



Holger Burgardt

Dendrochronologische Kartierung rezenter Küstendynamik

- Klassifikation & Kartierung mittels Altersbestimmung von
Fagus sylvatica L. im Biosphärenreservat Südost-Rügen



Abb. 1(Titelbild): „Rudi Fürst 1955“



Mathematisch – Naturwissenschaftliche Fakultät
Lehrstuhl für Landschaftsökologie und Ökosystemdynamik

Abschlussarbeit im Studiengang

LANDSCHAFTSÖKOLOGIE UND NATURSCHUTZ

Thema:

Dendrochronologische Kartierung rezenter Küstendynamik

- Klassifikation & Kartierung mittels Altersbestimmung von *Fagus sylvatica*
L. im Biosphärenreservat Südost-Rügen

Berlin, im Sommer 2015

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis.....	I
Tabellenverzeichnis.....	III
Abbildungsverzeichnis.....	IV
Abkürzungsverzeichnis.....	V
Einleitung.....	6
Küstendynamik von Steilküsten.....	6
Dendrochronologie.....	7
Forschungsaufgabe.....	7
Material und Methoden.....	8
Landschaftsökologische Gebietseigenschaften.....	8
Entstehungsgeschichte.....	8
Klima.....	9
Das Biosphärenreservat Südost-Rügen.....	9
Das Untersuchungsgebiet.....	11
Durchführung.....	11
Definition unterschiedlicher Teilabschnitte.....	11
Probenentnahme.....	12
Präparation der Bohrkerne.....	15
Jahringmessung.....	15
Digitale Verarbeitung und Kartenerstellung mit Hilfe von <i>QGIS</i>	16
Vergleich der Mindestalter der definierten Plots mit Hochwasserereignissen.....	17
Ergebnisse und Diskussion.....	18
Gebietsdifferenzierung.....	18
Ergebnisse der Probenentnahme.....	19
Einfluss von Hochwasserereignissen.....	20
Zonierung des Küstenabschnitts in Bereiche unterschiedlicher Aktivität.....	20
Einsturzzone.....	21
Aktive Hangzone.....	21

Intermediäre Zone	22
Terrassenzone.....	22
Passive Zone.....	23
Vergleich der Hochuferkante des digitalen Geländemodells mit historischen Karten	24
Zusammenhänge von Zonenalter und Hochwasserereignissen.....	25
Methodische Probleme	25
Graphische Synthese der Arbeit: das Hinweisschild.....	26
Ausstattung.....	26
Zusammenfassung	28
Danksagung	29
Literaturverzeichnis.....	29
Anhang	31
Tabellen.....	31

Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Älteste Bäume der Probeflächen A, B, F und der Referenzfläche.....	31
Tab. 2: Plot A; Metadaten und Alter der gemessenen Bäume	31
Tab. 3: Plot B1; Metadaten und Alter der gemessenen Bäume	32
Tab. 4: Plot B2; Metadaten und Alter der gemessenen Bäume	32
Tab. 5: Plot C; Metadaten und Alter der gemessenen Bäume	32
Tab. 6: Plot D und E; Metadaten und Alter der gemessenen Bäume.....	33
Tab. 7: Plot F; Metadaten und Alter der gemessenen Bäume	33
Tab. 8: Referenzplot; Metadaten und Alter der gemessenen Bäume.....	33

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1(Titelbild): „Rudi Fürst 1955“	2
Abb. 2: Übersichtskarte der Insel Rügen;	9
Abb. 3: Übersichtskarte der Granitz;.....	10
Abb. 4: Übersichtskarte des Untersuchungsgebietes;	11
Abb. 5: Ausschnitt der zusammengeführten Fotoreihe der Küste.....	12
Abb. 6: Übersichtskarte des Untersuchungsgebiets mit Position der Einzelproben	12
Abb. 7: Anatomie eines Zuwachsbohrers	13
Abb. 8: Beispiel einer Probenentnahme eines gelehnten Baumes der Hochuferkante	14
Abb. 9 aus zwei Scans zusammengesetztes Bohrkern-Bild.....	15
Abb. 10: Digitales Geländemodell des Landesamtes für innere Verwaltung	17
Abb. 11: Hochwasserereignisse am Pegel Sassnitz der letzten 59 Jahre	20
Abb. 12: Mit QGIS berechnete Neigungswinkelkarte auf Grundlage des DGM des LaiV	20
Abb. 13: Kartenausschnitt Einsturzzone	21
Abb. 14: Kartenausschnitt Aktive Hangzone	21
Abb. 15: Kartenausschnitt Intermediäre Zone	22
Abb. 16: Kartenausschnitt Terrassenzone	23
Abb. 17: Kartenausschnitt passive Zone	23
Abb. 18: Ausschnitt des Küstenabschnitts zwischen Kieköwer und Granitzer Ort.....	24
Abb. 19: Unbearbeitetes (links) und bearbeitetes Einzelfoto (rechts) der Küstenfotoreihe.....	26
Abb. 20: Vorgeschlagenes Design des Hinweisschildes.....	36

Abkürzungsverzeichnis

BHD

Brusthöhendurchmesser 23

BRSOR

Biosphärenreservat Südost-Rügen 8

DGM

Digitales Geländemodell 16

GIMP

GNU Image Manipulation Program 15

LAIv

Landesamt für innere Verwaltung 16

NSG

Naturschutzgebiet 27

QGIS

QuantumGIS Freeware Geoinformationssystem 16

Einleitung

Küstendynamik von Steilküsten

Die Erforschung rezenter Küstendynamik ist durch ihren massiven Einfluss auf Lebensräume für Mensch, Tier und Pflanzen von zentraler Bedeutung. Der stetige Verlust von Landmassen durch marine Abrasion führt zu einem fortschreitenden Rückgang der Steilküsten, während das dadurch abtransportierte Material in den sogenannten Nehrungen angelagert wird. Jedoch gerade Steilküsten bieten besondere Lebensräume für Tiere und Pflanzen, die sich auf das Leben in Hanglagen spezialisiert haben, wie z.B. die Uferschwalbe (*Riparia riparia*). Ist das Kliff zu stark von mariner Abrasion beeinflusst und kann sich daher keine stabile Steilwand etablieren, finden streng geschützte Arten, wie die Uferschwalbe dort keinen Lebensraum.

Auch dienen Küstenbereiche der Naherholung; somit wird die Abrasion zur Gefahr für Menschen, was wiederum zu Verkehrssicherungspflichten führt.

Es ist also von vielschichtiger Bedeutung, Küstendynamik zu verstehen, damit zum einen geeignete Maßnahmen dem Steilküstenverlust entgegenwirken können, zum anderen aber auch Alternativen entwickelt werden, wo direkte Gegenmaßnahmen nicht möglich oder wenig erfolgversprechend sind. Seit der Entstehung der Ozeane und Meere ist marine Abrasion ein natürlicher Prozess in Küstengebieten (FRATER, 2005, p. 141), so auch an den Küsten Rügens. Besonders im Biosphärenreservat Südost-Rügen, welches über lange, vornehmlich aus Beckensanden bestehende Steilküstenabschnitte verfügt, ist marine Abrasion ein Problem. Der Schutz der Steilküste verdient somit besonderes Augenmerk.

Das bei Hochwasser an die Steilküste schlagende Meer arbeitet das abgetragene Material auf und lagert es in den Nehrungen ab. Die stetige Abtragung am Fuße des Kliffs führt zu einer Destabilisierung desselbigen, sodass es zu einem größeren Absturz der Steilküste kommt. Dabei spielen unter anderem Substrat und Hangneigung eine entscheidende Rolle für das Ausmaß und die Häufigkeit von Abstürzen. So ist beispielsweise die hauptsächlich aus Kreide und Geschiebemergel bestehende Steilküste des Jasmunds weniger von mariner Abrasion betroffen; dort spielen bei Kreidefelsabbrüchen hydrologische Einflüsse des Inlandes eine größere Rolle (GÜNTHER & THIEL, 2009, p. 687). An den Steilküsten der Granitz ist hauptsächlich glazilakustriner, bzw. glazifluvialer Beckensand mit teilweise eingepressten Geschiebemergel als Substrat zu finden (KRIENKE, 2002, p. 63). Beckensande können durch Hochwasser leicht abtransportiert werden, was die Gefahr des Küstenabbruchs erhöht. Ein größeres Verständnis

der Prozesse der marinen Abrasion an der Steilküste der Granitz könnte dabei helfen, gezielte Maßnahmen gegen Abbrüche des Kliffs einzuleiten, um einen weiteren Verlust an Steilküste zu verhindern bzw. diese zu stabilisieren. Für eine zeitliche Datierung vergangener Abbruch- oder Rutschungsereignisse kann dabei eine dendrochronologische Untersuchung von Bäumen im Küstenbereich genutzt werden.

Dendrochronologie

Dendrochronologie stellt in der Erforschung von Klimaereignissen eine wichtige Forschungsmethode dar. Bäume stellen mit ihren Jahrringen einen Zeitmaßstab zur Verfügung, dem „in den unterschiedlichen Forschungsgebieten eine zentrale Bedeutung“ (DOBBERTIN & GRISSINO-MAYER, 2004, p. 238) zukommt. Die Jahrringmessung kann dabei auf unterschiedliche Art und Weise erfolgen. Eine Methode ist es, an lebendigen Bäumen Bohrkerne zu entnehmen, um so Daten zu extrahieren. Die ausgewerteten Jahrringe können - je nach Standort - Aufschluss über unterschiedliche klimatische oder auch geomorphologische Ereignisse geben. Beispielsweise kann an einer temperaturbedingten Baumgrenze das Wuchsverhalten als Reaktion auf Temperaturveränderungen gemessen (WILMKING, et al., 2004, p. 1724) oder der Einfluss von Trockenheit auf das Wachstum verschiedener Baumarten ermittelt werden (SCHARNWEBER, et al., 2011). Darüber hinaus gibt es weitere zahlreiche Möglichkeiten das Wuchsverhalten von Bäumen mittels dendrochronologischer Untersuchungen auszuwerten. Derzeit sind noch keine dendrochronologischen Untersuchungen hinsichtlich der Datierung von Abbruchereignissen an der Steilküste der Granitz bekannt.

Forschungsaufgabe

Das Verständnis der Zusammenhänge zwischen Hochwasserereignissen und massiven Steilküstenabbrüchen ist von wichtiger Bedeutung für das Biosphärenreservat Südost-Rügen und stellt für die Erhaltung von Lebensräumen, die Erholungsfunktion und den Küstenschutz einen wesentlichen Punkt dar. Von zentralem Interesse ist hierbei, zu verstehen, wie die Prozesse der marinen Abrasion ablaufen und welche Wirkung sie haben, damit effektiver Küstenschutz gemäß des Leitbildes des Biosphärenreservats, der Schutz der biologischen Vielfalt und der Erhalt von Demonstrationsobjekten für Umweltbildung, Ausbildung und Umweltbeobachtung (BRSOR, 2015) unterstützt werden kann. Um einen effektiven Küstenschutz zu gewährleisten, sind fundierte Kenntnisse über die Vorgänge der Steilküstenerosion erforderlich. An dieser Stelle setzt diese und eine weitere Forschungsarbeit (KAR, in prep.) an.

Die vorliegende Arbeit klassifiziert und kartiert rezente Küstendynamik mittels der dendrochronologischen Altersbestimmung von Rotbuche (*Fagus sylvatica L.*), während die Forschungsarbeit von KAR die mit der Küstendynamik verbundenen Prozesse zu beleuchten versucht. Die Kartierung der Küstendynamik stellt eine erste Grundlage für weitere Forschungsarbeiten sowie für die Öffentlichkeitsarbeit dar. Die gewonnenen Erkenntnisse sollen zum einen mit einer GIS-Software verarbeitet und zugänglich gemacht, zum anderen durch ein Hinweisschild dargestellt werden, welches der Öffentlichkeitsarbeit im BRSOR, dienen soll. Die Untersuchung, ob und in wie weit sich verschiedene Zonen unter anderem dendrochronologisch voneinander unterscheiden lassen und von Hochwasserereignissen beeinflusst werden, soll dabei helfen zu verstehen, wie die Steilküste der Granitz durch dynamische Prozesse geprägt wird. In soweit könnten die Zonen einer Einteilung in Gefährdnungsklassen entsprechen.

