

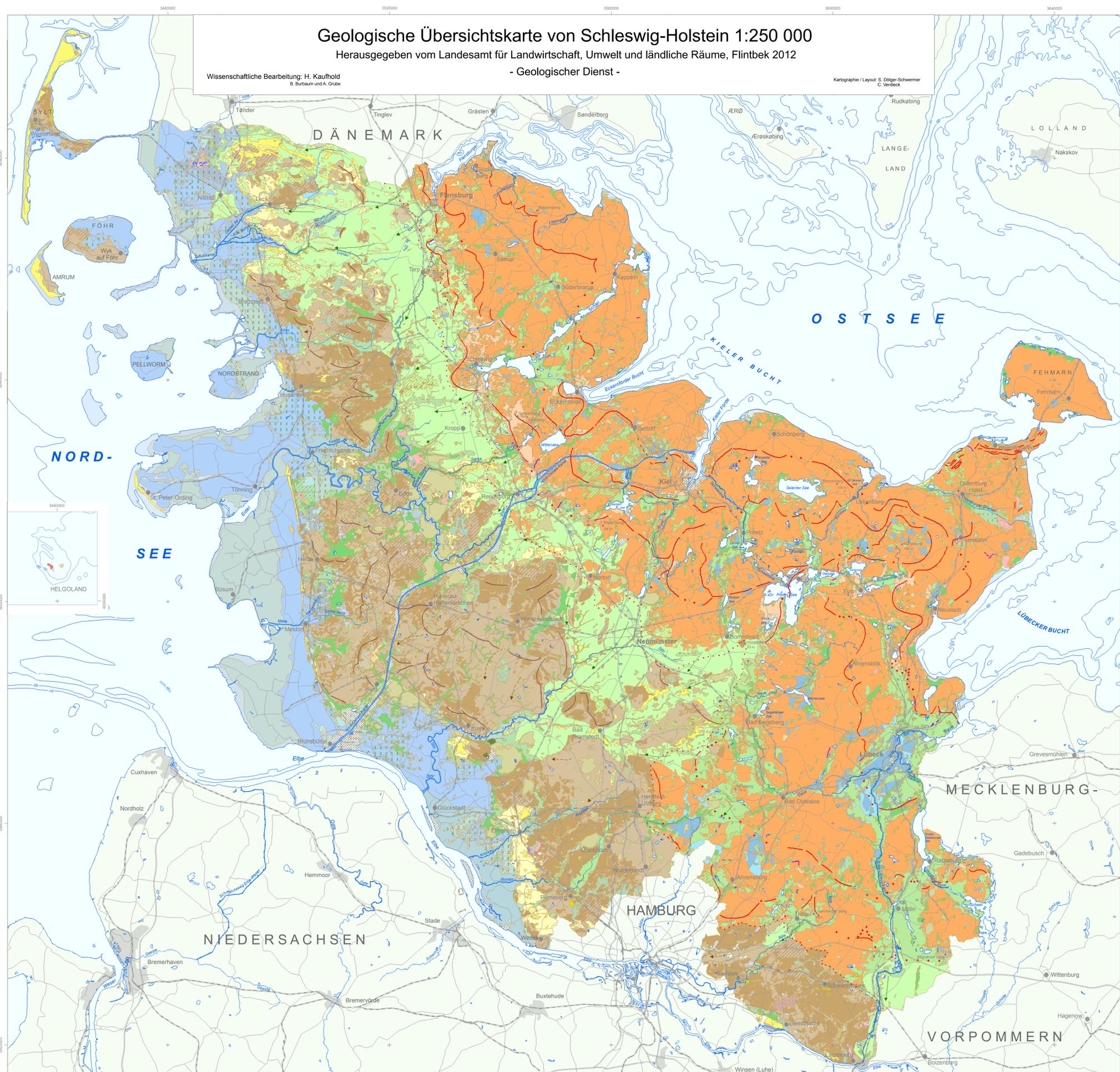
# Geologische Übersichtskarte von Schleswig-Holstein 1:250 000

Herausgegeben vom Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume, Flintbek 2012

- Geologischer Dienst -

Wissenschaftliche Bearbeitung: H. Kaufhold  
B. Burbaum und A. Grube

Kartographie / Layout: S. Dölger-Schweimer  
C. Verdeck



- Holozän**
  - oh.5a.1w marine Ablagerungen (Strandwall bzw. Strandwall, stw überdünnt bzw. unterdünnt von Niedermoor)
  - oh.5a marine Ablagerungen (stw über Tü) Sand, z.T. kiesig, z.T. überdünnt
  - oh.5a.1w marine brackische Ablagerungen (Sandwall und Mischwall) stw über Niedermoor bzw. Marsch Feinsand bis Schluff, tonig
  - oh.1a.wa marin-brackische Ablagerungen (Schlickwall)
  - oh.1a marine Ablagerungen (Marsch, kalkig) stw über organischen Weichschichten (Niedermoor, untergeordnet über Mude) Schluff bis Ton, feinsandig
  - oh.1a.1m marine Ablagerungen (überwiegend Marsch, kalkig bis schwach kalkig, stw untergeordnet von Sand)
  - oh.1a.1m marine Ablagerungen (Marsch, kalkig) über organischen Weichschichten (Niedermoor, untergeordnet über Mude) Schluff bis Ton, feinsandig über Bruchwald, Schluff- oder Seggenort, meist stark zersetzt bzw. über Detritus-Mudde
  - oh.1a.1br brackische Ablagerungen (Marschschluff bis -ton) Schluff bis Ton, feinsandig
  - oh.1a.1br brackische Ablagerungen (Marschschluff bis -ton) über Niedermoor, vereinzelt über Hochmoor Schluff bis Ton, feinsandig über Seggenort, meist stark zersetzt, vereinzelt über Sphagnum-Torf, schwach bis stark zersetzt
  - oh.1a.1br brackische Ablagerungen (Marschschluff bis -ton, stw Feinsand) über prästänen Sand (Weichsel-Kaltzeit) Schluff bis Ton, feinsandig über Sand, untergeordnet Kies
  - oh.1a.1br brackisch-lagunäre Ablagerungen (humoser Marschschluff bis -ton) oder Niedermoor Schluff bis Ton, humos, über Bruchwald, Schluff- oder Seggenort, meist stark zersetzt oder über Sphagnum-Torf bzw. Mude
  - oh.1a.1br brackisch-lagunäre Ablagerungen (humoser Marschschluff bis -ton) Schluff bis Ton, humos
  - oh.1a.1m.1p permianische (zezelefluviale) Ablagerungen Schluff bis Ton
  - oh.1a.1m.1p permianische (zezelefluviale) Ablagerungen über Niedermoor bzw. Hochmoor oder Mude Schluff bis Ton, feinsandig über Sphagnum-Torf, schwach bis stark zersetzt bzw. Bruchwald, Schluff- oder Seggenort, meist stark zersetzt bzw. Detritus-Mudde
  - oh.1a.1m.1p permianische (zezelefluviale) Ablagerungen stw über glazifluviale Ablagerungen (Sand) bzw. fluvialen Ablagerungen (Weichsel-Kaltzeit) Schluff bis Ton stw über Sand, untergeordnet Kies
  - oh.1a.1m.1p permianisch-lagunäre (zezelefluviale) Ablagerungen über Niedermoor oder Hochmoor oder Mude Ton, humos über Sphagnum-Torf, schwach bis stark zersetzt bzw. Schluff, Schluff- oder Seggenort, meist stark zersetzt
  - oh.5i limische Ablagerungen, vereinzelt als Strandwall Sand, z.T. humos
  - oh.5i limische Ablagerungen, stw über Niedermoor Detritus-Mudde, überwiegend organische Substanz, teilweise als Kalk- bzw. Schluffstein, stw über Niedermoor
  - oh.5i.1 limische Ablagerungen über unterschiedlichen Sedimenten (Weichsel-Kaltzeit bzw. Saale-Komplex) Detritus-Mudde, überwiegend organische Substanz über sandigen Sedimenten
  - oh.5i fluviale Ablagerungen (Auenstand) Sand, z.T. schwach humos
  - oh.7 fluviale Ablagerungen (Auenstand) Ton, Schluff, Sand, untergeordnet Kies
  - oh.7 fluviale Ablagerungen (Auenstand) über organischen Sedimenten Ton, Schluff, Sand, untergeordnet Kies über Niedermoor-Torf oder Mude
  - oh.7 Hochmoor stw über Niedermoor, Mude, Marsch, Ton Sphagnum-Torf, schwach bis stark zersetzt, stw über Bruchwald, Schluff- oder Seggenort, meist stark zersetzt oder Detritus-Mudde bzw. Ton
  - oh.7 Hochmoor über sandigen Ablagerungen (Holozän bis Saale-Komplex) Sphagnum-Torf, schwach bis stark zersetzt über Sand
  - oh.7 Niedermoor Bruchwald, Schluff- oder Seggenort, meist stark zersetzt
  - oh.7 Niedermoor über organischen holozänen Ablagerungen Bruchwald, Schluff- oder Seggenort, meist stark zersetzt über organischen holozänen Sedimenten
  - oh.7 Niedermoor über sandigen Ablagerungen (Holozän bis Saale-Komplex) Bruchwald, Schluff- oder Seggenort, meist stark zersetzt über Sand
  - oh.7 Niedermoor über unterschiedlichen holozänen Marsch-Ablagerungen Bruchwald, Schluff- oder Seggenort, meist stark zersetzt über unterschiedlichen holozänen Marsch-Ablagerungen
  - oh.7 Niedermoor über glazigenen Ablagerungen (Tü) der Grundmoränen und Endmoränen (Weichsel-Kaltzeit) Bruchwald, Schluff- oder Seggenort über Schluff, tonig, sandig, kiesig (Geschiebelehne/Geschiebemergel)
  - oh.7 Niedermoor über bindigen weichsel- oder saale-kaltzeitlichen Ablagerungen (Weichsel-Kaltzeit bzw. Saale-Komplex) Bruchwald, Schluff- oder Seggenort, meist stark zersetzt über Feinsand bis Ton
  - oh.7 Abschlämmmassen, stw über unterschiedlichen Ablagerungen Zusammensetzung nach Ausgangsmaterial (Abschlämmmasse) stw über unterschiedlichen weichsel- oder saale-kaltzeitlichen Ablagerungen
  - oh.7.1a.1a bolische Ablagerungen (Dünen) (z.T. Pleistozän) Fein- bis Mittelsand
  - oh.7.1a.1a bolische Ablagerungen (Flugsand) in flächenhafter Verbreitung (z.T. Pleistozän) Feinsand, mittelsandig
  - oh.7.1a.1a bolische Ablagerungen (Flugsand) über Mude oder Niedermoor Feinsand, mittelsandig über Mude oder Niedermoor
  - oh.7.1a.1a bolische Ablagerungen (Flugsand) über weichsel- oder saale-kaltzeitlichen Ablagerungen (Weichsel-Kaltzeit bzw. Saale-Komplex) Feinsand, mittelsandig über Sand
  - oh.7.1a.1a bolische Ablagerungen (Flugsand) über bindigen weichsel- oder saale-kaltzeitlichen Ablagerungen (Saale-Komplex) Feinsand, mittelsandig über Feinsand bis Ton
- Weichsel-Kaltzeit**
  - ow.1a.1a bolische Ablagerungen (schluffiger Flugsand (Lösssand) über unterschiedlichen Ablagerungen (Saale-Komplex) schluffiger Feinsand (Lösssand) über unterschiedlichen Ablagerungen Feinsand, Mittelsand, Grobsand
  - ow.1a fluviale (und fluvial-bolische bzw. periglazial-fluviale) Ablagerungen Feinsand, Mittelsand, Grobsand
  - ow.1a glazifluviale Ablagerungen (Sander im morphologischen Sinn) Sand, untergeordnet Kies, glazifluviale Schmelzwasser- und Kies- oder Binnensander (reliefarm), Ablaster und Kames, nur stw. eisrandnah gestaut, im Randbereich zur Weichselmoräne mit einzelnen Geschiebelehne- und Geschiebemergel- durchtragungen
  - ow.1a glazifluviale Ablagerungen (Sander im morphologischen Sinn) oder glazimischen Ablagerungen Sand, untergeordnet Kies über Feinsand bis Ton (Beckenaablagerungen)
  - ow.1a glazifluviale Ablagerungen (Sander) über glazigenen Ablagerungen (Tü) Sand, untergeordnet Kies über Schluff, tonig, sandig, kiesig (Geschiebelehne/Geschiebemergel)
- Eem-Warmzeit**
  - ow.2a variszalische Bildungen, stw unter weichselkaltzeitlichen Ablagerungen Sand bis Ton, limische (Ostküste: marine) Ablagerungen bzw. Torfe
- Saale-Komplex**
  - ow.3a glazifluviale Ablagerungen Sand, untergeordnet Kies
  - ow.3a glazifluviale Ablagerungen über glazigenen Ablagerungen (Tü) oder stw älteren Ablagerungen (Saale-Komplex und Plei-Saale) Sand, untergeordnet Kies über Schluff, tonig, sandig, kiesig (Geschiebelehne/Geschiebemergel) oder Ton (Sand) (Gleisermere)
  - ow.3a glazigene Ablagerungen (oft gestaut) Sand, untergeordnet Kies
  - ow.3a glazimische Ablagerungen Schluff, Ton, z.T. feinsandig
  - ow.3a glazigene Ablagerungen (Tü) der Grundmoränen und Endmoränen Schluff, tonig, sandig, kiesig (Geschiebelehne/Geschiebemergel) über unterschiedlichen Ablagerungen (Saale-Komplex bis Eozän)
  - ow.3a glazigene Ablagerungen (Tü) über unterschiedlichen Ablagerungen Schluff, tonig, sandig, kiesig (Geschiebelehne/Geschiebemergel) oder unterschiedlichen Ablagerungen
  - ow.3a glazigene Ablagerungen (Tü) über aufgeschlepptem Material (Satzack) (Rotliegend) Schluff, tonig, sandig, kiesig (Geschiebelehne/Geschiebemergel) über Ton, schluffig
- Holstein-Warmzeit**
  - ow.4a marine Ablagerungen Ton, schluffig
- Elster-Kaltzeit**
  - ow.5a Lauenburger Ton Ton, schluffig
- Pliozän**
  - ow.5b kontinental-fluviale Ablagerungen (z.T. aufgeschuppt) Sand, Sandstein
- Miozän**
  - ow.1m.1a marine Ablagerungen (überwiegend aufgeschuppt) Ton, stw Sand (überwiegend aufgeschuppt)
- Eozän**
  - ow.1a marine Ablagerungen Ton, Kiesesteinen (in Stauungszonen)
- Oberkreide**
  - ow.1b marine Ablagerungen Schmelzwasser
- Mittlerer Buntsandstein**
  - ow.1c limisch-fluviale bis brackische Ablagerungen Wechselwirkung von Sand-, Schluff- und Tonstein
- Zechstein**
  - ow.1d evaporitisch, terrestrisch-kontinental Anhydrit / Gips
- Rotliegend**
  - ow.1e evaporitisch, terrestrisch-kontinental Ton, Tonstein
  - ow.1f anthropogen, Abgrabung großflächige Abgrabung
  - ow.1g anthropogen, Aufschüttung verschiedene Materialien
  - ow.1h anthropogen, Aufschüttung über Niedermoor oder Hochmoor verschiedene Materialien über Niedermoor oder Hochmoor
  - ow.1i vermehrte äußerste Grenze der weichselkaltzeitlichen Vereisung
  - ow.1j wichtige weichselkaltzeitliche Gletscherendlagen, stw. vermutet (z.T. Endmoränen)
  - ow.1k wichtige Gletscherendlagen des Saale-Komplexes (z.T. Endmoränen)
  - ow.1l Aufzeichnung weichselkaltzeitlicher Schmelzwässer
  - ow.1m Aufzeichnung der Schmelzwässer des Saale-Komplexes

