Integrative Risk and Security Research
Volume 3/ 2015

Alexander Fekete, Christiane Grinda, Alex Lechleuthner,
Ompe Aimé Mudimu, Celia Norf, Ulf Schremmer

Macht allein Schaden klug? Wissen, Erfahrung und Lernen im Umgang mit Risiken

Beiträge aus Wissenschaft und Praxis zum 27. Treffen des Arbeitskreises Naturgefahren/Naturrisiken

Edited by Alexander Fekete, Christiane Grinda & Celia Norf

Technology
Arts Sciences
TH Köln

Integrative Risk and Security Research

Volume 3/ 2015

This document is published within the series 'Integrative Risk and Security Research'.
All publications can be downloaded from https://www.th-koeln.de/anlagen-energie-und-maschinensysteme/schriftenreihe-integrative-risk-and-security-research_17446.php,; or you use http://tinyurl.com/oaj4r7a
Despite thorough revision the information provided in this document is supplied without liability.
The document does not necessarily present the opinion of the editors.

EDITION NOTICE

Editors of Series

Alexander Fekete (Prof. Dr.-Ing.)

Christiane Grinda (Dipl.-Geogr.)

Alex Lechleuthner (Prof. Dr. med. Dr. rer. nat.)

Ompe Aimé Mudimu (Prof. Dr.-Ing.)

Celia Norf (M. Sc.)

Ulf Schremmer (Prof. Dr.-Ing.)

TH Köln University of Applied Sciences
Institute of Rescue Engineering and Civil Protection
Betzdorfer Str. 2
50679 Cologne
Germany
www.irg.th-koeln.de
Editorship of Series - contact: alexander.fekete@th-koeln.de

Editors of this Volume

Alexander Fekete (Prof. Dr.-Ing.)

Christiane Grinda (Dipl.-Geogr.)

Celia Norf (M. Sc.)

Contact

Celia Norf
Email: celia.norf@th-koeln.de
Phone: + 49 (0) 221 8275 2739
Web: http://riskncrisis.wordpress.com

Recommended Citation

Surname, First Name (Year of Publication): Title. In: Fekete, A, Grinda, C & Norf, C (Eds.) *Macht allein Schaden klug? Wissen, Erfahrung und Lernen im Umgang mit Risiken– Beiträge aus Wissenschaft und Praxis zum 27. Treffen des Arbeitskreises Naturgefahren/Naturrisiken.* Integrative Risk and Security Research, 3/2015, Page Reference.

Cologne, December 2015

Zum Geleit

Nach größeren überregionalen und auch kleineren regionalen Schadenereignissen wird wiederholt diskutiert, welche Mechanismen und Maßnahmen erforderlich sind, um die Gesellschaft widerstandsfähiger gegen Naturgefahren (und auch andere Gefahren) zu machen. Jüngste Beispiele hierfür sind das Erdbeben in Nepal im April/Mai 2015, aber auch aus dem Bereich anderer gesellschaftlicher Risiken die im September einsetzende Flüchtlingsbewegung in Richtung Mitteleuropa.
Diese öffentlich, auf politischer und wissenschaftlicher Ebene geführte Auseinandersetzung führt stets zu einem gewissen Aktionismus, zu unmittelbaren Bekundungen von monetärer Abgeltung der Schäden, und zu Bekenntnissen im Sinne einer erforderlichen nachhaltigeren Schutzstrategie basierend auf dem Risikoansatz. Im Laufe von Wochen und Monaten nach den Ereignissen verebbt diese Diskussion allerdings regelmäßig, nur vereinzelt werden grundlegende Transformationsprozesse im Umgang mit Naturgefahren angestoßen. Vor diesem Hintergrund stellte das 27. Treffen des AKs die Fragen nach dem Zusammenhang zwischen der Rolle von Wissen, Erfahrung und Lernen im Umgang mit gegenwärtigen aber auch zukünftigen Naturgefahren in den Mittelpunkt.
Rund 40 Teilnehmerinnen und Teilnehmer aus Deutschland, Osterreich, Rumänien, Griechenland und der Schweiz skizzierten im Rahmen von Präsentationen einen integrativen Rahmen zum Verständnis von Lernprozessen vor dem Hintergrund des Postulates dass gesellschaftliches Lernen und damit der gesellschaftliche Umgang mit Naturgefahren individuelle Lernkomponenten voraussetzt: Nur wenn zumindest Teile einer Gesellschaft bereit sind, beispielsweise von Nachbarn, lokalen Institutionen oder aus der eigenen Erfahrung ihren Umgang mit Naturgefahren zu ändern, wird man aus Schaden klug.
Die präsentierten Beispiele umfassten den Umgang mit Überschwemmung, Hitze, Frost- und Brandschaden in der Landwirtschaft, einem möglichen Versagen des Stromnetzes und Erdbeben. Anhand einiger Leitfragen tauschten sich die Mitwirkenden des AKs über ihre Forschungsergebnisse aus:

- Welche Wissensbestände werden in der Forschung zu Naturgefahren bzw. -risiken als legitim angesehen und welche nicht?
- Wird Erfahrung möglicherweise überbewertet?
- Verhindern „hundertprozentige Schutzversprechen“ Lernprozesse?
- Auf welche Risiken sollte sich eine Gesellschaft sich überhaupt vorbereiten – und wie viel Flexibilität sollte dabei erhalten bleiben?
- Welches Eigenleben entfalten einmal publizierte Schwellenwerte?
- Welche Paradigmen etablieren sich und was sind die Gründe dafür?

Gastgeber des 27. AK-Treffens war das Institut für Rettungsingenieurwesen und Gefahrenabwehr der Fachhochschule Köln. Wir möchten uns ganz herzlich im Namen aller Teilnehmerinnen und Teilnehmer des Treffens bei Alexander Fekete, Christiane Grinda und Celia Norf für die organisatorische Vorbereitung und Durchführung vor Ort bedanken. Insbesondere freut es uns, dass wir mit vorliegendem Band wieder einmal interessante Beiträge aus einem AK-Treffen zusammenfassen konnten, und diese Aufnahme in die Kölner Schriftenreihe Integrative Risk and Security Research gefunden haben.

Sven Fuchs, Wien & Christian Kuhlicke, Leipzig

Danksagung

Das Institut für Rettungsingenieurwesen und Gefahrenabwehr der Technischen Hochschule Köln bedankt sich herzlich bei allen Mitwirkenden des 27. AK-Treffens, insbesondere den Vortragenden, die mit ihren Beiträgen dieses Treffen zu einem interessanten und vielseitigen Austausch gemacht haben.
Ein großer Dank gilt auch den Autoren des vorliegenden Sammelbandes für die Mühe und Bereitschaft, einige Themen des AK-Treffens aber auch Beiträge, die durch dieses Treffen und sein Thema angeregt wurden, sowohl aus wissenschaftlicher als auch z.T. aus Praxissicht für die Öffentlichkeit aufzubereiten.
Auch danken wir den externen Reviewern für die Prüfung der Beiträge dieser Ausgabe hinsichtlich ihrer wissenschaftlichen Qualität. Wir danken ihnen vielmals für die investierte Zeit und Mühe. Nach alphabetischer Reihenfolge geht unser Dank an: Martin Bönewitz - Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung; Maria Bostenaru Dan - Universität Bukarest; Sven Fuchs - Universität für Bodenkultur Wien; Thomas Lindemann - Johanniter Auslandshilfe; Gerrit Meenen - Technisches Hilfswerk; Sabine Obermöller - Rhein-Erft-Kreis; Roman Peperhove - AG Interdisziplinäre Sicherheitsforschung, FU Berlin; Christine Prokopf - Westfälische Wilhelms-Universität Münster; Kerstin Rosenow-Williams - Ruhr-Universität Bochum.
Unser besonderer Dank geht an die Sprecher des Arbeitskreises Christian Kuhlicke und Sven Fuchs, die uns die Organisation und Durchführung dieses 27. AK anvertraut haben.
Dieser Sammelband vereint multidisziplinäre Schreib- und Sichtweisen, um einen Dialog und eine Diskussion anzuregen. Wir bedanken uns für interessierte Zuschriften und Kommentaren, die den Autoren helfen, die Beiträge inhaltlich weiterzuentwickeln und neue Netzwerke zu knüpfen.

Alexander Fekete, Christiane Grinda & Celia Norf
Institut für Rettungsingenieurwesen und Gefahrenabwehr/ Technische Hochschule Köln

Inhaltsverzeichnis

Fachbeiträge (peer-reviewed)

Strukturierungsmöglichkeiten des Themas Wissen und Lernen im Katastrophenrisikomanagement
Lena Bloemertz 6

Räumliche Ordnung in Trénelle-Citron: Risiko, Sicherheit und Klientelismus
Johannes Bohle 10

Die Einwirkung von Katastrophen in der Vergangenheit: Eine digitale Darstellung für die Spuren des 1977 Erdbebens auf das Magheru Boulevard in Bukarest und ihre Wechselwirkung mit Darstellungen für die Stadt Köln
Maria Bostenaru Dan & Iuliana Armas 23

Wissen und Erfahrung bei der Abwehr von Spätfrostschäden im deutschen Weinbau
André Hoffmann 28

„The Big Easy" oder Opfer von Naturgewalten? New Orleans als Fallbeispiel für den Umgang mit dem Vulnerabilitätsbegriff im Geographieunterricht
Verena Reinke 36

Die vernachlässigten Schattenseiten der Vernetzung
Herbert Saurugg 42

Sturmfluten, Washover-Prozesse und Dünendurchbrüche auf Sylt und Amrum
Tanja Tillmann 62

Welches Potential bietet das Georadar (GPR) als Methode zur Ortung von Lawinenverschütteten
Tanja Tillmann 79

Diskussionsbeiträge

Aus Schaden Klug – Rettungsdienst Mitnahme EKG-Defibrillations-Einheit in die Notaufnahme bei Patienten mit einer vermuteten Herzerkrankung
Alex Lechleuthner & Andreas Lotter 88

Macht Schaden klug? Überlegungen zu Wissen, Erfahrung, und Lernen im Umgang mit Risiken
Alexander Fekete, Christiane Grinda & Celia Norf 90

Strukturierungsmöglichkeiten des Themas Wissen und Lernen im Katastrophenrisikomanagement

Lena Bloemertz

Email: lena.bloemertz@unibas.ch

Abstract

Das 27. Treffen das AKs beschäftigte sich mit der Rolle von Wissen, Erfahrung und Lernen im Umgang mit gegenwärtigen und zukünftigen Risiken unter dem Titel „Macht alleine Schaden klug?“. Dieser Artikel möchte sich der Beantwortung dieser Frage annähern, in dem er einen Vorschlag für die Bedeutung der Begriffe im Katastrophenrisikomanagement skizziert.

Einleitung

Eine Erwartung, welche an das Katastrophenrisikomanagement (KRM) gestellt wird, ist es, zu einer erhöhten Sicherheit der Bevölkerung beizutragen. Dementsprechend führen die immer wieder und immer häufiger mit großen Schäden einhergehenden Naturereignisse dazu, sich zu fragen, welche Rolle Wissen, Erfahrung und Lernen (WEL) für den Umgang mit gegenwärtigen und zukünftigen Risiken hat. Schnell werden dabei Aussagen getroffen, wie „hätten wir das gewusst…“. Um sich der Frage was für erfolgreiches KRM fehlt systematisch nähern zu können, möchte dieser Beitrag erste Definitionen für WEL aufzeigen und deren Beitrag für KRM diskutieren.

Risiko

Um in Hinblick auf gegenwärtige und zukünftige Risiken die Bedeutung von WEL zu betrachten, ist zunächst eine Definition von Risiko notwendig. Der Begriff Risiko wird vielfältig gebraucht[1]. Dies wird u.a. deutlich wenn man versucht eine Frage auf die Antwort „haben Risiken zugenommen“ zu geben. Häufig wird eine Zunahme von Risiken gleichsetzt mit einer Zunahme von konkreten Bedrohungen, wie zum Beispiel Extremwettereignissen. Anders sieht es aus wenn man die Unterscheidung von Luhmann (1991) benutzt. Nach Luhmann kann man Risiko im Gegensatz zu Gefahr als bewusste Entscheidungen in Bezug auf mögliche in der Zukunft eintreffende Ereignisse ansehen. Benutzt man diese Unterscheidung, nehmen Risiken zu, wenn Entscheidungsmöglichkeiten zunehmen. Weichhart (2007) identifiziert noch weitere Distinktionspaare wie Risiko/Chance und Risiko/Sicherheit, welche jeweils eine andere Sicht auf Risiko implizieren.

Im vorliegenden Aufsatz wird Risiko wird als das Zusammentreffen eines Ereignisses (skizziert durch Wahrscheinlichkeit und Ausmaß) mit einer bestimmten Schadensanfälligkeit (Verwundbarkeit und Exposition) angesehen. Dies entspricht auch der aktuellen Benutzung des Risikobegriffs durch den IPCC (2014) und wird in der bekannten Formel: Risiko = Ereignis/Gefahr (Wahrscheinlichkeit * Ausmaß) * Exposition * Vulnerabilität (R = W*A*E*V) ausgedrückt. Eine Risikoanalyse auf Grundlage der oben genannten Faktoren bildet eine Grundlage für das Katastrophenrisikomanagement (KRM).

Akteure und Phasen des Katastrophenrisikomanagements[2]

Zur Diskussion der Rolle von WEL im KRM wird hier zur Vereinfachung nur zwischen der Phase der Vorbeugung (Vorbereitung und Prävention) und der Phase der Bewältigung direkt nach einem Ereignis unterschieden. Vor einem Ereignis geht es darum, das Risiko zu verringern, nach einem Ereignis darum, eine Katastrophe zu bewältigen. Vorbeugung beinhaltet damit eine sinnvolle Abschätzung von Wahrscheinlichkeit und zu erwartendem Ausmaß, sowie die Verringerung von Exposition und Verwundbarkeit. Die Zusammenfassung dieser unterschiedlichen Aspekte in einem „Risikowert“ kann vor allem dabei helfen, unterschiedliche Gefahren und deren potenzielle Auswirkungen zu vergleichen.

[1] Eine Übersicht verschiedener Risikodefinitionen findet sich z.B. in Renn (2008).

[2] Spiekermann et al. (2015) haben eine Disaster-Knowledge Matrix (DKM) entwickelt, welche dazu dient Barrieren der Übertragung von Daten, Informationen, Wissen und Weisheit und die jeweils betroffenen Akteure in den verschiedenen Phasen des Katastrophenrisikomanagement (Prävention, Vorbereitung, Bewältigung und Regeneration) zu identifizieren. Jedoch wird dort Erfahrung als Teil des Wissens angesehen und Lernen als omnipräsente Voraussetzung zur Schaffung von Daten, Informationen, Wissen und Weisheit. Damit ist der Fokus ein anderer als im hier vorliegenden Artikel.

Bewältigung beinhaltet Nothilfe und Wiederaufbau. Da beim Wiederaufbau bzw. der Regeneration die gleichen Maßstäbe gelten sollten wie bei der Vorbeugung, wird hier nur die Nothilfe betrachtet wird.
Als Akteure im KRM werden direkt Betroffene, öffentlicher Sektor (lokal, national, international), Wissenschaftler, Versicherung und die Akteure der Nothilfe unterschieden. Manche dieser Akteure müssen für die Gesamtgesellschaft Rahmenbedingungen setzen, andere wiederum werden zur Beratung herangerufen, wieder andere müssen Entscheidungen treffen die ihre Verwundbarkeit direkt betreffen.

Akteure	Direkt Betroffene (Bevölkerung und Industrie), öffentlicher Sektor, Wissenschaftler, Versicherungen, Akteure der Nothilfe (inkl. NROs)
Phasen des KRM	Vorbeugung (Analyse und Veränderung von Wahrscheinlichkeit, Ausmaß, Exposition, Verwundbarkeit), Bewältigung

Tabelle 1: KRM – Akteure und Phasen
Quelle: Eigene Aufstellung

Damit Entscheidungen getroffen werden (können), ist zumeist eine genaue Kenntnis einer konkreten Situation (Daten), als auch ein Verständnis der grundsätzlichen Zusammenhänge notwendig. Daneben muss die notwendige Motivation, etwas zu verändern, existieren, damit bestehende Erkenntnisse umgesetzt werden. Vor allem in der Phase der Vorbeugung spielt die Motivation eine wichtige Rolle, da hier die Unsicherheit über die Zukunft eine entscheidende Größe ist, während es bei der Nothilfe um die Reaktion auf eine konkret vorliegende Situation geht.

Wissen, Erfahrung und Lernen

Es gibt verschiedene Ansätze *Wissen* zu unterteilen. Die bekannteste davon ist die Unterscheidung in explizites und „stillschweigendes" oder implizites[3] Wissen (für eine Einführung und Diskussion des Zusammenhangs von implizitem, explizitem und stillschweigendem Wissen siehe z.B. Grant 2007, welcher die viel zitierte Arbeit von Polanyi (1996) rezipiert). Wissen soll hier verstanden werden als explizites Wissen, welches Subjekten bewusst zu Verfügung steht und welches in Sprache dargelegt werden kann. Zudem geht es bei Wissen (im Gegensatz zu Daten) darum, ein Verständnis von Zusammenhängen zu haben. Damit geht Wissen über die reine Ansammlung von Daten hinaus. Als sinnvoll erscheint es damit Wissen zu definieren als strukturierte Erkenntnis, die sich in Theorien oder Regeln verpacken lässt.
Bei *Erfahrung* steht nicht die Zerlegung der Realität in einzelne Bestandteile und ein Verständnis der Zusammenhänge im Vordergrund, sondern Gesamteindrücke und das Durchleben von Situation. Was hierbei in den Vordergrund gerückt wird, ist zum einen die Tatsache, dass manches Wissen implizit ist und kaum in Worte gefasst und nur durch Erleben erlangt werden kann. Erfahrungen sind v.a. auch wichtig, um in Katastrophensituationen schnell (und quasi intuitiv) Entscheidungen zu treffen (siehe u.a. Klein (1998)), da häufig nicht genügend Zeit für eine genaue Analyse bleibt. Als wichtig wird hier zudem angesehen, dass Erfahrungen nicht nur die rationale Ebene, sondern auch die emotionale Ebene ansprechen. Zu wissen, dass bei einem Erdbeben viele Häuser einstürzen werden und dies zu Chaos und einer hohen Anzahl von Opfern führt, ist nicht das gleiche wie die eigene Erfahrung einer derartigen Situation.
Lernen wiederum betont, dass Wissen und Erfahrung den jeweiligen Akteuren zu einem bestimmten Zeitpunkt zu Verfügung stehen muss. Hiermit rückt die Frage in den Mittelpunkt, wer Wissen und/oder Erfahrung hat und dieses auch umsetzen kann.

> *„The known is thus appropriated by the knower so that (depending on the form of knowledge) it is understood and applicable, either through the use of this acquired knowledge in concrete actions or as guidance for decision-making."* (Spiekermann et a. 2015: 97).

Diese Umsetzung enthält auch das Überdenken von Präferenzen. Dabei sind Erfahrungen häufig unabdingbar für Lernen, wie von Donahue und Tuohy skizziert:

> *„There [are] no teeth in lessons from someone else's experience. We don't really learn from others unless we can really imagine ourselves in that other person's circumstance."* (Donahue and Tuohy (2006:11).

[3] Implizites Wissen ist im Allgemeinen nur durch Übung, eigenes Erleben zu erlangen (z.B. Fahrrad fahren, Alltagsbewältigung).

Ziel dieses Artikels ist es nicht, zu untersuchen, ob und wie Wissen bisher systematisch in Bezug zu Risiken gesetzt wurde und wie man dies verbessern kann, sondern anhand der drei oben skizzierten Begriffe klarer zu unterscheiden, ob man gerade von der Rolle von Wissen (Kennen von Zusammenhängen), Erfahrung (intuitives Handeln in konkreten Situation, sowie die Fähigkeit sich Not-Situationen vorzustellen) oder Lernen (Aneignung von Wissen und Erfahrung, sowie Überdenken von Prioritäten) spricht, welche für verbessertes KRM relevant sind.

WEL im Risikomanagement

Was das Ausmaß und die Wahrscheinlichkeit von Naturereignissen angeht, basieren Aussagen zumeist auf der Auswertung von Zeitreihen/Daten. Für viele Naturgefahren, gibt es zwar inzwischen auch Versuche prozesshaft zukünftige sich verändernde Wahrscheinlichkeiten vorherzusagen (z.B. Stürme und Niederschläge im Rahmen des Klimawandels), aber Zeitreihen sind weiterhin von großer Bedeutung. Bei auf Zeitreihen beruhenden Wahrscheinlichkeitsaussagen ist tatsächlich alleine Schaden, welcher klug macht, da nur neue Ereignisse zur Änderung von Statistiken führen. Jedoch ist es selten eine falsch eingeschätzte oder veränderte Wahrscheinlichkeit eines Naturereignisses welches zum Eintreten einer Katastrophe führt. Die Statistiken sind deshalb v.a. für die Festlegung für langfristige Betrachtungen und die Festlegung von Versicherungsprämien von Bedeutung.

Die Festlegung von Gefahrenräumen, in denen man die Exposition analysiert ist eng mit der Erfassung von potenziellen Naturereignissen verbunden. In Bezug auf Verringerung von Exposition sind häufig Informationen darüber, dass Naturereignisse eintreten können von größerer Relevanz als Wissen über das genaue Ausmaß und die Möglichkeit der Vorhersage eines bestimmten Ereignisses. Generelle Informationen darüber, welche Naturgefahren in welchem Gebiet auftreten können, sollten heutzutage überall vorhanden sein. Jedoch sind die Informationen meist nicht allen potenziellen Akteuren bekannt. Hier ist die Hauptfrage wohl eher, wer bereit ist für die Bereitstellung der nötigen Informationen zu sorgen und damit Lernen zu ermöglichen. Ebenso gilt für Verwundbarkeit, dass die grundlegenden Zusammenhänge, welche dazu führen, dass eine Schadensanfälligkeit besteht, zumeist bekannt sind. Fehlende Möglichkeit oder Einsicht Vorsorge zu betreiben (z.B. Schutzmauern, Gesundheitsvorsorge) und der Zugang zu Informationen (aktueller Zustand eines Gebäudes), welche es erlauben eine konkrete Situation besser einzuschätzen, sind meist entscheidender als fehlendes Wissen.

Bei vielen dieser Aspekte kommt es darauf an, dass existierendes Wissen den jeweiligen Akteuren zur Verfügung steht und die Bereitschaft etwas zu verändern vorhanden ist. Diskussionen um das Risikomanagement würden davon profitieren, wenn in den öffentlichen Darstellungen auch berichtet würde, warum im Vorfeld keine Verringerung von Risiken stattgefunden hat. Meist, liegt das darin, dass nur ein Abwägen zwischen unterschiedlichen Optionen stattfindet und keine reinen Entscheidungen zwischen „Risiko eingehen“ oder „kein Risiko-eingehen“ möglich sind, sondern man sich vielmehr zwischen unterschiedlichen Risiken entscheiden muss. Grundprobleme beim Umgang mit Gefahren und deren Konsequenzen sind die Wertung unterschiedlicher Arten der Auswirkungen (auf unterschiedliche Bevölkerungsgruppen, oder Sektoren (z.B. Umwelt, Menschen, Wirtschaft, …)), sowie das Abwägen zwischen Risiken einer hohen Wahrscheinlichkeit und einem geringen Schadenpotenzials und Risiken mit einer kleinen Wahrscheinlichkeit und einem hohen Schadenpotenzial. Auch die Frage des potenziellen Nutzens des Eingehens eines Risikos ist hier von Relevanz. Auf welcher Grundlage entschieden wird, welches potenzielle Ereignis als problematischer als ein anderes angesehen wird[4], hängt von vielen Aspekten ab, welche z.B. von Douglas/Wildavsky (1982) für Gesellschaften und in der Forschung zur individuellen Wahrnehmungen von Risiken z.B. von Slovic (2001) untersucht worden sind. Aufgrund all dieser Aspekte kann es keine einfache Risiko Gegenüberstellung geben, welche einem klar dabei hilft Prioritäten zu setzen. Risikomanagement ist deshalb vor allem ein Aushandlungsprozess.

Fazit

Das Eintreten absoluter Sicherheit bzw. die gänzliche Abwesenheit von Risiko ist unrealistisch und in den meisten Situationen findet ein Abwägen zwischen verschiedenen Optionen mit je unterschiedlichen Risiken

[4] In konstruktivistischen Ansätzen wiederum ist das Vorhandensein einer realen Gefahr kaum von Bedeutung, der Fokus liegt alleine darauf wie innerhalb Gesellschaften bestimmte Bedrohungen/Risiken diskursiv geschaffen werden (siehe grundlegend dazu Foucault (1982)).

statt. Zudem ist häufig Prozesswissen vorhanden, aber Informationen (Daten) über eine bestimmt Situation fehlen. Der Ruf nach noch mehr Wissen, um diese Situation zu verbessern, wird hier nur bedingt erfolgreich sein. Wie auch in der Publikation von Spiekermann et al. dargelegt wird:

> *„The (research) gap between knowledge of risk, its interpretation and action allows us to re-confirm that a lack of knowledge is not the key challenge. The issue related to increasing disaster losses lies much more with risk interpretation and understanding, mentalities across scales, power structures, personal attitudes, values, world views and budget constraints. […] It appears that the focus on `the knowledge gap` can legitimately be questioned."* (Spiekermann et al. 2015:107)

Die obigen Ausführungen stellen nur einen ersten Ansatz dar, die Bedeutung von Wissen, Erfahrung und Lernen differenzierter zu betrachten. Bei Aussagen wie „hätten wir das gewusst", muss man sich klar machen, dass mit dem „gewusst", so wohl Zugang zu Informationen/Daten, Wissen über Zusammenhänge, als auch Erfahrung gemeint sein können. Zudem sollte man stets die Frage danach stellen, welchem Akteur Wissen oder Erfahrung fehlen, bzw. wo Lernprozesse nicht stattgefunden haben.

Absolute Sicherheit ist eine Illusion. Vielleicht gilt es deshalb v.a. stets Vorsicht walten zu lassen und auch auf unerwartete bzw. sogar unbekannte Ereignisse vorbereitet zu sein. Die im Rahmen der Resilienz-Diskussion angebotenen allgemeinen Faktoren der Stärkung von Resilienz, wie zum Beispiel Diversifizierung und Pufferkapazität, sind zum Beispiel nicht auf das Wissen um konkrete Gefahren und deren potenziellen Auswirkungen angewiesen. Auch was allgemeine Faktoren der Bewältigung angeht, lassen sich viele allgemeine Prinzipien finden, welche die Reaktion auf jegliche Art von Ereignis ermöglichen.

Literaturverzeichnis

Douglas, M & Wildavsky, A 1982, *Risk and Culture: An Essay on the Selection of Technical and Environmental Dangers*, University of California Press, Berkeley, CA.

