

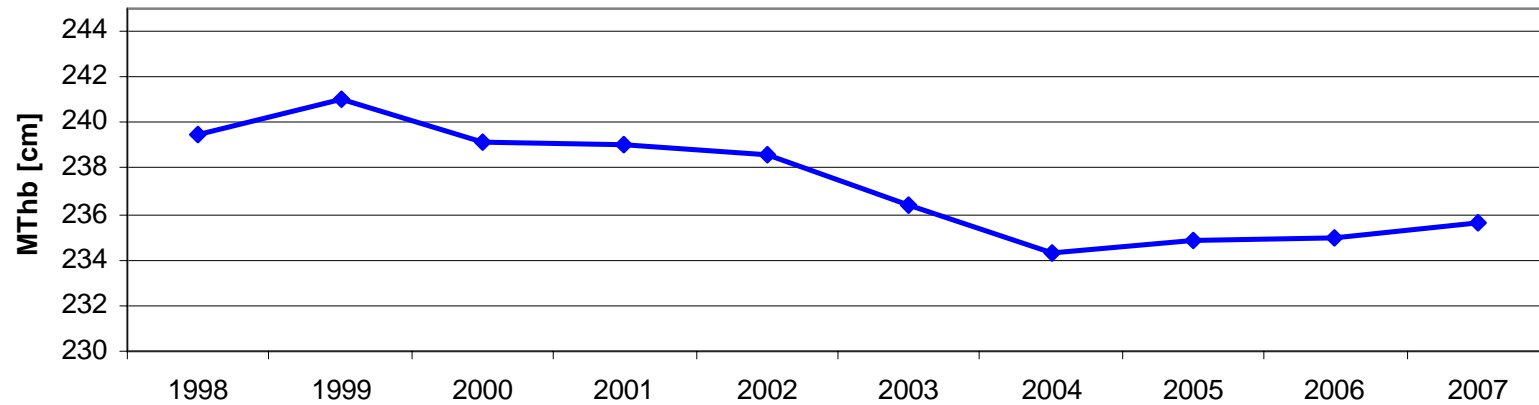
Analyse der Wasserstände der Tideelbe für die Beweissicherung

