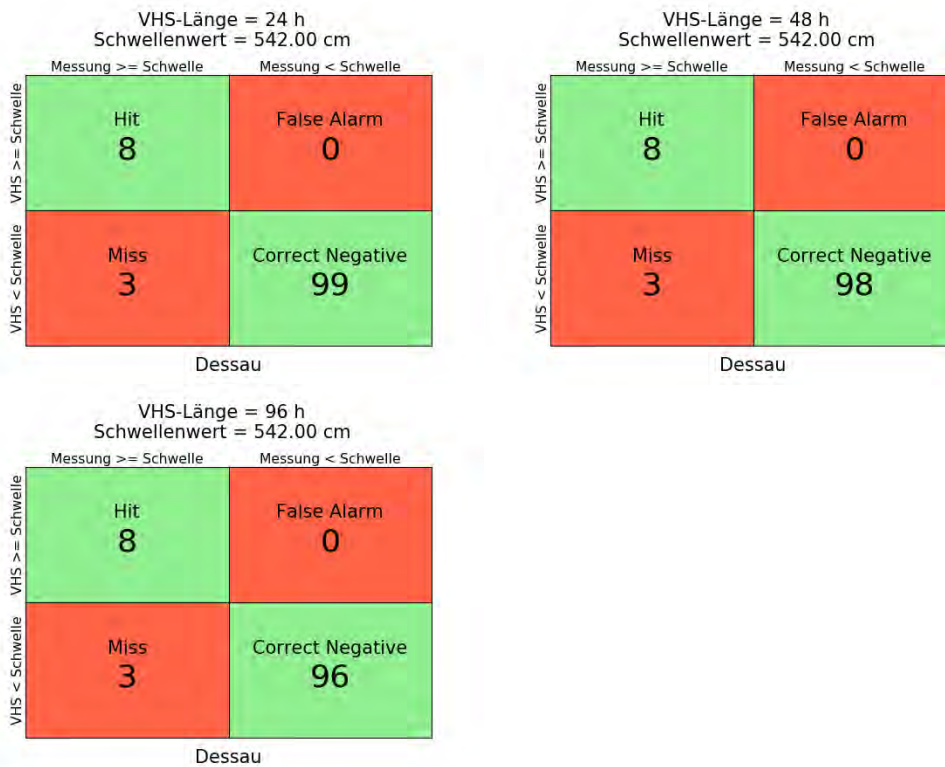


Abbildung C- 127: DESS HW2011, Kontingenztafeln Schwellenwert 542

VHS-Länge = 24 h
Schwellenwert = 750.00 cm

		Messung \geq Schwelle	Messung $<$ Schwelle
VHS	\geq Schwelle	Hit 0	False Alarm 0
	$<$ Schwelle	Miss 0	Correct Negative 110

Dessau

VHS-Länge = 48 h
Schwellenwert = 750.00 cm

		Messung \geq Schwelle	Messung $<$ Schwelle
VHS	\geq Schwelle	Hit 0	False Alarm 0
	$<$ Schwelle	Miss 0	Correct Negative 109

Dessau

VHS-Länge = 96 h
Schwellenwert = 750.00 cm

		Messung \geq Schwelle	Messung $<$ Schwelle
VHS	\geq Schwelle	Hit 0	False Alarm 0
	$<$ Schwelle	Miss 0	Correct Negative 107

Dessau

Abbildung C- 128: DESS HW2011, Kontingenztafeln Schwellenwert 750

Hochwasser Mai – Juni 2013

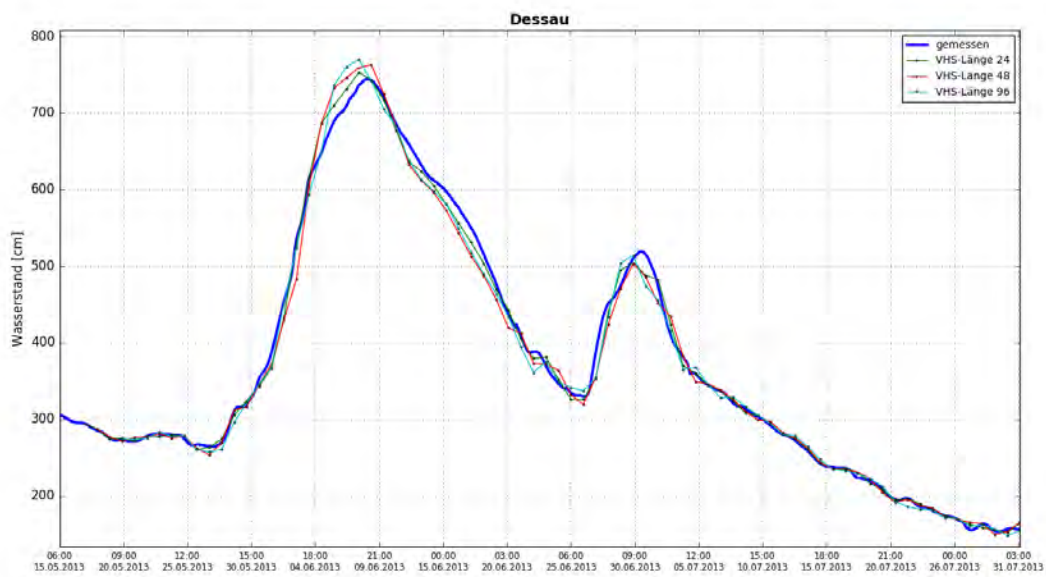


Abbildung C- 129: DESS HW2013, Ganglinien-Vergleich

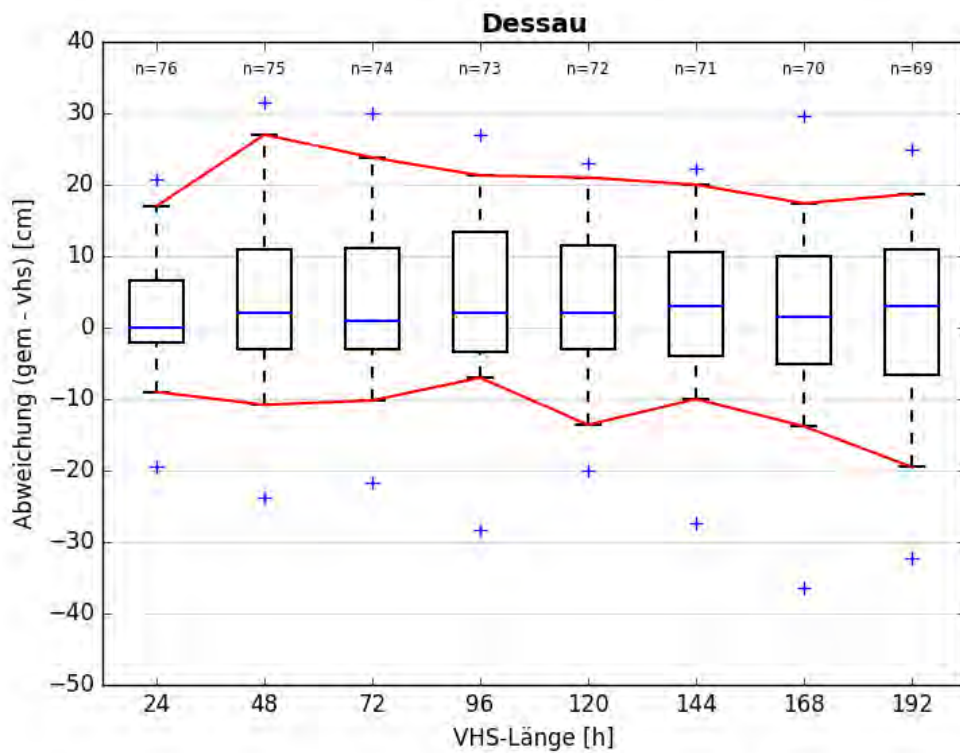


Abbildung C- 130: DESS HW2013, Boxplot

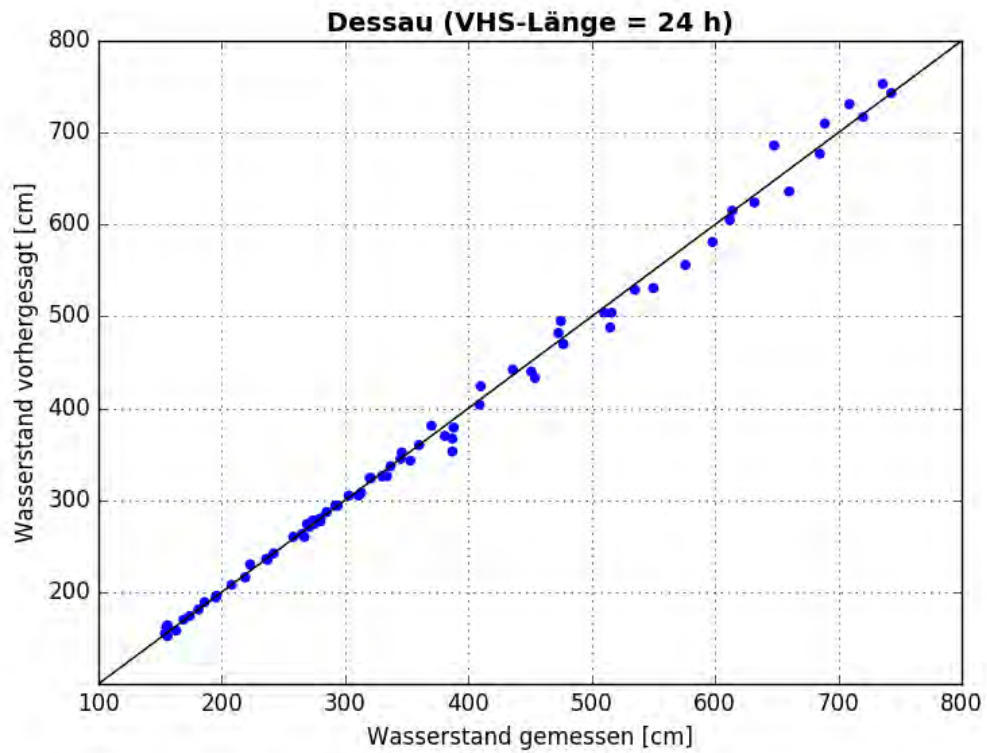


Abbildung C- 131: DESS HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 24 h (VHS)

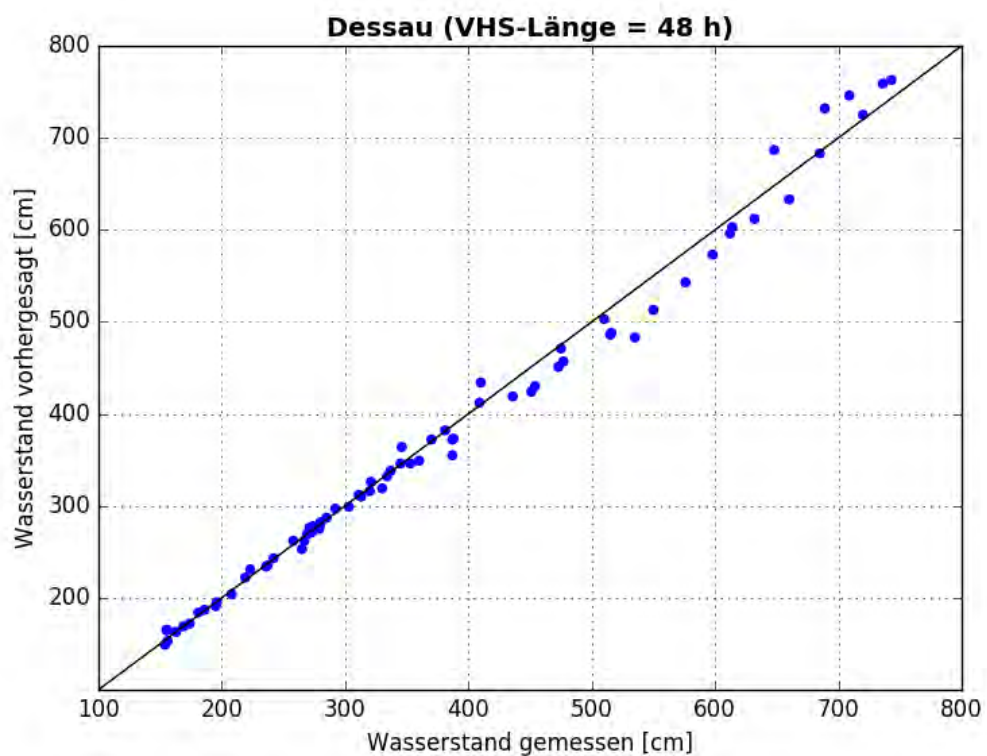


Abbildung C- 132: DESS HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 48 h (VHS)

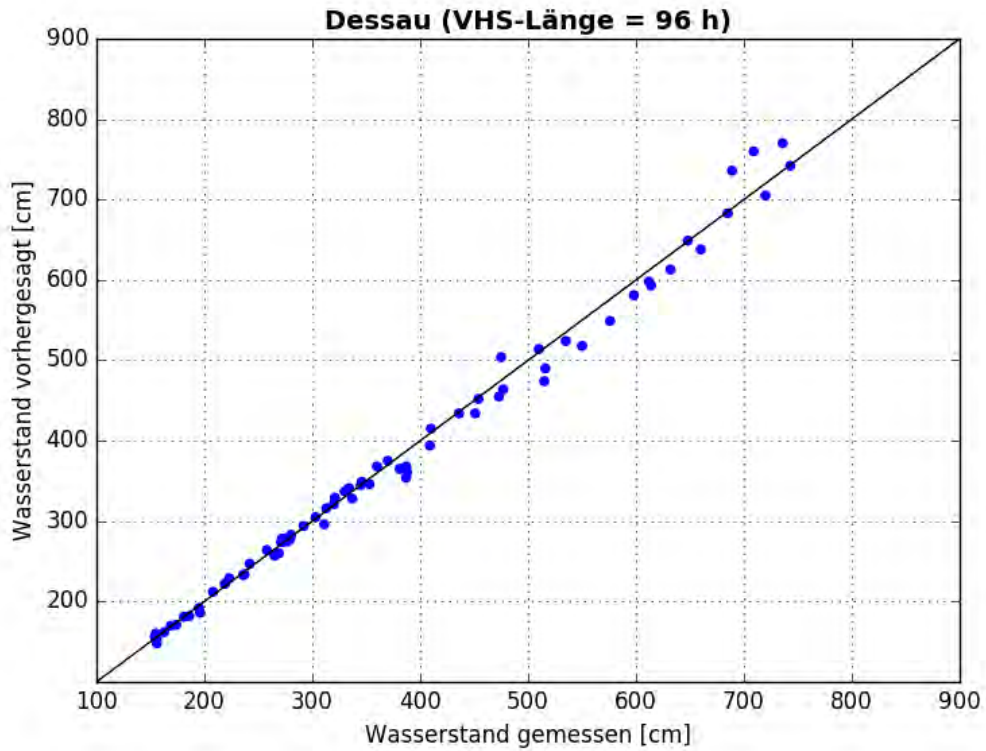


Abbildung C- 133: DESS HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 96 h (Absch.)

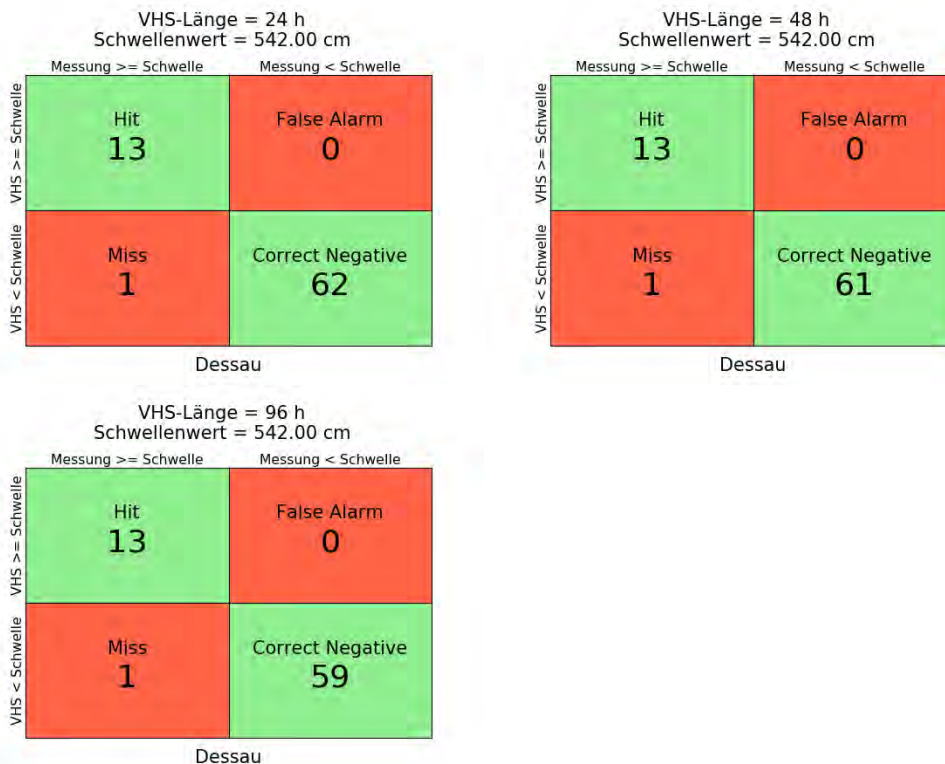


Abbildung C- 134: DESS HW2013, Kontingenztafeln Schwellenwert 542

VHS-Länge = 24 h
Schwellenwert = 750.00 cm

		Messung \geq Schwelle	Messung $<$ Schwelle
VHS	\geq Schwelle	Hit 0	False Alarm 1
	$<$ Schwelle	Miss 0	Correct Negative 75

Dessau

VHS-Länge = 48 h
Schwellenwert = 750.00 cm

		Messung \geq Schwelle	Messung $<$ Schwelle
VHS	\geq Schwelle	Hit 0	False Alarm 2
	$<$ Schwelle	Miss 0	Correct Negative 73

Dessau

VHS-Länge = 96 h
Schwellenwert = 750.00 cm

		Messung \geq Schwelle	Messung $<$ Schwelle
VHS	\geq Schwelle	Hit 0	False Alarm 2
	$<$ Schwelle	Miss 0	Correct Negative 71

Dessau

Abbildung C- 135: DESS HW2013, Kontingenztafeln Schwellenwert 750

Anlage C-8: Pegel Aken, Elbe-km 274,75

Hochwasser April – Mai 2006

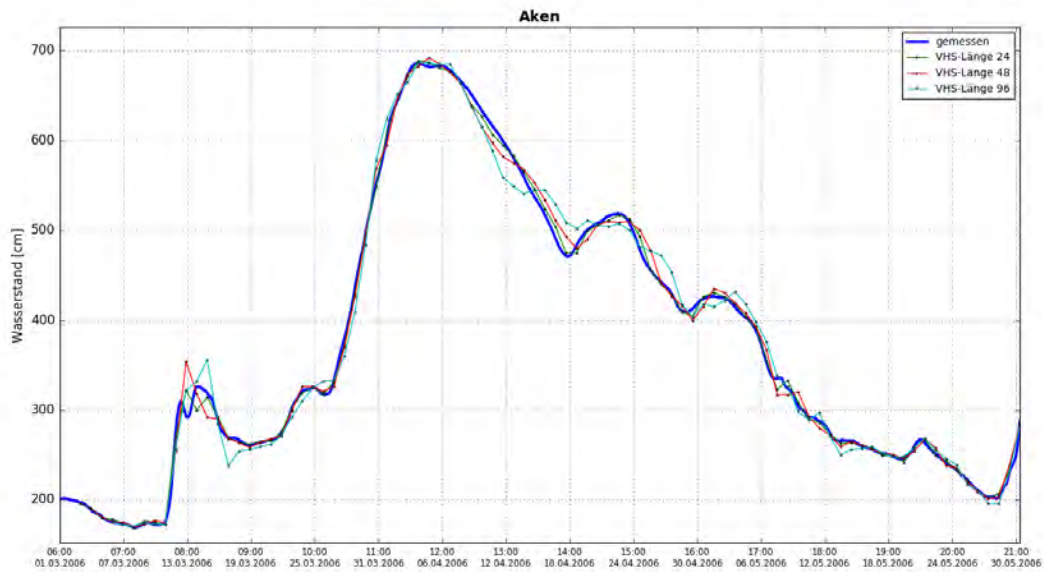


Abbildung C- 136: AKEN HW2006, Ganglinien-Vergleich

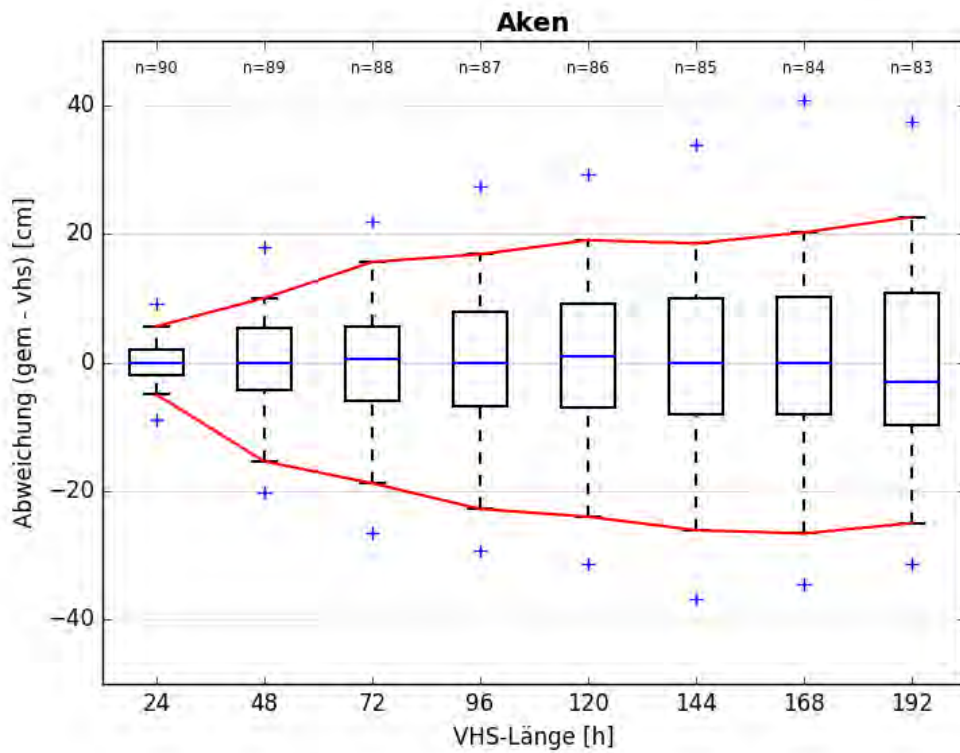


Abbildung C- 137: AKEN HW2006, Boxplot

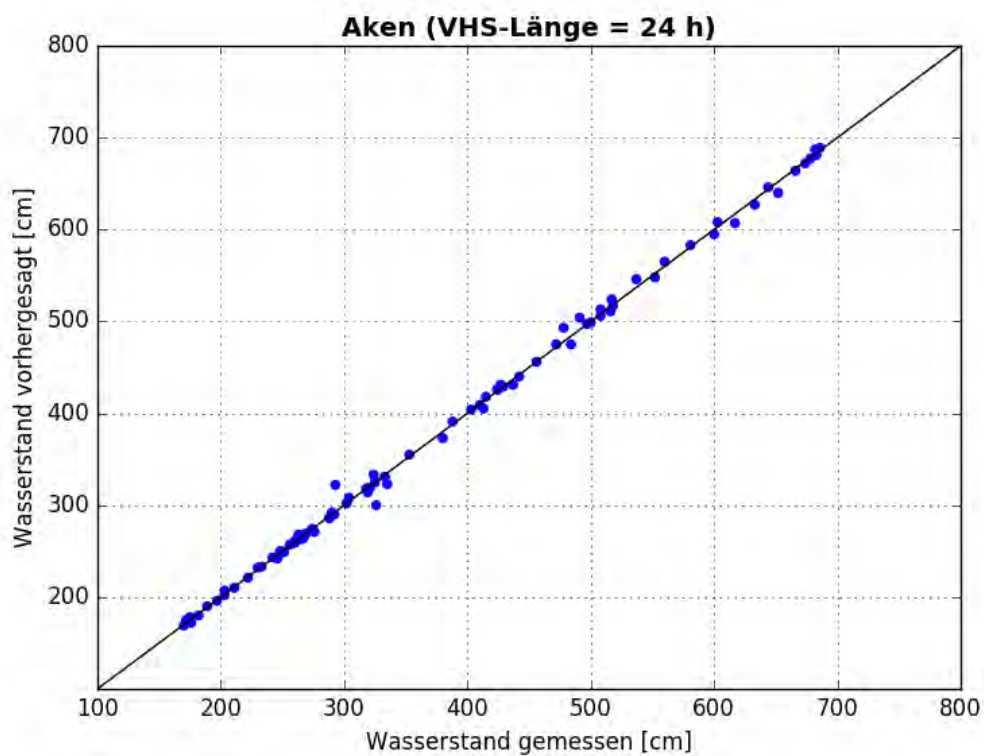


Abbildung C- 138: AKEN HW2006, Scatterplot – VHS-Länge 24 h (VHS)

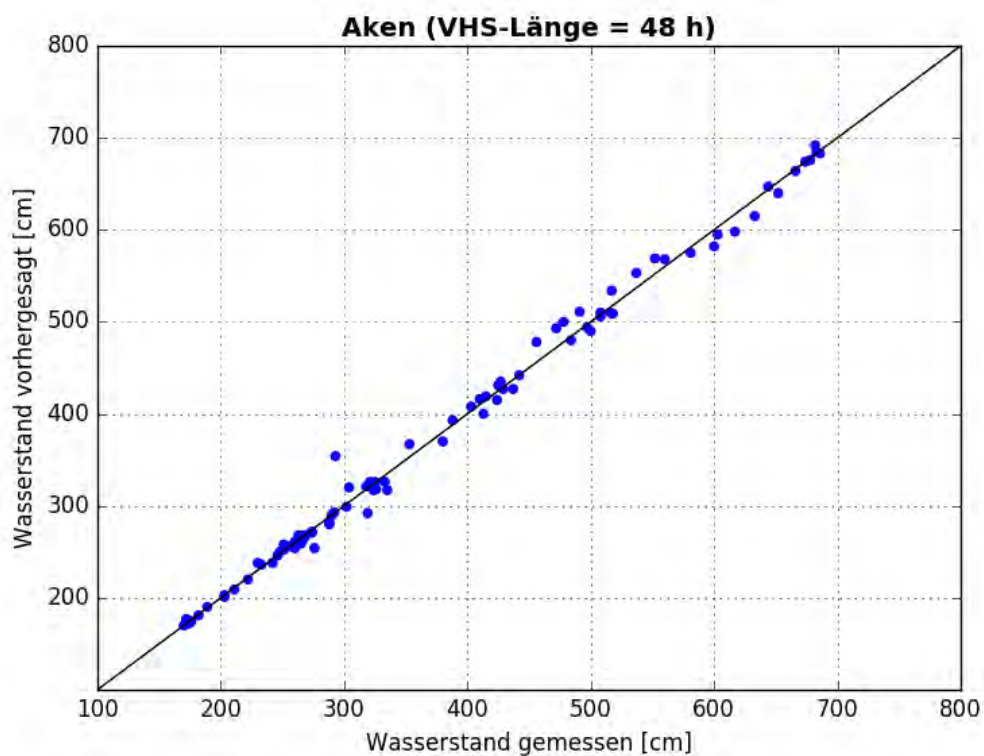


Abbildung C- 139: AKEN HW2006, Scatterplot – VHS-Länge 48 h (VHS)

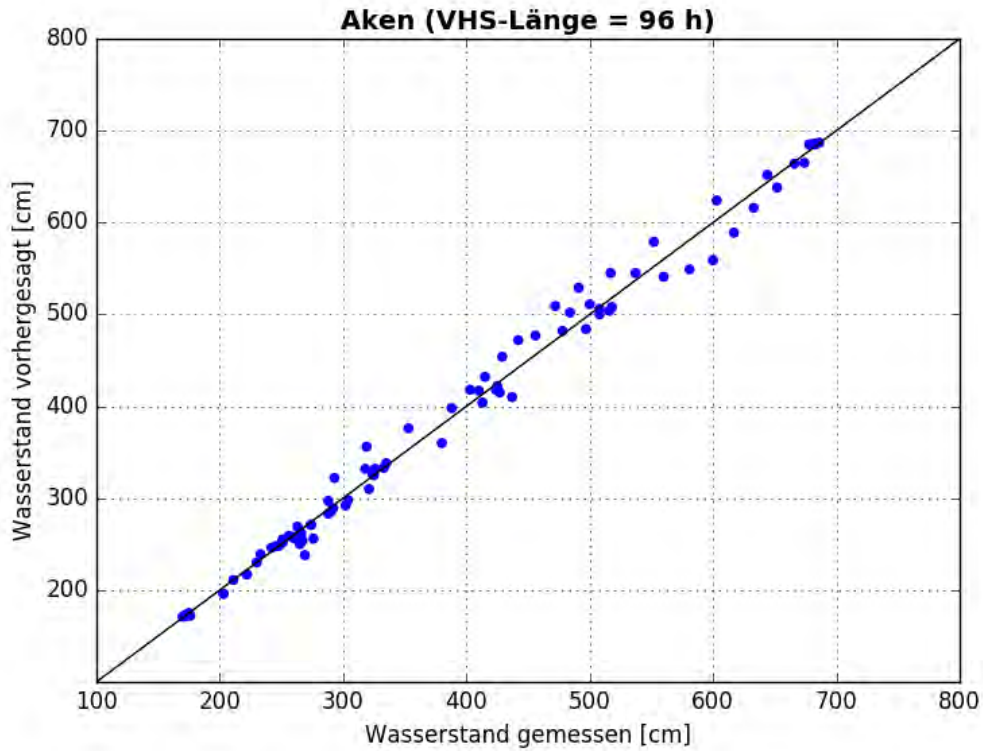


Abbildung C- 140: AKEN HW2006, Scatterplot – VHS-Länge 96 h (Absch.)

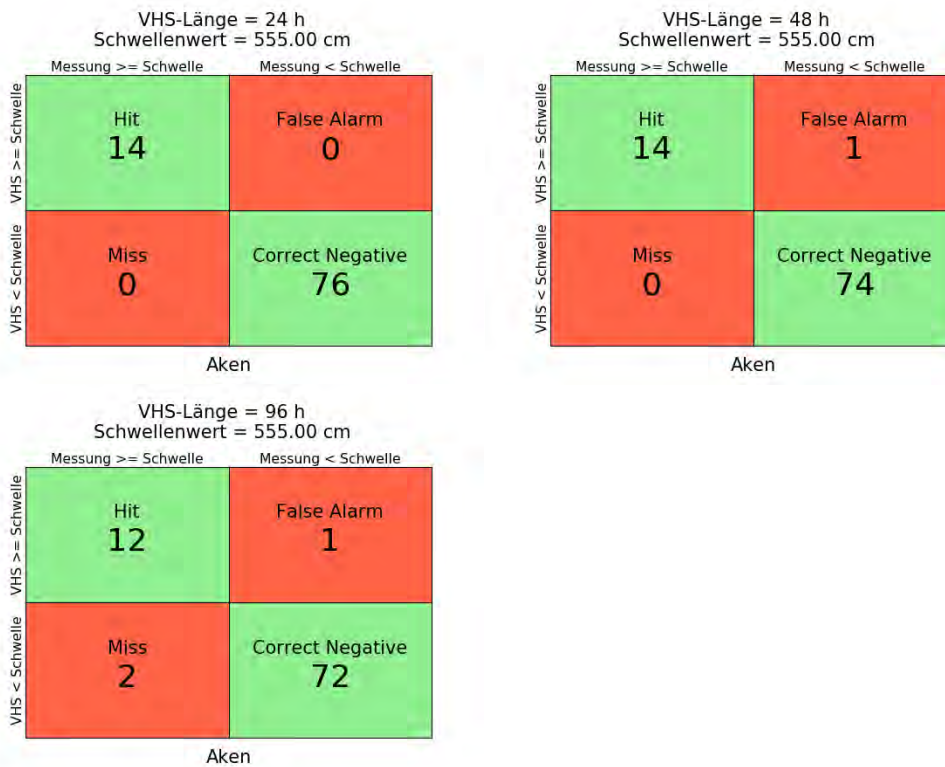


Abbildung C- 141: AKEN HW2006, Kontingenztafeln Schwellenwert 555

VHS-Länge = 24 h
Schwellenwert = 700.00 cm

		Messung \geq Schwelle	Messung $<$ Schwelle
VHS	\geq Schwelle	Hit 0	False Alarm 0
	$<$ Schwelle	Miss 0	Correct Negative 90

Aken

VHS-Länge = 48 h
Schwellenwert = 700.00 cm

		Messung \geq Schwelle	Messung $<$ Schwelle
VHS	\geq Schwelle	Hit 0	False Alarm 0
	$<$ Schwelle	Miss 0	Correct Negative 89

Aken

VHS-Länge = 96 h
Schwellenwert = 700.00 cm

		Messung \geq Schwelle	Messung $<$ Schwelle
VHS	\geq Schwelle	Hit 0	False Alarm 0
	$<$ Schwelle	Miss 0	Correct Negative 87

Aken

Abbildung C-142: AKEN HW2006, Kontingenztafeln Schwellenwert 700

Hochwasser Januar – Februar 2011

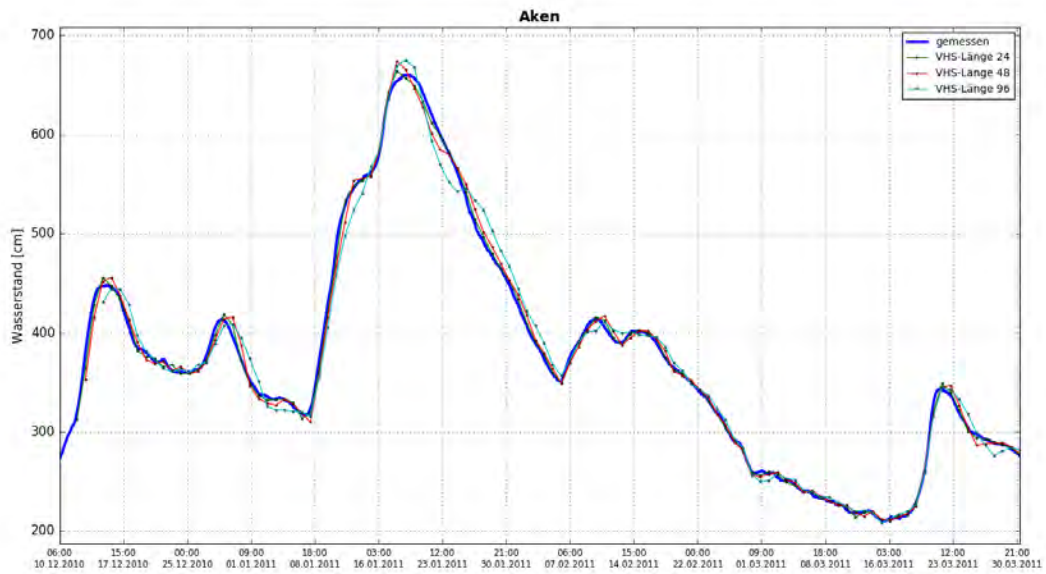


Abbildung C- 143: AKEN HW2011, Ganglinien-Vergleich

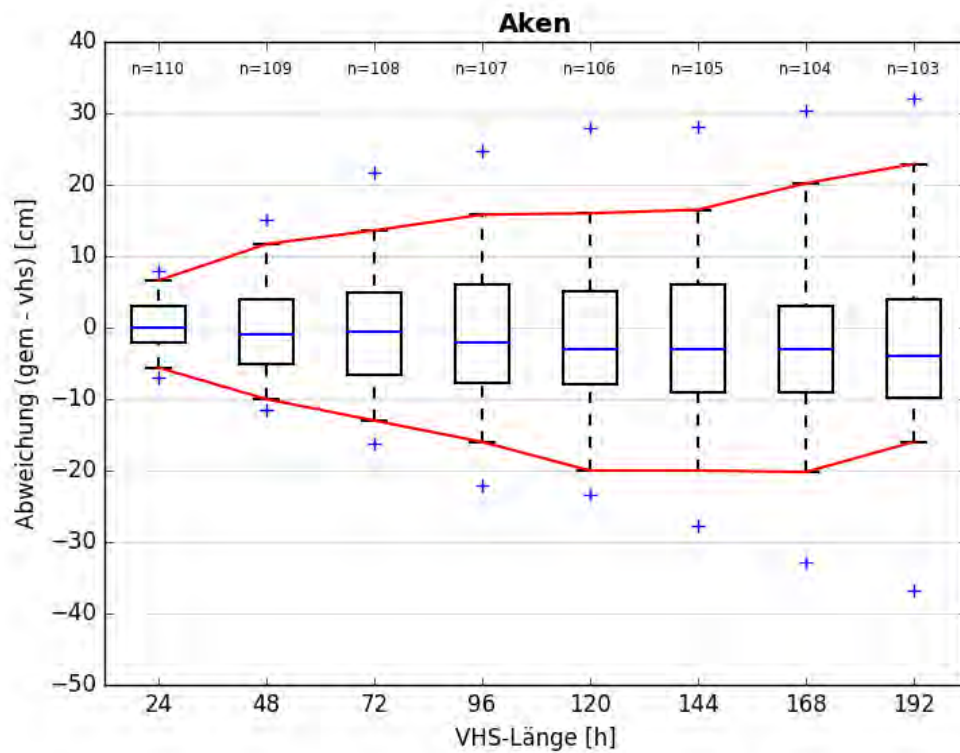


Abbildung C- 144: AKEN HW2011, Boxplot

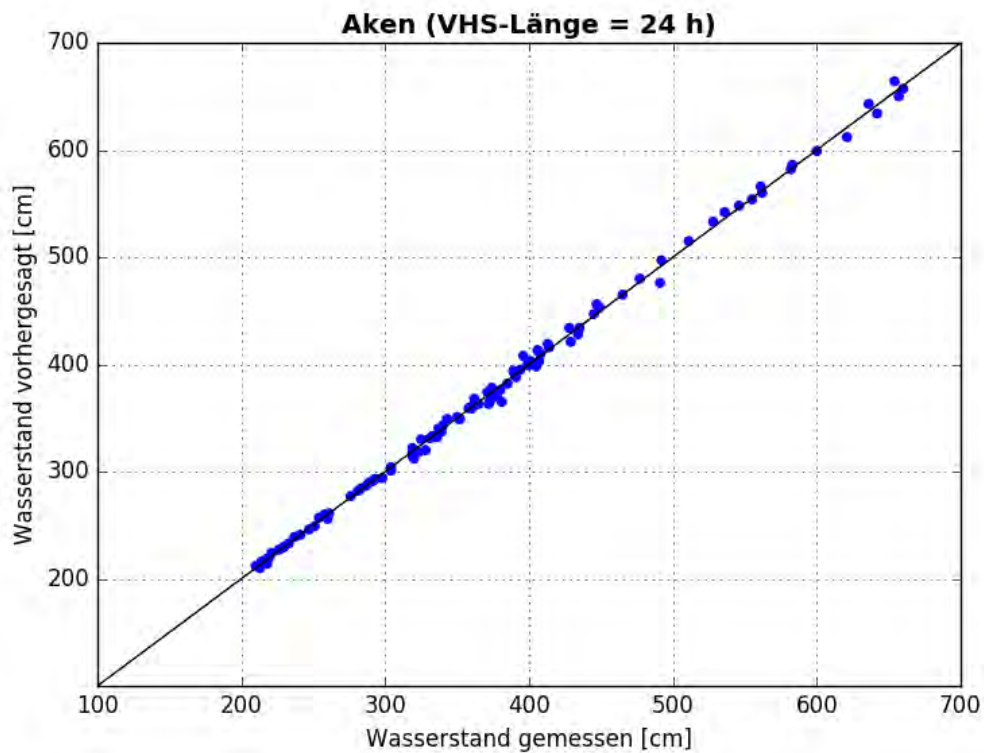


Abbildung C- 145: AKEN HW2011, Scatterplot – VHS-Länge 24 h (VHS)

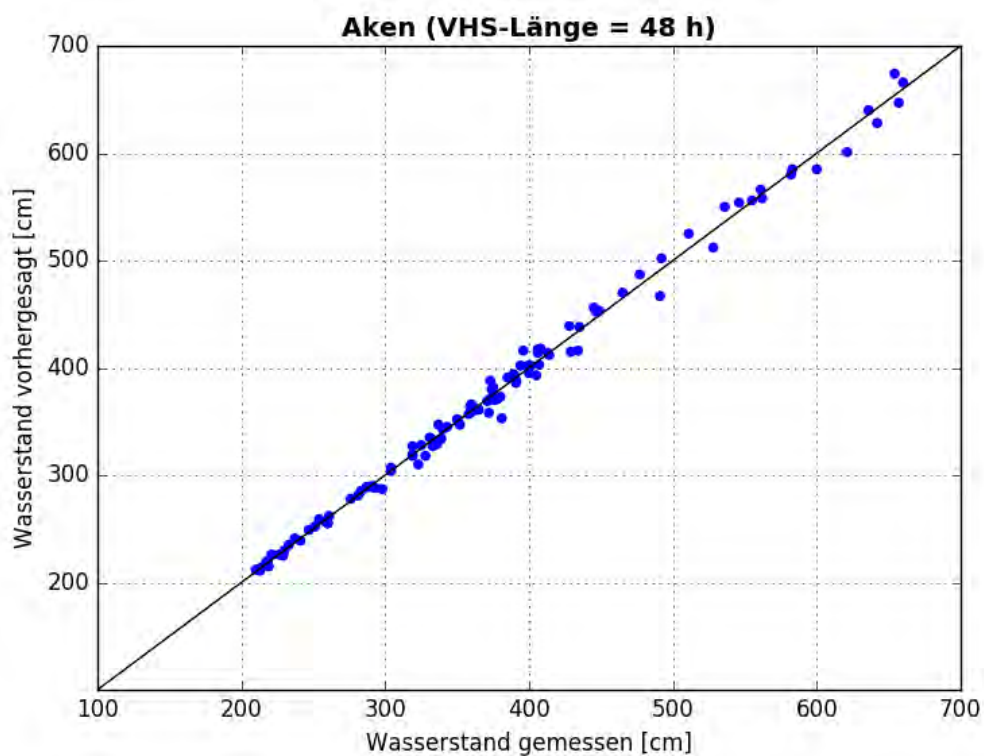


Abbildung C- 146: AKEN HW2011, Scatterplot – VHS-Länge 48 h (VHS)

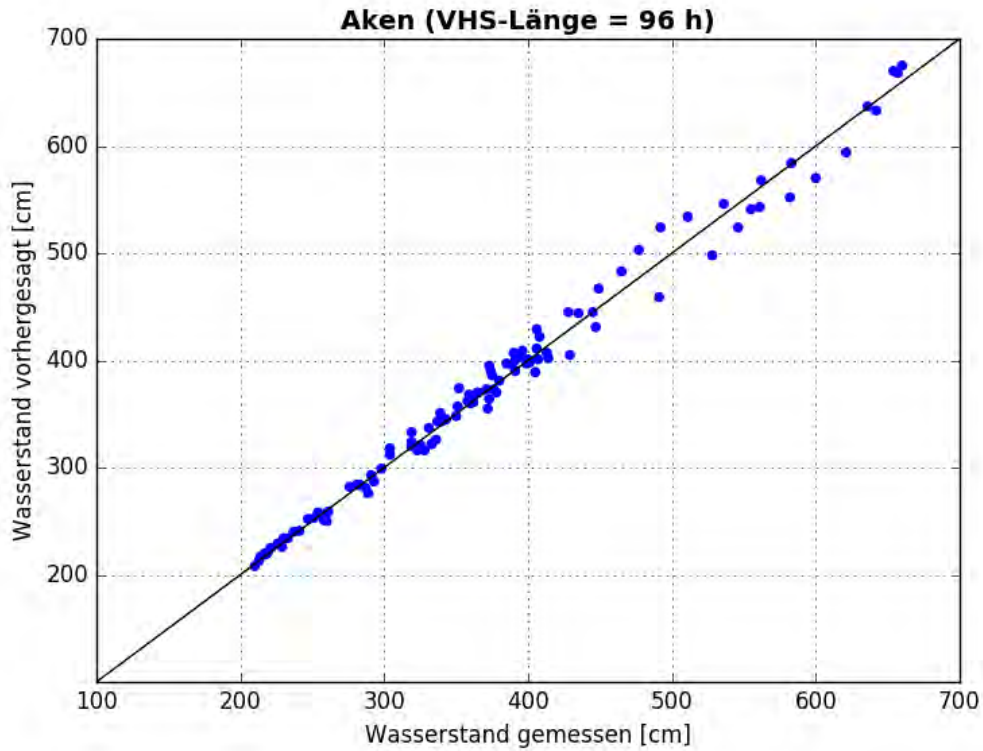


Abbildung C- 147: AKEN HW2011, Scatterplot – VHS-Länge 96 h (Absch.)

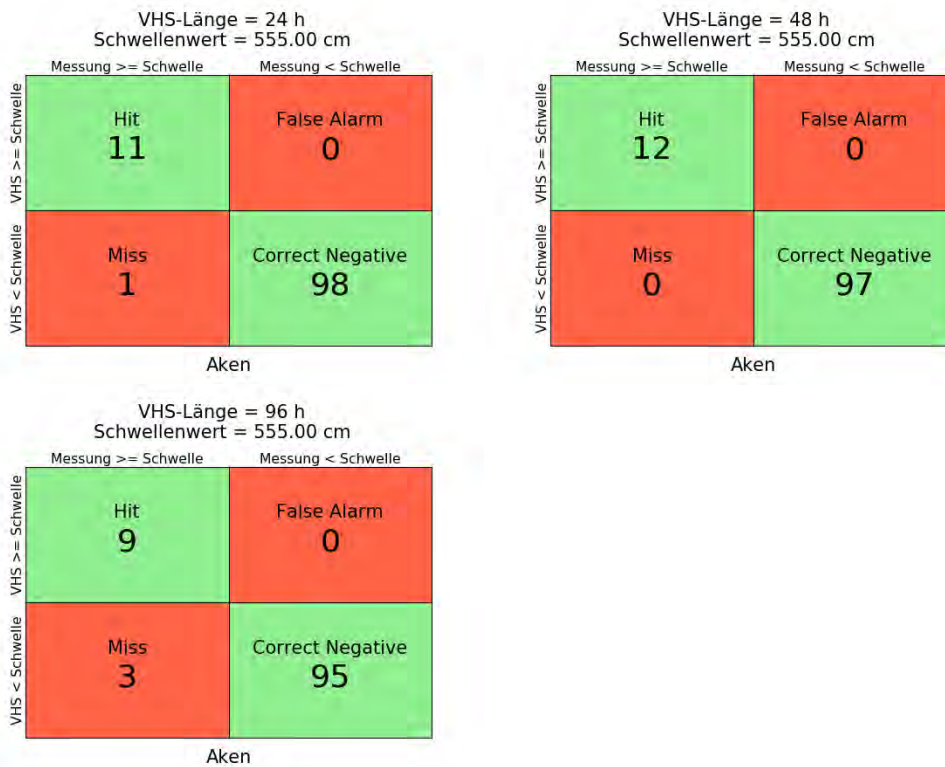


Abbildung C- 148: AKEN HW2011, Kontingenztafeln Schwellenwert 555

VHS-Länge = 24 h
Schwellenwert = 700.00 cm

		Messung \geq Schwelle	Messung $<$ Schwelle
VHS	\geq Schwelle	Hit 0	False Alarm 0
	$<$ Schwelle	Miss 0	Correct Negative 110

Aken

VHS-Länge = 48 h
Schwellenwert = 700.00 cm

		Messung \geq Schwelle	Messung $<$ Schwelle
VHS	\geq Schwelle	Hit 0	False Alarm 0
	$<$ Schwelle	Miss 0	Correct Negative 109

Aken

VHS-Länge = 96 h
Schwellenwert = 700.00 cm

		Messung \geq Schwelle	Messung $<$ Schwelle
VHS	\geq Schwelle	Hit 0	False Alarm 0
	$<$ Schwelle	Miss 0	Correct Negative 107

Aken

Abbildung C-149: AKEN HW2011, Kontingenztafeln Schwellenwert 700

Hochwasser Mai – Juni 2013

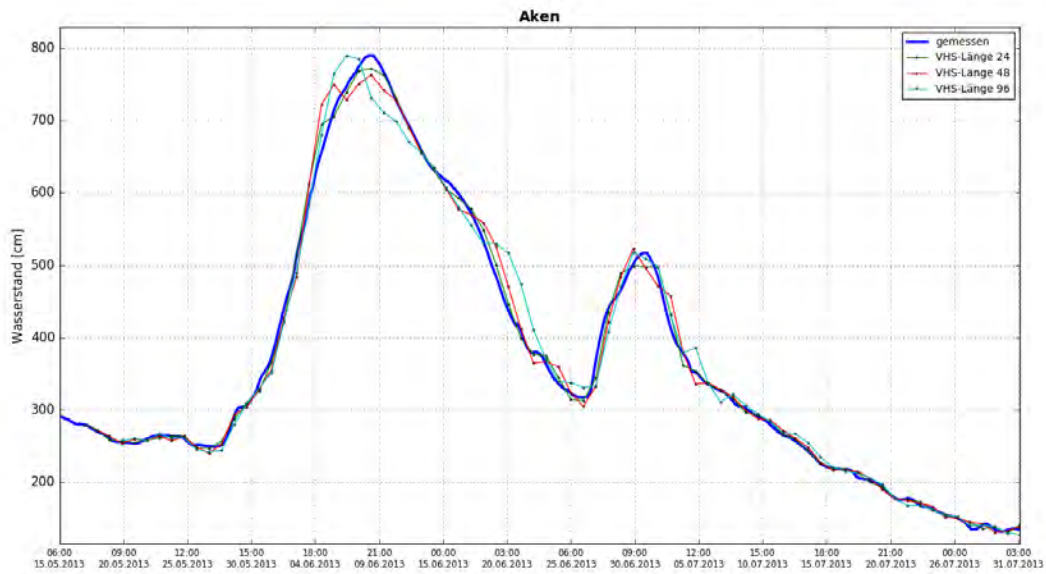


Abbildung C- 150: AKEN HW2013, Ganglinien-Vergleich

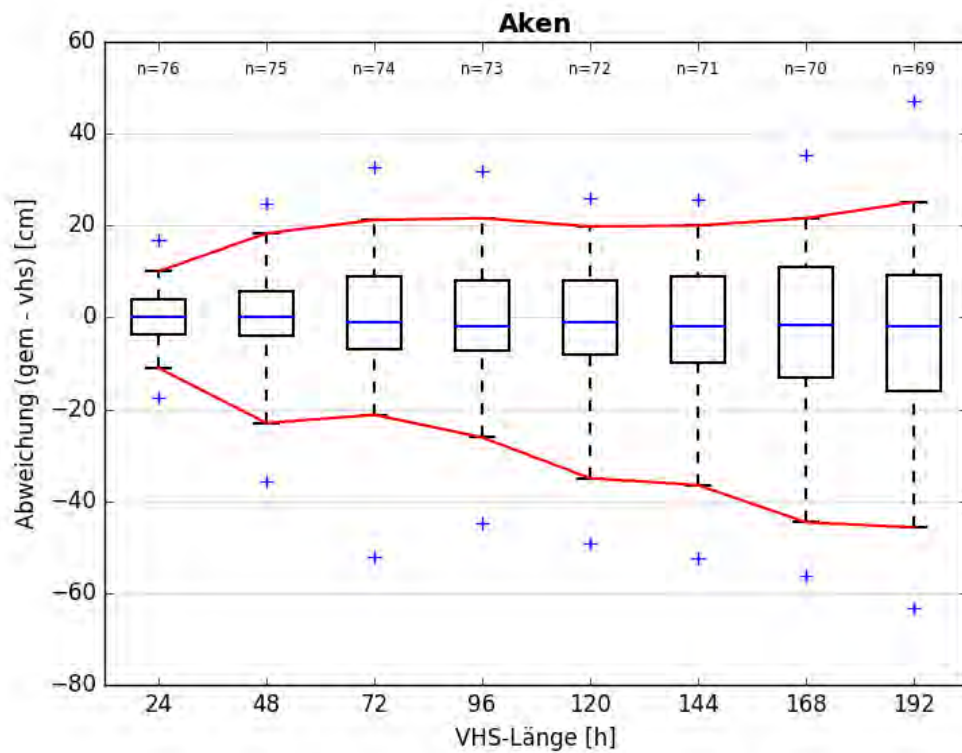


Abbildung C- 151: AKEN HW2013, Boxplot

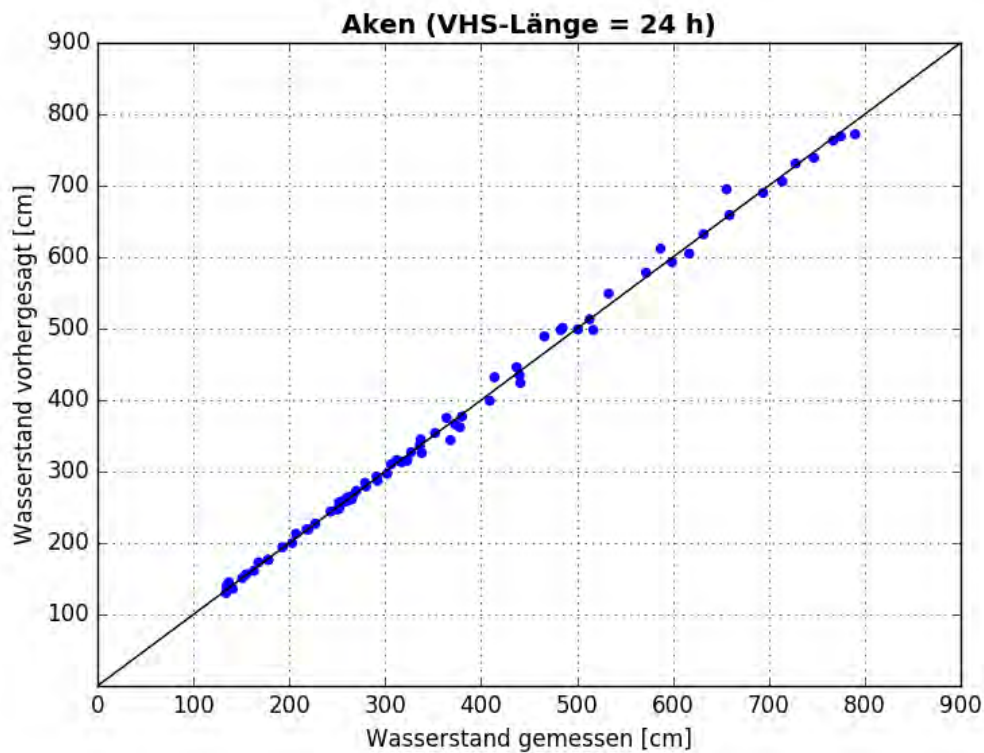


Abbildung C- 152: AKEN HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 24 h (VHS)

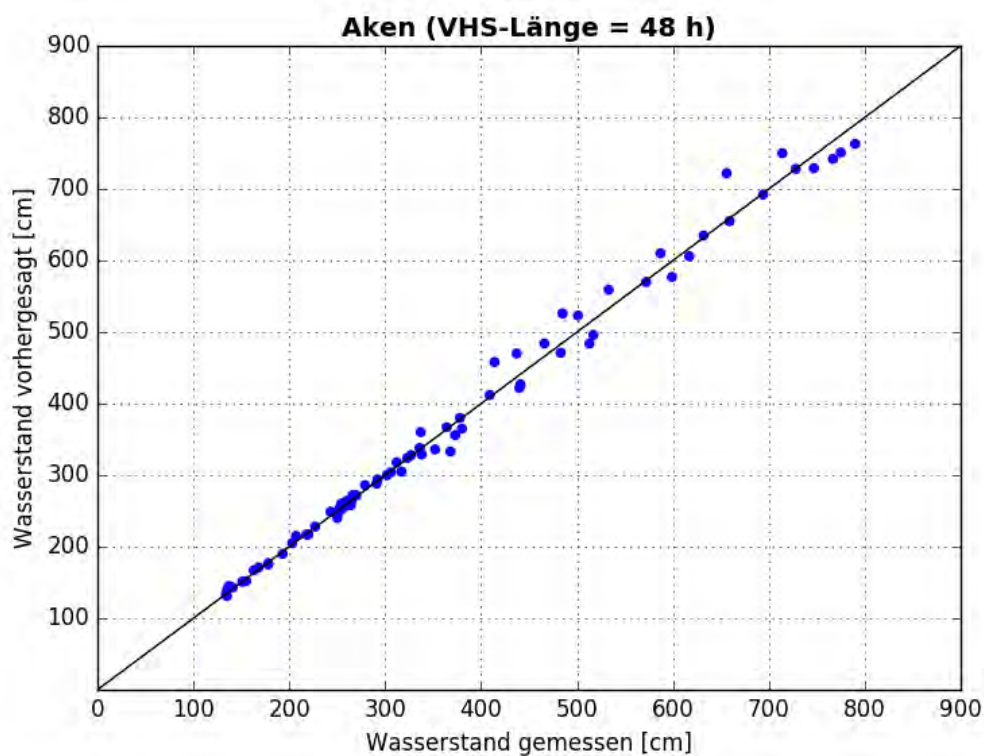


Abbildung C- 153: AKEN HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 48 h (VHS)

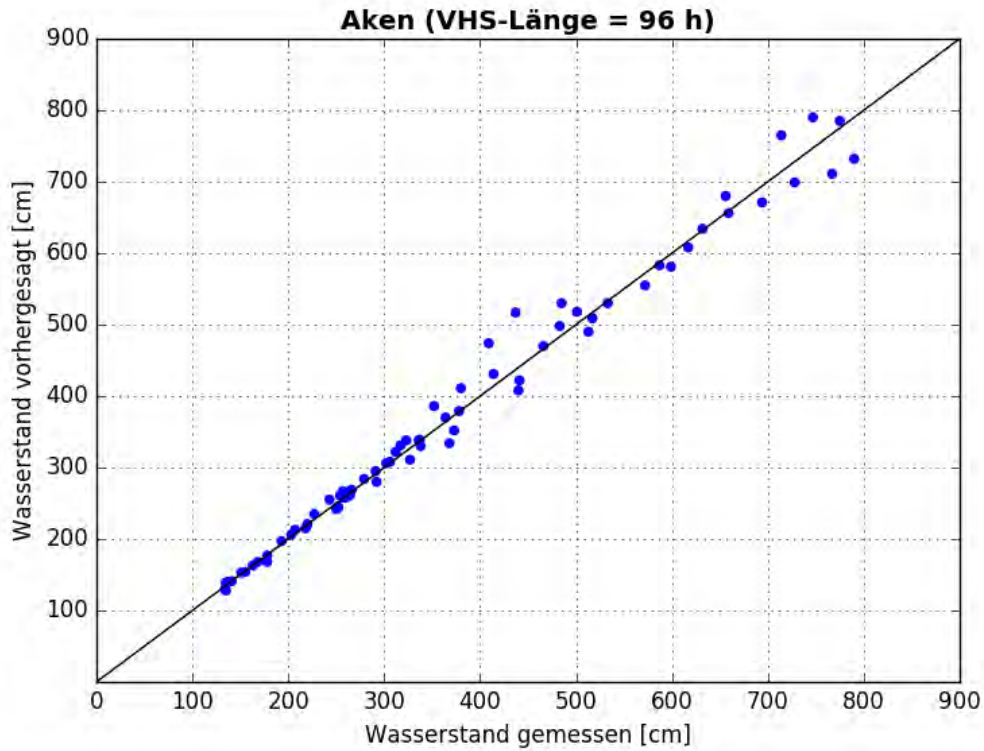


Abbildung C- 154: AKEN HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 96 h (Absch.)

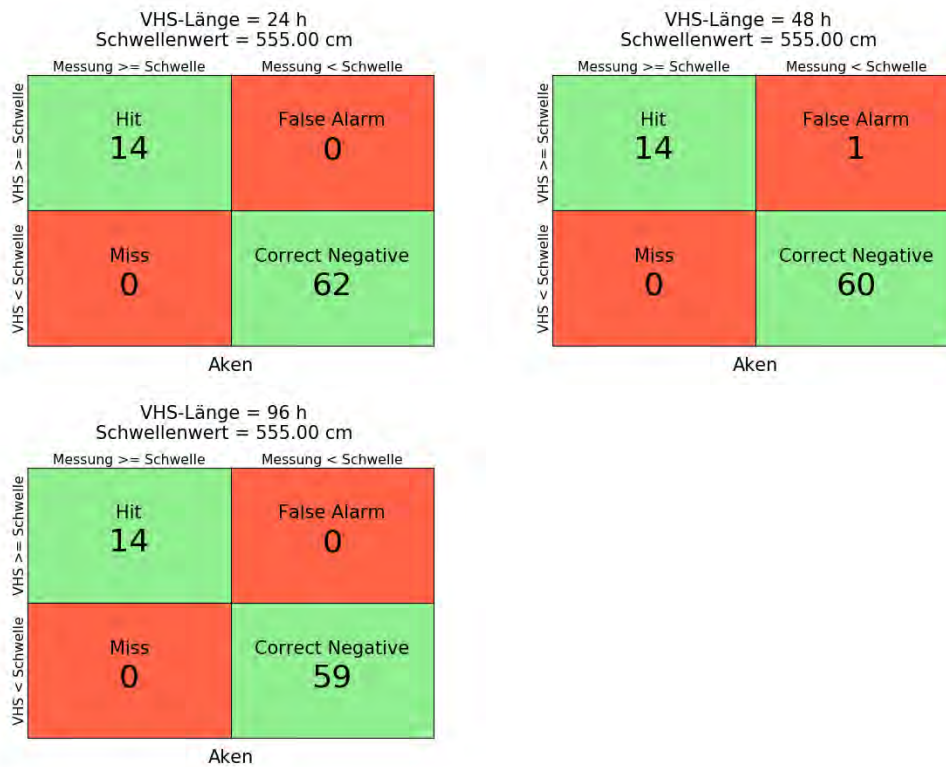


Abbildung C- 155: AKEN HW2013, Kontingenztafeln Schwellenwert 555

VHS-Länge = 24 h
Schwellenwert = 700.00 cm

		Messung \geq Schwelle	Messung $<$ Schwelle
VHS \geq Schwelle	Hit	6	False Alarm 0
	Miss	0	Correct Negative 70

Aken

VHS-Länge = 48 h
Schwellenwert = 700.00 cm

		Messung \geq Schwelle	Messung $<$ Schwelle
VHS \geq Schwelle	Hit	6	False Alarm 1
	Miss	0	Correct Negative 68

Aken

VHS-Länge = 96 h
Schwellenwert = 700.00 cm

		Messung \geq Schwelle	Messung $<$ Schwelle
VHS \geq Schwelle	Hit	5	False Alarm 0
	Miss	1	Correct Negative 67

Aken

Abbildung C- 156: AKEN HW2013, Kontingenztafeln Schwellenwert 700

Anlage C-9: Pegel Barby, Elbe-km 294,82

Hochwasser April – Mai 2006

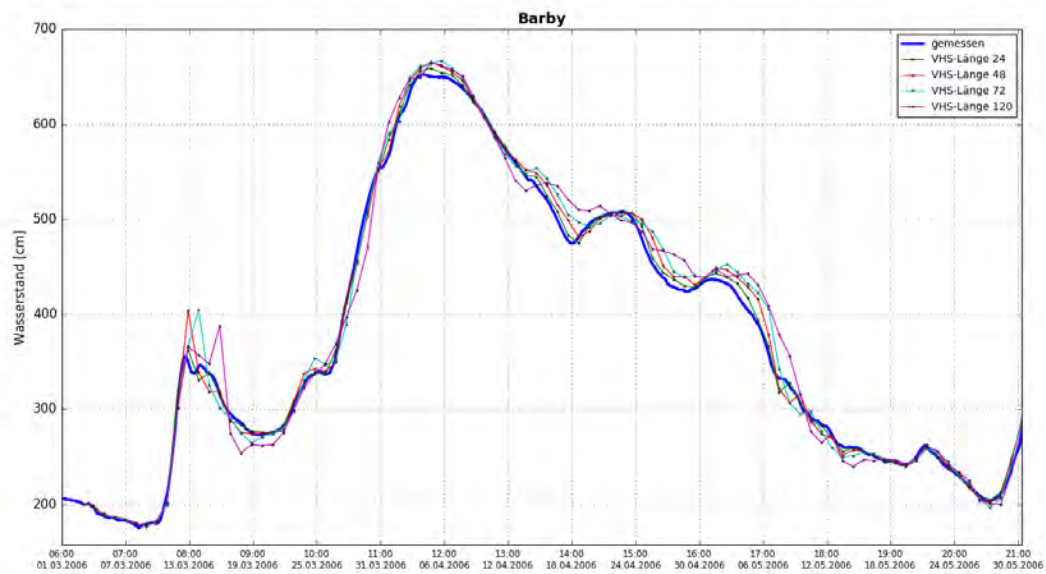


Abbildung C- 157: BARB HW2006, Ganglinien-Vergleich

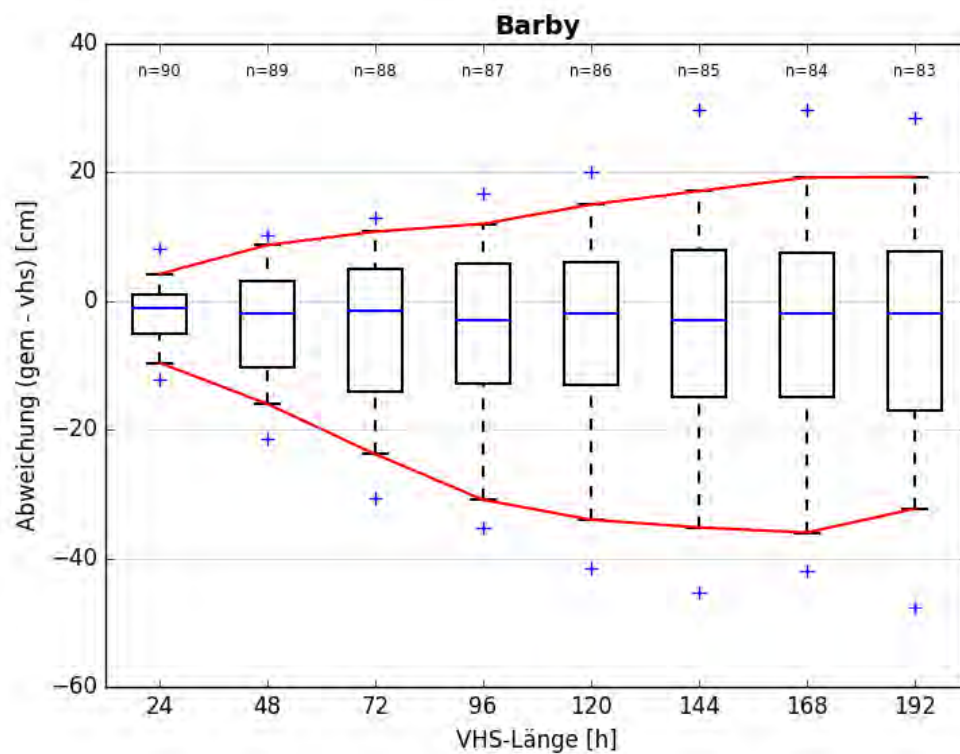


Abbildung C- 158: BARB HW2006, Boxplot

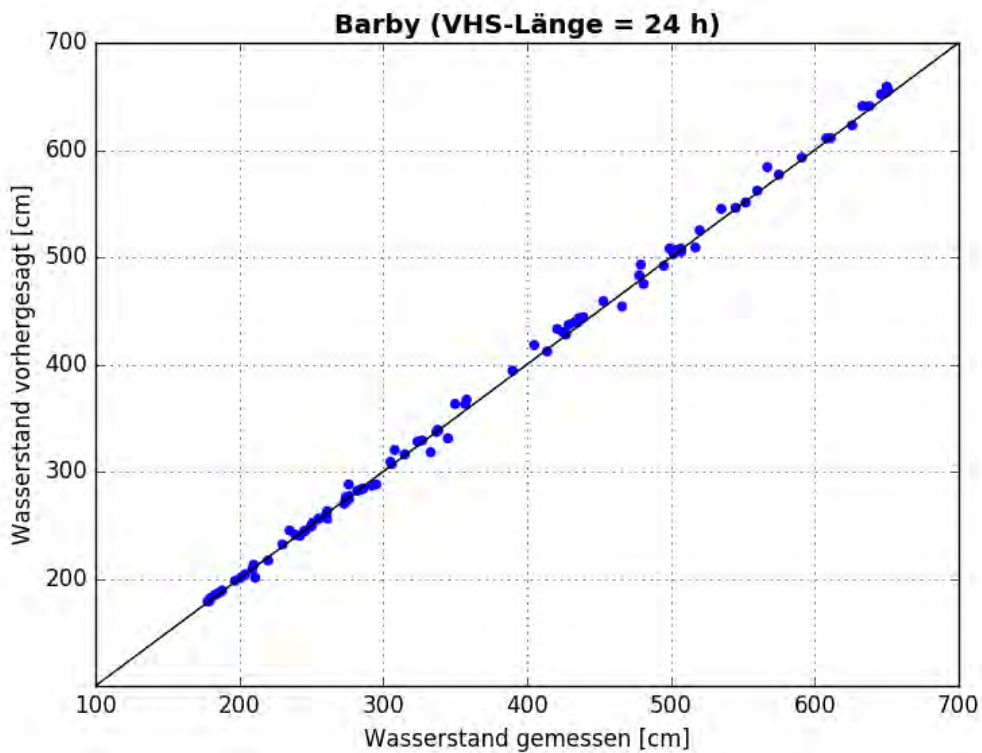


Abbildung C- 159: BARB HW2006, Scatterplot – VHS-Länge 24 h (VHS)

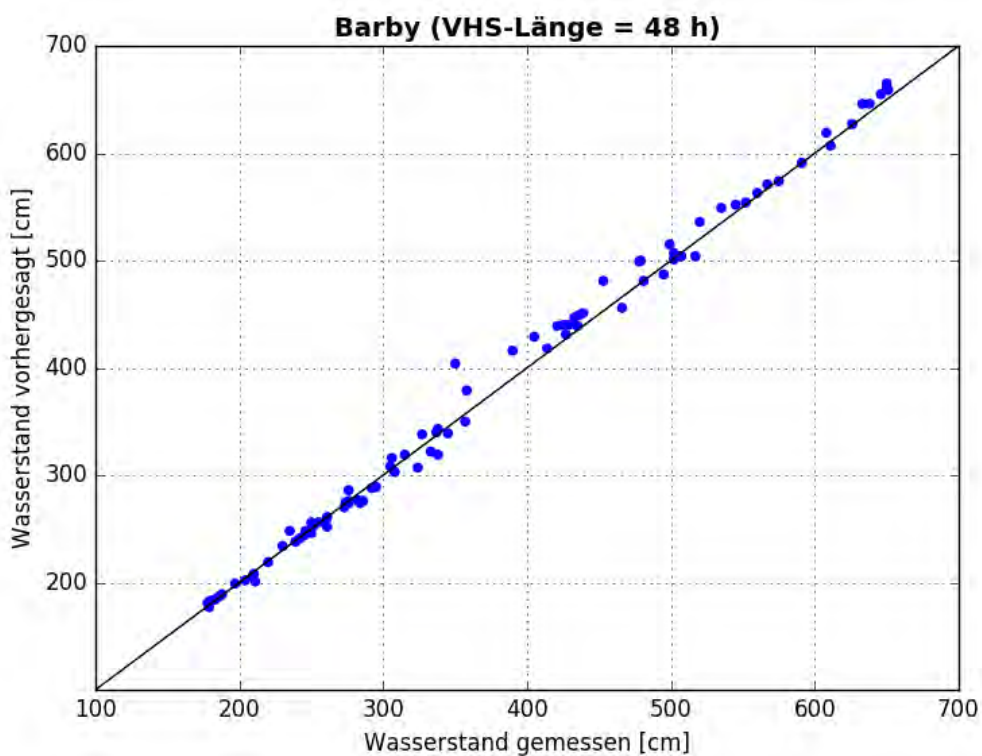


Abbildung C- 160: BARB HW2006, Scatterplot – VHS-Länge 48 h (VHS)

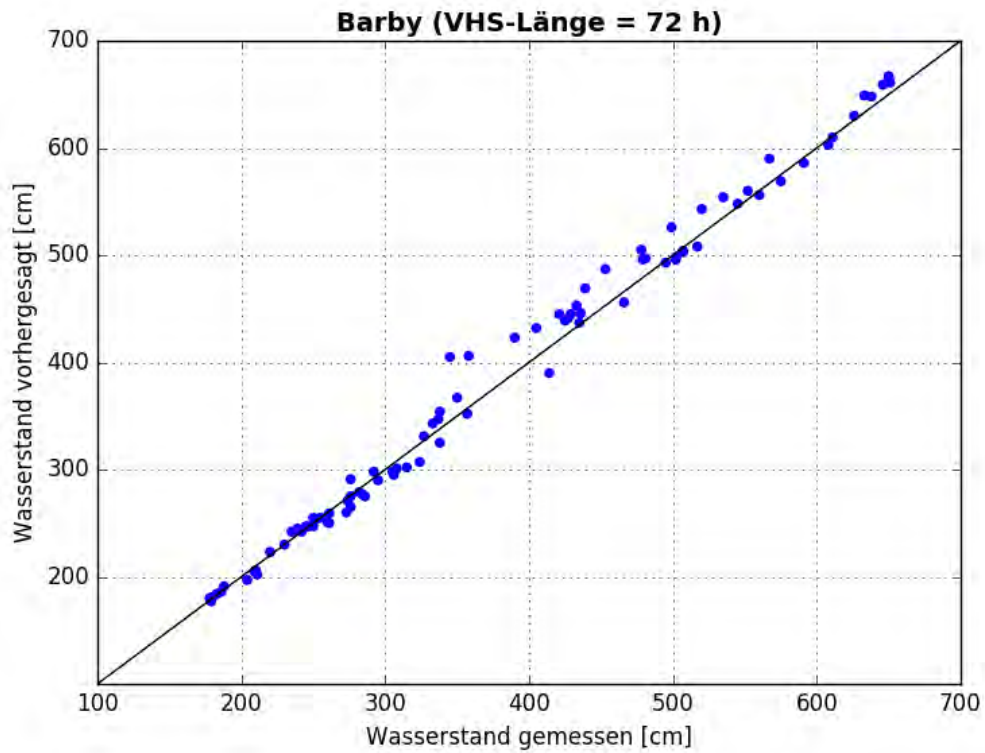


Abbildung C- 161: BARB HW2006, Scatterplot – VHS-Länge 72 h (VHS)

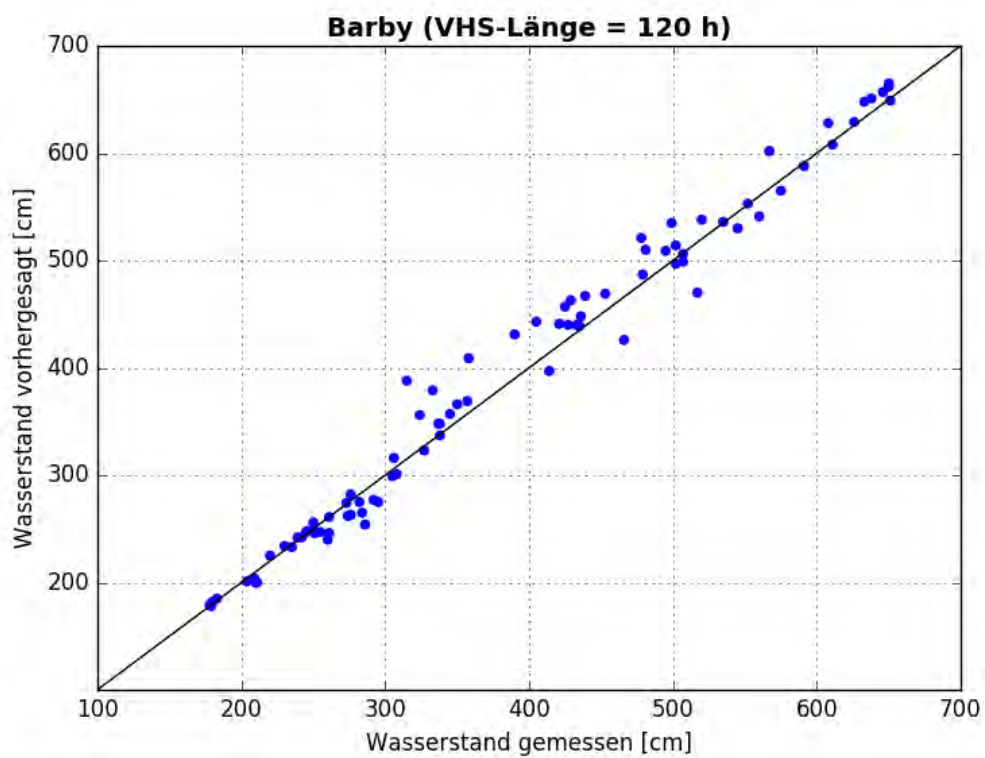


Abbildung C- 162: BARB HW2006, Scatterplot – VHS-Länge 120 h (Absch.)

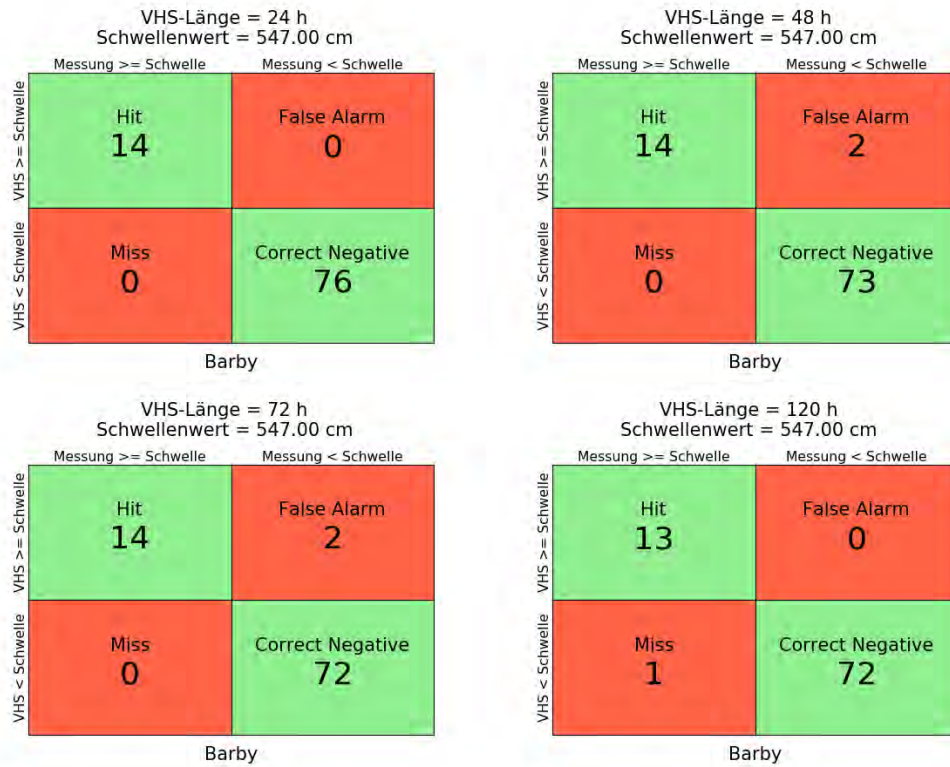


Abbildung C- 163: BARB HW2006, Kontingenztafeln Schwellenwert 547

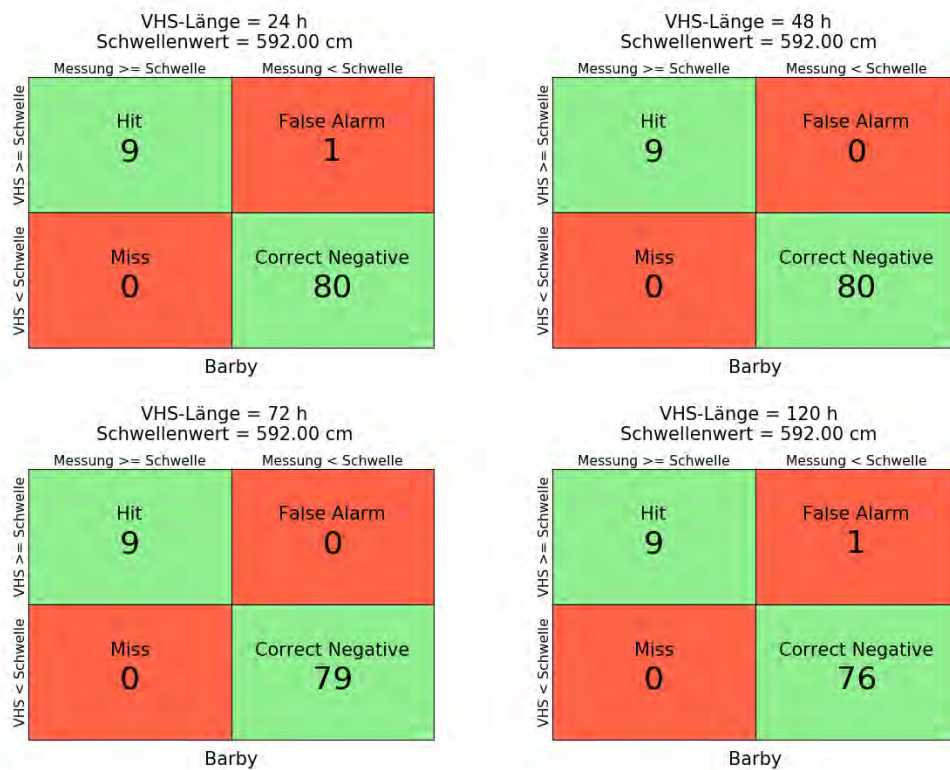


Abbildung C- 164: BARB HW2006, Kontingenztafeln Schwellenwert 592

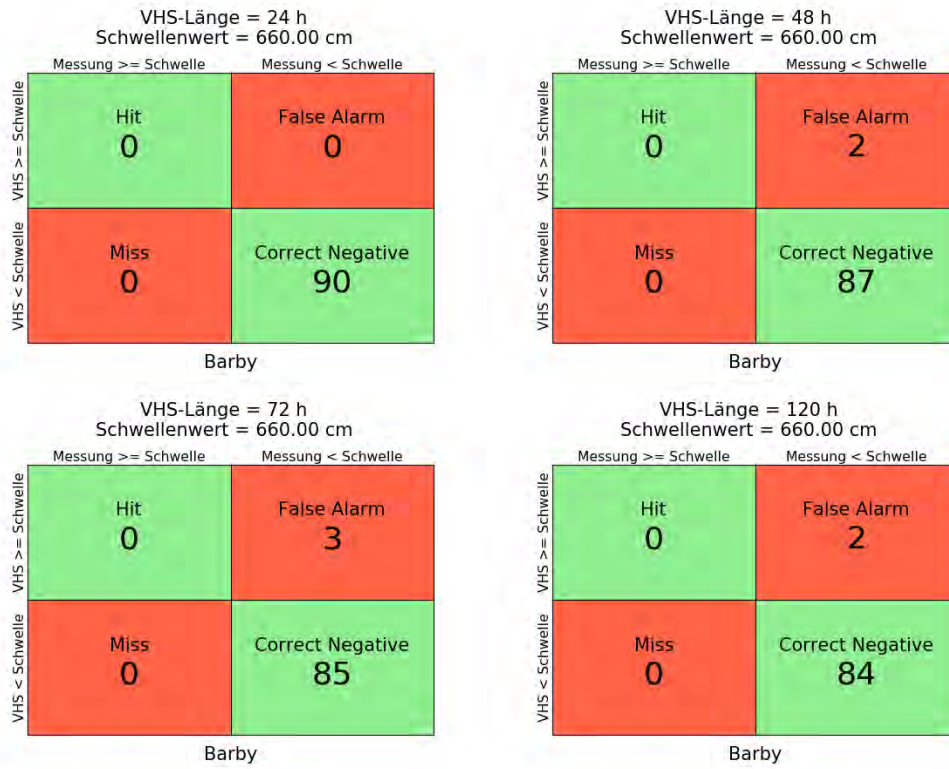


Abbildung C- 165: BARB HW2006, Kontingenztafeln Schwellenwert 660

Hochwasser Januar – Februar 2011

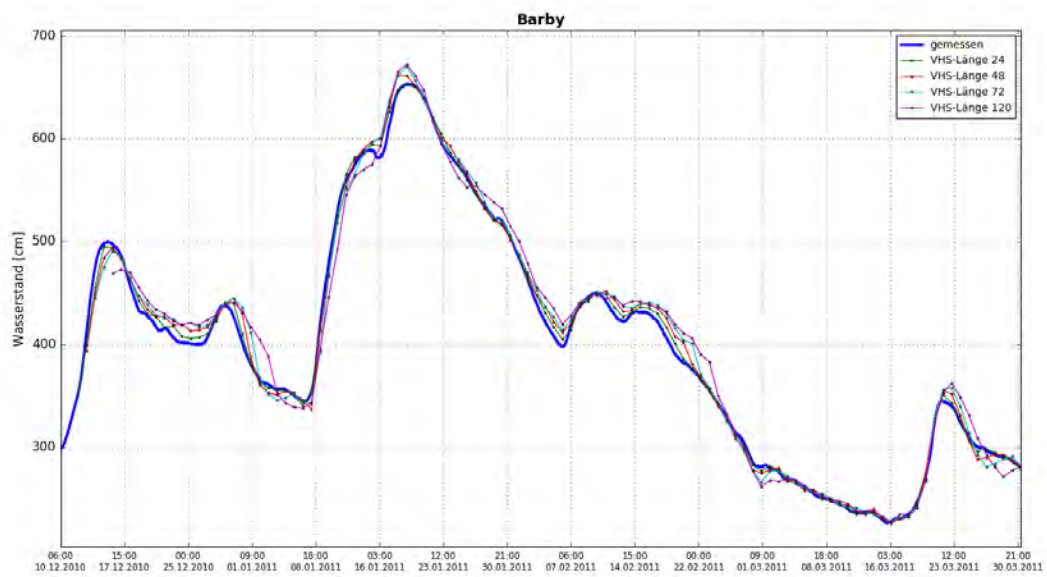


Abbildung C- 166: BARB HW2011, Ganglinien-Vergleich

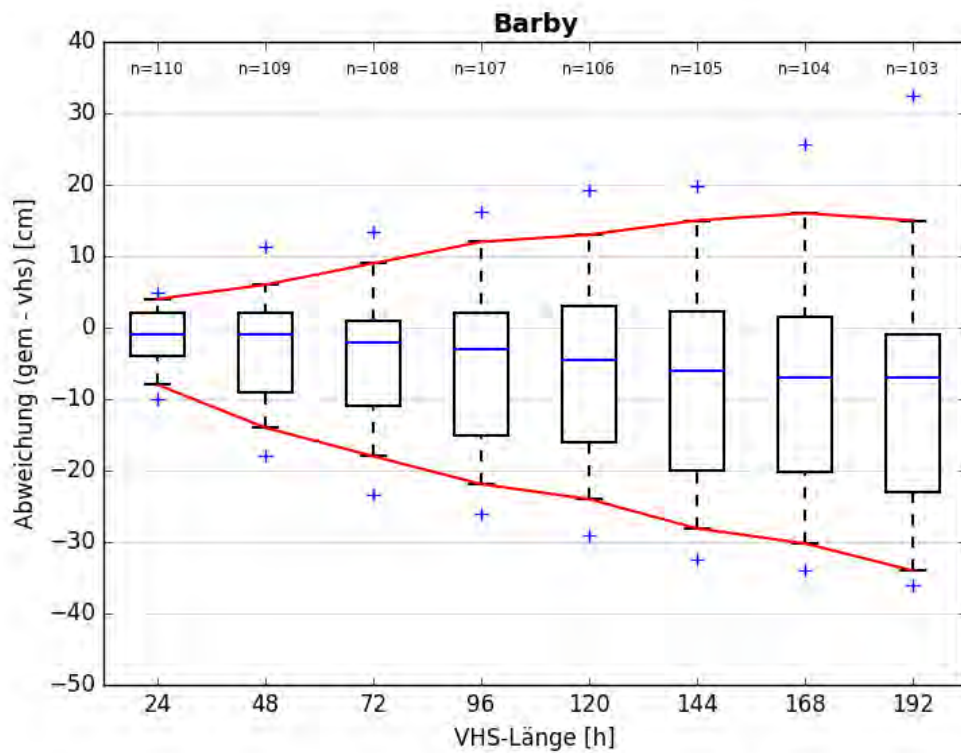


Abbildung C- 167: BARB HW2011, Boxplot

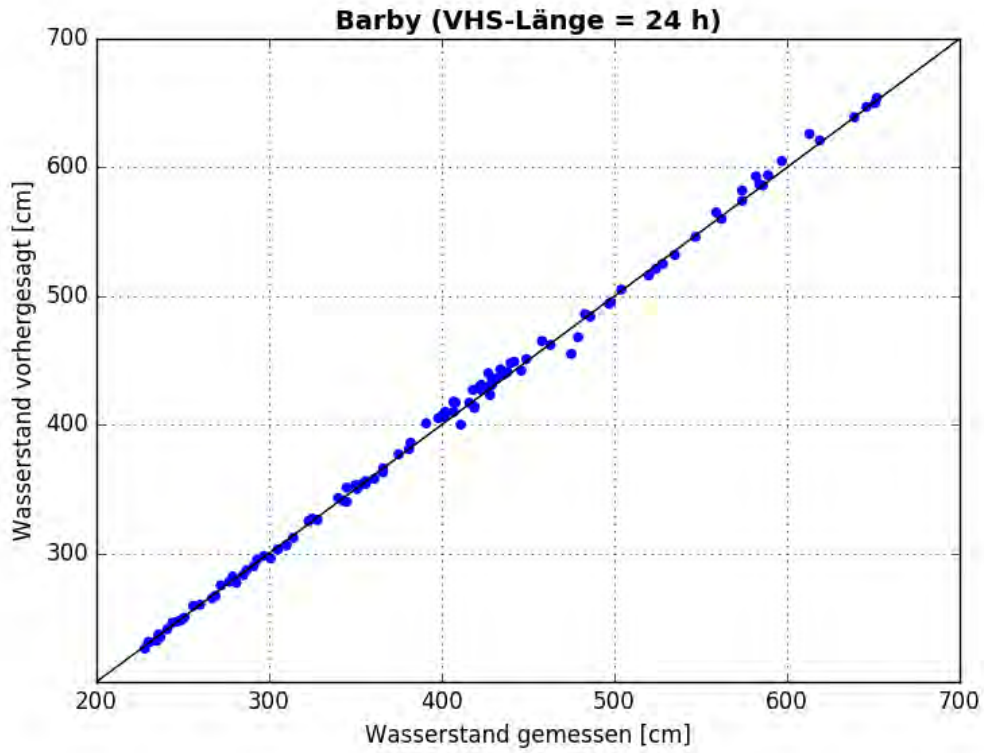


Abbildung C- 168: BARB HW2011, Scatterplot – VHS-Länge 24 h (VHS)

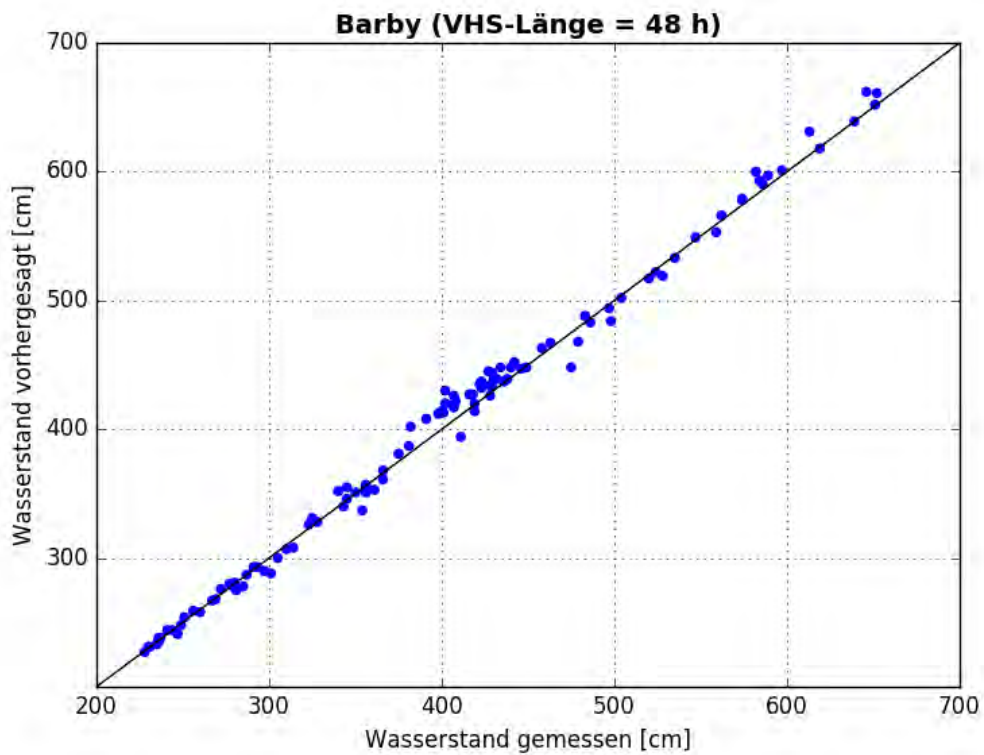


Abbildung C- 169: BARB HW2011, Scatterplot – VHS-Länge 48 h (VHS)

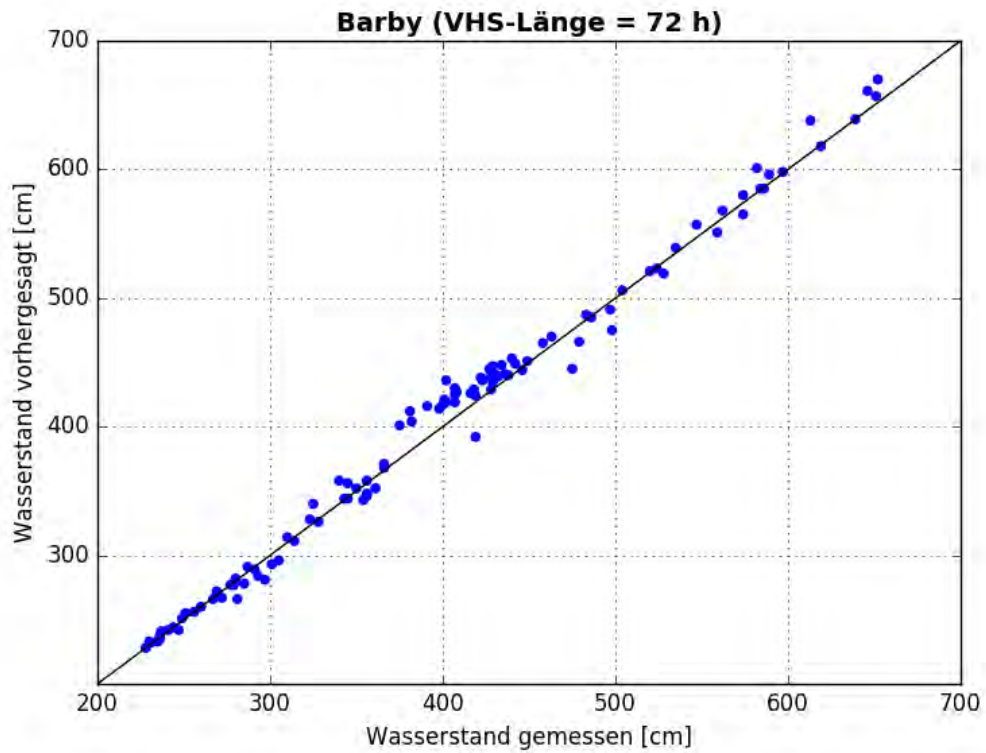


Abbildung C- 170: BARB HW2011, Scatterplot – VHS-Länge 72 h (VHS)

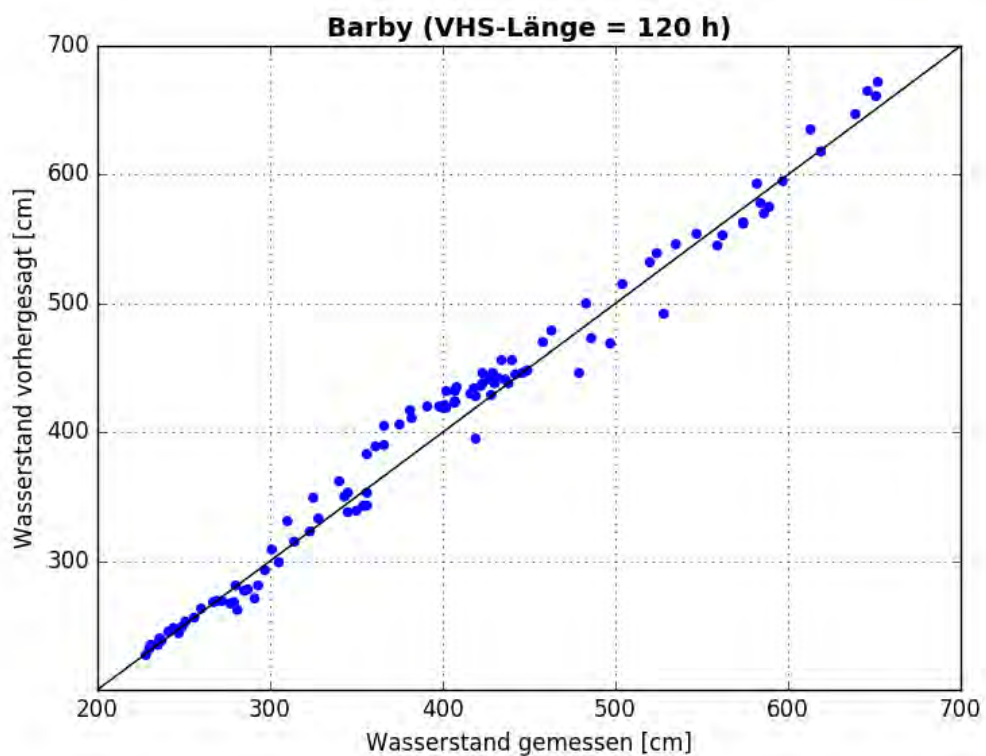


Abbildung C- 171: BARB HW2011, Scatterplot – VHS-Länge 120 h (Absch.)

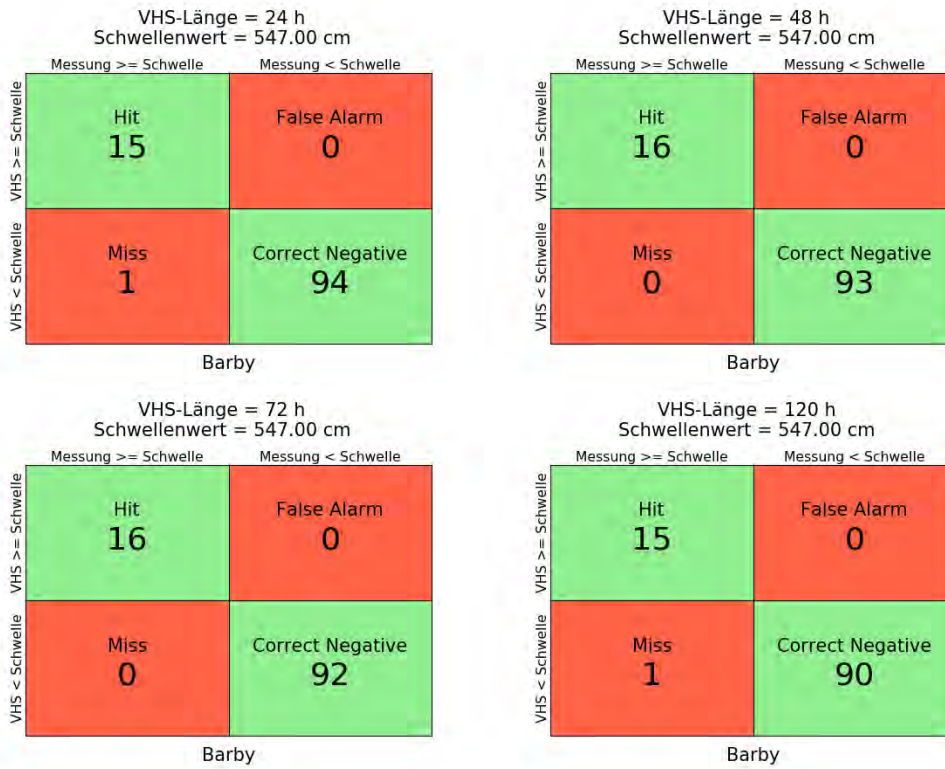


Abbildung C- 172: BARB HW2011, Kontingenztafeln Schwellenwert 547



Abbildung C- 173: BARB HW2011, Kontingenztafeln Schwellenwert 592

VHS-Länge = 24 h
Schwellenwert = 660.00 cm

		Messung \geq Schwelle	Messung $<$ Schwelle
VHS	\geq Schwelle	Hit 0	False Alarm 0
	$<$ Schwelle	Miss 0	Correct Negative 110

Barby

VHS-Länge = 48 h
Schwellenwert = 660.00 cm

		Messung \geq Schwelle	Messung $<$ Schwelle
VHS	\geq Schwelle	Hit 0	False Alarm 2
	$<$ Schwelle	Miss 0	Correct Negative 107

Barby

VHS-Länge = 72 h
Schwellenwert = 660.00 cm

		Messung \geq Schwelle	Messung $<$ Schwelle
VHS	\geq Schwelle	Hit 0	False Alarm 2
	$<$ Schwelle	Miss 0	Correct Negative 106

Barby

VHS-Länge = 120 h
Schwellenwert = 660.00 cm

		Messung \geq Schwelle	Messung $<$ Schwelle
VHS	\geq Schwelle	Hit 0	False Alarm 3
	$<$ Schwelle	Miss 0	Correct Negative 103

Barby

Abbildung C- 174: BARB HW2011, Kontingenztafeln Schwellenwert 660

Hochwasser Mai – Juni 2013

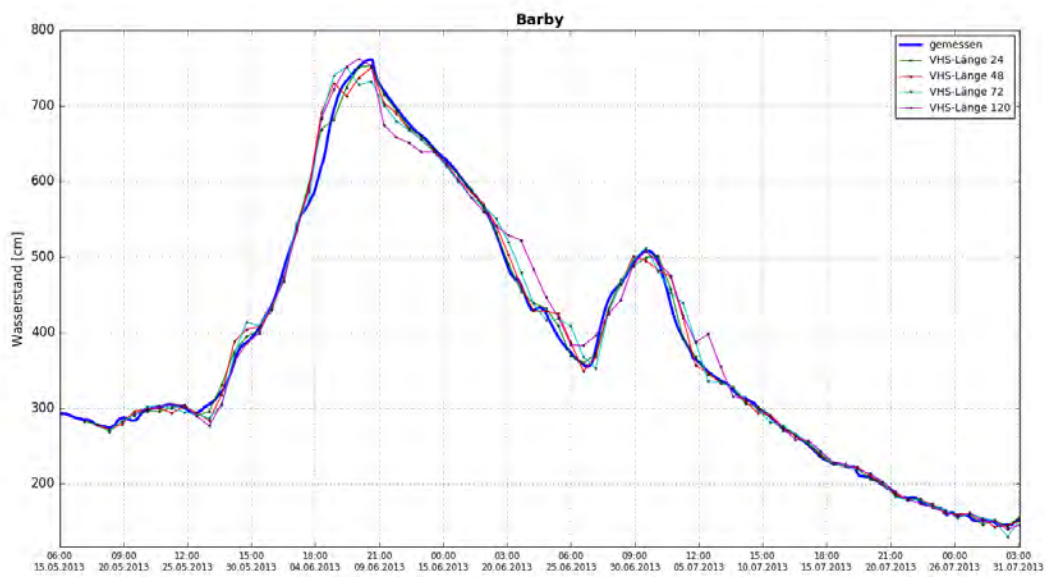


Abbildung C- 175: BARB HW2013, Ganglinien-Vergleich

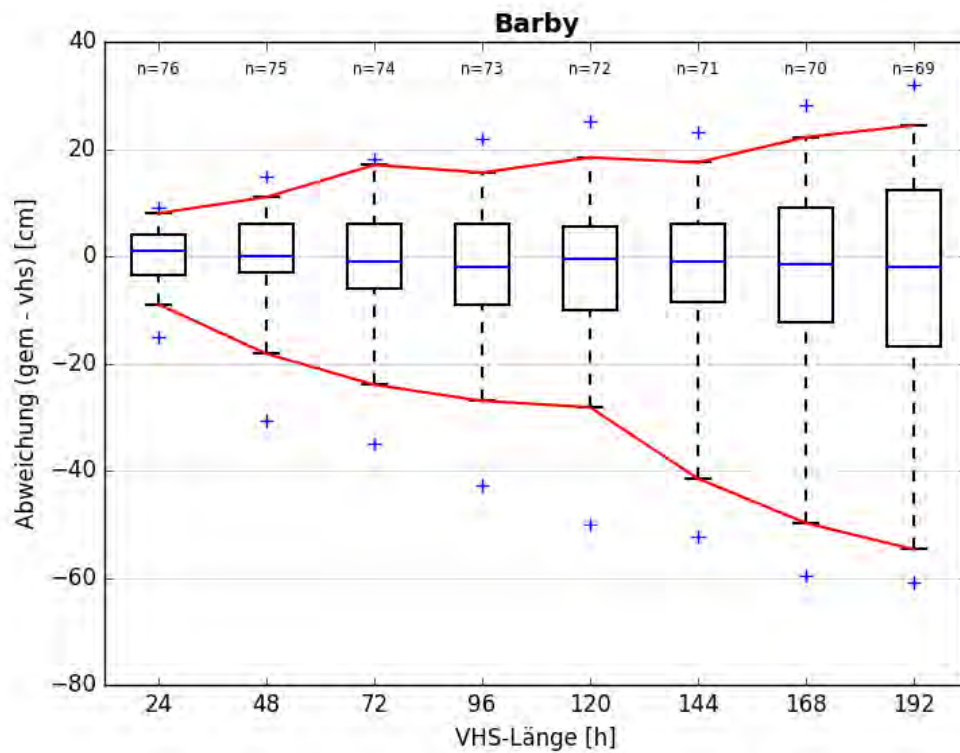


Abbildung C- 176: BARB HW2013, Boxplot

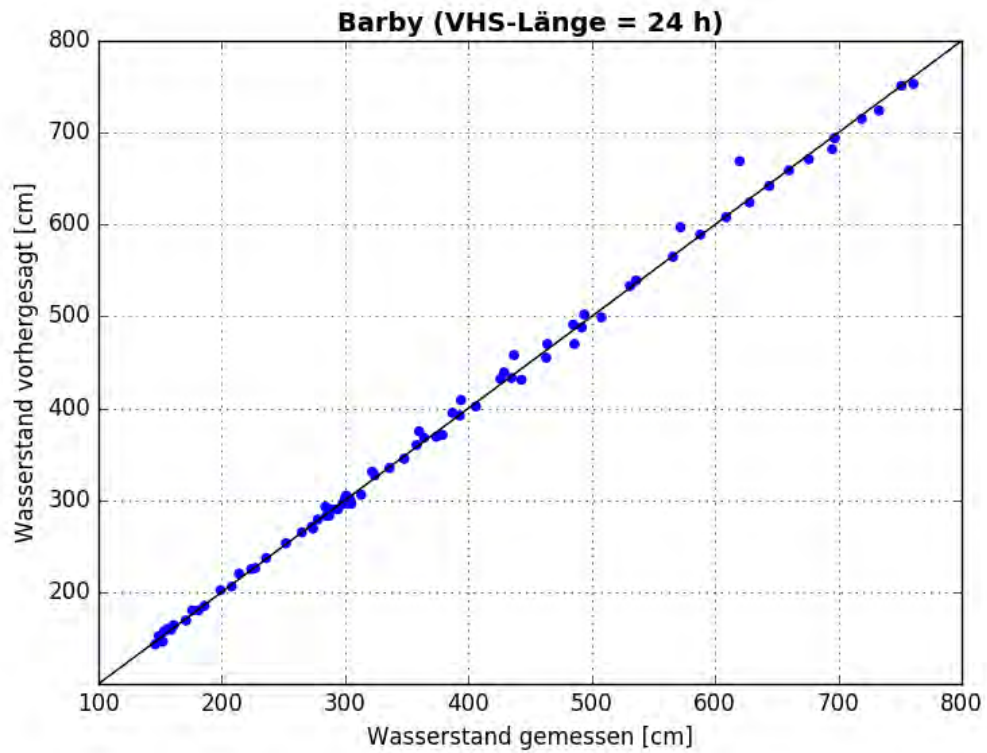


Abbildung C- 177: BARB HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 24 h (VHS)

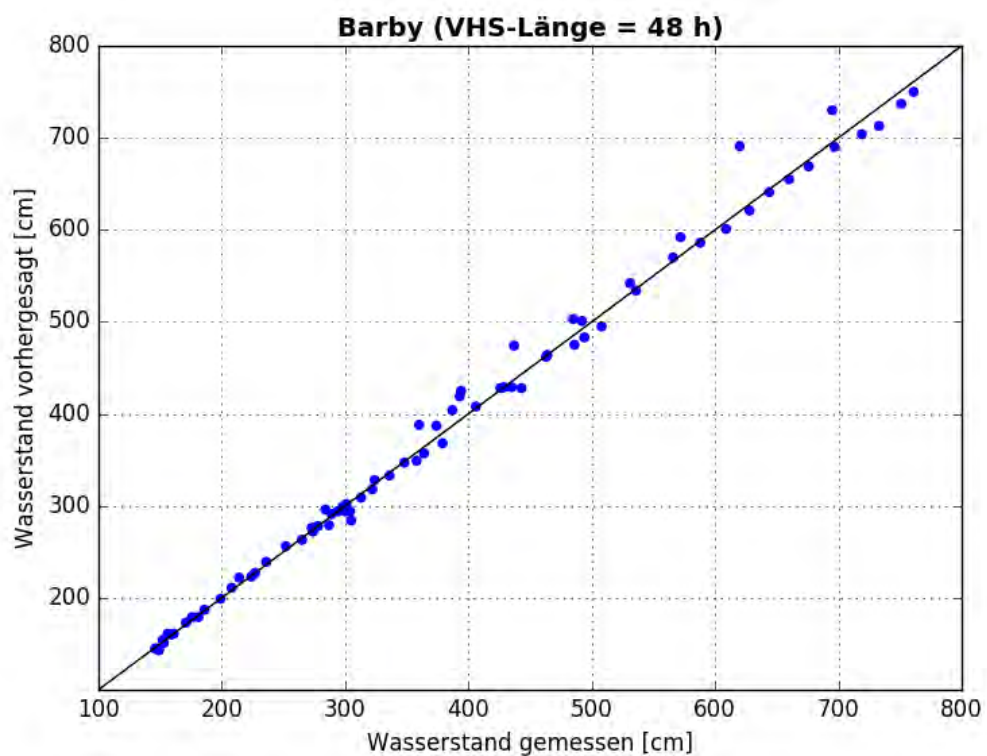


Abbildung C- 178: BARB HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 48 h (VHS)

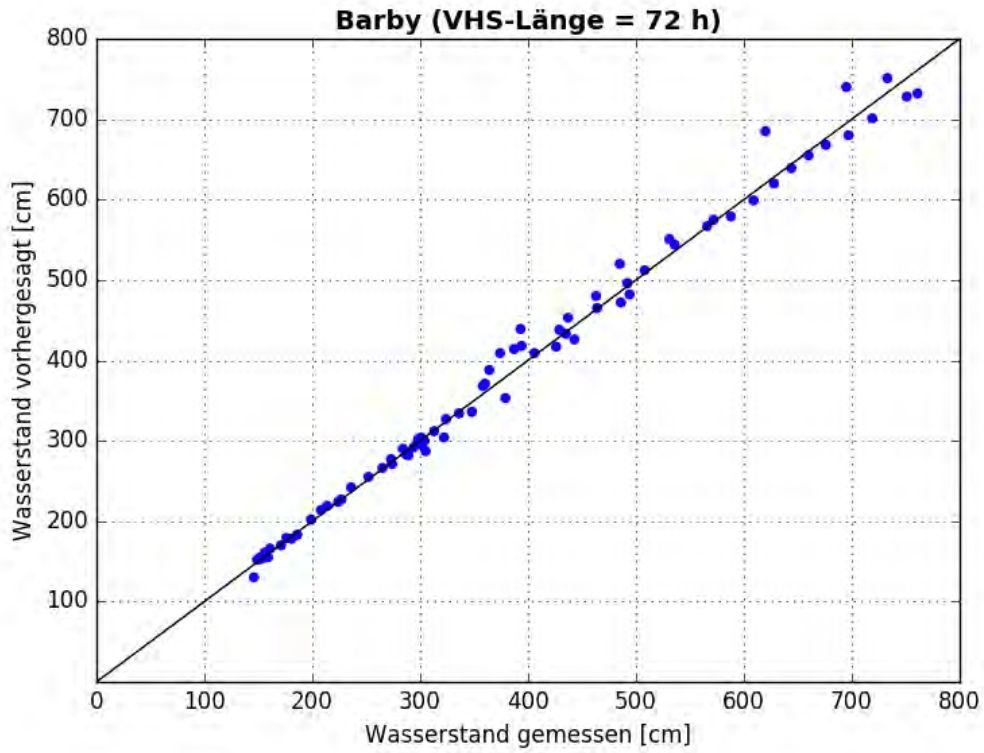


Abbildung C- 179: BARB HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 72 h (VHS)

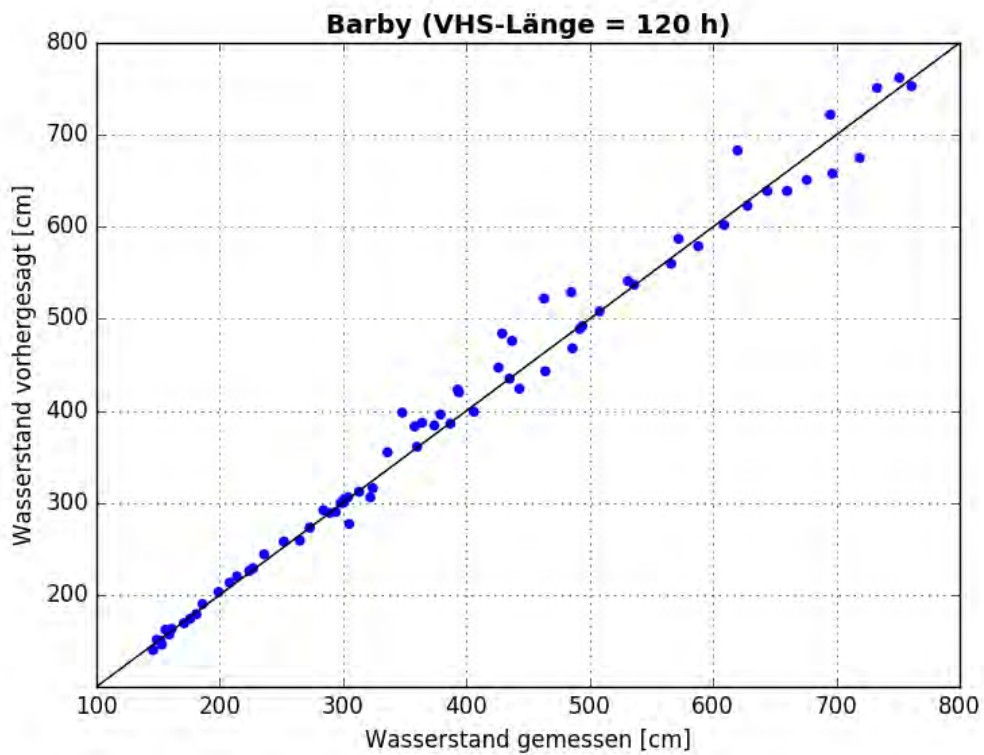


Abbildung C- 180: BARB HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 120 h (Absch.)

