

Fachplan Küstenschutz Ostseeküste

Grundlagen

Hydrologie

Referenzwasserstände an der Ostseeküste



Inhaltsverzeichnis

Referenzwasserstände an der Ostseeküste	1
Inhaltsverzeichnis	2
Abbildungsverzeichnis	2
Referenzwasserstände an der Ostseeküste.....	4
Allgemeines	4
Das Verfahren.....	4
Regionalisierung der ermittelten Referenzwasserstände.....	6
Karten-Darstellung der regionalisierten Wasserstände	7

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Verwendete Datenreihen <i>LKN-SH 2013</i>	5
Abb. 2: Wasserstand HW200 (Beispiel) <i>LKN-SH 2013</i>	6
Abb. 3: HW 20 (gesamte Ostseeküste) <i>LKN-SH 2013</i>	8
Abb. 4: HW 50 (gesamte Ostseeküste) <i>LKN-SH 2013</i>	9
Abb. 5: HW 100 (gesamte Ostseeküste) <i>LKN-SH 2013</i>	10
Abb. 6: HW 200 (gesamte Ostseeküste) <i>LKN-SH 2013</i>	11
Abb. 7: HW 20 (Flensburger Förde) <i>LKN-SH 2013</i>	13
Abb. 8: HW 50 (Flensburger Förde) <i>LKN-SH 2013</i>	14
Abb. 9: HW 100 (Flensburger Förde) <i>LKN-SH 2013</i>	15
Abb. 10: HW 200 (Flensburger Förde) <i>LKN-SH 2013</i>	16
Abb. 11: HW 20 (Schleimündung) <i>LKN-SH 2013</i>	18
Abb. 12: HW 50 (Schleimündung) <i>LKN-SH 2013</i>	19
Abb. 13: HW 100 (Schleimündung) <i>LKN-SH 2013</i>	20
Abb. 14: HW 200 (Schleimündung) <i>LKN-SH 2013</i>	21
Abb. 15: HW 20 (Eckernförder Bucht) <i>LKN-SH 2013</i>	23
Abb. 16: HW 50 (Eckernförder Bucht) <i>LKN-SH 2013</i>	24
Abb. 17: HW 100 (Eckernförder Bucht) <i>LKN-SH 2013</i>	25
Abb. 18: HW 20 (Kieler Förde) <i>LKN-SH 2013</i>	28
Abb. 19: HW 50 (Kieler Förde) <i>LKN-SH 2013</i>	29
Abb. 20: HW 100 (Kieler Förde) <i>LKN-SH 2013</i>	30



Abb. 21: HW 20 (Kieler Bucht) <i>LKN-SH 2013</i>	33
Abb. 22: HW 50 (Kieler Bucht) <i>LKN-SH 2013</i>	34
Abb. 23: HW 100 (Kieler Bucht) <i>LKN-SH 2013</i>	35
Abb. 24: HW 20 (Lübecker Bucht) <i>LKN-SH 2013</i>	38
Abb. 25: HW 50 (Lübecker Bucht) <i>LKN-SH 2013</i>	39
Abb. 26: HW 100 (Lübecker Bucht) <i>LKN-SH 2013</i>	40
Abb. 27: HW 200 (Lübecker Bucht) <i>LKN-SH 2013</i>	41
Abb. 28: HW 20 (Schlei) <i>LKN-SH 2013</i>	43
Abb. 29: HW 50 (Schlei) <i>LKN-SH 2013</i>	44
Abb. 30: HW 100 (Schlei) <i>LKN-SH 2013</i>	45
Abb. 31: HW 200 (Schlei) <i>LKN-SH 2013</i>	46
Abb. 32: HW 20 (Fehmarn) <i>LKN-SH 2013 LKN-2013</i>	48
Abb. 33: HW 50 (Fehmarn) <i>LKN-SH 2013</i>	49
Abb. 34: HW 100 (Fehmarn) <i>LKN-SH 2013</i>	50
Abb. 35: HW 200 (Fehmarn) <i>LKN-SH 2013</i>	51

Referenzwasserstände an der Ostseeküste

Allgemeines

Für die Sicherheitsüberprüfung und die Bemessung von Küstenschutzwerken im Rahmen der Fortschreibung des Generalplans wurden statistische Referenzwasserstände bezogen auf das Jahr 2020 für die Nord- und Ostseeküste von Schleswig-Holstein von dem Ingenieurbüro IAWG (2010) ermittelt. Die Zielsetzung bestand darin, Wasserstandswerte für die Jährlichkeiten $T = 25, 50, 100, 200, 250, 500, 1.000$ zu ermitteln und diese entlang der Küsten Schleswig-Holsteins zu regionalisieren.

Die Zuordnung eines Wasserstandes zu einer Jährlichkeit ist eine Wahrscheinlichkeit, die angibt, dass ein Wasserstandswert innerhalb eines Zeitraumes nur einmal auftritt, z. B. $HWT = HW100 = 250 \text{ cm NHN}$ wird einmal innerhalb von 100 Jahren erreicht bzw. überschritten.

Das Verfahren

Die gemessenen Wasserstandsdaten eines Pegels können mit Hilfe einer Funktion beschrieben werden. Wie zum Beispiel eine Gerade durch $y=ax+b$ beschrieben wird. Dabei sind a und b unbekannte Parameter, die durch ein Parameterschätzungsverfahren ermittelt werden können.

Für die Ermittlung von Statistiken extremer Wasserstände, wozu auch die Ermittlung der Referenzwasserstände gehört, werden Zeitreihen verwendet, die den höchsten Wasserstand eines Jahres

abbilden. Um die Verteilung dieser extremen Zeitreihen darstellen zu können, werden Wahrscheinlichkeitsfunktionen angewendet.

Das Ingenieurbüro IAWG (2010) verwendete zur Ermittlung statistischer Wasserstände an der schleswig-holsteinischen Ostseeküsten einen alternativen Ansatz der Extremwertstatistik, der eine instationäre Wahrscheinlichkeitsanalyse mit einer regionalen Wahrscheinlichkeitsanalyse kombiniert.

Die instationäre Wahrscheinlichkeitsanalyse ermittelt die Trendstruktur in den vorgegebenen Daten, die durch die Wahrscheinlichkeitsfunktion abgebildet werden soll. Dabei wird überprüft, welche Parameter der Wahrscheinlichkeitsfunktion als instationär betrachtet werden müssen.

Instationär bedeutet, dass der Parameter keinem konstanten Wert im zeitlichen Ablauf folgt. Nicht nur der Faktor Zeit, sondern auch die Lokalität des Pegeldatensatzes, u. a. gehen in die Betrachtung der instationären Wahrscheinlichkeitsanalyse mit ein. In der regionalen Wahrscheinlichkeitsanalyse werden Pegel zu wenigen Gruppen zusammengefasst. Um die verschiedenen Wasserstandswerte der jeweiligen Pegel in einer Gruppe zusammenfassen zu können, müssen diese zuvor normiert werden. Über die Normierung, eine Art Skalierung der Wasserstandswerte auf ein Niveau, erhält man einen größeren Umfang als Datengrundlage. Die im IAWG (2010) verwendete Normierung im alternativen Ansatz schafft die Verbindung zwischen der instationären Wahrscheinlichkeitsanalyse und der regionalen Wahrscheinlichkeitsanalyse.

Im Anschluss an die Wahrscheinlichkeitsanalysen wird die Wahrscheinlichkeitsfunktion angewendet. Wahrscheinlichkeitsfunktionen können zwei, drei oder mehrere unbekannte Parameter besitzen. Je mehr Parameter geschätzt werden müssen, desto unsicherer wird diese Funktion als Abbildung der vorliegenden Datengrundlagen. D.h. dieser Funktion ist dann weniger zu trauen. Für die Ermittlung von Referenzwasserständen an der schleswig-holsteinischen Ostseeküste wird eine Wahrscheinlichkeitsfunktion mit zwei unbekannten Parametern, die Kappaverteilung, angewendet.

Der alternative Ansatz ermöglicht die vollständige Nutzung der zur Verfügung stehenden Daten. Dadurch können auch kurze Messreihen in die Parameterschätzung der Wahrscheinlichkeitssfunktion mit eingebunden werden. Durch die Vervielfachung der Datengrundlage, die durch die Zusammenführung der Pegel in Gruppen erfolgt, entsteht eine größere Stabilität der geschätzten Parameter der verwendeten Wahrscheinlichkeitsfunktion und damit eine größere Sicherheit der berechneten Referenzwasserstände. Zusätzlich ist die regionale Wahrscheinlichkeitsfunktion für alle Pegel der Ostseeküste gültig und bildet dadurch eine gute Grundlage für die Regionalisierung der Referenzwasserstände.



Als Datengrundlage sind 15 Pegel der Ostküste in die Regionalisierung der Ostsee eingegangen.

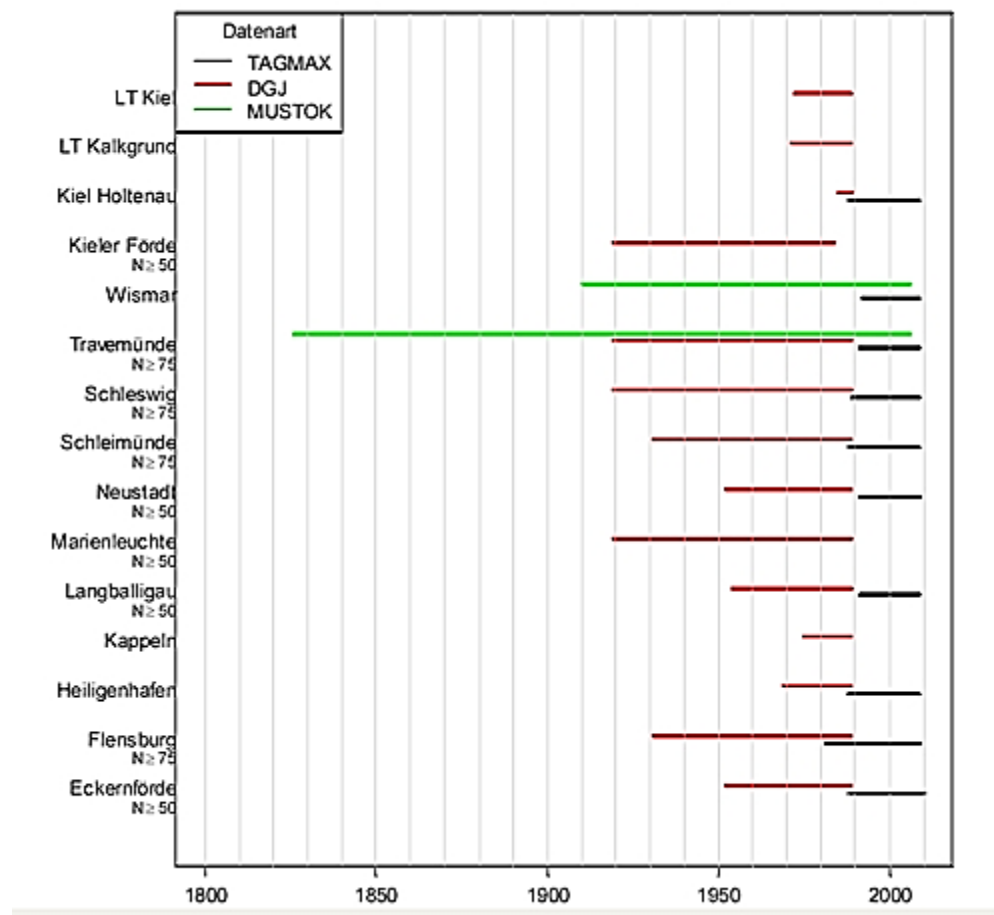


Abb. 1: Verwendete Datenreihen LKN-SH 2013

Regionalisierung der ermittelten

Referenzwasserstände

Nicht überall stehen Wasserstandsinformationen zur Verfügung, weil nicht an jedem Ort gemessen werden kann. Somit gibt es viele Orte an denen eine Wasserstandsinformation unbekannt ist. Diese kann mit Hilfe des geostatistischen Verfahrens ermittelt werden, indem für den unbekannten Ort die umliegenden Messwerte interpoliert werden.

Für die Regionalisierung der Ostseeküste stehen 15 Pegel als Grundlage zur Verfügung. Um an Orten eine Referenzwasserstand ermitteln zu können, wird das geostatistische Verfahren External Drift Kriging angewendet. Damit ist es möglich für einen beliebigen Punkt entlang der Küste eine Wasserstandsinformation zu erhalten.

Das Verfahren verwendet dazu mehrere Parameter um die Referenzwasserstände der Pegel in die Fläche zu bringen. Ein wichtiger Parameter ist das simulierte Sturmflutereignis von 1964 an der Ostseeküste. Dieses wurde mittels eines Modells erstellt und bietet für jeden beliebigen Punkt an der Ostseeküste einen Wasserstand von dem Sturmflutereignis 1964 an. Dieser Parameter wird für das Verfahren als Hintergrundinformation genutzt.

Mittels des geostatistischen Interpolationsverfahrens Krigings und der Verwendung der Wahrscheinlichkeitsfunktion lassen sich beliebige Jährlichkeiten für jegliche Punkte an der Ostseeküste ermitteln.

Hier beispielhaft dargestellt in einer Karte für ein 200-jährliches Hochwasser.

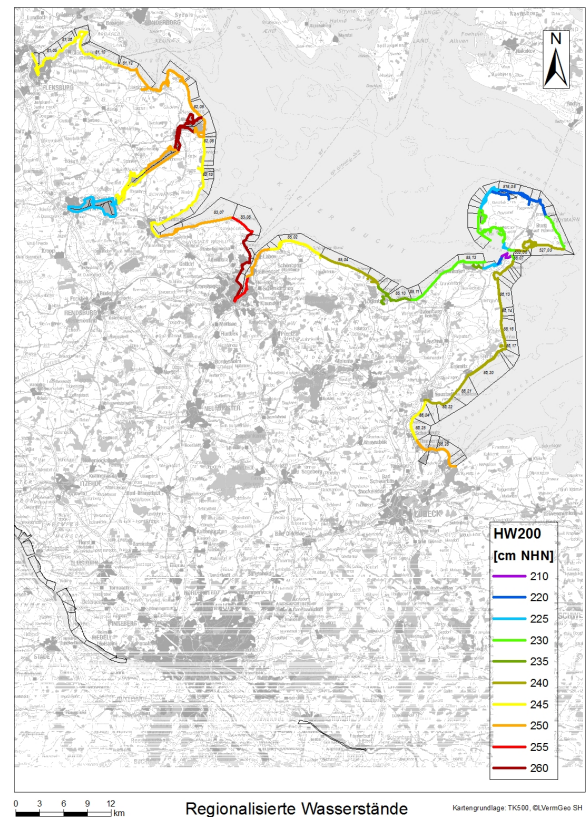


Abb. 2: Wasserstand HW200 (Beispiel) LKN-SH 2013

Die Wasserstände für Hochwasser mit der statistischen Eintrittswahrscheinlichkeit von einmal in 20 / 50 / 100 / 200 Jahren sind im Folgenden kartenmäßig dargestellt.