Maßstab 1:250 000

Vertrieb: Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume (LLUR) - Öffentlichkeitsarbeit / Vertriebsstelle  
Hamburger Chaussee 25 - 24220 Flintbek - Telefon: 04347704-230 - Telefax: 04347704-702  
e-mail: broschuere@llur.landsh.de - Internet: http://www.llur.schleswig-holstein.de

Inhalt: Geologischer Dienst im Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume Schleswig-Holstein  
Topographische Grundlage: Vektordaten des Digitalen Landschaftsmodells 1:250 000 (Ebenem)  
Kartenrahmen: Gauß-Krüger-Abbildung im 3. Meridianstreifen (Mittezeitplan 9°)  
Vertriebsjahr: mit Genehmigung vom 02.12.2010 ©Geobasis-DE: BKG2010

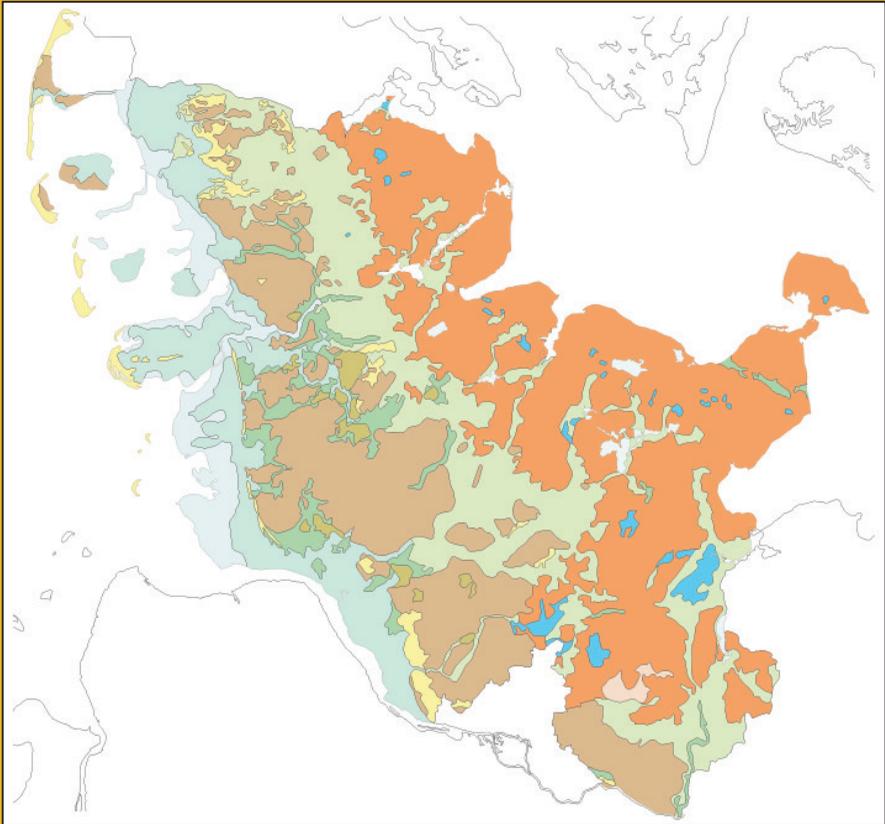
Druck: Landesamt für Vermessung und Geoinformation Schleswig-Holstein

Diese Karte ist gesetzlich geschützt.  
Vervielfältigungen nur mit Genehmigung des Herausgebers.  
Als Vervielfältigung gelten z. B. Nachdruck, Fotokopie, Scannen, Mikroverfilmung, Digitalisierung sowie Speicherung auf Datenträgern.





# Geologische Übersichtskarte von Schleswig-Holstein 1 : 250 000



Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt  
und ländliche Räume  
Schleswig-Holstein

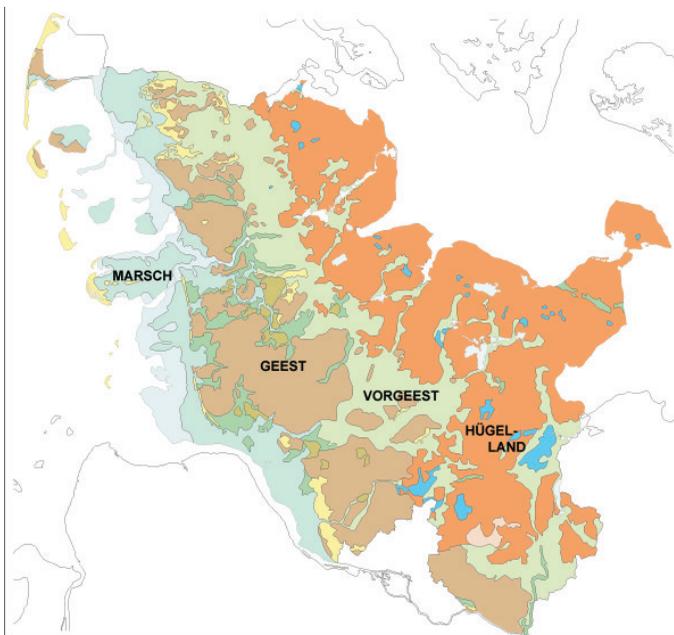
- Geologischer Dienst -

## GEOLOGISCHE ÜBERSICHTSKARTE 1 : 250.000

Geologische Karten geben einen Überblick über die Verbreitung, Entstehung, Zusammensetzung und das Alter der an der Erdoberfläche anstehenden Ablagerungen und erlauben somit auch eine Abschätzung der Gesteinseigenschaften. Für die Nutzer stellen sie wichtige Planungsgrundlagen z.B. für Infrastrukturvorhaben, Natur- und Landschaftsschutz, Rohstoffgewinnung oder Grundwassererschließung dar. Grundlage der umseitigen Übersichtskarte 1 : 250 000 sind geologische Kartenwerke im Wesentlichen des Maßstabes 1 : 25 000. Wo diese nicht vorlagen, wurde auf unveröffentlichte Kartierungsergebnisse in diesem Maßstab zurück gegriffen. Der Detaillierungsgrad dieser Karten machte für den Maßstab dieser Übersichtskarte jedoch eine Generalisierung notwendig, so dass insbesondere einzelne kleinere Verbreitungsflächen, wenn sie nicht für die regionale Geologie überragende Bedeutung hatten, nicht dargestellt wurden. Um die Legendeneinheiten auf ein überschaubares Maß zu begrenzen, war darüber hinaus fallweise eine Zusammenlegung von Gesteinseinheiten notwendig. In der vorliegenden Form repräsentiert die Karte den aktuellen Stand der geowissenschaftlichen Landesaufnahme zur oberflächennahen Geologie für die obersten 2 m. Die Verwendung dieser Karte entbindet nicht von der Pflicht projektbezogener geologischer Untersuchungen.

## EINFÜHRUNG

Die an der Geländeoberfläche zwischen Nordsee und Ostsee anstehenden Schichten Schleswig-Holsteins gliedern sich grob in ein kaltzeitlich beeinflusstes,



Naturräumliche Gliederung

hügeliges Gebiet aus Gletscherablagerungen im Osten, eine reliefarme Zone mit Schmelzwasserablagerungen und älteren kaltzeitlichen Gletscherablagerungen in der Landesmitte sowie den nacheiszeitlichen, fast völlig ebenen Marschablagerungen an der Nordseeküste im Westen des Landes. Das Alter dieser Schichten variiert überwiegend zwischen wenigen 1000 Jahren und, von Ausnahmen abgesehen, bis zu 250 000 Jahren. Die Ausnahmen betreffen wesentlich ältere Festgesteine die vereinzelt, wie im Raum Lägerdorf als Kreidekalke (ca. 65 - 80 Mio. Jahre) oder Segeberg als Gips (ca. 250 Mio. Jahre), die eiszeitlichen und nacheiszeitlichen Lockersedimente durchragen. Ältere Ablagerungen sind generell nur über Bohrungen zugänglich, dokumentieren aber in ihrer Vielfalt ein großes

Stratigraphische Übersicht							
Alter in Mio Jahren	Formation	Abteilung		Stufe	Geologisch - tektonische Entwicklungen		
0,01	Quartär			Holozän	<i>Nacheiszeit Eiszeitalter</i>		
2,6				Pleistozän			
23	Tertiär	Jungtertiär		Pliozän		↑ in die heutige Position	
35				Miozän			
		Alttertiär		Oligozän			
				Eozän			
65	Kreide	Oberkreide		Maastricht			↑ auf die Nordhalbkugel
				Campan			
97				Santon			
		Unterkreide		Coniac			
145	Jura	Malm / Wealden		Turon	↑ von der Südhemisphäre		
155				Cenoman			
178		Dogger		Dogger β+γ			
208		Lias					
231	Trias	Keuper		Rhät		↑ Mächtige Salzablagerungen im mittleren und südlichen Schleswig - Holstein	
				Schilfsandstein			
240		Muschelkalk	Oberer Muschelkalk Mittlerer Muschelkalk Unterer Muschelkalk				
		Buntsandstein	Oberer Buntsandstein	Röt			
			Mittlerer Buntsandstein	Solling-Folge Hardegsen-Folge Defurth-Folge Volpriehausen-F. Quickborn-F.			
250		Unterer Buntsandstein					
256	Perm	Zechstein		Möln	↑ Wanderung der Kontinente		
				Friesland			
				Ohre			
	Rotliegendes	Ober - Rotliegendes		Alter			Bildung des Nord - deutschen Beckens
280		Untere - Rotliegendes		Leine			
	Karbon	Ober - Karbon		Stalßfurt			
315				Werra			
326							
360		Untere - Karbon		Dinant			
				Stefan		<i>Variszische Faltung</i>	
			Westfal				
			Namur				
			Dinant				