Donahue, AK. & Tuohy R, 2005, 'Lessons we don't Learn: A study of the Lessons of Disasters, why we repeat them, and how we can learn them', *Homeland Security Affairs*, vol. 2, no. 2, Available from: www.hsaig.org

Foucault, M 1982*, Structuralism and post-structuralism*. *Telos* 55, pp. 95-211.

Grant, K 2007, 'Tacit knowledge Revisited – We Can Still Learn from Polanyi', *The Electronic Journal of Knowledge Management*, vol. 5, no. 2, pp.173-180.

Horrigan PG 2007, *Epistemology: An Introduction to the Philosophy of Knowledge*, iUniverse, New York

IPCC 2014, *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA,

Klein G 1998, *Sources of power: How people make decisions,* MIT Press, Cambridge, MA.

Luhmann, N 1993, *Risk: A Sociological Theory*, de Gruyter, New York.

Polanyi, M 1966, *The tacit dimension*, Doubleday, Garden City

Renn, O 2008, 'Concepts of Risk: An Interdisciplinary Review – Part 1: Disciplinary Risk Concepts', *GAIA*, vol. 17, no.1, pp.50–66.

Slovic, P 2001, 'Trust, emotion, sex, politics, and science: surveying the risk-assessment battlefield', *Risk Analysis*, vol. 19, no. 4, pp. 689–701.

Spiekermann, R, Kienberger, S. Norton, J, Briones, F & Weichselgartner, J 2015 'The Disaster-Knowledge Matrix – Reframing and evaluating the knowledge challenges in disaster risk reduction', *International Journal of Disaster Risk Reduction*, vol. 13, pp. 96-108.

Davies, M. 2001, 'Knowledge (Explicit and Implicit): Philosophical Aspects', *International Encyclopedia of the Social & Behavioral Sciences*. Elsevier, pp. 8126-8132

Weichhart, P 2007, ‚Risiko-Vorschläge zum Umgang mit einem schillernden Begriff', *Ber. z. dt. Landeskunde*, vol. 81, no. 3, pp. 201-214.

Räumliche Ordnung in Trénelle-Citron: Risiko, Sicherheit und Klientelismus

Johannes Bohle

Email: johannes.bohle@uni-bielefeld.de

Einleitung

Das Leben der Menschen im martinikanischen Marginalviertel (‚Bidonville') Trénelle-Citron ist mit Risiken, die durch das Siedeln in dem Überschwemmungen und Erdrutschen ausgesetzten Gebiet entstehen, verbunden. Regelmäßig auftretende klimatische Erscheinungen wie starke Regenfälle oder Wirbelstürme führen in Verbindung mit der Topographie des Gebiets, der Siedlungsstruktur des Viertels und dem Zustand der Bebauung immer wieder zu Schäden. Die Erhöhung der Sicherheit in diesem Gebiet ist ein dominanter Diskurs in der lokalen Raumplanung. Die im Kontext dieses Sammelbandes aufgeworfene Leitfrage ‚Macht Schaden klug?' gilt es für das Fallbeispiel Trénelle-Citron differenziert zu beantworten. Vor allem in Expertendiskursen wird thematisiert, dass die Besiedlung eines Gebietes wie Trénelle-Citron mit großen Risiken behaftet ist und die regelmäßig entstehenden Schäden zu einem Umdenken oder Lerneffekt der dort lebenden Bevölkerung führen müssten. Im Gegensatz hierzu dominieren Praktiken, die den Status quo festigen. In diesem Spannungsfeld treten im vorliegenden Fallbeispiel zwei Dinge deutlich zutage: Erstens, Menschen leben trotz der Risiken in diesem Gebiet. Zweitens, hinter der Idee des ‚klug-werdens' steckt ein normatives Verständnis von Lernen und Entwicklung im Sinne von linearem Fortschritt zu mehr Sicherheit. Prägende Faktoren für den Umgang mit Risiken in Trénelle-Citron sind vor allem sozio-ökonomische Bedingungen, soziale Kohäsion und Klientelismus. Hier stellt sich weniger die Frage, ob Schaden klug macht, sondern eher wie das Verhältnis von Sicherheit und Risiko bestimmt wird. Nichtsdestoweniger birgt die Leitfrage des Sammelbandes einen fundamentalen Aspekt im Umgang mit Risiken, nämlich die Rolle von Wissen. Folglich rückt, nach Michel Foucault, die Analyse der Machtmechanismen, die Wirkungsweisen des Wissens aufzeigen soll, ins Zentrum der Untersuchung. Für Foucault sind nicht nur Macht und Wissen, sondern auch Risiko und Sicherheit untrennbar verflochten (Foucault 2004a). In dem französischen Überseedepartement Martinique wird aktuell dieses Verhältnis von Risiko und Sicherheit neu ausgehandelt. Ausdruck hierfür sind beispielsweise die in den letzten Jahren veröffentlichten Raumordnungspläne und gesetzliche Verordnungen. In Trénelle-Citron treffen konfligierende Diskurse um Sicherheit, Risiko, Identität und Entwicklung aufeinander.

Das vorliegende Fallbeispiel untersucht welche Diskurse die räumlichen und gouvernementalen Ordnungen des Viertels strukturieren. In einem ersten Schritt werden Hintergrundinformationen zur Genese und Relevanz des Viertels gegeben. Anschließend werden relevante Texte diskursanalytisch untersucht und mit Beobachtungen und Interviews ergänzt. Dabei wird aufgezeigt, warum es für geographische Forschung in der Karibik wichtig ist, die Felder Sicherheit, Risiko und Entwicklung konzeptionell zusammenzudenken. Außerdem gilt es für lokale Besonderheiten wie ausgeprägten Klientelismus sensibel zu sein. Als empirische Basis der Analyse dienen eine Auswahl prägender Texte, sowie ergänzende Beobachtungs- und Gesprächsnotizen. Die Analyse umfasst die gegenwärtige Gesetzesgrundlage zur Raumordnung in den französischen Überseedepartements (Gesetz 2011-725, genannt 'Loi Letchimy'), Raumordnungsinstrumente (wie den ‚Plan Prévention des Risques', den ‚Plan local d'urbanisme' und die ‚Analyse des risques du quartier Trénelle'), sowie relevante wissenschaftliche Veröffentlichungen, die sich mit der Raumordnung in den Marginalvierteln von Fort-de-France auseinandersetzen. Da sich die Dokumenttypen stark unterscheiden und nicht gleich gewichtet werden können und sollen, kann ein diskursanalytischer Zugang nur der Ausgangspunkt der Analyse und nicht die zentrale Methode sein. Entsprechend entwickelt dieser Beitrag einen gouvernementalitätsanalytischen Zugang. Die Diskussion und Analyse der Raumordnungsinstrumente wird im Folgenden einen größeren Raum einnehmen als die Diskursanalyse der wissenschaftlichen Veröffentlichungen, da die Raumordnungsinstrumente für den Alltag der Bevölkerung mehr Relevanz besitzen. Die Leitfrage der Analyse lautet, welche gouvernementalen Praktiken vor Ort präsent sind und welche Effekte diese haben.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass Diskurse um ‚Risiko' und ‚(Un-)Sicherheit', ‚Identität', sowie ‚Entwicklung', ‚Fortschritt' und ‚Erbe' konkurrieren und das Leben im Viertel strukturieren.

Trénelle-Citron: Geschichte und Genese

Das Marginalviertel Trénelle-Citron liegt am nördlichen Stadtrand der martinikanischen Hauptstadt Fort-de-France und ist durch die Umgehungsstraße von der Stadt getrennt. Martinique ist ein französisches Überseedepartement auf den kleinen Antillen, Teil der Europäischen Union und der Eurozone. Nach dem letzten Ausbruch des Vulkans ‚Montagne Pelée' 1902, der die damalige Hauptstadt St.Pierre vollständig zerstörte, wurde Fort-de-France Hauptstadt und sozio-ökonomisches Zentrum von Martinique. Anfang der 1950er Jahre stieg die Bevölkerungszahl rapide an, von 60.000 1954 auf knapp 100.000 im Jahr 1969 (Martouzet 2002). Aktuell zählt die Kommune Fort-de-France 87.000, die Agglomeration Fort-de-France rund 162.000 EinwohnerInnen (INSEE 2014). Das Bevölkerungswachstum der 1950er und 1960er Jahre lässt sich in erster Linie auf den Niedergang des Zuckerrohranbaus zurückführen, welcher zu einer massiven Landflucht geführt hat. Die ankommende ländliche Bevölkerung siedelte in einem Ring um die Kernstadt von Fort-de-France. Dabei handelt es sich um Gebiete, die entweder direkt an der Küste, an Flussläufen, oder an steilen Hängen liegen. Die Kernstadt selbst liegt in einer trockengelegten Mangrove (Saffache 2000). Mit anderen Worten, die Etablierung von Siedlungen in und um Fort-de-France ist mit vielerlei Risiken behaftet, vor allem Überschwemmungen und Hangrutschungen, aber auch Gewalt und soziale Probleme tauchen als dominante Gefahren in den Alltagsdiskursen auf.

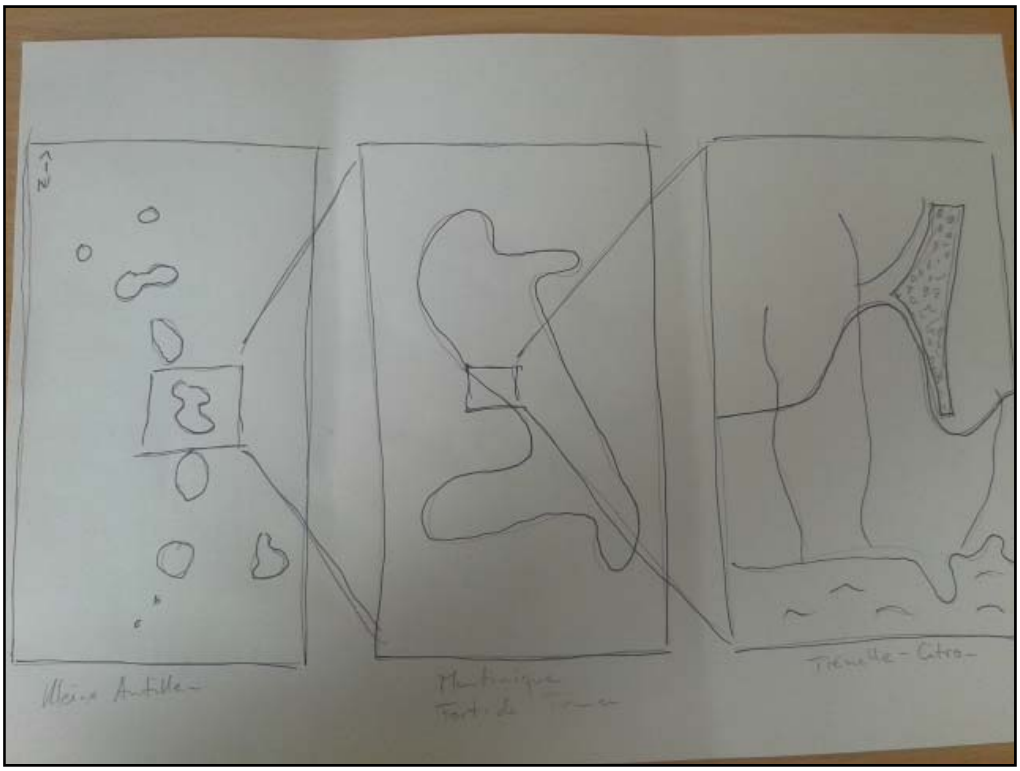

Abbildung 1: Verortung (Karte wird noch erstellt)
Entwurf: Bohle, Karte: Cruse

Trénelle-Citron ist eines jener Viertel von Fort-de-France, die in der Nachkriegszeit entstanden. Es bedeckt einen Hang zwischen dem Flussbett der ‚Rivière Madame' im Westen und der Spitze des ‚Morne Garnier' im Osten. Das entspricht einer Fläche von knapp 37 Hektar und einem Höhenunterschied zwischen Flussbett und Gipfel von 110 bis 130 Metern. Heute leben in Trénelle-Citron Schätzungen zufolge rund 8000 Menschen (Mavoungo & Saffache 2005). Die Besiedlung erfolgte unstrukturiert und illegal und lässt sich grob in vier Phasen untergliedern. In einer ersten Phase (‚la squattérisation') wurde ab Ende der 1940er Jahre das Land besetzt und erste, provisorische Unterkünfte, vor allem aus Holz und Wellblech, errichtet. Die zweite Phase war gekennzeichnet durch die Errichtung von Häusern, die der im ländlichen Raum verbreiteten ‚Case Créole' angelehnt waren. Das bedeutet, dass kleine einstöckige Holzhäuser mit Lehmboden errichtet wurden, die sich meistens um einen als Hof freigelassenen Raum gruppierten. Diese wurden in einer dritten Phase im

Laufe der Zeit bei Verfügbarkeit entsprechender Materialen umgebaut und verstärkt. Auf diese Weise entsteht ein Haus aus Ziegel und Beton, welches dann in die Höhe erweitert werden kann. Charakteristisch ist die nachbarschaftliche Unterstützung beim Bau, ‚technique du coup de main' genannt. Die entstandene Struktur aus baulichen Einheiten, die einen Innenhof (‚lakou' im Französisch beeinflussten Kreolisch, respektive ‚yard' im Englisch beeinflussten) umschließen sind typisch für den urbanen Raum der karibischen Inseln und hat zu einer Fülle von spezifischen sozialen Praktiken geführt, welche den Zugang und das Zusammenleben regeln (Saffache 2000). Eine Beschreibung dieser Praktiken liefert beispielsweise der Schriftsteller Patrick Chamoiseau in seinem preisgekrönten Werk ‚Texaco': „All diese Hütten bildeten ein Krebsspinnennetz, in dem wir büschelweise lebten. Noch vor der Gemeinschaft der Menschen entstand die Gemeinschaft der Hütten, die sich gegenseitig stützten, Hand in Hand mit der abschüssigen Erde verknüpft, […]. Um einen Durchgangsweg zu betreten (sie führten durch die Leben, die Intimitäten, die Träume und die Schicksale), mußte man ein Bonjou-konpangni rufen, ein Bonswa-misié-dame und um Durchlaß bitten; manchmal mußte man stehenbleiben und sich nach diesem oder jenem erkundigen. War man auf diesen oder jenen wütend, mußte man eben einen Umweg in Kauf nehmen" (Chamoiseau 1995, S.334; Hervorh. und Rechtschreibung im Original). Durch die Bebauung und die Topographie des Viertels ist die automobile Zirkulation innerhalb des Viertels stark eingeschränkt. Viele Häuser sind nur, wie von Patrick Chamoiseau anschaulich beschrieben, über Treppen oder über Innenhöfe zu erreichen. Deshalb wird beispielsweise die Post auf einem Quad ins Viertel gebracht und dann zu Fuß verteilt. Auf der einzigen Buslinie die Trénelle-Citron mit der Innenstadt verbindet werden Minibusse eingesetzt, die klein genug sind um auf der breitesten Straße bis zur Schule in Citron verkehren zu können. Das Resultat dieser Form der Besiedlung ist ein Viertel mit großem sozialen Zusammenhalt und erschwertem Zugang von außen.

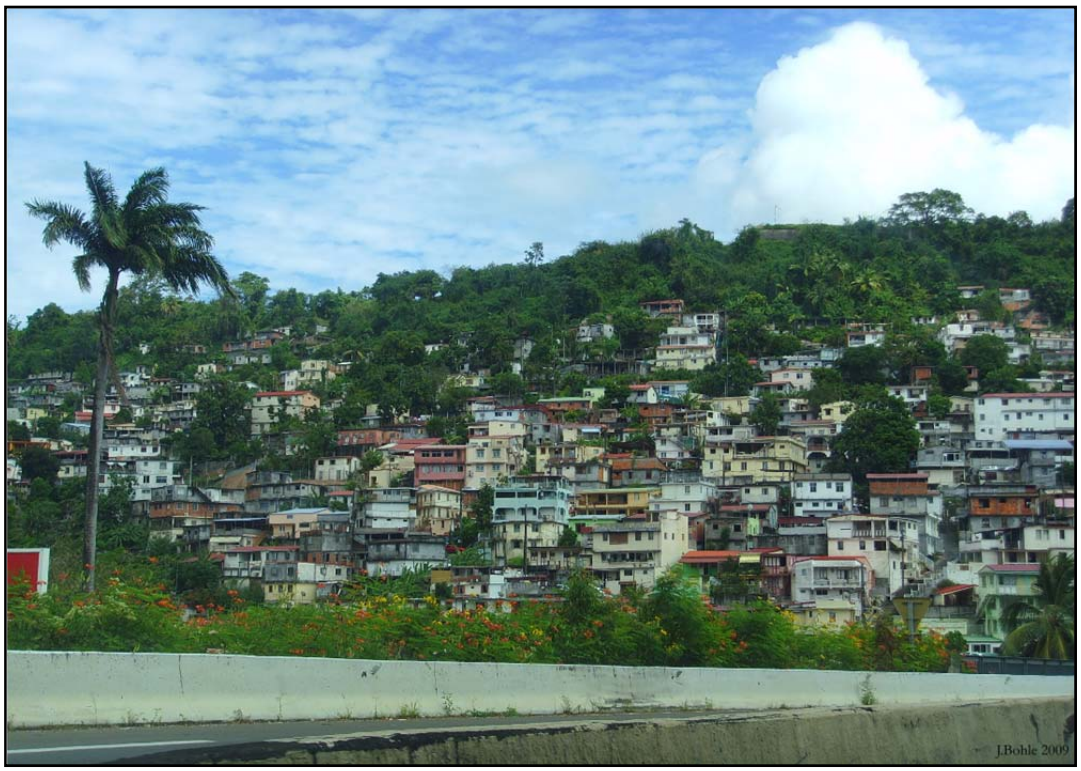

Abbildung 2: Ansicht von Trénelle aus Südwesten
Quelle: Bohle 2009

Die Besiedlung des Gebietes wurde von Beginn an von dem Bürgermeister der Stadt, Aimé Césaire, der Fort-de-France von 1945 bis 2001 regierte, nicht nur toleriert, sondern aktiv gefördert. Das Viertel wurde relativ schnell an die städtische Versorgung angeschlossen. Gleichzeitig wurden die in das Viertel ziehenden (Land)ArbeiterInnen diskursiv als Basis einer neuen selbstbewussten schwarzen martinikanischen Identität konstruiert. Für diesen Diskurs zeichnet sich auch vor allem Aimé Césaire verantwortlich, der zudem lange Zeit Vorsitzender der Parti Progressiste Martiniquais (PPM), einer antikolonialistische-sozialistische Partei, war (Césaire 1956 [1939]). Deren Basis lag und liegt in den Marginalvierteln von Fort-de-France. Trénelle-Citron ist

eine Hochburg der Parti Progressiste Martiniquais, diese hat bis heute dort ihr Hauptquartier (Mavoungo & Saffache 2005). Sie stellt auch seit 2001 weiterhin den Bürgermeister von Fort-de-France. Bei Fragen der Raumplanung und Raumnutzung hat die kommunale Ebene im französischen Rechtssystem weitreichende Kompetenzen, weshalb die BürgermeisterInnen auf Martinique über viel Gestaltungsfreiheit verfügen. Dadurch wird eine so enge Verflechtung zwischen einem Viertel und einer politischen Person und ihrem politischen Programm, wie im vorliegenden Fall, erst möglich. In Trénelle-Citron sind beispielsweise die Straßen und Wege nach lokalen und internationalen Persönlichkeiten benannt, die sich gegen Sklaverei und Kolonialismus engagiert haben. Außerdem sind Schilder mit Auszügen aus Aimé Césaires Gedichten über das Viertel verteilt aufgestellt, welche die enge Bindung zwischen dem Viertel und der antikolonialistischen und identitätsstiftenden Poesie und Politik Aimé Césaires unterstreichen.

Abbildung 3: Tafel mit Aimé Césaires Poesie in Trénelle-Citron
Quelle: Bohle 2015

Klientelismus und Garrison-Politics in der Karibik

Trénelle-Citron steht emblematisch für die marginalisierten Viertel von Fort-de-France, es nimmt vor allem durch die starke Bindung zur Parti Progressiste Martiniquais eine Art Vorreiterrolle ein und ist somit ein aufschlussreiches Beispiel für Klientelismus in dem mittels Stadtplanung eine Basis an Wählerstimmen gewonnen wird. Hierfür lassen sich auf den Antillen viele weitere Beispiele finden. Das prominenteste Beispiel stellt Kingston auf Jamaika dar. Die dortige extreme Ausprägung des Klientelismus wird als ‚Garrison-Politics' beschrieben. Garrison-Politics sind der prägende Aspekt städtischer Entwicklung seit den 1940er Jahren, also in einem ähnlichen zeitlichen Rahmen wie in Trénelle-Citron. Garrison-Politics bezeichnet in Jamaika eine Form politischen Klientelismus, in dem PolitikerInnen staatliche Ressourcen nutzen, um sich Wählerstimmen zu sichern. Dies geschieht vorrangig durch die Versorgung loyaler UnterstützerInnen mit günstigem Wohnraum und Arbeitsplätzen. Die beiden führenden Parteien JLP (‚Jamaica Labour Party') und PNP (‚People's National Party') benutzten vor allem soziale Wohnbauprojekte (‚Garrisons') um ihre Anhängerschaft mit Wohnraum zu versorgen und auf diese Weise räumlich zusammenzufassen. Die überwiegend in den 1960er Jahren errichteten Garrisons spiegeln das oben beschriebene Muster von um einen Hof gruppierten Gebäuden wieder. Neu an diesen Einheiten war, dass es sich um mehrstöckige Vielfamilienhäuser handelt, wie in der folgenden Aufnahme der Garrison ‚Rema' in West Kingston zu erkennen ist. Der Mauerdurchbruch ist einer von zwei Zugängen, der breitere Zugang auf der anderen Seite der Garrison ist durch Barrikaden aus Schrott, Holz und Autoreifen verengt, so dass dort auch nur FußgängerInnen passieren können und der Zugang schnell komplett geschlossen werden kann.

Abbildung 4: Ansicht von Rema (Kingston, Jamaika) aus Westen
Quelle: Bohle 2014

Parallel wurde von verschiedenen Seiten eine Vielzahl an Waffen in die Garrisons gebracht und genutzt um Raum- und Machtansprüche mit exzessivem Gewalteinsatz zu unterstreichen. Die ausgelöste Spirale der Gewalt strukturiert bis heute das Leben in Teilen von Kingston (Charles 2002; Clarke 2009; Howard 2005). Seit Ende der 1970er Jahren lässt sich eine weitere Entwicklung in diesem Prozess beobachten: PolitikerInnen haben die Kontrolle über die geschaffenen Garrisons weitgehend an lokale Akteure, so genannte ‚Area Dons' verloren, die einerseits klassisch staatliche Aufgaben wie Versorgung, Kontrolle und Rechtsprechung in den Vierteln übernommen und andererseits neue Einkommensquellen, wie beispielsweise Drogenhandel erschlossen haben (Jaffe 2015).
Obwohl die Prozesse in Trénelle-Citron nicht der jamaikanischen Entwicklung folgen und Gewalt und Waffeneinsatz ein wesentlich schwächer ausgeprägtes Problem darstellt, so gilt es dennoch eine wichtige Erkenntnis aus der Auseinandersetzung mit Garrison-Politics und Risiko zu berücksichtigen: Unter anderem Kevin Grove (Grove 2013) und Rivke Jaffe (Jaffe 2015) haben in ihren Studien die Rolle der ‚Area Dons' bei Projekten des Disaster Risk Management herausgearbeitet und aufgezeigt, inwiefern derartige Strukturen Handeln auf eigentlich staatlichen oder kommunalen Feldern bedingen. Aus diesen Erfahrungen in Kingston lässt sich folglich schließen, dass Akteure und Strukturen des Klientelismus im karibischen Kontext entscheidend sind für Erfolg oder Misserfolg im Disaster Risk Management.

Sicherheit und Risiko in Trénelle-Citron

Im November 2011 trafen sich Vertreter der europäischen ‚ultra-peripheren Regionen' (UPR) im Rahmen einer Konferenz in Fort-de-France und besichtigten Trénelle-Citron, um sich ein Bild von dem durch das Gesetz Letchimy angestoßenen Programm zur Verbesserung ‚heruntergekommener Viertel und unwürdiger Wohnverhältnisse' (‚Résorption d'habitat insalubre') zu machen. In Trénelle-Citron sind circa 2500 der 8000 BewohnerInnen von diesem Programm betroffen. Auf der Homepage der Stadt Fort-de-France werden die Maßnahmen in Trénelle-Citron als chirurgischen Eingriff dargestellt, der gleichzeitig den historisch gewachsenen Geist und Charakter des Viertels erhalten und den BewohnerInnen mehr Sicherheit vor Naturgefahren bringen soll: „Il s'agit […] d'une vaste opération de chirurgie, l'enjeu étant de préserver l'esprit du quartier tout en mettant hors de danger les habitants" [Es handelt sich um […] einen ausgedehnten chirurgischen Eingriff, die Herausforderung hierbei ist es, den Geist des Viertels zu bewahren und dabei gleichzeitig die BewohnerInnen außer Gefahr zu bringen.] (Crater 2011; Übersetzung J.B.).

Das Zitat zeigt das Spannungsfeld, in dem über räumliche Ordnung im Viertel verhandelt wird. Der Verweis auf Sicherheit durch institutionelle Akteure dient in diesem Kapitel als Anlass, um die Prozesse in Trénelle-Citron mit dem Konzept der Versicherheitlichung nach der Kopenhagener Schule zu untersuchen. Grundsätzlich beschreibt Versicherheitlichung nach der Kopenhagener Schule Prozesse mit denen staatliche Akteure durch Sprechakte Bedrohungen für die Bevölkerung definieren und in der Folge Praktiken etablieren, die in Abgrenzung zum Normalzustand die Bedrohung adressieren und überwinden sollen. Diese Praktiken haben oft einen repressiven Charakter (Buzan, Waever & de Wilde 1998). Trotz vierfältiger Kritik und Weiterentwicklungen (beispielsweise Corry 2012; vgl. auch Korf & Oßenbrügge 2010) ist das Konzept der Versicherheitlichung nach der Kopenhagener Schule in Untersuchungen von Naturgefahren weit verbreitet und dominiert aktuell die Forschungslandschaft. Eine Analyse nach der Kopenhagener Schule, ob in Trénelle-Citron Versicherheitlichung stattfindet, stellt drei Leitfragen (Oels 2013): Erstens, wird ein Problem durch Sprechakte zu einer existenziellen Bedrohung gemacht und auf diese Weise mögliche außerordentliche Maßnahmen begründet? Zweitens, gibt es im Feld ein relevantes Publikum, das diese konstruierte Bedrohung akzeptiert? Drittens, werden außergewöhnliche Maßnahmen ergriffen um mit der Bedrohung umzugehen?

