

Gravitative Massenbewegungen an der Flensburger Förde: Eine Bestandsaufnahme zu Ausmaß und Gefahrenpotenzial

Abstract

The aim of this study was to investigate mass movements along the “Flensburger Foerde” concerning its triggers, spatial and temporal dimensions and its hazard potential.

The “Flensburger Foerde” is a narrow, long-shaped lowland fjord of subglacial origin in the outermost North of Germany and in the South of Denmark. It is part of the Baltic Sea. Two different subdivisions of the Foerde can be divided: The Inner Flensburger Foerde in the Southwest and its outer part in the East, separated by a shallow in the North of the peninsula of Holnis. Coastlines with steep cliffs of Weichselian moraines and such with narrow beaches and Holocene spits alternate. In some places and lo-

cally limited, there are peeled off clay deposits. Periodically, there are reports about small and medium-sized mass movements along the western Baltic Sea and the Flensburger Foerde (most recently 2012 movements of a 6400 m² forested area and of a parking place next to Flensburg). Consequences are damages of cycle tracks, buildings and the loss of agricultural land.

Along the German and the Danish part of the coastline of about 200 kilometers, different phenomena were mapped by GPS: Recently active mass movements, former mass movements which were mostly overgrown by trees and other plants, washouts on the foot-slope, natural springs at the cliffs and clay deposits on the beach.

Former mass movements could partly be dated by trees growing on the rubble. For



Abb. 1: Die Rutschung zwischen Wassersleben und dem Flensburger Ostseebad an der Flensburger Innenförde ist seit 2012 aktiv und verschüttet immer wieder aufs Neue den vorbei führenden Rad- und Fußweg, der bereits mehrfach durch die Stadt Flensburg geräumt werden musste. Unterhalb einer dünnen Lage aus Geschiebedecksand befinden sich mächtige Grundmoränenablagerungen mit liegenden, vermutlich aufgeschuppten Tonen, die für die Rutschbewegung entscheidend sind (Foto Heike Gieselmann)



Abb. 2: Bei Norgaardholz an der Flensburger Außenförde (Kreis Schleswig-Flensburg) entstand diese Aufnahme, die ein teilweise abgerutschtes Privatgrundstück zeigt. Anhand des überstehenden Zaunes ist seine ehemalige Ausdehnung erkennbar (Foto Patricia Plicht)

this purpose, we counted tree rings or used the diameters of trunks for calculating the approximate age of the tree (method after MITCHELL 1978). These data were categorized and evaluated using QGIS.

In total, 294 locations with one or more active mass movements and also 294 with older, inactive ones could be detected. Generally, there are more mass movements in the outer part of the Foerde. However, the coastline is significant longer. Despite of, the density of mass movements is higher in the inner part.

Einleitung

Hangbewegungen, ausgelöst durch Rutsch-, Sturz- und Fließprozesse, sind ein allgegenwärtiges Phänomen entlang der schleswigschen Ostseeküste und im angrenzenden Südjütland (*Sønderjylland*, Dänemark). Dabei handelt es sich in erster Linie um natürliche Phänomene kleineren bis mittleren Ausmaßes, deren Häufigkeit und Intensität jedoch durch anthropogene Eingriffe beeinflusst werden kann.

Meldungen über wirtschaftliche Schäden und lokale Beeinträchtigungen durch Rut-

schungen und Hangabbrüche tauchen immer wieder in der Tagespresse auf. Global und in anderen Regionen Deutschland sind Massenbewegungen ein erstzunehmendes Problem, das sich durch den Klimawandel voraussichtlich noch verstärken wird (vgl. SASSA et al. 2013; KLOSE & DAMM 2015). Entlang der Flensburger Förde handelt es sich meist um kleinere Schäden, wie verschüttete Ufer- und Strandwege (z.B. durch eine ca. 6400 m³ große Rutschung in Wassersleben bei Flensburg seit 2012, siehe Abb. 1; SHZ 11.4.2013) oder den Verlust landwirtschaftlicher Nutz- und anderer gewerblich genutzter Flächen (2013 rutschte in Wassersleben ein Supermarkt-Parkplatz ab; SHZ 20.8.2013). Gebäudeschäden sind seltener, kommen aber vor (z.B. 2015 in Fahrensodde bei Flensburg und in früheren Jahrzehnten im Raum Langballigau und Westerholz; WEIGAND 1964, MÜLLER 2003, SHZ 14.11.2015). Aus der Vergangenheit sind jedoch auch größere Rutschungsereignisse bekannt, bei denen beachtliche Mengen an Lockergesteinsmaterial bewegt wurden (z.B. 1967 bei Langballigholz; WEIGAND 1967). Meist bleiben Massenbewegungen an den Steilküstenabschnitten jedoch weitgehend unbeachtet, besonders wenn sie



Abb. 3: Ein vom Abrutschen bedrohter Fahrweg bei Düppel/Dybbøl, Kommune Sonderburg/Sønderborg, Dänemark (Foto Christian Stolz)

sich auf ungenutztem Gelände befinden. Küstensicherungsmaßnahmen finden in solchen Bereichen in der Regel nicht statt. Zwei Beispiele, durch die kleinere Schäden entstanden, zeigen die Abbildungen 1 und 2.