aktualisierte und erweiterte Ergebnisse

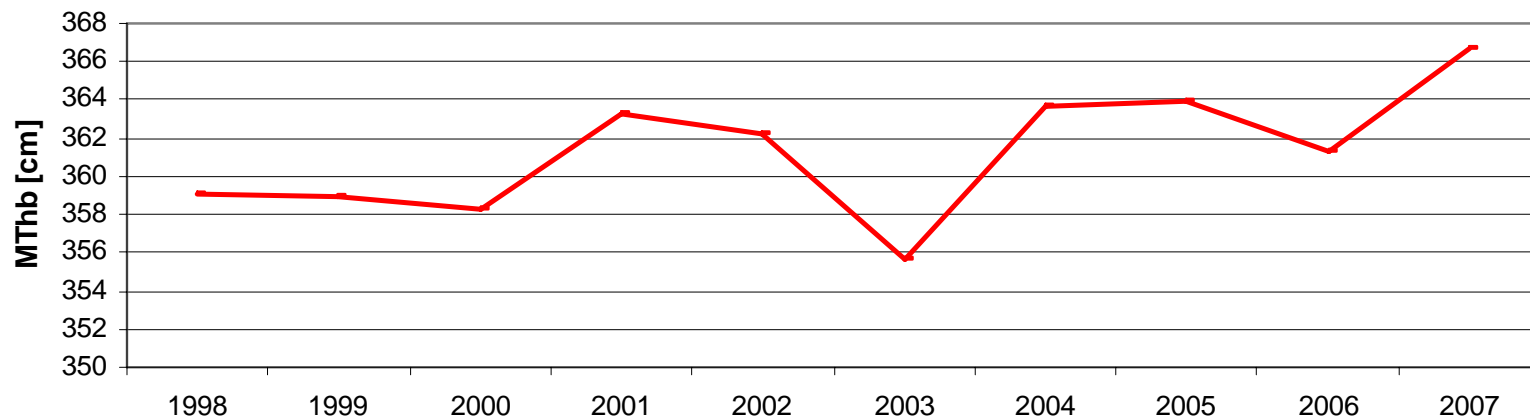
Marko Kastens

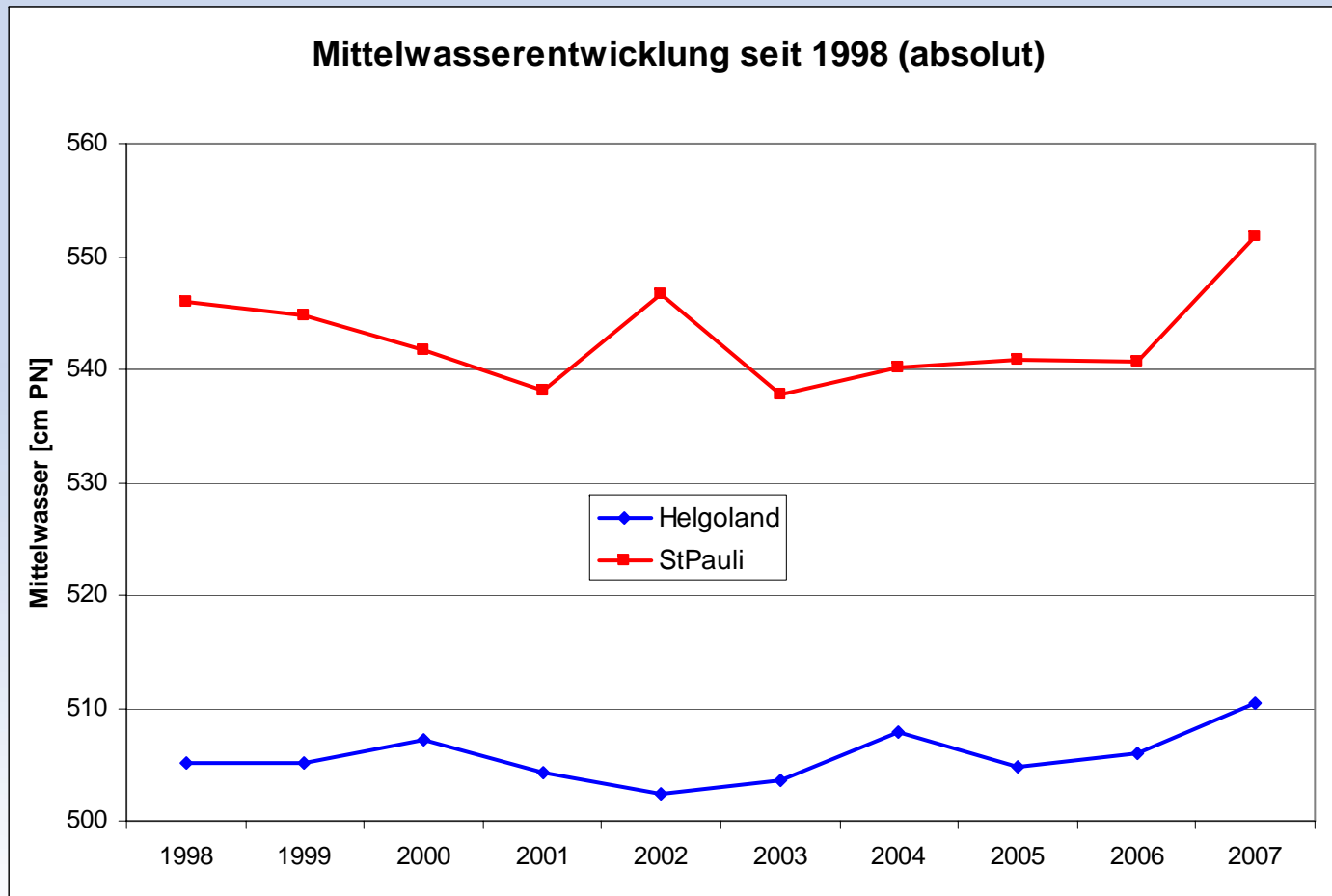


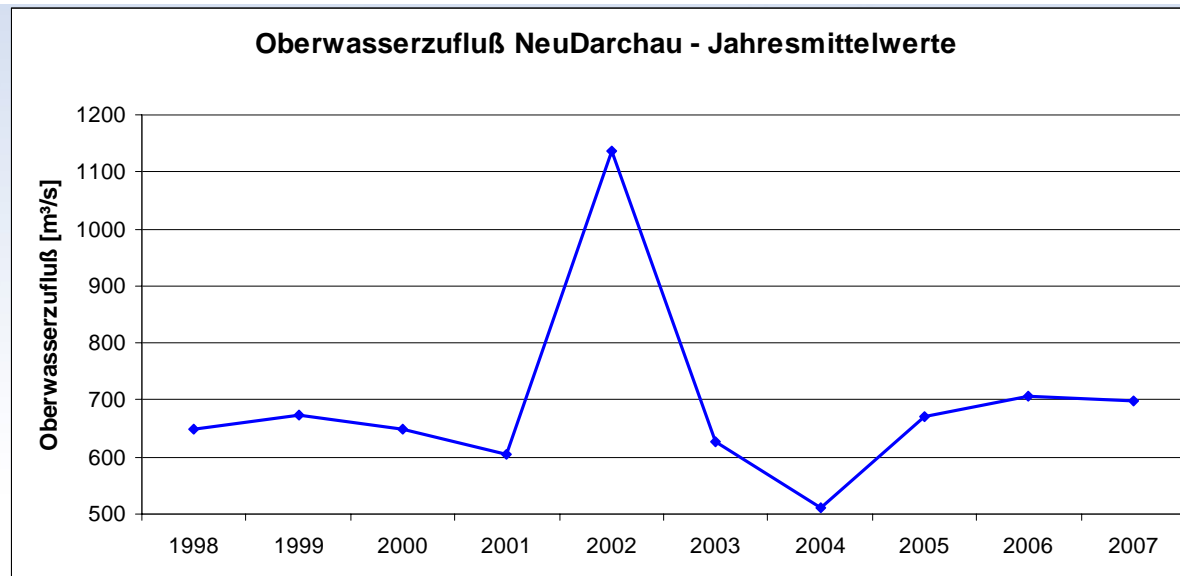
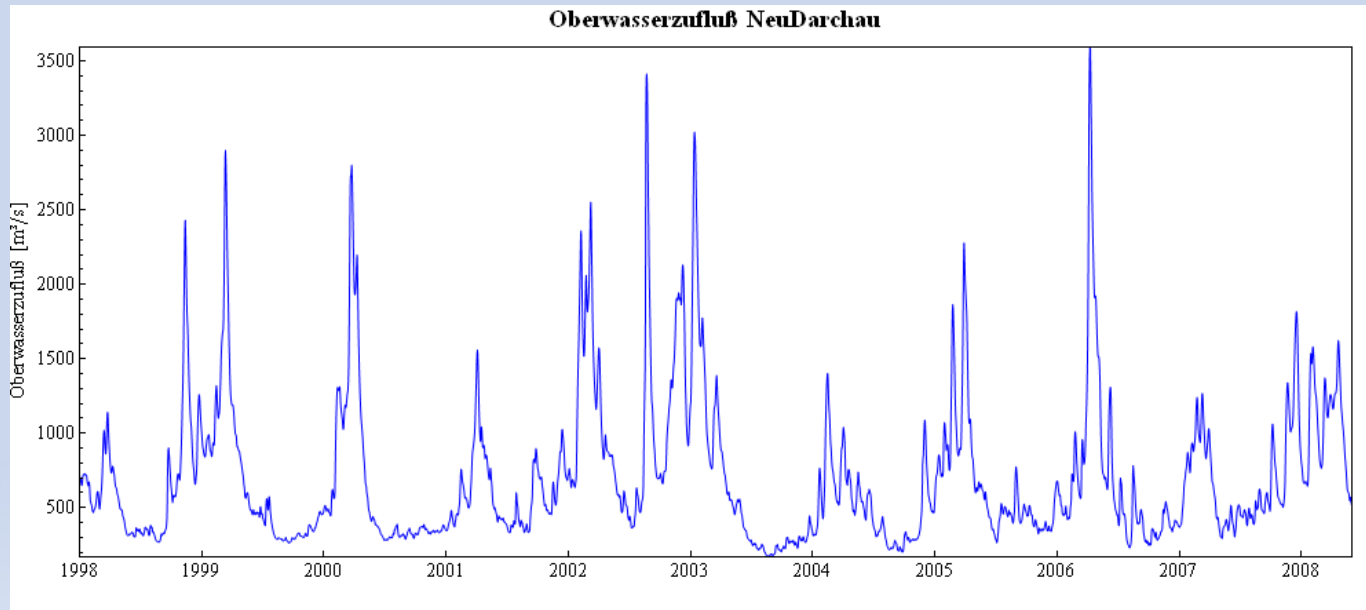
MThb-Entwicklung seit 1998 - Helgoland



MThb-Entwicklung seit 1998 - St.Pauli







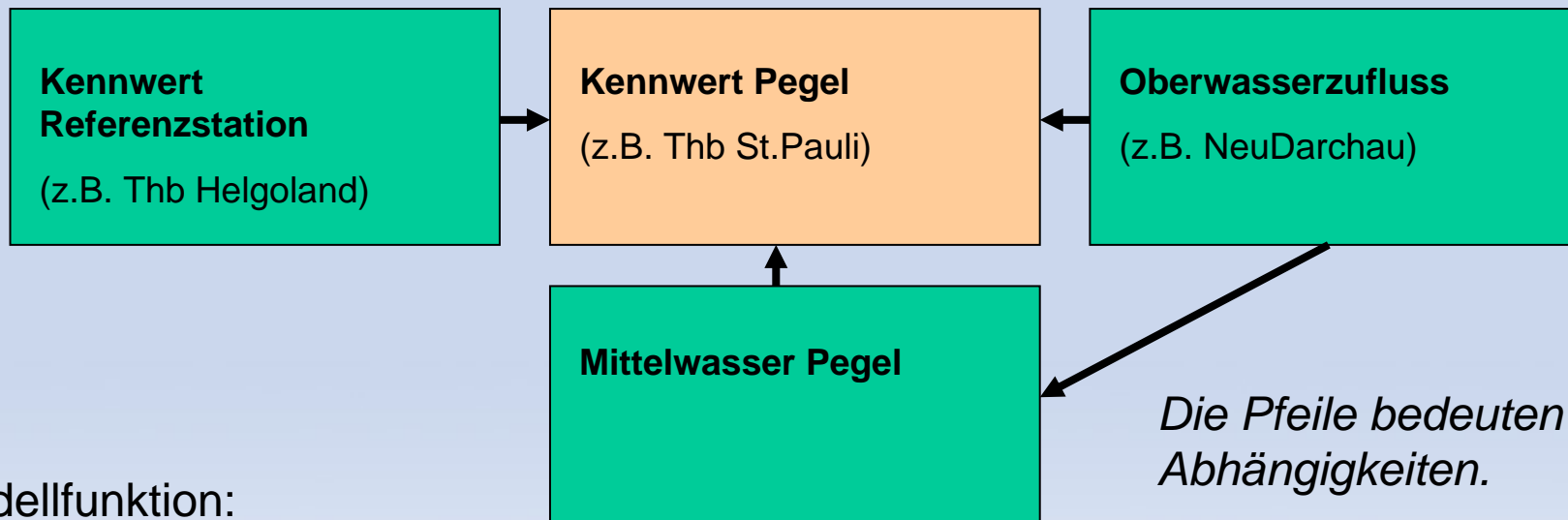
Wasserstandsmessungen an Pegeln werden beeinflusst durch Oberwasserzufluss, Mittelwasser (Windstau) und der Tide in der Nordsee.