Karten-Darstellung der regionalisierten Wasserstände

gesamte Ostseeküste



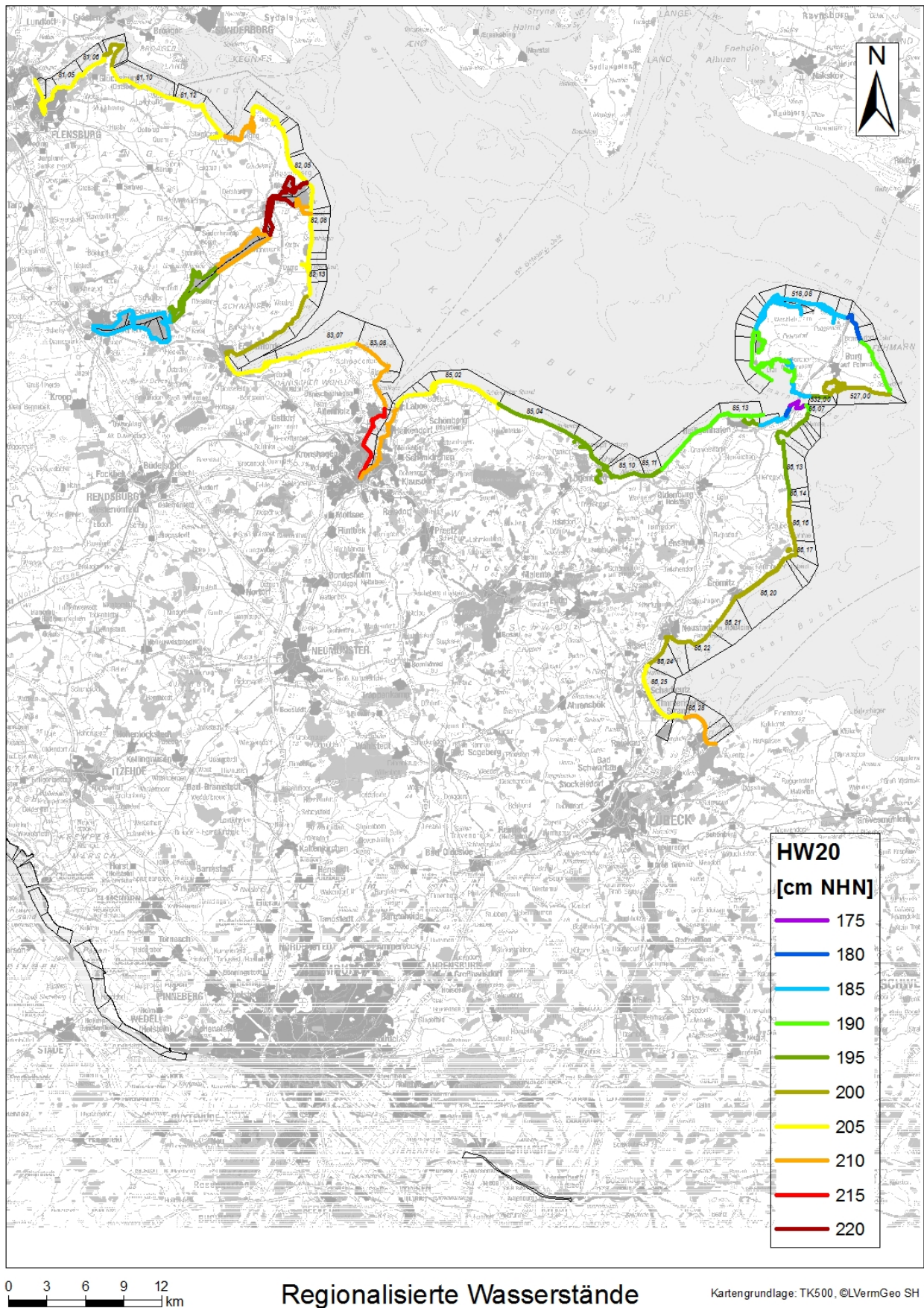


Abb. 3: HW 20 (gesamte Ostseeküste) LKN-SH 2013

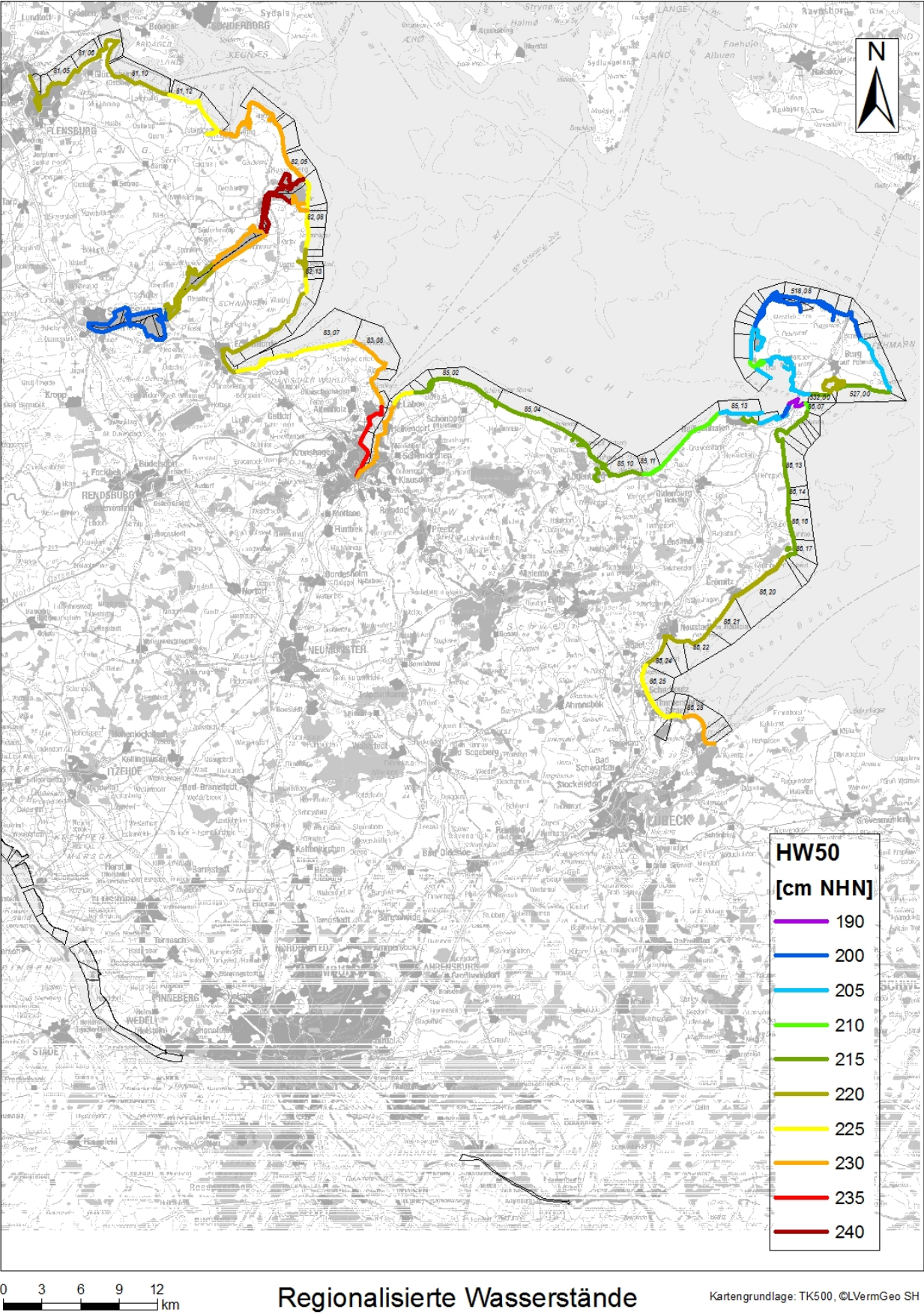


Abb. 4: HW 50 (gesamte Ostseeküste) LKN-SH 2013



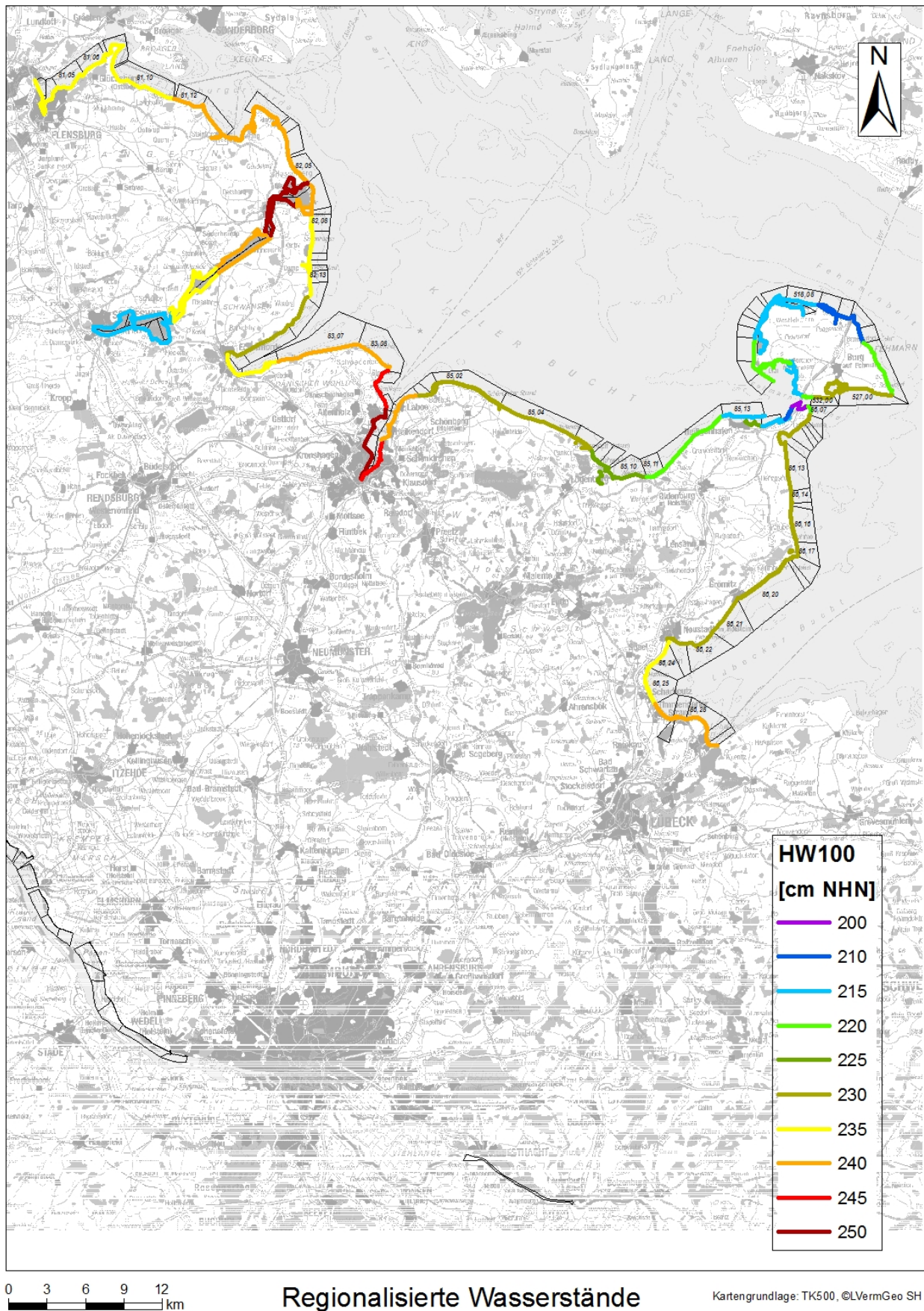


Abb. 5: HW 100 (gesamte Ostseeküste) LKN-SH 2013

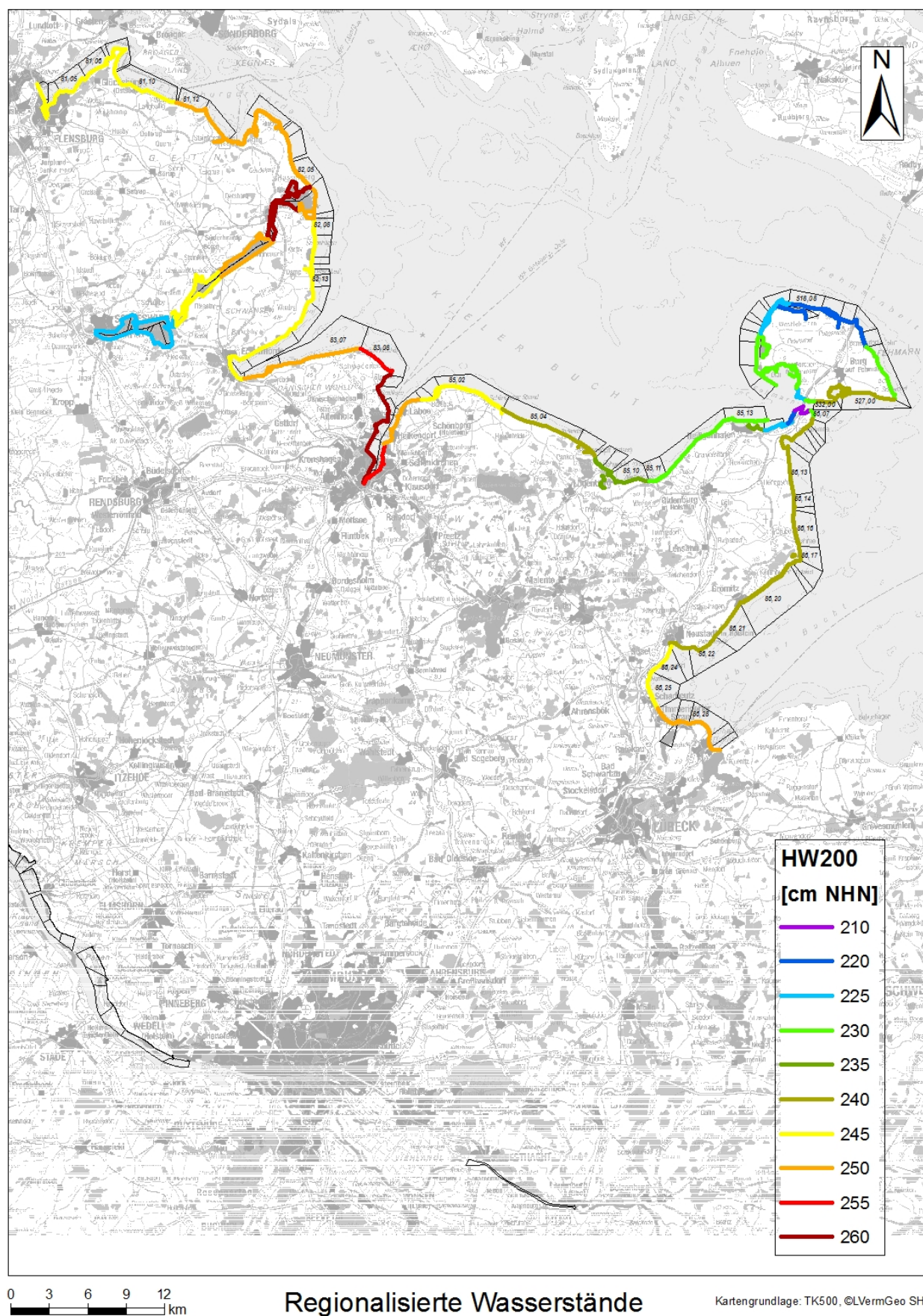


Abb. 6: HW 200 (gesamte Ostseeküste) LKN-SH 2013

Flensburger Förde



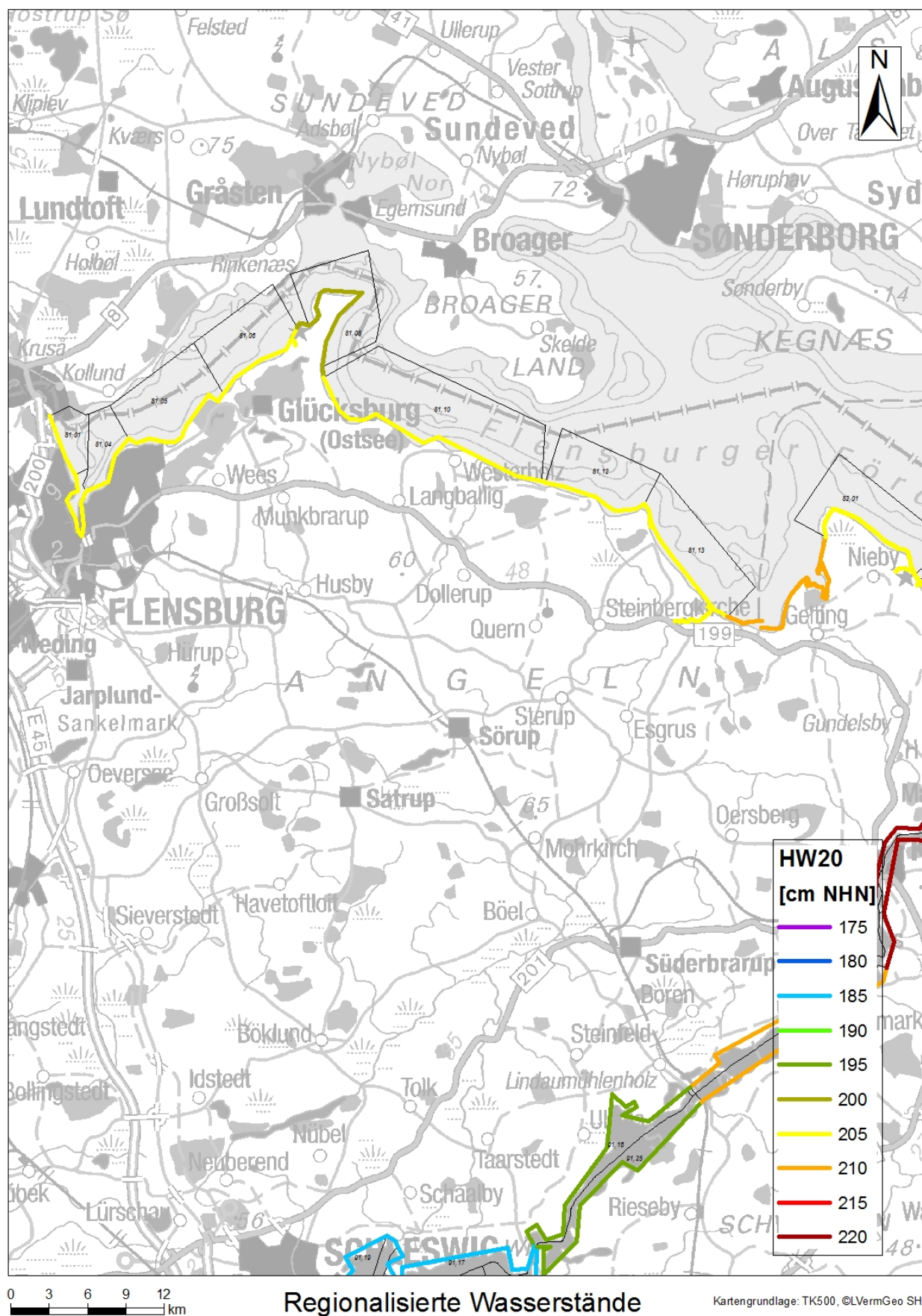