Material und Methoden

Landschaftsökologische Gebietseigenschaften

Entstehungsgeschichte

Die Vorgeschichte der Insel Rügen beginnt bereits in der Oberkreide vor ca. 70 Millionen Jahren mit der Sedimentation von Kalkschalen kleinster Meeresorganismen, die eine bis zu 400 m mächtige Kalkschicht im damaligen Weltmeer bildeten. Durch die glazialen Vorstöße der letzten drei Eiszeiten wurden diese Kalkablagerungen gefaltet, überformt und mit Geschiebemergel bedeckt. In der letzten Vereisung, der Weichseleiszeit, wurde weiteres Material in die entstandenen Inselkerne eingepresst (KOCH, kein Datum, p. Geologie). Mit Beginn der Warmzeit ca. 12 000 Jahre vor heute schmolz der Gletscher; vor allem im südöstlichen Teil der Insel wurden Beckensande der Eisstauseen abgelagert und überformten wiederum die Inselkerne. Erst durch Küstenausgleichsprozesse wurden die Inselkerne miteinander verbunden (BRSOR, 2015, p. Geologie). Die an den Inselkernen abgelagerten Beckensande wurden durch marine Abrasion abgetragen und in den Strömungsschatten angelagert. Erst durch diesen Materialtransport verbanden sich die Inselkerne zu einer einzigen großen Insel (Abb. 2, S. 9). So auch der Granitz-Inselkern, der sich bis zu ca. 100 m aus dem Meer erhebt. Die Granitz ist auch heute noch zu einem großen Teil mit Wald bedeckt. Vornehmlich aus Buchen bestehend, findet man in den

Wäldern aber auch Eichen (*Quercus robur*, *Quercus petraea*), Ahorne (*Acer platanoides*, *Acer pseudoplatanus*) und Hainbuchen (*Carpinus betulus*).

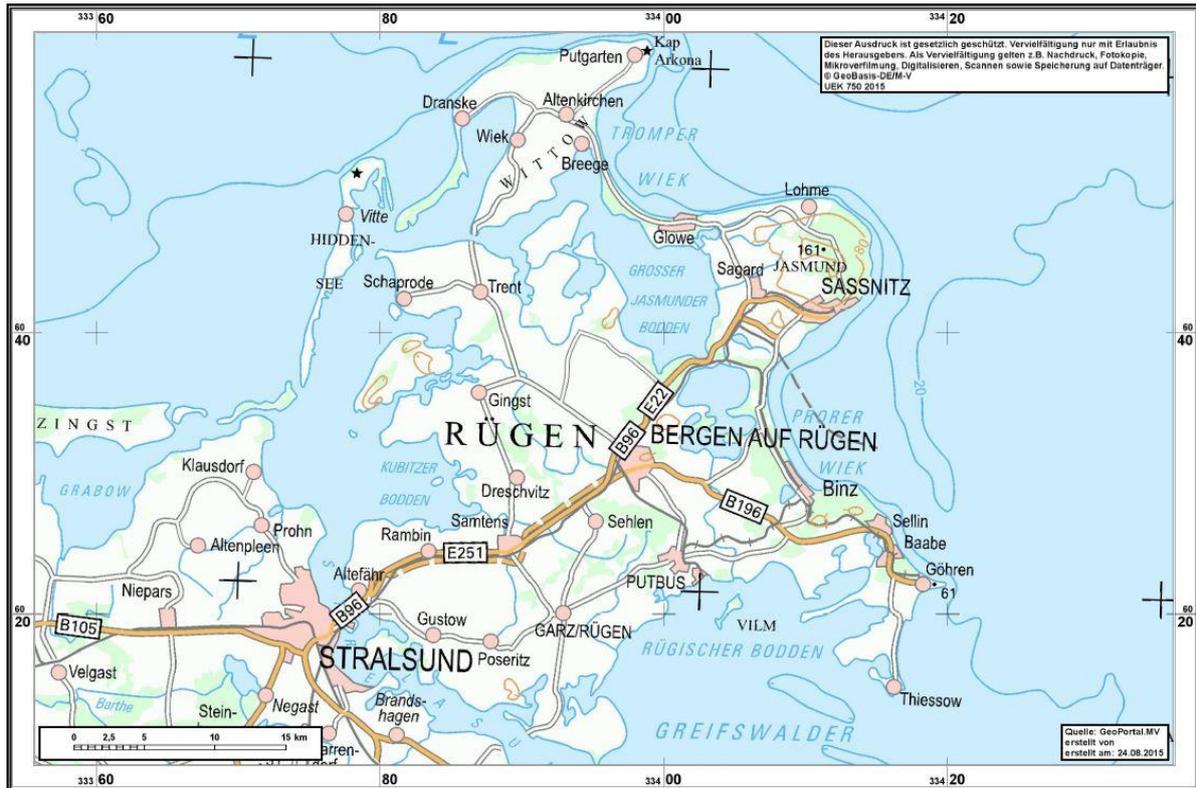


Abb. 2: Übersichtskarte der Insel Rügen; erstellt im GeoPortal GAIA-MV (<https://www.gaia-mv.de/gaia/gaia.php>)

Klima

Die Insel Rügen ist von einem typischen Küstenklima geprägt. Kennzeichnend dafür sind die im Vergleich zum Binnenland „größeren Windgeschwindigkeiten, häufigeren Stürme, höhere Luftfeuchtigkeit, häufige Küstenebel, Dämpfung der Höchst- und Tiefsttemperaturen und Verringerung [der] tages- und jahreszeitlichen Temperaturschwankungen“ (BRSOR, 2013, p. 4). Im Gegensatz zum Nordwesten der Insel ist der Südosten von kontinentalerem Klima geprägt. Niederschläge sind geringer (530-620 mm/a) (KOCH, kein Datum, p. Klima), tages- und jahreszeitliche Temperaturschwankungen dagegen höher. Durch die kontinentale Prägung ist die Sonnenscheindauer, Frostgefährdung und die Gefahr durch Wind erhöht (BRSOR, 2013, p. 4).

Das Biosphärenreservat Südost-Rügen

Das Naturschutzgebiet Granitz liegt im nördlichen Teil des 1990 gegründeten und 1991 von der UNESCO anerkannten Biosphärenreservats Südost-Rügen (Abb. 3, S. 10. Der überwiegende Teil der Granitz gehört der Schutzzone 2 (Pflegezone) an, wohingegen der Bereich der

Steilküste der Schutzzone 1 (Kernzone) zugeordnet ist (BRSOR, 2015). Das Biosphärenreservat zeichnet sich durch eine „in Deutschland ungewöhnliche Bandbreite an Habitattypen“ (BRSOR, 2013, p. 5) aus. So befinden sich im Biosphärenreservat u.a. „historisch alte Wälder“

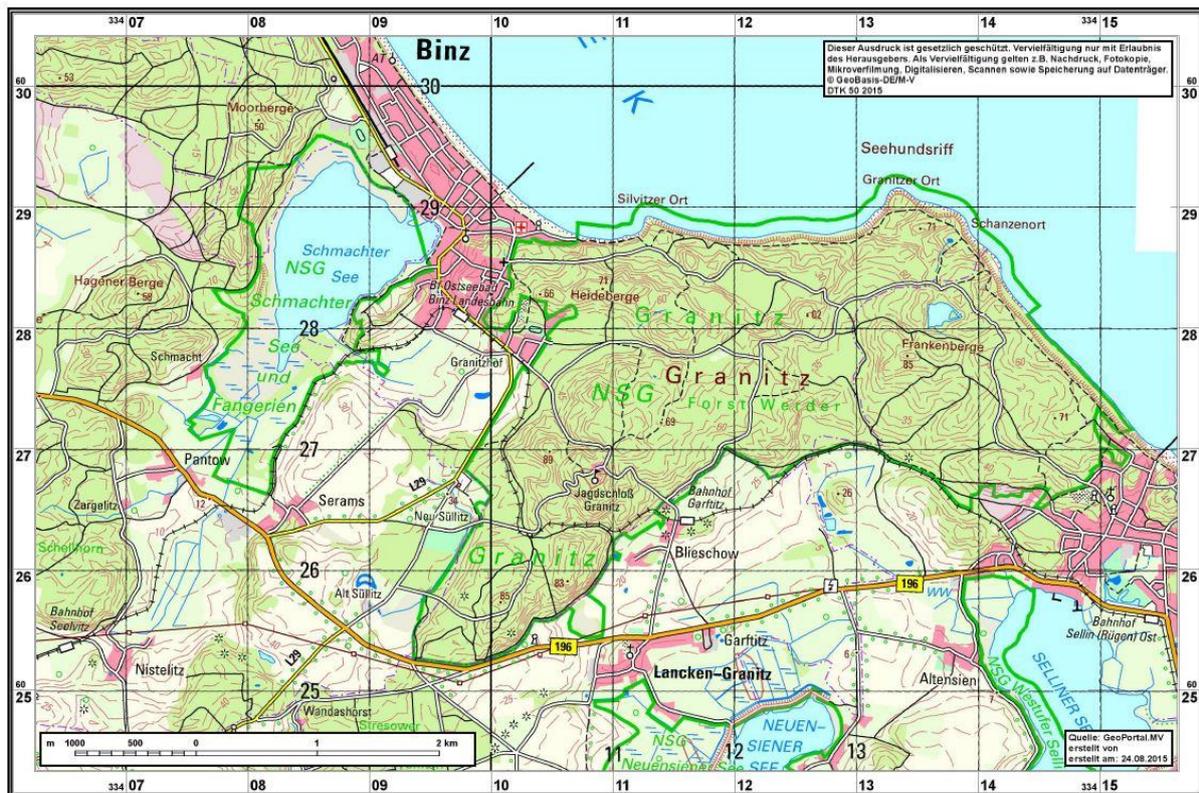


Abb. 3: Übersichtskarte der Granitz; erstellt im GEOWEB Portal GAIA-MV (<https://www.gaia-mv.de/gaia/gaia.php>)

auf den Inselkernen, „nahezu alle in Norddeutschland bekannten entwicklungsgeschichtlich-hydrologischen Moortypen“ und „die der natürlichen Dynamik ausgesetzten Kliffs [...] mit ihren dynamischen Ökosystemtypen“. Die weniger aktiven Steilufer bieten Lebensraum für die Uferschwalbe (*Riparia riparia*), spezielle Laufkäferarten wie *Bembidion saxatile*, *Bembidion cruciatum ssp. Polonium*, *Dyschirius obscurus* und *Dyschirius intermedius*, sowie „bedeutsame Hautflügler“ wie die Pelz-Biene (*Anthophora plagiata*), die Furchenbiene (*Halictus quadricinctus*) und die Goldwespe (*Chrysis rutiliventris ssp. vanlithi*) (BRSOR, 2013, p. 8). Für das Biosphärenreservat wurden 849 Farn- und Gefäßpflanzen nachgewiesen wovon 99 Arten als gefährdet (Stufe 1 und 2) zugeordnet wurden. Zu den letzten Überresten der natürlichen Vegetation zählen neben den Erlenbrüchen, ungenutzten Mooren und naturnahen alten Wäldern auch die natürlichen Waldgrenzen (BRSOR, 2013, p. 8). Da es sich bei den Steilufern der Granitz um Übergangflächen zwischen Wald und Küste handelt, können diese zu den natürlichen Waldgrenzen gerechnet werden.