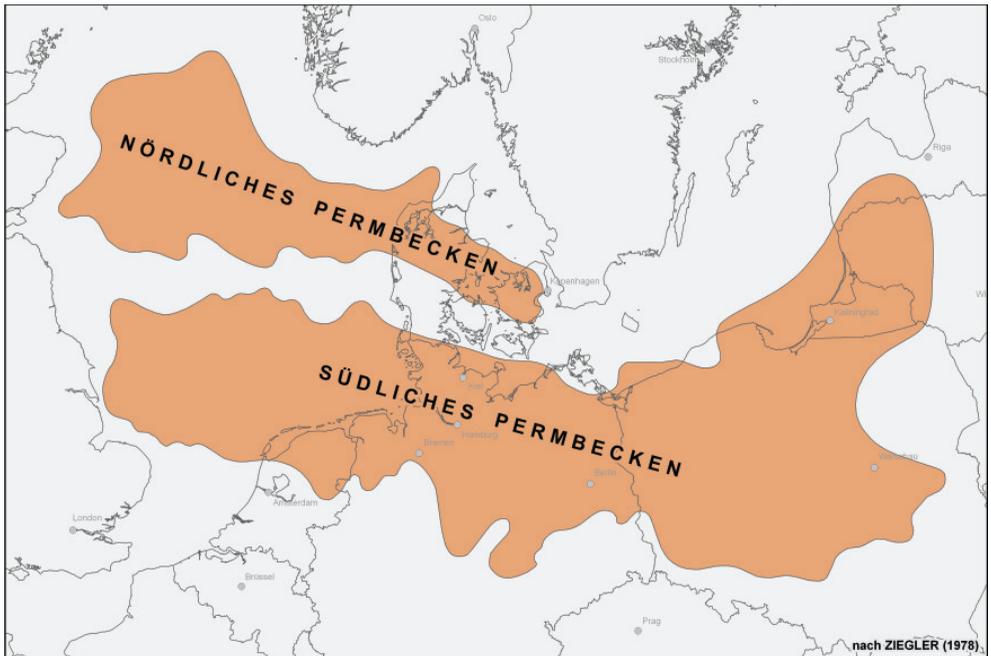
Geologische Zeittafel (Stratigraphische Übersicht)

Spektrum verschiedenster Gesteinstypen und unterschiedlichster Bildungsräume bzw. Ablagerungsbedingungen.

Im Verlauf der Erdgeschichte verlief die geologische Entwicklung in Schleswig-Holstein regional sehr unterschiedlich. Mehrfach wechselte das Ablagerungsmilieu (Tiefwasser, Flachwasser, Delta, See und Festland) oder die Klimazone. Hebungen der Landoberflächen führten zu einem Zurückweichen des damaligen Meeresspiegels und Senkungen zu einer Überflutung ehemaliger Festlandsbereiche. In den Senkungszonen haben sich vielfach Schichten von mehreren hundert Metern Mächtigkeiten erhalten, während die Hebungsprozesse zu einem Abtrag und einer Wiederaufarbeitung der ursprünglich vorhandenen Sedimente, die so erneut in den Sedimentationskreislauf einbezogen wurden, führten.

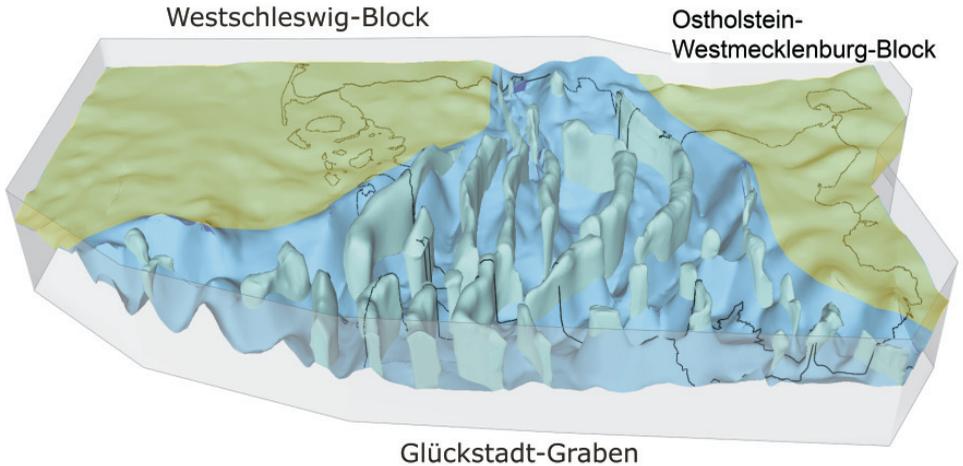
## TIEFER UNTERGRUND

Vor ca. 300 - 250 Mio. Jahren bildete sich das Zentraleuropäische Beckensystem heraus. Es erstreckt sich über ca. 1500 km von der Nordseeküste Großbritanniens bis nach Polen und von der Südküste Skandinaviens bis nach Norddeutschland. Eine Ost - West verlaufende Schwelle, gebildet durch das Mittlere-Nordsee-Hoch und das Rinköbing-Fünen-Hoch, trennt zwei große Beckenbereiche voneinander, das Nördliche Permbecken und das Südliche Permbecken. Schleswig-Holstein lag im Norddeutschen Becken, einem Teilbereich des südlichen Permbeckens. An der



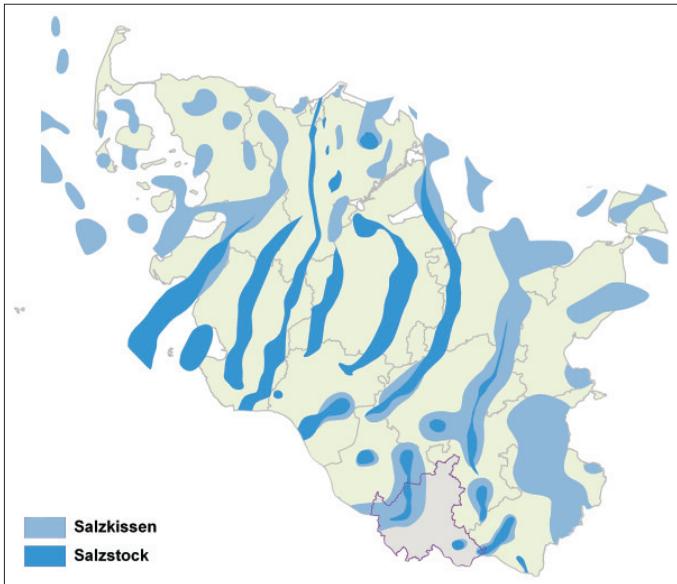
Verteilung von Wasser und Land (hellgrau) im Oberen Rotliegend vor ca. 260 Mio. J. (verändert nach ZIEGLER, P.A. (1978): North-Western Europe: tectonics and basin development. Geol. Mijnbouw, 54: 589-626)

Wende der Erdzeitalter Perm / Trias kam es an der Basis des Beckens zu großräumigen Absenkungen, so dass nördlich und südlich des Ringköbing-Fünen-Hochs Graben- oder Trogstrukturen wie der Zentral-Graben und der Horn-Graben in der Nordsee, der Glückstadt-Graben und der Polnische-Trog entstanden.



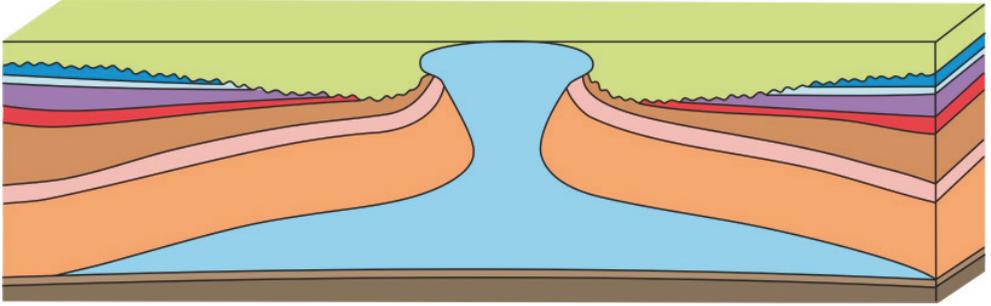
Strukturelle Gliederung des Tiefen Untergrunds von Schleswig-Holstein

Der Glückstadt-Graben durchzieht Schleswig-Holstein vom Untereiberaum bis in die Region Flensburg. Er ist das prägende tektonische Element mit etlichen Störungszonen und senkte sich zwischen den stabilen und ungestörten Bereichen des Westschleswig-Blocks im Nordwesten und dem Ostholstein-Westmecklenburg-Blocks im



Verbreitung Salzstöcke und Salzkissen

Südosten stellenweise über 9000 m tief ein. Häufig bestanden die Perm-Ablagerungen aus mehreren 100 m dicken Salzserien. Salz reagiert unter Auflast plastisch. Die durch die Absenkvorgänge zunehmende Sedimentauflast im Grabenbereich bewirkte eine aufwärts gerichtete Mobilisation des Zechsteinsalzes und stellenweise auch der noch älteren Rotliegend-Salze. An Störungs- oder Schwäche-zonen im Zentrum des Grabens bildeten sich die ersten Salzmauern während des Keupers (200 - 235 Mio. Jahre) und die Bildung von Salzstöcken und Salzkissen



Querschnitt durch einen Salzstock

setzte sich in Richtung der Grabenränder bis ins Tertiär (65 - 2,6 Mio. Jahre) hinein fort. Während es bei Salzklissen lediglich zu einer moderaten Aufwölbung der Deck-schichten und einer lokalen Zunahme der Salzdicke kam, ist das Salz der Salz-stöcke und Salzmauern durch die überlagernden Schichten bis in Oberflächennähe aufgestiegen.



Caprock (Gips) in der Kalkgrube Lieth bei Elmshorn. Im Hintergrund Gesteine des Rotliegend und Zechstein

Der Salzaufstieg ist der Grund dafür, dass Gesteine des Zechstein und Rotliegend wie z. B. bei Elmshorn und Bad Segeberg bis an die heutige Oberfläche angehoben wurden. Vergleichbares gilt für den Buntsandstein von Helgoland und die von

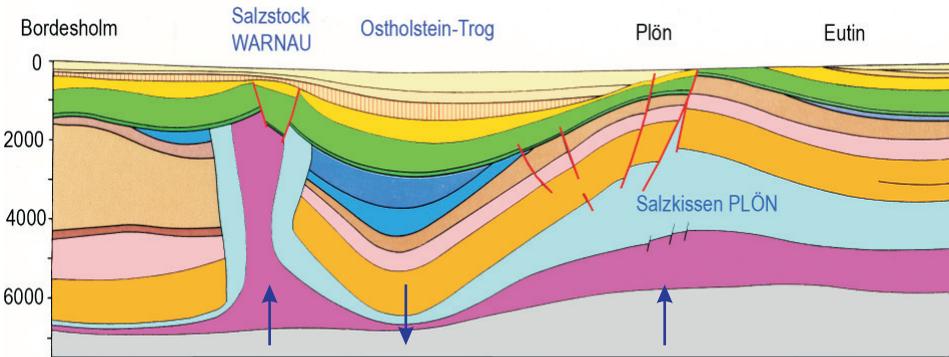


Buntsandstein von Helgoland



Kreidegrube Heidestraße (Lägerdorf)

der Zementindustrie genutzten Kreidevorkommen von Lägerdorf über der Salzstruktur Krempe. Der zentrale Bereich des Glückstadt-Grabens wird zu den stabilen Blöcken hin von jüngeren Senkungsbereichen (Trögen), dem Westholstein-Trog im Westen, dem Ostholstein-Trog im Osten und dem Hamburger-Trog im Südosten flankiert. Hier sedimentierten mächtige jurassische und tertiäre Abfolgen. In diesen Trögen blieb auch das mit organischem Material durchsetzte Erdölmuttergestein aus dem Unteren Jura erhalten. Wenn benachbarte, aufnahmefähige Speichergesteine aus dem Mittleren Jura durch überlagernde Tonsteine oder Salz abgedichtet wurden, konnten sich Erdöllagerstätten bilden. Diese Voraussetzungen waren besonders im Raum Heide sowie entlang einer Kette von Erdölfeldern zwischen der Eckernförder Bucht, dem Raum Preetz / Plön sowie Boostedt gegeben. Basierend auf diesem Modell konnten seit 1952 mehrere Lagerstätten erschlossen werden.