Abb. 7: HW 20 (Flensburger Förde) LKN-SH 2013

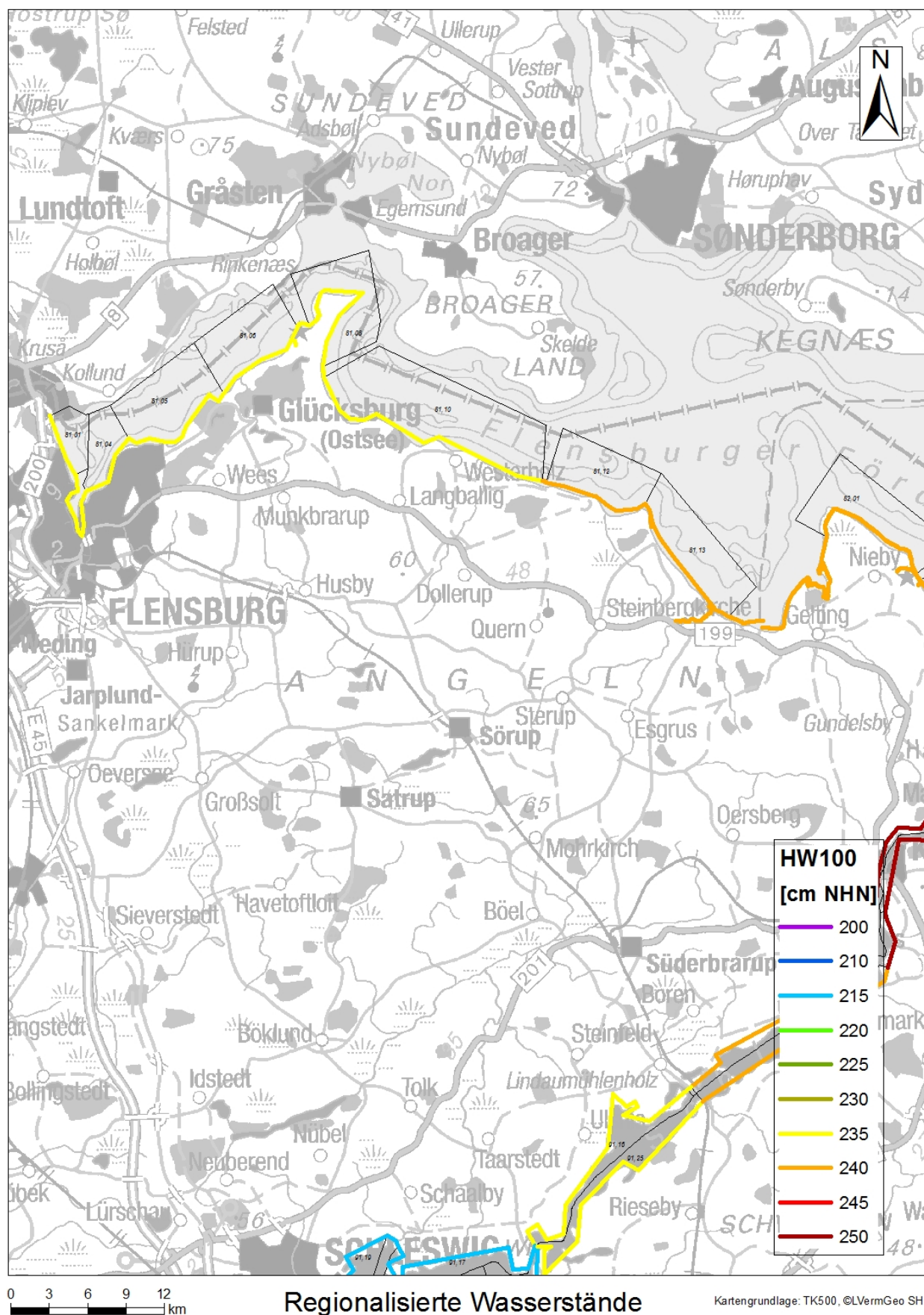


Abb. 8: HW 50 (Flensburger Förde) LKN-SH 2013



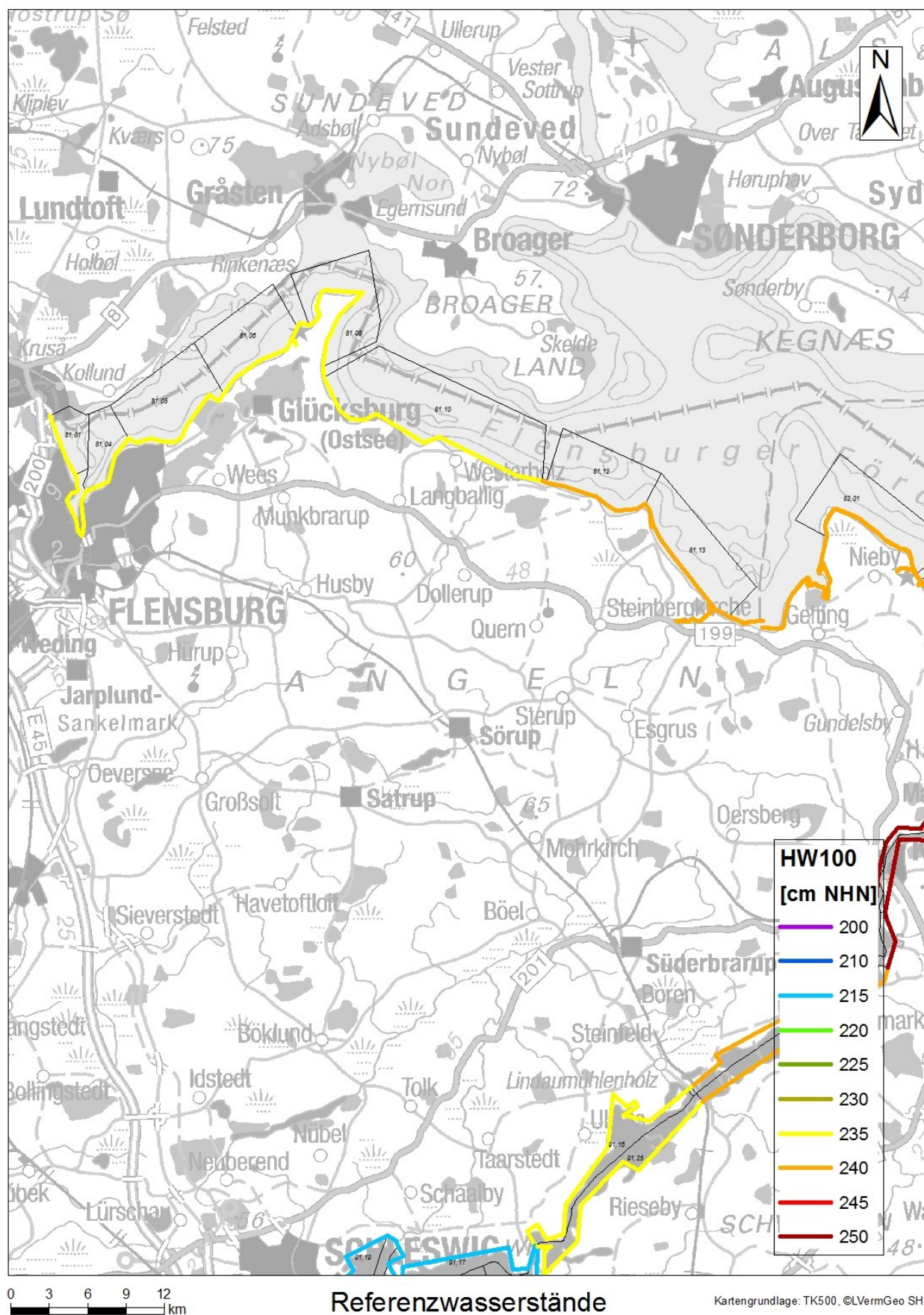


Abb. 9: HW 100 (Flensburger Förde) LKN-SH 2013



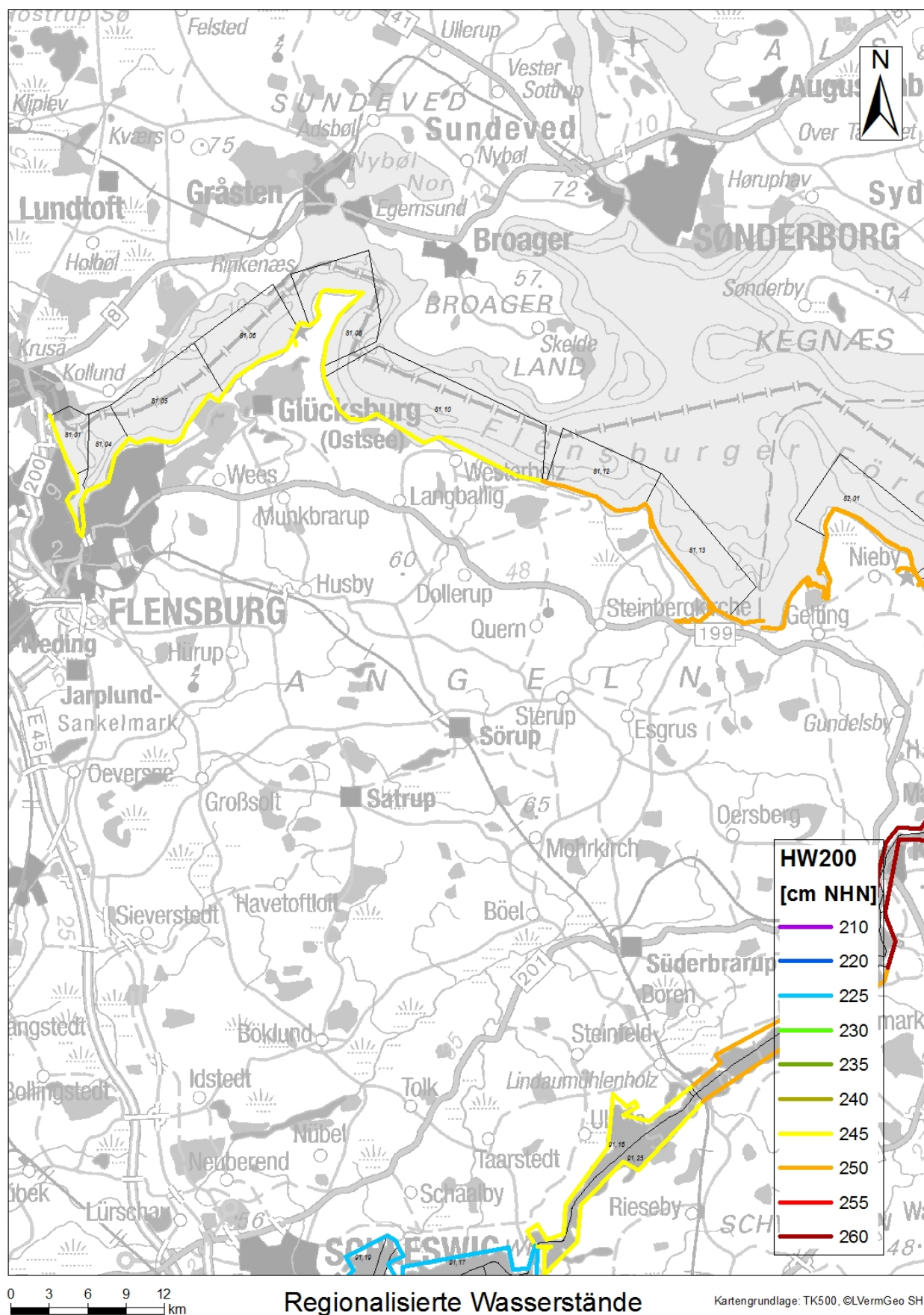


Abb. 10: HW 200 (Flensburger Förde) LKN-SH 2013



Schleimündung



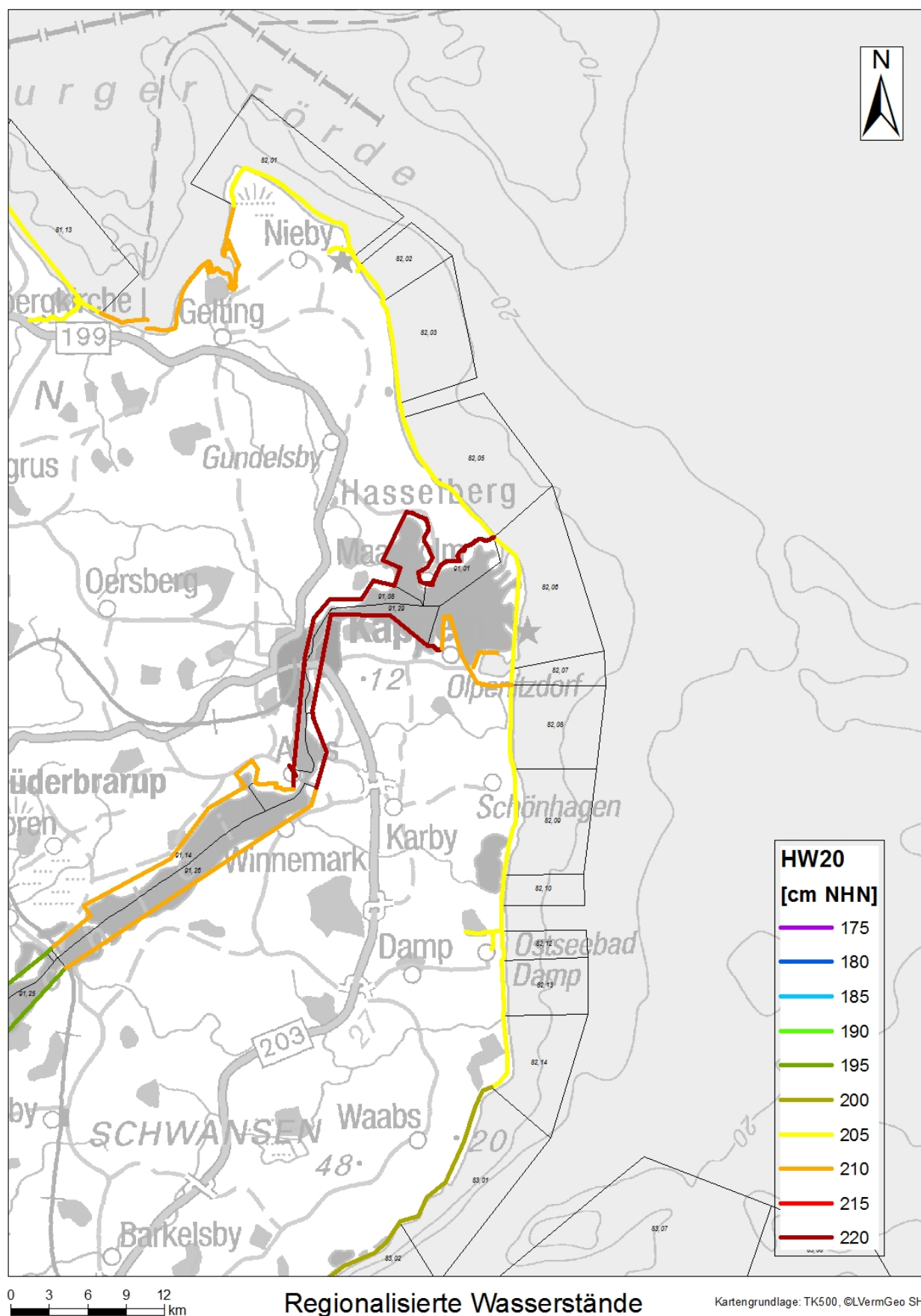


Abb. 11: HW 20 (Schleimündung) LKN-SH 2013

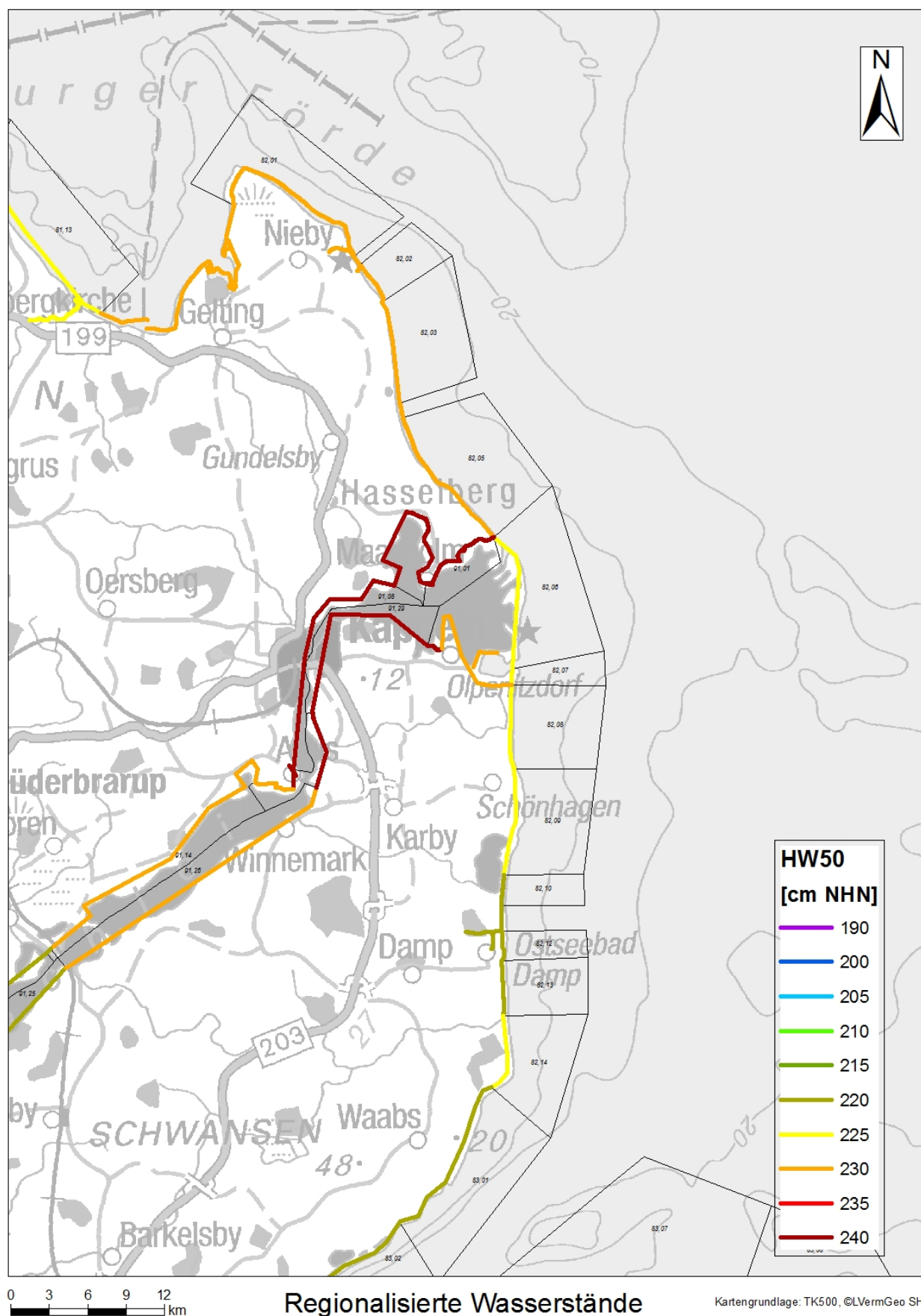