Das Untersuchungsgebiet

Das Untersuchungsgebiet erstreckt sich östlich des Ostseebades Binz zwischen „Silvitzer Ort“ (54.40034° N, 13.63337° E) im Westen und „Granitzer Ort“ (54.40281° N, 13.66491° E) im Osten und zählt zur Kernzone „Küstenrandzone der Granitz“ (BRSOR, 2013, p. 11). Es hat eine Länge von ca. 2,2 km sowie eine Breite zwischen 26 m und 88m, abhängig von der Höhe der

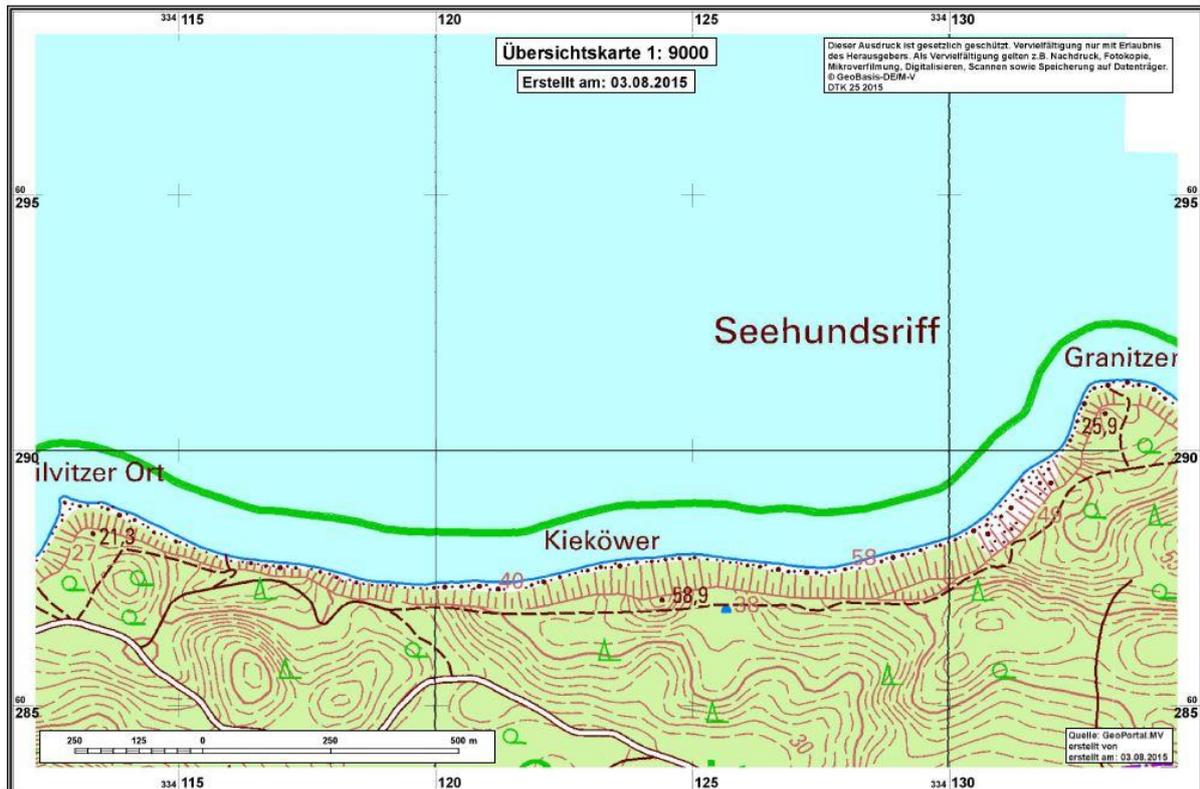


Abb. 4: Übersichtskarte des Untersuchungsgebietes; erstellt im GeoPortal GAIA-MV (<https://www.gaia-mv.de/gaia/gaia.php>)

Steilküste (zwischen ca. 6 m und 62 m) (Abb. 4). Die Gesamtfläche des Untersuchungsgebietes beträgt etwa 9 ha. Im Bereich der Steilküste stehen Schmelzwasser- und Beckensandsedimente an; vereinzelt sind diese von pleistozänem Geschiebemergel durchzogen. Zur Meereseite schließt sich ein Kies- bzw. Blockstrand an.

Durchführung

Definition unterschiedlicher Teilabschnitte

Um einen ersten Eindruck vom Untersuchungsgebiet zu bekommen und eine erste grobe Unterteilung in Abschnitte vornehmen zu können, wurde das Untersuchungsgebiet zunächst von Seeseite abgefahren und mit aneinandergereihten Einzelfotos festgehalten. Diese wurden anschließend mit einem Bildbearbeitungsprogramm (GIMP 2.8) zusammengesetzt (Abb. 5, S. 12). Im nächsten Schritt wurde die Steilküste zweimalig abgewandert, um so Besonderheiten für die

weitere Durchführung der Untersuchung sowie markante Stellen im Untersuchungsgebiet zu bestimmen. Anhand dieser ersten Eindrücke konnte nun eine grobe Differenzierung der Granitzküste in Teilabschnitte unterschiedlicher Aktivität erfolgen. So ist die Bucht zwischen



Abb. 5: Ausschnitt der zusammengefüigten Fotoreihe der Küste

Silvitzer Ort (inklusive diesem) und dem sogenannten Kieköwer sowie der Granitzer Ort als passiver Küstenabschnitt einzuteilen. Der zwischen Kieköwer und Granitzer Ort liegende östlichere Teil der Küste wurde als aktiver Küstenabschnitt definiert (vgl. Abb. 4, S. 11). Des Weiteren konnte nun eine Vorgehensweise für die Probenentnahme erarbeitet werden.

Probenentnahme

Die Datierungen (und die spätere dendrochronologische Untersuchung, siehe KAR) der zu entnehmenden Proben sollten einen möglichen Zusammenhang zwischen Absturzereignissen der Steilküste und Wiederbesiedlung mit *Fagus sylvatica* bzw. Änderungen des Wuchsverhaltens untersuchen. Da sich diese Abhandlung rein auf die Datierung der ausgesuchten Bäume bezieht,

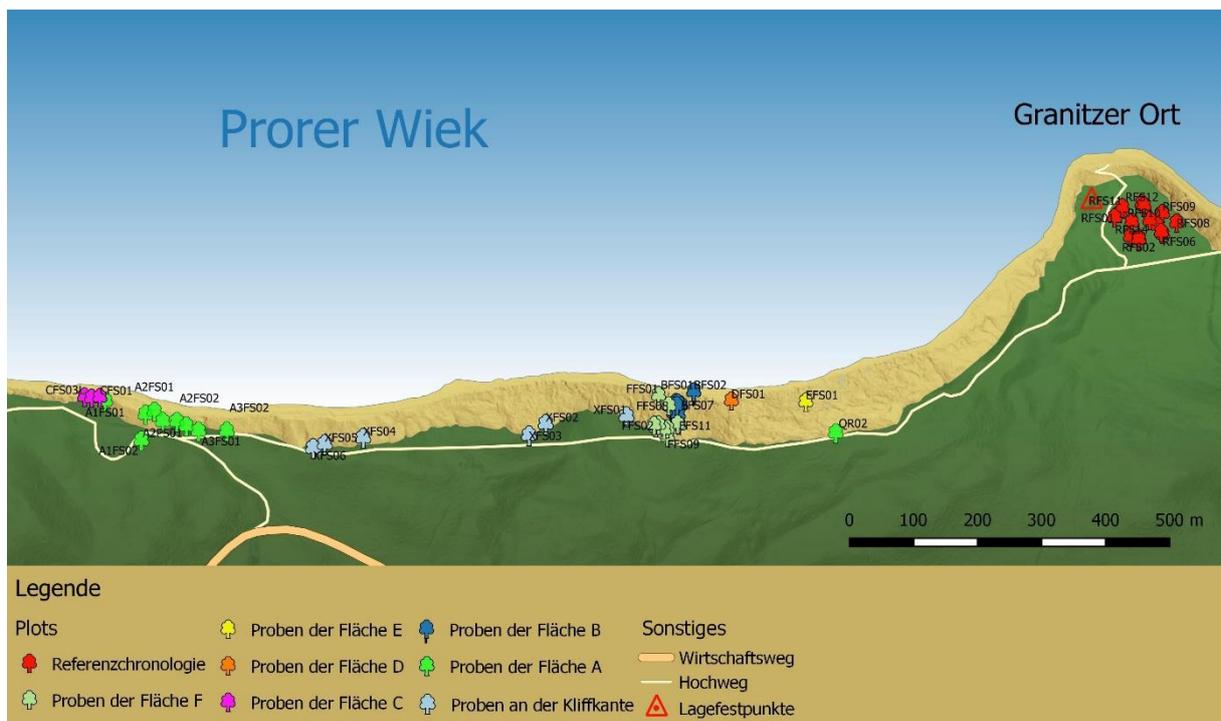


Abb. 6: Übersichtskarte des Untersuchungsgebiets mit Position der Einzelproben in den entsprechenden Plots

wurde auf Bäume mit geändertem Wuchsverhalten nicht weiter eingegangen. Voraussetzung für eine korrekte Beziehung zwischen Baumalter und Alter der Hangrutschung ist die Annahme, dass die untersuchten Buchen die erste Generation nach einem Abbruchereignis darstellen. Für die Datierung und weitere dendrochronologische Untersuchungen wurden zunächst an verschiedenen Standorten mindestens drei Bohrkerne von *Fagus sylvatica* L. entnommen. Sollten die Plots nur der reinen Datierung dienen, so wurden drei Proben als ausreichend angenommen und dementsprechend gesammelt, wohingegen für die dendrochronologische Prozessuntersuchungen mehr Proben benötigt werden und somit auch

THE ANATOMY OF AN INCREMENT BORER IN RELATION TO AN INCREMENT CORE

The increment borer has three parts:

1. Core extracting spoon



2. Core barrel with threaded bit



3. Turning handle



Increment borer in its carrying mode

Abb. 7: Anatomie eines Zuwachsbohrers mit Extraktionslöffel, Bohrstange mit Spitze und Handgriff (JOZSA, 1988, p. 3)

finden in dieser Arbeit keine weitere Verwendung. Um Randeffekte so klein wie möglich zu halten, wurden weitestgehend alle Proben in der Mitte des entsprechenden Plots genommen. Für den Plot A wurde eine Strecke von 100 m Länge parallel zum Hang abgemessen. Die Beprobung erfolgte innerhalb dieser und der oberen und unteren Begrenzung des Steilhangs. Von den oberen und unteren Begrenzungen wurde ein angemessener, nicht näher definierter Abstand gehalten. Die übrigen, teilweise kleineren Plots wurden anhand ihrer geomorphologischen Erscheinung und des Entwicklungsstandes der darauf befindlichen Buchen abgegrenzt. So befinden sich die beprobten Bäume der Fläche F auf einer Terrasse, die diesen Plot abgrenzt. Der Plot B schließt sich darunter bis zum Strand an. Bei Plot C handelt es sich um eine kleine, oberflächlich abgerutschte Vegetationsscholle im passiven Teil der Granitzküste. Die jeweils beprobten Bäume wurden anhand ihres Stammumfangs als älteste Bäume

eine größere Menge an Proben gesammelt wurde. Die Auswahl der Plots erfolgte nach vorheriger Festlegung anhand der Fotomontage des Küstenabschnitts und der Begehung. Die einzelnen Proben der Plots sind in Abb. 6 S. 12 festgehalten. Die Plots A und C wurden im passiven Küstenabschnitt westlich des Kieköwer (vgl. Abb. 4) entnommen, die Plots B und F im aktiven Küstenabschnitt östlich des Kieköwer. Die Plots E und D sind unvollständig, beinhalten jeweils nur eine Probe und wurden nur als Extrapolationsbeispiele angeführt. Die Proben des Plots X wurden von gelehnten Bäumen der Hochuferkante entnommen und

des Areals definiert und ausgewählt. Die Probenentnahme erfolgte mit einem *Haglöf Mora-Coretax 86-060*, *86-50* oder *86-40* Zuwachsbohrer (Abb. 7, S. 13), die jeweiligen maximalen Bohrtiefen betragen 600, 500 und 400mm, die Bohrweite betrug 5 mm. Der Bohrer wurde möglichst horizontal in den Baum bis mindestens zur Mitte des Stammes gedreht (Abb. 8, S. 14), im Optimalfall wird bei dieser Herangehensweise das Zentrum (genaueste Altersbestimmung) getroffen. Anders als bei JOZSA 1988 empfohlen, wurden nicht Proben rechtwinklig zu etwaigem Reaktionsholz genommen, sondern bewusst jeweils eine Probe des Zug- bzw. Druckholzes. Je nach Stärke des Baumes wurde dieser also je einmal von der hangaufwärts bzw. hangabwärts gerichteten Seite des Kliffs oder komplett von einer zur anderen Seite in einer Probe gebohrt. Um eine von der Küstendynamik unabhängige Jahrring-Referenz zu erhalten, wurden auf einer möglichst ebenen Fläche 15 Bäume mit je zwei Proben rechtwinklig zueinander beprobt (Referenzfläche R). Im Wesentlichen diente die Referenzchronologie der weiteren Ringweitenanalyse (nicht Bestandteil dieser Arbeit), war aber auch ein wichtiges Hilfsmittel bei der Bestimmung des Alters der einzelnen Proben. Auch hier erfolgte die Auswahl über einen möglichst großen Stammumfang und zusätzlich über einen möglichst gleichmäßigen Wuchs des Stammes, um hier Einflüsse durch Reaktionsholz möglichst auszuschließen. Um auch hier Randeffekte minimal zu halten, wurden nur Proben von solchen Bäumen genommen, die in ausreichendem Abstand zum Kliff stehen. Die Proben wurden sofort nach der Entnahme auf dafür vorbereitete Holzplatten mit Hohlkehle feldmäßig fixiert und mit einem Bleistift beschriftet. Der Beschriftung liegt folgende Regel zu Grunde:



Abb. 8: Beispiel einer Probenentnahme eines gelehnten Baumes der Hochuferkante

1. Buchstabe für die Aufnahmefläche (z.B. „A, B, C“ für Fläche A, B, C usw., „R“ für Referenzfläche und „X“ für Proben gelehnter Bäume an der Hochuferkante)
2. Je ein Buchstabe für Gattungsname und Epitheton (z.B. „FS“ für *Fagus sylvatica*)
3. Nummer der Probe (z.B. „3“ für die dritte Probe des Plots)
4. Buchstabe „U“ (upper sample) oder „L“ (lower sample) für obere oder untere Probe der zweiseitig beprobten Bäume im Kliff bzw. „a“ und „b“ der Referenzproben
5. Datum der Probenentnahme

Für jede Probe wurden folgende Metadaten aufgenommen und in einem Standarddatenblatt eingetragen: Datum, Exposition, Hangneigung in Grad, Höhe über NN (GPS), Spezies, Längen- und Breitengrad (GPS), sozialer Status (dominant, co-dominant, unterdrückt usw.), Brusthöhendurchmesser, Baumhöhe per Winkelmessmethode, Beprobungshöhe und –richtung. Die Probe QR02 entstammt einer Testbohrung an einer Stieleiche und wurde nicht für diese Arbeit berücksichtigt.