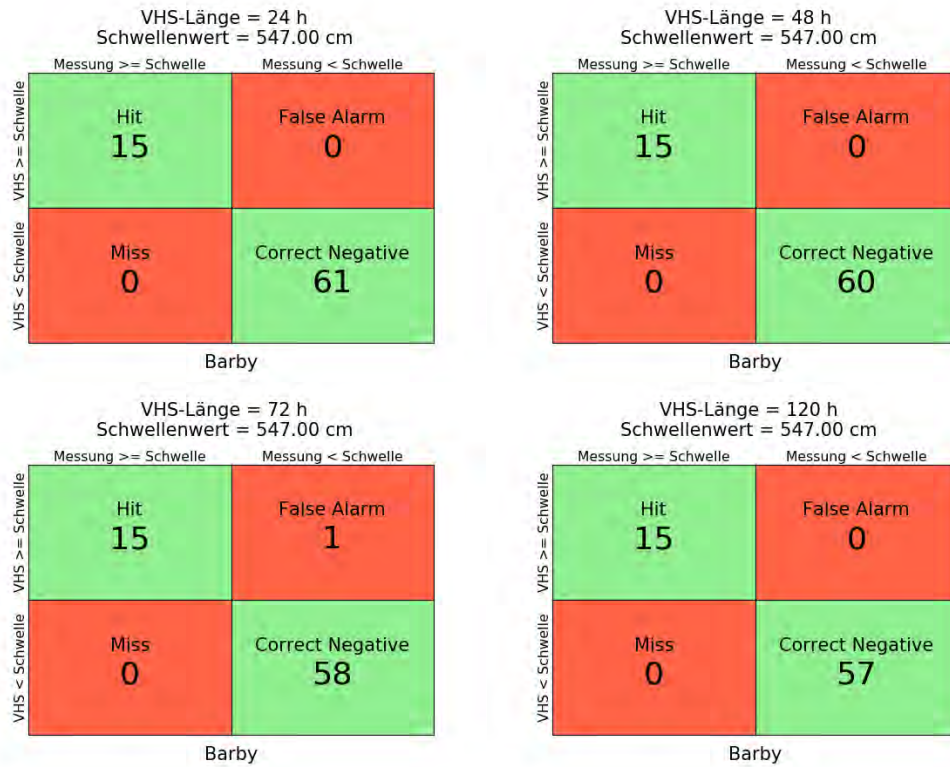


Abbildung C- 181: BARB HW2013, Kontingenztafeln Schwellenwert 547

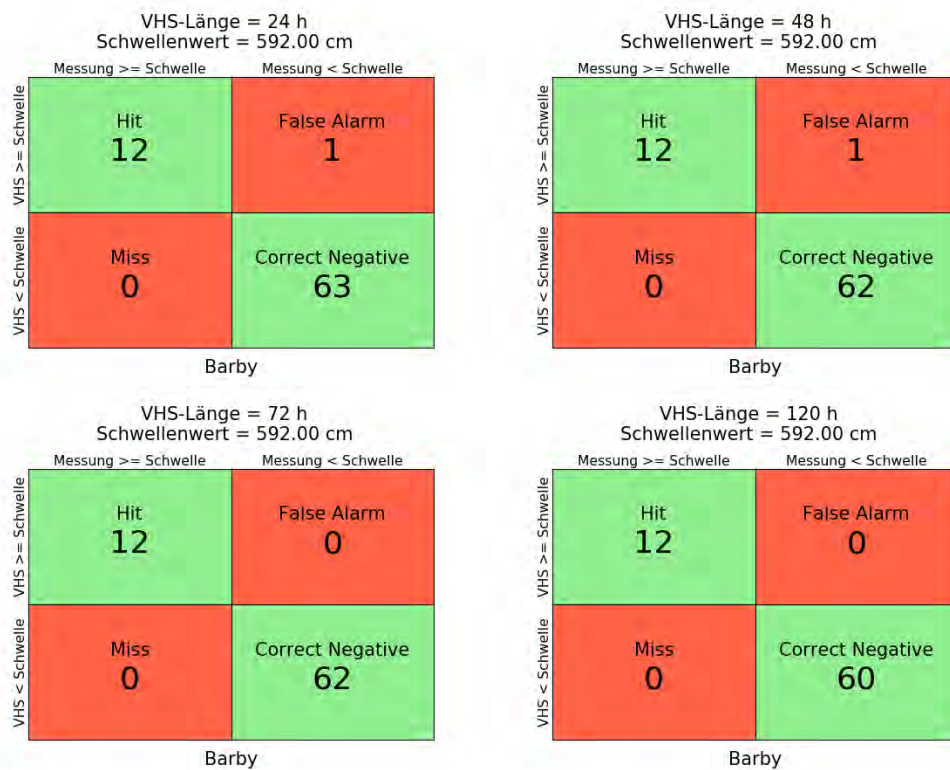


Abbildung C- 182: BARB HW2013, Kontingenztafeln Schwellenwert 592

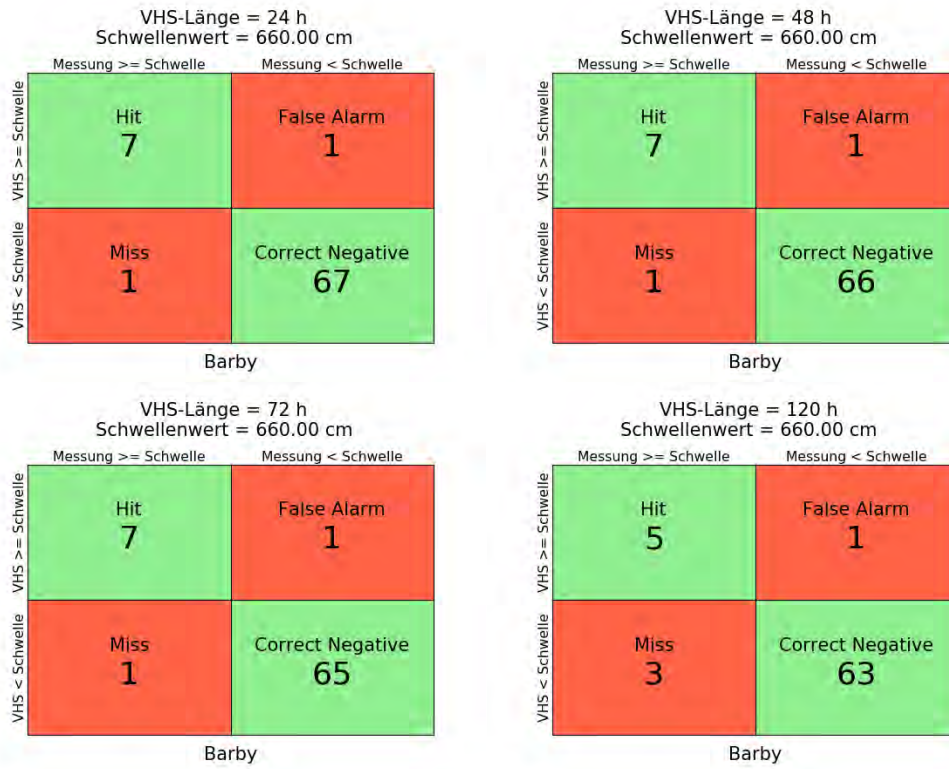


Abbildung C- 183: BARB HW2013, Kontingenztafeln Schwellenwert 660

Anlage C-10: Pegel Magdeburg-Strombrücke, Elbe-km 326,6

Hochwasser März-April 2006

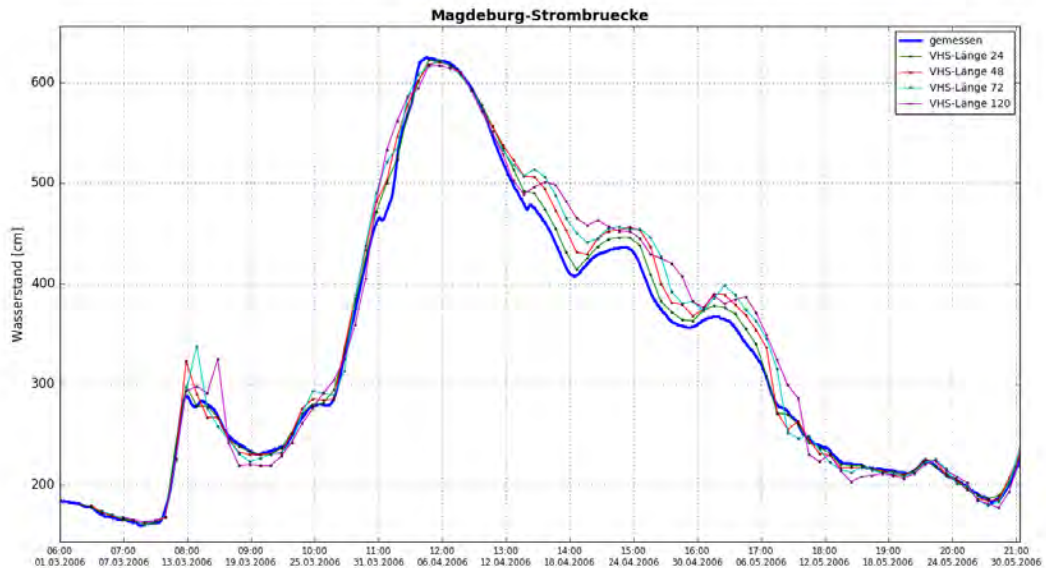


Abbildung C- 184: MAGD HW2006, Ganmlinien-Vergleich

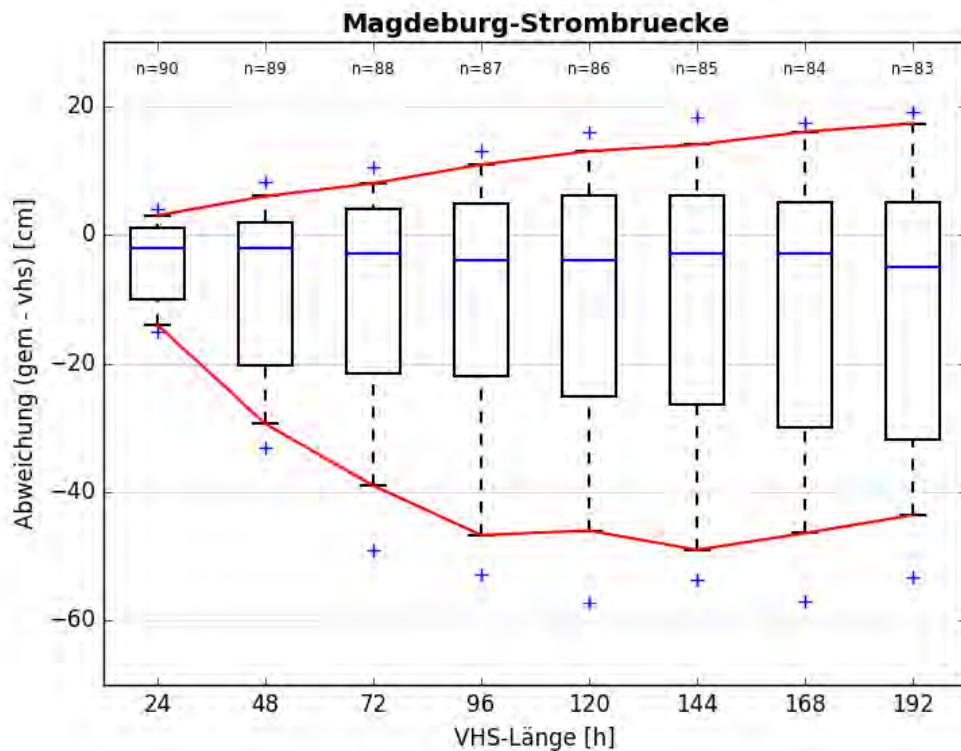


Abbildung C- 185: MAGD HW2006, Boxplot

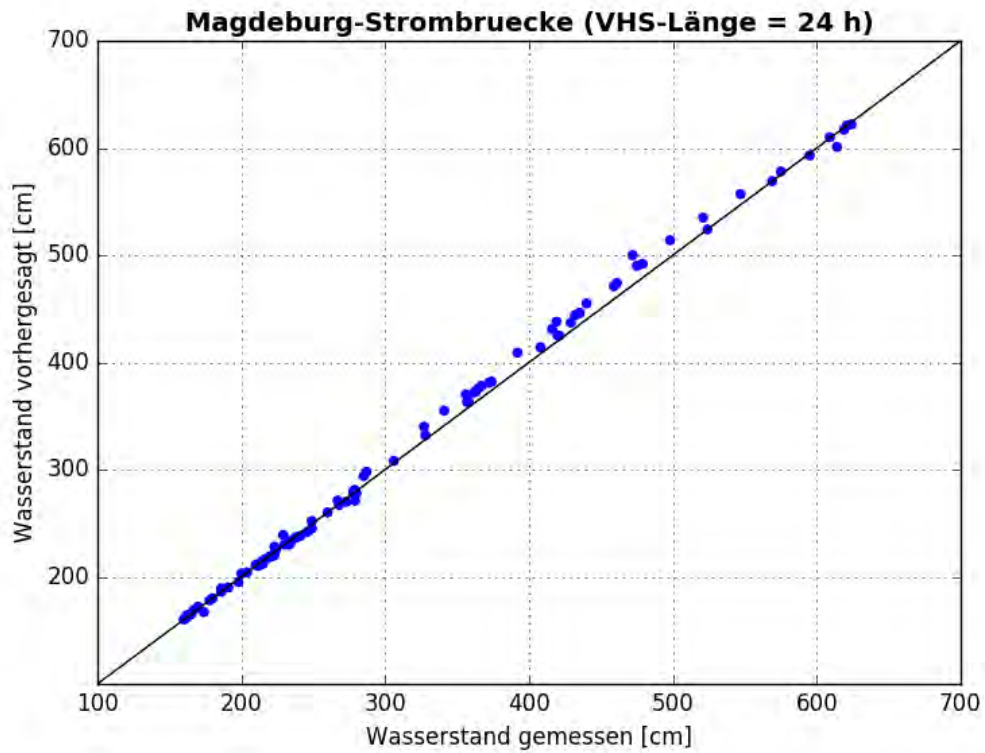


Abbildung C- 186: MAGD HW2006, Scatterplot – VHS-Länge 24 h (VHS)

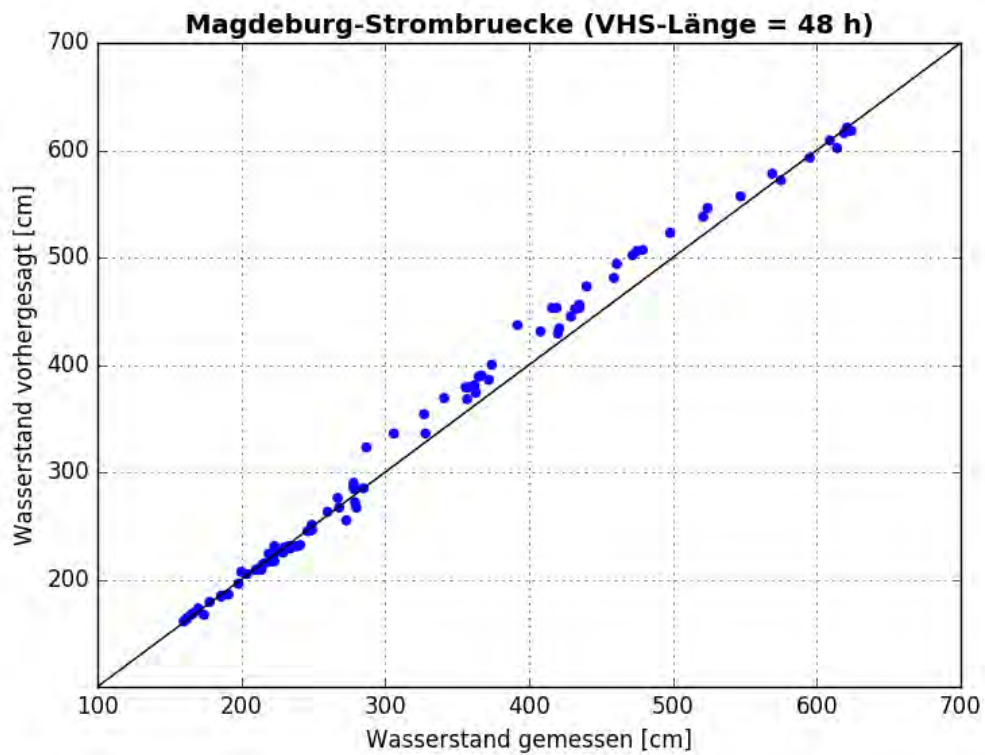


Abbildung C- 187: MAGD HW2006, Scatterplot – VHS-Länge 48 h (VHS)

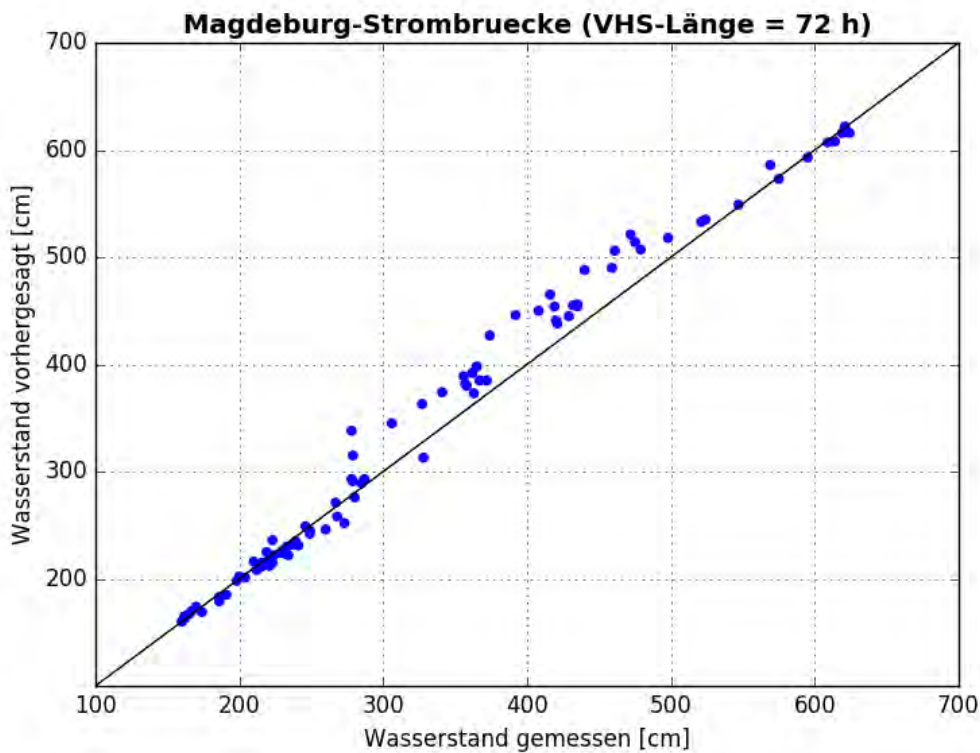


Abbildung C- 188: MAGD HW2006, Scatterplot – VHS-Länge 72 h (VHS)

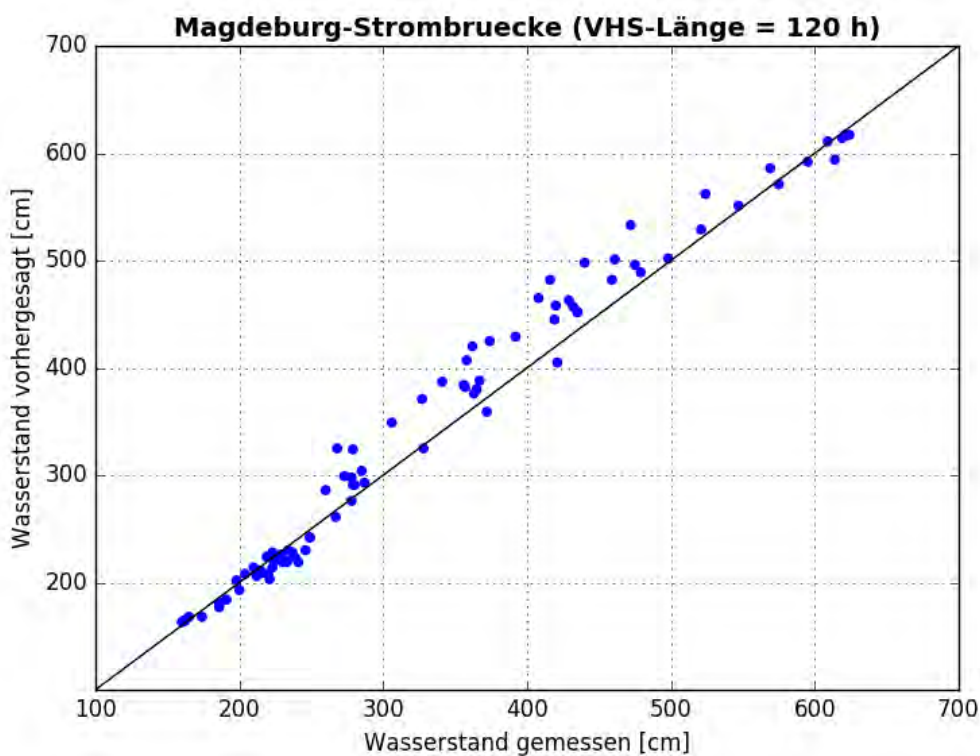


Abbildung C- 189: MAGD HW2006, Scatterplot – VHS-Länge 120 h (Absch.)



Abbildung C- 190: MAGD HW2006, Kontingenztafeln Schwellenwert 488



Abbildung C- 191: MAGD HW2006, Kontingenztafeln Schwellenwert 650

Hochwasser Januar - Februar 2011

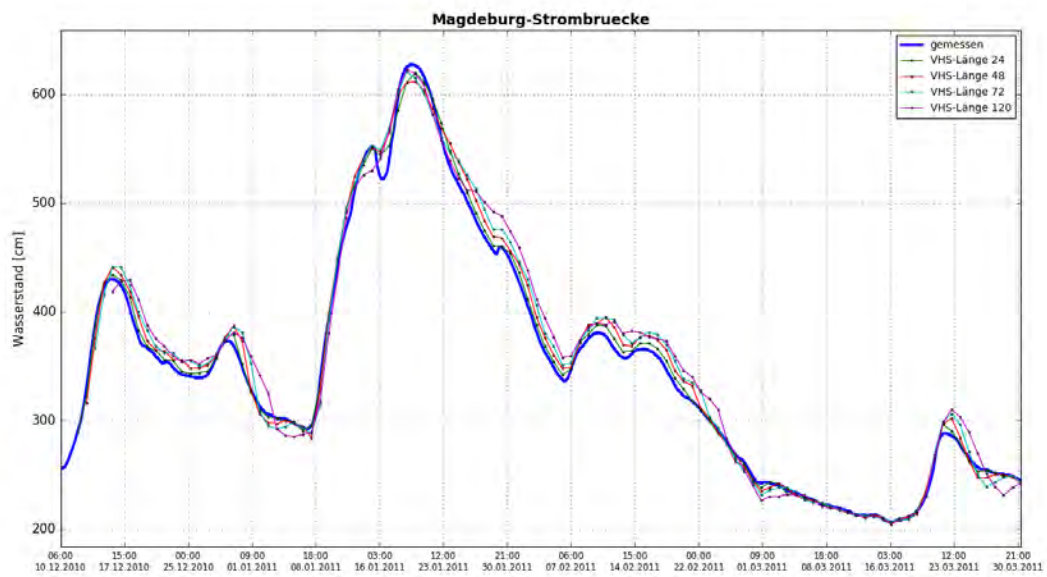


Abbildung C-192: MAGD HW2011, Ganglinien-Vergleich

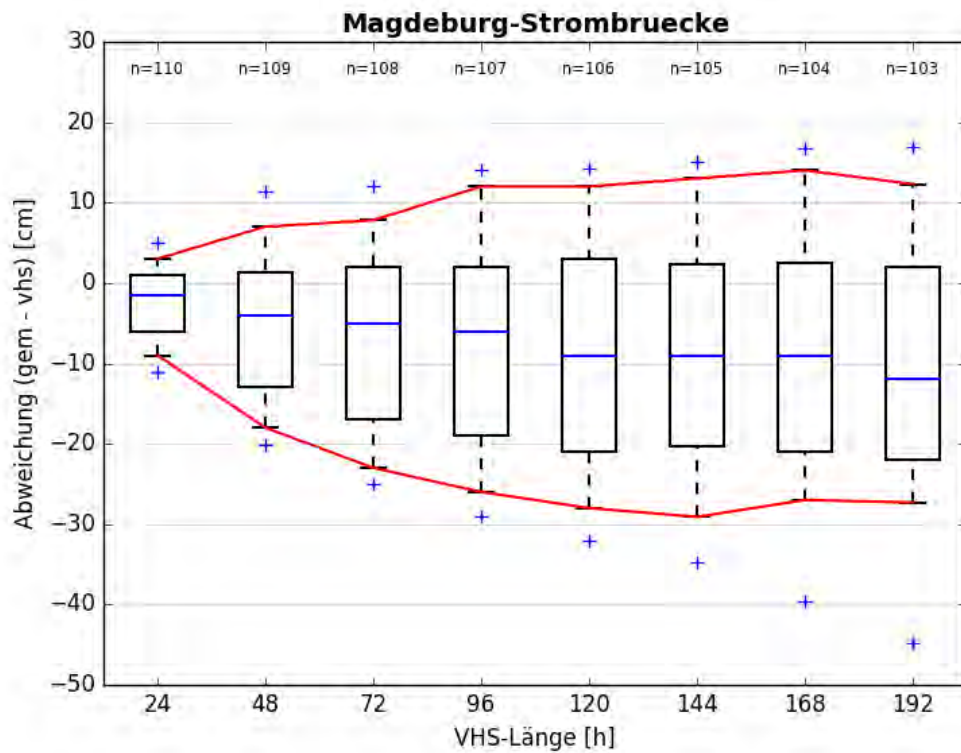


Abbildung C-193: MAGD HW2011, Boxplot

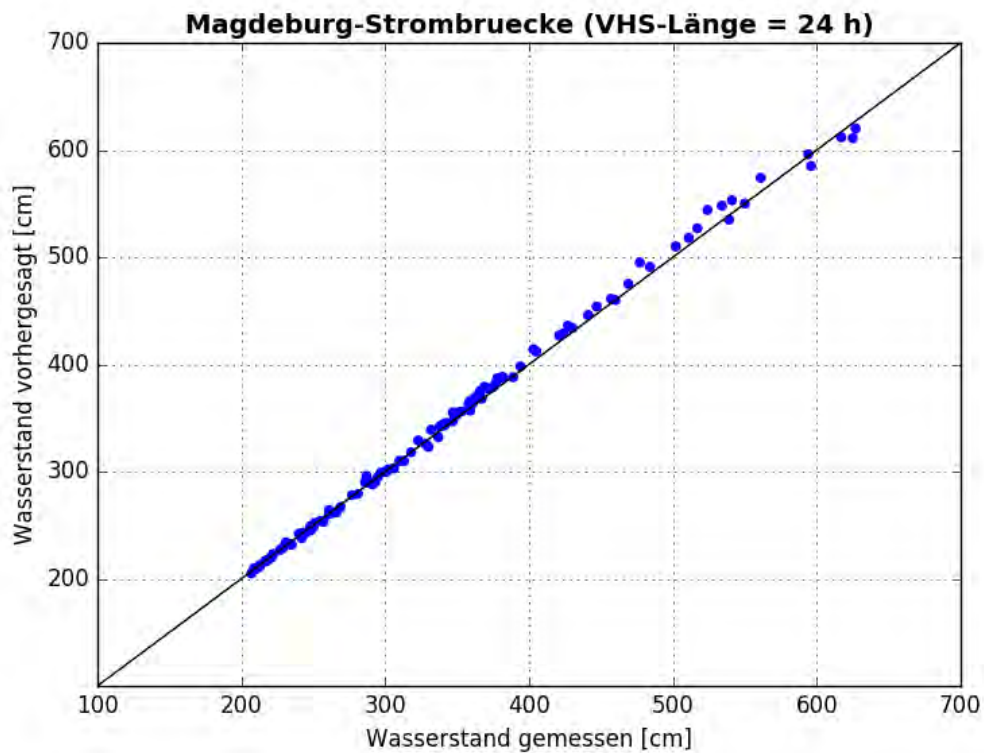


Abbildung C- 194: MAGD HW2011, Scatterplot – VHS-Länge 24 h (VHS)

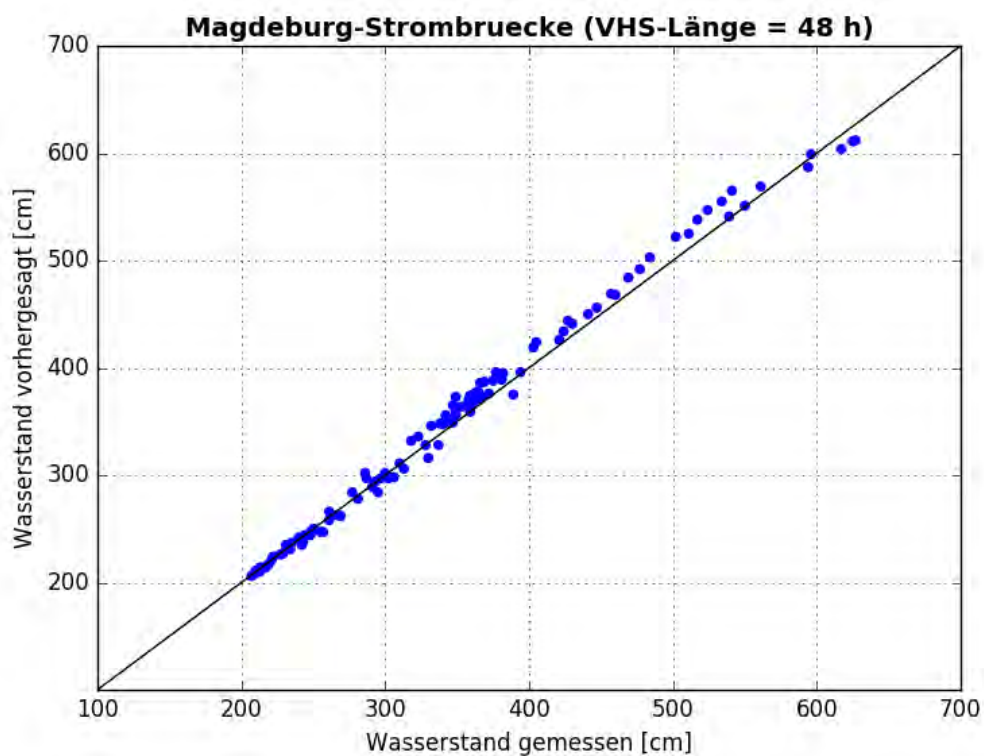


Abbildung C- 195: MAGD HW2011, Scatterplot – VHS-Länge 48 h (VHS)

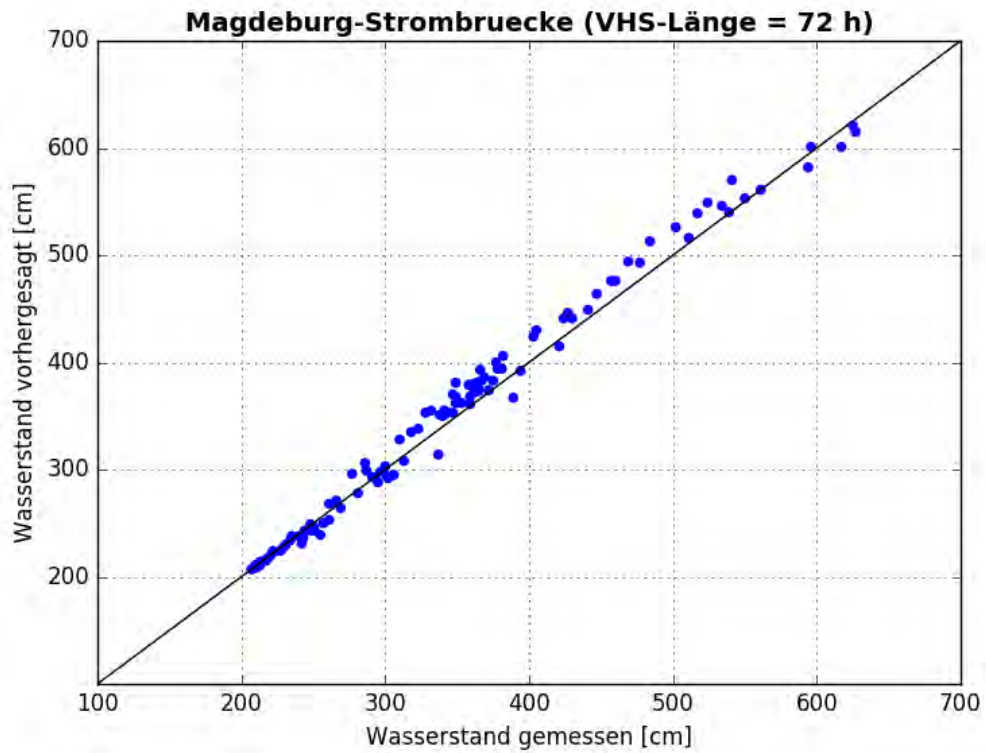


Abbildung C- 196: MAGD HW2011, Scatterplot – VHS-Länge 72 h (VHS)

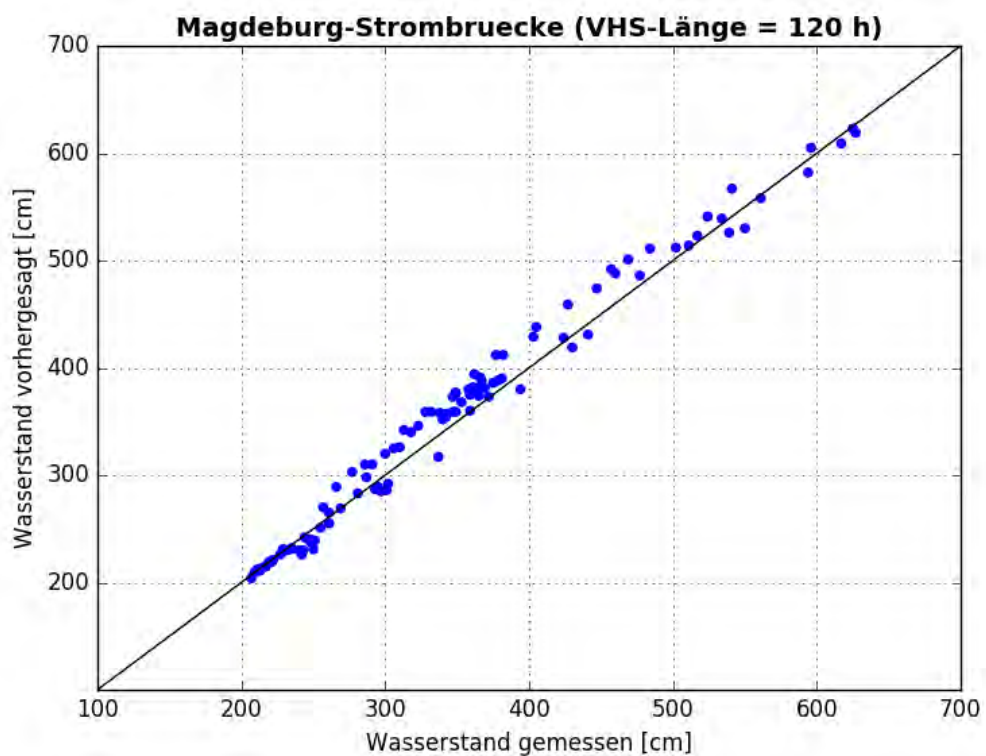


Abbildung C- 197: MAGD HW2011, Scatterplot – VHS-Länge 120 h (Absch.)



Abbildung C- 198: MAGD HW2011, Kontingenztafeln Schwellenwert 488



Abbildung C- 199: MAGD HW2011, Kontingenztafeln Schwellenwert 650

Hochwasser Mai- Juni 2013

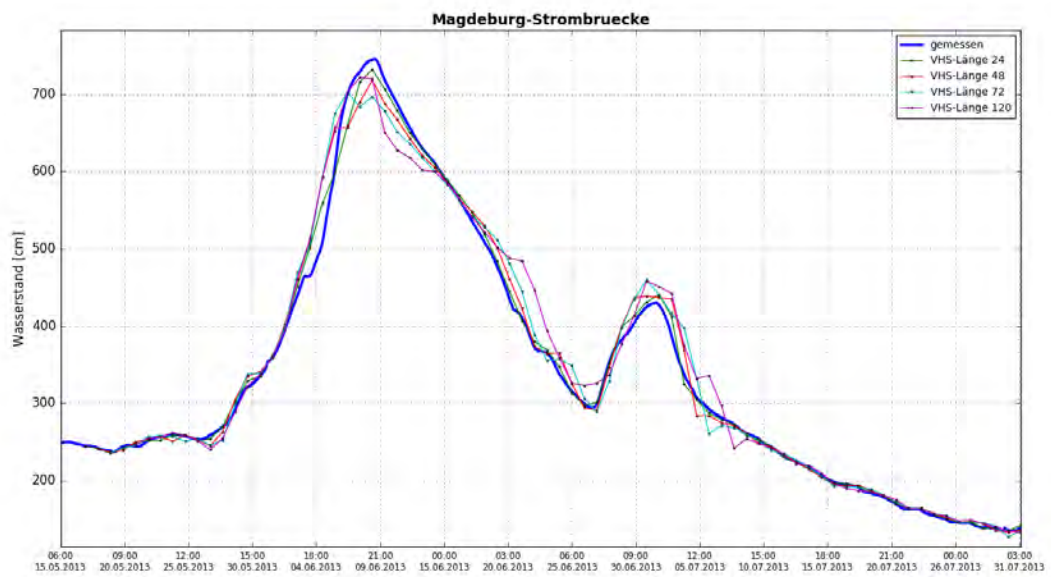


Abbildung C- 200: MAGD HW2013, Ganglinien-Vergleich

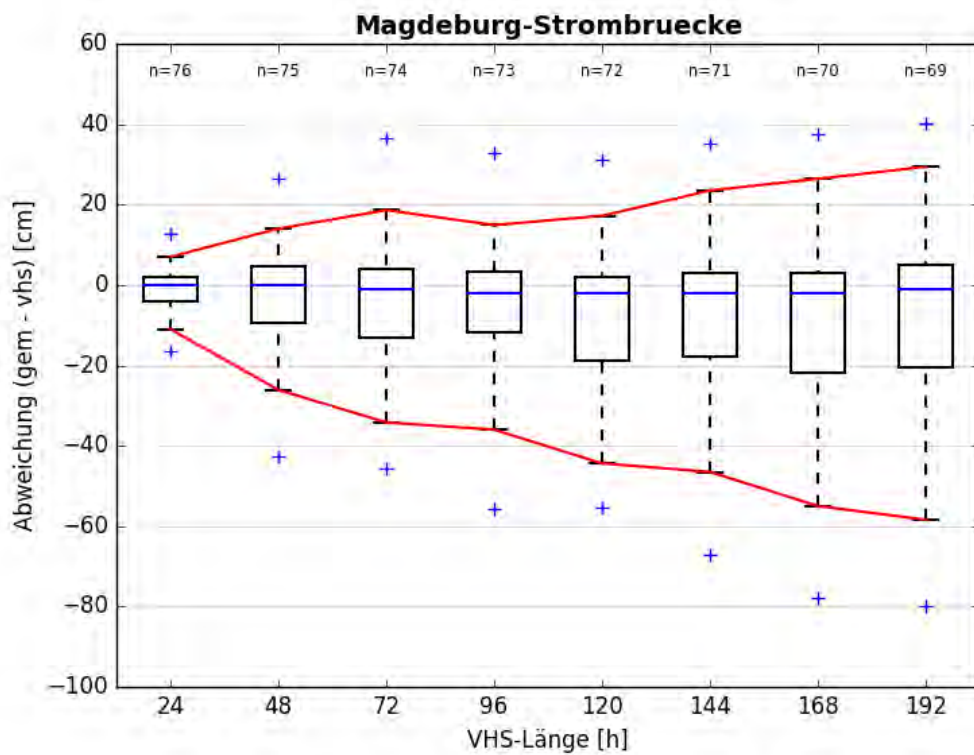


Abbildung C- 201: MAGD HW2013, Boxplot

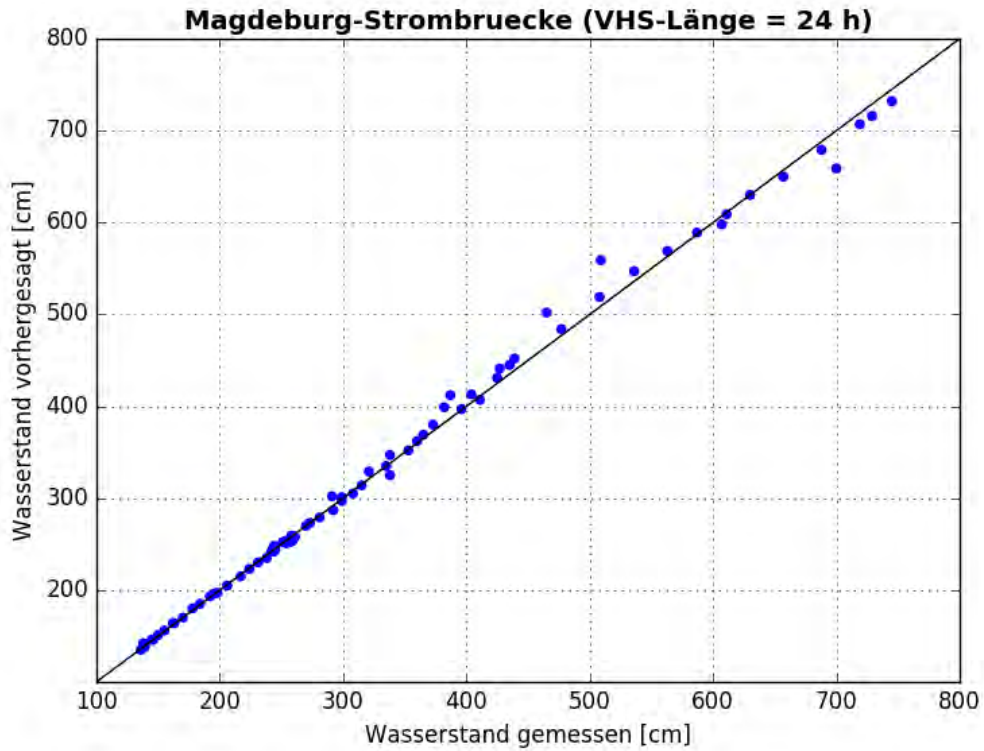


Abbildung C- 202: MAGD HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 24 h (VHS)

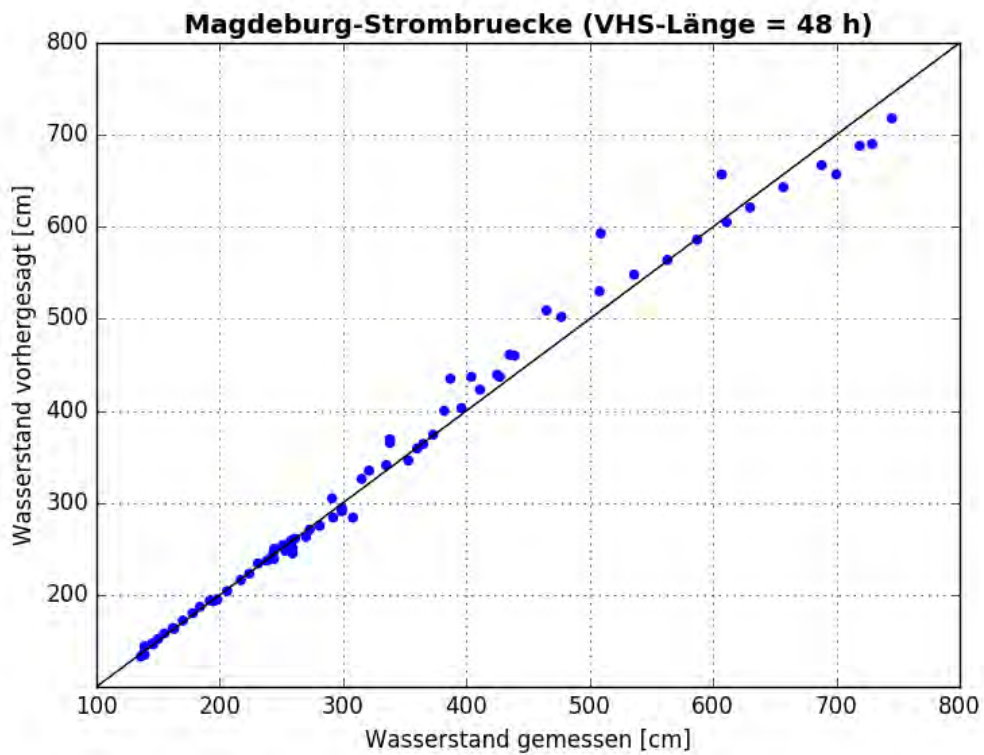


Abbildung C- 203: MAGD HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 48 h (VHS)

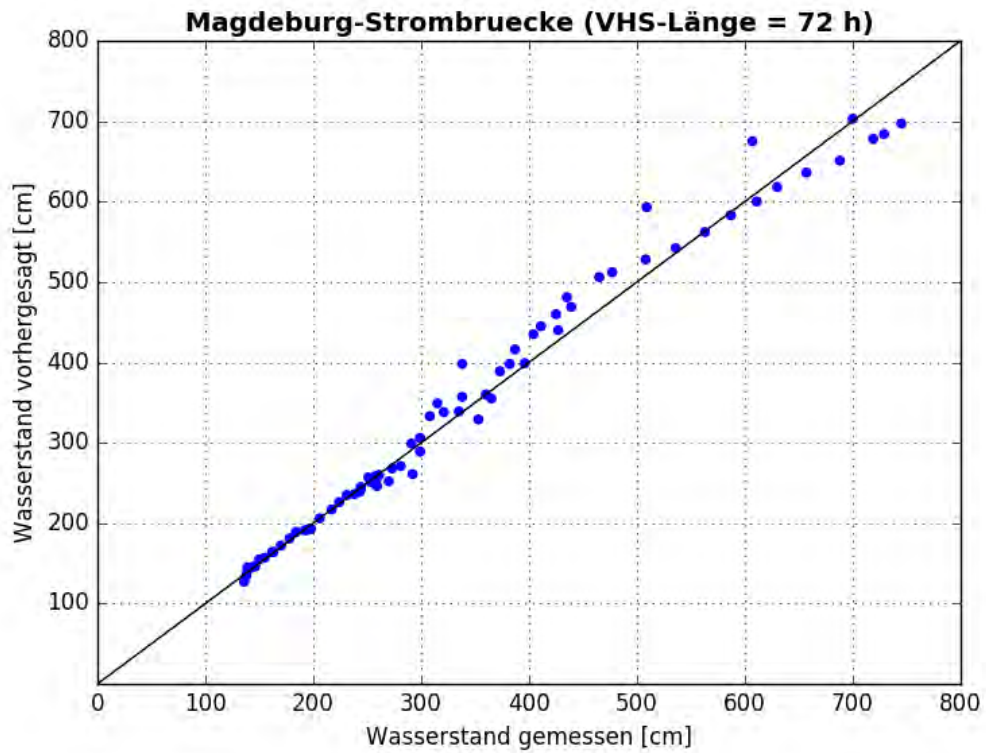


Abbildung C- 204: MAGD HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 72 h (VHS)

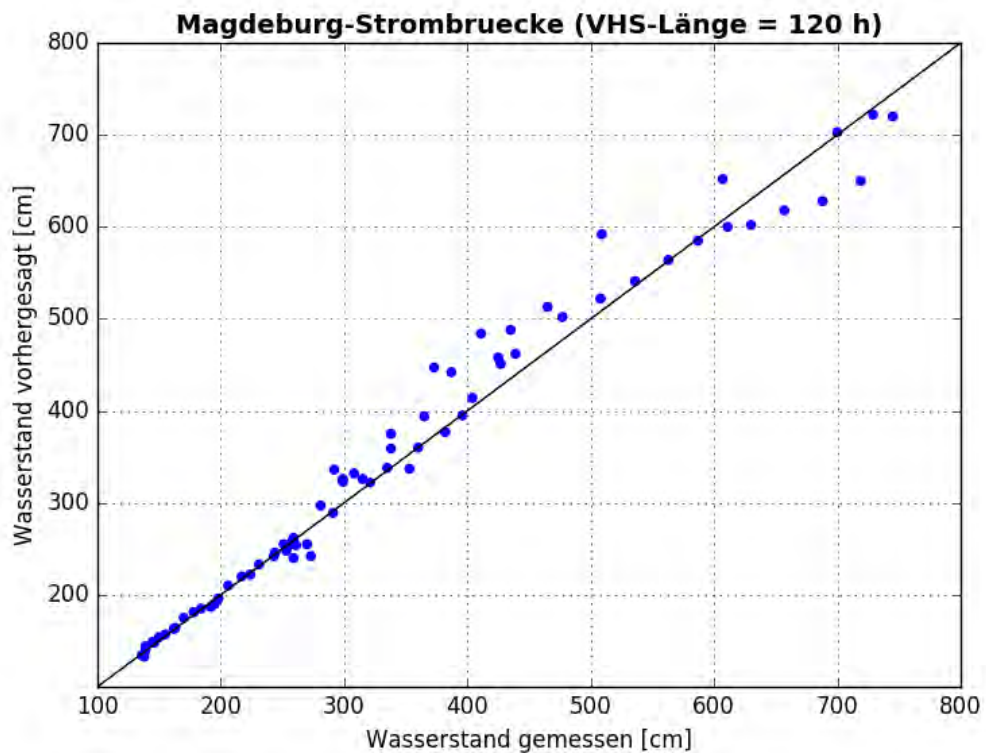


Abbildung C- 205: MAGD HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 120 h (Absch.)



Abbildung C- 206: MAGD HW2013, Kontingenztafeln Schwellenwert 488



Abbildung C- 207: MAGD HW2013, Kontingenztafeln Schwellenwert 650

Anlage C-11: Pegel Rothensee, Elbe-km 333,12

Hochwasser März – April 2006

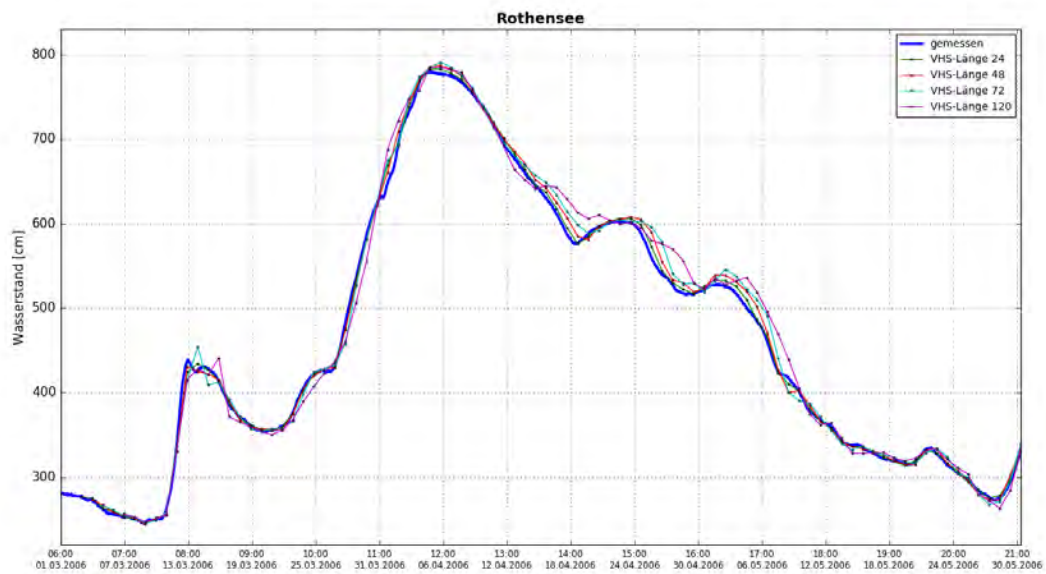


Abbildung C- 208: ROTH HW2006, Ganglinien-Vergleich

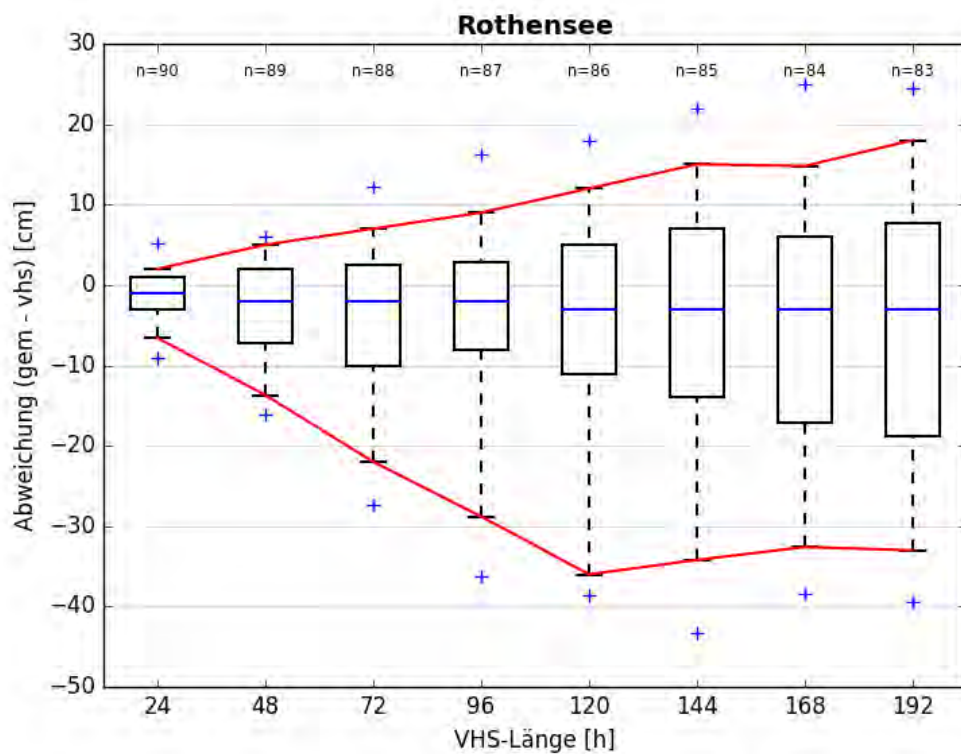


Abbildung C- 209: ROTH HW2006, Boxplot

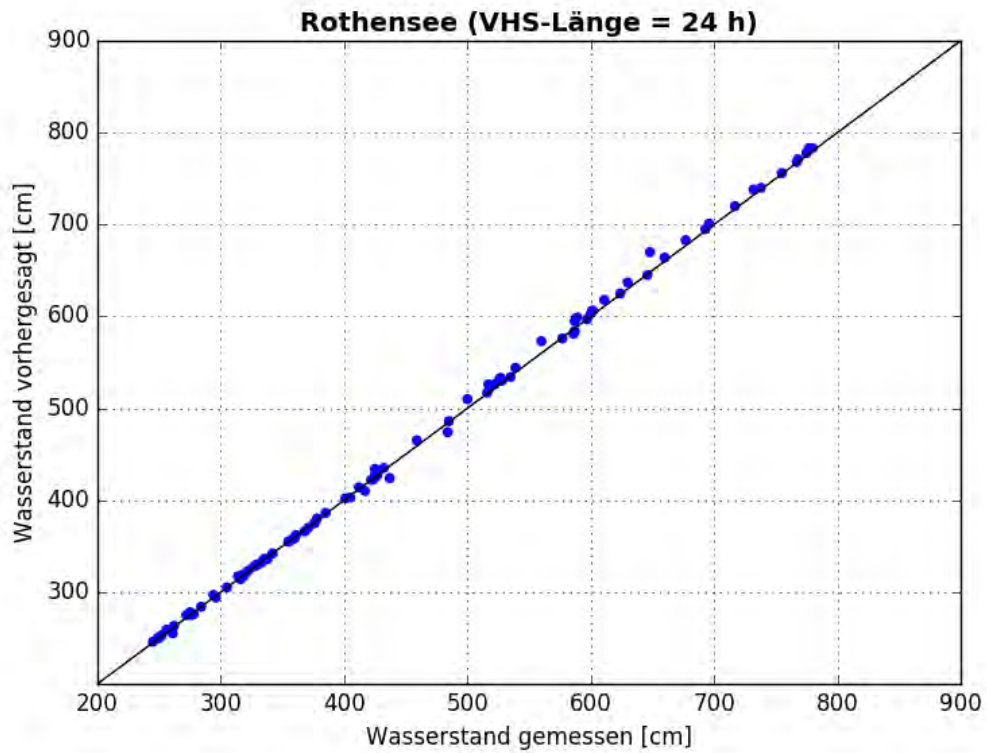


Abbildung C- 210: ROTH HW2006, Scatterplot – VHS-Länge 24 h (VHS)

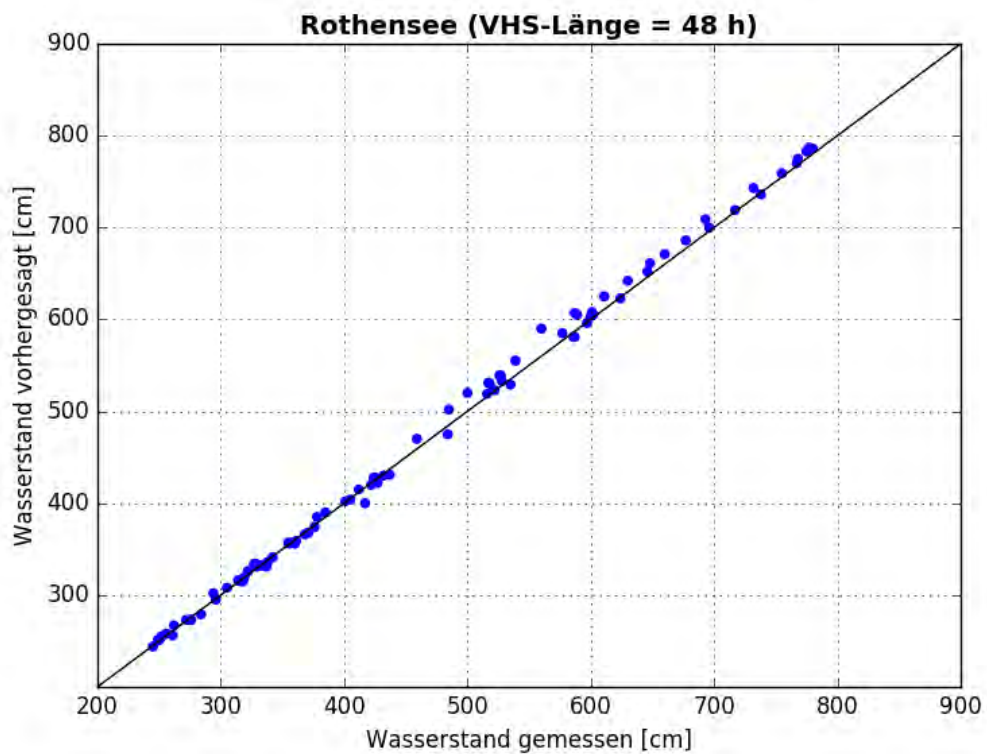


Abbildung C- 211: ROTH HW2006, Scatterplot – VHS-Länge 48 h (VHS)

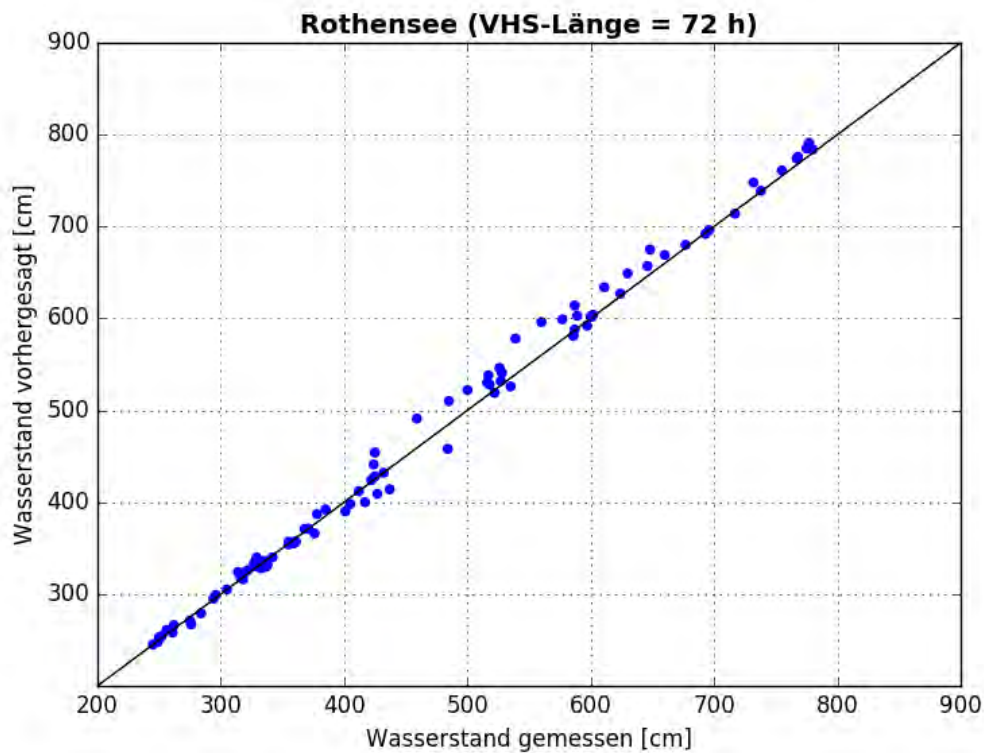


Abbildung C- 212: ROTH HW2006, Scatterplot – VHS-Länge 72 h (VHS)

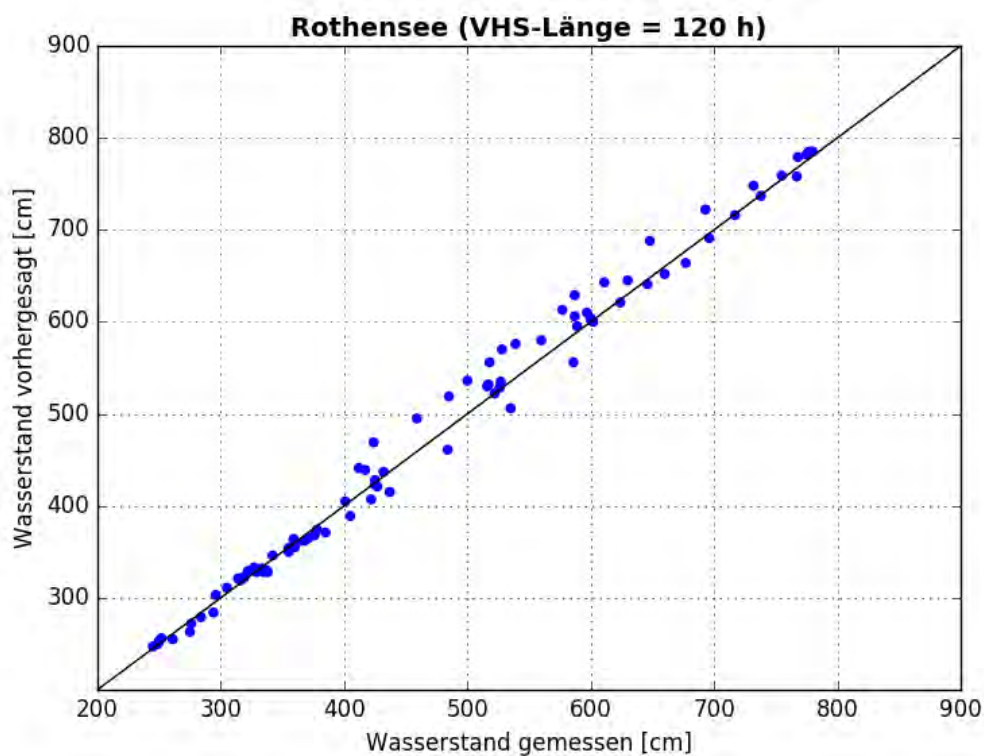


Abbildung C- 213: ROTH HW2006, Scatterplot – VHS-Länge 120 h (Absch.)

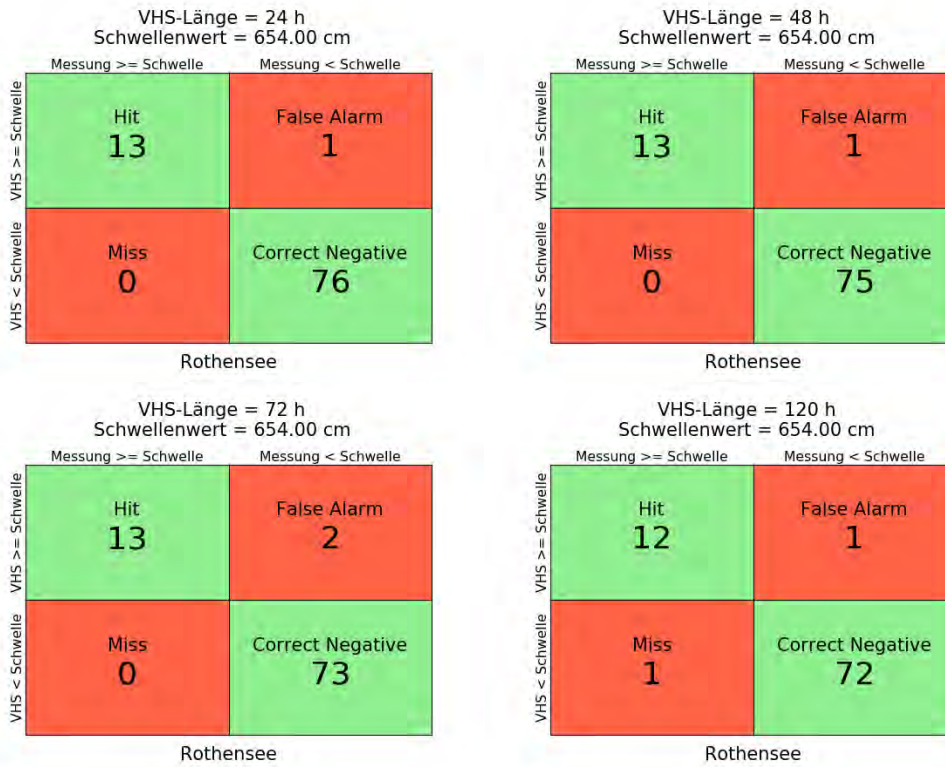


Abbildung C- 214: ROTH HW2006, Kontingenztafeln Schwellenwert 654

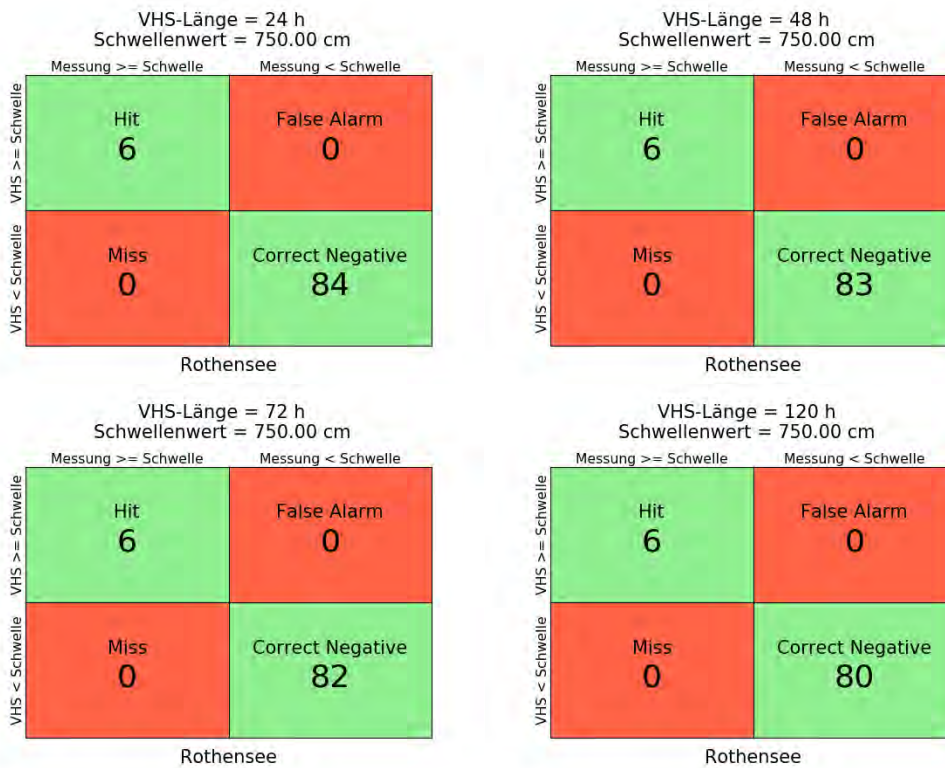


Abbildung C- 215: ROTH HW2006, Kontingenztafeln Schwellenwert 750

Hochwasser Januar - Februar 2011

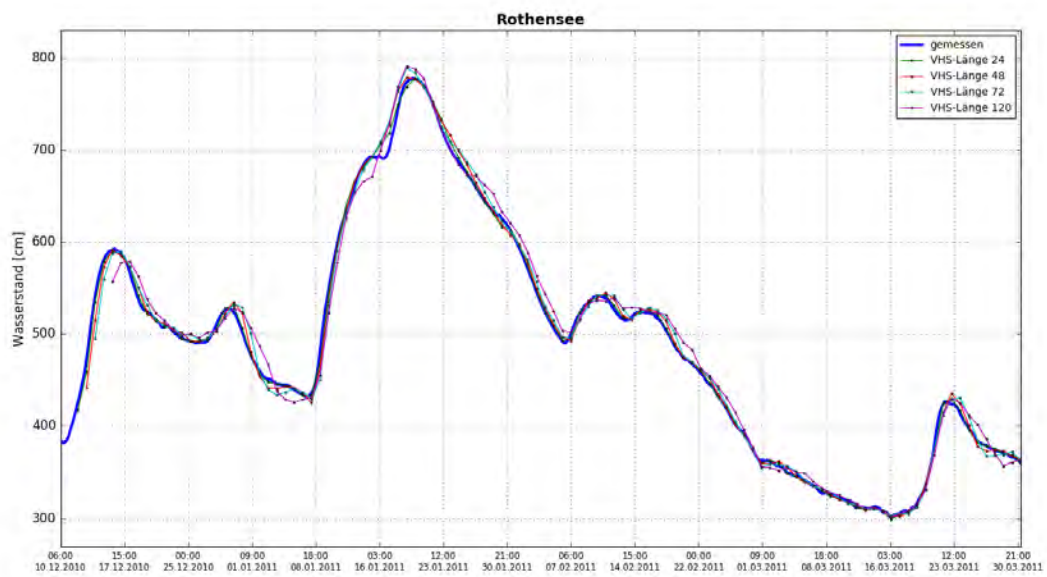


Abbildung C- 216: ROTH HW2011, Ganglinien-Vergleich

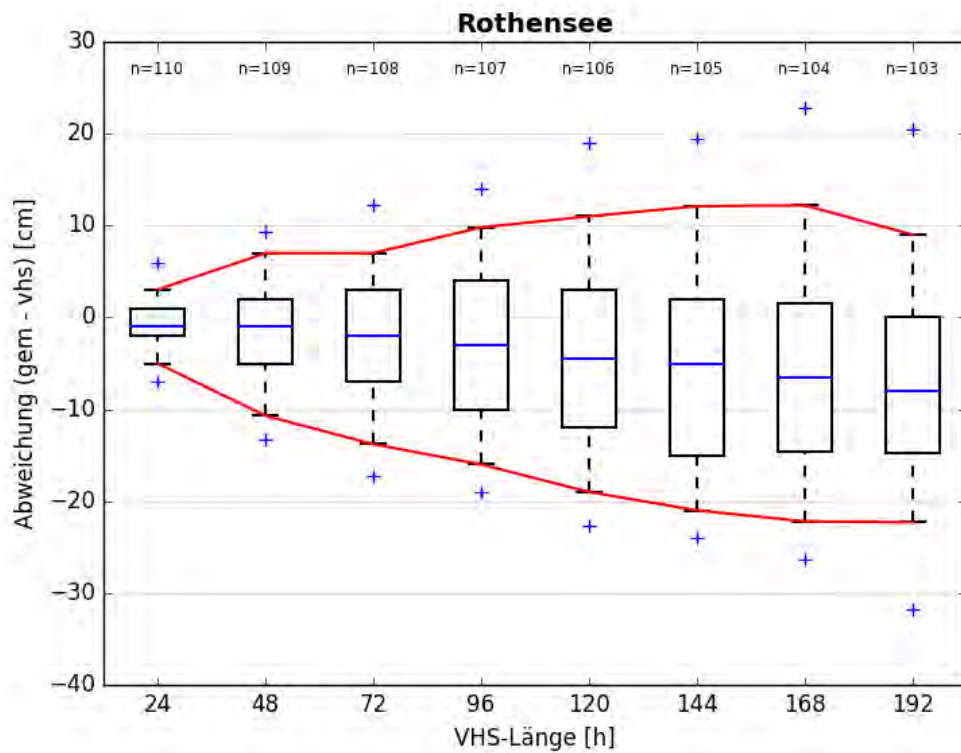


Abbildung C- 217: ROTH HW2011, Boxplot

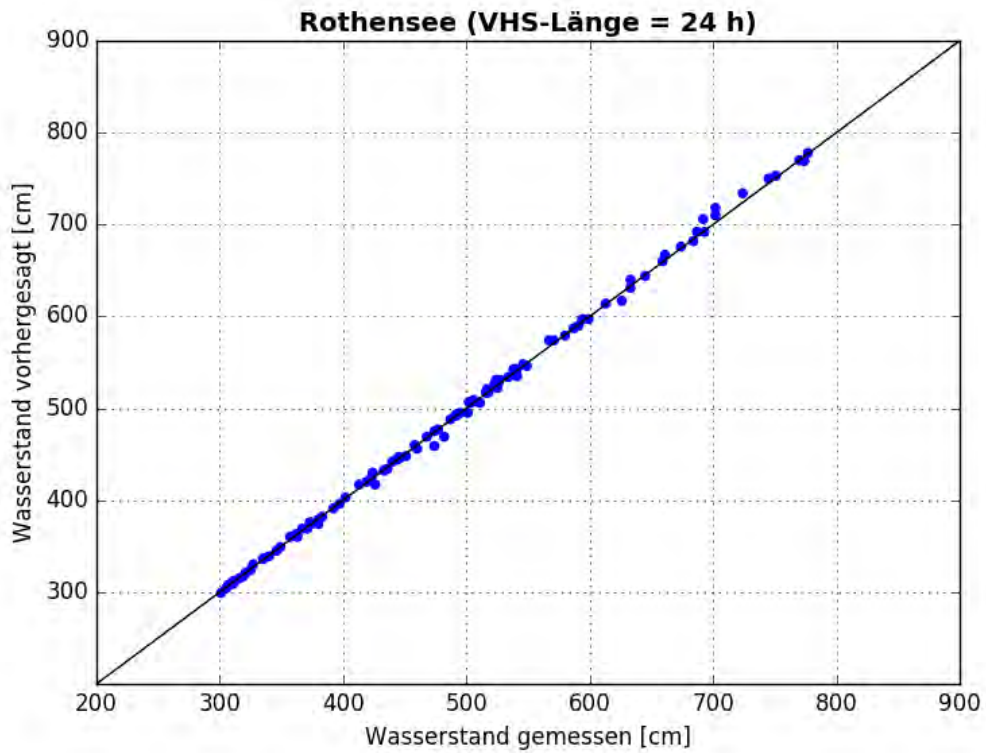


Abbildung C- 218: ROTH HW2011, Scatterplot – VHS-Länge 24 h (VHS)

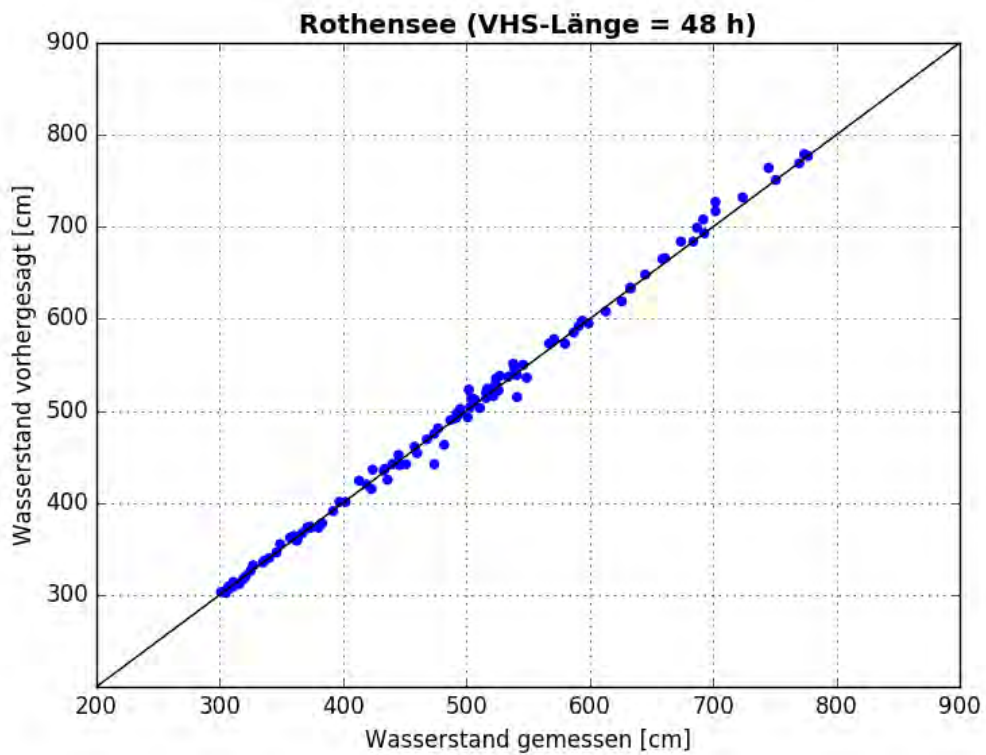


Abbildung C- 219: ROTH HW2011, Scatterplot – VHS-Länge 48 h (VHS)

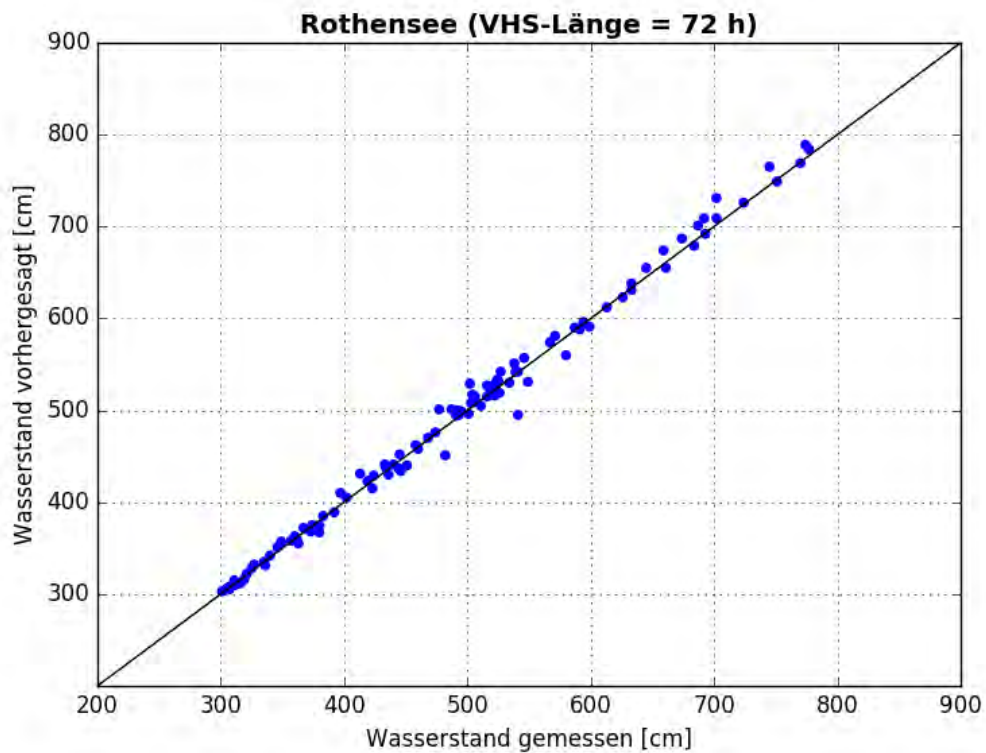


Abbildung C- 220: ROTH HW2011, Scatterplot – VHS-Länge 72 h (VHS)

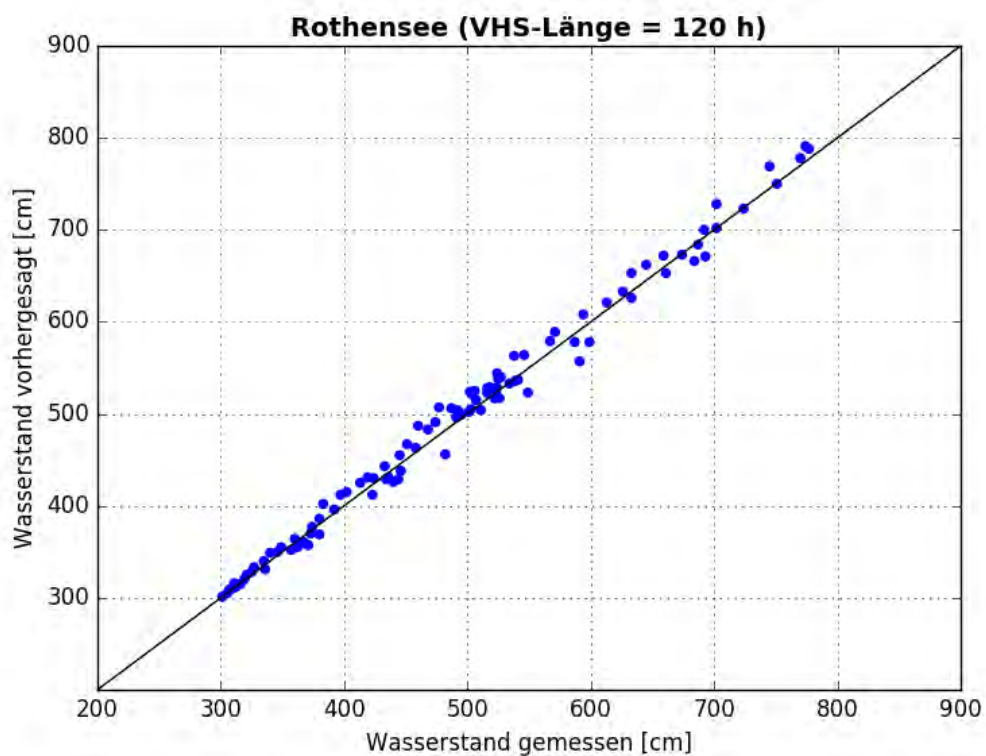


Abbildung C- 221: ROTH HW2011, Scatterplot – VHS-Länge 120 h (Absch.)

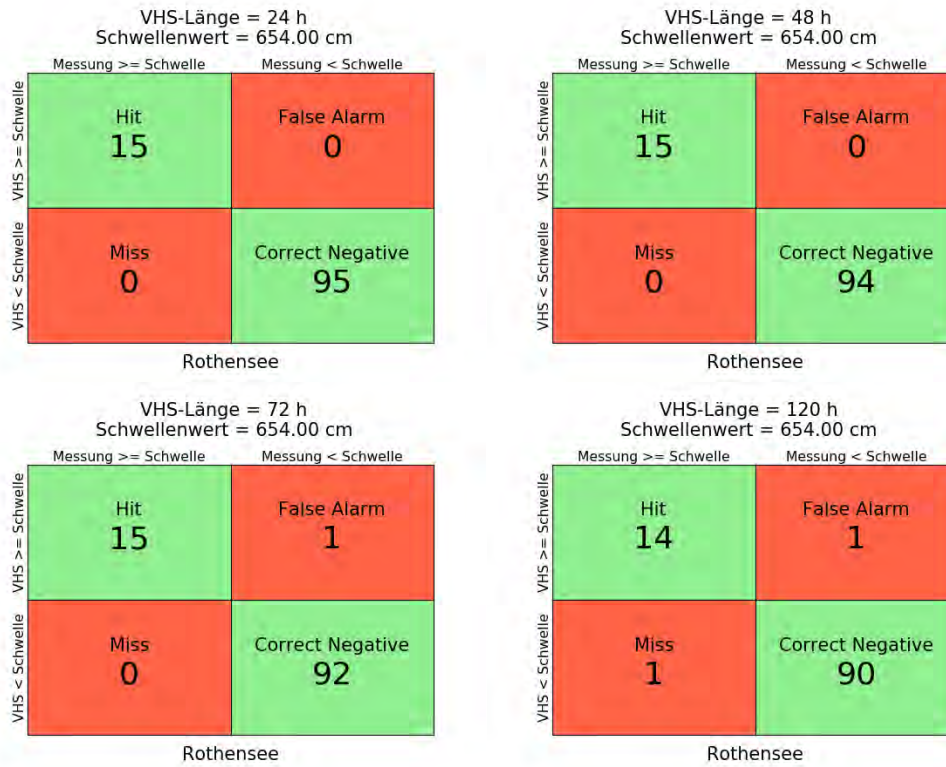


Abbildung C- 222: ROTH HW2011, Kontingenztafeln Schwellenwert 654



Abbildung C- 223: ROTH HW2011, Kontingenztafeln Schwellenwert 750

Hochwasser April – Mai 2013

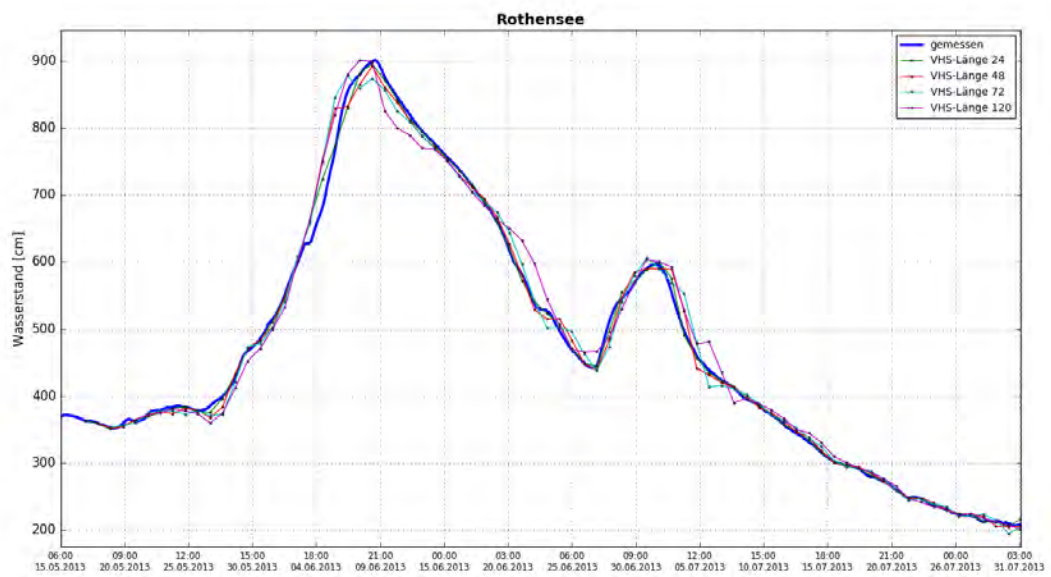


Abbildung C- 224: ROTH HW2013, Ganglinien-Vergleich

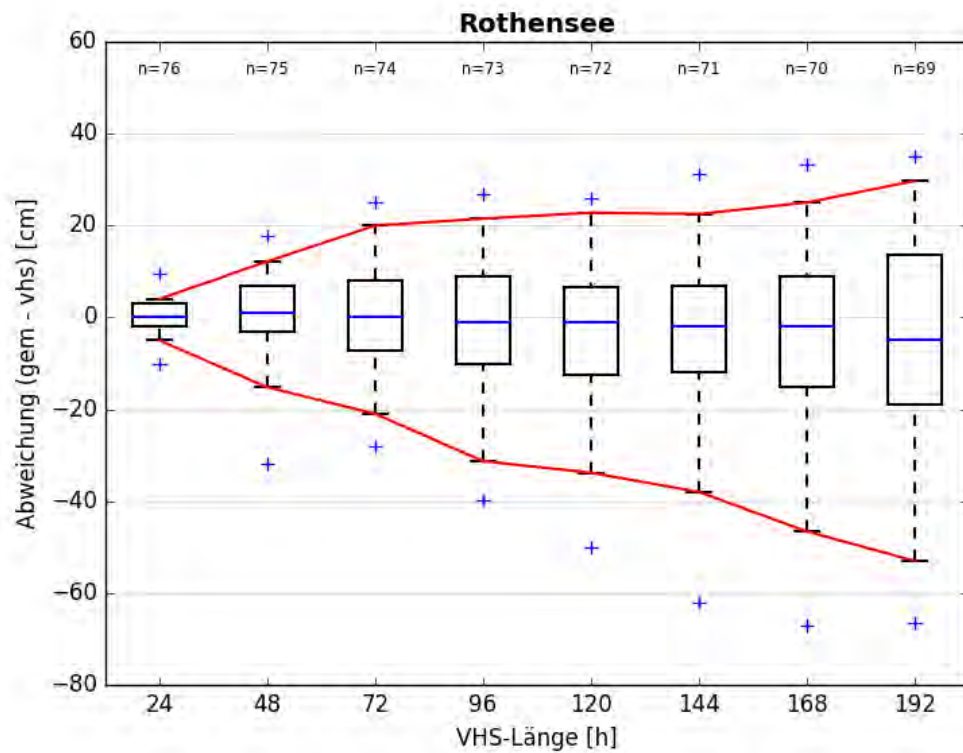


Abbildung C- 225: ROTH HW2013, Boxplot

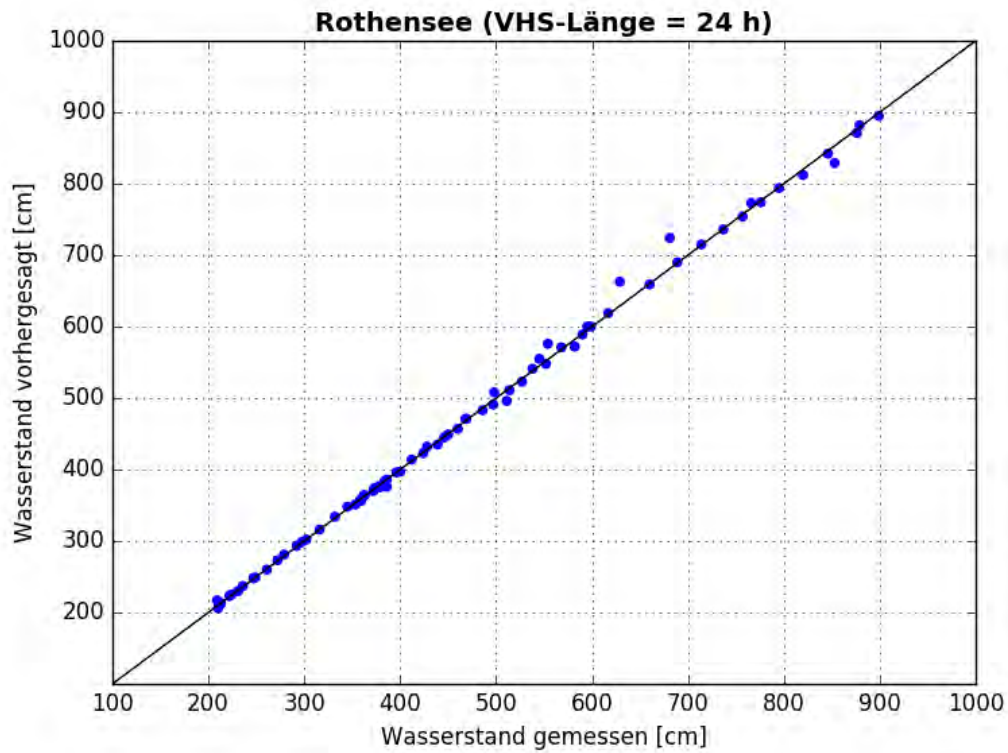


Abbildung C- 226: ROTH HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 24 h (VHS)

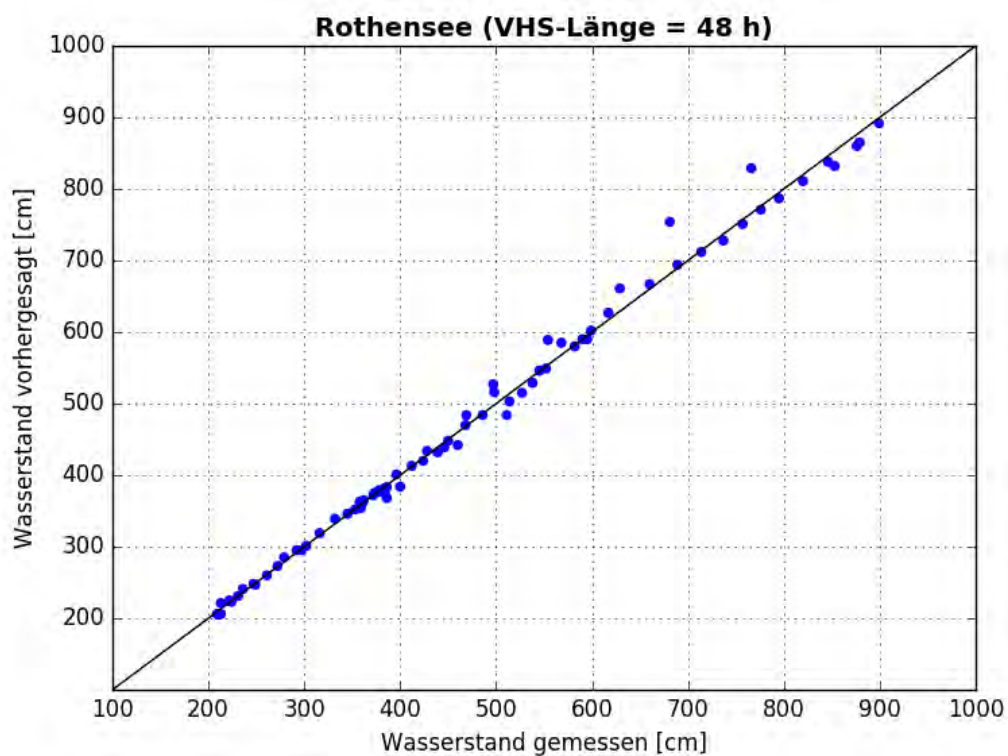


Abbildung C- 227: ROTH HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 48 h (VHS)

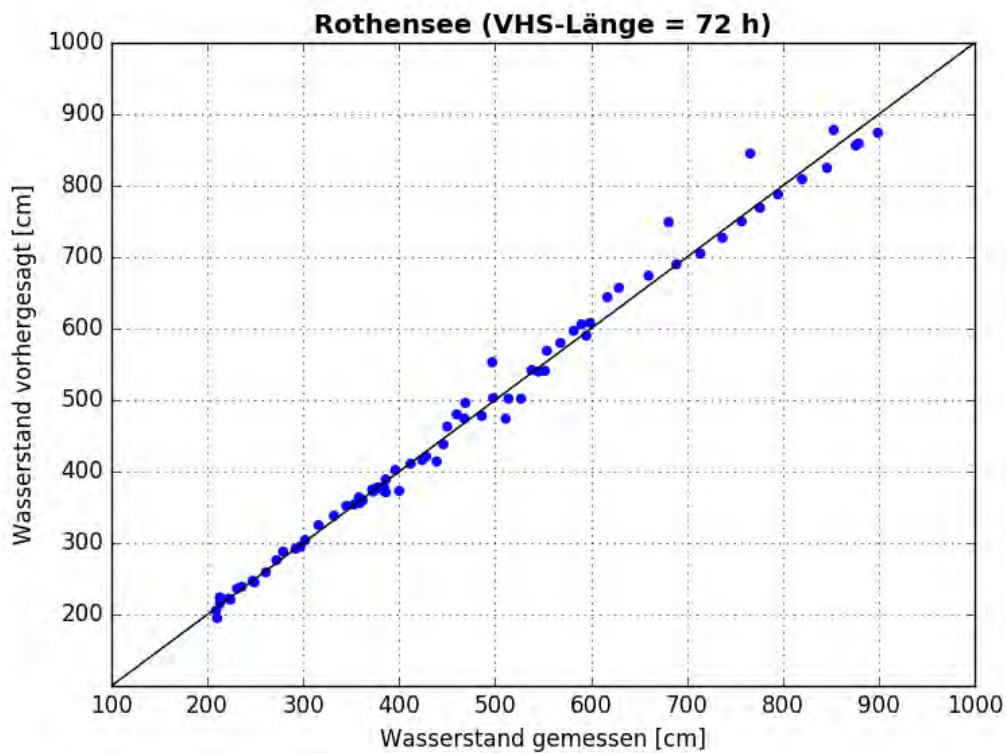


Abbildung C- 228: ROTH HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 72 h (VHS)

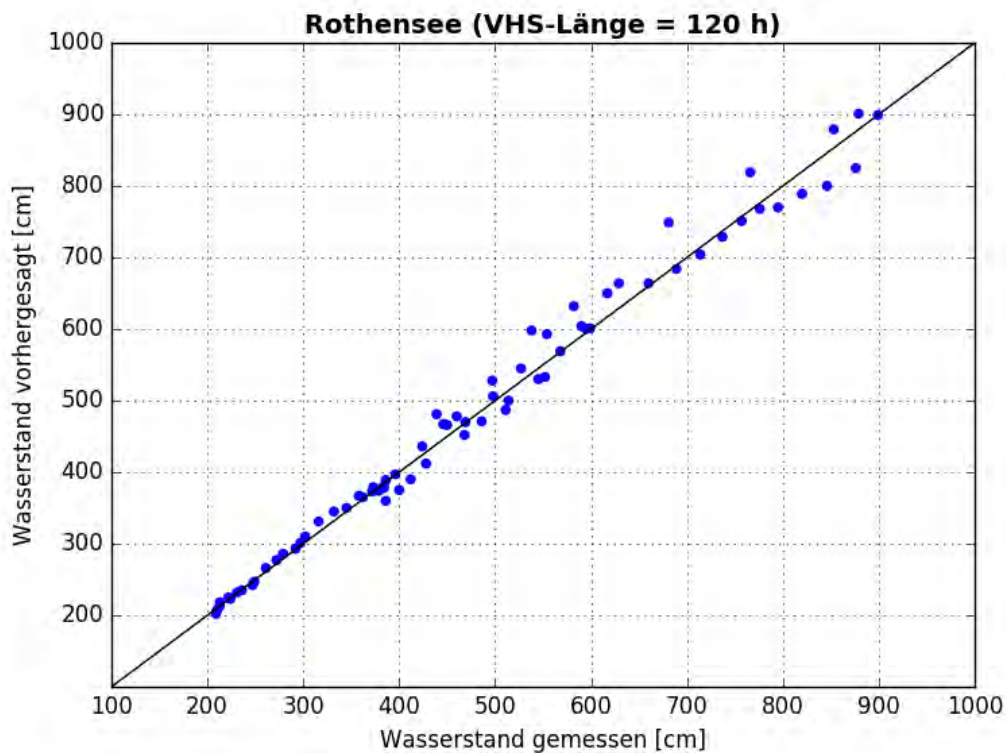


Abbildung C- 229: ROTH HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 120 h (Absch.)

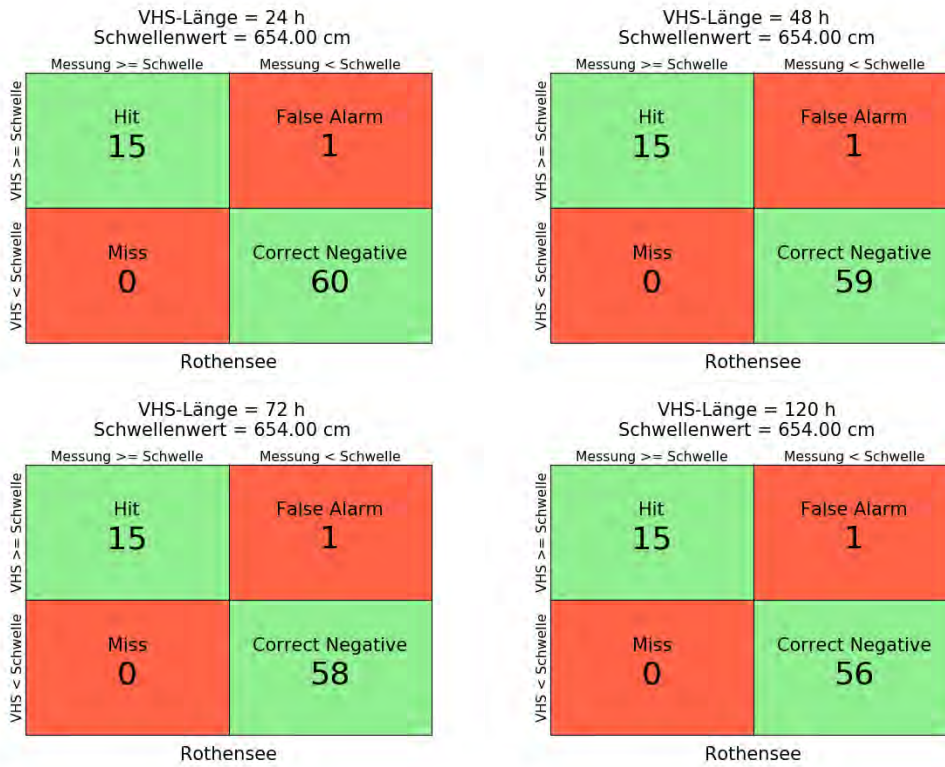


Abbildung C- 230: ROTH HW2013, Kontingenztafeln Schwellenwert 654

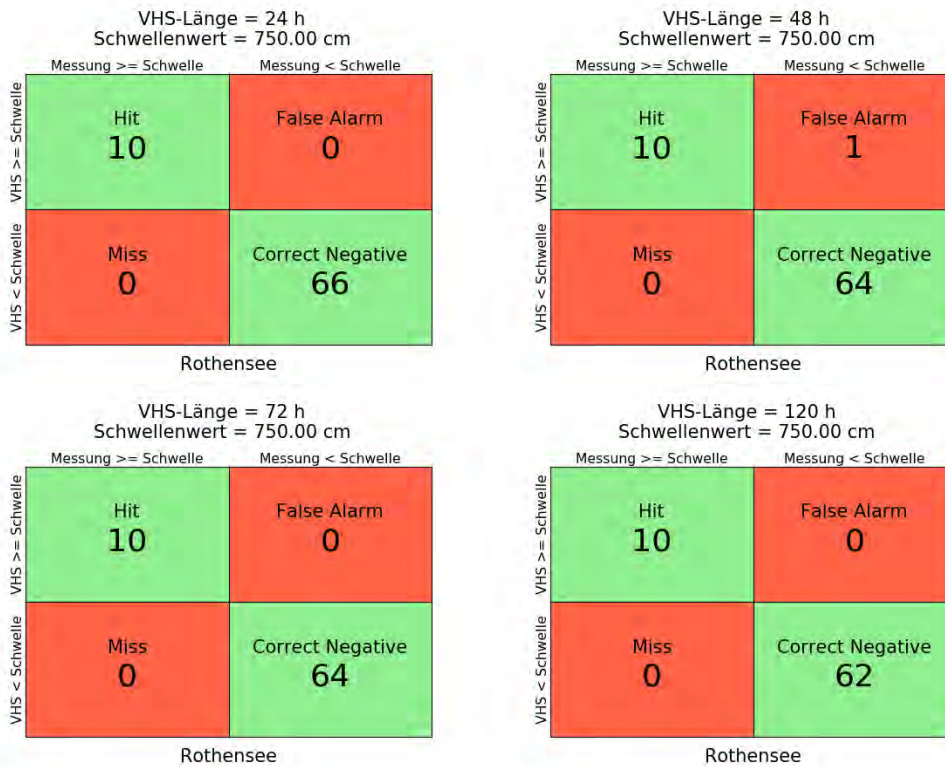


Abbildung C- 231: ROTH HW2013, Kontingenztafeln Schwellenwert 750

Anlage C-12: Pegel Niegripp AP, Elbe-km 343,6

Hochwasser März – April 2006

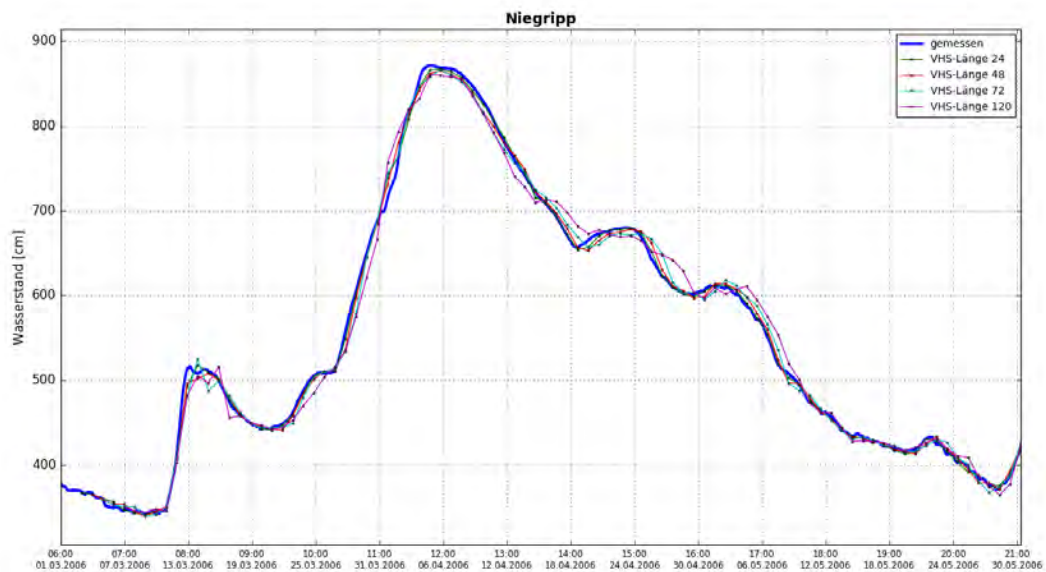


Abbildung C- 232: NIEA HW2006, Ganglinien-Vergleich

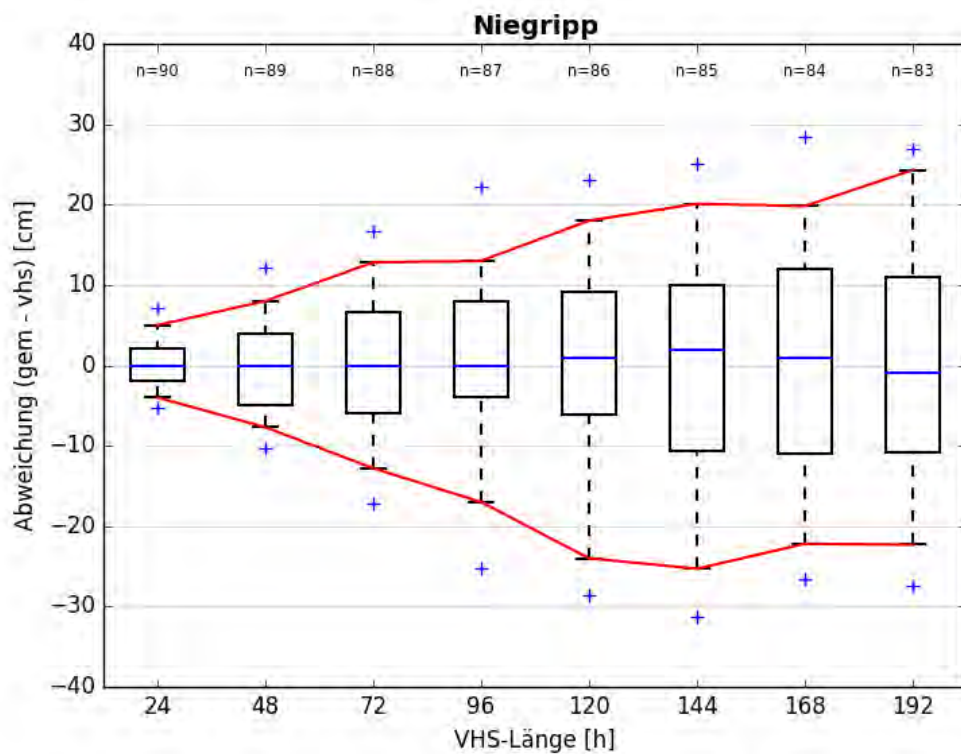


Abbildung C- 233: NIEA HW2006, Boxplot

Niegripp_scatterplot_24

Abbildung C- 234: NIEA HW2006, Scatterplot – VHS-Länge 24 h (VHS)

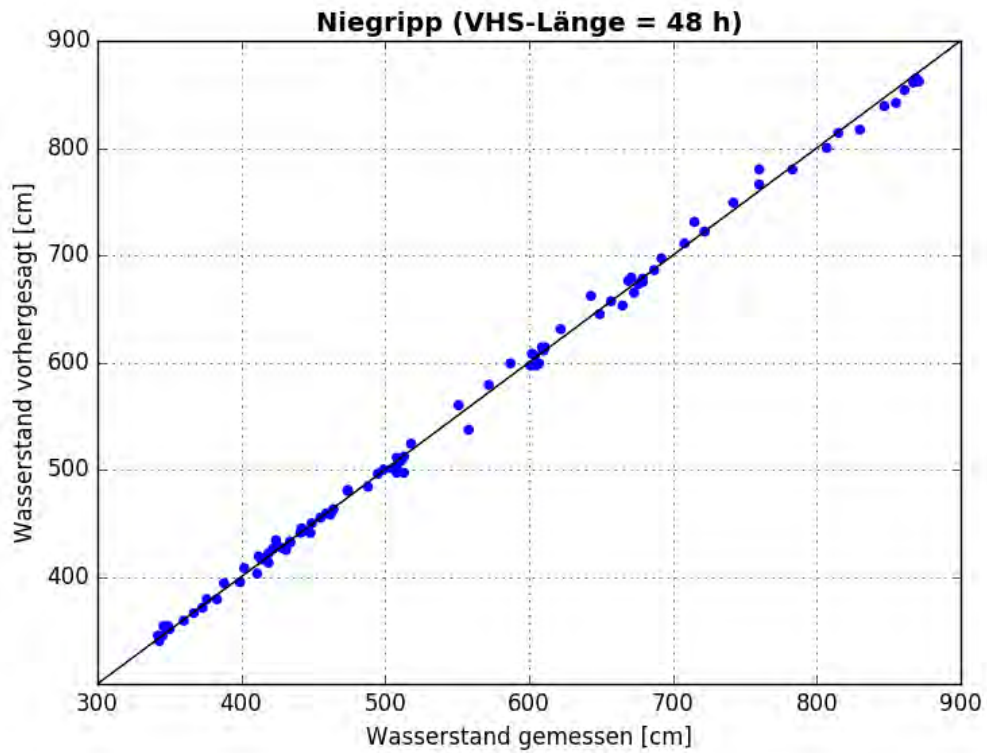


Abbildung C- 235: NIEA HW2006, Scatterplot – VHS-Länge 48 h (VHS)

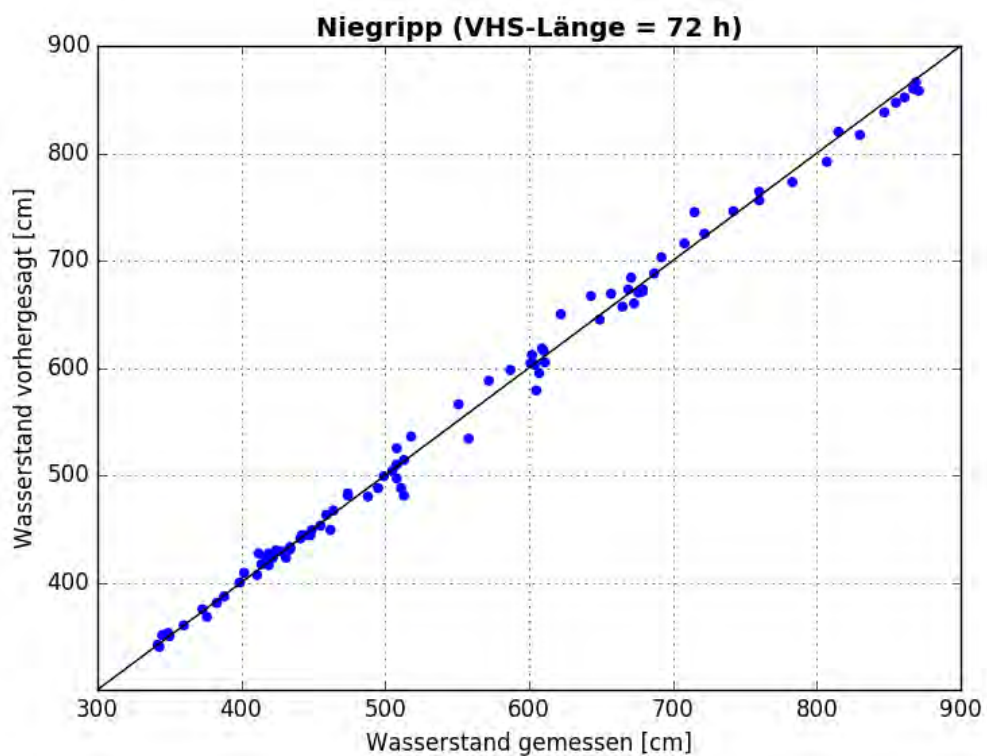


Abbildung C- 236: NIEA HW2006, Scatterplot – VHS-Länge 72 h (VHS)

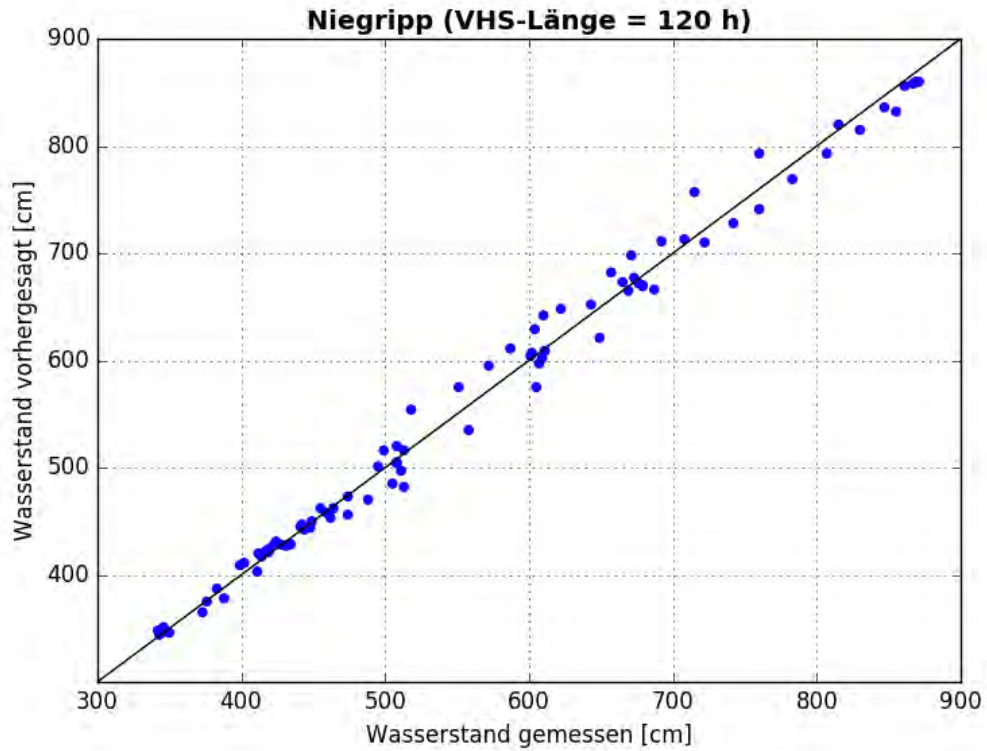


Abbildung C- 237: NIEA HW2006, Scatterplot – VHS-Länge 120 h (Absch.)