Querschnitt durch den Ostholstein-Trog

Zuvor war bereits seit Mitte des 19. Jahrhunderts Erdöl in Verbindung mit kreidezeitlichen Ablagerungen an Salzstrukturen gefördert worden. Das größte deutsche Erdölfeld Mittelplate / Dieksand produziert hauptsächlich aus den Ablagerungen des Mittleren Juras an der Flanke des Salzstocks Büsum. Seit 1987 bis Ende 2011 wurden aus diesem Feld bereits 26,7 Mio. t Erdöl gefördert. Im Erdöl-Feld Plön-Ost wurden am Ostrand des Ostholstein-Troges aus vergleichbaren Ablagerungen im Zeitraum 1958 - 1999 insgesamt 7,2 Mio. t Öl gefördert. Durch eine Hebungsphase während des oberen Jura kam es zur Abtragung jurassischer und zum Teil älterer Sedimente, so dass die Jura-Sedimente heute fast nur auf die schon erwähnten tiefen randlichen Tröge beschränkt sind. Zu Beginn der Kreide erfolgte erneut eine moderate Absenkung und es kam zunächst zur Ablagerung mariner toniger Sedimente, die später durch die typischen Kreidekalke (Schreibkreide von Lägerdorf südlich von Itzehoe) abgelöst wurden. Die Senkungstendenz hielt auch im Tertiär an und verstärkte sich besonders in den Randbereichen des Grabens, wo die tertiäre Schichtfolge im Bereich Eiderstedt eine Mächtigkeit von über 4100 m oder im Ostholstein-Trog nordöstlich von Stolpe von mehr als 1600 m erreicht. Weitere Gebiete mit hohen Tertiärmächtigkeiten befinden sich im Raum Haseldorfer Marsch/ Pinneberg sowie zwischen Kaltenkirchen und Ahrensburg. Das Tertiär beginnt in Schleswig-Holstein stellenweise mit der Ablagerung von Kalken. Im weiteren Verlauf kam es vermehrt zur Ablagerung toniger Sedimente. Das Oligozän setzt im südlichen Schleswig-Holstein zunächst mit der Sedimentation des „Neuengammer



Morsumkliff auf Sylt (Pliozän und Miozän)

Gassands“ ein, der 1910 an der Landesgrenze zu Hamburg bei 247 m Tiefe erdgashaltig angebohrt wurde. In nördlicher Richtung keilt der letztmalig für längere Zeit Küstennähe anzeigende Sand aus und geht in Schluffe und Tone über. Das



Ehemaliger Abbau der Kaolinsande in Braderup auf Sylt

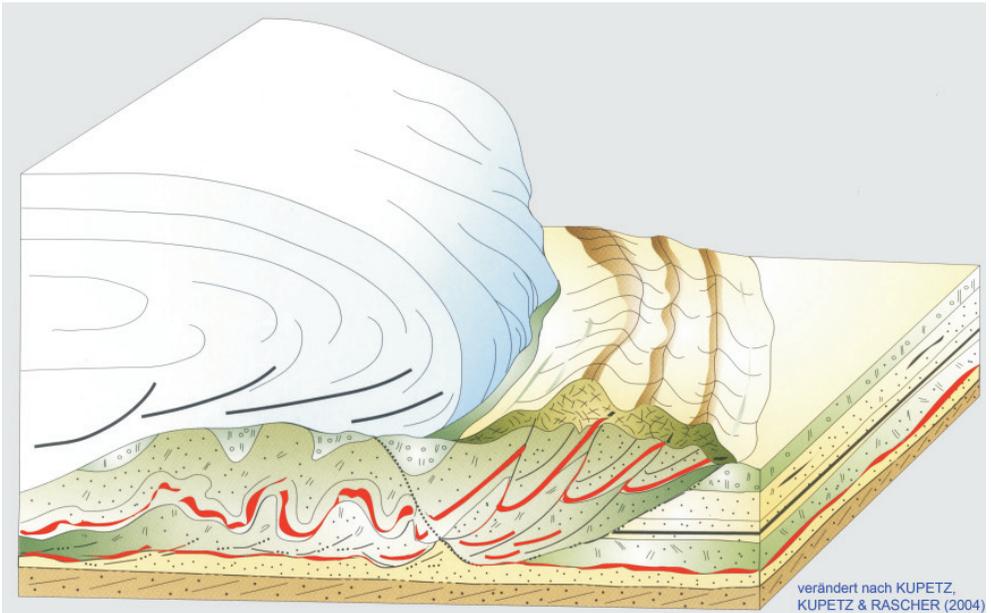
Obere Oligozän ist durch Chattschluffe geprägt. Im nachfolgenden Miozän kam es im Tiefwasser zur Ablagerung des Unteren Glimmertons, gefolgt von den festländisch geprägten fluviatil-limnisch-terrestrischen Unteren und Oberen Braunkohlensanden, die für die Trinkwasserversorgung z. T. von großer Bedeutung sind. Im Mittleren Miozän stieg der Meeresspiegel erneut an und es kam in küstenferneren Bereichen zur Ablagerung des Oberen Glimmertons. Die tertiäre Schichtfolge wird abgeschlossen durch die obermiozänen und pliozänen Kaolinsande, die zusammen mit Limmonitsandstein und Glimmerton am Morsumkliff auf Sylt aufgeschlossen sind. Die Kaolinsande sind Relikte aus dem Delta eines großen Flusssystemes aus dem skandinavischen Raum.

## OBERFLÄCHENSEDIMENTE

### ALLGEMEIN

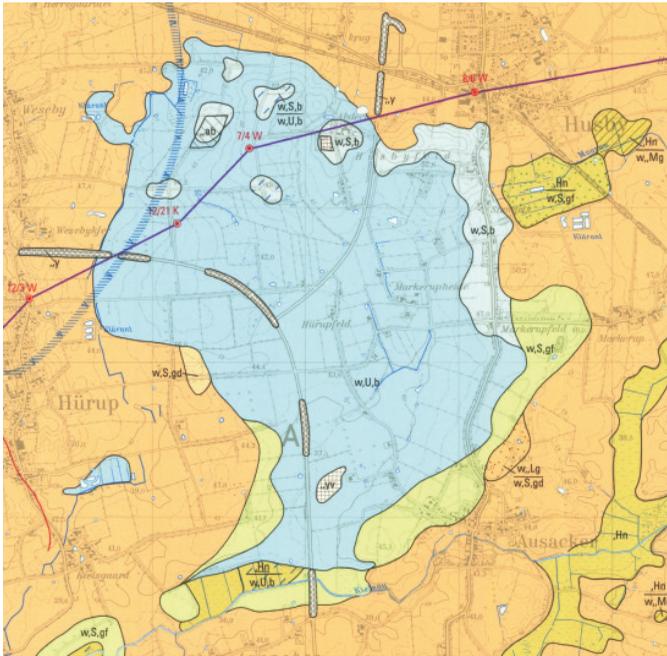
Bis zum Pliozän dokumentieren alle in Schleswig-Holstein abgelagerten Schichten klimatische Bedingungen, die deutlich wärmer als unser heutiges Klima waren. Zeitweise herrschten sogar aride bzw. semiaride Bedingungen. Mit Beginn des Quartärs vor ca. 2,6 Mio. Jahren führten Schwankungen der Erdbahnparameter zu einer Abkühlung der Durchschnittstemperatur und im weiteren Verlauf sogar zu Kaltzeiten mit Vergletscherungen, die sich mit Warmzeiten abwechselten. Diese Phase, das Quartär, wird in Pleistozän (glaziale Phasen) und das erst relativ kurz andauernde Holozän (Nacheiszeit), in dem wir leben, gegliedert. Ablagerungen des Früh-Pleistozän sind in Schleswig-Holstein nicht an der Oberfläche aufgeschlossen.

Während der Kaltzeiten kam es in Skandinavien zur Bildung von Gletschern und nachfolgend zur Bildung einer zusammenhängenden Eisdecke. Durch zunehmende Niederschläge erreichte das Eis eine Dicke von mehreren hundert Metern. Derartige Eismassen sind in der Lage sowohl anstehendes Untergrundmaterial mechanisch abzulösen, aufzunehmen und entweder unter, auf, im oder vor dem Eis zu transportieren. Die so vom Eis transportierten Gesteinsteile werden als „Geschiebe“ bezeichnet. Eine häufige Ablagerung der Kaltzeit ist der Geschiebemergel / Till (z.B. qw, Lg; qs, Lg), der ein Aufarbeitungsprodukt des auf dem Weg von Skandinavien oder dem Ostseeraum von den Gletschern verfrachteten Materials darstellt. Während der Vorschubphasen wurde das aufgenommene Material unterschiedlich mechanisch zerkleinert und in folgenden Stagnationsphasen abgesetzt. Charakteristisch für derartige Ablagerungen ist ein sehr breites Korngrößenspektrum. Das nach dem Tauen des Eises verbleibende Material bildet die für Vereisungsgebiete typischen Moränen, wie die unter dem Gletscher abgelagerten Grundmoränen und die vor der Eisfront befindlichen Endmoränen. Vielfach kam es an der Eisfront zu einem Vor- und Zurückweichen des Eisrandes, wobei zuvor abgelagertes Material erneut überprägt und stellenweise von Schmelzwässern auch zerspült wurde. Die morphologisch als Erhebungen hervortretenden Endmoränen sind durch die vorausgehenden Stauchungsvorgänge häufig sehr komplex aufgebaut. Sie sind z.T. durch engräumige Materialwechsel gekennzeichnet und die markantesten Relikte der kaltzeitlichen Periode.



Stauchungsphänomene am Eisrand (verändert nach KUPETZ, A., KUPETZ, M. & RASCHER, J. (2004): Der Muskauer Faltenbogen - ein geologisches Phänomen, Grundlage einer 130jährigen standortgebundenen Wirtschaftsentwicklung und Geopark in Brandenburg, Sachsen und der Wojewodschaft Lubuser Land. (Hrsg.:) Gesellschaft für Geowissenschaften e.V., Berlin, 36 S.)

Mit zunehmender Klimaerwärmung transportierten die Schmelzwässer der tauenden Gletscher das aufgenommene Material in den Bereich vor der Eisfront und setzten Sande und Kiese vor dem Eisrand ab. Im Gegensatz zu den weitgehend unsortierten Moränen sind die Schmelzwasserablagerungen hinsichtlich ihrer Korngröße häufig besser sortiert. Erfolgte der Schmelzwasserabfluss in ein offenes Vorland, bauten sich großflächige, relativ ebene Schmelzwassersandflächen, die Sander auf. Entwickelten sie sich ungestört vor der Eisfront spricht man von Außensandern, im Gegensatz zu kleinräumigeren Binnensandern im vergletscherten Bereich. Wenn abschmelzendes Eis und Moränen den freien Abfluss der Schmelzwässer ins Vorland oder im Hinterland behinderten, kam es zur Ausbildung von Eisstauseen. Die in diese Eisstauseen führenden Schmelzwasserströme schütteten in der Nähe des Einmündungsbereiches noch gröbere Sande. Mit zunehmender Entfernung vom Rand des Sees wurden immer feinere sandige Komponenten abgesetzt. Schließlich blieb nur noch der feinste Anteil, die Gletschertrübe in der Schwebe. Bei ruhigen Wasserverhältnissen kam es schließlich in den zentralen Stillwasserbereichen der Seen zur Ablagerung von Tonen. Beckenablagerungen sind die durch enge Korngrößenspektren charakterisierten, gut sortierten Beckentone und Beckenschluffe. Eiszeitliche Beckensysteme können, wie z. B. im Raum Lübeck, größere Ausdehnung aufweisen. Im Zusammenhang mit der Vereisung, dem folgenden Eiszerfall und dem Schmelzwasserabfluss sowie den bei den Verwitterungsprozessen unter Frostbedingungen entstehenden Periglazialformen kam es zur Ausbildung einer Vielzahl unterschiedlicher Sedimenttypen. Dies spiegelt sich auf der umseitigen Karte in der hohen

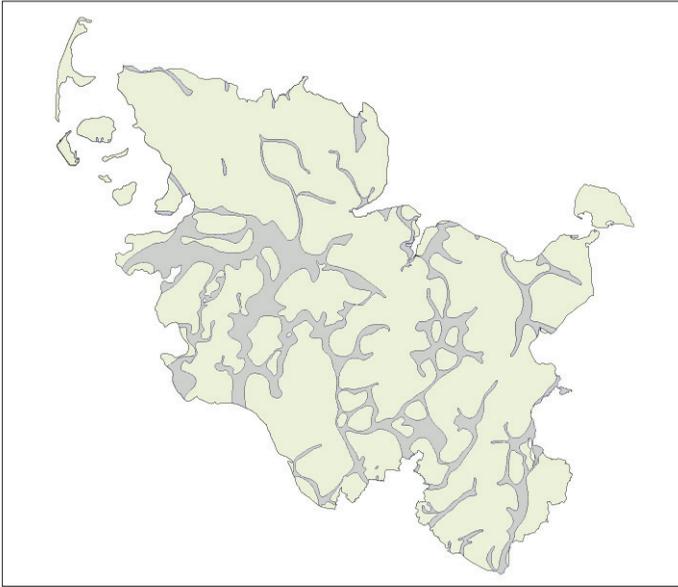


Ausschnitt aus der Geologischen Karte 1 : 25 000 Husby mit glazilimnischen Beckensedimenten (hellblau) zwischen Hürup und Ausacker

Variabilität der Oberflächensedimente und eines manchmal kleinräumigen Wechsels der vorkommenden Sedimente in den ehemals vereisten Gebieten wider.