Präparation der Bohrkerne

Bevor die extrahierten Bohrkerne weiter verarbeitet und ausgewertet werden konnten, war zuvor eine ein- bis zweitägige Trocknung notwendig. Um Rissbildungen vorzubeugen und den Bruch der Kerne zu vermeiden, durfte die Trocknung nicht zu schnell von statten gehen. Hierzu wurden zunächst die provisorisch fixierten Kerne von der Halterung gelöst und erneut derart mit Wäscheklammern fixiert, dass sich die Kerne durch die Trocknung nicht verbiegen konnten. Waren die Kerne getrocknet, konnten sie mit Holzleim dauerhaft auf die Halterungen geleimt werden. Dabei war zu beachten, dass die Jahresringe in der Aufsicht erkennbar bleiben. Bis der Leim durchgetrocknet war, wurden die Kerne erneut mit Wäscheklammern vor Verrutschen gesichert. Auf eine gute Verklebung musste großes Augenmerk gelegt werden, da vor allem die Kerne aus den gelehnten Proben unter Spannung standen und sich deshalb stark verformen konnten. Sobald die Proben fest verklebt waren, konnten sie geschliffen und gescannt werden. Dazu wurden die Proben mit einem Bandschleifer zunächst mit 100er Sandpapier plan



Abb. 9 aus zwei Scans zusammengesetztes Bohrkern-Bild

geschliffen und anschließend mit 400er Sandpapier poliert, bis die Oberfläche glänzte. Für einen guten Scan war eine möglichst plane und kratzerfreie Oberfläche entscheidend. Die polierten Kerne wurden mit einem DIN A4 Flachbettscanner gescannt (Auflösung 1200 dpi) und digital gespeichert. Proben, die länger als der Scanbereich waren, wurden zweimal gescannt und die Bilder mit einem Bildbearbeitungsprogramm (GIMP) untereinander zusammengefügt (Abb. 9).

Jahringmessung

Die Jahringmessung erfolgte mit der Software „*CooRecorder 7.7*“ (Cybis electronics, Schweden). Die erstellten Bilder der Bohrkerne wurden einzeln in das Programm geladen und bearbeitet. Die Auflösung des Bildes erkannte das Programm automatisch. Dies war wichtig

für die korrekte Messung der Jahrringweiten. Des Weiteren war darauf zu achten, dass „sorted data“ eingestellt war. Die Altersbestimmung erfolgte dann über die Markierung der Jahrringe. Für Proben, die nicht genau das Mark des Stammes trafen, bestand die Möglichkeit, die nicht dargestellten Jahrringe mit Hilfe einer Schablone zu schätzen, was eine exaktere Annäherung an das tatsächliche Alter ermöglichte. Die so gemessenen Ringweiten wurden als Kurve dargestellt. Begonnen wurde mit den Proben der Referenzchronologie, deren erster Kern mit der bereits vorhandenen Chronologie der in der Nähe liegenden Insel Vilm (SCHARNWEBER, et al., 2015) über einen Korrelationskoeffizienten verglichen wurde. Nachdem die erste Probe mit der Vilm-Chronologie abgeglichen war, wurden alle restlichen Proben der Referenzfläche mit der ersten Referenzprobe in gleicher Weise gemessen. Aus den Ergebnissen wurde mit Hilfe von *CDendro* eine Referenzchronologie erstellt.

Diese repräsentiert die durchschnittliche Wachstumsleistung und interannuellen Schwankungen der Referenz-Buchen, die nicht den zu untersuchenden Einflüssen der marinen Abrasion und Hangstandes unterliegen. Änderungen in der Wachstumsleistung bzw. in interannuellen Schwankungen der Hang-Buchen können so möglicherweise Rückschlüsse auf Rutschungsereignisse liefern. Für die Datierung der weiteren Proben hilft die Referenzchronologie bei der Bestimmung der Jahrringe, die in den Proben des Reaktionsholzes nicht immer eindeutig zu bestimmen sind.

So wurden jeweils mindestens 3 Proben der Plots A-F gegen die Referenzchronologie gemessen. Standen mehr als drei Proben zur Verfügung, wurden anhand des Brusthöhendurchmessers die drei stärksten Buchen ausgewählt. Zusammen mit den erhobenen Metadaten wurde das bestimmte Alter der Bäume in einer Excel-Tabelle festgehalten. Da Bäume einige Jahre benötigen, um in die Höhe zu wachsen, war ein Zuschlag von 5 Jahren für eine Beprobungshöhe von 130 cm zu berücksichtigen.

Digitale Verarbeitung und Kartenerstellung mit Hilfe von *QGIS*

Die weitere digitale Verarbeitung der gewonnenen Daten erfolgte mit Hilfe des Geoinformationssystems *QGIS Vers. 2.8.2 Wien*. Um eine möglichst detaillierte Karte des Untersuchungsgebiets erstellen zu können, wurde diese auf Grundlage eines digitalen Geländemodells (DGM) angefertigt. Es handelte sich dabei um einen Laser-Oberflächenscan mit einer Auflösung von 1 m x 1 m (Abb. 10, S. 18). Jeder gescannte Quadratmeter wurde durch ein Pixel dargestellt und beinhaltete sowohl eine exakte Georeferenzierung, als auch eine Höhenmessung. Beide Genauigkeiten lagen im Zentimeterbereich. Das DGM des Landesamtes für

innere Verwaltung (LAIv) wurde freundlicherweise durch das Geographische Institut der Ernst-Moritz-Arndt Universität Greifswald zur Verfügung gestellt. Aus den hinterlegten Informationen ließen sich nun mit Hilfe der GIS-Software, u. a. Neigungswinkel- und Reliefkarten generieren. Für weitere Komponenten der Karten, wie Wald, Gewässer, Wege, Standorte der Probenbäume, Altersflächen usw. wurden sogenannte Layer definiert. Zuzüglich zu den Informationen aus DGM und Proben wurden die historischen Karten TKS 25 von 1900, 1985 und



Abb. 10: Digitales Geländemodell des Landesamtes für innere Verwaltung

1995 zum Vergleich der Hochuferkanten und aktuelle, topographische Karten zur weiteren Ausstattung der zu erstellenden Karte hinzugezogen. Diese Informationen sind im WebGIS-Portal *GeoPortal.MV* zugänglich (<http://www.gaia-mv.de/gaia/gaia.php>). Anhand der Ergebnisse dieser Arbeit soll ein Hinweisschild erarbeitet werden, welches informativ und anschaulich die Küstendynamik der Granitzer Steilküste widerspiegelt. Dabei sollen folgende Aspekte besonders berücksichtigt werden:

1. Die digital erstellte Karte soll informativ und leicht verständlich auf dem Hinweisschild-präsentiert werden
2. Die verschiedenen Prozesse der Küstendynamik sollen durch Blockbilder veranschaulicht werden
3. Die Situation am Steilhang soll durch Fotos untermalt werden

Vergleich der Mindestalter der definierten Plots mit Hochwasserereignissen

Anhand von Pegelständen über Hochwasserereignisse der letzten Jahrzehnte wurde ein Vergleich der Mindestalter der Flächen mit einzelnen Hochwassern angestellt. Die Wasserstände

wurden an den Pegeln Sassnitz und Thiessow gemessen. Eine Übereinstimmung von Mindestalter eines Plots mit dem Auftreten eines Hochwassers könnte darüber Aufschluss geben, ob Hochwasserereignisse für ein komplettes Abräumen einer Vegetationsfläche verantwortlich sein können. Zur besseren Bearbeitbarkeit wurden die absoluten Pegelstände auf den Wasserstand über Normalwasser verändert. Die Daten wurden vom Biosphärenreservat Südost-Rügen zur Verfügung gestellt. Für die Bearbeitung wurde aufgrund seiner längeren Zeitreihe, nur der Pegel am Standort Sassnitz berücksichtigt.

Ergebnisse und Diskussion

Gebietsdifferenzierung

Mit den zu einer Küstenlinie zusammengeführten Fotos konnten erste Unterteilungen der Küste zwischen Granitzer Ort im Osten und Silvitzer Ort im Westen vorgenommen werden. Dabei ist das Kliff zwischen Silvitzer Ort bis zum sogenannten Kieköwer (einer Anhöhe ca. in der Mitte des Untersuchungsgebietes) in einem eher passiven Stadium mit augenscheinlich stabilem Gehölzbewuchs aus *Fagus sylvatica* und wenigen *Quercus robur* sowie vereinzelt *Pinus sylvestris*. Im Bereich des ersten Abstieges östlich des Silvitzer Ortes (vgl. Abb. 4, S. 11) waren kleinere Kliffabbrüche, der hier am niedrigsten Punkt nur ca. 9 m hohen Steilküste, zu beobachten. Es handelte sich dabei zum Teil um Rutschungen der bestehenden Vegetationsdecke, zum Teil um eine neuerliche Sukzession unter anderem mit *Salix cinerea* und *Hippophae rhamnoides*, nachdem die vorherige Vegetation durch die Rutschung abgeräumt wurde. Der weitere Verlauf bis zum sogenannten Kieköwer erschien stabil und ist vornehmlich mit *Fagus sylvatica* bewachsen. Erst hinter dem Kieköwer änderte sich das Bild. Der Hangfuß sowie der Mittelhang der Steilküste waren stark durch Rutschungsereignisse geprägt. Neu besiedelnde Gehölze waren hier *Hippophae rhamnoides*, *Salix cinerea* sowie *Pinus sylvestris*. Im Mittelhang fanden sich *Fagus sylvatica* und *Betula pendula*, da wo die Vegetationsdecke nicht komplett zerstört bzw. die Vegetationsdecke auf dem Untergrund abgerutscht war. Im Oberhang waren drei unterschiedlich große Terrassen entstanden. Der Hang war von Bereichen durchsetzt, deren Vegetation durch Rutschungen komplett entfernt war. Hier begann zum Teil eine Sukzession mit diversen Kräutern und Kiefern (*Pinus sylvestris*) sowie vereinzelt Lärchen (*Larix decidua*). Im weiter östlich befindlichen, augenscheinlich aktivsten Teil der Steilküste, war nur zum Teil eine äußerst flache, krautige Vegetationsschicht vorhanden. Lediglich der Oberhang war

zum Teil mit Bäumen besetzt. Am Hangfuß fand sich Jungwuchs der bereits erwähnten Gehölze. Der Granitzer Ort stellte schlussendlich wieder einen stabileren Teil der Steilküste dar, mit zum Teil stattlichen Buchen-Exemplaren.

Ergebnisse der Probenentnahme

Anhand der an zunächst drei differenzierten Plots (AFS, BFS, FFS) entnommenen Bohrkerne konnte eine Unterscheidung der Flächen hinsichtlich ihres Alters vorgenommen werden. Die zunächst als ein Plot ausgewiesenen Proben BFS wurden wegen des unterschiedlichen Alters zwischen den Proben des Unter- und Mittelhangs im Nachhinein in zwei Bereiche aufgeteilt, den unteren mit den Proben BFS01-04 und einem Alter von 47 Jahren und den mittleren mit den Proben BFS05-09 und einem Alter von 62 Jahren. In Tab. 1 (siehe Anhang) wurden die jeweils ältesten Bäume der einzelnen Plots aufgelistet. Die Probe BFS06 wurde auf der Hangoberseite (BFS06U) in 40 cm genommen, um aufgrund des Steilhanges eine Beprobung auf der gegenüberliegenden Seite zu ermöglichen. Der schräge Wuchs des Baumes machte auf der Unterseite eine Beprobung in 85 cm nötig. Dies trifft auf alle Proben zu, deren Beprobungshöhe voneinander abweicht (siehe „sampling height“ in Tab. 2-8 im Anhang Tabellen, S. 31ff.). Zusätzlich zum gemessenen Alter der Proben, wurde in Tab. 1 ein korrigiertes Alter angegeben.

Die Referenzchronologie, welche auf dem Plateau am Granitzer Ort erstellt wurde, hatte ein Mindestalter von 212 Jahren. Der durchschnittliche BHD betrug 78,5 cm, die Höhe der Buchen im Schnitt 36 m.