Zum Gesamtausmaß gravitativer Massenbewegungen entlang der Flensburger Förde lagen jedoch sowohl auf deutscher als auch auf dänischer Seite bisher keine konkreten Daten vor. Daher wurden im Zuge der vorliegenden Studie im Sommer 2014 und im Winter 2014/15 rund 130 km Steilküste durch rund 120 Studierende des Fachs Geographie an der Europa-Universität Flensburg im Rahmen eines Lehrprojekts GPS-gestützt kartiert. Ein weiterer Schwerpunkt war die didaktische Aufbereitung der Thematik für Schüler, die jedoch nicht Teil der vorliegenden Abhandlung ist.

Während der Untersuchung lag das Hauptaugenmerk auf aktuellen und historischen Massenbewegungen, Kliffunterspülungen, den Untergrundeigenschaften und den hydrologischen Verhältnissen. Dabei fand eine umfassende Bestandsaufnahme verschiedener Phänomene statt. Die Ergebnisse wurden katalogisiert und mit älteren Aufzeichnungen und Beschreibungen in Beziehung gesetzt. Die räumlichen Schwer-

punkte, die sich daraus ergaben, wurden im Hinblick auf die Ursachen für die Massenbewegungen untersucht.

Naturraum

Bei der Flensburger Förde (Abb. 4) handelt es sich um einen langgezogenen, subglazial durch Exaration entstandenen Seitenarm der westlichen Ostsee. Die Halbinsel Holnis gliedert die Förde in einen östlichen und in einen westlichen Teil. Die östlich gelegene Außenförde ist aufgrund der sich anschließenden Sonderburger Bucht im Nordosten deutlich breiter und streicht weitgehend von Ostsüdost nach Westnordwest. Die von Nordosten nach Südwesten streichende Innenförde verfügt aufgrund ihrer Binnenlage über eine deutlich verringerte Wellenaktivität und verjüngt sich an ihrem westlichen Ende zu einem schmalen, von Nord nach Süd streichenden Fortsatz, an dem sich der Flensburger Hafen befindet (vgl. KÖSTER 1958, GRIPP 1963, RIEDEL & POLENSKY 1987). Die Entstehung der unterschiedlichen Streichrichtungen ist bislang ungeklärt. Vermutet werden unterschiedliche Eisvorstöße während des Hochglazials