## ELSTER-Kaltzeit

Nach dem Ende des Tertiärs gab es im Frühpleistozän z.T. ausgeprägte Kaltzeiten, die jedoch in Schleswig-Holstein nicht an der Oberfläche nachzuweisen sind. Es ist anzunehmen, dass die Gletscher und Schmelzwässer der Elster-Kaltzeit derartige Ablagerungen weitgehend erodiert haben. Geschiebemergel der von Skandinavien ausgehenden Vergletscherungen der Elster-Kaltzeit, finden sich oberflächennah nur am Roten Kliff auf Sylt, bei Lieth nahe Elmshorn und vereinzelt in Stauchstrukturen. Das elsterkaltzeitliche Eis hat jedoch Schleswig-Holstein komplett überdeckt und viel tertiäres Material aufgearbeitet. Die Basis der quartären Schichten kann näherungsweise mit 50 bis 150 m unter der heutigen Geländeoberfläche angenommen werden. Generell ist diese Schichtunterfläche relativ einheitlich beschaffen. Es gibt jedoch elsterkaltzeitlich angelegte, bis ca. 350 m tief in die Tertiäroberfläche eingeschnittene Rinnen. Stellenweise sind diese Rinnen mit Sanden verfüllt und werden zur Grundwassergewinnung genutzt. Ihre Entstehung wird sowohl mit Ausräumung durch die Gletscher selbst als auch durch unter hohem Druck stehende subglaziäre Wässer in Verbindung gebracht. Gegen Ende der Elster-Kaltzeit wurden die Rinnen teilweise mit dem glazilimnischen Lauenburger Ton verfüllt, der in den obersten Bereichen durch brackisch bis marine, arktische Foraminiferenfaunen (Einzeller) gekennzeichnet ist. Es ist anzunehmen, dass



Verbreitung subglazial ausgeräumter elsterkaltzeitlicher Rinnen

darüber hinaus weitere Rinnen bestehen, die aufgrund fehlender tieferer Bohrungen noch unbekannt sind.

### **HOLSTEIN-Warmzeit**

Mit der Zunahme des Inlandeises war eine Absenkung des Meeresspiegels verbunden und gegen Ende der Elster-Kaltzeit und in der folgenden Holstein-Warmzeit drang das Meer erstmalig seit dem Miozän für relativ kurze Zeit wieder über schmale Meeresarme vom Untereisraum aus vor. Die marinen Sedimente der Holstein-Warmzeit finden sich im südlichen Holstein in Bohrungen und überwiegend in Form glazial aufgestauchter Schollen in Stauchmoränen. Die Holstein-Serie war besonders gut in den Tongruben von Wacken, nordöstlich von Burg in Dithmarschen aufgeschlossen gewesen, wo Tone der Elster-Kaltzeit von einem grauen, sehr fossilreichen, schluffigem Ton der Holstein-Warmzeit überlagert wurden, die in Form von Großschuppen aufgepresst sind. Landeinwärts lassen sich holsteinwarmzeitliche Sedimente bis in die Störniederung bei Kellinghusen verfolgen.



Ehemaliger Abbau von holsteinwarmzeitlichen Tonen in der Tongrube Muldsberg bei Wacken

## SAALE-Komplex

Die nach der Holstein-Warmzeit vor ca. 300 000 Jahren einsetzende Saale-Kaltzeit wird allgemein als Saale-Komplex bezeichnet und besteht aus einer Abfolge von mehreren Vereisungsphasen, deren Gletscher fast das gesamte Gebiet Schleswig-Holsteins überfahren haben und bis weit nach Niedersachsen hinein reichten. Die typischen kaltzeitlichen Ablagerungen Geschiebemergel / Till sind vor allem in den westlichen Landesteilen verbreitet. Die saalekaltzeitlichen Geschiebemergel lassen sich in einen jüngeren Geschiebemergel (qsJG, Hennstedt-Vorstöß, verbreitet in der Mitte Schleswig-Holsteins), einen mittleren Geschiebemergel (qsMG, Kuden-Vorstöß, verbreitet u.a. Drelsdorf, Ostfeld, Raum Kuden - St. Michaelisdonn) und in einen älteren Geschiebemergel gliedern (qsAG, Burg-Vorstöß, verbreitet u.a. Raum Ostfeld-Husum, Leck, Sylt, im südlichen und westlichen Holstein nur in Kiesgruben und Stauchungszonen). Die eindeutige Zuordnung zu den verschiedenen Vorstößen ist teilweise noch offen, weshalb in der Geologischen Übersichtskarte 1 : 250 000 nicht zwischen den verschiedenen saalekaltzeitlichen Geschiebemergeltypen differenziert wird. Im Vergleich mit den wesentlich jüngeren Weichselablagerungen des Östlichen Hügellands werden die Grund- und Endmoränen des Saale-Komplexes als Altmoränengebiet bezeichnet. Kennzeichnend für diesen, vom Weichsel-Eis nicht mehr erreichten, Landschaftsraum ist ein eher ausgeglichenes Relief. Verwitterungsprozesse während der Eem-Warmzeit und im Holozän sowie periglaziäre Bedingungen in den eisfreien Gebieten während der Weichselkaltzeit führten zu oberflächennahen Umlagerungsprozessen der saalekaltzeitlichen Ablagerungen. Die schützende Vegetation fehlte in Zeiten des

Hochglazials und Frostsprengung, Windangriff sowie ein intensiver Frost-Tauwechsel führten zu Massenverlagerungen und sind ursächlich für das relativ ausgeglichene Oberflächenbild des Altmoränenbereiches. Dieser Bereich erstreckt sich als unterschiedlich breites Band aus Dänemark kommend von Süderlügum über Leck, Bredstedt, Husum, Norderstapel, Heide, Burg, Itzehoe, Pinneberg, Glinde bis nach Lauenburg. Außerdem bedecken Sedimente des Saalekomplexes auch Teile der Nordfriesischen Inseln. In dieser Zone finden sich neben Geschiebemergel / Till, der aufgrund lang andauernder Verwitterungsprozesse z. T. tief entkalkt sein kann, Schmelzwassersande und vereinzelt saalekaltzeitliche Beckensedimente.

## **EEM-Warmzeit**

Die abschmelzenden Eismassen des Saalekomplexes führten vor ca. 126 000 Jahren zu einem erneuten Anstieg des Meeresspiegels. Das Klima ähnelte dem heutigen und war nur geringfügig wärmer. Flächenhafte Ablagerungen, wie sie für Kaltzeiten typisch sind, kommen in der als Eem-Warmzeit bezeichneten Epoche nicht vor. Marine Sedimente drangen aus dem Nordseeraum im mittleren Schleswig-Holstein weit nach Osten vor. In der Eider-Sorge-Niederung lässt sich eine tiefere Rinnenstruktur verfolgen in der das Eem-See in den Niederungen zwischen den saalekaltzeitlichen Moränen- und Geestflächen bis in den Raum von Rendsburg vorgedrungen war. Einige Bohrungen mit marinem Eem deuten auf eine Verbindung zwischen Nord- und Ostsee im mittleren Landesteil hin. Nach dem Eiszerfall der saalekaltzeitlichen Gletscher bestanden zahlreiche Geländemulden in denen stellenweise eemwarmzeitliche Torfe und Mudden erhalten blieben. Am Steilufer der Elbe bei Lauenburg (Kuhgrund) ist ein derartiger Eem-Torf angeschnitten. Vieles spricht für ein stark ozeanisch geprägtes Klima. Bereits vor 115 000 Jahren setzte dann eine erneute Klimaabkühlung dieser kurzen Warmzeit ein Ende und der glaziale Zyklus begann aufs Neue. Der Meeresspiegel sank kräftig und das Eis erreichte von England aus nochmals die Doggerbank, skandinavische Inlandeismassen rückten erneut bis Schleswig-Holstein vor.

## **WEICHSEL-Kaltzeit**

Diese Epoche wird nach der Typusregion, dem unteren Weichseltal, als Weichsel-Kaltzeit bezeichnet. Die aus Skandinavien kommenden weichselkaltzeitlichen Gletscher sind nicht mehr so weit nach Westen vorgedrungen wie dies bei den älteren Vereisungen des Saale-Komplexes der Fall war und haben die Elbe nicht überschritten. Morphologisch heben sich die Moränen der Weichselkaltzeit durch ein intensiveres Oberflächenrelief ab. Die markantesten Höhen, zumeist bereits saalezeitlich geprägte Stauchungszonen wie z.B. der Bungsberg, liegen in diesem Gebiet. Der Bungsberg ist nicht von allen Eisvorstößen der Weichsel-Kaltzeit überfahren worden, sondern wurde während des letzten Vorstoßes als so genannter Nunatak vom Eis nur umflossen. Der Ablagerungsraum dieser Schichten wird als Jungmoränengebiet oder Östliches Hügelland bezeichnet und ist durch großflächig verbreitete Geschiebemergel gekennzeichnet. Die weichselkaltzeitlichen Moränen konnten fünf verschiedenen Vorstößen zugeordnet werden: Brügge-Vorstoß, Gönnebek-Vorstoß, Blumenthal-Vorstoß, Sehberg-Vorstoß und Warleberg-Vorstoß.

In einem ersten Stadium drang der Brügge-Vorstoß in die saalekaltzeitlich geformte und eemzeitlich überprägte Landschaft vor. Die Mächtigkeit seiner Ablagerungen blieb relativ gering, stellenweise ist die Moräne zerspült. Das zweite Stadium wird als „Jungbaltischer Vorstoß“ bezeichnet, in dessen späte Phase die morphologisch markanten Blumenthal- und Sehberg-Phasen fallen.

Die Geschiebemergelbereiche bilden größere zusammenhängende Flächen und sind durch einzelne, zumeist längliche Schmelzwassersandzonen gegliedert. Stellenweise handelt es sich dabei um subglazial angelegte Schmelzwasserrinnen (Tunneltäler), die eine erhebliche Breite einnehmen können. Weitere weichselkaltzeitliche Schmelzwasserbildungen sind die vereinzelt anzutreffenden, länglich gestreckten Oser. Die bahndammartigen Oser wurden von den Schmelzwasserströmen in Tunneln im und unter dem Gletschereis aufgeschüttet. Ein typisches Beispiel ist das ca. 1,5 km nordwestlich von Süderbrarup gelegene Os an der Bahnstrecke Kiel-Flensburg. Weitere Relikte der Schmelzwässer sind Beckensedimente, die großflächig z.B. im Lübecker Raum, nordöstlich von Malente sowie in Angeln vorkommen. In größerem Maße werden die weichselkaltzeitlichen Moränenflächen durch einzelne Schmelzwasserabflusstäler, Binnensander oder auch Bereiche gestauchter Sande und Kiese gegliedert.



Gestauchte weichselkaltzeitliche Ablagerungen bei Bosau / Ostholstein

Im Vorfeld der Eisfront führten die austretenden Schmelzwässer zur Aufschüttung großflächiger Sand- und Kieskörper, den Außensandern, deren Charakteristikum zumeist eine schwach in Richtung Nordsee geneigte, relativ ebene, nur von einzelnen Niederungen gegliederte Fläche ist. Die Außensander befinden sich überwiegend westlich bis südwestlich der äußersten Grenzlinie der weichselkaltzeitlichen Vergletscherung. Im Gegensatz zum Ausgangsmaterial, das ein breites Korngrößenpektrum umfasst, haben die Sortierungsvorgänge des fließenden

Wassers relativ einheitlich aufgebaute Sedimentkörper entstehen lassen, die für die Sand- und Kies-Industrie des Landes Bedeutung haben.

Nach dem durch Grund- und Endmoränen gekennzeichneten Hochglazial sind in Schleswig-Holstein gegen Ende der Weichsel-Kaltzeit drei wärmere Phasen belegende Interstadiale differenzierbar: Meiendorf-Interstadial, Bölling-Interstadial und als Jüngstes Alleröd-Interstadial. In die Zeit der finalen Abkühlungsphase des Weichselspätglazials fällt die erste Bildung von Flugsanddecken und Dünen.