In allen 5 Probeflächen waren oberflächlich vorherrschend Beckensande vorzufinden, einige Bereiche waren von Geschiebemergel durchzogen. Der soziale Status aller gemessenen Bäume war dominant bzw. co-dominant. Die Bäume der Flächen B1 und B2 waren davon in soweit abweichend, als dass es sich um relativ junge und niedriger gewachsene Exemplare handelte. Sie waren jedoch in dieser Zone diejenigen Bäume, mit dem vorherrschenden sozialen Status.

Einfluss von Hochwasserereignissen

Die Zeitreihe der Hochwasserereignisse waren nicht weit genug in die Vergangenheit reichend und konnten keine definitiven Aussagen über den Zusammenhang einzelner Hochwasser mit Absturzereignissen liefern. Lediglich die Fläche B1 (siehe Tab. 1) könnte den Hochwassern Anfang der 1960er Jahre (Abb. 11) zugeordnet werden.

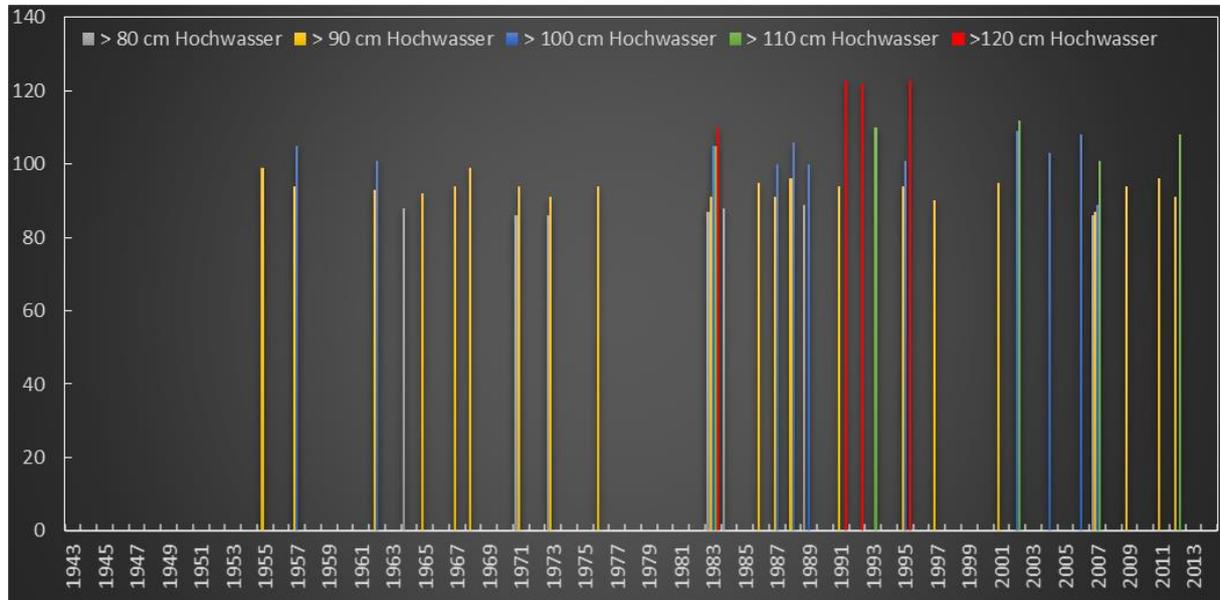


Abb. 11: Hochwasserereignisse am Pegel Sassnitz der letzten 59 Jahre (Datenquelle: Biosphärenreservat Südost-Rügen)

Zonierung des Küstenabschnitts in Bereiche unterschiedlicher Aktivität

Anhand der vorliegenden Ergebnisse von Begehung, dendrochronologischer Untersuchung und einer aus dem DGM berechneten Neigungswinkelkarte (Abb. 12), konnten nun Aktivitätszonen der Küstenabschnite definiert werden.

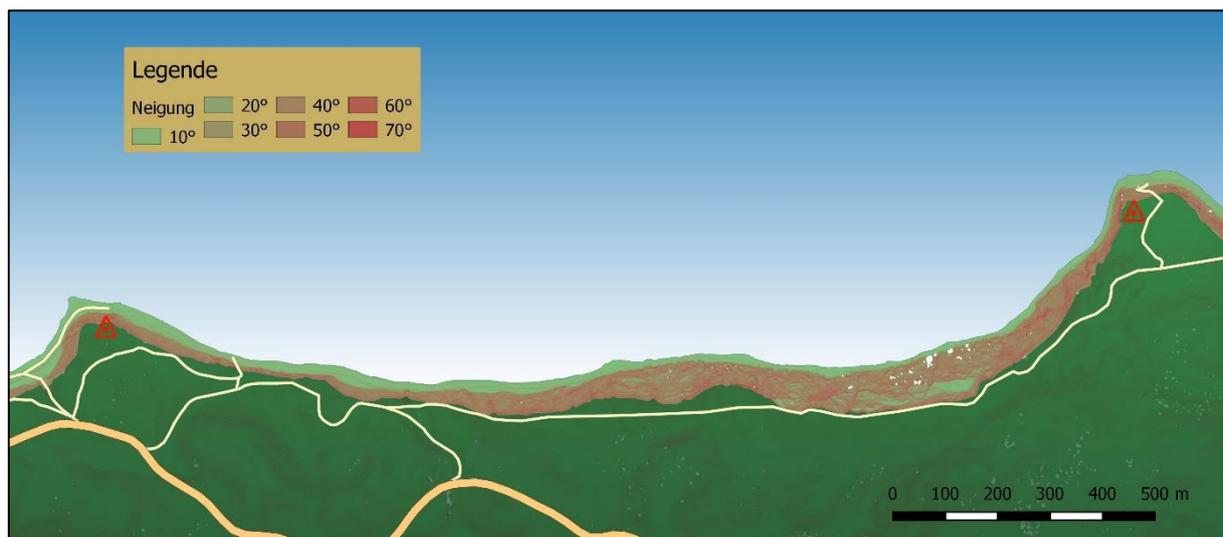


Abb. 12: Mit QGIS berechnete Neigungswinkelkarte auf Grundlage des DGM des LaiV

Die dendrochronologische Untersuchung ließ eine Differenzierung von vier in ihrem Alter unterschiedliche Zonen zu. Eine fünfte Zone konnte anhand eines Satellitenbildes mit Hilfe des GeoPortals übertragen werden. Nachfolgend werden die fünf Zonen vorgestellt und diskutiert.

Einsturzzone

Die aktivste Zone beschreibt die Teilflächen, auf denen sich aufgrund der hohen Aktivität, keine geschlossene Gehölzvegetation etablieren kann (Abb. 13, rote Flächen). Je nach Stabilität können sich krautige Vegetationsdecken, sowie vereinzelter Jungaufwuchs aus vornehmlich *Pinus*

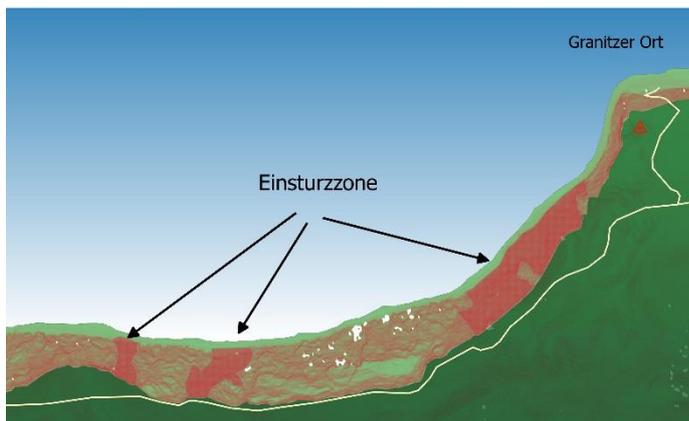


Abb. 13: Kartenausschnitt Einsturzzone

sylvestris L bilden. Der Neigungswinkel beträgt in den überwiegenden Bereichen dieser Kliffabschnitte weit über 40°, vereinzelt bis an 60° heranreichend. In flacheren Bereichen liegt er zwischen 35° und 45°. Das Substrat besteht aus feinem Beckensand. Das Kliff ist an dieser Stelle bis ca. 50 m hoch.

Die hohe Aktivität des Kliffs könnte mit dem hohen Neigungswinkel, dem extrem lockeren Substrat und der Mächtigkeit des Kliffs sowie der leichten Transportierbarkeit des Beckensandes durch Wasser zusammenhängen. Da diese Zone durch Satellitenaufnahmen gut zu erkennen und abzugrenzen ist, entfällt eine Extrapolation auf andere Bereiche, sondern wird direkt in die Karte übertragen.

Aktive Hangzone

Die nach der Einsturzzone aktivste Zone wird als „aktive Hangzone“ definiert. Sie tritt im Teil

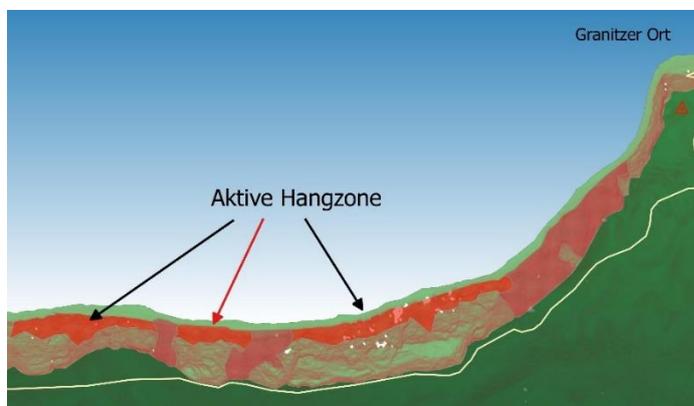


Abb. 14: Kartenausschnitt Aktive Hangzone

der Küste zwischen Kieköwer und Granitzer Ort auf (Abb. 14). In der dendrochronologisch untersuchten Fläche (roter Pfeil) lässt sich ein Mindestalter der Fläche von 47 Jahren feststellen. Die Wuchshöhe beträgt 5-7 m. Der Hangneigungswinkel beträgt zwischen 30 und 45°. Kennzeichnend für diese Fläche ist,

dass Gehölzvegetation nur auf einzelnen Flecken etabliert ist, die entweder komplett abrutschen

können oder stehend auf dem Substrat hangabwärts rutschen. Die Extrapolation auf die anderen Flächen (schwarze Pfeile) erfolgt aufgrund der ähnlichen Neigungswinkel und aufgrund des ähnlichen Bewuchses. Die Altersbestimmung der Zone kann nicht absolut extrapoliert werden, wie sich in den Proben DFS und EFS zeigt. Diese sind deutlich älter als die Bäume der Flächen B1 und B2, dennoch ist zwischen diesen Proben ein ähnlicher Altersunterschied festzustellen.

Intermediäre Zone

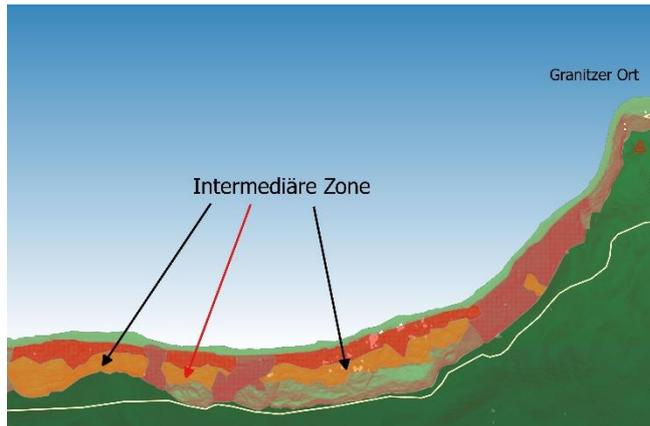


Abb. 15: Kartenausschnitt Intermediäre Zone

Die an die aktive Hangzone anschließende Intermediäre Zone (Abb. 15) zeichnet sich durch kleinere Terrassen und Hangflächen aus. Der Neigungswinkel des Hanges beträgt ca. 30° , $\pm 5^\circ$. Hier kommt es teilweise zu terrassenartigen Abrutschungen, Rutschungen der Vegetationsflächen und kompletten Abrutschen der Vegetation. Die älteste in der

beprobten Fläche (roter Pfeil) gemessene Buche weist ein Alter von 62 Jahren auf. Der durchschnittliche BHD beträgt 25,6 cm, die Höhe der Bäume zwischen 5 und 9 m. Die intermediäre Zone stellt eine Zwischenzone zwischen der aktiven Hangzone und der Terrassenzone dar. Sowohl einzelne Terrassenflächen sind zu erkennen als auch Rutschungen einzelner Vegetationsflecken, wie es auch für die aktive Hangzone typisch ist. Die Extrapolation auf weitere Flächen (schwarze Pfeile) erfolgte wiederum anhand der ähnelnden Neigungswinkel und gleichem Erscheinungsbild in der Neigungswinkelkarte.