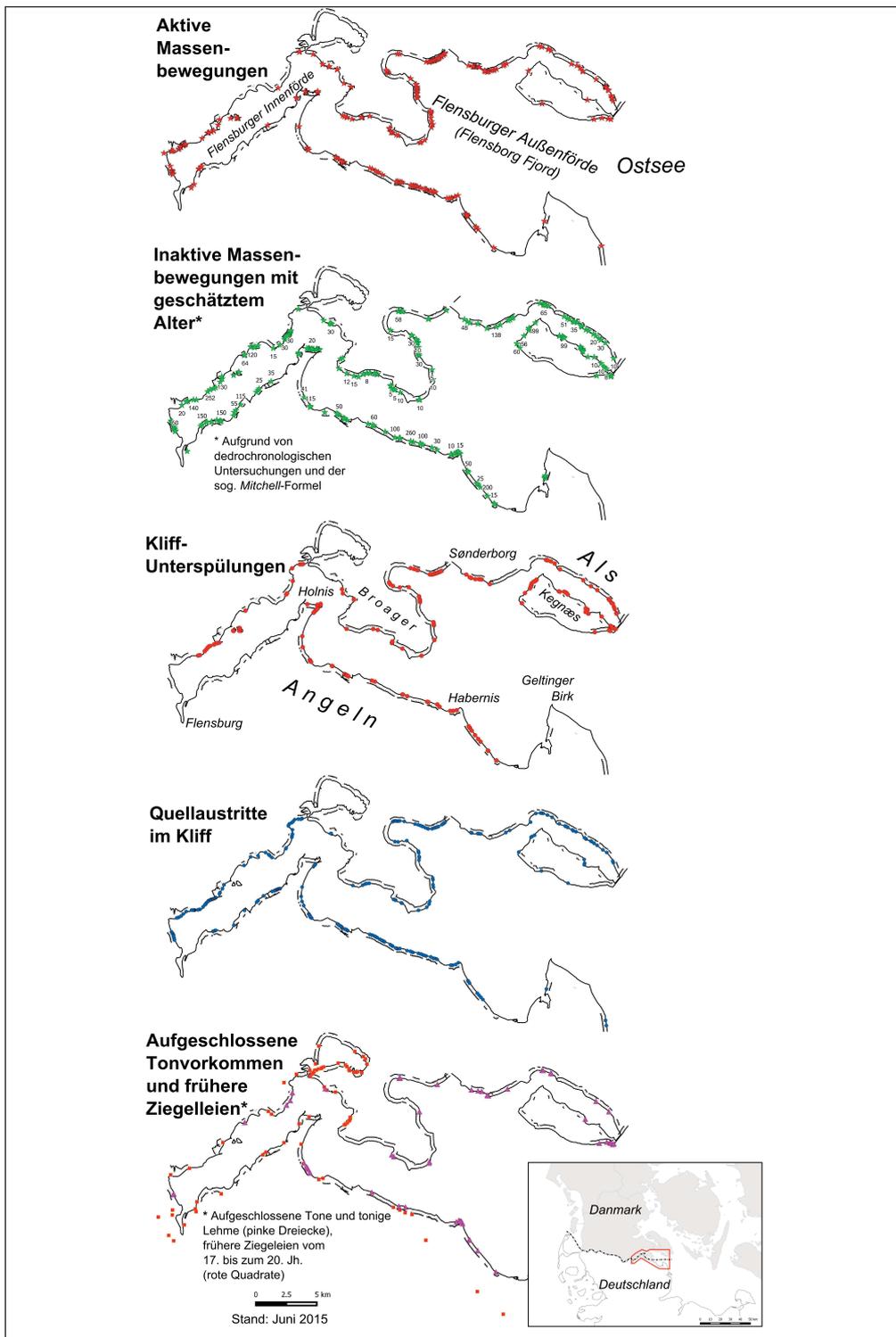


Abb. 4: Die Ergebnisse der Kartierung im Überblick

	Länge der Küstenlinie (km)	Kliffanteil (km)	Kliffanteil (%)	Aktive Massenbewegungen (Anzahl)	Inaktive Massenbewegungen (Anzahl)	Aktive Massenbewegungen pro km Kliff	Inaktive Massenbewegungen pro km Kliff
Gesamtküstenlinie	202,5	131,9	65,1	294	294	2,2	2,2
Deutsche Küste	79,8	59,1	74,1	104	106	1,8	1,8
Dänische Küste	122,7	72,8	59,3	190	188	2,6	2,6
Innenförde	47,6	27,9	58,7	82	116	2,9	4,2
Außenförde	154,9	104,0	67,1	212	178	2,0	1,7

Tab. 1: Statistische Übersicht zu den kartierten aktiven und inaktiven Massenbewegungen entlang der Flensburger Förde, gegliedert nach naturräumlichen und politischen Teilräumen

oder früher. Die Förde befindet sich demnach größtenteils im Bereich der Grundmoräne des weichselzeitlich vereisten Jungmoränenlandes. Steil- und Flachküstenabschnitte wechseln sich ab, während der Kliffanteil in der Innenförde rund 59 und an der Außenförde rund 67 % beträgt. Die Kliffs bestehen oberflächlich zum größten Teil aus Ablagerungen der Grundmoräne, die teils auch mit ausgeprägten Blockpackungen, Binnensandern, Stillwassersedimenten, Flug- oder Geschiebedecksand durchsetzt oder überlagert sein können. Häufig folgen im unteren Bereich tonige und lehmig-tonige Ablagerungen. Dabei kann es sich um glazial aufgeschleppte neogene Bildungen (Glimmertone), eemzeitliche Cyprinintone (nur entlang der Außenförde; KÖSTER 1958) und spätglaziale Stillwasserablagerungen handeln. Sie waren jahrhundertlang die Grundlage für eine ausgeprägte Ziegeleiindustrie im Raum Flensburg, deren Schwerpunkt sich am Nübeler Noor/*Nybøl Nor* und auf der Halbinsel Broacker/*Broager* befand (DUGGEN 1989; Abb. 4, unten). Die übrigen Teile der Küste werden von niedrigen Ufern aus Moränenablagerungen und von jungen, sogenannten Höftländern und Strandwallarealen aus marinen Sanden und durch kleinere, fluvial entstandene Schwemmfächer gebildet. Beispiele dafür sind die Höftländer von Bockholmwik, Langballigau, Geltinger Birk, *Vemmingbund* und Hörup Haff/*Hørup Hav*.

Die ufernahe Strömung in der Förde bewegt sich, angetrieben durch die vorherrschenden Westwinde, sowohl an der Nord- als auch an der Südküste meist von West nach Ost. Dennoch vermutete bereits KÖSTER (1958) zwei „selbstständige Meeresströmungssysteme“ in der Innen- und Außenförde, die durch Untiefen bei Holnis voneinander getrennt sind und maßgeblich an Vorgängen wie Küstenversatz, dem Aufbau von Strandwallsystemen und Hakenbildungen beteiligt sind. So beobachtete er, dass Strandhaken in der Innenförde meist von West nach Ost und in der Außenförde von Ost nach West wachsen. Ein Grund dafür ist die große Anfälligkeit der Küstenlinie entlang der Flensburger Förde für Hochwässer infolge starker, meist winterlicher Ostwetterlagen, die durch das Hineinpressen von Ostseewasser in die sich stark verjüngende Innenförde zustande kommen und auf bis zu 1,7 m über den Amsterdamer Pegel ansteigen können. So kommt es im Bereich des Flensburger Hafens immer wieder zu Überschwemmungsereignissen (z.B. SHZ vom 20.1.2014; historisch belegt z.B. für November 1872). Im Gegenzug erreicht der Wasserstand in der Förde bei starken Westlagen einen Tiefstand, infolgedessen z.B. weite Teile der Schorre am Strandbad Wassersleben trocken liegen.

Das Klima im Bereich der Flensburger Förde ist kühl gemäßig und ganzjährig feucht mit milden Wintern und kühlen

Sommern. Das Jahresmittel der Temperatur beträgt rund 8° C bei ca. 900 mm Jahresniederschlag (Station Flensburg, 1961-90; MÜHR 2007).