Vor dem Hintergrund dieser Sprechakte wird zur Analyse ein Korpus mit relevanten Dokumenten zusammengestellt. Hierbei handelt es sich zum einen um Raumplanungsinstrumente auf nationaler, regionaler und kommunaler Ebene (ADUAM 2008; GEOTER & Ville de Fort-de-France 2006; Letchimy 2009; o.A. 2011; Préfecture de la Martinique 2004) und zum anderen um wissenschaftliche Texte (Audebert & Saffache 2002; Letchimy 1992; Mavoungo & Saffache 2005; Saffache 2000).

Der Bericht von Serge Letchimy über die ‚heruntergekommenen Viertel und unwürdigen Wohnverhältnisse in den Überseeregionen und –departements' (Letchimy 2009) ist eine Bestandsaufnahme des Zustandes marginaler Siedlungen und enthält konkrete Handlungsvorschläge. Daraus ist 2011 das nationale Gesetz 725 (o.A. 2011) entstanden. Darin sind Maßnahmen zur Verbesserung der Wohnsituation in informellen und marginalen Siedlungen geregelt. Bei diesen Maßnahmen handelt es sich vor allem um Klärung der Besitzverhältnisse und Regelungen für Umsiedlungsprojekte. Auf regionaler Ebene gibt es den ‚Plan Prévention des Risques' (Préfecture de la Martinique 2004), ein kartographisches Instrument. In diesem werden Naturgefahren an der Küste, sowie die Naturgefahren Überschwemmung, Erdbewegungen, seismische und vulkanische Gefahren nach Intensität und Eintrittsmöglichkeit in vier Niveaus eingestuft. Außerdem wird die Besiedlungsstruktur in einer dreistufigen Skala erfasst. Aus dem Produkt aus Gefahrenniveau und Besiedlungsstruktur wird eine Zonierung erstellt. Der fünfstufige Farbcode reicht von weiß bis violett. Ziel ist es kartographisch darzustellen, welche Naturgefahren an welchen Orten wie wahrscheinlich sind um sichereres Siedeln zu ermöglichen. Auf kommunaler Ebene gilt in der Agglomeration Fort-de-France der ‚Plan local d'urbanisme' (ADUAM 2008). Dieser regelt Raumnutzung und Bebauung, nicht nur künftige, sondern auch bestehende Bauten sollen dem Plan konform nachgerüstet werden. Als ein weiteres Instrument der Risikoanalyse kann das Dokument ‚Analyse des risques du quartier Trénelle' (GEOTER & Ville de Fort-de-France 2006) angesehen werden. Hier wurde für jede Liegenschaft in Trénelle Informationen über den Wert und Zustand von Gebäuden, ihrer Resilienz gegenüber bestimmten Naturgefahren, sowie mögliche Kosten von Risikominderungsmaßnahmen (Abriss, Verstärkung gegen Erdbeben, Wirbelstürme und Erdrutsche) ermittelt.

Die zweite Dokumentgruppe umfasst wissenschaftliche Artikel (Audebert & Saffache 2002; Mavoungo & Saffache 2005; Saffache 2000), in denen vornehmlich die Vulnerabilität der Bevölkerung des Viertels gegenüber Naturgefahren im Vordergrund steht. Die Dissertation von Serge Letchimy (Letchimy 1992) rekurriert vor allem auf die gewachsene gemeinsame Identität in den Marginalvierteln. Serge Letchimy ist neben Aimé Césaire eine entscheidende Persönlichkeit für das Viertel. Er war von 1988 bis 2000 verantwortlicher Stadtplaner von Fort-de-France und wurde 2001 Nachfolger von Aimé Césaire als Bürgermeister. Des Weiteren ist er seit 2007 Abgeordneter der Insel und seit 2010 Präsident des Regionalparlaments.

Trénelle-Citron: Raumordnungsinstrumente

In den folgenden Ausführungen wird zuerst ein Blick auf die Raumordnungsinstrumente geworfen und dabei von der nationalen bis zur Ebene der Liegenschaft vorgegangen. Anschließend werden die Diskurse in den wissenschaftlichen Publikationen untersucht und mit aktuellen räumlichen Praktiken in Verbindung gesetzt.

Die französische Gesetzgebung hat bislang die lokalen Besonderheiten der Überseedepartements wenig berücksichtigt. Vor allem in den 1980er und 1990er Jahren war die Reaktion auf die entstandenen Marginalviertel durch freiwillige und erzwungene Umquartierung in soziale Wohnbauprojekte (HLM, habitation à loyer modéré) geprägt. Ähnlich wie in den französischen Großstädten, oder wie oben beschrieben in Kingston, entstanden in Fort-de-France ganze Viertel, beispielsweise die ‚Cité Dillon', die fast ausschließlich aus diesen Wohnblöcken bestehen. Um den negativen Folgen dieser Praxis in den Marginalvierteln entgegenzuwirken, fordert der Bericht Letchimys Umsiedlungen zu vermeiden und den Verbleib der Bevölkerung in den bestehenden Strukturen, wenn möglich, zu favorisieren: „[…] les opérations de restructuration […] doivent privilégier le maintien des habitants chaque fois que la nature des lieux le permet" [„[…] die Restrukturierungsmaßnahmen […] sollen den Verbleib der BewohnerInnen favorisieren, wenn das an diesem Ort möglich ist"] (Letchimy 2009; Übersetzung J.B.). Der Bericht Letchimys dient als Vorlage für das nach ihm benannte nationale Gesetz 725 (o.A. 2011). Das Gesetz implementiert wichtige Änderungen in die Raumordnung: StaatsvertreterInnen, auf kommunaler oder departementaler Ebene, können per Dekret Gebäude als heruntergekommen, unhygienisch oder unsicher deklarieren und Maßnahmen wie Renovierung oder Abriss anordnen. Titellose BewohnerInnen haben Anspruch auf finanzielle Entschädigung, solange sie länger als zehn Jahre in ihrem Haus leben, sollte das Gebäude wegen Umgestaltungsmaßnahmen beispielsweise abgerissen werden. Um die Umsiedlung muss sich der Staat oder die Kommune kümmern (o.A. 2011). Zum einen wird der Kommune mehr Handlungsspielraum in der Raumordnung gegeben (mit der Vorgabe, Restrukturierungen Umsiedlungen vorzuziehen) und zum anderen ist es Titellosen möglich im Falle einer Umsiedlung finanzielle Entschädigung zu erhalten. Die beiden relevanten Instrumente für die Klassifizierung von Gebäuden und Grundstücken sind der Plan Prévention des Risques und der Plan local d'urbanisme.

Den Plan Prévention des Risques (Préfecture de la Martinique 2004) gilt es auf drei Ebenen zu lesen: Erstens, auf der Ebene der oben beschriebenen Kategorien von Naturgefahren, zweitens, auf der Ebene aus der Siedlungsstruktur resultierenden Herausforderungen und drittens als Synthesedokument. Für das Gebiet von Trénelle-Citron gilt die zweithöchste Gefahrenstufe für Überschwemmungen (entlang des Ufers der Rivière Madame). Für die Gefahr Erdbewegungen gilt ebenso die zweithöchste und in Teilen die dritthöchste Stufe. Als gewachsenes Marginalviertel am Rand der Stadt wird Trénelle-Citrons Besiedlungsstruktur auf der entsprechenden Karte in der mittleren Kategorie eingestuft. Im Synthesedokument (Abb. 4) ist das Gebiet entsprechend der gelben und der orangen Zone zugeordnet. Daraus werden folgende Vorgaben für die Raumordnung abgeleitet: Kein Bau von öffentlichen Gebäuden, bestehende private Bebauung soll sicherer gemacht werden und geplante Bauvorhaben sollen die bestehenden Gefahren berücksichtigen.

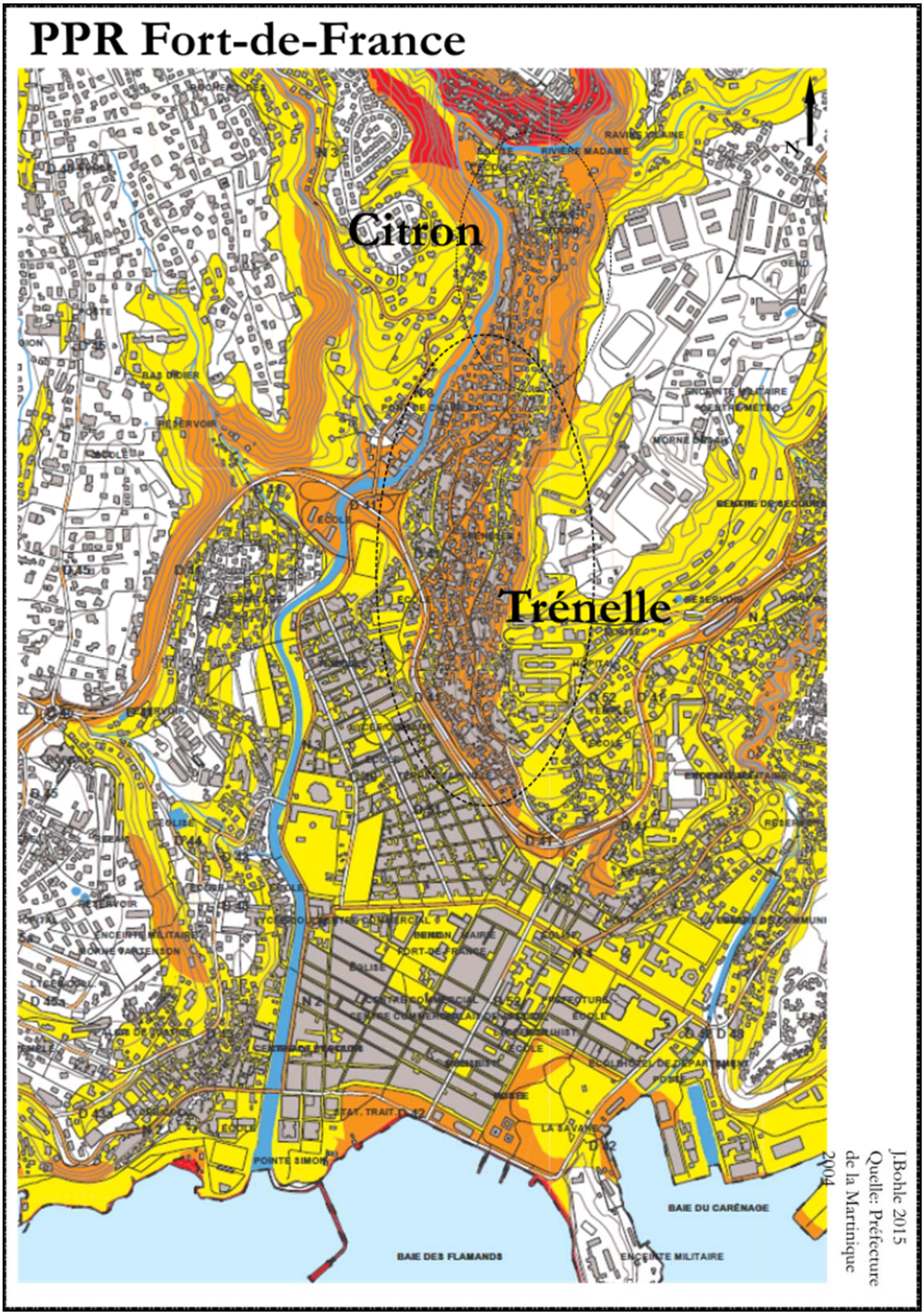

Abbildung 5: Ausschnitt aus dem PPR
Quelle: Bohle 2015

Valérie November (November 2002) bezeichnet Zonierung als bevorzugte räumliche Figur zur Übersetzung von Risiko. Dem wohnt das Versprechen von Sicherheit inne, denn wer in der weißen Zone lebt, ist sicher; wer in der violetten Zone lebt, ist in ständiger Gefahr. Vor diesem Hintergrund ist es wenig überraschend, dass Praktiken wie Umsiedlung ergriffen werden. Der Transfer der Bevölkerung von einer (unsicheren) Zone in eine (sichere) Zone ist Ausdruck dieser essentialistischen räumlichen Logik. Soziale Realitäten werden hierbei nicht berücksichtigt, wie die Erfahrungen mit den Umsiedlungsprogrammen in HLM der 1980er und 1990er Jahre zeigen.

Ergänzt wird der Plan Prévention des Risques durch den Plan local d'urbanisme (ADUAM 2008). Während der Plan Prévention des Risques aus den berechneten Gefahren Bedingungen für bauliche Maßnahmen eines Gebietes regelt, definiert der Plan local d'urbanisme mit Rückgriff auf den Plan Prévention des Risques die konkreten Bebauungsregeln. Im Plan local d'urbanisme wird vor allem für die private Nutzung bestimmt, was gebaut werden darf, wie gebaut werden darf und welche Nutzung erlaubt ist.

Für die vorliegende Fallstudie sind einige Artikel des Plan local d'urbanisme besonders interessant, da sie die Differenz zwischen juristischen Regelungen und der lokalen Realität veranschaulichen: Artikel drei definiert, dass aus Gründen des Brand- und Zivilschutz jedes Grundstück für Fahrzeuge erreichbar sein muss. Dies ist durch die gewachsene Struktur und Topographie des Viertels nicht gegeben, viele Gebäude sind nur über Treppen oder Innenhöfe zu erreichen. Die bestehenden Straßen sind teilweise zu schmal für Einsatzfahrzeuge. Artikel vier regelt den Zugang zu kommunalen Leistungen wie Trink- und Abwasser, Elektrizität, Telefonanschluss und Abfallentsorgung. Alle Gebäude sind zwar an das Versorgungsnetz angeschlossen, allerdings ist die Zuordnung der Leitungen zu Gebäuden schwierig, was die Kontrolle von Nutzung und die Abrechnung erschwert. Die Abfallentsorgung ist nur dort möglich, wo die entsprechenden kommunalen Fahrzeuge die Straßen passieren können. Die Entsorgung von Abfällen in die Rivière Madame wird regelmäßig thematisiert. An der Rivière Madame ist laut Artikel sechs ein Korridor von zehn Metern freizulassen. Diese Regelung ist nur teilweise umgesetzt und ein konfliktträchtiges Feld: Am Flussufer siedeln vor allem BewohnerInnen, die später nach Trénelle-Citron gezogen sind und mit eingesessenen BewohnerInnen über die Frage nach der Besiedlung der Uferzone in Konflikt geraten (Audebert & Saffache 2002). Artikel acht besagt, dass auf dem gleichen Grundstück ein Mindestabstand von vier Metern zwischen Gebäuden liegen muss. Dies läuft der Struktur des ‚lakou' zuwider. Hier tritt die fundamentale Rolle von Zirkulation in der Ordnung urbaner Räume zu Tage (Legg 2011). Das Ziel des Sicherheitsdispositives in den Raumordnungsinstrumenten ist es, Zugang zum Viertel und die Zirkulation von Einsatzfahrzeugen im Viertel zu ermöglichen.

Auf der Ebene der einzelnen Liegenschaften in Trénelle-Citron gibt es ein weiteres Instrument, die Risikoanalyse die von der Stadt in Auftrag gegeben wurde (GEOTER & Ville de Fort-de-France 2006). Dabei wurden alle Gebäude in Trénelle erfasst, deren Wert geschätzt und berechnet, welche Kosten für Baumaßnahmen zur Stärkung der Widerstandsfähigkeit entstehen würden. In Abb. 5 ist das Datenblatt eines der erfassten Gebäude reproduziert. Die Risikoanalyse umfasst Informationen wie Fotografien, Aufriss, Grundriss, Wohnfläche, geschätzter Wert und verbaute Materialien des Gebäudes. Außerdem wird die Verwundbarkeit des Gebäudes klassifiziert und in entsprechende Kategorien übersetzt. Mögliche Kosten für Abriss, Umbau und Schutzmaßnahmen werden berechnet und abschließend aus den Informationen Empfehlungen abgeleitet. Die erhobenen Daten könnten als Berechnungsgrundlage für Restrukturierungsmaßnahmen im Sinne des Plan local d'urbanisme und des Plan Prévention des Risques dienen. In anderen urbanen Kontexten ließen sich die Maßnahmen auch als Ausprägung von Inwertsetzung untersuchen. Im vorliegenden Fallbeispiel lässt sich eine solche Tendenz nicht erkennen. Aus den geführten Gesprächen mit verschiedenen involvierten Akteuren geht hervor, dass die getätigten staatlichen Investitionen nicht auf ökonomischen Rückfluss abzielen, sondern auf die Sicherung des sozialen Friedens.

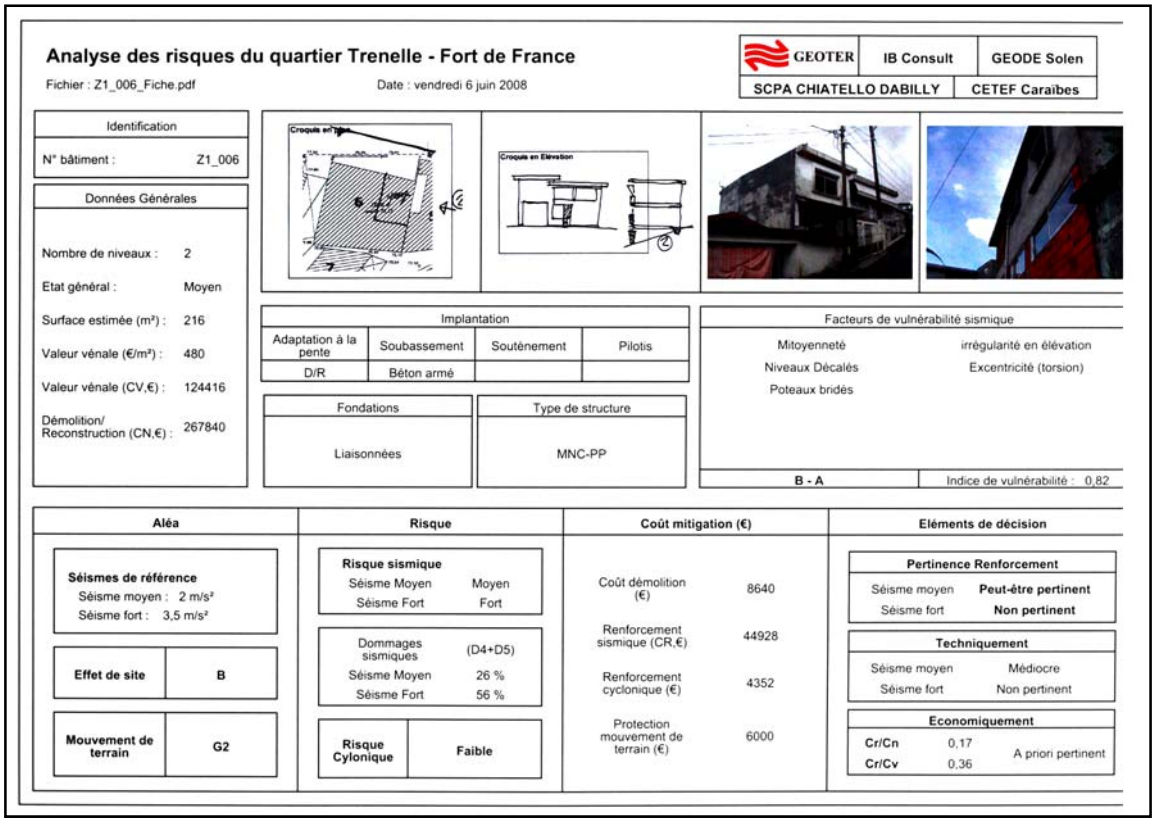

Abbildung 6: Beispiel für Risikoanalyse der Liegenschaften
Quelle: GEOTER & Ville de Fort-de-France 2006

Zusammenfassend ist festzustellen, dass in den letzten Jahren eine Reihe von Dokumenten erstellt wurden, die auf verschiedene Art und Weise die räumliche Ordnung erfassen, klassifizieren, bewerten und regulieren. Alle diese Dokumente kreisen um Fragen der (Un-)Sicherheit, vor allem mit Verweis auf Naturgefahren. Das bedeutet für die Bevölkerung von Trénelle-Citron, dass die Gemeinde per Erlass jedes Gebäude mit der Begründung auf Naturgefahren oder Sicherheit abreißen lassen kann. Alle hier vorgestellten Dokumente würden ein entsprechendes Vorgehen stützen. Die Macht dazu liegt in den Händen der Mairie, also des Bürgermeisteramtes, das heißt seit 1945 bei der Parti Progressiste Martiniquais.

Wissenschaftliche Diskurse und lokale Praktiken

Eine Diskursanalyse der wissenschaftlichen Dokumente (Audebert & Saffache 2002; Letchimy 1992; Mavoungo & Saffache 2005; Saffache 2000) die zum Thema vorliegen, ergibt fünf zentrale Themenkomplexe: Verwundbarkeit, nicht-regelkonformes Verhalten, fehlende Risikokultur, Identität, Regierung und Steuerung. Die Verwundbarkeit der Bevölkerung von Trénelle-Citron wird vor allem mit Verweis auf Naturgefahren und soziale Charakteristika begründet. Eng hiermit verbunden sind die Verweise auf mannigfaltiges nicht-regelkonformes Verhalten, besonders in Hinblick auf bauliche Praktiken. Mit diesen beiden Diskursen verbunden ist jener der fehlenden Risikokultur. Unter dem Schlagwort der fehlenden Risikokultur werden unter anderem die passive Haltung der Bevölkerung, nicht vorhandene Sensibilität für Risiken sowie unangepasste Praktiken und Einstellungen im Umgang mit Risiken subsummiert. Diese Punkte ließen sich auch mit fehlender Risikowahrnehmung beschreiben, aber interessanterweise wird quasi ausschließlich auf fehlende Risikokultur rekurriert. Dieser Umstand ließe sich als Versuch interpretieren, den positiv besetzten Diskursen über Identität und Erbe des Viertels auf dem gleichen Feld zu begegnen und entsprechend die Frage nach dem Geist des Viertels anders zu besetzen.

In den Feldern Identität, sowie Regierung und Steuerung lassen sich Überschneidungen feststellen. Hierbei geht es beispielsweise darum, die Bevölkerung zu kontrollieren, sie zur Räson zu bringen, beziehungsweise nicht aufzuschrecken. Das ist verknüpft mit Verweisen auf die Umsiedlungspraktiken in HLM, die Verflechtungen zwischen Viertel und Lokalpolitik, sowie die soziale Kohäsion des Viertels. Ähnlich wie die

Dokumente der ersten Dokumentgruppe, bewegen sich die wissenschaftlichen Dokumente im Spannungsfeld Sicherheit und Identität, wobei vor allem die Vulnerabilität des Viertels adressiert wird.
In der Zusammenschau der beiden Dokumentgruppen lassen sich die Technologien auf der räumlichen Ebene der Bevölkerung, beziehungsweise des Milieus, als Biopolitik auffassen. Die Prozesse um Verbesserung der ‚unwürdigen Lebensverhältnisse', die Risikoanalyse, die Risikokultur, etc. sind Effekte der Ausbreitung der Sicherheitsdispositive mit dem Ziel, Kontrolle über die räumliche Ordnung zu erlangen (Rabinow 1982).
Auf der Ebene konkreter Praktiken gibt es eine Reihe von lokalen Initiativen, die unter Stichworten wie ‚Recht auf Stadt' oder ‚Écoquartier' auf Praktiken der gewachsenen und heute noch relevanten Aneignung des Raumes verweisen und dabei Fragen von Identität aber auch von Entwicklung, Erbe und Fortschritt thematisieren. Auf der anderen Seite wurde damit begonnen, die in den Dokumenten angelegte Umgestaltung durchzuführen. In einem ersten Schritt wird die bauliche Struktur des Viertels dahingehend geändert, dass mehr automobile Zirkulation von außen und innerhalb des Viertels möglich wird. Im Spannungsverhältnis der präsenten Diskurse von Risiko, Sicherheit Verwundbarkeit und Identität entstehen verschiedene Räume und räumliche Repräsentationen. Trénelle-Citron als Risiko-Raum, als verwundbarer Raum, als Lebens-Raum, als Solidaritäts-Raum.

Grenzen von Versicherheitlichung

Aus den beschriebenen Prozessen geht hervor, dass eine auf Versicherheitlichung fokussierte Analyse der Thematik nicht gerecht wird. Sinnvoller erscheint es eine gouvernementalitätsanalytische Perspektive einzunehmen. Denn diese fahndet nicht nach von Sicherheitsdiskursen ausgelösten großen und kleinen Ausnahmezuständen, sondern fragt nach Subjektivierungsweisen, Problematisierungen, sowie Rationalitäten und Technologien des Regierens (Rosol & Schipper 2014). Diese sollen im Sinne eines zusammenfassenden Endes schlaglichtartig beleuchtet werden. Die Subjektivität der BewohnerInnen von Trénelle-Citron wird durch Wissensformen und Regierungstechniken, sprich Techniken der Regierung des Selbst und der Regierung Anderer, beständig ausgehandelt. Die konfligierenden Diskurse um fehlende Risikokultur auf der einen und vielfältiger sozialer Praktiken wie der ‚technique du coup de main' auf der anderen Seite veranschaulichen dies. Die Problematisierung von Sicherheit in Trénelle-Citron ist das Resultat konkreter Diskurse und Praktiken, die es als ein zu regierendes Problem identifizieren. Spannend am vorliegenden Fallbeispiel ist, dass die Antworten auf das konstruierte Sicherheitsproblem sehr unterschiedlich ausfallen und sich der Prozess wie kollektives Wissen über das zu regierende Sicherheitsproblem gebildet wird direkt mitverfolgen lässt. Dass Trénelle-Citron zum einen ein Risikoraum ist und zum anderen Umsiedlungsprojekte wie in den 1980er und 1990er Jahren negativ bewertet werden wird von allen Interviewpartnern als Common Sense herausgearbeitet. Welche Antworten sich auf das Sicherheitsproblem durchsetzen ist noch umkämpft. Betrachtet man die Dokumente zur Raumordnung und die folgenden Interventionen ergibt sich ein kleinteiliges Puzzle, aus dem als aktuell dominierende Handlungsrationalität die Maxime der Verbesserung der Lebensumstände geht. Die ‚heruntergekommenen und unwürdigen Wohnverhältnisse' sollen durch staatliche Maßnahmen verbessert werden und so die Sicherheit des Viertels gegenüber Naturgefahren erhöht und gleichzeitig die soziale Struktur erhalten bleiben. Die Motivation dahinter lässt sich nicht klar trennen und herausarbeiten. Klientelismus und/oder der Wunsch die Identität des Viertels als zentraler Bestandteil einer martinikanischen Identität zu bewahren scheinen jedoch gewichtigere Faktoren als die erhöhte Sicherheit vor Naturgefahren darzustellen. Ausgangsbasis für die obige Analyse waren die Technologien des Regierens, konkret die Apparate, rechtliche Regelungen und Institutionen, die bestimmte Praktiken und Problemsichten nahe legen.