Terrassenzone

Die Terrassenzone ist gekennzeichnet durch Terrassen von teilweise stattlichen Ausmaßen. So hat die größte Terrasse eine Fläche von ca. 2100 m² (Flächenberechnung anhand DGM). Der Neigungswinkel beträgt ca. 10° , $\pm 5^\circ$. Bei den sog. „plane failures“ (GÜNTHER & THIEL, 2009, pp. 690, Übersetzung: Flächenbrüche) kommt es nicht zum lawinenartigen Abrutschen der bewegten Massen, sondern zu einem senkrechten absacken in einer zusammenhängenden Masse. Bezeichnend für die Terrassen ist, dass die darauf befindlichen gemessenen Bäume altersmäßig mit 183 Jahren für den ättesten zu denen der Referenzchronologie passen (vgl. Tab. 8, S. 33). Der durchschnittliche Durchmesser beträgt 52,0 cm und ist damit jedoch deutlich geringer, als der Wert der Referenzchronologie (78,5 cm). Dies könnte ein Indiz für

Wachstumsschwankungen sein. An den Rändern der Terrassen befinden sich häufig gelehnte Bäume. Diese Terrassenflächen können in kleinere unterschiedlich große Teilflächen zerfallen sein, wie es bei Fläche F (Abb. 16, linker Pfeil) der Fall ist oder sind in einem kompletten Stück

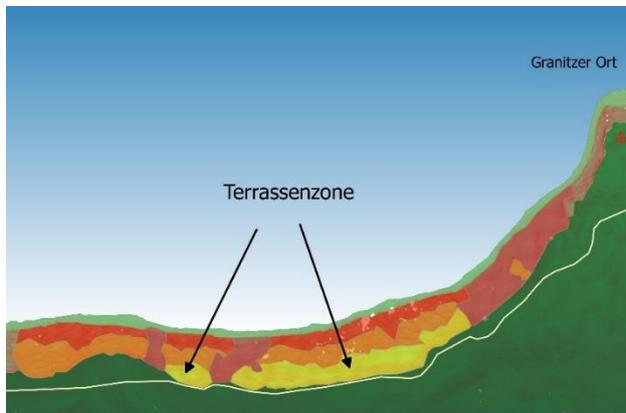


Abb. 16: Kartenausschnitt Terrassenzone

abgegangen (Abb. 16, rechter Pfeil). So sind die kleineren Terrassenstücke der Fläche F laut DGM zwischen 4 und 17 Metern abgerutscht. Die weiter im Osten befindliche große Terrasse ist ebenfalls zwischen 14 und 17 Metern abgerutscht. Ob diese Terrassen in einem Zuge abrutschen oder in einzelnen Etappen abgehen, kann anhand der reinen Altersbestimmung nicht

geklärt werden. Es erscheint jedoch unwahrscheinlich, dass derart große Massen einen derartigen Abgang vollziehen, ohne ihre Integrität als zusammenhängendes Stück zu verlieren.

Passive Zone

Die passive Zone umfasst den weitesten Teil des Küstenabschnitts der Granitz zwischen Silvitzer Ort und Kieköwer. Die Baumalter reichen hier bis knapp an die 100 Jahre (ältester

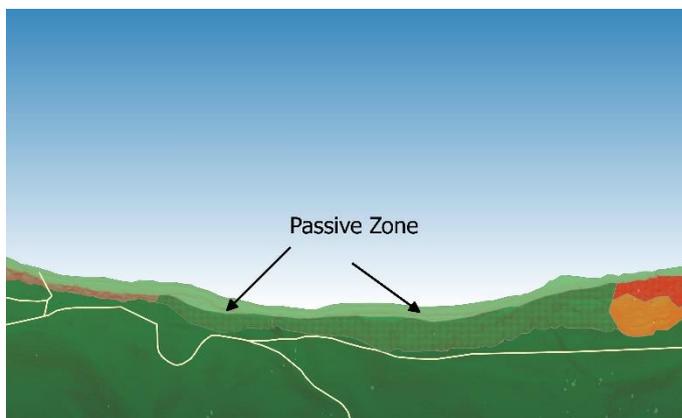


Abb. 17: Kartenausschnitt passive Zone

gemessener Baum in Plot C: 94 Jahre); ihre Höhe beträgt im Schnitt 20,1 m, der BHD im Schnitt 36,6 cm. Die passive Zone zeichnet sich durch eine mittlere, konkave Hangneigung aus (40° , $\pm 5^\circ$). Dennoch kann nicht behauptet werden, dass dieser Teil des Küstenabschnitts völlig inaktiv sei, denn auch hier finden sich einzelne

Rutschungen. Aufgrund des höheren Baumalters liegt der Schluß jedoch nahe, dass diese Ereignisse nur noch vereinzelt stattfinden und nicht den kompletten Hang betreffen. Der Hang selbst ist nicht terrassiert. Die Extrapolation (Abb. 17, rechter Pfeil) der gemessenen Fläche (Abb. 17, linker Pfeil) erfolgte wiederum anhand der gleichartigen Hangneigung.

Vergleich der Hochuferkante des digitalen Geländemodells mit historischen Karten

Mit Hilfe des vorliegenden digitalen Geländemodells und dem Online-Portal Gaia-MV (<http://www.gaia-mv.de/gaia/gaia.php>) ließ sich die Hochuferkante mit den im Portal vorhandenen historischen Karten (TK 25) von 1900, 1980 und 1995 vergleichen und somit die Auswirkung mariner Abrasion auswerten. Der Vergleich illustriert das in den letzten 115 Jahren teils erhebliche Rückschreiten der Steilküste und den damit verbundene Materialtransport. Zu

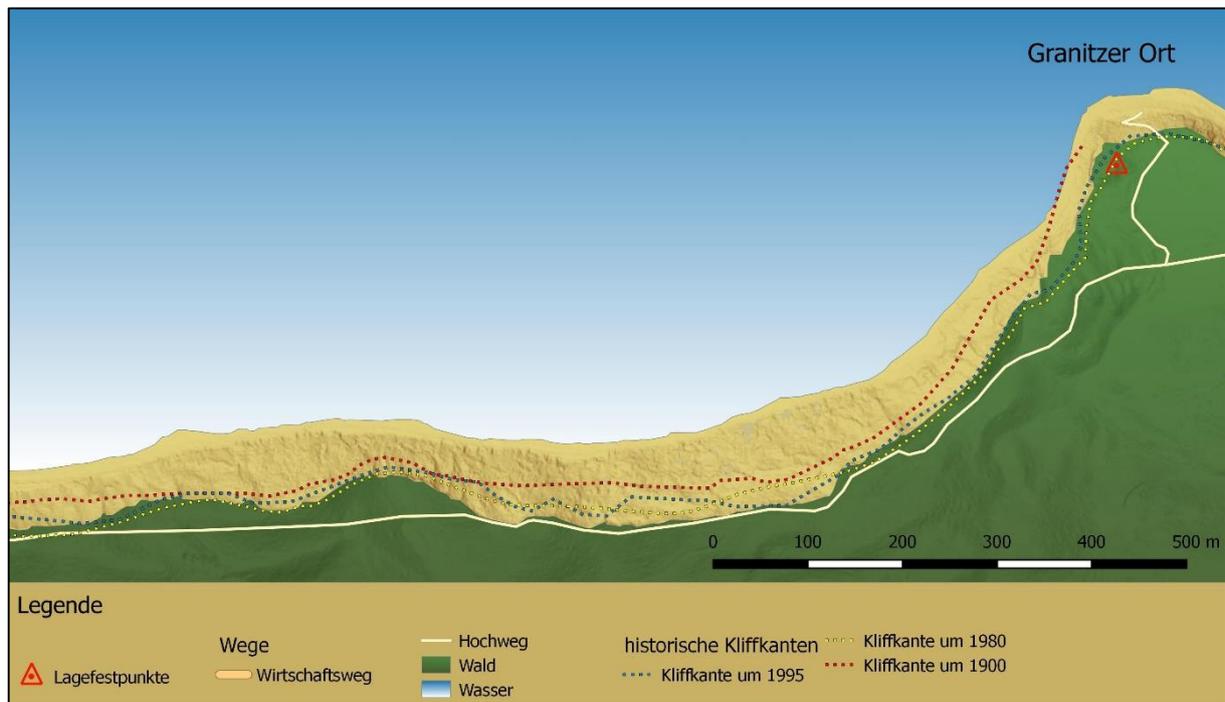


Abb. 18: Ausschnitt des Küstenabschnitts zwischen Kieköwer und Granitzer Ort inklusive der integrierten, historischen Hochuferkanten der TK 25 von 1900, 1985 und 1995

berücksichtigen waren jedoch etwaige Messfehler, die bei der Erstellung der historischen Karten bzw. bei deren Referenzierung im GIS-Portal entstanden sind. Das größte Fehlerpotenzial barg die TK 25 von 1980. Hier lag die Hochuferkante hinter der Karte von 1995 und teilweise sogar hinter der heutigen Hochuferkante, wie sie das DGM zeigt. Auch die Übertragung der Hochuferkante von 1995 zeigte Teilbereiche auf, die hinter der heutigen Hochuferkante liegen (vgl. Abb. 18). Es ist deshalb davon auszugehen, dass die Hochuferkanten in Teilbereichen weiter seewärts lagen. Selbstverständlich waren etwaige Mess- bzw. Übertragungsfehler auch bei der Karte von 1900 zu berücksichtigen. Eine gewisse Toleranz wurde mit ± 10 m veranschlagt. Auch nach Berücksichtigung dieser Toleranz lag das weiteste Rückschreiten der Hochuferkante seit 1900 bei ca. 38 m.

Zusammenhänge von Zonalalter und Hochwasserereignissen

Aufgrund der relativ kurzen Zeitspanne der am Pegel Sassnitz gemessenen Hochwasser, ließ sich nicht eindeutig feststellen, ob einzelne Ereignisse komplette Buchenbestandsflächen im Hang abgeräumt haben und eine neue Sukzession einsetzte. Über die Dauer der Wiederbesiedlung nach einem Hochwasser konnte an dieser Stelle nur spekuliert werden, sodass eine genaue Zuordnung aufgrund der vorliegenden Daten nicht möglich war. Es ist aber durchaus denkbar, dass die Hochwasserereignisse der Jahre 1961-65 derartige Rutschungen auslösten, dass eine komplette Abräumung der Fläche B1 erfolgte und diese daraufhin neu besiedelt wurde (vgl. Tab. 1, S.31 und Abb. 11, S. 21). Zweifelhaft bleibt jedoch, warum die nachfolgenden, teilweise weitaus stärkeren Hochwasser, nicht ebenfalls erneut eine komplette Abräumung der Fläche zur Folge hatten. Auch für die Fläche A lassen sich historische Hochwasserereignisse in den Jahren 1891, 1904 und 1914 finden (MUDERSBACH & JENSEN, 2009), ob sie jedoch alleine für das Rückschreiten der Hochuferkante von mindestens 10 – 15 m verantwortlich waren und die komplette Hangvegetation abgeräumt haben oder ob ein stetiger Hangabtrag stattfindet, lässt sich anhand der vorhandenen Daten nicht zuverlässig klären.

Methodische Probleme

In diesem kurzen Unterkapitel sollen methodische Schwierigkeiten festgehalten und dargestellt werden. Bei der Erstbesichtigung des Standortes von Seeseite war das ungünstige Wetter eines der größten Probleme. Dichter Nebel machte geeignete Fotoaufnahmen der Küste äußerst kompliziert. Erst eine anschließende digitale Nachbearbeitung der Einzelfotos sorgte für eine akzeptable Nutzbarkeit der Aufnahmen. Durch Veränderung von Farbkontrastes und der Helligkeit konnte der Nebelschleier zu einem annehmbaren Teil beseitigt werden (Abb. 19, S. 27). Als weiteres Problem erwies sich die genaue Messung der Probenstandorte mittels GPS. In der Praxis ergaben die Messungen vereinzelt recht hohe Ungenauigkeiten von über 15 m, so dass die gemessenen Probebäume in der Karte teilweise nicht mehr im Hang verortet sind (z.B. Probe A1FS02, siehe Abb. 6, S. 13). Somit war eine genaue Platzierung der aufgenommenen Bäume teilweise nicht zufriedenstellend möglich. Des Weiteren war die Höhenmessung der im Hang befindlichen und oftmals gelehnten Bäume nur unzureichend zu bewerkstelligen und wurde zum Teil geschätzt, so dass Höhenvergleiche einzelner Plots nur schwierig möglich waren. Bei der Bohrung durch den kompletten Stamm hat sich in der Praxis bewährt, dies nur bei

Bäumen vorzunehmen, die in ihrem Durchmesser die halbe Länge des Bohrers nicht übersteigen. Größere Bäume wurden zweiseitig bis zur Mitte beprobt, da sonst durch den hohen Druck des Stammes zu viel Zeit und Energie für das Herausdrehen des Bohrers benötigt wurde. Zudem wurde hierdurch die Gefahr eines feststehenden Bohrers verkleinert. Bei dieser Methode mussten die Proben durch die Hangneigung auf zwei verschiedenen Höhen genommen werden, wodurch die Anzahl der Jahrringe der Proben eines Baumes variieren können.