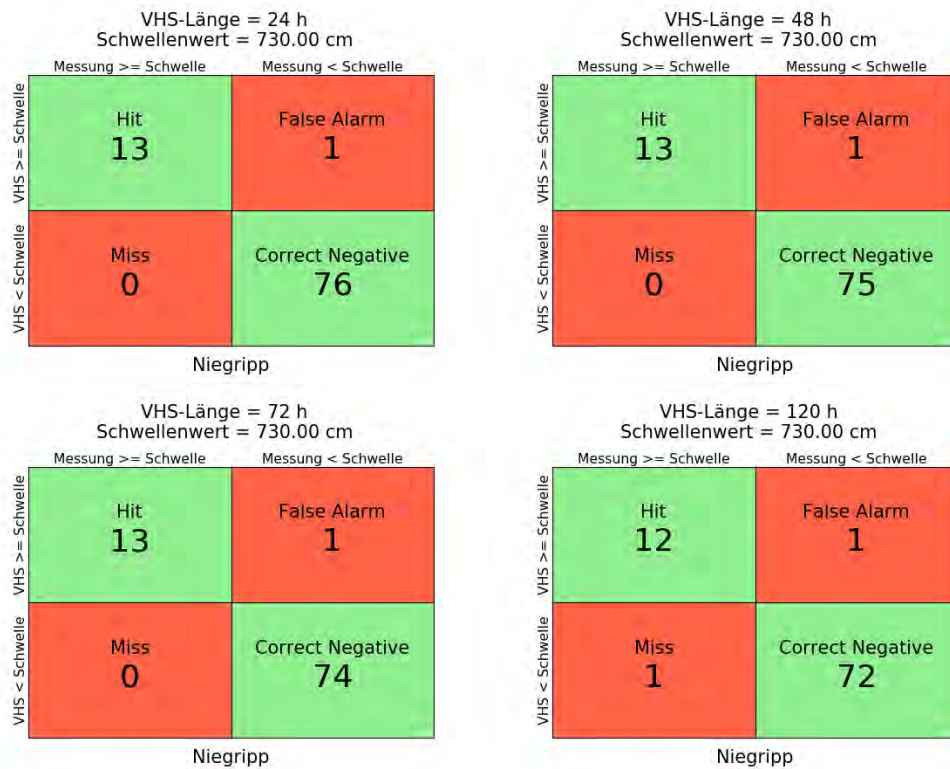


Abbildung C- 238: NIEA HW2006, Kontingenztafeln Schwellenwert 730



Abbildung C- 239: NIEA HW2006, Kontingenztafeln Schwellenwert 850

Hochwasser Januar - Februar 2011

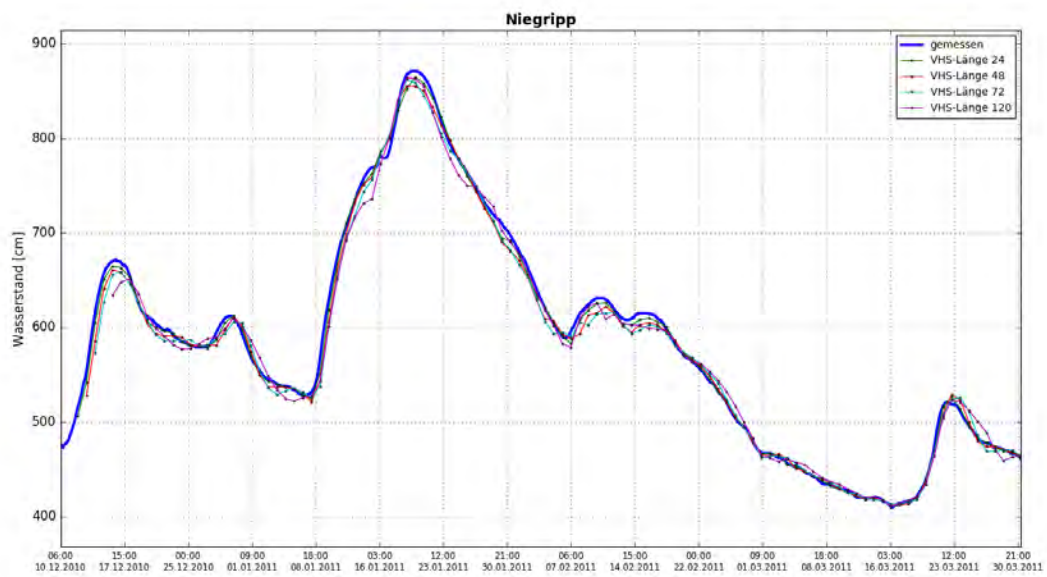


Abbildung C- 240: NIEA HW2011, Ganglinien-Vergleich

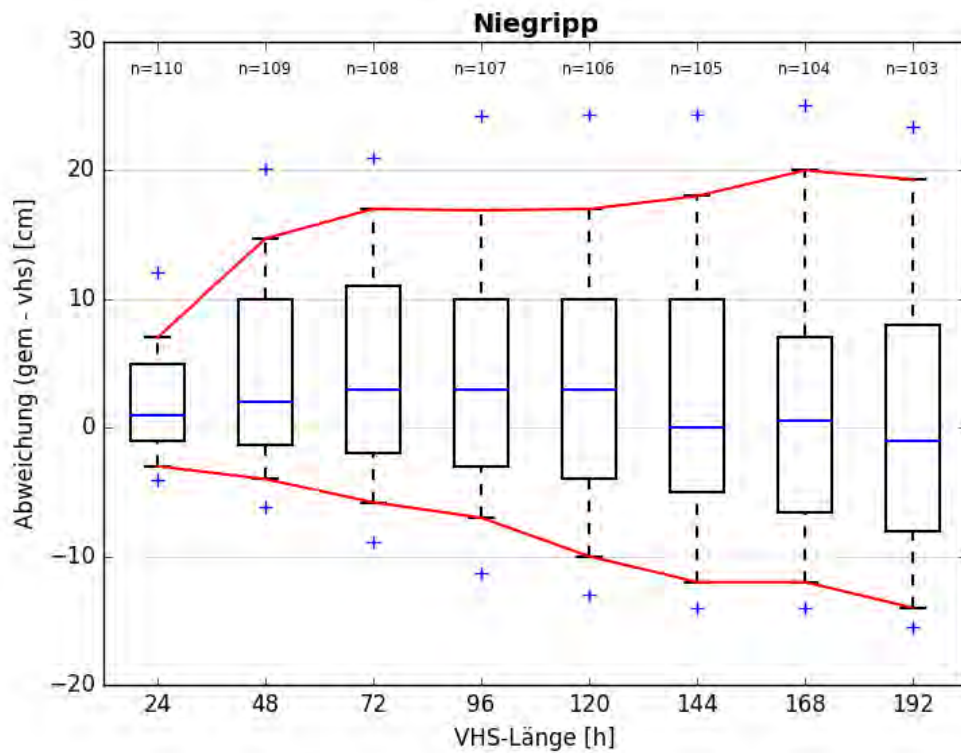


Abbildung C- 241: NIEA HW2011, Boxplot

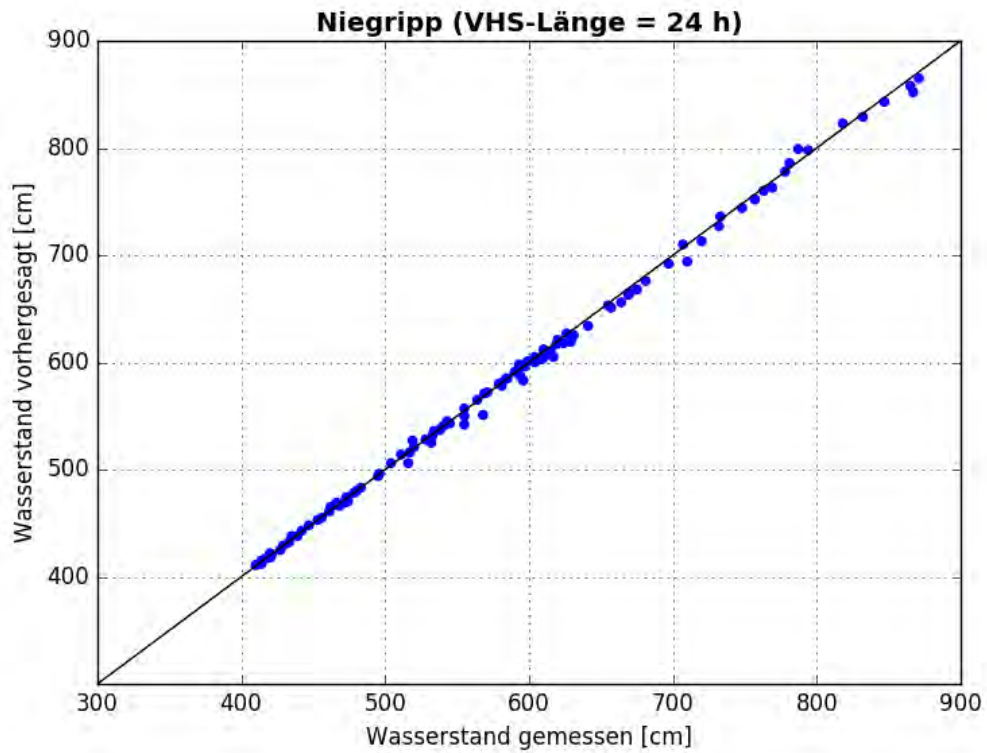


Abbildung C- 242: NIEA HW2011, Scatterplot – VHS-Länge 24 h (VHS)

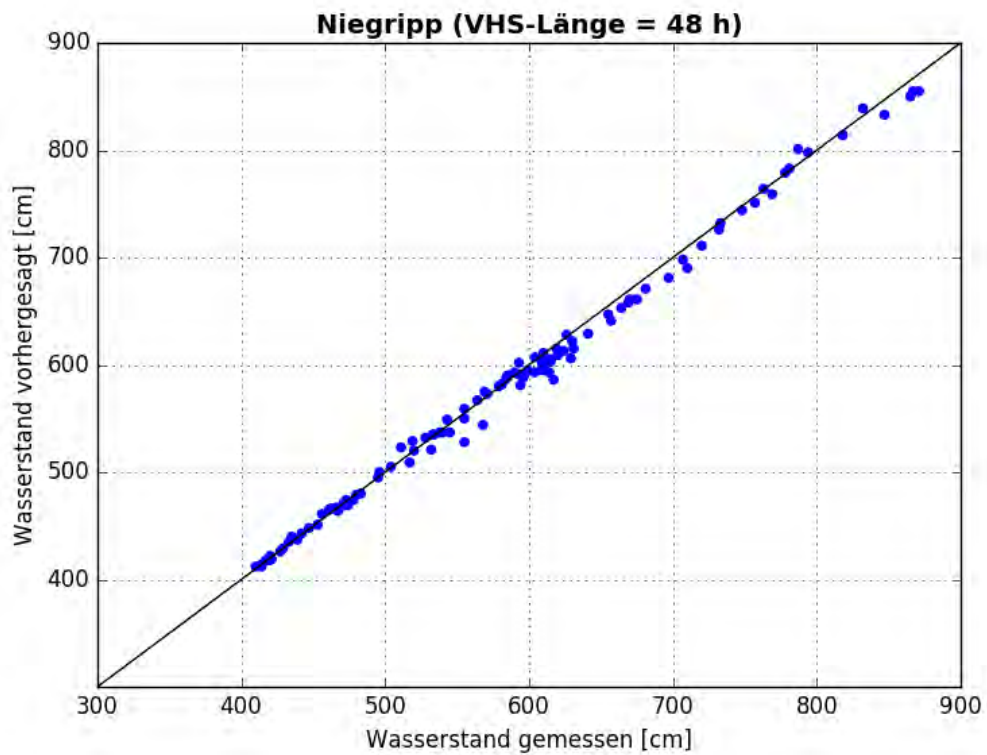


Abbildung C- 243: NIEA HW2011, Scatterplot – VHS-Länge 48 h (VHS)

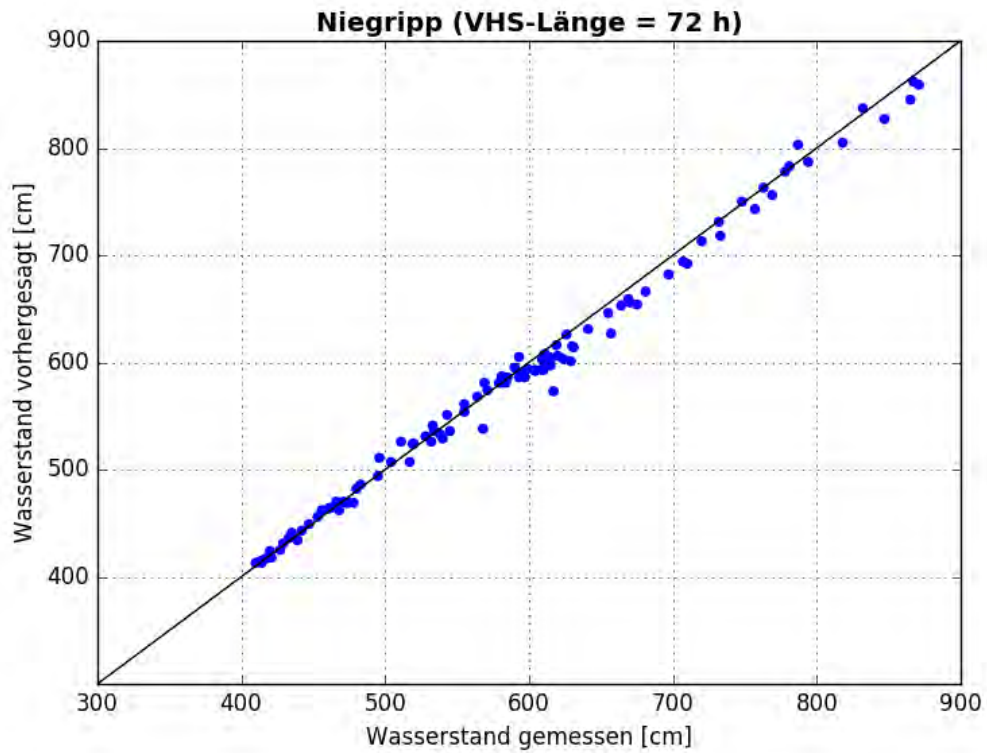


Abbildung C- 244: NIEA HW2011, Scatterplot – VHS-Länge 72 h (VHS)

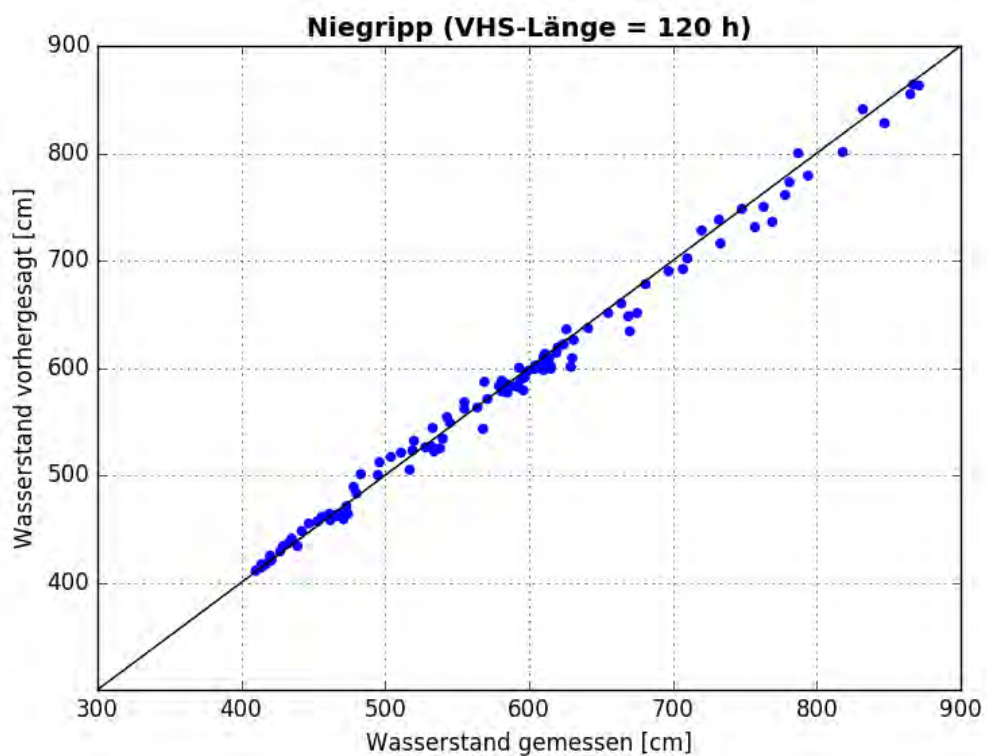


Abbildung C- 245: NIEA HW2011, Scatterplot – VHS-Länge 120 h (Absch.)

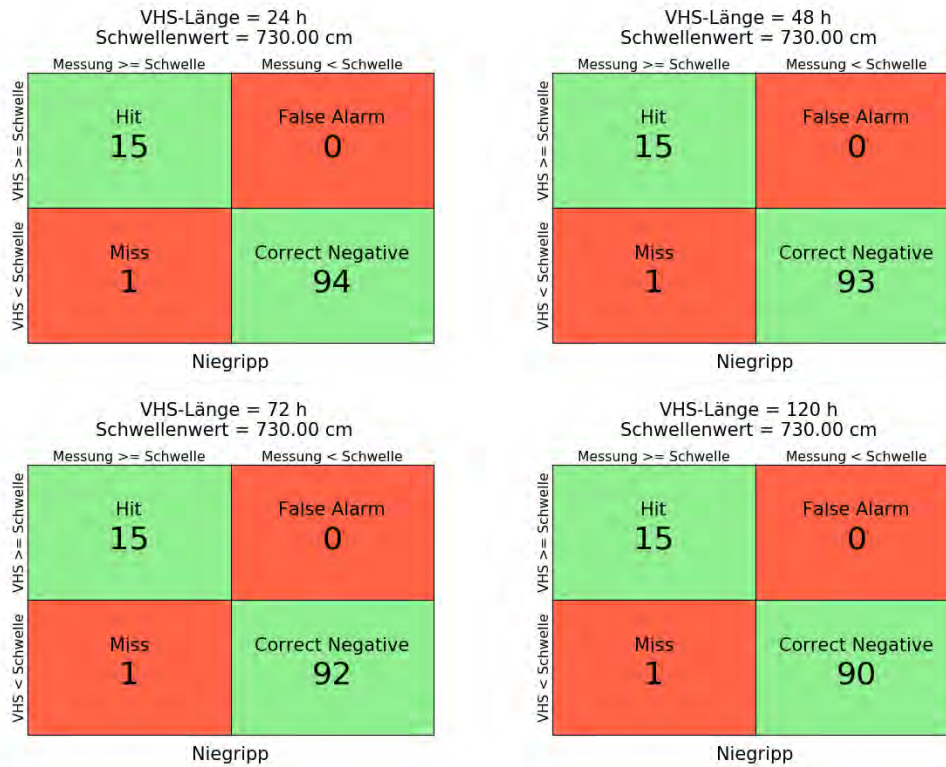


Abbildung C- 246: NIEA HW2011, Kontingenztafeln Schwellenwert 730



Abbildung C- 247: NIEA HW2011, Kontingenztafeln Schwellenwert 850

Hochwasser April – Mai 2013

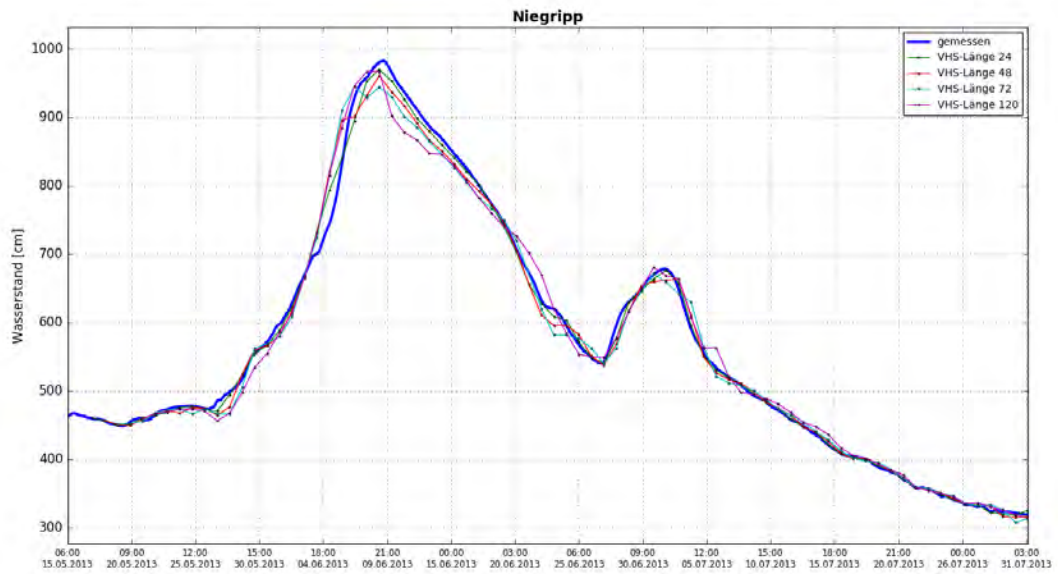


Abbildung C- 248: NIEA HW2013, Ganglinien-Vergleich

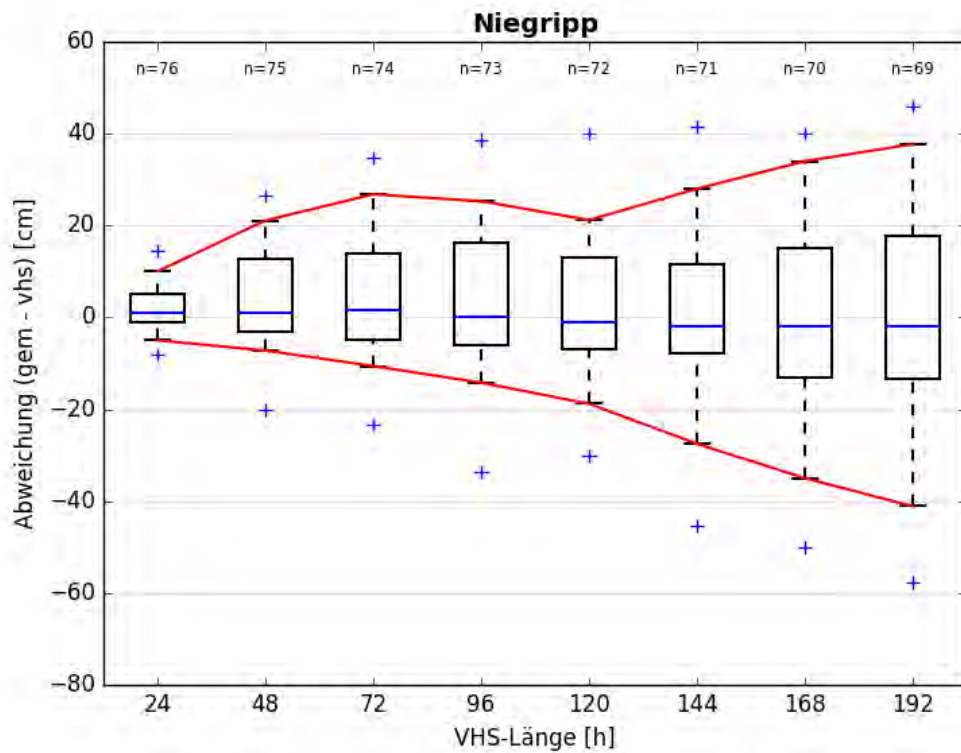


Abbildung C- 249: NIEA HW2013, Boxplot

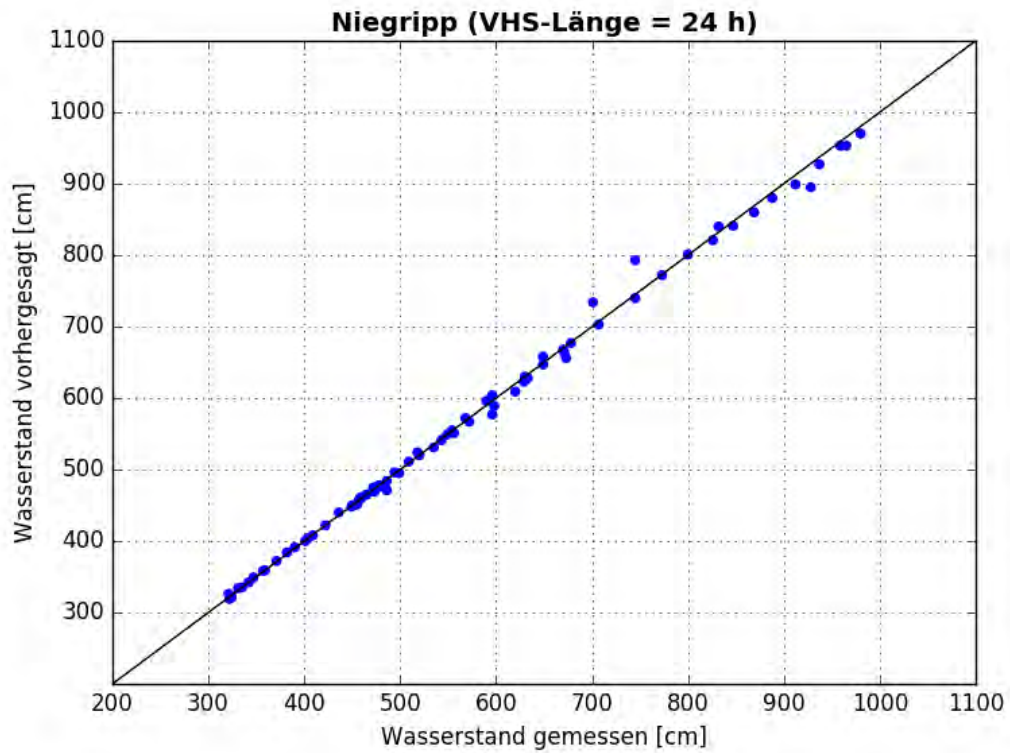


Abbildung C- 250: NIEA HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 24 h (VHS)

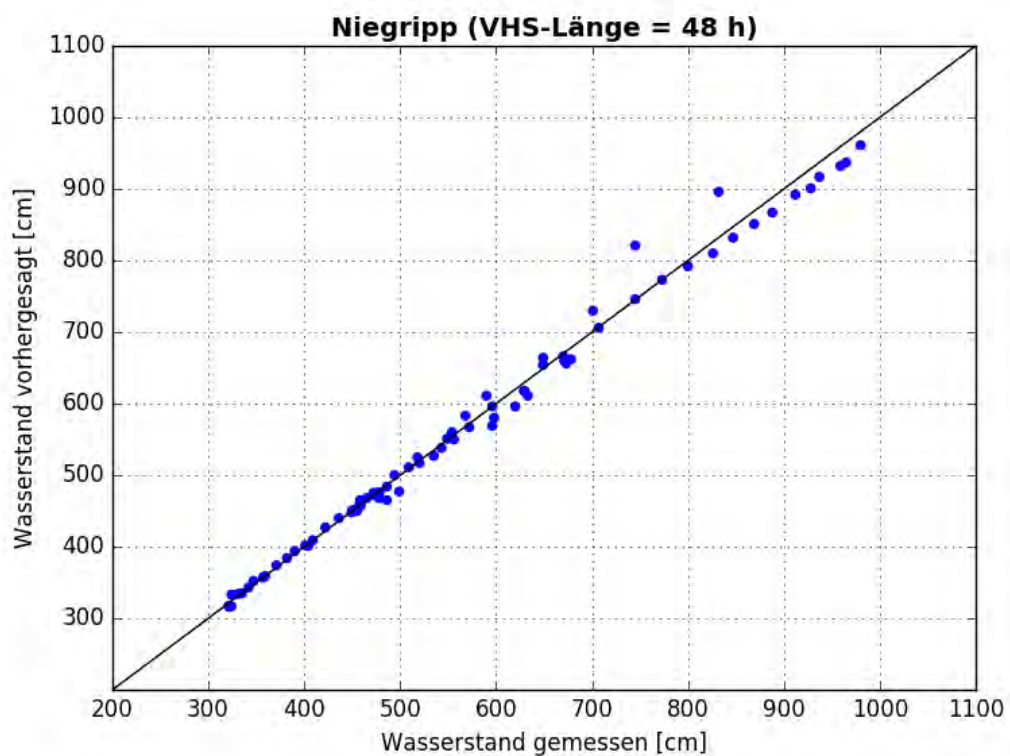


Abbildung C- 251: NIEA HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 48 h (VHS)

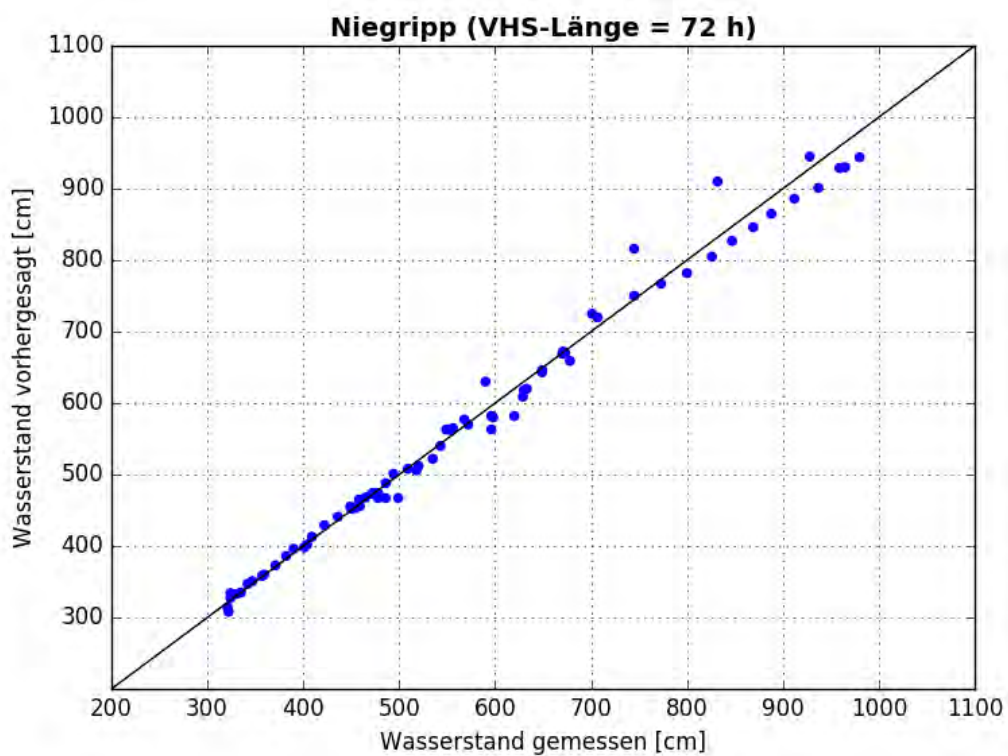


Abbildung C- 252: NIEA HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 72 h (VHS)

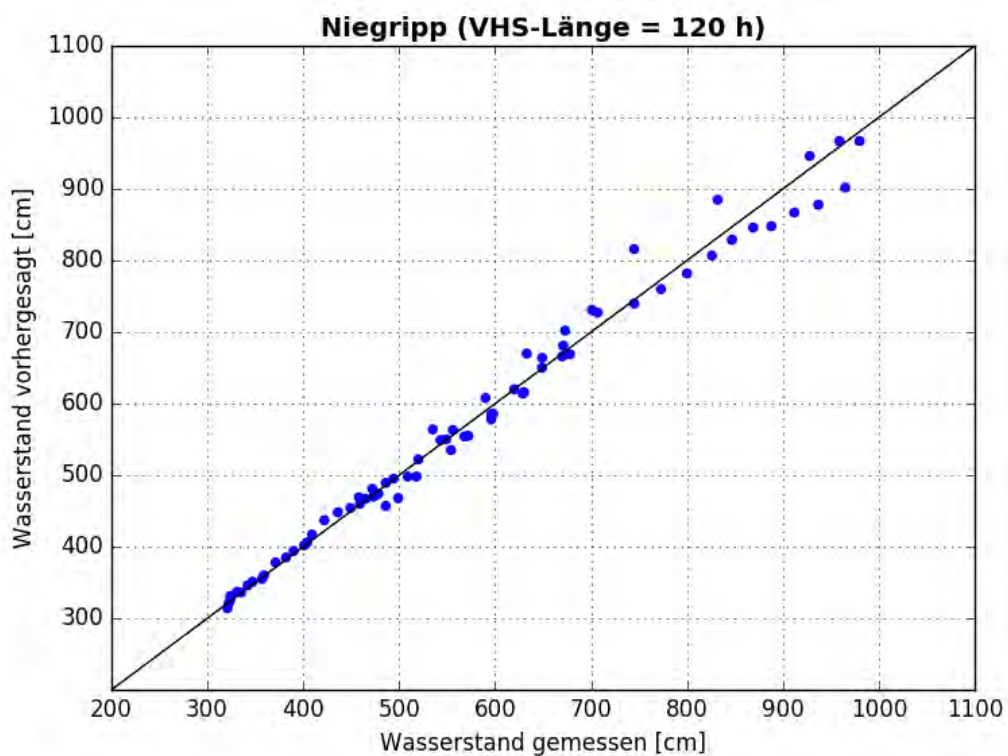


Abbildung C- 253: NIEA HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 120 h (Absch.)

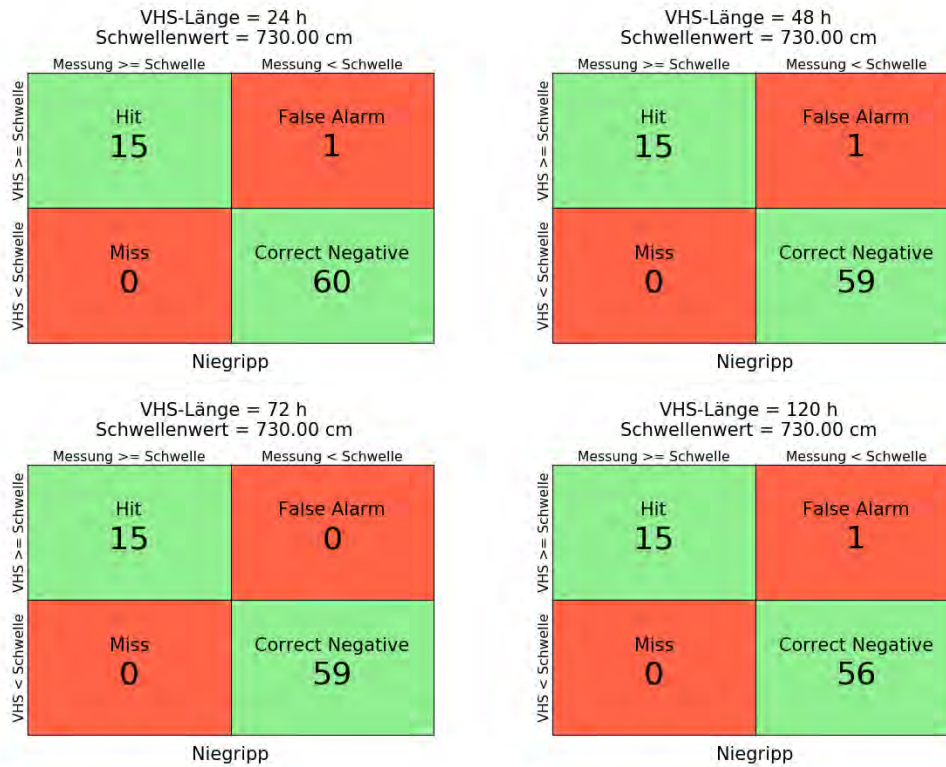


Abbildung C- 254: NIEA HW2013, Kontingenztafeln Schwellenwert 730



Abbildung C- 255: NIEA HW2013, Kontingenztafeln Schwellenwert 850

Anlage C-13: Pegel Tangermünde, Elbe-km 388,26

Hochwasser März – April 2006

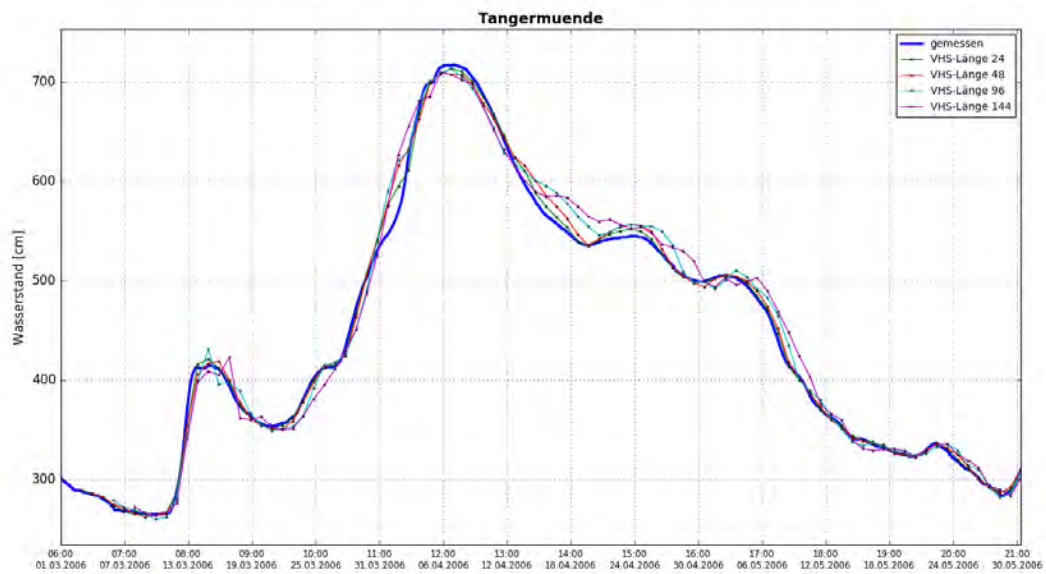


Abbildung C- 256: TANG HW2006, Ganglinien-Vergleich

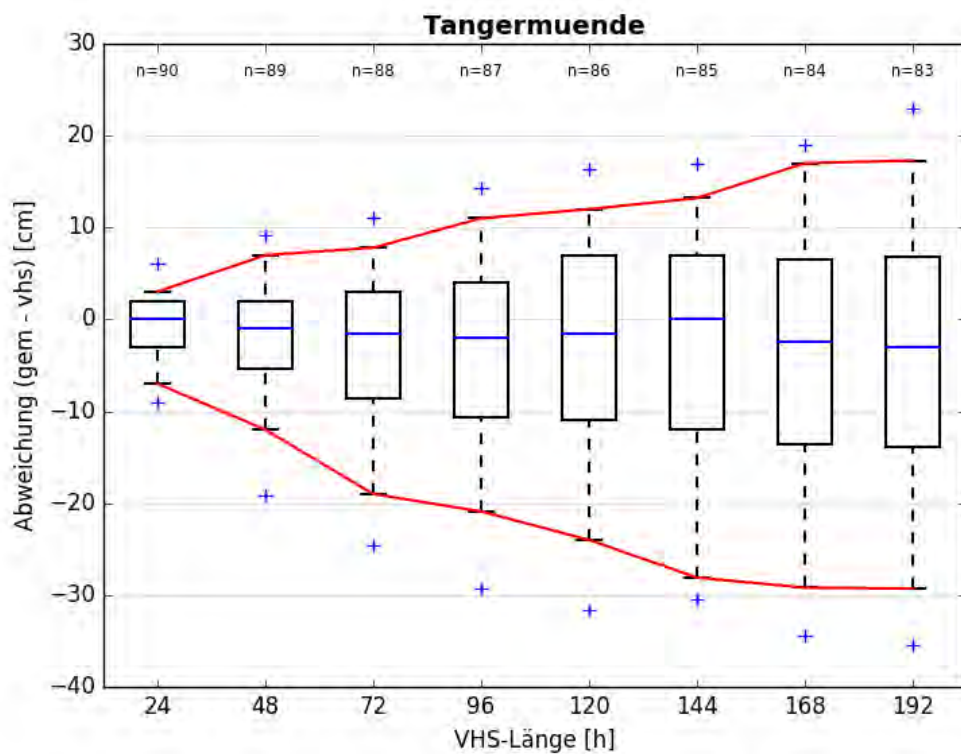


Abbildung C- 257: TANG HW2006, Boxplot

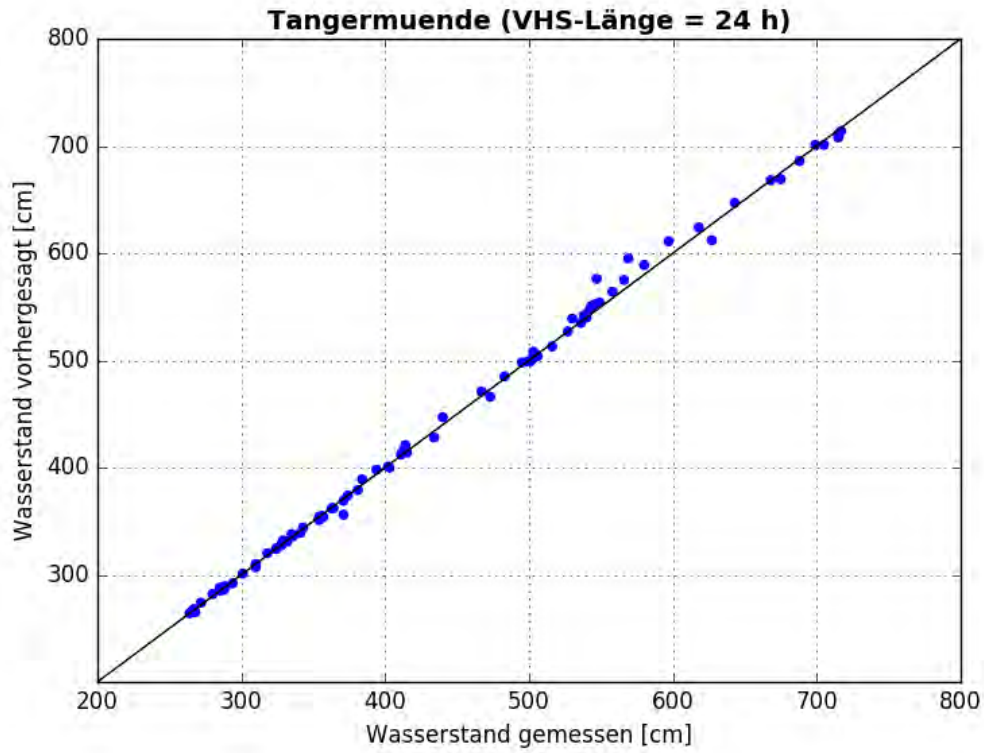


Abbildung C- 258: TANG HW2006, Scatterplot – VHS-Länge 24 h (VHS)

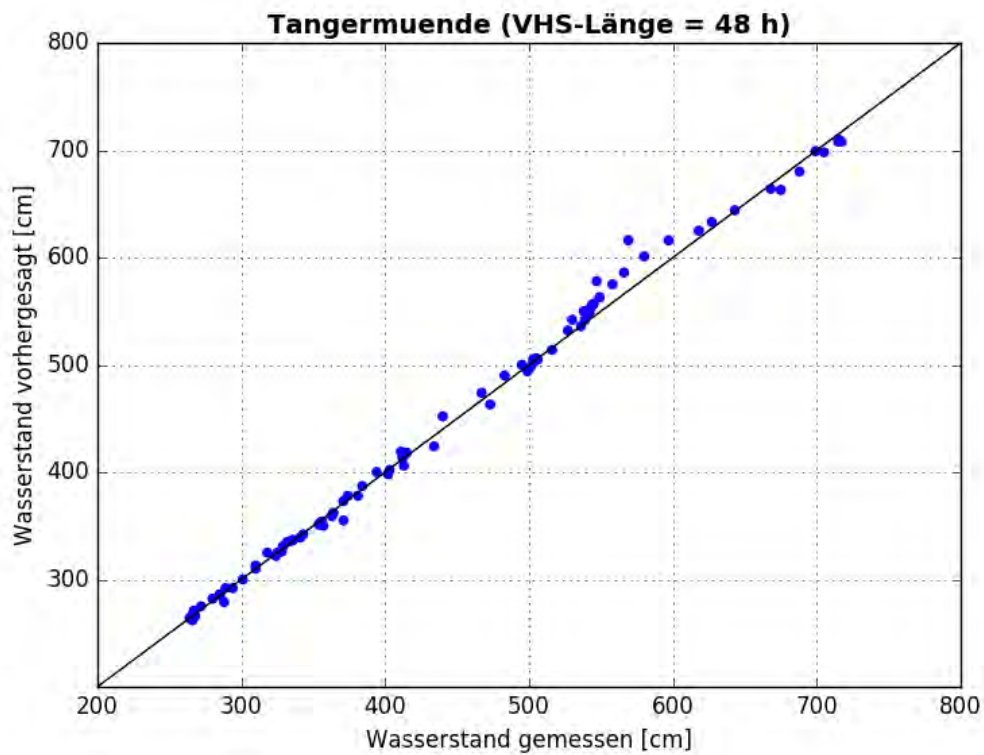


Abbildung C- 259: TANG HW2006, Scatterplot – VHS-Länge 48 h (VHS)

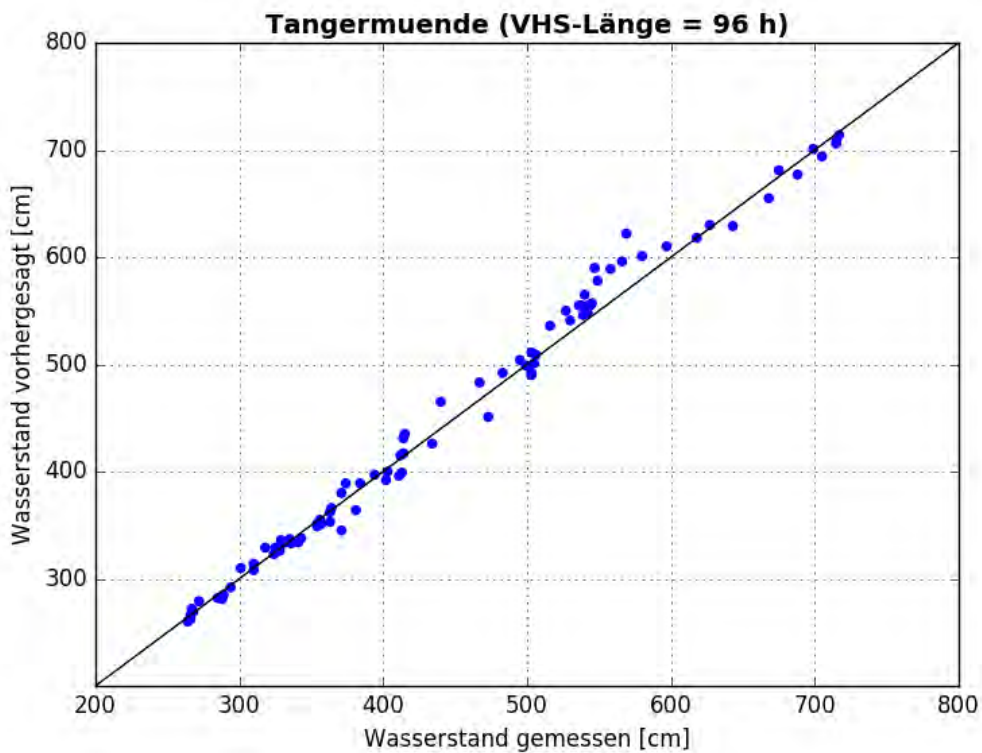


Abbildung C- 260: TANG HW2006, Scatterplot – VHS-Länge 96 h (VHS)

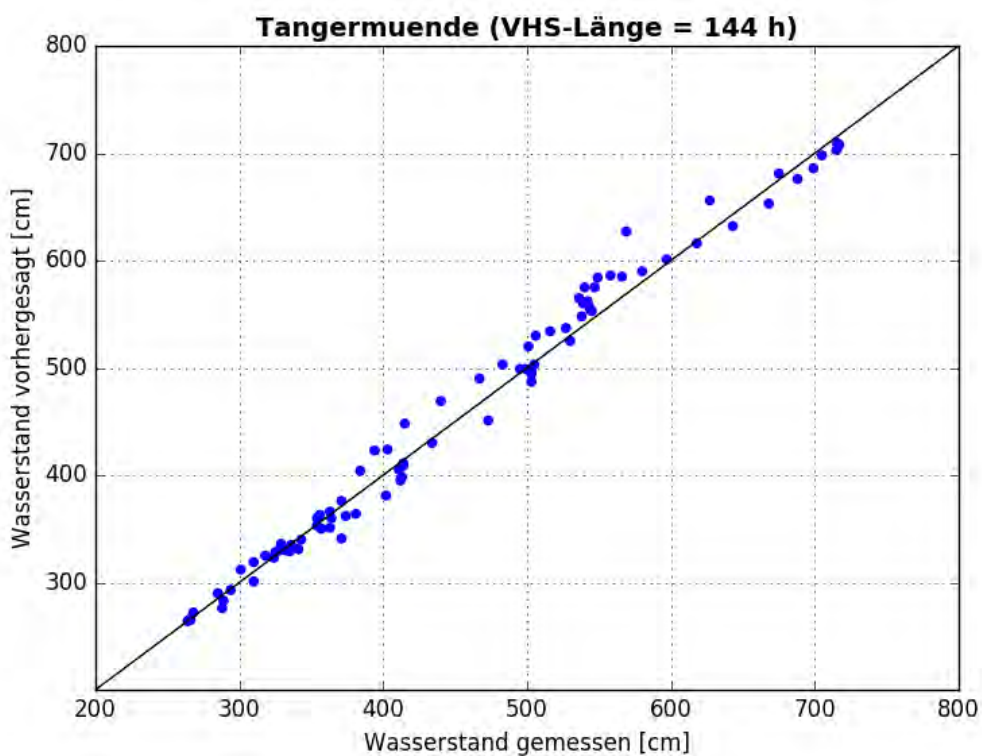


Abbildung C- 261: TANG HW2006, Scatterplot – VHS-Länge 144 h (Absch.)

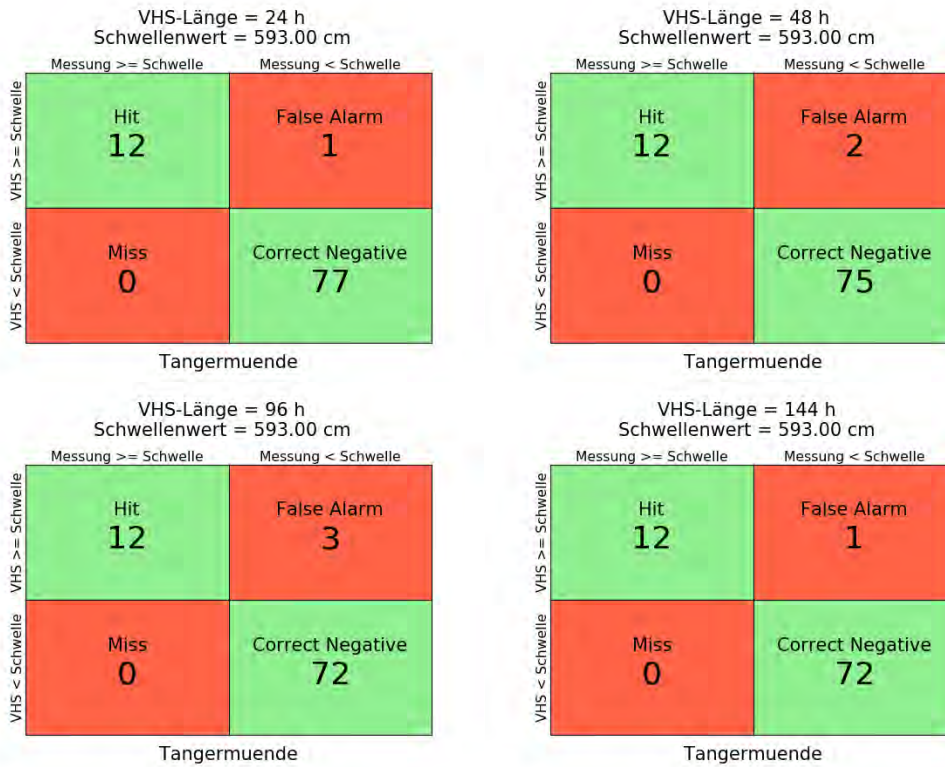


Abbildung C- 262: TANG HW2006, Kontingenztafeln Schwellenwert 593

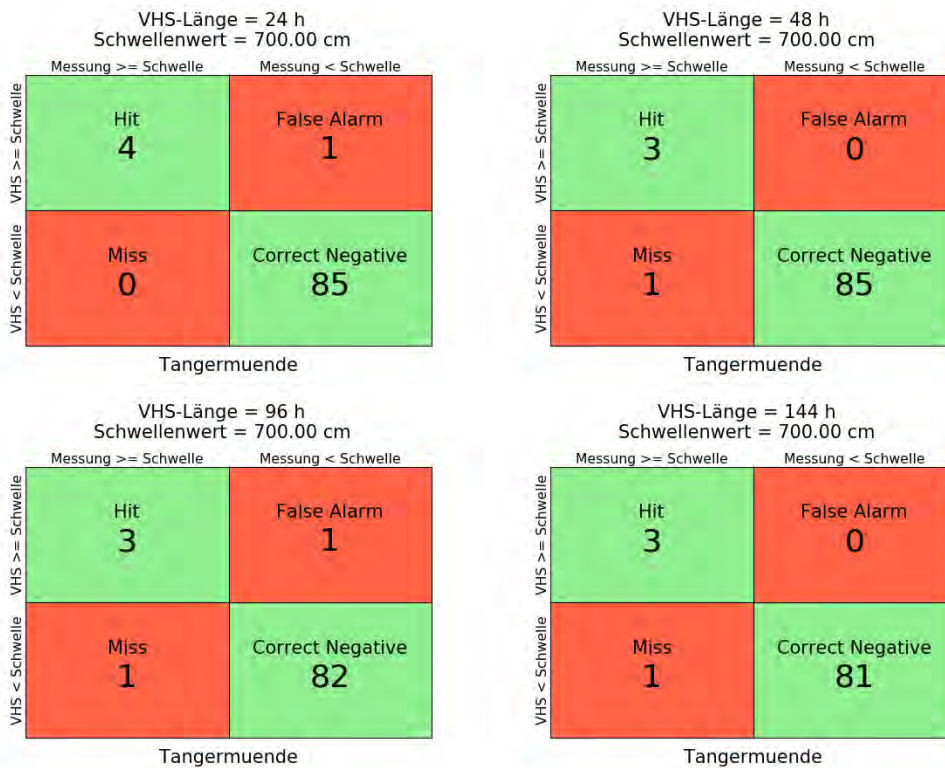


Abbildung C- 263: TANG HW2006, Kontingenztafeln Schwellenwert 700

Hochwasser Januar - Februar 2011

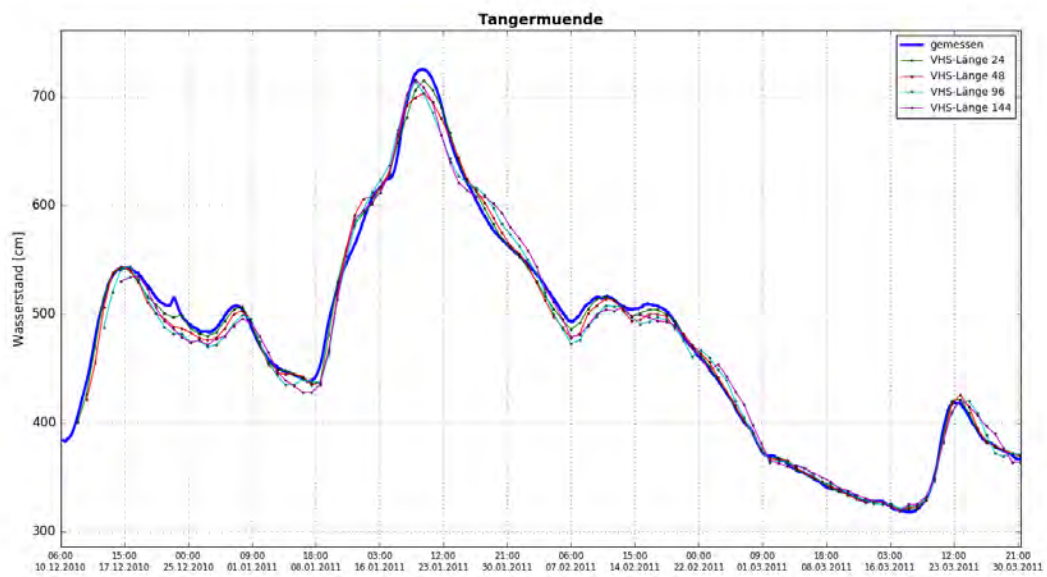


Abbildung C- 264: TANG HW2011, Ganglinien-Vergleich

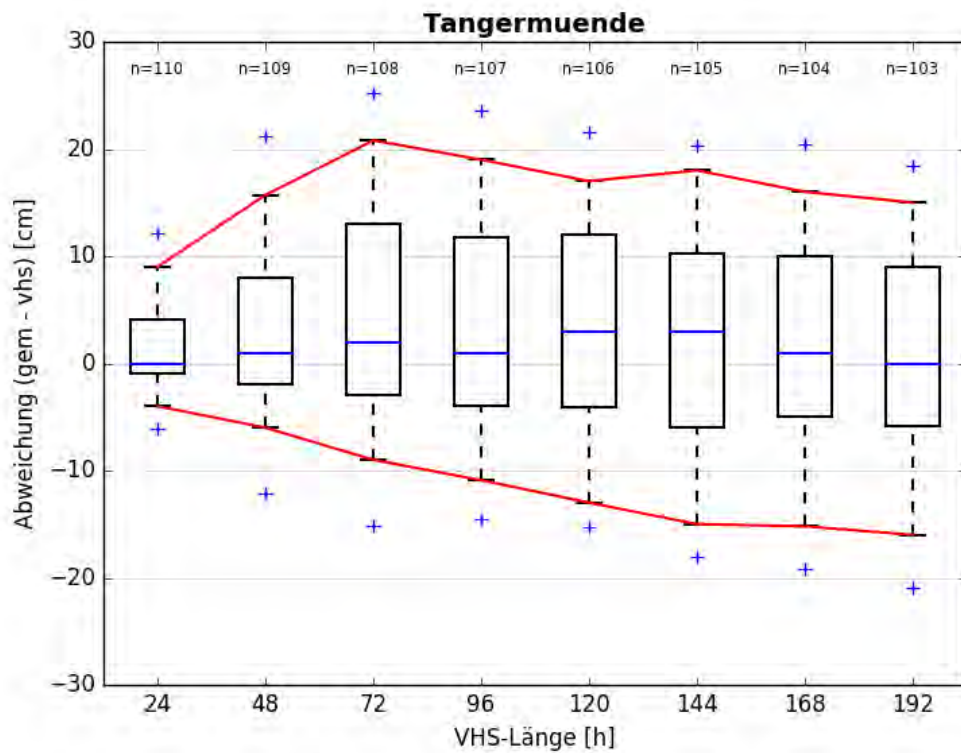


Abbildung C- 265: TANG HW2011, Boxplot

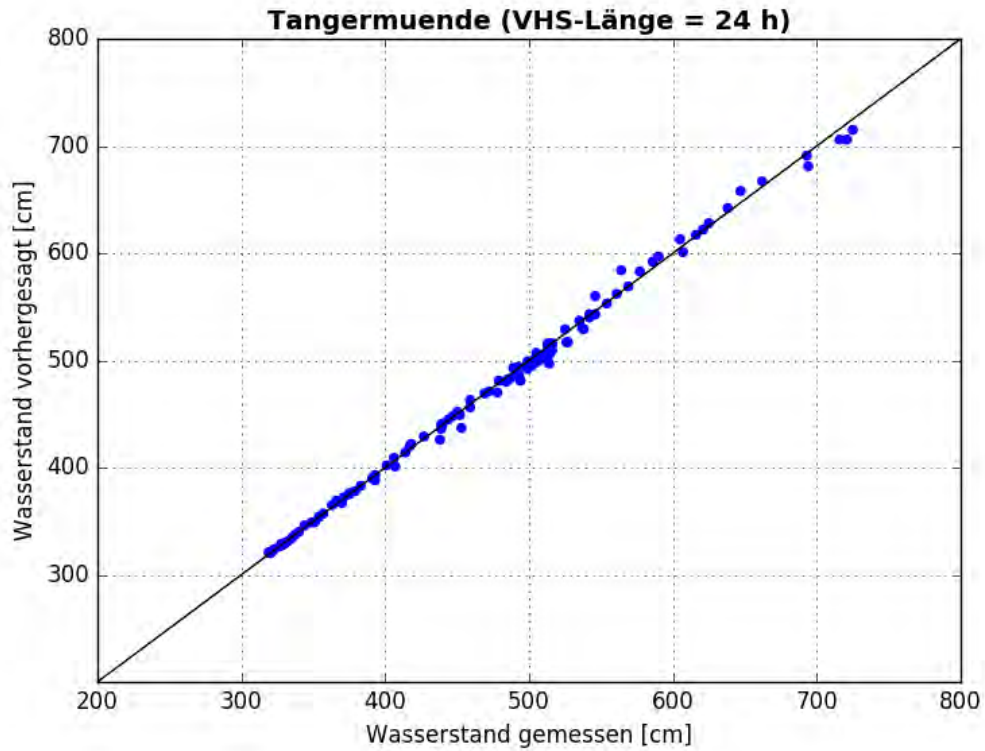


Abbildung C- 266: TANG HW2011, Scatterplot – VHS-Länge 24 h (VHS)

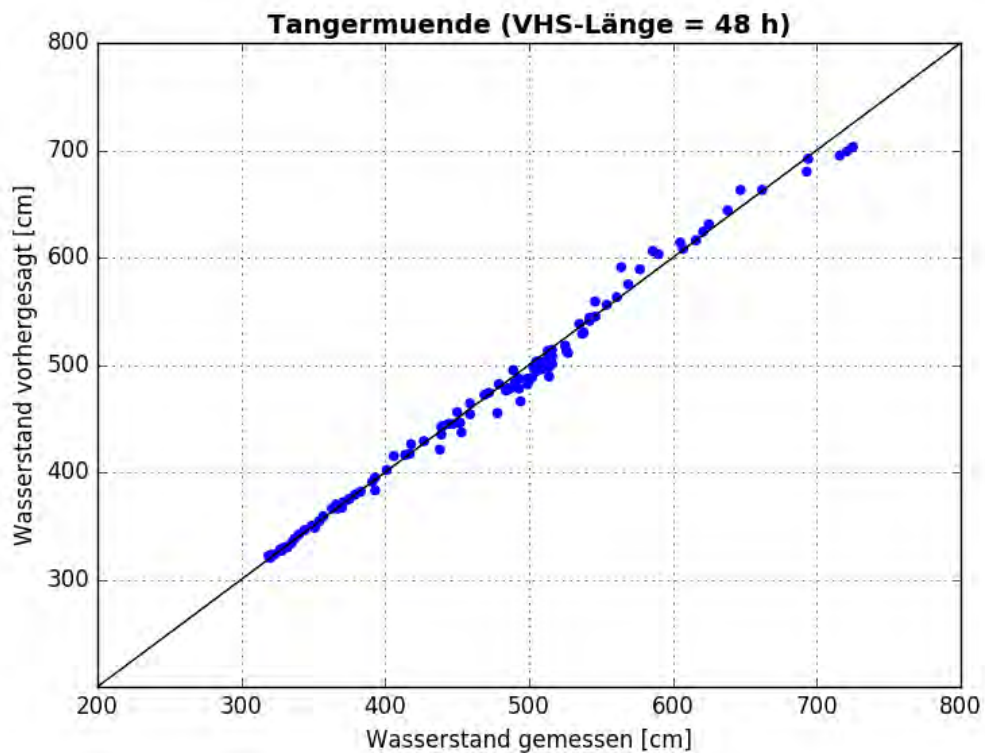


Abbildung C- 267: TANG HW2011, Scatterplot – VHS-Länge 48 h (VHS)

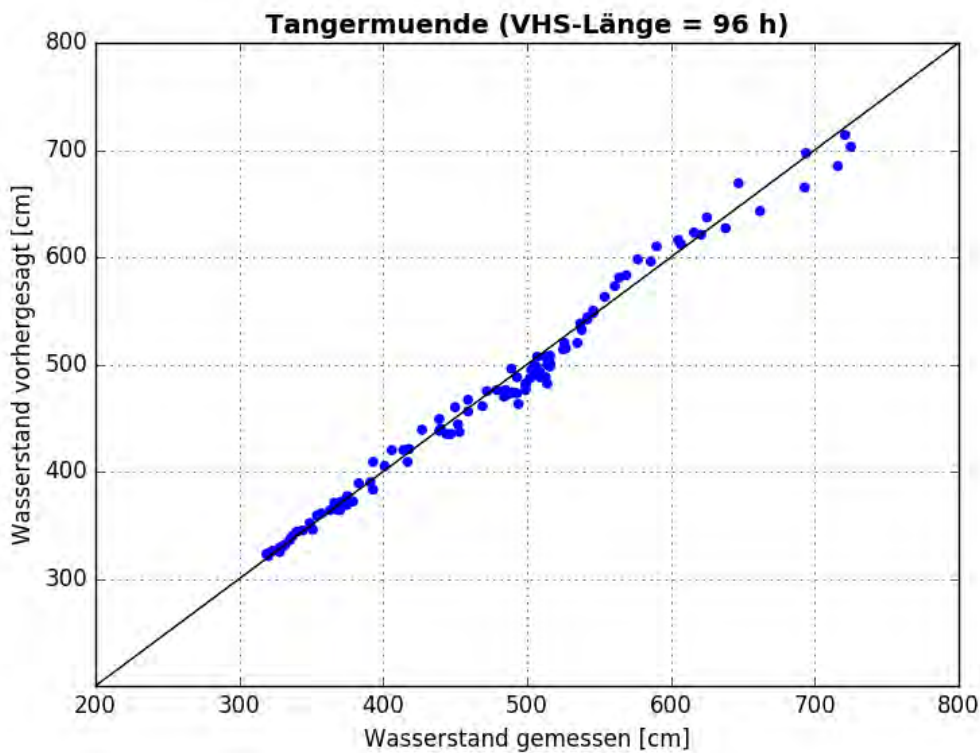


Abbildung C- 268: TANG HW2011, Scatterplot – VHS-Länge 96 h (VHS)

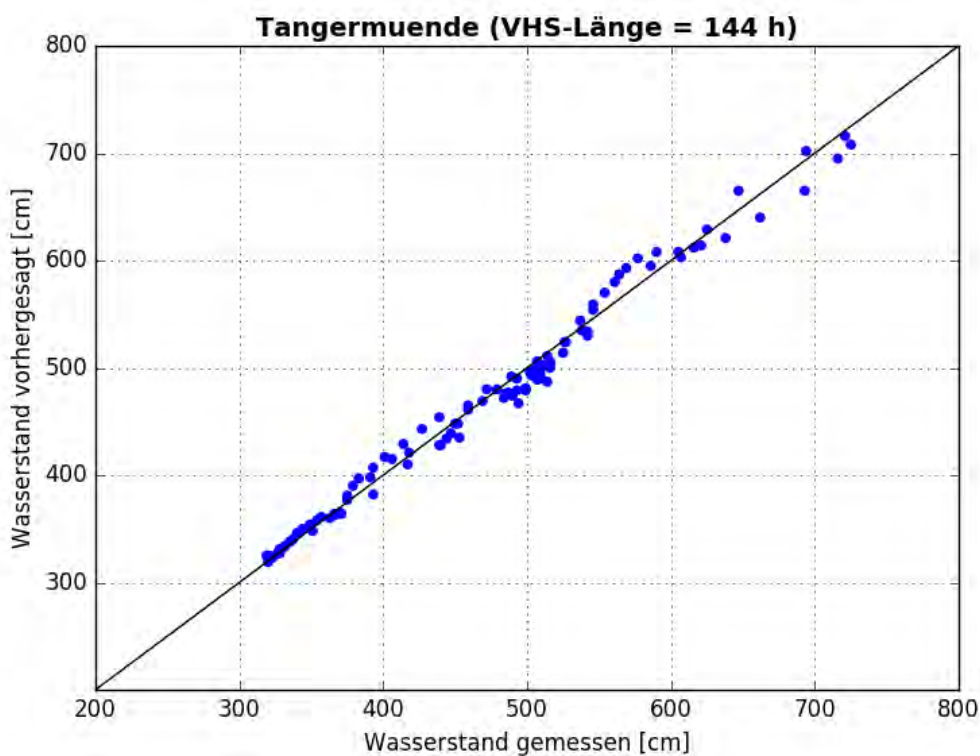


Abbildung C- 269: TANG HW2011, Scatterplot – VHS-Länge 144 h (Absch.)



Abbildung C- 270: TANG HW2011, Kontingenztafeln Schwellenwert 593



Abbildung C- 271: TANG HW2011, Kontingenztafeln Schwellenwert 700

Hochwasser April – Mai 2013

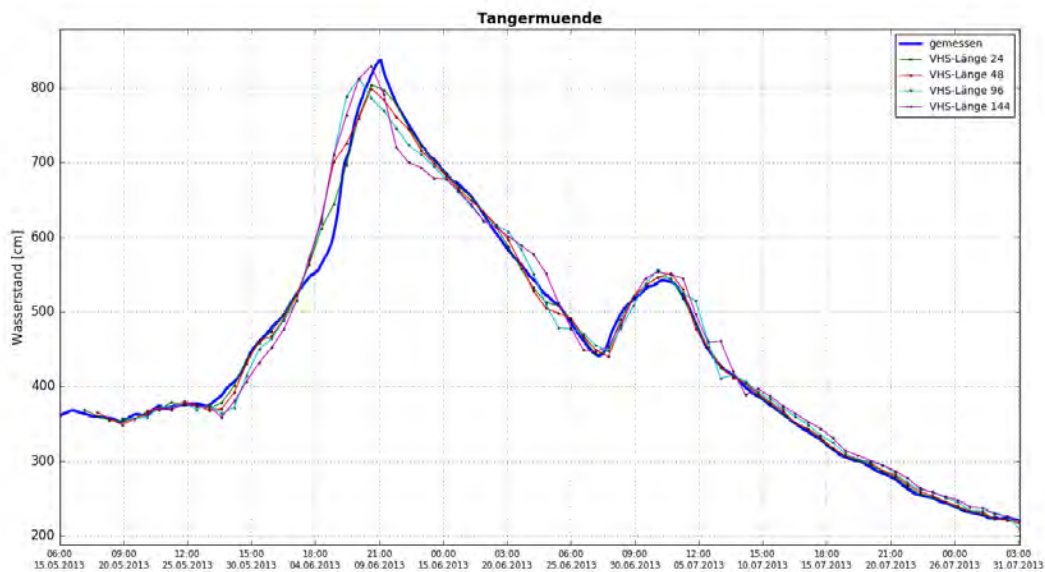


Abbildung C- 272: TANG HW2013, Ganglinien-Vergleich

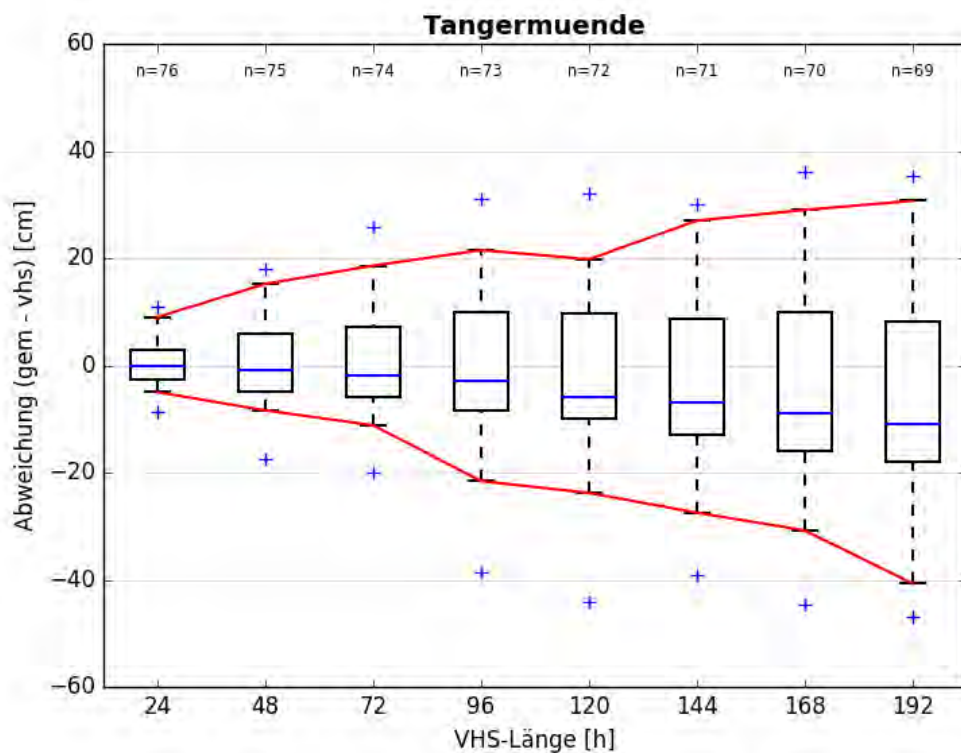


Abbildung C- 273: TANG HW2013, Boxplot

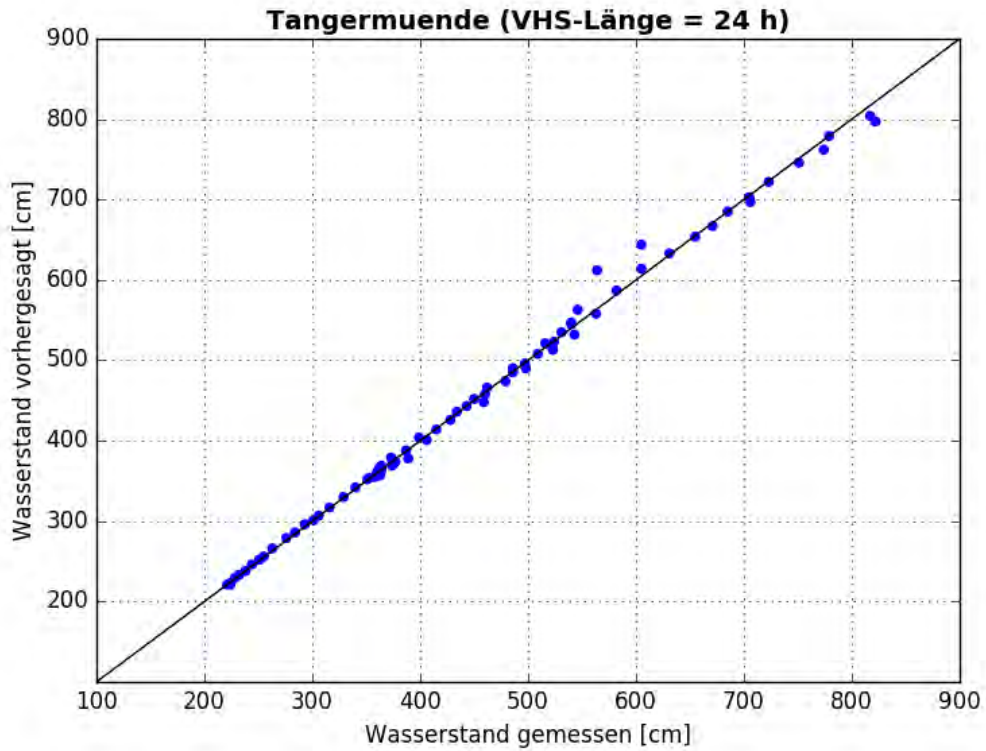


Abbildung C- 274: TANG HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 24 h (VHS)

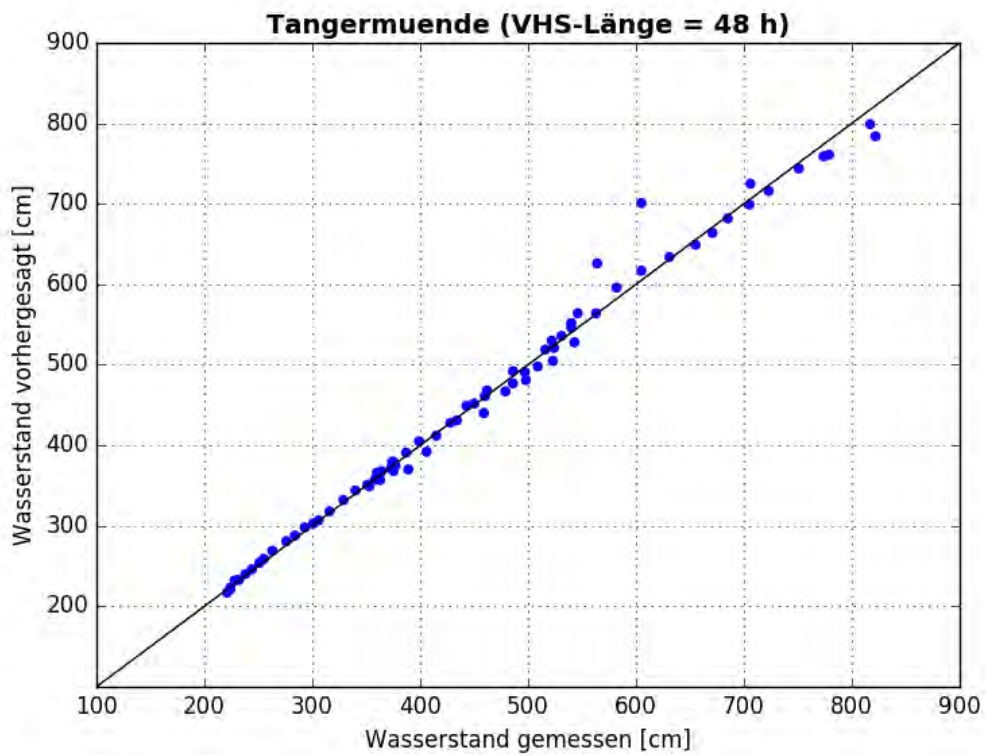


Abbildung C- 275: TANG HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 48 h (VHS)

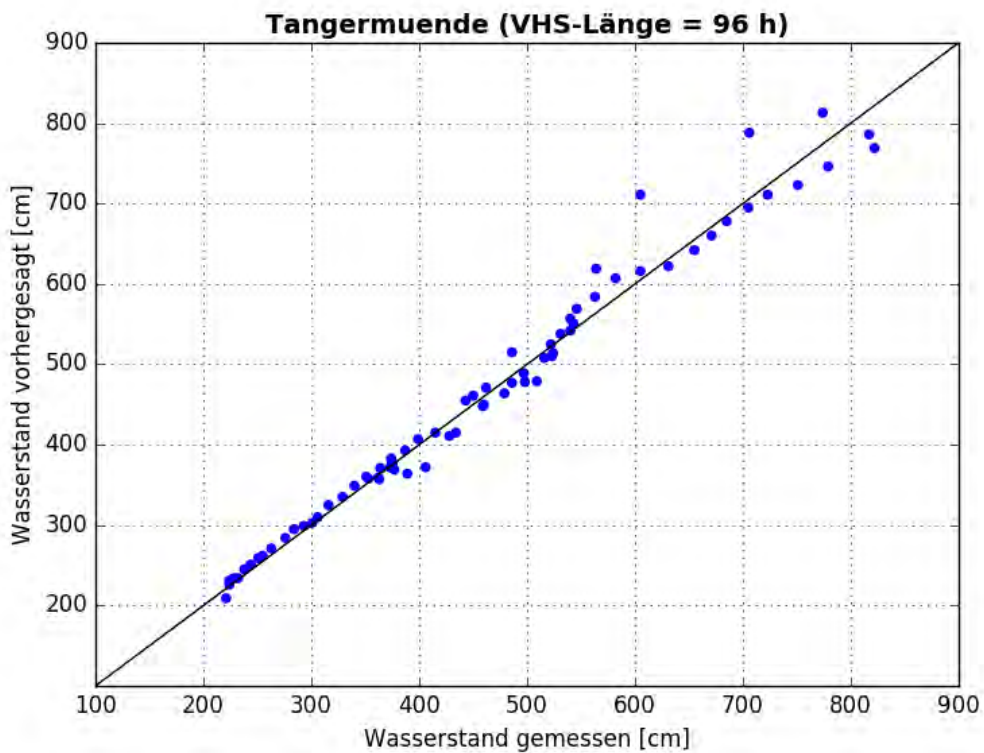


Abbildung C- 276: TANG HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 96 h (VHS)

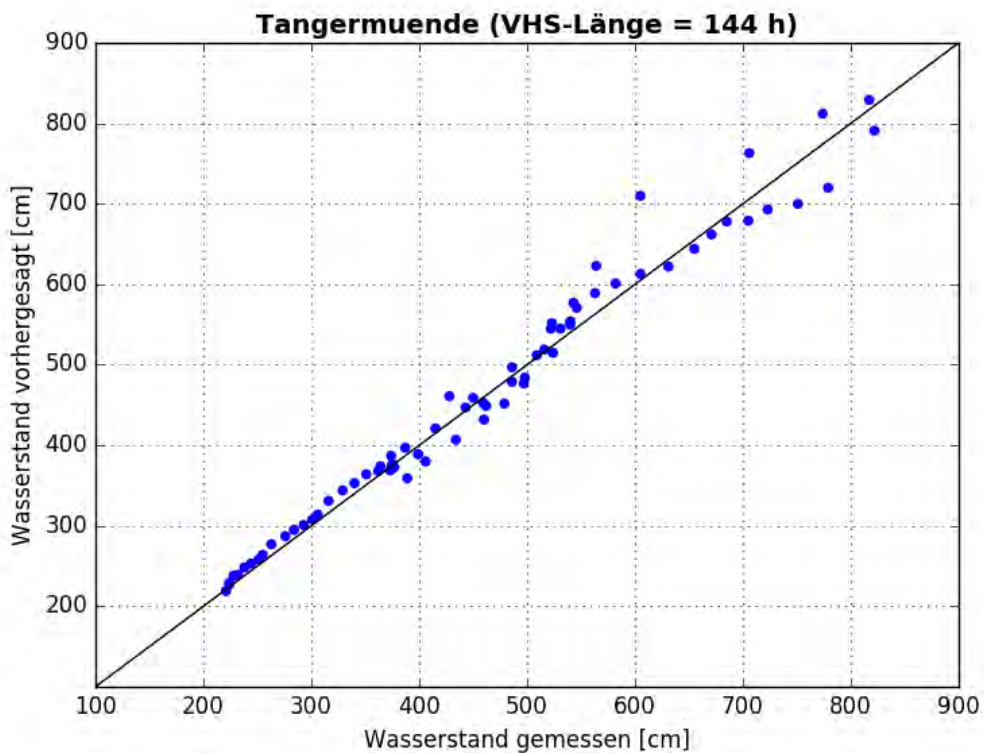


Abbildung C- 277: TANG HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 144 h (Absch.)

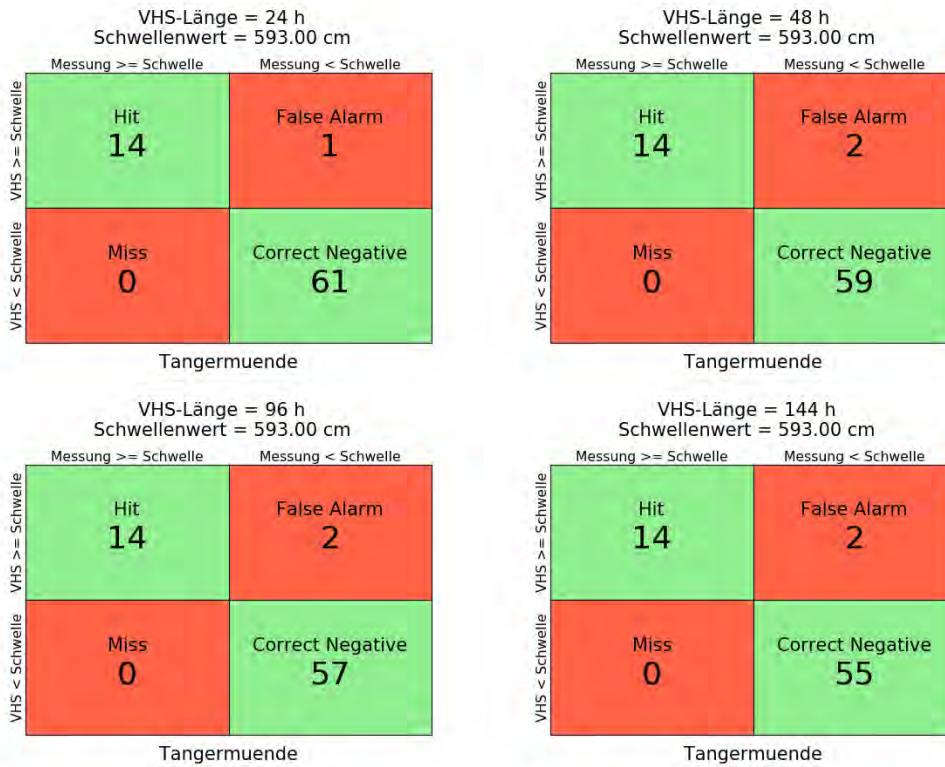


Abbildung C- 278: TANG HW2013, Kontingenztafeln Schwellenwert 593



Abbildung C- 279: TANG HW2013, Kontingenztafeln Schwellenwert 700

Anlage C-14: Pegel Sandau, Elbe-km 416,06

Hochwasser März – April 2006

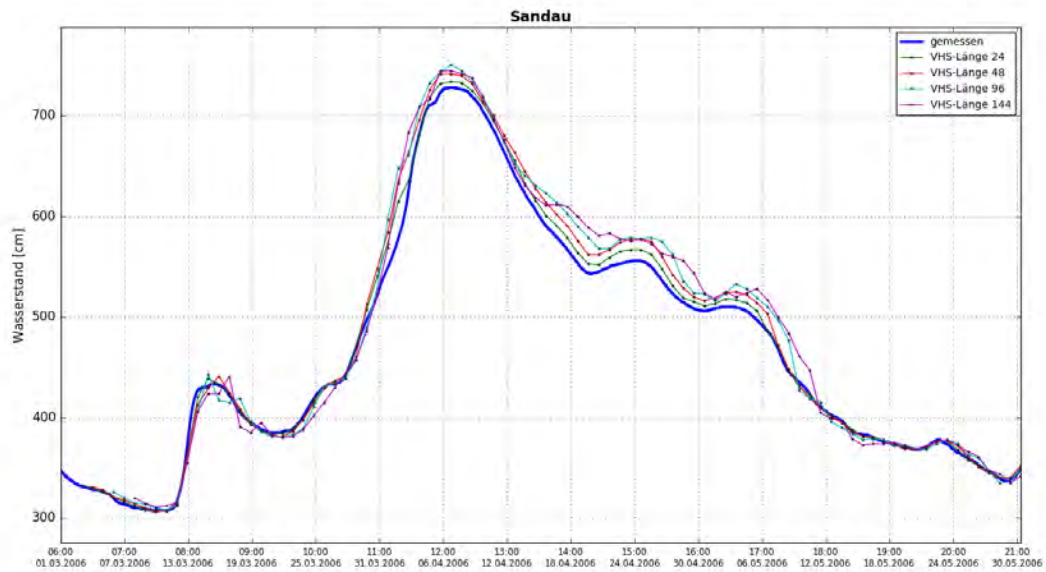


Abbildung C- 280: SAND HW2006, Ganglinien-Vergleich

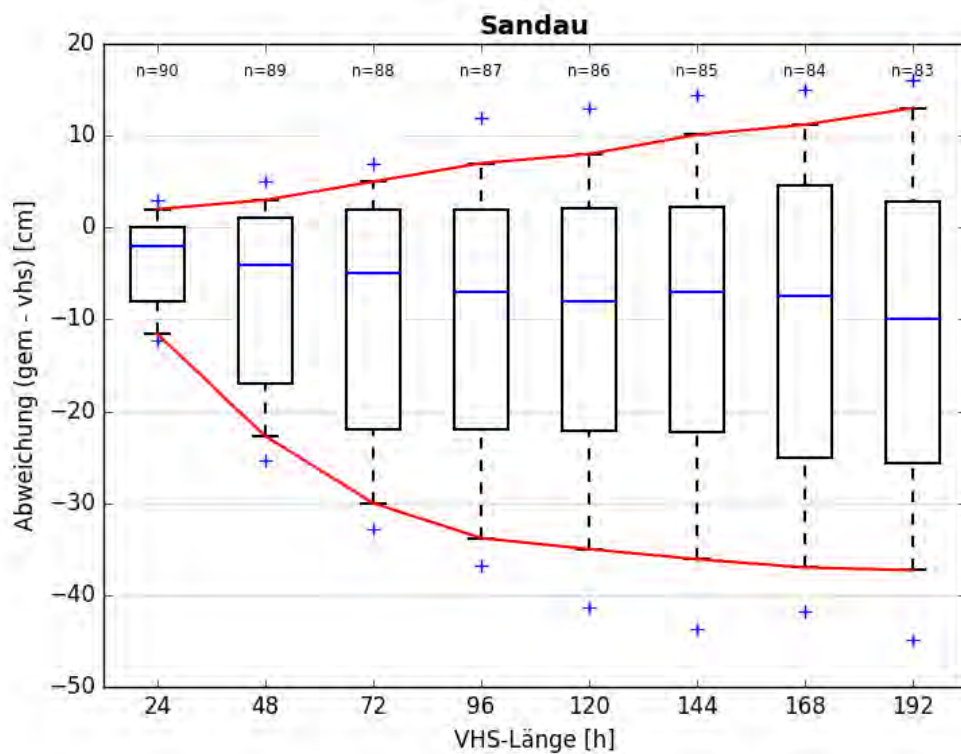


Abbildung C- 281: SAND HW2006, Boxplot

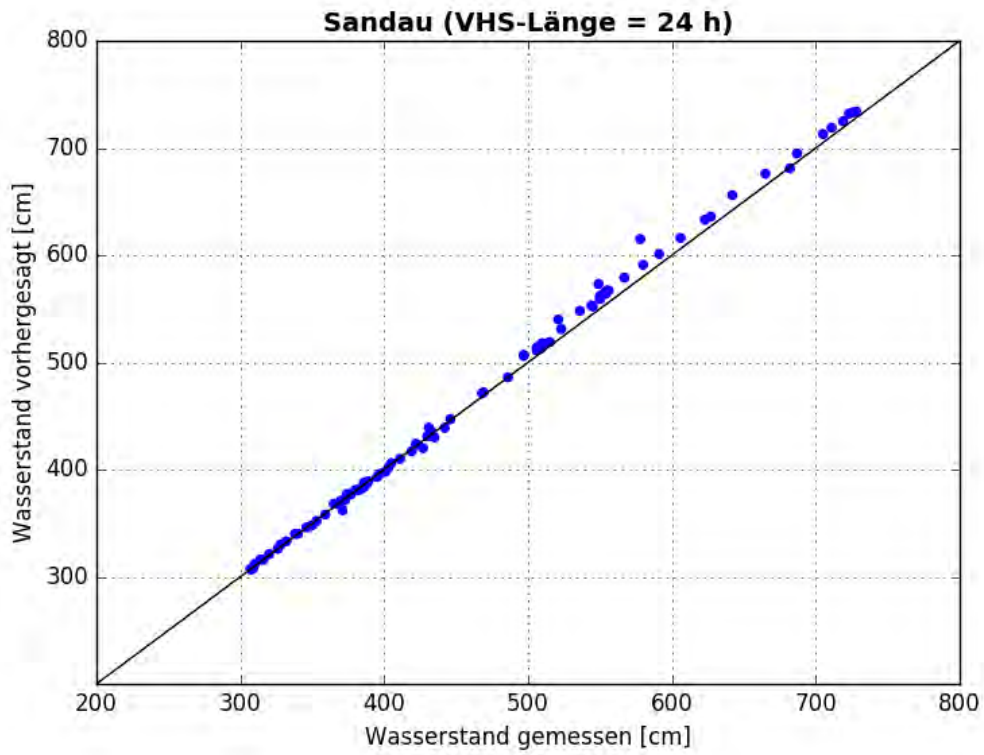


Abbildung C- 282: SAND HW2006, Scatterplot – VHS-Länge 24 h (VHS)

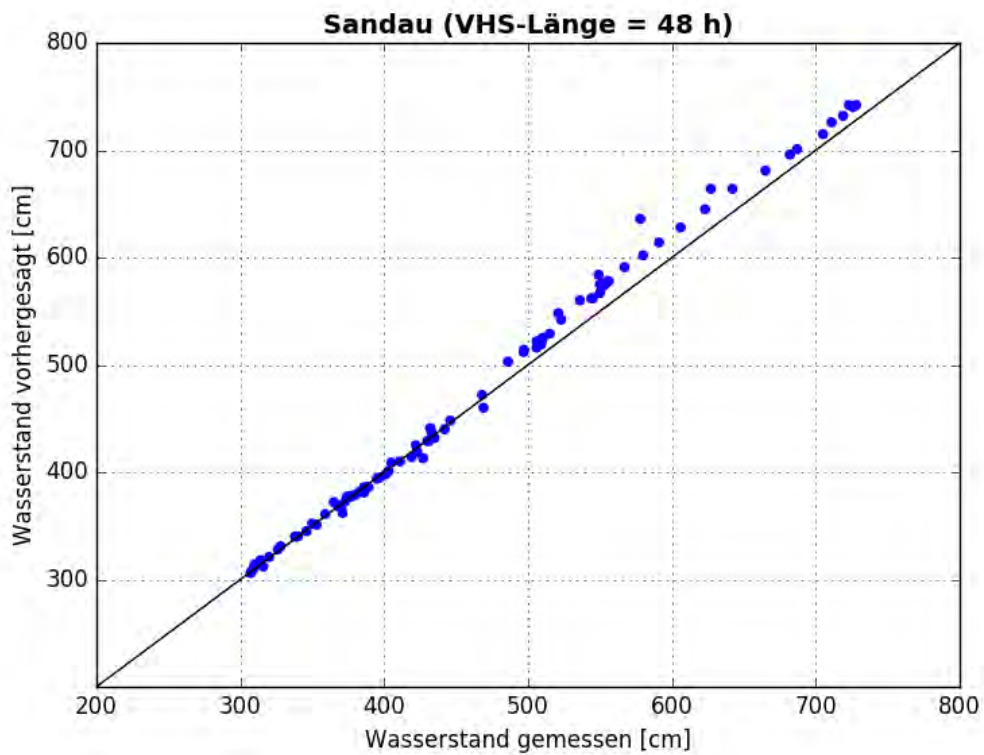


Abbildung C- 283: SAND HW2006, Scatterplot – VHS-Länge 48 h (VHS)

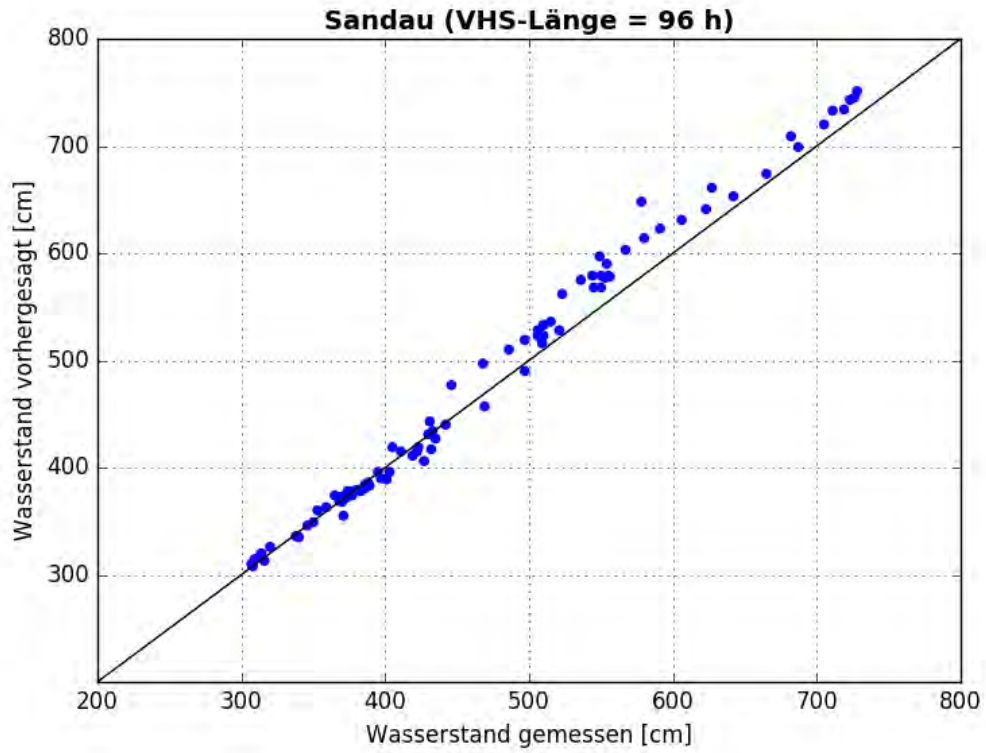


Abbildung C- 284: SAND HW2006, Scatterplot – VHS-Länge 96 h (VHS)

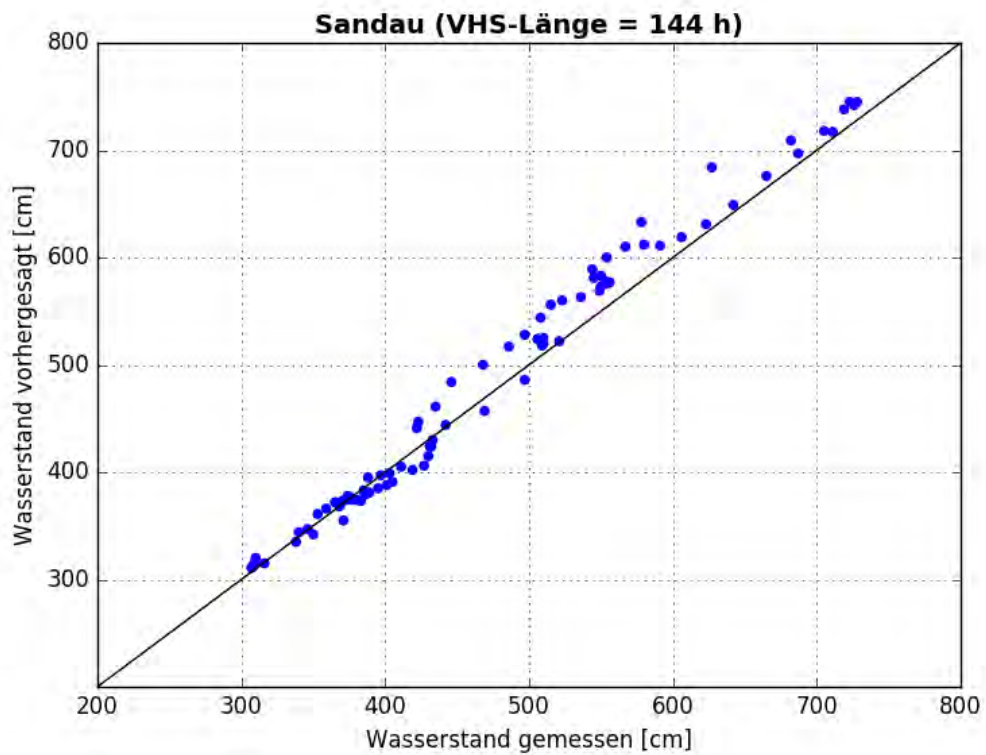


Abbildung C- 285: SAND HW2006, Scatterplot – VHS-Länge 144 h (Absch.)

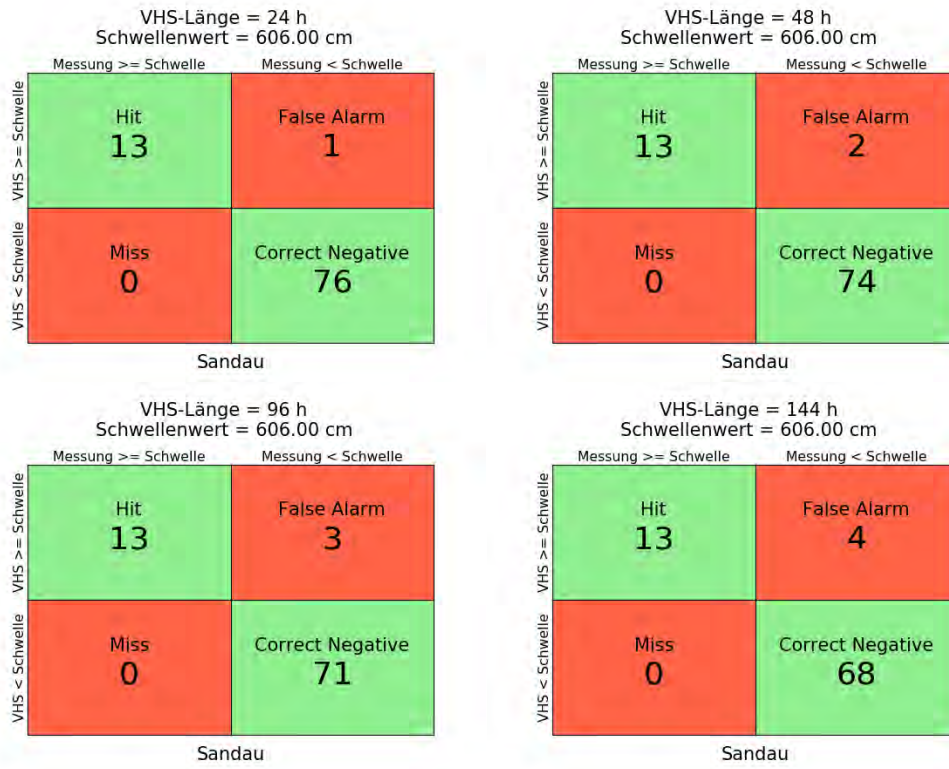


Abbildung C- 286: SAND HW2006, Kontingenztafeln Schwellenwert 606

Hochwasser Januar – Februar 2011

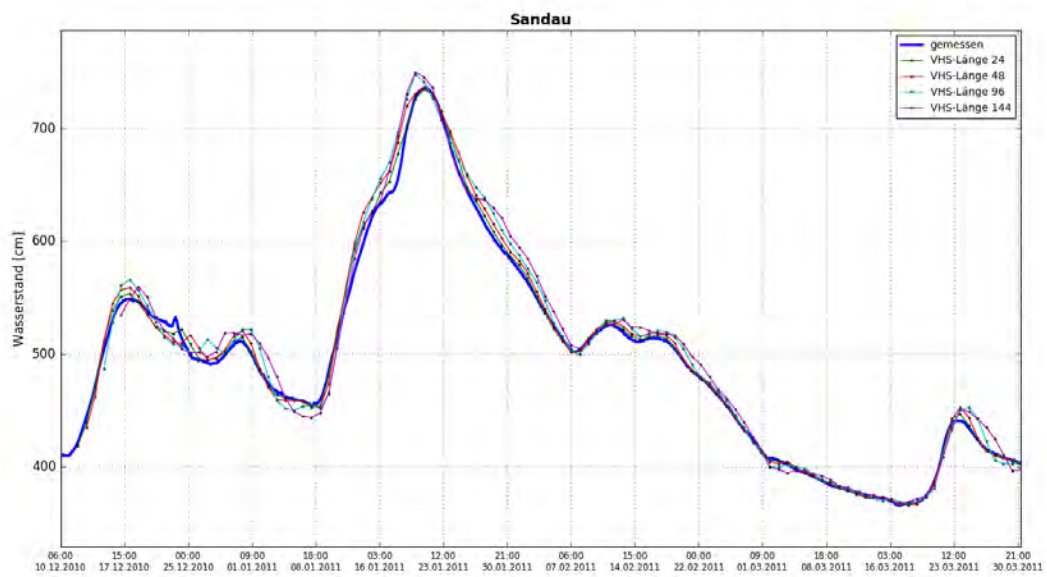


Abbildung C- 287: SAND HW2011, Ganglinien-Vergleich

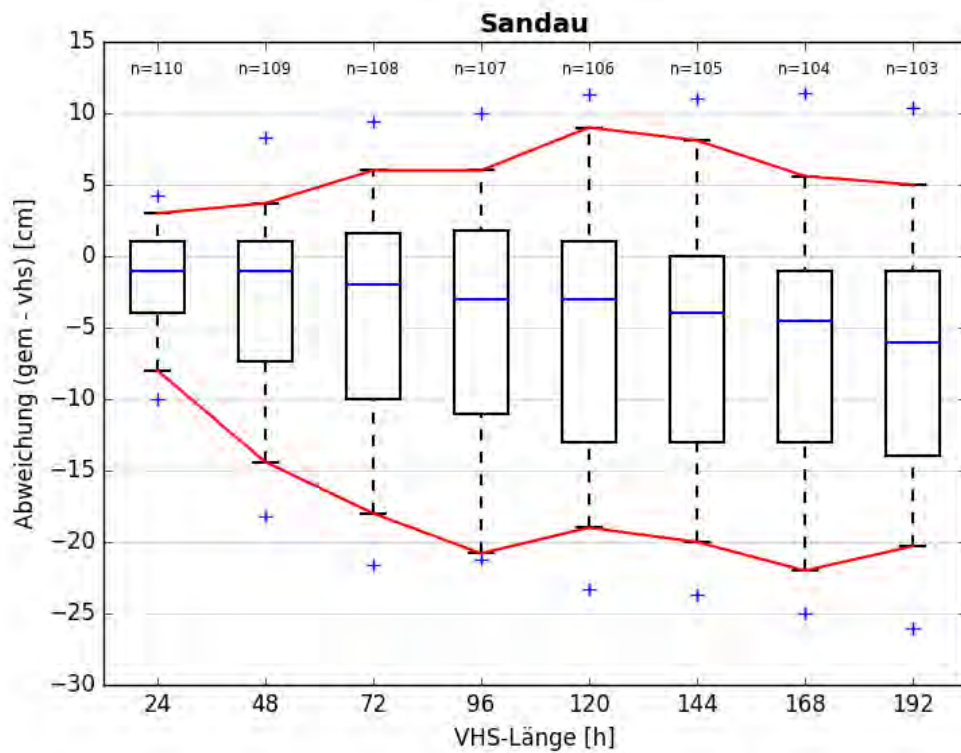


Abbildung C- 288: SAND HW2011, Boxplot

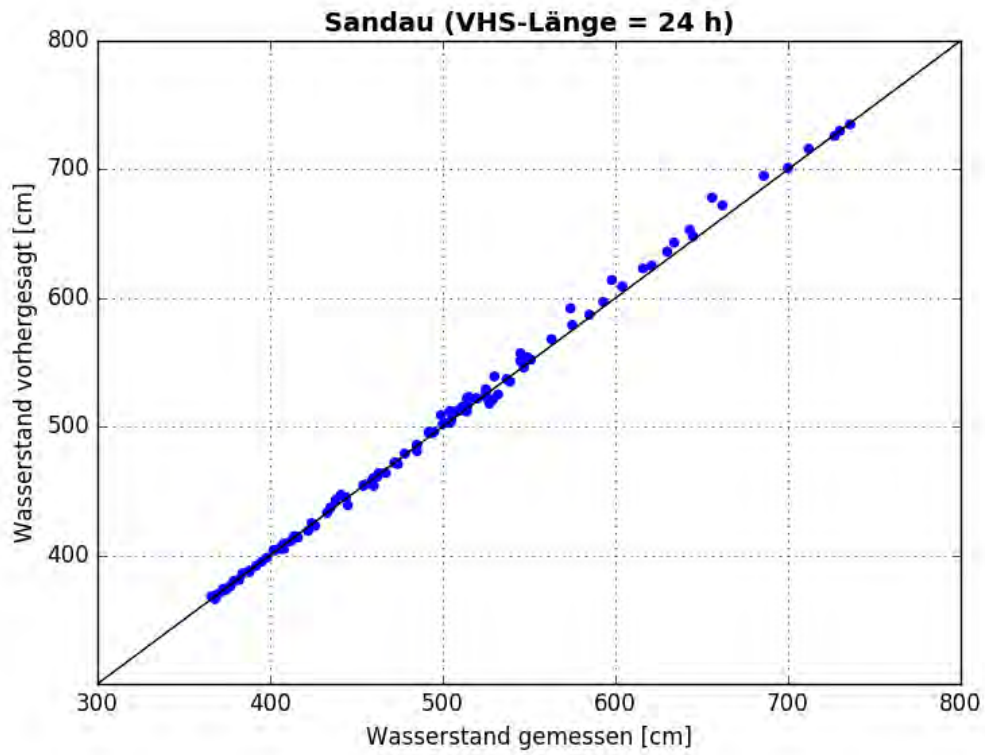


Abbildung C- 289: SAND HW2011, Scatterplot – VHS-Länge 24 h (VHS)

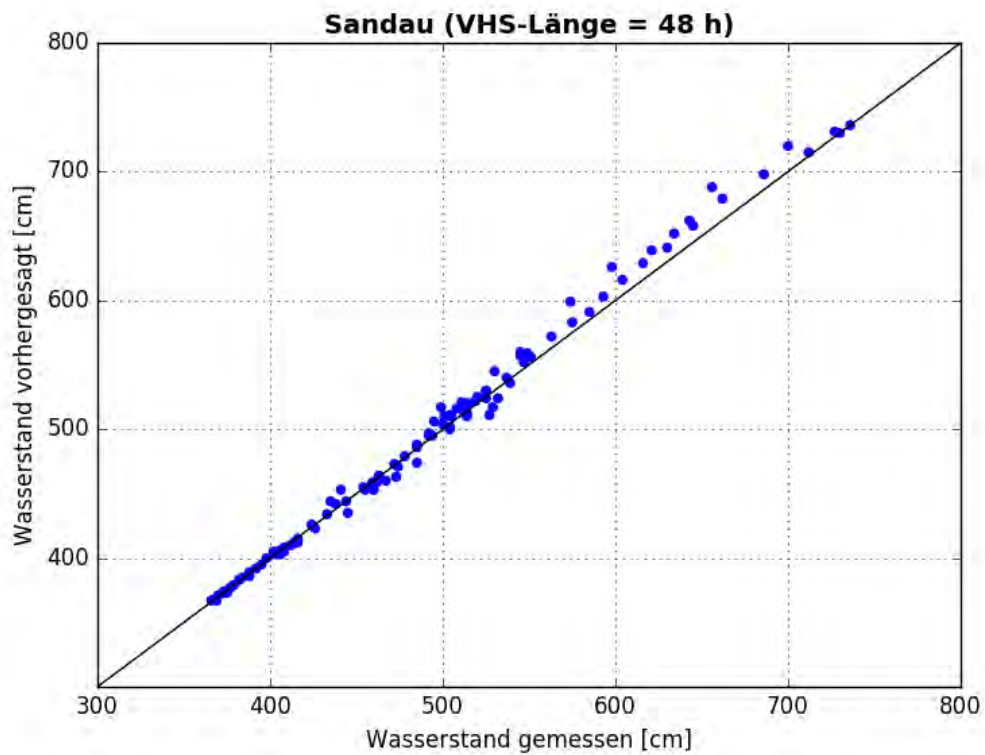


Abbildung C- 290: SAND HW2011, Scatterplot – VHS-Länge 48 h (VHS)

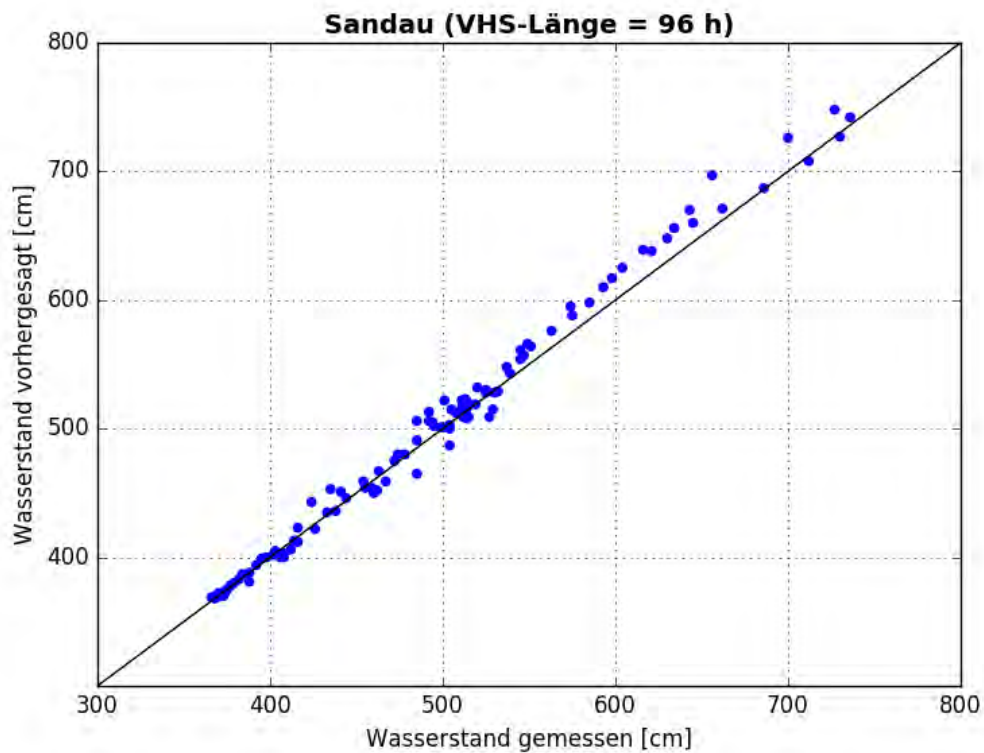


Abbildung C- 291: SAND HW2011, Scatterplot – VHS-Länge 96 h (VHS)

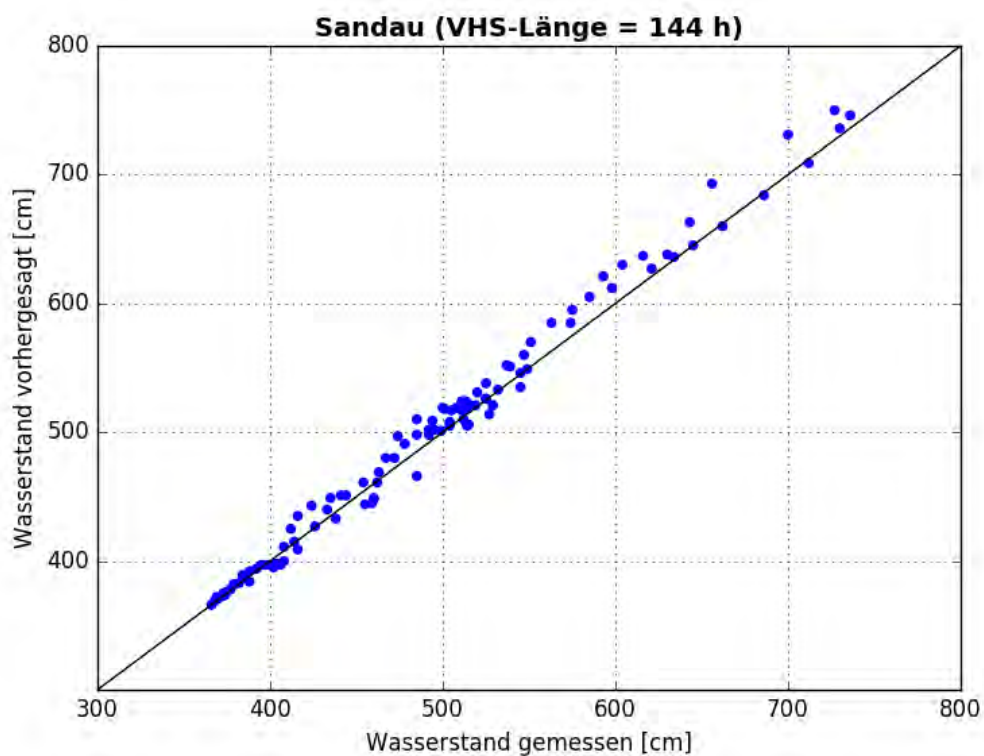


Abbildung C- 292: SAND HW2011, Scatterplot – VHS-Länge 144 h (Absch.)

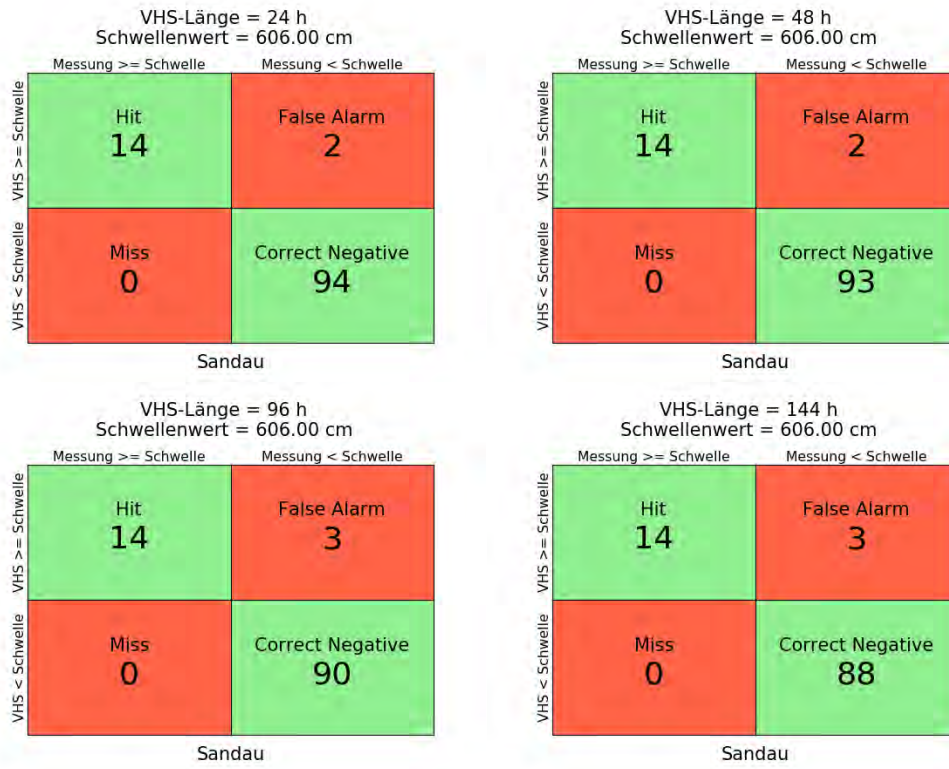


Abbildung C- 293: SAND HW2011, Kontingenztafeln Schwellenwert 606

Hochwasser Mai – Juni 2013

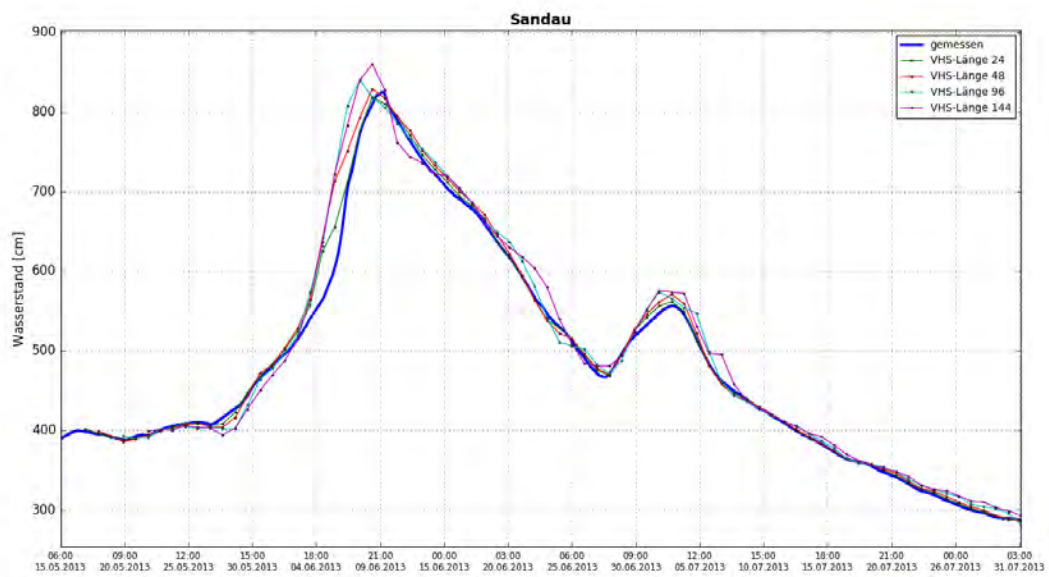


Abbildung C- 294: SAND HW2013, Ganglinien-Vergleich

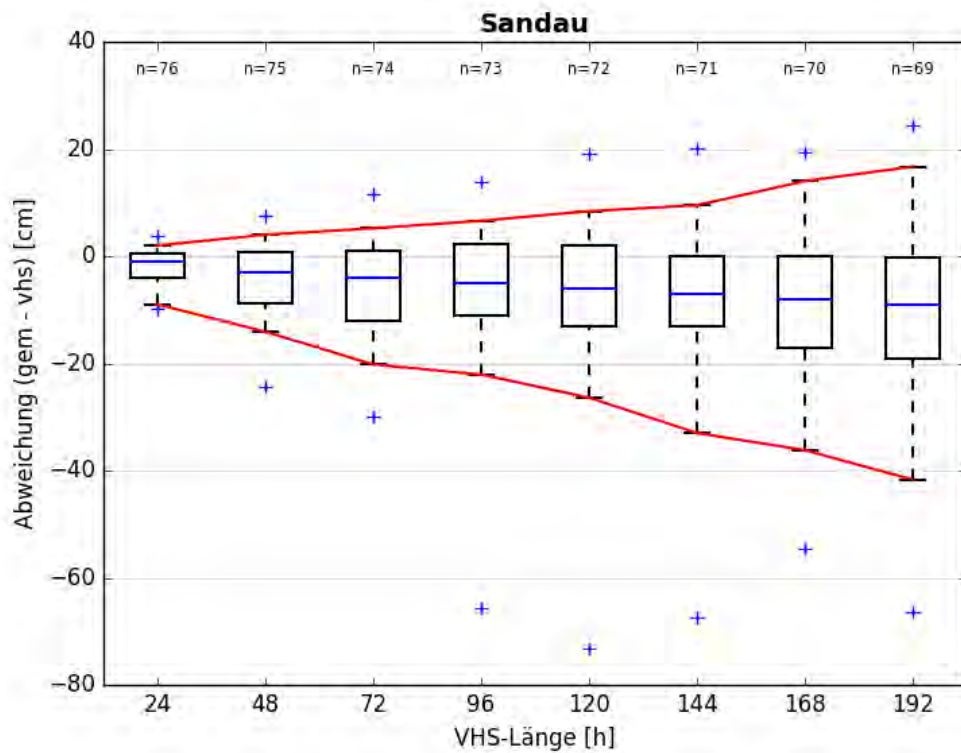


Abbildung C- 295: SAND HW2013, Boxplot

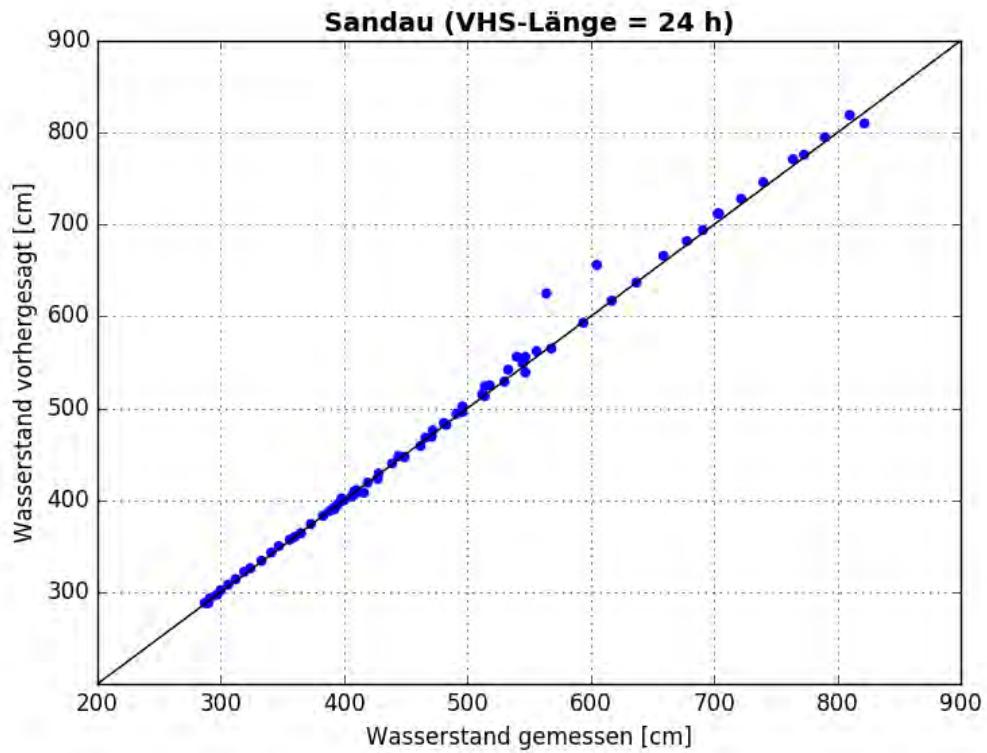


Abbildung C- 296: SAND HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 24 h (VHS)

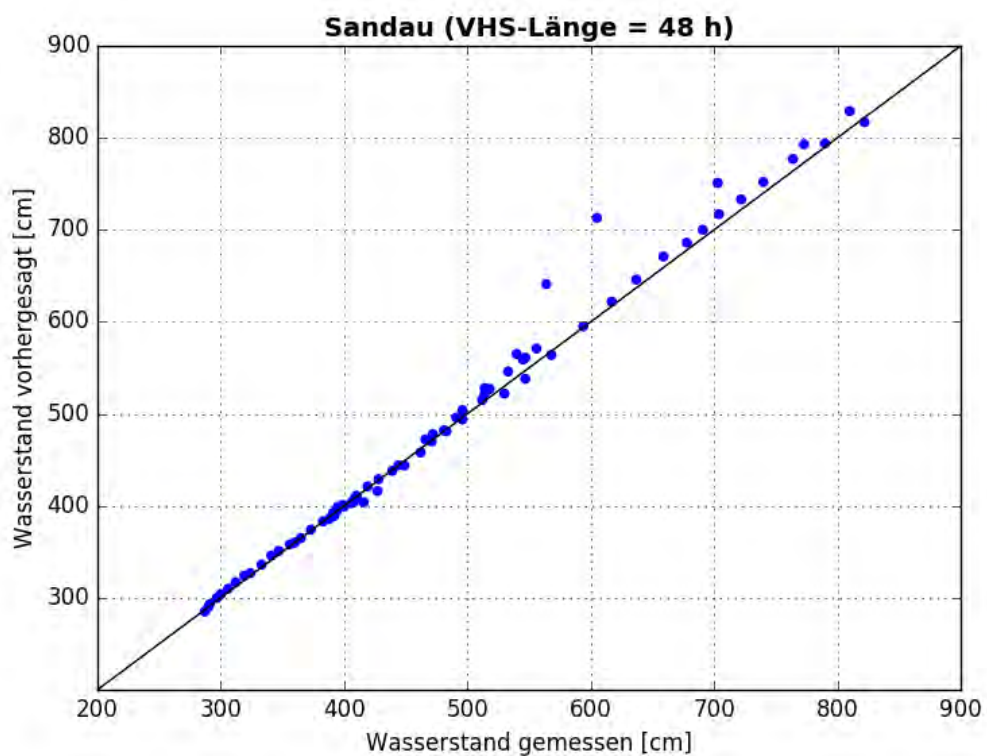


Abbildung C- 297: SAND HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 48 h (VHS)

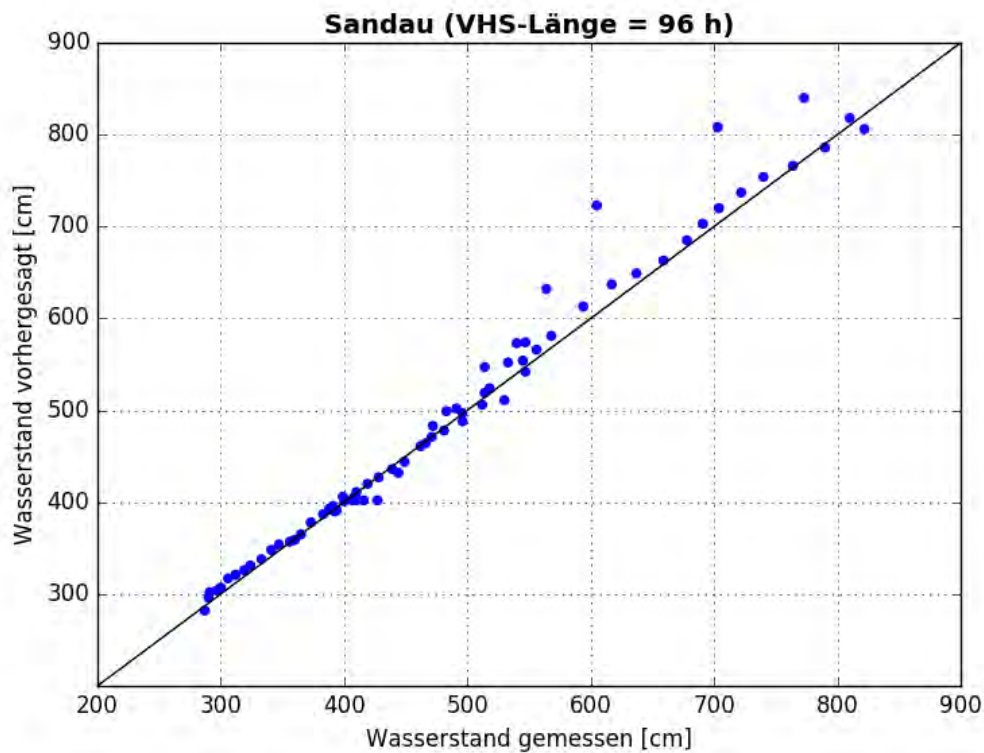


Abbildung C- 298: SAND HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 96 h (VHS)

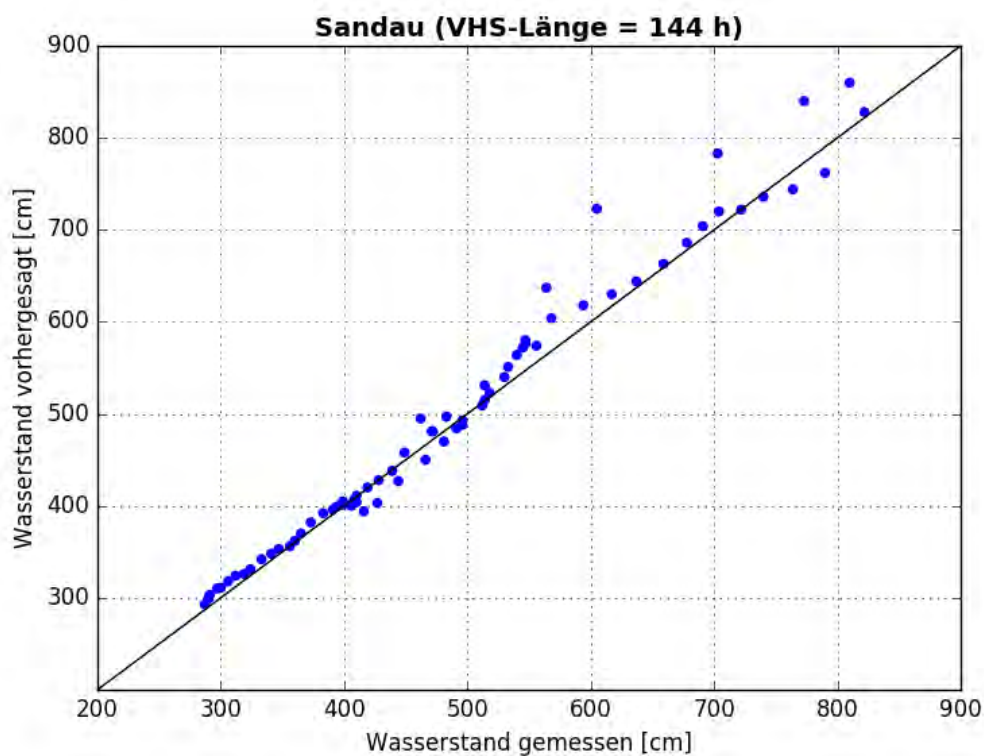


Abbildung C- 299: SAND HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 144 h (Absch.)