Fazit

Das Leben in Trénelle-Citron ist seit der Gründung des Viertels von Unsicherheit geprägt. Unsicherheit auf der einen Seite durch Naturgefahren, auf der anderen durch soziale Probleme wie unter anderem nicht geklärte Besitzverhältnisse, Generationskonflikte, prekäre Lebensverhältnisse und Gewalt. In diesem Spannungsfeld kommt der Ordnung des Raumes und den strukturierenden Technologien und Rationalitäten eine zentrale Rolle zu (Foucault 2004a; 2004b). Risiko und Dispositive der Sicherheit sind das Ergebnis spezifischer Rationalitäten und Technologien, die gesellschaftliche Wirklichkeiten bedingen, quantifizierbar und dadurch regierbar machen (Mattissek 2008). Der Text stellt klassische Elemente der Raumordnung in den Vordergrund um aufzuzeigen, dass Raumordnung „[…] nicht nur als Technik der räumlichen Gestaltung […],

sondern als zutiefst normative, machtgeladene und politische Technologie des Regierens […]" (Reuber 2010, S. 208) verstanden werden kann.

Am Beispiel Trénelle-Citron wird deutlich, dass Risiko und (Un-)Sicherheit das Ergebnis dieser Technologien des Regierens sind. In Trénelle-Citron sind nicht Risiko und Sicherheit, sondern die Sorge um die Verbesserung der ‚unwürdigen Lebensverhältnisse' die Norm, die das Handeln anleitet. Mit anderen Worten, die anzustrebende Norm ist nicht die Sicherheit der Bevölkerung, sondern die Verbesserung der Lebensverhältnisse, um den Status quo beizubehalten. Diese prägt die gouvernementalen Praktiken. Mit der gouvernementalitätsanalytischen Perspektive lassen sich die Technologien und Rationalitäten des Messens, Klassifizierens und Quantifizierens als notwendig für die Konstruktion der Problematisierung von Risiko verstehen. Ohne den wissenschaftlichen Diskurs und die Übersetzung in Karten und Pläne wäre ein Sprechen über Risiko und Sicherheit nicht relevant. Die Raumordnungsinstrumente legitimieren dies erst. Karten, Pläne, Statistiken und resultierende Schätzungen von Wahrscheinlichkeiten charakterisieren die Mechanik der Sicherheit (Foucault 2004a; Hannah 2000).

Die Raumordnungsinstrumente spiegeln den technokratischen Charakter der Rationalitäten und festigen die Dichotomie Experten versus Lokalbevölkerung, die in den Diskursen eingeschrieben ist. Der Geist des Viertels, beziehungsweise die Kultur des Viertels ist das am stärksten umkämpfte diskursive Feld. Hier stehen sich zwei gegensätzliche Positionen gegenüber. Mit dem Verweis auf die soziale Kohäsion und die Identität des Viertels, wird dem Diskurs über die fehlende Risikokultur entgegengearbeitet. Serge Letchimy verkörpert die Spannung zwischen diesen Polen. Auf der einen Seite ist er als Stadtplaner Experte, auf der anderen Seite begründet er seine technokratischen Lösungsvorschläge mit Verweis auf die gewachsene Identität des Viertels (Chamoiseau 1995; Letchimy 1992; Letchimy 2009). Um der Komplexität des Fallbeispiels gerecht zu werden, argumentiert der vorliegende Beitrag für die Bevorzugung einer gouvernementalitätsanalytischen Perspektive gegenüber einer Analyse von Versicherheitlichung.

Zusammenfassend ist zu konstatieren, dass Diskurse um Risiko und (Un-)Sicherheit, Identität, sowie Entwicklung, Fortschritt und Erbe konkurrieren und das Leben im Viertel strukturieren. Mit anderen Worten: auf der räumlichen Ebene der Bevölkerung des Viertels wird Macht über Technologien der Biopolitik ausgeübt. Dabei spielen die Konstruktion von Risiko und Sicherheitsdispositive eine zentrale Rolle. Ähnlich wie in anderen urbanen Räumen der Karibik ist in dem erläuterten Fallbeispiel der Klientelismus eine treibende Kraft hinter gouvernementalen Praktiken.

Danksagung

Die Feldforschung für diesen Betrag wurde finanziell unterstützt durch das Projekt „Die Amerikas als Verfechtungsraum" am Center for InterAmerican Studies der Universität Bielefeld. Ein erster Entwurf wurde im Rahmen der Tagung „Politische Geographien von Entwicklung, Risiko und Versicherheitlichung" im Oktober 2014 an der Universität Bonn vorgestellt, vielen Dank den TeilnehmerInnen für die Anmerkungen und Anregungen.

Herzlichen Dank an die beiden anonymen ReviewerInnen für die hilfreichen Kommentare und an die HerausgeberInnen dieses Sammelbandes für die Aufnahme und Betreuung des Beitrags.

Auf Martinique bin ich folgenden Personen zu besonderem Dank verpflichtet: Romain Cruse für die Erstellung der Karte; Bruno Carrer für die interessanten Gespräche über und die Exkursionen in die verschiedenen Viertel von Fort-de-France; Serge Letchimy und Pascal Saffache für die fruchtbaren Gespräche über Geschichte, Gegenwart und Zukunft von Trénelle-Citron.

Literaturverzeichnis

ADUAM 2008, *Plan local d'urbanisme' Online*, ADUAM Portal [31. Juli 2014].

Audebert, C & Saffache, P 2002, Les quartier populaires de la ville de Fort-de-France. Approche socio-historique et intégration urbaine, *La géographie. Terre des Hommes*, vol. 174, no.1507, pp. 20-31.

Buzan, B, Waever, O & de Wilde, J 1998, *Security. A New Framework for Analysis*, Lynne Rienner Publishers, Boulder.

Césaire, A 1956 [1939], *Cahier d'un retour au pays natal, Présence africaine*, Paris & Dakar.

Chamoiseau, P 1995, *Texaco*, Piper, München & Zürich.

Charles, C 2002, 'Garrison Communities as Counter Societies. The Case of the 1998 Zeek's Riot in Jamaica', *Ideaz*, vol. 1, no. 1, pp. 29-43.

Clarke, C 2009, *From Slum to Ghetto' in Global Change and Caribbean Vulnerability*, Hg. D McGregor, D Dodman & B Barker, UWI Press, Kingston, pp. 261-278.
Corry, O 2012, 'Securitisation and 'Riskification'. Second-order Security and the Politics of Climate Change', *Millenium Journal of International Studies*, vol. 40, no. 2, pp. 235-258.
Crater, C 2011, *Les présidents des Régions Ultra Périphériques sont allés à Trénelle*' Online: Homepage Ville de Fort-de-France [31. Juli 2014].
Foucault, M 2004a, *Sicherheit, Territorium, Bevölkerung*, Suhrkamp, Frankfurt am Main.
Foucault, M 2004b, *Die Geburt der Biopolitik*, Suhrkamp, Frankfurt am Main.
GEOTER & Ville de Fort-de-France 2006, ‚*Analyse des risques du quartier Trénelle*'.
Grove, K 2013, 'Adaptation Machines and the Parasitic Politics of Life in Jamaican Disaster Resilience', *Antipode*, vol. 46, no. 3, pp. 611-628.
Hannah, M 2000, *Governmentality and the mastery of territory in nineteenth-century America*, Cambridge University Press, Cambridge & New York.
Howard, D 2005, *Kingston. A cultural and literary history*, Signal, Oxford.
INSEE 2014, 'Recensement de la population. 972 Martinique', Online: *INSEE Portal* [15. Juni 2015].
Jaffe, R 2015, 'From Maroons to Dons. Sovereignty, Violence and Law in Jamaica', *Critique of Anthropology*, vol. 35, no. 1, pp. 47-63.
Korf, B & Oßenbrügge, J 2010, ‚Geographie der (Un)Sicherheit – Einführung zum Themenheft', *Geographica Helvetica*, vol. 65, no. 3, pp. 167-171.
Legg, S 2011, ‚Security, territory, and colonial populations. Town and empire in Foucault's 1978 lecture courses', in Postcolonial spaces. In *The politics of place in contemporary culture*, eds. A Teverson & S Upstone, Palgrave Macmillan, Basingstoke & New York, pp. 146-163.
Letchimy, S 2009, ‚*L'habitat insalubre et indigne dans les départements et régions d'outre-mer: un défi à relever'* Online: Ministère de l'intérieur, de l'outre-mer et des collectivités territoriales Portal [15. Juni 2015].
Letchimy, S 1992, *De l'habitat précaire à la ville. L'exemple martiniquais*, L'Harmattan, Paris.
Martouzet, D 2002, ‚Le rapport affectif à la ville, conséquences urbaines et spatiales: Le cas de Fort-de France', *Annales de Géographie*, vol. 111, no. 623, pp. 73-85.
Mattissek, A 2008, *Die neoliberale Stadt*, Transcript, Bielefeld.
Mavoungo, J & Saffache, P 2005, ‚Risque sismique et vulnérabilité humaine au quartier Trénelle à Fort-de-France', *Écologie et Progrès*, no. 4, pp. 7-17.
November, V 2002, *Les territoires du risque*, Peter Lang, Bern.
o.A. 2011, ‚*Loi n 2011-725 du 23 juin 2011 portant dispositions particulières relatives aux quartiers d'habitat informel et à la lutte contre l'habitat indigne dans les départements et régions d'outre-mer*' Online: Legifrance Portal [13. Juni 2015].
Oels, A 2013, ‚Rendering climate change governable by risk. From probability to contingency', *Geoforum*, no. 45, pp. 17-29.
Préfecture de la Martinique 2004, ‚*Plan Prévention des Risques Naturels Prévisibles de la Martinique*'.
Rabinow, P 1982, ‚Ordonnance, Discipline, Regulation. Some reflections on Urbanism', *Humanities in Society*, vol. 5, no. 3-4, pp. 267-278.
Reuber, P 2012, *Politische Geographie*, Schöningh, Paderborn.
Rosol, M & Schipper, S 2014, ‚Das foucaultsche Konzept der Gouvernementalität' in *Theorien in der Raum- und Stadtforschung*, Eds. J Oßenbrügge & A Vogelpohl, Westfälisches Dampfboot, Münster.
Saffache, P 2000, ‚Origines et évolutions de l'habitat spontané en Martinique', *Aménagement et Nature*, no. 139, pp.114-120.

Die Einwirkung von Katastrophen in der Vergangenheit: Eine digitale Darstellung für die Spuren des 1977 Erdbebens auf das Magheru Boulevard in Bukarest und ihre Wechselwirkung mit Darstellungen für die Stadt Köln

Maria Bostenaru Dan, Iuliana Armas

Email: Maria.Bostenaru-Dan@alumni.uni-karlsruhe.de, iulia_armas@geo.unibuc.ro

Einführung

Dieser Artikel beruht auf einer postdoktoralen Forschung der ersten Verfasserin (siehe Danksagung). Das Ziel des postdoc Projektes (2014-2015) ist es, eine alternative Kartendarstellung zu den heutigen durch GIS entworfenen Kartenbildern zu entwickeln, die besser für eine strategische Planung des Katastrophenmanagements geeignet sein soll. Das Bedürfnis einer strategischen Planung beruht auf die Notwendigkeit bestimmte Aktionsgebiete detailliert zu bearbeiten und daher verschiedene Maßstäbe gleichzeitig zur Verfügung zu haben.

Im Buch „Tickle your catastrophe" zeigt Salewski (2011) die Geschichte neuer Kartentechniken, als Antwort an Harley (1989), die in der Kartendarstellung hilfreich sein können, da sie einerseits der strategischen Planung dienen, andererseits sogenannte Walkscapes darstellen. Diese sind: das Szenario (Kahn, 1962) und das "derivé" (Debord, 1955). Die Verbindung zwischen beiden Darstellungen beschreibt unserer Ansicht nach die Verbindung zwischen einer systemischen Vorgehensweise und der strategischer Planung. Das Kartenkonzept in dieser Vorgehensweise unterstützt das Konzept bezüglich der Route und das Bild der Stadt in unserem Vorschlag.

Die Pädagogik-Komponente der Katastrophen, Thema des Treffens in Köln (aus Schaden lernen), ist auch ein Vorsatz in unserer Arbeit. Diese Komponente stützt sich auf die Vorgehensweise des „lessons learned", wobei man aus den vergangenen Katastrophen lernen kann. Während die Strategie als Vorgehensweise (Kahn, 1962) einen militärischen Ursprung hatte um nach und nach in verschiedene Bereiche der Wissenschaft übernommen zu werden (von der Planung bis in die Didaktik), stammt „lessons learned" aus dem Projektmanagement/Wissensmanagement. Zum Beispiel hat das Earthquake Engineering Research Institute ein Programm, das sich dem Lernen aus dem Erdbebenerfahren widmet (https://www.eeri.org/projects/learning-from-earthquakes-lfe/). Jedes neue Ereignis wird untersucht und Lehren für die künftige Prävention gezogen. Auch das GFZ Potsdam hat das Konzept „lessons learned" für das Hochwasser an der Elbe 2002 angewandt (zahlreiche Veröffentlichungen unter: http://www.gfz-potsdam.de/forschung/ueberblick/departments/department-5/hydrologie/projekte/abgeschlossene-projekte/lessons-learned/). Dadurch sind spätere Hochwasserereignisse nicht mehr so schadensreich gewesen. Das pädagogische Konzept von z.B. Thomas Brückner (1998) fördert genau dieses Wissensmanagement. Die Struktur unseres Projekts hat ihren Ursprung im Katastrophenprojektmanagement. Insbesondere sind wir an dem virtuellen Teil bezüglich der Simulationen interessiert. Die Simulation ist ein Werkzeug in der strategischen Planung gemäß Habitat II (das zweite Treffen des Programms der Vereinten Nationen für menschliche Siedlungen – UN-HABITAT - United Nations Human Settlements Programme), aber auch ein Ergebnis eines Szenarios. Derzeit werden die Ansätze für Habitat III auf einer verbesserten Basis entwickelt. Die Simulation bildet auch eine didaktische Strategie, die auf einer indirekten Aktion basiert (Cerghit, 2006). Simulationsbeispiele im Katastrophenmanagement waren das Hauptthema des C3 Teilprojektes „Modellbildung und Simulation" (Leitung Frank Fiedrich, Fritz Gehbauer) des SFB 461 (http://www.tmb.kit.edu/SFB461_C3/projektziele/projektziele.html). In unserem Vorhaben geht es um Multimediaunterstützung des Lernens. Das Konzept der Stadtführung in den Orten, die als Zeugen früherer Katastrophenereignissen dienen, wird aus der physischen Welt in die Welt der Simulation übertragen. Zum Lernen werden in unserem Ansatz digitale Spiele zur Ortung auf der Karte eingesetzt. Für die physische Welt wurden ebenfalls Vision und strategische Planung eingesetzt, im Rahmen des AESOP (Association of European Schools of Planning) Workshops „Becoming local" Bukarest, im Juni 2014 (unter der

Leitung von Ceren Sezer). In Debord's Karte (1955) hat dieser die verschiedenen Bereiche der Stadt gemäß der Psychologie beim Durchwandern der Straßen dargestellt. Dadurch wird die psychische Welt auch im Bereich der Karten weitergegeben. Obwohl dieses Konzept bereits die Katastrophendimension in sich trägt (gemäß Salewski, 2011), geht Gociman (2006) einen Schritt weiter, indem sie den Wiederaufbau nach Katastrophenereignissen mit der mentalen Karte der Einwohner in Verbindung bringt. Die mentale Karte beruht auf einem höchst erfolgreichen Konzept von Kevin Lynch, „Das Bild der Stadt" (1960). Lynch (1960) unterscheidet zwischen die Flächen- oder Linienmäßigkeit von Stadtbereichen (Grenzgebiet, Merkmal, Weg etc.) wie sie in einem gut vertrauten Durchgehen der Stadt von den Bewohnern wahrgenommen werden. Dieses Konzept ist inzwischen Unterrichtsfach an Städtebaufakultäten.

August Sander – Kriegszerstörung in Köln

Im Jahre 2010 hat die Erstverfasserin eine Archivforschung zum Thema Katastrophenphotographie aus dem 19. Jahrhundert beim Canadian Centre for Architecture durchgeführt: Feuer, Erdbeben, Überflutung, Krieg (Köln sowie eine Pariser Kommune), Vulkane (Photograph Giorgio Sommer). Neben Naturkatastrophen werden auch von Menschen verursachten Katastrophen photographisch dargestellt. Unter den Archivobjekten befindet sich die Mappe vom Photograph August Sander: „Köln nach der Zerstörung". Die Bombardierung von Köln ist zwar nicht die bekannteste Zerstörung im 2. Weltkrieg, aber der photographische Ansatz von Sander (1945-46) gilt als Katastrophenlehre. August Sander versuchte mit Hilfe der Bilder eine Nachricht zu hinterlassen und zwar:

„Wer den Untergang von Köln miterlebt und überlebt hat, kann sich noch eine Vorstellung machen von dem Vorgang der furchtbaren Katastrophe, wird es aber niemals verstehen können, denn es handelt sich ja nicht um eine Naturkatastrophe, wie bei ‚Pompei und Herkulanum', sondern um ein vorsätzlich begangenes Verbrechen durch eine ruchlose Politik, die uns Elend und Verderben gebracht hat. Die Mappe, die eine kleine Auswahl photographischer Dokumente enthält, müssen Zeitgenossen und Nachkommen eine harte und unerbittliche Mahnung sein. Die prophetischen Worte aber des 'großen Führers' müssen eine Warnung sein für alle Zeiten in politischen Fragen." (August Sander 1945-46) Abb. 1 stellt eine Liste der Kölner Orte dar, die nach der Zerstörung für das Buch fotografiert wurden. Eine detaillierte Beschreibung befindet sich in Bostenaru (2011a). Wir haben auch Sander's Buch in der Forschung miteinbezogen, obwohl es nicht aus dem 19. Jahrhundert stammt, weil es sich um dieselbe Art von Photographie handelt: künstlerische Darstellung von Katastrophenereignissen. Im Vergleich zu Kozák und Cernák (2010) haben wir uns auf Katastrophen konzentriert, da andere ältere Bilddarstellungsweisen von Katastrophen schon von den erwähnten Autoren miteinbezogen wurden. Diese Art von Photographie unterscheidet sich völlig von der heutigen, die entweder technisch ist, oder bei der es sich um Bilder handelt, die den Medien dienen.

Im Rahmen unseres Projektes arbeiteten wir daran auch das Kartenkonzept mit den Katastrophenbildern zu verbinden. Dafür wurde ein Datenbankkonzept entwickelt und zwar eine Ontologie der Bilder (Bostenaru, 2011b). Die ontologische Vorgehensweise ist eine Möglichkeit die Bilder einiger Klassifikationskriterien zuzuordnen. Eine andere Vorgehensweise ist das komplexe Netzwerk. Mit der Software ORA wird ein Netzwerk der Zusammenhänge, welche diese Klassifizierungen der Ontologie folgen (Katastrophentyp, Ort, Photograph, Zeitpunkt etc.), erstellt und die Bilder von Köln in diesem Zusammenhang genau lokalisiert. Für ein Beispiel solcher Anwendung siehe Sun (2015). Dieses Netzwerk ist aber kartenunabhängig. Der nächste Schritt ist die Überlappung des Netzwerks auf die Karte. In den nächsten Schritten wird mit dem Bild selber gearbeitet und es wird ein Zusammenhang zwischen Photographie und Karte durch die in der Einführung erwähnten, aber auch mit Hilfe weiterer Methoden hergestellt. Popa (2014) hat das Konzept der mentalen Karte von Lynch (1960) auf die Landschaftsanalyse übertragen. Eine Ruinenlandschaft wird in unserem Projekt auch wie eine Landschaft analysiert. Als Beispiel dient hier Abb. 2, der Anblick aus der Luft der Kölner Innenstadt, früher und heute. Die Ergebnisse der Landschaftsanalyse lassen sich auf Karten nach der Methode von Lynch (1960) eintragen. Man kann Merkmalruinen verwenden (die als solche sogar erhalten werden könnten, wie die Gedächtniskirche in Berlin), aber auch weitgehend zerstörte Gebiete oder die Führungsrouten, die in der Erkundung verwendet wurden (der mentalen Karte folgend), sowie auch die Grenzgegend. Eine Darstellung der Lynch Methode gibt es in Bostenaru (2013). In Abb. 1 wurden diejenigen Photos fett gekennzeichnet, die für eine solche Analyse geeignet sind. Auf dem Luftbild dient das Uferbild der Darstellung der Silhouette, wie in Bostenaru und Panagopoulos (2014) für Lissabon.

Partie am Dom	Zeughaus
Altstadt am Dom	St. Martin und Stapelhaus
Detail des Doms	St. Gereon (2)
Die Rheinfront mit Dom	Partie um die Elendskirche
Blick vom Dom auf Deichmannhaus und Jesuitenkirche	Blick auf St. Gereon
St. Aposteln	St. Maria im Kapitol
Der Neumarkt mit St. Aposteln	Severinsviertel
Blick vom Dom auf Hbf., Deichmannhaus und Jesuitenkirche	Deutscher Platz mit Hochhaus
Aus der Altstadt	Jesuitenkirche
Die Hohestraße	Jesuitenkirche am Hbf.
Hohenzollernbrücke	St. Pantaleon
Blick vom Dom auf Hohenzollernbrücke + Messegelände	St. Ursula
Der Neumarkt mit St. Aposteln	**Georgskirche**
Hohenzollernbrücke	„Kraft durch Freude“
Blick vom Dom auf die Altstadt mit Rheingelände	Der Ausblick eines Kölners aus seinem Fenster
Eigelstein	Dürenerstraße

Abbildung 1: Liste der Bilder im Buch von August Sander (siehe Legende weiter im Text)
Quelle: Eigene Darstellung

Abbildung 2: Luftbild der Innenstadt Köln mit Sanktaposteln, jetzt und zuvor. Photo: jetzt (links) Bostenaru, 2000, dann (rechts), August Sander: Blick vom Dom auf die Altstadt mit Rheingelände, 1945-1946, Plate 5 from the portfolio Köln nach der Zerstörung 1945-1946, vol.1, Gelatin silver print, 22,1 x 28,9 cm, Collection Centre Canadien d'Architecture/Canadian Centre for Architecture, Montréal, PH1982:0018.01:005 © Photograph. Samml./SK Stiftung Kultur – A. Sander Archiv, Köln, VG Bild-Kunst, Bonn 2015.

Die einzelnen Ruinen sind auch wichtig als Merkmale auf der Karte, oder als Knotenpunkte der Führungsroute. Diese Möglichkeit wird in einer eigens entwickelten und im Folgenden präsentierten Multimediaanwendung dargestellt. Für diese Anwendung haben wir die fett geschriebenen und unterstrichenen Bilder in Abb. 1 ausgewählt.

Multimedia Anwendung – Darstellung der Stadt Köln

Multimedia Anwendungen werden in diesem Jahrtausend immer häufiger zur Darstellung geisteswissenschaftlicher Inhalte verwendet, darunter zählen auch die virtuellen Reisen (sog. „armchair travel“ auf dem Bildschirm, vertraut um 2000 http://www.armchair-travel.com/). Im Jahr 2000 hat die Erstautorin an einer solchen multimedialen Führung für die Stadt Köln gearbeitet und gleichzeitig die Stadt zum Anlass des Multimediatreffs besucht. Die Führung wurde mit der Autorensoftware Macromedia (jetzt Adobe) Director gemacht und das Multimediatreffen wurde den Anwendungen dieser Software gewidmet, unter der Anwesenheit von Mitglieder des Entwicklungsteams aus San Francisco.

In Hughes (1999) bekommt man einen guten Überblick der Positionierung dieser Autorensoftware in der Geschichte der Multimedia. Wie Kahn (1962) und Debord (1955) stammt das Konzept der Software auch von der Art wie Filme gedreht werden. Grundkonzepte wie „score“ (die Bühnensteuerung in der Computeranwendung) belegen es. Die geplante Anwendung enthält die folgenden Momente: Zeitleiste, Führung, Quiz (Spiel). Die Führung erfolgt auf einer Karte. Die Knoten des Netzwerks, das der Fußgänger in der Erkundung der Stadt verfolgt, blenden beim Überfahren mit der Maus ein historisches Bild ein. Wenn

man auf ein Bild klickt, dann kommt seine Beschreibung auf dem Bildschirm. In der Darstellung wird außer Bild und Text auch Ton eingesetzt.
Das Spiel lässt heutige Merkmale auf einer historischen Karte positionieren nach dem Prinzip des Puzzles, eine Methode die viele auf Director oder der verwandten Software Flash basierende Lernspiele anwenden (z.B. http://www.artnouveau-net.eu/Netzwerk/Aktion/Kinder/tabid/831/language/ de-DE/Default.aspx). In Abb. 3 werden einige Details zu diesen Bereichen der Anwendung gezeigt. Die Anwendung ist somit interaktiv (der Nutzer wählt den Zeitpunkt auf der Zeitleiste, den Ort in der Führung oder im Quizz), aber noch in 2D. Die Übertragung des Konzeptes in 3D für Lissabon (Bostenaru und Panagopoulos, 2014) gibt Details dazu und zeigt wie die Knotenpunkte und das Puzzle entstehen. In dieser Übertragung wird außerdem klar, wie die zwei Karten – die heutige und die historische – in der Darstellung einer Katastrophe interagieren können. Denn die Darstellung einer Katastrophe ist auch eine Reise, eine Reise zu den sog. „Lieus de memoire“, Orte der Erinnerung (Nora, 1998).