Ein Herausfiltern dieser Einflüsse gibt einen klareren Blick auf die Entwicklungen der Wasserstände. Die Entwicklung der gefilterten Wasserstände sind dann in der Hauptsache auf (lokale) morphologische Änderungen zurückzuführen.

Ein Verfahren zum Herausfiltern dieser Ereignisse ist in der Küste 72 „Tidewasserstandsanalyse in Ästuaren am Beispiel der Elbe“ beschrieben. Kernpunkte sind:

- *Das gemessene Signal wird geteilt in ein stetiges Mittelwasser (Windstau) und in ein reines Tidesignal. Aus dem reinen Tidesignal werden die Kennwerte (T_{nw} , T_{hw} , T_{hb}) bestimmt. Beide Signale werden getrennt analysiert.*
- *Die Parameter einer Modellfunktion (siehe nächste Folie) werden mit einer Regression für einen Zeitraum (hier 1998) bestimmt. Die Modellfunktion „lernt“, wie beispielsweise der Tidehub in St.Pauli abhängt vom Tidehub in Helgoland, vom Oberwasserzufluss und vom Mittelwasser (Windstau).*
- *Anschließend wird diese Modellfunktion zur Vorhersage benutzt. Diese Vorhersage beruht auf dem Systemzustand 1998. Die Differenz zwischen Vorhersage und gemessenen Werten sind die gefilterten Kennwerte, aggregiert zu Jahresmittelwerten. Ist die Differenz Null, hat sich gegenüber 1998 nichts im Systemverhalten geändert.*

Aufbau der Modellfunktion



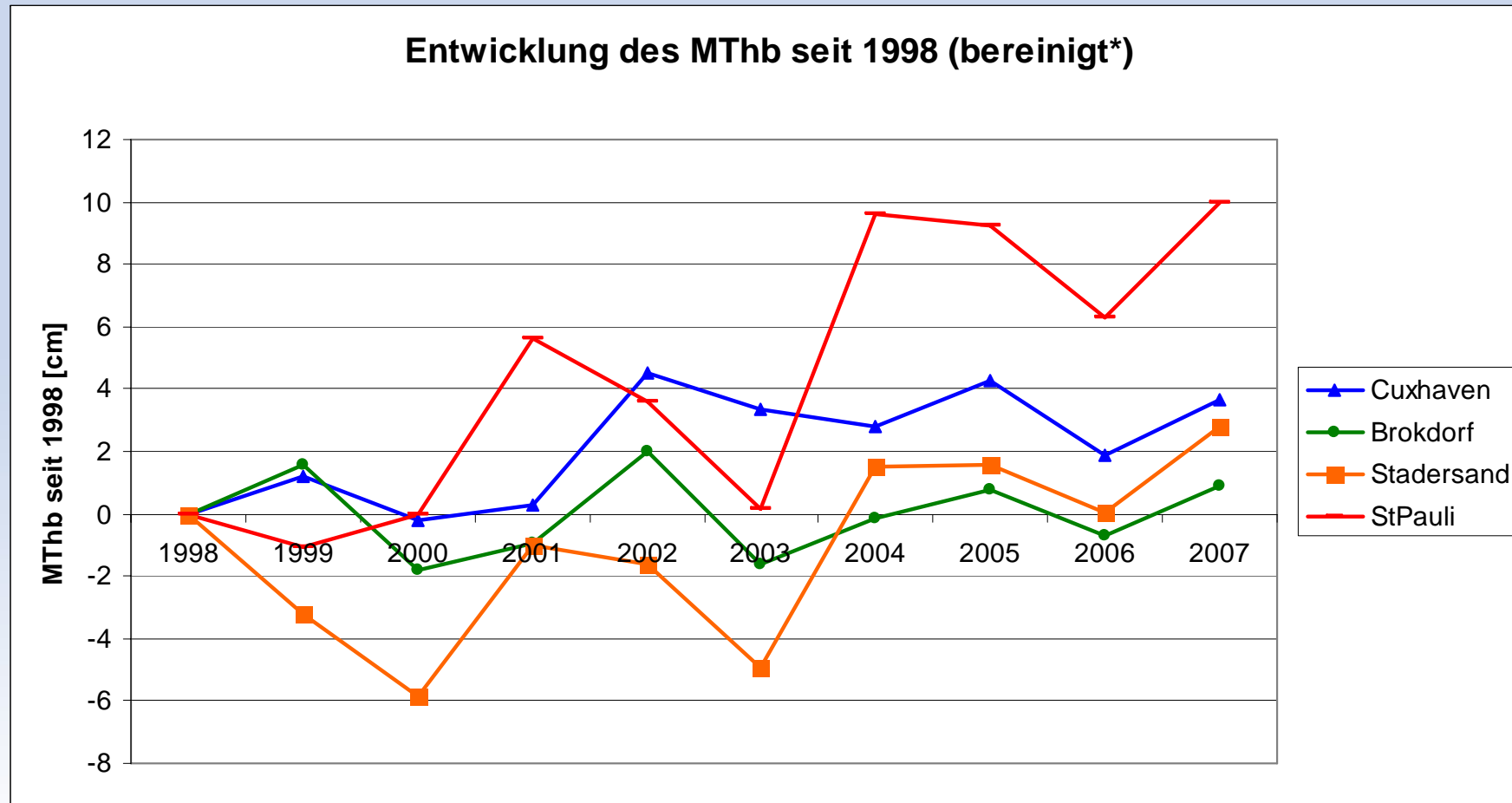
Modellfunktion:

$$\text{Kennwert}_{\text{Pegel}} = a \cdot \text{Kennwert}_{\text{Helgoland}} + b \cdot \text{Oberwasser}_{\text{NeuDarchau}}^n + c \cdot \text{Mittelwasser}_{\text{Pegel}} + z$$

Kennwerte können sein: Tnw, Thw, Thb und Mittelwasser, wobei beim Mittelwasser der Koeffizient c zu Null wird, der Term also verschwindet.