Abbildung C- 300: SAND HW2013, Kontingenztafeln Schwellenwert 606

Anlage C-15: Pegel Wittenberge, Elbe-km 453,98

Hochwasser März – April 2006

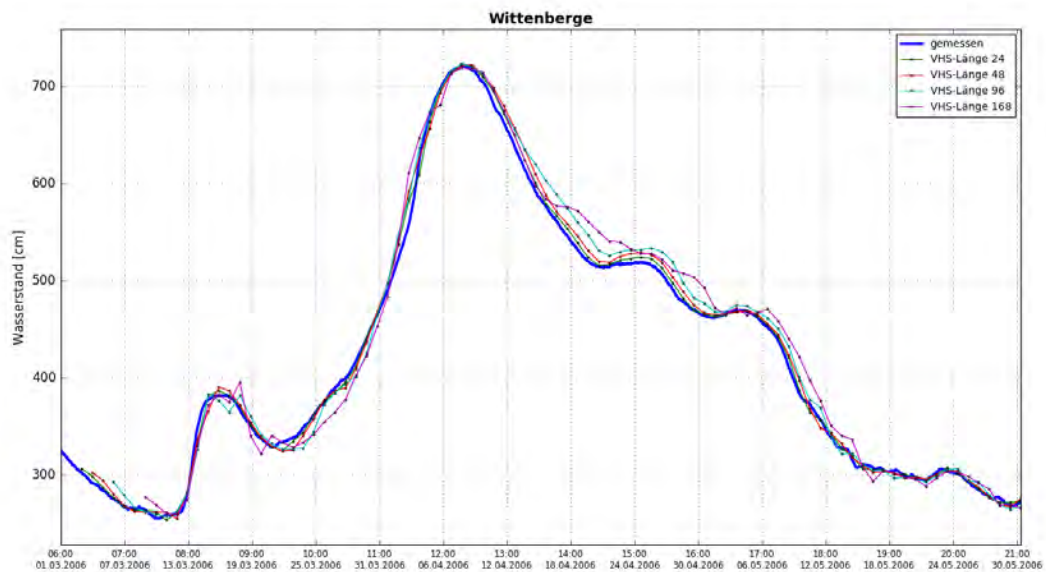


Abbildung C-301: WITE HW2006, Ganglinien-Vergleich

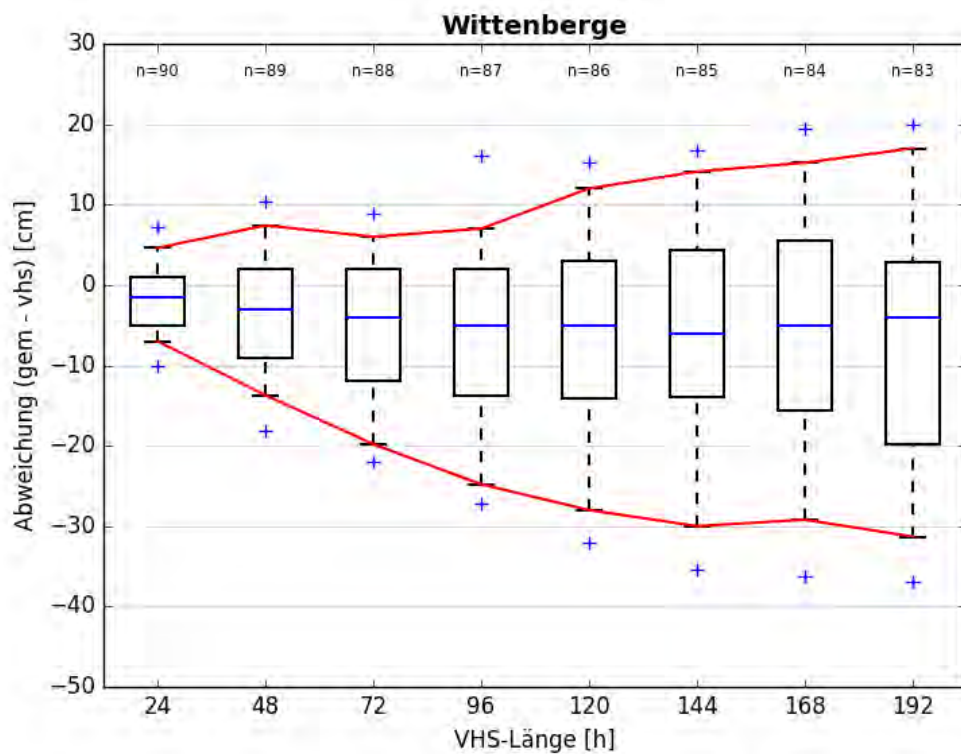


Abbildung C-302: WITE HW2006, Boxplot

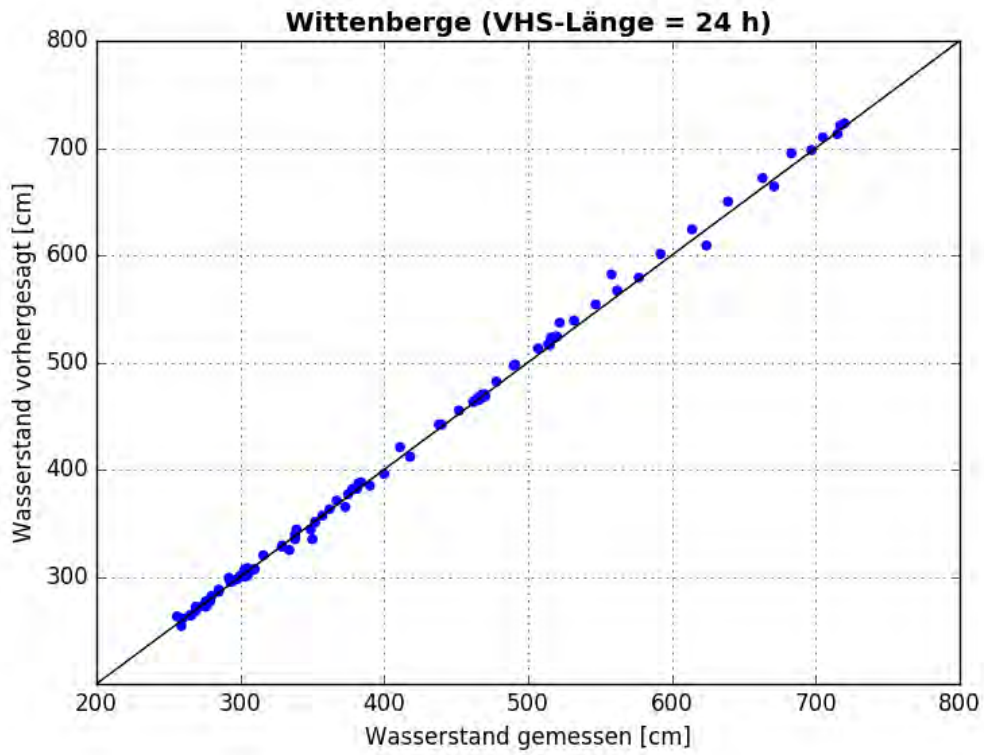


Abbildung C- 303: WITE HW2006, Scatterplot – VHS-Länge 24 h (VHS)

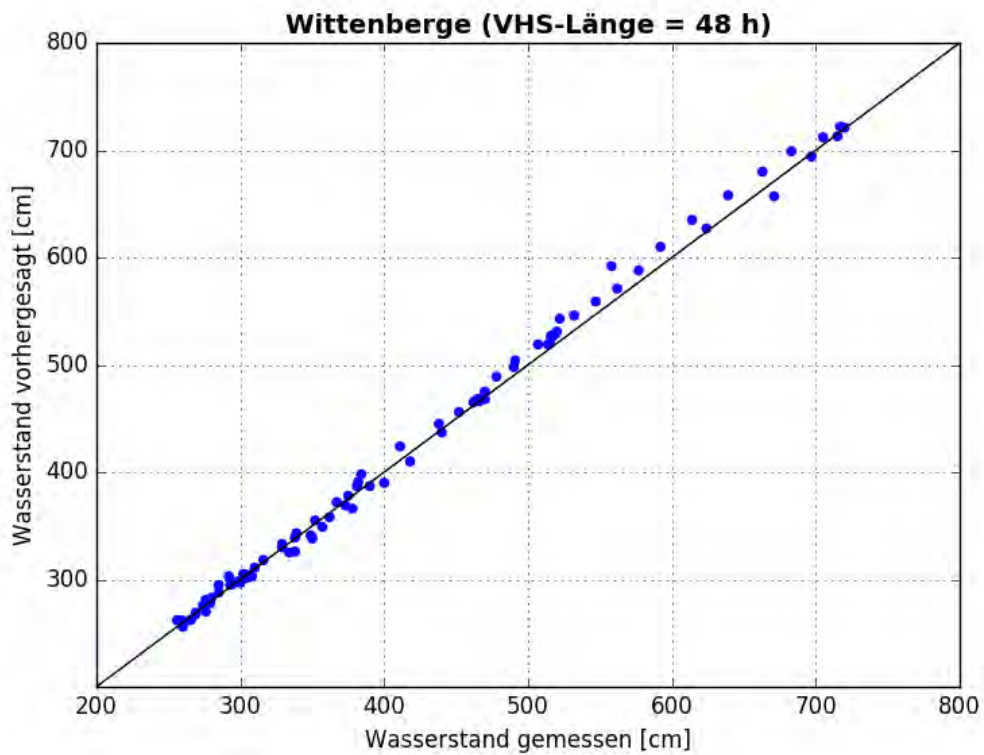


Abbildung C- 304: WITE HW2006, Scatterplot – VHS-Länge 48 h (VHS)

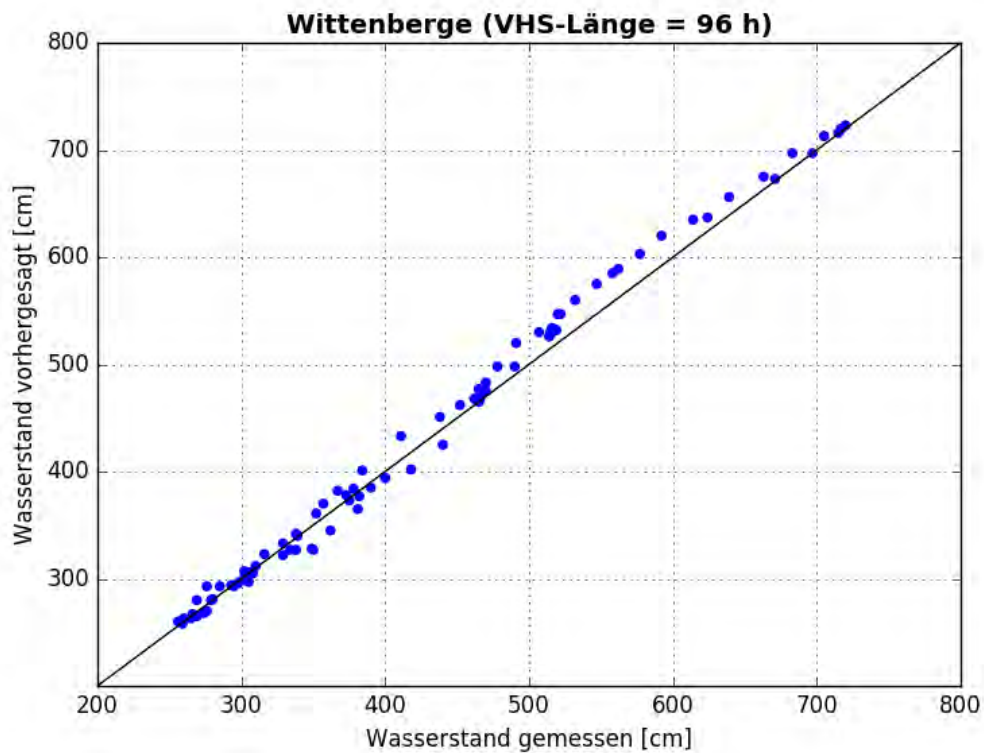


Abbildung C- 305: WITE HW2006, Scatterplot – VHS-Länge 96 h (VHS)

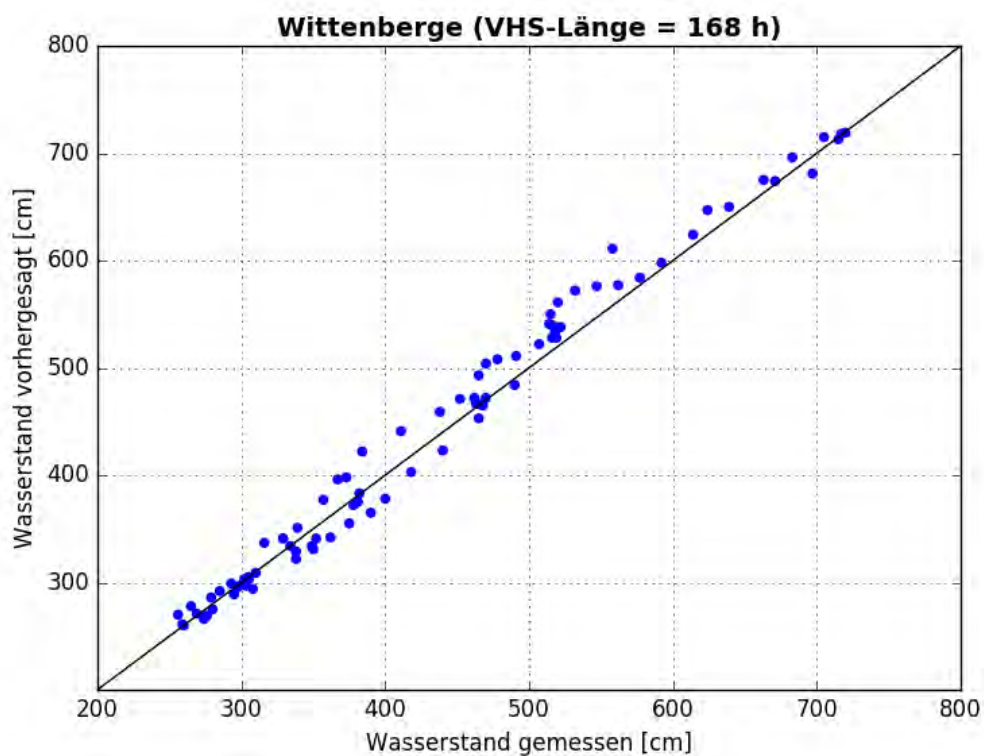


Abbildung C- 306: WITE HW2006, Scatterplot – VHS-Länge 168 h (Absch.)

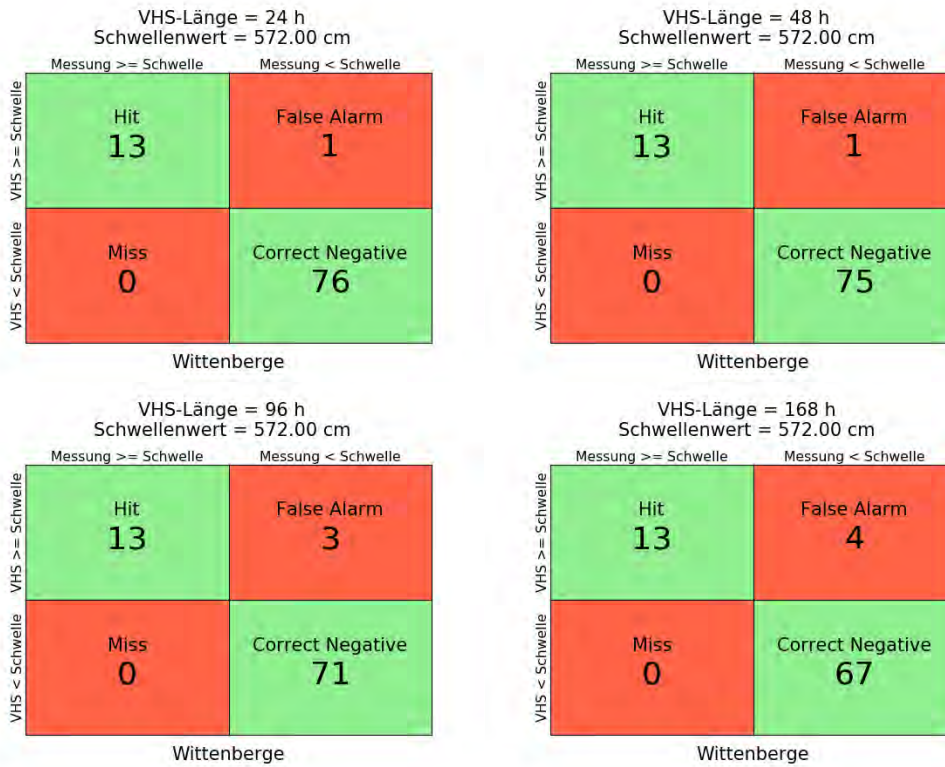


Abbildung C- 307: WITE HW2006, Kontingenztafeln Schwellenwert 572



Abbildung C- 308: WITE HW2006, Kontingenztafeln Schwellenwert 630



Abbildung C-309: WITE HW2006, Kontingenztafeln Schwellenwert 670



Abbildung C-310: WITE HW2006, Kontingenztafeln Schwellenwert 680

Hochwasser Januar - Februar 2011

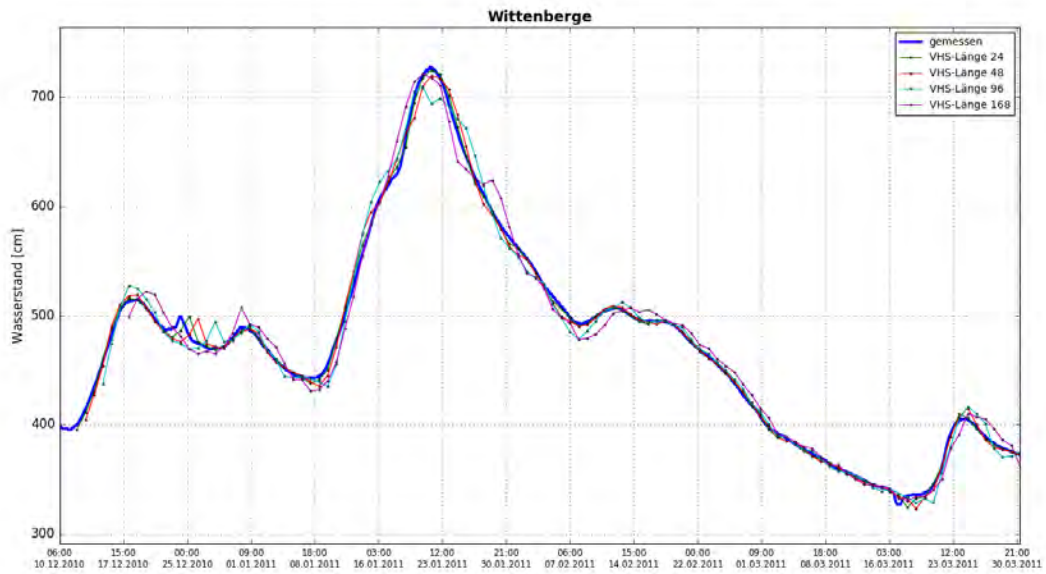


Abbildung C- 311: WITE HW2011, Ganglinien-Vergleich

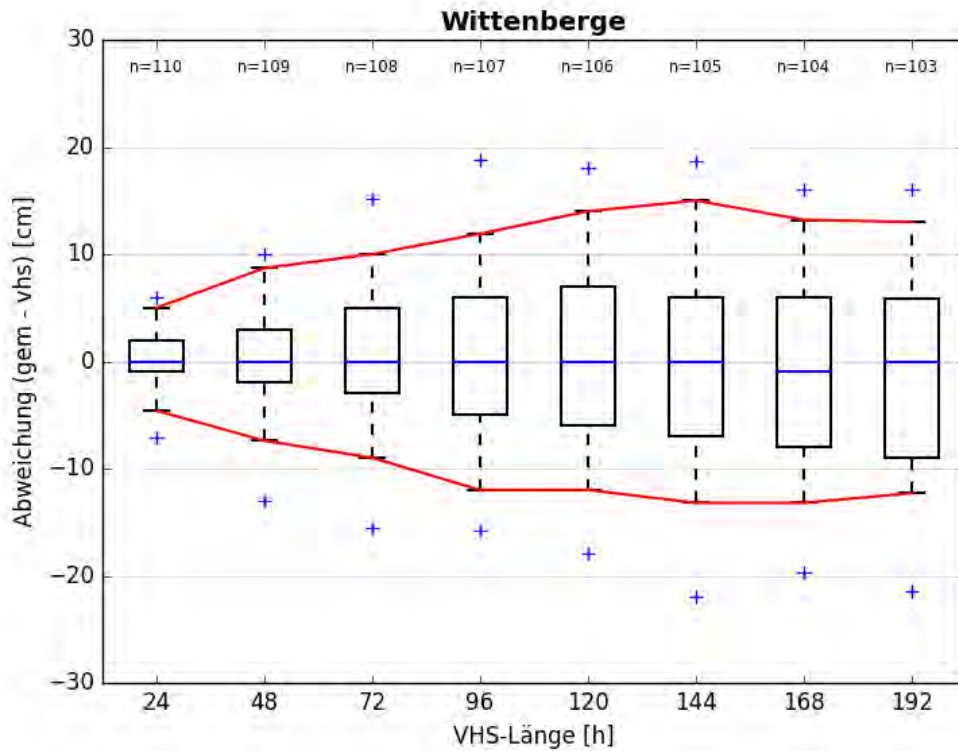


Abbildung C- 312: WITE HW2011, Boxplot

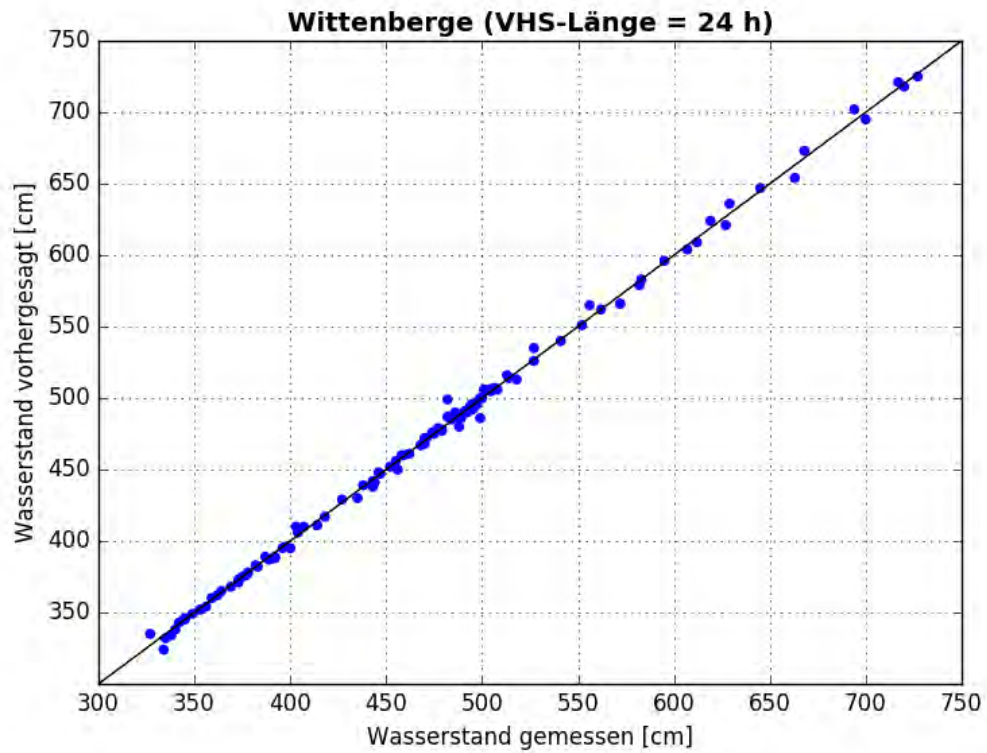


Abbildung C- 313: WITE HW2011, Scatterplot – VHS-Länge 24 h (VHS)

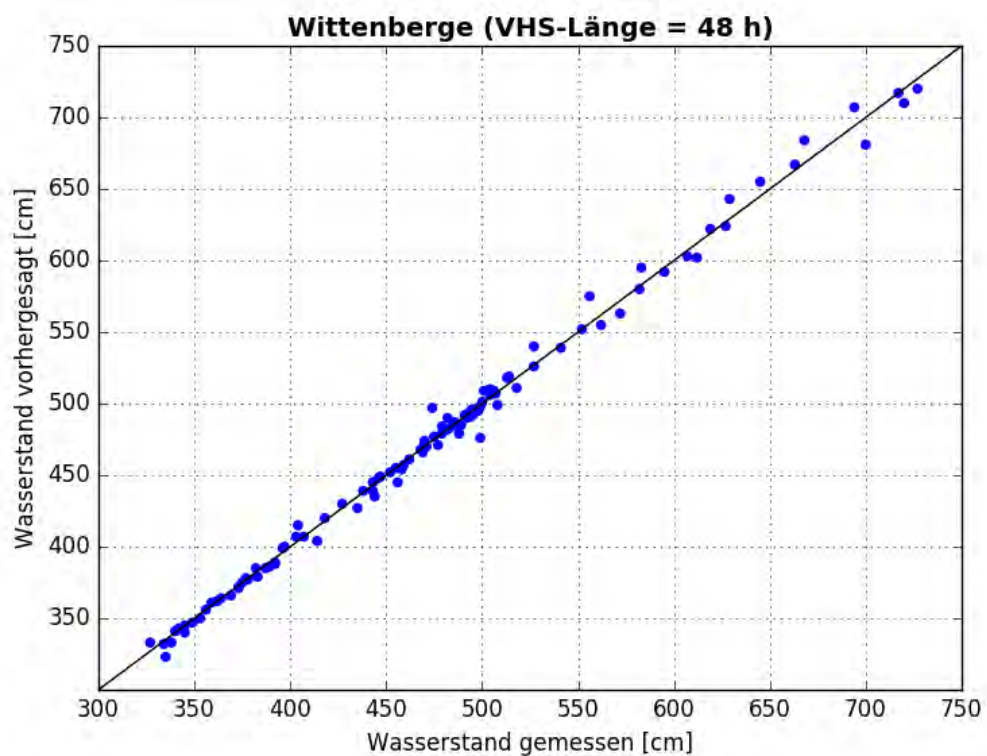


Abbildung C- 314: WITE HW2011, Scatterplot – VHS-Länge 48 h (VHS)

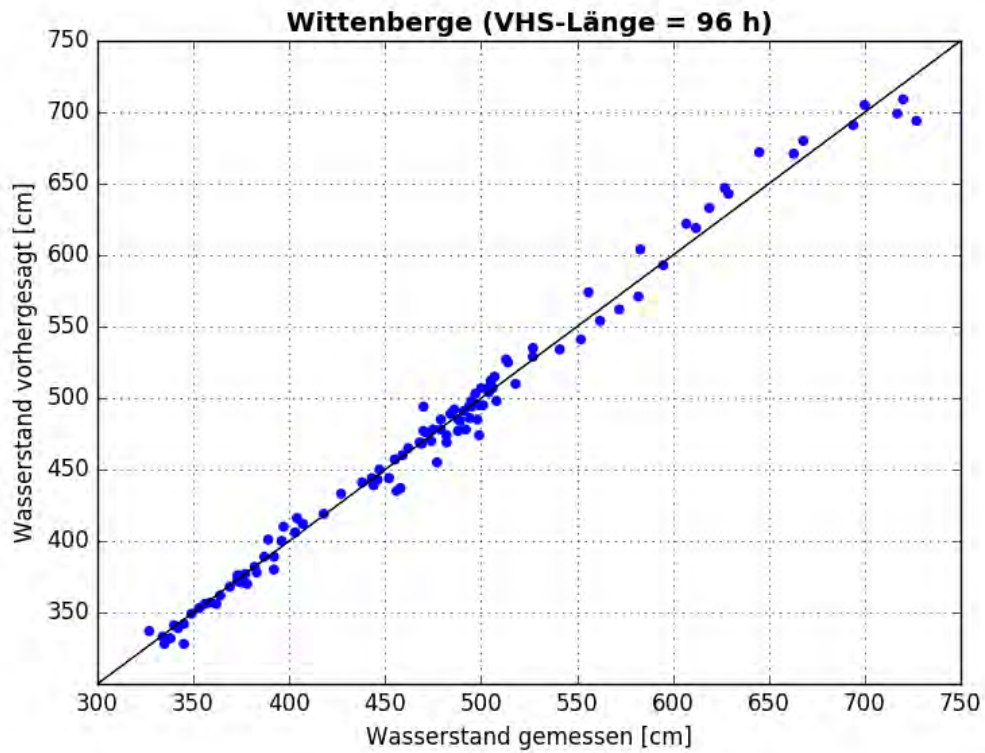


Abbildung C- 315: WITE HW2011, Scatterplot – VHS-Länge 96 h (VHS)

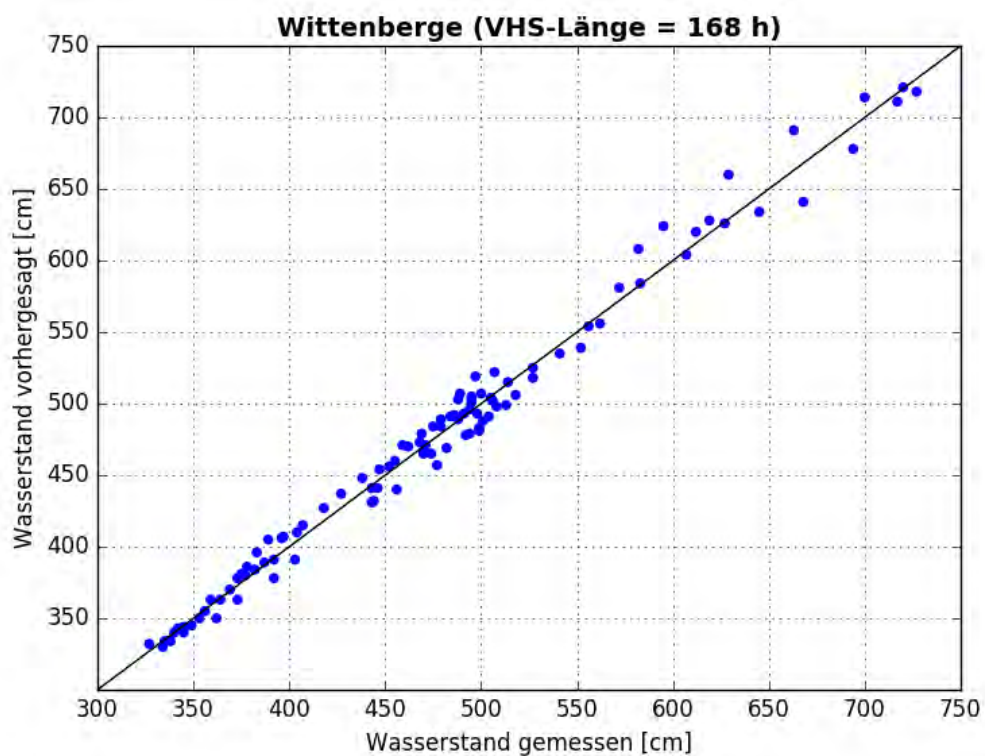


Abbildung C- 316: WITE HW2011, Scatterplot – VHS-Länge 168 h (Absch.)

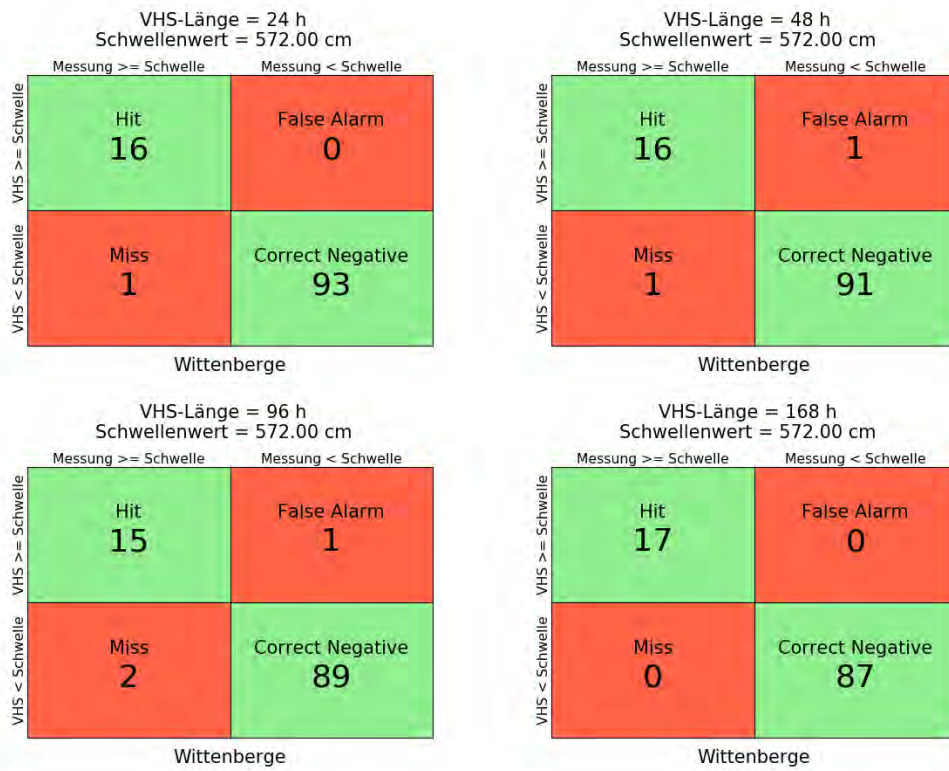


Abbildung C- 317: WITE HW2011, Kontingenztafeln Schwellenwert 572



Abbildung C- 318: WITE HW2011, Kontingenztafeln Schwellenwert 630

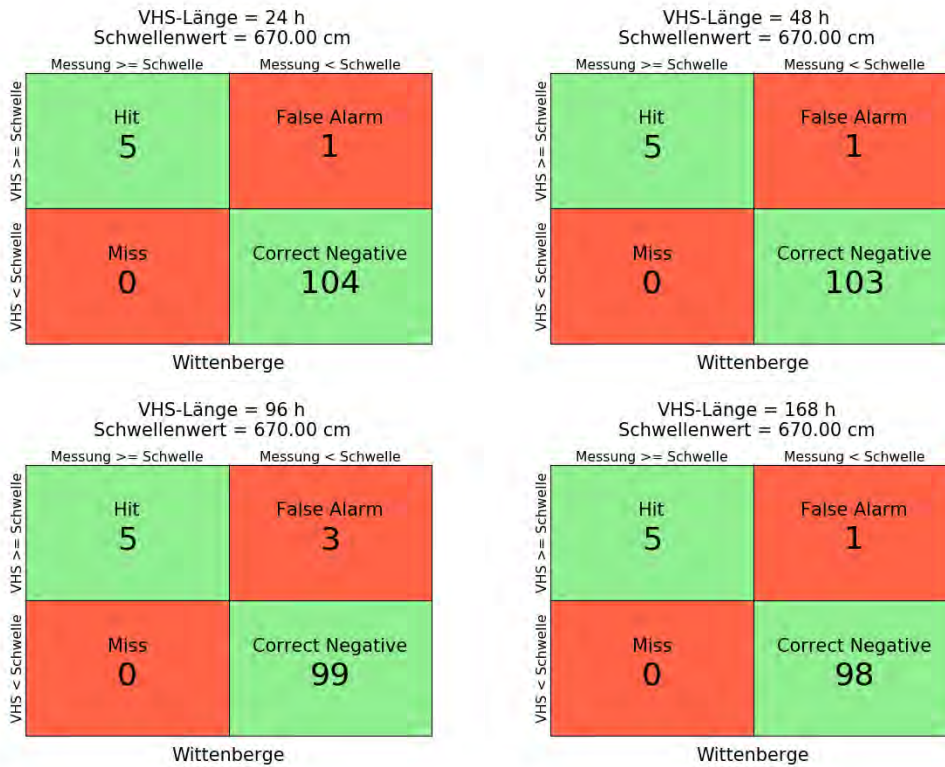


Abbildung C- 319: WITE HW2011, Kontingenztafeln Schwellenwert 670



Abbildung C- 320: WITE HW2011, Kontingenztafeln Schwellenwert 680

Hochwasser Mai – Juni 2013

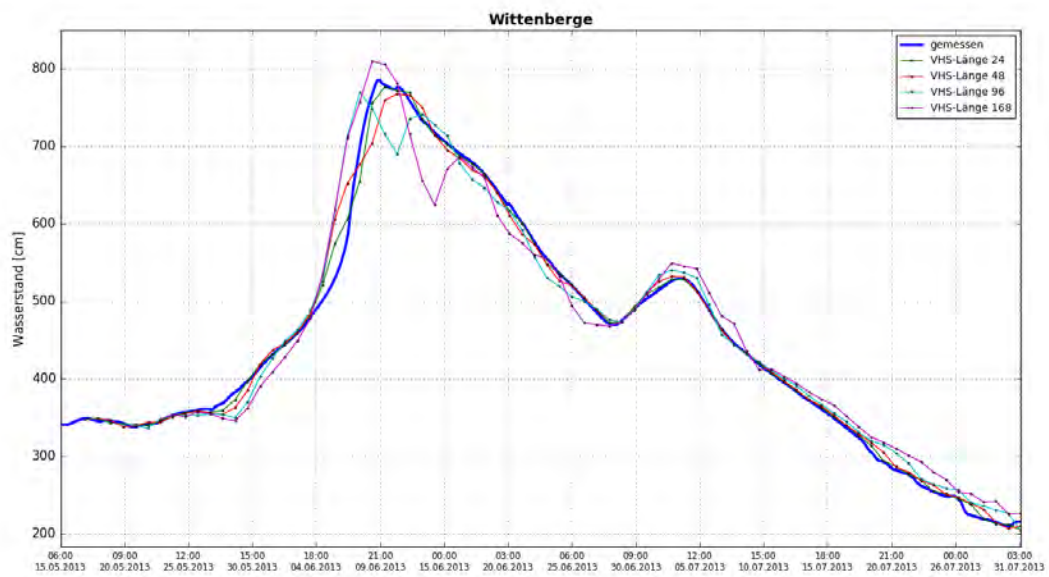


Abbildung C- 321: WITE HW2013, Ganglinien-Vergleich

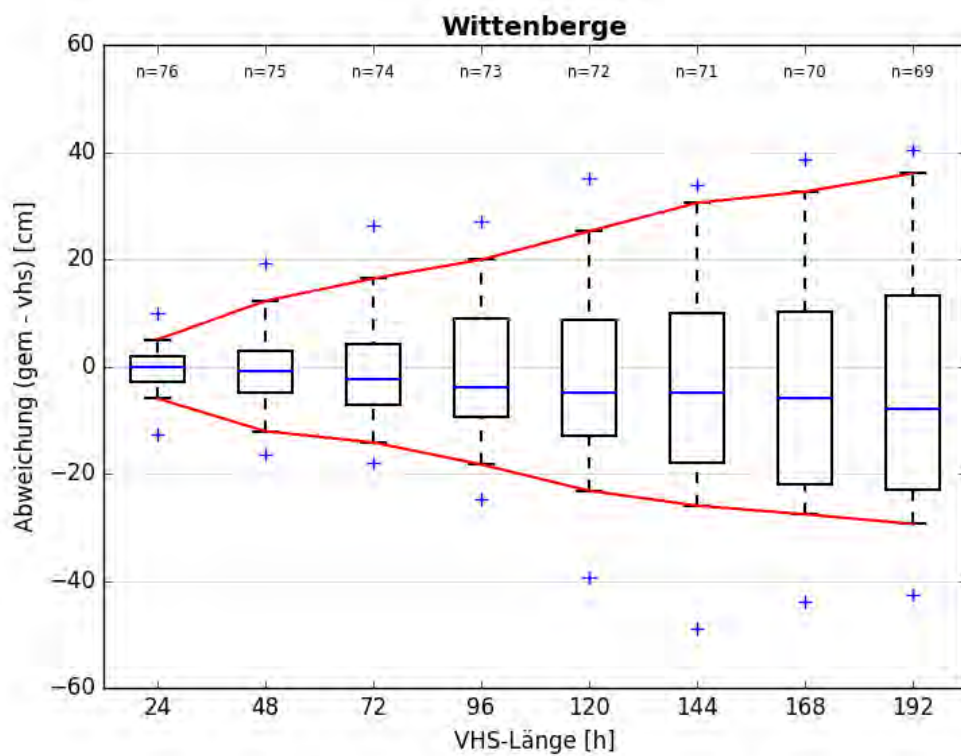


Abbildung C- 322: WITE HW2013, Boxplot

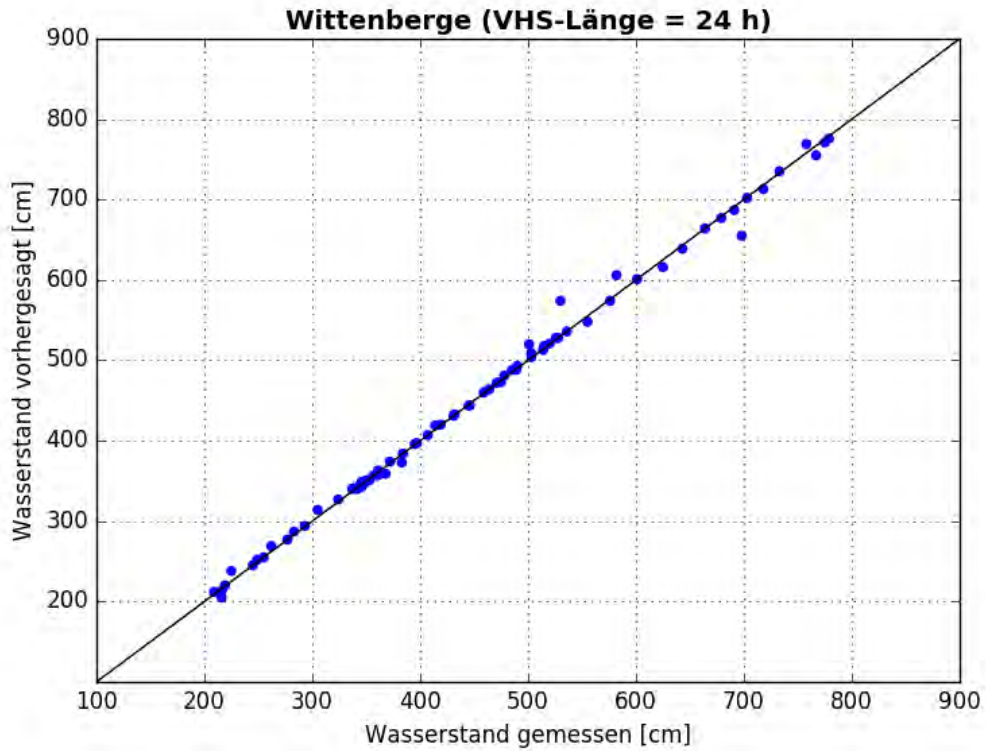


Abbildung C- 323: WITE HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 24 h (VHS)

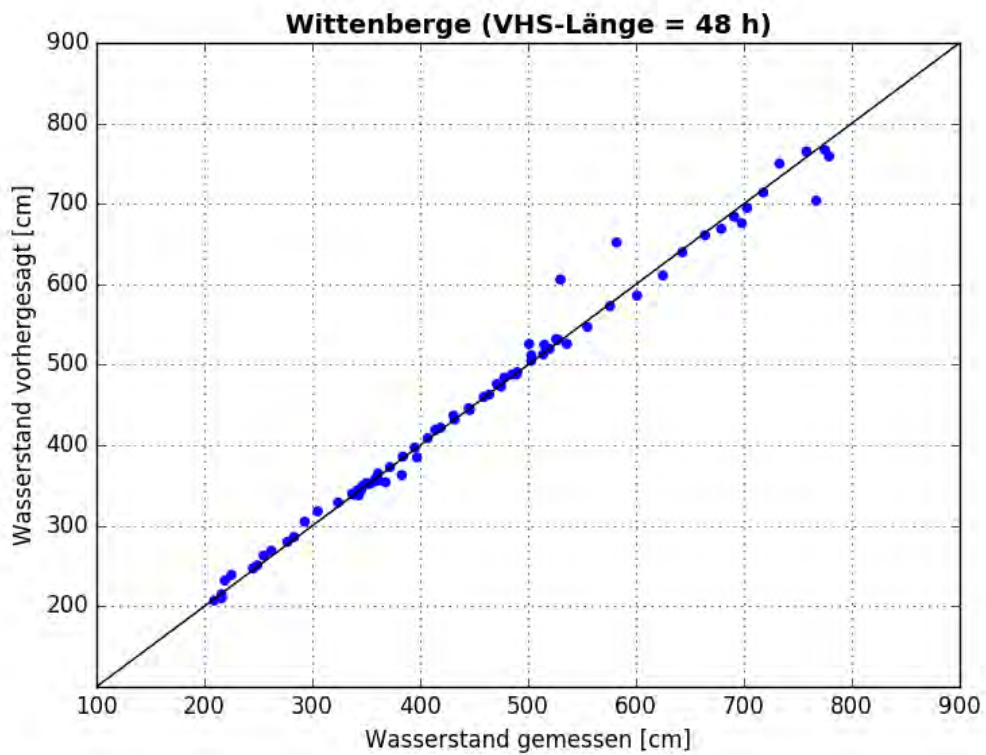


Abbildung C- 324: WITE HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 48 h (VHS)

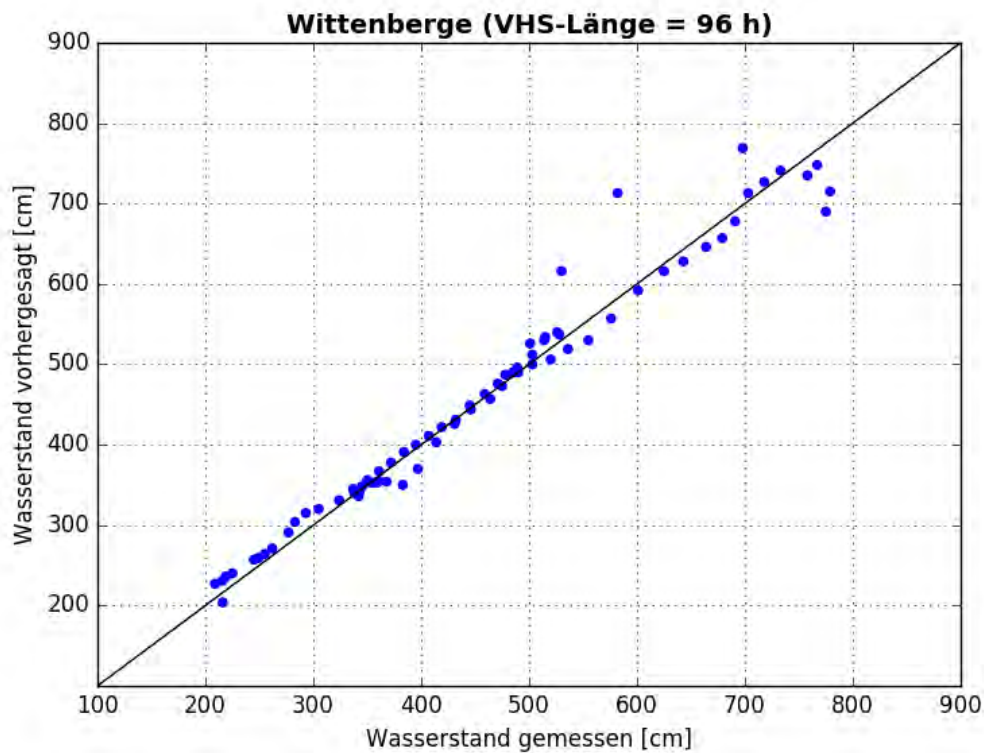


Abbildung C- 325: WITE HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 96 h (VHS)

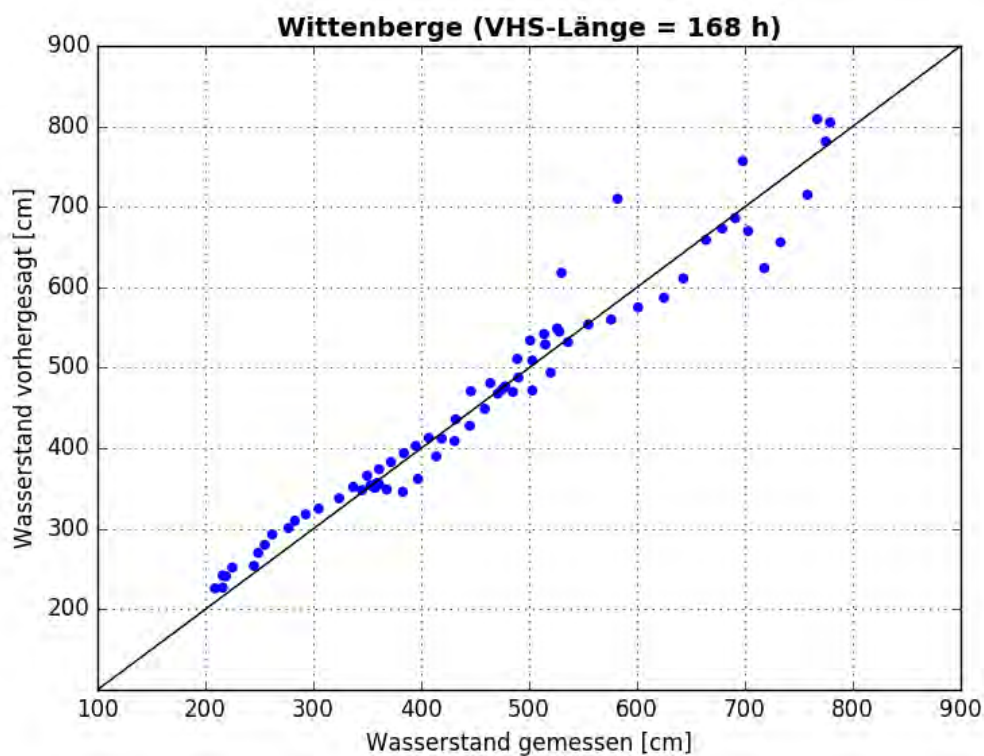


Abbildung C- 326: WITE HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 168 h (Absch.)

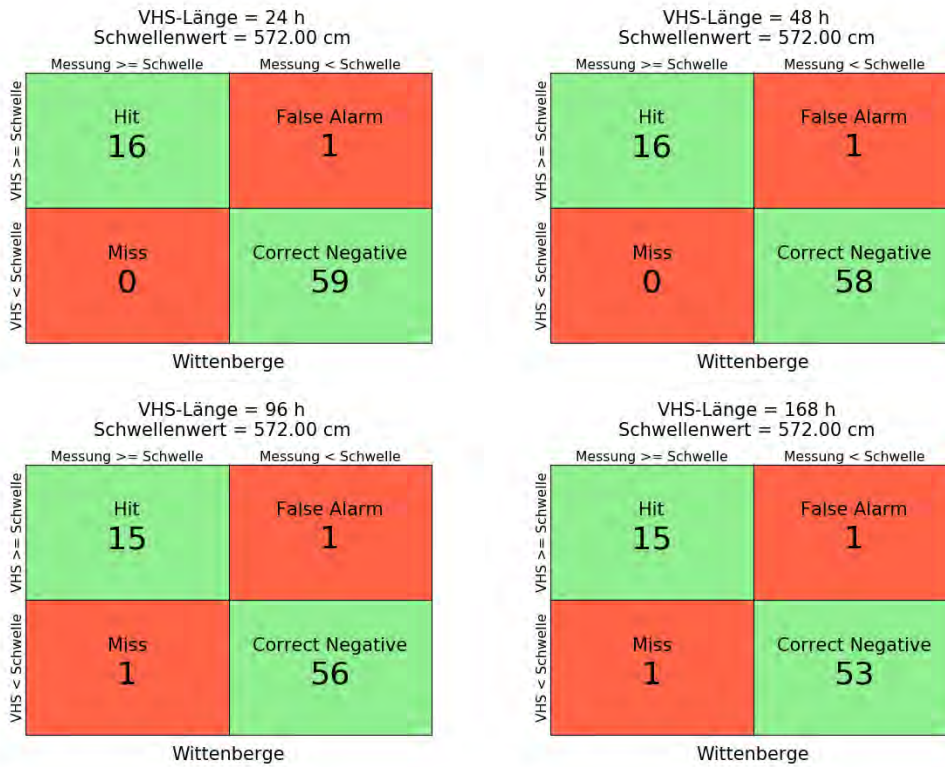


Abbildung C- 327: WITE HW2013, Kontingenztafeln Schwellenwert 572

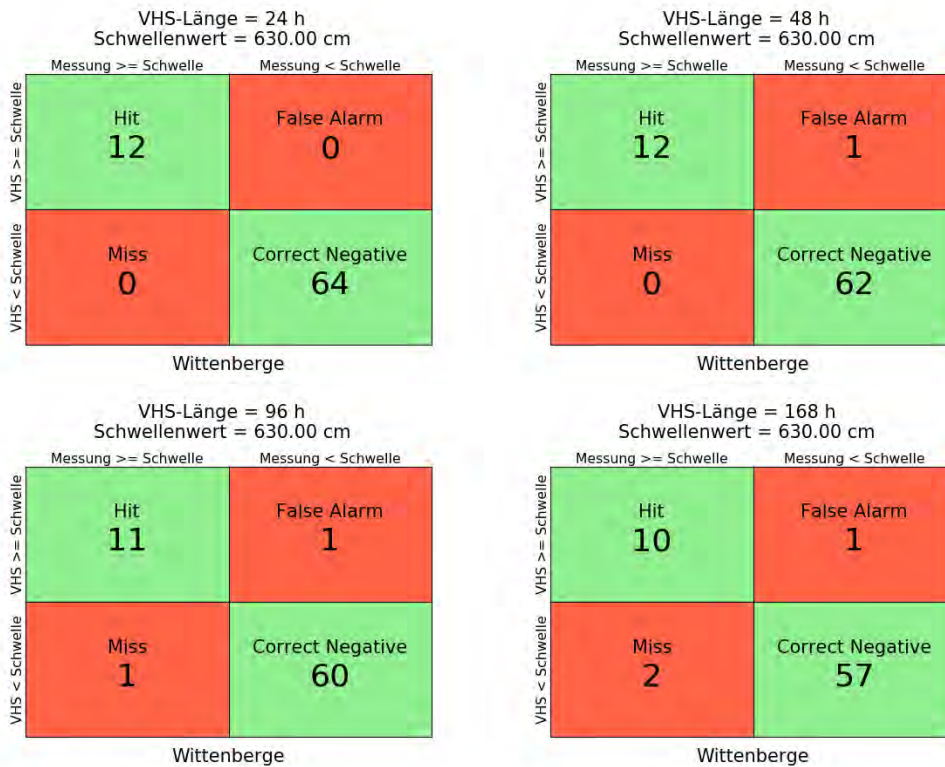


Abbildung C- 328: WITE HW2013, Kontingenztafeln Schwellenwert 630

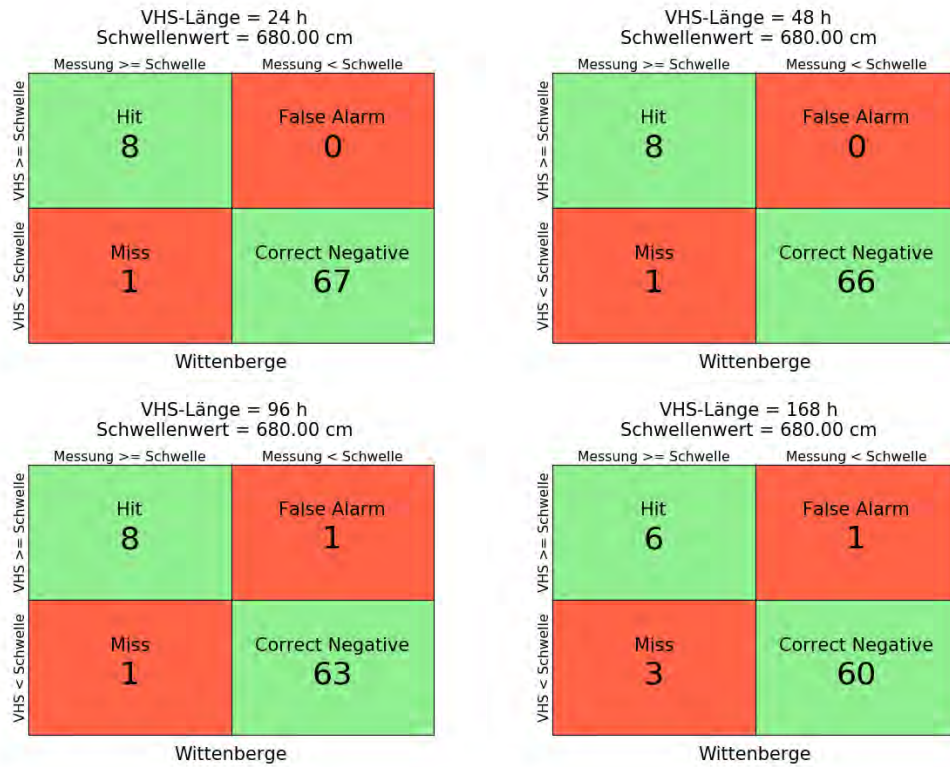


Abbildung C- 329: WITE HW2013, Kontingenztafeln Schwellenwert 680

Anlage C-16: Pegel Schnackenburg, Elbe-km 474,56

Hochwasser März – April 2006

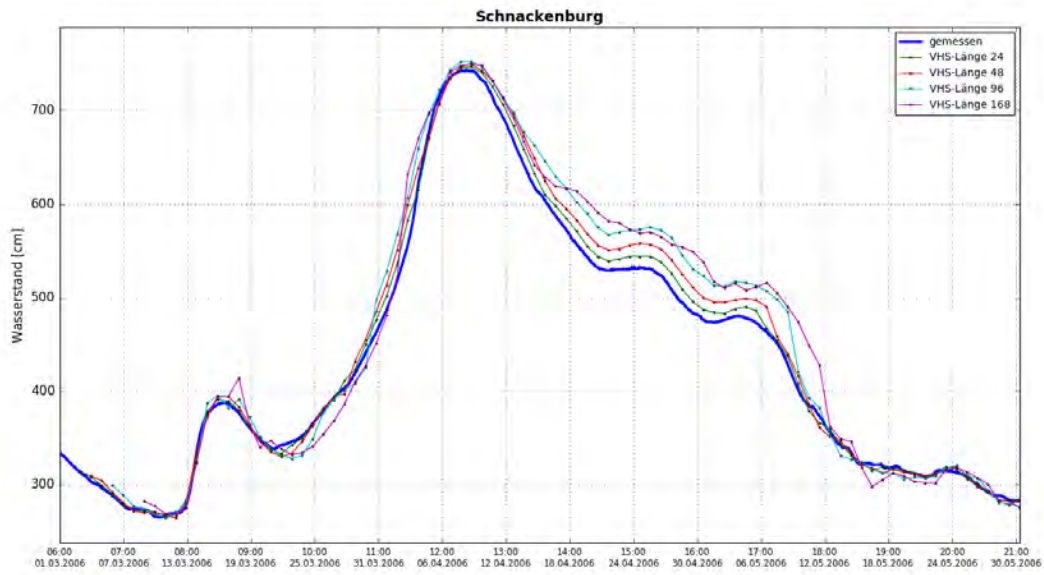


Abbildung C- 330: SCHB HW2006, Ganglinien-Vergleich

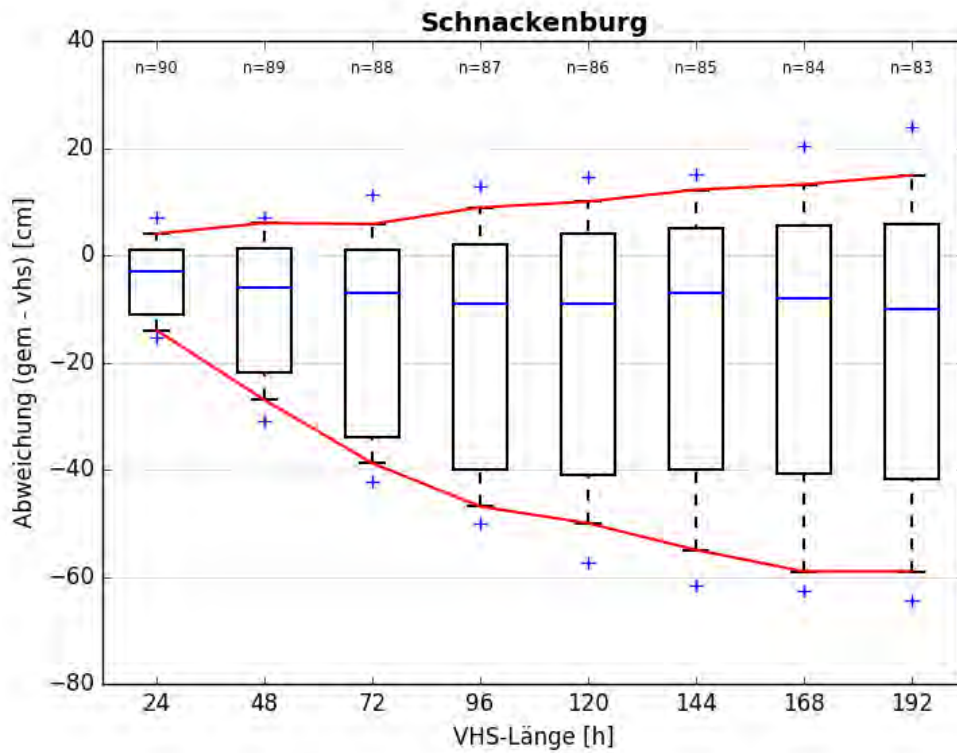


Abbildung C- 331: SCHB HW2006, Boxplot

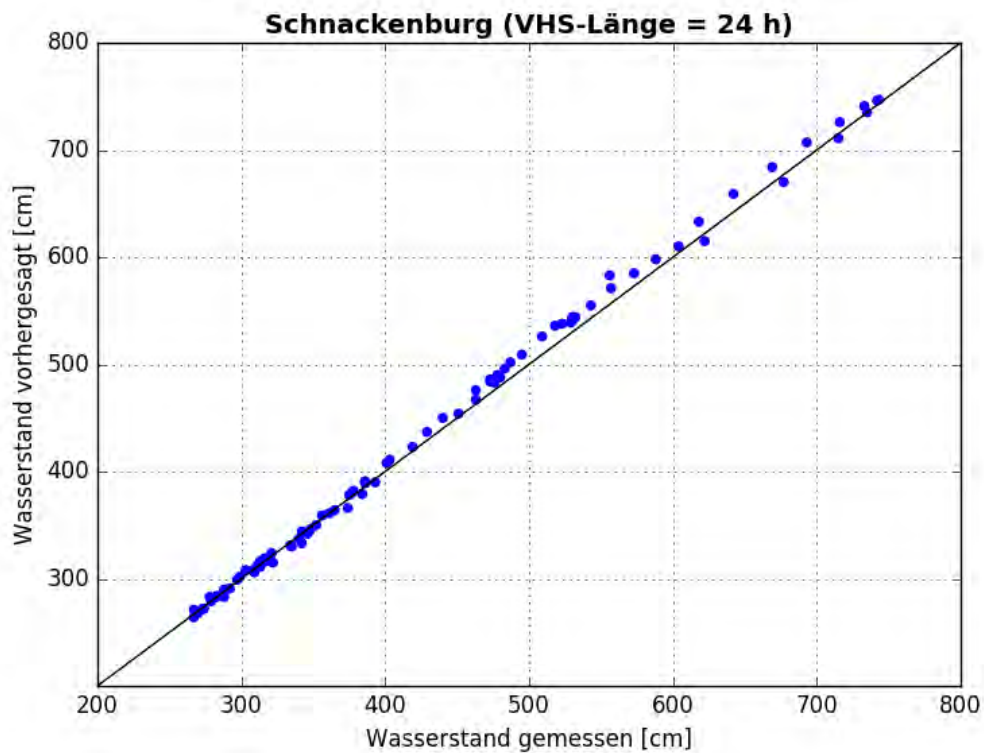


Abbildung C- 332: SCHB HW2006, Scatterplot – VHS-Länge 24 h (VHS)

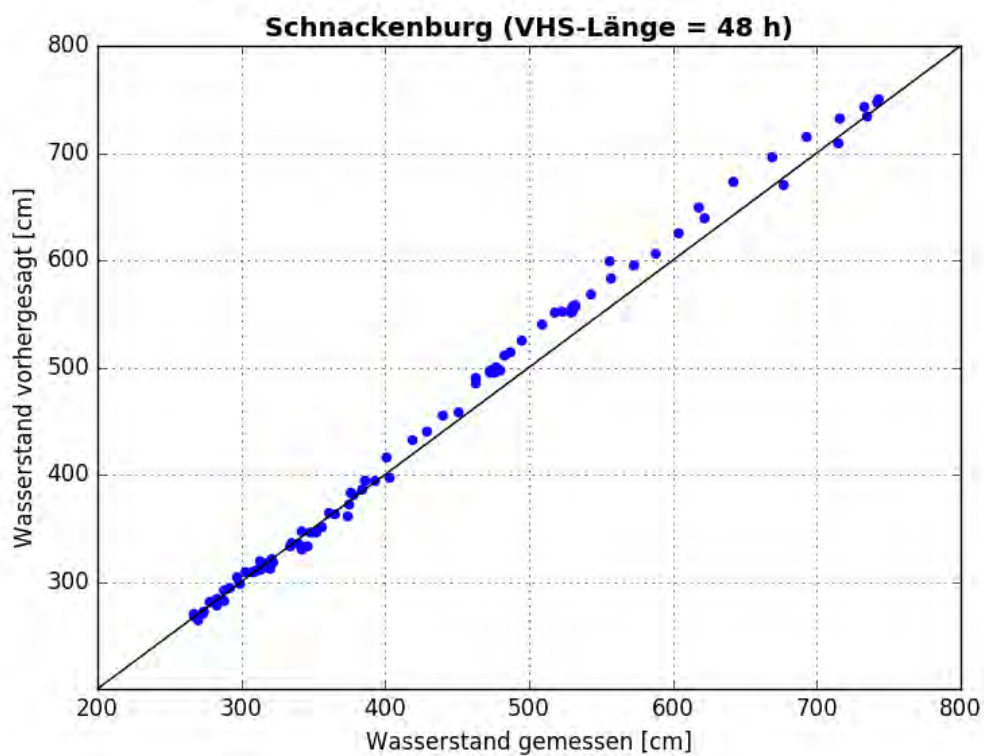


Abbildung C- 333: SCHB HW2006, Scatterplot – VHS-Länge 48 h (VHS)

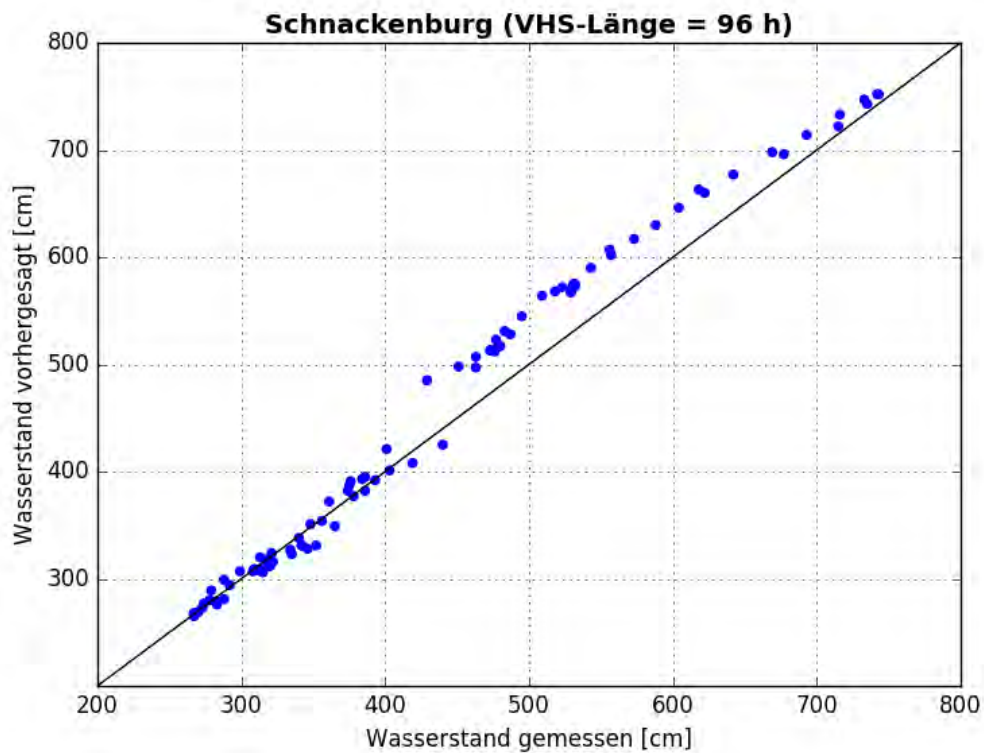


Abbildung C- 334: SCHB HW2006, Scatterplot – VHS-Länge 96 h (VHS)

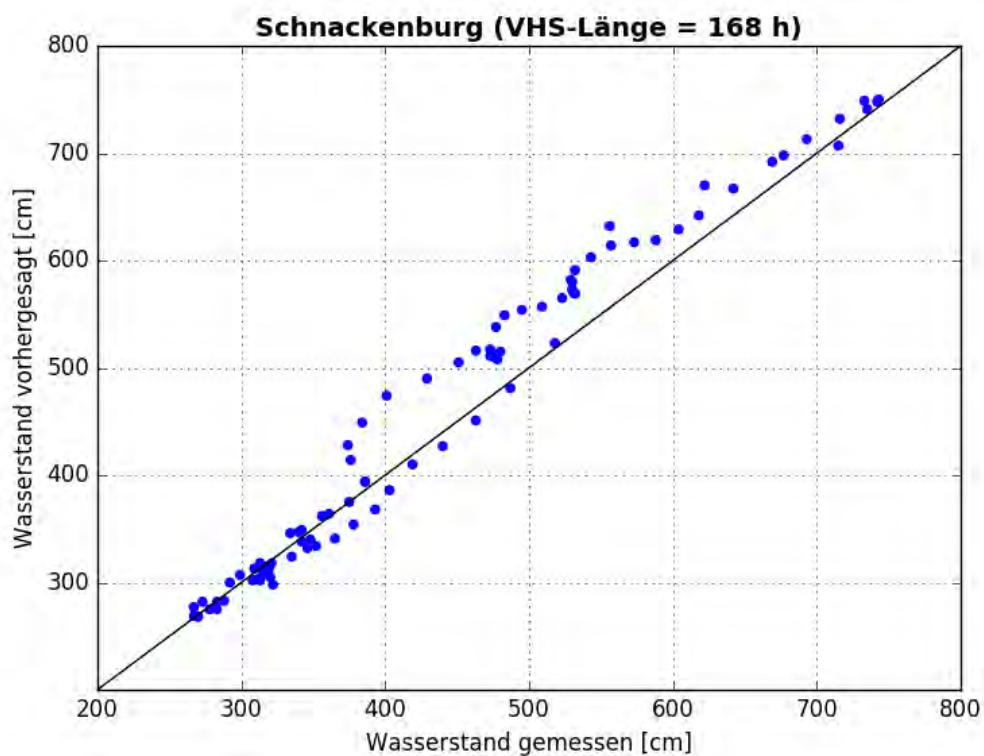


Abbildung C- 335: SCHB HW2006, Scatterplot – VHS-Länge 168 h (Absch.)

VHS-Länge = 24 h
Schwellenwert = 585.00 cm

		Messung \geq Schwelle	Messung $<$ Schwelle
VHS \geq Schwelle	Hit	14	False Alarm 1
	Miss	0	Correct Negative 75

Schnackenburg

VHS-Länge = 48 h
Schwellenwert = 585.00 cm

		Messung \geq Schwelle	Messung $<$ Schwelle
VHS \geq Schwelle	Hit	14	False Alarm 2
	Miss	0	Correct Negative 73

Schnackenburg

VHS-Länge = 96 h
Schwellenwert = 585.00 cm

		Messung \geq Schwelle	Messung $<$ Schwelle
VHS \geq Schwelle	Hit	14	False Alarm 4
	Miss	0	Correct Negative 69

Schnackenburg

VHS-Länge = 168 h
Schwellenwert = 585.00 cm

		Messung \geq Schwelle	Messung $<$ Schwelle
VHS \geq Schwelle	Hit	14	False Alarm 5
	Miss	0	Correct Negative 65

Schnackenburg

Abbildung C- 336: SCHB HW2006, Kontingenztafeln Schwellenwert 585

Hochwasser Januar - Februar 2011

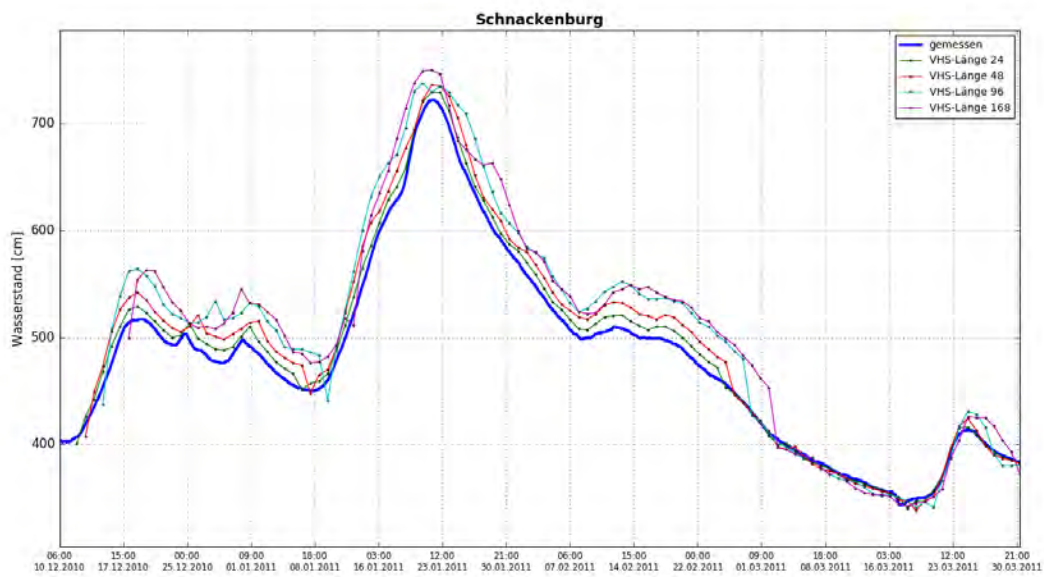


Abbildung C- 337: SCHB HW2011, Ganglinien-Vergleich

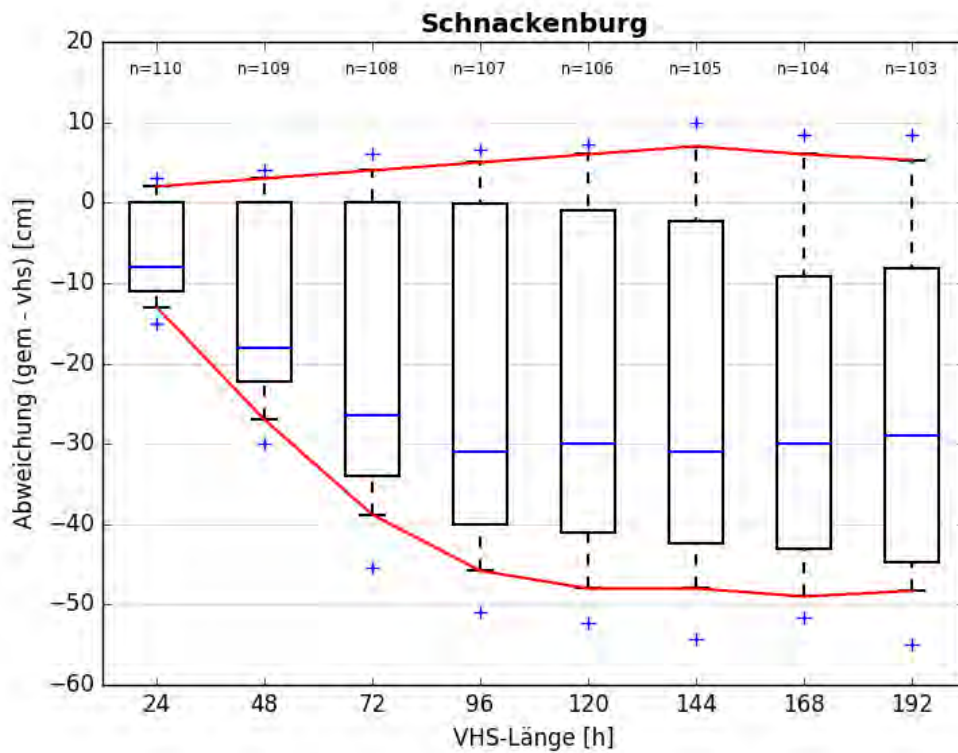


Abbildung C- 338: SCHB HW2011, Boxplot

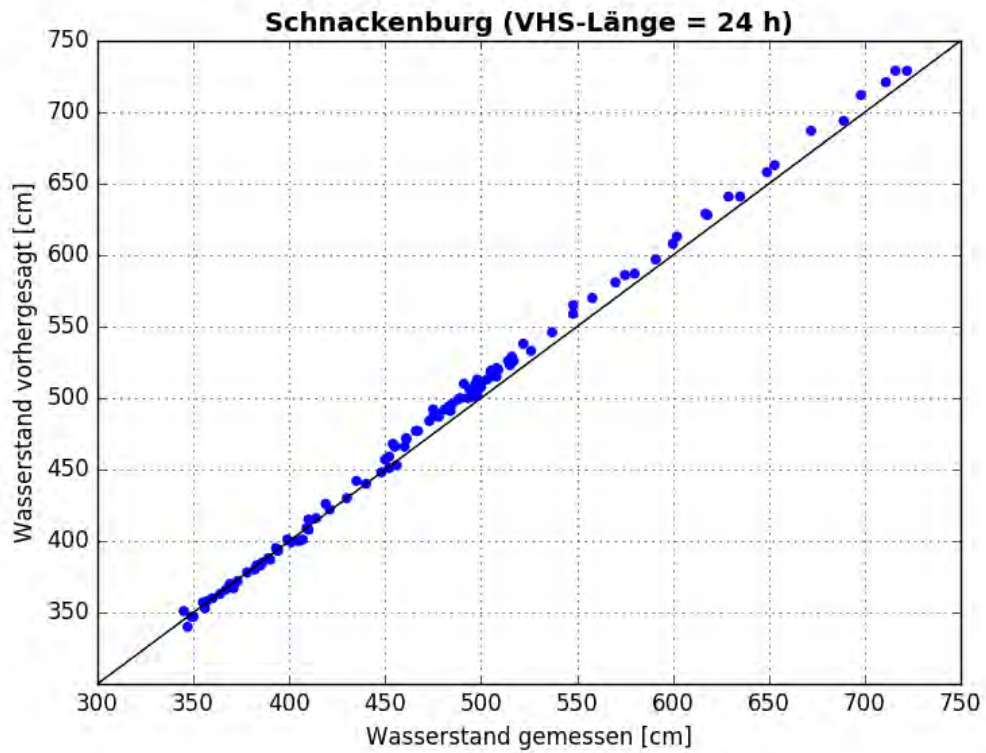


Abbildung C- 339: SCHB HW2011, Scatterplot – VHS-Länge 24 h (VHS)

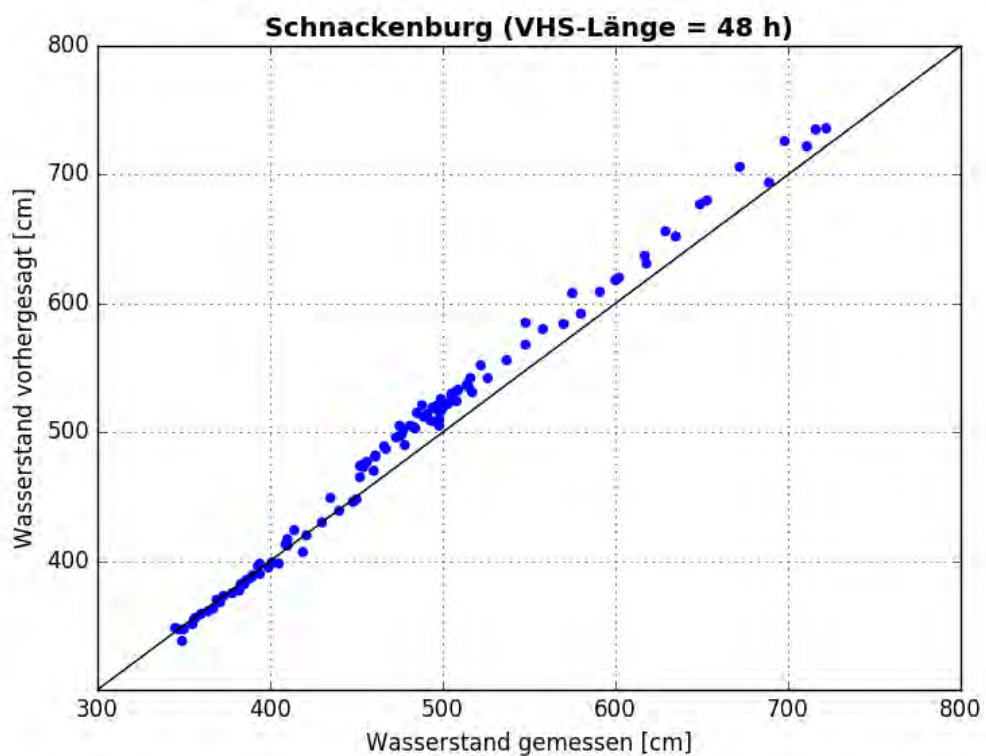


Abbildung C- 340: SCHB HW2011, Scatterplot – VHS-Länge 48 h (VHS)

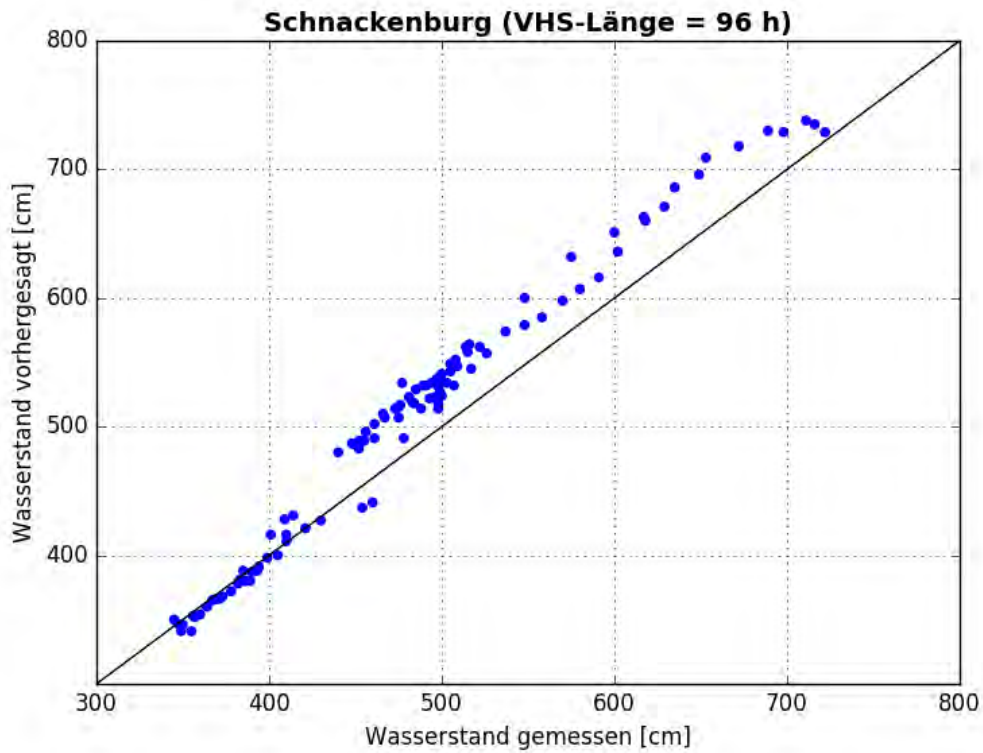


Abbildung C- 341: SCHB HW2011, Scatterplot – VHS-Länge 96 h (VHS)

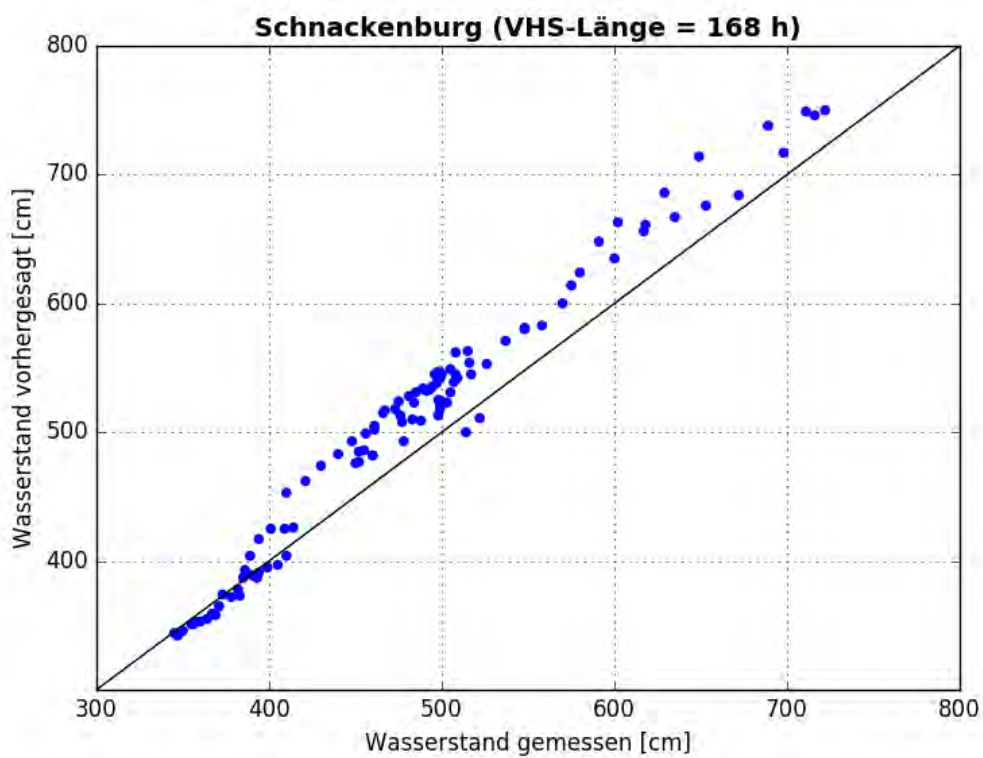


Abbildung C- 342: SCHB HW2011, Scatterplot – VHS-Länge 168 h (Absch.)

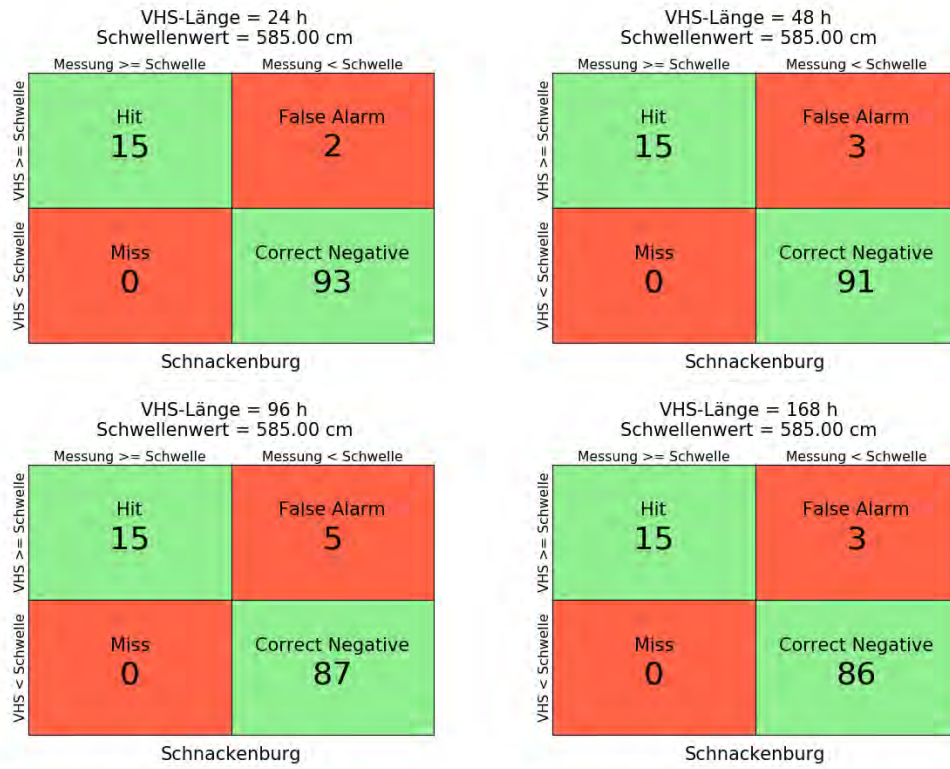


Abbildung C- 343: SCHB HW2011, Kontingenztafeln Schwellenwert 585

Hochwasser April – Mai 2013

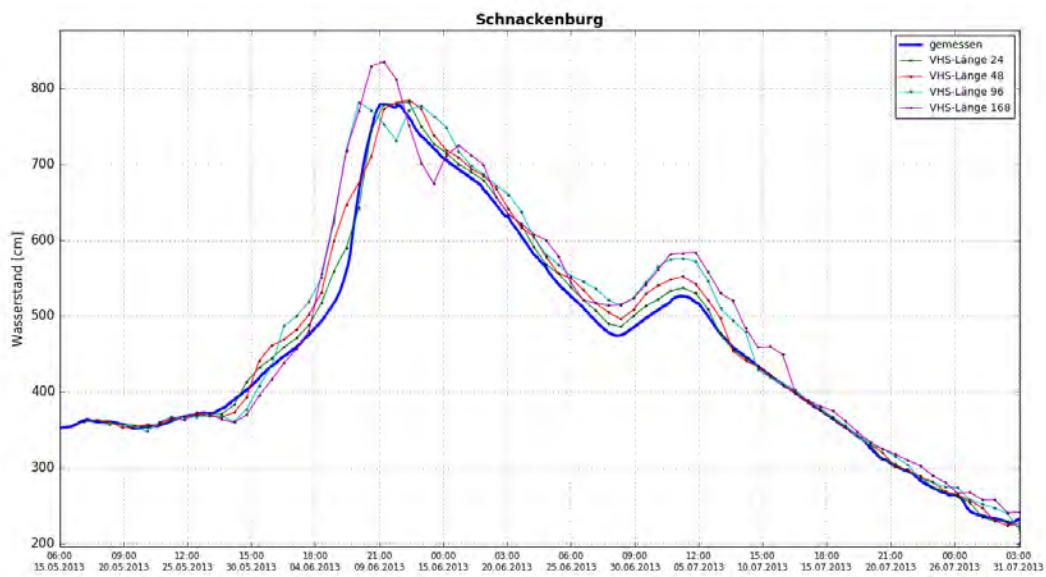


Abbildung C- 344: SCHB HW2013, Ganglinien-Vergleich

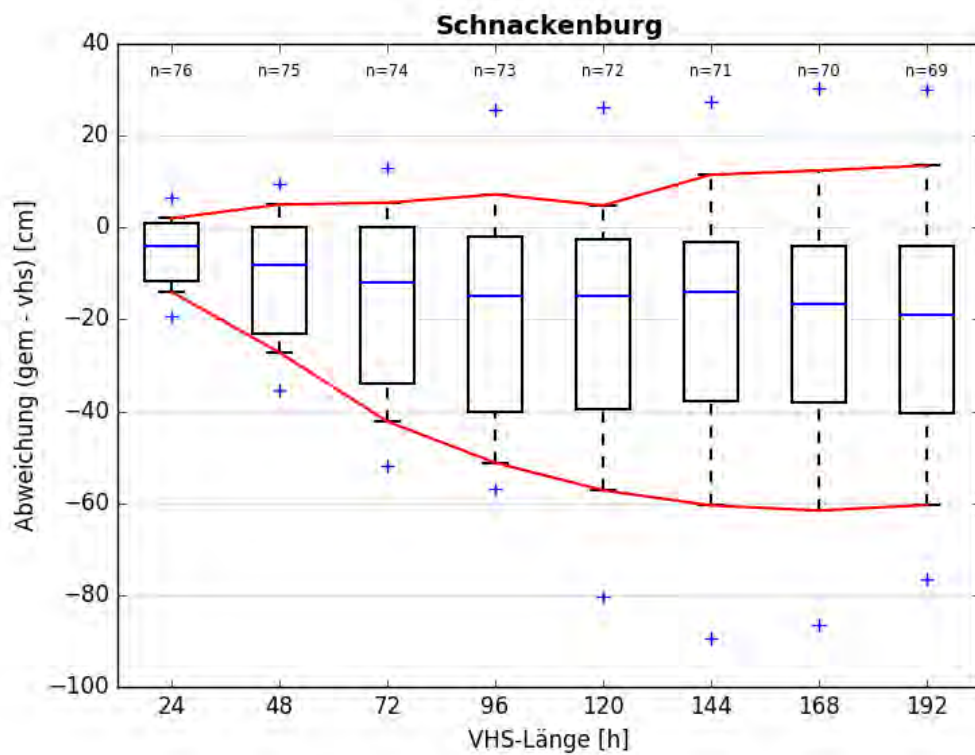


Abbildung C- 345: SCHB HW2013, Boxplot

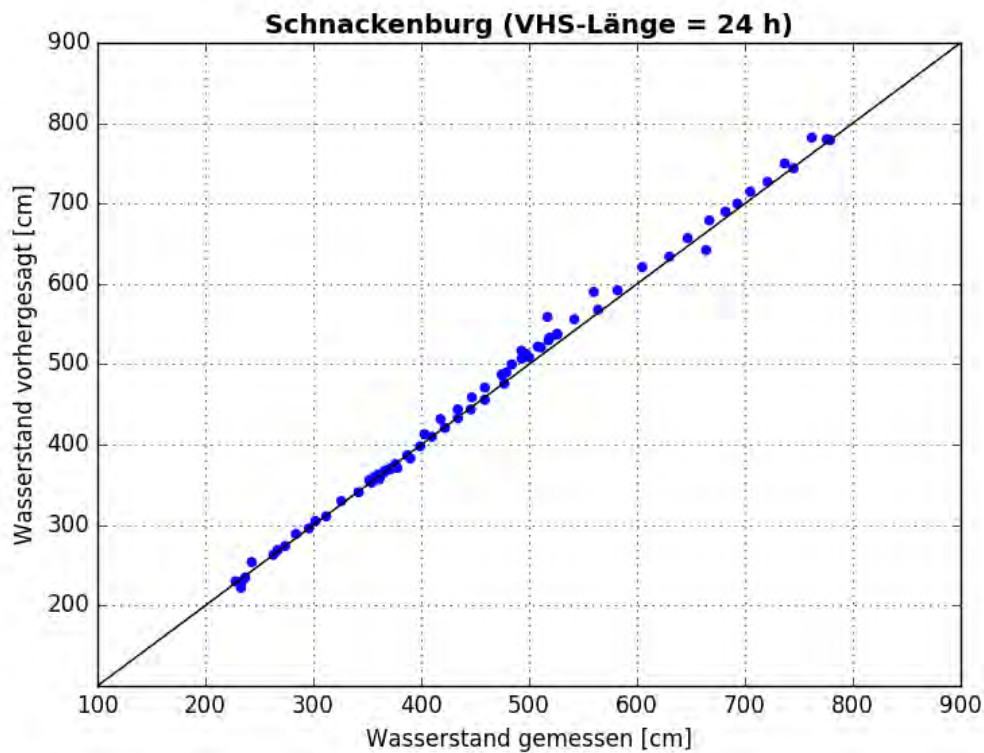


Abbildung C-346: SCHB HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 24 h (VHS)

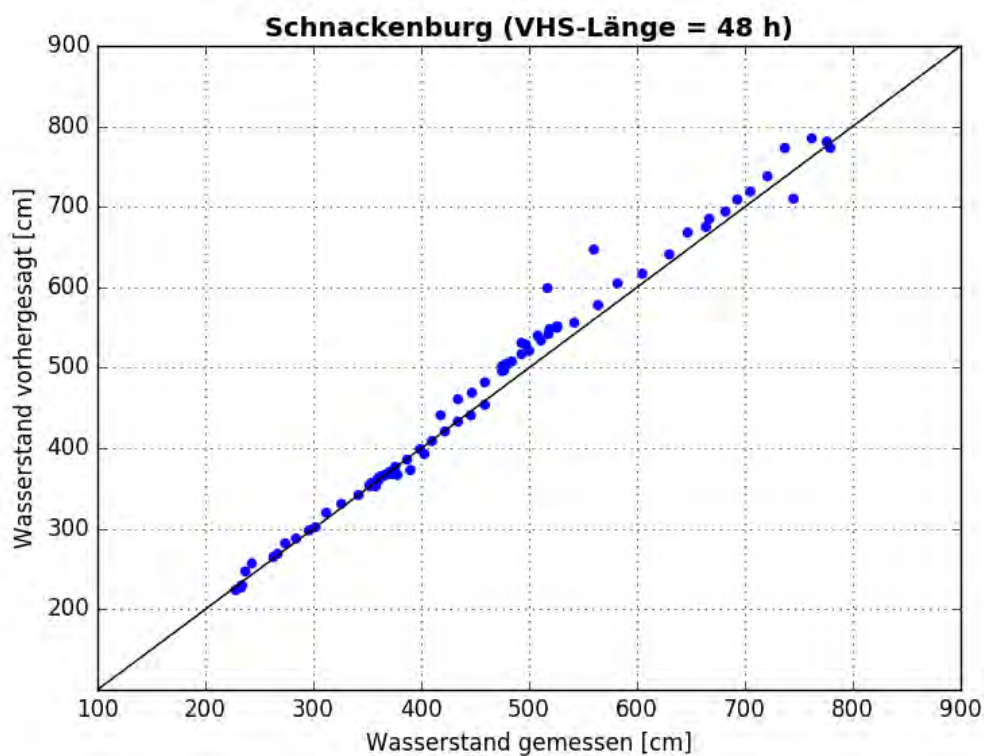


Abbildung C-347: SCHB HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 48 h (VHS)

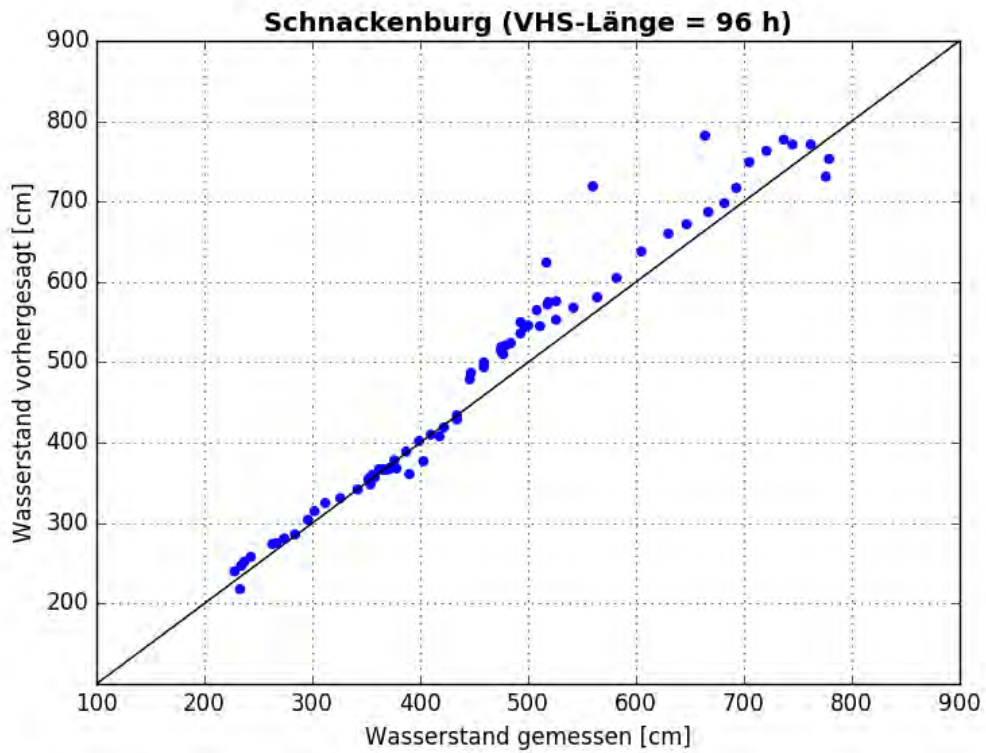


Abbildung C- 348: SCHB HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 72 h (VHS)

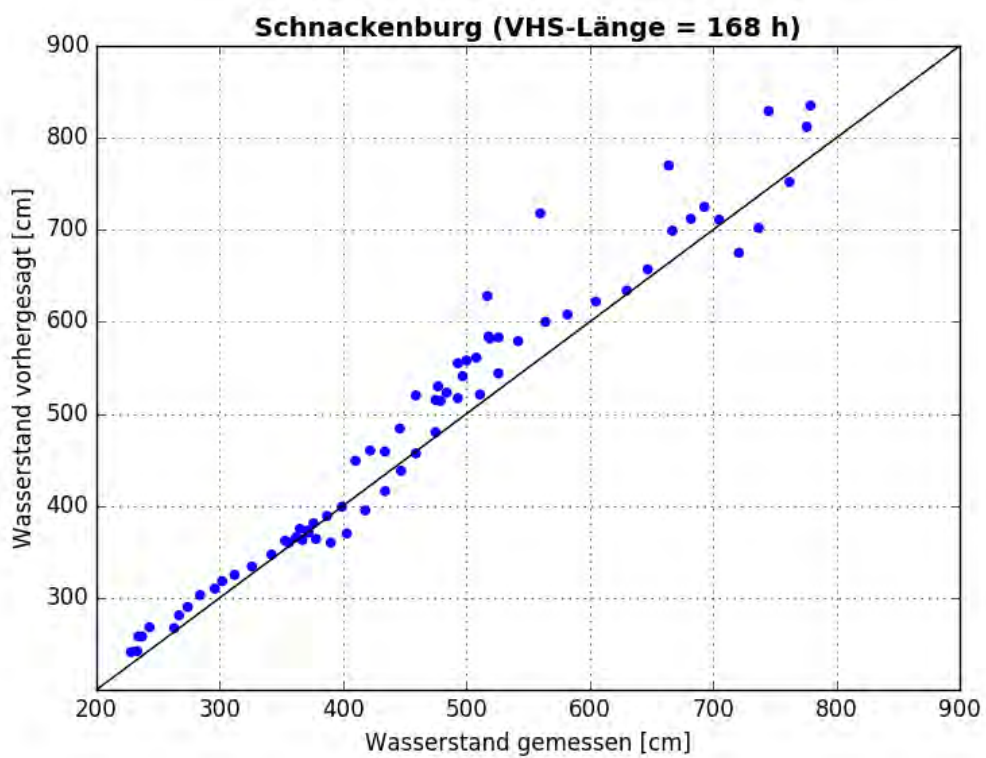


Abbildung C- 349: SCHB HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 120 h (Absch.)



Abbildung C- 350: SCHB HW2013, Kontingenztafeln Schwellenwert 585

Anlage C-17: Pegel Lenzen, Elbe-km 484,6

Hochwasser März – April 2006

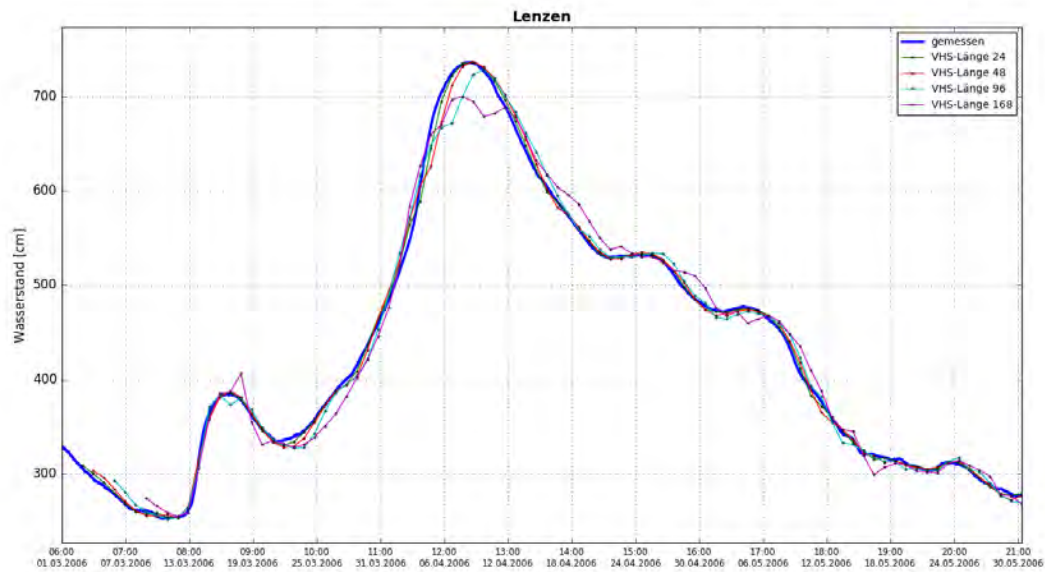


Abbildung C- 351: LENZ HW2006, Ganglinien-Vergleich

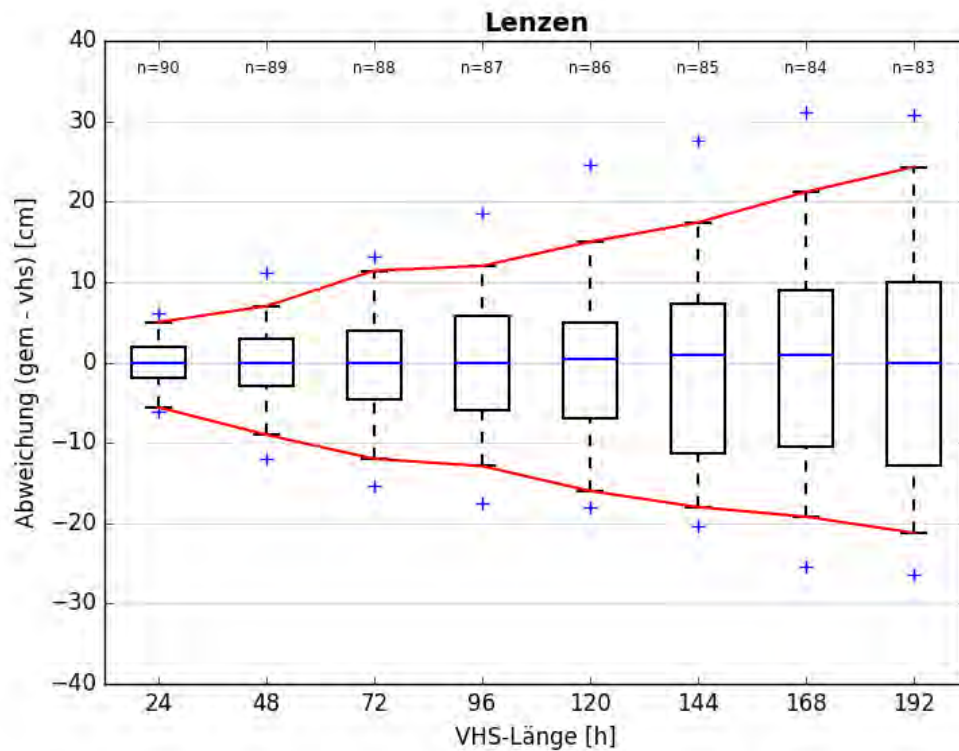


Abbildung C- 352: LENZ HW2006, Boxplot

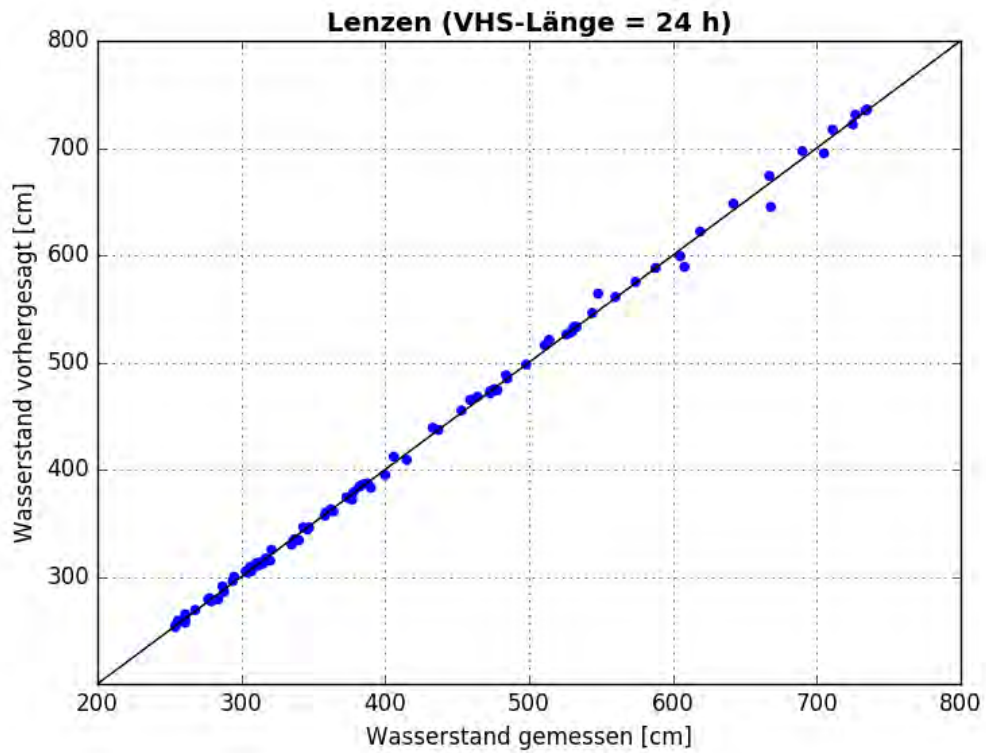


Abbildung C- 353: LENZ HW2006, Scatterplot – VHS-Länge 24 h (VHS)

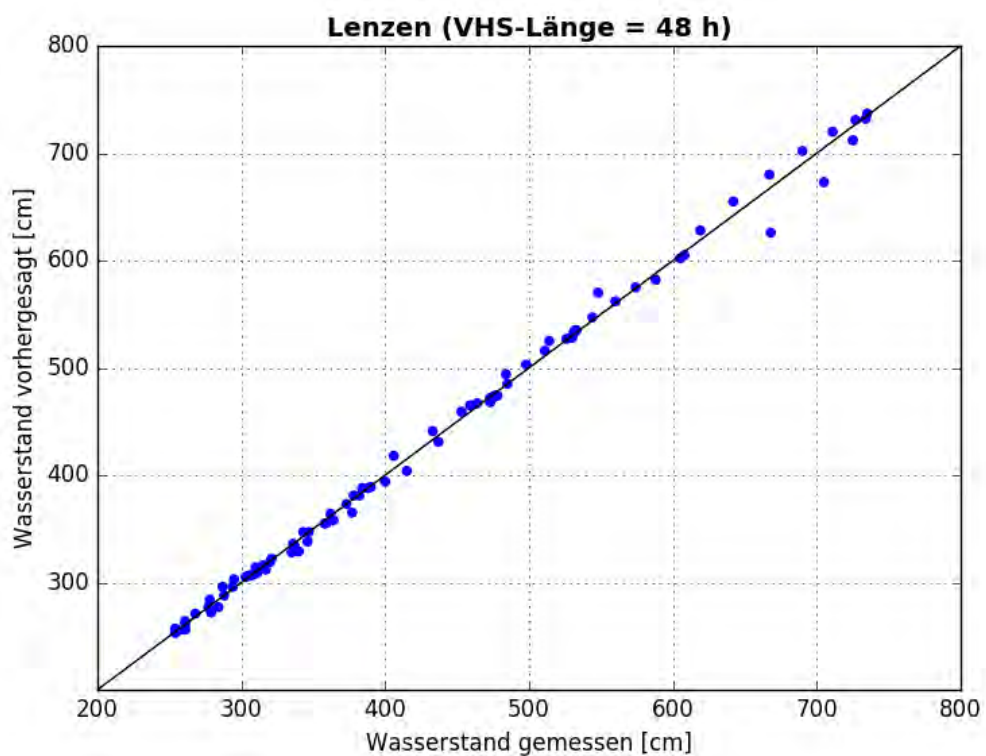


Abbildung C- 354: LENZ HW2006, Scatterplot – VHS-Länge 48 h (VHS)

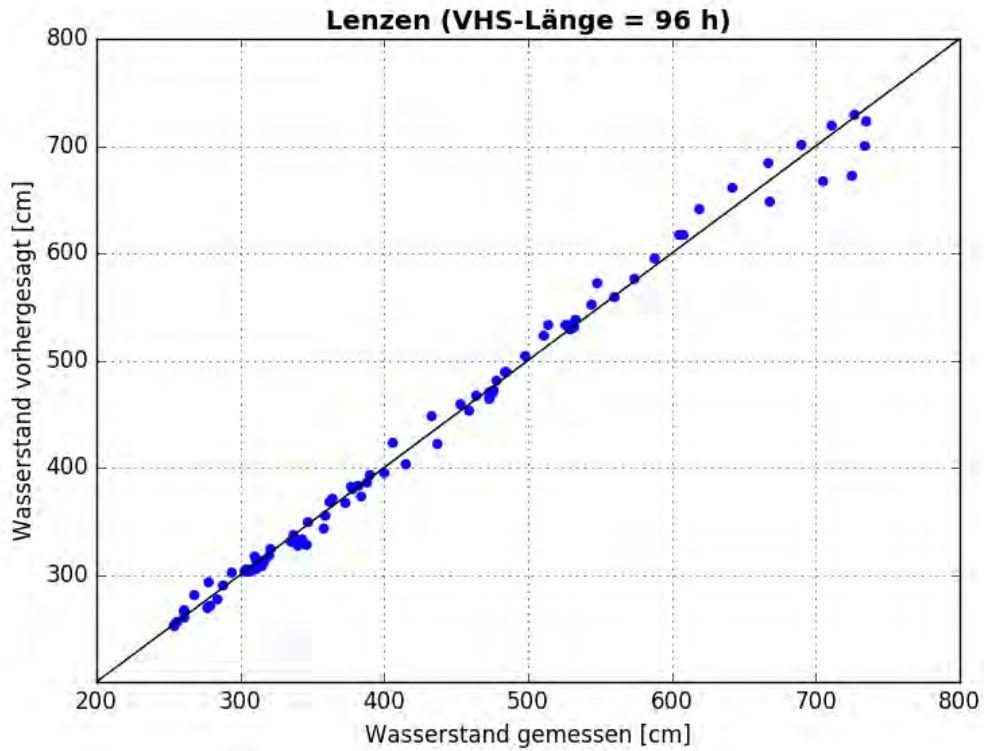


Abbildung C- 355: LENZ HW2006, Scatterplot – VHS-Länge 96 h (VHS)

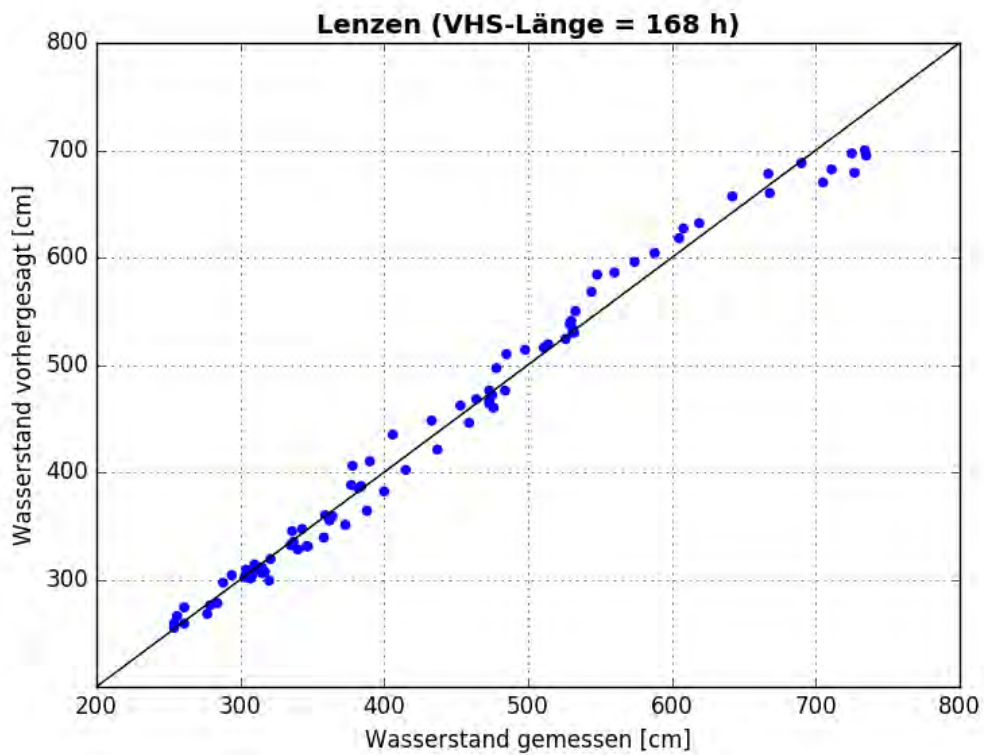


Abbildung C- 356: LENZ HW2006, Scatterplot – VHS-Länge 168 h (Absch.)