Abb. 12: HW 50 (Schleimündung) LKN-SH 2013

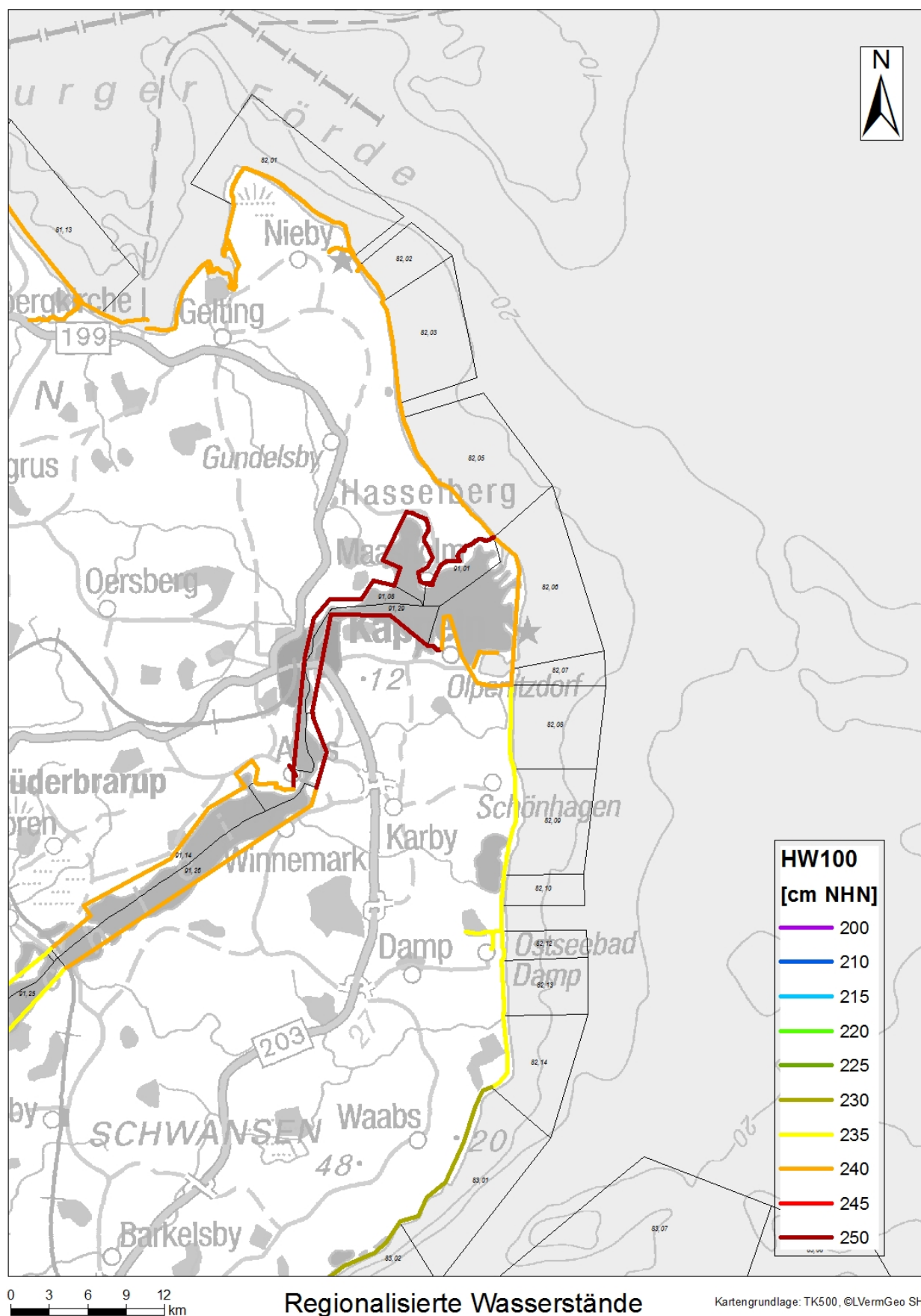


Abb. 13: HW 100 (Schleimündung) LKN-SH 2013

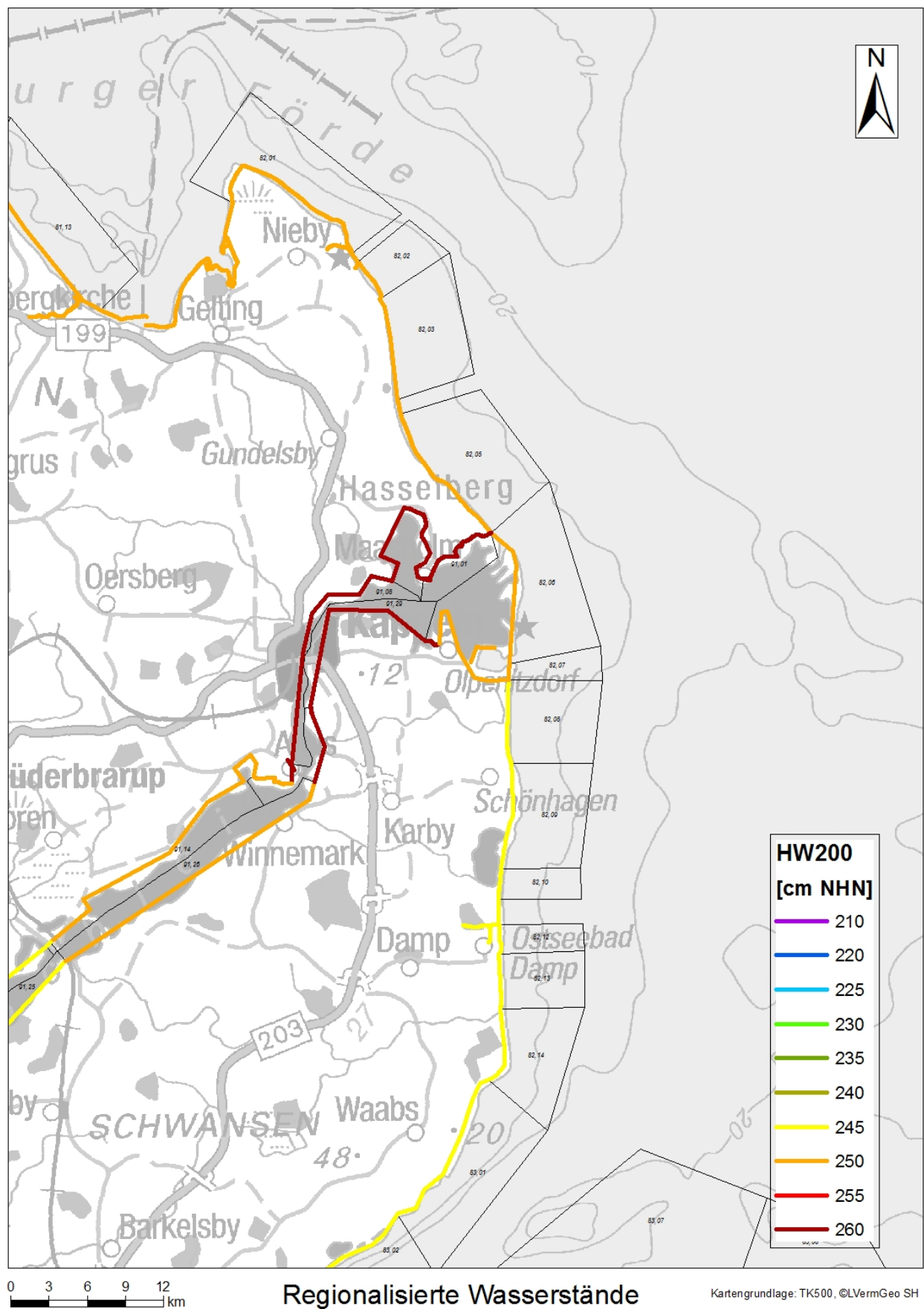


Abb. 14: HW 200 (Schleimündung) LKN-SH 2013

Eckernförder Bucht



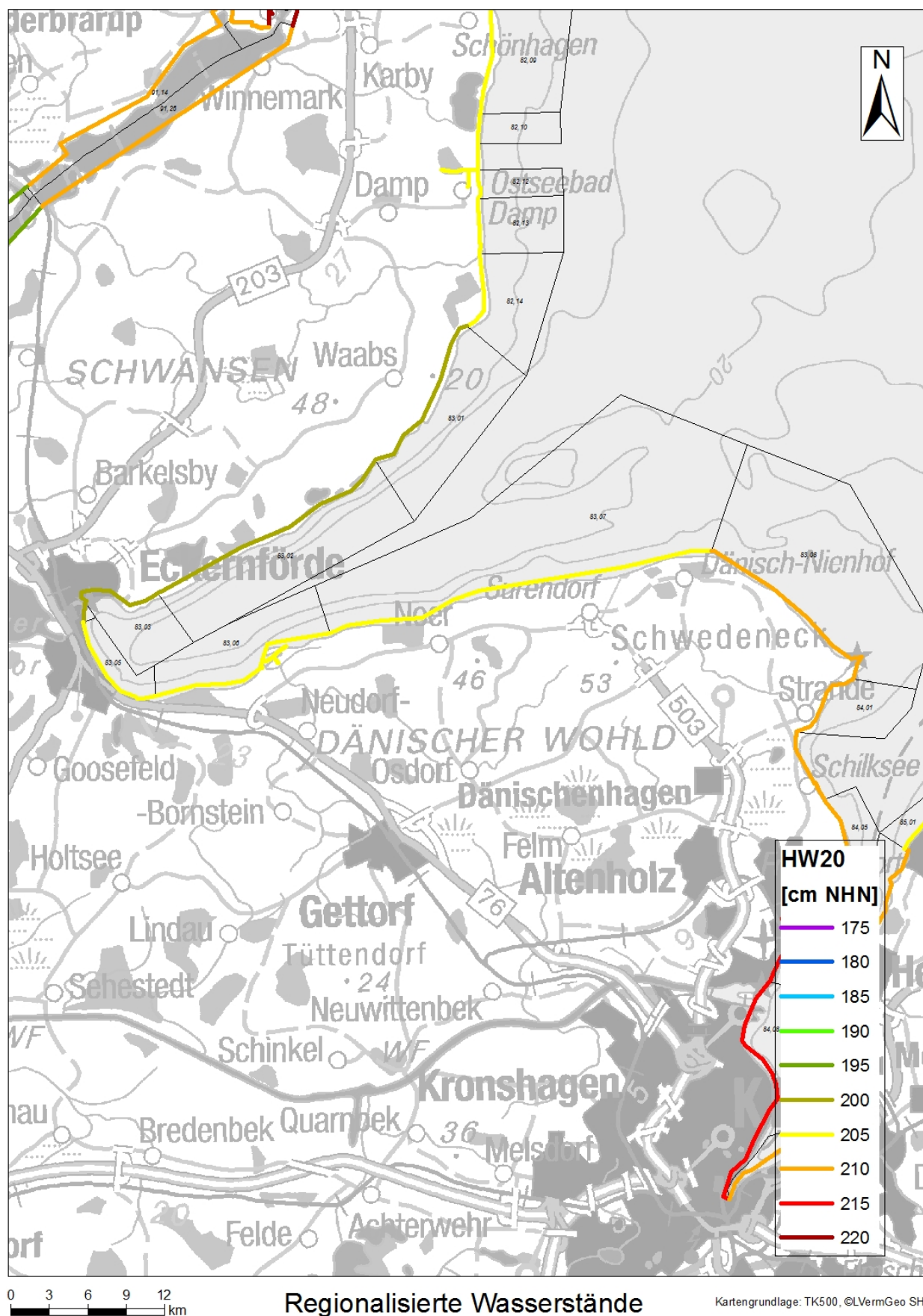


Abb. 15: HW 20 (Eckernförder Bucht) LKN-SH 2013



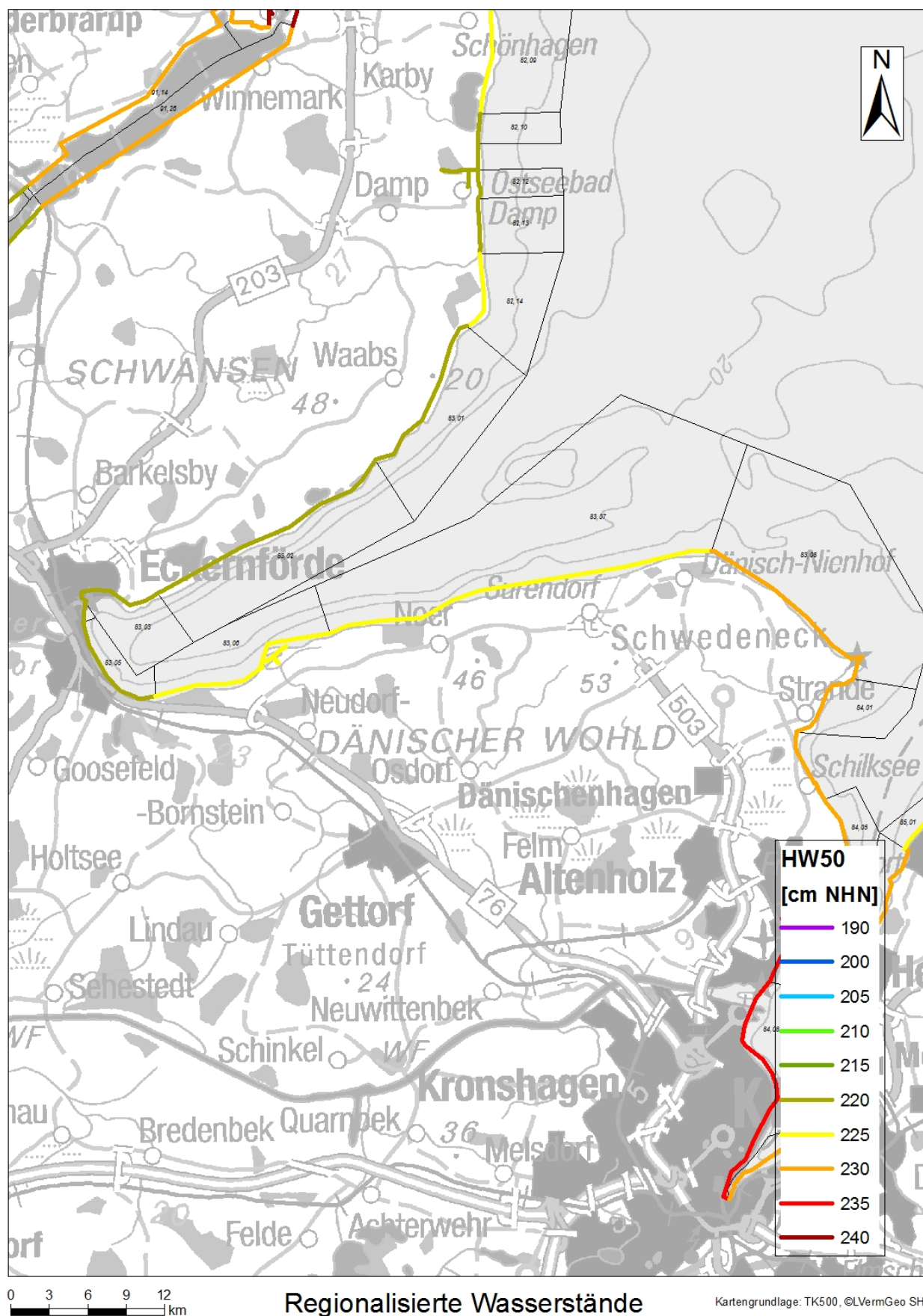


Abb. 16: HW 50 (Eckernförder Bucht) LKN-SH 2013



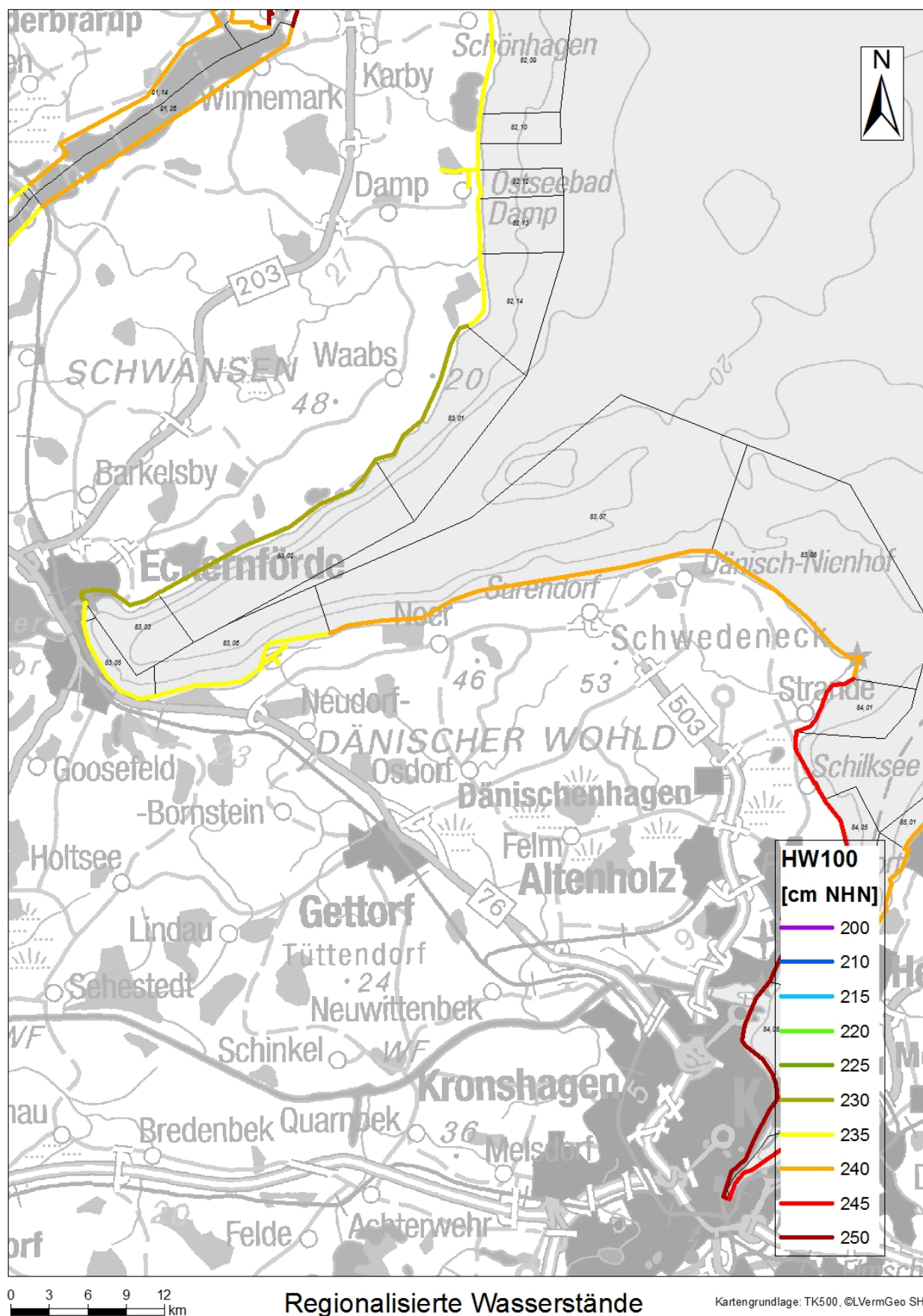
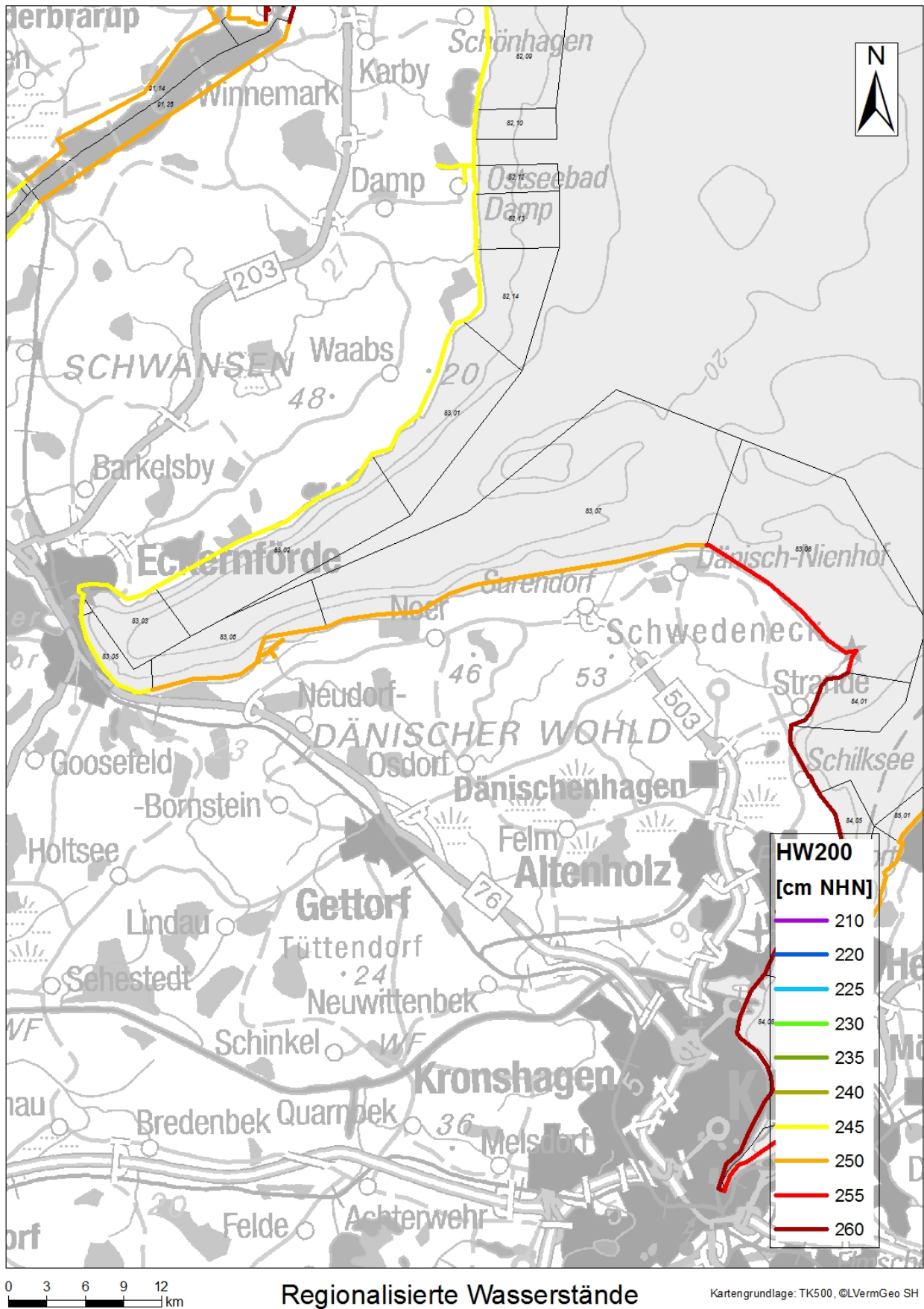