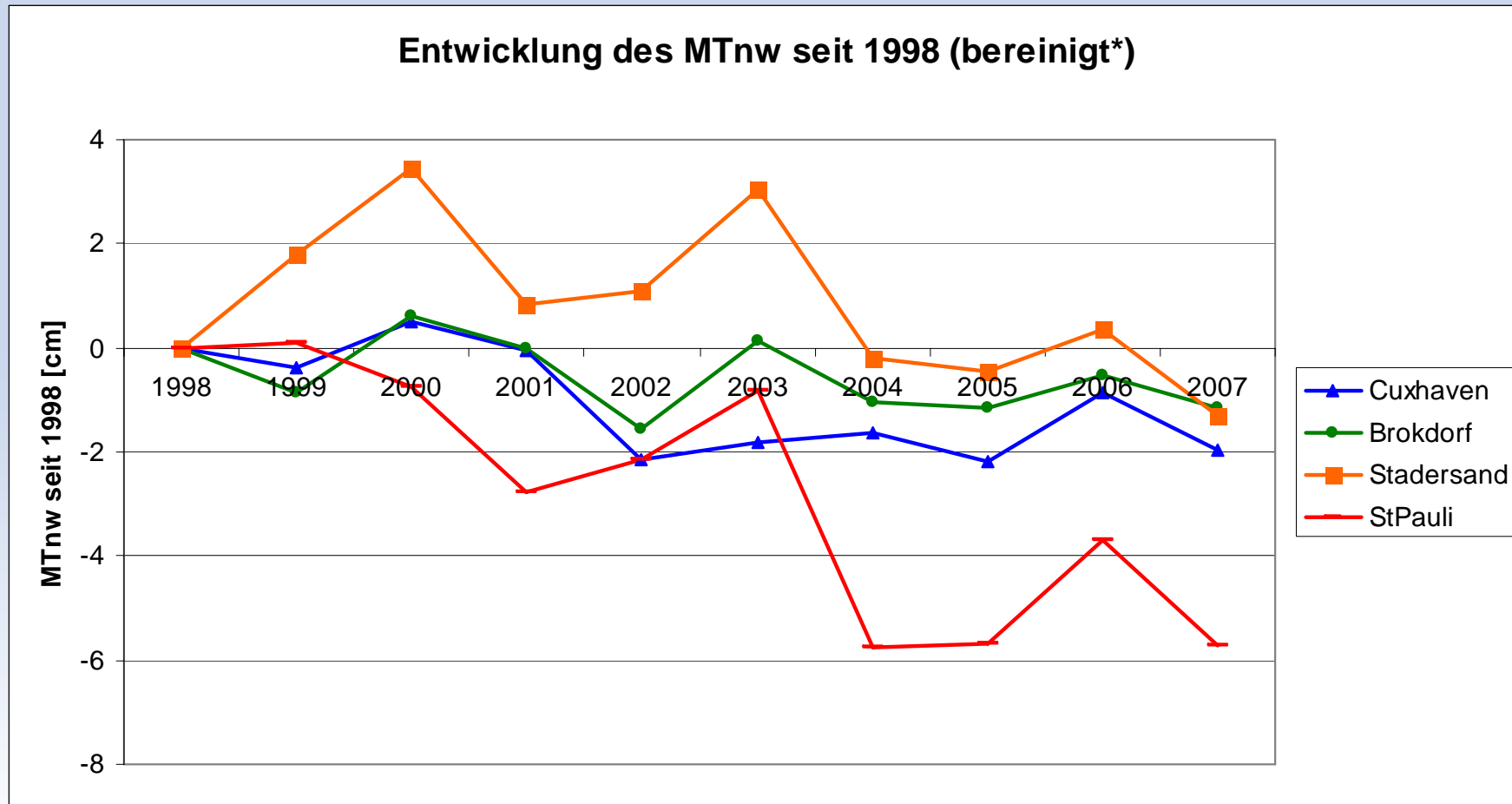
Die Koeffizienten a,b,n,c und z werden über eine Regression für jeden Pegel bestimmt und sind weiter hinten für die verwendeten Pegel dokumentiert.

Für die Regression wird hier das Kalenderjahr 1998 verwendet. Mehr als 700 Tiden gehen in die Regression ein; bei dem Mittelwasser sind es mehr 52.000 Werte (10 Minuten-Werte).



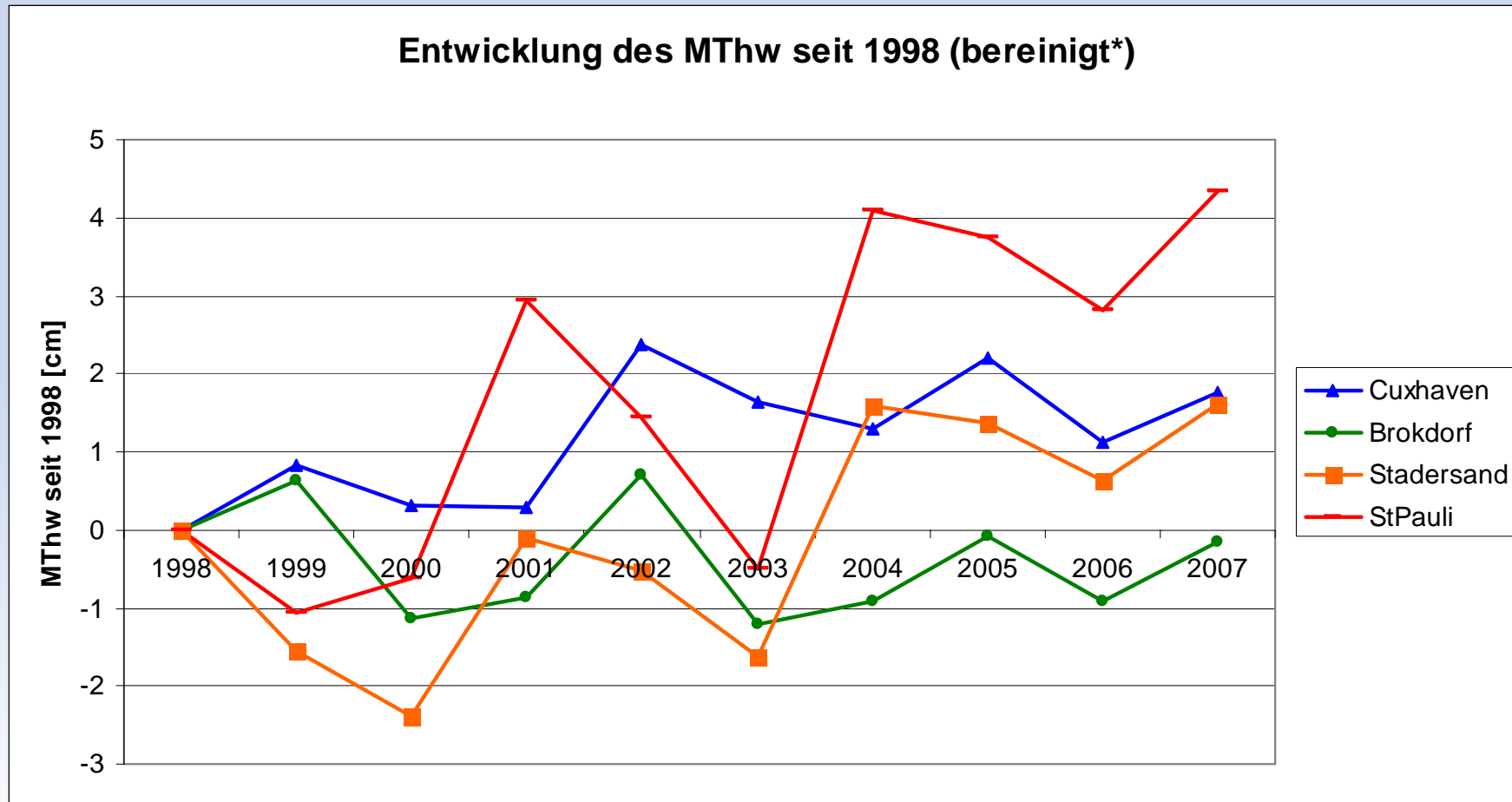
*bereinigt durch die Funktion:

$$\text{Kennwert}_{\text{Pegel}} = a \cdot \text{Kennwert}_{\text{Helgoland}} + b \cdot \text{Oberwasser}_{\text{NeuDarchau}} + c \cdot \text{Mittelwasser}_{\text{Pegel}} + z$$