Methoden

Die Kartierung fand mit einem einfachen Hand-GPS-Gerät statt, auf dem die relevanten Phänomene im Gelände mittels Wegpunkten gespeichert wurden. Dazu wurde die Küste der Förde in Abschnitte unterteilt (Tab. 2) und danach alle begehbaren Küstenabschnitte zu Fuß begangen. Nicht begehbare Bereiche, wie etwa Naturschutzgebiete ohne Weg und die Ochseninseln wurden aus der Ferne, anhand von Fernerkundungsdaten oder vom Wasser aus kartiert. Kleinere, eng beieinanderliegende oder nicht trennbare Phänomene wurden gemeinsam aufgenommen. Erfasst wurden Punkte aus den folgenden Kategorien:

1. Aktive gravitative Massenbewegungen
 2. Inaktive gravitative Massenbewegungen
 3. Kliffunterspülungen
 4. Quellaustritte im Kliff
 5. Am Kliff aufgeschlossene Vorkommen toniger und tonig-lehmiger Sedimente
- Zusätzlich wurden Informationen über aktuell nicht aufgeschlossene Tonvorkommen und über historische Ziegeleisandorte als Vergleichskategorie der Literatur entnommen (u.a. KÖSTER 1958, DUGGEN 1989). Eine Klassifikation unterschiedlicher Größenordnungen von Rutschmassen wurde nicht vorgenommen.

Die zeitliche Einordnung inaktiver Massenbewegungen erfolgte aufgrund der Vegetationsbedeckung und insbesondere durch die Interpretation der Wuchsform (z.B. Hakenwuchs) und des Alters von Bäumen, die sich auf ruhenden Rutschmassen befinden. Bei gefälltten Exemplaren wurde das Alter dendrochronologisch bestimmt. Lebende Bäume wurden mithilfe der sogenannten Mitchell-Formel aufgrund von Art, Stammdicke, Bestattung, Vitalität und Standorteigenschaften grob datiert (vgl. MITCHELL 1978, KAPPEL & MATTHECK 2002). Dabei ist zu beachten, dass die daraus resultierenden Altersangaben von ungefährender Natur sind und sich auf die auf den Rutschmassen wachsenden Bäume beziehen. Mehrere oder

länger andauernde Aktivitätsphasen können damit kaum erfasst werden; zudem sind Abweichungen von mehreren Jahren oder z.T. Jahrzehnten möglich. Weitere Methoden zur Altersdatierung, wie die Auswertung historischer Aufnahmen oder die Datierung verschütteter Böden, wurden nicht angewandt.

Die Verarbeitung sämtlicher Daten erfolgte mit QGIS auf Grundlage amtlicher Geodaten (deutsche und dänische topographische Karten und DGMS).

Ergebnisse

Insgesamt wurden entlang der gesamten Flensburger Förde (ohne Nübeler Noor/*Nybol Nor*, aber mit Kekenis/*Kegnæs*, den Ochseninseln und dem offenen Ostseeküstenabschnitt bei Nieby und Kronsgaard) jeweils 294 aktive und inaktive Rutschungen bzw. Rutschungs- und Abbruchareale identifiziert (Tab. 1; Anmerkung: die Übereinstimmung beider Zahlenwerte ist reiner Zufall). Davon befanden sich 82 bzw. 116 an der Innenförde und 212 bzw. 178 an der Außenförde. Unterschieden nach dem deutschen und dänischen Küstenabschnitt befinden sich auf deutscher Seite 104 bzw. 106 aktive/inaktive Rutschungen und auf dänischer 190 bzw. 188.

Da jeweils nur die Kliffabschnitte der Küste für Massenbewegungen relevant sind und die Küsten der Innen- und der Außenförde bzw. der deutschen und der dänischen Seite zudem unterschiedlich lang sind, wurden nach Abschluss der Kartierung Prozentwerte gebildet. Daraus ergeben sich sowohl bei den aktiven als auch bei den inaktiven Massenbewegungen höhere Dichtewerte für die Innenförde (2,9 bzw. 4,2 Rutschungen pro km Kliff) als für die Außenförde (2,0 bzw. 1,7 Rutschungen pro km Kliff). Auf dänischer Seite (Nordküste der Förde) konnten je Kliffkilometer mehr Rutschungen kartiert werden (jeweils 2,6 aktive und inaktive Rutschungen je km Kliff) als auf deutscher Seite (Südküste; jeweils 1,8 aktive und inaktive Rutschungen je km). Alle Ergebnisse sind in Tab. 1 aufgelistet und in Abb. 4 kartographisch dargestellt.

Zusätzlich wurden eine Vielzahl von Kliffunterspülungen und Quellaustritten sowie