Abb. 17: HW 100 (Eckernförder Bucht) LKN-SH 2013





HW 200 (Eckernförder Bucht) LKN-SH 2013



Kieler Förde



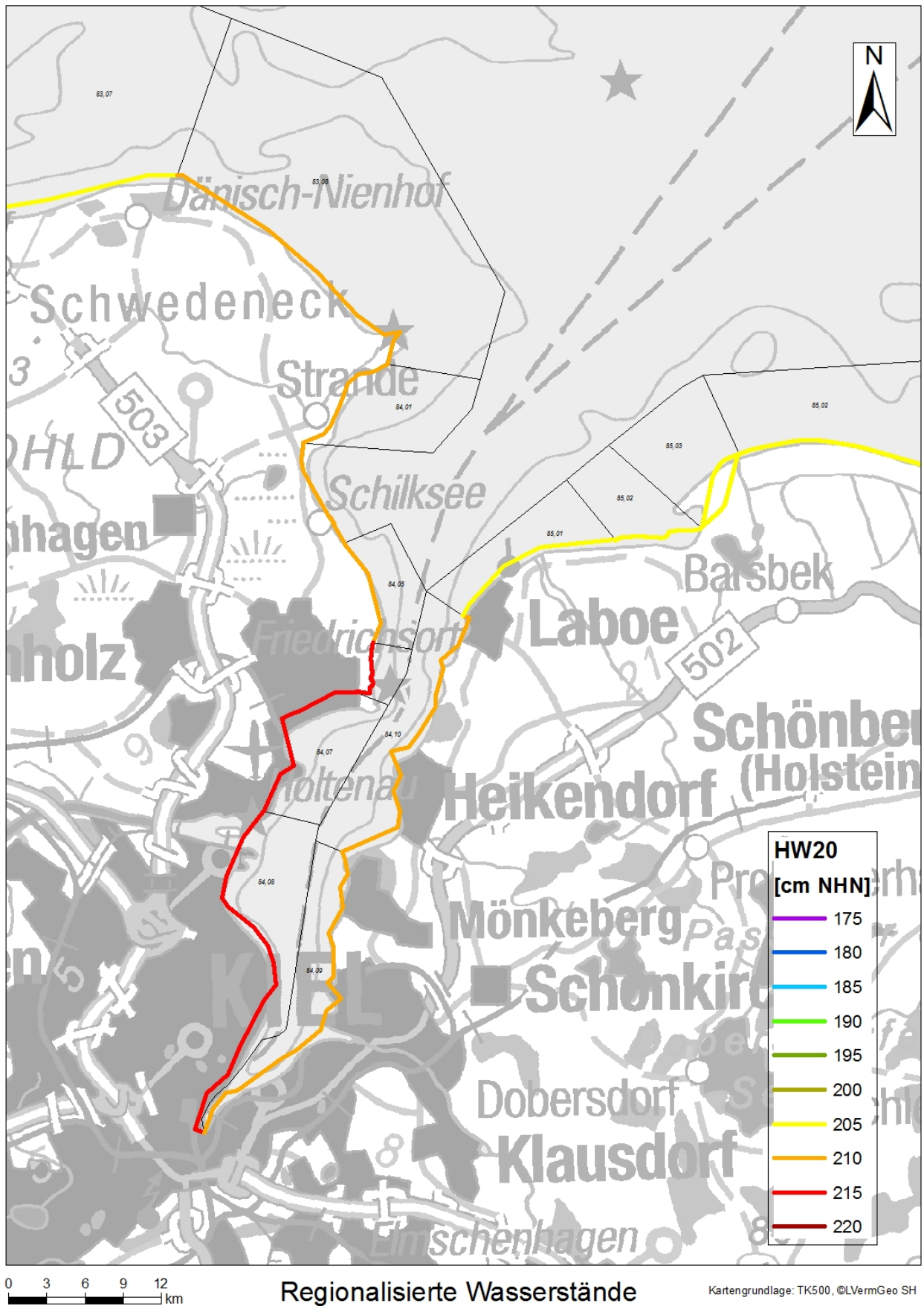


Abb. 18: HW 20 (Kieler Förde) LKN-SH 2013

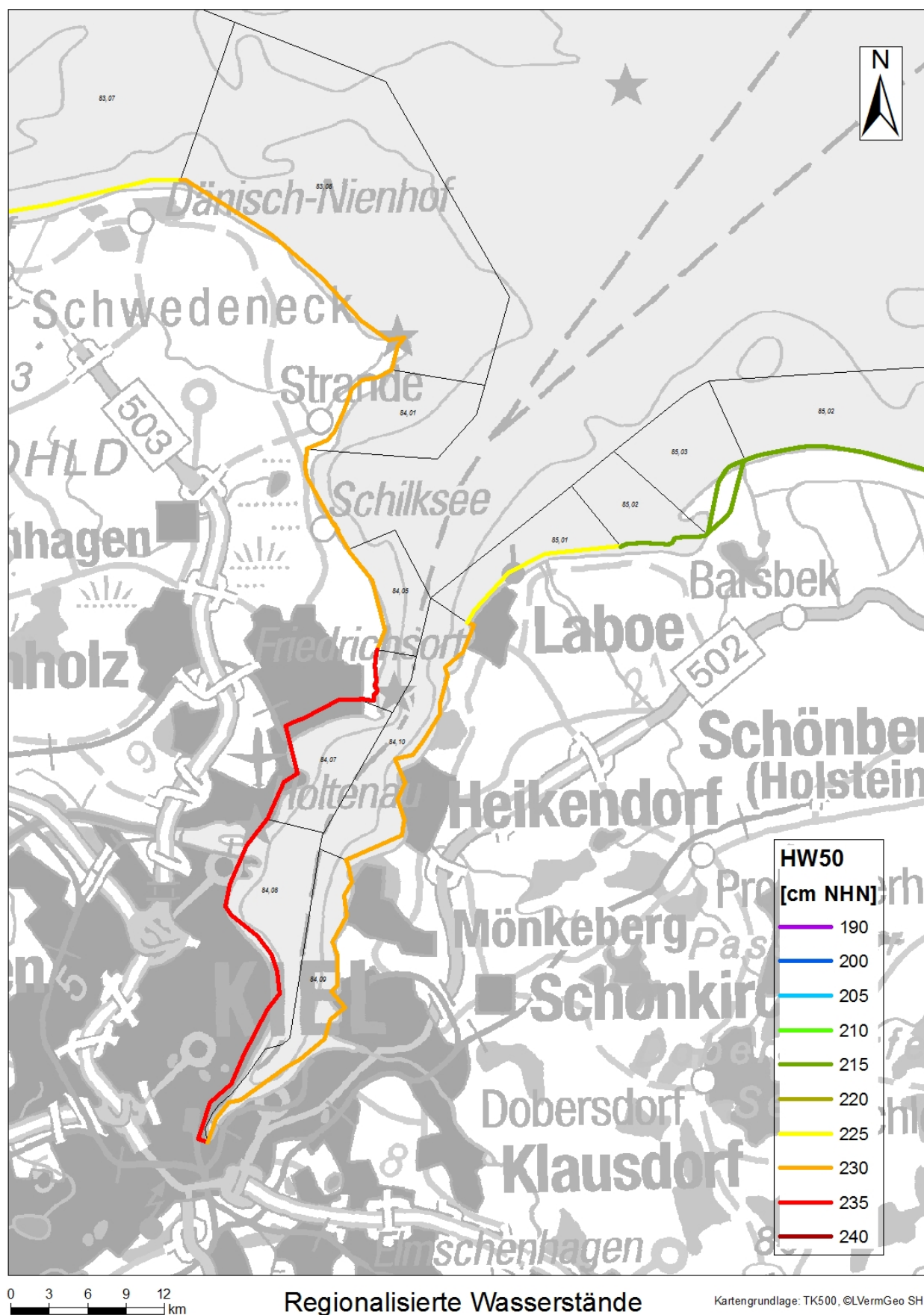


Abb. 19: HW 50 (Kieler Förde) LKN-SH 2013



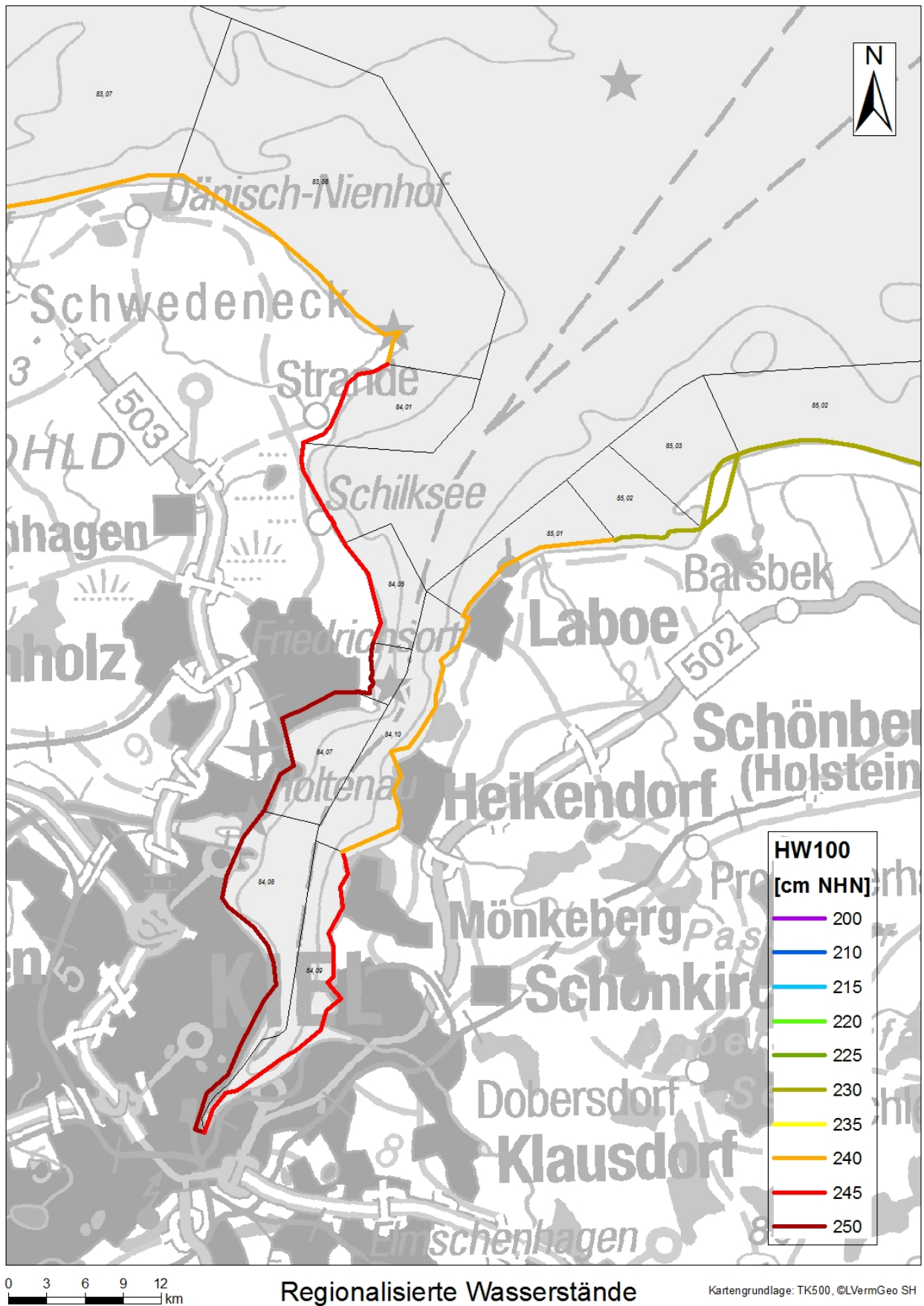
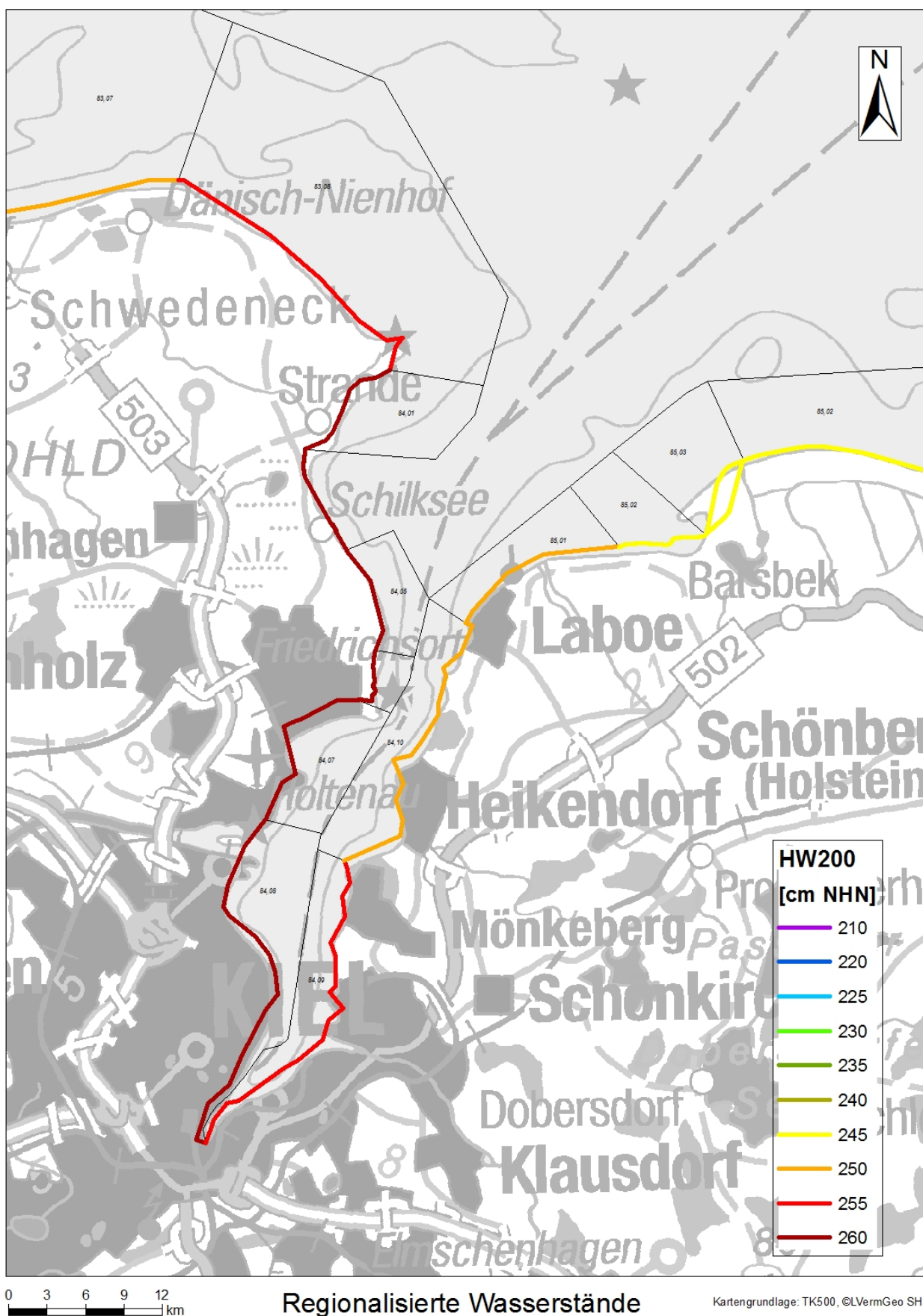