<table>
<tr><td>
</td><td>Zeitleiste
57-455 Römerzeit
456-911 Frankenzeit
912-1475 Mittelalter
1476-1794 freie Reichstadt
1795-1814 französische Herrschaft
1815-1918 Preußen in Köln
1919-1932 Weimarer Republik
1933-1945 Dritter Reich
1945-2000 von der Trümmerlandschaft zu Medienmetropole</td></tr>
<tr><td>Führung: <u>Knotenpunkte</u>
St. Aposteln
Kölner Dom
Hohenzollernbrücke
Fischmarkt
Wallraf-Richartz Museum
Heumarkt
St. Georg</td><td>Quiz (Spiel):
<u>Zu orten:</u>
Römisch-germanisches Museum, südlich des Doms
Der Dom
Kölsch – Heumarkt
Hohenzollernbrücke
Karte von 1633</td></tr>
</table>

Abbildung 3: Details der Multimediaanwendung
Quelle: Eigene Darstellung

Übertragung des Konzeptes

Zurzeit arbeiten wir an der digitalen Darstellung der Einwirkung des Erdbebens 1977 auf ein zentrales architektonisch und städtebaulich geschütztes Gebiet in Bukarest, das Magheru Boulevard. Aus dem Erdbeben 1977 kann man lernen, indem man die statistischen Werte betrachtet und anhand ihrer Eigenschaften (wie Höhe, Baustoff, Alter etc.) Rückschlüsse zieht, welche Bauten für diese Lage am meisten gefährdet sind. Eine alternative Methode wäre es jedoch nach vereinfachten Berechnungen, wie die Ingenieure das machen, vorzugehen. Für diesen Zweck haben wir in den Archiven der Stadt Bukarest sowie in den Nationalen Archiven geforscht, denn für die vereinfachten Berechnungen ist es nötig auf der Ebene des Gebäudemaßstabes zu arbeiten anhand der Gebäudepläne aus den Archiven. Somit wird der Schritt der Detaillierung erreicht, der für die strategische Planung nötig ist, und in den GIS Layer nicht dargestellt wird. Vereinfachte Modelle werden aus den realen Gebäuden, anhand der Häufigkeit ihres Auftretens, abgeleitet. Das führt zu unserem Konzept der digitalen Darstellung. Statt, wie es in GIS üblich ist, verschiedene Schichten der unterschiedlichen Datensätze darzustellen, stellen die Schichten in dem von uns vorgeschlagenen Konzept verschiedene Maßstäbe der Karten dar. Das entspricht dem modernen Ansatz der strategischen Planung. Im Risikomanagement für Katastrophen lässt sich die strategische Planung als Planung für Resilienz übersetzen. Wir verstehen Planung für Resilienz als die höchste Stufe der Planung zur Katastrophenvermeidung, nach Wiederaufbau-, Vorsorge- und Milderungsplanung. Wir bringen die städtische Morphologie und die Risikobewertung in Verbindung um die Resilienz zu bestimmen. Dafür werden, wie in der strategischen Planung, bestimmte Gegenden im Detail betrachtet, wie z.B. die gefährdeten Bauten und digital auf einer anderen Detailebene dargestellt. Bevor das möglich ist wird mit

historischen und zeitgenössischen Karten gearbeitet. Wir entwerfen Routen welche die Einwirkung einer Katastrophe in das heutige Stadtbild lokalisieren, nach dem Prinzip das für Köln angewandt wurde.

Danksagung

Dr. Dipl.-Ing. Maria Bostenaru Dan möchte sich für die Unterstützung durch das Projekt „Digitale Mittel für die Darstellung und Analyse der Katastropheneinwirkung (Impact) auf bewohnte Gebiete" strategic grant POSDRU/159/1.5/S/133391 bedanken, während Prof. Dr. Iuliana Armas Projektleiter für das Projekt REVEAL „Spatial and temporal patterns of urban vulnerability" ist.

Literaturverzeichnis

Bosteanru Dan, M 2011a, 'The use of ontology for digital conservation of architecture works after catastrophes', *Journal of Applied Engineering Sciences*; no1, vol.14, pp.11-18.

Bostenaru Dan, M. 2011b, Destruction: The Impact of Catastrophic Events on Architecture. Safeguarding the Memory of Ruins by Photography', *e-conservation magazine*, vol. 20, pp. 67-81.

Bostenaru Dan, M 2013,' Management of innovation innovation policy in the urban development', *Urbanism. Arhitectură. Construcții*, vol. 4, no. 2, pp. 3-18.

Bostenaru Dan, M 2015 'Hard Copy" Building Model versus Digital Webpage Serving the Representation of Concepts in Architecture Design and in Scenographic Design', *Review of European Studies*, DOI dx.doi.org/10.5539/res.v7n3p

Bostenaru Dan, M & Panagopoulos, T 2014, *Digital representation of the impact of the 1755 Lisbon earthquake*, Editura Universitara „Ion Mincu", Bucharest.

Bostenaru Dan, M, Craciun, C (Hrsg.) *Space and time visualisation,* Springer, Dordrecht, 2016.

Cerghit, I 2006, *Metode de învățământ*, Polirom, Bucharest.

Harley, JB 1989, Deconstructing the map, Cartographica: *The International Journal for Geographic Information and Geovisualization*, vol. 26, no. 2, 1-20, DOI 10.3138/E635-7827-1757-9T53.

Hughes, B 1999, *Dust or Magic. Secrets of Successful Multimedia Design* (Reprinted as Creative Work in The Digital Age). Addison-Wesley, Harlow.

Kahn, H 1966, *Thinking about the unthinkable*. Horizon Press.

Kozák, J, Cernák, V. 2010, *The illustrated history of natural disasters*, Springer, Dordrecht.

Lynch, K 1960, *The image of the city*, MIT Press, Cambridge MA.

Nora, P 1998, *Zwischen Geschichte und Gedächtnis*, Fischer Taschenbuch, Frankfurt a. M.

Popa, A 2014, 'Photography as Exercise of Memory in Order to Reassess, Recompose and Revive Landscapes', in *Planning and Designing Sustainable and Resilient Landscapes*, eds Craciun, C., Bostenaru Dan Maria, Springer, Dordrecht, 2014, pp. 61-70.

Salewski, C 2011, *Dr. Strangelove, I Presume – On the relation between scenarios and paranoia*, in Le Roy, F., Wynants, N., Hoens, D., Vanderbeeken, R. (Hrsg.): Tickle your catastrophe, Academia Press, Gent, P. 187-196.

Sun, Y 2015, ‚The Social Network behind an Architectural Style over Space and Time', in Space and time visualisation, eds Bostenaru Dan, M, Craciun, C, Springer, Dordrecht, 2016.

Wissen und Erfahrung bei der Abwehr von Spätfrostschäden im deutschen Weinbau

André Hoffmann

Email: hoffmann.geo@gmx.de

Einleitung

Frühjahrsfröste gehören zu den am schwersten kalkulierbaren Wetterrisiken, die im Weinbau Schäden anrichten können. Die geländeklimatologischen und pflanzenphysiologischen Einflussfaktoren zum verursachten Schadensumfang sind bei Starkfrost mannigfaltig. Darüber hinaus verursacht Frost – im Gegensatz zu Hagel, Sturm oder Starkregen – besonders in Dauerkulturen einen Kumulschaden, der nur schwer versicherbar ist. In früheren Zeiten ein bekanntes Risiko in der Weintraubenproduktion in Deutschland, geriet diese Gefährdung in den vergangenen 30 Jahren aus dem Blickfeld der Weinbaubranche. Erst durch verheerende Spätfrostschäden im Mai 2011 gelangte dieses Risiko wieder in den Fokus der Winzer, verbunden mit einer großen Unsicherheit, wie damit umgehen werden soll.

Im folgenden Text soll zweierlei gezeigt werden: Zum einen geht es darum, die Gefährdung und die Methoden der Schadensabwehr zu beleuchten, zum anderen geht es um den Umgang der Weinbaubranche mit dieser Gefährdung. Zunächst wird erläutert, wie das traditionelle Wissen um diese Gefahr teilweise verloren ging, verbunden mit einem Anstieg der Vulnerabilität durch den landwirtschaftlichen Strukturwandel. Seit dem schweren Frostschaden 2011 mussten sich die Winzer in den gefährdeten Gebieten deshalb erst wieder erneut für das Problem sensibilisieren und beginnen, im Rahmen ihres betrieblichen Risikomanagements Abwehrmaßnahmen zu ergreifen.

Schadensgefahr durch Spätfrost im Weinbau

Wetterlagen im Frühjahr, die zu einem Spätfrostereignis führen, sind gekennzeichnet durch Hochdruckgebiete, in denen durch Windstille und Wolkenlosigkeit bei Nacht kontinuierlich eine hohe Wärmabstrahlung vom Boden und bodennaher Luft in die höhere Atmosphäre stattfindet, die erst durch die Sonnenwärme des nächsten Morgens beendet wird. Dies führt zu einer nächtlichen Temperaturinversion, bei der in Bodennähe die Temperaturen bis zu -5°C abfallen können, während in 20m Höhe über dem Boden eine Temperaturdifferenz bis zu 10°C herrschen kann. Bedingt durch das Geländerelief kommt es v.a. auf offenen Hochflächen zu einer erhöhten Bildung von Kaltluft, die dann viskos in Tallagen abfließt und dort gefährliche Kaltluftseen bildet. Die Gefährdung ist also stark lagendifferenziert, verbunden damit, wie lange die Kaltluft an der Pflanze verharrt (siehe Abb.1).

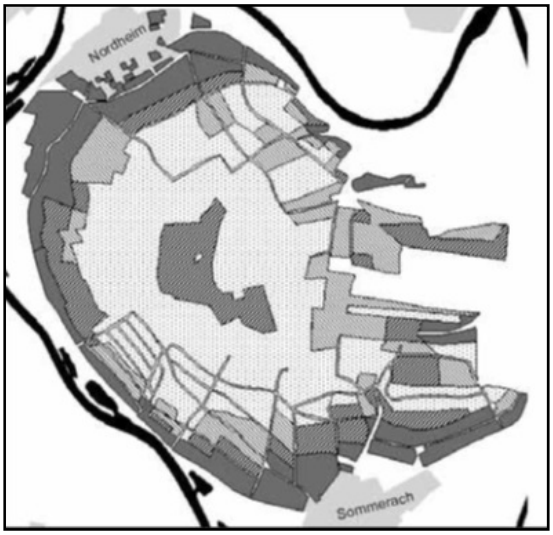

Abbildung 1: Frostgefährdete Weinbaulagen bei Nordheim/Franken (dunkel = hohe Gefahrenstufe)
Quelle: Showers et.al. 2004.

Für Nutzpflanzen wie der Weinrebe sind besonders die frühen Morgenstunden bis zum Sonnenaufgang gefährlich, da im Frühjahr die jungen Triebe – incl. Stämmchen, Blättern und Blütenanlagen von wenigen Zentimeter Länge – sehr kälteempfindlich sind und bei Lufttemperaturen ab -2°C irreparable Erfrierungen möglich sind. Ab -4°C ist auf den betroffenen Flächen mit einem Totalschaden zu rechnen. Zwar verfügt die Rebe über noch nicht ausgetriebene Reserveknospen, doch diese Knospen enthalten nur in geringem Umfang Blütenanlagen. Das bedeutet, dass die Pflanze als Ganzes zwar überlebt, aber mit dem Verlust der jungen Primärtriebe auch der Verlust einer Ernte einhergeht (Siehe Abb. 2). Der potenzielle Gefahrenzeitraum erstreckt sich über mehrere Wochen zwischen dem Austrieb der Rebenknospen Mitte April und den Jahrestagen der „Eisheiligen" Mitte Mai, die aus der landwirtschaftlichen Erfahrung heraus das Ende der Frostgefahr darstellen.

Früherer Umgang mit der Frostgefahr

Die Spätfrostgefahr war den Winzern zu allen Zeiten der Rebenkultivierung bekannt, die ältere Literatur zeigt die umfangreiche Auseinandersetzung mit Gefährdungspotentialen und Abwehrmöglichkeiten (z.B. Kessler et.al. 1940, Geiger 1961, Wittmann et.al. 1971).

Der Umgang mit der Gefahr beinhaltete auch aktive Frostabwehrmaßnahmen wie das Heizen (Abb. 3) oder das Vernebeln mit Verbrennungsöfen oder die Frostschutzberegnung – sehr personal- und kapitalintensive Methoden, die vor allem auch im Obstbau sehr verbreitet waren/sind. Dies betraf besonders Weinbauregionen mit hoher Schadensgefahr wie die Mosel oder Franken. Weit wichtiger waren aber präventive Maßnahmen wie beispielsweise eine genaue Auswahl der Weinbaulagen und Rebsorten, der Geländegestaltung zum verbesserten Kaltluftabwehr (Abb.4) oder auch spezielle Anbaumethoden, bei denen die jungen Triebe (dauerhaft oder zumindest während der Frostgefahr) über den Kaltluftsee hinausragten. Eine gewisse Resilienz gegen gesamtbetrieblich hohe ökonomische Ausfälle wurde auch durch die Struktur als Mischbetrieb (Wein & Obst als Marktfrüchte, Ackerbau & Tierhaltung für den Eigenbedarf) und durch Neben- und Zuerwerbsstrukturen gewährleistet.

Abbildung 2: Dem erfrorenen Primärtrieb (links, braun) ist ein zweiter Trieb (rechts, grün) aus der Reserveknospe (sog. Beiauge) gefolgt
Quelle: Eigene Aufnahme in Rheinhessen, 4 Wochen nach Frostereignis 2014

Abbildung 3: Heizöfen auf Dieselbasis, ca. 1930, im Einsatz im Obstbau
Quelle: Eigene Aufnahme im Januar 2014 im Yakima Valley-Museum in Yakima/Washington State/USA

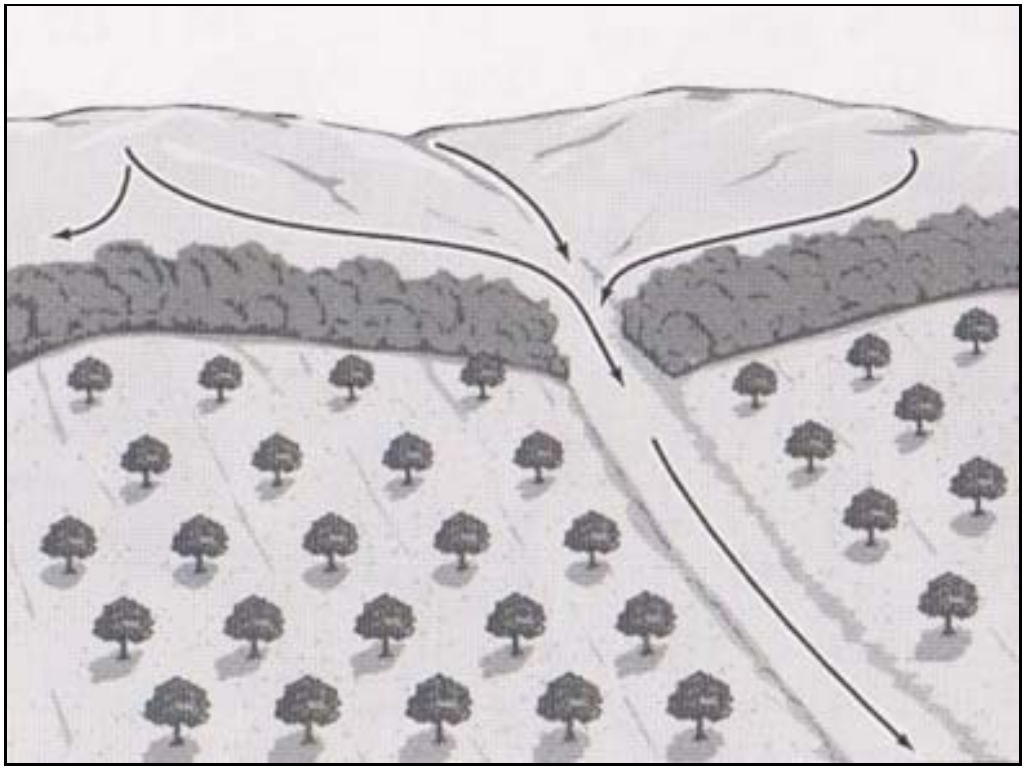

Abbildung 4: Steuerung des Kaltluftabflusses durch Geländegestaltung
Quelle: Hoppmann 2010

Anstieg der Vulnerabilität im Weinanbau durch den landwirtschaftlichen Strukturwandel

Das Ausbleiben schwerer Spätfrostereignisse seit den frühen 1980er Jahren sorgte dafür, dass der Fokus und das Wissen um die Schadensgefahr und das Risikomanagement gegen Spätfröste in den Hintergrund bzw. in Vergessenheit geriet, zumal über diesen langen Zeitraum viele frosterfahrene Winzer aus dem Beruf ausschieden. Parallel dazu sorgte der landwirtschaftliche Strukturwandel im Weinbau für ein unsichtbares Ansteigen des Schadensrisikos:

- Verlagerung des Weinbau in tiefer gelegenen Ebenen und Tallagen wegen besserer Mechanisierbarkeit; gleichzeitig Aufgabe von frostsicheren Steillagen (bes. Mittelrhein, Franken, Mosel),
- Monokultur / Spezialisierung auf *ein* landwirtschaftliches Produkt (Weintraube) im Unternehmen,
- Flurbereinigungsmaßnahmen (z.B. Großterrassen am Kaiserstuhl) sorgen für schlechten Kaltluftabfluss,
- Hohe Technik-Fixierung, weg von der arbeitskraftintensiven Wirtschaftsweise,
- Kapitalorientiertes Wirtschaften,
- Rückgang der Nebenerwerbsbetriebe.

Neben den Sachzwängen der technischen Mechanisierbarkeit des Weinbaus ist es der Wegfall der traditionellen Streuung des Ernteausfall-Risikos auf mehrere Erwerbszweige und Fruchtarten, der einen Spätfrostschaden im Weinbau heute zu einem hohen ökonomischen Risiko für ein Unternehmen macht. Das dafür notwendige Risikobewusstsein und ein entsprechendes Risikomanagement, wie sie in der Landwirtschaft bei der Hagelgefahr bestehen (Gehrke 2013), waren im Falle des Spätfrostes unter den Winzern im Jahre 2011 jedoch kaum noch vorhanden.

Schweres Schadensereignis im Mai 2011

Am 4./5. Mai 2011 kam es in weiten Teilen Deutschlands zu einem starken Spätfrostereignis, das mit schweren Schäden im Weinbau einherging. Allein in der Pfalz waren 5000 ha Rebfläche geschädigt, was einen wirtschaftlichen Schaden von ca. 40 Mio. Euro bedeutete (Kotremba et.al. 2015). Besonders stark betroffen waren die Anbaugebiete Pfalz und Rheinhessen mit ihren ebenen Flächen sowie Teile Frankens. Der ökonomische Schaden wurde noch dadurch verstärkt, dass die Vorjahresernte 2010 deutschlandweit bereits sehr gering gewesen war; außerdem war die Südpfalz 2010 von schwerem Hagel heimgesucht worden.

Dieses Frostereignis war ein Schock im deutschen Weinbau, da man in der Praxis nach dem langem Ausbleiben solcher schadhaften Spätfröste und vielen warmen Rekordsommern davon ausgegangen war, dass die Klimaveränderung die Gefahr von Spätfrostschäden neutralisiert habe.

Inzwischen setzt sich jedoch die Erkenntnis durch, dass der globale Klimawandel eben nicht einfach eine allgemeine Erderwärmung bedeutet, sondern – besonders in Europa – mit der Zunahme der Klimavariabilität und damit mehr extremen Wetterereignissen einhergeht (Hupfer et.al. 2004). Bei der Spätfrostgefährdung des Weinbaus kommt hinzu, dass höhere Frühjahrstemperaturen ein verfrühtes phänologisches Austriebsdatum der Weinreben verursachen (Hoppmann 2009), so dass der potenzielle Gefahrenzeitraum vom Knospenaustrieb bis zu den „Eisheiligen" angewachsen ist. Deswegen kann trotz Klimaerwärmung im Weinbau keine Entwarnung in Sachen Spätfrostgefährdung gegeben werden, was Klimawandelfolgeberechnungen bestätigen (Kartschall et.al. 2015).

Neuer Lernprozess im Umgang mit der Spätfrostgefahr

Die schweren Schäden führten zu der Frage nach einem zeitgemäßen Risikomanagement gegen Frost, eingefordert von den Anbauverbänden der Winzer gegenüber der Forschung, der Landwirtschaftsberatung und der Politik. Da der Masse der heutigen Winzer die Erfahrung im Umgang mit der Gefahr fehlte, herrschte zunächst eine große Unsicherheit, was zu tun ist. Dabei standen 3 Aspekte im Vordergrund:

- Wie hoch ist das Frostschadens-Risiko für die jeweiligen Anbauflächen?
- Wie kann sich ein Weinbaubetrieb dagegen absichern?
- Ist diese Absicherung ökonomisch zu leisten?

Basierend auf diesen Aspekten wurde klar, dass alte, wieder ans Licht gebrachte Erfahrungen die Grundlage für den Umgang mit dem Frostschadensrisiko bilden können: Besonders ältere Winzer wiesen vermehrt darauf hin, dass ebene Tallagen frostgefährdet seien und dass man dort „früher" aus gutem Grund keinen Weinbau betrieben habe.

Gleichzeitig wurde aber auch deutlich, dass nicht jede Volksweisheit zutrifft, sondern diese unter Beachtung vorhandener wissenschaftlicher Erkenntnisse reflektiert werden müssen. So ist z.B. in der traditionellen Winzerschaft ein fester Glaube an den Einfluss des Vollmonds zu finden: Eine hohe Spätfrostgefahr bestehe

bei Vollmond, und zwar besonders dann, wenn der Vollmond auf die Eisheiligen falle. Dies ist jedoch wissenschaftlich nicht nachweißbar.

Ein Blick in andere Erdteile (Nordamerika, Neuseeland) zeigt jedoch, dass – unter den dortigen Bedingungen – eine erfolgreiche Frostschadensabwehr – z.B. durch die Auflösung der Bodeninversion mittels Luftverwirbelung – umsetzbar und ökonomisch vertretbar ist (Poling 2008). Das Thema beherrschte in den betroffenen Gebieten die folgenden Weinbaufachtagungen und war der Anstoß zu verschiedenen Forschungsmaßnahmen. Im brancheninternen Diskurs stehen vor allem moderne Techniken (Heißluftgebläse, Gelkerzen, Luftverwirbeln durch Hubschrauber und Windmaschinen) im Vordergrund, da sie aus Sicht der landwirtschaftlichen Praktiker den Eindruck vermitteln, die Gefahr in den Griff zu bekommen. Die im Obstbau nach wie vor verbreitete Frostschutzberegnung spielt für den Weinbau hingegen kaum eine Rolle, da die dazu notwendige Bewässerungsinfrastruktur nicht vorhanden und ökonomisch nicht leistbar ist.

In brancheninternen Diskurs wurde auch die hohe Technik-Affinität der Winzer deutlich, für die der Traktor mit angehängtem Gerät die übliche Technik ist, um den Weinberg zu bearbeiten. Besonders der Pflanzenschutz mit Fungiziden prägt die Erfahrung und das Verständnis der Winzer in der Schadensabwehr, mit mobiler, moderner Technik *zeitnah* und *aktiv* gegen die Gefahr vorgehen zu können. Deshalb stand schnell die Vorstellung von einem Schutzgerät im Raum, das an den Traktor angehängt die Frostgefahr bekämpft - eine Idealvorstellung vieler Winzer, von mobilen Luftverwirbelungs- oder Heiztechniken (Abb. 6) bis hin zur Frage nach Spritzmitteln (sog. Pflanzenstärkungsmitteln), die die Frostschadensgefahr senken könnten. Dieses aktive Vorgehen geht auch einher mit dem subjektiven Gefühl, auf jeden Fall etwas getan zu haben, um die jungen Primärtriebe der Rebe proaktiv zu retten, auch wenn der reale Nutzen der Methode u.U. zweifelhaft sein könnte.

Die Einflussfaktoren der Schadensgefahr bei Spätfrösten sind jedoch vollkommen andere als bei biotischen Schaderregern. Erst mit dem Verständnis der Kaltluftbildung und –Ansammlung sowie ihrer räumlich gezielten Bekämpfung ist es möglich, wirksame Abwehrstrategien in gefährdeten Arealen zu entwickeln. Deshalb war es zunächst wichtig, den Winzern durch gezielte Schulung – z.B. auf den Weinbaufachtagungen und durch die Offizialberatung der Landwirtschaftsverwaltung – für die Einflussfaktoren des Spätfrosts zu sensibilisieren.

Präventive Methoden stehen derzeit weniger im Fokus des Diskurses, da dies oft mit einer Änderung der Bewirtschaftungsweise einhergehen müsste. Nur, sofern dies in den Rahmen der eigenen betrieblichen Bewirtschaftungsweise passt, ist eine Adaption realistisch. Ein Beispiel dafür ist die Übernahme von voll mechanisierungsfähigen Nichtschnitt-/Minimalschnittsystemen in den frostgefährdeten Tieflagen in Rheinhessen und der Pfalz: Durch eine veränderte Erziehungsform wird ein Vielfaches an Rebenholz und Knospen hecken- oder buschartig bis in 2m Höhe erhalten. Dadurch stehen mehr Knospen pro Rebe zur Verfügung als in der klassischen Bogenerziehung; somit auch mehr von ihnen einen Schaden überleben. Außerdem ragt die Mehrheit der Knospen dabei über den gefährlichen Kaltluftsee hinaus (siehe Abb. 5). Das Minimalschnittsystem ist jedoch nur dort willkommen, wo die Möglichkeit der vollen Mechanisierung der Traubenproduktion erwünscht ist, und dies sind vor allem Rheinhessen und die Pfalz, da in den dortigen ebenen Lagen viele Fassweinproduzenten ansässig sind, die dieses System aus Gründen der Arbeitsökonomie schätzen. Anbaugebiete mit stärker traditionellem Einschlag und einem hohen Anteil von Selbstvermarktern stehen diesem System nach wie vor kritisch gegenüber, da es die Möglichkeit der Traubenselektion durch Handlese ausschließt.

Abbildung 5: Während bei der üblichen Bogenerziehung (rechts) ein Totalschaden entstand, sind im Minimalschnittsystem (links); kaum Verluste zu erkennen
Quelle: Hochschule Geisenheim Mai 2011

Seit 2011 ist zudem zu beobachten, dass in der Zuliefererbranche des Weinbaus die Frostschadensabwehr als neues Business entdeckt wird, was durch eine verstärkte Bewerbung von Abwehrmitteln und –Techniken zu sehen ist: Gelkerzen und Gebläse zur Beheizung (Abb. 6), Luftverwirbelungsgeräte sowie angebliche Frostschutz-Spritzmittel (sog. Pflanzen-Stärkungsmittel) mit unklarer Wirkung. Auch werden Frostversicherungen angeboten, wobei diese wegen des nur schwer versicherbaren Kumulrisikos entweder teuer sind oder nur unvollständigen Schutz bieten können.
Aus der Fragestellung nach der Wirksamkeit einzelner Frostschutzmethoden und deren Adaptierbarkeit auf mitteleuropäische Verhältnisse sind in den Institutionen für Weinbauforschung der einzelnen Bundesländer verschiedene angewandte Forschungsprojekte entstanden (z.B. Müller et.al. 2014, Petgen et.al. 2015). Andere Projekte beschäftigen sich mit der Identifizierung gefährdeter Weinbaulagen mittels Geographischer Informationssysteme (Oberhofer et.al. 2012, Kartschall et.al. 2015, Kotremba et.al. 2015). Eine Fokussierung der agrarökonomischen Forschung auf ein spezielles betriebliches Risikomanagement im Weinbau steht jedoch noch aus.

Abbildung 6: Stopgel®-Frostschutzkerze und mobiles Frostbuster®-Heißluftgebläse
Quelle: Schwappach 2012

Lernerfahrungen im Spätfrost des Frühjahrs 2014

Im Frühjahr 2014 gab es in den deutschen Weinanbaugebieten zwei Spätfrostereignisse mittlerer Intensität (Tiefsttemperaturen -2° bis -3°C). Durch den Schaden 2011 sensibilisiert, wurden in vielen gefährdeten

Weinbaulagen Abwehrmaßnahmen durchgeführt. Besonders in der Pfalz mit ihren reliefarmen Anbauflächen traten großflächige Luftverwirbelungsmaßnahmen in Aktion, z.B. durch Hubschraubertiefflüge und erstmals auch durch ein System von Windmaschinen, die ortsfest installiert wurden und bei Duttweiler eine Fläche von 45 ha schützen (Abb. 7).