Abschnitt	Innen- oder Außenförde	Abschnittslänge (km)
Flensburg-Wassersleben	Innenförde	2,2
Flensburg Fördesüdufer bis Solitüde	Innenförde	6,5
Solitüde - Sandwig (Brücke)	Innenförde	4,8
Sandwig (Brücke) - Schausende	Innenförde	2,4
Holnis	Innenförde	5,8
Schuhmacherhaus - Sønderhav	Innenförde	6,2
Sønderhav - Knudsmade	Innenförde	3,3
Ochseninseln	Innenförde	2,4
Stranderod - Egersund	Innenförde	6,2
Drei, Bockholm, Wahrberg	Außenförde	5,3
Bockholmwik - Langballigau (Hafen)	Außenförde	2,8
Westerholz - Dollerupholz (bis zum westl. Tälchen)	Außenförde	4,1
Dollerupholz (westl. Tälchen) - Nieby (Hafen)	Außenförde	3,0
Nieby (Hafen) - Kliffende auf der Ostseite von Habernis	Außenförde	3,4
Kliff im Bereich Norgaardholz/Steinberghaff	Außenförde	4,2
Ohrfeldhaff bis Geltinger Noor	Außenförde	5,4
Geltinger Birk (soweit begehbar)	Außenförde	7,2
Ostseite des Geltinger Birk bis Pottloch	Außenförde	5,2
Egersund - Brunsnæs	Außenförde	7,5
Brunsnæs - Skelde Vig	Außenförde	4,5
Skelde Vig - Frydenhavn	Außenförde	4,1
Frydenhavn - Gammelmark	Außenförde	4,8
Gammelmark - Dybbøl	Außenförde	4,6
Dybbøl - Sønderbørg	Außenförde	3,4
Sønderbørg - Lambjerglund	Außenförde	6,8
Høruphav - Taskland	Außenförde	4,8
Taskland - Drejby	Außenförde	6,1
Kegnæs: Westspitze - Damm (Nordteil)	Außenförde	10,3
Kegnæs: Damm - Westspitze (Südteil)	Außenförde	8,7

Tab. 2: Detaillierte Ergebnisse für die einzelnen Abschnitte mit Durchschnittswerten

Akt. Massenbewegungen (Anzahl)	Akt. Massenbewegungen pro km	Inakt. Massenbewegungen (Anzahl)	Inakt. Massenbewegungen pro km	Ungefähres Durchschnittsalter
10	4,5	14	6,3	51
6	0,9	12	1,9	150
0	0,0	7	1,5	54
1	0,4	1	0,4	35
15	2,6	22	3,8	20
29	4,7	12	1,9	129
0	0,0	9	2,7	69
7	2,0	3	1,3	n.b.
3	0,5	24	3,8	25
5	0,9	4	0,8	78
12	4,3	7	2,5	50
6	1,5	4	0,0	70
21	6,9	9	2,0	106
12	3,6	12	3,6	19
12	2,9	7	1,7	66
1	0,2	2	0,4	15
1	0,1	4	0,6	n.b.
2	0,4	1	0,2	n.b.
11	1,5	12	1,6	77
12	2,7	23	5,1	46
11	2,7	13	3,2	20
23	4,8	6	1,2	51
7	1,5	13	2,8	51
27	8,0	12	3,6	20
25	3,7	8	1,2	77
9	1,9	14	2,9	130
19	3,1	9	1,5	67
2	0,2	24	2,3	25
5	0,6	6	0,7	35

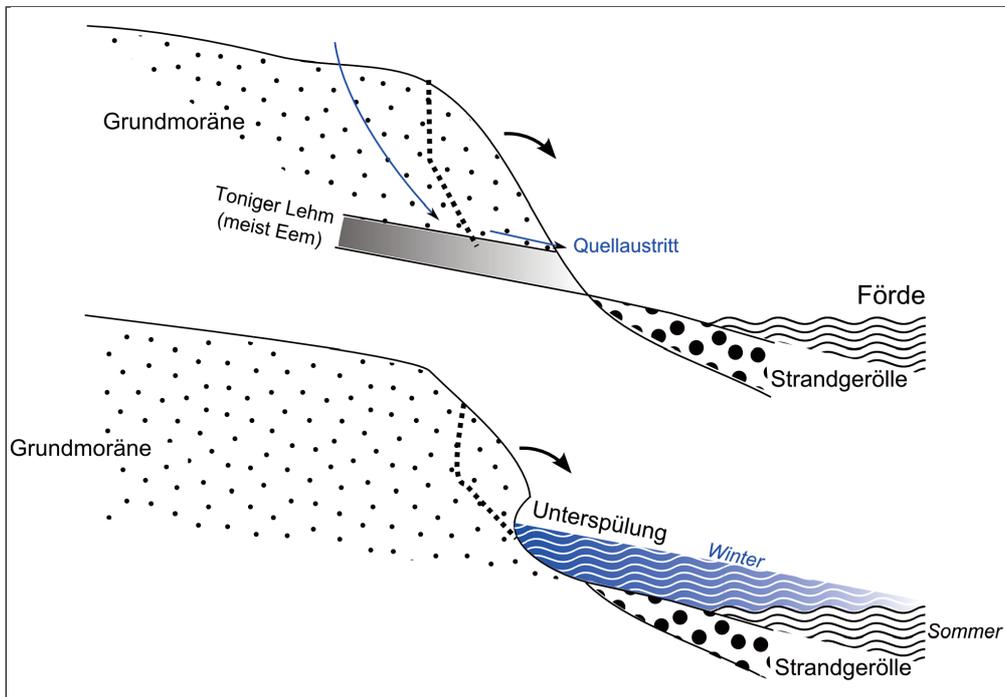


Abb. 5: Schematische Darstellung der beiden Hauptursachen für Massenbewegungen an der östlichen Ostsee

mehrere Vorkommen mit Ton oder tonigem Lehm mit erfasst, die am Kliff zumeist durch Unterspülung aufgeschlossen waren. Einige Tonaufschlüsse, die KÖSTER (1958) noch beobachtet hatte, konnten nicht mehr aufgefunden werden; dafür kamen einige neue hinzu.