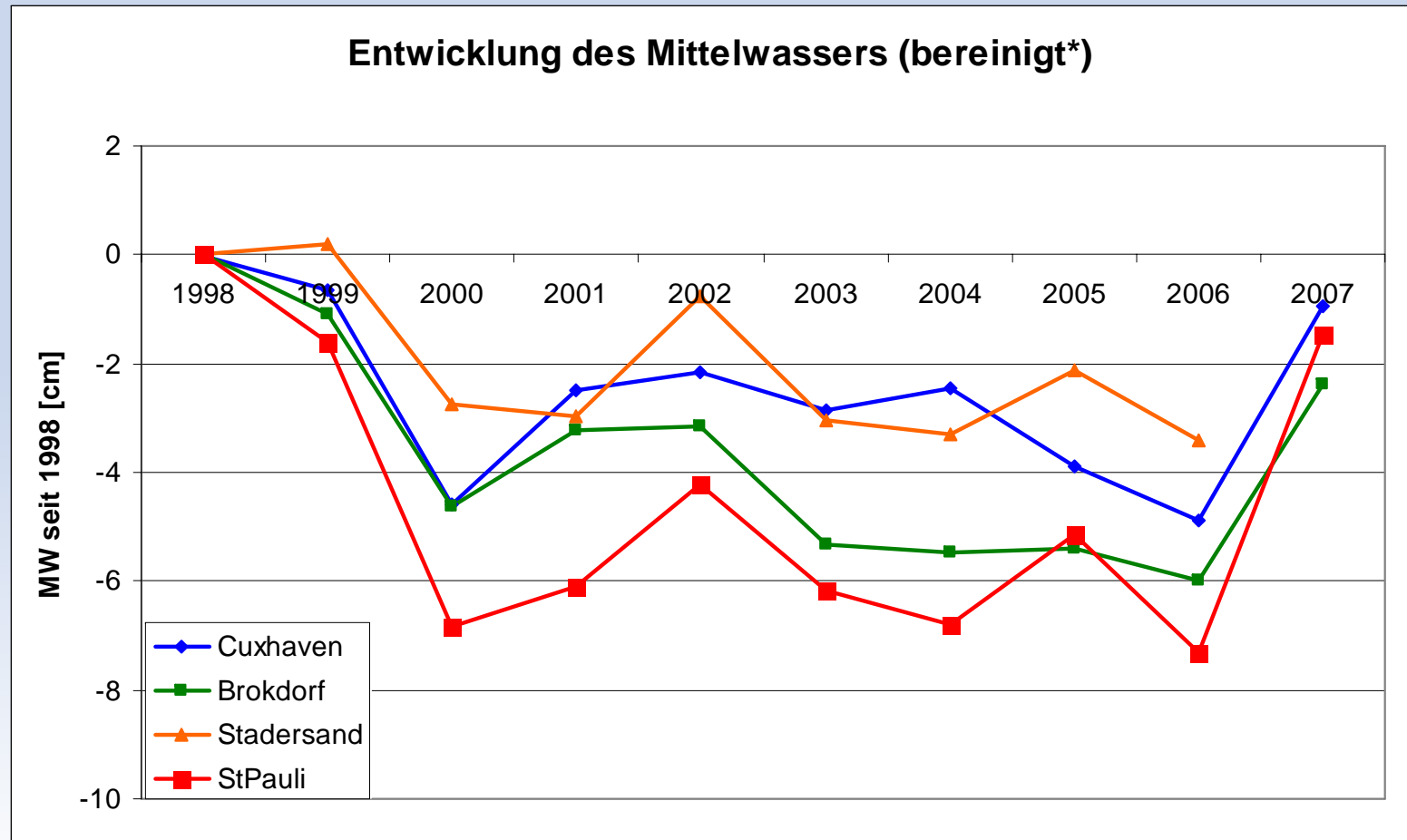
*bereinigt durch die Funktion:

$$\text{Kennwert}_{\text{Pegel}} = a \cdot \text{Kennwert}_{\text{Helgoland}} + b \cdot \text{Oberwasser}_{\text{NeuDarchau}} + c \cdot \text{Mittelwasser}_{\text{Pegel}} + z$$



*bereinigt durch die Funktion:

$$\text{Kennwert}_{\text{Pegel}} = a \cdot \text{Kennwert}_{\text{Helgoland}} + b \cdot \text{Oberwasser}_{\text{NeuDarchau}} + c \cdot \text{Mittelwasser}_{\text{Pegel}} + z$$



*bereinigt durch die Funktion:

$$Mittelwasser_{Pegel} = a \cdot Mittelwasser_{Helgoland} + b \cdot Oberwasser_{NeuDarchau}^n + z$$

Beispiel St.Pauli:

Abgelesene Werte von vorhergehenden Abbildungen:

MThb: +10 cm

MThw: +4 cm

MTnw: -6 cm

MMW: -1 cm

Ergebnis (Erinnerung: das Signal wurde zu Beginn geteilt. Diese Teilung muss jetzt für Tnw und Thw berücksichtigt werden. Für den Tidehub hebt sich das MMW auf $[MThb=(MThw+MMW)-(MTnw+MMW) =MThw-MTnw]$.):

Der Tidehub ist um äußere Einflüsse bereinigt seit 1998 um 10 cm angestiegen.

Das Tidehochwasser ist um äußere Einflüsse bereinigt seit 1998 um 4 cm + - 1cm MMW = 3 cm angestiegen.

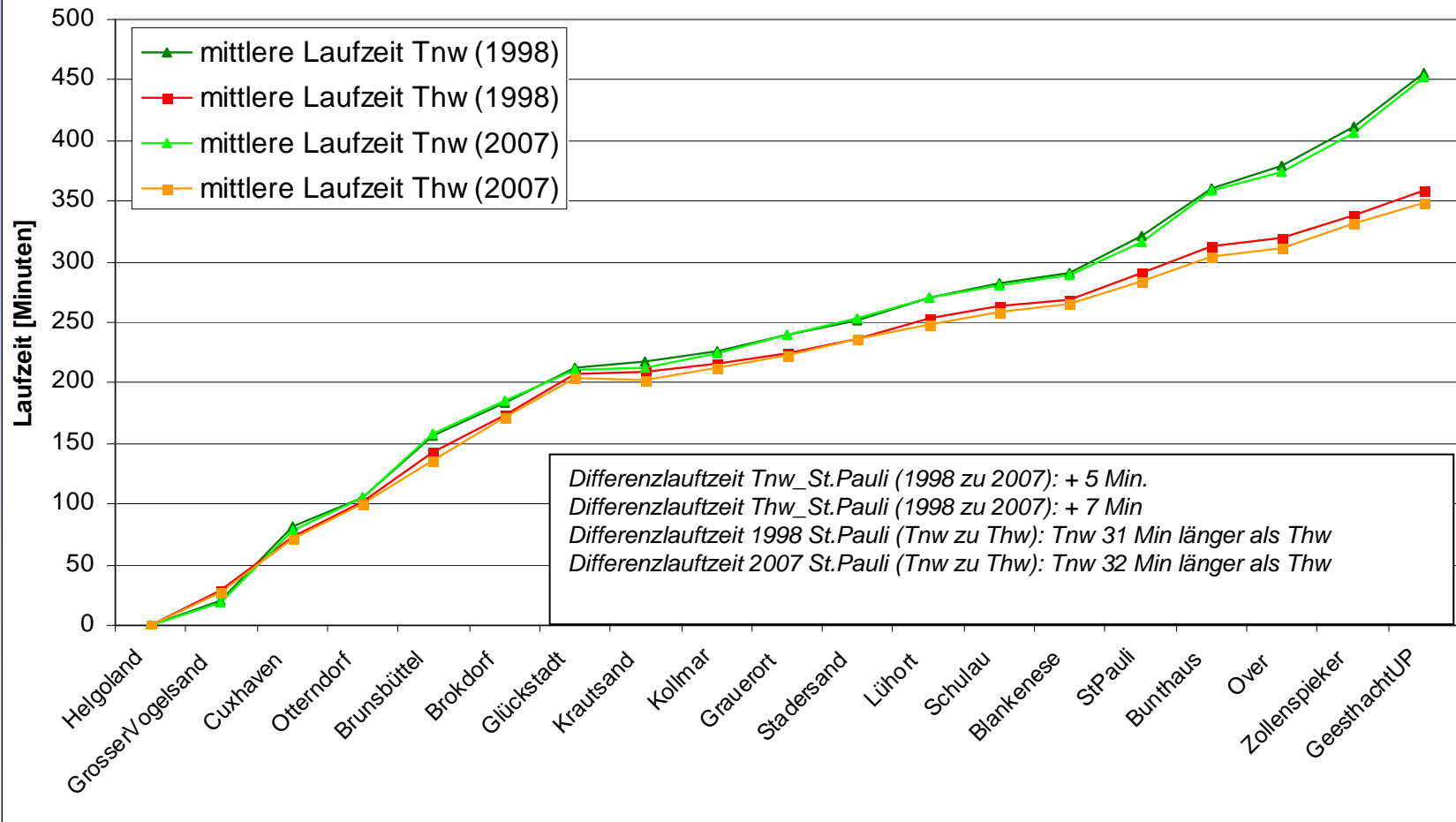
Das Tideniedrigwasser ist um äußere Einflüsse bereinigt seit 1998 um -6 cm + - 1cm MMW = -7 cm gefallen.