Vor ca. 15 000 Jahren lag der Spiegelstand der damaligen Meere mehr als 100 m unter dem heutigen Niveau und die weichselkaltzeitlichen Eismassen hatten sich schon bis in den Raum zwischen Rügen und Bornholm zurückgezogen. Vor dem Eisrand hatte sich ein kleinerer Eisstausee und in den tiefsten Bereichen der heutigen Ostsee dessen schmale Ausläufer und die Entwässerungssysteme aus dem Binnenland gebildet. Vor ca. 12 000 Jahren bildete sich daraus der Baltische Eisstausee der nun mit Süßwasser größere Flächen der heutigen Ostsee bedeckte. 500 Jahre später drang das so genannte Yoldia-Meer als mariner Ausläufer über Südschweden bis zur Höhe von Rügen vor, während sich das Gebiet der heutigen Westlichen Ostsee noch immer von fingerförmigen Süßwasserseen bedeckt war.

## HOLOZÄN

Der Beginn des Holozäns wird auf ca. 11 700 Jahre vor heute gelegt und kennzeichnet die nachkaltzeitliche Epoche der Klimaerwärmung und den damit einhergehenden Wiederanstieg des Meeresspiegels. Der marine Zugang über Südschweden schloss sich wieder, so dass schließlich um 10 500 vor heute der Ostseeraum vom Baltikum bis in die westliche Ostsee von einem größeren Süßwassersee, dem Ancylus-See bedeckt war. Um 10 000 vor heute war der Spiegel dieses Sees um 9 m auf etwa 25 m NHN gesunken, so dass im Bereich der Westlichen Ostsee wiederum nur noch fingerförmige Rinnen und kleinere Restseen existierten. Salzhaltiges Wasser und damit marine bzw. brackische Verhältnisse, sind in der Westlichen Ostsee erstmalig mit Beginn des Atlantikums (8 750 Jahre vor heute nachgewiesen). Die erste, ca. 1 000 Jahre andauernde Phase wird als Mastogloia-Meer bezeichnet, an die sich die eigentliche Anstiegsphase, die als Littorina-Meer bezeichnet wird anschließt. Nach einer Zwischenphase befindet sich die Ostsee seit ca. 500 Jahren bis heute in der Phase „Mya-Meer“. Namengebend ist die größte heute in der Ostsee lebende Muschel „*Mya arenaria*“. Typische, mit dem Meeresspiegelanstieg zusammenhängende Sedimente sind die an der Ostseeküste weit verbreiteten Strandsande bzw. Strandwälle (qh,s,st-stw).

Große Teile dieses Materials entstammen den Aufarbeitungsprozessen im Zusammenhang mit dem Küstenabbruch. Entweder kommt es während starker Sturmereignisse zu direktem Küstenabtrag an der Uferlinie oder dieser Abtrag geschieht als Abrasion durch Welleneinwirkung über küstennahen Geschiebemergelfeldern. Küstenparallele Längsströme sorgen für eine Verteilung der gelösten Sedimentkomponenten. Als Strandwall bezeichnet man den wallartigen,



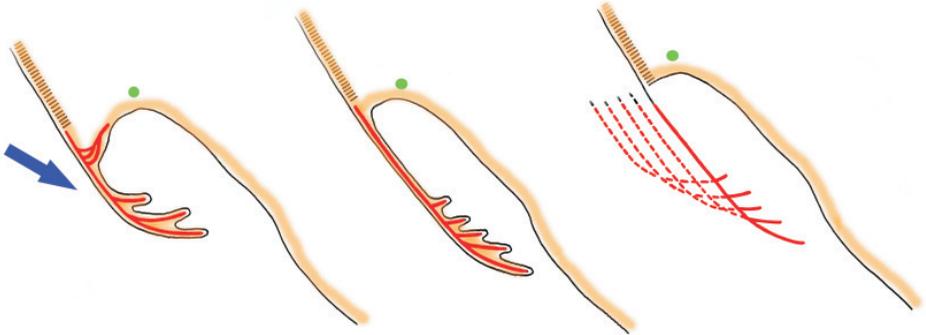
Abbruch und küstenparalleler Sedimenttransport am Steilufer bei Schönhagen / Schwansen

häufig aus gröberen, z. T. dachziegelartig übereinander liegenden Komponenten bestehenden Teil des Strandes der bei Sturmereignissen aufgeschichtet wird. Die Zusammensetzung von Strandwällen schwankt je nach Beschaffenheit des Liefergebietes und der Transportenergie des Wassers.



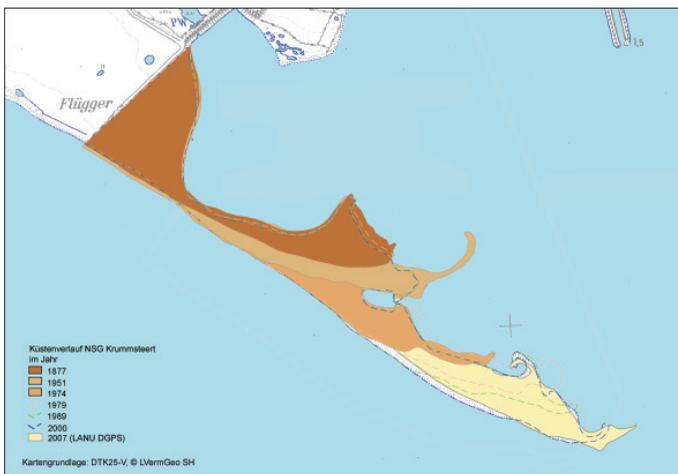
Aufbau eines Strandwalls (Krummsteert / Fehmarn)

Generell führen die küstendynamischen Prozesse zu einer Ausgleichsküste, d.h. neben Steiluferstrecken, die sich kontinuierlich im Abbruch befinden, kommt es in Niederungsbereichen stellenweise zur Bildung von Anlandungs- und Anwachs-zonen. Gleichzeitig verlagern sich die Steiluferebereiche kontinuierlich landwärts.



Rückverlagerung der Küstenlinie und Entwicklungsphasen eines Strandwallsystems (verändert nach KÖSTER, R. (1955): Die Morphologie der Strandwall-Landschaften und die erdgeschichtliche Entwicklung der Küsten Ostwagriens und Fehmarns. MEYNIANA 4, S. 52 - 65. Kiel)

Wenn genügend Material vorhanden ist, d.h. das Liefergebiet ergiebig genug ist, kann sich wie z. B. bei Heiligenhafen, Schleimünde oder am Krummsteert auf Fehmarn eine ausgedehnte Strandwallandschaft entwickeln. Durch kontinuierlichen Materialnachschub kommt es zum Anwachsen der oft Nehrungen (Haken) ausbildenden Strandwälle, deren Veränderung in historischer Zeit durch die Verlagerung der Uferlinie im Kartenvergleich gut nachvollziehbar ist. Einige Strukturen, wie z.B. der Krummsteert im Südwesten von Fehmarn sind durch aktuell hohe Anwachs-raten gekennzeichnet. In den 130 Jahren seit 1877, als im Zuge der preu-ßischen Landesaufnahme dieses Strandwallsystem erstmalig topographisch auf-genommen wurde, bis 2007 hat sich die Hakenspitze um mehr als 1000 m in südöstliche Richtung verlagert. Als Beispiel für die starke Dynamik dieses



Anwachsstadien und Veränderung des Küstenverlaufs des Strandwall-systems Krummsteert / Fehmarn zwischen 1877 und 2007

Küstenbereichs kann der Zeitraum zwischen 1974 bis 1979 gelten, in dem eine jährliche Zuwachsrate von 64 m ermittelt wurde. Zusätzlich zum marinen Sedimenttransport findet in diesem Bereich eine äolische Sedimentverfrachtung statt.



Strandwalllandschaft des Krummsteert bei Flügge auf Fehmarn

Im Spätglazial herrschten wegen der weitgehenden Vegetationsfreiheit optimale Bedingungen für die Bildung von Flugsanden und auch für die Entstehung ausgedehnter Dünengebiete. Materiallieferanten waren primär die weitläufigen Bereiche der relativ ebenen Außensander. Der in der Küstenzone stärker wehende Wind und die Materialversorgung durch die Küstenerosion begünstigte zudem in diesen Bereichen die Bildung von Küstendünen (qh(-qw),S,d), wie z.B. in der Nähe von Weißenhäuser Strand an der Hohwachter Bucht oder als große Dünengebiete auf Sylt. Ältere Dünenbildungen befinden sich auch im Landesinneren, wo sich z.B. bei Süderlügum oder Sorgwohld große, von Binnendünen überdeckte Flächen erstrecken. Das initiale Stadium, der Flugsand (qh(-qw),S,a) ist häufig in den Geestbereichen verbreitet und findet sich z. B. großflächig am Geestrand zwischen Elmshorn und Wedel.

An der Westküste erfolgte die Veränderung der Küstenlinien primär durch den klimabedingten Meeresspiegelanstieg. Bereits im Spätglazial stieg der Meeresspiegel schnell auf -45 m an und stagnierte von 12 000 bis 9 000 Jahre vor heute längere Zeit auf diesem Niveau. Die damalige Nordsee hatte gegen Ende der Weichsel-Kaltzeit nur geringe Ausmaße und lag weit entfernt vom heutigen Festland, die heutige Ostsee existierte in dieser Form noch nicht. Die Landoberfläche großer Teile des westlichen Schleswig-Holstein und der westlich anschließenden Gebiete lag zur Wende Weichsel-Kaltzeit / Holozän unterhalb der



Binnendünen bei Süderlügum

heutigen 0-m-Linie. Zum einen waren dies die zwischen den saalekaltzeitlichen Hochgebieten kontinuierlich nach Westen abdachenden Ausläufer der weichselkaltzeitlichen Schmelzwasserebenen und zum anderen die fingerförmig weit im Osten ansetzenden Bereiche der Schmelzwasserentwässerungs- und Flusssysteme der heutigen Eider / Treene / Sorge im mittleren Schleswig-Holstein.

Vom Zerfall und Abschmelzen des Weichsel-Eises ausgelöst, stieg der Meeresspiegel in der Folgezeit und führte parallel zur Ablagerung von holozänen Sedimenten. Die holozäne Schichtenfolge im Westküstenbereich setzt vielfach mit einem organischem Basaltorf ein, über dem je nach Ablagerungsbedingungen küstennahe Stillwasser- oder küstennahe Bewegtwassersedimente abgesetzt wurden. Der Raum mit den zumeist sandigen Ablagerungen in der Weichsel-Kaltzeit und der Saale-Kaltzeit wird in Norddeutschland als Geest bezeichnet. Der heutige Geestrand ist durch einen markanten Wechsel zwischen den größeren kaltzeitlichen Schichten wie z.B. den Schmelzwasserbildungen und den westlich daran anschließenden, marinen bzw. brackischen Meeressedimenten der Marsch gekennzeichnet. Als Marsch bezeichnet man den reliefarmen Ablagerungsraum zwischen der Küstenlinie und dem Geestrand. Flussmarschen können sich stellenweise weit ins Landesinnere erstrecken. Bei den feinkörnigen Marschen lassen sich grob folgende Sedimenttypen unterscheiden:

- Kalkmarsch (qh,U-T,m)
- Klei- und Knickmarsch (qh,U-T,br)
- Organomarsch (qh,Th,br)

Im Vorland der Seedeiche kann die Entstehung von Marsch als sporadisch überfluteter Bereich aktuell beobachtet werden.



Vorlandbildungen mit Sturmflutschichtung im Außendeichbereich des Neufelderkoog / Dithmarschen

Niedermoortorf (qh,Hn) ist im gesamten Landesgebiet verbreitet und kennzeichnet Schichten mit einem hohen Anteil organischen Materials. Typisch ist die unvollständige Zersetzung der bildenden Pflanzengesellschaften und ihre Bindung an hohe Grundwasserstände. Die Torf bildenden Pflanzenteile sind je nach Zersetzungsgrad oft noch gut erkennbar. Niedermoortorfe entstehen bei Verlandungsprozessen nährstoffreicher Gewässer. In den weichsel-kaltzeitlich geprägten Gebieten kommen Niedermoore bevorzugt in Nähe der Schmelzwasserabflussbereiche, aber auch in küstennahen Ostsee-Bereichen bzw. im Bereich abflussloser Senken vor. Im saalekaltzeitlichen Gebiet gibt es ähnliche Verbreitungsmuster. Die größten zusammenhängenden Niedermoortorflächen befinden sich westlich des Geestrandes als so genannte Geestrandmoore.

Eine weitere Variante organischer Schichten stellt der Hochmoortorf (qh,Hh) dar. Die aufgewölbten Hochmoore entwickeln sich beim Aufwachsen des Torfes über dem mittleren Grundwasserstand und die Wasserversorgung der Torfpflanzen erfolgt ausschließlich über das nährstoffarme Regenwasser. Hochmoore können sich bei genügendem Grundwasserabstand über Niedermoortorfen oder über nährstoffarmen Böden entwickeln. Große Hochmoortorflächen finden sich besonders im zentralen Teil Schleswig-Holsteins.