VHS-Länge = 24 h
Schwellenwert = 581.00 cm

		Messung \geq Schwelle	Messung $<$ Schwelle
VHS	\geq Schwelle	Hit 14	False Alarm 0
	$<$ Schwelle	Miss 0	Correct Negative 76

Lenzen

VHS-Länge = 48 h
Schwellenwert = 581.00 cm

		Messung \geq Schwelle	Messung $<$ Schwelle
VHS	\geq Schwelle	Hit 14	False Alarm 0
	$<$ Schwelle	Miss 0	Correct Negative 75

Lenzen

VHS-Länge = 96 h
Schwellenwert = 581.00 cm

		Messung \geq Schwelle	Messung $<$ Schwelle
VHS	\geq Schwelle	Hit 14	False Alarm 0
	$<$ Schwelle	Miss 0	Correct Negative 73

Lenzen

VHS-Länge = 168 h
Schwellenwert = 581.00 cm

		Messung \geq Schwelle	Messung $<$ Schwelle
VHS	\geq Schwelle	Hit 14	False Alarm 3
	$<$ Schwelle	Miss 0	Correct Negative 67

Lenzen

Abbildung C- 357: LENZ HW2006, Kontingenztafeln Schwellenwert 581

Hochwasser Januar - Februar 2011

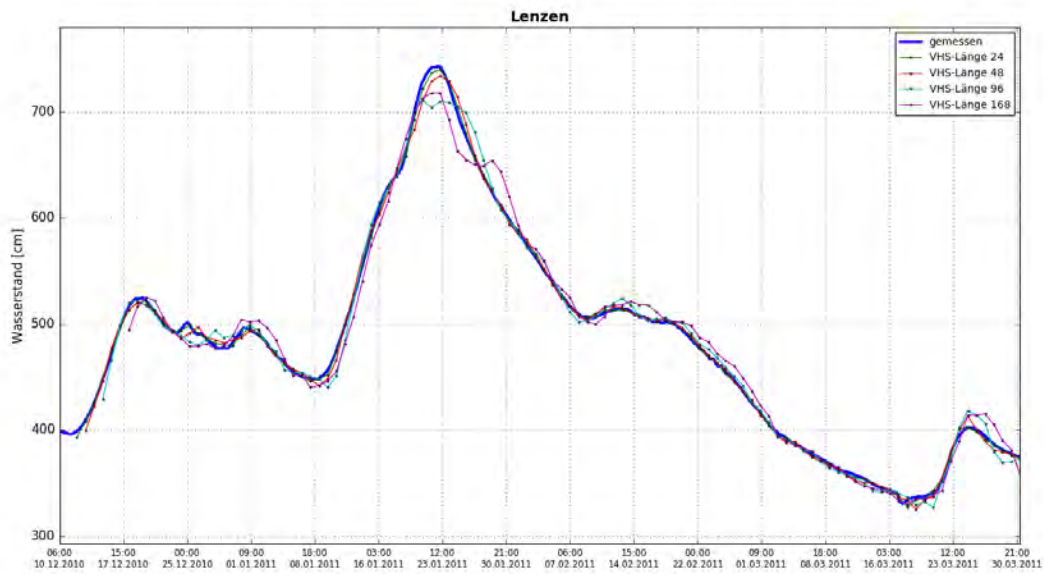


Abbildung C- 358: LENZ HW2011, Ganglinien-Vergleich

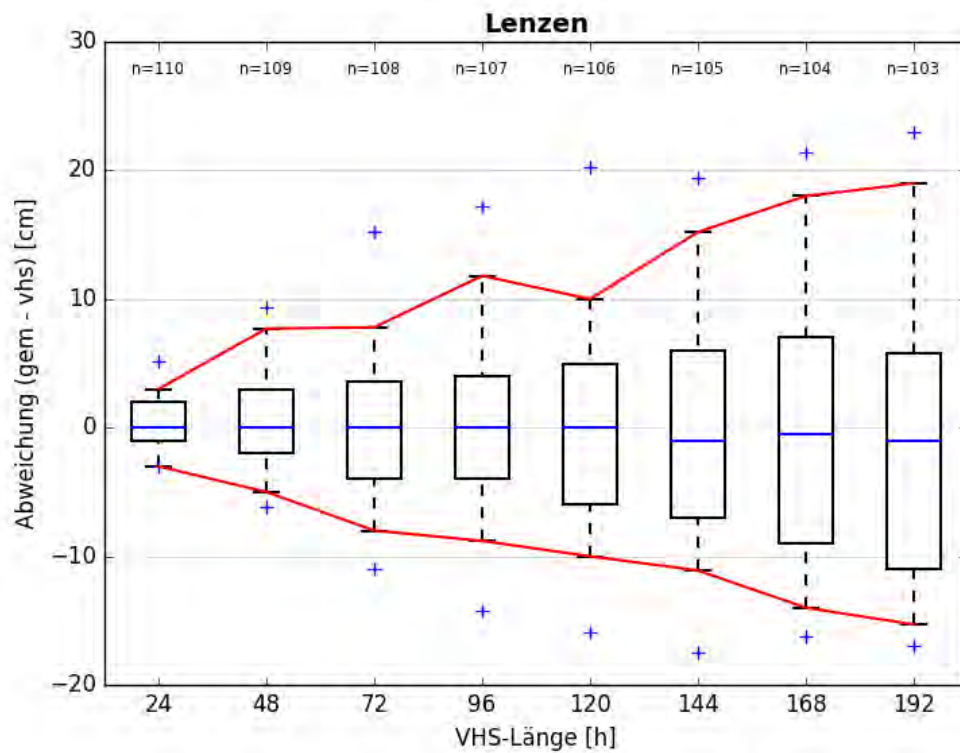


Abbildung C- 359: LENZ HW2011, Boxplot

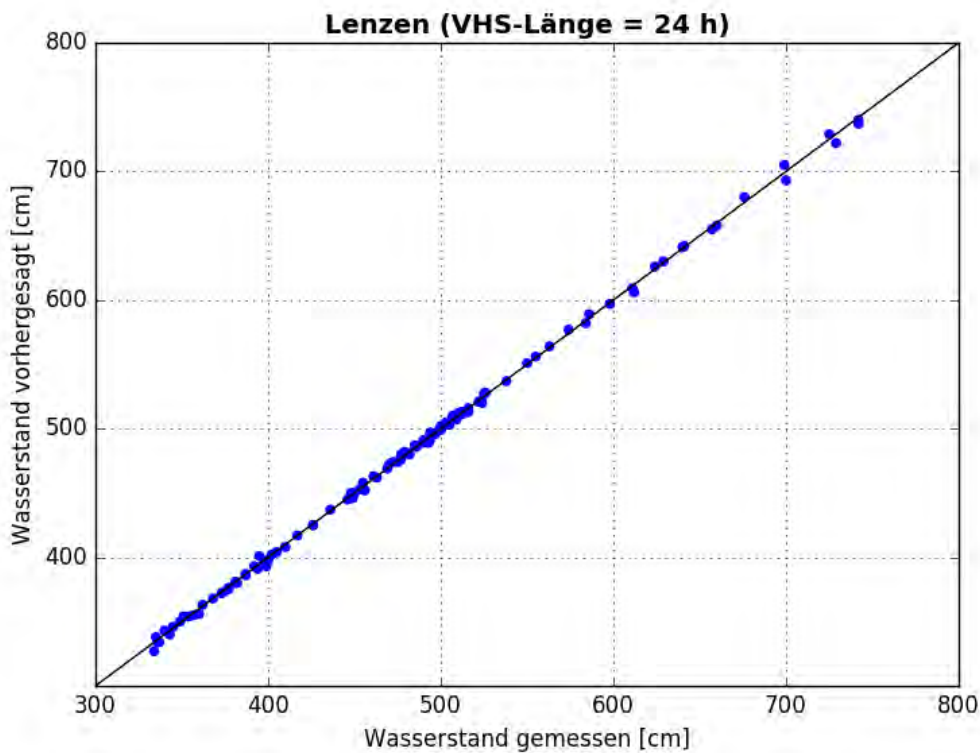


Abbildung C- 360: LENZ HW2011, Scatterplot – VHS-Länge 24 h (VHS)

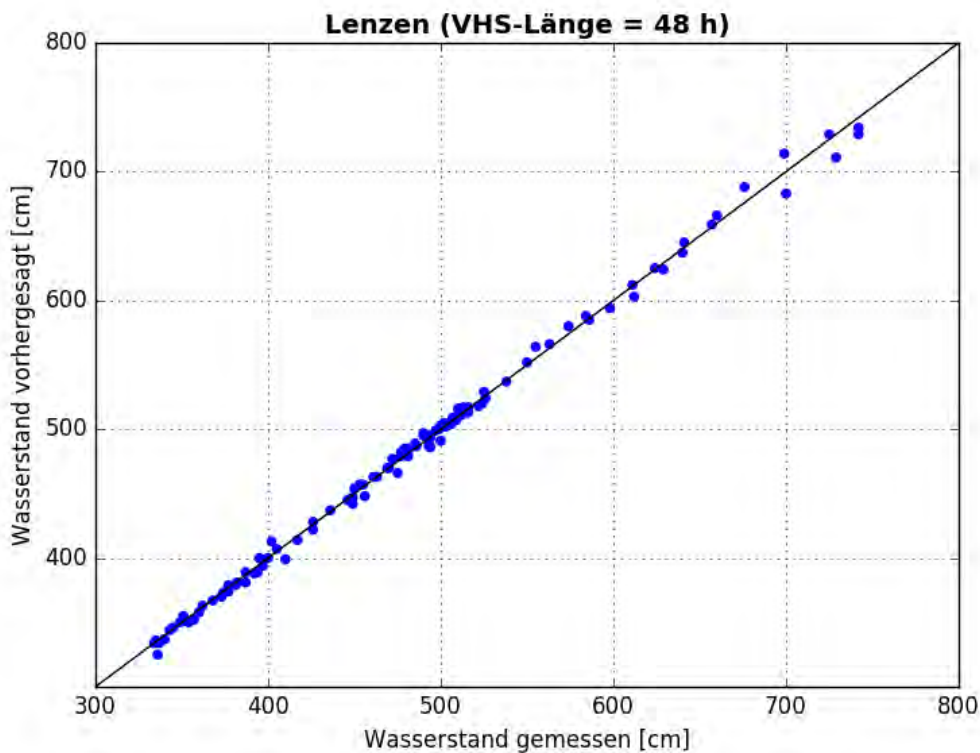


Abbildung C- 361: LENZ HW2011, Scatterplot – VHS-Länge 48 h (VHS)

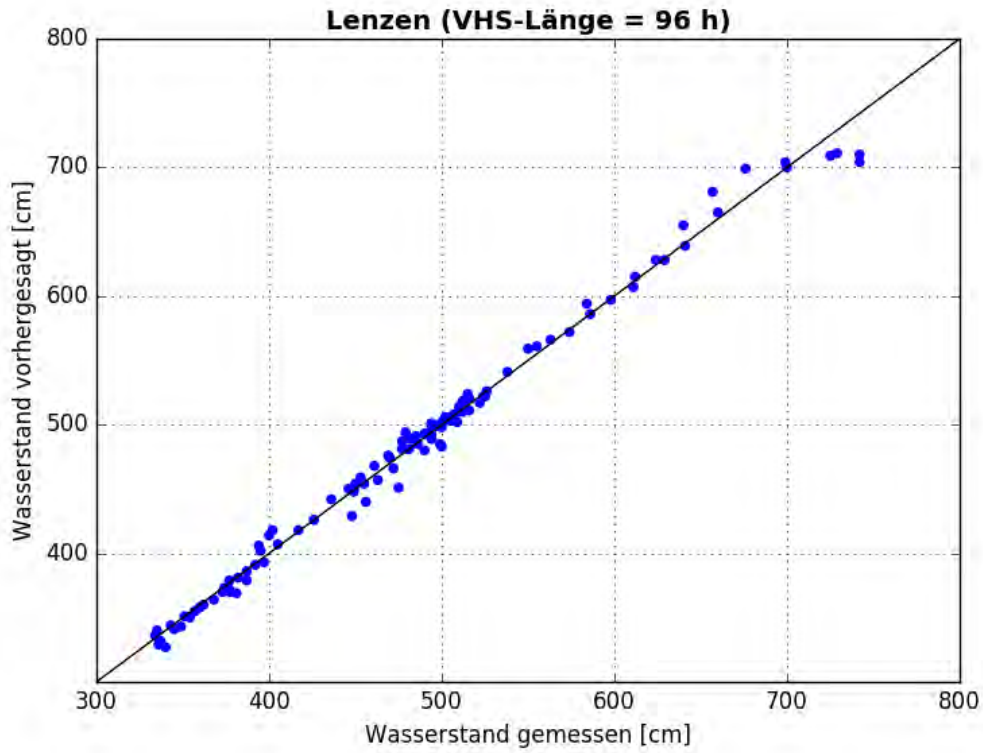


Abbildung C- 362: LENZ HW2011, Scatterplot – VHS-Länge 96 h (VHS)

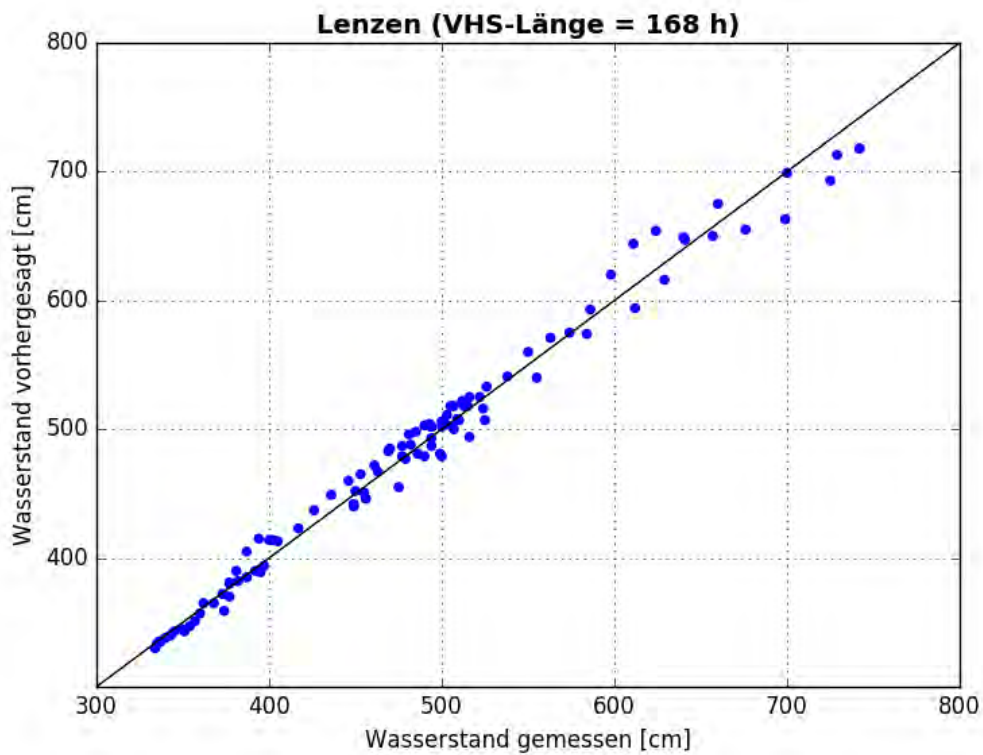


Abbildung C- 363: LENZ HW2011, Scatterplot – VHS-Länge 168 h (Absch.)



Abbildung C- 364: LENZ HW2011, Kontingenztafeln Schwellenwert 581

Hochwasser April – Mai 2013

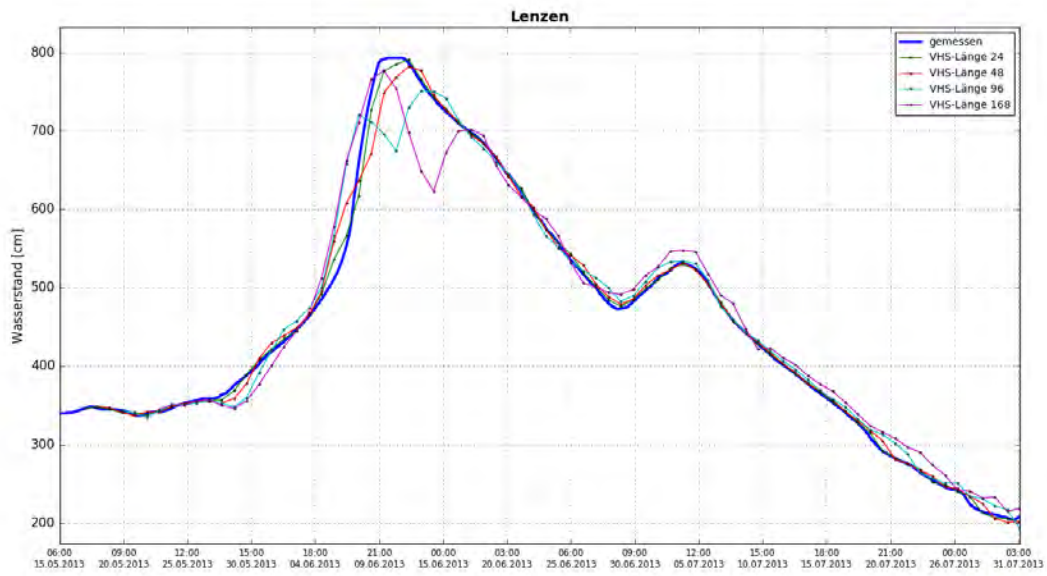


Abbildung C- 365: LENZ HW2013, Ganglinien-Vergleich

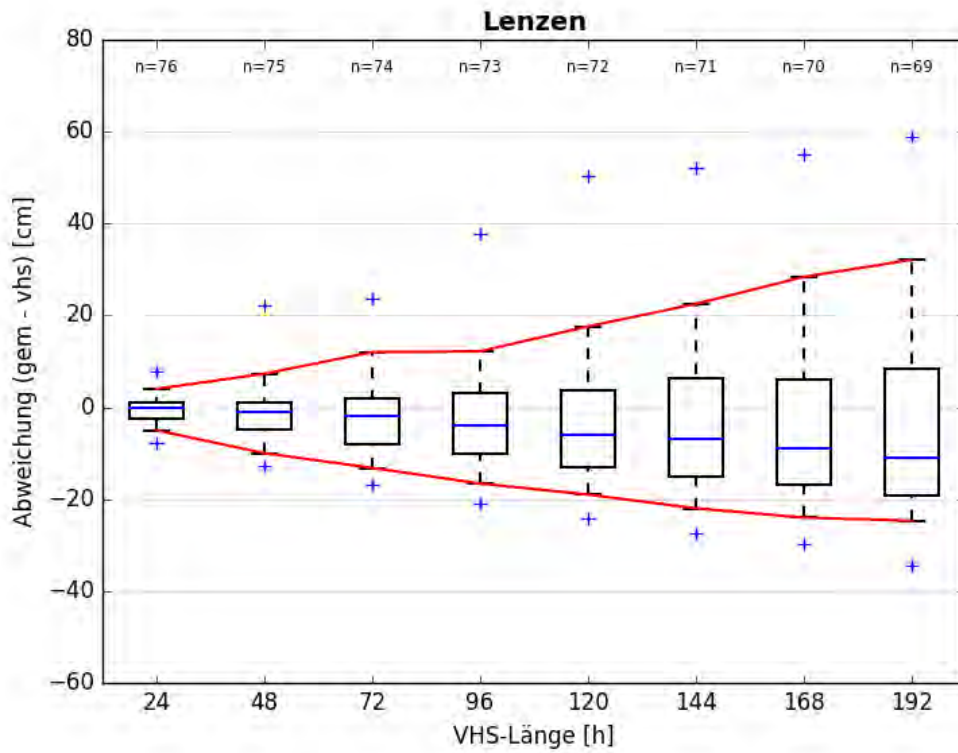


Abbildung C- 366: LENZ HW2013, Boxplot

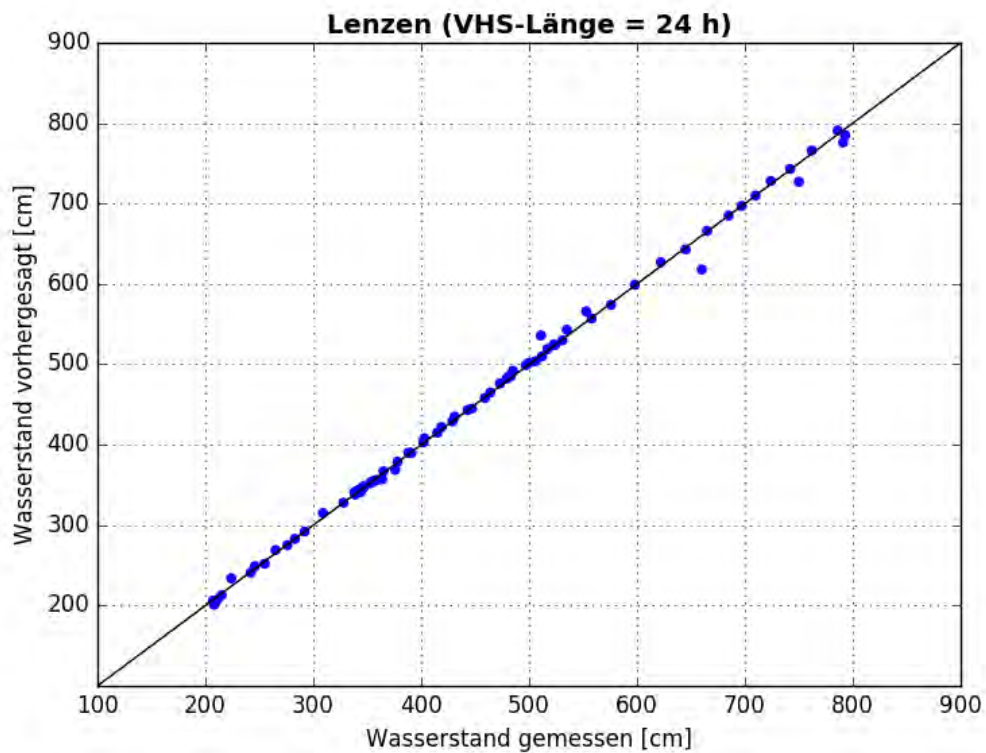


Abbildung C- 367: LENZ HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 24 h (VHS)

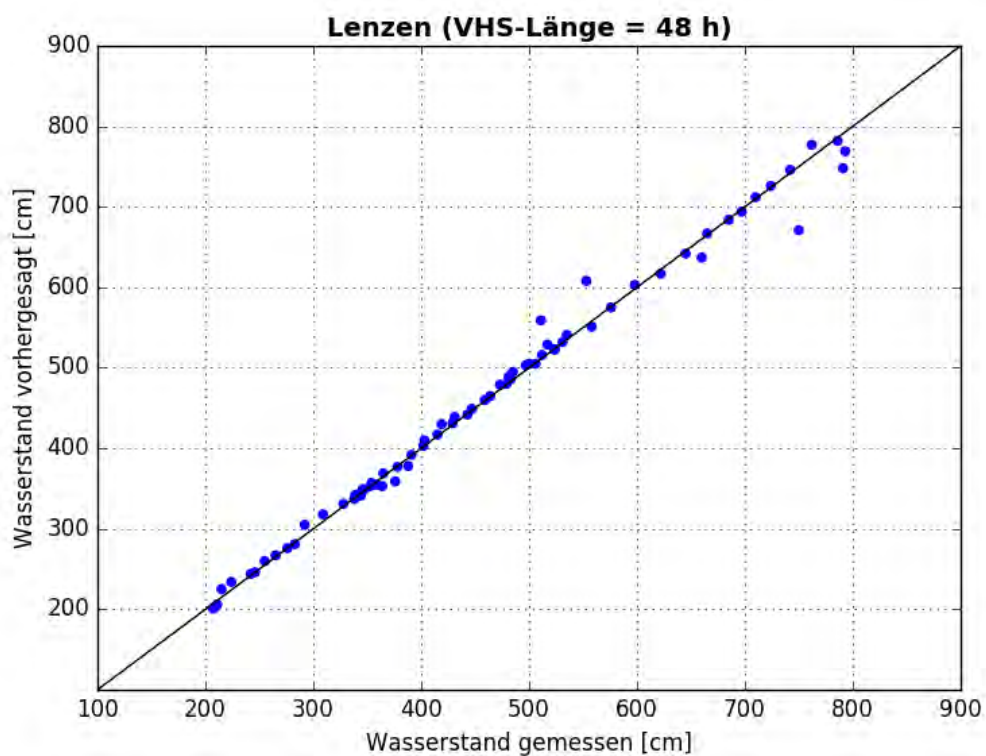


Abbildung C- 368: LENZ HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 48 h (VHS)

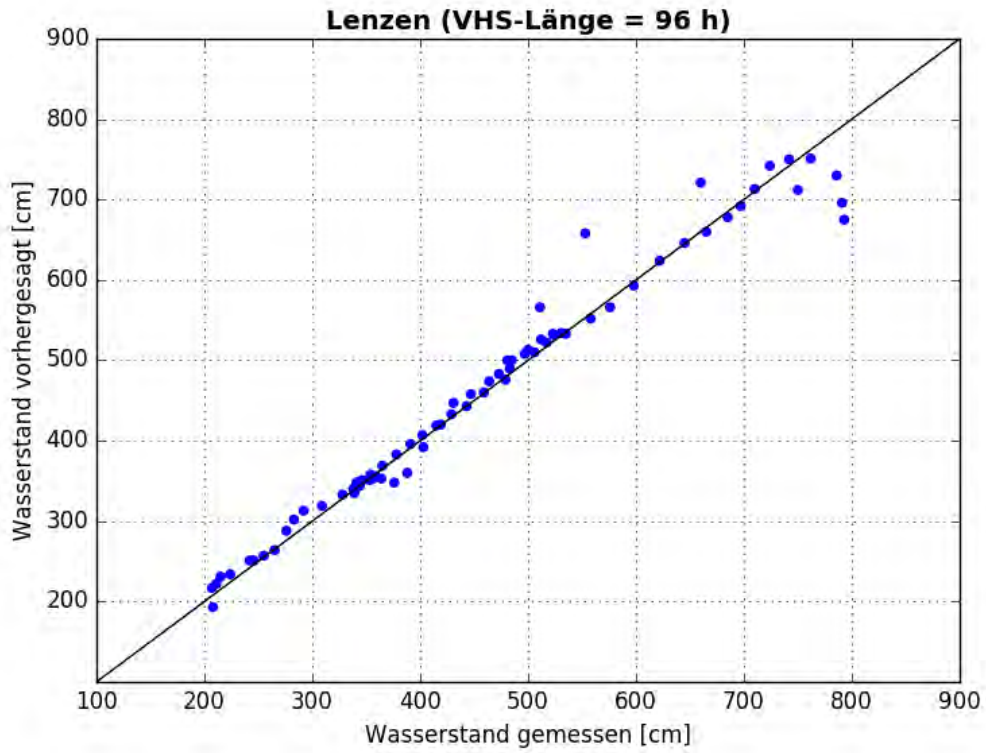


Abbildung C- 369: LENZ HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 96 h (VHS)

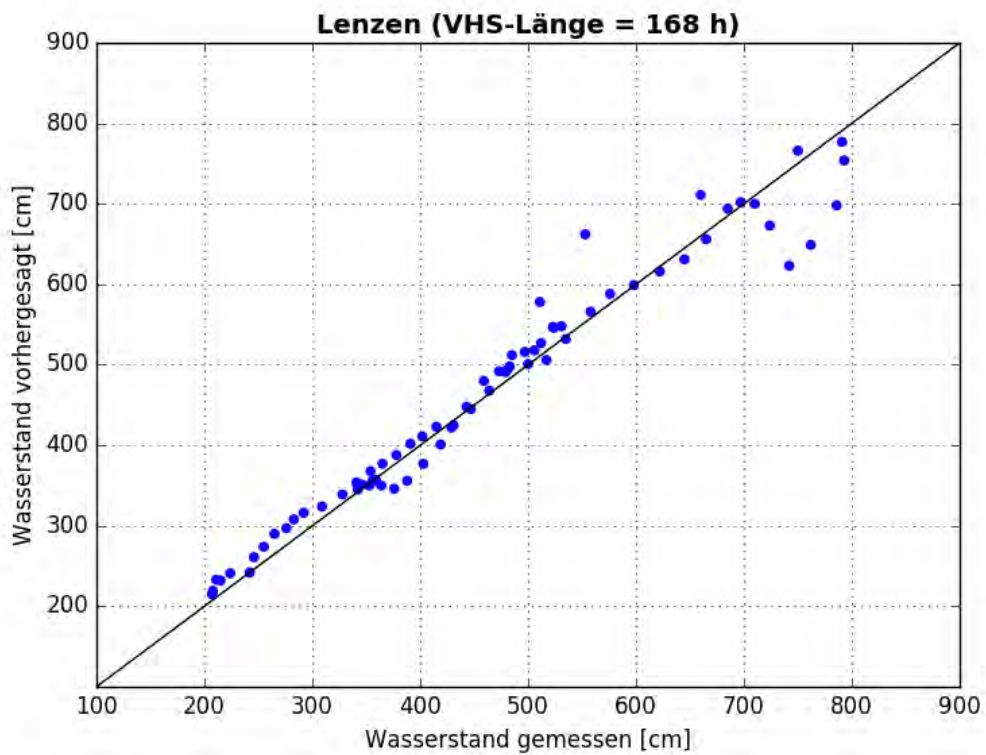


Abbildung C- 370: LENZ HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 168 h (Absch.)

VHS-Länge = 24 h
Schwellenwert = 581.00 cm

		Messung \geq Schwelle	Messung $<$ Schwelle
VHS	\geq Schwelle	Hit 15	False Alarm 0
	$<$ Schwelle	Miss 0	Correct Negative 61

Lenzen

VHS-Länge = 48 h
Schwellenwert = 581.00 cm

		Messung \geq Schwelle	Messung $<$ Schwelle
VHS	\geq Schwelle	Hit 15	False Alarm 1
	$<$ Schwelle	Miss 0	Correct Negative 59

Lenzen

VHS-Länge = 96 h
Schwellenwert = 581.00 cm

		Messung \geq Schwelle	Messung $<$ Schwelle
VHS	\geq Schwelle	Hit 15	False Alarm 1
	$<$ Schwelle	Miss 0	Correct Negative 57

Lenzen

VHS-Länge = 168 h
Schwellenwert = 581.00 cm

		Messung \geq Schwelle	Messung $<$ Schwelle
VHS	\geq Schwelle	Hit 15	False Alarm 2
	$<$ Schwelle	Miss 0	Correct Negative 53

Lenzen

Abbildung C- 371: LENZ HW2013, Kontingenztafeln Schwellenwert 581

Anlage C-18: Pegel Dömitz, Elbe-km 504,72

Hochwasser März – April 2006

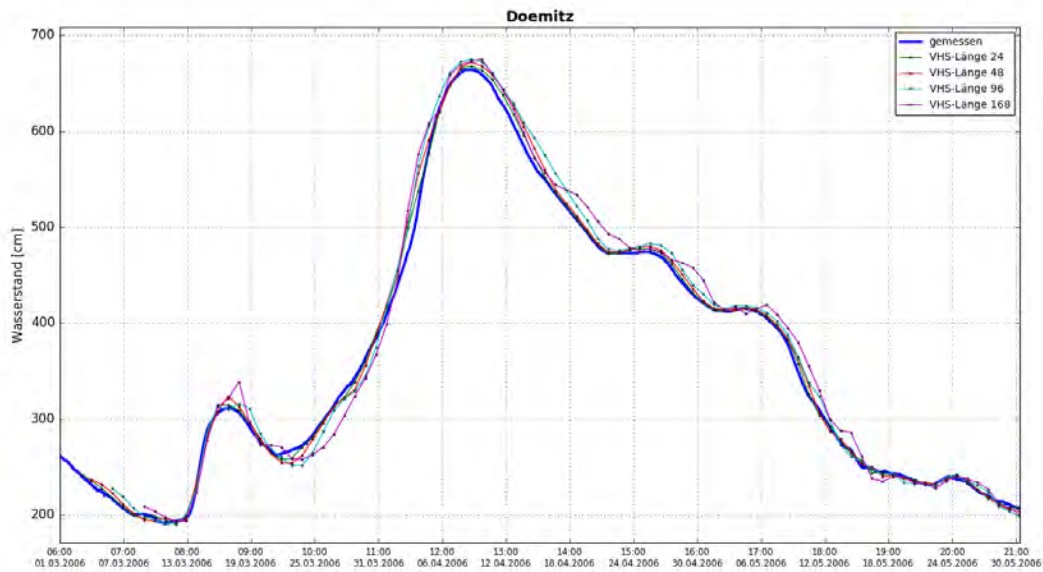


Abbildung C- 372: DOEM HW2006, Ganglinien-Vergleich

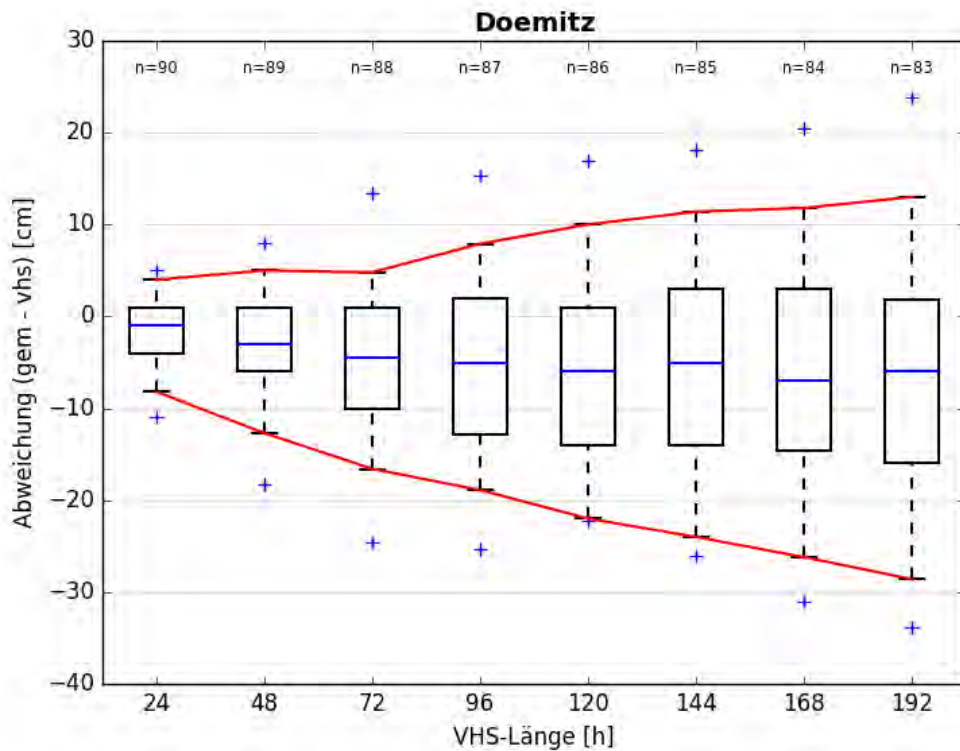


Abbildung C- 373: DOEM HW2006, Boxplot

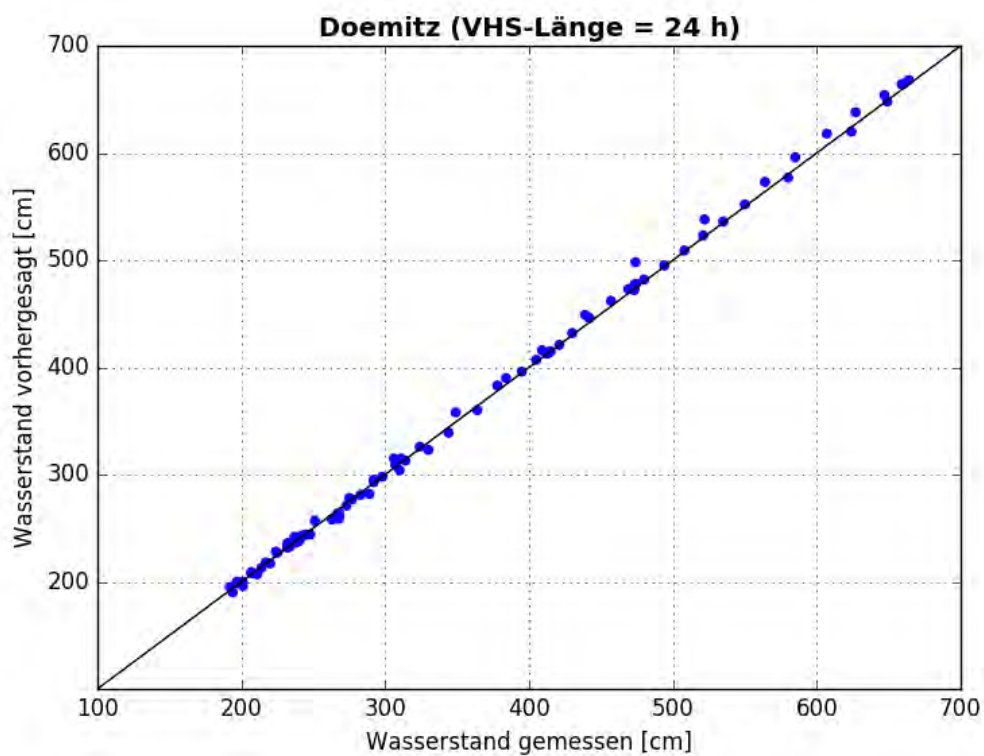


Abbildung C- 374: DOEM HW2006, Scatterplot – VHS-Länge 24 h (VHS)

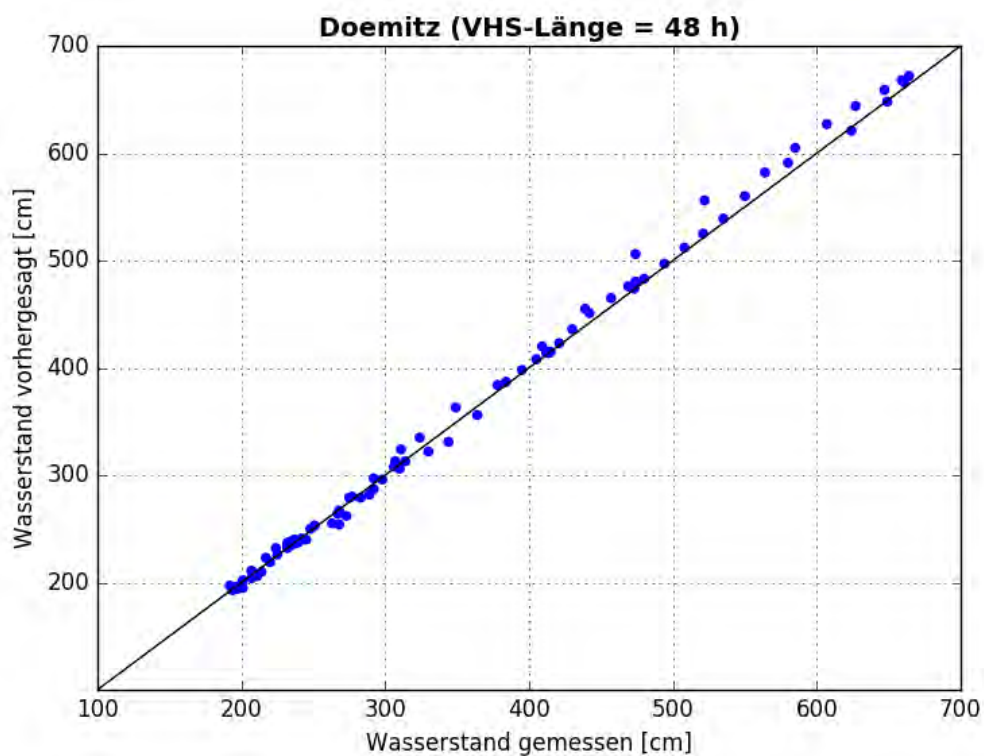


Abbildung C- 375: DOEM HW2006, Scatterplot – VHS-Länge 48 h (VHS)

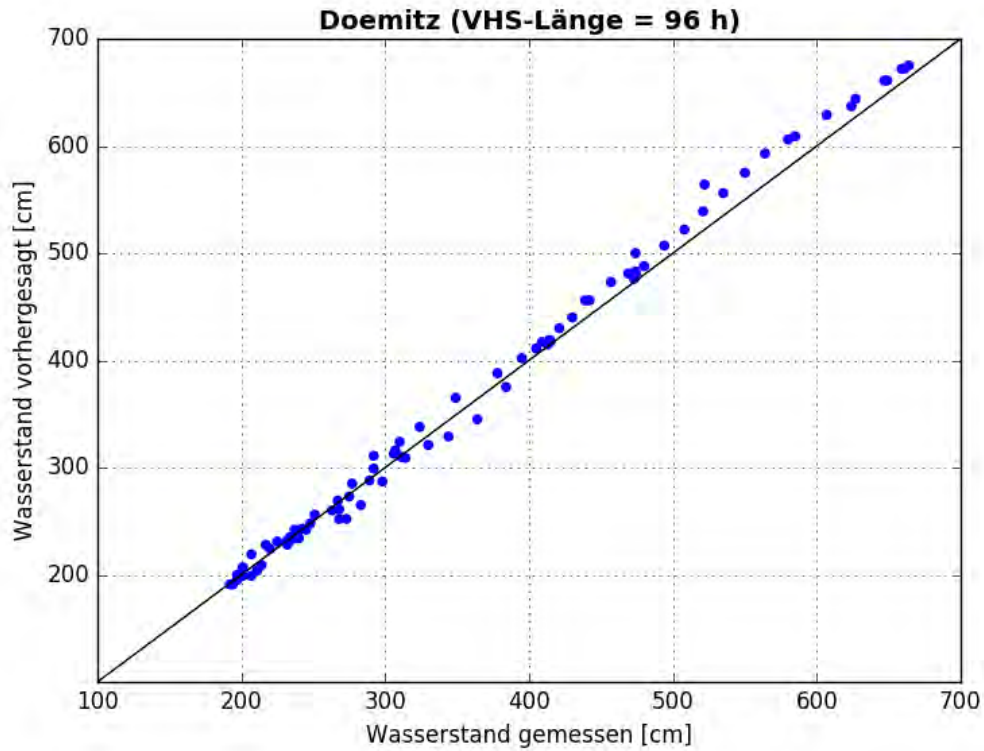


Abbildung C- 376: DOEM HW2006, Scatterplot – VHS-Länge 96 h (VHS)

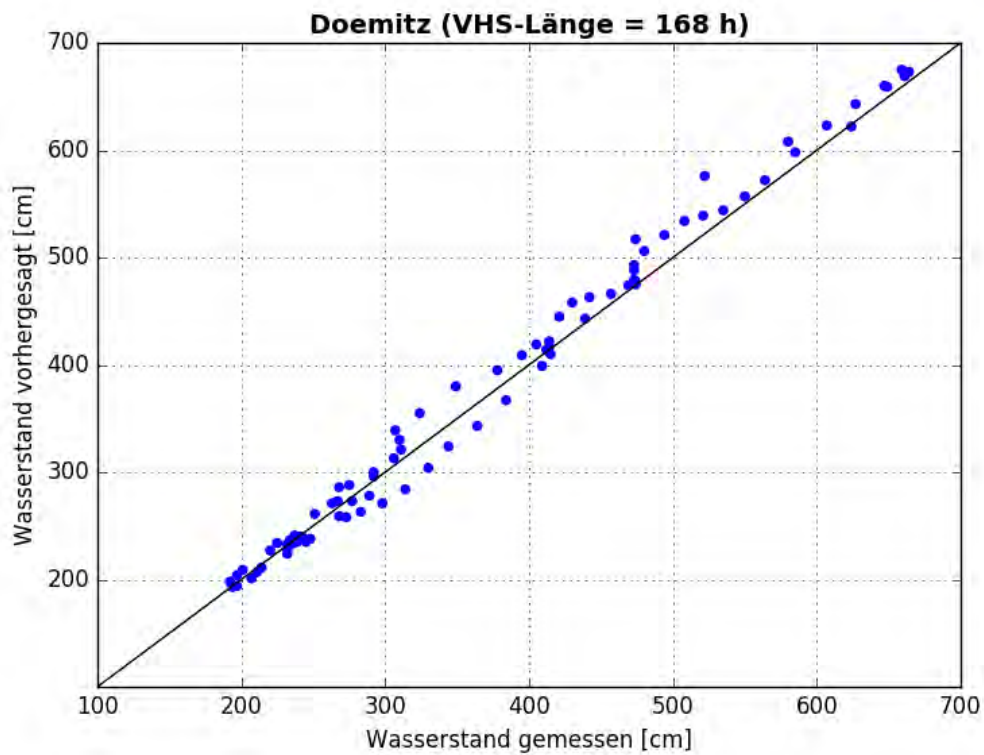


Abbildung C- 377: DOEM HW2006, Scatterplot – VHS-Länge 168 h (Absch.)



Abbildung C- 378: DOEM HW2006, Kontingenztafeln Schwellenwert 513



Abbildung C- 379: DOEM HW2006, Kontingenztafeln Schwellenwert 650

Hochwasser Januar - Februar 2011

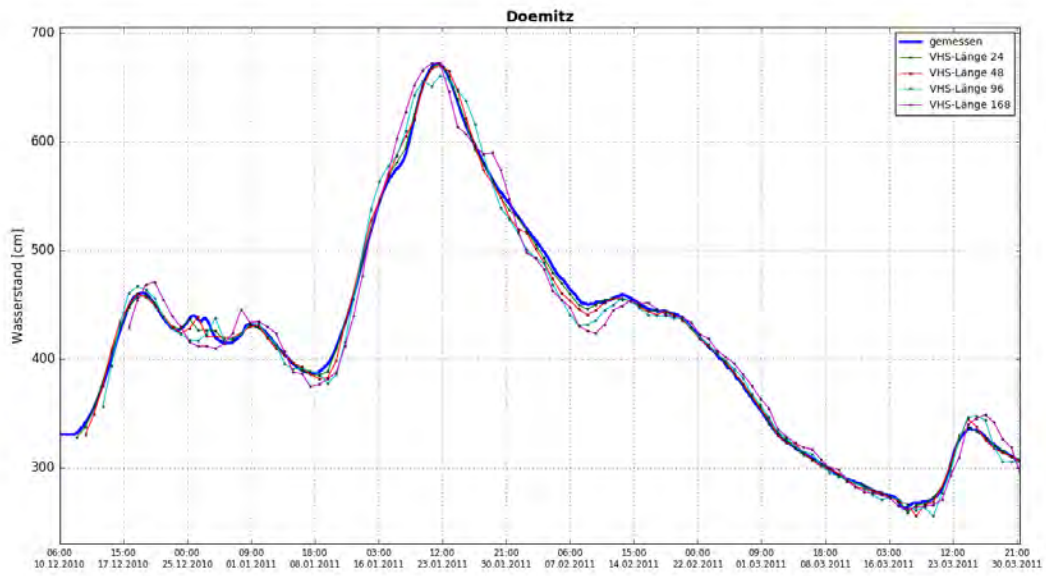


Abbildung C- 380: DOEM HW2011, Ganglinien-Vergleich

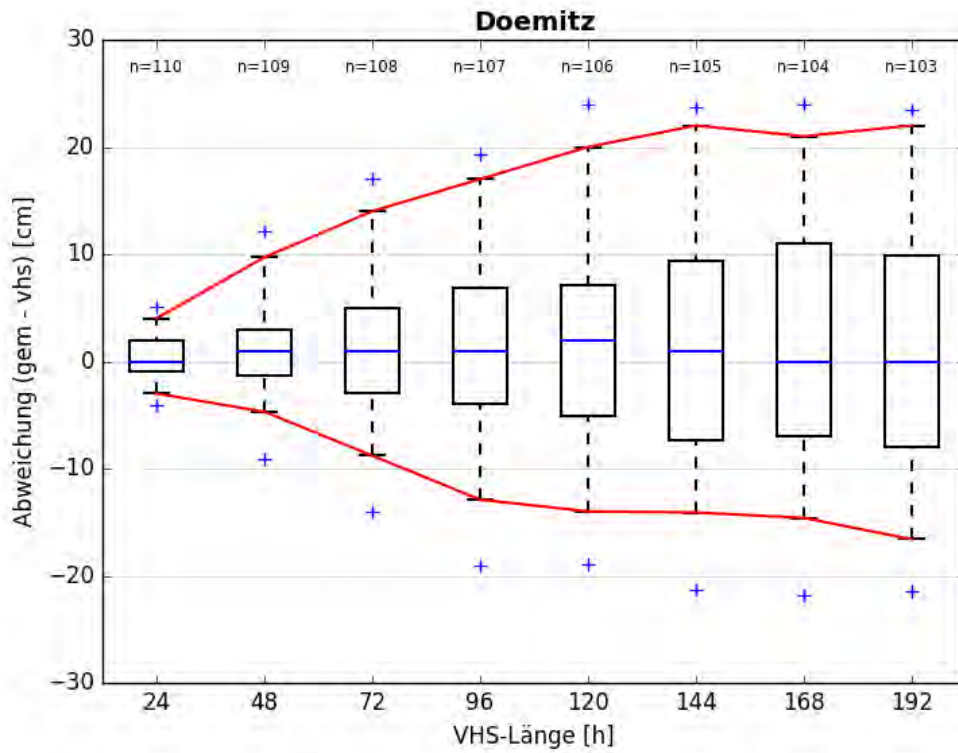


Abbildung C- 381: DOEM HW2011, Boxplot

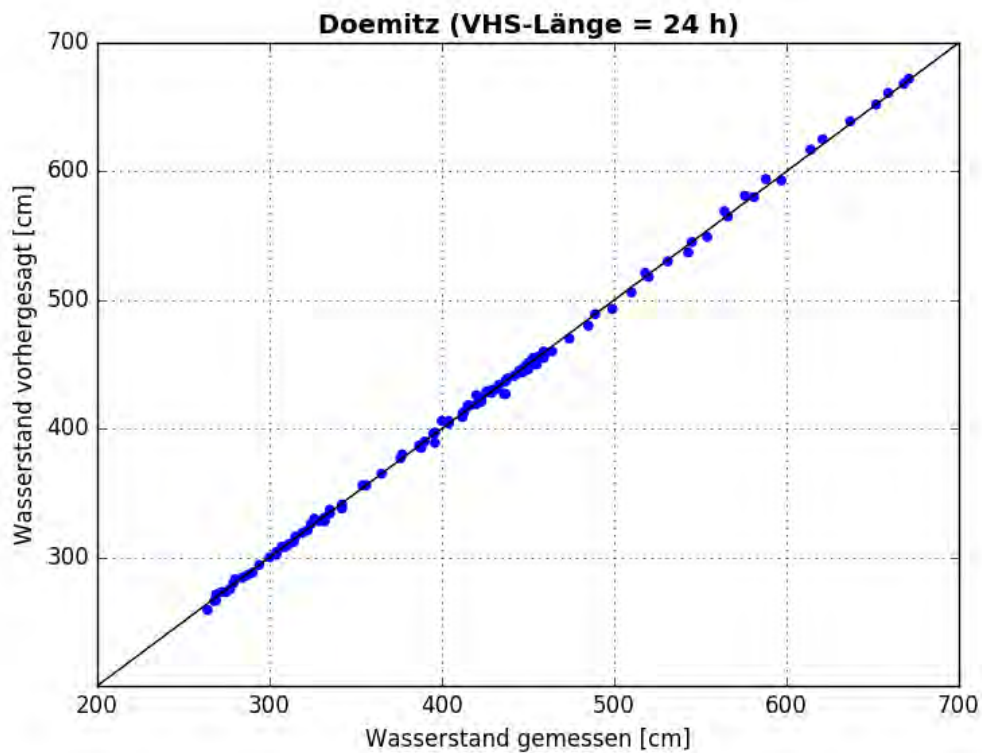


Abbildung C- 382: DOEM HW2011, Scatterplot – VHS-Länge 24 h (VHS)

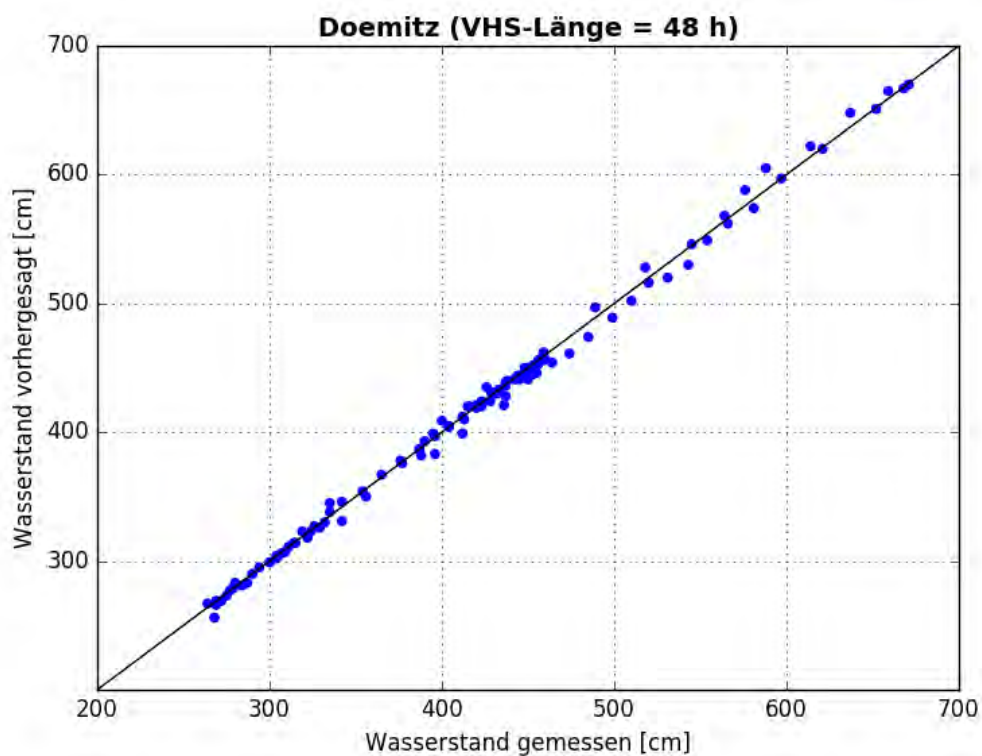


Abbildung C- 383: DOEM HW2011, Scatterplot – VHS-Länge 48 h (VHS)

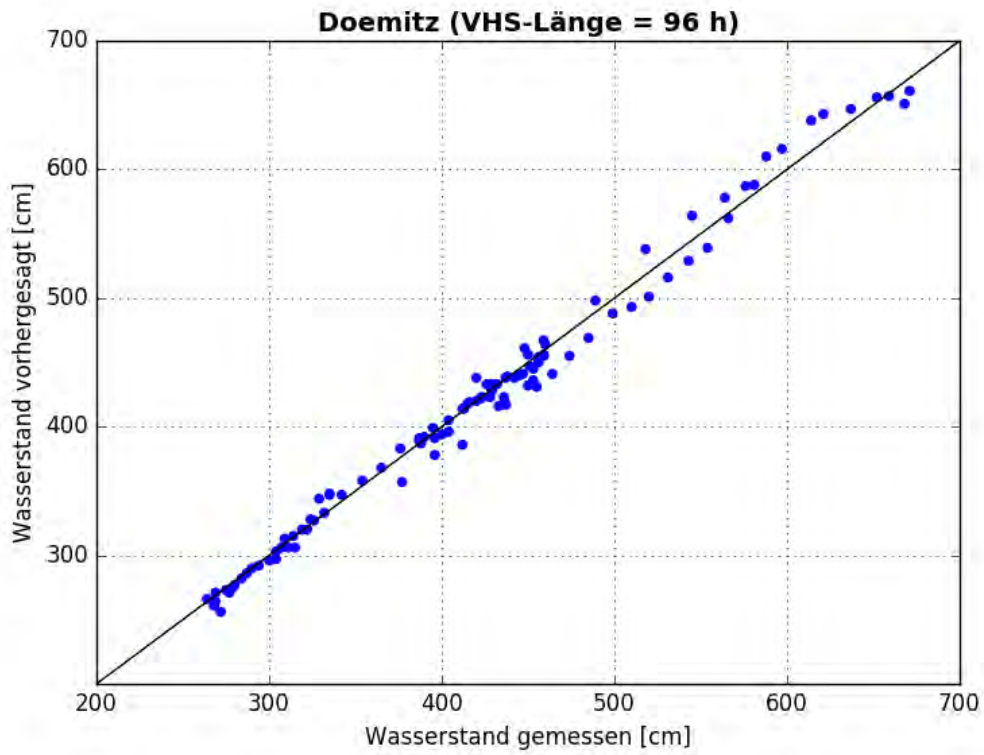


Abbildung C- 384: DOEM HW2011, Scatterplot – VHS-Länge 96 h (VHS)

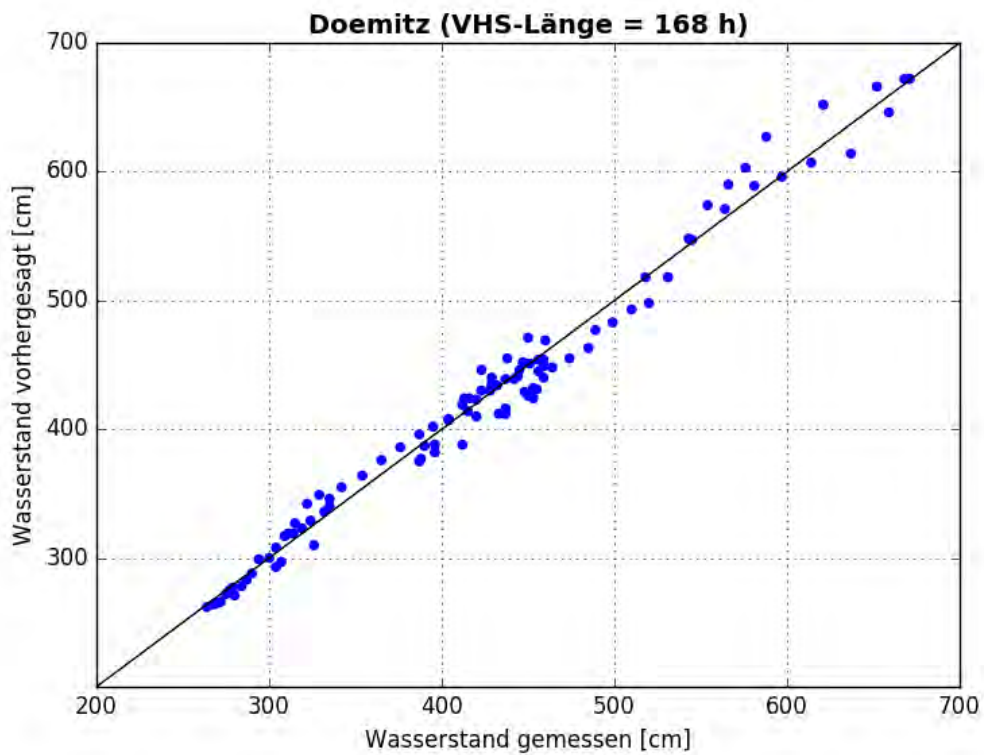


Abbildung C- 385: DOEM HW2011, Scatterplot – VHS-Länge 168 h (Absch.)

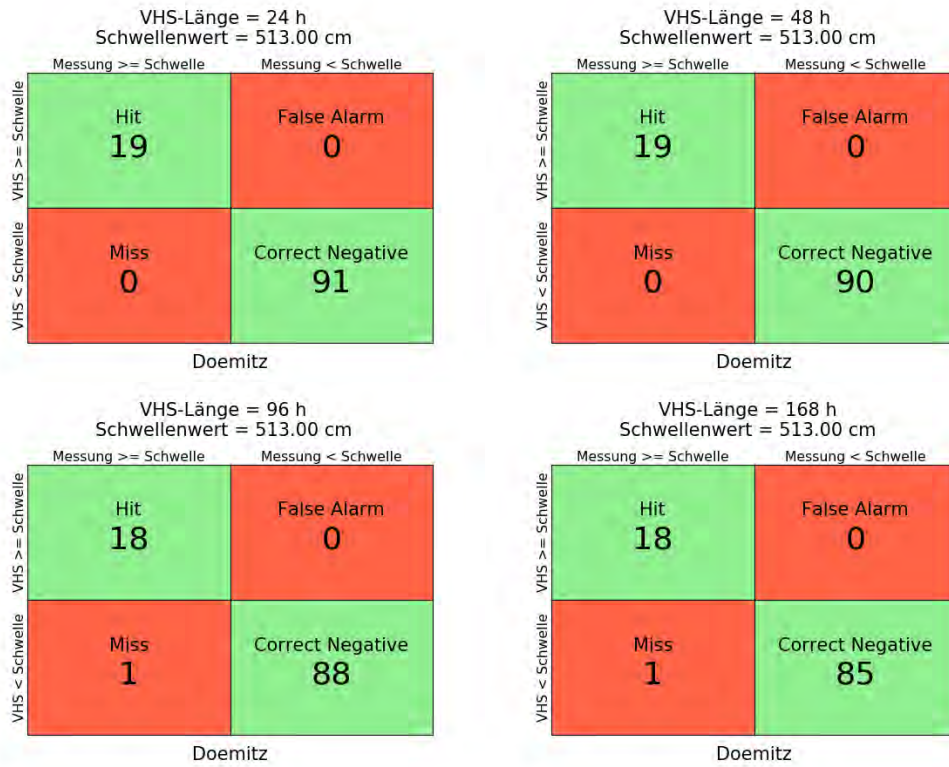


Abbildung C- 386: DOEM HW2011, Kontingenztafeln Schwellenwert 513



Abbildung C- 387: DOEM HW2011, Kontingenztafeln Schwellenwert 650

Hochwasser April – Mai 2013

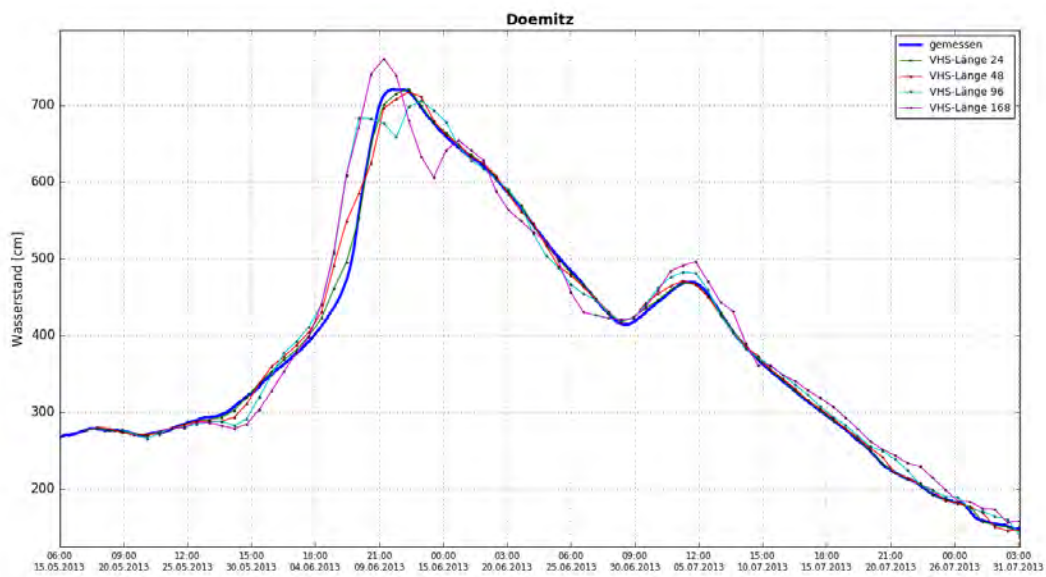


Abbildung C- 388: DOEM HW2013, Ganglinien-Vergleich

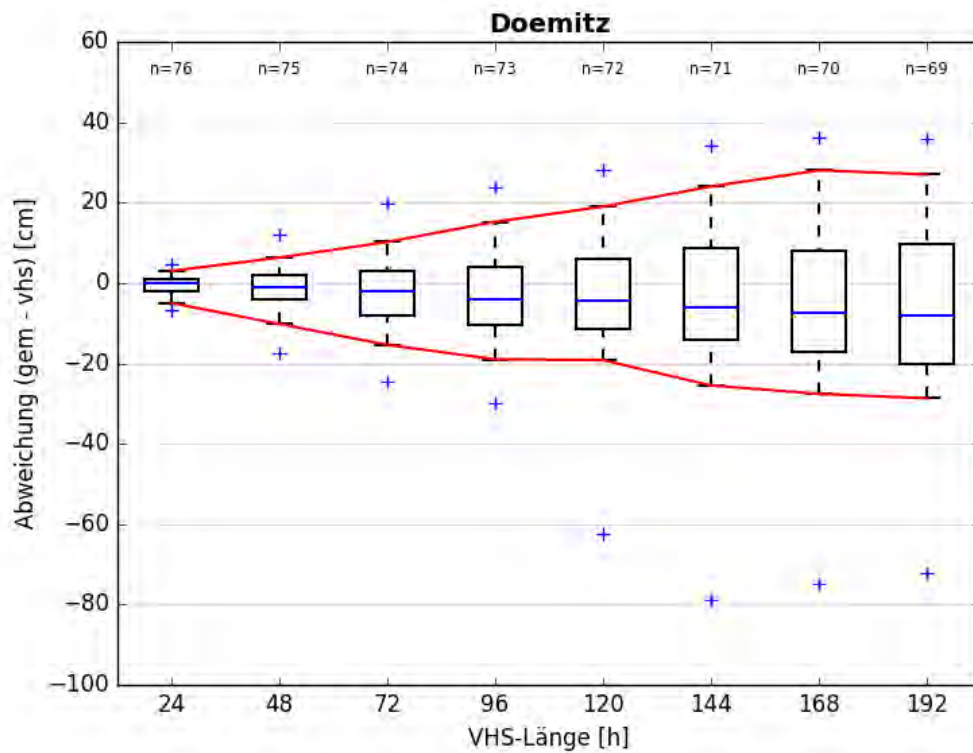


Abbildung C- 389: DOEM HW2013, Boxplot

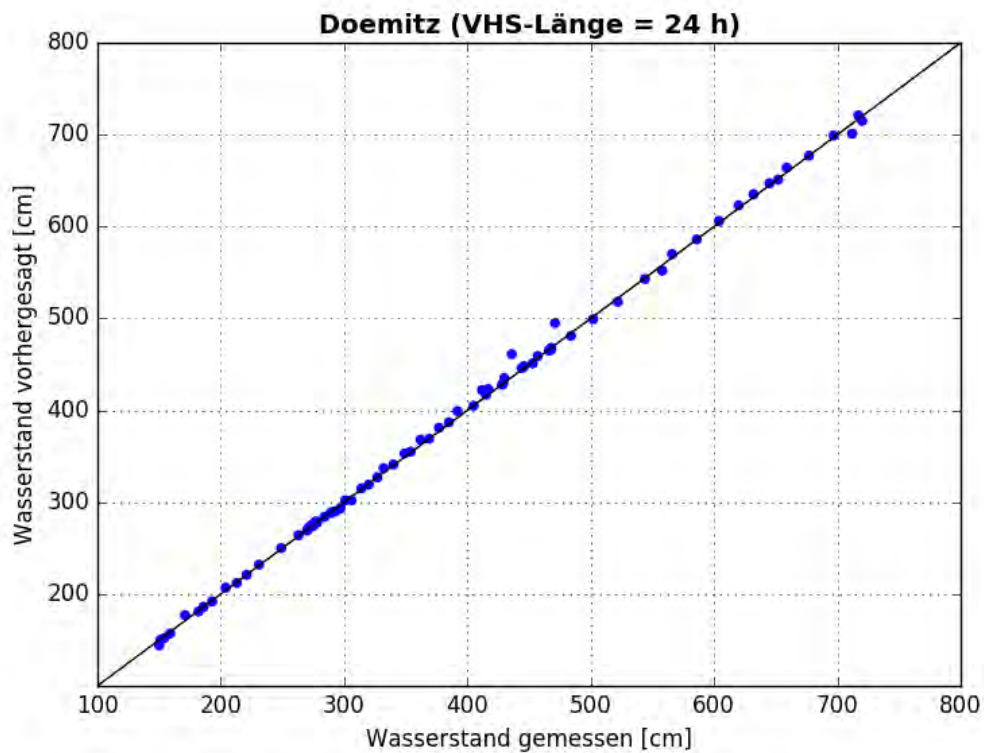


Abbildung C- 390: DOEM HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 24 h (VHS)

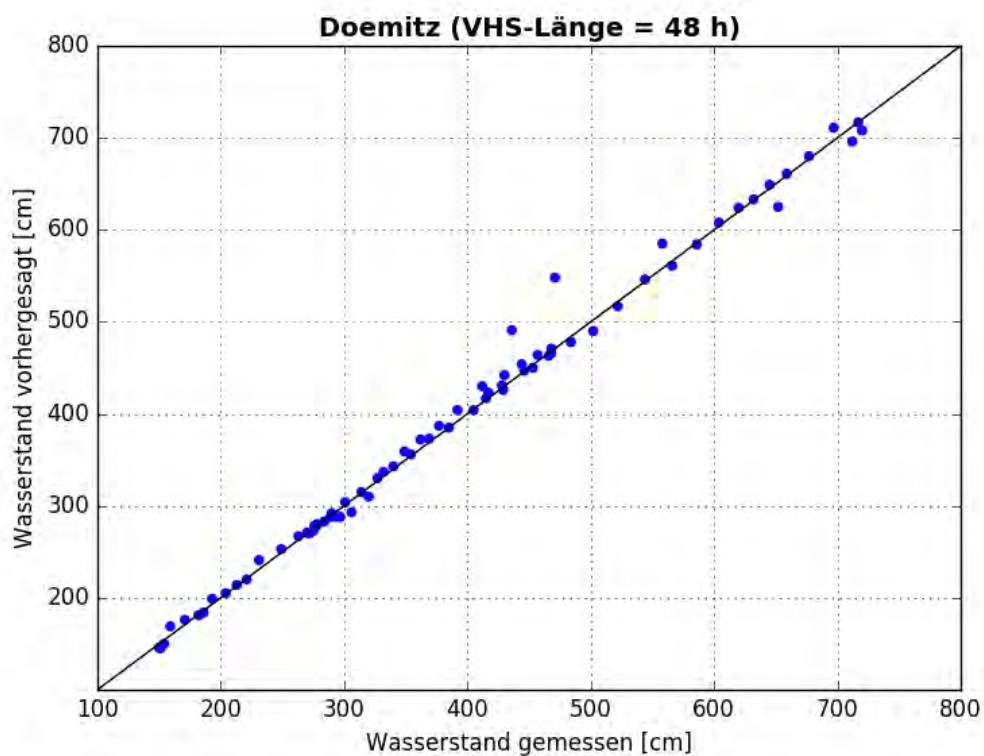


Abbildung C- 391: DOEM HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 48 h (VHS)

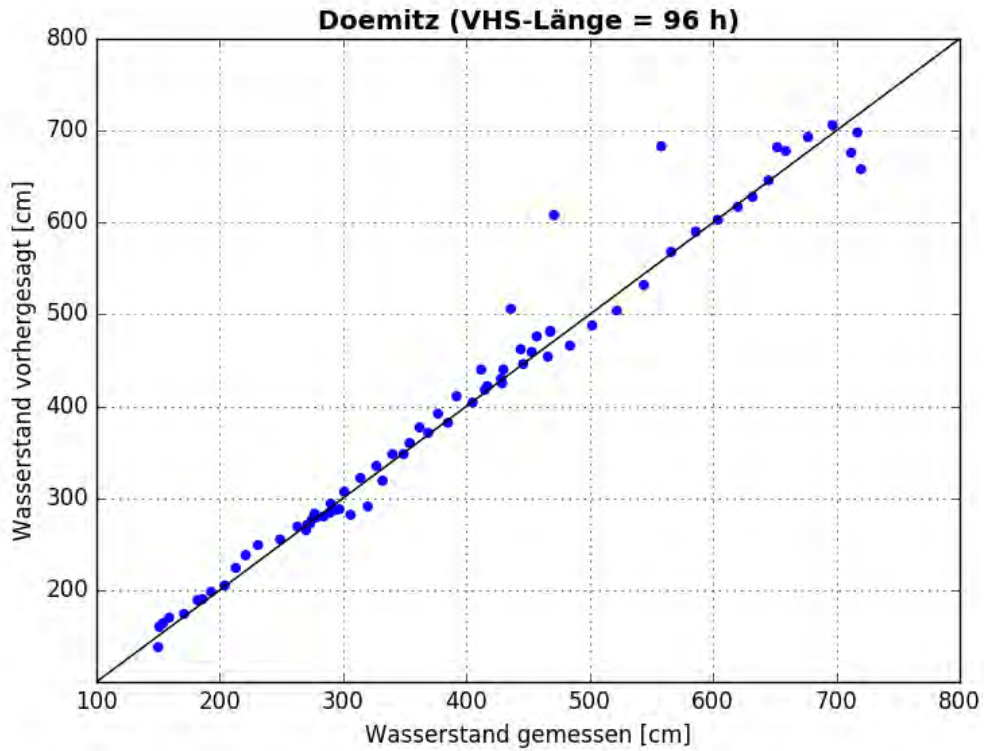


Abbildung C- 392: DOEM HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 96 h (VHS)

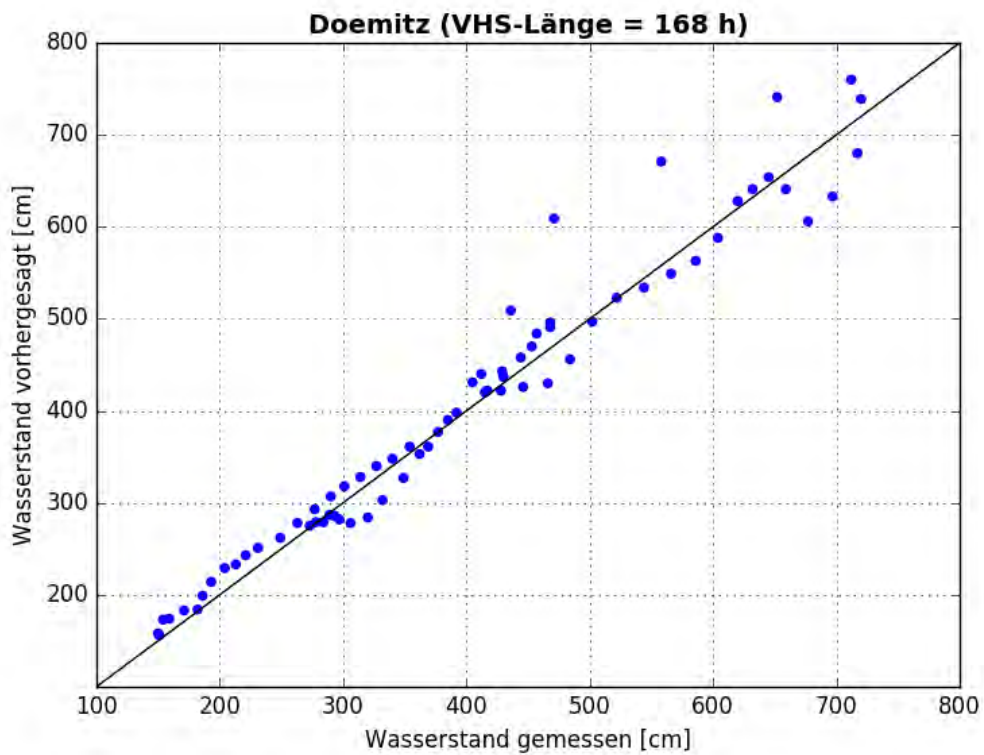


Abbildung C- 393: DOEM HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 168 h (Absch.)

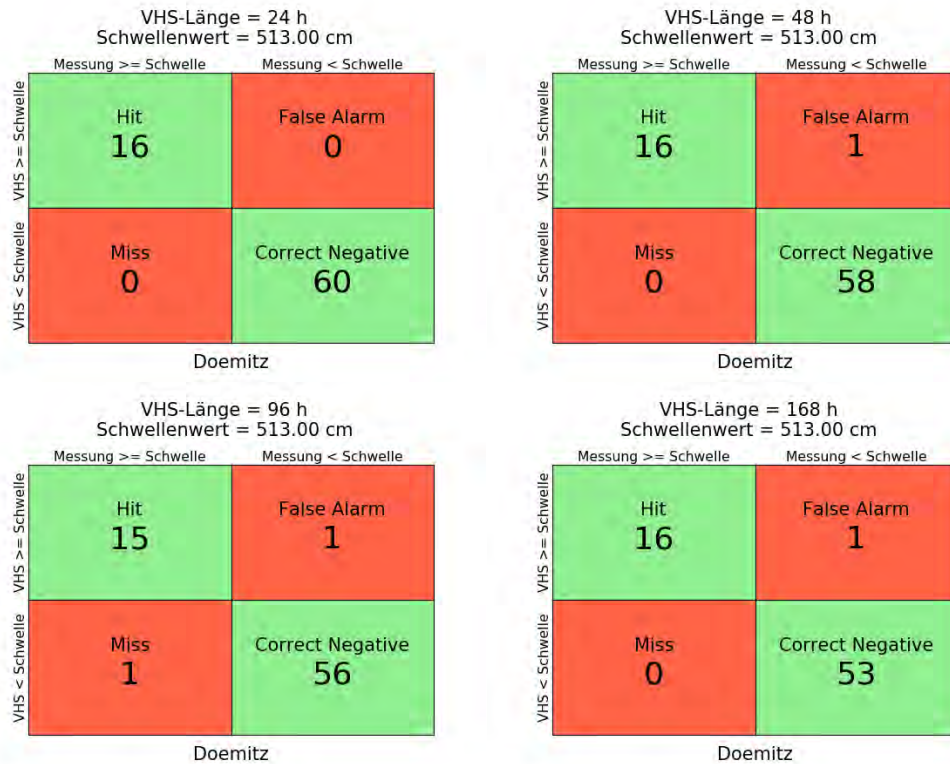


Abbildung C- 394: DOEM HW2013, Kontingenztafeln Schwellenwert 513

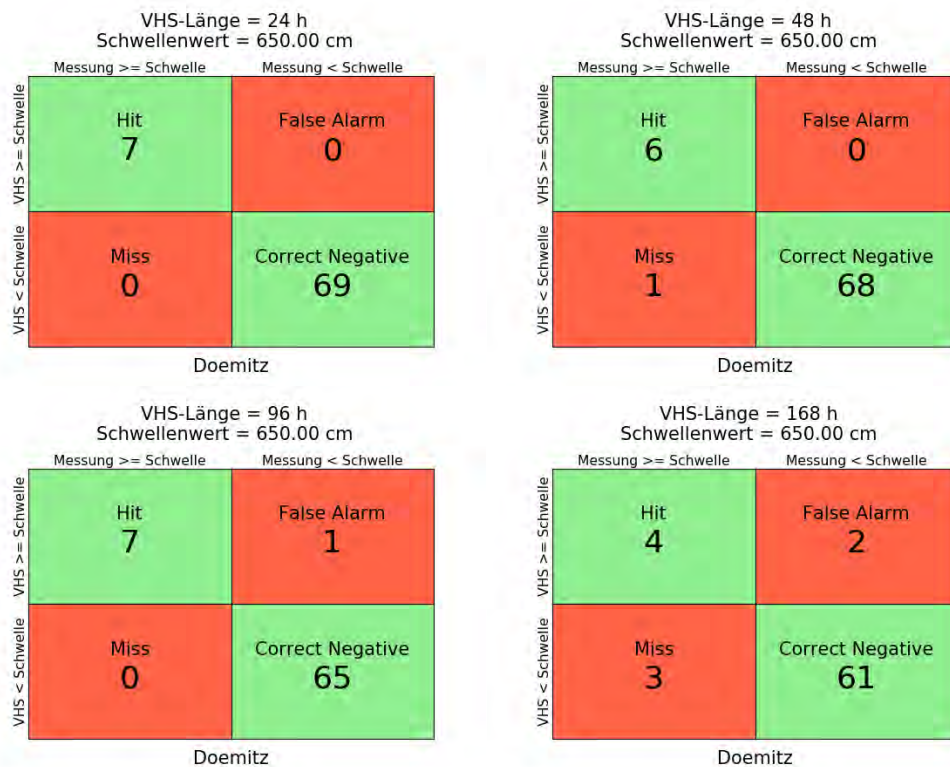


Abbildung C- 395: DOEM HW2013, Kontingenztafeln Schwellenwert 650

Anlage C-19: Pegel Hitzacker, Elbe-km 536,44

Hochwasser März – April 2006

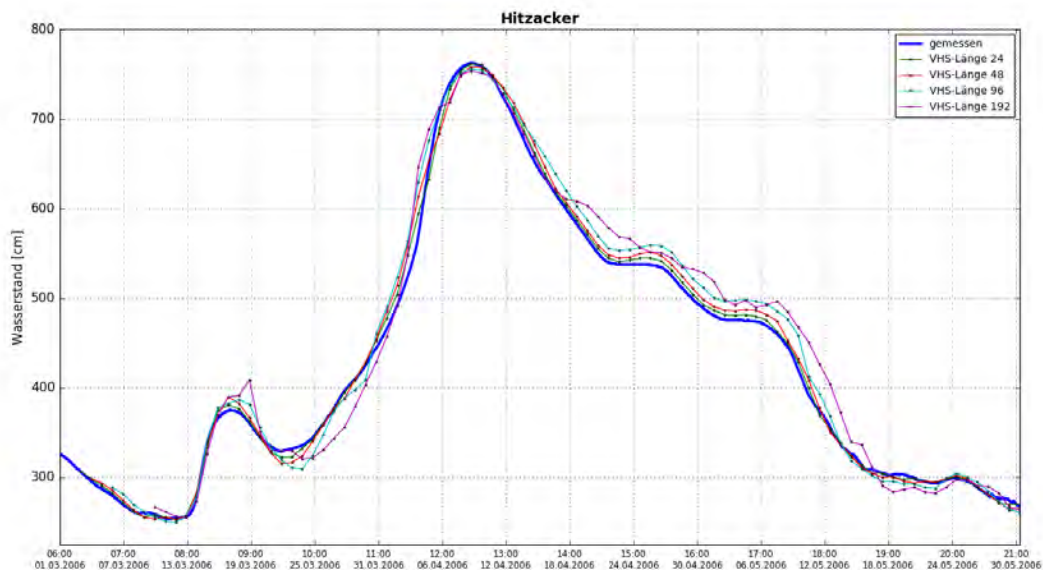


Abbildung C- 396: HITZ HW2006, Ganglinien-Vergleich

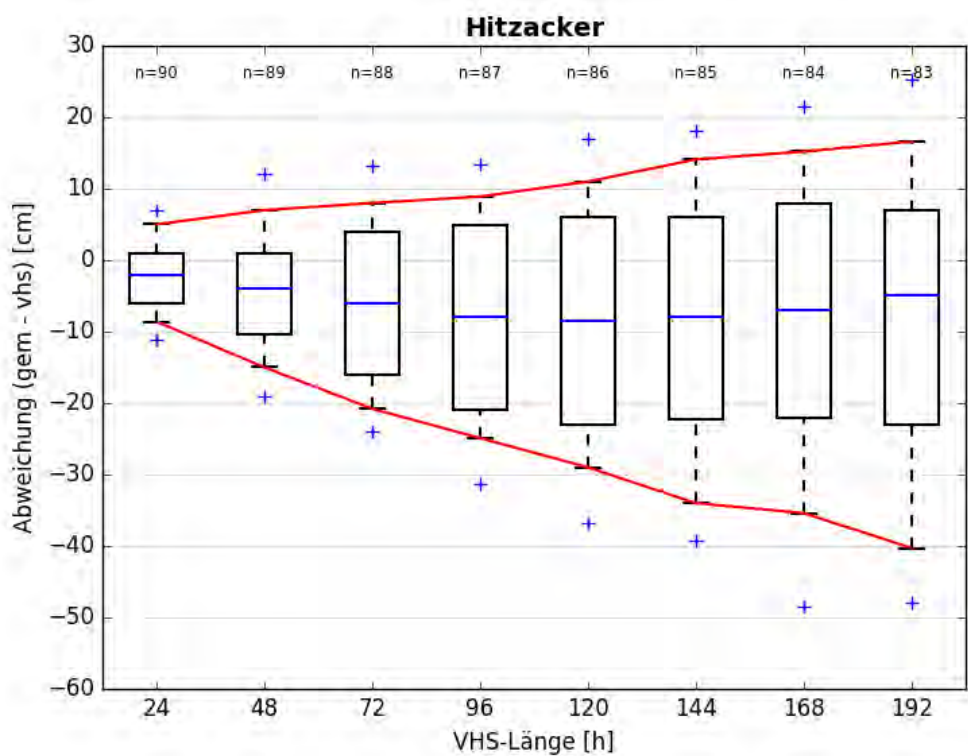


Abbildung C- 397: HITZ HW2006, Boxplot

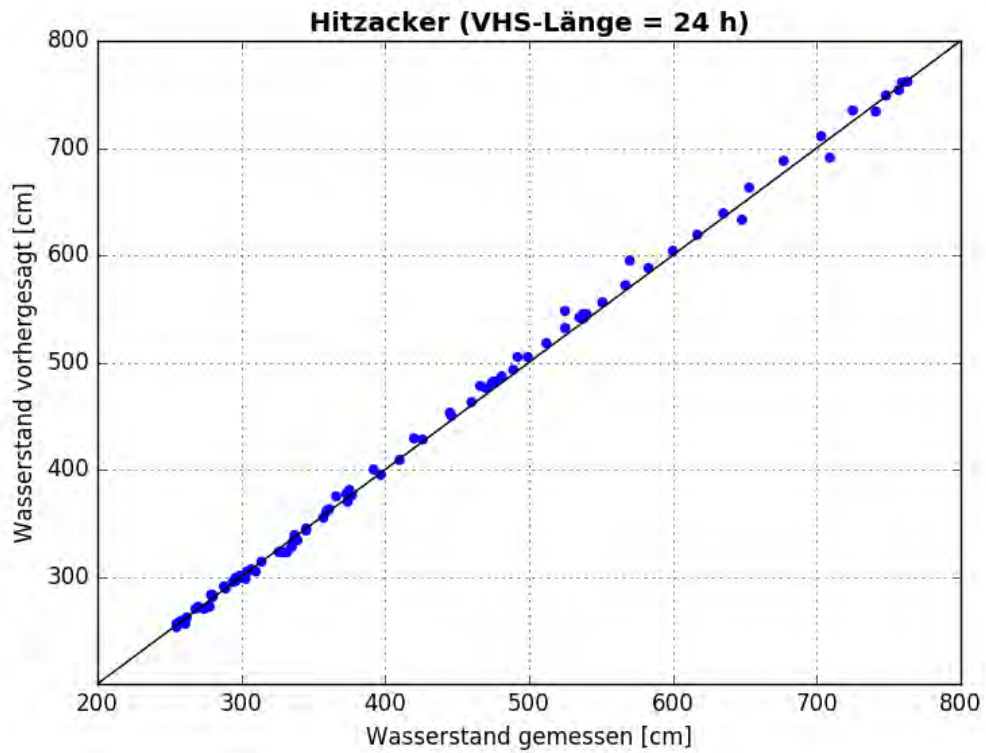


Abbildung C- 398: HITZ HW2006, Scatterplot – VHS-Länge 24 h (VHS)

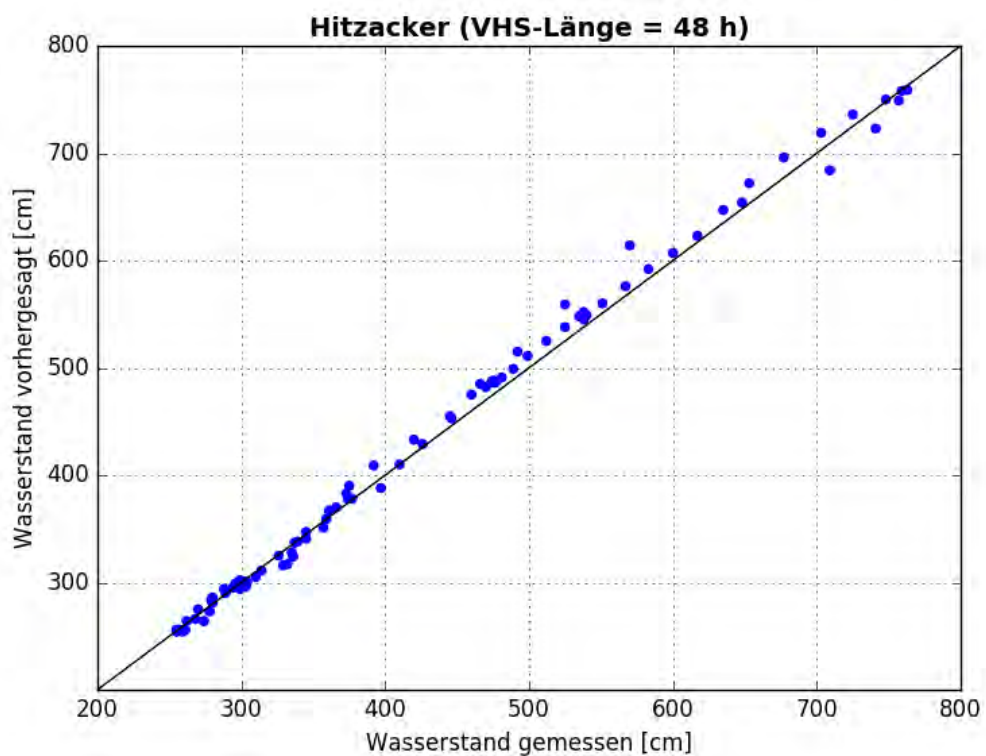


Abbildung C- 399: HITZ HW2006, Scatterplot – VHS-Länge 48 h (VHS)

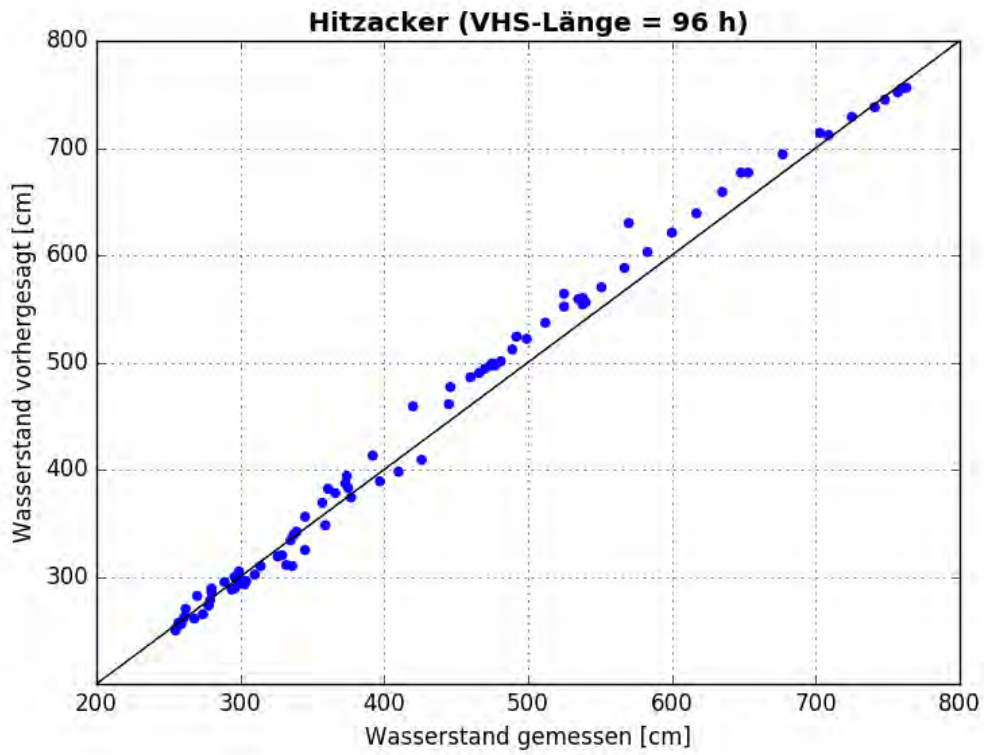


Abbildung C- 400: HITZ HW2006, Scatterplot – VHS-Länge 96 h (VHS)

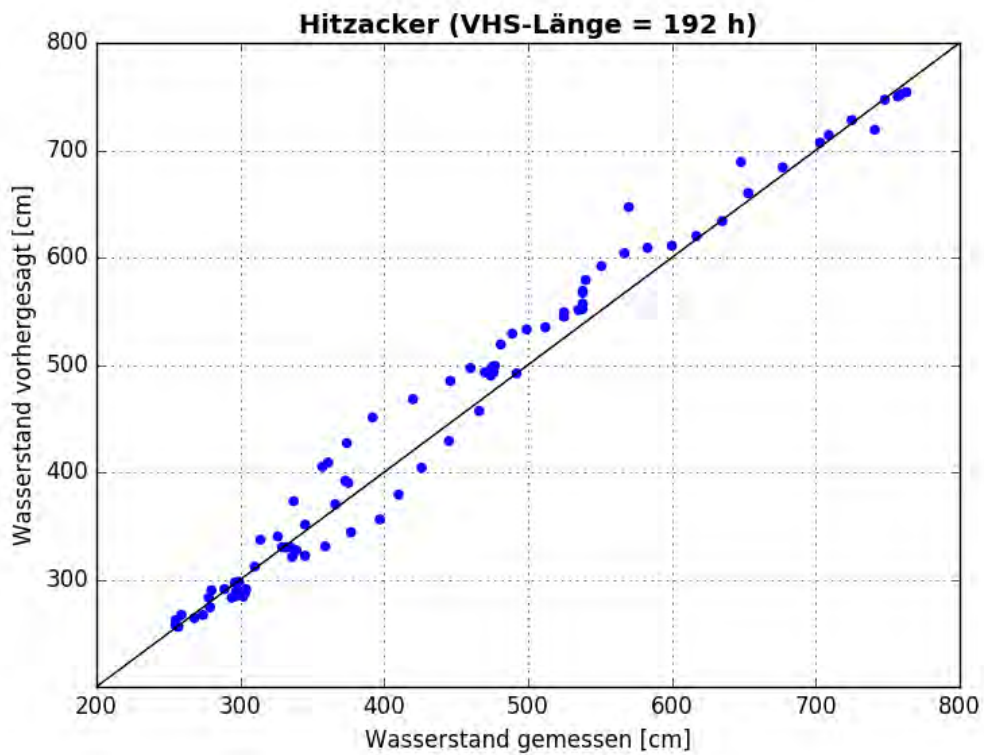


Abbildung C- 401: HITZ HW2006, Scatterplot – VHS-Länge 192 h (Absch.)



Abbildung C- 402: HITZ HW2006, Kontingenztafeln Schwellenwert 588

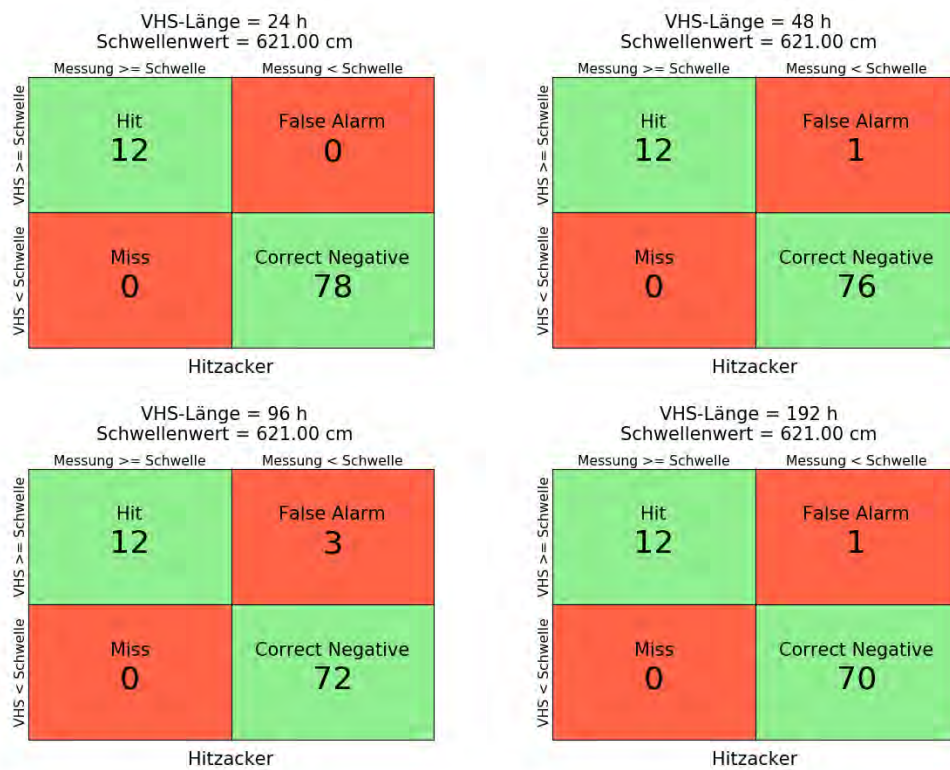


Abbildung C- 403: HITZ HW2006, Kontingenztafeln Schwellenwert 621

Hochwasser Januar - Februar 2011

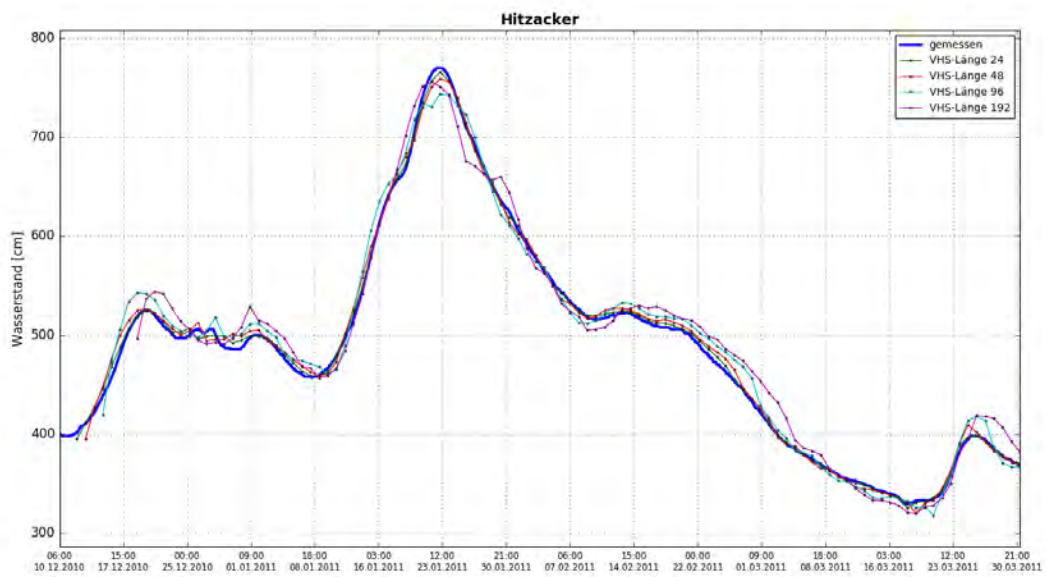


Abbildung C- 404: HITZ HW2011, Ganglinien-Vergleich

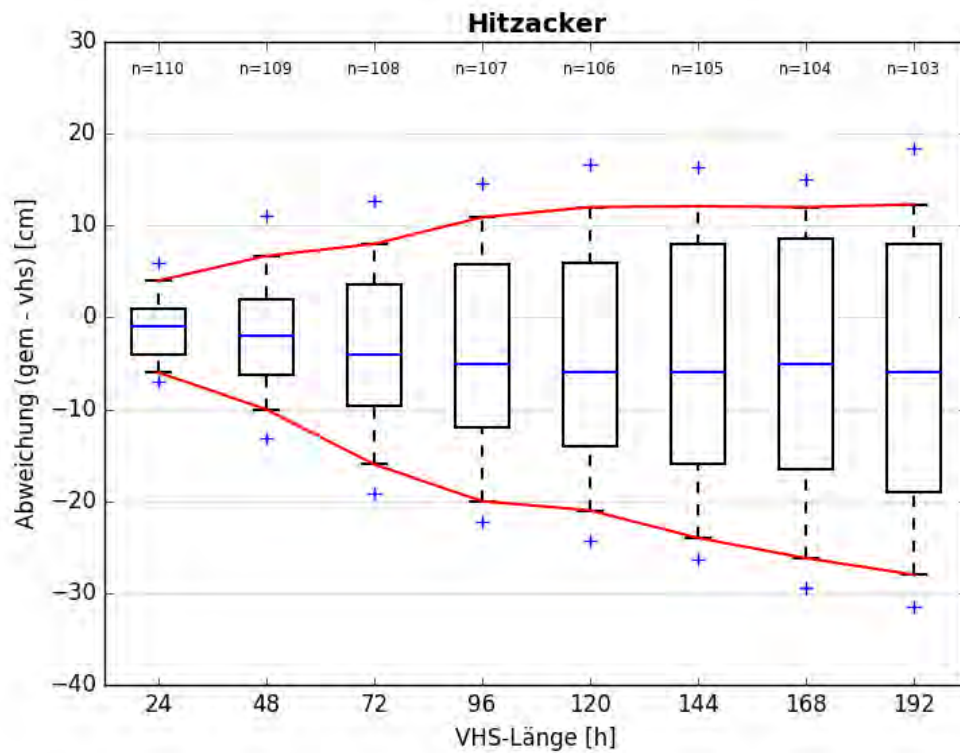


Abbildung C- 405: HITZ HW2011, Boxplot

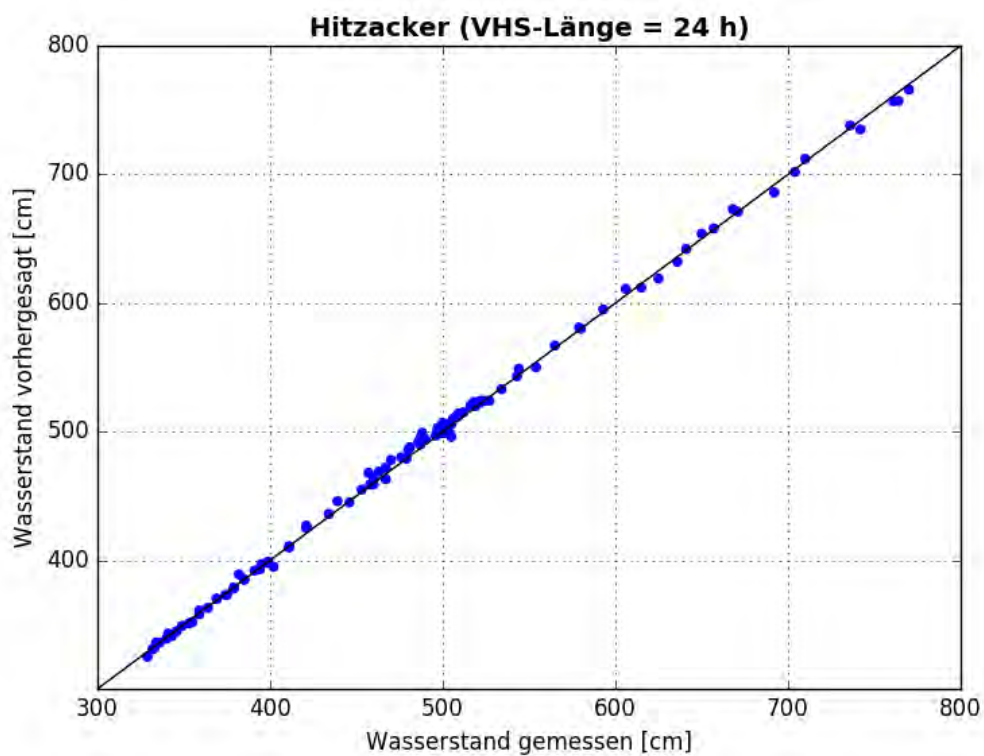


Abbildung C- 406: HITZ HW2011, Scatterplot – VHS-Länge 24 h (VHS)

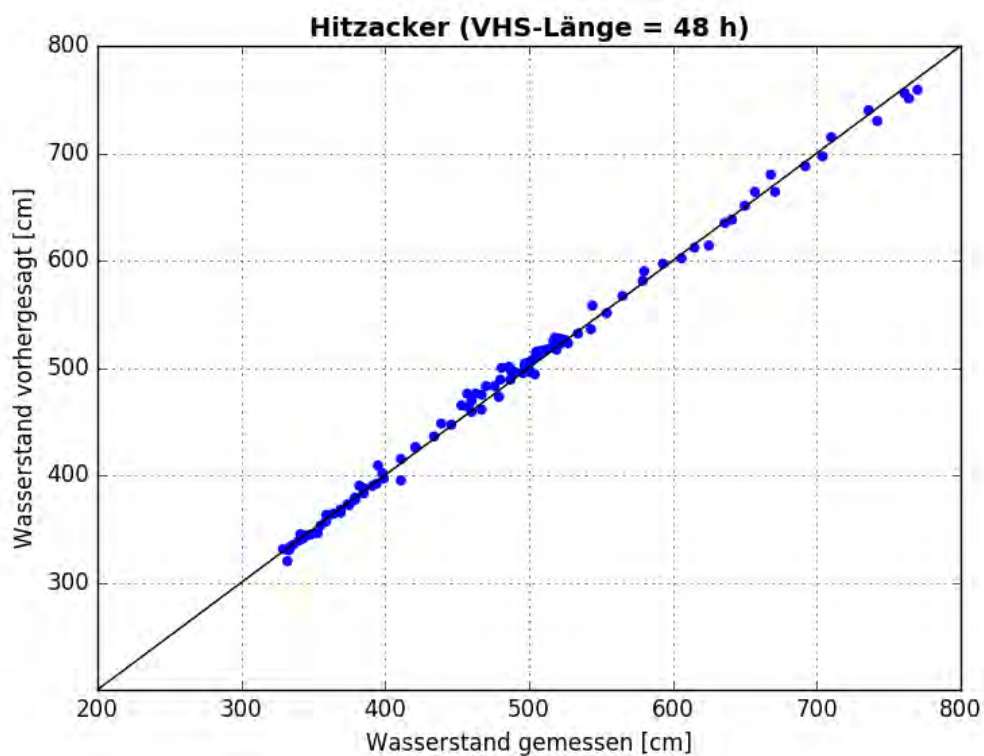


Abbildung C- 407: HITZ HW2011, Scatterplot – VHS-Länge 48 h (VHS)

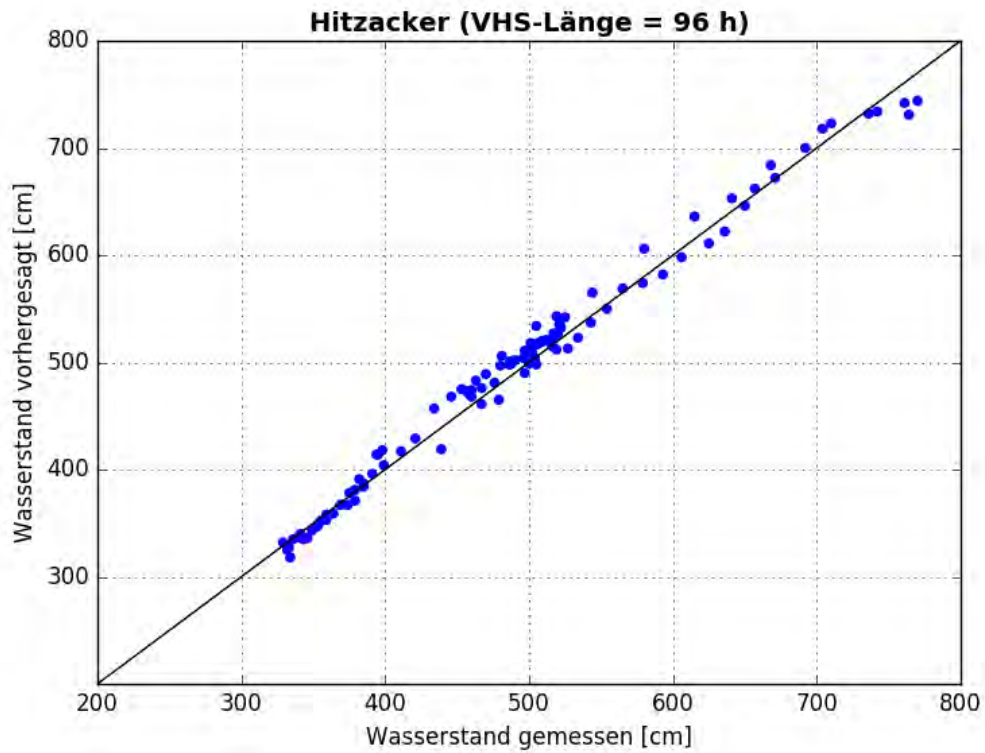


Abbildung C- 408: HITZ HW2011, Scatterplot – VHS-Länge 96 h (VHS)

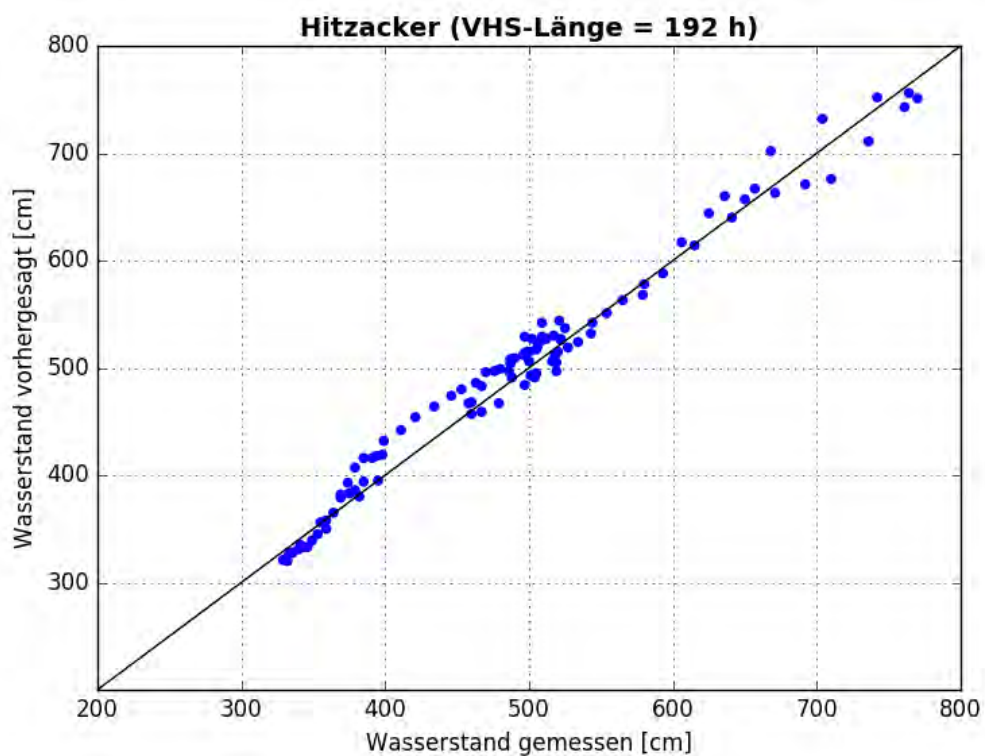


Abbildung C- 409: HITZ HW2011, Scatterplot – VHS-Länge 192 h (Absch.)