Abbildung 7: Windmaschinen im Einsatz zur Auflösung von Bodeninversionen bei Duttweiler/Pfalz
Quelle: Syring-Lingenfelder 2014

In kleineren Kaltluftarealen wurde dem Frost betrieblich individuell durch Feldfeuer und Gelkerzen begegnet. Die angewandten Maßnahmen zeigten eine effektive Wirkung, aber auch ihre Grenzen auf: So ist die amtliche Genehmigung von Windmaschinen z.B. abhängig von ihrer Lärmbelastung; Hubschraubereinsätze sind gebunden an die Nachtfluglizenzen der Fluggeräte und ihrer Piloten. Offenes Feuer wurde von Anwohnern teilweise missinterpretiert und führte zu Fehlalarmen der örtlichen Feuerwehr. Vor allem aber wurde deutlich, dass große Flächen individuell nur schwer zu schützen sind und entsprechende Gegenmaßnahmen deshalb als Gemeinschaftsaufgabe geplant werden müssen.
Die weitgehend besonnene Reaktion der Winzer hat gezeigt, dass eine Sensibilisierung für die Schadensgefahr stattgefunden hat. Der weitere Lernprozess im Umgang mit der Gefährdung und den geeigneten Abwehrmaßnahmen wird gesteuert werden durch die Erfahrung der Winzer bei realer Frostgefahr in den kommenden Jahren.

Fazit

Nach dem schweren Frostschaden 2011 hat die deutsche Weinbaubranche die Gefährdung durch Spätfröste erkannt. Für die Gefährdung sensibilisiert, versuchten die Winzer bei Spätfrösten im Frühjahr 2014 durch Abwehrmaßnahmen die Schadensgefahr zu minimieren. Dabei standen vor allem aktive, technische Maßnahmen im Vordergrund. Präventive Maßnahmen, die u.U. einen geringeren (Kosten-)Aufwand darstellen, sind nur von Interesse, soweit sie in die jeweilige betriebliche Bewirtschaftungsweise passen.
Viele Winzer sind jedoch nach wie vor unsicher, mit welchen Methoden sie ihre gefährdeten Weinbaulagen effektiv schützen können. Ein auf den einzelnen Betrieb angepasstes Risikomanagement benötigt vorab eine Bewusstseinsbildung über die spezifische Frostschadensgefährdung des jeweiligen Betriebes, um ein solches Risikomanagement aufbauen zu können. Hier ist noch weiterer Entwicklungs- und Beratungsbedarf vorhanden.

Ein Blick in andere Erdteile zeigt, dass – unter der dortigen Bedingungen – eine erfolgreiche Schadensabwehr möglich ist. Es ist jedoch die Aufgabe der Weinbauforschung, die Adaptierbarkeit verschiedener Schutzstrategien auf die Wirksamkeit in mitteleuropäischen Verhältnissen zu überprüfen.

Literaturverzeichnis

Gehrke, T 2013, ‚Risikomanagement für Extremwetterereignisse aus Sicht der Versicherungswirtschaft' in *Klimawandel und Extremwetterereignisse - ein Problem für die Landwirtschaft*, eds Christen, GE, Flessa, H, Latacz-Lohmann, U, Mühling, KH, Müller, J & Waldhardt, R 1/2913: DLG-Verlag (Agrarspectrum des DAF, Band 46), pp. 119–136.

Geiger, R 1961, *Das Klima der bodennahen Luftschicht*, Braunschweig.

Hoppmann, D 2009, ‚Klimawandel und Weinbau', in *125 Jahre Wetterstation Geisenheim 1884-2009. Jubiläumsband mit Beiträgen aus der agrarmeteorologischen Forschung und Beratung,* ed Perseke-Ockelmann, C, Offenbach am Main: Deutscher Wetterdienst (Annalen der Meteorologie, 45), S. 106-123.

Hoppmann, D 2010, *Terroir. Wetter, Klima und Boden im Weinbau*, Stuttgart (Hohenheim).

Hupfer, P & Börngen, M 2004, ‚Gibt es Klimakatastrophen?', in *Naturwissenschaftliche Rundschau*, H. 5/2004, pp. 233-240.

Kartschall, T, Wodinski, M, Rachimov, C, Werner, P, Stock, M, Boh, W, von; Oesterle, H & Hoppmann, D 2015, 'Changes in phenology and frost risks of Vitis vinifera (cv Riesling) between 1901 and 2100' in *Meteorologische Monatszeitschrift*. Online veröffentlicht: 11.02.2015. DOI: 10.1127/metz/2014/0534

Kessler, OW & Kaempfert, W 1940, ‚Die Frostschadensverhütung. Reichsamt für Wetterdienst', *wissenschaftliche Abhandlungen*, vol. IV, no. 2. Berlin.

Kotremba, C, Tintrup G, & Trapp, M 2015, ‚Spätfrostgefährdung des Weinanbaugebiets Pfalz – eine klimatologische und reliefbasierte Betrachtung', *Deutsches Weinbau-Jahrbuch 2015*, pp-19-28.

Müller, M &Schwappach, P 2014, ‚Damit sich die Reben nix abfrieren', *Rebe & Wein*, vol. 4, pp. 22-24.

Oberhofer, J & Dreßler, M. 2012, ‚Neues Simulationsmodell für Flächenpotentiale', *Der Deutsche Weinbau*, vol. 21, pp.18-20.

Petgen, M & Werkle, J 2015, ‚Den Austrieb verzögern, Frostschäden vermeiden', *Der Deutsche Weinbau 2015*, vol.6, pp. 42-44.

Poling, EB 2008, 'Spring Cold Injury to Winegrapes and Protection Strategies and Methods', *HortScience,* vol. 43, no. 6, pp. 1652-1662.

Schwappach, P 2012, ‚Frostbekämpfung: Was können wir tun – Was können wir uns leisten?', Vortrag auf den *54. Veitshöchheimer Weinbautagen* am 15.02.2012. Bayerische Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau

Showers, H, Michel, S & Peter, A 2004, ‚Klimatische Bewertung fränkischer Weinberge mit Hilfe Geografischer Informationssysteme', *Qualitätsmanagement im Obst- und Weinbau. KTBL-Schrift*, vol. 421, pp. 225–231.

Syring-Lingenfelder, G 2014, *Frostschutzrotoren im Einsatz. Temperaturen unter Gefrierpunkt*. Online verfügbar unter http://www.duttweiler.de/d140416.html, [22.05.2015].

Wittmann, O, & Weise, R 1971, ‚Boden und Klima fränkischer Weinberge', in *Atlas des bayerischen Staatsministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten*. München.

„The Big Easy“ oder Opfer von Naturgewalten? New Orleans als Fallbeispiel für den Umgang mit dem Vulnerabilitätsbegriff im Geographieunterricht

Verena Reinke

Email: Verena.reinke@ku.de

Abstract

New Orleans - *The Big Easy* oder Opfer von Naturgewalten? Die in dieser Frage enthaltenen konträren Beschreibungen implizieren bereits den Konflikt, in dem sich New Orleans im US-Bundesstaat Louisiana befindet: Einerseits werden dieser Stadt oftmals Südstaatenflair, Blues, Jazz sowie kreolische Leichtlebigkeit zugewiesen; andererseits verbinden viele Menschen seit dem verheerenden Hurrikan Katrina im August 2005 ein Katastrophenszenario mit ihr. Assoziiert werden Bilder von in den Fluten Ertrunkenen, Obdachlosen und einer nahezu komplett überfluteten Stadt, die den Namen *The Big Easy* nicht mehr verdient. Naturgewalten, Katastrophen - Ereignisse wie „Katrina“ in New Orleans sind nicht nur Themen vieler Medien; auch im Geographieunterricht in der Schule sind sie ein Gegenstand, so werden bereits junge Menschen, die zukünftig unsere Gesellschaft mitgestalten, mit oben beschriebenen Bildern konfrontiert.

Unweigerlich mit New Orleans in Verbindung zu bringen ist zudem der Vulnerabilitätsbegriff, der seit einigen Jahren auch in Geographie-Schulbüchern zu lesen ist und Schülerinnen und Schüler, aber auch Lehrkräfte vor eine Herausforderung stellt: Was bedeutet Vulnerabilität genau und in Bezug auf die jeweiligen Fallbeispiele? Die Vielschichtigkeit des Begriffs erfordert eine vertiefte Auseinandersetzung der Themen durch die Lehrkraft, um diesen Terminus für Schülerinnen und Schüler so aufzubereiten, dass sie ihn im Kontext des Unterrichts erschließen und anwenden können.

Das Fallbeispiel New Orleans bietet sich dafür sehr gut an, da es das Zusammenwirken von Natur(kräften), Mensch und Gesellschaft verdeutlicht und mit dem Hurrikan Katrina die Verwundbarkeit einer vermeintlichen Supermacht vor Augen führt. In dem Beitrag wird die Konzeption einer Unterrichtssequenz vorgestellt, in welcher der Vulnerabilitätsbegriff wie ein strukturgebendes Element fungiert, da das sukzessive Erarbeiten des Begriffs den kumulativen Wissensaufbau und vernetztes Denken unterstützt. Querverweise zu anderen Fallbeispielen und erste Ergebnisse aus dem Unterricht bieten einen kleinen Einblick in den Umgang mit dem Terminus in der Schule, welcher gerade im Hinblick auf das Lernen für die Zukunft von besonderer Bedeutung ist.

„Vulnerabilität“ als Fachbegriff im Jahrgang 9?

> *„New Orleans ist anders als die meisten klischeehaften Städte der USA. Ein Grund für die Bevölkerungsentwicklung ist, dass die armen Gebiete von New Orleans im „Kessel“ der Stadt liegen. Diese Gebiete, welche größtenteils afroamerikanisch besiedelt sind, sind während Katrina überschwemmt und zerstört worden. Die meisten Weißen besiedeln besser gelegene Gebiete.*“ (Robin, 15 Jahre).

Es ist ungewöhnlich, ein Schülerzitat an den Anfang eines Diskussionsbeitrages in einem solchen Band zu stellen. Stammt es doch aus einer Hausaufgabe im Rahmen einer Kurzeinheit im Geographieunterricht einer 9. Klasse, so deutet es gleichzeitig auf die Antwort auf die im Titel formulierte Frage hin: Ja! Verwundbarkeiten durch Naturgefahren sind Thema im Schulunterricht. Die Zeilen des Schülers zeigen, dass Jugendliche bereits früh mit komplexen Themen wie z.B. dem Fallbeispiel Hurrikan Katrina konfrontiert werden, wenn es etwa um „Naturgefahren“ geht. Schulatlanten in der aktuellen Ausgabe (z.B. Diercke 2015) beinhalten nunmehr sogar thematische Karten, die mit dem Titel „Verwundbarkeit und ihre Messung“ oder „Risikoindex“ überschrieben sind und zugehörige Graphiken mit Begriffen wie Vulnerabilität, Resilienz, Anpassungskapazität zeigen. Durch den Lehrplan verbindlich festgelegte Themen wie Naturgewalten bringen folglich die Beschäftigung mit dem Themenkomplex der Verwundbarkeit mit sich und bieten somit die Möglichkeit, Termini wie Vulnerabilität in den Unterricht einzubinden. Doch wie gelingt dieses Vorhaben, ohne dabei in eine Art „Katastrophenpädagogik“ zu verfallen und ohne die Jugendlichen zu überfordern? Dass es Thema des Erdkundeunterrichts ist und sein sollte, zeigen nicht zuletzt die neuen Karten in den

Schulatlanten. Ohne eine ausführliche Beschäftigung mit dem Begriff können die Karten jedoch nur bedingt erschlossen werden. Es bedarf einer vertieften Auseinandersetzung mit dem Begriff, was exemplarisch an Raumbeispielen erfolgen sollte.
Für den Erdkundeunterricht bietet das Fallbeispiel New Orleans die Chance, das Zusammenwirken von Natur(kräften), Mensch und Gesellschaft zu verdeutlichen, da durch den Hurrikan „Katrina" der Weltbevölkerung die Verwundbarkeit einer vermeintlichen Supermacht vor Augen geführt worden ist. New Orleans wird als Fallbeispiel in die Themenreihe USA eingebunden, um problemorientiert ein komplexes Thema zu erschließen und darüber den im Kontext des globalen Wandels immer wichtiger werdenden Vulnerabilitätsbegriff in seinen Facetten darzulegen. Genannter Terminus fungiert in dieser als strukturierendes Element, da das sukzessive Erarbeiten des Begriffs den kumulativen Wissensaufbau und das – nicht nur – in der Geographie maßgebende vernetzte Denken ermöglicht.
Zentral in allen Stunden ist der Mensch-Umwelt-Konflikt. Schon die frühe Besiedlung des sehr empfindlichen Naturraums macht New Orleans generell als Raum verwundbar, sodass ein Kampf gegen die Natur nicht gelingt (vgl. Colten 2006: 24). Was durch Deiche vor Überschwemmung geschützt werden soll, ist Land, das in New Orleans überwiegend unter dem Meeresspiegel liegt, sodass einige Viertel besonders gefährdet sind. Nicht zufällig werden Zusammenhänge zwischen der Höhenlage, dem Ausmaß der Flut und ethnischer Zusammensetzung eines Stadtteils bei der Kartenarbeit evident. Die Schüler können so selbst auf die „soziale Vulnerabilität" der Stadt schließen, die sich in der ethnischen Segregation spiegelt. So kann deutlich werden, dass im alten Süden durchaus nicht die Rede von Gleichberechtigung ist, sondern dass es fast den Anschein hat, „Jim Crow" sei noch längst nicht ausgezogen.
Ein fundiertes Urteilsvermögen setzt zwangsläufig umfangreiches Wissen aus physisch-und humangeographischen Perspektiven voraus, was durch verschiedene Methoden sowie über Arbeit mit Karten und Daten vermittelt werden kann, um den Schülern den facettenreichen Begriff verständlich zu machen.

„Mud, mud, mud … this is a floating city, floating below the surface of the water in a bed of mud…"
(Boneval Latrobe 1819; zit. nach Campanella 2008)
New Orleans liegt in der Küstenebene am Golf von Mexiko in einem Gebiet, das von Mai bis Oktober von Hurrikans betroffen sein kann. Die Küstenebene von Louisiana bietet solchen Naturgefahren eine verletzliche Angriffsfläche, was im Folgenden für die von drei Wasserkörpern umgebene Stadt New Orleans knapp umrissen wird. Die genaue Höhenlage der Stadt zu definieren ist aufgrund der zahlreichen Transformationen schwierig und bedarf genauer Betrachtung. Generell wird die Lage in den Medien mit ca. 80% unter dem Meeresspiegel angegeben. Häufig unerwähnt bleibt jedoch der Prozess der Landabsenkung, der sich in den letzten 200 Jahren intensiviert hat. Diese Veränderungen sind zum einen auf die Unterbrechung der natürlichen Sedimentationsprozesse des Mississippi durch anthropogene Überformung zurückzuführen (Campanella 2006). Zum anderen liegt die Absenkung an der generellen naturgeographischen Beschaffenheit des Mississippi-Deltas und des Sumpflandes der Küstenebene (Campanella 2006.) Nicht nur die Senkungsprozesse des Landes intensivieren jene Vulnerabilität, auch der Verlust der vorgelagerten Feuchtgebiete durch Erosion und wirtschaftliche Aktivitäten im Golf von Mexiko nimmt der Stadt einen wirksamen Schutz im Falle eines Hurrikans, da diese „wetlands" die Sturmgeschwindigkeit reduzieren können und wie ein Schutzwall fungieren, was durch frühere Aufzeichnungen belegt ist (vgl. van Heerden 2006, Campanella 2006, Colten 2006). Zahlreich vorhandenes Kartenmaterial über die Sedimentationsprozesse und den „Coastal Land Loss" ist seit „Katrina" erneut gesichtet worden und dokumentiert den Verlust der natürlichen Barriere (z.B. Studien von van Heerden 2006, Campanella 2010, Colten 2006 und 2009). Der Mensch hat letztlich selber die physische Vulnerabilität induziert.
Die besonders gefährdeten Stadtgebiete haben bereits in der Vergangenheit die günstigsten Grundstücke geboten, so ist schon früh eine Verteilung der Besiedlung nach Sozialstatus und Ethnie erfolgt. Die Reaktion auf diese ungünstigen natürlichen Bedingungen zeigt sich in Schutzmaßnahmen gegen Naturgewalten: Deiche sollen vor Hochwasser schützen, Kanäle die Stadt „entwässern" und große Wasserschleusen (z.B. Lake Pontchartrain) die großen Wassermassen im Falle einer Flut „managen". Dass dies ein Trugschluss ist, die Technik den nötigen Widerstand nicht leistet, hat „Katrina" in New Orleans offenbart. Das Deichsystem ist kollabiert, die Stadt hat noch Wochen, nachdem der Hurrikan am 29.08.2005 auf Land traf, unter Wasser gestanden. „Katrina" hat ganze Stadtteile weggespült und die labile Seite der Stadt gezeigt: Das

Katastrophenmanagement versagte, Evakuierungsmaßnahmen funktionierten begrenzt oder gar nicht, die Welle von Hilfsbereitschaft unter den Amerikanern konnte nicht koordiniert werden. Diese schlechte Organisation hat sich auch noch Wochen nach dem Sturm durch die Katastrophe hindurch gezogen. Seit dem Wiederaufbauprozesses spiegelt sich die soziale Vulnerabilität erneut: Einige Stadtteile (z. B. French Quarter, Garden District) haben bereits nach wenigen Wochen kaum Spuren von Katrina erkennen lassen; im Lower 9th Ward hingegen wird auch heute noch die Berechtigung deutlich, im Hinblick auf das Katastrophenmanagement zu diskutieren, ob es sich um „gescheiterte Planung oder geplantes Scheitern" (Cutter & Gall 2008: 353) handelt. Das Viertel Lower 9th Ward, das sehr tief am Industrial Canal liegt und durch den Deichbruch dort besonders stark betroffen gewesen ist, hat zum Zeitpunkt des Sturms zu 98% aus afroamerikanischer Besiedlung bestanden. Das Viertel war überwiegend für Wohnraumnutzung vorgesehen (Kammerbauer 2014). Für das Bild dieses Stadtteils ist privates Eigenheim charakteristisch; in der Regel sehr einfache kleine Häuser, die über Generationen hinweg in der Familie blieben, sodass darin auch der Grund für die Verbundenheit der (ehemaligen) Bewohner zu sehen ist („neighbourhood communities"). Doch vier Jahre nach dem Sturm sieht es dort aus wie in einem Geisterdorf, da die Stadt hier nicht in den Wiederaufbau investiert und nur wenige Menschen wieder ansiedeln können. Die Afroamerikaner fühlen sich vertrieben, unerwünscht und machtlos. Hilfe gibt es nur bedingt von Non-Profit-Organisationen. Als Beispiel sei hier das „Make-it-Right-Projekt" unter der Schirmherrschaft Brad Pitts zu nennen, das gezielt im Lower 9th Ward den Wiederaufbau unterstützt und gleichzeitig mehr Investitionen der Stadt in Bildung fordert. Vorwürfe der Vernachlässigung werden laut, gab es doch schon vor „Katrina" zu wenig öffentliche Schulen im Lower 9th Ward, sodass die Bewohner kaum Chancen hatten, die hohe Armutsrate zu verringern und Kriminalität zu vermindern. Aus der Perspektive der Stadt ist es dort jedoch zu gefährlich; im Falle einer neuen Flut gäbe es einfach keinen Schutz (vgl. Logan 2005, Felgentreff 2008). Eine erste Lehre nach Katrina? Oder geht es doch um den hohen Anteil der afroamerikanischen Bevölkerung? Ein Konflikt, der vor dem historischen Hintergrund des alten Südens die Segregationen und fehlende Gleichberechtigung evident werden lässt. Ein anderes Beispiel hierfür bieten die ehemaligen „Public Housing Projects", die Wohnraum für sozial schwache Bürger der Stadt bereit halten – auch hier sind die Bewohner zu 99% afroamerikanischer Abstammung. St. Bernard in der St. Bernard Area ist nach dem Sturm geschlossen worden, weil die Häuser hoch unter Wasser gestanden haben, was aus Sicht der ehemaligen Bewohner, die in Notunterkünften und z. T. in anderen Städten untergebracht worden sind, kein Grund für eine Schließung hätte sein müssen. Was Jakob & Schorb als „soziale Säuberung" (2008) bezeichnen, beschreibt die Stadtverwaltung von New Orleans als Neugestaltung zu einem Mixed-Income-Viertel, wo sich eine Mittelschicht etablieren soll. Potenzielle Kandidaten für einen Wohnraum können sich bei der ansässigen Hausverwaltungsbehörde bewerben. Die Chancen der afroamerikanischen Bevölkerung können – affirmativ formuliert – in der Folge dieses Umstrukturierungskonzeptes zusammengefasst werden, wozu der Untertitel von Jakob & Schorb passt: „Wie New Orleans nach der Flut seine Unterschicht vertrieb." (Jakob & Schorb 2008). „Katrina" hat Konflikte offengelegt, die nach Bohle (Bohle 2007) ein Paradebeispiel für den Vulnerabilitätsbegriff in drei Ebenen liefern: Ökologie, Technologie, Gesellschaft. Auch die Doppelstruktur von interner und externer Vulnerabilität ist hier erkennbar. Soziale Vulnerabilität resultiert auch aus Disparitäten in einem Raum, die in der Jahrgangsstufe 9/10 häufig Thema sind. In New Orleans trifft dies in besonderem Maße zu, da zusätzlich ein Zusammenhang zwischen Ungleichheiten von Räumen (auf der Ebene der Viertel) und beispielsweise ökonomischer Vitalität erfolgen kann, sodass dieses Raumbeispiel für die Definition des Begriffes Bezugsebenen bietet (Bohle 2007). New Orleans hat bis 2005 trotz einiger Lehrstunden (z.B. Hurrikan Betsy) nicht aus vorherigen Problemen gelernt, sondern aus Fehlern die falschen Schlüsse gezogen (vgl. Colten et al. 2008: 31), was sich schon wie in dem zuvor von Ivor van Heerden gezeichneten Szenario angekündigt hat, durch „Katrina" 2005 zur Katastrophe geworden ist und zu einer anderen Wahrnehmung dieses Raumes geführt hat. Dieser Konflikt zwischen Umwelt, Mensch und Gesellschaft und dem Risiko, mit dem gelebt werden muss, wird in New Orleans/Süd-Louisiana sehr deutlich.

Für die Zukunft lernen

Diese Wechselwirkung zwischen naturgeographischen Gegebenheiten und dem Menschen sowie die Beschäftigung mit den deutlich werdenden Konflikten im Rahmen dieses Unterrichtsgegenstandes sind exemplarisch für geographische Fragestellungen, die auf das Zusammenwirken zwischen Mensch und Natur

zielen. Die Menschen in New Orleans haben einst durch die Besiedlung und Umgestaltung der Natur eine vermeintliche Begrenzung derselben bewirkt, Hurrikan „Katrina" jedoch hat umgekehrt die Determiniertheit der Bürger im Falle einer Naturgewalt gezeigt.

Im Rahmen dieser soll den Schülern einerseits das Verständnis natürlicher Systeme vermittelt werden, was über den Zugang der Entstehung von Hurrikans erfolgt. Über die Anwendung der Kenntnisse auf das Fallbeispiel Katrina wird Bezug genommen auf das Raumbeispiel New Orleans in Nordamerika (vgl. Niedersächsisches Kultusministerium KC 2008[5]), für das die Schüler naturgeographische Gegebenheiten erarbeiten und diese auf die Bedingungen und Herausforderungen für Menschen beziehen. In der zweiten Stunde setzen sich die Schüler auf der Basis dieser Lagebeziehung mit der Notwendigkeit, aber auch mit den Grenzen risikominimierender Maßnahmen auseinander und erkennen, dass die Menschen in Louisiana mit dem Risiko leben müssen, da auch Schutzmaßnahmen wie Deiche nicht vor den Naturgewalten schützen. Somit werden Aspekte aus den Kompetenzbereichen „Fachwissen", „Räumliche Orientierung" und „Beurteilung und Bewertung" in einem neuen und komplexeren Kontext trainiert und thematisch um mögliche Folgen wie ethnische Segregation, Disparitäten, Probleme bei der Wiederherstellung eines Raumes erweitert (KC 2008). Daher wird andererseits und überwiegend gemäß der Anforderung an die Jahrgangsstufen 9/10 das Verständnis für humangeographische – in erster Linie gesellschaftliche – Prozesse geschult, da die Schüler sich auf einem hohen Niveau mit ethnischer Segregation und einem scheinbar unlösbaren Konflikt im Wiederaufbau der Stadt auseinandersetzen, bei dem die Natur bzw. Umwelt durch die physische Vulnerabilität der Stadt auch immer eine Rolle spielt.

Da der Schwerpunkt in der Jahrgangsstufe 9/10 auf der funktionalen Betrachtungsweise komplexer Mensch-Umwelt-Beziehungen liegt, erscheint es sinnvoll, den eigentlich schwierigen Begriff „Vulnerabilität" in das Unterrichtsgeschehen zu integrieren, da er auch bei den noch folgenden Themen (Klimawandel, Ressourcenmanagement etc.) genutzt werden kann. In den vorgestellten Unterrichtsstunden ist er zum einen strukturgebend, zum anderen notwendig im Hinblick auf die Kompetenzschulung in dieser Kurzeinheit, in der das Beurteilen und Bewerten im Vordergrund stehen soll und somit der funktionalen Betrachtungsweise gerecht wird (KC 2008). Die Schüler erschließen bereits in Stunde I eine Dimension der Verwundbarkeit von Räumen (physisch). Dass ein Raum im Prinzip jedoch erst vulnerabel wird, wenn der Mensch betroffen ist, stellt den unabdingbaren Zusammenhang zur Mensch-Umwelt-Problematik heraus, womit der Unterrichtsgegenstand dem Säulenprinzip der „modernen Geographie-Didaktik" entspricht:

> *„Die Deiche hatten beim Hurrikan ‚Katrina' versagt. Die Optionen lauten nun: die Stadt in Teilen oder ganz aufgeben oder die Deiche verstärken und den nächsten Hurrikan abwarten. Die Entscheidung fällt nicht einfach naturwissenschaftlich/hydrologisch aus, sondern ingenieurstechnisch, politisch, ökonomisch und sozial.* ***Sie fällt aber im Verhältnis zur Natur, die dazu in Teilen in das Handeln einbezogen wird.*** *[Hervorhebung V.R.] Deshalb spricht man in der modernen Geographie von den gesellschaftlichen Naturverhältnissen, die in einer „Dritten Säule" im Fach konzeptionell untersucht und behandelt werden."* (Rhode-Jüchtern 2009: 12).