Abb. 19: Unbearbeitetes (links) und bearbeitetes Einzelfoto (rechts) der Küstenfotoreihe

Graphische Synthese der Arbeit: das Hinweisschild

Ausstattung

Als Größe für das Hinweisschild (Abb. 20, S. 36) werden die Maße 150cm x 100 cm vorgeschlagen, damit alle verarbeiteten Informationen ausreichend Platz finden, gut lesbar sind und ansprechend präsentiert werden. Für die Ausstattung des Kartenteils können viele Informationen dargestellt und verarbeitet werden. Letztlich soll die Karte aber einen Überblick über die küstendynamische Situation der Granitzer Küste vermitteln. Aus diesem Grunde wird die Detailliertheit der Karte auf ein Mindestmaß beschränkt, um die Übersichtlichkeit zu gewährleisten. So wurde aus dem DGM per GIS-Software eine Reliefkarte im Maßstab 1:5000 erstellt und bearbeitet, dass sich Waldgebiet, Wasserfläche und Steilküste voneinander farblich abheben. Die Bereiche der Steilküste wurden dann anhand der oben diskutierten Zonen eingeteilt und farblich unterschieden. Zur genauen Orientierung wurde das Wegenetz mit in die Karte aufgenommen. Um eine Vorstellung vom Rückschreiten der Granitzküste zu erhalten, wurde in die Karte die historische Hochuferkante aus der TK 25 von 1900 übernommen. Eine Legende unterscheidet die Aktivitätszonen, bezeichnet die Wege sowie die Hochuferkante von 1900 sowie Lagefestpunkte, von denen je einer am Silvitzer und Granitzer Ort zu finden ist. Zusätzlich

ist ein Maßstab integriert und folgende Ortsbezeichnungen eingefügt: „NSG Granitz“, „Prorer Wiek“, „Granitzer Ort“, „Silvitzer Ort“ und „Kieköwer“ (Abb. 20, S. 36). Der Karte wurde ein erläuternder Text hinzugefügt. Dieser lautet:

„Hangabbrüche an den Steilküsten gehören zu den normalen geologischen Prozessen der Insel Rügen. Anders als an den Kreidefelsen des Jasmunds, bricht die Granitzer Steilküste nicht witterungsbedingt, sondern vorherrschende Beckensande werden im Wesentlichen durch Hochwasser abgetragen. Die Abtragung führt zu einer wachsenden Instabilität der Steilküste, in deren Folge mitunter große Teile des Hanges abrutschen können.

Diese Hangrutschungen können anhand einer Altersbestimmung der darauf befindlichen Rotbuchen klassifiziert werden. An großflächigen und häufigen Abrutschungen kann sich keine Gehölzvegetation etablieren (vgl. Abb. 1 links unten). An kleinflächigeren Abrutschungen lösen sich häufig Vegetationsschollen und rutschen zu Tal (siehe Abb. 3 rechts & Abb. 4 oben rechts). Darauf befindliche Gehölze bleiben oftmals erhalten und wurzeln erneut an. Viele Bäume werden jedoch umgerissen. Der Baumbestand stagniert bei einem Alter zwischen 30-60 Jahren. Vertikale Rutschungen im Oberhang bleiben als Terrassen erhalten (Abb. 4). Die ältesten Bäume hier weisen ein Alter von 135-183 Jahren auf, ähnlich der Bäume im Wald (147-212 Jahre).

Im passiven Teil der Steilküste sind keine Abbrüche zu verzeichnen. Der Hang bildet eine durchgehende, konvexe Fläche (vgl. Abb. 2 links oben) mit einem stabilen Baumbestand zwischen 66-96 Jahren (Abb. 6). Die unterschiedlichen Zonen der Aktivität sind in der Übersichtskarte von hellgrün (geringste Aktivität) bis dunkelrot (höchste Aktivität) dargestellt.

Die Punktlinie stellt die Hochuferkante um 1900 dar und veranschaulicht, wie weit die Steilküste in den letzten 115 Jahren an der Granitzer Küste zurückgeschritten ist. In Einzelbereichen beträgt die Differenz über 30 Meter.“

Zur Veranschaulichung der rezenten Küstendynamik wurden drei Ausschnitte aus der Fotoreihe der Küste (Abbildungen 1, 3 & 5 des Hinweisschildes), ein Foto des aktiven Einsturzgebietes der Granitz (Abbildung 5, Hinweisschild) sowie zwei Blockbilder eingefügt, eines den passiven Küstenabschnitt (Abbildung 2), das andere den aktiven Küstenabschnitt (Abbildung 4) darstellend. Um auf die Gefahr des Absturzes aufmerksam zu machen, wurde eine entsprechende Warnung in das Hinweisschild integriert.

Zusammenfassung

Mit Erstellung einer digitalen, GIS-basierten Karte ist es gelungen, anhand dendrochronologischer Untersuchungen die rezente Küstendynamik im Küstenabschnitt der Granitz grafisch darzustellen und die erhobenen Daten auszuwerten. Die Klassifikation einzelner Abschnitte verdeutlicht die unterschiedliche Aktivität des Kliffs und die unterschiedliche Widerstandskraft gegenüber Hochwasserereignissen. Anhand der Altersbestimmungen einzelner Abschnitte lassen sich deutliche Unterschiede in der Dynamik ausmachen. Eine direkte Zuordnung eines einzigen Hochwasserereignisses konnte anhand der Altersbestimmung nicht vorgenommen werden. Vielmehr ist davon auszugehen, dass Hochwasserereignisse immer wieder zu Abrutschungen einzelner Bäume führen, so dass die Möglichkeit besteht, dass sich hierdurch ein „stabiles“ Alter der einzelnen untersuchten Flächen einstellt. In so weit ist es möglich, dass die gemessenen Alter einen Grad der Stabilität der Zonen widerspiegeln. Die Stabilität ist dabei abhängig vom Substrat und der Steilheit des jeweiligen Bereiches. Anhand der historischen TK 25 von 1900 konnte ein deutliches Zurückschreiten des Kliffs ausgemacht werden. In wie weit küstendynamische Prozesse innerhalb der Zonen einen Einfluss auf das Alter und Wachstum der Bäume im Kliff haben, muss weitergehend untersucht werden und ist mit der reinen Altersbestimmung nicht zu beantworten. Einen ersten Ansatz bietet diese Arbeit mit der zugehörigen Karte. Verallgemeinernd lässt sich feststellen, dass eine stabilere Zone in der Regel auch die älteren Buchenindividuen beherbergt. Eine Ausnahme stellen hierbei die untersuchten Terrassen dar. Sie sind im Wesentlichen beeinflusst von den darunterliegenden Zonen. Sie zeichnen sich durch einen relativ alten Buchenbestand aus, der nahezu der Referenzchronologie gleicht. Durch die Andersartigkeit des Absturzes, kommt es hier jedoch nicht oder nur sehr vereinzelt zu Ausfällen von Bäumen. Hier könnten Ringweitenanalysen weiteren Aufschluss über die Aktivität der Rutschungen geben. Für die vegetationslosen Zonen kann konstatiert werden, dass hier die marine Abrasion einen stetigen Einfluss nimmt, so dass kein Bewuchs mit *Fagus sylvatica* möglich ist.

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich all denen Menschen Danken, die mich während des Studiums begleitet und bei der Erstellung dieser Arbeit geholfen haben. Im Besonderen geht ein Dankeschön an: Indrani Kar für die gute Zusammenarbeit, Fabian Künzel und Andreas Burger für Fotos und tatkräftige Mithilfe bei der Feldarbeit, Prof. Martin Wilmking und Dr. Tobias Scharnweber für eine intensive Betreuung, Hilmar Schnick und dem Biosphärenreservat Südost-Rügen für die Forschungsmöglichkeit und Unterstützung und Herrn Jörg Hartleib und dem geographischen Institut Greifswald für das zur Verfügung gestellte digitale Geländemodell.

Mein ganz besonderer Dank geht an meine Frau Moni und natürlich an meine Eltern, die mich allzeit unterstützt haben.

Literaturverzeichnis

BRSOR, B. S.-R., 2013. *Bericht zur Überprüfung des UNESCO-Biosphärenreservats Südost-Rügen*, Putbus: s.n.

BRSOR, B. S.-R., 2015. *Biosphärenreservat Südost-Rügen*. [Online] Available at: <http://www.biosphaerenreservat-suedostruegen.de/de/landschaft> [Zugriff am 5 Juni 2015].

DOBBERTIN, M. K. & GRISSINO-MAYER, H. D., 2004. Bibliografie und Glossar zur Dendrochronologie: zwei neue Informationsquellen für die Jahrringforschung. *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen*, 6, 155(6), pp. 238-240.

DWD, D. W., 2015. *Beta-Version der neuen DWD-Internetpräsenz*. [Online] Available at: http://beta.dwd.de/DE/Home/home_node.html [Zugriff am 24 Juni 2015].

FRATER, H., 2005. Kraft des Meeres Inseln und Küstenformen. In: *Landschaftsformen*. Berlin Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, pp. 141-154.

GÜNTHER, A. & THIEL, C., 2009. Combined rock slope stability and shallow landslide susceptibility assessment of the Jasmund cliff area (Rügen Island, Germany). *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 8 Mai, pp. 687-698.

JOZSA, L., 1988. *Increment core sampling techniques for high quality cores*, s.l.: s.n.

KAR, I., in prep.. *Geomorphological processes in the development of a piece of E-W trending coastline from the Southeast Rügen Biosphere Reserve using dendrochronological techniques and climate data*, Greifswald: s.n.

KOCH, D., kein Datum *ikzm-d Lernen.* [Online]
Available at: <http://www.ikzm-d.de/main.php?page=19,248>
[Zugriff am 3 August 2015].

KRIENKE, K., 2002. Sedimentation in Eisstausseen und lokalen Becken des Weichsel-Hochglazials innerhalb der Küstenregion Vorpommerns (NE-Deutschland). *Greifswalder Geographische Arbeiten*, pp. 63-66.

MUDERSBACH, C. & JENSEN, J., 2009. *Statistische Extremwertanalyse von Wasserständen an der Deutschen Ostseeküste*, Siegen: Forschungsinstitut Wasser und Umwelt.

SCHARNWEBER, T. et al., 2011. Drought matters – Declining precipitation influences growth of *Fagus sylvatica* L. and *Quercus robur* L. in north-eastern Germany. *Forest Ecology and Management*, 18 Mai, Band 262, pp. 947-961.

SCHARNWEBER, T., VAN DER MAATEN-THEUNISSEN, M., VAN DER MAATEN, E. & WILMKING, M., 2015. Ein Naturwald erzählt - Dendroökologische Forschung auf der Insel Vilm. In: B. f. Naturschutz, Hrsg. *Erste Ergebnisse der Naturwaldforschung im Naturwaldreservat Insel Vilm - BfN Skripten 390*. Bonn: s.n., pp. 147-151.

WILMKING, M., JUDAY, G., BARBER, V. A. & ZALD, H. S. J., 2004. Recent climate warming forces contrasting growth responses of white spruce at treeline in Alaska through temperature thresholds. *Global Change Biology*, 27 April, Band 10, pp. 1724-1736.