Im Gegensatz zu den aus Aufwuchsprozessen entstanden Torfen, wurden die Mudden in stehenden Gewässern oder in langsam fließenden Gewässern abgelagert. Mudden sind überwiegend Seeablagerungen mit organischen Anteilen und mineralischen Komponenten. Neben der hauptsächlich vorkommenden Süßwasser-Mudde sind stellenweise auch Brackwasser-Mudden verbreitet.

Eine der wichtigsten Ressourcen für das menschliche Leben und die Natur ist Grundwasser, dessen Vorkommen, Fließbewegung und Beschaffenheit maßgeblich durch den geologischen Schichtaufbau beeinflusst wird. Unterhalb des Grundwasserspiegels, der in Schleswig-Holstein meistens einige Dezimeter bis Meter unter der Erdoberfläche liegt, füllt es die Poren der hier verbreiteten Lockergesteine (z.B. Sand, Ton, Geschiebemergel) vollständig aus.

Gebildet wird Grundwasser durch Niederschläge, die als Regen, Schnee oder Hagel auf der Erdoberfläche auftreten und zu einem bestimmten Anteil, der vom Ausmaß der Verdunstung und des Wasserabflusses an der Oberfläche abhängt, unter dem Einfluss der Schwerkraft im Untergrund versickern. Nach mehr oder weniger langer Untergrundpassage tritt es in Gewässerniederungen oder im Meer wieder aus und ist damit Teil des natürlichen Wasserkreislaufes. Im Verlauf der Untergrundpassage wird das Grundwasser, abhängig von der Gesteinszusammensetzung und Mächtigkeit der durchsickerten Schichten, gereinigt und mit Mineralstoffen angereichert.

In den vergleichsweise großen Poren von Sanden und Kiesen kann sich das Grundwasser langsam in der Größenordnung Meter pro Tag bewegen. Dabei folgt es dem natürlichen, durch die Lage der Vorfluter beeinflussten Grundwassergefälle.



Hydrogeologische Spülbohrung

Großflächig zusammenhängende, wassergesättigte Sandkörper werden als Grundwasserleiter bezeichnet, diese können Mächtigkeiten bis über 100 Meter erreichen.

Im Gegensatz zu den sandigen Grundwasserleitern sind die Gesteinsporen in tonigen Schichten (z.B. im Geschiebemergel) sehr klein, die hier auftretenden Kapillarkräfte erlauben nur äußerst langsame Grundwasserbewegungen in der Größenordnung Meter pro Jahr. Derartige Grundwassergeringleiter besitzen eine große Bedeutung als schützende Deck- oder Trennschichten von Wasserleitern. Für weite Teile Schleswig-Holsteins ist eine Stockwerksgliederung von Grundwasser leitenden bzw. nicht leitenden Schichten charakteristisch.

Mit dem Sickerwasser gelangen verschiedene Stoffe ins Grundwasser - aus Lösungsvorgängen am mineralischen Sedimentkörper und aus der menschlichen Nutzung. Die Zusammensetzung



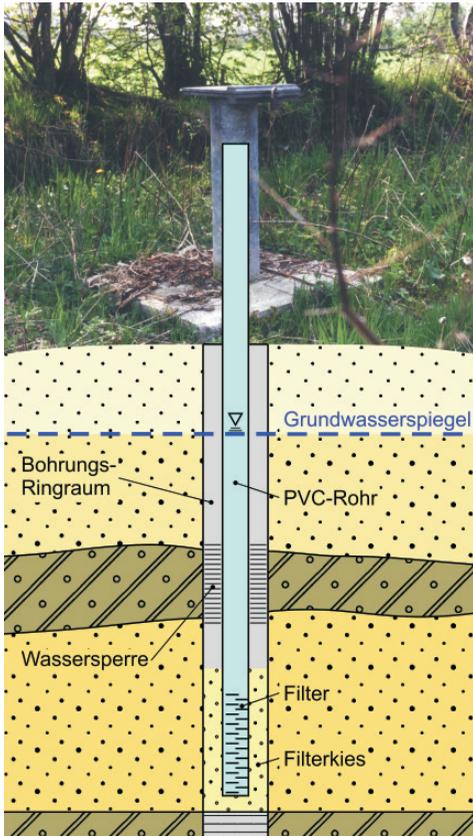
Proben einer hydrogeologischen Spülbohrung aus verschiedenen Horizonten

Schadstoff-Abbaupotenzial im Untergrund groß aber nicht unendlich ist, ist aktiver Grundwasserschutz die Voraussetzung für eine langfristige Sicherung unserer Trinkwasserressourcen.

Gebietsweise ist das Grundwasser in Schleswig-Holstein versalzen. Grundwasser-  
versalzung betrifft weite Teile der Niederungen an der West- und zum Teil an der  
Ostküste, dort dringt das spezifisch schwere Meerwasser landwärts in die Grund-  
wasserleiter ein. Es unterschichtet das Süßwasser oder vermischt sich mit diesem.  
Zudem werden an einigen im Untergrund verlaufenden Salzstrukturen salzhaltige  
Gesteine angelöst. Hoch konzentrierte Solen zirkulieren dort im tiefen Untergrund  
und können unter bestimmten hydrogeologischen Bedingungen auch in die ge-  
nutzten Wasserleiter gelangen.

Der Gesamtbedarf an Trinkwasser, rd. 300 Millionen Kubikmeter pro Jahr, wird in  
Schleswig-Holstein aus Grundwasser gewonnen. Die Grundwasserförderung  
erfolgt aus bis zu 400 Meter tiefen Brunnen, die in sandigen Schichtabschnitten  
verfiltert sind. Die Grundwassergewinnung stellt einen bedeutenden Wirtschafts-  
faktor dar, eine nachhaltige Bewirtschaftung dieser Ressource erfordert gute  
hydrogeologische Kenntnisse. Da sich die hydraulischen und hydrochemischen  
Prozesse einer unmittelbaren Beobachtungsmöglichkeit entziehen, müssen auf-  
wändige Untersuchungsverfahren angewendet werden, hierzu zählen Bohrungen,  
geophysikalische Messungen, der Bau von Grundwassermessstellen, Pumptests  
und Grundwasseranalysen. Mit Hilfe von Interpolationsverfahren oder mathema-  
tisch-numerischen Modellen können Zusammenhänge herausgearbeitet und ver-  
deutlicht werden. Auch die vorliegende Geologische Übersichtskarte stellt eine

der erstgenannten Stoffe bestimmt die Grundwasserbeschaffenheit und den Grundwassertypus, der beispielsweise durch hohe oder geringe Wasserhärte, durch die Eisen- und Mangangehalte oder durch den pH-Wert geprägt wird. In der Regel nimmt die Stoffkonzentration dieser geogenen Wasserinhaltsstoffe mit der Tiefe zu. Bei den Einträgen aus der menschlichen Nutzung handelt es sich meist um Nähr- oder Schadstoffe (z.B. Stickstoffverbindungen, Pflanzenbehandlungsmittel oder Kohlenwasserstoffverbindungen), die im Grund- und Trinkwasser unerwünscht sind. Viele dieser Schadstoffe werden im Sedimentgerüst festgelegt und durch chemische oder biologische Prozesse im Untergrund abgebaut. Positiv wirkt sich dabei eine lange Verweildauer des Grundwassers im Untergrund aus, die durch tonige Deck- und Trennschichten begünstigt wird. Da das



Schematische Darstellung einer hydrogeologischen Messstelle

eiszeitlichen und jungtertiären (pliozäne Kaolinsande) Schichtfolge stehen aber ergiebige Grundwasserleiter, allerdings mit regional unterschiedlichem Bedeckungsgrad durch tonige Schichten, zur Verfügung.

wichtige Informationsquelle für die regionale Versickerungsfähigkeit von Niederschlagswässern dar.

Mit Ausnahme von Fehmarn / Nordwagrien sowie weite Bereiche der Marschen und Niederungen an der Westküste und der Elbe ist fast überall in Schleswig-Holstein die Entnahme größerer Grundwassermengen möglich, allerdings in unterschiedlicher Tiefenlage und Qualität. Im östlichen Hügelland sind nutzbare Wasserleiter weitflächig durch Geschiebemergel abgedeckt und vor Verschmutzung geschützt. Gleichzeitig bilden eiszeitliche Sande mit tertiären Braunkohlensanden mächtige und ergiebige Wasserleiter. Letztere sind auch im mittleren Landesteil verbreitet, allerdings besitzen die oberflächennäheren wasserführenden Schichten im Bereich der Sanderflächen nur ein geringes natürliches Schutzpotenzial in Folge fehlender Deckschichten. Im westlichen Schleswig-Holstein sind die tiefen tertiären Wasserleiter großenteils sehr feinkörnig ausgebildet, z.T. versalzen oder durch huminstoffreiche Grundwässer für die Gewinnung von Trinkwasser nicht geeignet. Innerhalb der

Für die Beurteilung des Baugrundes werden Beziehungen zwischen der Beschaffenheit, der Zusammensetzung, der Entstehung der geologischen Schichten auf Basis der gültigen Normen und Regelwerke herangezogen. Durch die Verteilung der geologischen Schichtfolgen mit den jeweiligen geotechnischen Eigenschaften lassen sich in Schleswig-Holstein ingenieurgeologisch unterschiedliche Baugrundtypen benennen. Aus den verschiedenen Baugrundtypen, die Bodengruppen nach DIN 18196 und Bodenklassen nach DIN 18300 beinhalten, lassen sich verschiedene Informationen zu Gründungsmaßnahmen ableiten. Jedoch sind immer ingenieurgeologische Einzelfalluntersuchungen notwendig.

Während die oberflächennahen saalezeitlichen und weichselzeitlichen Schichtfolgen aus wechsellagernden Geschiebelehmen, Geschiebemergel, Beckensedimenten und Schmelzwassersanden in der Regel einen mittel bis gut tragfähigen Baugrund bilden, bestehen die holozänen Ablagerungen im Bereich der Westküste und der Elbe vorwiegend aus verformungsempfindlichen Bodenarten (Klei, Torfe, Auelehme) mit entsprechend geringer Tragfähigkeit. Dies gilt sinngemäß auch für die alten Strandwallbereiche der Ostseeküste.



Deichbaustelle bei Neufeld im Bereich verformungsempfindlicher, holozäner Bodenarten

Einzelne Festgesteinvorkommen von Buntsandstein (Helgoland) und Zechstein (Bad Segeberg) bedürfen einer gesonderten Betrachtung als Baugrund.

Weitere Gebiete mit einem besonderen Georisiko bilden wasserlösliche Gesteine, die im Zuge des Salzaufstiegs oberflächennah liegen. Hier können durch zirkulierende Grundwässer mit einhergehender Lösung und Auslaugung sowie anschließenden Senkungen Erdfälle auftreten. Erdfallereignisse (lokale Einbrüche bis an die Oberfläche) können immer dann ein Problem darstellen, wenn diese plötzlich und in der Nähe von Wohngebieten oder sonstigen Infrastruktureinrichtungen auftreten.



Erdfall in Münsterdorf (ca. 2,5 m tiefer kesselartiger Einbruch)

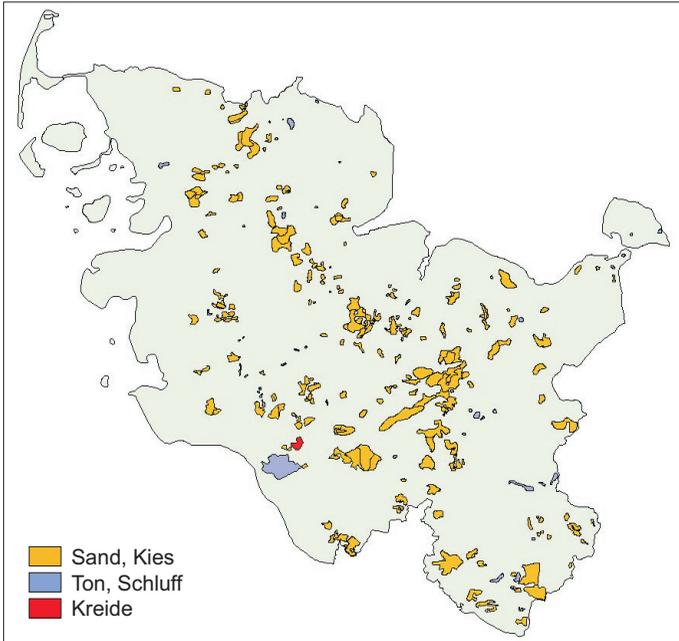
## GENUTZTE ROHSTOFFE

Sande und Kiese, Kalksteine sowie Tone sind die Gesteine, die derzeit in Schleswig-Holstein als mineralische Rohstoffe (Steine und Erden) abgebaut und überwiegend in der Bau- bzw. Baustoffindustrie verwendet werden. Darüber hinaus findet eine bedeutsame Gewinnung von Erdöl und Erdgas statt.