Abbildung C- 410: HITZ HW2011, Kontingenztafeln Schwellenwert 588

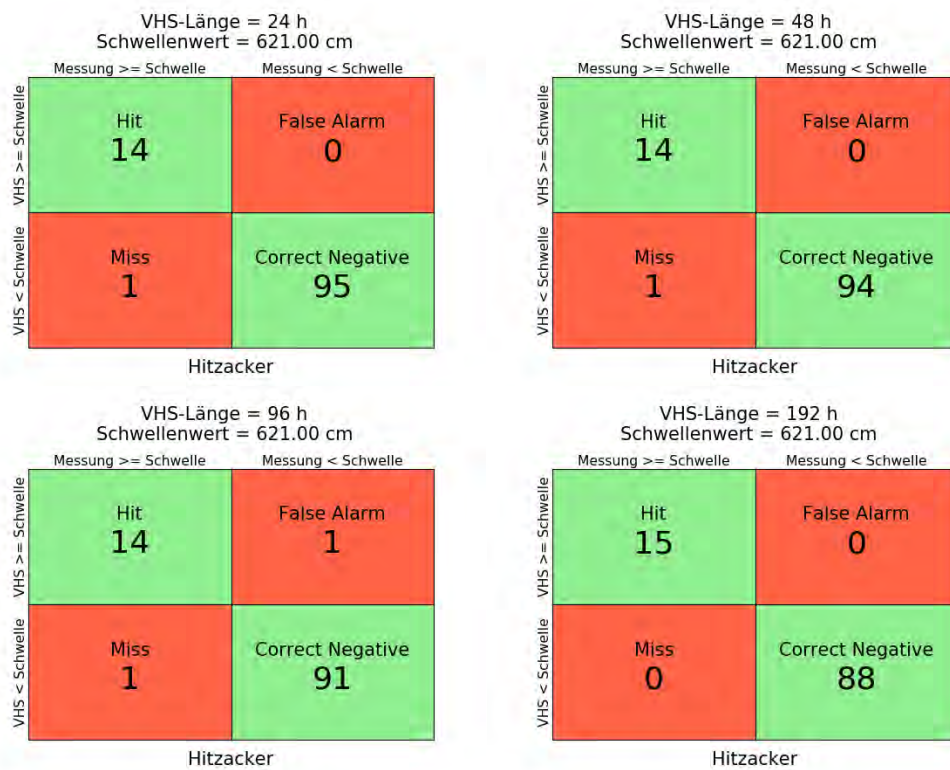


Abbildung C- 411: HITZ HW2011, Kontingenztafeln Schwellenwert 621

Hochwasser April – Mai 2013

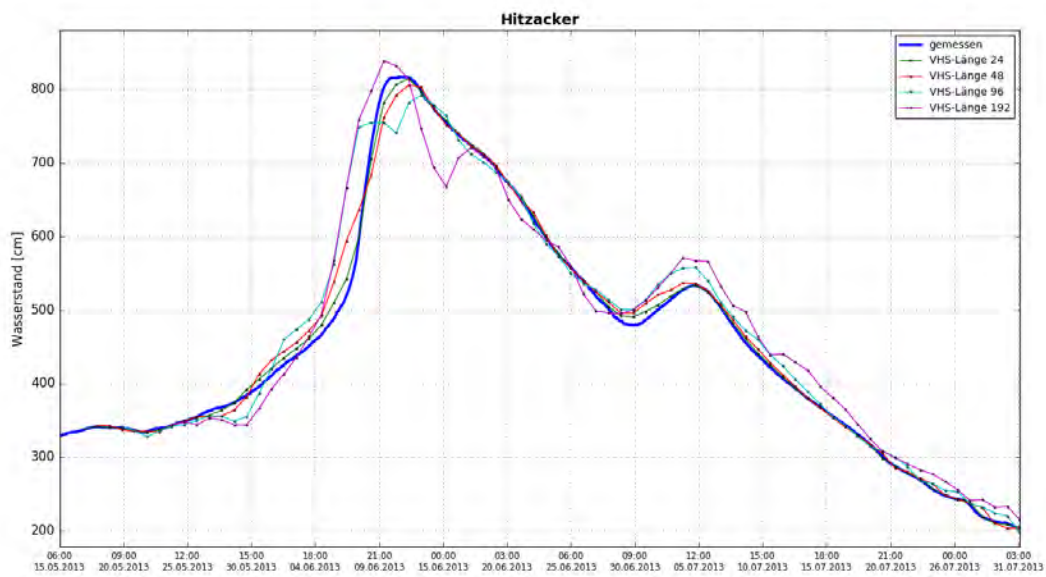


Abbildung C- 412: HITZ HW2013, Ganglinien-Vergleich

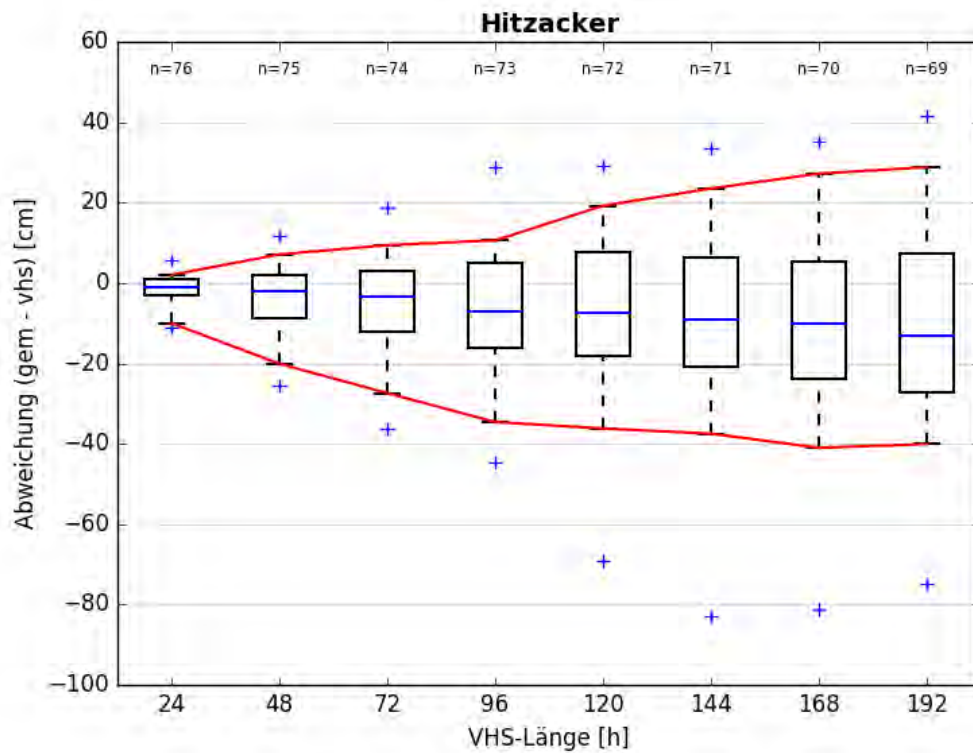


Abbildung C- 413: HITZ HW2013, Boxplot

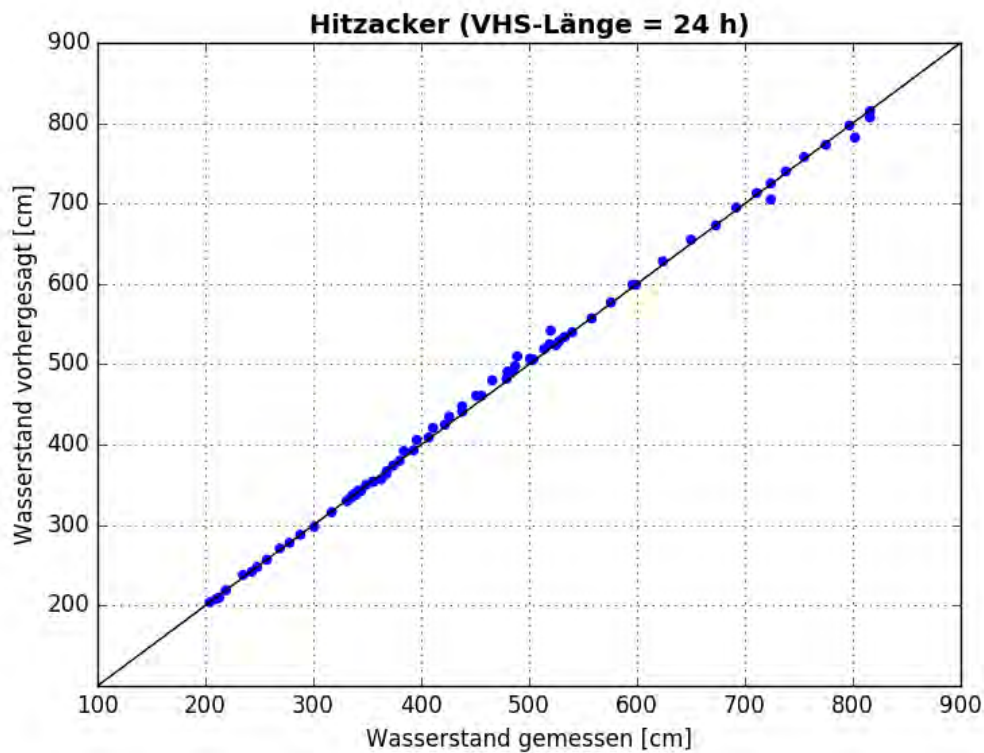


Abbildung C- 414: HITZ HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 24 h (VHS)

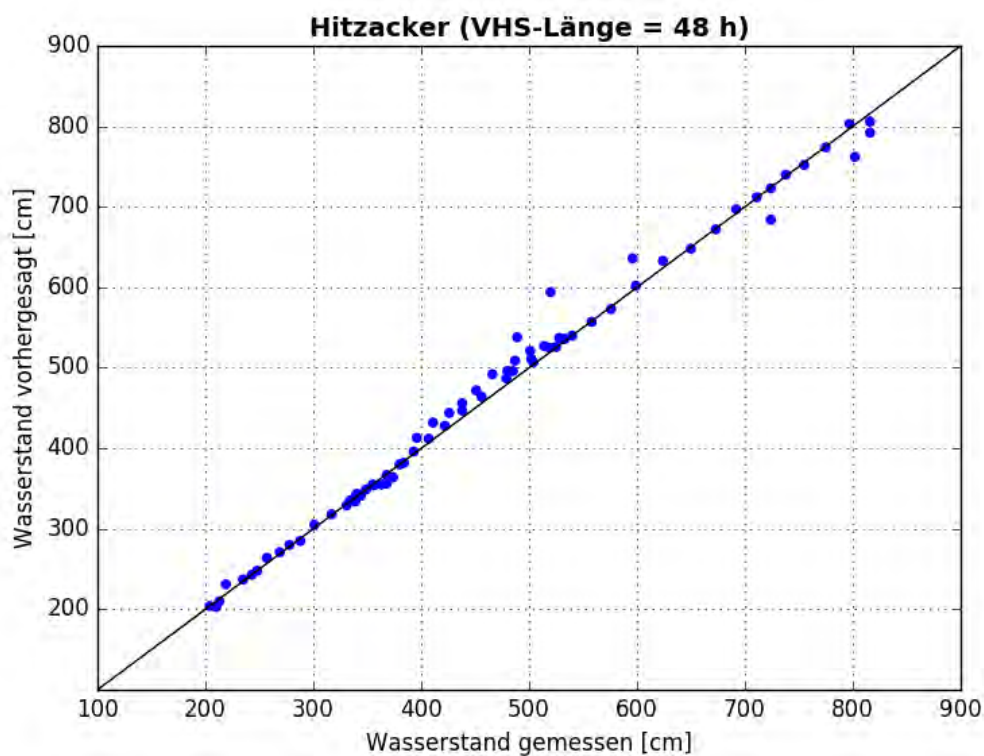


Abbildung C- 415: HITZ HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 48 h (VHS)

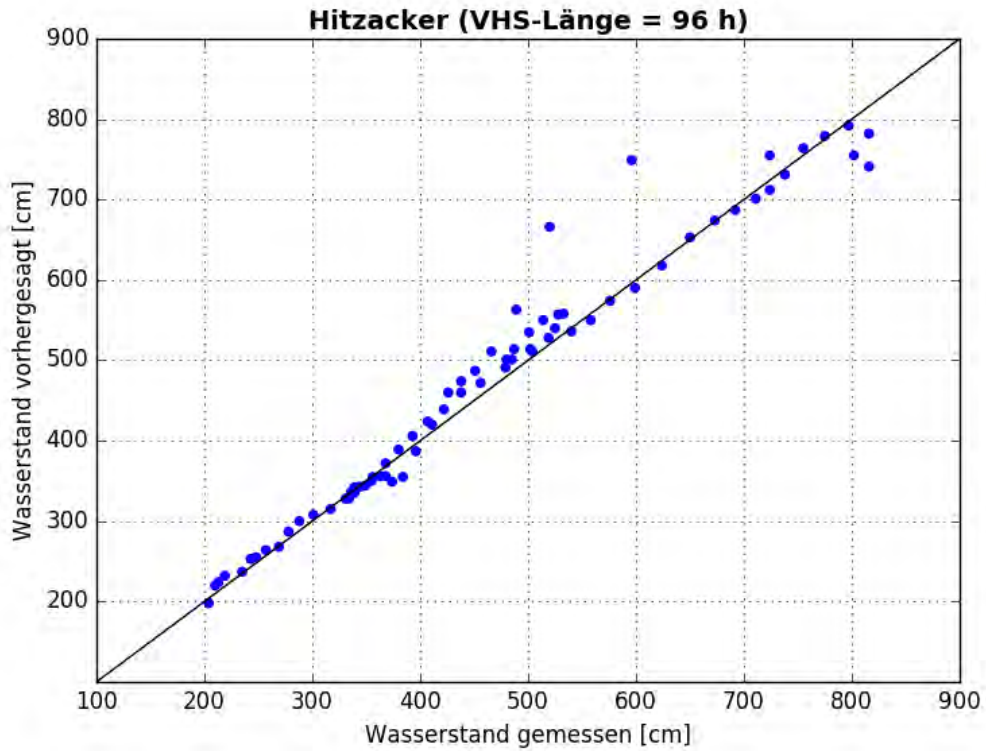


Abbildung C- 416: HITZ HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 96 h (VHS)

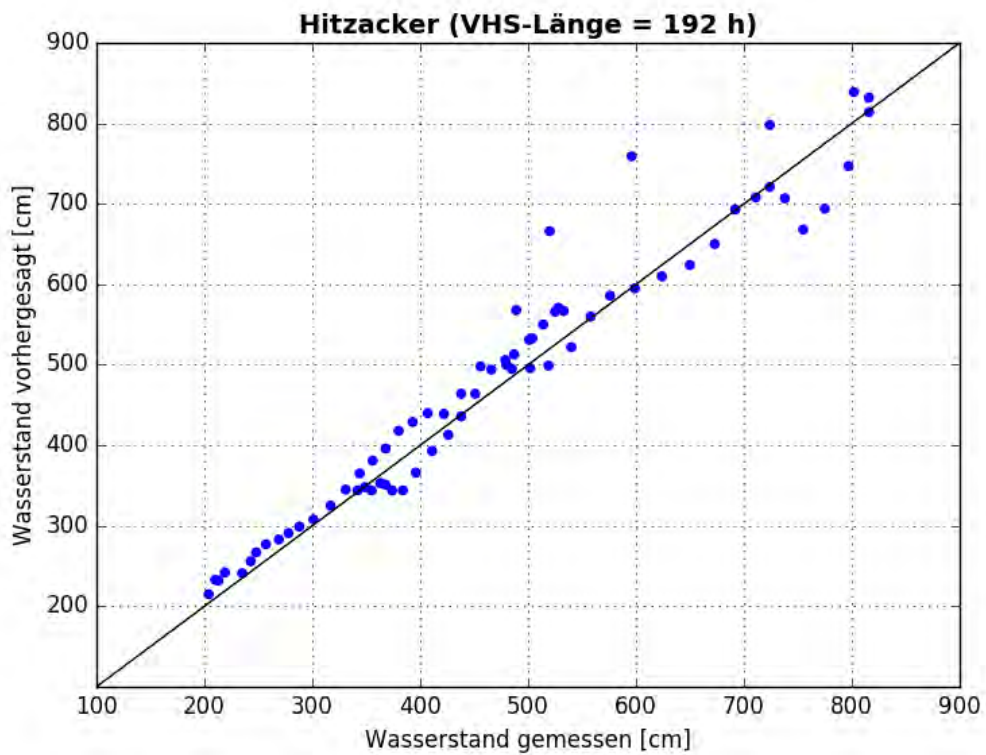


Abbildung C- 417: HITZ HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 192 h (Absch.)



Abbildung C- 418: HITZ HW2013, Kontingenztafeln Schwellenwert 588



Abbildung C- 419: HITZ HW2013, Kontingenztafeln Schwellenwert 621

Anlage C-20: Pegel Neu-Darchau, Elbe-km 536,44

Hochwasser März – April 2006

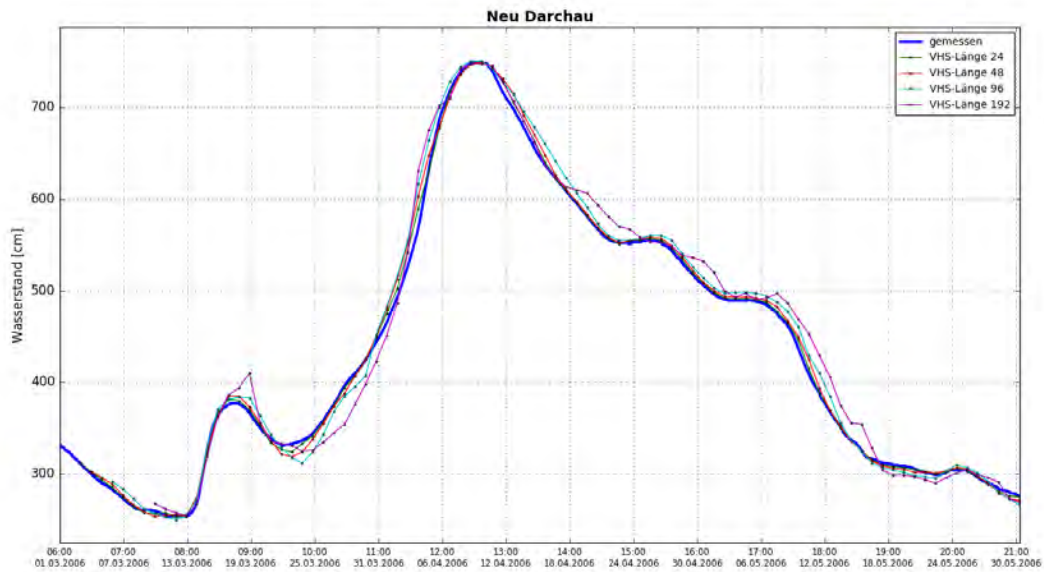


Abbildung C- 420: NEUD HW2006, Ganglinien-Vergleich

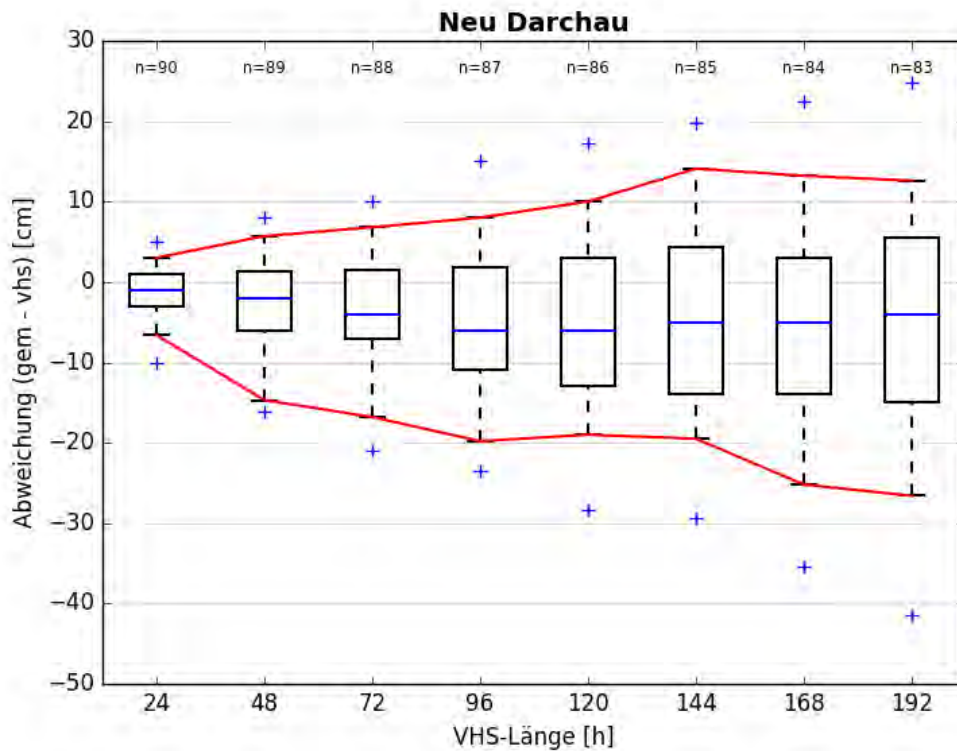


Abbildung C- 421: NEUD HW2006, Boxplot

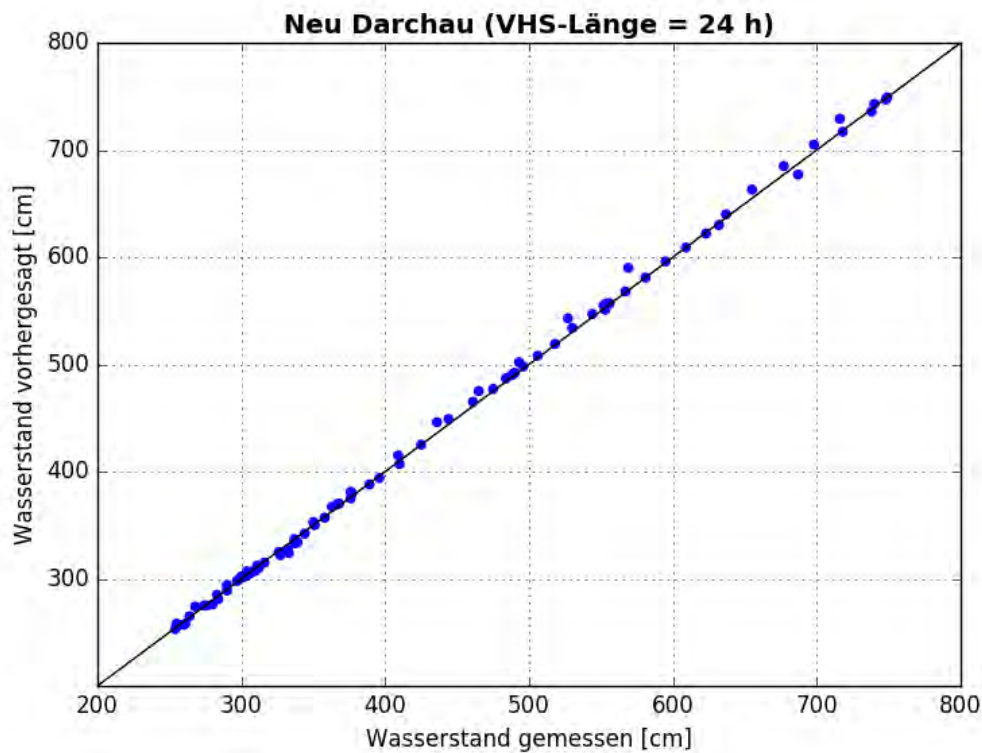


Abbildung C- 422: NEUD HW2006, Scatterplot – VHS-Länge 24 h (VHS)

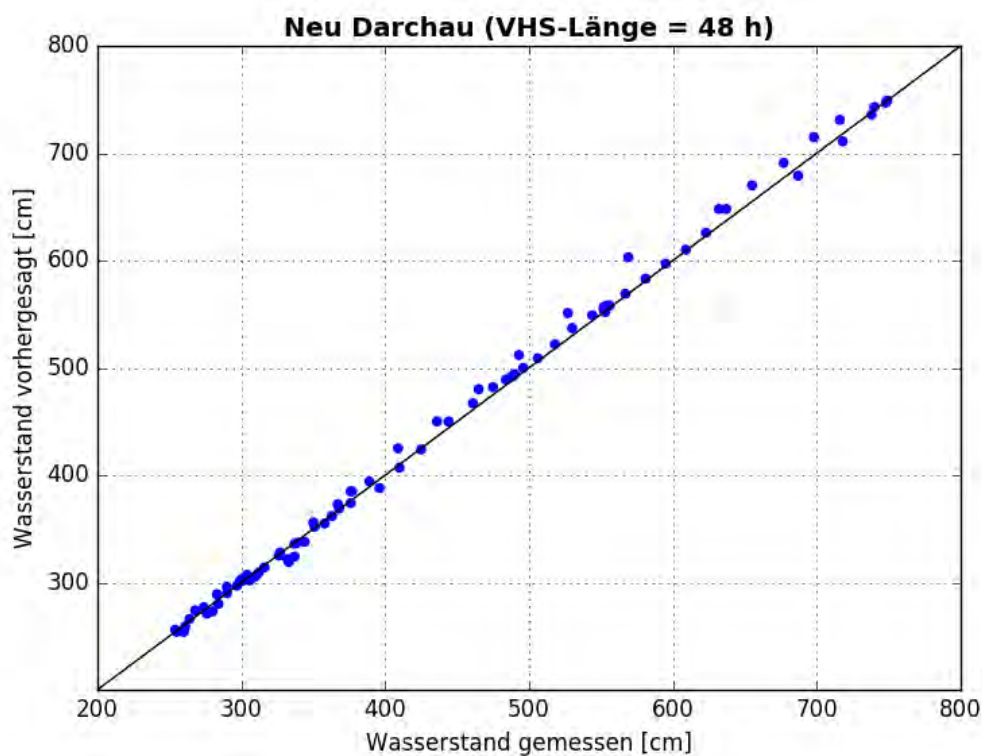


Abbildung C- 423: NEUD HW2006, Scatterplot – VHS-Länge 48 h (VHS)

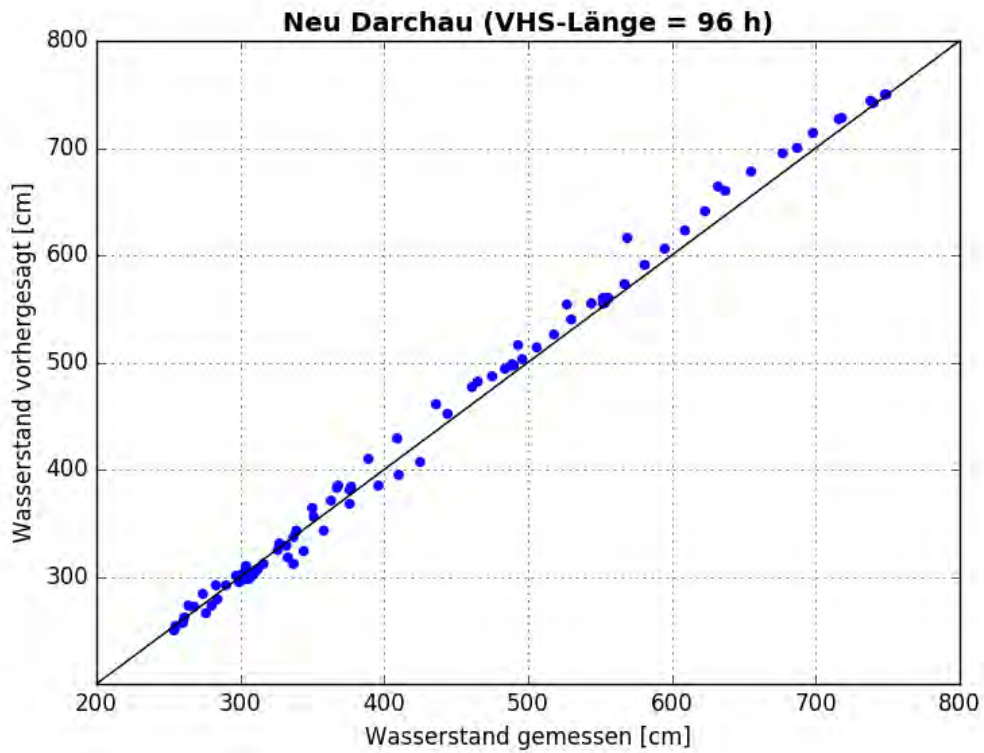


Abbildung C- 424: NEUD HW2006, Scatterplot – VHS-Länge 96 h (VHS)

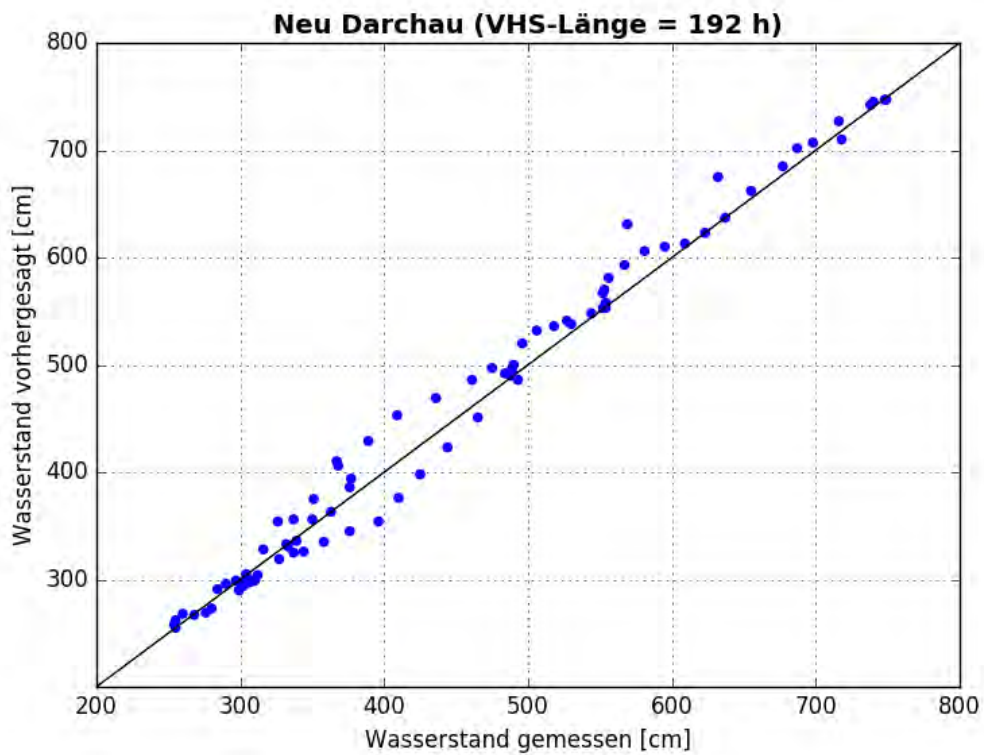


Abbildung C- 425: NEUD HW2006, Scatterplot – VHS-Länge 192 h (Absch.)

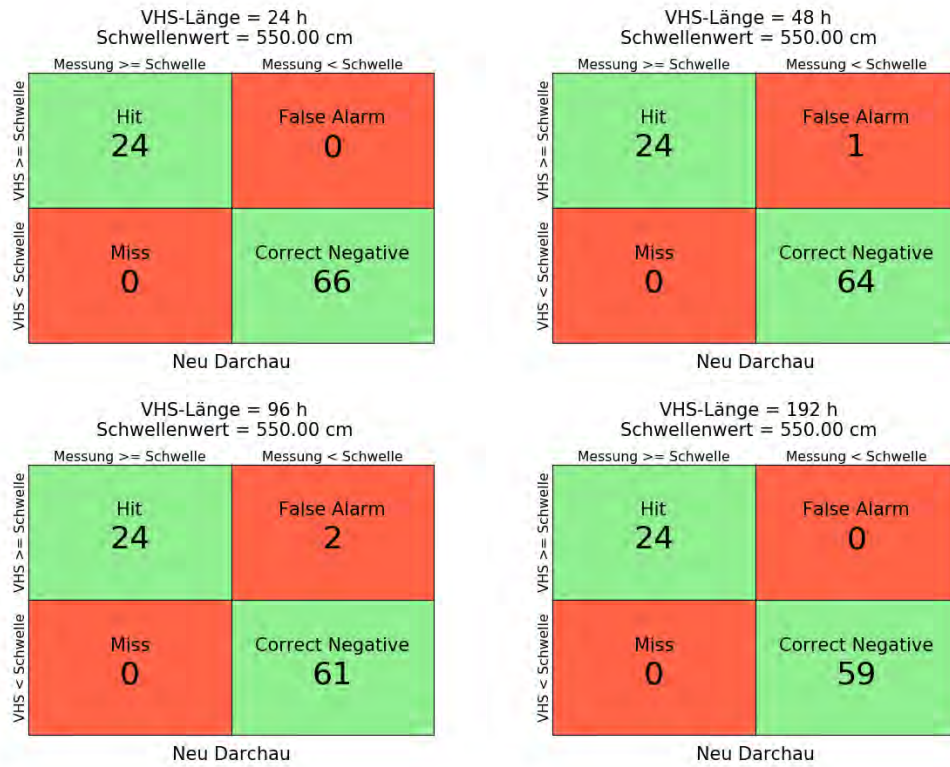


Abbildung C- 426: NEUD HW2006, Kontingenztafeln Schwellenwert 550

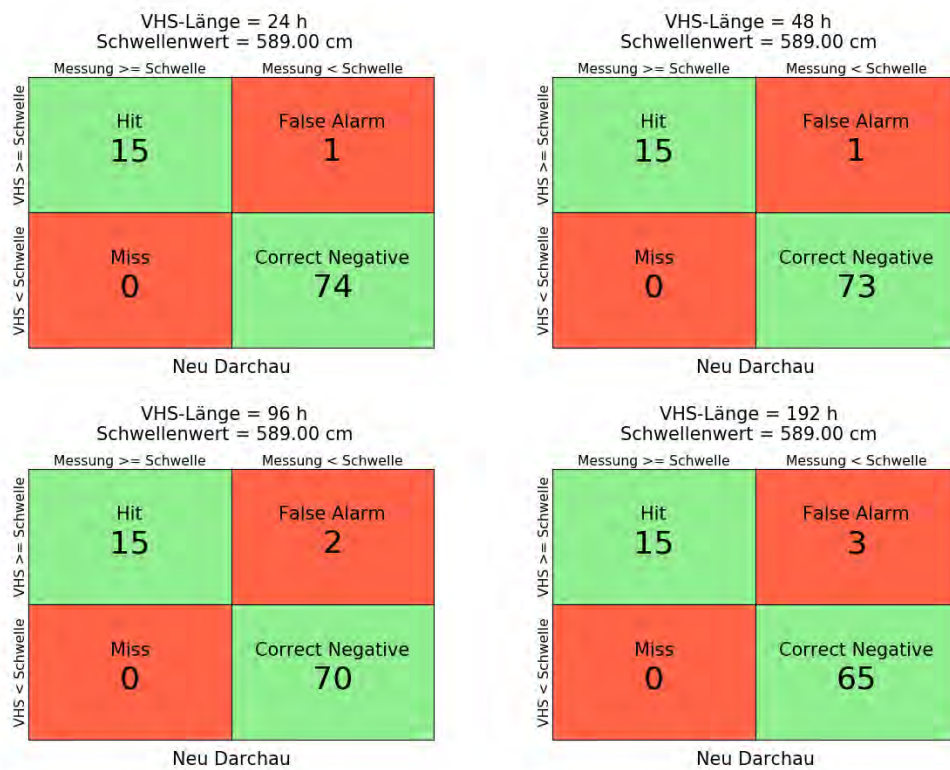


Abbildung C- 427: NEUD HW2006, Kontingenztafeln Schwellenwert 589



Abbildung C- 428: NEUD HW2006, Kontingenztafeln Schwellenwert 757

Hochwasser Januar - Februar 2011

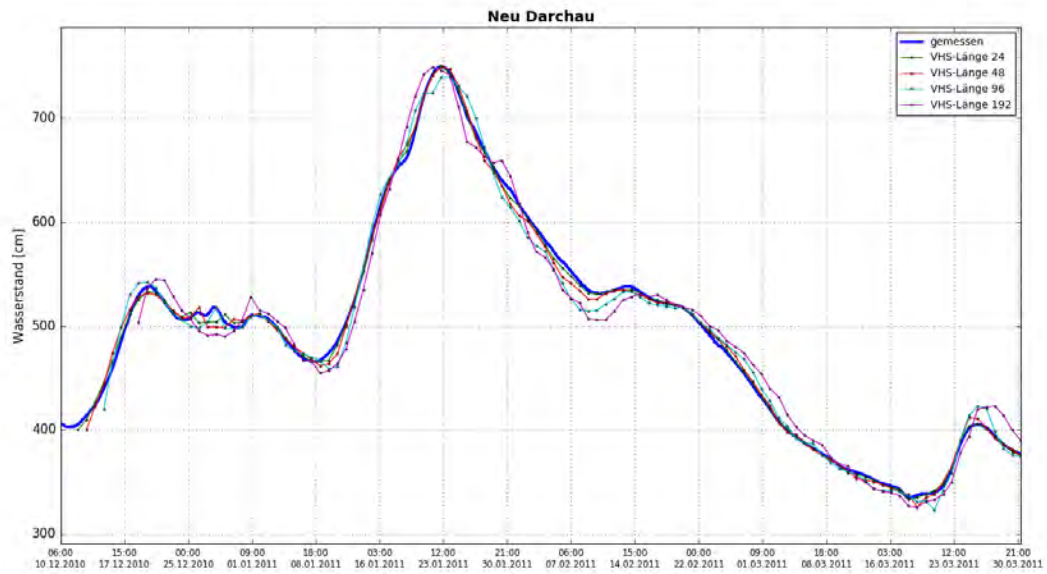


Abbildung C- 429: NEUD HW2011, Ganglinien-Vergleich

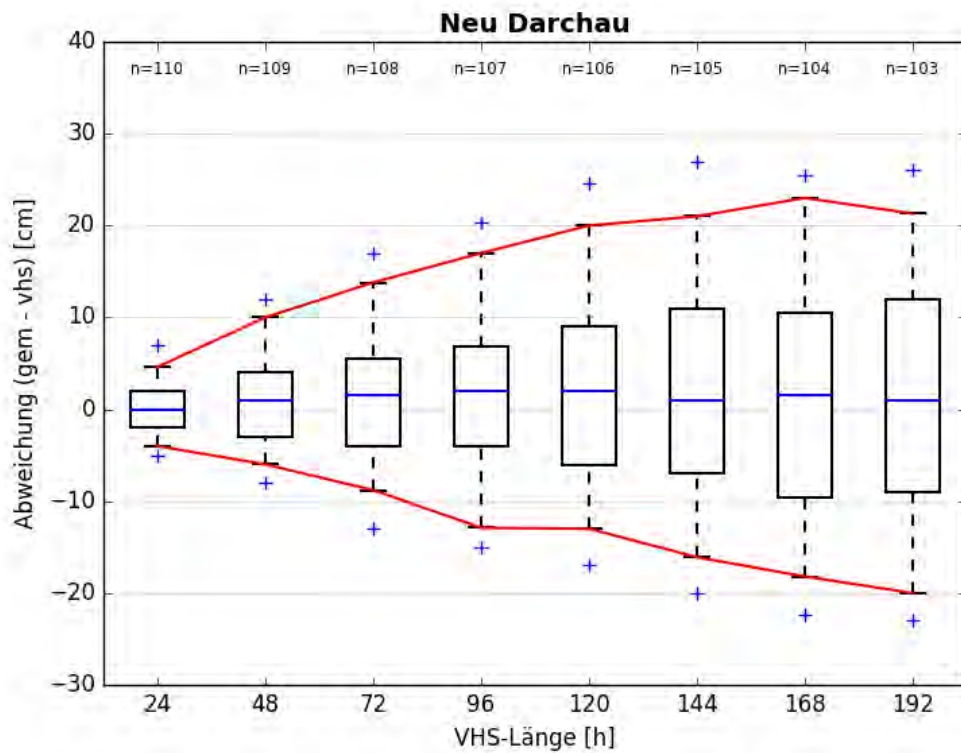


Abbildung C- 430: NEUD HW2011, Boxplot

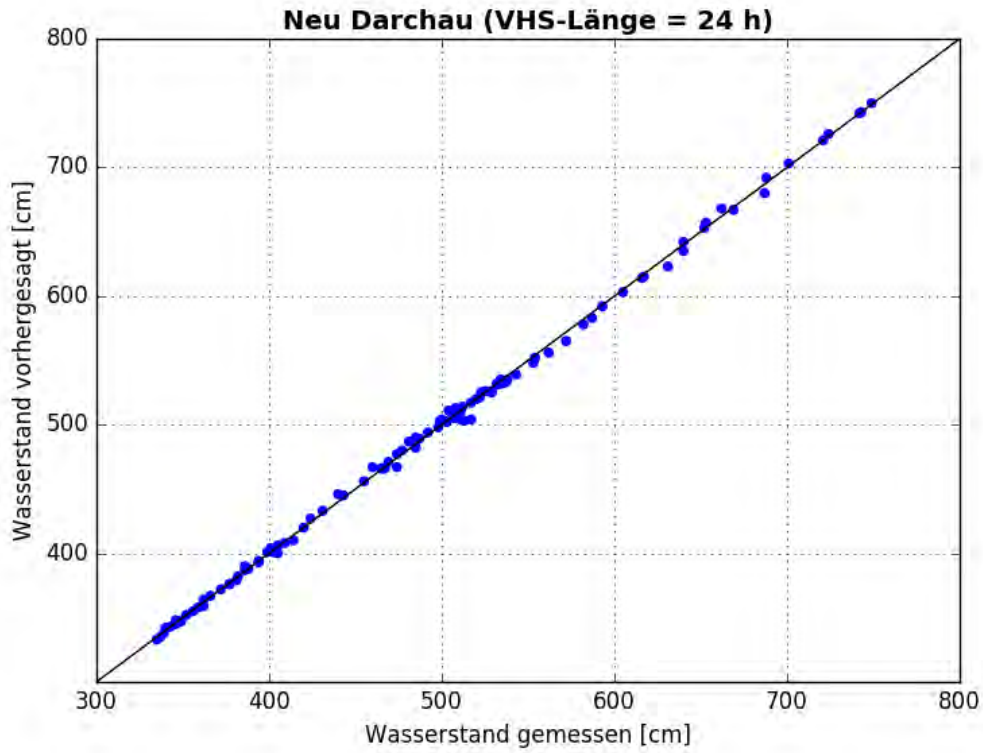


Abbildung C- 431: NEUD HW2011, Scatterplot – VHS-Länge 24 h (VHS)

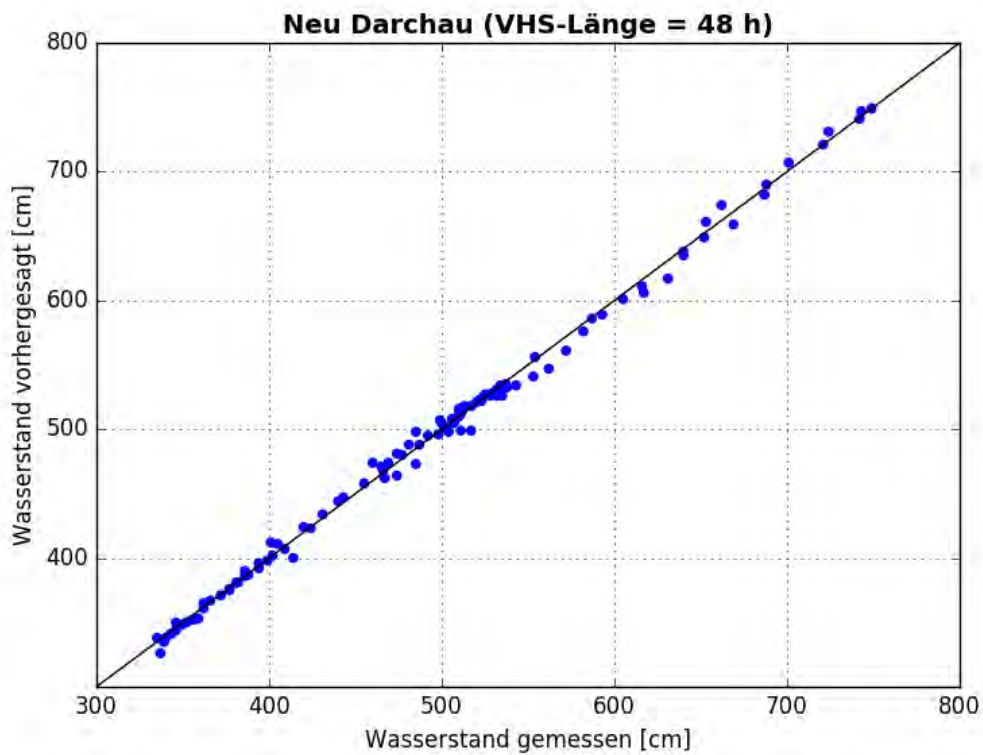


Abbildung C- 432: NEUD HW2011, Scatterplot – VHS-Länge 48 h (VHS)

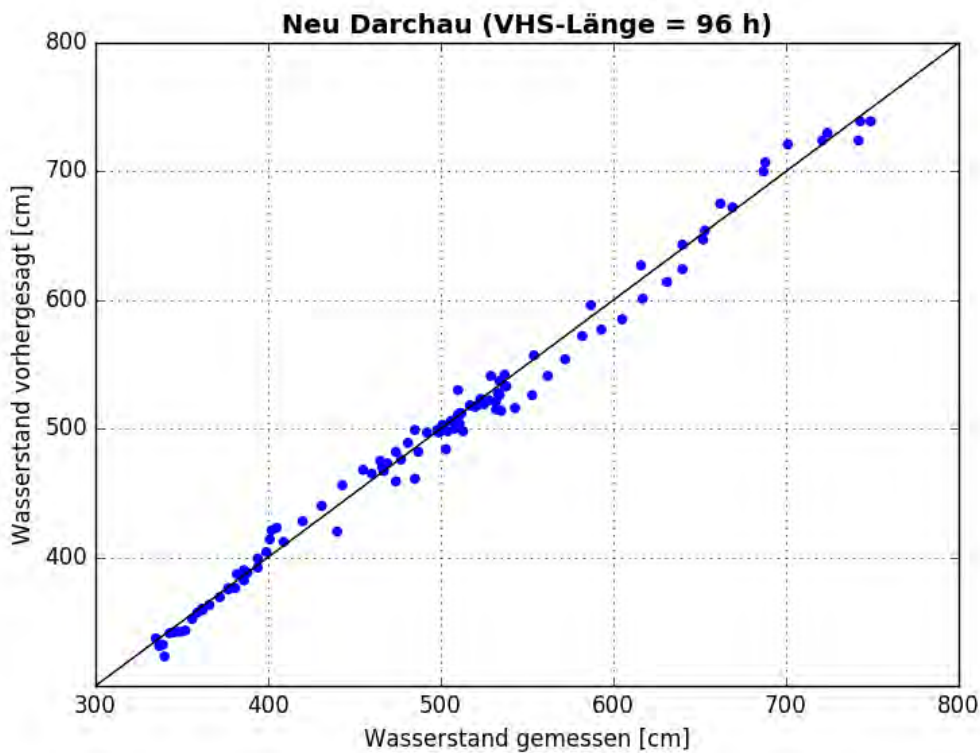


Abbildung C- 433: NEUD HW2011, Scatterplot – VHS-Länge 96 h (VHS)

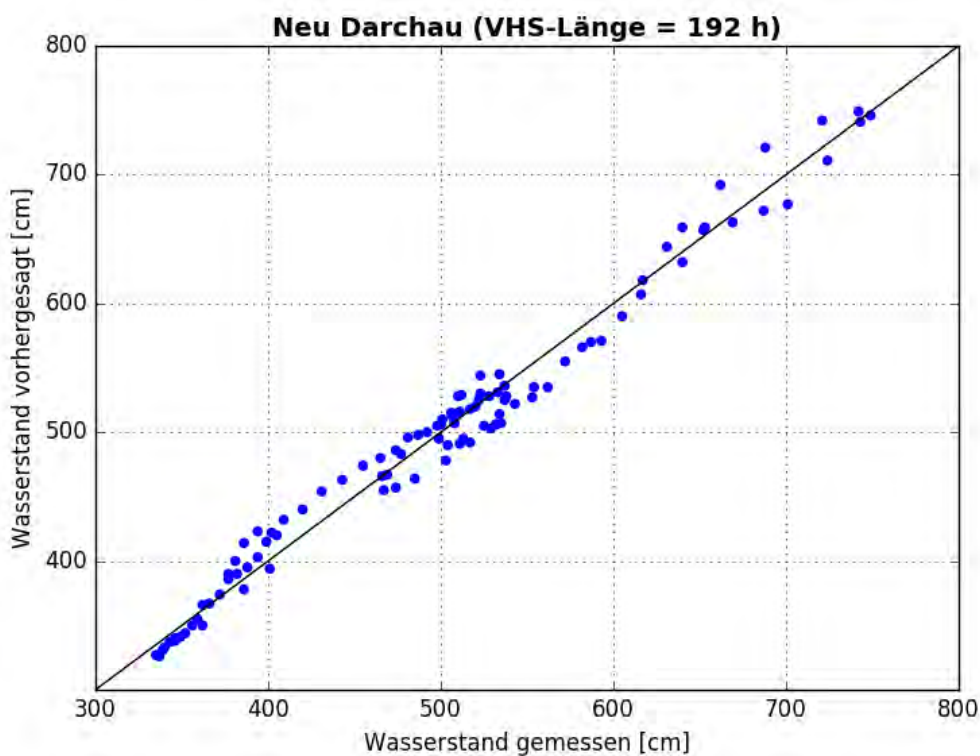


Abbildung C- 434: NEUD HW2011, Scatterplot – VHS-Länge 192 h (Absch.)



Abbildung C- 435: NEUD HW2011, Kontingenztafeln Schwellenwert 550



Abbildung C- 436: NEUD HW2011, Kontingenztafeln Schwellenwert 589

VHS-Länge = 24 h
Schwellenwert = 757.00 cm

		Messung \geq Schwelle	Messung $<$ Schwelle
VHS	\geq Schwelle	Hit 0	False Alarm 0
	$<$ Schwelle	Miss 0	Correct Negative 110

Neu Darchau

VHS-Länge = 48 h
Schwellenwert = 757.00 cm

		Messung \geq Schwelle	Messung $<$ Schwelle
VHS	\geq Schwelle	Hit 0	False Alarm 0
	$<$ Schwelle	Miss 0	Correct Negative 109

Neu Darchau

VHS-Länge = 96 h
Schwellenwert = 757.00 cm

		Messung \geq Schwelle	Messung $<$ Schwelle
VHS	\geq Schwelle	Hit 0	False Alarm 0
	$<$ Schwelle	Miss 0	Correct Negative 107

Neu Darchau

VHS-Länge = 192 h
Schwellenwert = 757.00 cm

		Messung \geq Schwelle	Messung $<$ Schwelle
VHS	\geq Schwelle	Hit 0	False Alarm 0
	$<$ Schwelle	Miss 0	Correct Negative 103

Neu Darchau

Abbildung C- 437: NEUD HW2011, Kontingenztafeln Schwellenwert 757

Hochwasser April – Mai 2013

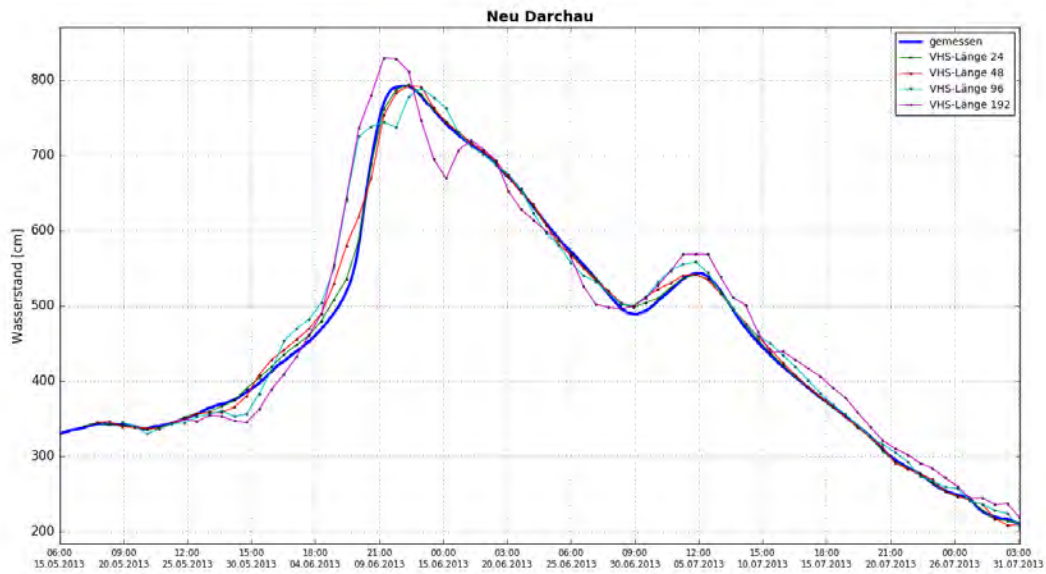


Abbildung C- 438: NEUD HW2013, Ganglinien-Vergleich

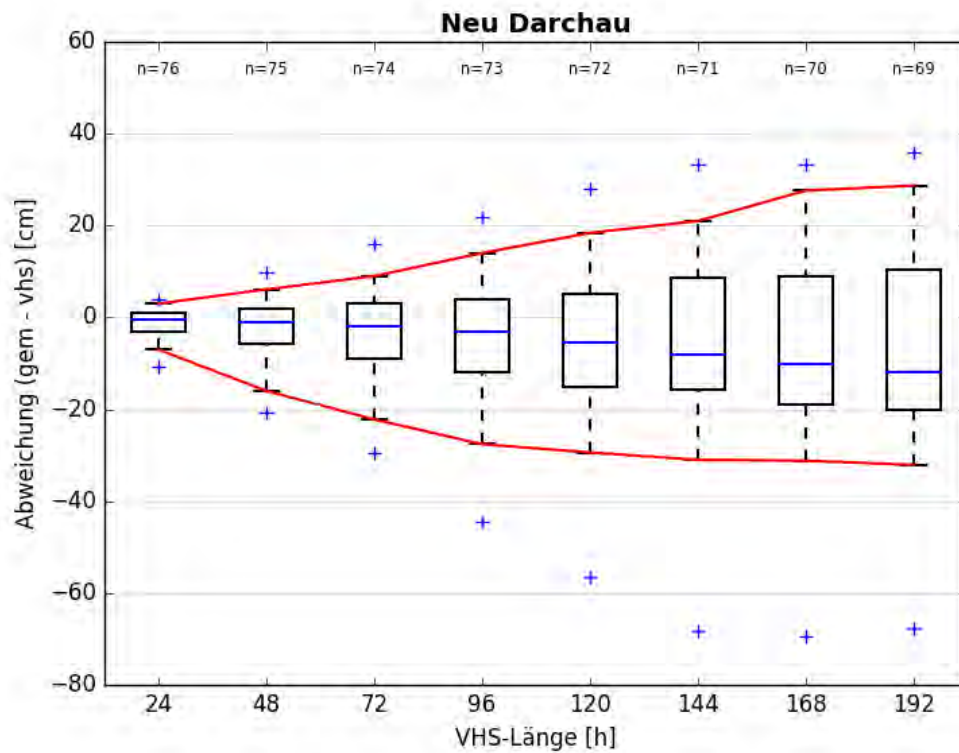


Abbildung C- 439: NEUD HW2013, Boxplot

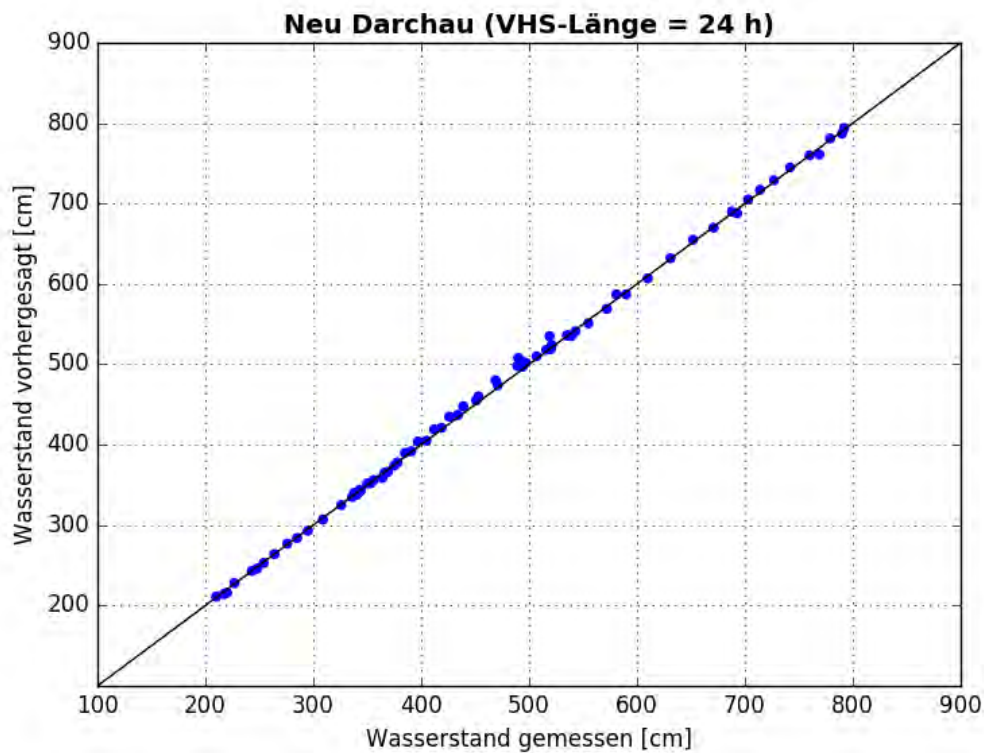


Abbildung C- 440: NEUD HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 24 h (VHS)

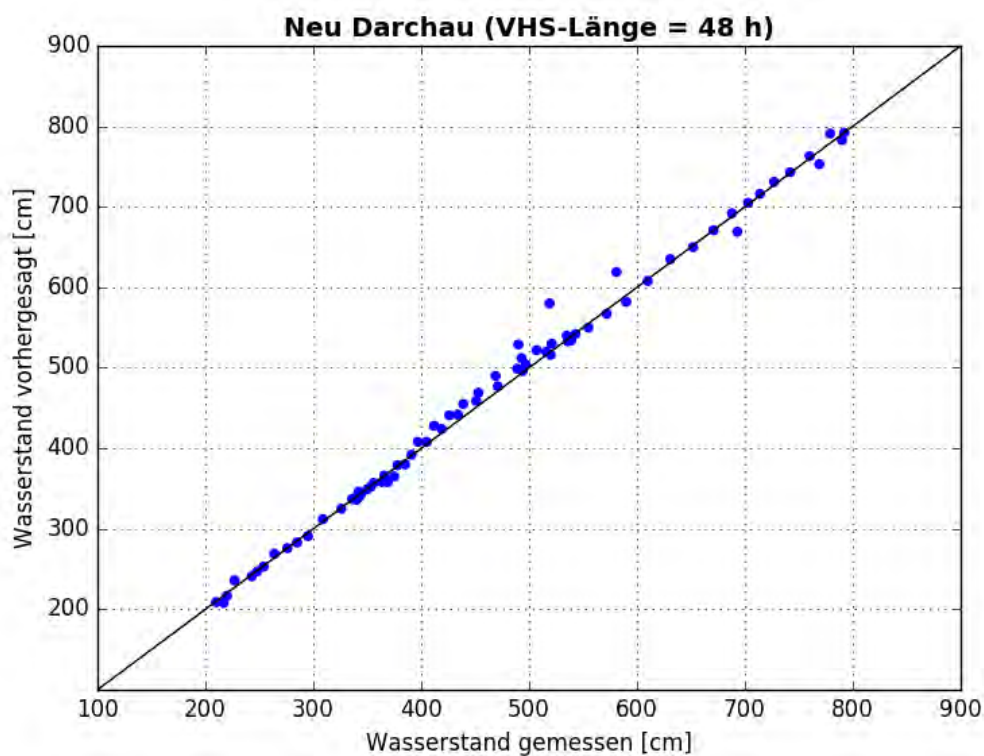


Abbildung C- 441: NEUD HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 48 h (VHS)

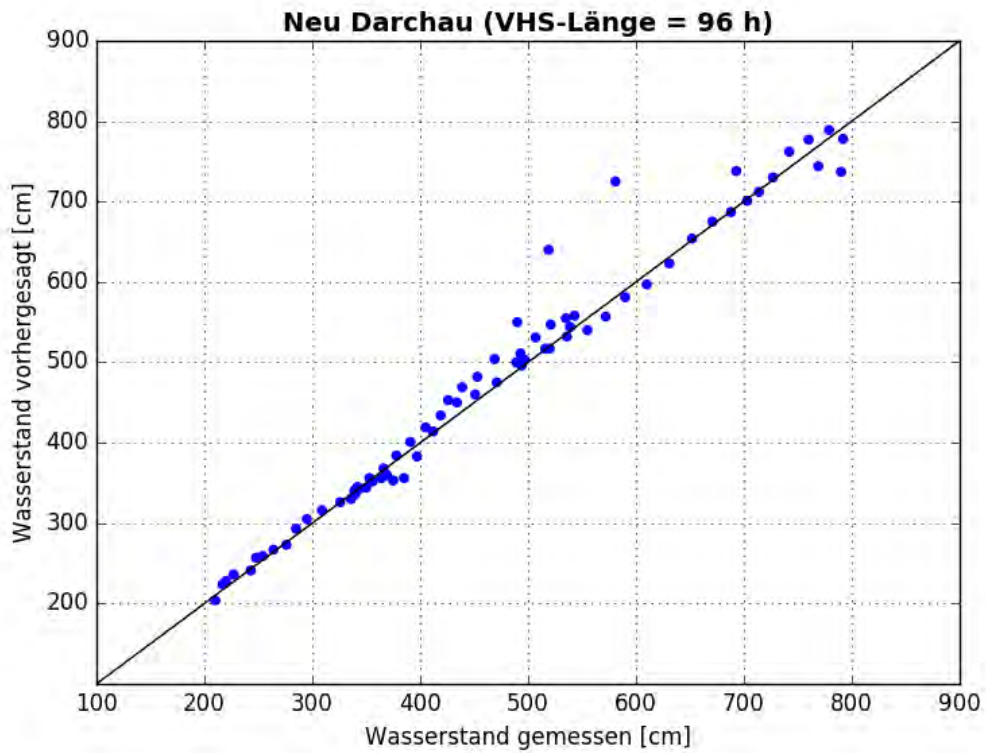


Abbildung C- 442: NEUD HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 72 h (VHS)

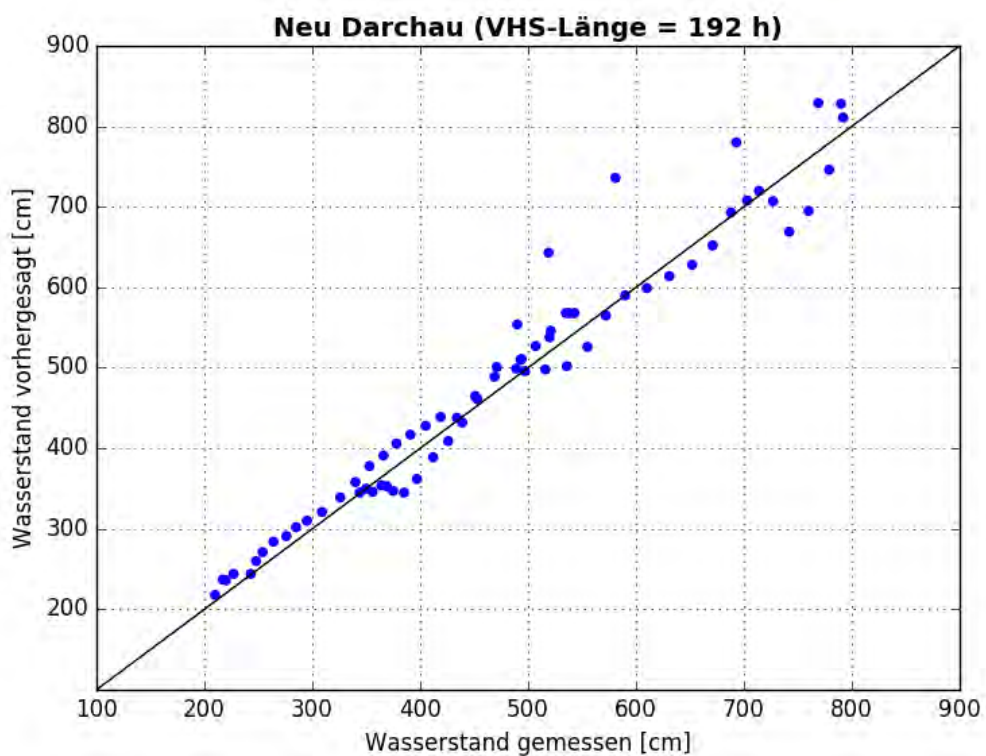


Abbildung C- 443: NEUD HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 120 h (Absch.)



Abbildung C- 444: NEUD HW2013, Kontingenztafeln Schwellenwert 550



Abbildung C- 445: NEUD HW2013, Kontingenztafeln Schwellenwert 589



Abbildung C- 446: NEUD HW2013, Kontingenztafeln Schwellenwert 589

Anlage C-21: Pegel Boizenburg, Elbe-km 559,46

Hochwasser März – April 2006

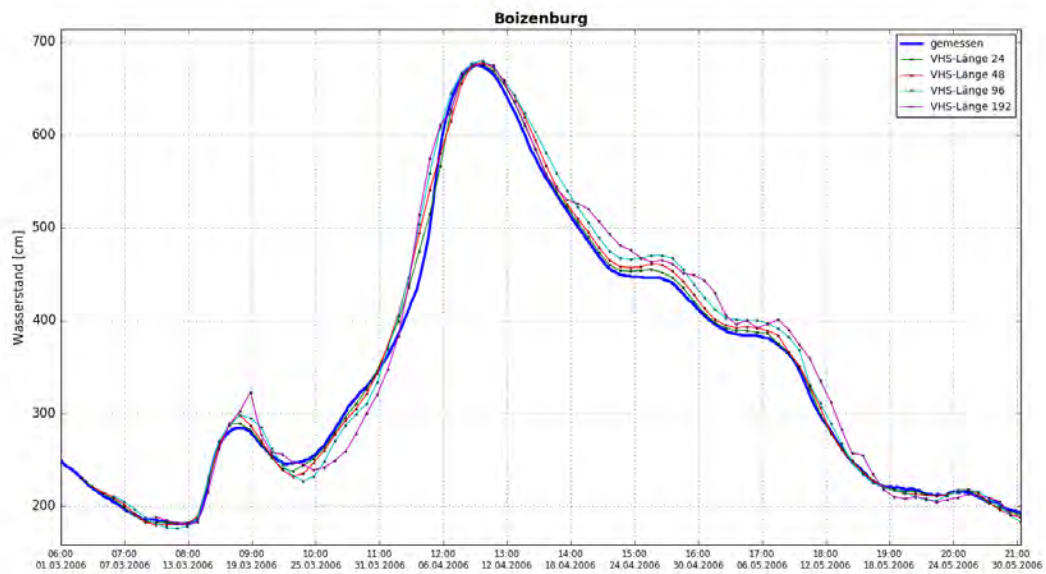


Abbildung C- 447: BOIZ HW2006, Ganglinien-Vergleich

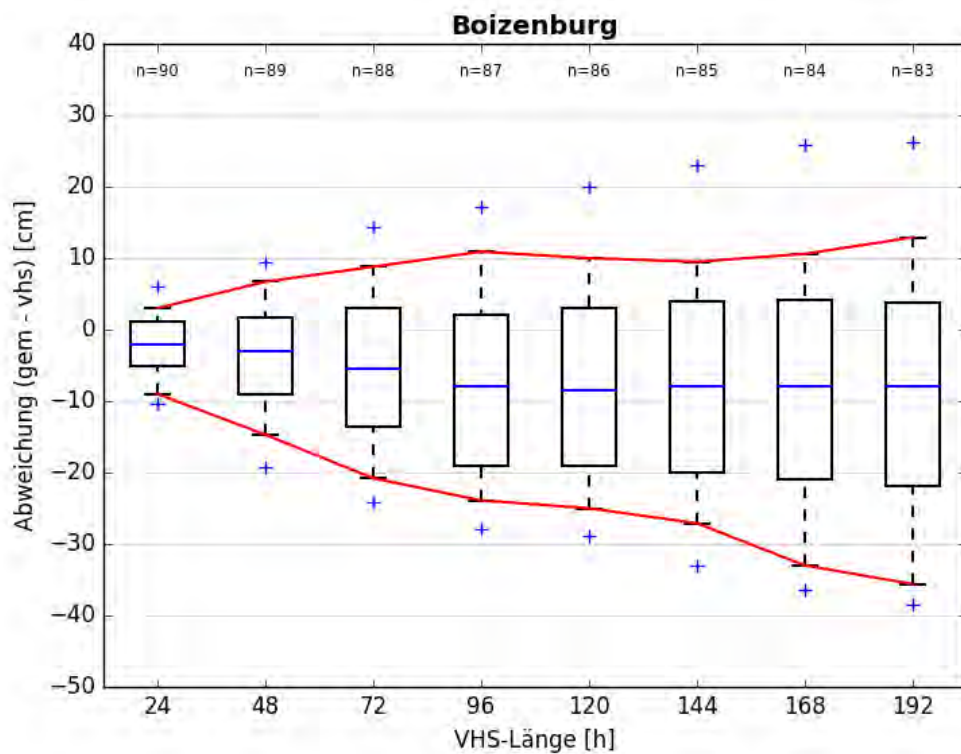


Abbildung C- 448: BOIZ HW2006, Boxplot

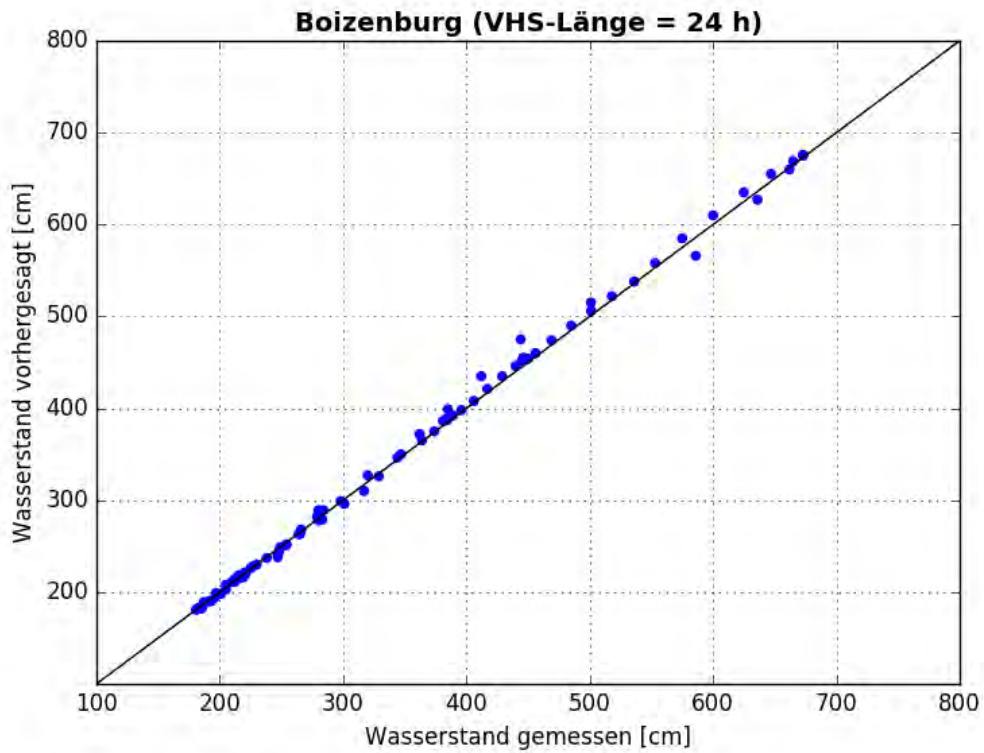


Abbildung C- 449: BOIZ HW2006, Scatterplot – VHS-Länge 24 h (VHS)

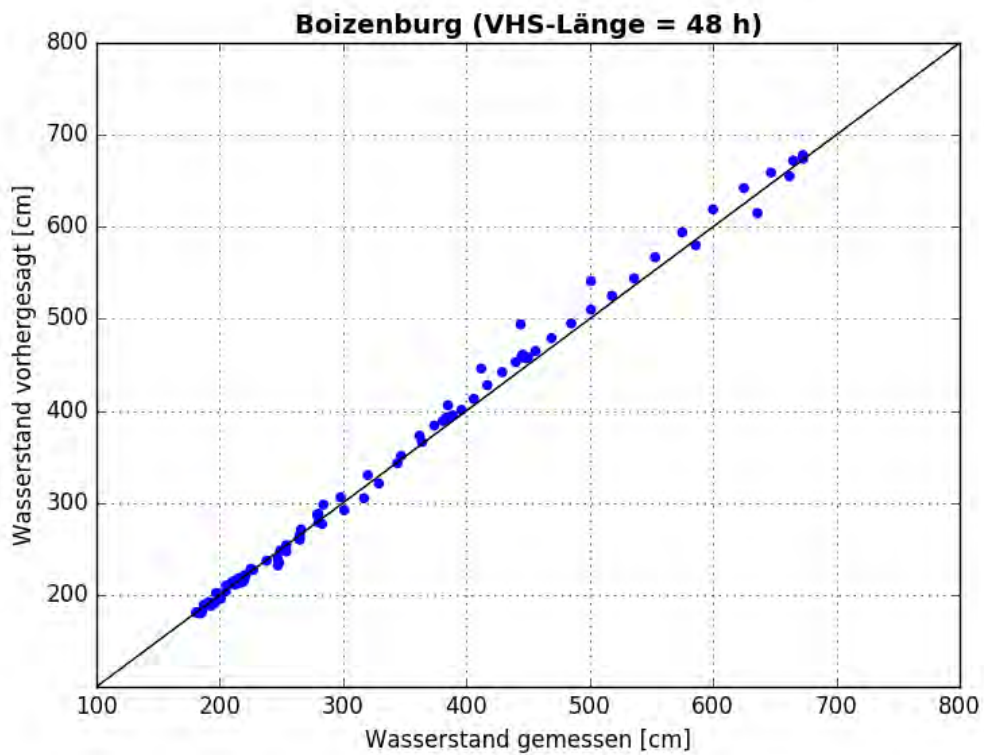


Abbildung C- 450: BOIZ HW2006, Scatterplot – VHS-Länge 48 h (VHS)

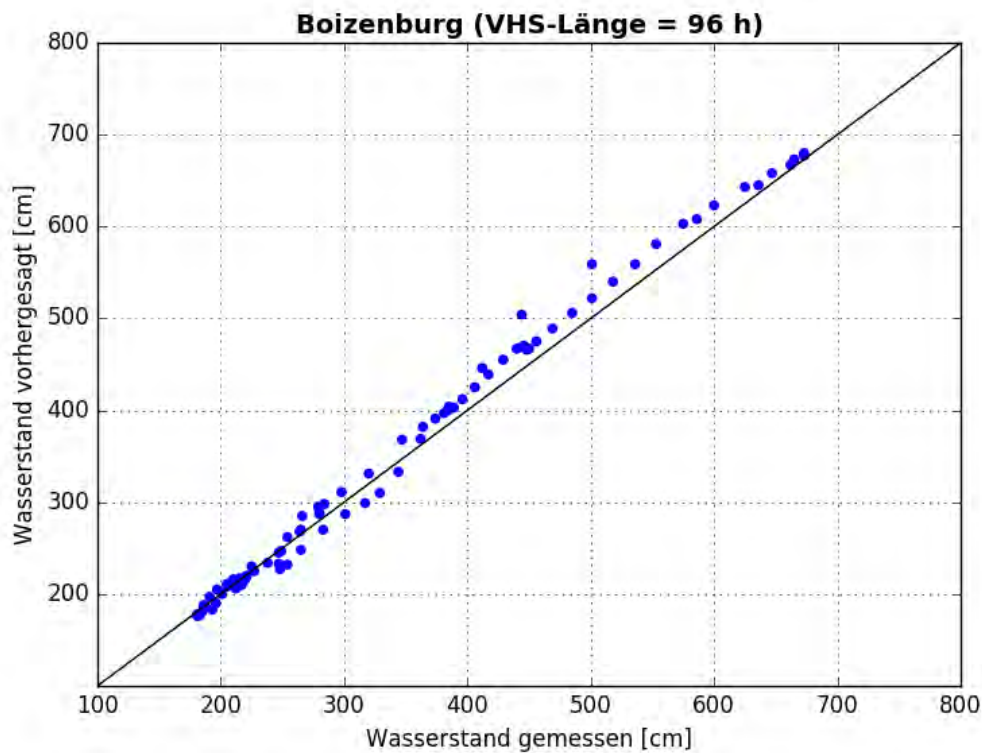


Abbildung C- 451: BOIZ HW2006, Scatterplot – VHS-Länge 96 h (VHS)

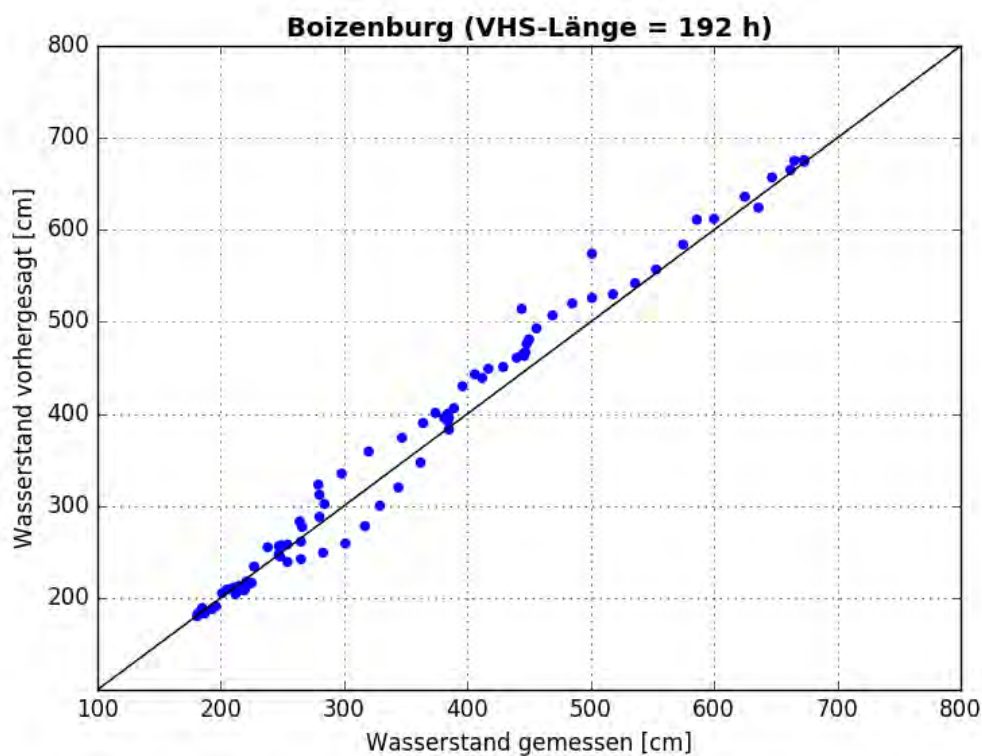


Abbildung C- 452: BOIZ HW2006, Scatterplot – VHS-Länge 192 h (Absch.)



Abbildung C- 453: BOIZ HW2006, Kontingenztafeln Schwellenwert 300



Abbildung C- 454: BOIZ HW2006, Kontingenztafeln Schwellenwert 494

VHS-Länge = 24 h
Schwellenwert = 650.00 cm

		Messung \geq Schwelle	Messung $<$ Schwelle
VHS	\geq Schwelle	Hit 4	False Alarm 1
	$<$ Schwelle	Miss 0	Correct Negative 85

Boizenburg

VHS-Länge = 48 h
Schwellenwert = 650.00 cm

		Messung \geq Schwelle	Messung $<$ Schwelle
VHS	\geq Schwelle	Hit 4	False Alarm 1
	$<$ Schwelle	Miss 0	Correct Negative 84

Boizenburg

VHS-Länge = 96 h
Schwellenwert = 650.00 cm

		Messung \geq Schwelle	Messung $<$ Schwelle
VHS	\geq Schwelle	Hit 4	False Alarm 1
	$<$ Schwelle	Miss 0	Correct Negative 82

Boizenburg

VHS-Länge = 192 h
Schwellenwert = 650.00 cm

		Messung \geq Schwelle	Messung $<$ Schwelle
VHS	\geq Schwelle	Hit 4	False Alarm 1
	$<$ Schwelle	Miss 0	Correct Negative 78

Boizenburg

Abbildung C- 455: BOIZ HW2006, Kontingenztafeln Schwellenwert 650

Hochwasser Januar - Februar 2011

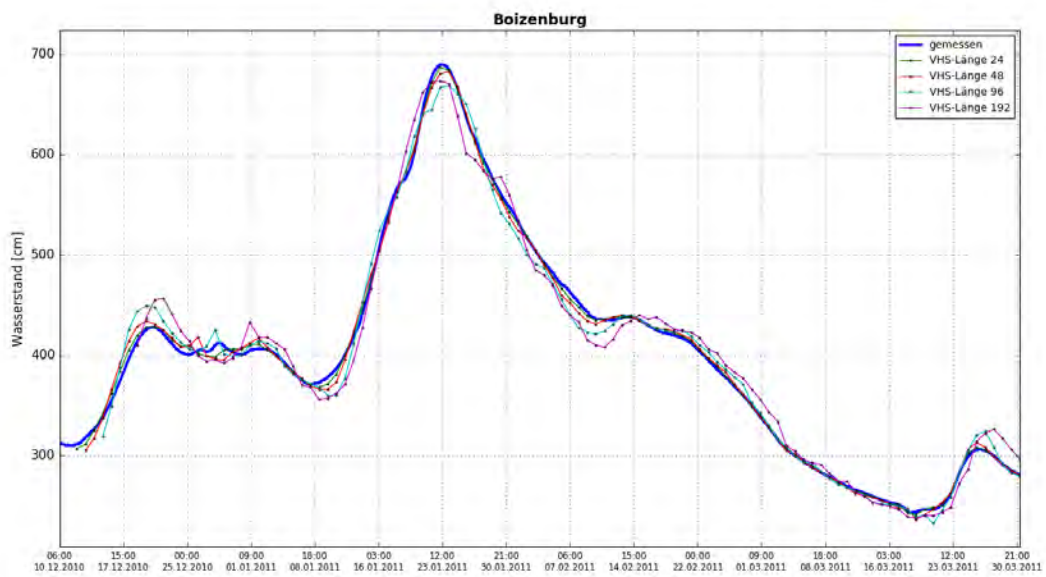


Abbildung C- 456: BOIZ HW2011, Ganglinien-Vergleich

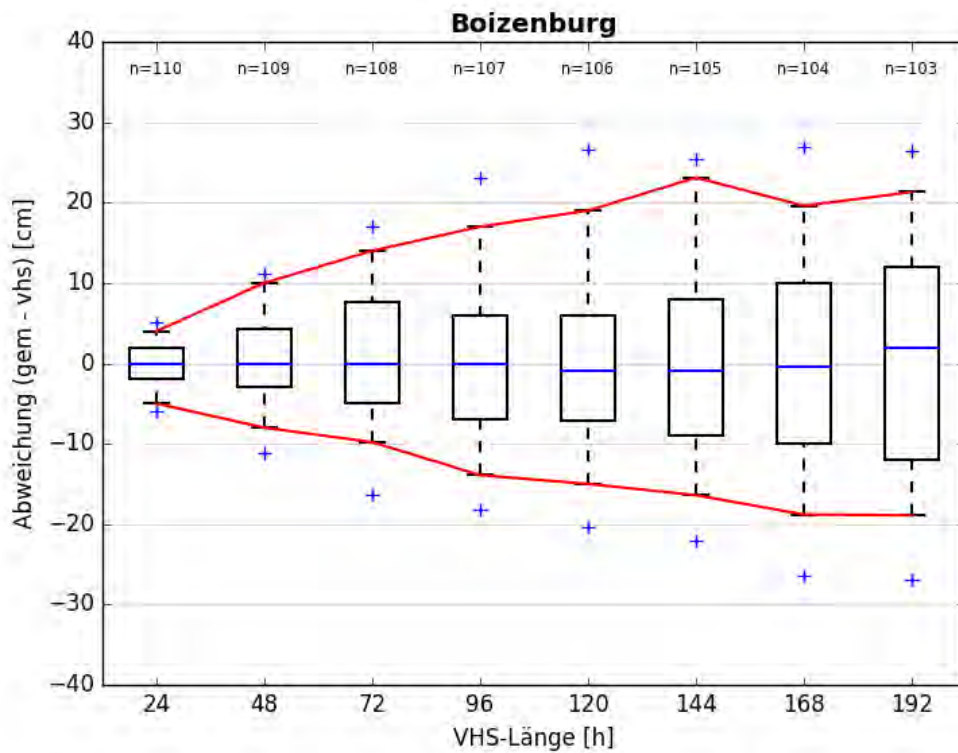


Abbildung C- 457: BOIZ HW2011, Boxplot

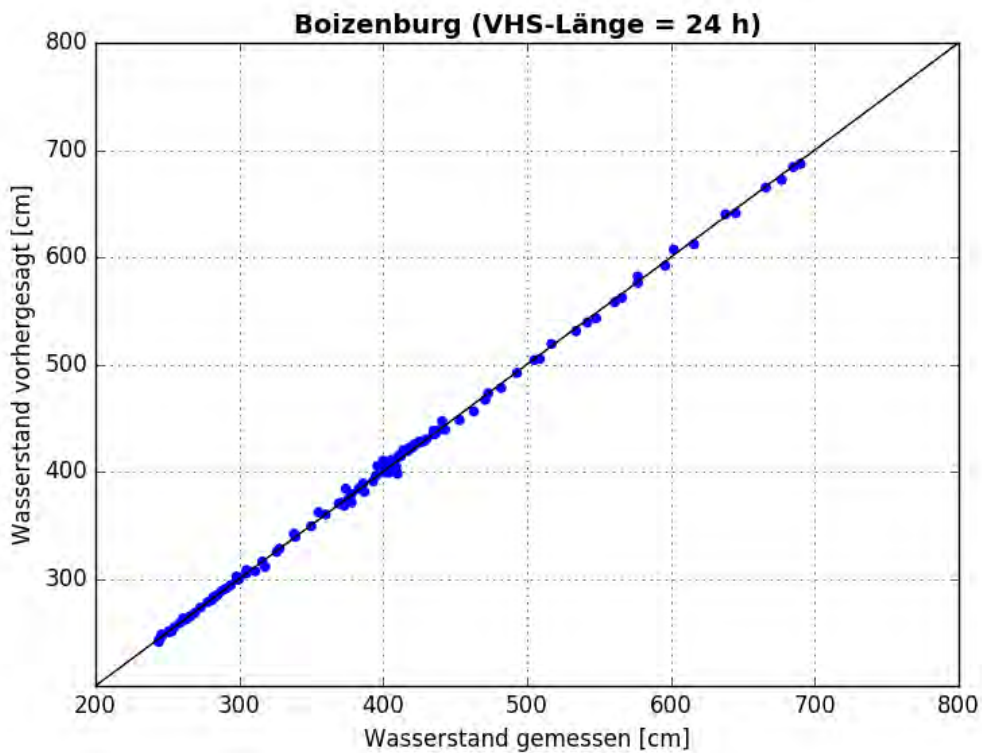


Abbildung C- 458: BOIZ HW2011, Scatterplot – VHS-Länge 24 h (VHS)

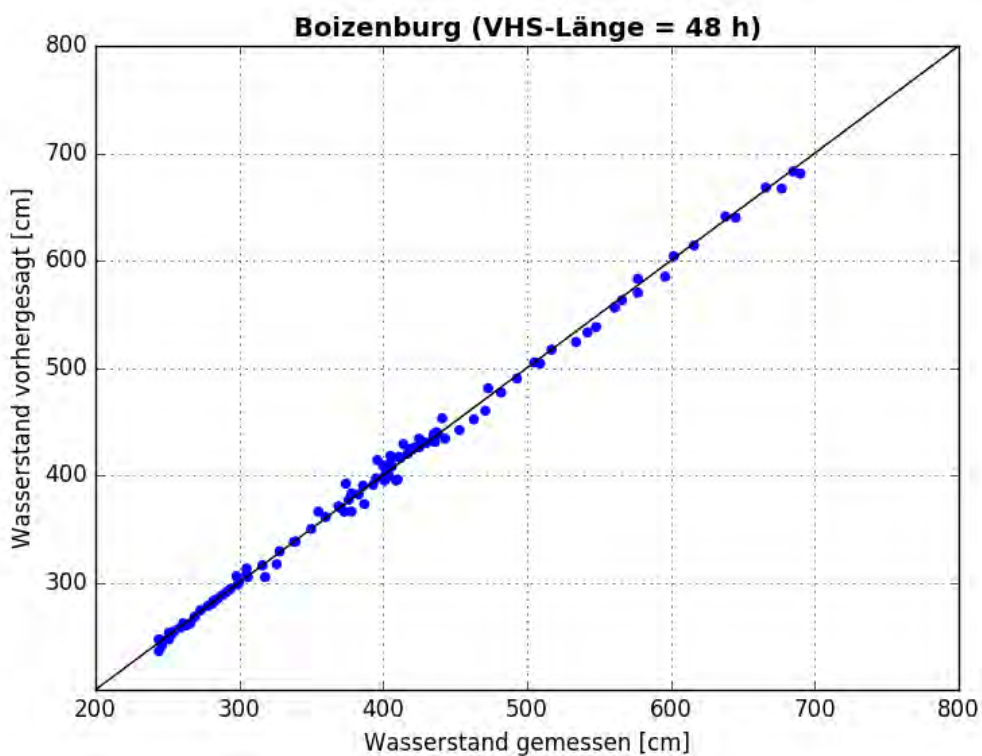


Abbildung C- 459: BOIZ HW2011, Scatterplot – VHS-Länge 48 h (VHS)

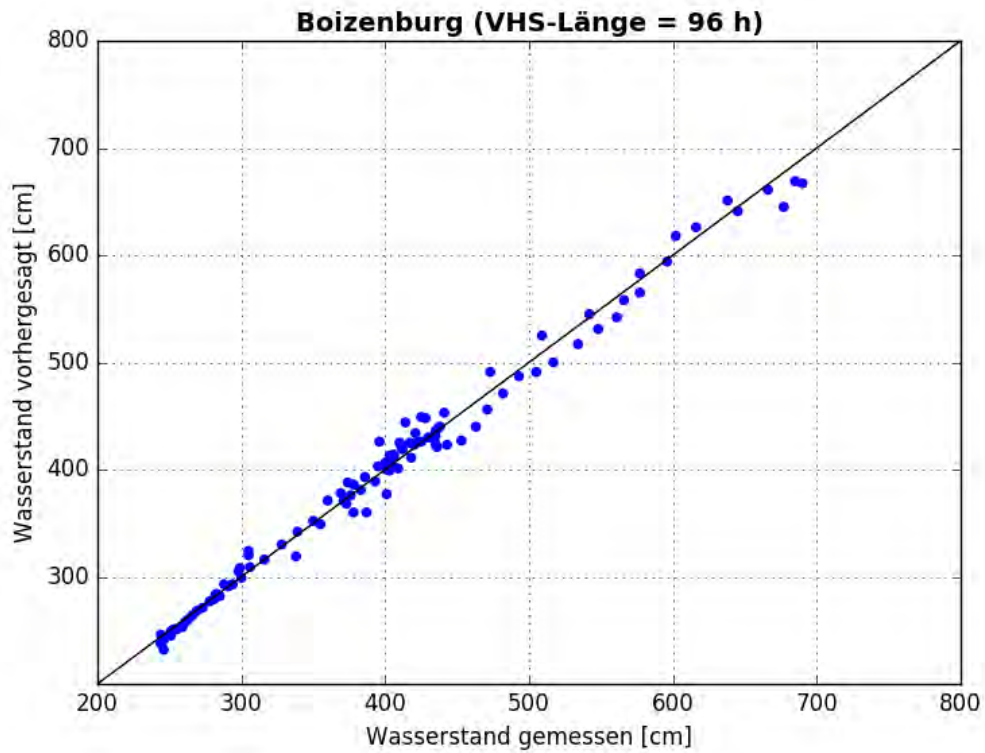


Abbildung C- 460: BOIZ HW2011, Scatterplot – VHS-Länge 96 h (VHS)

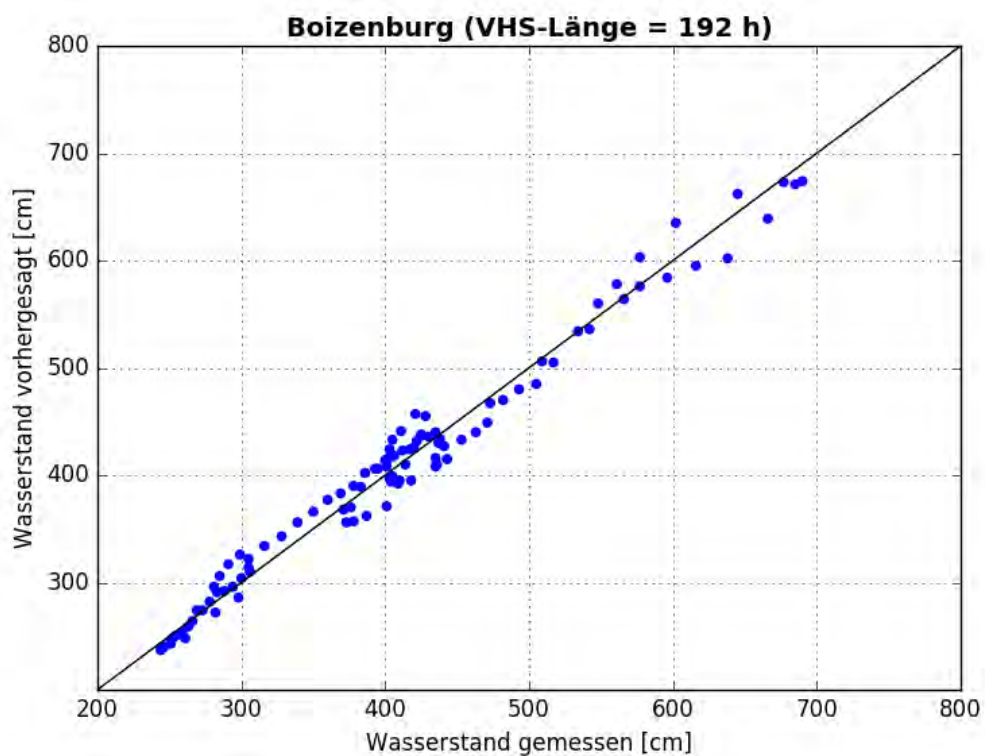


Abbildung C- 461: BOIZ HW2011, Scatterplot – VHS-Länge 192 h (Absch.)



Abbildung C- 462: BOIZ HW2011, Kontingenztafeln Schwellenwert 300

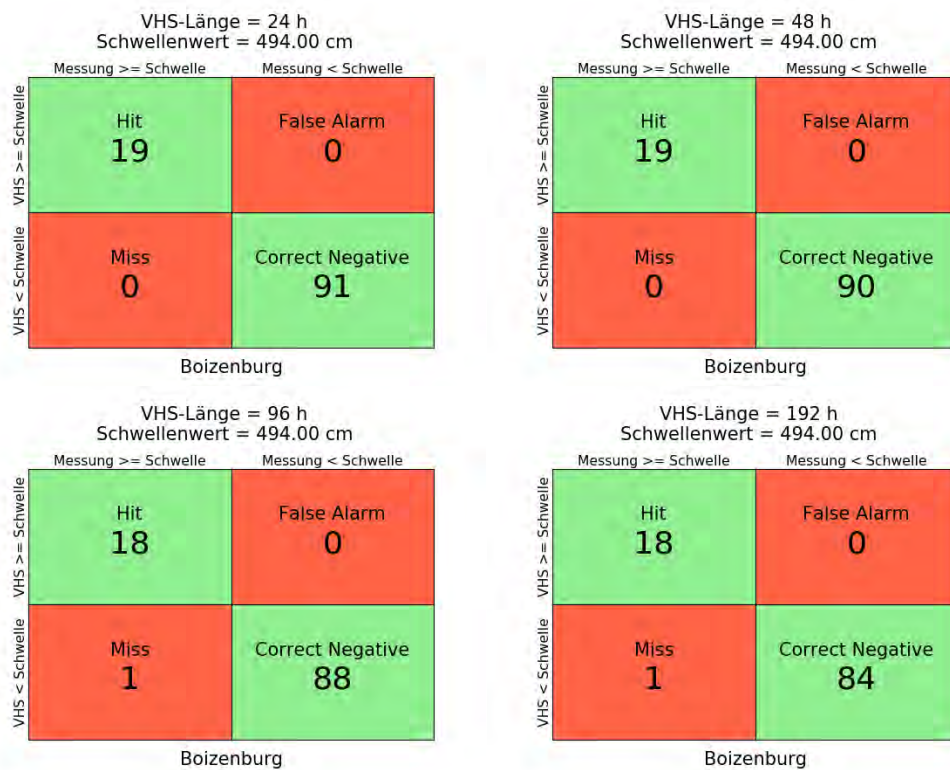


Abbildung C- 463: BOIZ HW2011, Kontingenztafeln Schwellenwert 494



Abbildung C- 464: BOIZ HW2011, Kontingenztafeln Schwellenwert 650

Hochwasser April – Mai 2013

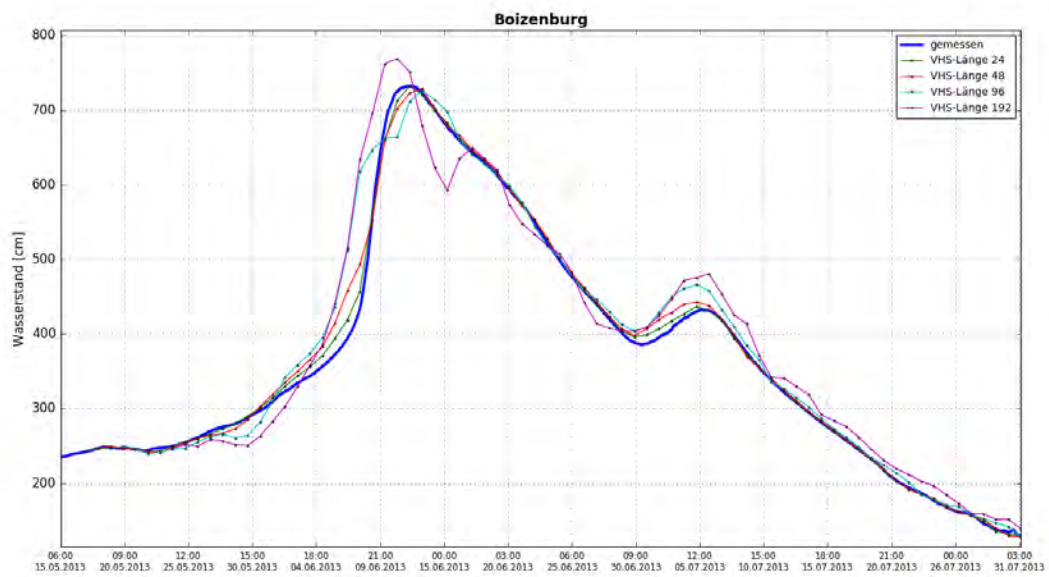


Abbildung C- 465: BOIZ HW2013, Ganglinien-Vergleich

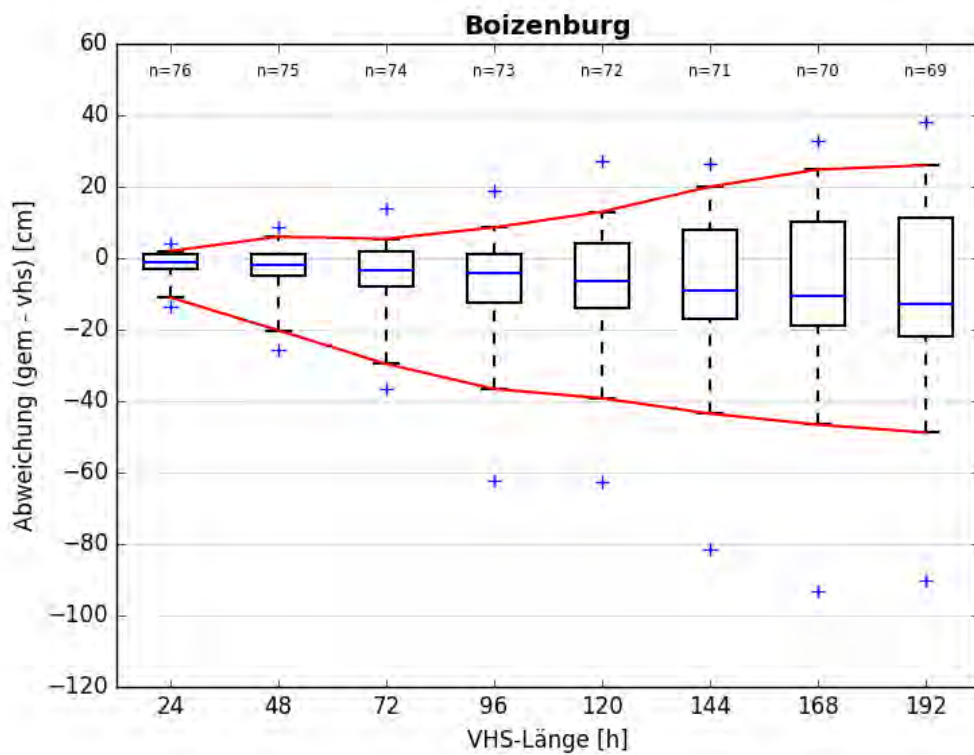


Abbildung C- 466: BOIZ HW2013, Boxplot

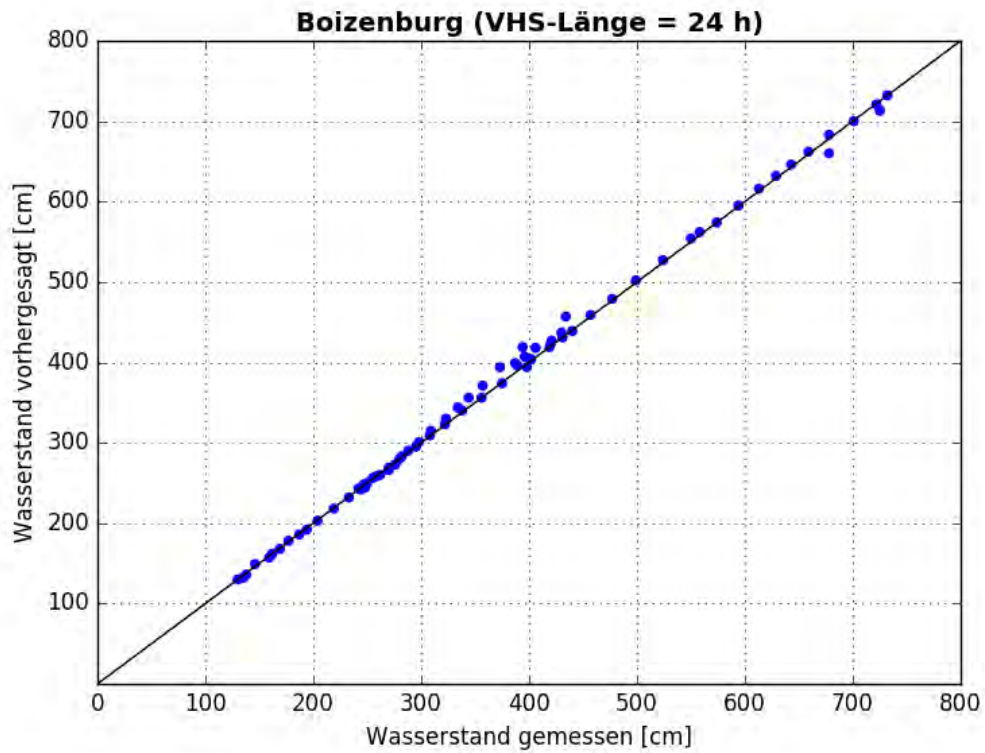


Abbildung C- 467: BOIZ HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 24 h (VHS)

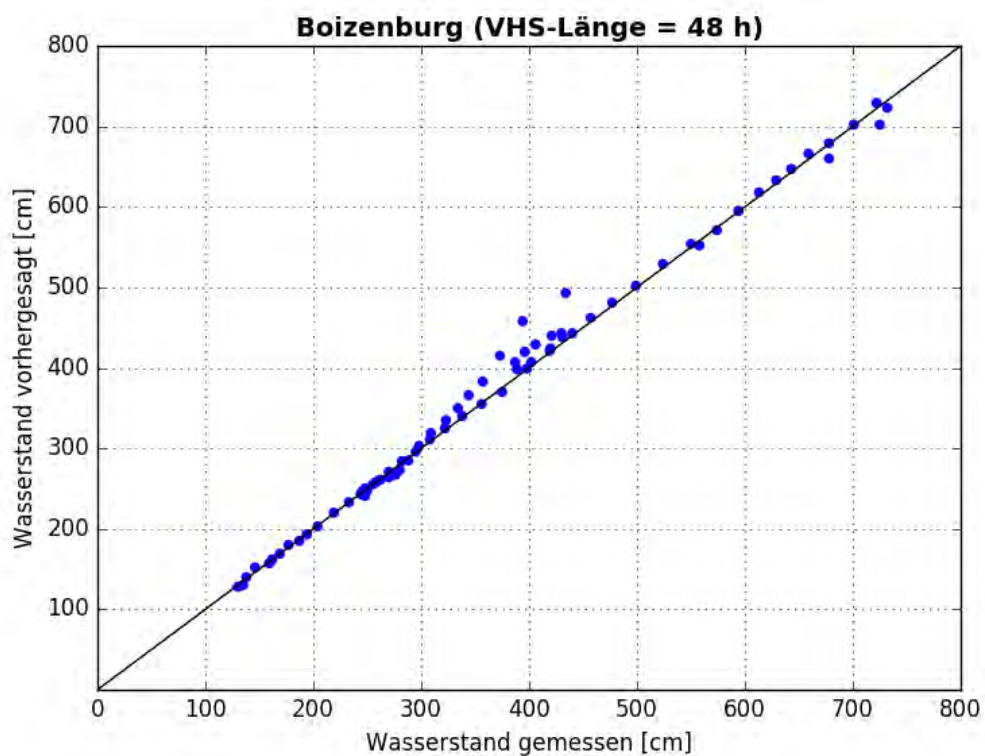


Abbildung C- 468: BOIZ HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 48 h (VHS)

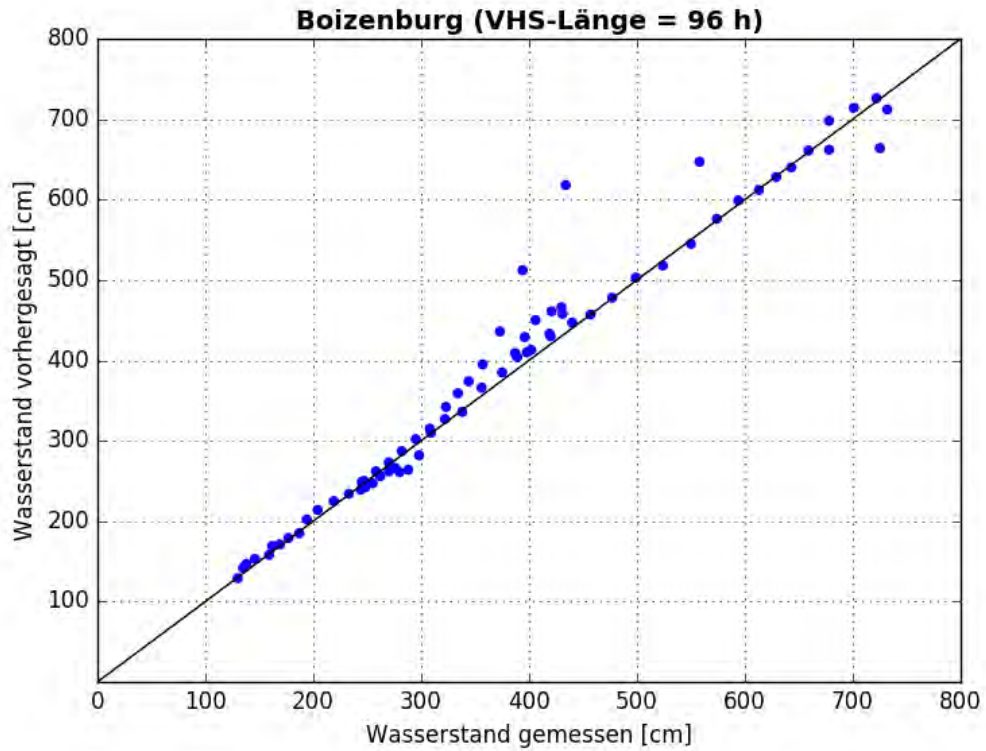


Abbildung C- 469: BOIZ HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 96 h (VHS)

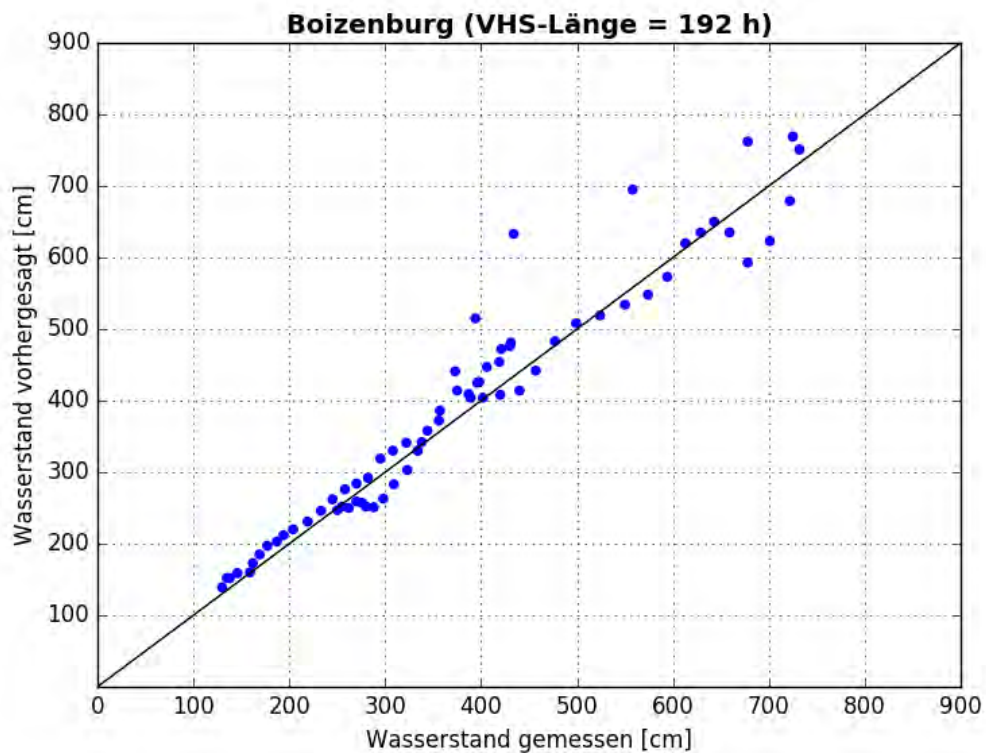


Abbildung C- 470: BOIZ HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 192 h (Absch.)

VHS-Länge = 24 h
Schwellenwert = 300.00 cm

		Messung >= Schwelle	Messung < Schwelle
VHS >= Schwelle	Hit	43	False Alarm 1
	Miss	0	Correct Negative 32
		Boizenburg	

VHS-Länge = 48 h
Schwellenwert = 300.00 cm

		Messung >= Schwelle	Messung < Schwelle
VHS >= Schwelle	Hit	43	False Alarm 1
	Miss	0	Correct Negative 31
		Boizenburg	

VHS-Länge = 96 h
Schwellenwert = 300.00 cm

		Messung >= Schwelle	Messung < Schwelle
VHS >= Schwelle	Hit	43	False Alarm 1
	Miss	0	Correct Negative 29
		Boizenburg	

VHS-Länge = 192 h
Schwellenwert = 300.00 cm

		Messung >= Schwelle	Messung < Schwelle
VHS >= Schwelle	Hit	42	False Alarm 1
	Miss	1	Correct Negative 25
		Boizenburg	

Abbildung C- 471: BOIZ HW2013, Kontingenztafeln Schwellenwert 300

VHS-Länge = 24 h
Schwellenwert = 494.00 cm

		Messung >= Schwelle	Messung < Schwelle
VHS >= Schwelle	Hit	16	False Alarm 0
	Miss	0	Correct Negative 60
		Boizenburg	

VHS-Länge = 48 h
Schwellenwert = 494.00 cm

		Messung >= Schwelle	Messung < Schwelle
VHS >= Schwelle	Hit	16	False Alarm 0
	Miss	0	Correct Negative 59
		Boizenburg	

VHS-Länge = 96 h
Schwellenwert = 494.00 cm

		Messung >= Schwelle	Messung < Schwelle
VHS >= Schwelle	Hit	16	False Alarm 2
	Miss	0	Correct Negative 55
		Boizenburg	

VHS-Länge = 192 h
Schwellenwert = 494.00 cm

		Messung >= Schwelle	Messung < Schwelle
VHS >= Schwelle	Hit	16	False Alarm 2
	Miss	0	Correct Negative 51
		Boizenburg	

Abbildung C- 472: BOIZ HW2013, Kontingenztafeln Schwellenwert 494

VHS-Länge = 24 h
Schwellenwert = 650.00 cm

		Messung \geq Schwelle	Messung $<$ Schwelle
VHS	\geq Schwelle	Hit 7	False Alarm 0
	$<$ Schwelle	Miss 0	Correct Negative 69

Boizenburg

VHS-Länge = 48 h
Schwellenwert = 650.00 cm

		Messung \geq Schwelle	Messung $<$ Schwelle
VHS	\geq Schwelle	Hit 7	False Alarm 0
	$<$ Schwelle	Miss 0	Correct Negative 68

Boizenburg

VHS-Länge = 96 h
Schwellenwert = 650.00 cm

		Messung \geq Schwelle	Messung $<$ Schwelle
VHS	\geq Schwelle	Hit 7	False Alarm 0
	$<$ Schwelle	Miss 0	Correct Negative 66

Boizenburg

VHS-Länge = 192 h
Schwellenwert = 650.00 cm

		Messung \geq Schwelle	Messung $<$ Schwelle
VHS	\geq Schwelle	Hit 4	False Alarm 2
	$<$ Schwelle	Miss 3	Correct Negative 60

Boizenburg

Abbildung C- 473: BOIZ HW2013, Kontingenztafeln Schwellenwert 650

Anlage C-22: Pegel Hohnstorf, Elbe-km 568,97

Hochwasser März – April 2006

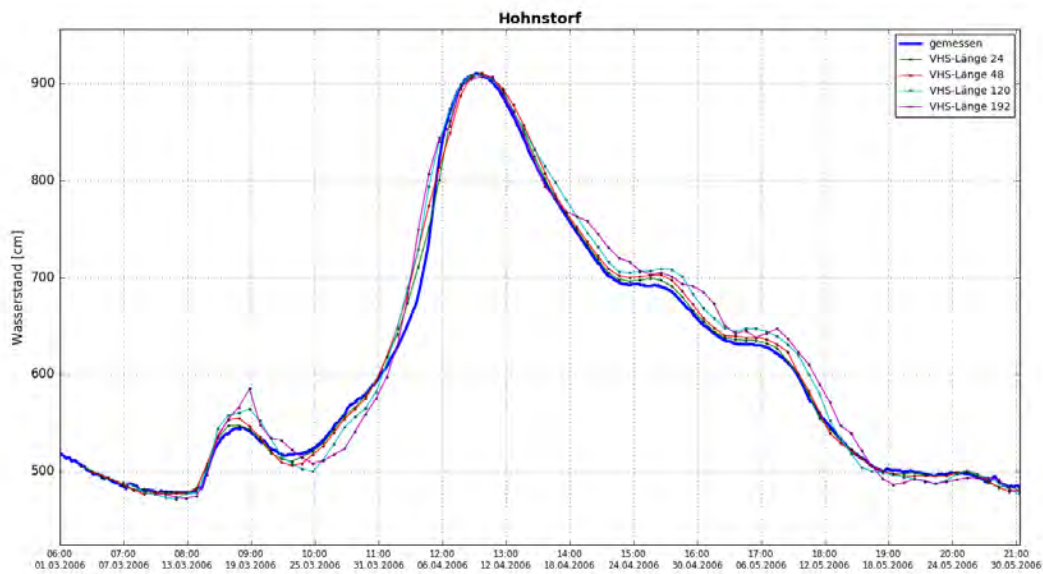


Abbildung C- 474: HOHN HW2006, Ganglinien-Vergleich

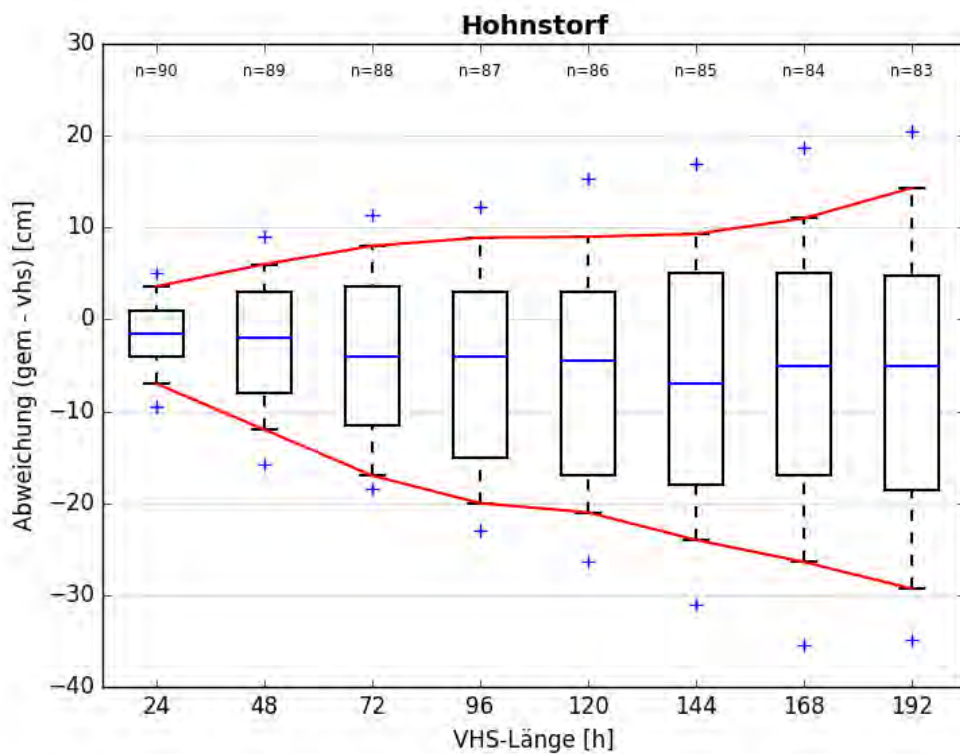


Abbildung C- 475: HOHN HW2006, Boxplot

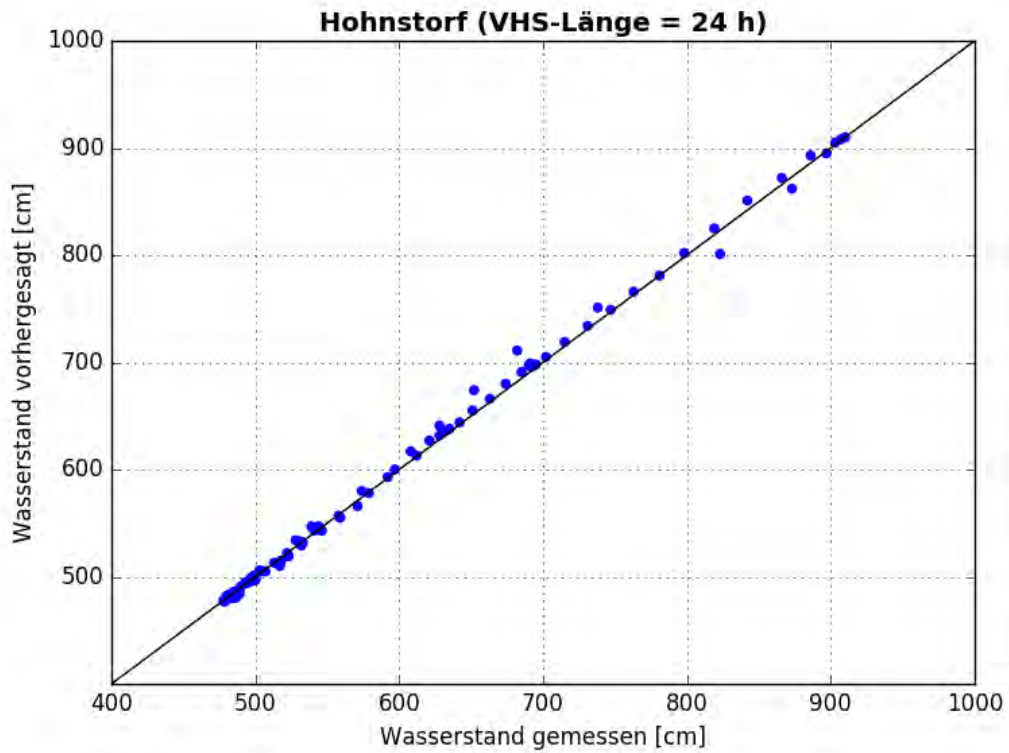


Abbildung C- 476: HOHN HW2006, Scatterplot – VHS-Länge 24 h (VHS)

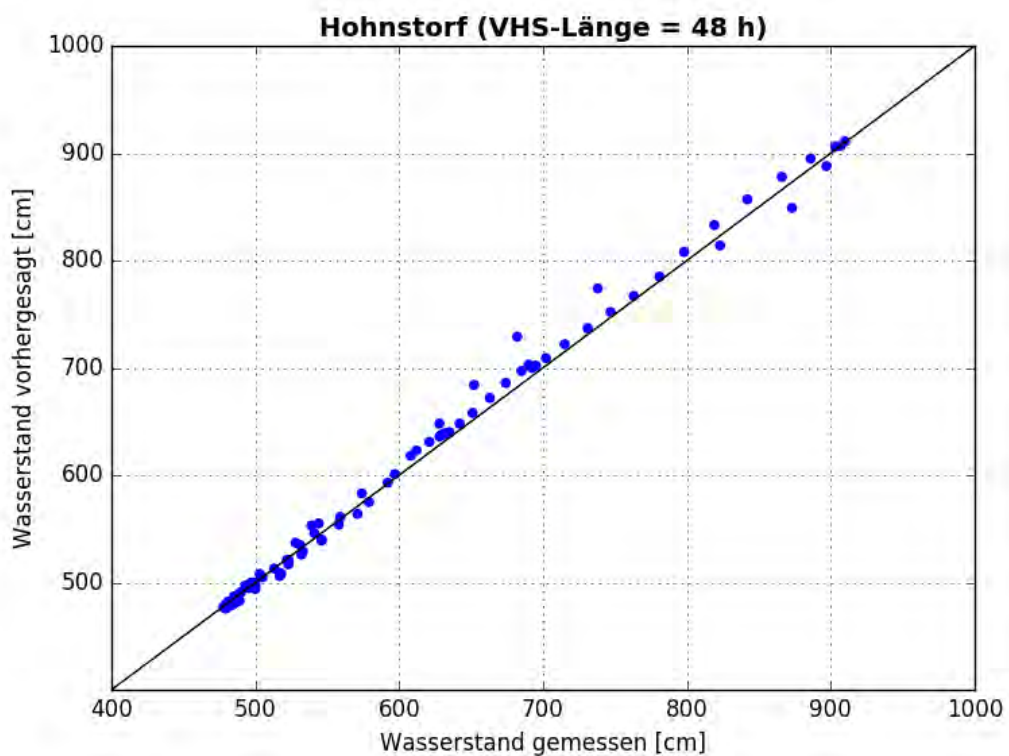


Abbildung C- 477: HOHN HW2006, Scatterplot – VHS-Länge 48 h (VHS)

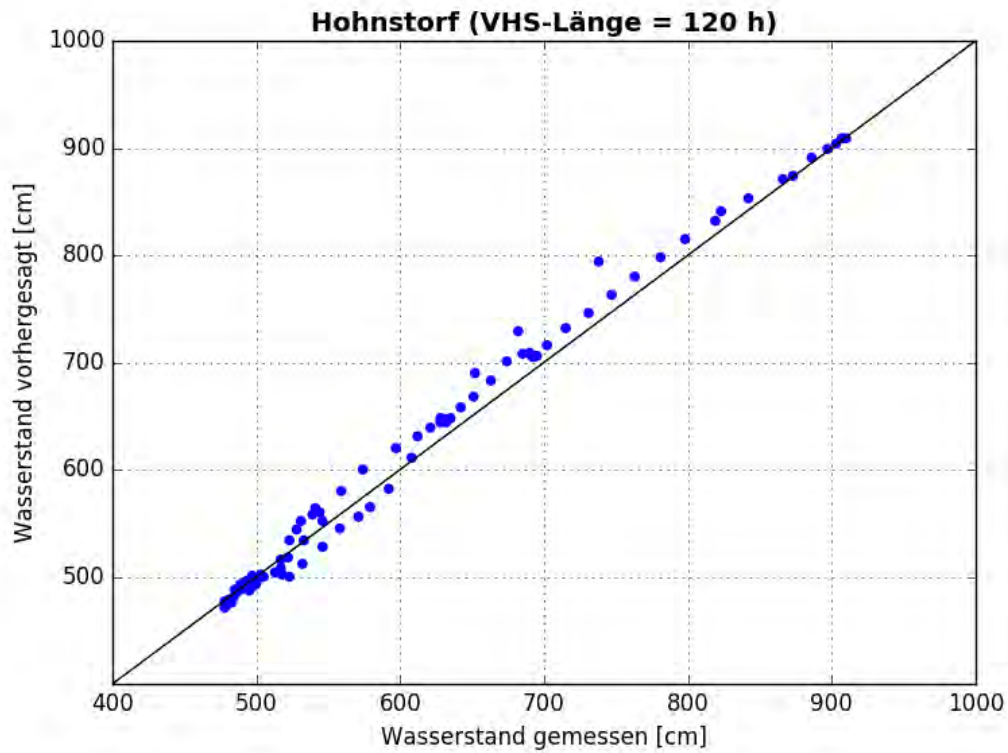


Abbildung C- 478: HOHN HW2006, Scatterplot – VHS-Länge 120 h (VHS)

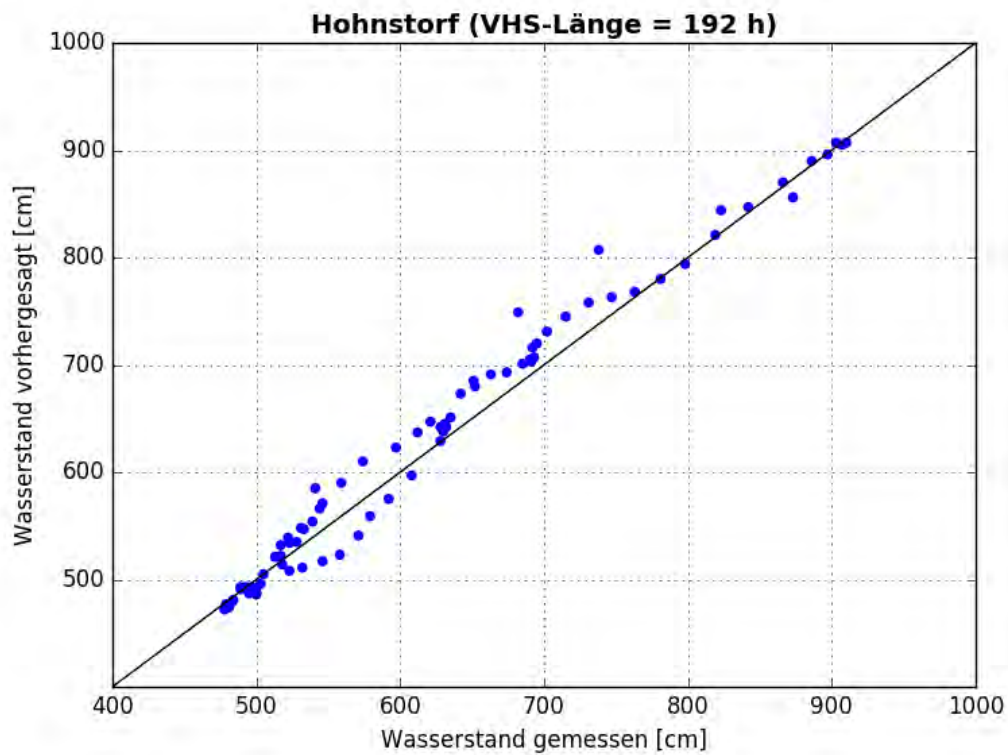


Abbildung C- 479: HOHN HW2006, Scatterplot – VHS-Länge 192 h (Absch.)