Anhang

Tabellen

Tab. 1: Älteste Bäume der Probeflächen A, B, F und der Referenzfläche

Fläche	Älteste Probe	BHD [cm]	Probenhöhe [cm]	Alter der Probe [Jahre]	Korrigiertes Alter des Baumes [Jahre]	„Geburtsjahr“ des Baumes
A	A2FS03	41,9	130	83	88	1926
B1	BFS04	14	150	41	47	1967
B2	BFS06	36,5	40	60	62	1952
F	FFS07	65	130	178	183	1836
R	RFS02	91	120	207	212	1802

Tab. 2: Plot A; Metadaten und Alter der gemessenen Bäume

Sample ID	Exposition	Slope Angle	Social Status	DBH (cm)	Sample Height (m)	Sample Direction	Age
A1FS01U	NE	39°	D	42,7	1,3	NNE	69
A1FS01L							69
A1FS02U	NE	39°	D	34,6	1,3	NNE	72
A1FS02L							72
A2FS01U	NE	39°	D	32,3	1,3	NNE	73
A2FS01L							73
A2FS02U	NNE	39°	D	29,8	1,3	NNE	67
A2FS02L							67
A2FS03U	NE	39°	D	41,9	1,3	NE	83
A2FS03L							80
A3FS01U	NE	39°	D	33,4	1,3	NE	55
A3FS01L							55
A3FS02U	NE	39°	D	44,5	1,3	NE	76
A3FS02L							76

Tab. 3: Plot B1; Metadaten und Alter der gemessenen Bäume

Sample ID	Exposition	Slope Angle	Social Status	DBH (cm)	Sample Height (m)	Sample Direction	Age
BFS01U	N	14°	S(jung)	6,7	0,15	-	34
BFS01L						-	32
BFS02U	N	14°	S(jung)	6,7	0,2		33
BFS02L							29
BFS03U	N	35°	I	?	0,4	0°	38
BFS3L							38
BFS04U	N	35°	C	14	0,5	0°	40
BFS04L					1,5	0°	41

Tab. 4: Plot B2; Metadaten und Alter der gemessenen Bäume

Sample ID	Exposition	Slope Angle	Social Status	DBH (cm)	Sample Height (m)	Sample Direction	Age
BFS05U	N	27°	C	20,5	0,5	-	35
BFS05L					1,5	-	35
BFS06U	N	26°	D	36,5	0,4	24°	60
BFS06L					0,85	220°	41
BFS07U	N	45°	C	21,5	0,4	10°	52
BFS07L					1,4	10°	52
BFS08U	N	40°	D	30,1	0,4	39°	53
BFS08L						39°	53
BFS09U	N	25°	D	36	0,4	12°	53
BFS09L						-	38

Tab. 5: Plot C; Metadaten und Alter der gemessenen Bäume

Sample ID	Exposition	Slope Angle	Social Status	DBH (cm)	Sample Height (m)	Sample Direction	Age
CFS01U	N	45°	C	23,4	0,4	347°	67
CFS01L						186°	58
CFS02U	N	40°	D	27,3	0,4	347°	76
CFS02L							94
CFS03	N	48°	C	19,1	0,4	358°	86

Tab. 6: Plot D und E; Metadaten und Alter der gemessenen Bäume

Sample ID	Exposition	Slope Angle	Social Status	DBH (cm)	Sample Height (m)	Sample Direction	Age
DFS01U	N	30°	D	30,9	0,4	326°	64
DFS01L						127°	67
EFS01	N	35°	C	22,4	0,4	10°	79

Tab. 7: Plot F; Metadaten und Alter der gemessenen Bäume

Sample ID	Exposition	Slope Angle	Social Status	DBH (cm)	Sample Height (m)	Sample Direction	Age
FFS01U	N	22°	C	41,9	1,3	36°	145
FFS01L						235°	130
FFS03U	N	40°	C	57,9	1,2	34°	167
FFS04U	N	25°	D	64,4	1,3	40°	163
FFS06U	N	35°	D			0°	158
FFS07U	N	14°	D	65,8	1,3	0°	178
FFS07L						260°	173
FFS11U	N	37°	D	51,9	1,3	330°	135
FFS11L					1,0	145°	

Tab. 8: Referenzplot; Metadaten und Alter der gemessenen Bäume

Sample ID	Slope Angle	Social Status	DBH (cm)	Sample Height (m)	Sample Direction	Age
RFS01a	6°	D	78,5	1,2	46°	174
RFS01b		D		1,2	113°	154
RFS02a	8°	D	91	1,2	20°	198
RFS02b		D		1,2	106°	207
RFS03a	4°	D	87,5	1,2	103°	175
RFS03b		D		1,2	0°	184
RFS04a	3°	D	97,2	1,2	130°	168
RFS04b		D		1,2	347°	177
RFS05a	3°	D	81	1,2	190°	151
RFS05b		D		1,2	264°	157
RFS06a	13°	D	82,9	1,2	313°	156
RFS06b		D		1,2	250°	162
RFS07a	3°	D	72,6	1,2	190°	169
RFS07b		D		1,2	123°	166
RFS08a	5°	D	73,9	1,2	236°	160
RFS08b		D		1,2	343°	156
RFS09a	5°	D	84	1,2	130°	152
RFS09b		D		1,2	256°	168

RFS10a	7°	D	70,5	1,2	166°	172
RFS10b		D		1,2	95°	173
RFS11a	9°	D	69	1,2	258°	152
RFS11b		D		1,2	15°	146
RFS12a	6°	D	79,9	1,2	320°	181
RFS12b		D		1,2	100°	184
RFS13a	7°	D	60,1	1,2	15°	154
RFS13b		D		1,2	92°	142
RFS14a	1°	D	79,3	1,2	175°	189
RFS14b		D		1,2	114°	177
RFS15a	6°	D	70	1,2	330°	186
RFS15b		D		1,2	216°	152

Küstendynamik der Granitzer Steilküste

Prorer Wiek

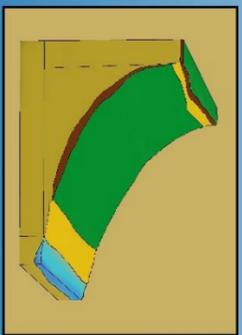
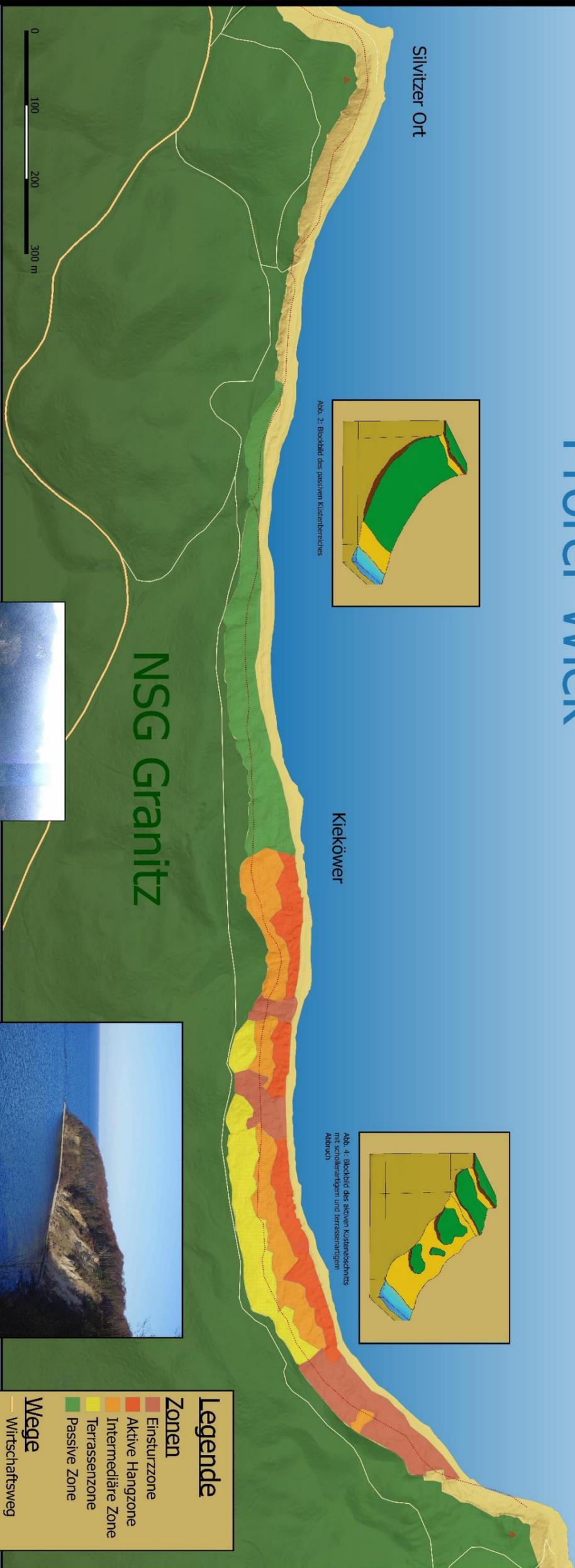


Abb. 2: Blickbild des passiven Küstenbereichs

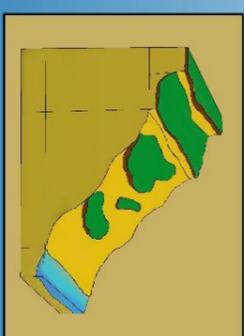


Abb. 4: Blickbild des aktiven Küstenbereichs mit schotterartigen und terrassenartigen Abbrüchen



Abb. 3: Abschnitt mit schotterartigen Abbrüchen und darüberliegender Terrasse



Abb. 6: Geschlossener Baumbestand im passiven Teil der Granitzküste

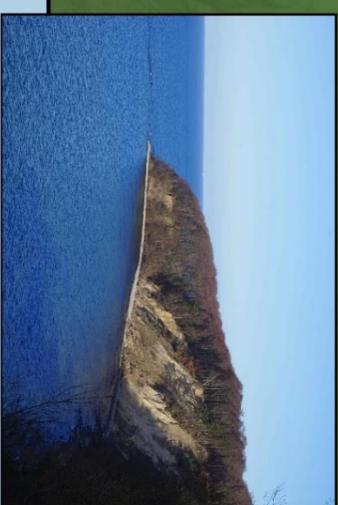


Abb. 5.: Granitzer Ort mit anschließender Einsturzzone (Foto: Fabian Kurzel)

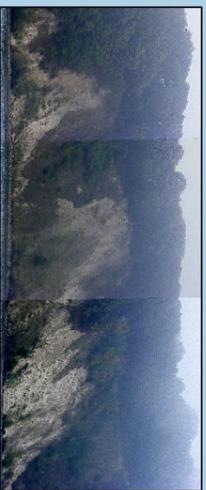


Abb. 1: Einsturzzone westlich vom Granitzer Ort

Hangabbrüche an den Steilküsten gehören zu den normalen geologischen Prozessen der Insel Rügen. Anders als an den Kreidefelsen des Jasmunds, bricht die Granitzer Steilküste nicht witterungsbedingt, sondern vorherrschende Beckensande werden im Wesentlichen durch Hochwasser abgetragen. Die Abtragung führt zu einer wachsenden Instabilität der Steilküste, in deren Folge mitunter große Teile des Hanges abrutschen können.

Diese Hangrutschungen können anhand einer Altersbestimmung der darauf befindlichen Rotbuchen klassifiziert werden. An großflächigen und häufigen Abrutschungen kann sich keine Gehölzvegetation etablieren (vgl. Abb. 1 links unten). An kleinflächigeren Abrutschungen lösen sich häufig Vegetationsschollen und rutschen zu Tal (siehe Abb. 3 rechts & Abb. 4 oben rechts). Darauf befindliche Gehölze bleiben oftmals erhalten und wurzeln erneut an. Viele Bäume werden jedoch umgerissen. Der Baumbestand stagniert bei einem Alter zwischen 30-60 Jahren. Vertikale Rutschungen im Oberhang bleiben als Terrassen erhalten (Abb. 4). Die ältesten Bäume hier weisen ein Alter von 135-183 Jahren auf, ähnlich der Bäume im Wald (147-212 Jahre). Im passiven Teil der Steilküste sind keine Abbrüche zu verzeichnen. Der Hang bildet eine durchgehende, konvexe Fläche (vgl. Abb. 2 links oben) mit einem stabilen Baumbestand zwischen 66-96 Jahren (Abb. 6).

Die unterschiedlichen Zonen der Aktivität sind in der Übersichtskarte von hellgrün (geringste Aktivität) bis dunkelrot (höchste Aktivität) dargestellt. Die Punktlinie stellt die Kliffoberkante um 1900 dar und veranschaulicht, wie weit die Steilküste in den letzten 115 Jahren an der Granitzer Küste zurückgeschritten ist. In Einzelbereichen beträgt die Differenz über 30 Meter.

Legende

Zonen

- Einsturzzone
- Aktive Hangzone
- Intermediäre Zone
- Terrassenzone
- Passive Zone

Wege

- Wirtschaftsweg
- Hochweg

▲ Lagefestpunkt

--- Kliffoberkante 1900

Achtung!
 Absturz- und Abrutschgefahr!
 Auch sicher wirkende
 Bereiche des Hochufers
 können jederzeit abbrechen!
 Klettern im Steilhang
 strengstens verboten!

Toto, Karte, Abbildungen und Gestaltung © Heide Burgett 2015, abgenommen von Abb. 5 (Fabian Kurzel). Karte erstellt auf Grundlage des digitalen Geländemodells (DGM) 1: des Landesamtes für innere Verwaltung, Neubrandenburg (Kopierrecht).

Abb. 20: Vorgeschlagenes Design des Hinweisschildes

Abb. 21: (Rückseite) Wald am Hochuferweg