Bei der ungefähren Altersbestimmung ergaben sich Alter zwischen 10 und 260 Jahren. Das geschätzte Alter einiger inaktiver Rutschungen ist in Abb. 4, zweite Graphik von oben, eingetragen, außerdem vollständig geordnet in Abb. 6 dargestellt.

Unterschiedliche Rutschungstypen wurden zwar nicht unterschieden. Dennoch zeigte sich, dass entlang der Flensburger Förde sowohl schnelle, sturzähnliche Hangabbrüche als auch langsame Rotationsrutschungen und murähnliche Hangfließungen vorkommen (vgl. WEIGAND 1964).

Diskussion

Aus dem Vergleich der Häufigkeiten von aktiven und inaktiven Massenbewegungen können keine Signifikanzen abgeleitet wer-

den, da ein Küstenabschnitt, der heute aktiv ist, auch in früheren Jahrzehnten schon aktiv gewesen sein kann. Die Unterschiede in Bezug auf die Aktivitätsdauer scheinen darüber hinaus groß zu sein. Grundsätzlich ist die Nordküste aktiver, was u.U. mit der Wellenaktivität, der Exposition einzelner Küstenabschnitte und der Relief- und Untergrundstruktur zusammenhängt. Hinweise für unterschiedliche anthropogene Nutzungsintensitäten in Deutschland und Dänemark fanden sich dagegen nicht. Grundsätzlich befinden sich an der Innenförde im Durchschnitt mehr aktive und inaktive Massenbewegungen als an der Außenförde, obgleich dort die Gesamtzahl aufgrund der längeren Küstenlinie deutlich größer ist. Dafür sind die Aktivitätsbereiche an der Außenförde gleichmäßiger verteilt als an der Innenförde, wo sie eher punktuell auftreten. Eventuell spielt die etwas stärkere Besiedelung bzw. Nutzung der Küstenbereiche an der Innenförde dabei eine Rolle.

Unterspülungen und Aktivitätsbereiche, die darauf zurück zu führen sind, fanden sich verstärkt an der Außenförde, was wahrscheinlich an der verstärkten Wellenakti-

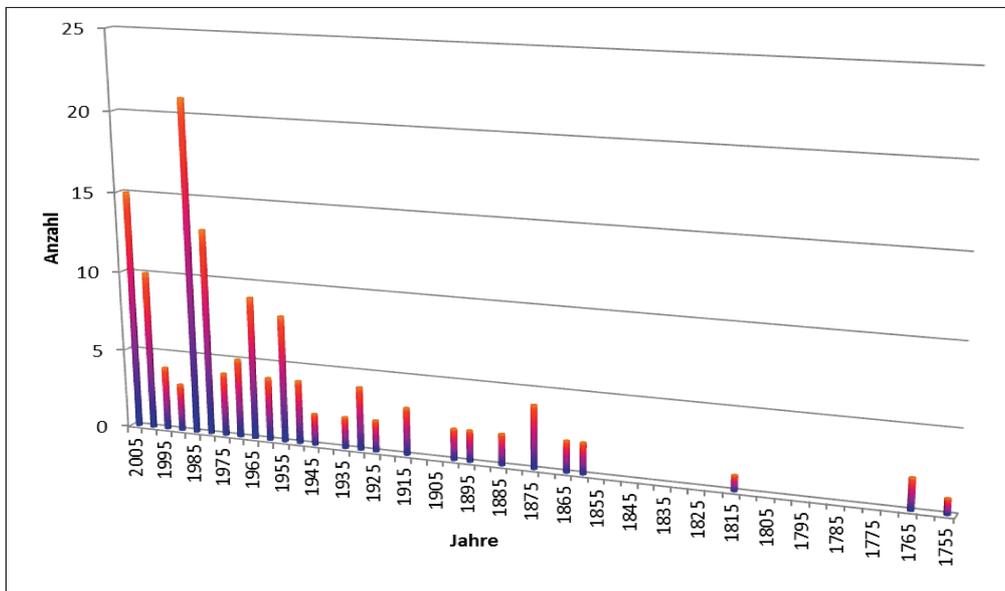


Abb. 6: Ungefähre Altersverteilung der kartierten inaktiven Massenbewegungen entlang der Flensburger Förde aufgrund dendrochronologischer Zählungen und unter Anwendung der sog. Mitchell-Formel (vgl. MITCHELL 1978, KOPPEL & MATTHECK 2002)

vität während winterlicher Sturmereignisse liegt.

Quellaustritte fanden sich in den Kliffs regelmäßig, z.T. anthropogen verändert und durch Drainagen abgeleitet. Lediglich auf den Inseln und Halbinseln ist ihre Häufigkeit wegen des kleineren Wassereinzugsgebiets geringer.

Bei allen Ergebnissen muss außerdem bedacht werden, dass es sich mehrheitlich um ein studentisches Lehrprojekt handelt, bei dem Fehler und Ungenauigkeiten bei der Kartierung nicht auszuschließen sind. Z.B. obliegt es trotz sorgfältiger Vereinheitlichung und Vorabsprache der Einschätzung des jeweiligen Kartierers, in wie viele Einzelabschnitte er einen durchgängig vorhandenen Aktivitätsbereich einteilt, was wiederum die Gesamtzahlen beeinflussen kann.