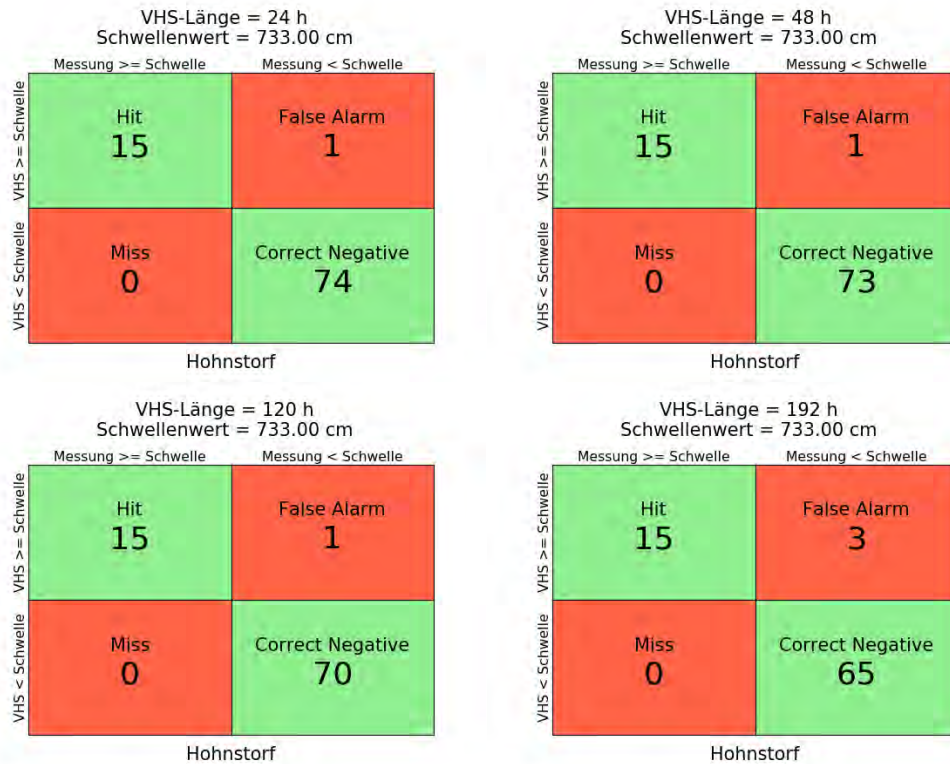


Abbildung C- 480: HOHN HW2006, Kontingenztafeln Schwellenwert 733

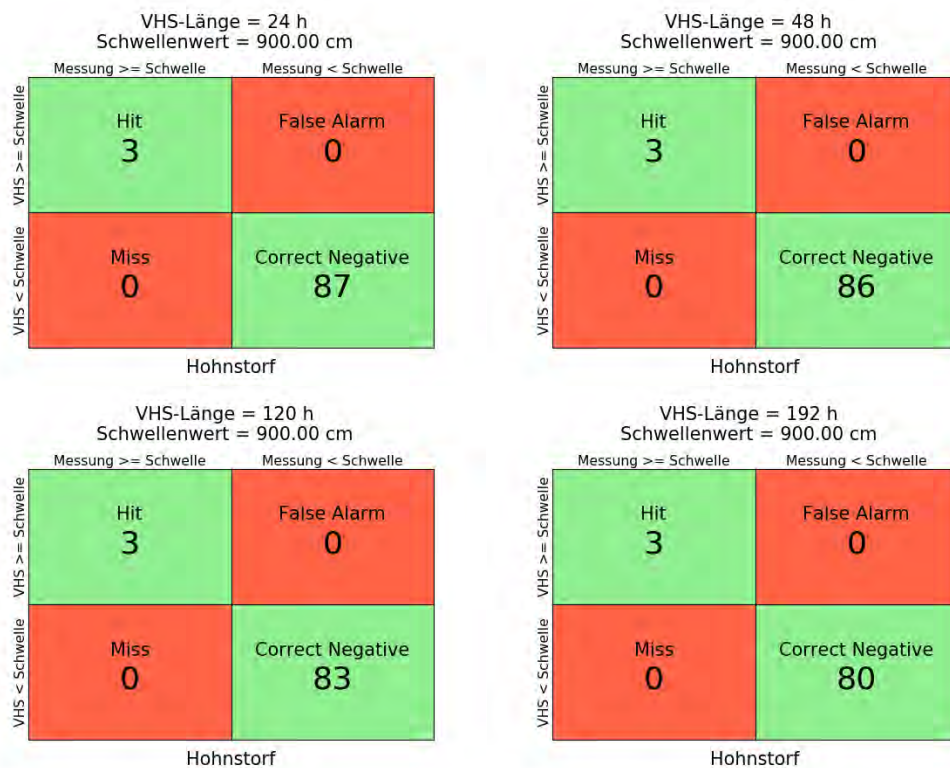


Abbildung C- 481: HOHN HW2006, Kontingenztafeln Schwellenwert 900



Abbildung C- 482: HOHN HW2006, Kontingenztafeln Schwellenwert 920



Abbildung C- 483: HOHN HW2006, Kontingenztafeln Schwellenwert 940



Abbildung C- 484: HOHN HW2006, Kontingenztafeln Schwellenwert 1030

Hochwasser Januar - Februar 2011

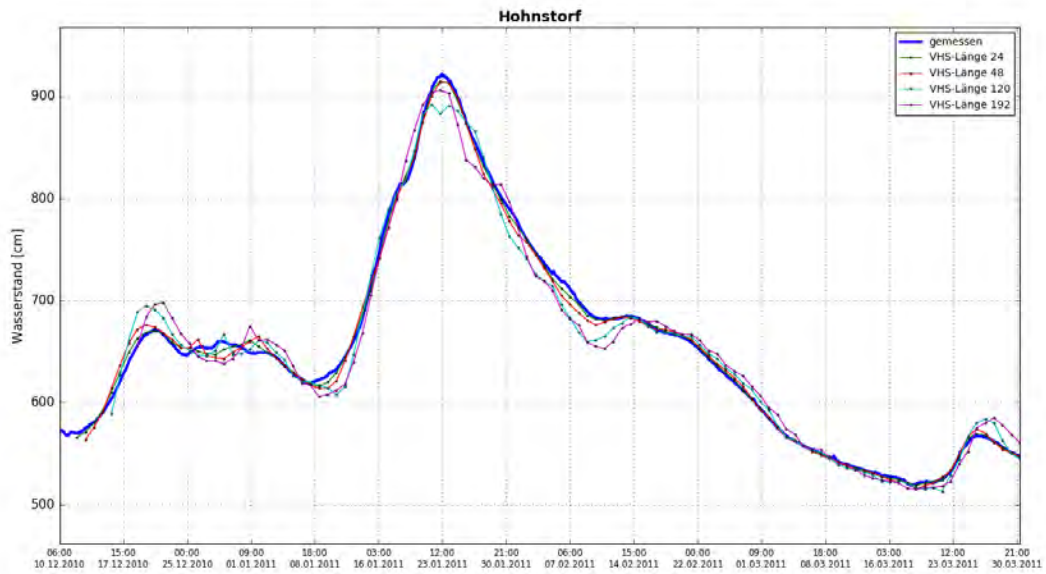


Abbildung C- 485: HOHN HW2011, Ganglinien-Vergleich

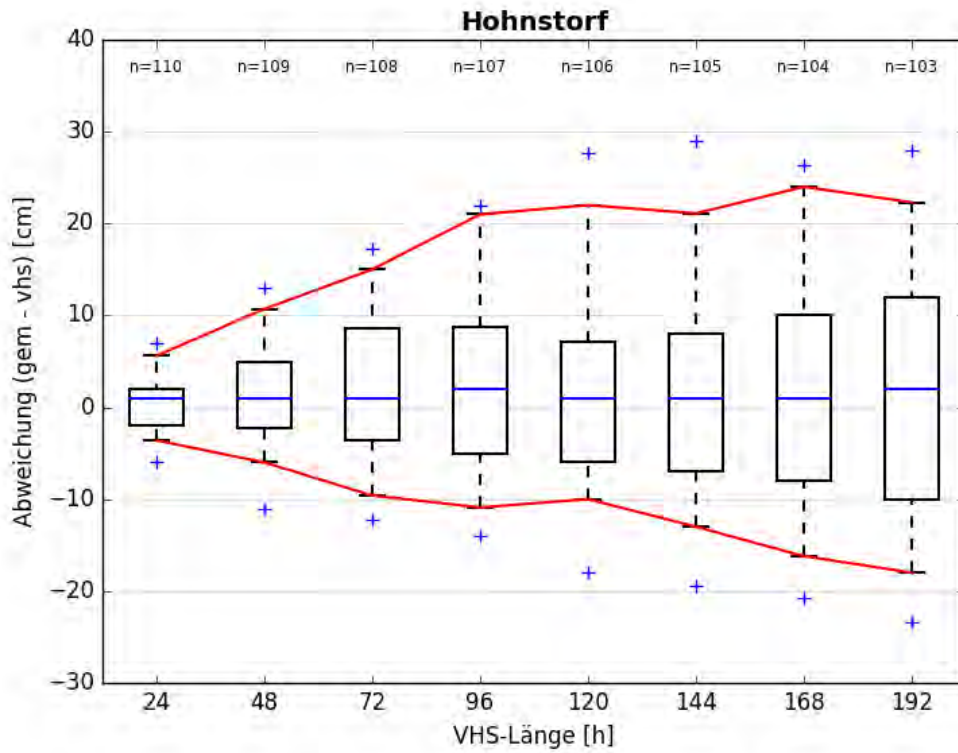


Abbildung C- 486: HOHN HW2011, Boxplot

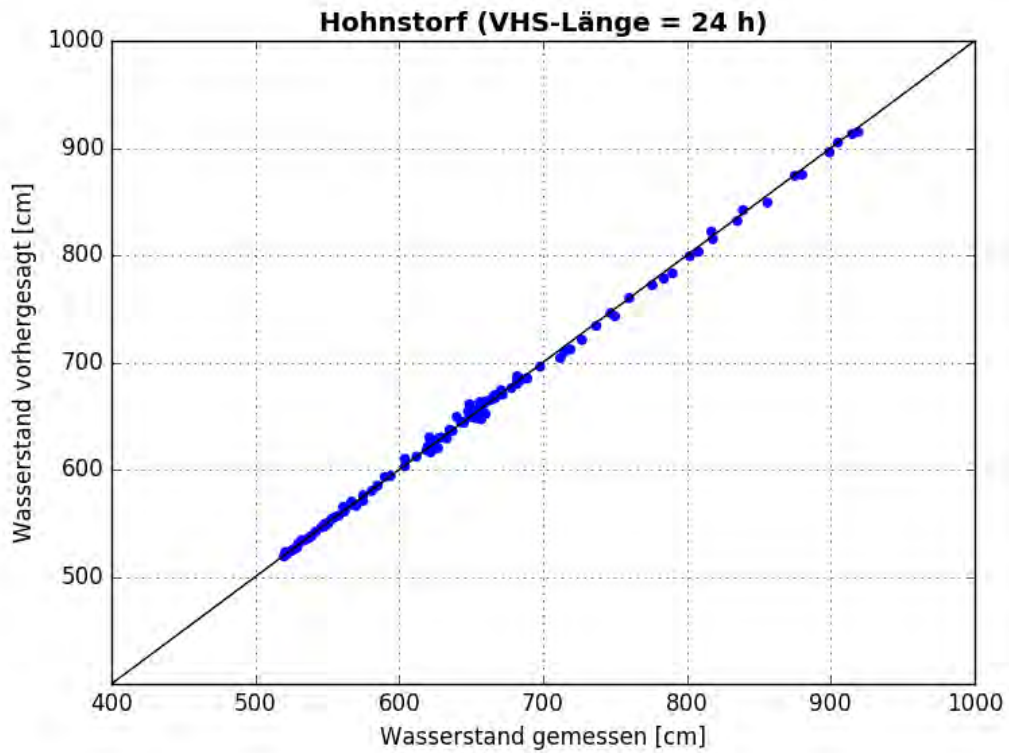


Abbildung C- 487: HOHN HW2011, Scatterplot – VHS-Länge 24 h (VHS)

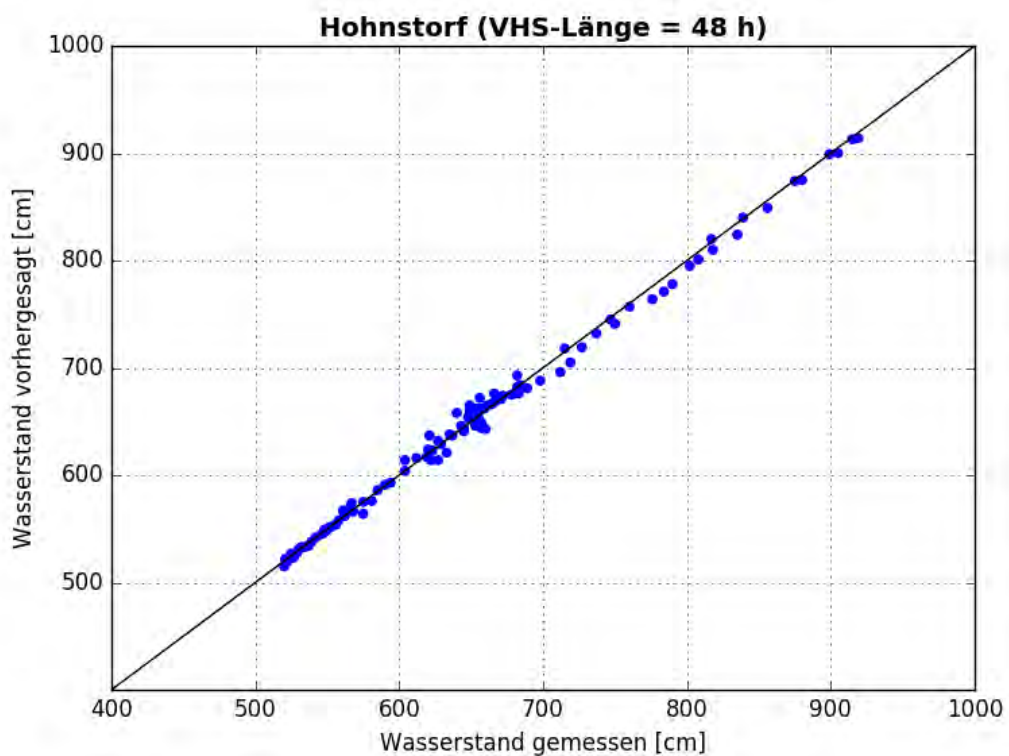


Abbildung C- 488: HOHN HW2011, Scatterplot – VHS-Länge 48 h (VHS)

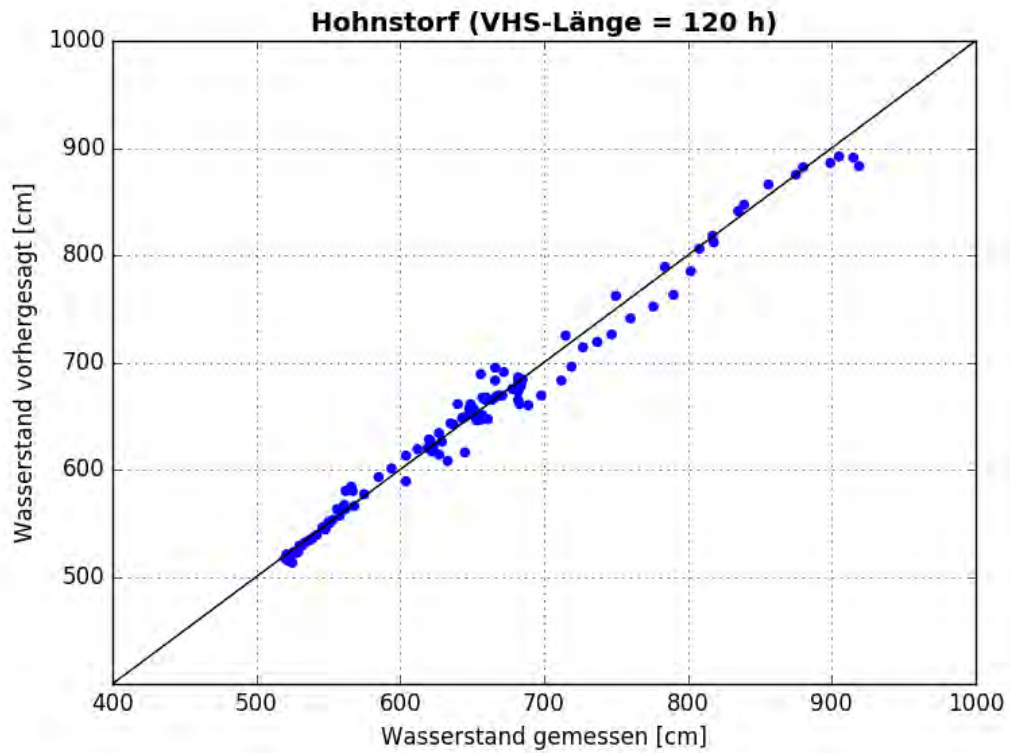


Abbildung C- 489: HOHN HW2011, Scatterplot – VHS-Länge 120 h (VHS)

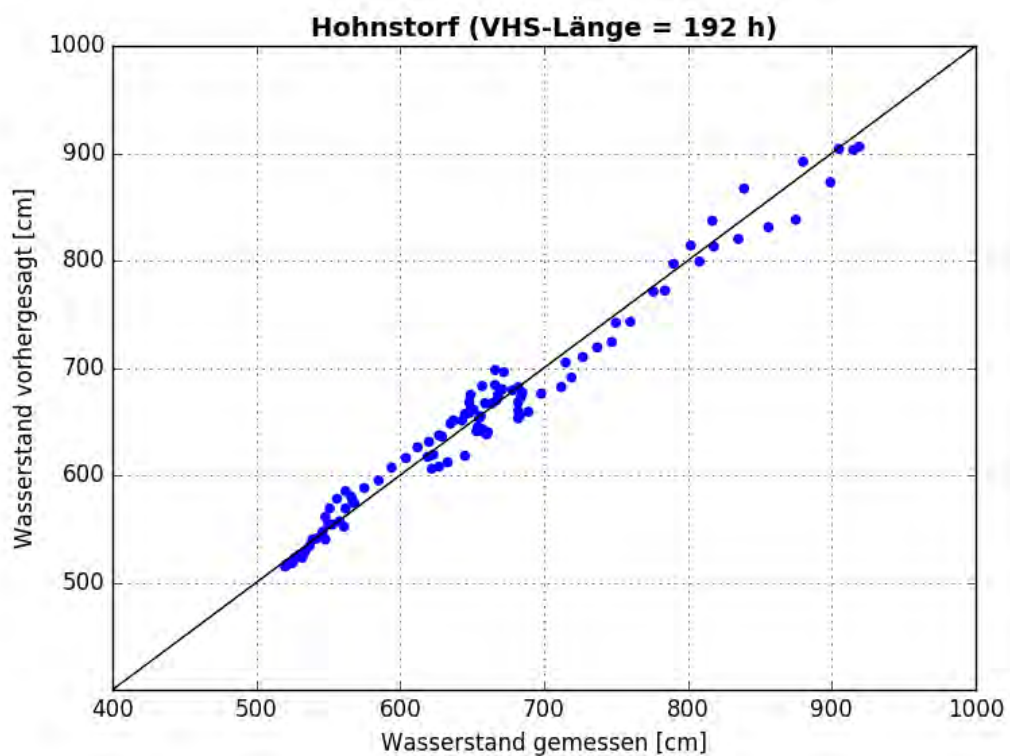


Abbildung C- 490: HOHN HW2011, Scatterplot – VHS-Länge 192 h (Absch.)



Abbildung C- 491: HOHN HW2006, Kontingenztafeln Schwellenwert 733

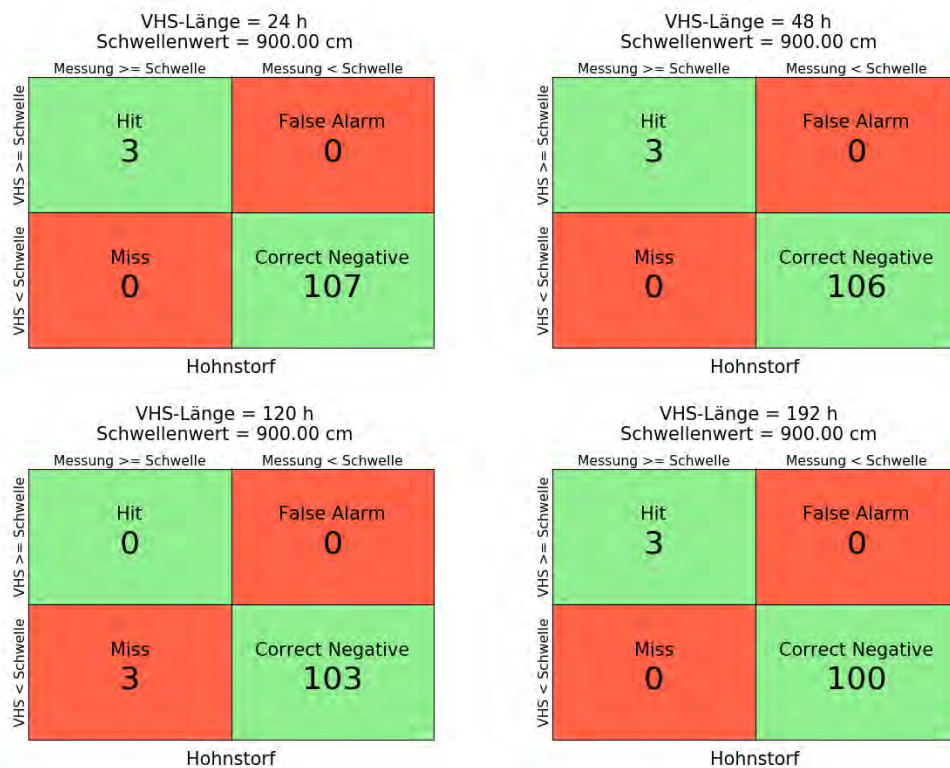


Abbildung C- 492: HOHN HW2006, Kontingenztafeln Schwellenwert 900



Abbildung C- 493: HOHN HW2006, Kontingenztafeln Schwellenwert 920



Abbildung C- 494: HOHN HW2006, Kontingenztafeln Schwellenwert 940



Abbildung C- 495: HOHN HW2006, Kontingenztafeln Schwellenwert 1030

Hochwasser April – Mai 2013

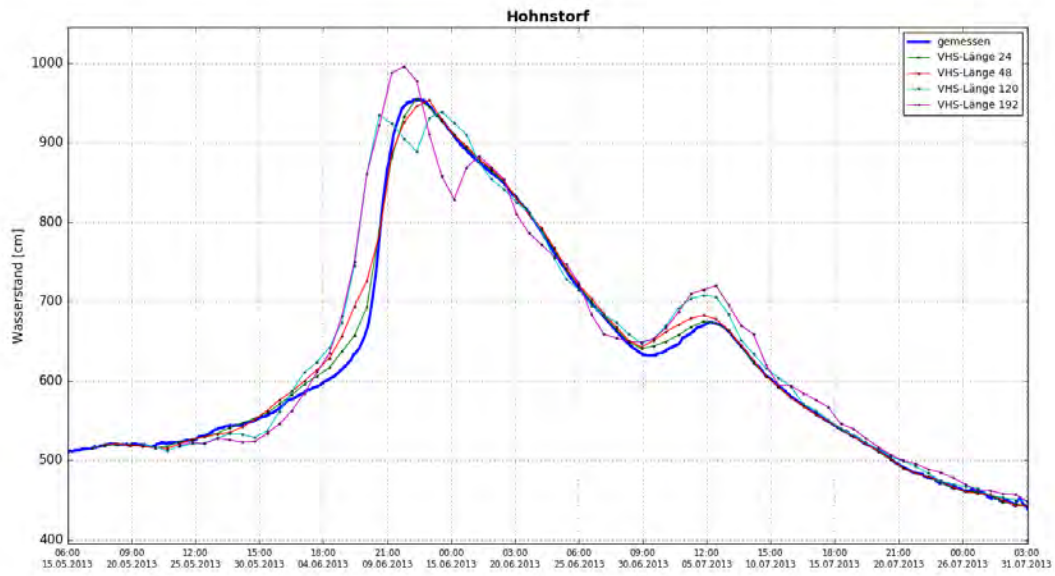


Abbildung C- 496: HOHN HW2013, Ganglinien-Vergleich

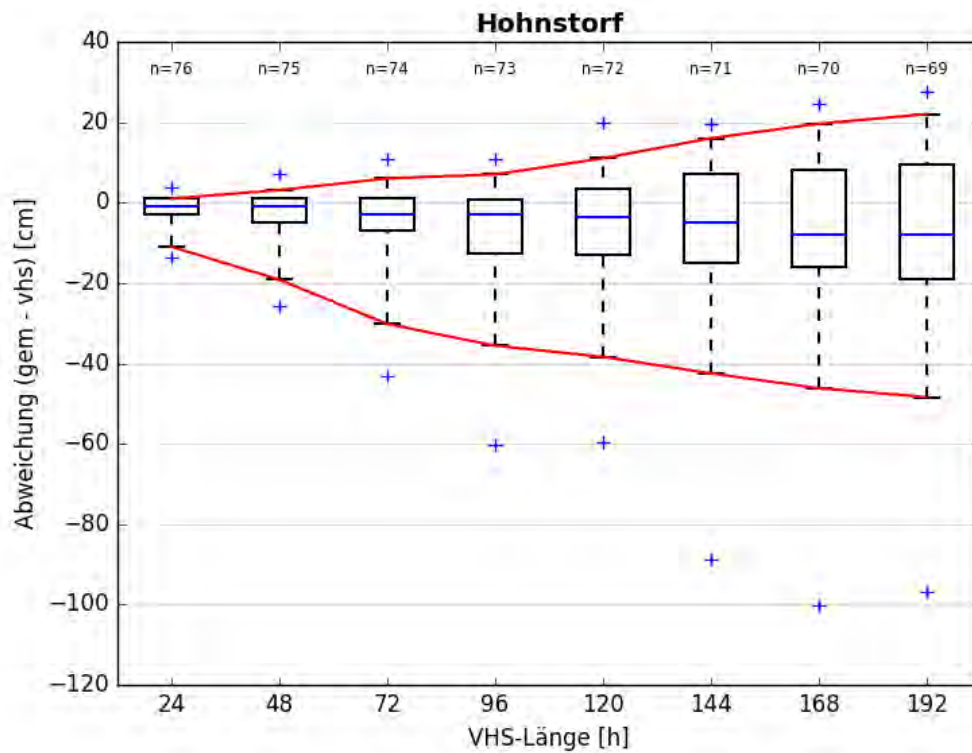


Abbildung C- 497: HOHN HW2013, Boxplot

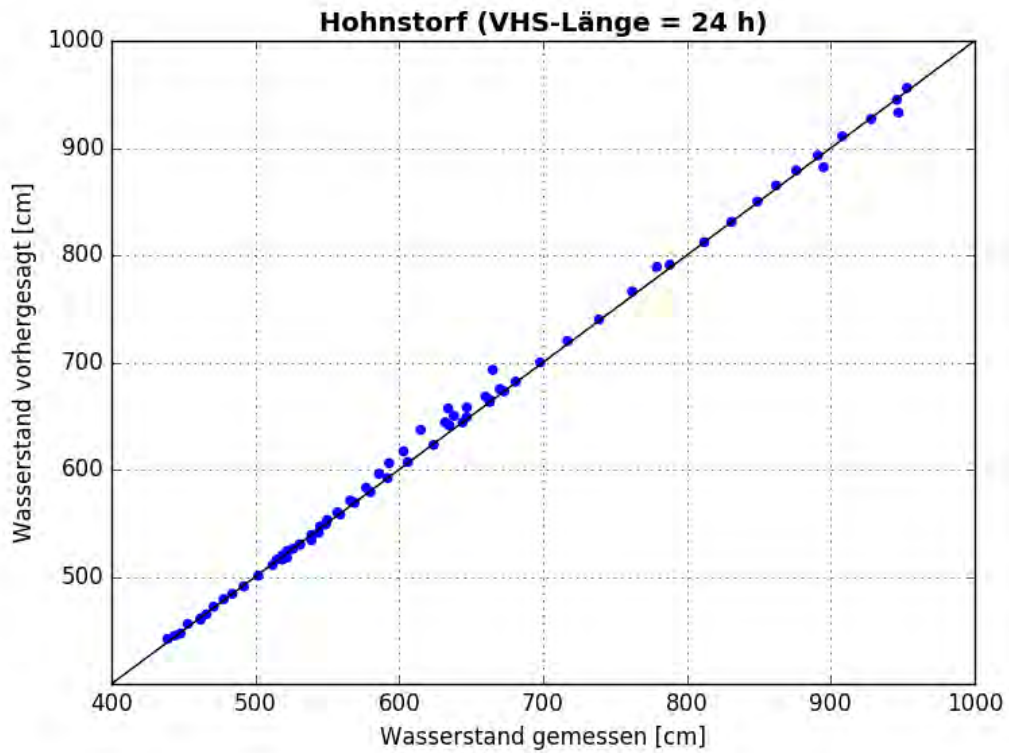


Abbildung C- 498: HOHN HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 24 h (VHS)

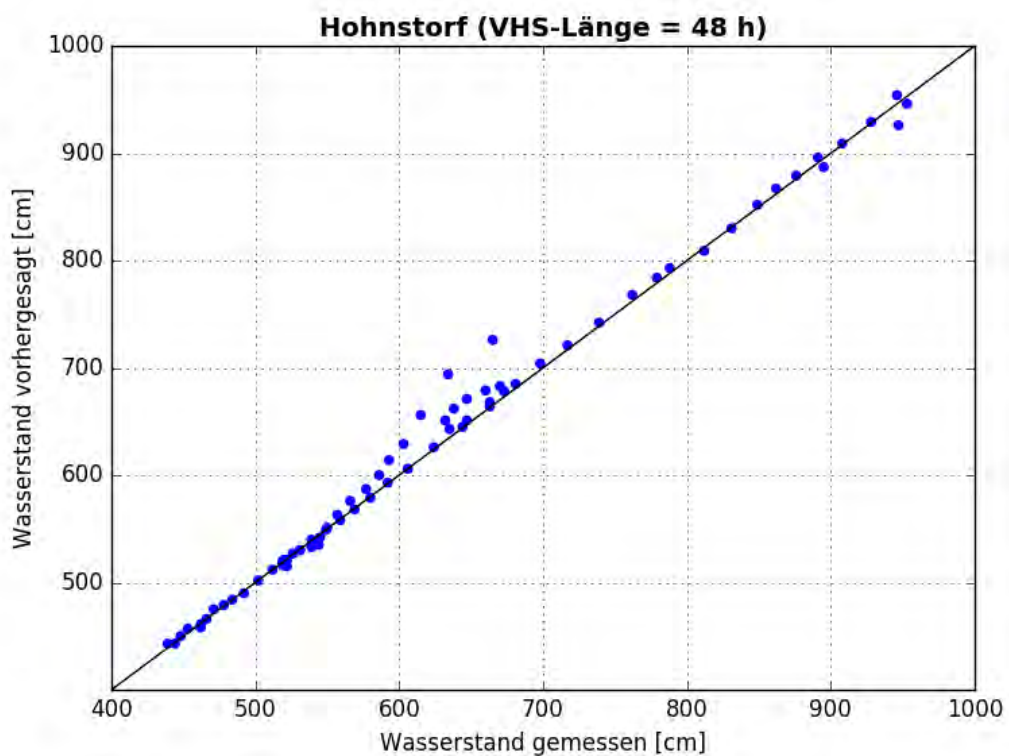


Abbildung C- 499: HOHN HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 48 h (VHS)

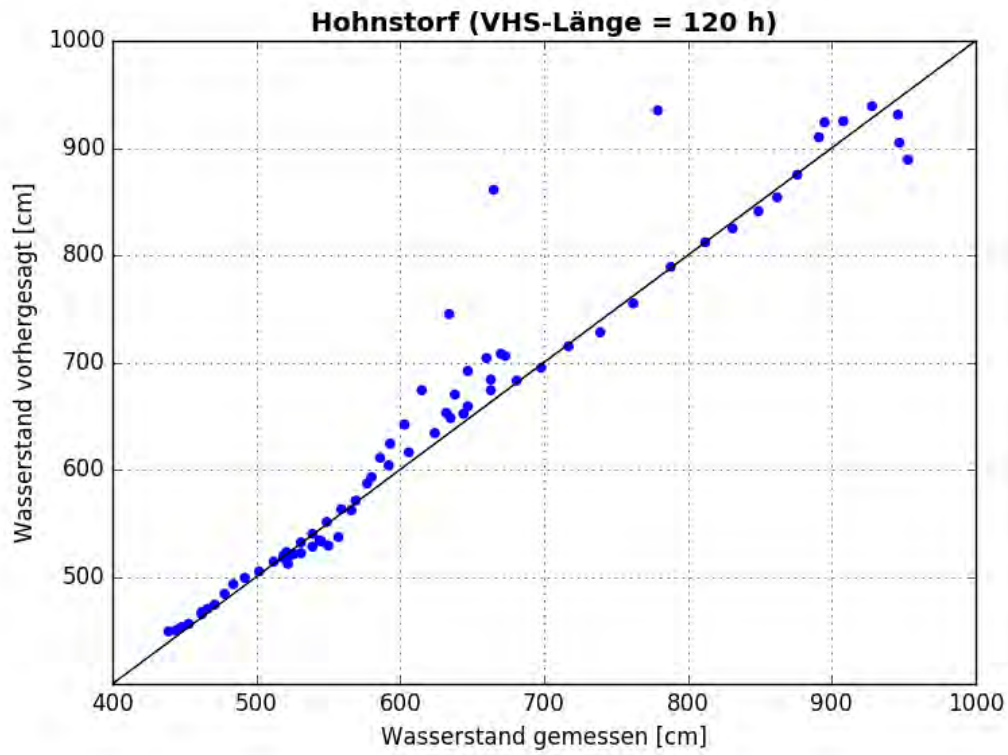


Abbildung C- 500: HOHN HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 120 h (VHS)

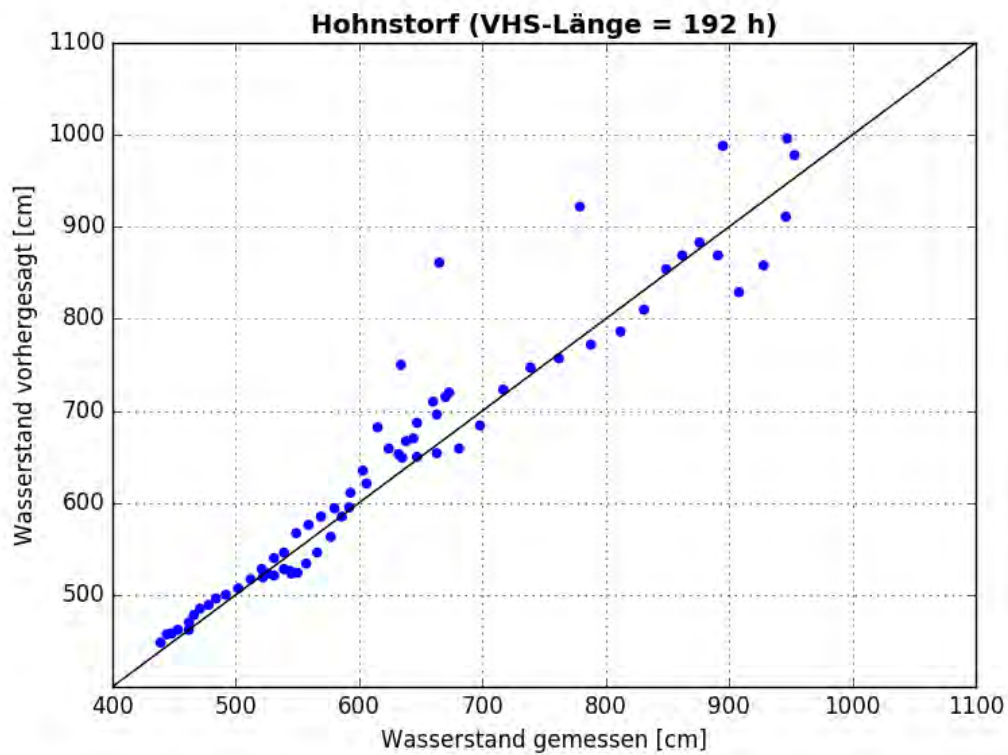


Abbildung C- 501: HOHN HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 192 h (Absch.)

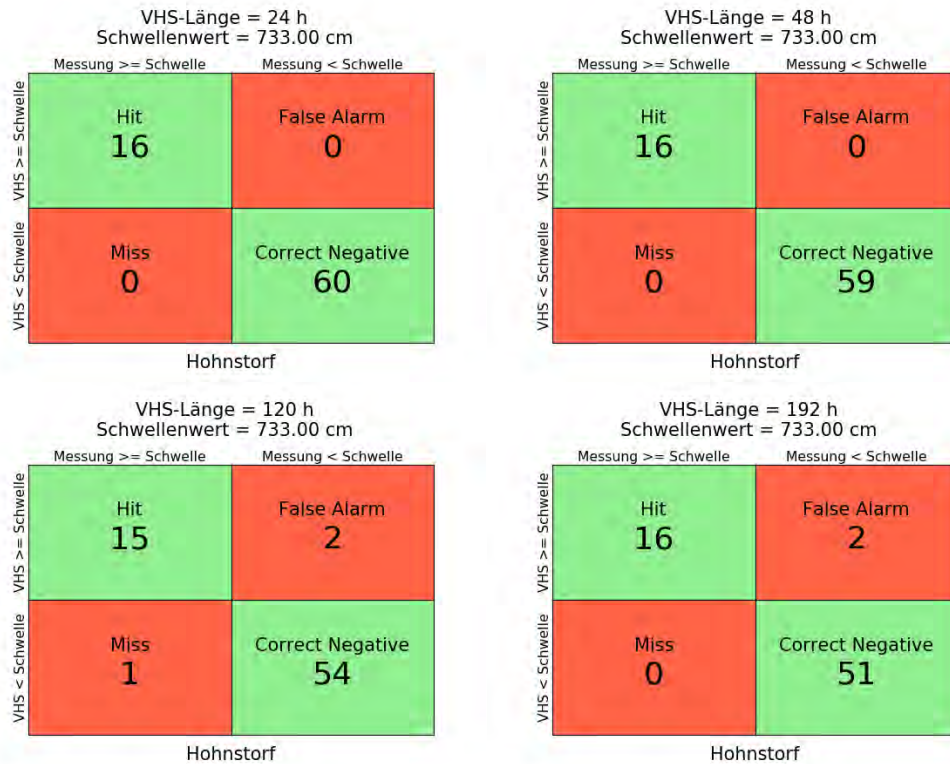


Abbildung C- 502: HOHN HW2006, Kontingenztafeln Schwellenwert 733



Abbildung C- 503: HOHN HW2006, Kontingenztafeln Schwellenwert 900

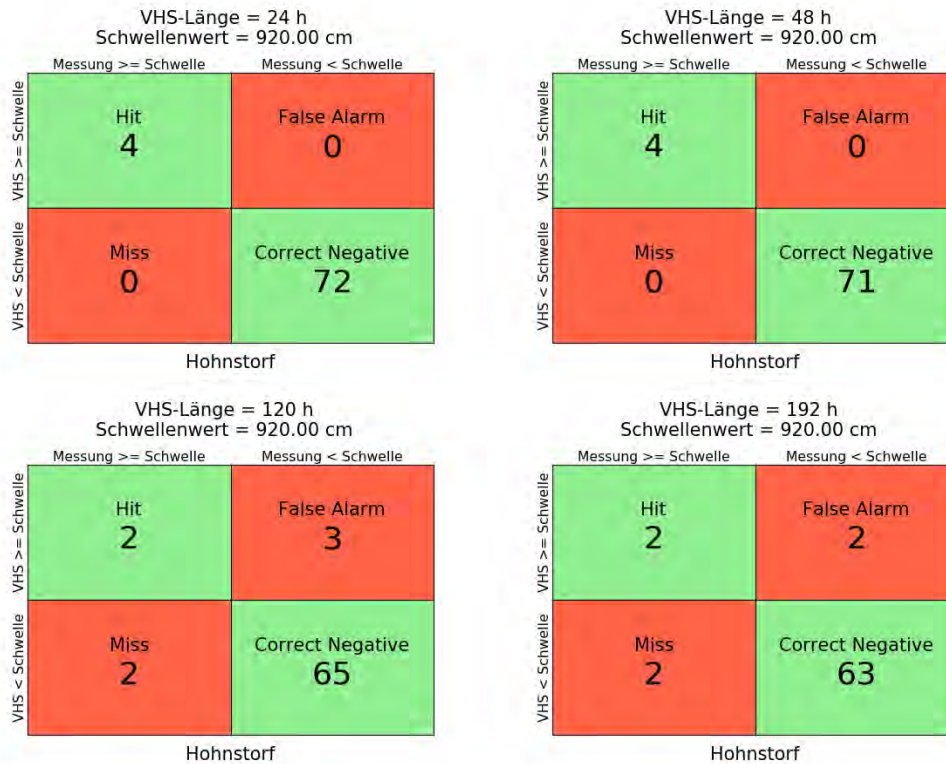


Abbildung C- 504: HOHN HW2006, Kontingenztafeln Schwellenwert 920

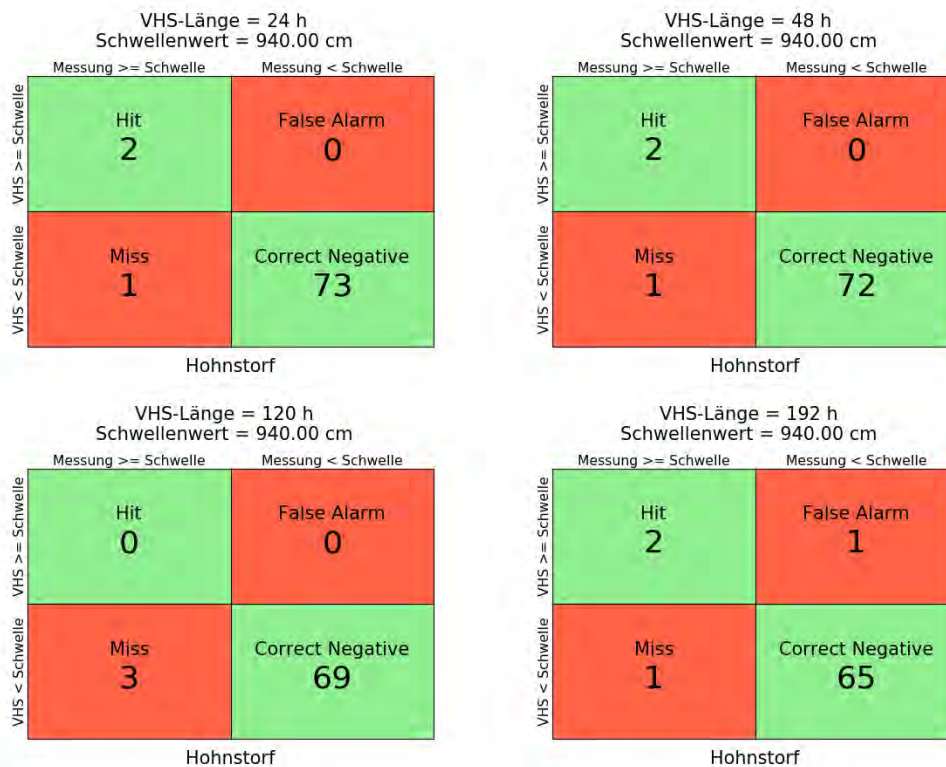


Abbildung C- 505: HOHN HW2006, Kontingenztafeln Schwellenwert 940



Abbildung C- 506: HOHN HW2006, Kontingenztafeln Schwellenwert 1030

Anlage C-23: Pegel Geesthacht, Elbe-km 583,36

Hochwasser März – April 2006

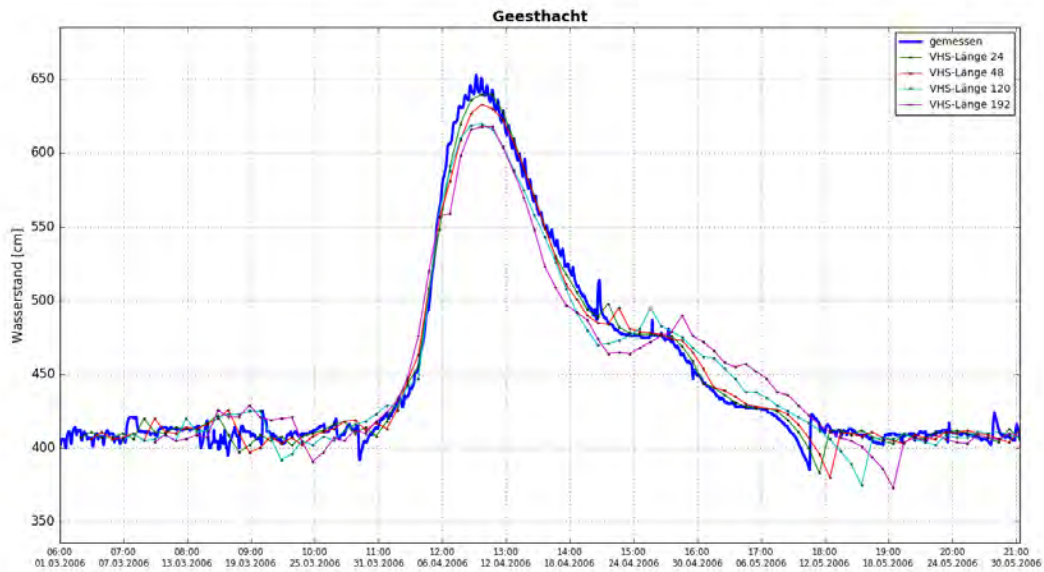


Abbildung C- 507: GEES HW2006, Ganglinien-Vergleich

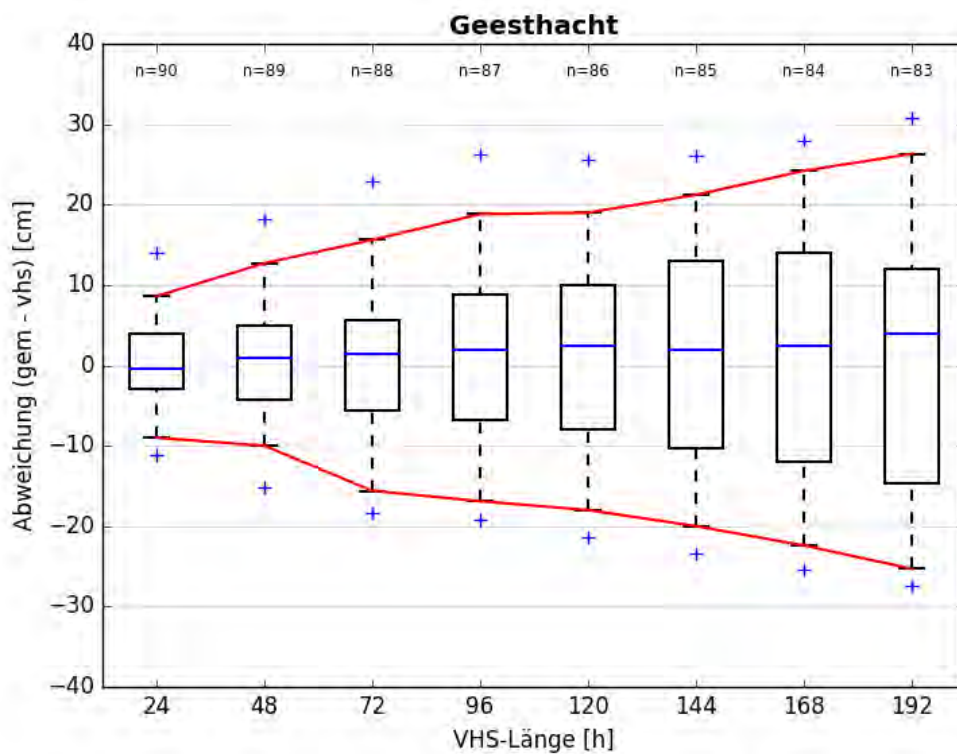


Abbildung C- 508: GEES HW2006, Boxplot

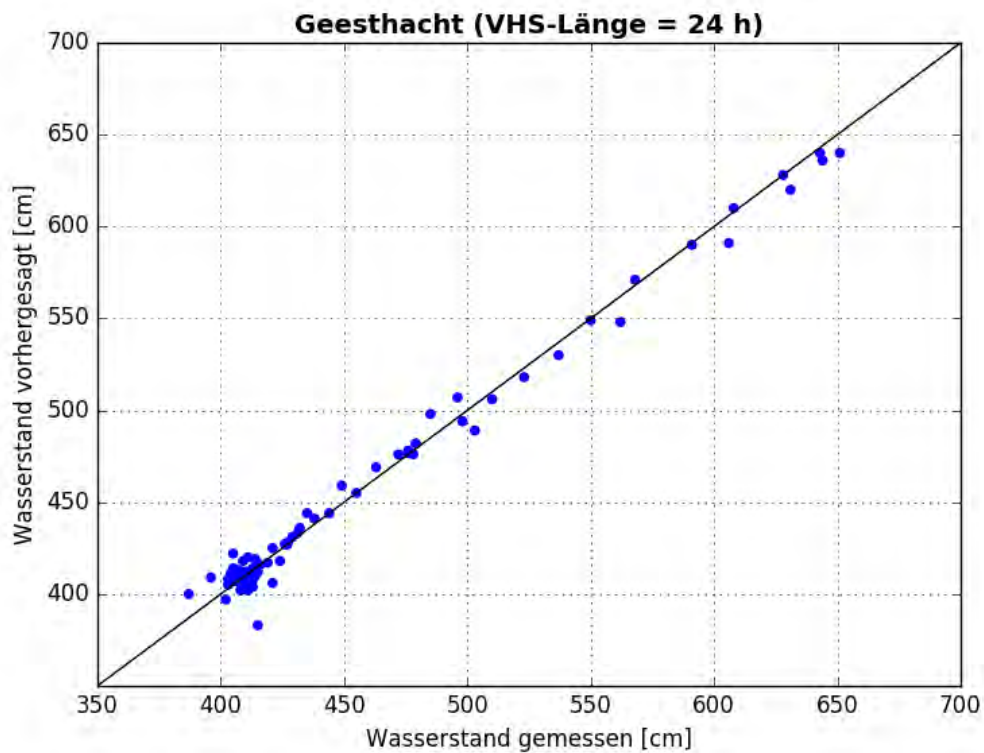


Abbildung C- 509: GEES HW2006, Scatterplot – VHS-Länge 24 h (VHS)

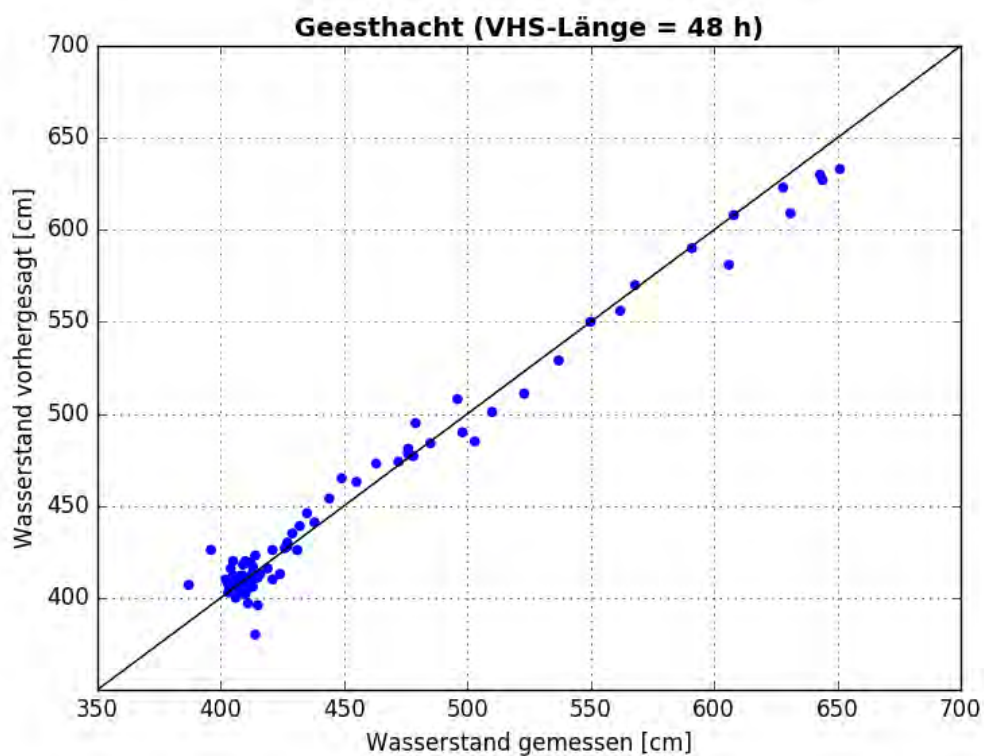


Abbildung C- 510: GEES HW2006, Scatterplot – VHS-Länge 48 h (VHS)

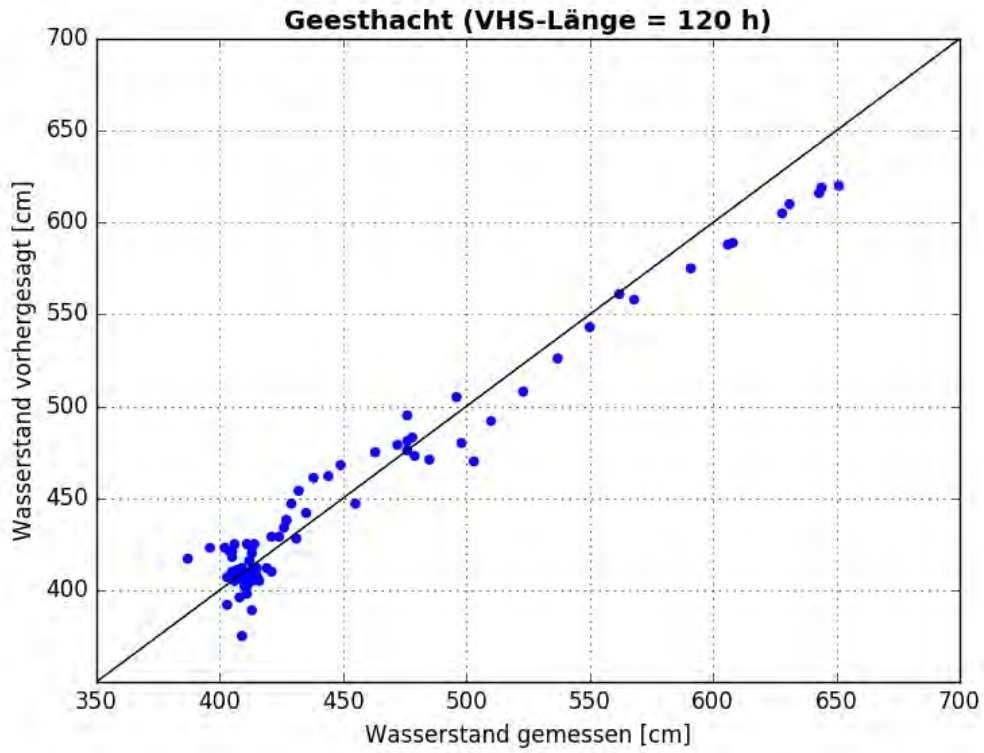


Abbildung C- 511: GEES HW2006, Scatterplot – VHS-Länge 120 h (VHS)

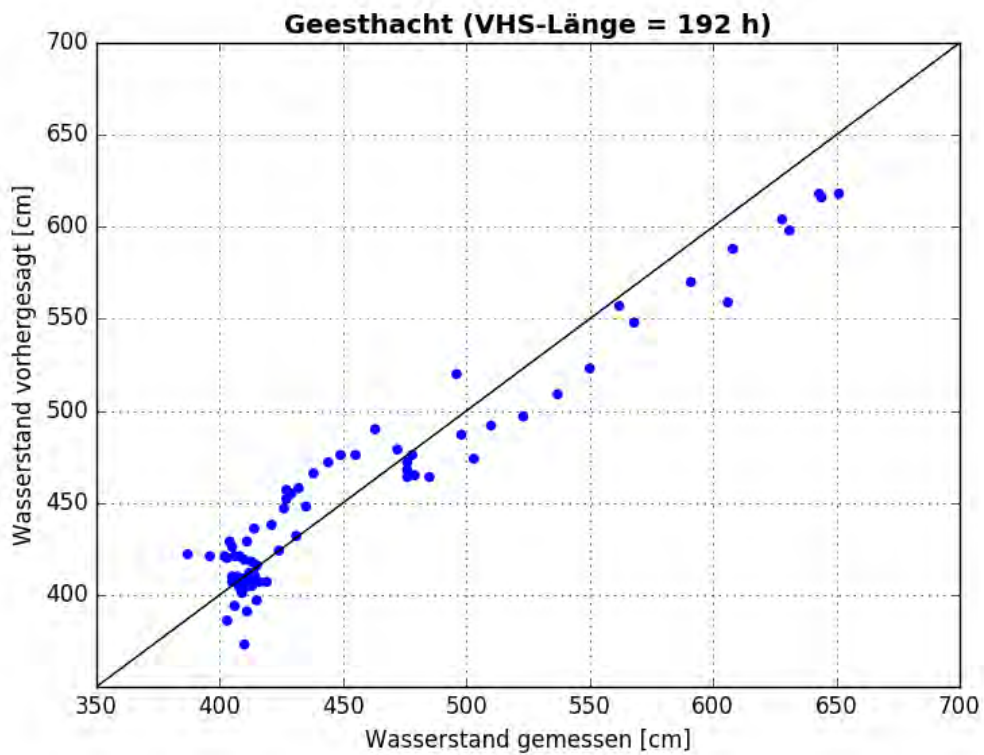


Abbildung C- 512: GEES HW2006, Scatterplot – VHS-Länge 192 h (Absch.)



Abbildung C- 513: GEES HW2006, Kontingenztafeln Schwellenwert 543

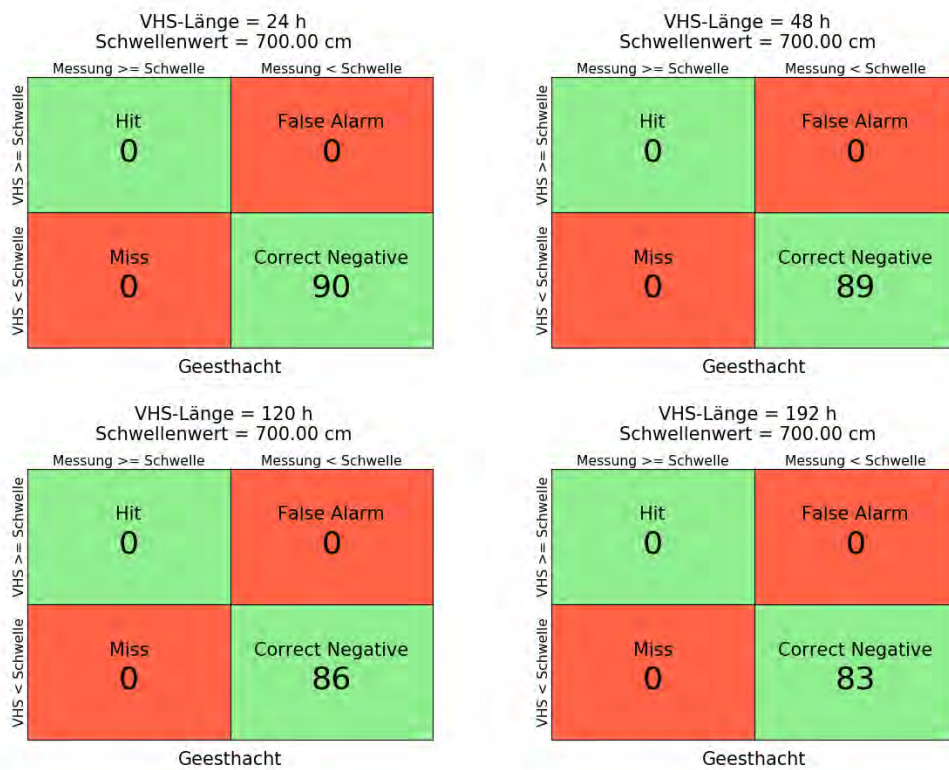


Abbildung C- 514: GEES HW2006, Kontingenztafeln Schwellenwert 700

Hochwasser Januar - Februar 2011

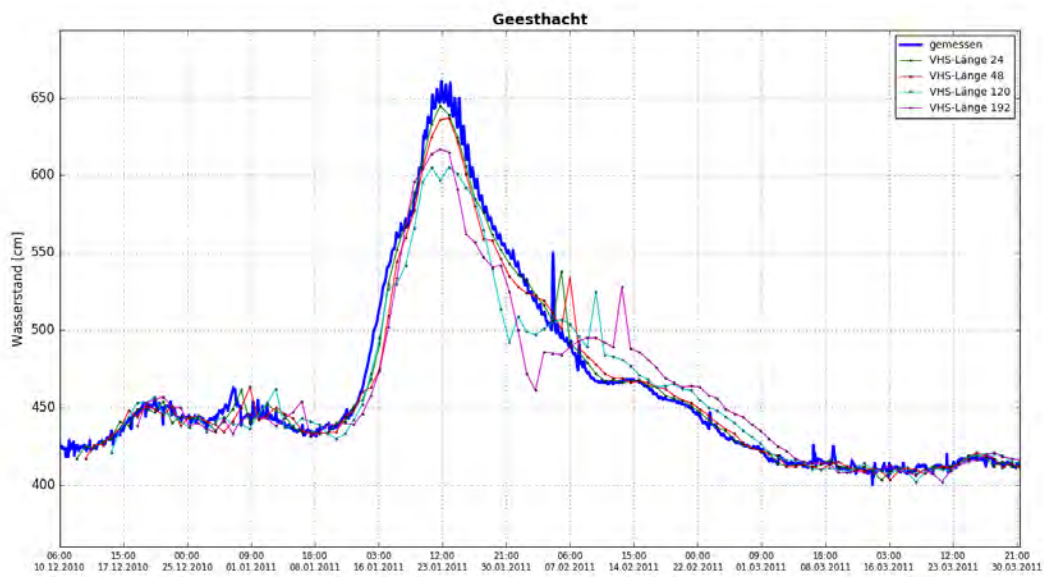


Abbildung C- 515: GEES HW2011, Ganglinien-Vergleich

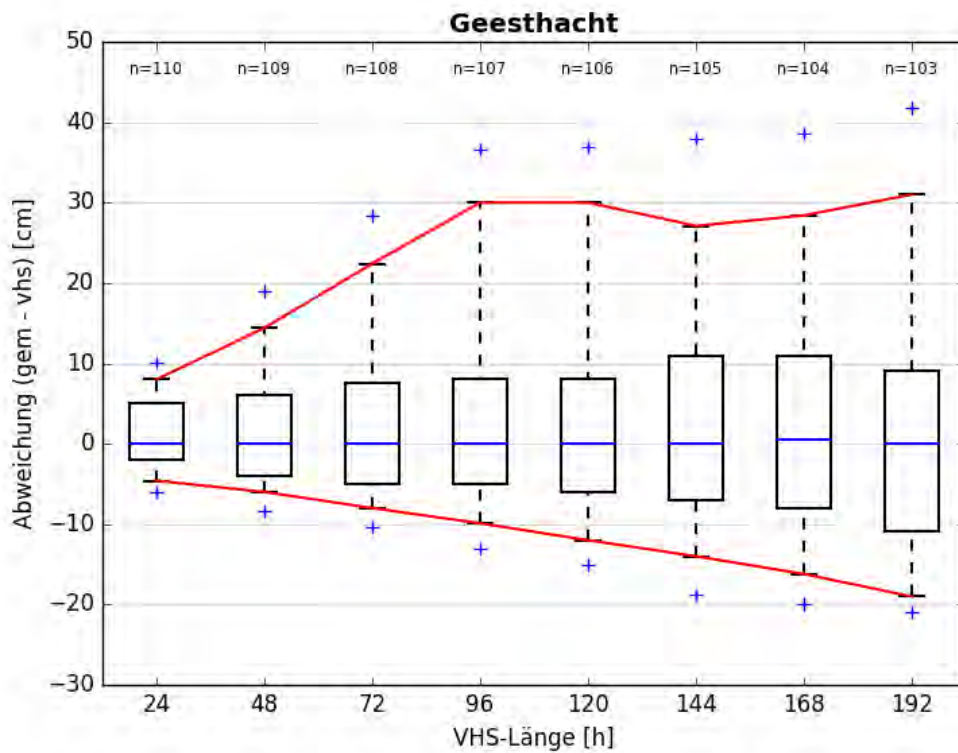


Abbildung C- 516: GEES HW2011, Boxplot

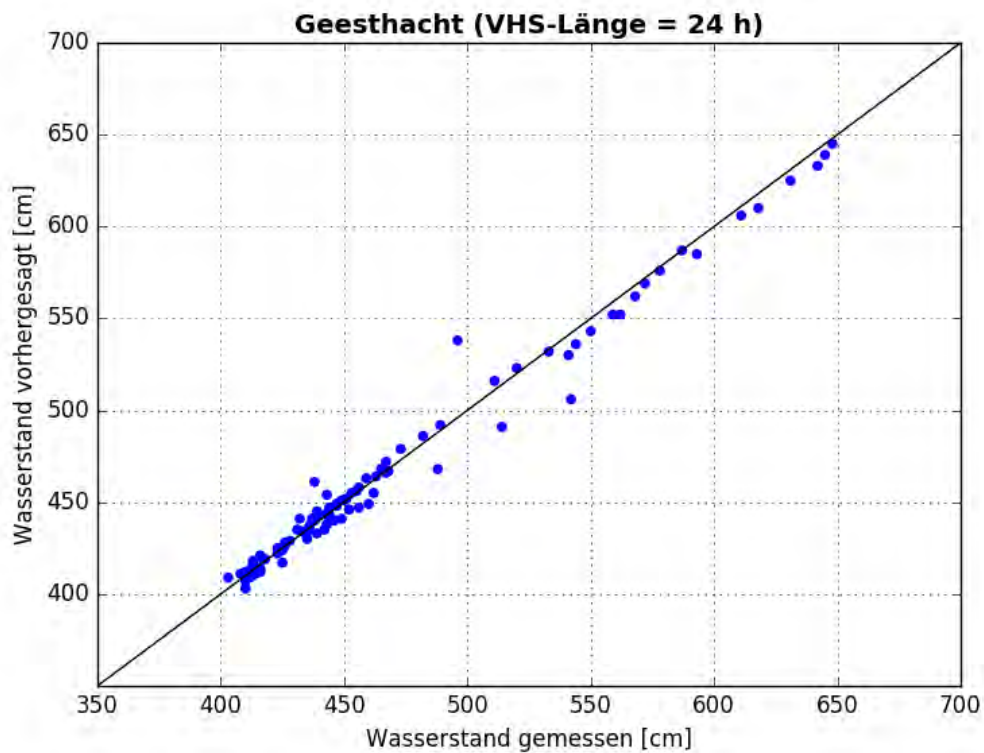


Abbildung C- 517: GEES HW2011, Scatterplot – VHS-Länge 24 h (VHS)

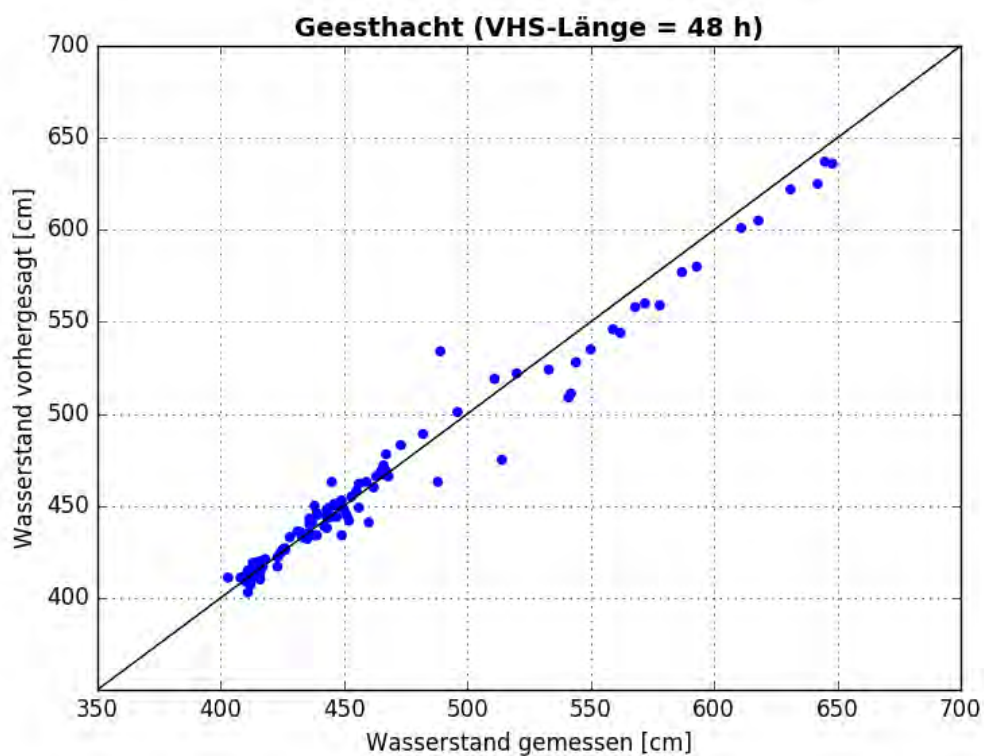


Abbildung C- 518: GEES HW2011, Scatterplot – VHS-Länge 48 h (VHS)

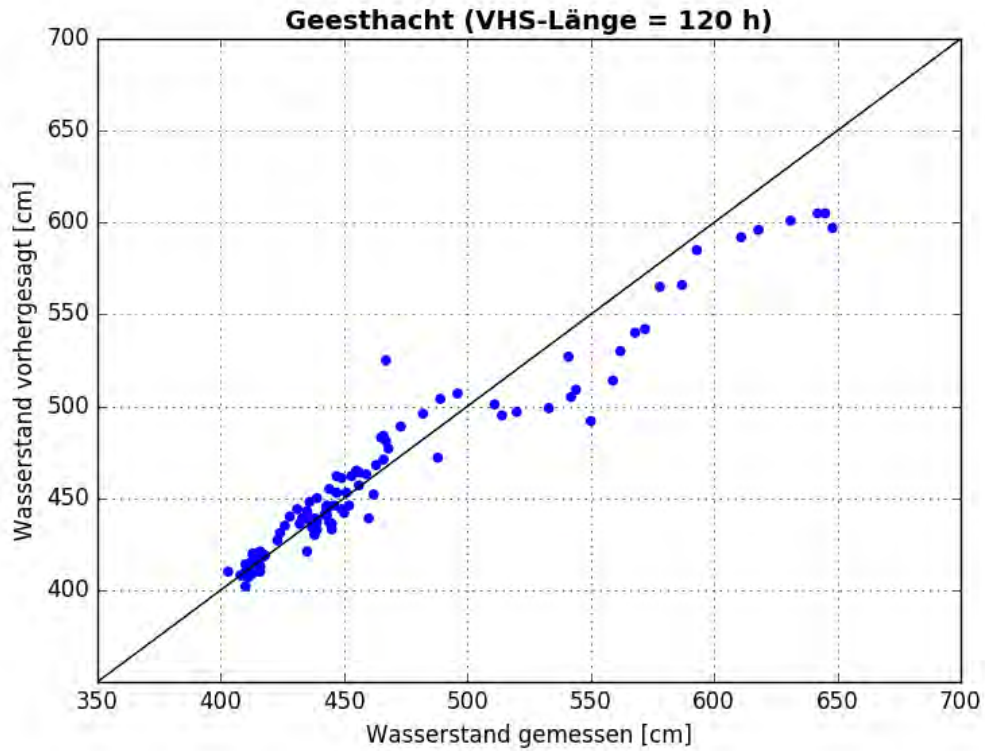


Abbildung C- 519: GEES HW2011, Scatterplot – VHS-Länge 120 h (VHS)

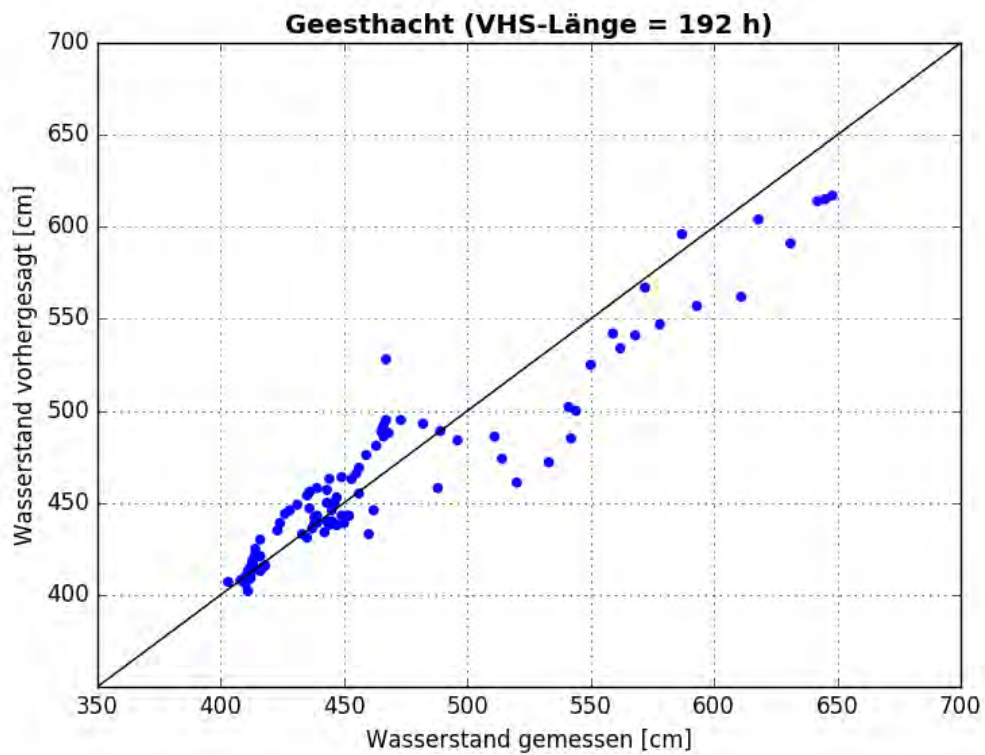


Abbildung C- 520: GEES HW2011, Scatterplot – VHS-Länge 192 h (Absch.)



Abbildung C- 521: GEES HW2011, Kontingenztafeln Schwellenwert 543

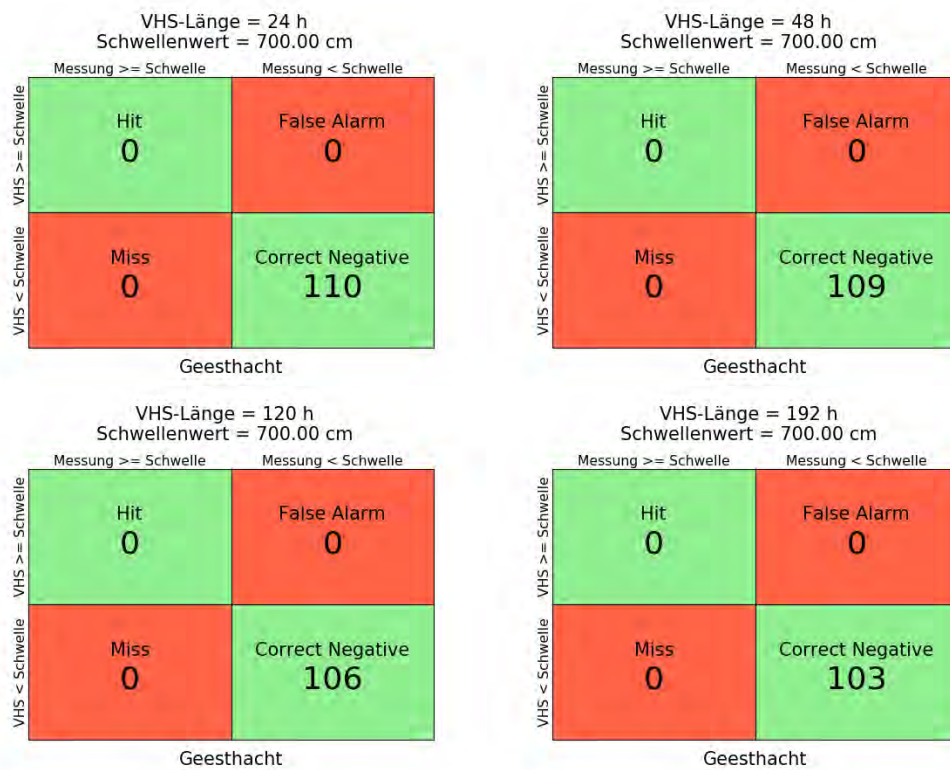


Abbildung C- 522: GEES HW2011, Kontingenztafeln Schwellenwert 700

Hochwasser April – Mai 2013

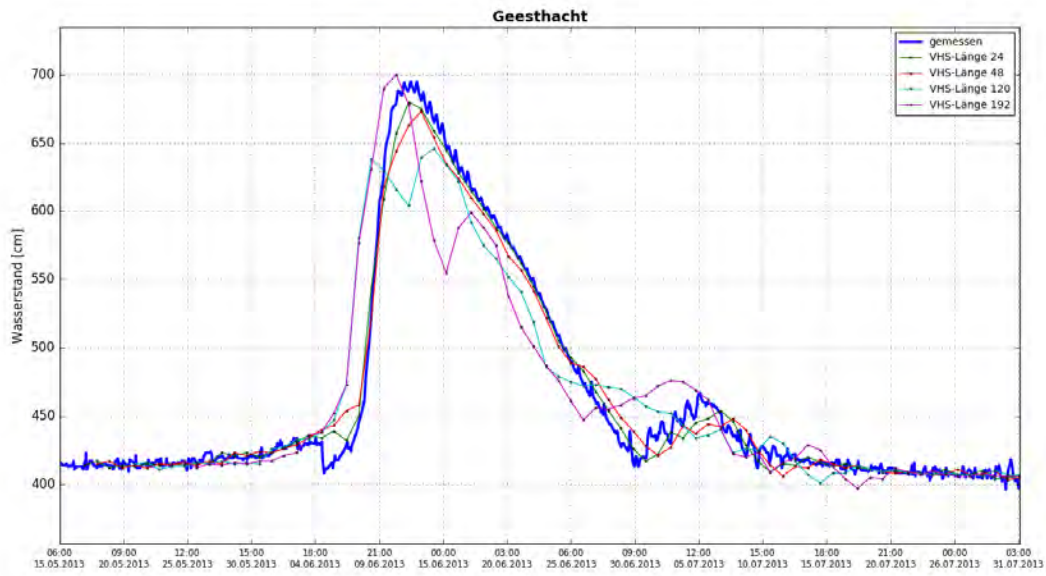


Abbildung C- 523: GEES HW2013, Ganglinien-Vergleich

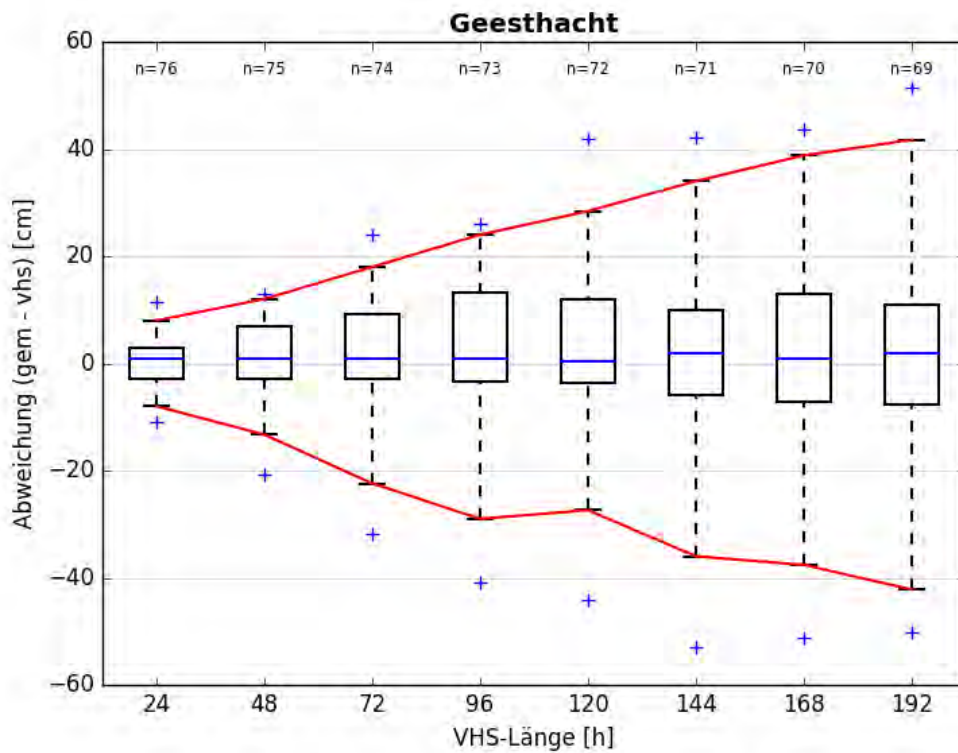


Abbildung C- 524: GEES HW2013, Boxplot

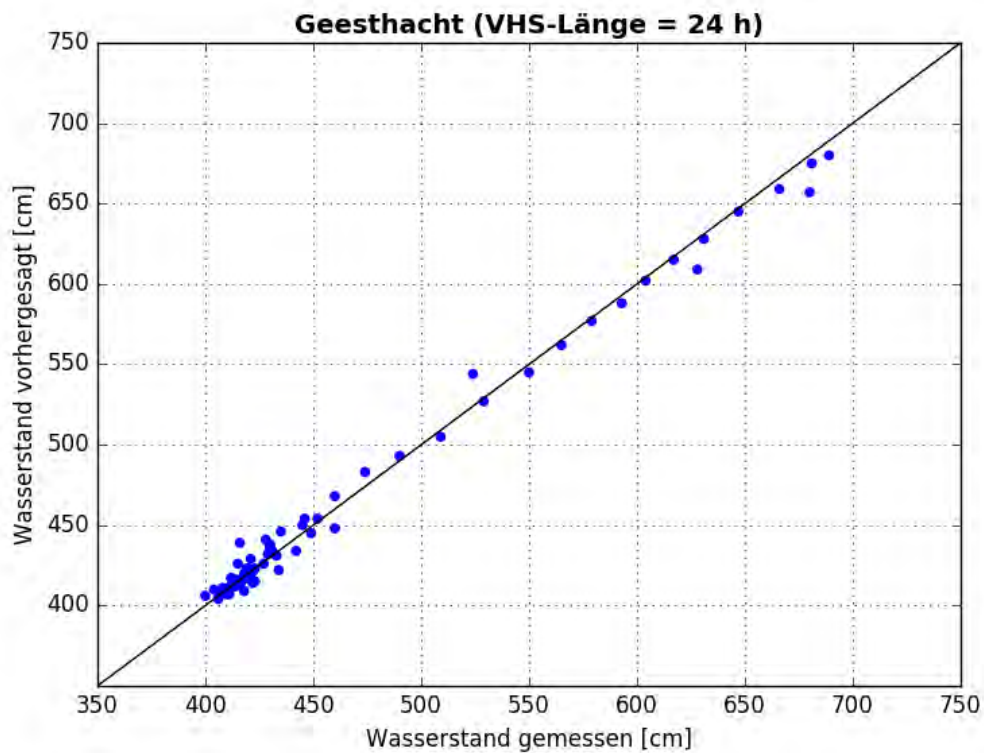


Abbildung C- 525: GEES HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 24 h (VHS)

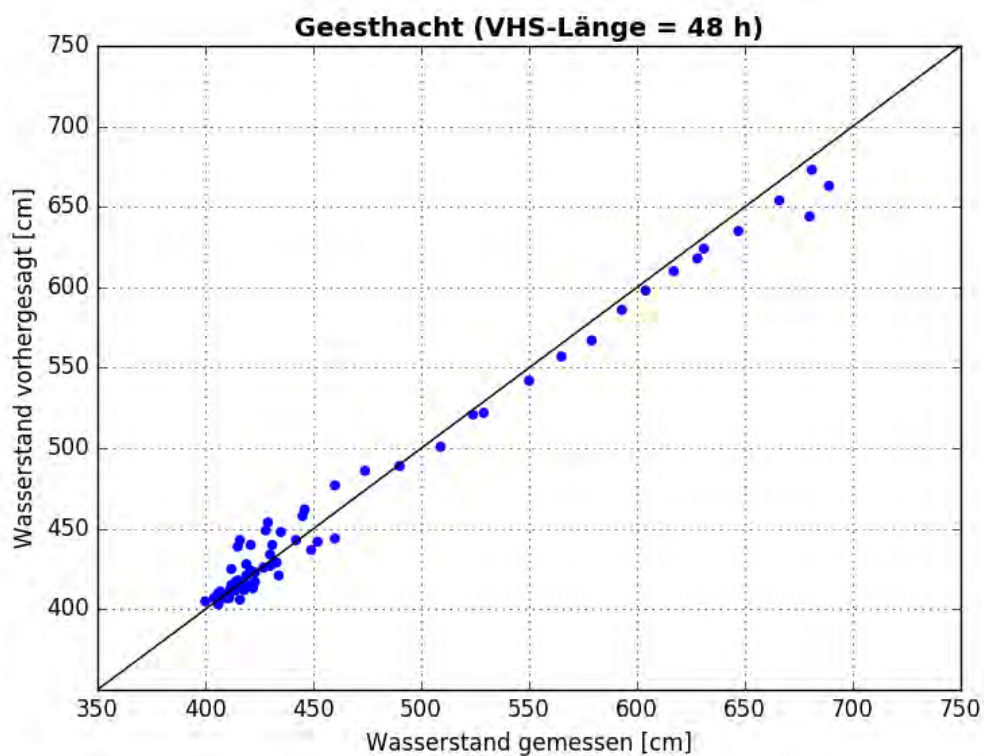


Abbildung C- 526: GEES HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 48 h (VHS)

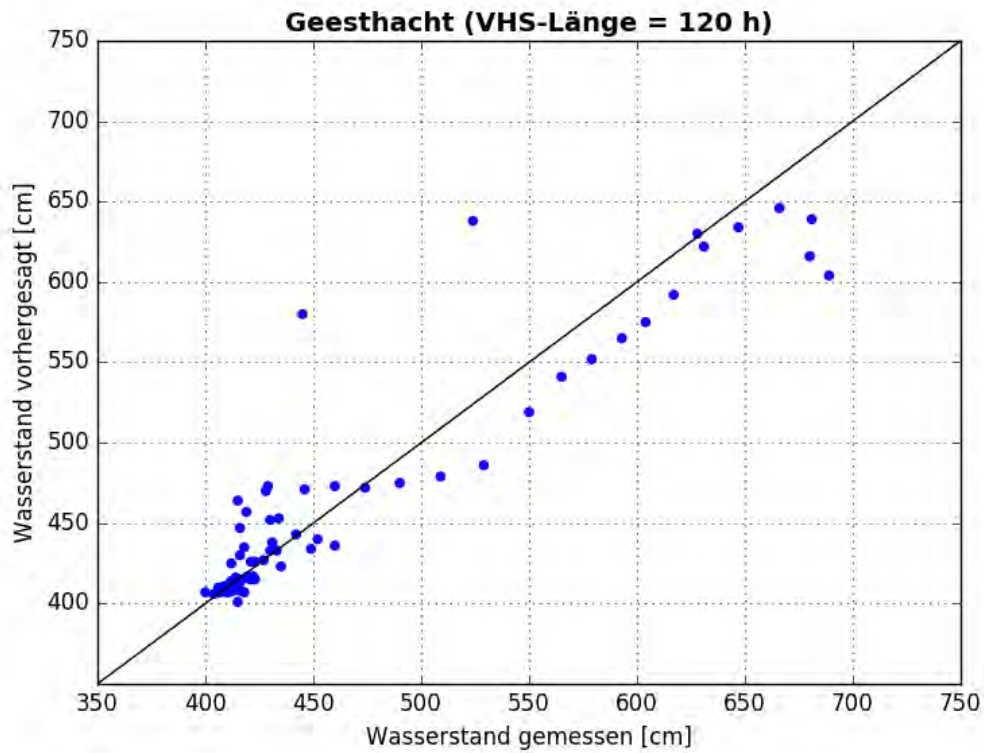


Abbildung C- 527: GEES HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 120 h (VHS)

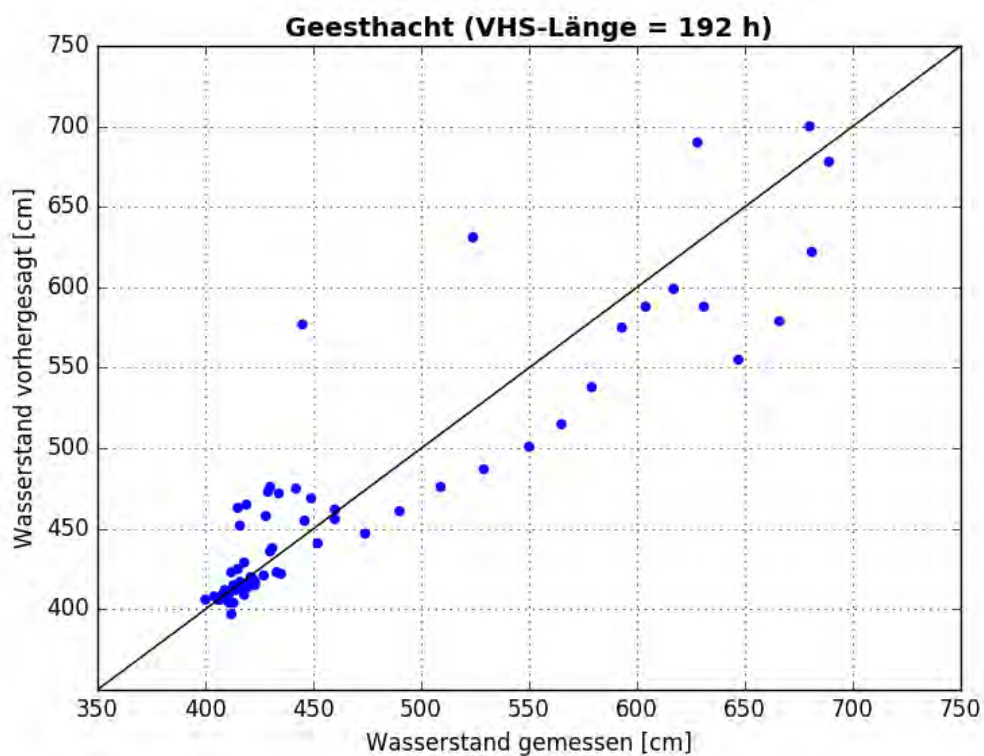


Abbildung C- 528: GEES HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 192 h (Absch.)

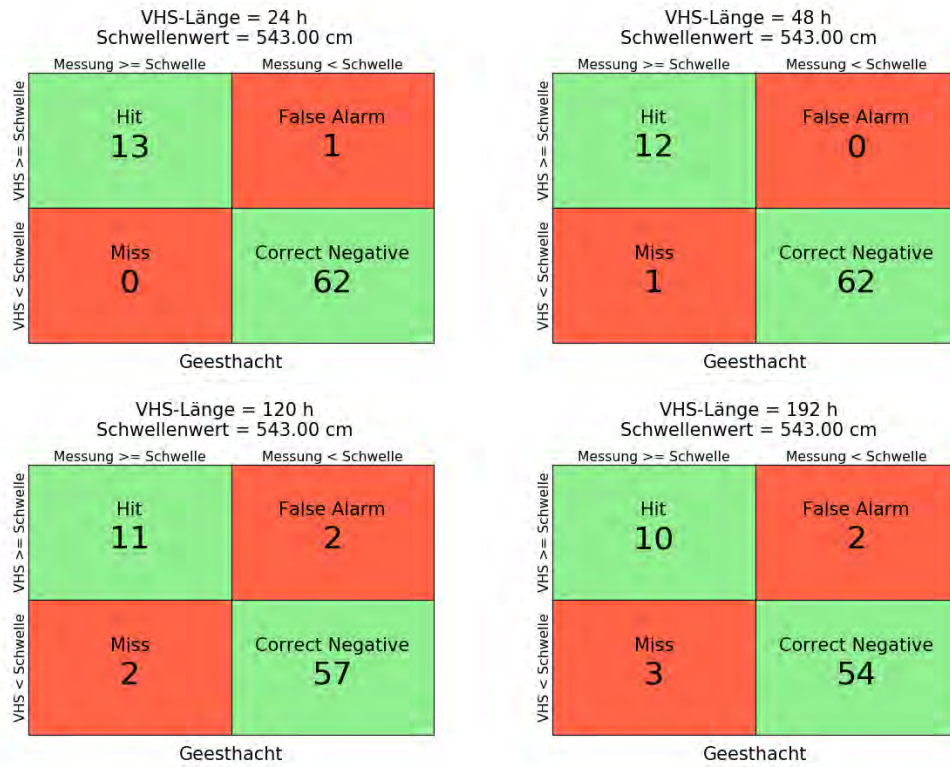


Abbildung C- 529: GEES HW2013, Kontingenztafeln Schwellenwert 543



Abbildung C- 530: GEES HW2013, Kontingenztafeln Schwellenwert 700

Anlage C-24: Pegel Halle-Trotha UP, Saale-km 89,15

Hochwasser März – April 2006

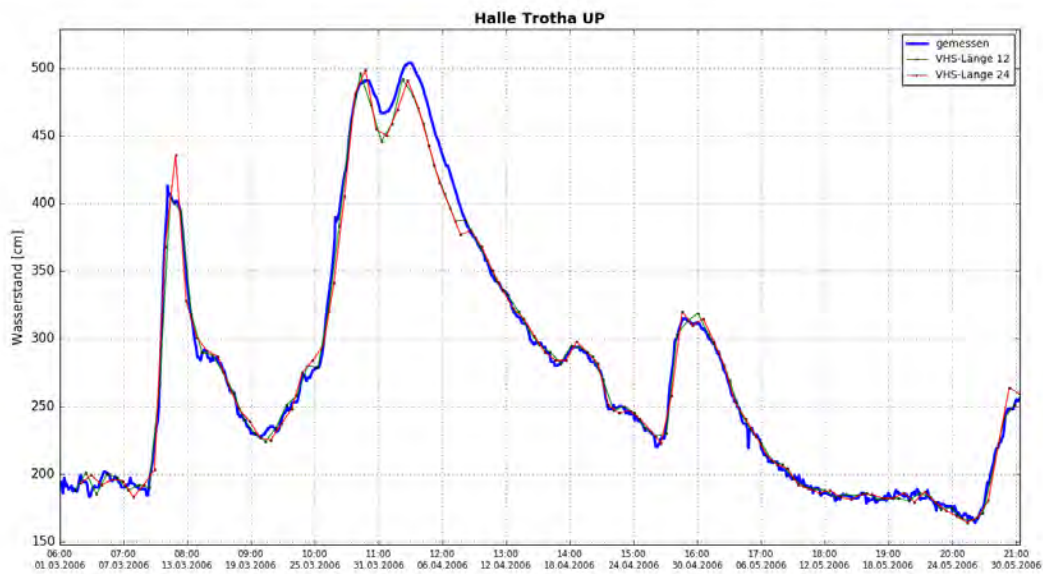


Abbildung C- 531: TROT HW2006, Ganglinien-Vergleich

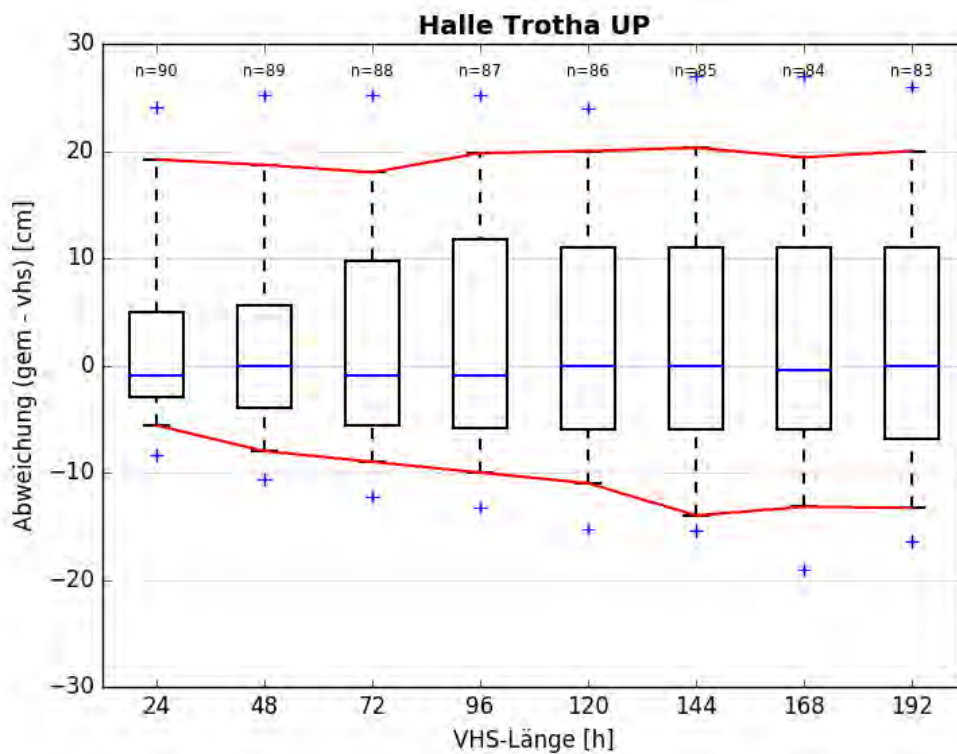


Abbildung C- 532: TROT HW2006, Boxplot

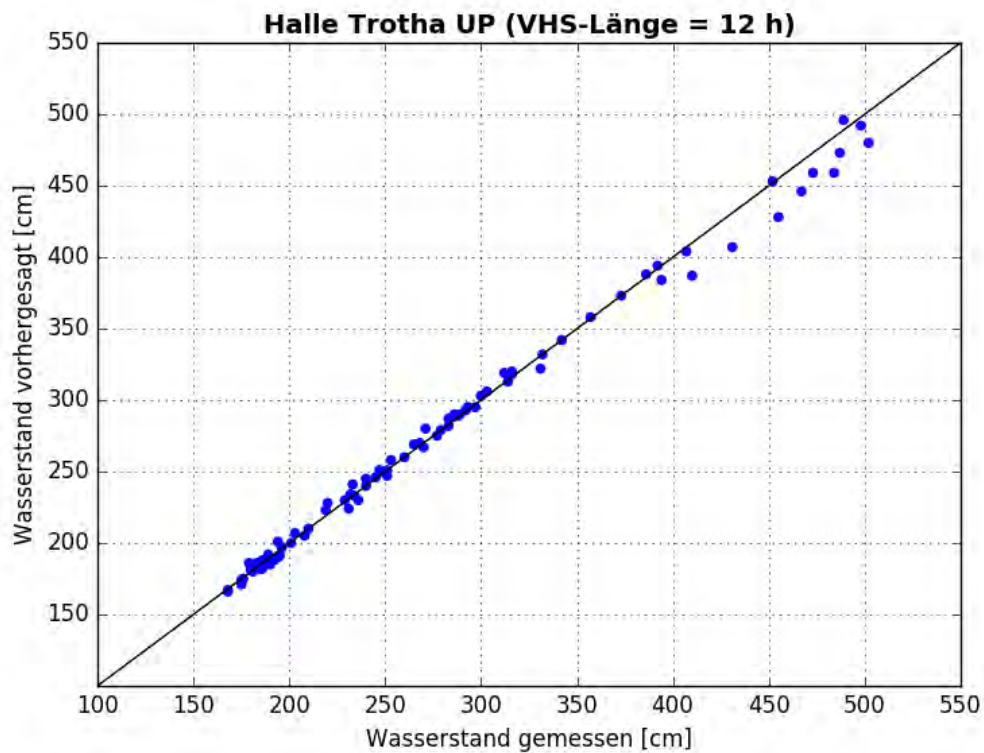


Abbildung C- 533: TROT HW2006, Scatterplot – VHS-Länge 12 h

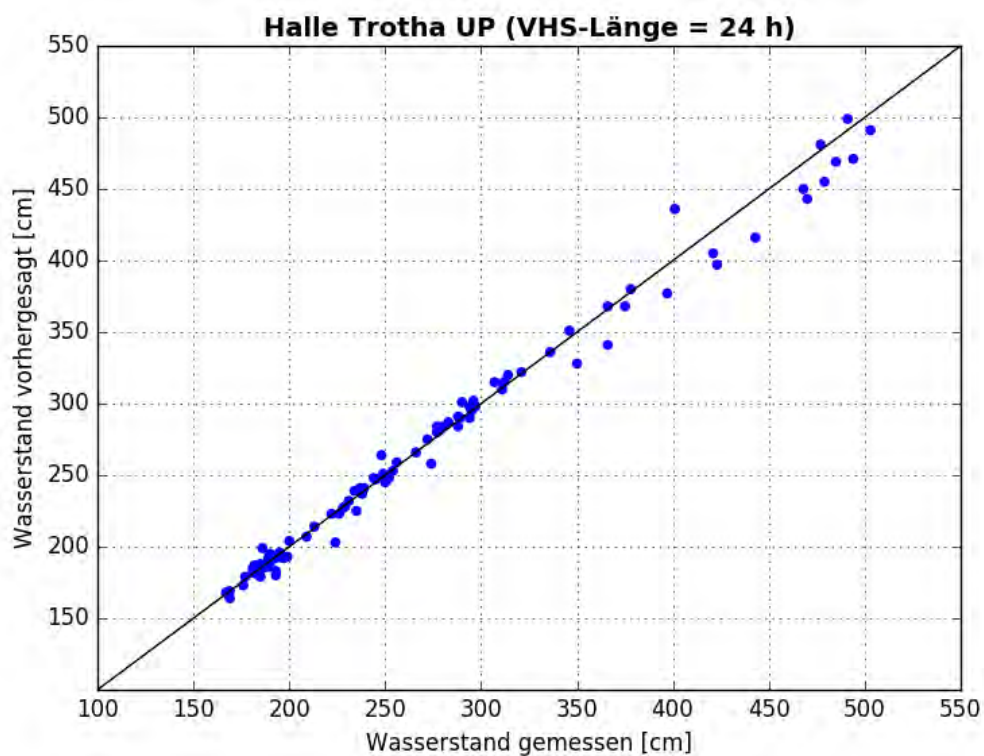


Abbildung C- 534: TROT HW2006, Scatterplot – VHS-Länge 24 h (VHS)

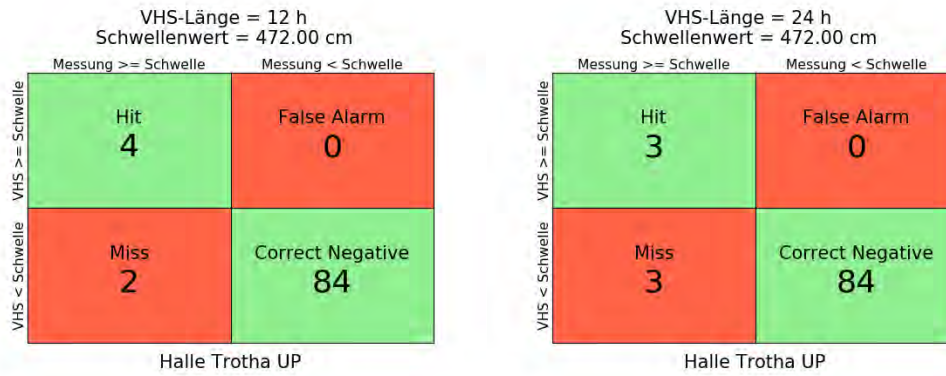


Abbildung C- 535: TROT HW2006, Kontingenztafeln Schwellenwert 472

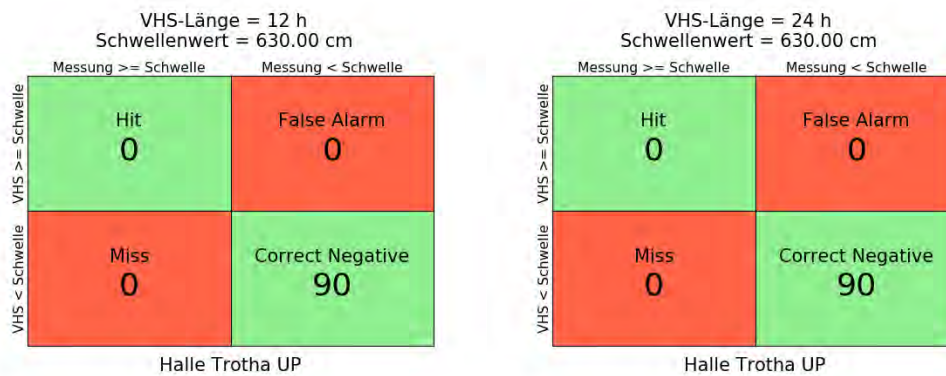


Abbildung C- 536: TROT HW2006, Kontingenztafeln Schwellenwert 630

Hochwasser Januar - Februar 2011

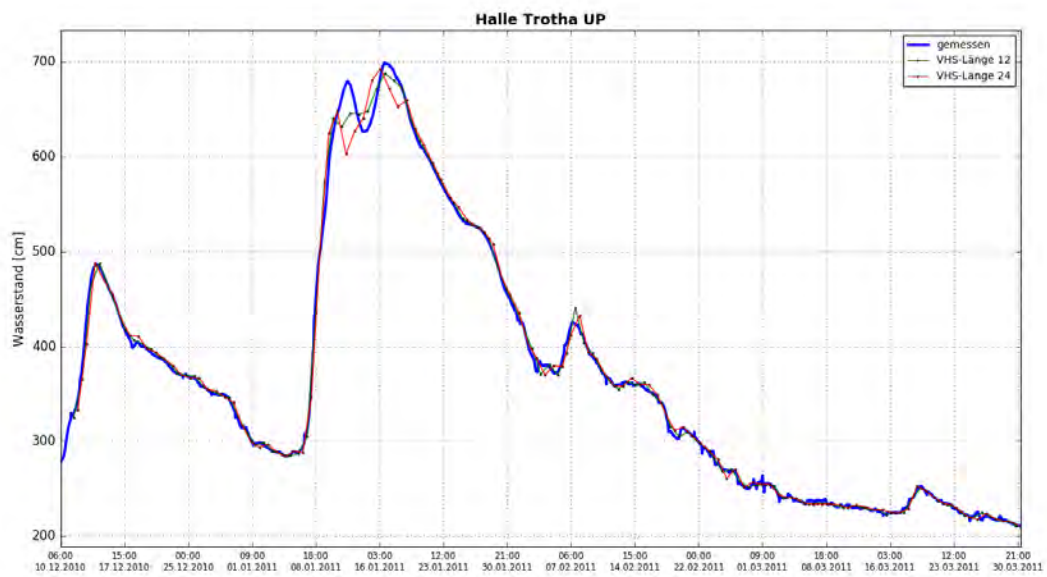


Abbildung C- 537: TROT HW2011, Ganglinien-Vergleich

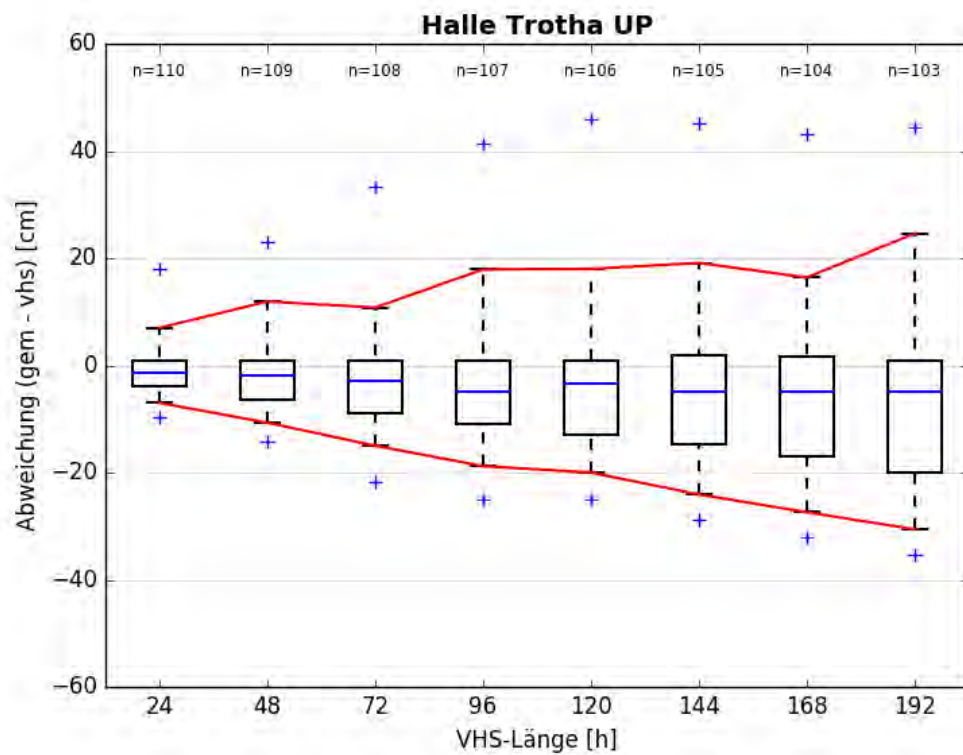


Abbildung C- 538: TROT HW2011, Boxplot

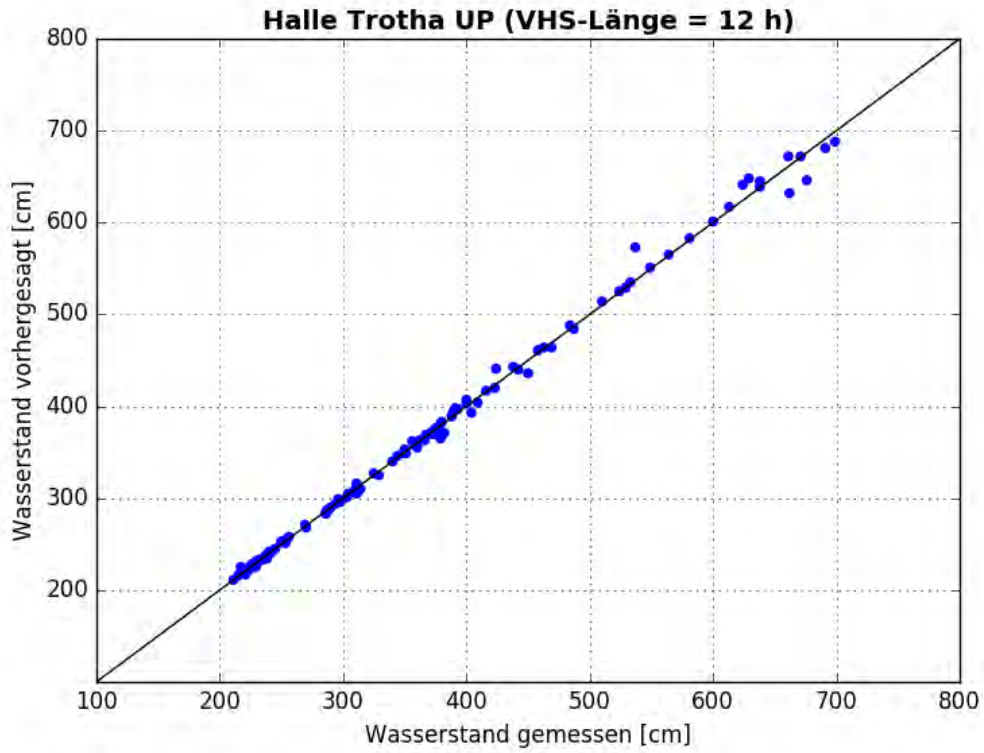


Abbildung C- 539: TROT HW2011, Scatterplot – VHS-Länge 12 h

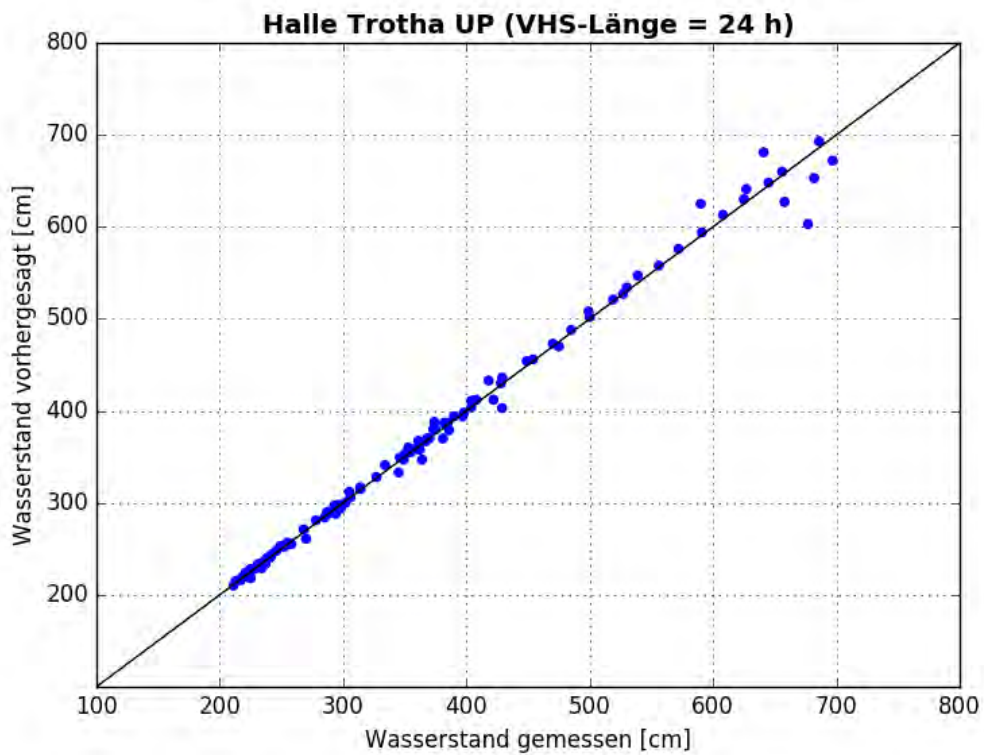


Abbildung C- 540: TROT HW2011, Scatterplot – VHS-Länge 24 h (VHS)

VHS-Länge = 12 h
Schwellenwert = 472.00 cm

		Messung \geq Schwelle	Messung $<$ Schwelle
VHS \geq Schwelle	Hit	22	False Alarm 0
	Miss	0	Correct Negative 88

Halle Trotha UP

VHS-Länge = 24 h
Schwellenwert = 472.00 cm

		Messung \geq Schwelle	Messung $<$ Schwelle
VHS \geq Schwelle	Hit	22	False Alarm 1
	Miss	1	Correct Negative 86

Halle Trotha UP

Abbildung C- 541: TROT HW2011, Kontingenztafeln Schwellenwert 472

VHS-Länge = 12 h
Schwellenwert = 630.00 cm

		Messung \geq Schwelle	Messung $<$ Schwelle
VHS \geq Schwelle	Hit	8	False Alarm 2
	Miss	0	Correct Negative 100

Halle Trotha UP

VHS-Länge = 24 h
Schwellenwert = 630.00 cm

		Messung \geq Schwelle	Messung $<$ Schwelle
VHS \geq Schwelle	Hit	6	False Alarm 2
	Miss	2	Correct Negative 100