Abb. 20: HW 100 (Kieler Förde) LKN-SH 2013





HW 200 (Kieler Förde) LKN-SH 2013



Kieler Bucht



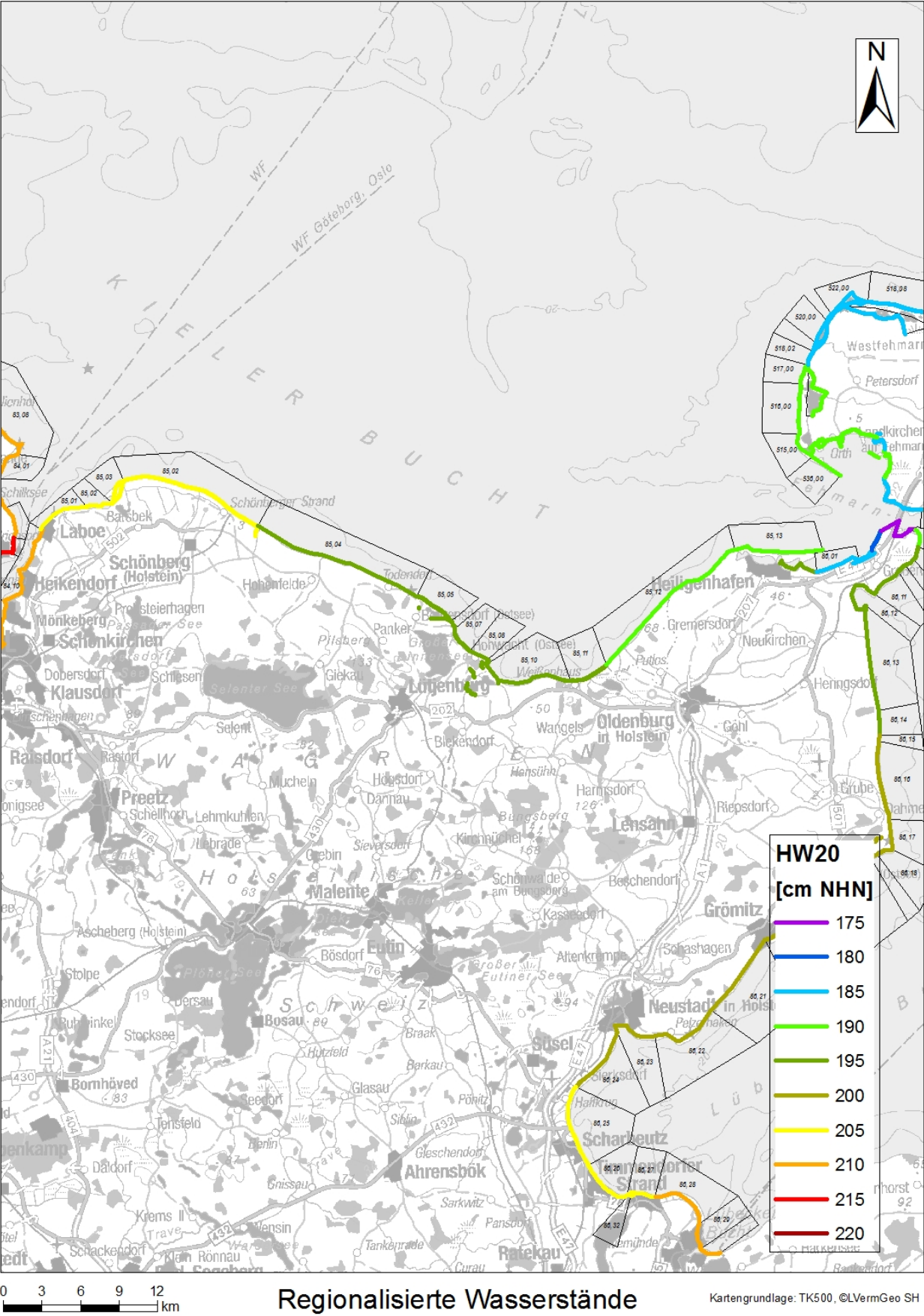


Abb. 21: HW 20 (Kieler Bucht) LKN-SH 2013



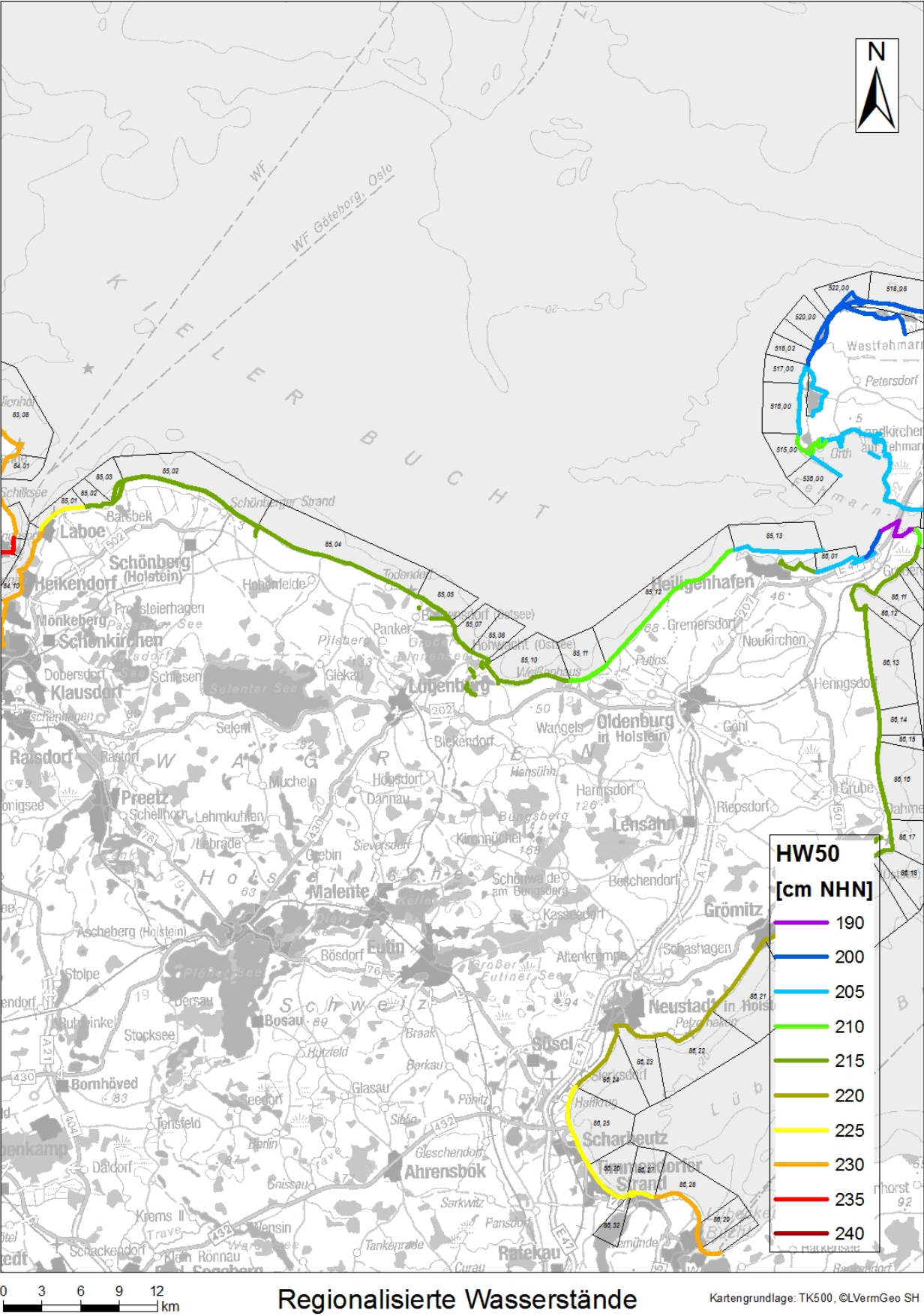


Abb. 22: HW 50 (Kieler Bucht) LKN-SH 2013



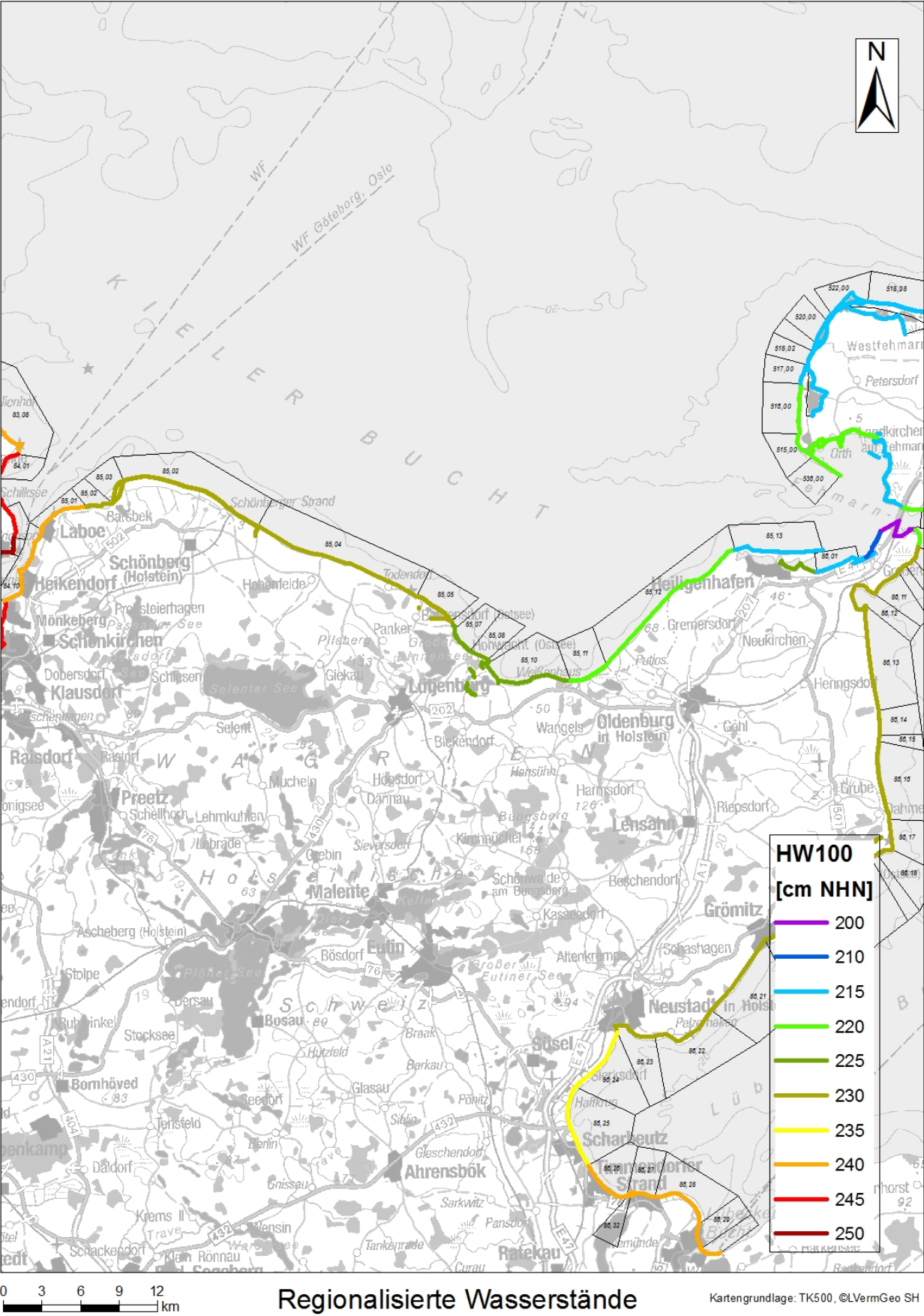
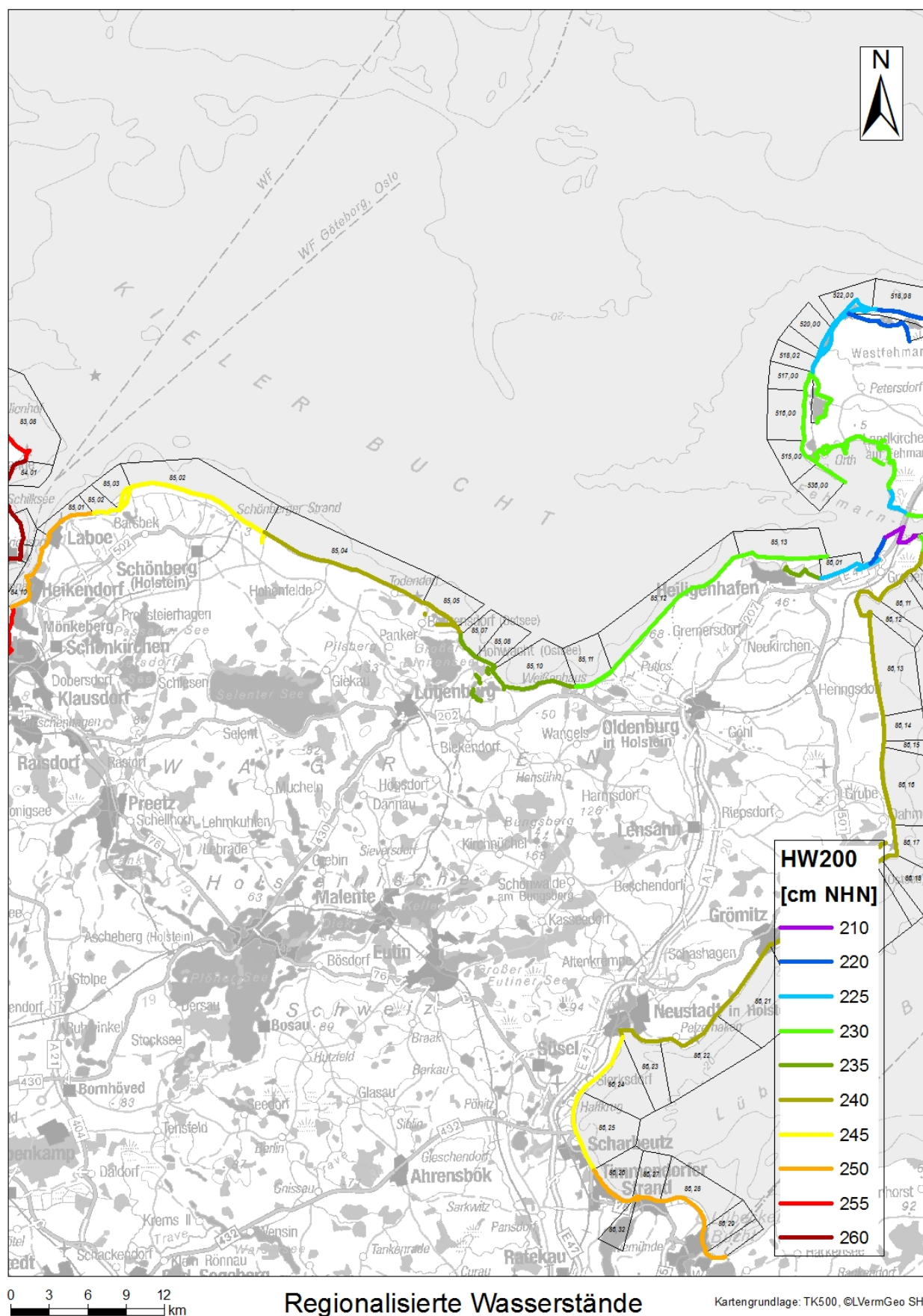