Das Tidemittelwasser ist um äußere Einflüsse bereinigt seit 1998 um 1 cm gefallen.

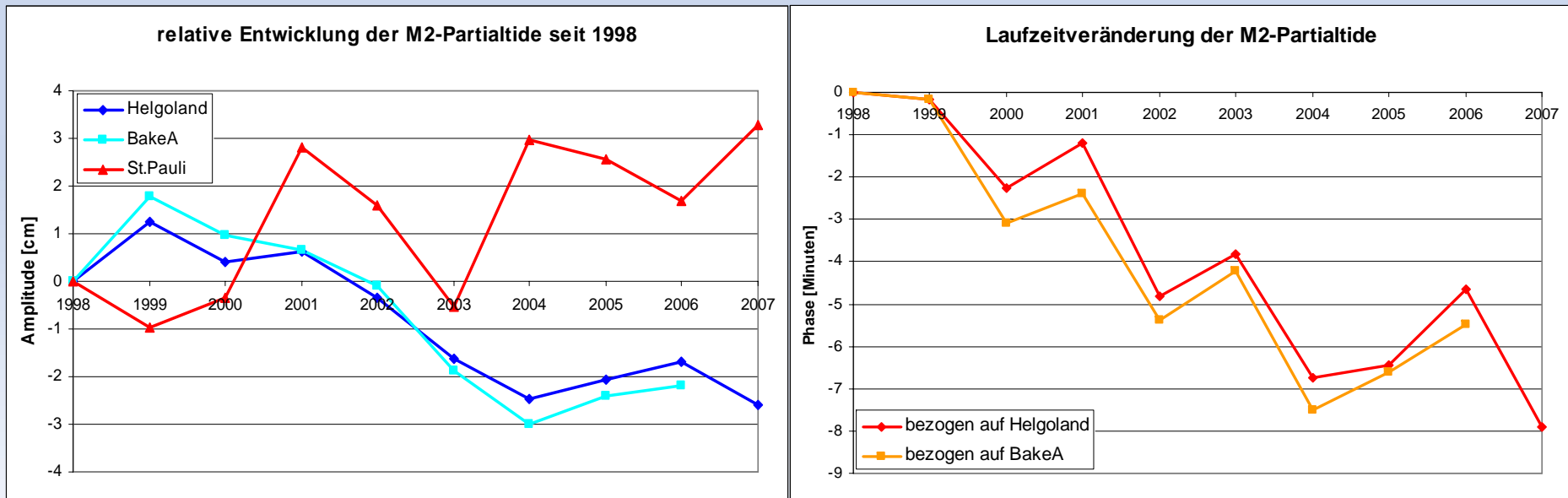
BAW - DH / Folie-Nr. 11



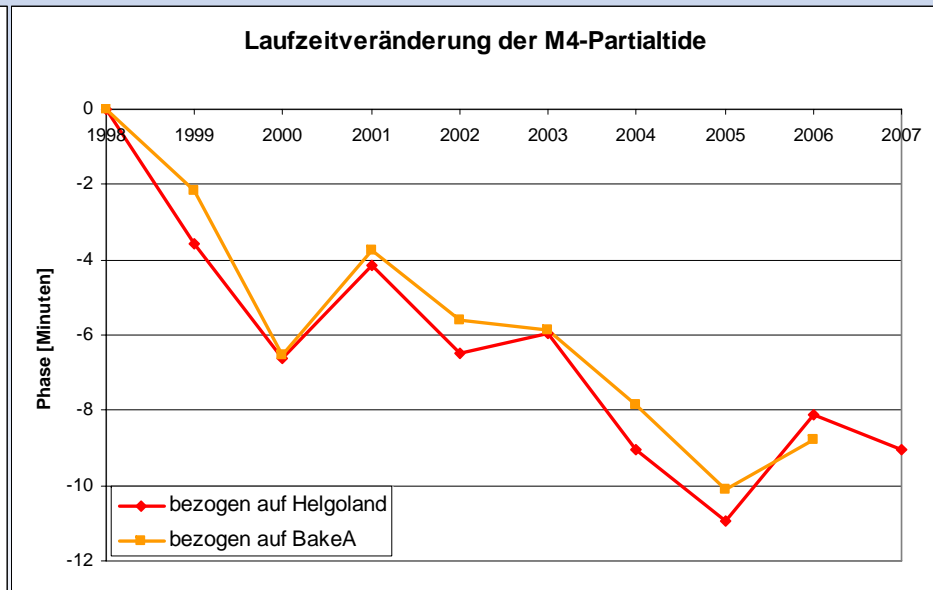
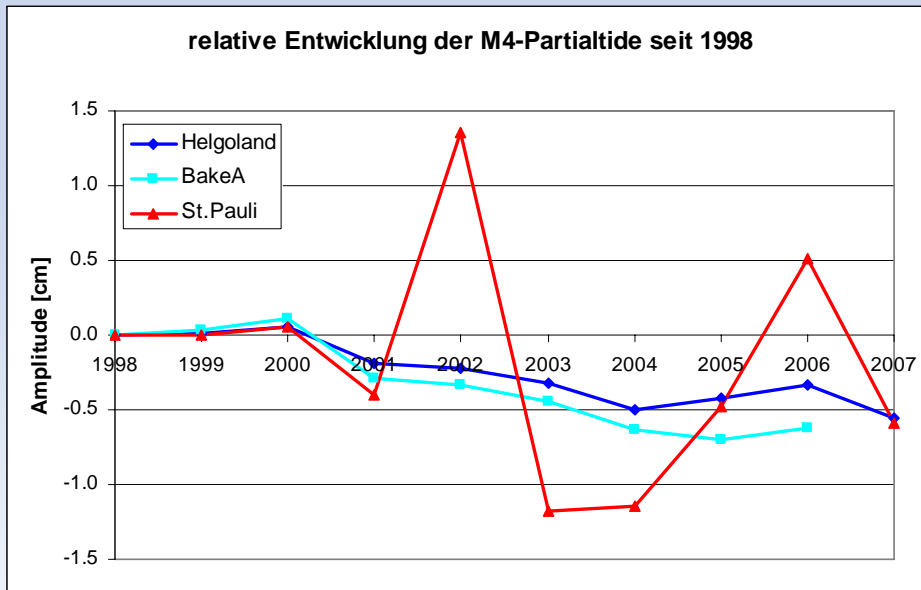
mittlere Laufzeiten von Tnw und Thw - 1998 und 2007