Einige Stellen der Unterrichtseinheit erfordern zweifelsohne werteorientiertes Denken. Die Subjektorientierung ist auch eine wesentliche Voraussetzung zur Intensivierung des Urteilsvermögens (Hoffmann 2012, Meyer & Felzmann 2012, Wilhelmi 2010).

In diesem Kontext sind bei der unterrichtlichen Planung auch Themenkomplexe aus der neurodidaktischen Forschung sehr dienlich, insbesondere die Erkenntnisse zu dem sogenannten deklarativen Gedächtnis. Dieses wird wiederum in ein semantisches, das für die Speicherung von Fakten und Daten zuständig ist, und ein episodisches Gedächtnis unterteilt, das sich auf bildhafte Vorstellungen, Erfahrungen und Emotionen bezieht. Letzteres spielt eine wichtige Rolle: „Für Behaltensprozesse auch und gerade im Bereich des Werte-Lernens sind episodische Zugänge besonders wichtig." (Schirp 2009: 250). Basierend auf dieser Erkenntnis ist die methodische Gestaltung der hier skizzierten Unterrichtsreihe zu der Verwundbarkeit New Orleans' stark an real existierenden Personen sowie deren Schicksale orientiert.

Für die Schulung der Beurteilungs- und Bewertungskompetenz bietet sich das Thema dieser Unterrichtseinheit sehr gut an, denn: „Dabei haben sich Themen und Fragestellungen bewährt, die authentische und herausfordernde Probleme, multiple Kontexte mit vielfältigen und kontroversen Perspektiven aufgreifen und keine eindeutigen Lösungen zulassen." (Coen & Hoffmann 2010: 10). Die Schüler

[5] Im Folgenden abgekürzt als KC 2008.

bearbeiten mit New Orleans ein authentisches Fallbeispiel, können aus verschiedenen Perspektiven Erkenntnisse und gegensätzliche Positionen kennen lernen, mit zuverlässigen Daten arbeiten und auf dieser Basis über den Konflikt in New Orleans bewertend diskutieren. Die Schüler werden keine Lösung finden können. Dieser Dissens soll sich jedoch als produktiv erweisen, indem das Bewusstsein für Raumverantwortung intensiviert wird. Die oft als Schwierigkeit wahrgenommenen Prinzipien Kontroverse und Mehrdimensionalität erweisen sich im Hinblick auf das Training der Bewertung als notwendig und gewinnbringend, so können die Schüler weiterführende Fragen zur Vulnerabilität der Stadt New Orleans entwickeln (Coen & Wenz 2012).
Positiv wird sich das Interesse der meisten Schüler sowohl an den USA als auch an „Naturkatastrophen" auswirken, was durch eine Interessenstudie belegt ist (Hemmer & Hemmer 2010).

Bisherige Lehren für zukünftiges Lehren

> *„Naja, also eine Katastrophe ist das ja eh erst, wenn es wirklich Opfer und so richtig großen Schaden gibt, ansonsten ist so ein Sturm ja eine natürliche Sache."* (Mattis, 14).

Ja! Eine solche Schüleräußerung führt auch im Gespräch mit 14-16jährgigen schon zu einer Diskussion über den Katastrophenbegriff und bestätigt zudem, dass so komplexe Begriffe einer intensiven Betrachtung bedürfen.
Die oben skizzierten didaktischen Schwerpunkte sind in ihren Grundzügen übertragbar auf andere Fallbeispiele. Exemplarisch ist hier eine Unterrichtsreihe zum Raumbeispiel Nordostindien zu nennen, ferner auch die Überschwemmungsproblematik in Bangladesch. Es ist deutlich geworden, dass Schüler bei der langsamen Erschließung des Begriffs diesen in seinen Facetten erfassen können. Bei den bisherigen Durchführungsversuchen mit unterschiedlichen Lerngruppen hat sich der direkte Bezug zu den realen Fallbeispielen aus dem Lower 9th Ward und dem direkten Personenbezug als hilfreich erwiesen. Dieser Zugang, der das episodische Gedächtnis anspricht, scheint hier lernförderlich für die Erfassung des Begriffes zu sein. Bisher gibt es jedoch als Datenmaterial, anhand dessen die Vermutung geprüft werden kann, lediglich schriftliche Bearbeitungen von Schülern aus drei Lerngruppen, in denen die Verwendung des Begriffes „Vulnerabilität" analysiert wird, sowie Ergebnisse aus dem Unterricht, in dem die Schülerinnen und Schüler eine neunten Klasse an einem niedersächsischen Gymnasium eine Podiumsdiskussion durchführen und so mündlich den Terminus in das Gespräch einbringen. Somit handelt es sich um erste Eindrücke, die aber einer weiteren Überprüfung bedürfen. Basis ist eine eigens konzipierte Kurzeinheit zum Thema, in die Daten- und Bildmaterial integriert wurde, das zum Teil aus einem Studienprojekt vor Ort hervorgegangen ist.
Fest steht, dass Begriffe wie Risiko, Vulnerabilität, Katastrophe, Anpassungskapazität durchaus auch Thema in der Schule sind und nun auch in gängigen Schulatlanten auftreten. Gerade im Sinne einer Bildung, die junge Menschen auf zukünftige Prozesse auf der Erde vorbereiten soll, ist es wichtig, sie mit genannten Begriffen und deren Gebrauch vertraut zu machen. Dass die Definition von Vulnerabilität teilweise nicht ganz eindeutig ist bzw. es verschiedene Auffassungen gibt, soll die Idee der Integration in den Schulunterricht vorerst nicht tangieren - wichtig für die Vermittlung ist eine klar erkennbare Struktur, anhand derer ein Fallbeispiel als Unterrichtsgegenstand für Jugendliche aufbereitet werden kann.

Literaturverzeichnis

Bohle, HG 2007, ‚Geographien der Verwundbarkeiten', *Geographische Rundschau*, vol. 59, no. 10, pp. 20-25.
Campanella, R 2010, *Delta Urbanism*., Amercian Planning Association, Chicago, Washington.
Campanella, R 2008, *Bienvilles Dilemma. A historical geography of New Orleans*, Center for Louisiana Studies, Lafayette.
Campanella, R. 2006, *Geographies of New Orleans*, Center for Louisiana Studies, Lafayette.
Coen, A & Wenz, H 2012, ‚Hurrikan ‚Irene'. Mit dem Kompetenzerwerbsschema Geographieunterricht planen',*Geographie und Schule*, vol. 36, no.95, 2/2012, pp. 14-20.
Coen, A & Hoffmann, KW 2010, ‚Beurteilen und Bewerten. Schlüsselkompetenzen eines modernen Geographieunterrichts', *Praxis Geographie*, vol. 5, pp.10-11.
Colten, C.2009, *Perilous Place, Powerful Storms. Hurricane Protection in Coastal Louisiana*, University Press of Mississippi, Jackson.
Colten, C. 2006, *An Unnatural Metropolis*. *Wresting New Orleans from Nature*, University Press, Baton Rouge.
Cutter, S & Gall, M. 2008, ‚Hurrikan Katrina – gescheitertes Planen oder geplantes Scheitern?', in *Naturrisiken und Sozialkatastrophen*, eds Felgentreff, C & Glade, T, Heidelberg: Springer, Berlin, pp. 352-366.
Diercke 2015, *Weltatlas*, Westermann, Braunschweig.

Felgentreff, C. 2008, ‚Wiederaufbau nach Katastrophen‘,, in *Naturrisiken und Sozialkatastrophen*, eds Felgentreff, C & Glade, T, Heidelberg: Springer, Berlin, pp. 281-294.

Hemmer, I.& Hemmer, M 2010, *Schülerinteresse an Themen, Regionen und Arbeitsweisen des Geographieunterrichts. Ergebnisse der empirischen Forschung und deren Konsequenzen für den Unterricht*, Hochschulverband für Geographie und ihre Didaktik e.V. (Selbstverlag), Weingarten.

Hoffmann, KW. 2012, ‚Schulgeographie – quo vadis? Zur Gesellschaftsrelevanz eines standardbasierten Geographieunterricht‘, in *Geographie für eine Welt im Wandel*, eds Fassmann, H & Glade, T, 57. Deutscher Geographentag 2009 in Wien. Veröffentlicht durch Vienny University Press in Göttingen: V&R unipress.

Jakob, C & Schorb, F 2008, *Soziale Säuberung. Wie New Orleans nach der Flut seine Unterschicht vertrieb*, Unrast, Münster.

Kammerbauer, M. 2014, ‚Asymmetrischer Wiederaufbau nach Katastrophen. Das Lower Ninth Ward in New Orleans nach Orkan Katrina‘, in *Raumforschung und Raumordnung*, vol. 72, no. 5, pp. 427-439.

Logan, J. 2005, *The Impact of Katrina: Race and Class in Storm-Damaged Neighborhoods*. Abrufbar im Internet: http://www.s4.brown.edu/katrina/report.pdf [29.07.12].

Meyer, C & Felzmann, D 2011, ‚Was zeichnet ein gelungenes ethisches Urteil aus? Ethische Urteilskompetenz im Geographieunterricht unter der Lupe‘, in *Geographische Bildung. Kompetenzen in didaktischer Forschung und Schulpraxis*, eds Meyer, C, Henry, R & Stöber, G, Bildungshaus Westermann Schulbuchverlage, Braunschweig, pp. 130-146.

Niedersächsisches Kultusministerium 2008, *Kerncurriculum für das Gymnasium. Erdkunde. Schuljahrgänge 5-10*. Abrufbar unter: http://db2.nibis.de/1db/cuvo/datei/kc_gym_erdk_08_nib2.pdf [28.07.2012,.

Rhode-Jüchtern, T 2009, *Eckpunkte einer modernen Geographiedidaktik. Hintergrundbegriffe und Denkfiguren*, Klett/Kallmeyer, Seelze-Velber.

Schirp, H 2009, ‚‘Wie lernt unser Gehirn Werte und Orientierungen? Neurodidaktische Zugänge zur Entwicklung wertorientierter Erfahrungen und Kompetenzen‘, in *Neurodidaktik. Grundlagen und Vorschläge für gehirngerechtes Lehren und Lernen*, ed Herrmann, U., 2nd edtion, Beltz, Weinheim und Basel, pp. 246-260.

Van Heerden, I 2006, *The Storm. What went wrong and why during Katrina. The Inside-Story from the Louisiana Scientist*, Penguin Group, New York.

Wilhelmi, V. 2010, ‚Wo soll das hinführen? Urteilsfindung mit der „Dilemma-Methode.“‘, in *Praxis Geographie*, vol. 5/2010, pp. 37-39.

Die vernachlässigten Schattenseiten der Vernetzung

Herbert Saurugg

Email: office@saurugg.net

Abstract
Die Ausgangsfrage „Macht alleine Schaden klug?“ im Zusammenhang mit Naturgefahren und Naturrisiken soll in diesem Beitrag aus einer etwas anderen Perspektive betrachtet werden. Es erfolgt eine systemische Betrachtung, welche die vielschichtigen Interdependenzen in einer hoch vernetzten Welt verdeutlichen soll. Zum anderen wird dargestellt, dass die zunehmende Komplexität zu bisher wenig beachteten Systemeigenschaften führt, die mit dem üblicherweise linearen Denken nicht mehr beherrschbar sind.

Einführung
Bei der vorliegenden systemischen Betrachtung spielt das Thema „Vernetzung“ und die Art unseres bisherigen Denkens, das weitgehend durch Linearität gekennzeichnet ist, eine zentrale Rolle. Dieses hat sich in der Vergangenheit sehr bewährt und zum gesellschaftlichen Erfolg der westlichen Gesellschaft beigetragen. Jedoch haben sich in den vergangenen Jahren zahlreiche Rahmenbedingungen gravierend verändert. Dadurch stoßen auch unsere bisherigen Lösungskompetenzen zunehmend an Grenzen, da sie vorwiegend auf dem bisherigen Erfolgsmodell beruhen (Dueck 2010, Frey et al. 2011, Gigerenzer 2013). Lineares Denken basiert vor allem auf einfachen Ursache-Wirkungsbeziehungen und vermeidet weitgehend die Auseinandersetzung mit komplexen Vernetzungen und Wechselwirkungen, die durch die zunehmende technische Vernetzung entstehen (Ossimitz et al. 2006). Komplexe Herausforderungen werden nach wie vor stark vereinfacht und in Einzelthemen zerlegt, um sie mit den bisherigen Verfahren analysieren und bearbeiten zu können. Zahlreiche aus dem Ruder gelaufene Großprojekte, wie etwa der neue Flughafen Berlin Brandenburg als Extrembeispiel, zeugen davon.
Eine Herausforderung bei den nachfolgenden Betrachtungen ist, dass Texte sich nur linear abbilden lassen. Um dem ein wenig entgegenzuwirken, wird es daher immer wieder Querverweise auf andere Textstellen geben (→...).

Die Transformation zur Netzwerkgesellschaft
Was vielen von uns kaum bewusst ist, ist, dass wir uns mitten in einer fundamentalen gesellschaftlichen Transformation befinden. Diese wurde etwa in den 1950er Jahren mit der Entwicklung von Computern eingeleitet. Neben der Agrar- und Industriegesellschaft entsteht die Netzwerkgesellschaft (Saurugg 2012a). In der Literatur werden weitere Begriffe, wie Informations- oder Wissensgesellschaft, die dritte industrielle Revolution oder die zweite Moderne, verwendet. Netzwerke spielen bei dieser Transformation eine zentrale Rolle, daher wird der Terminus „Netzwerkgesellschaft“ in diesem Beitrag verwendet. Parallel dazu wird der bisher vorherrschende tertiäre Wirtschaftssektor (Dienstleistung), wie zuvor der primäre Sektor (Landwirtschaft) und der sekundäre Wirtschaftssektor (Industrie), weitgehend automatisiert. Der zunehmende Verdrängungswettbewerb findet in verschiedenen Bereichen statt (Dueck 2010). Die verstärkte Vernetzung und Automatisierung hat aber auch ihre Schattenseiten. Unser Leben ist bereits heute völlig vom Funktionieren der vitalen, Kritischen Infrastrukturen (etwa Strom und Telekommunikation) abhängig. Ein Ausfall kann sehr rasch zu verheerenden Folgen führen, auch wenn wir uns das bisher kaum vorstellen können (Casti 2012, Saurugg 2012b). Dies auch deshalb, da die bisherige (technische) Vernetzung oft chaotisch gewachsen ist und systemische Aspekte nur unzureichend berücksichtigt wurden.

Systeme
Eine zentrale Rolle in diesem Beitrag spielen Systeme (Abb. 1). Systeme, abstrakt betrachtet, bestehen aus unterschiedlichen Systemelementen, die miteinander vernetzt sind und ein Wirkungsgefüge bilden. Ohne diese Vernetzungen (=Beziehungen) hat man nur eine Ansammlung von Elementen, jedoch kein System, wie etwa bei einem Sandhaufen. Es gibt eine Systemgrenze, die das System zu seiner Umwelt determiniert. Dadurch ergibt sich eine gewisse „Identität“ und ein bestimmter Zweck des Systems (Vester 2011). Eine Systembeschreibung stellt natürlich nur ein Model der Realität dar.

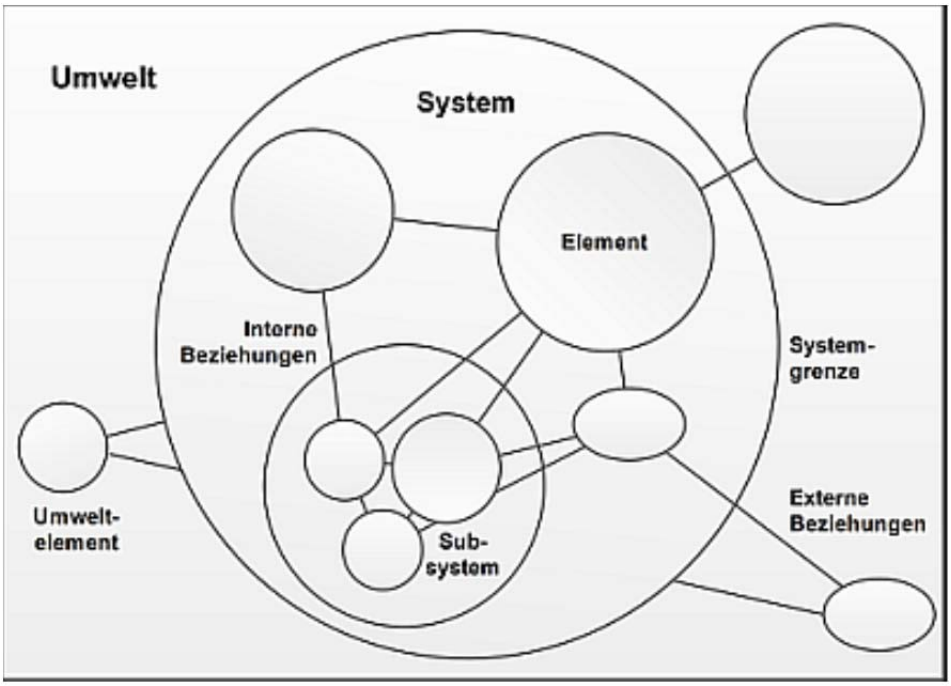

Abbildung 1: Vereinfachte Darstellung eines Systems
Quelle: Eigene Darstellung

Diese Grenzen sind jedoch nicht immer physisch oder tatsächlich deterministisch vorhanden und hängen häufig vom Betrachter bzw. von der konkreten Betrachtung ab. Sie können etwa materieller Art (z.B. unsere Haut) als auch immaterieller Art (z. B. Abgrenzung einer sozialen Gruppe) sein (Krizanits 2013). Derartige Grenzen können eine für die Systemsicherheit wichtige Reichweitenbegrenzung darstellen, die etwa die Ausbreitung von Störungen oder Fehlern in einem System begrenzen (z. B. Krankheiten). Systeme haben grundsätzlich eine optimale Größe bzw. Anzahl von Systemelementen. Sie sind anpassungsfähig und verfügen über eine gewisse Elastizität. Wird jedoch eine nicht klar erkennbare kritische Größe erreicht und gelingt es nicht, rechtzeitig entsprechende Subsysteme zu bilden, kollabiert das System (Vester 2011), (→Komplexitätslücke). Jedes Systemelement kann potenziell mit jedem anderen Systemelement des Systems Beziehungen eingehen. Die Anzahl der möglichen Wechselwirkungen wächst jedoch mit der Anzahl der Systemelemente exponentiell an (→Exponentielle Entwicklungen, →Dynamik). Zusätzlich sind externe Beziehungen zu anderen Systemen oder Umweltelementen möglich. Das ist bei natürlichen Systemen der Regelfall. Daher werden sie auch als offene Systeme bezeichnet. (Ossimitz et al. 2006, Vester 2011).
Ganz wesentlich ist dabei, dass ein System mehr ist, als die Summe der Systemelemente (→Emergenz). Am Beispiel Mensch ist das leicht nachvollziehbar. Auch wenn alle chemischen Elemente des menschlichen Körpers zur Verfügung stehen, ergibt das noch keinen Menschen. Entscheidend sind die „unsichtbaren Fäden" zwischen den Elementen (Vester 2011). Menschen bestehen auch aus unterschiedlichen Subsystemen, etwa Molekühlen, Zellen oder Organen.
Die Größe eines Systems hängt von der Anzahl der Systemelemente und der Vernetzung zwischen diesen ab. Mit dem Anstieg der Vernetzung (Redundanzen) steigt auch die Stabilität eines Systems, jedoch nicht unendlich (Abb. 2).
Auch die Menschheit hat sich nach diesem Muster entwickelt. Das Kernsystem ist die Familie, die als Subsystem in eine Sippe oder Kommune integriert sein kann, oder nur lose Verbindungen zu anderen Systemen aufweist. „Die Familie" ist dabei nicht unbedingt mit unserer heutigen Vorstellung und Organisation von Familie gleichzusetzen, hatte sie doch im Laufe der Geschichte unterschiedliche Ausprägungen. Erst durch Mobilität und technische Kommunikationsmöglichkeiten wurden die Grenzen verschoben bzw. sank die klare Strukturierung. Diese wurden mehr und mehr durch ein wildes Geflecht ersetzt (siehe etwa Soziale Medien). Die Orientierung und Betrachtung, aber auch die Kontrolle und Steuerung wird damit schwieriger.

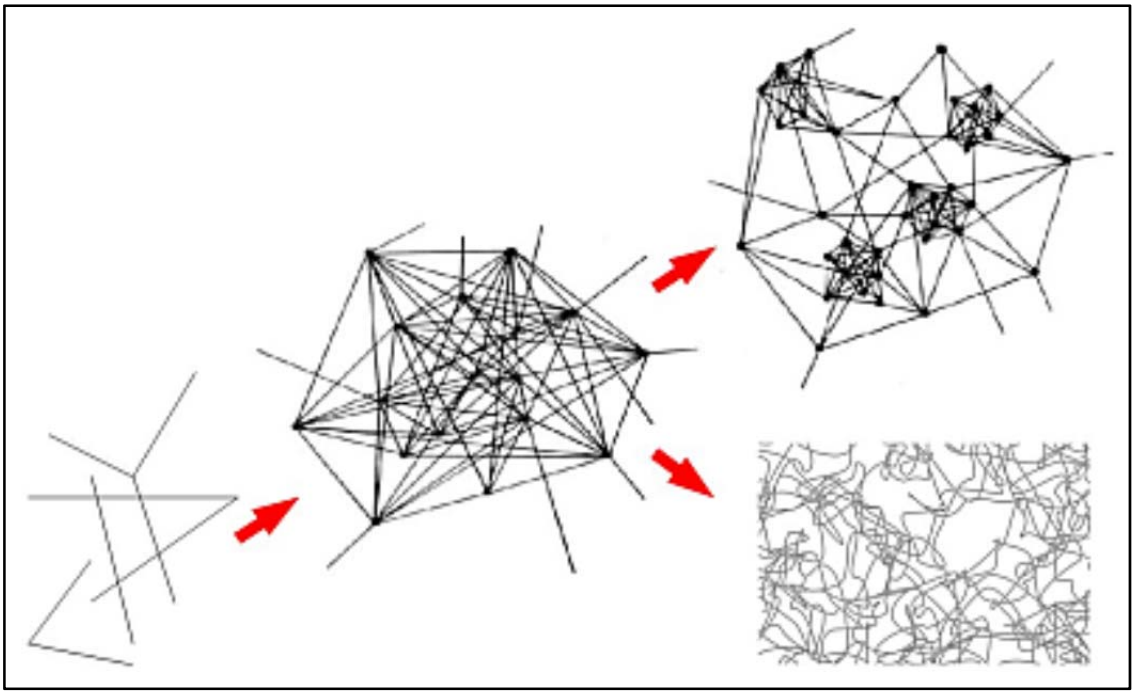

Abbildung 2: Von instabilen Einzelelementen zu einem stabilen System. Bei einer Überdehnung ist die Bildung von Subsystemen erforderlich, da andernfalls ein Systemkollaps droht;
Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Vester 2011

Bis die breite Motorisierung begann, war die Reichweite des Einzelnen noch ziemlich begrenzt. Oft nur wenige Kilometer, die zu Fuß oder mit Tieren überwunden werden konnten. Natürlich gab es auch Ausnahmen, wie Handelsreisende oder Entdecker, aber in einem sehr begrenzten Ausmaß bzw. mit langen Zeithorizonten. Das hat sich im letzten Jahrhundert und insbesondere im 21. Jahrhundert massiv verändert, zuerst durch die Erhöhung der Mobilität und dann durch die Verbreitung und die Möglichkeiten der Informations- und Kommunikationstechnik (Internet). Dies hat dazu geführt, dass viele Menschen heute in Sekundenschnelle fast überall auf der Welt mit jemand in Kontakt treten und kommunizieren können, auch in sonst sehr benachteiligten Regionen. Durch diese Vernetzung und auch Informations- bzw. Reizüberflutung nehmen wir „Störungen" und Risiken aus weit entfernten Regionen viel stärker war, als uns tatsächlich bedrohende Gefahren. Dies kann durchaus zu sehr paradoxem Verhalten führen, wie etwa, dass sich nach der Reaktorkatastrophe von Fukushima zahlreiche Menschen in Mitteleuropa einen Geigerzähler gekauft haben, um ihr Risiko beurteilen zu können (Renn 2014).
Mit der steigenden Größe eines Systems entsteht auch die Gefahr, dass sich Störungen leichter, schneller und weitreichender im System und über Systemgrenzen hinaus ausbreiten können. Daher steigt die Fragilität eines Systems (Taleb 2013b). So können sich etwa heute Krankheiten durch die massiven Reiseströme viel leichter, weitreichender und rascher ausbreiten, als noch vor wenigen Jahrzehnten. Die von den USA ausgehende Finanzkrise 2007 hat nicht nur im Finanzsektor weitreichende und weltweite Folgekrisen ausgelöst.
Die (Über-)Lebensfähigkeit eines Systems ist von seiner Größe bzw. Vernetzungsdichte mit seiner Umwelt abhängig. In der evolutionären Entwicklung hat sich „small is beautiful" durchgesetzt, da kleinere Systeme anpassungsfähiger gegenüber Störungen sind (Renn 2014, Taleb 2013a). Die Natur begrenzt auch nicht die Interaktion zwischen den Wesen, aber ihre Größe. Damit gibt es eine automatische Reichweitenbegrenzung von Störungen (Vester 2011).
Darüber hinaus werden Systeme generell gestärkt, indem einzelne Systemelemente oder Subsysteme versagen können und dürfen. Dabei spielt auch Diversität bzw. Vielfältigkeit eine wichtige Rolle, da damit die Anpassungsfähigkeit und Weiterentwicklung gewährleistet werden (→Fehlende bzw. abnehmende Diversität). Das was sich bewährt, setzt sich durch. Jedoch nicht durch einen Masterplan, sondern durch Versuch und Irrtum (→Macht alleine Schaden klug?). Hierbei werden aber gerne die stummen Zeugnisse übersehen. Bei der Betrachtung der Geschichte sehen wir nicht alles, sondern nur die Erfolgsgeschichten („der Sieger schreibt die Geschichte"). Daher werden diese meist überbewertet. Dinge, die nicht

funktionierthaben, verschwinden oder geraten rasch in Vergessenheit. Bei menschlichen Fehlentwicklungen gibt es jedoch immer wieder Wiederholungen, wie die Geschichte zeigt (Taleb 2013b).
Auch „too-big-to-fail" widerspricht etwa diesen Grundsätzen. Wenn viele kleine Unternehmen scheitern, erregt das kaum Aufsehen. Scheitert aber etwa ein großes Bauunternehmen oder eine Bank, werden alle Hebel in Bewegung gesetzt, um das zu verhindern (→Kurzfristiger Aktionismus versus langfristige Ziele). Damit wird aber das Gesamtsystem fragiler und die Wahrscheinlichkeit einer zeitverzögerten größeren Störung steigt (→Zeitverzögerte Wirkungen). Diese Gefahr droht auch bei aktuellen Hochwasserschutzprojekten, bei denen sehr viel Aufwand zur Verhinderung von Überschwemmungen betrieben wird. Bricht ein Schutzbau, wären die Schäden jedoch enorm. Dies vermutlich auch, weil sich die potentiell betroffenen Menschen aufgrund des Schutzbaues wesentlich schlechter auf ein solches Ereignis vorbereiten, da sie ja immer weniger Störungen bewältigen müssen (→Visualisierung). Man spricht hier auch von einem Sicherheits- bzw. Verletzlichkeitsparadox. Je mehr ein System gegen eine bestimmte Gefahr und gegen eine spezifische Schwere der Störung geschützt wird, desto verwundbarer wird es gegenüber größeren oder anders gearteten Störungen.
Eine entsprechende Erfahrung machten auch Förster in amerikanischen Nationalparks. Eine Zeitlang wurde sofort jedes kleine Feuer gelöscht bzw. verhindert. Das führte dazu, dass sich immer mehr totes (brennbares) Material anhäufte. Kam es dann zu einem Brand, weitete sich dieser viel rascher zu einem nicht mehr beherrschbaren Großbrand aus (Vester 2011). Kleine Störungen (Brennte) stärken Systeme und mindern die Fragilität (→Kleine Ursache, große Wirkung). Wird das (durch Menschen) verhindert, zögert sich nur der Zeitpunkt des Eintritts hinaus und die Auswirkungen kumulieren, das heißt, sie verschlimmern sich. Diese Beobachtungen gibt es nicht nur in der Natur, sondern auch in vielen anderen Bereichen (Taleb 2013b, Ossimitz et al. 2006). Menschen überschätzen dabei häufig die eigenen Manipulationsfähigkeiten bzw. missachten dabei längere Zeithorizonte. Die Agrarindustrie investiert sehr viel Geld in die Genforschung, um beispielsweise schädlingsresistente Pflanzen zu designen. Mit zweifelhaftem Erfolg, wie etwa die Anpassungsfähigkeit des Maiswurzelbohrers zeigt. Hier ist es mittlerweile notwendig, in immer kürzeren Zeitabständen die verwendete Giftdosis zu erhöhen. Dies löst wiederum negative Effekte in der restlichen Umwelt aus (→Rückkoppelungen). Der Maiswurzelbohrer passt sich evolutionär an, er wird immer stärker, weil nur die Stärksten überleben und sich weiterentwickeln. Dasselbe passiert auch in anderen Bereichen. Die zunehmende Sorge vor sog. „Killerbakterien" ist daher mehr als begründet (→WHO 2014).
Eine weitere Gefahr für die Lebensmittel- und damit Versorgungssicherheit geht von der zunehmenden Konzentration der Hersteller von Saatgut aus. Das derzeit dominierende Wachstums- und Effizienzsteigerungsparadigma führt dazu, dass immer weniger große Konzerne und Sorten übrigbleiben, was einer überlebenswichtigen Diversität widerspricht (→Wachstumsparadigma) (Abb. 3).