Im Hinblick auf den Mechanismus von Rutschungen stellte sich heraus, dass in erster die durch Moränenmaterial überlagerten Tonvorkommen für viele Rutschungen verantwortlich sind, wie sie auch seit langem von anderen Küstenabschnitten an der Ostsee bekannt sind (vgl. KANNENBERG 1951). Die Tone sind an einigen Stellen aufgeschlossen und auch in Form von Quellaus-

tritten zu lokalisieren (Abb. 5, oben). An anderen Stellen, an denen es bevorzugt zu Kliffabbrüchen und zu Unterspülungen kommt, spielen die Ausprägung und die Lagerung der anstehenden Lockergesteine eine Rolle.

Unterspülungen (Abb. 5, unten) kommen in erster Linie während ausgeprägter winterlicher Ostlagen zustande, bei denen der Wasserstand in der Förde – verstärkt durch Düsenprozesse – stark ansteigen kann und zudem die Wellenaktivität intensiver ist. Zudem spielen lokale Strömungsmechanismen eine Rollen, die dazu führen, dass bestimmte Küstenabschnitte gefährdeter sind als andere.

Die Einflussfaktoren, die als rutschungsauslösend gelten können, können in natürliche und anthropogene Phänomene unterschieden werden (Abb. 7). So sind die Rutschungen an der Förde grundsätzlich ein natürliches Phänomen, das nie ganz verhindert werden kann. Die Gründe dafür sind das Relief und die Untergrundeigenschaften der Steilküsten. Dennoch konnte immer wieder beobachtet werden, dass aktuell sichtbare Rutschungsereignisse klar durch menschliche Eingriffe ausgelöst oder gefördert wurden. Besonders künstliche Anlagen

zur Freizeitnutzung wirken rutschungsauslösend, vor allem wenn dabei Vegetation zerstört wird. Dazu gehören hauptsächlich Treppenwege, Pfade und in den Hang eingreifende Bootsstege und Hütten, (illegale) Abholzung, z.B. um freien Blick auf die Förde zu haben, aber u. U. auch Bühnen und dergleichen, die die Küstenströmung und die Wellenaktivität vor Ort verändert haben. Negativ scheint es sich auch auszuwirken, wenn die Nutzung oberhalb sehr steiler Kliffs direkt bis an die Kliffkante heranreicht (z.B. auf Äckern, in Gärten oder Wegenutzung). Besonders das Verdichten der dortigen Böden steigert den Oberflächenabfluss, was zur Zerschneidung und Zerrung der Hangkante führt und schließlich Massenbewegungen auslösen kann. Weiterhin zeigten sich an einigen Stellen Neophyten als rutschungsfördernd. Betroffen sind vor allem Stauden, wie etwa der Japanischen Staudenknöterich (*Fallopia japonica*) oder einjährige Pflanzen, wie das Drüsige Springkraut (*Impatiens grandulifera*), die während der Vegetationsperiode die Bodenoberfläche vollständig bedecken, im Winter aber oberflächlich vollständig absterben. Einerseits verdrängen Sie einheimische Pflanzen, wie z.B. Gräser oder den Jungwuchs von Bäumen, andererseits sorgen sie im Winter für eine nahezu entblößte Boden-

oberfläche.

Bei der Alterskartierung wurden – wie zu erwarten – hauptsächlich jüngere Ereignisse erfasst, was auch anhand von Abb. 6 erkennbar ist. Dennoch können besondere Aktivitätsphasen vermutet werden, z.B. während der Industrialisierung Ende des 19. Jahrhunderts, unmittelbar nach dem Zweiten Weltkrieg und in den 1980-er Jahren, was auf einen gewissen anthropogenen Einfluss aufgrund eines gesteigerten Nutzungsdrucks schließen lässt.

Darüber, inwieweit der Klimawandel einen Einfluss auf die Rutschungsaktivität entlang der Förde haben wird, kann nur spekuliert werden (Abb. 7). Der prognostizierte Meeresspiegelanstieg, Veränderungen bei der Amplitude und Magnitude von Stürmen sowie veränderte Häufigkeiten bestimmter Wetterlagen können einen Einfluss haben.

Schlussfolgerungen und Handlungsempfehlungen

An der Flensburger Förde wurden auf deutscher und auf dänischer Seite insgesamt fast 600 aktive und inaktive Massenbewegungen dokumentiert. Dabei wurde der Versuch unternommen, die Gründe für deren Auftreten darzulegen und ältere Ereignisse