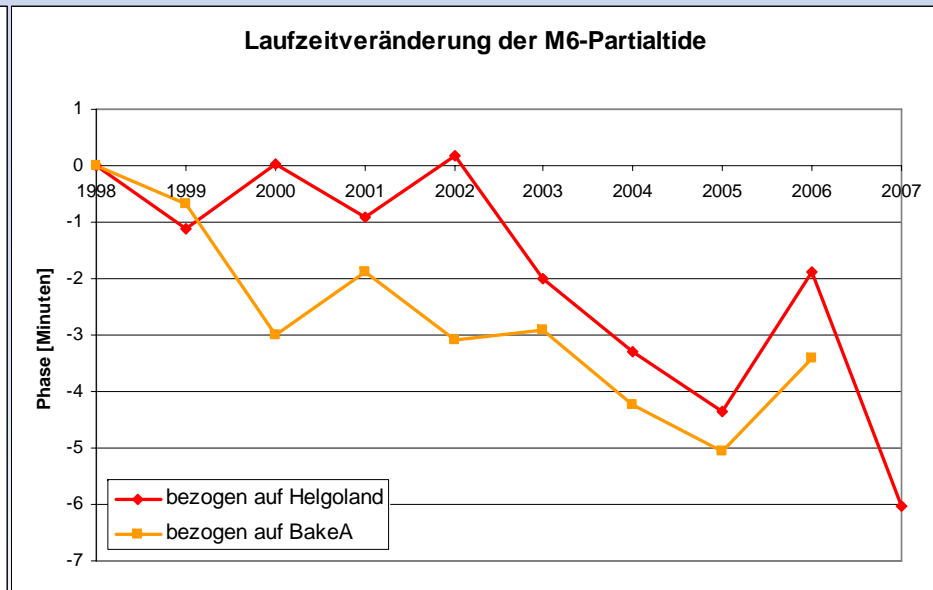
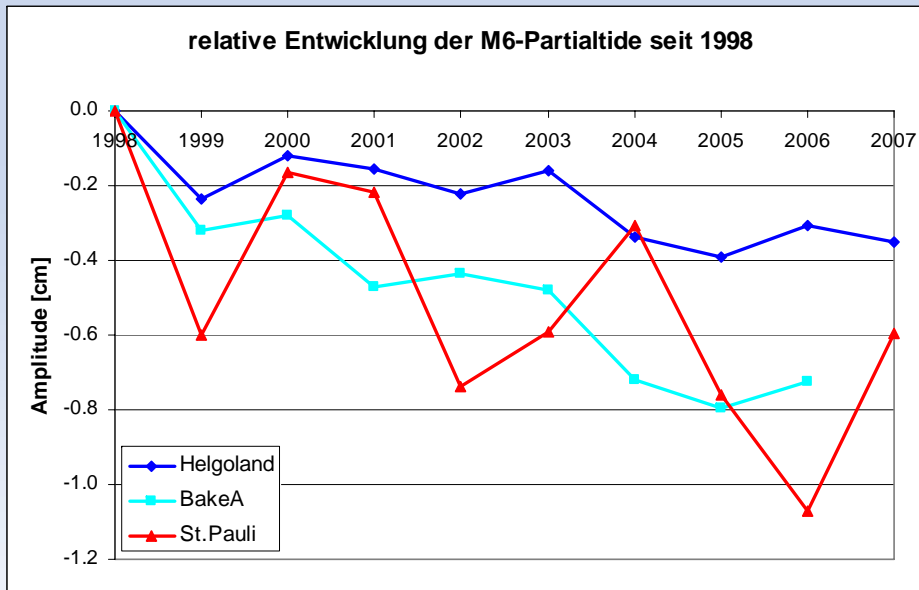
Entwicklung der Partialtiden



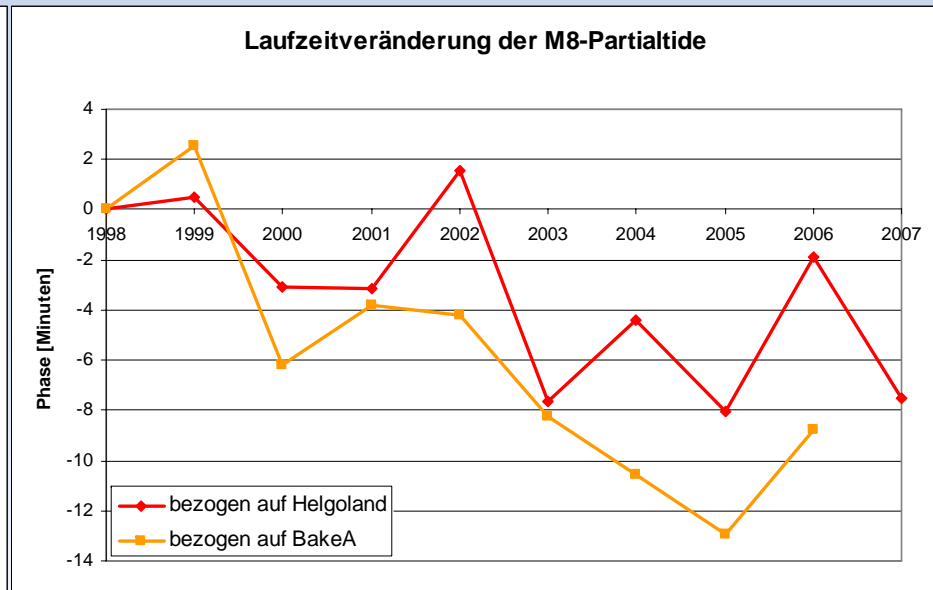
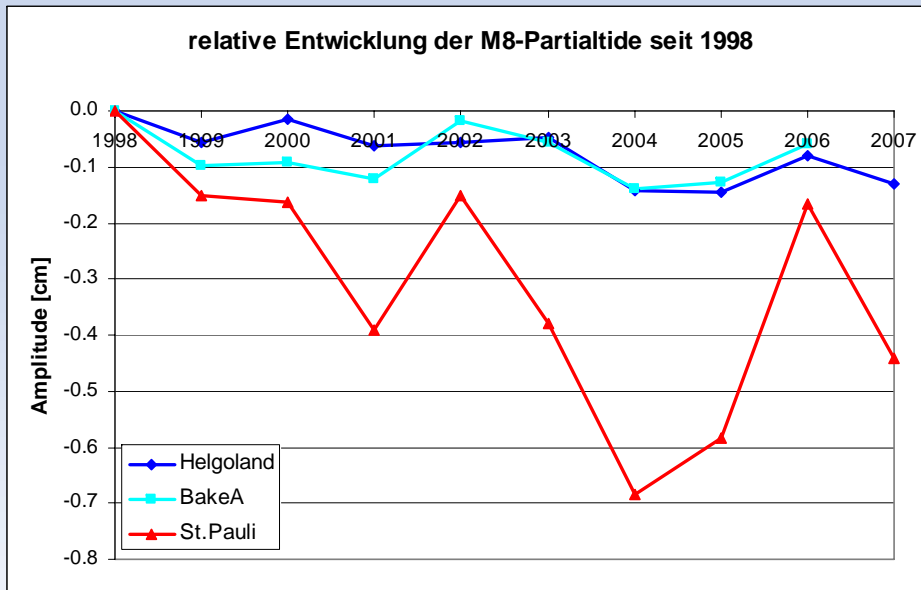
Entwicklung der Partialtiden