In den letzten Jahren wurden ca. 1,4 Mio. t Erdöl jährlich gefördert (Mittelplate / Dieksand); die Reserven liegen derzeit bei ca. 14,5 Mio. t. Im Bereich der deutschen Nordsee werden ca. 300 Mio. m<sup>3</sup> Rohgas jährlich gefördert; die Reserven (Reingas) liegen bei ca. 1 Mrd. m<sup>3</sup>. Die durchschnittliche jährliche Gesamtproduktion aller Steine- und Erden-Rohstoffe liegt bei insgesamt 18,5 Mio. t, davon im Festlandsbereich bei ca. 16,5 Mio. t.

Nahezu die gesamten Sand- und Kiesvorkommen sind aus Ablagerungen der letzten beiden Kaltzeiten gebildet worden und somit über das ganze Land verteilt. Die bedeutendsten Lagerstätten liegen jedoch im Bereich von Gletscherrandlagen der Weichsel-Kaltzeit. Hier stehen wirtschaftlich nutzbare Gesteine gelegentlich großflächig an, meist sind sie jedoch räumlich eng an ehemalige Tunneltäler, Gletschertore und Schmelzwasserrinnen gebunden. In gletscherrandnahen Lagen entstanden Lagerstätten mit Kiesanteilen von 20 bis 30 Masse-%. Mit zunehmender Entfernung von den Eisrändern wurden deutlich kiesärmere Sande abgelagert. Schwerpunkträume der Sand- und Kiesgewinnung liegen insbesondere in einer Zone, die sich nördlich von Lauenburg bis nach Flensburg erstreckt, wobei der

Kreis Segeberg in zweierlei Hinsicht herausragt. Dort liegt ein Viertel des derzeit erkundeten Potenzials an Sand und Kies, zudem stammt gut ein Drittel der jährlichen landesweiten Sand- und Kiesproduktion aus diesem Raum und trägt wesentlich zur Versorgung der Metropolregion Hamburg bei. In den letzten Jahren wurden jährlich ca. 13,5 Mio. t Sand und Kies auf dem Festland gewonnen. In den Küstengewässern und im Landesanteil der deutschen Ausschließlichen Wirtschaftszone (AWZ) der Nordsee werden ebenfalls bedeutsame Mengen Sand und Kies gewonnen. Die gesamte Offshore-Förderung beträgt jährlich ca. 2 Mio. t Sand und Kies, wobei Fördermengen aus dem Bereich des Küstenmeeres für Küstenschutzmaßnahmen (Sandvorspülungen) den größten Anteil ausmachen.



Verbreitung oberflächennaher mineralischer Rohstoffe

Bei Klein und Groß Pampau werden miozäne Glimmertone als Ton-Rohstoffe abgebaut. In den westlich des Landes gelegenen Marschengebieten stellen tonige Brackwasser- bzw. perimarine Ablagerungen (holozäner Klei) Rohstoffpotentiale dar, deren obere entkalkte tonreiche Schichten bei Glückstadt für die Ziegelherstellung sowie an anderen Standorten in größeren Mengen für Deichbaumaßnahmen genutzt werden. Der größte Teil der ca. 100 000 t Gesamtförderung an Tonen wird für Dichtungszwecke bzw. im Erd- und Grundbau (Deponien, Regenrückhaltebecken) verwendet. Die an verschiedenen Standorten der Westküste in einer Größenordnung von jährlich ca. 100 000 m<sup>3</sup> stattfindende Kleigewinnung wird ausschließlich als Abdeckmaterial bei Deichverstärkungsmaßnahmen eingesetzt.

Das einzige in Schleswig-Holstein genutzte Kalkvorkommen befindet sich südlich von Itzehoe in Lägerdorf auf der Salzstruktur Krempe. Die feinkörnigen, kaum verfestigten Schreibkreidesedimente werden wegen der geringen Abraummächtigkeit

keit und der hohen Kalkgehalte schon seit rund 150 Jahren bis max. 100 m unter Gelände industriell abgebaut. Jährlich werden ca. 2.5 bis 3 Mio. t Rohkreide gefördert. Der überwiegende Teil dieser Produktion wird zur Zementherstellung genutzt. Weitere Anteile finden als Füllstoffe mit hohem Weißgrad in der Papierindustrie sowie als granuliert Kalke Verwendung, die in der Land- und Forstwirtschaft sowie im Garten- und Landschaftsbau als Düngemittel eingesetzt werden.

Die Nutzung der überwiegend im Holozän gebildeten Torfvorkommen ist heute wirtschaftlich unbedeutend (ca. 115 000 m<sup>3</sup>/a). Die Produktion wird überwiegend zur Herstellung von Kultursubstraten, Pflanz- und Blumenerden für Gärtnereien und Baumschulen sowie unveredelt für weiterverarbeitende Abnehmer eingesetzt.

Aus geologischer Sicht ist eine langfristige Verfügbarkeit bei den Steine- und Erden- Rohstoffen gegeben. Häufig sind es konkurrierende Raumnutzungsansprüche, die einer Sicherung und Gewinnung entgegenstehen.

## BÖDEN IN SCHLESWIG-HOLSTEIN

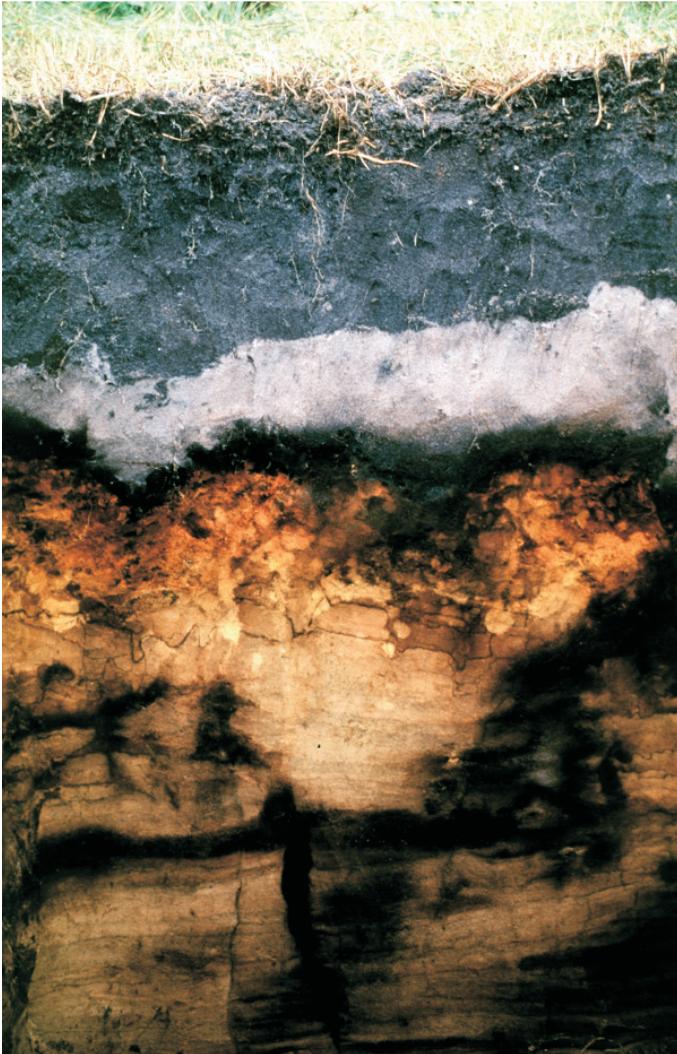
Die vorliegende Geologische Übersichtskarte gibt Auskunft über die Entstehung der Landschaften Schleswig-Holsteins und über die Art der abgelagerten Sedimente, aus denen sich die Böden entwickeln. Die Bodenentwicklung vollzieht sich im Kontaktbereich von Luft, Wasser und Gestein. Das Ergebnis der Bodenentwicklung stellen die so genannten Bodentypen dar. Wichtige Prozesse der Bodenbildung in Schleswig-Holstein sind zum Beispiel die Humusanreicherung an der Oberfläche, die Entkalkung der Böden durch das Sickerwasser, sowie die chemische und physikalische Verwitterung der Minerale. Diese Prozesse werden durch das Klima, die Reliefposition, das Ausgangsmaterial der Bodenbildung und Organismen einschließlich des Menschen gesteuert. Auch die Dauer der Einwirkung dieser Faktoren auf den Boden hat einen entsprechenden Einfluss auf den Bodenentwicklungszustand. Die Bodenentwicklung vollzieht sich in der Regel in horizontal angeordneten Lagen, die in der Bodenkunde als Bodenhorizonte bezeichnet werden. Die Horizontabfolge von der Geländeoberfläche bis zum unveränderten Gestein bestimmt die genaue Benennung der Bodentypen.

In der vorliegenden GÜK 250 ist die Verbreitung der (Bodenausgangs-) Gesteine im Lande dargestellt. Sie enthält bereits in grober Form die für die Ausbildung und Eigenschaften der Böden wichtige Information über die Körnung der mineralischen Bestandteile (Sand, Lehm, Schluff, Ton). So wird die Verbreitung der Bodentypen wesentlich von der Verbreitung der Ausgangsgesteine vorgegeben, da es in vielen Gesteinen zu typischen Bodenbildungen kommt. So ist zu erklären, dass die Geologische Karte häufig bereits das Muster der Bodenkarte vorgibt. Aufbauend auf der vorliegenden Karte ist eine entsprechende Bodenübersichtskarte als Schwesterkarte in Bearbeitung.

Die bodensystematische Gliederung der Böden erfolgt nach der Art des Wassereinflusses (z.B. Grundwasserböden, Stauwasserböden), nach dem Vorhandensein von Kalk in den oberen Bodenhorizonten (z.B. Kalkmarsch) nach Merkmalen der

Verwitterung, Mineralneubildung und -verlagerung im Bodenprofil (z.B. Braunerde, Podsol) oder nach der Menge an organischer Substanz im Boden (z.B. Anmoorgley, Moore).

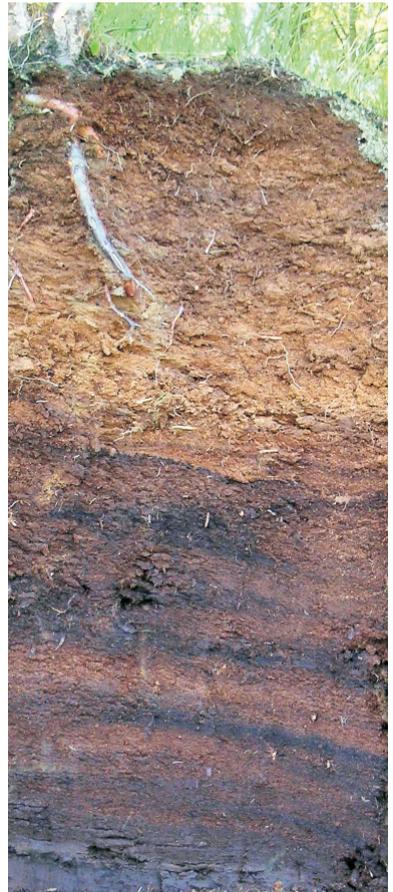
In Schleswig-Holstein haben sich in der Nacheiszeit in sandigen Ablagerungen hauptsächlich Braunerden und Podsole entwickelt, während in den lehmigen und tonigen Ablagerungen Parabraunerden und Pseudogleye dominieren. In den nacheiszeitlichen Ablagerungen des Küstenholozäns sind verschiedene Marschböden - in den Flusstälern Auenböden und Gleye - ausgebildet. Niedermoore und Hochmoore finden sich in den Bereichen in denen es zu entsprechendem Torfwachstum kommen konnte.



Bodenprofil eines Podsols



Bodenprofil einer Kalkmarsch



Bodenprofil eines Hochmoores

Mit den genannten Bodentypen und Bodenausgangsgesteinen sind bestimmte Eigenschaften der Böden hinsichtlich ihrer Nutzbarkeit und ihrer Funktionen im Naturhaushalt verbunden. So eignen sich die im Östlichen Hügelland weit verbreiteten lehmigen Parabraunerden aus Geschiebelehm aufgrund ihrer guten Wasserhaltekapazität und guten Nährstoffverfügbarkeit besser für den Getreideanbau als sandigere Standorte mit nährstoffarmen Podsohlen wie sie auf der Geest verbreitet sind. Grundwassernahe, nasse Böden (Gleye und Moore) bieten vollkommen andere Lebensräume als trockene sandige Böden der Dünen (z.B. Regosole und Podsole). Auch die Filterfunktion der Böden für das Grundwasser ist von den Bodeneigenschaften abhängig. So tragen grobkörnige, humusarme Braunerden beispielsweise zwar zu einer hohen Grundwasserneubildung bei, können das Sickerwasser jedoch nicht so gründlich filtern wie lehmige Parabraunerden.