Abb. 23: HW 100 (Kieler Bucht) LKN-SH 2013





HW 200 (Kieler Bucht) LKN-SH 2013

Lübecker Bucht



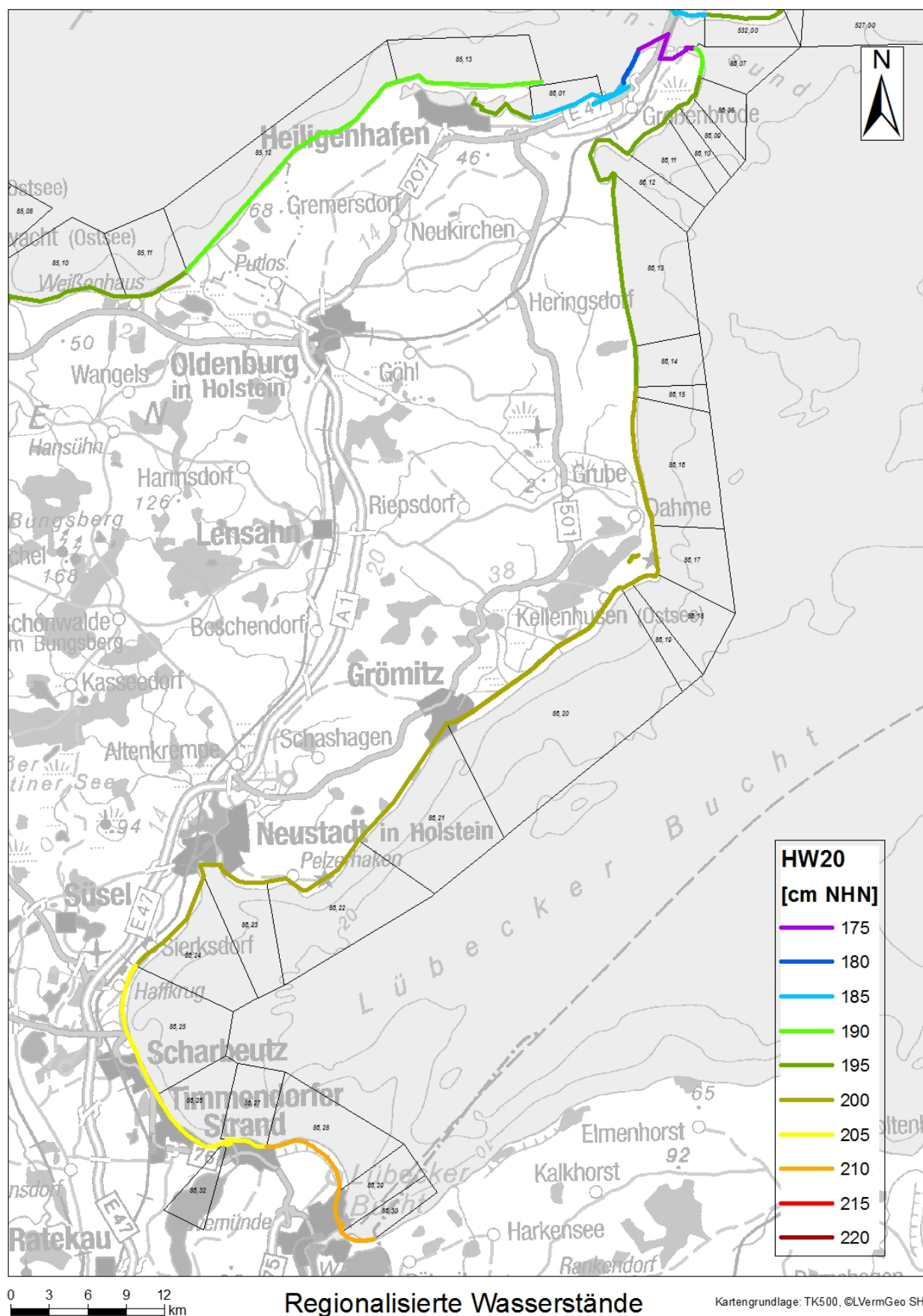


Abb. 24: HW 20 (Lübecker Bucht) LKN-SH 2013



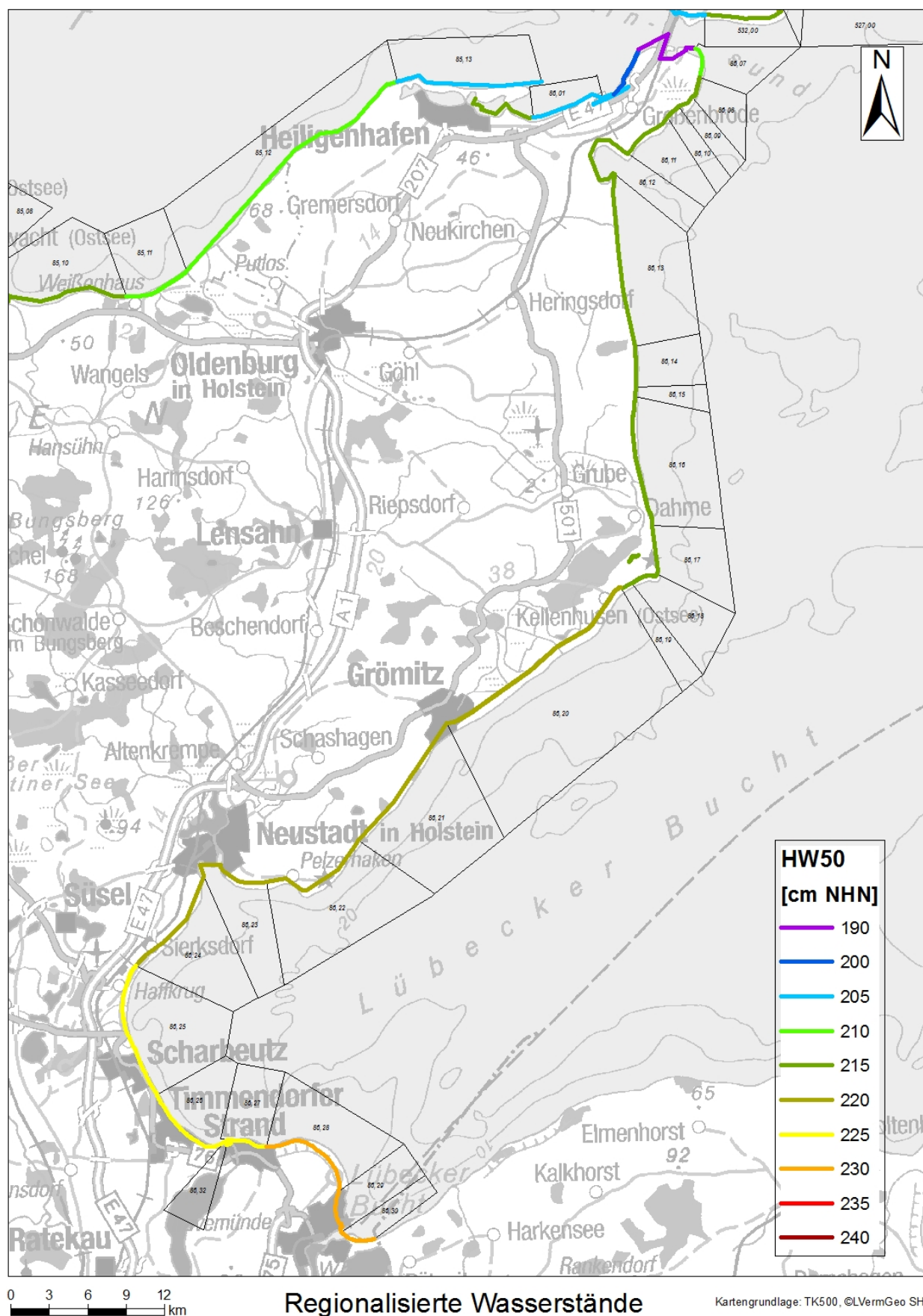


Abb. 25: HW 50 (Lübecker Bucht) LKN-SH 2013



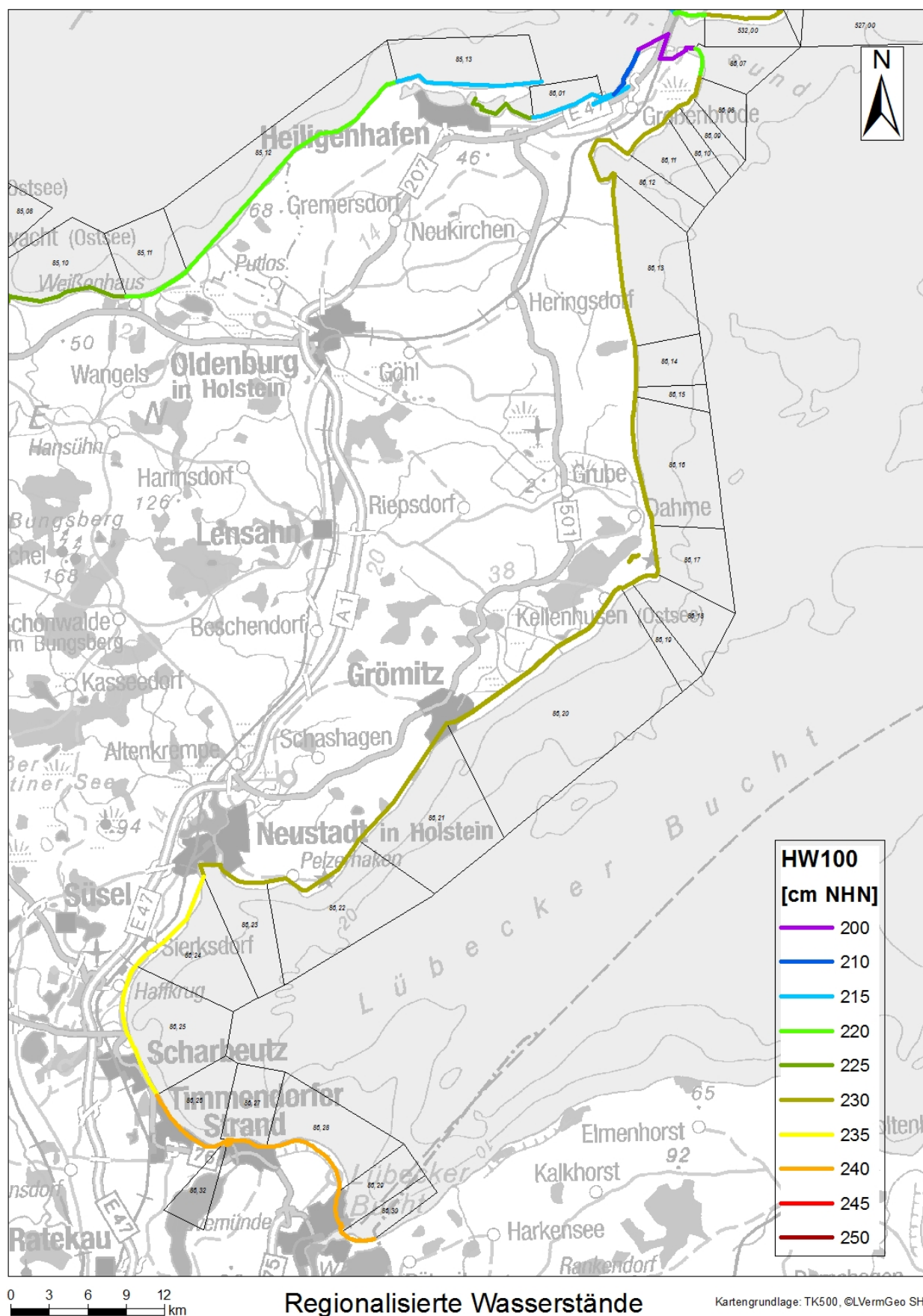


Abb. 26: HW 100 (Lübecker Bucht) LKN-SH 2013



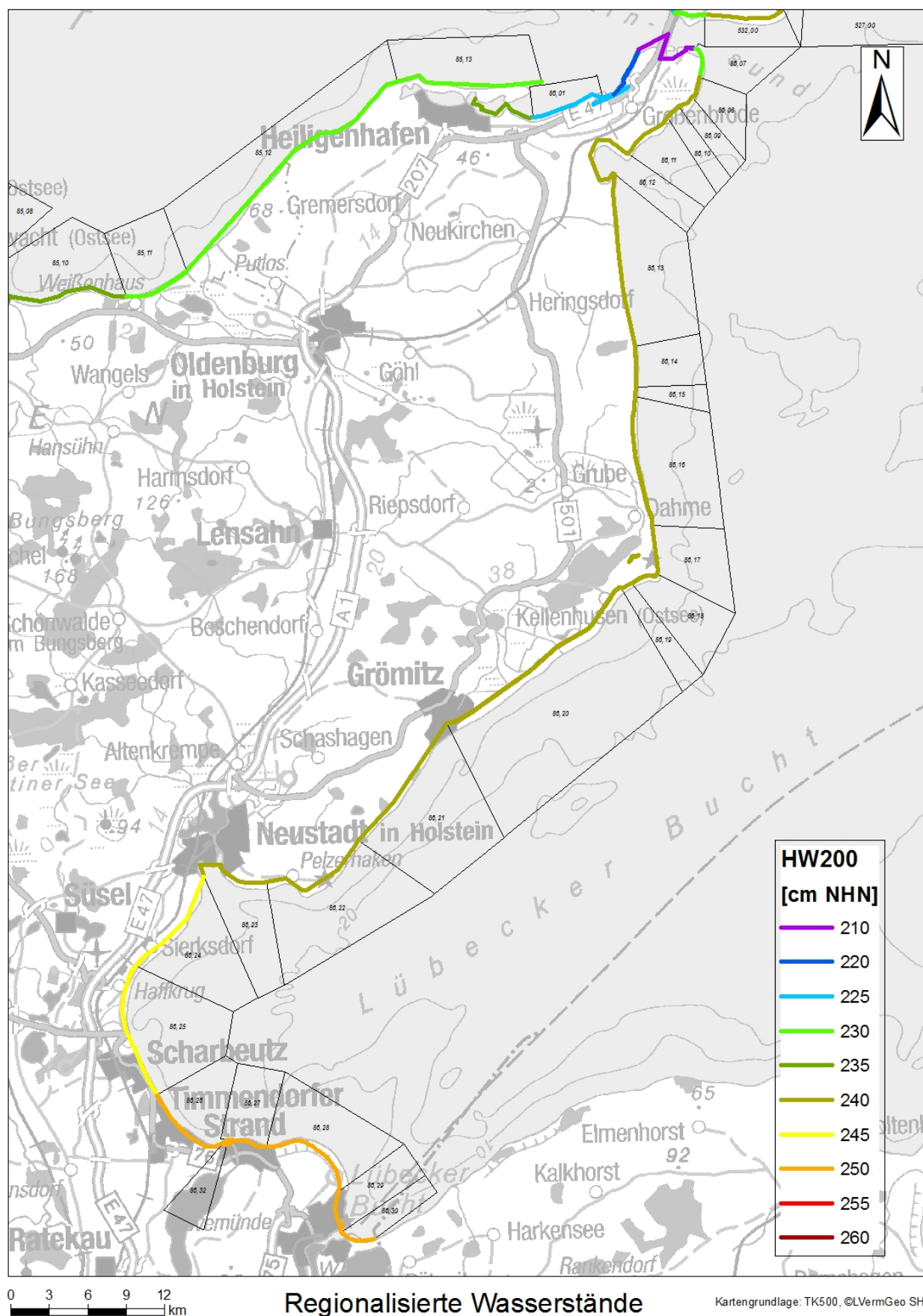


Abb. 27: HW 200 (Lübecker Bucht) LKN-SH 2013



Schlei



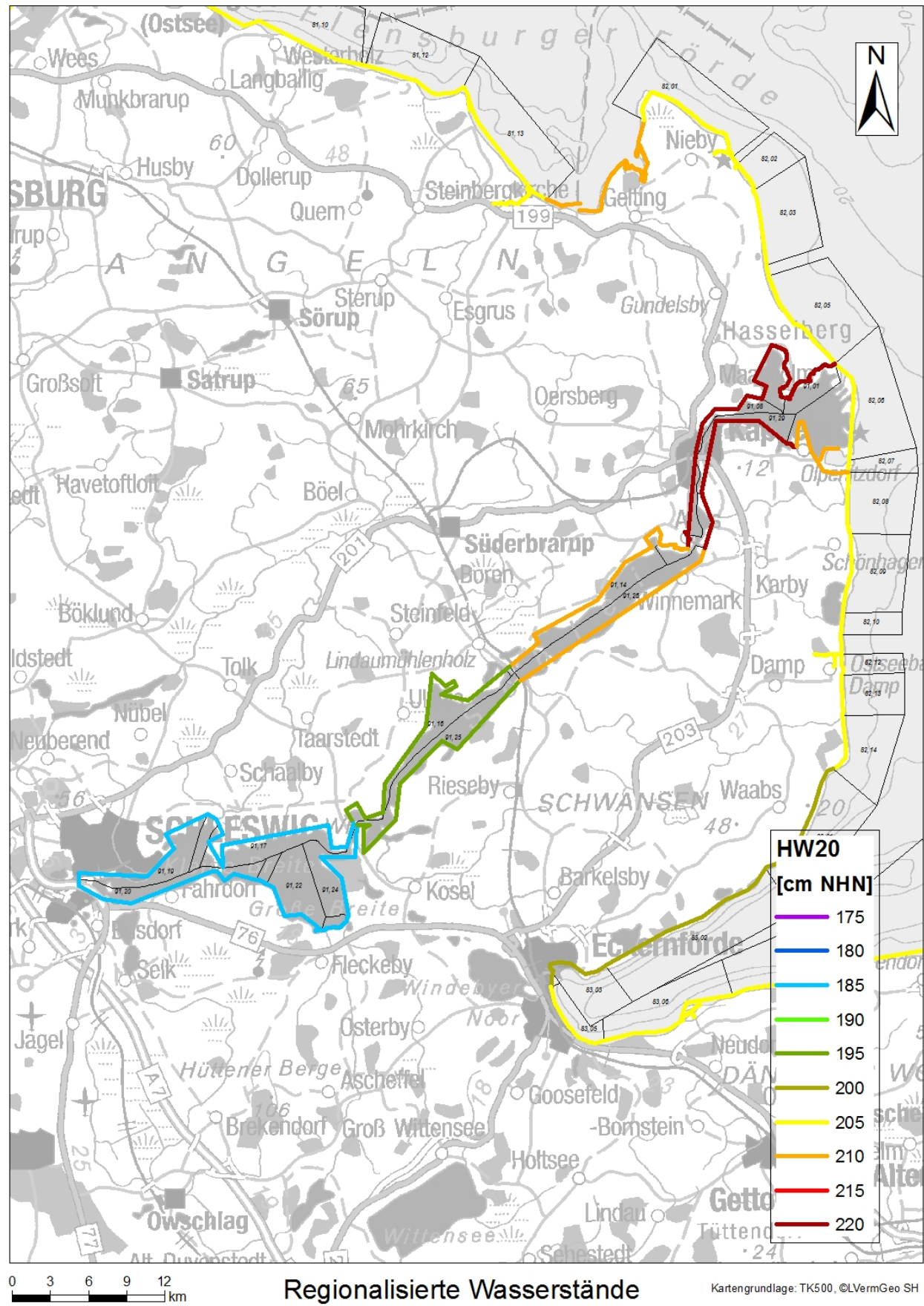


Abb. 28: HW 20 (Schlei) LKN-SH 2013



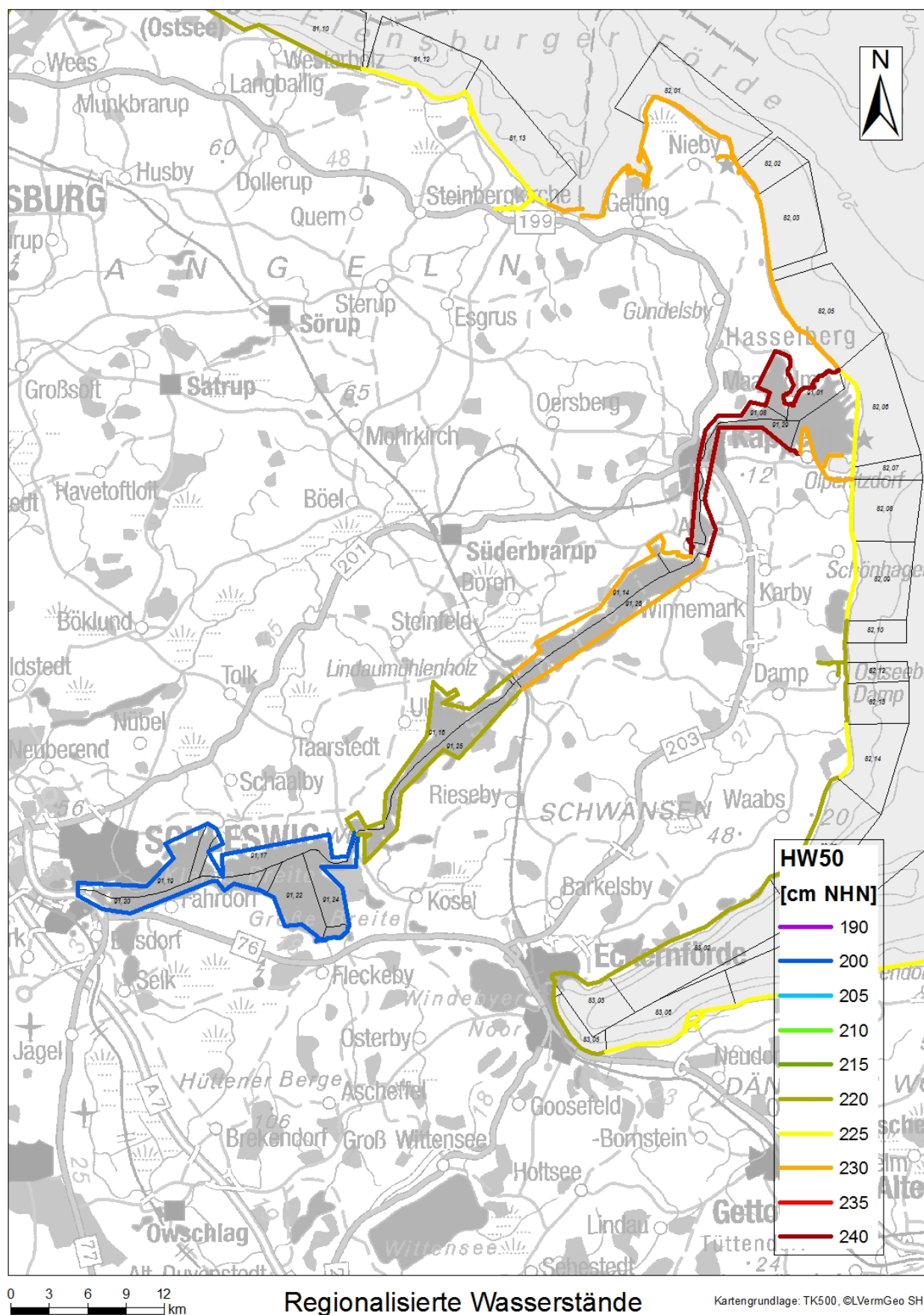