Halle Trotha UP

Abbildung C- 542: TROT HW2011, Kontingenztafeln Schwellenwert 630

Hochwasser April – Mai 2013

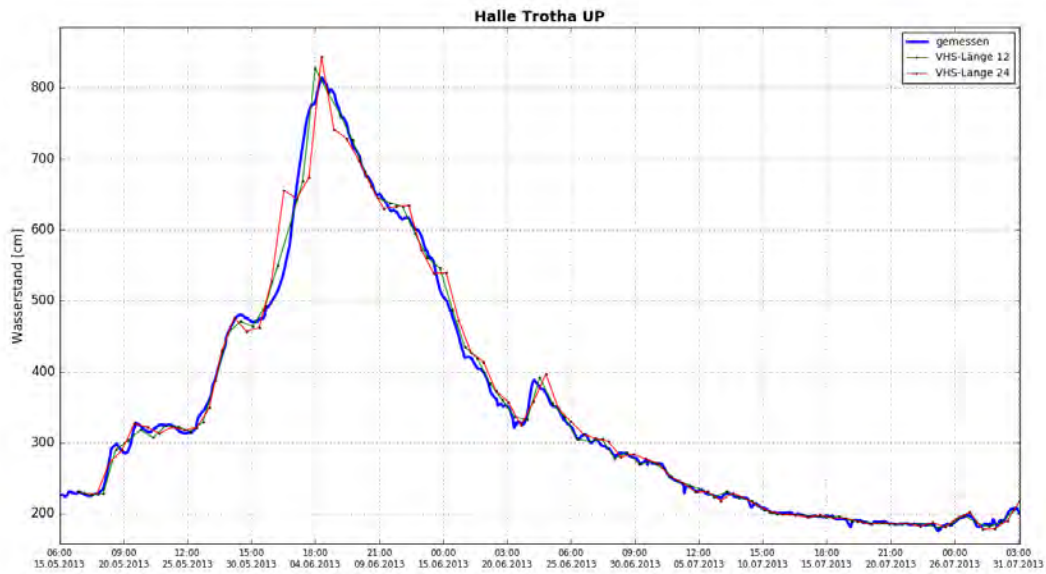


Abbildung C- 543: TROT HW2013, Ganglinien-Vergleich

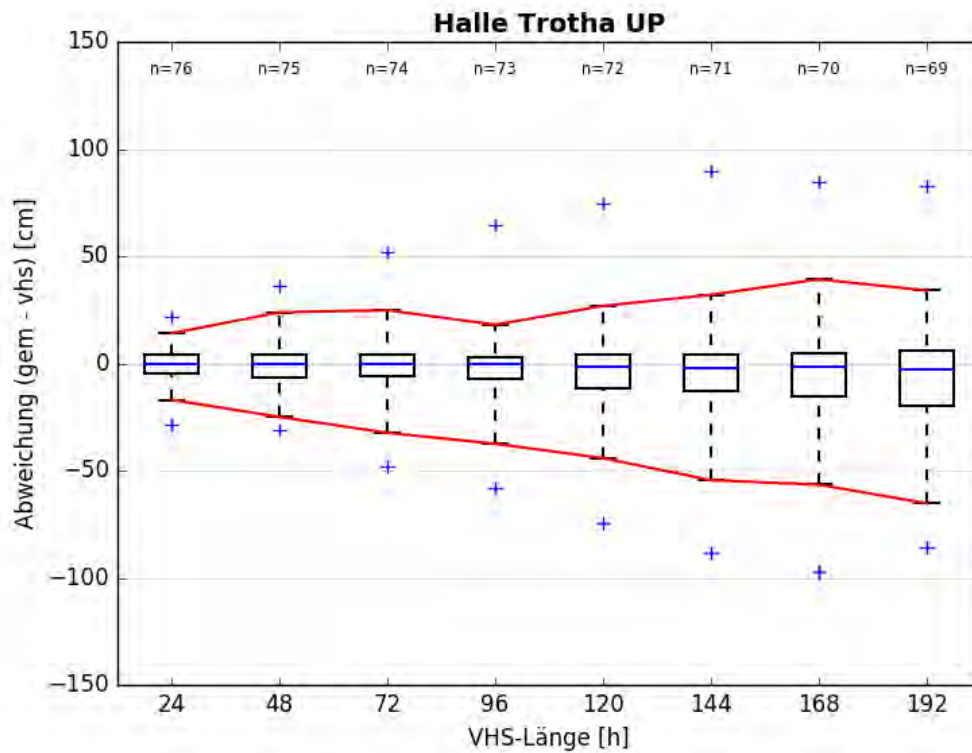


Abbildung C- 544: TROT HW2013, Boxplot

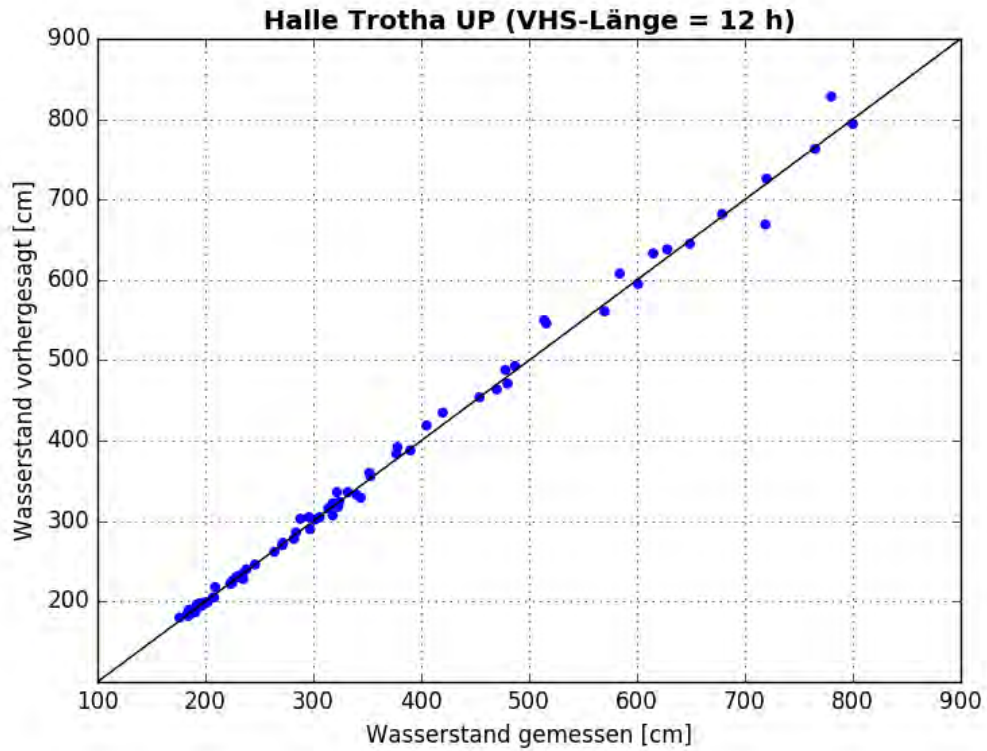


Abbildung C- 545: TROT HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 12 h

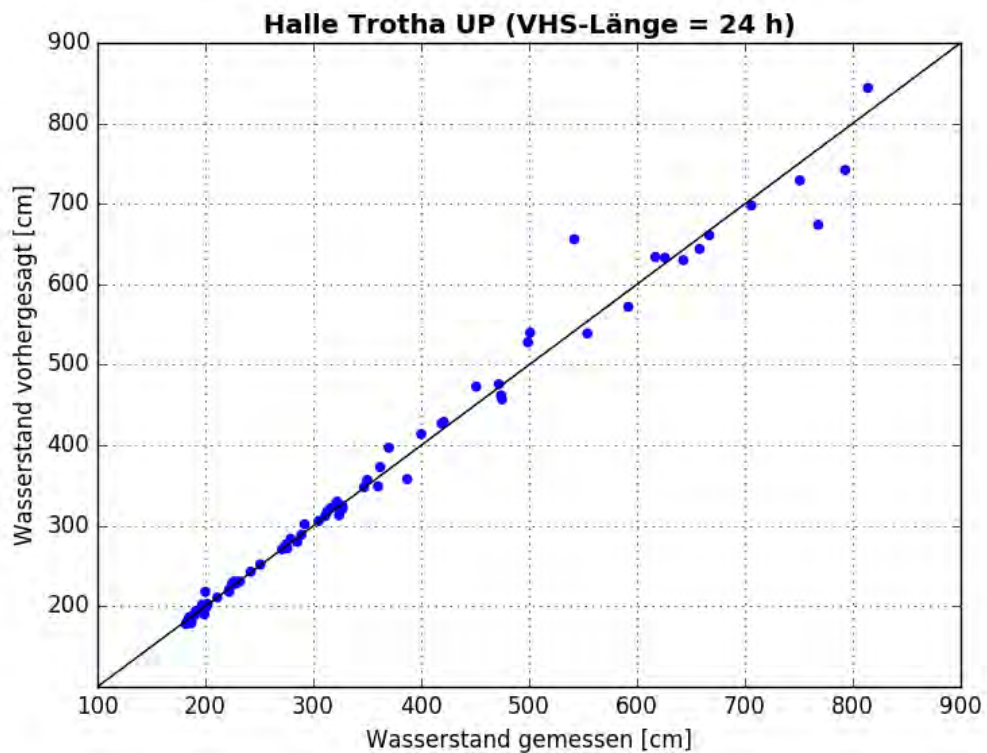


Abbildung C- 546: TROT HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 24 h (VHS)

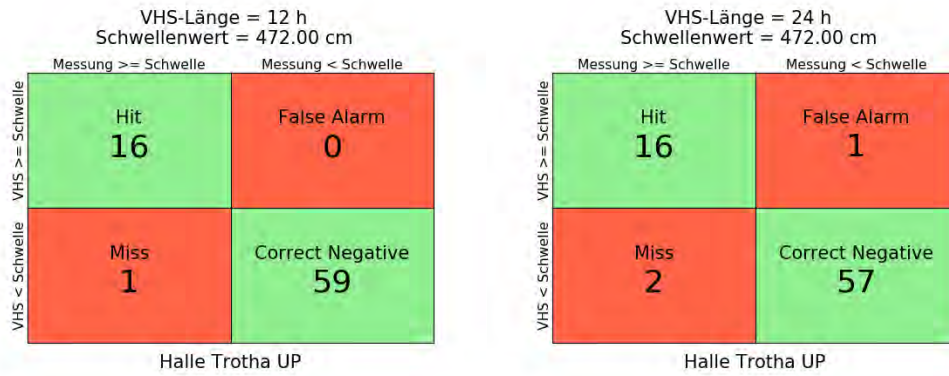


Abbildung C- 547: TROT HW2013, Kontingenztafeln Schwellenwert 472

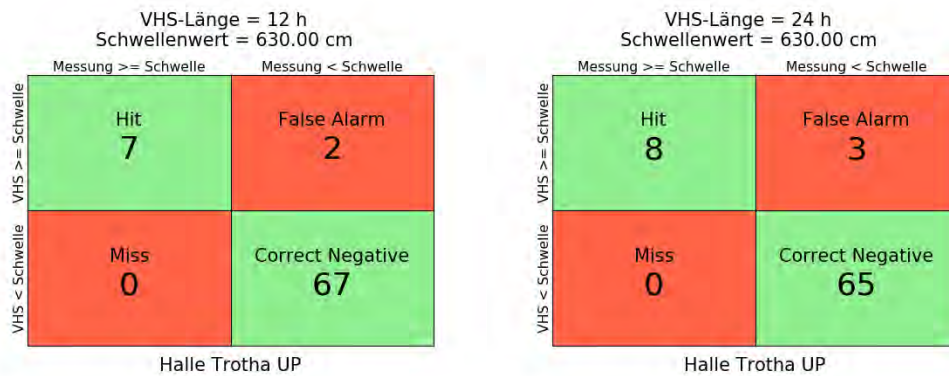


Abbildung C- 548: TROT HW2013, Kontingenztafeln Schwellenwert 630

Anlage C-25: Pegel Bernburg UP, Saale-km 36,05

Hochwasser März – April 2006

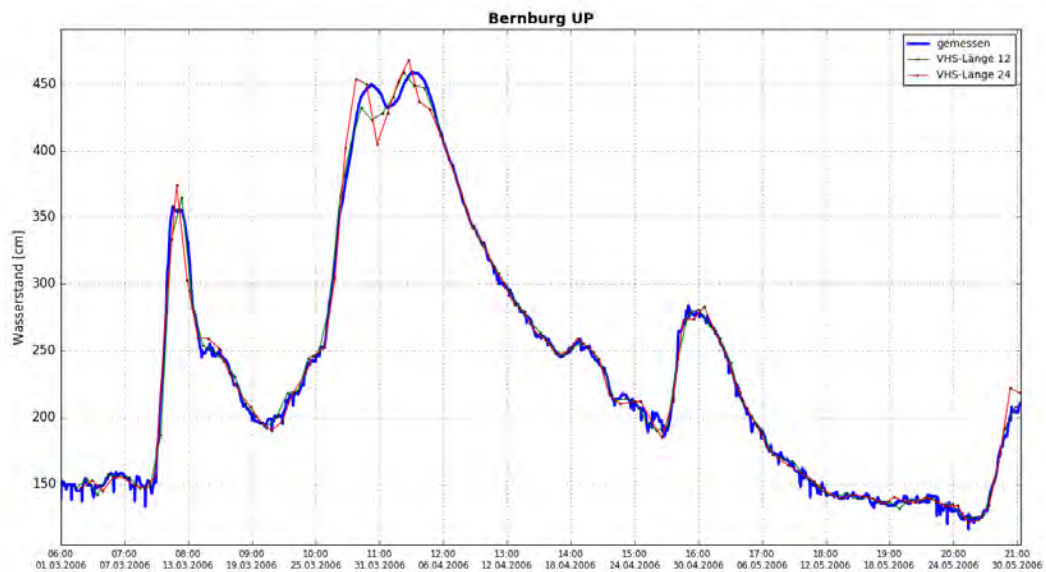


Abbildung C- 549: BERN HW2006, Ganglinien-Vergleich

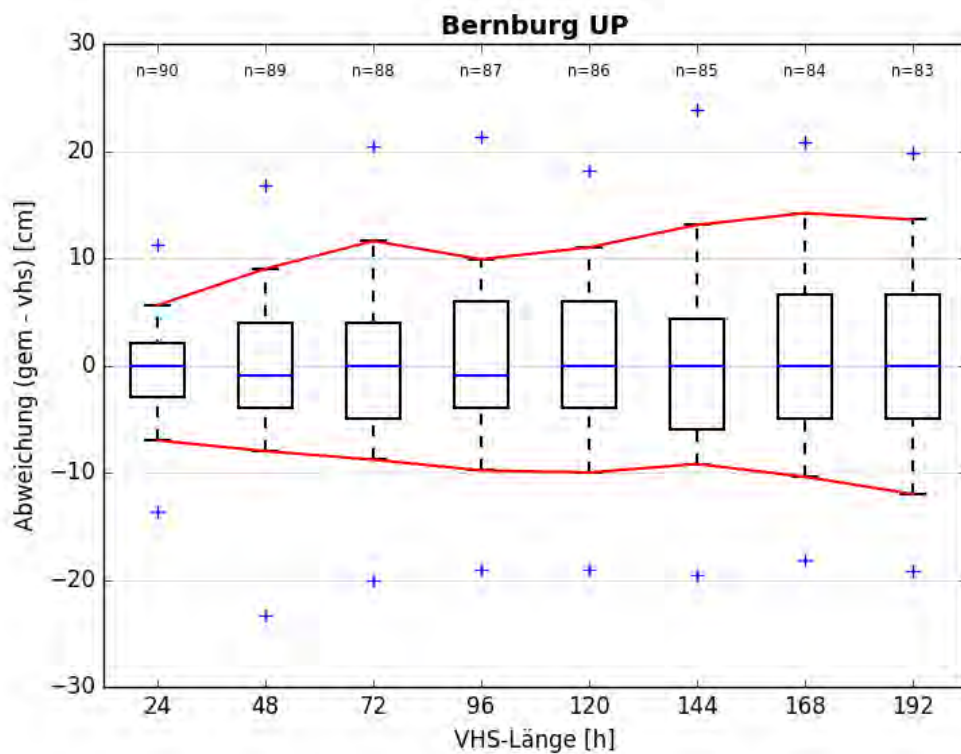


Abbildung C- 550: BERN HW2006, Boxplot

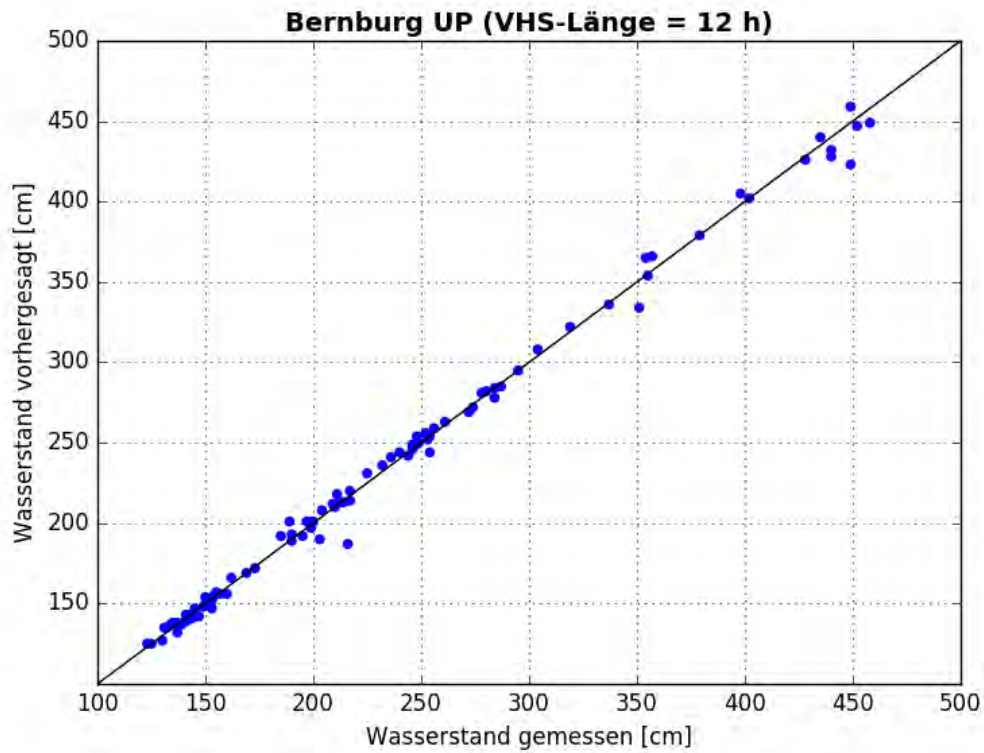


Abbildung C- 551: BERN HW2006, Scatterplot – VHS-Länge 12 h

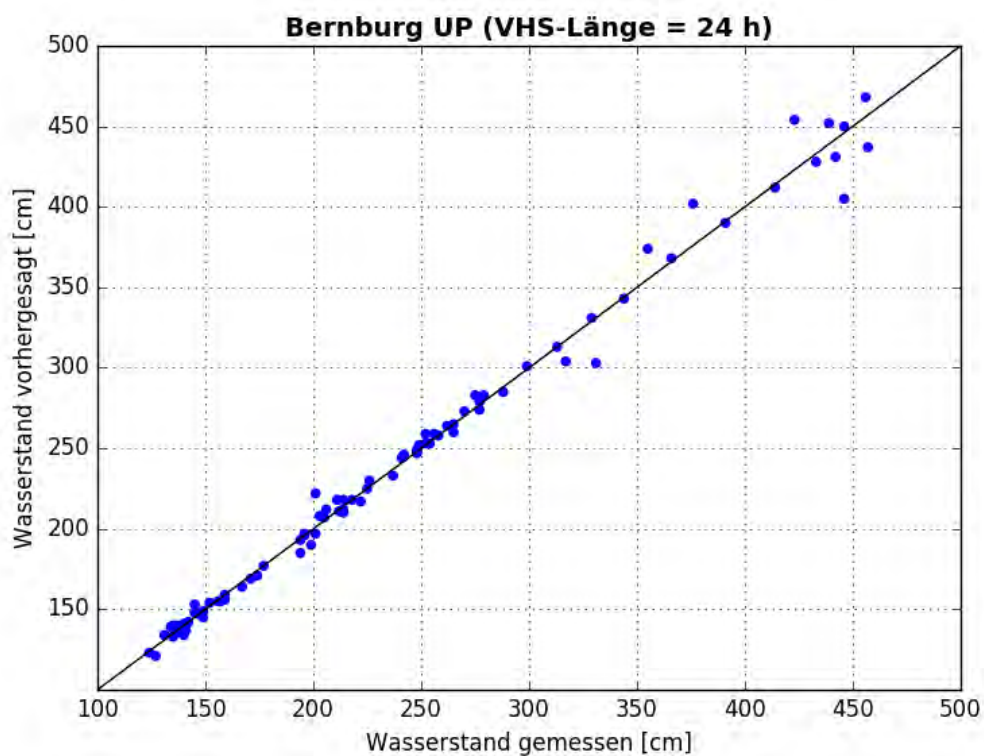


Abbildung C- 552: BERN HW2006, Scatterplot – VHS-Länge 24 h (VHS)

VHS-Länge = 12 h
Schwellenwert = 400.00 cm

		Messung \geq Schwelle	Messung $<$ Schwelle
VHS \geq Schwelle	Hit	9	False Alarm 1
	Miss	0	Correct Negative 80

Bernburg UP

VHS-Länge = 24 h
Schwellenwert = 400.00 cm

		Messung \geq Schwelle	Messung $<$ Schwelle
VHS \geq Schwelle	Hit	9	False Alarm 1
	Miss	0	Correct Negative 80

Bernburg UP

Abbildung C- 553: BERN HW2006, Kontingenztafeln Schwellenwert 400

VHS-Länge = 12 h
Schwellenwert = 426.00 cm

		Messung \geq Schwelle	Messung $<$ Schwelle
VHS \geq Schwelle	Hit	7	False Alarm 0
	Miss	1	Correct Negative 82

Bernburg UP

VHS-Länge = 24 h
Schwellenwert = 426.00 cm

		Messung \geq Schwelle	Messung $<$ Schwelle
VHS \geq Schwelle	Hit	6	False Alarm 1
	Miss	1	Correct Negative 82

Bernburg UP

Abbildung C- 554: BERN HW2006, Kontingenztafeln Schwellenwert 426

Hochwasser Januar - Februar 2011

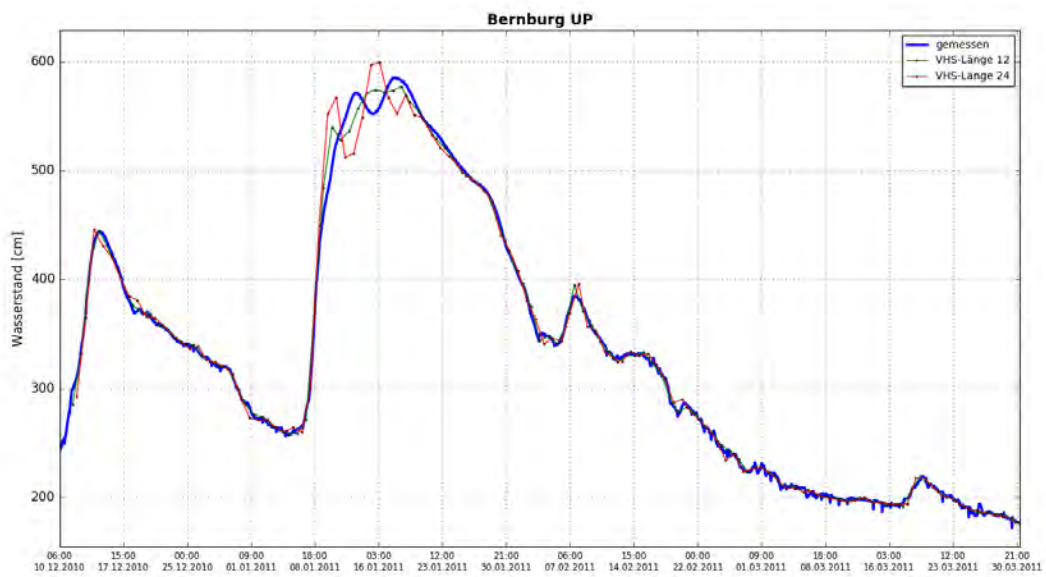


Abbildung C- 555: BERN HW2011, Ganglinien-Vergleich

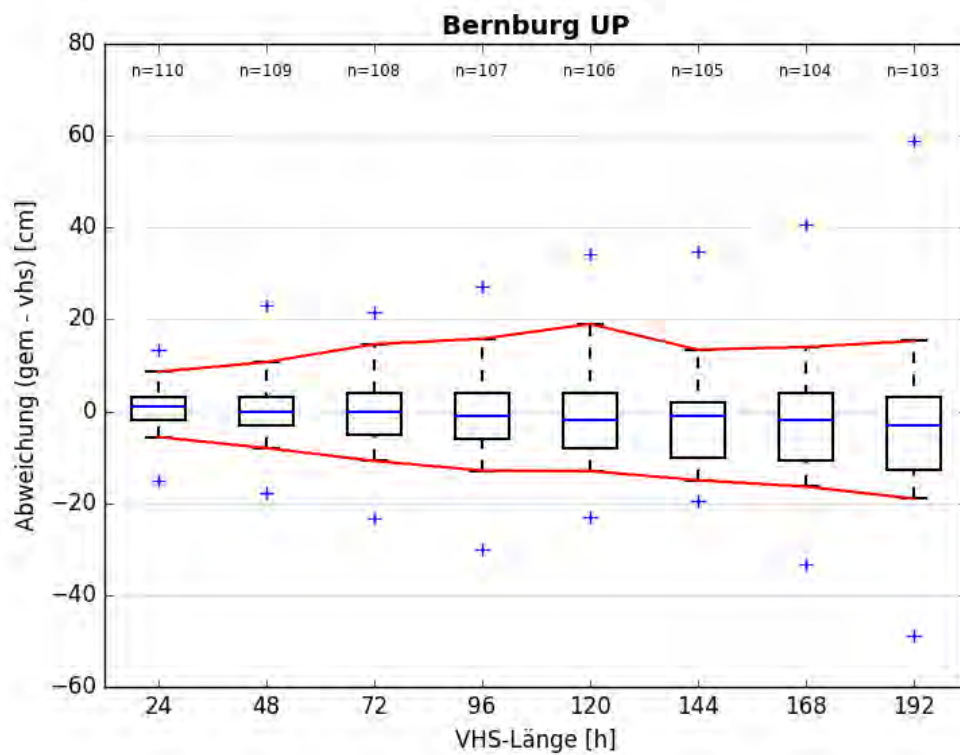


Abbildung C- 556: BERN HW2011, Boxplot

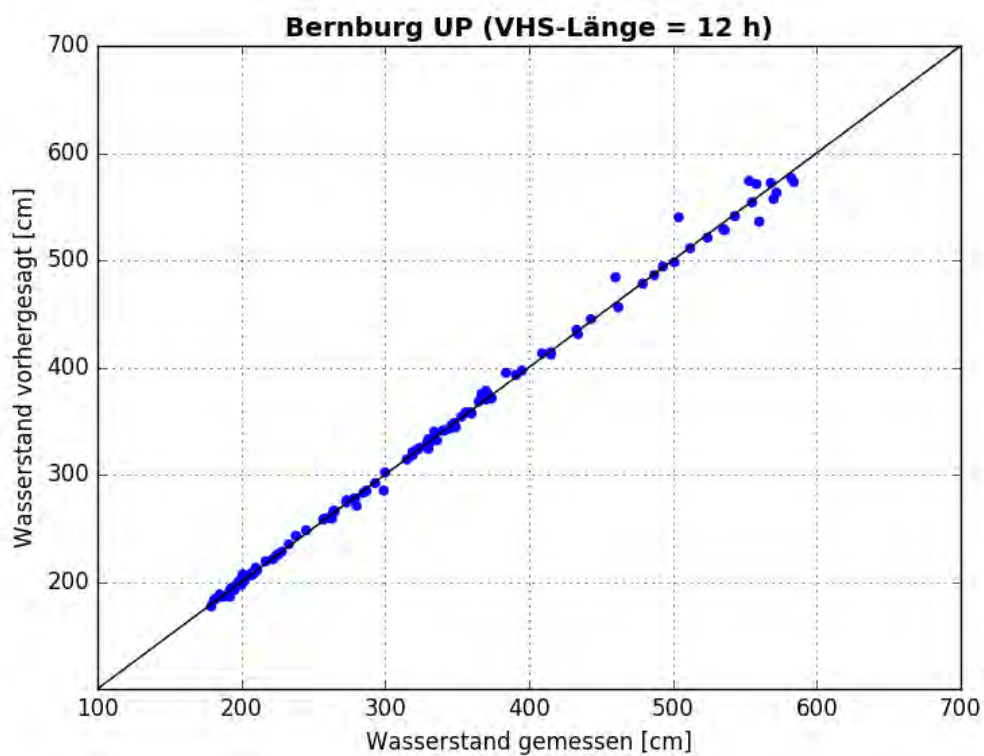


Abbildung C- 557: BERN HW2011, Scatterplot – VHS-Länge 12 h

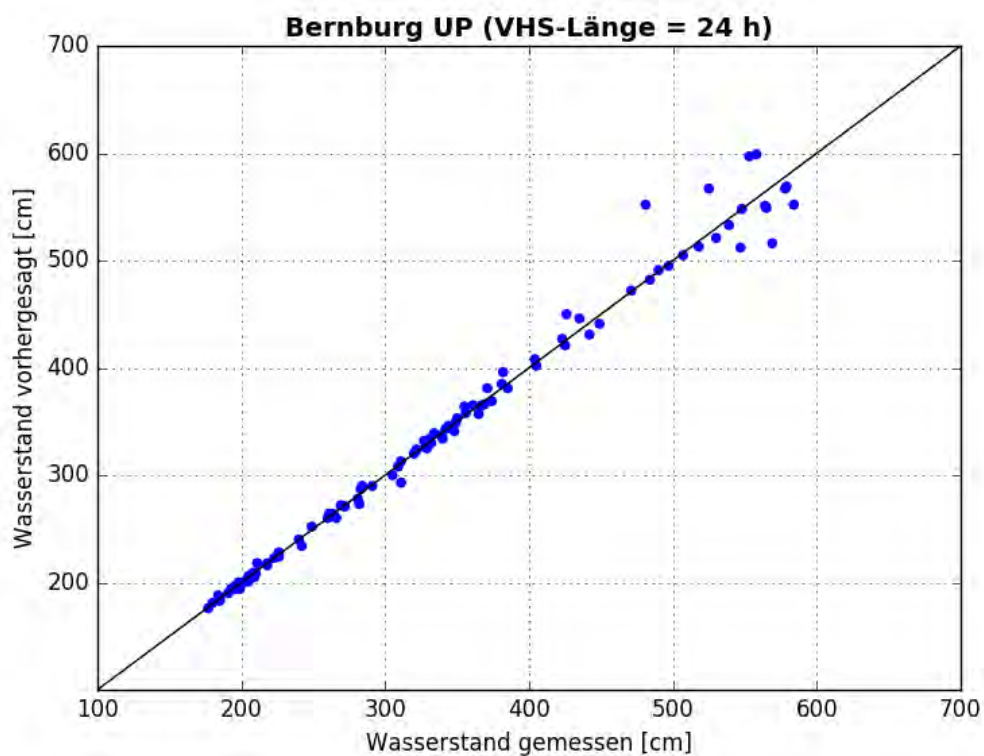


Abbildung C- 558: BERN HW2011, Scatterplot – VHS-Länge 24 h (VHS)

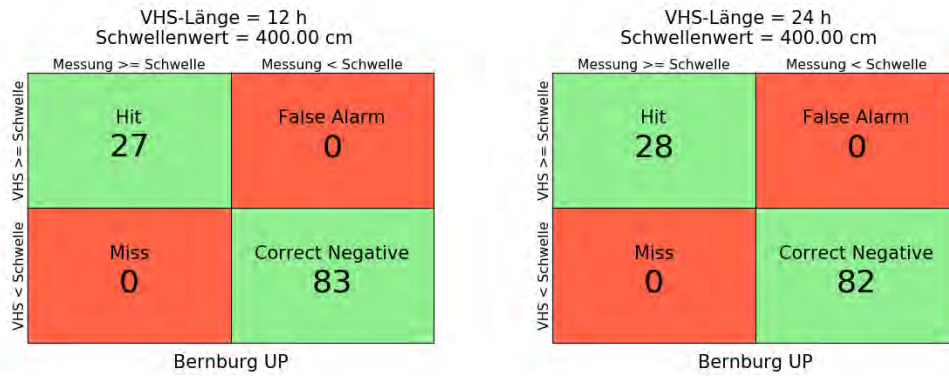


Abbildung C- 559: BERN HW2011, Kontingenztafeln Schwellenwert 400

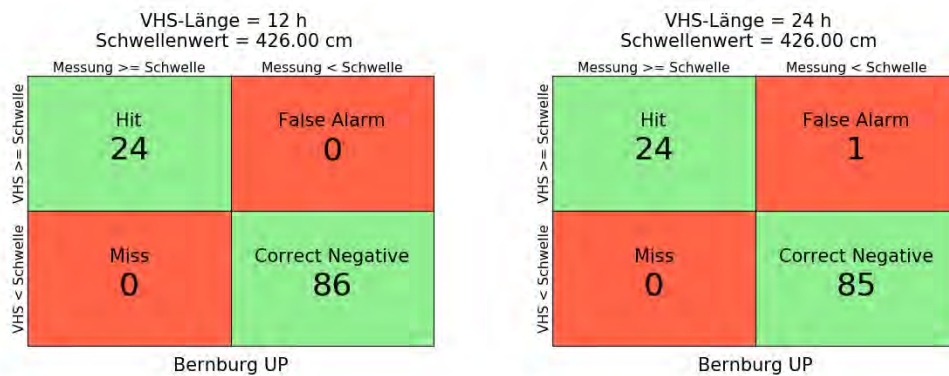


Abbildung C- 560: BERN HW2011, Kontingenztafeln Schwellenwert 426

Hochwasser April – Mai 2013

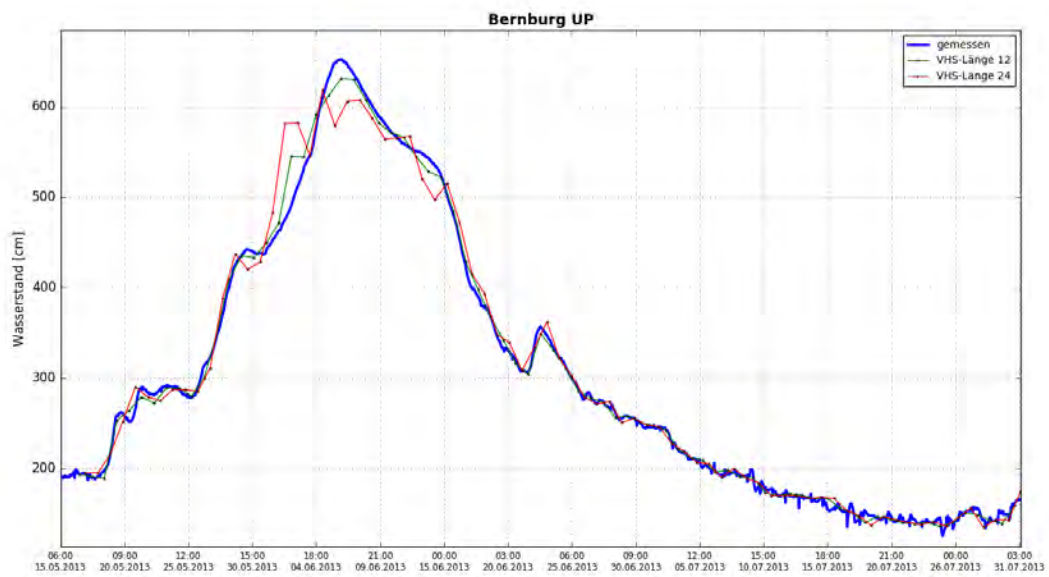


Abbildung C- 561: BERN HW2013, Ganglinien-Vergleich

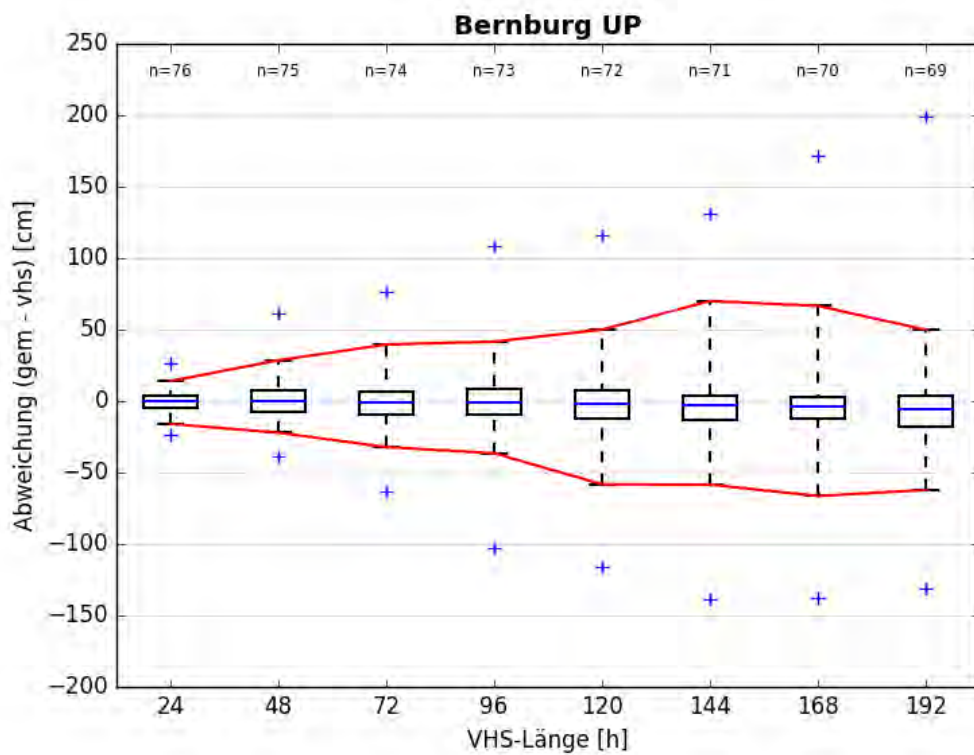


Abbildung C- 562: BERN HW2013, Boxplot

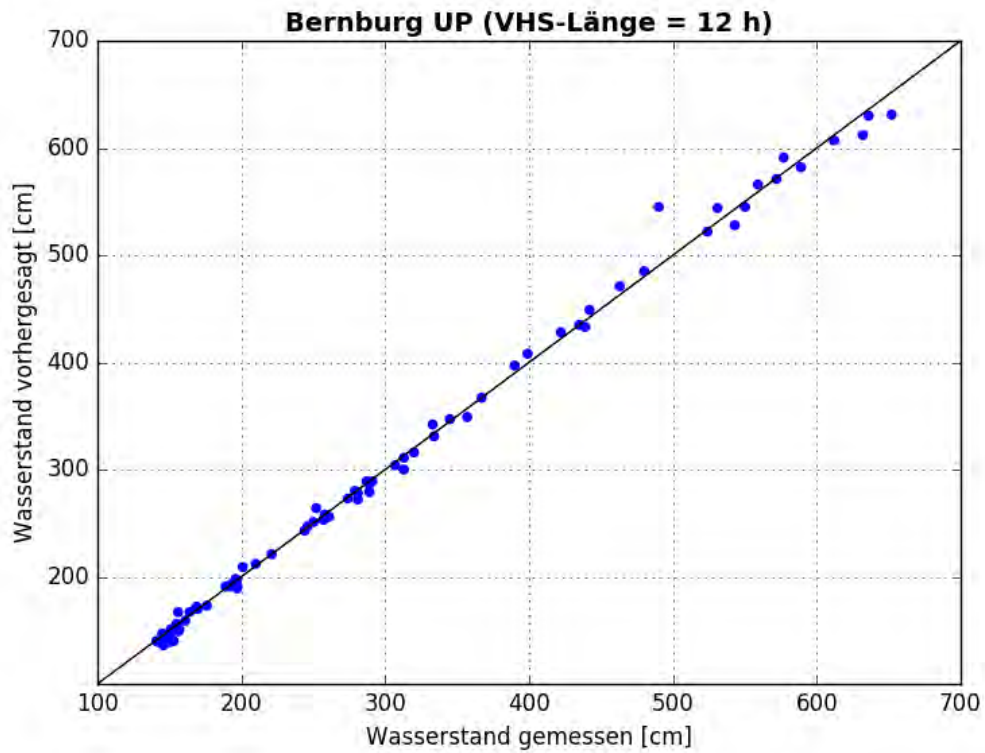


Abbildung C- 563: BERN HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 12 h

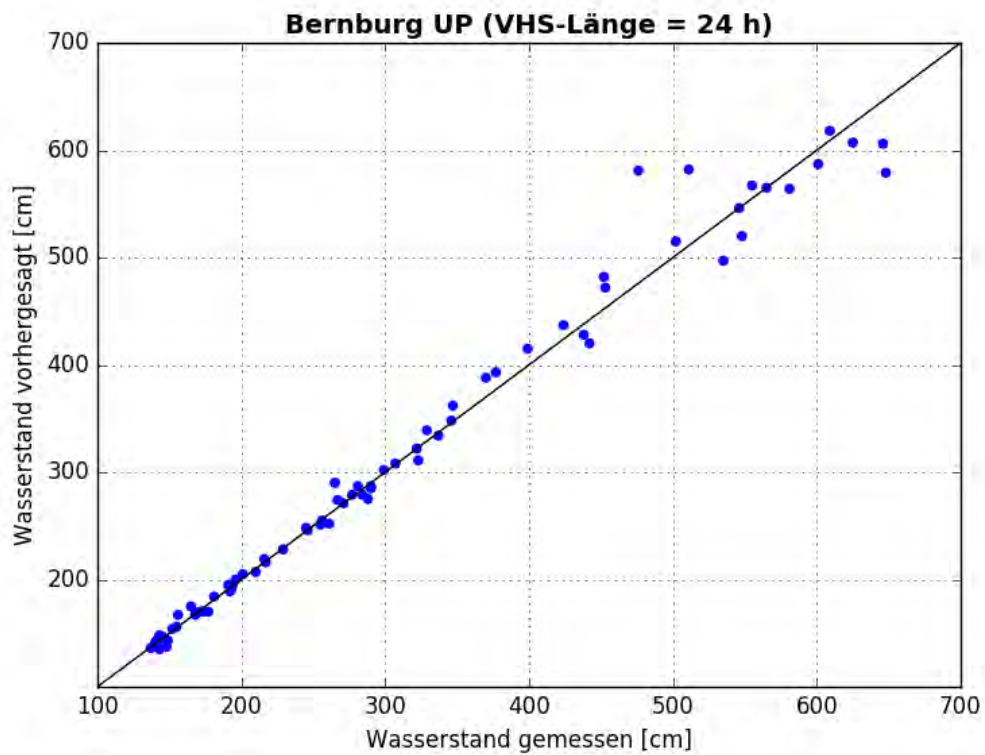


Abbildung C- 564: BERN HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 24 h (VHS)

VHS-Länge = 12 h
Schwellenwert = 400.00 cm

		Messung \geq Schwelle	Messung $<$ Schwelle
VHS \geq Schwelle	Hit	19	False Alarm 1
	Miss	0	Correct Negative 56

Bernburg UP

VHS-Länge = 24 h
Schwellenwert = 400.00 cm

		Messung \geq Schwelle	Messung $<$ Schwelle
VHS \geq Schwelle	Hit	19	False Alarm 1
	Miss	0	Correct Negative 56

Bernburg UP

Abbildung C- 565: BERN HW2013, Kontingenztafeln Schwellenwert 400

VHS-Länge = 12 h
Schwellenwert = 426.00 cm

		Messung \geq Schwelle	Messung $<$ Schwelle
VHS \geq Schwelle	Hit	18	False Alarm 1
	Miss	0	Correct Negative 57

Bernburg UP

VHS-Länge = 24 h
Schwellenwert = 426.00 cm

		Messung \geq Schwelle	Messung $<$ Schwelle
VHS \geq Schwelle	Hit	17	False Alarm 1
	Miss	1	Correct Negative 57

Bernburg UP

Abbildung C- 566: BERN HW2013, Kontingenztafeln Schwellenwert 426

Anlage C-26: Pegel Calbe UP, Saale-km 19,67

Hochwasser März – April 2006

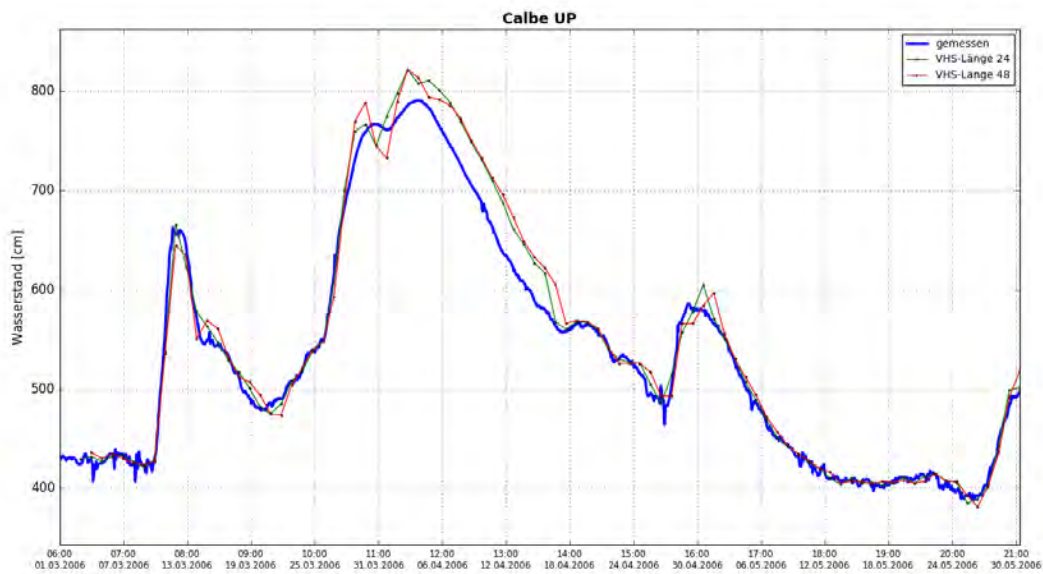


Abbildung C- 567: CALB HW2006, Ganglinien-Vergleich

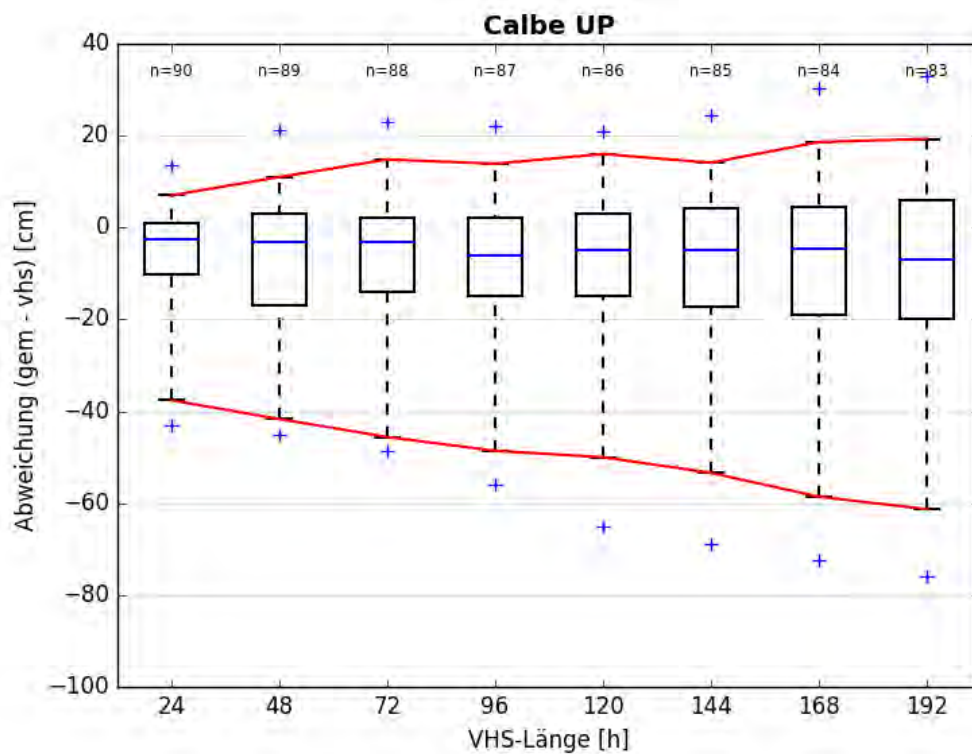


Abbildung C- 568: CALB HW2006, Boxplot

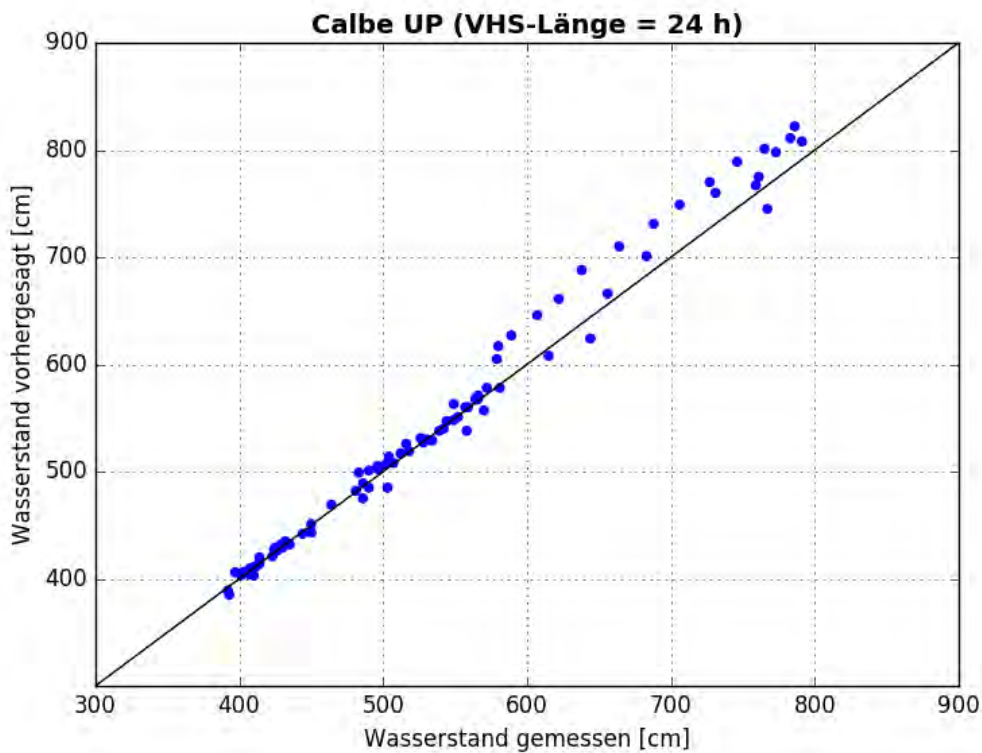


Abbildung C- 569: CALB HW2006, Scatterplot – VHS-Länge 24 h (VHS)

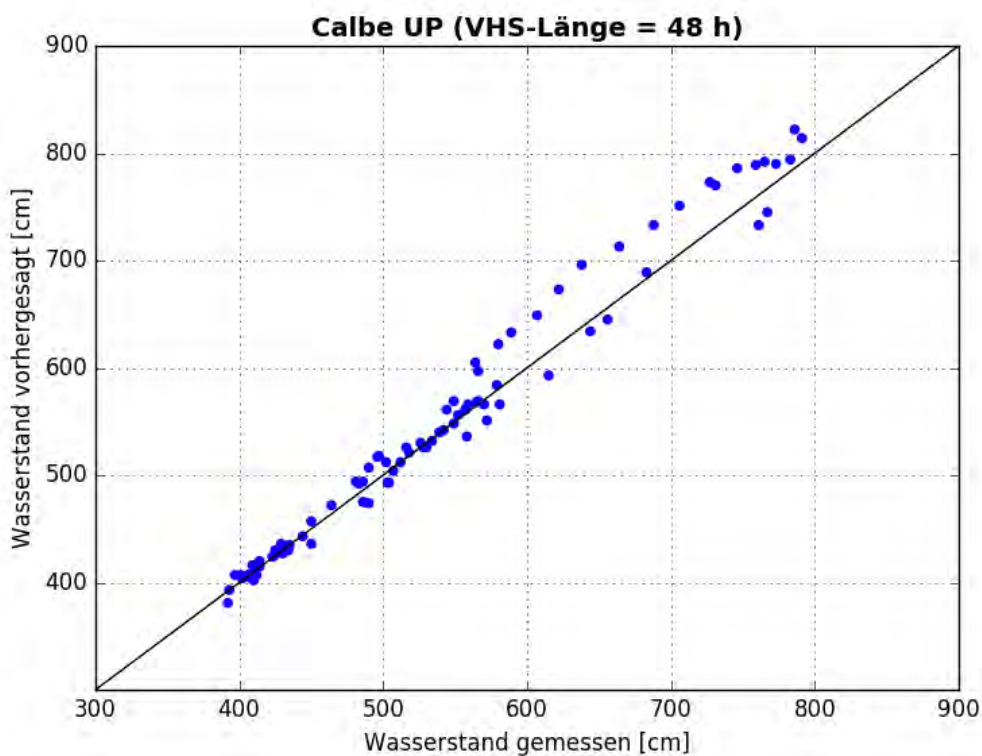


Abbildung C- 570: CALB HW2006, Scatterplot – VHS-Länge 48 h (Absch.)

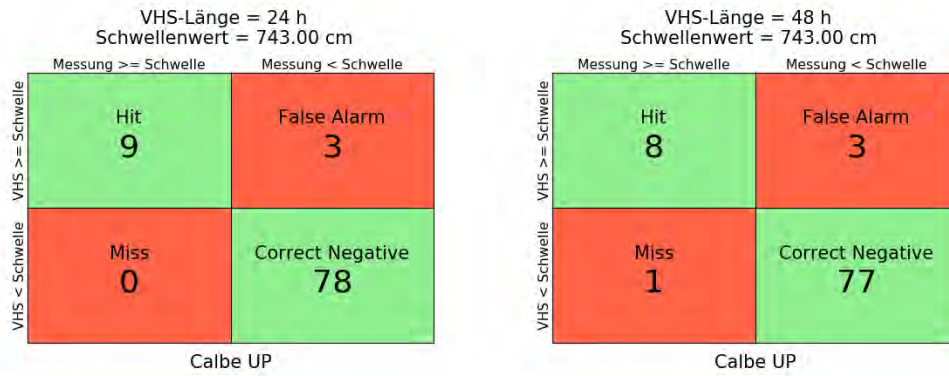


Abbildung C- 571: CALB HW2006, Kontingenztafeln Schwellenwert 743

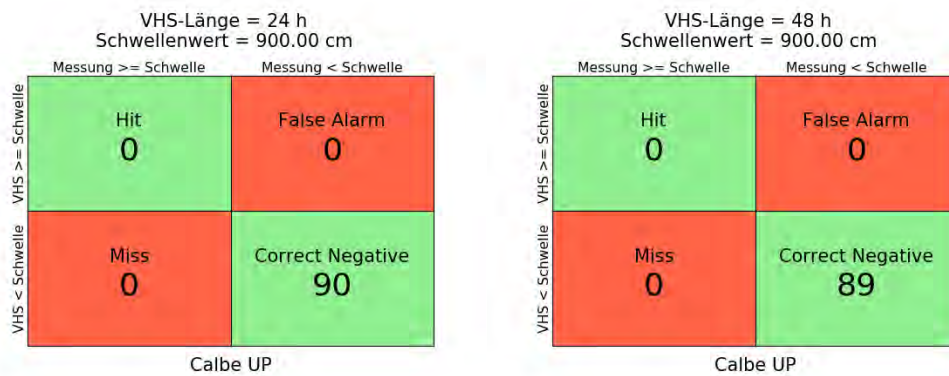


Abbildung C- 572: CALB HW2006, Kontingenztafeln Schwellenwert 900

Hochwasser Januar - Februar 2011

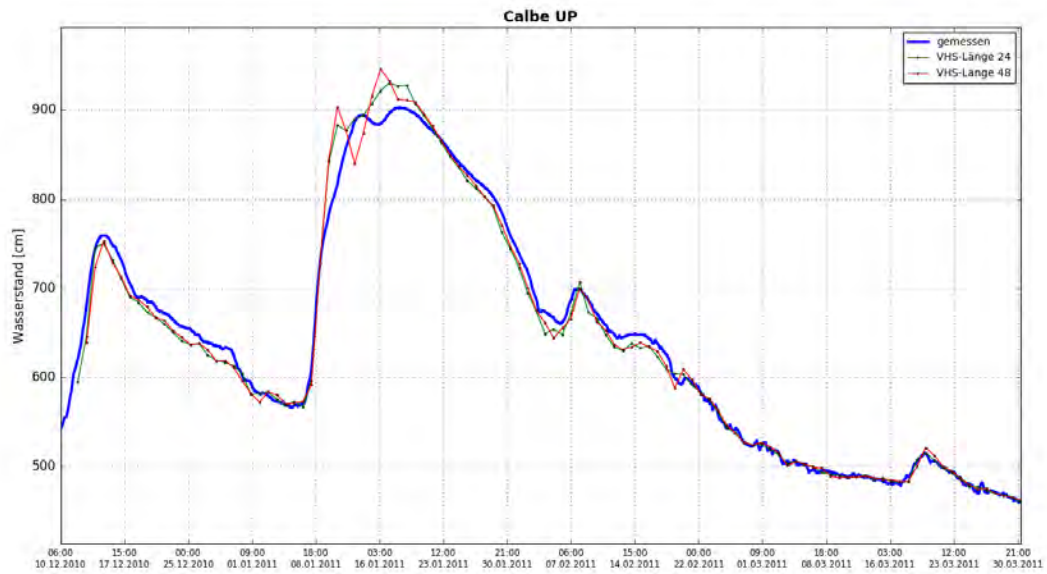


Abbildung C- 573: CALB HW2011, Ganglinien-Vergleich

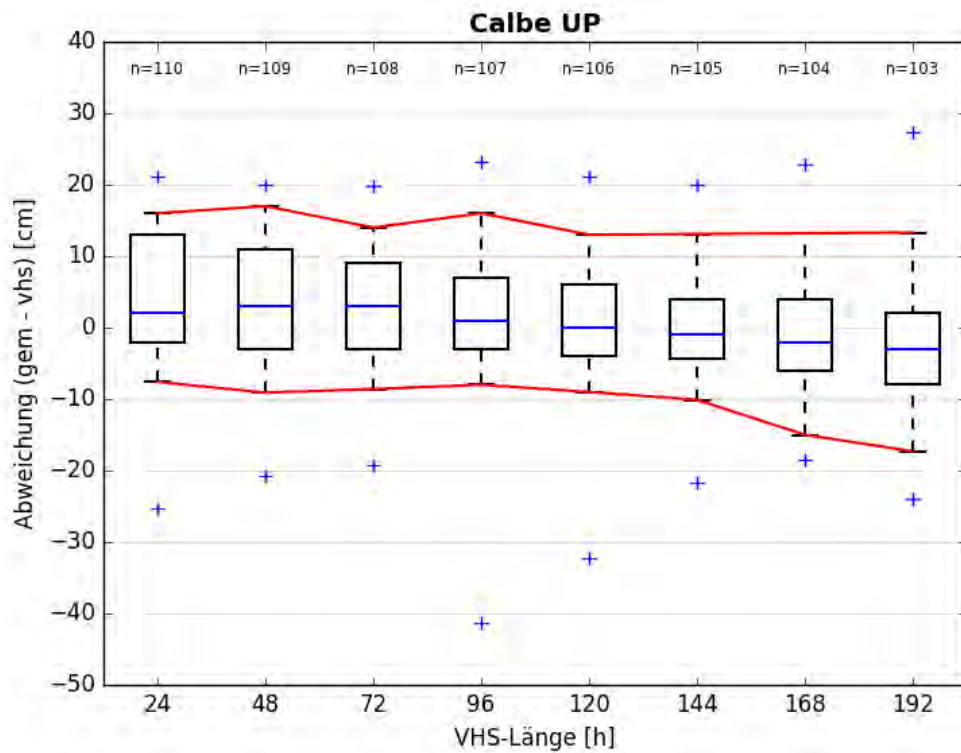


Abbildung C- 574: CALB HW2011, Boxplot

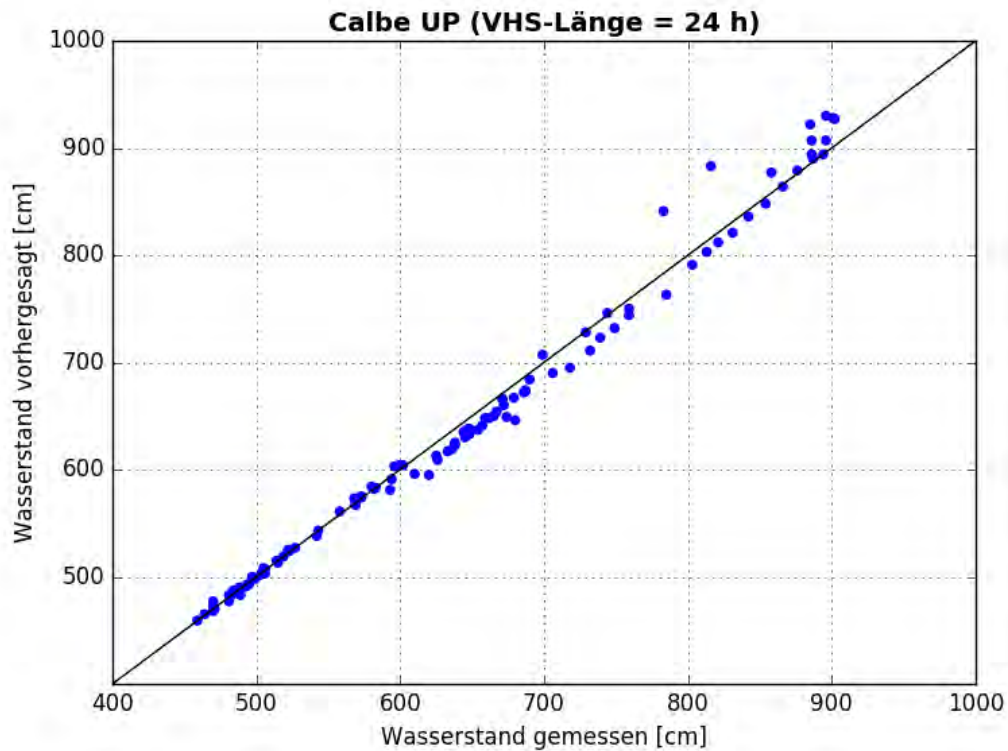


Abbildung C- 575: CALB HW2011, Scatterplot – VHS-Länge 24 h (VHS)

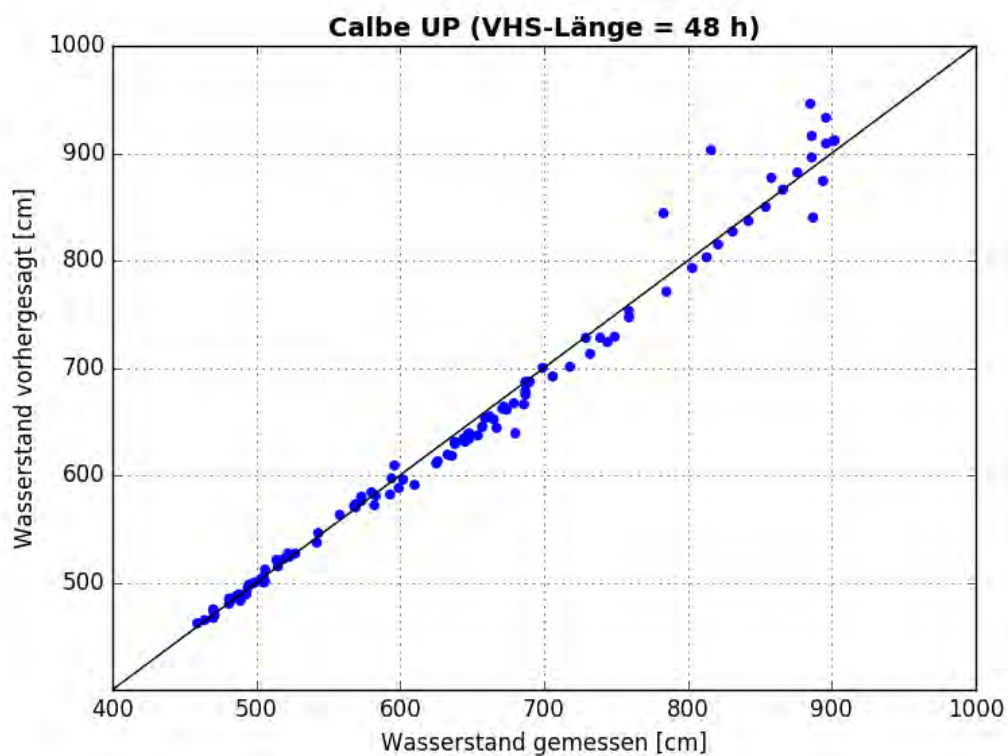


Abbildung C- 576: CALB HW2011, Scatterplot – VHS-Länge 48 h (Absch.)

VHS-Länge = 24 h
Schwellenwert = 743.00 cm

		Messung \geq Schwelle	Messung $<$ Schwelle
VHS \geq Schwelle	Hit	24	False Alarm 0
	Miss	1	Correct Negative 85
		Calbe UP	

VHS-Länge = 48 h
Schwellenwert = 743.00 cm

		Messung \geq Schwelle	Messung $<$ Schwelle
VHS \geq Schwelle	Hit	23	False Alarm 0
	Miss	2	Correct Negative 84
		Calbe UP	

Abbildung C- 577: CALB HW2011, Kontingenztafeln Schwellenwert 743

VHS-Länge = 24 h
Schwellenwert = 900.00 cm

		Messung \geq Schwelle	Messung $<$ Schwelle
VHS \geq Schwelle	Hit	2	False Alarm 4
	Miss	0	Correct Negative 104
		Calbe UP	

VHS-Länge = 48 h
Schwellenwert = 900.00 cm

		Messung \geq Schwelle	Messung $<$ Schwelle
VHS \geq Schwelle	Hit	2	False Alarm 5
	Miss	0	Correct Negative 102
		Calbe UP	

Abbildung C- 578: CALB HW2011, Kontingenztafeln Schwellenwert 900

Hochwasser April – Mai 2013

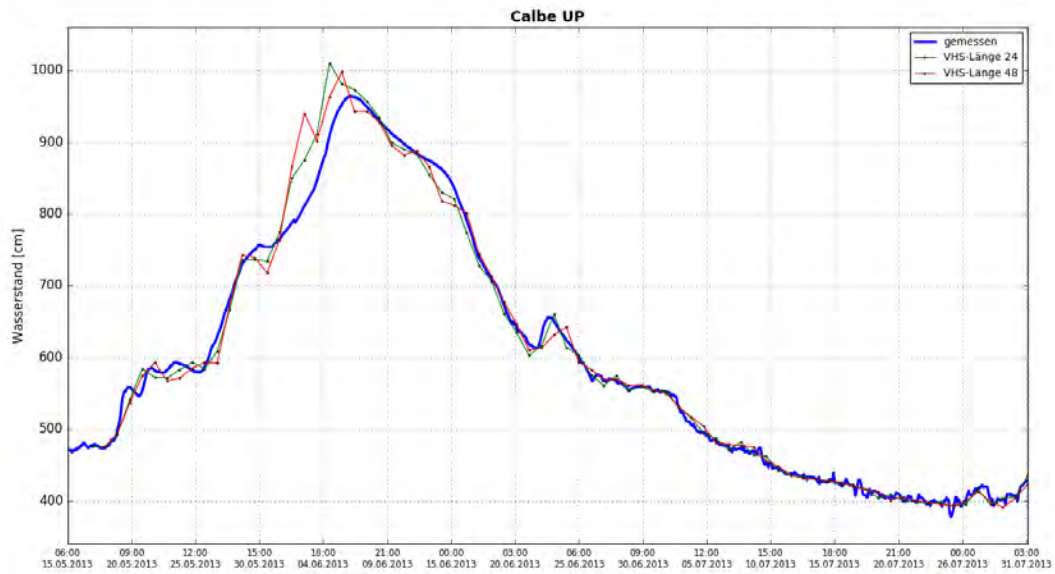


Abbildung C- 579: CALB HW2013, Ganglinien-Vergleich

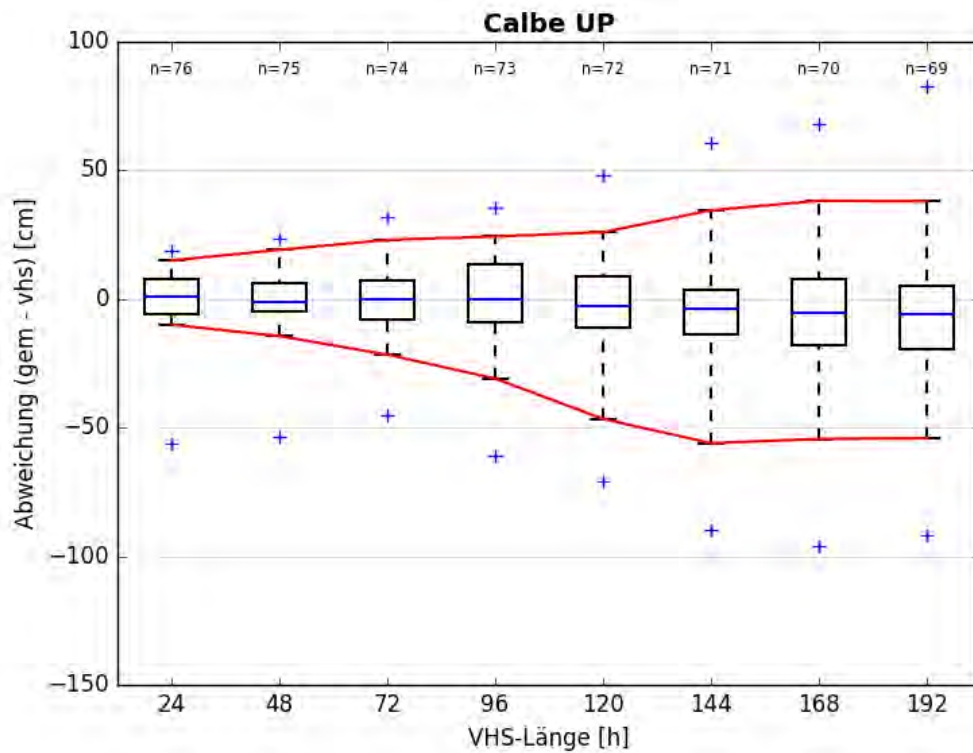


Abbildung C- 580: CALB HW2013, Boxplot

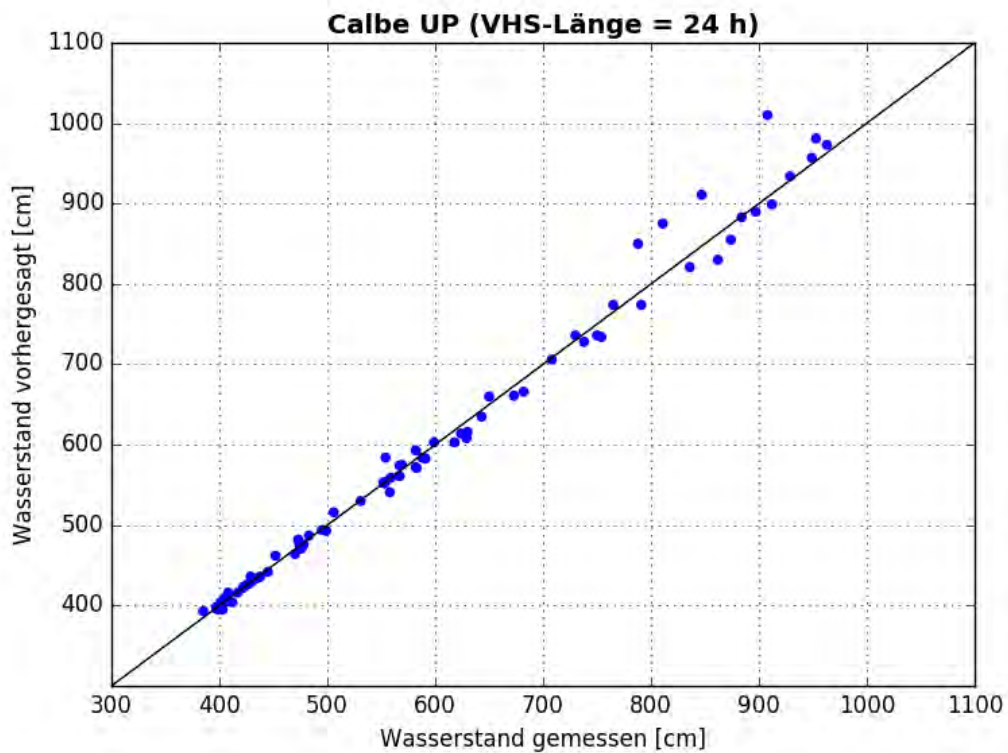


Abbildung C- 581: CALB HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 24 h (VHS)

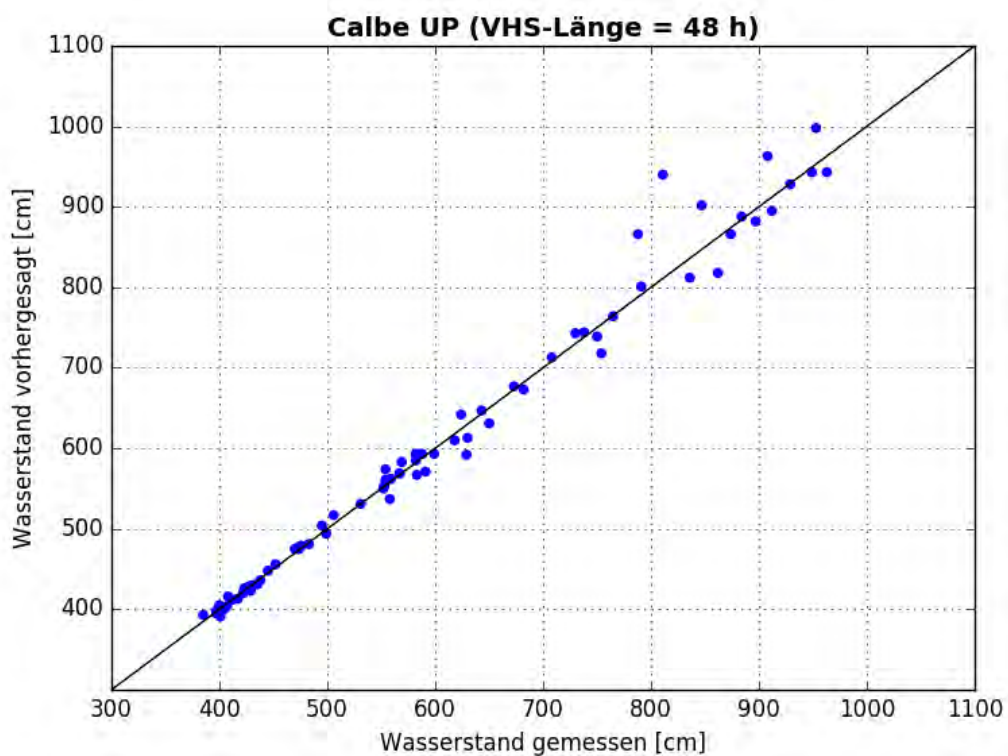


Abbildung C- 582: CALB HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 48 h (Absch.)

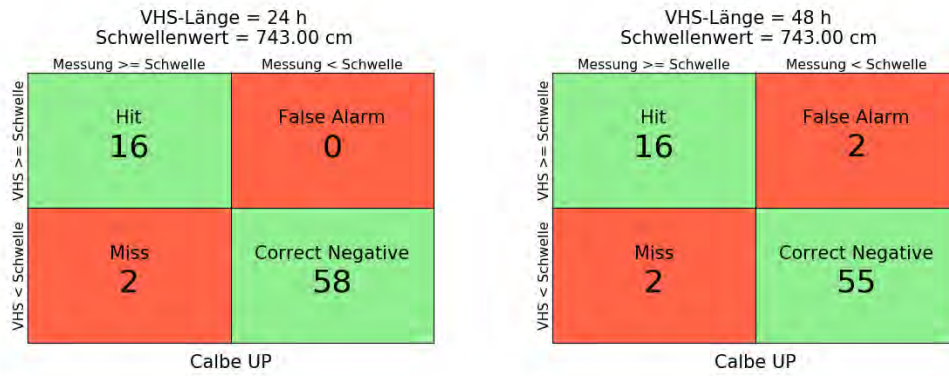


Abbildung C- 583: CALB HW2013, Kontingenztafeln Schwellenwert 743

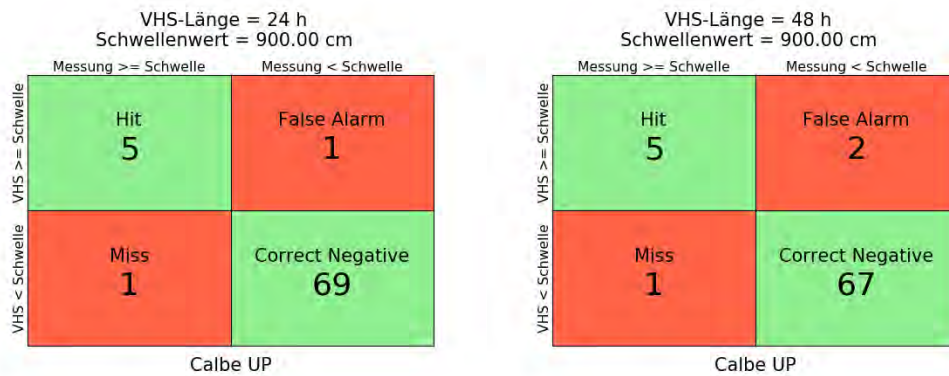


Abbildung C- 584: CALB HW2013, Kontingenztafeln Schwellenwert 900

Anlage C-27: Pegel Havelberg Stadt, Havel-km 145,29

Hochwasser März – April 2006

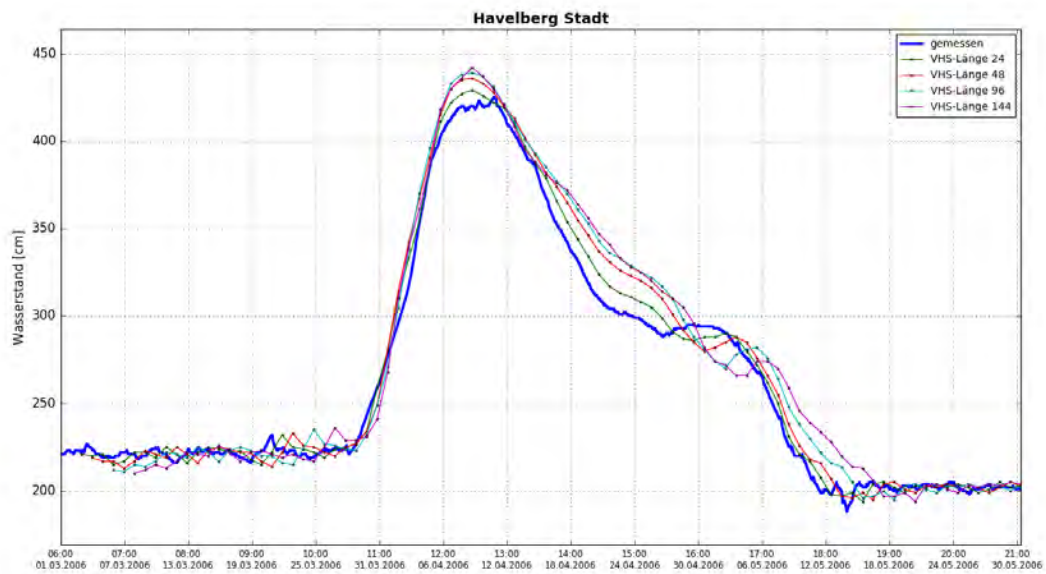


Abbildung C- 585: HAVS HW2006, Ganglinien-Vergleich

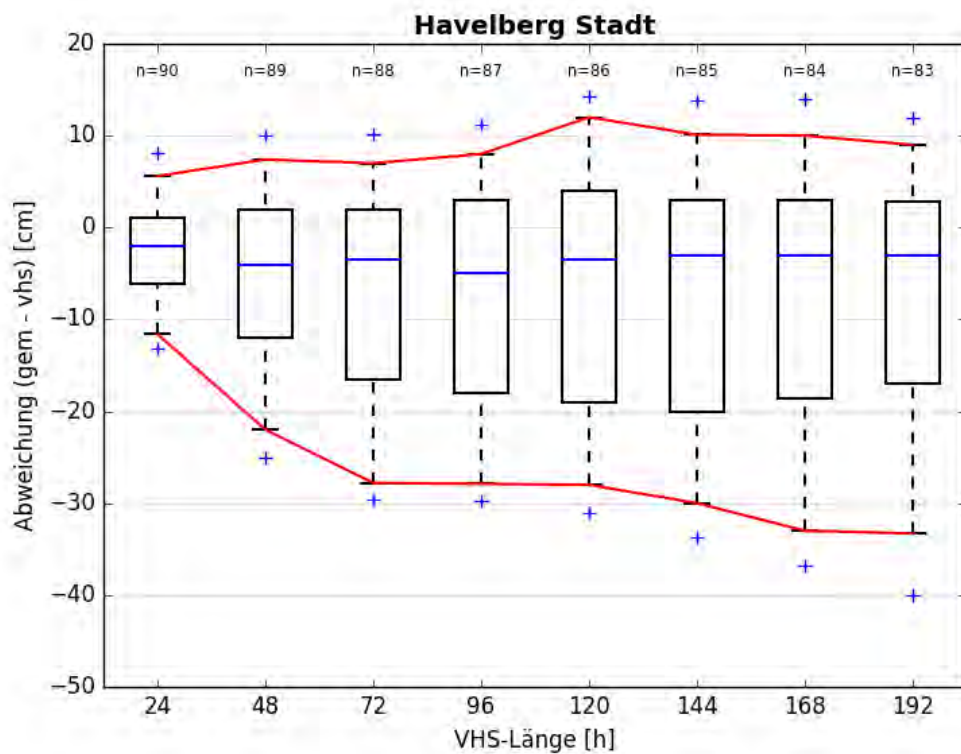


Abbildung C- 586: HAVS HW2006, Boxplot

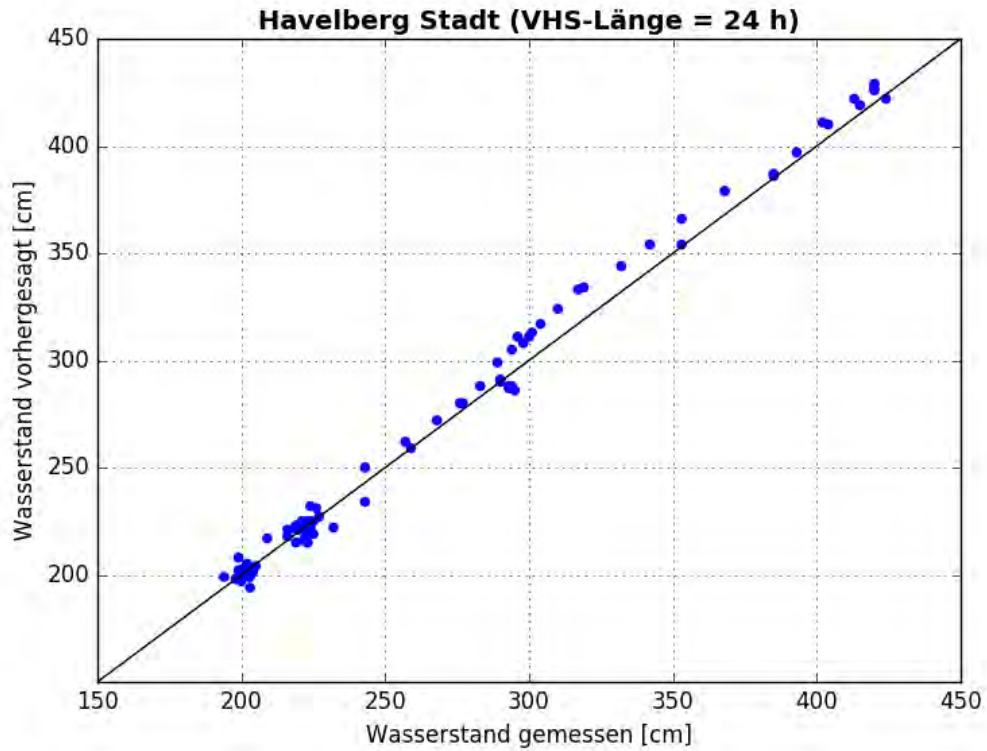


Abbildung C- 587: HAVS HW2006, Scatterplot – VHS-Länge 24 h (VHS)

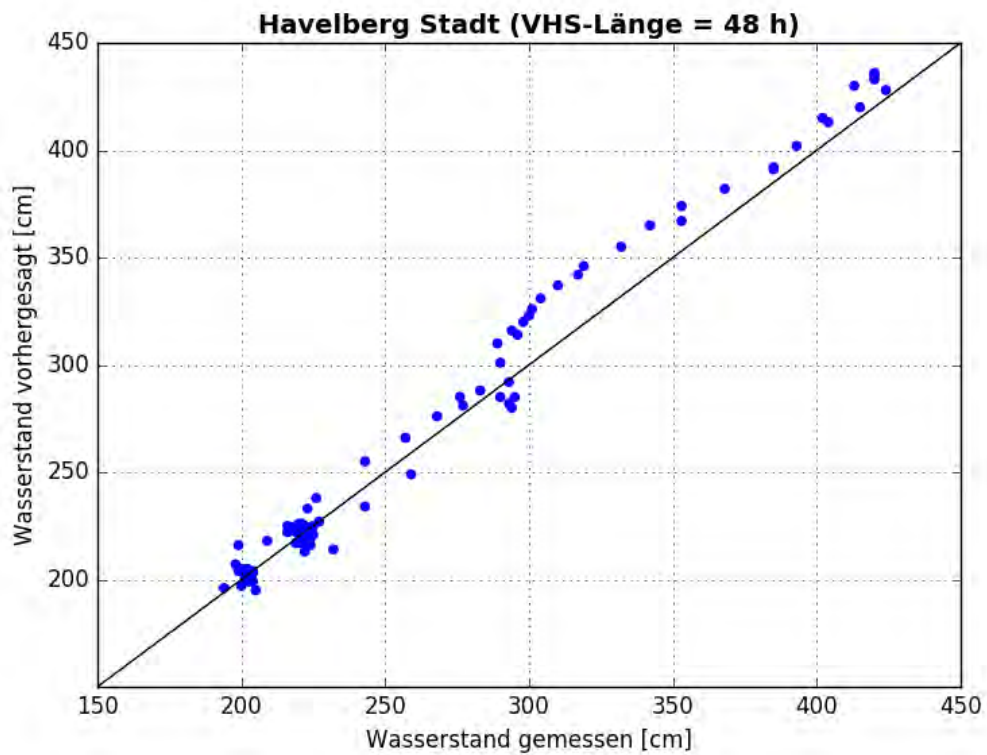


Abbildung C- 588: HAVS HW2006, Scatterplot – VHS-Länge 48 h (VHS)

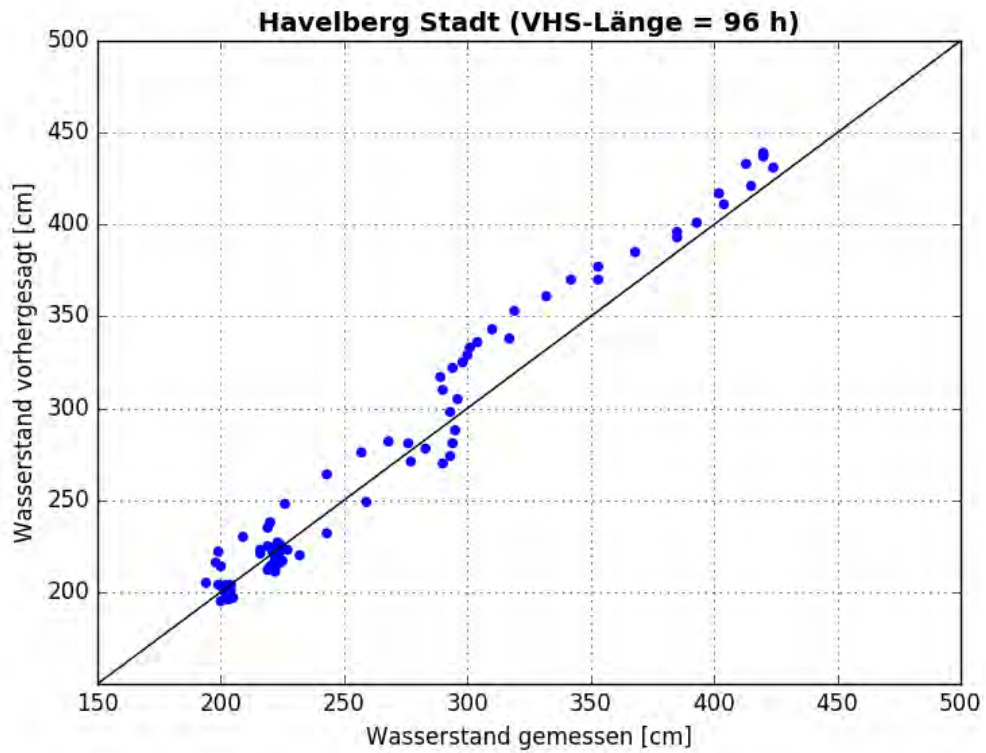


Abbildung C- 589: HAVS HW2006, Scatterplot – VHS-Länge 96 h (VHS)

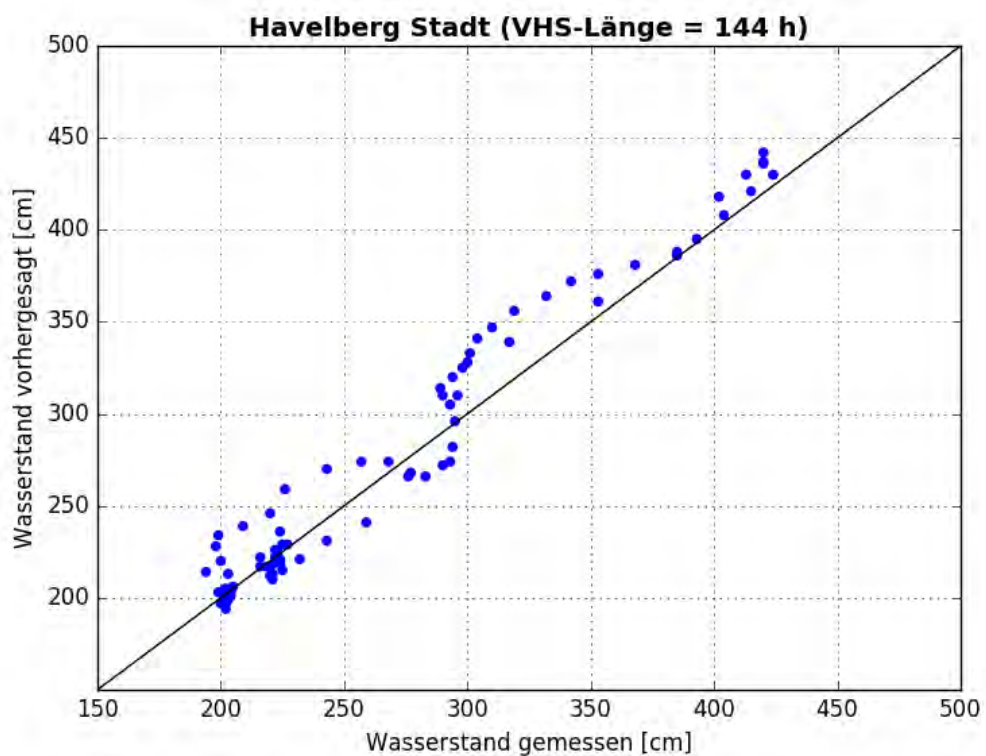


Abbildung C- 590: HAVS HW2006, Scatterplot – VHS-Länge 144 h (Absch.)



Abbildung C- 591: HAVS HW2006, Kontingenztafeln Schwellenwert 330



Abbildung C- 592: HAVS HW2006, Kontingenztafeln Schwellenwert 430

Hochwasser Januar - Februar 2011

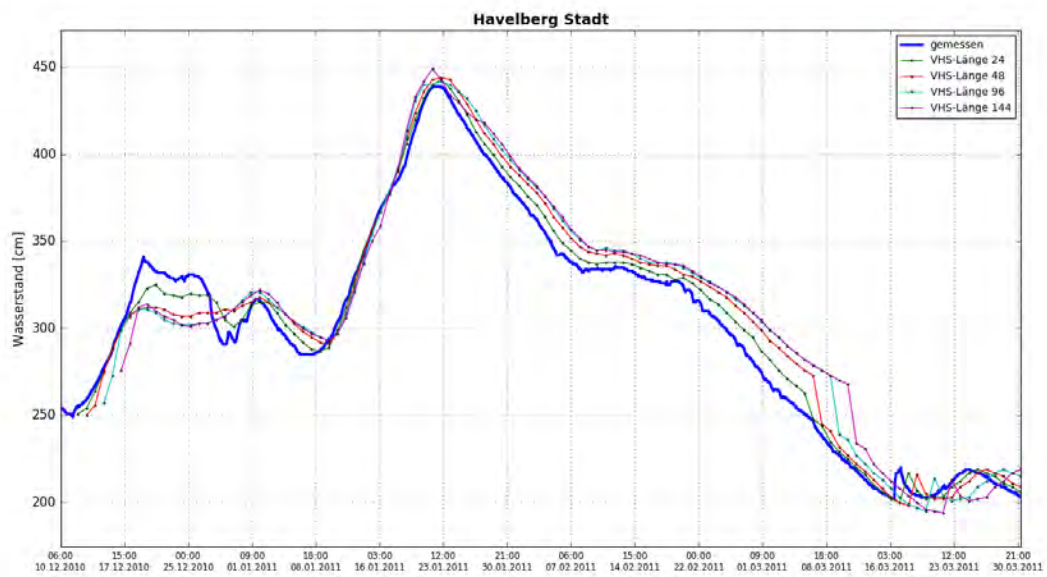


Abbildung C- 593: HAVS HW2011, Ganglinien-Vergleich

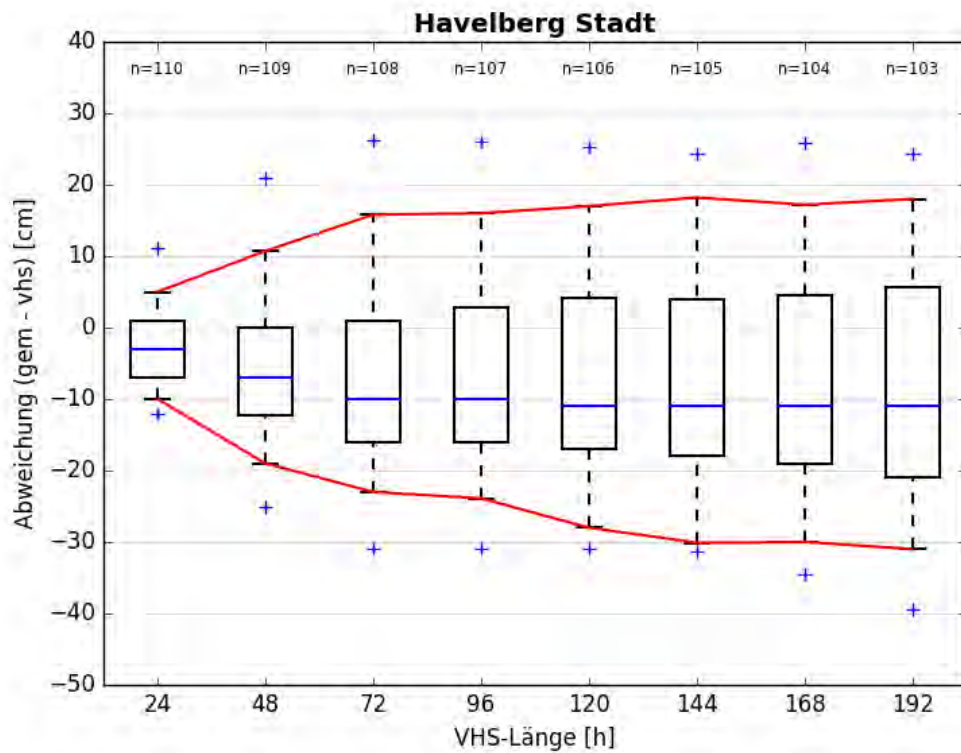


Abbildung C- 594: HAVS HW2011, Boxplot

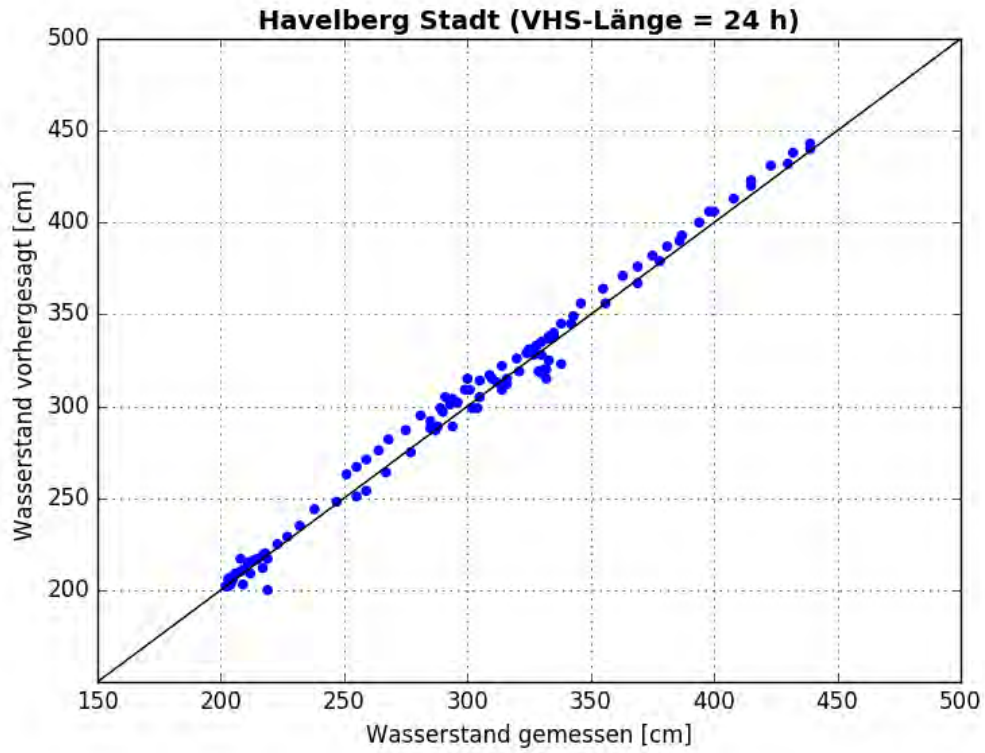


Abbildung C- 595: HAVS HW2011, Scatterplot – VHS-Länge 24 h (VHS)

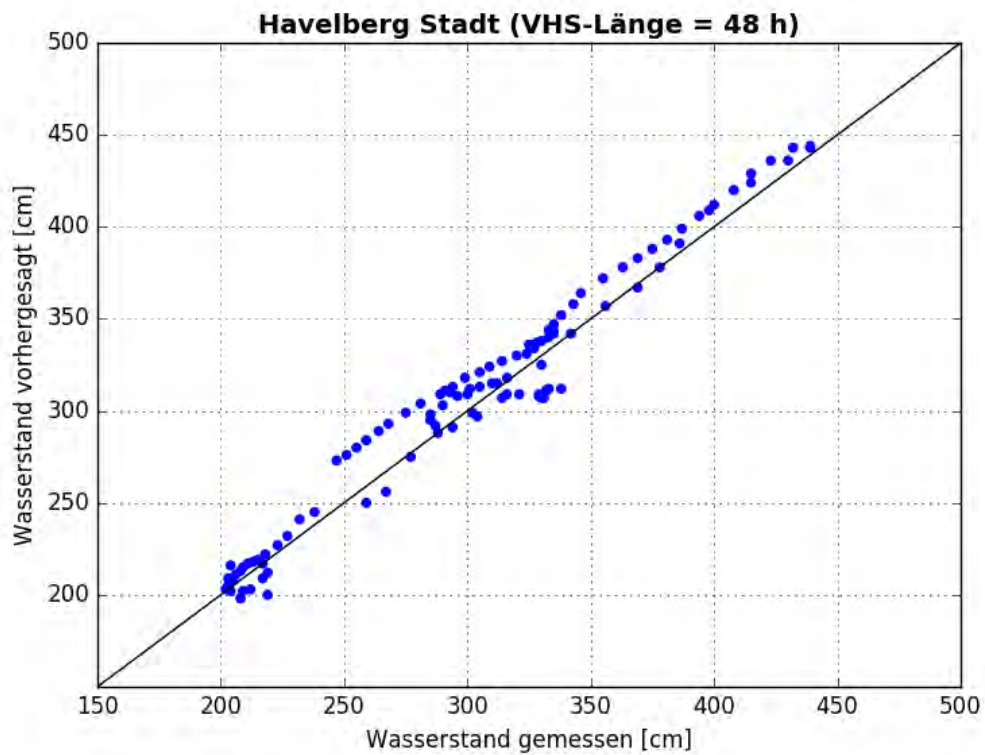


Abbildung C- 596: HAVS HW2011, Scatterplot – VHS-Länge 48 h (VHS)

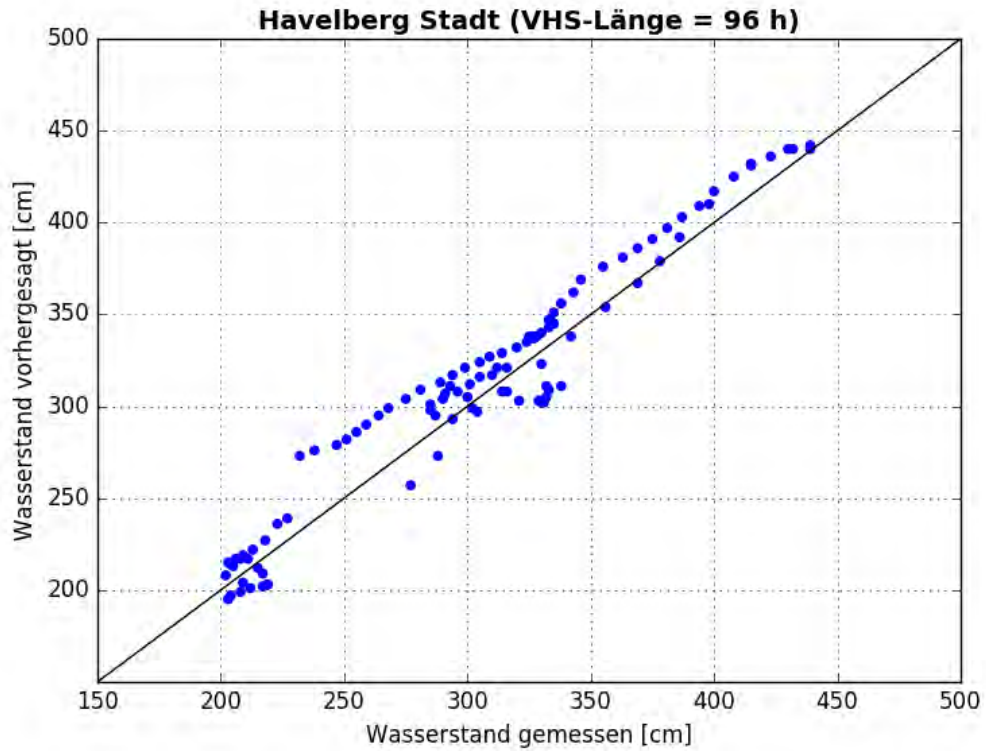


Abbildung C- 597: HAVS HW2011, Scatterplot – VHS-Länge 96 h (VHS)

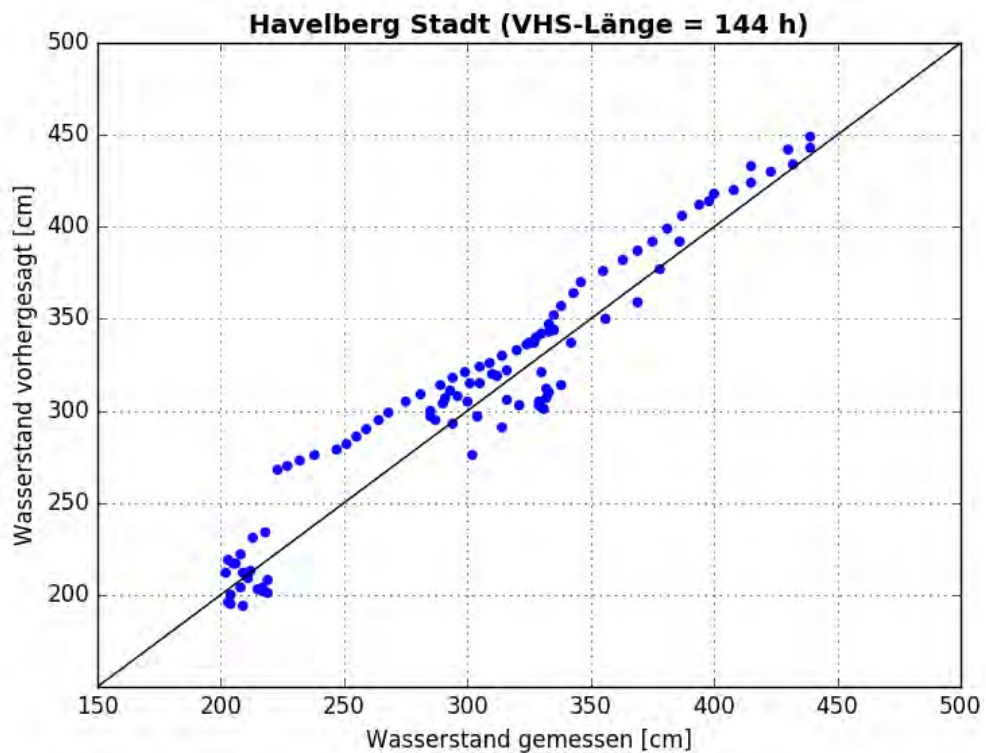


Abbildung C- 598: HAVS HW2011, Scatterplot – VHS-Länge 144 h (Absch.)



Abbildung C- 599: HAVS HW2011, Kontingenztafeln Schwellenwert 330



Abbildung C- 600: HAVS HW2011, Kontingenztafeln Schwellenwert 430

Hochwasser April – Mai 2013

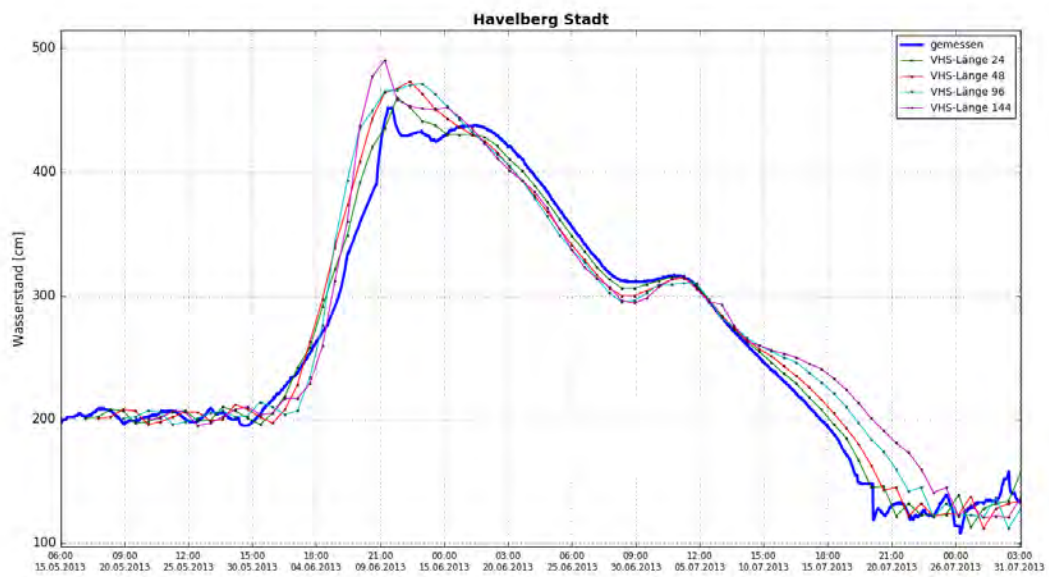


Abbildung C- 601: HAVS HW2013, Ganglinien-Vergleich

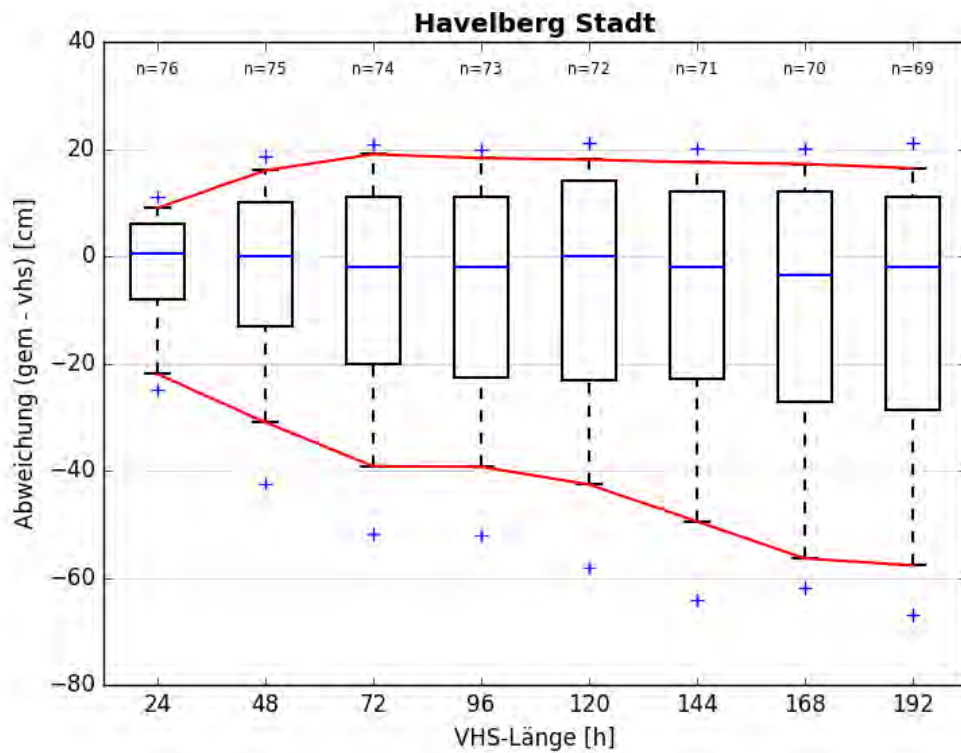


Abbildung C- 602: HAVS HW2013, Boxplot

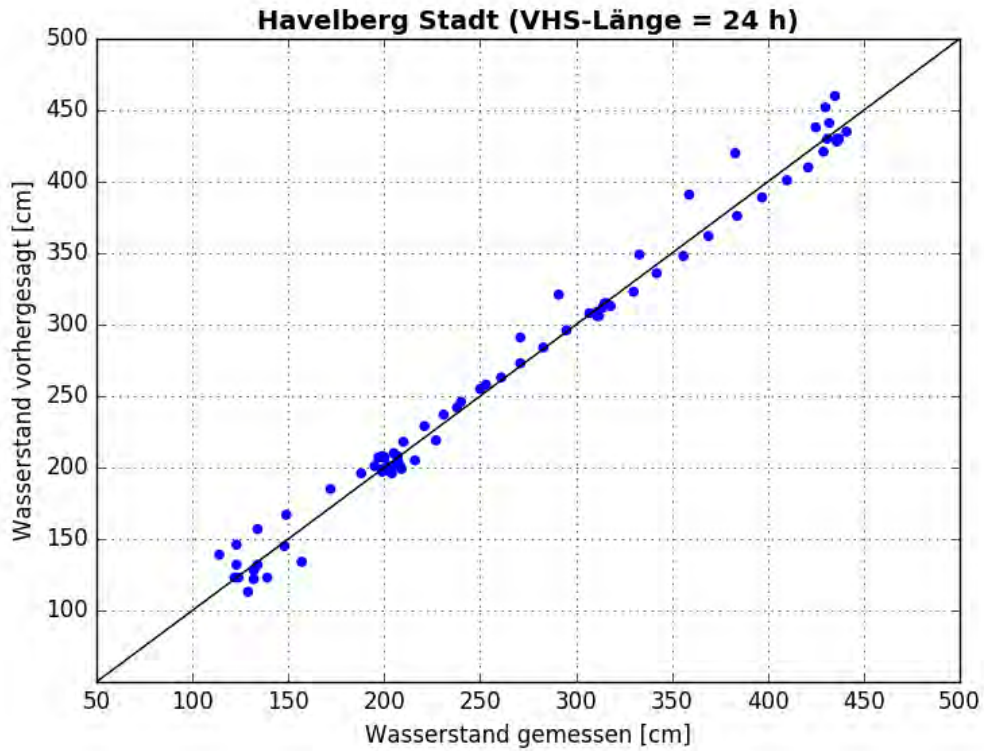


Abbildung C- 603: HAVS HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 24 h (VHS)

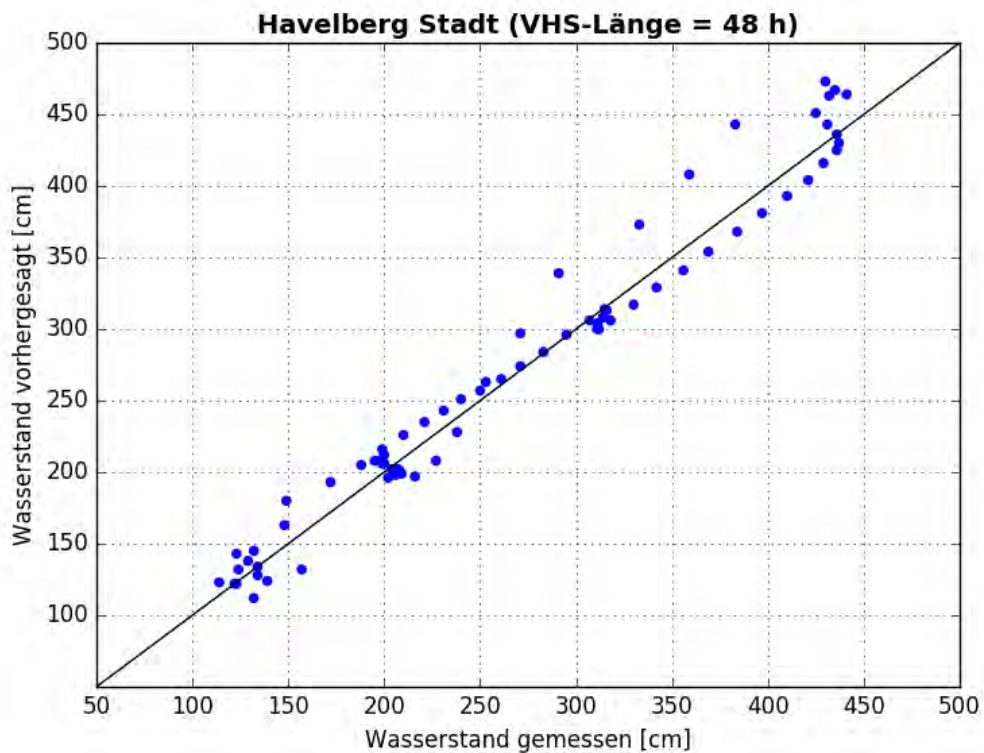


Abbildung C- 604: HAVS HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 48 h (VHS)

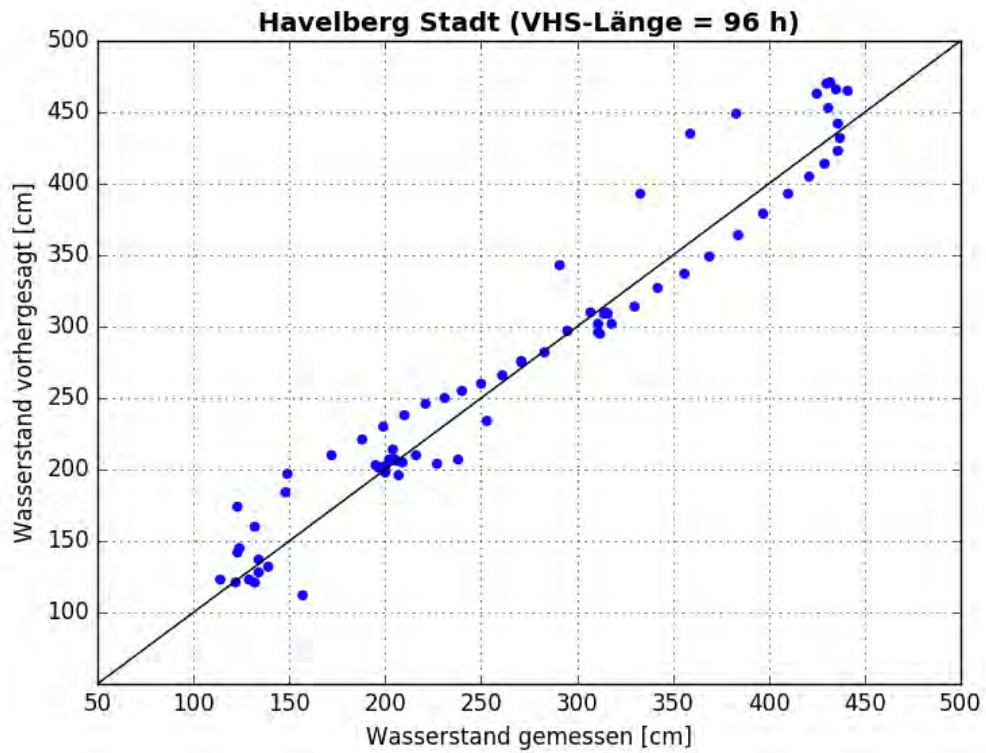


Abbildung C- 605: HAVS HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 96 h (VHS)

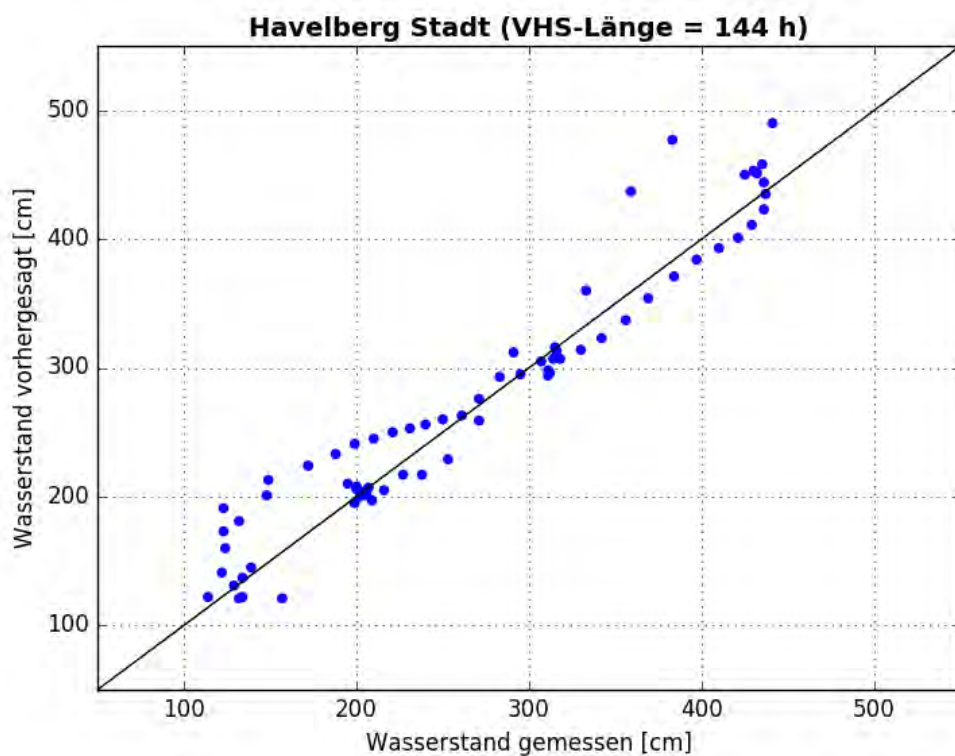


Abbildung C- 606: HAVS HW2013, Scatterplot – VHS-Länge 144 h (Absch.)



Abbildung C- 607: HAVS HW2013, Kontingenztafeln Schwellenwert 330



Abbildung C- 608: HAVS HW2013, Kontingenztafeln Schwellenwert 430