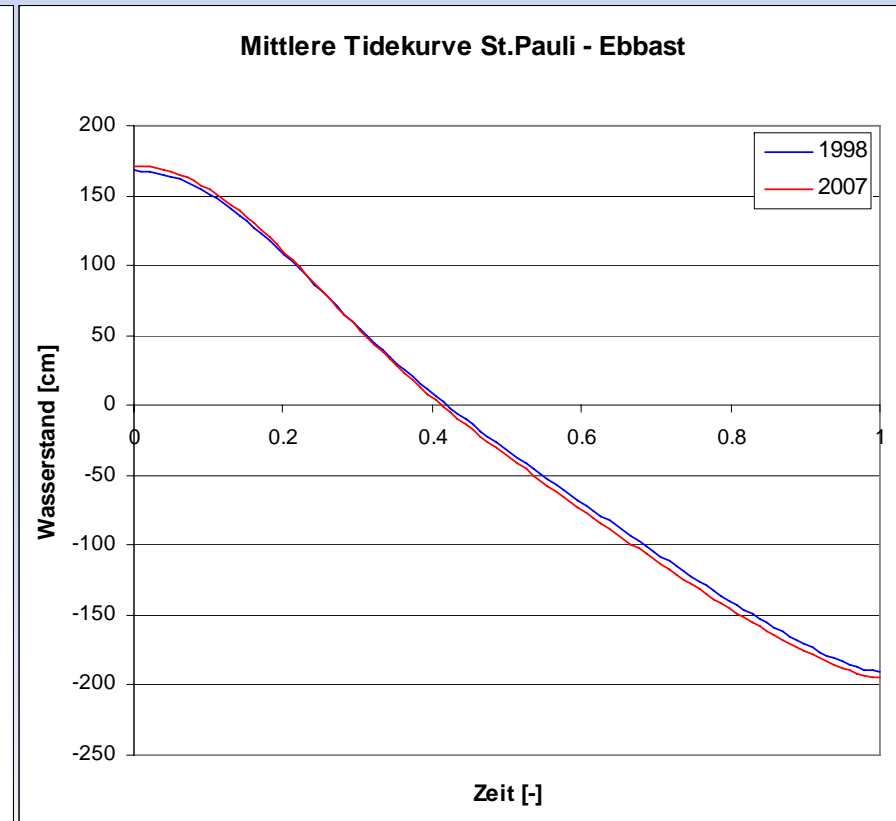
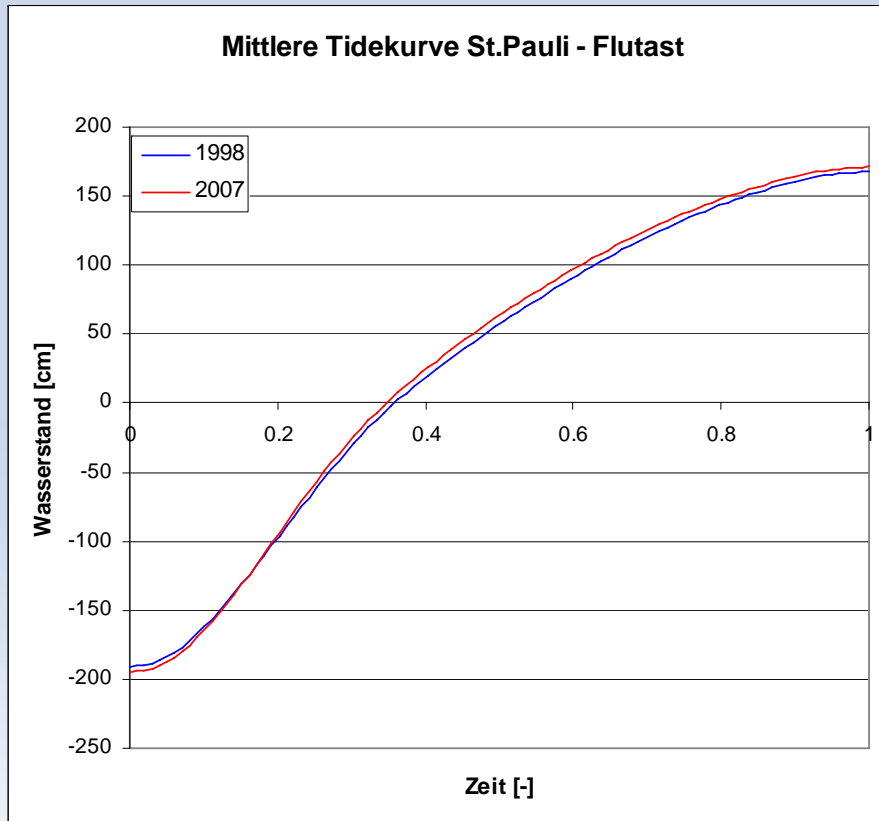


Entwicklung der Partialtiden



Entwicklung der Partialtiden





Min. 1998: -190,6 cm

Max. 1998: 167,8 cm

Differenz → 358,4 cm

Min. 2007: -194,5 cm

Max. 2007: 171,4 cm

Differenz → 365,9 cm

Zusammenfassung für den Pegel St.Pauli

Messwerte:

- Anstieg des MThb von 359 cm (1998) auf 367 cm (2007)
[Helgoland: 239 cm (1998) auf 236 cm (2007)]
- Abfall des MW von 546 cm (1998) auf 540 cm (2006) und Anstieg in 2007 auf 552 cm

Messwerte (bereinigt, Veränderung von 1998 bis 2007):

- MThb: + 10 cm / MThw: + 4 cm / MTnw: - 6 cm / MMW: - 1 cm
- Tnw und Thw erreichen St.Pauli 5 bzw. 7 Minuten schneller, das deckt sich etwa mit den Laufzeiten der Partialtiden M2 bis M8

Aus den mittleren Tidekurven kann man entnehmen, dass sich der Flutast im Anfangsbereich leicht aufgestellt hat, während der Ebbast im letzten Teil flacher geworden ist.

Kennwert	Pegel	Koeffizienten				
		a	b	c	z	n
Tidehub	Cuxhaven	1.0589	0.00725245	0.082153	-5.64415	
	Brokdorf	0.82374	0.007195	0.103028	20.79023	
	Stadersand	0.758035	0.010343	0.132097	44.64166	
	St.Pauli	0.798419	0.000495	0.119882	101.7355	
Tideniedrigwasser	Cuxhaven	1.083417	-0.00504	-0.0232	-6.16731	
	Brokdorf	0.885651	-0.00551	-0.06072	-8.15541	
	Stadersand	0.821061	-0.00416	-0.05887	-29.5461	
	St.Pauli	0.800584	-0.00171	-0.04267	-66.2048	
Tidehochwasser	Cuxhaven	1.076189	0.002259	0.065748	-20.4103	
	Brokdorf	0.854822	0.001779	0.055917	-6.03231	
	Stadersand	0.788288	0.006206	0.087585	-4.04582	
	St.Pauli	0.876666	-0.0013	0.092007	18.31693	
Tidemittelwasser	Cuxhaven	1.12517	0.000990936		-49.8009	1
	Brokdorf	1.22573	0.00250171		-82.5861	1
	Stadersand	1.1815	0.00676367		-58.1482	1
	St.Pauli	1.18617	0.016708		-63.9508	1