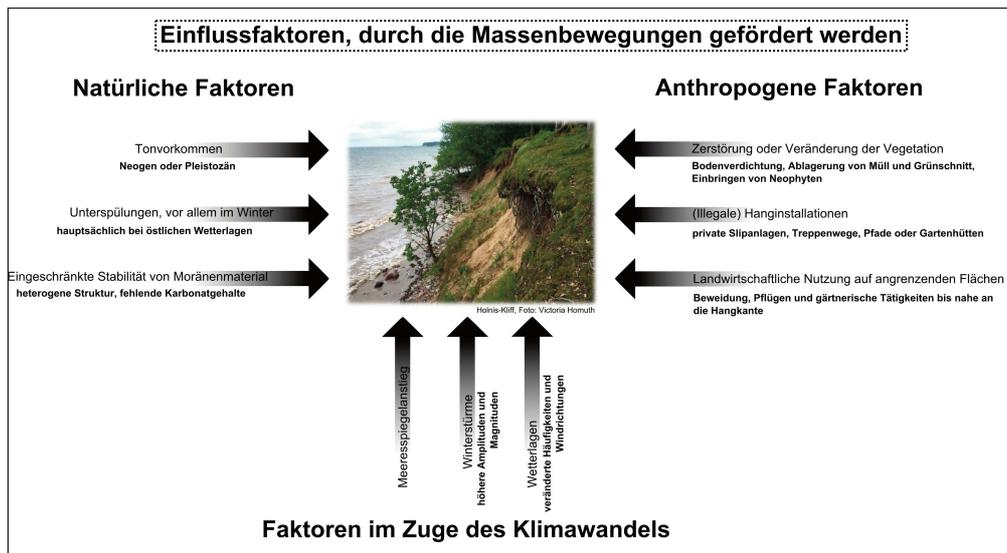


Abb. 7: Einflussfaktoren, durch die Massenbewegungen gefördert werden, in Bezug auf natürliche und anthropogene Einflüsse sowie den Klimawandel (das Bild zeigt das große Kliff auf der Halbinsel Holms, Kreis Schleswig-Flensburg; Foto Victoria Homuth)

grob mithilfe der Vegetation zeitlich einzuordnen.

Es stellte sich heraus, dass ein Großteil der Massenbewegungen rein natürlichen Ursprungs ist, dass anthropogene Eingriffe jedoch grundsätzlich rutschungsfördernd wirken. Für die hohe Zahl der Rutschungen an der Förde sind in erster Linie das spezifische Relief und die Untergrundstruktur verantwortlich. Besonders tonige Sediment unterschiedlicher Alterstellung fördern Massenbewegungen an den Kliffs.

Küstenschutzmaßnahmen wirken nur bedingt gegen Rutschungen. Stattdessen sollten jegliche Aktivitäten im Kliffbereich stark eingeschränkt werden. Vor allem die Vegetationsdecke darf möglichst nicht beeinflusst werden. Dennoch gilt: Kliffabtrag ist ein natürlicher Effekt, der das Material liefert, dass anderswo wieder in Form von Strandwällen, Nehrungshaken und Höftländern abgelagert wird.

Dank

Wir danken den dänischen Kommunen Apenrade / *Åbenrå* und Sonderburg / *Sønderborg* sowie Herrn Prof. Dr. Wolfgang Riedel (Flensburg) und Herrn Daniel Nass BA (Sehestedt) für ihre Unterstützung.

Literatur

DUGGEN, H. (1989): Ziegeleien entlang der Flensburger Förde. Tegelværker langs med Flensborg Fjord. Schausende: Selbstverlag, 388 S.
GRIPP, K. (1964): Erdgeschichte von Schleswig-

Holstein. Neumünster: Wachholtz. 411 S.

KANNENBERG, E.-G. (1951): Die Steilufer der Schleswig-Holsteinischen Ostseeküste. – Schriften des Geographischen Instituts der Universität Kiel 14, 1: 101 S.

KAPPEL, R. & C. MATTHECK (2002): Wie genau ist die Mitchell-Formel zur Baumaltersbestimmung aus dem Stammumfang? – Neue Landschaft 8/2002: 45-49.

KLOSE, M. & B. DAMM (2015): Sozioökonomische Risiken von Rutschungen: Ein Fokusthema gesellschaftsrelevanter Geoforschung. – Geowissenschaftliche Mitteilungen 61: 6-16.

KÖSTER, R. (1958): Die Küsten der Flensburger Förde. Ein Beispiel für Morphologie und Entwicklung einer Bucht. – Schriften des Naturwissenschaftlichen Vereins für Schleswig-Holstein 29, 1: 6-14.

MITCHELL, A. (1978): A Field Guide to the Trees of Britain and Northern Europe. Glasgow: William Collins Sons & Co. Ltd.

MÜHR, B. (2007): Klimadiagramme weltweit. Flensburg. URL: <http://www.klimadiagramme.de/Deutschland/flensburg.html> (17.12.2015).

MÜLLER, M. J. (2003): Das Antlitz der deutschen Küsten. – Nationalatlas Bundesrepublik Deutschland – Relief, Boden und Wasser, Band 2. Heidelberg: Spektrum, 74-75.

RIEDEL, W. & R. POLENSKY (1987): Umweltatlas für den Landesteil Schleswig. Flensburg: Deutscher Grenzverein e.V.

SASSA, K., B. ROUHBAN, S. BRICEÑO, M. MCSAVENEY, B. HE (Hrsg.; 2013): Landslides: Global Risk Preparedness. Berlin, Heidelberg: Springer, 387 S.

SHZ (Flensburger Tageblatt) vom 11.4.2013, 20.8.2013, 20.1.2014, 14.11.2015.

WEIGAND, K. (1964): Neuere Küstenveränderungen an der Flensburger Außenförde bei Langballigholz und Bockholmwik. – Die Heimat 71: 151-153.

WEIGAND, K. (1967): Bodenrutschungen und Schollenabbrüche am Kliff der Flensburger Innen- und Außenförde. – Die Heimat 74: 361-365.