Abb. 29: HW 50 (Schlei) LKN-SH 2013



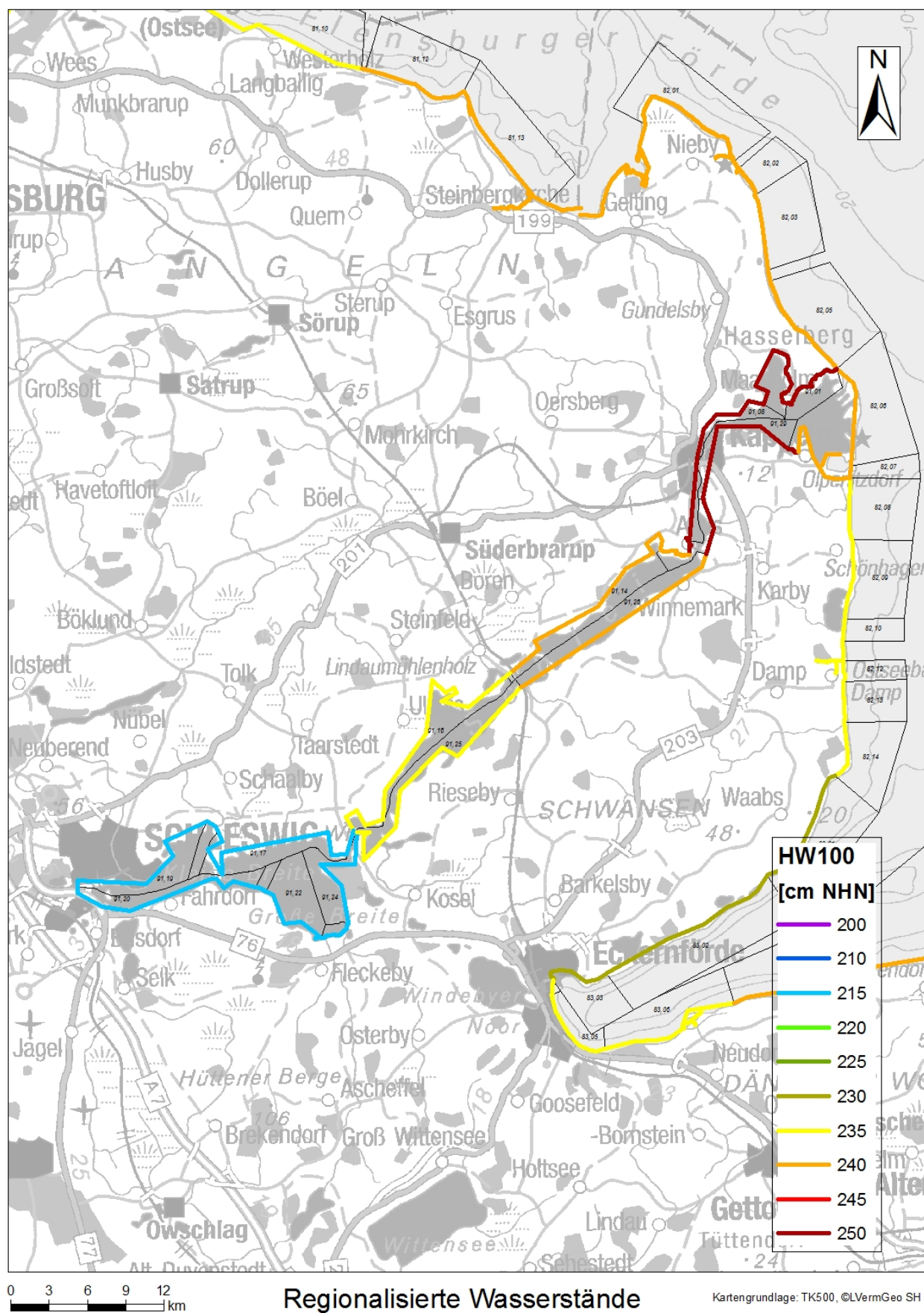


Abb. 30: HW 100 (Schlei) LKN-SH 2013



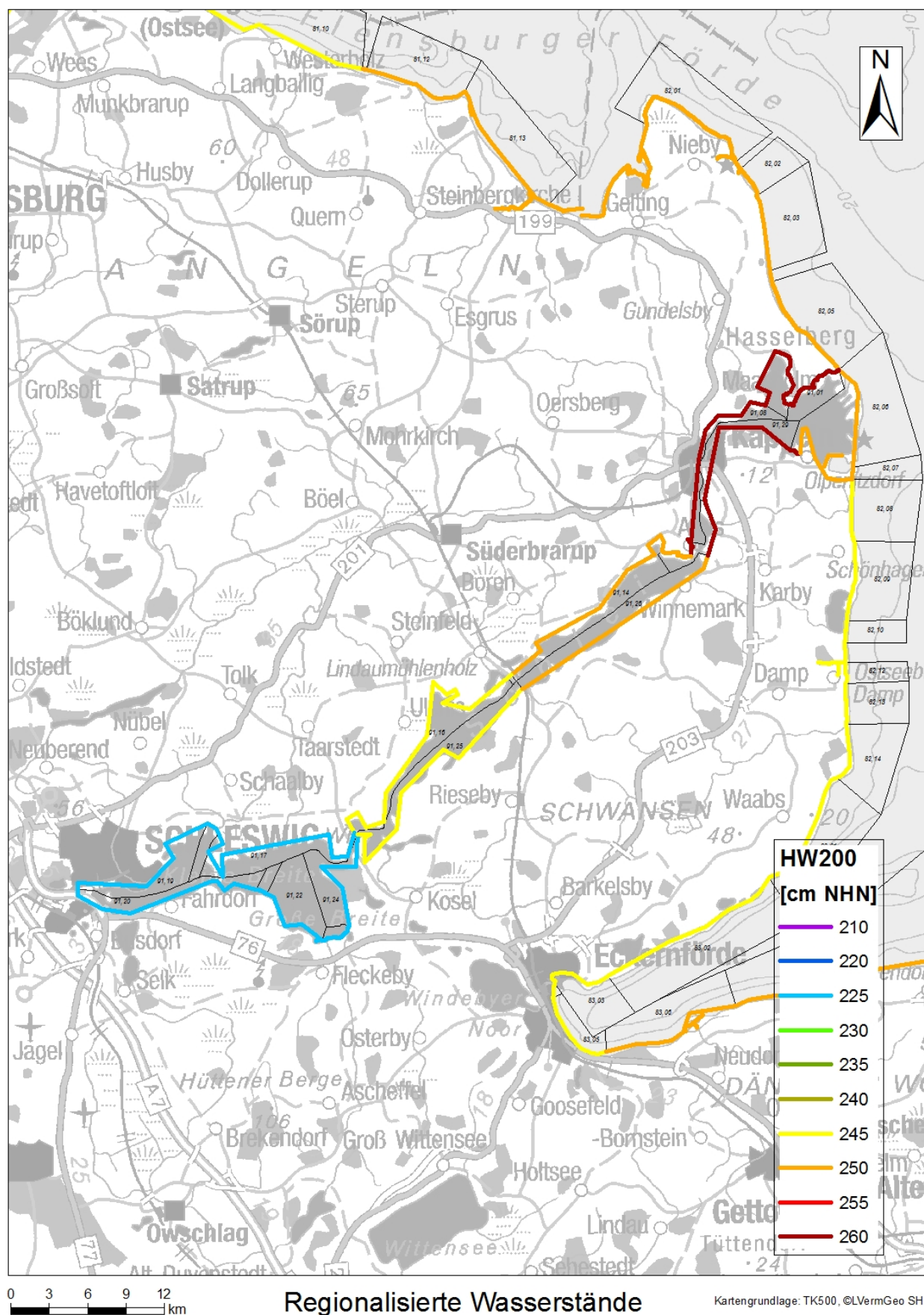


Abb. 31: HW 200 (Schlei) LKN-SH 2013



Fehmarn



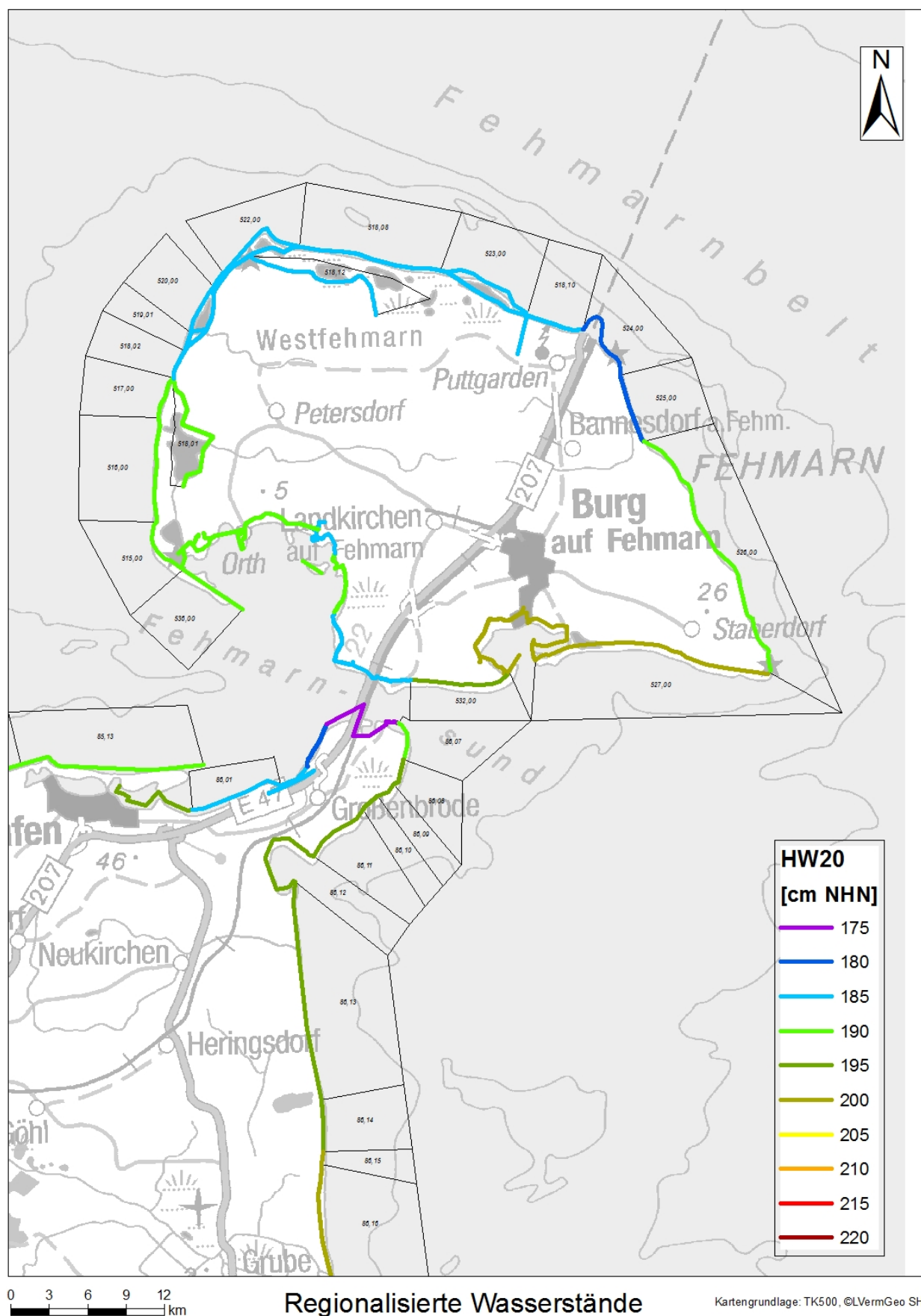


Abb. 32: HW 20 (Fehmarn) LKN-SH 2013 LKN-2013



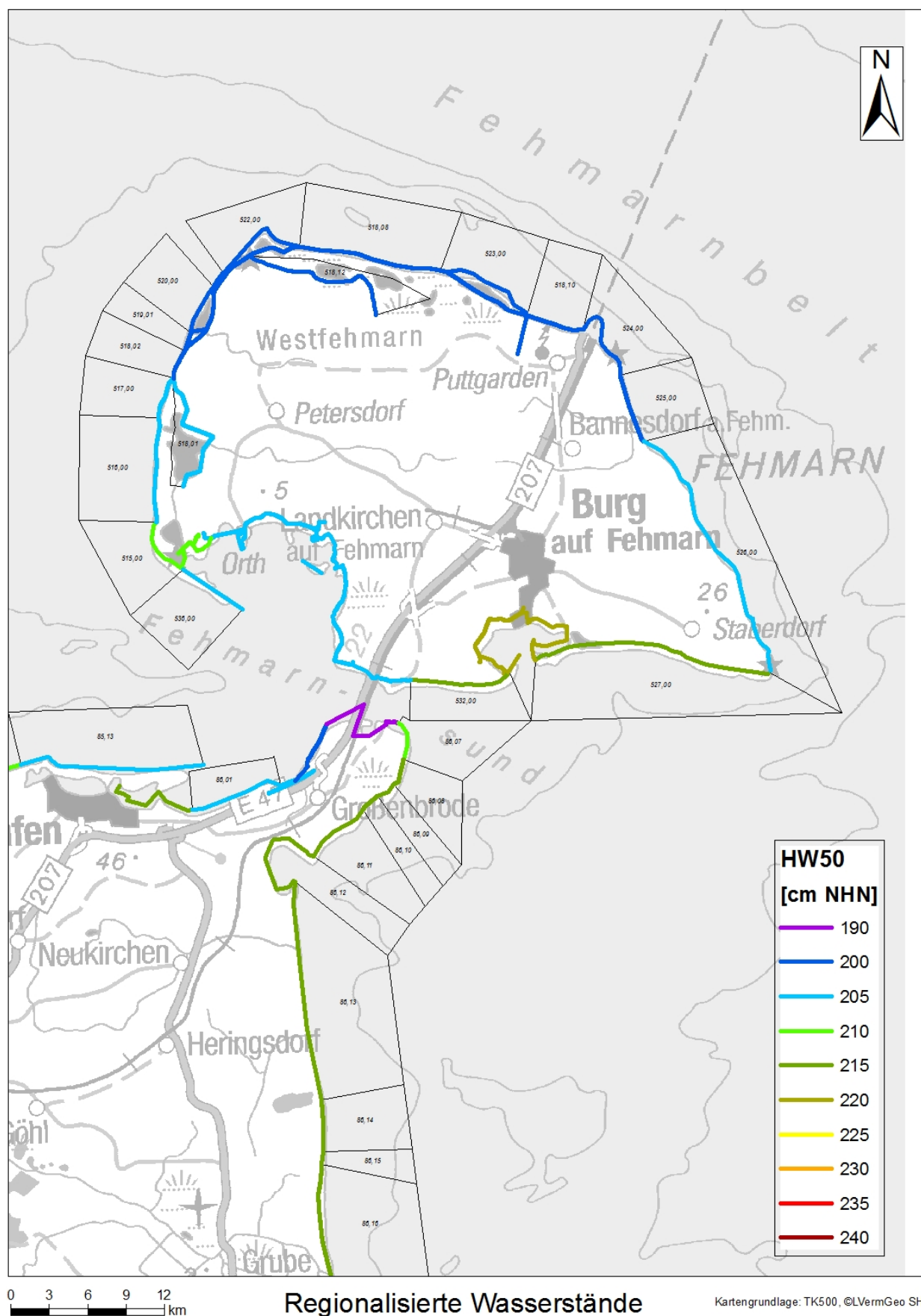


Abb. 33: HW 50 (Fehmarn) LKN-SH 2013



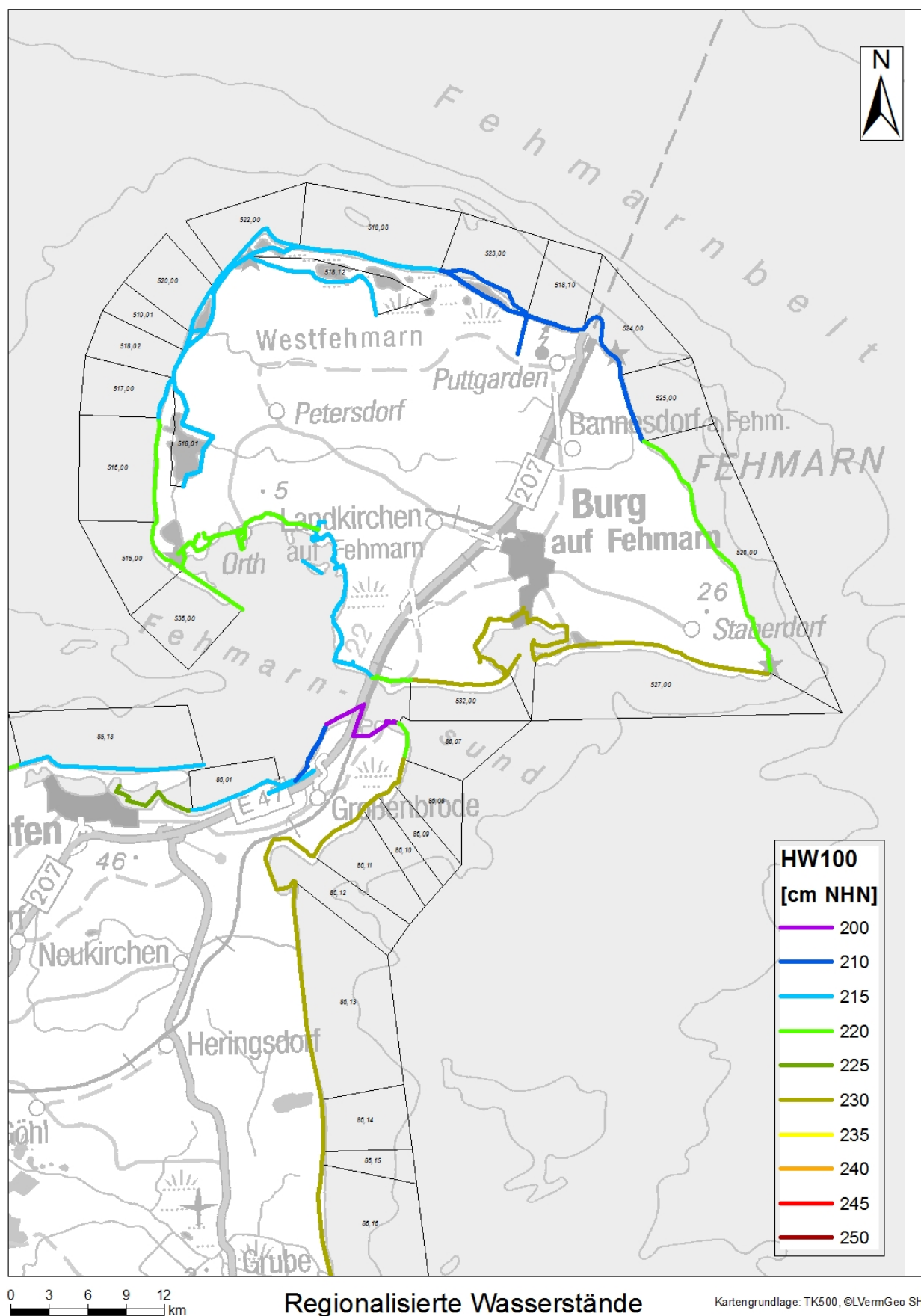


Abb. 34: HW 100 (Fehmarn) LKN-SH 2013



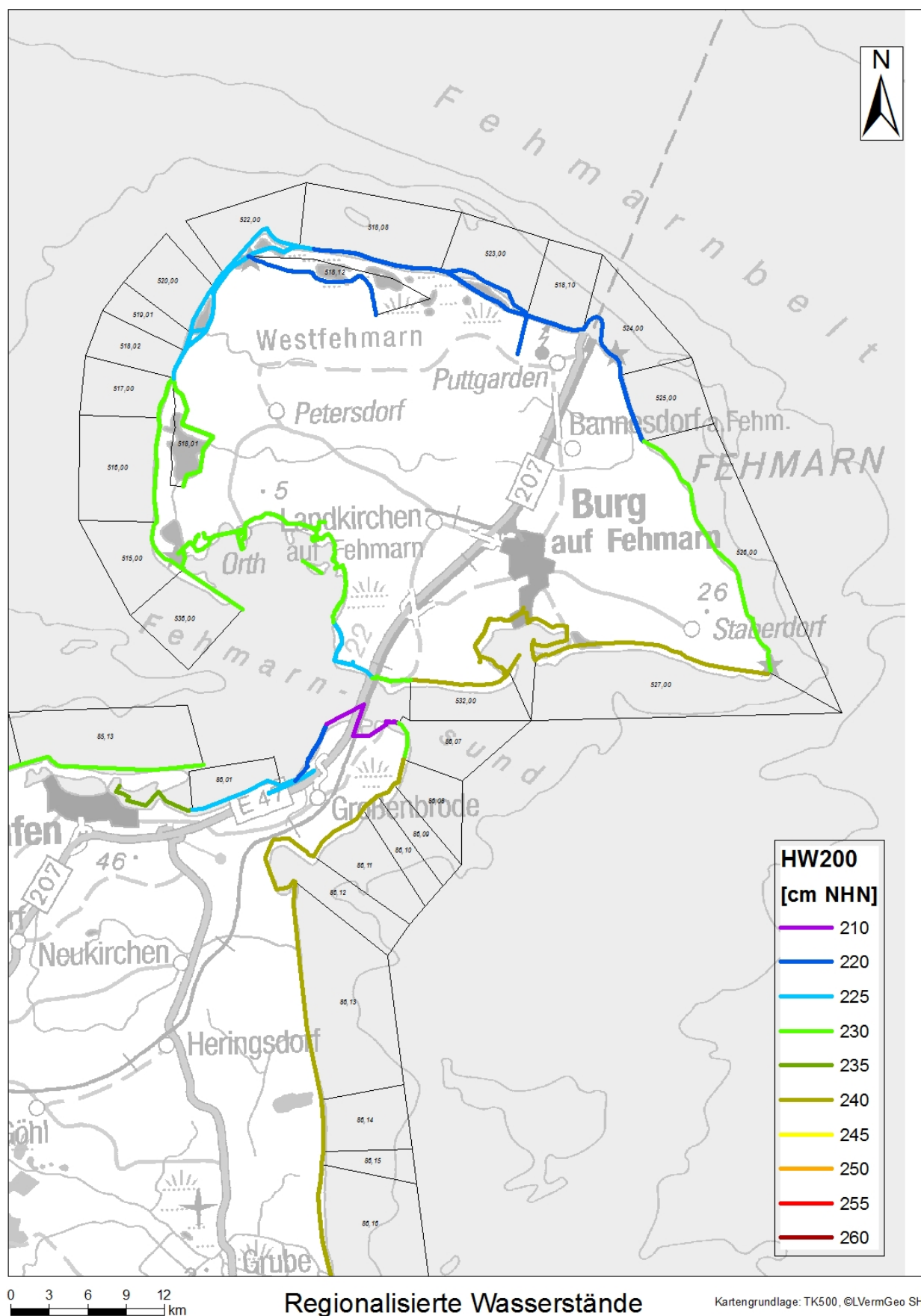


Abb. 35: HW 200 (Fehmarn) LKN-SH 2013