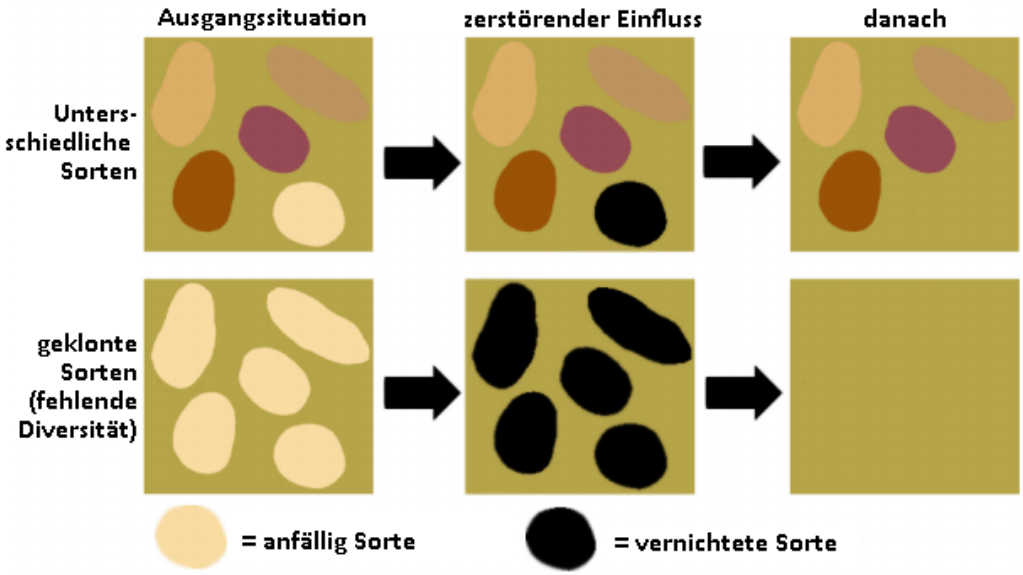

Abbildung 3: Folgen fehlender Diversität
Quelle: Taleb et al. 2014

Eine solche Machtkonzentration und Monopolisierung ist aber auch in vielen anderen Bereichen zu beobachten. Diese spitzt sich etwa auch in der IT-Hardwareproduktion oder Pharmabranche zu. Es bleibt eine immer geringere Anzahl, immer größerer produzierender Unternehmen übrig (Grüter 2013). Die Forschungsbudgets wurden in den letzten Jahren aus unterschiedlichen Gründen erheblich reduziert (→Kurzfristiger Aktionismus versus langfristige Ziele). So werden etwa immer seltener neue Antibiotika entwickelt und gleichzeitig steigt die Zahl der Antibiotikaresistenzen (WHO 2014). Zudem gibt es weltweit nur mehr als eine Handvoll Produktionsanlagen für Antibiotika (Grüter 2013). All das passiert von der Öffentlichkeit weitgehend unbeachtet. Es fehlen der Durchblick und das Gefühl für die Fragilität und Verwundbarkeit unserer Lebensweise (→Komplexe Systeme). Die Gefahr von strategischen Schocks steigt (→Strategische Schocks).

Komplexität und komplexe Systeme

Ein wesentlicher Grund für das Ansteigen von unüberschaubaren Risiken liegt in einer steigenden Komplexität. Der Begriff „Komplexität" wird häufig und in sehr unterschiedlichen Zusammenhängen verwendet. Ob im technischen oder politischen Bereich, er scheint fast überall anwendbar („Boundary Object"). Häufig wird der Begriff dazu verwendet, um undurchsichtige, schwer greifbare, dynamische und damit kaum planbare und steuerbare Situationen oder Systeme zu beschreiben. Eine gewisse Überforderung und Hilflosigkeit geht damit einher. Mit etwas Abstand erkennt man rasch einen Zusammenhang mit der technischen Vernetzung.

Mit der Vernetzung steigt die Komplexität und Dynamik in Systemen, da es zu ständigen Rückkoppelungen kommt (→Rückkoppelung). Es entstehen komplexe offene Systeme, die mit ihrer Umwelt in Wechselbeziehung stehen. Die Systemgrenze eines komplexen Systems lässt sich nicht genau definieren. Eine zentrale Steuerung wie bei Maschinen (geschlossenen Systemen) ist nicht möglich. Die Steuerung (Regelung) beruht auf einfachen Rückkoppelungsprozessen und Regelkreisen (→Rückkoppelungen). Menschliche Eingriffe ohne Berücksichtigung dieser Mechanismen scheitern, wenn auch häufig erst zeitverzögert bzw. führen zu nicht intendierten Ergebnissen.

Komplexe Systeme weisen eine Reihe von Eigenschaften auf, die wir von unseren bisherigen technischen Lösungen (geschlossenen Systemen) kaum kennen (Vester 2011, Malik 2011).

Der Komplexitätsforscher John Casti hat den Begriff der Komplexitätslücke geprägt (Casti 2012). Sie beschreibt die Differenz zwischen Systemen unterschiedlicher Komplexität (Abb. 4). Komplexitätslücken neigen dazu, sich auszugleichen. Wenn dies nicht durch „steuernde" Eingriffe erfolgt, kommt es zur Systembereinigung (→Vernetzung und Lebensfähigkeit, s-förmiges Wachstum). Das nicht anpassungsfähige System kollabiert. Der „Faden" reißt dabei abrupt (Vester 2011).

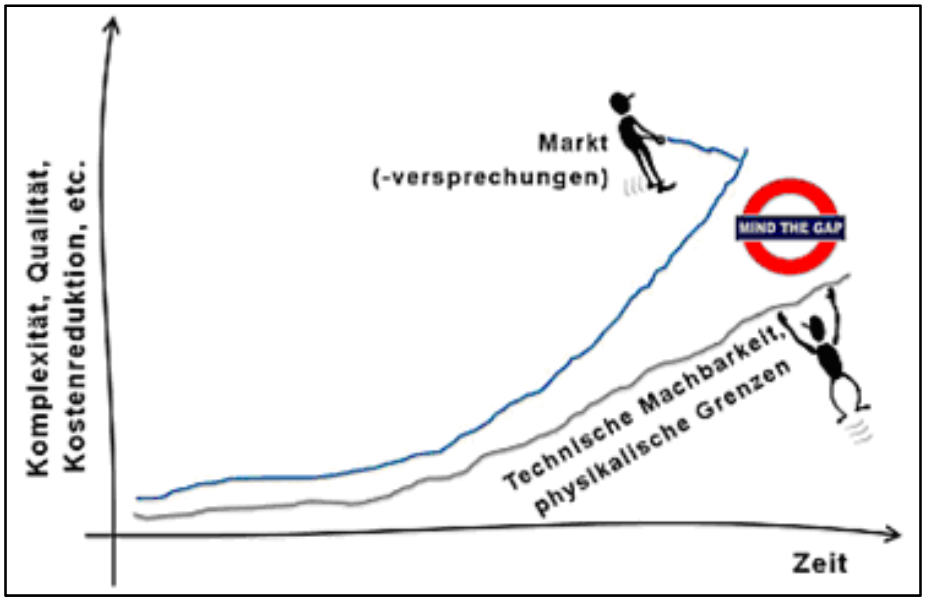

Abbildung 4: Komplexitätslücken entstehen etwa zwischen den Versprechungen des Marketings und den technischen/physikalischen Möglichkeiten und Grenzen
Quelle: Eigene Darstellung

Menschen neigen dazu, die Elastizität von Systemen generell zu überschätzen. Diese ist durchaus gegeben, aber nicht unendlich. Ob dies im individuellen Bereich ist („Burnout"), am Finanzmarkt, bei technischen Lösungen, beim Ressourcenverbrauch, beim Stromversorgungssystem, oder wo auch immer, es gibt kein Beispiel dafür, dass wir diese Grenzen unendlich ausdehnen könnten (→Vernetzung und Lebensfähigkeit).
Die Anzahl und die Größe derartiger Komplexitätslücken nehmen seit der Erhöhung der Vernetzungsdichte deutlich zu. Etwa zwischen dem, was die Politik, der Markt oder das Marketing verspricht und vorgibt und andererseits, was technisch/physikalisch möglich und sinnvoll bzw. was noch beherrschbar ist. Durch die zeitverzögerte Wirkung haben wir bisher fast nur die positiven Seiten der Vernetzung kennengelernt (→Zeitverzögerte Wirkungen).
Der Finanzcrash 2007/2008 kann hier einmal mehr als Beispiel herangezogen werden. Es zeigte sich, dass selbst Insider den Überblick verloren hatten, welche Objekte, Produkte oder Elemente genau verkauft und gekauft wurde (Renn 2014, Taleb 2012). Und in vielen technischen Bereichen ist heute ein ähnliches Niveau zu beobachten (Zurich 2014).

Systemische Risiken

Die zum Teil chaotische und nicht-systemische technische Vernetzung der vergangenen Jahre hat dazu geführt, dass in unserer Gesellschaft und in den Kritischen Infrastrukturen die Anzahl der systemischen Risiken, nicht zu Letzt aufgrund der wachsenden Komplexitätslücken, massiv angestiegen ist. Systemische Risiken sind gekennzeichnet durch (Renn 2014):

- einen hohen Vernetzungsgrad (Dynamik, Komplexität, Wechselwirkungen)
- die Gefahr von Dominoeffekten
- eine Nicht-Linearität in den Auswirkungen (keine einfachen Ursache-Wirkungsketten, die durch das standardisierte Risikomanagement erfasst werden) und
- eine systematische Unterschätzung der Auswirkungen durch Verantwortungsträger.

Das führt dazu, dass die Wahrscheinlichkeit von strategischen Schockereignissen, also Ereignissen, die in der Lage sind, unser Zusammenleben nachhaltig – langfristig und erheblich – zu verändern („Game-Changer"), massiv angestiegen ist.

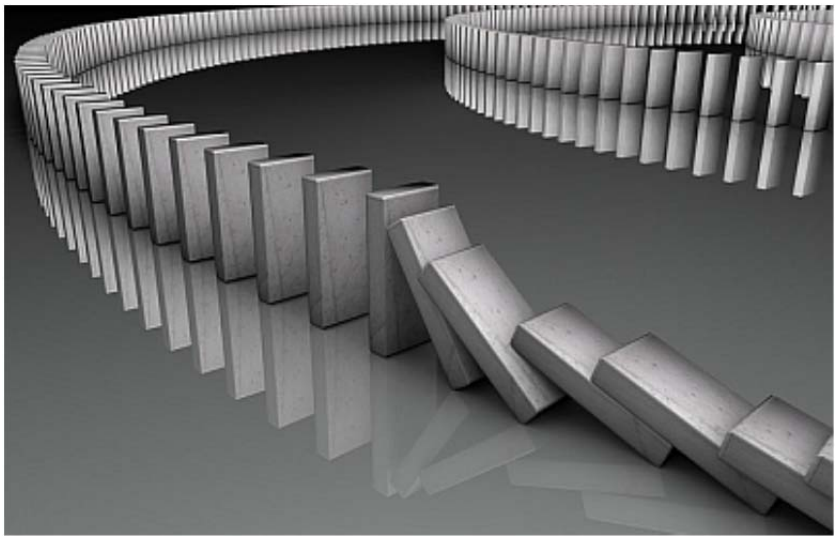

Abbildung 5: Dominoeffekte können eine Vielzahl von Folgeereignissen auslösen;
Quelle: PublicDomainPictures, www.pixabay.com

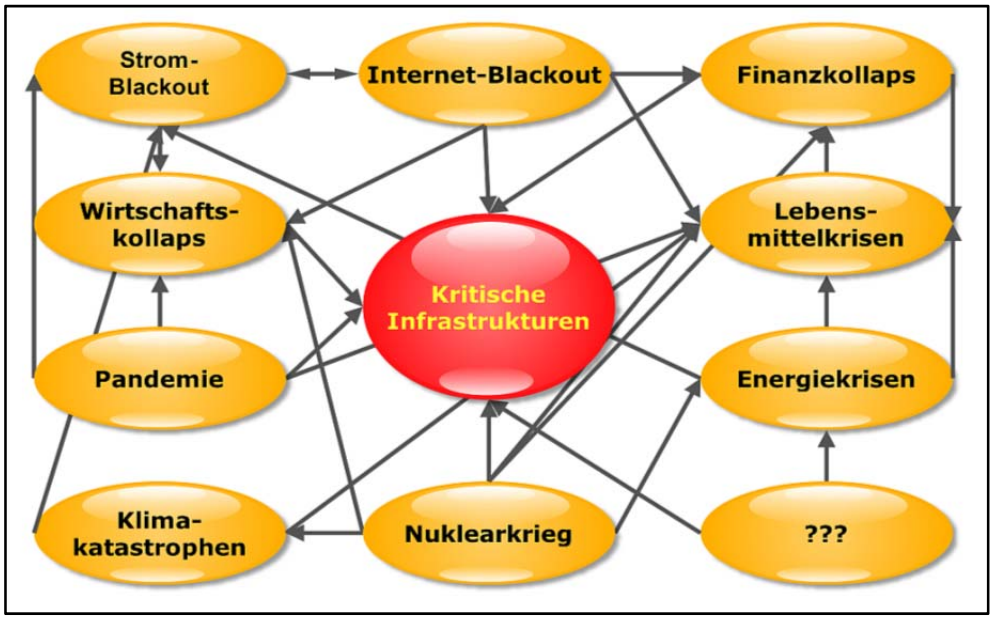

Abbildung 6: Mögliche bereits abschätzbare strategische Schockereignisse;
Quelle: Eigene Darstellung

Mittlerweile gibt es eine Reihe von möglichen und realistischen Szenarien (Abb. 6), die durch systemische Risiken ausgelöst werden können. Wesentlich ist dabei, dass fast immer unsere Kritische Infrastruktur von einem solchen strategischen Schockereignis betroffen wäre, da es entsprechende Wechselwirkungen und Abhängigkeiten gibt (→Komplexe Systeme). Strategische Schocks sind Ereignisse, die äußerst selten vorkommen, jedoch ernorme Auswirkungen erwarten lassen. Nassim Taleb hat dafür den Begriff der „Schwarzen Schwäne“ geprägt. Er fügt noch hinzu, dass derartige Ereignisse im Nachhinein immer einfach zu erklären sind, vorher aber nicht erkannt oder ignoriert werden (Taleb 2013b).

Ein Finanzkollaps hätte etwa erhebliche Auswirkungen auf die zahlreichen Infrastrukturbaustellen der Energiewende. Umgekehrt könnten Blackouts – überregionale und länger andauernde Strom- und Infrastrukturausfälle – zu weitreichenden Wirtschafts- und Finanzkrisen führen. Durch die vielschichtige Vernetzung können sich strategische Schocks häufig einfach auf andere Systeme ausbreiten (Dominoeffekte) – auf die Gesellschaft, auf Unternehmen, auf andere Infrastrukturbereiche bzw. auf so gut wie alles, was damit verbunden ist. Dabei gibt es eine Reihe von Fallstricken, die diese Ausbreitung begünstigen.

Ein Beispiel ist die Just-in-Time/Just-in-Prozess-Logistik, die einen sehr hohen Synchronisationsgrad erfordert und daher sehr störanfällig ist, wenn wichtige Kettenglieder zeitgleich ausfallen. Dies ist im Alltag kaum

spürbar, da kleine Störungen beherrscht werden. Allerdings sind die Auswirkungen eines möglichen Blackouts auf diesen Bereich kaum abschätzbar (Casti 2012, Saurugg 2012a, 2012b).
Der wirtschaftliche Druck zur Optimierung und Effizienzsteigerung hat mittlerweile zu einer Reduktion der Robustheit von Systemen geführt, da wichtige Redundanzen, Reserven und Puffer immer häufiger eingespart werden (→Wachstumsparadigma) (Dueck 2010). Damit sinkt die Fähigkeit, mit größeren Störungen umgehen zu können.
Besonders brisant sind die Entwicklungen im Bereich der Kritischen Infrastruktur, von denen unser Gemeinwesen ganz erheblich abhängig ist. Durch immer aufwendigere und undurchsichtigere technische Lösungen und durch die steigende Vernetzung schaffen wir immer größere Verwundbarkeiten, ohne uns dessen bewusst zu sein oder dafür einen Plan B zu haben. Technische Sicherungen gegen Katastrophen verschieben häufig nur den kritischen Punkt, an dem ein System in die Katastrophe kippt (Ossimitz et al. 2006, Beck 2008).
Ein weiterer Fallstrick ist, dass wir in den letzten Jahrzehnten in unserer mitteleuropäischen Gesellschaft sehr stabile und konstante Verhältnisse erleben durften. Daher besteht kaum ein Bewusstsein, dass die gesamte Menschheitsgeschichte und auch heute noch der Großteil der Welt von Variabilität und zyklischen Entwicklungen gekennzeichnet waren und sind. Wir haben in den vergangenen Jahren in vielen Bereichen wichtige Auffangnetze reduziert, was uns wiederum anfälliger gegenüber größeren Störungen macht. Ob dies den Finanzsektor, die Energie- und Rohstoffversorgung, das europäische Stromversorgungssystem, eine Pandemie oder auch die möglichen Auswirkungen des Klimawandels betrifft, es gibt eine Vielzahl an potenziellen Ereignissen, die uns für strategische Schocks anfällig machen. Dabei sind in Anbetracht der möglichen Konsequenzen und der gesellschaftsverändernden Auswirkungen Wahrscheinlichkeiten irrelevant (Taleb 2013b).
Die Konsequenzen sind umso schwerwiegender, je seltener ein Ereignis eintritt, und desto schwieriger ist eine analytische Einschätzung. Entscheidend ist nicht, dass jemand ein Ereignis „vorhersagt", sondern dass diese „Vorhersage" mit Konsequenzen verbunden ist. Daher ist es notwendig, dass Systeme und ihre Fragilität analysiert werden und nicht Einzelereignisse oder einzelne Elemente eines Systems (Taleb 2013a). Eine Vorgangsweise, die heute weitgehend nicht üblich ist (Zurich 2014).
Ein bekanntes Beispiel zur Illustration der Fehleinschätzung von Risiken ist die sog. Truthahn-Illusion (Abb. 7): Ein Truthahn, der Tag für Tag von seinem Besitzer gefüttert wird, hat nicht die geringste Ahnung, was am Tag X passieren wird. Er muss aufgrund seiner positiven Erfahrungen annehmen, dass die Wahrscheinlichkeit, dass etwas gravierend Negatives passiert, von Tag zu Tag kleiner wird. Am Tag vor Thanksgiving wird jedoch ein entscheidender Wendepunkt eintreten, mit entsprechend fatalen Folgen für den Truthahn. Die Truthahn-Illusion steht zudem für die Überzeugung, dass sich jedes Risiko berechnen lässt, obwohl dies nicht möglich ist (Gigerenzer 2013, Taleb 2012).
Dabei spielt auch eine Rolle, dass das Nichtvorhandensein von Beweisen mit einem Beweis für ein Nichtvorhandensein verwechselt wird. Es ist davon auszugehen, dass vordergründig stabile Systeme fragiler sind, als Systeme, in denen häufiger Störungen auftreten (→Vernetzung und Lebensfähigkeit). Darüber hinaus wird übersehen, dass der sogenannte schlimmste Fall zu der Zeit, da er sich ereignete, schlimmer war als der damals erwartete „schlimmste Fall" (Taleb 2013a).

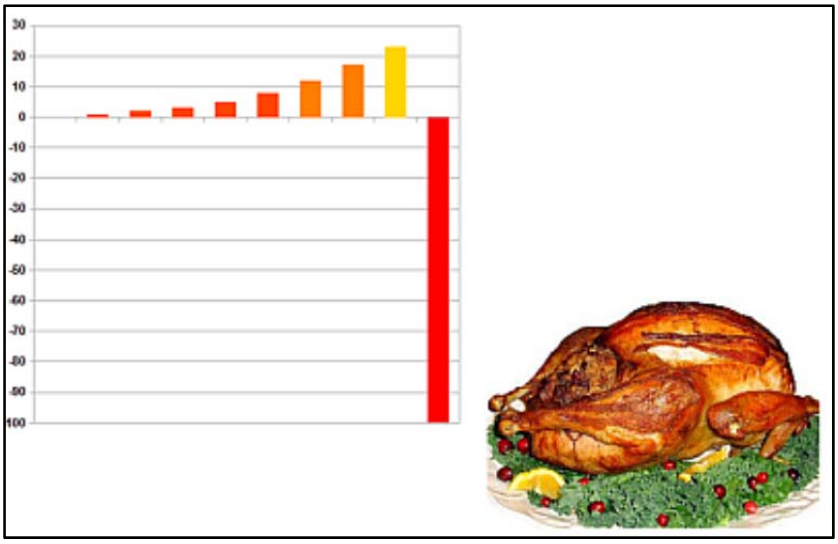

Abbildung 7: Die Truthahn-Illusion als Folge eines linearen, vergangenheitsorientieren Denkens; Quelle: Eigene Darstellung

Exponentielle Entwicklungen

Unter anderem spielen bei der Unterschätzung der Auswirkungen exponentielle Entwicklungen eine entscheidende Rolle (Abb. 8), die mit linearem Denken nur schwer erfassbar sind, wie folgende Legende zum Ausdruck bringt: Der Erfinder des Schachspiels hatte einen Wunsch frei. Er wünschte sich von seinem König folgende vordergründig sehr bescheidene Belohnung: Für das erste Feld des Schachbrettes ein Korn, für das zweite zwei Körner, für das dritte vier Körner und bei jedem weiteren Feld doppelt so viele wie auf dem vorherigen Feld. Dieser Wunsch war jedoch nicht erfüllbar. 2^64 entspricht etwa 18 Trillionen Weizenkörnern, oder rund 100 Milliarden Lkw-Ladungen Getreide, was mit sämtlichen Welternten seit Beginn des Getreideanbaus nicht abdeckbar wäre (Wikipedia: http://de.wikipedia.org/wiki/Sissa_ibn_Dahir (16.09.15)). In vernetzten Systemen steigt die Möglichkeit der Wechselwirkungen exponentiell an, womit die Steuerbarkeit drastisch sinkt (→Kleine Ursache, große Wirkung).

Dynamik

Mit der Vernetzung steigt auch die Dynamik in einem System. Diese bezeichnet die Änderungen aller Systemzustände über die Zeit. Ein dynamisches System steht niemals still, es lebt. Daher sind Analysen immer nur ein Ausschnitt zum Zeitpunkt X, was sich bei der Planung oder Durchführung von Systemeingriffen meistens negativ auswirkt, da sich das System ja laufend weiter verändert.

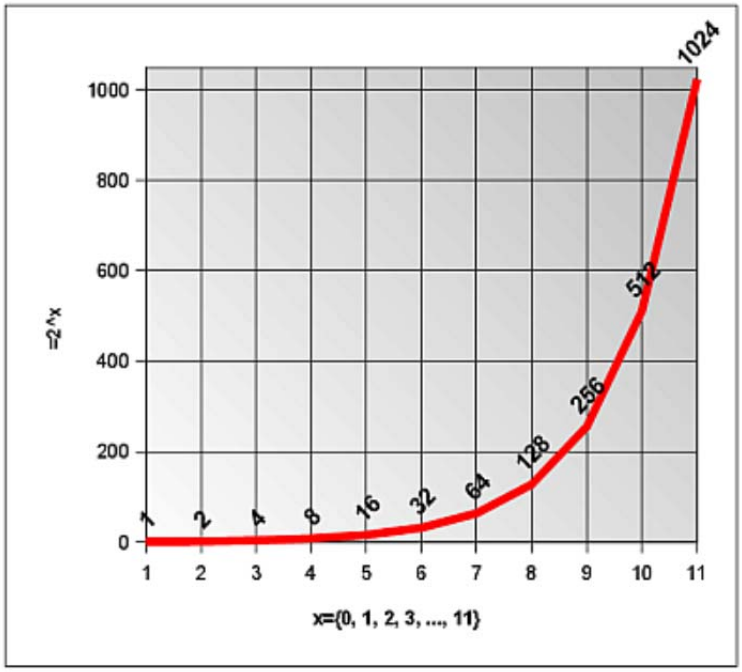

Abbildung 8: Exponentielle Entwicklungen am Beispiel 2^x. Kommt etwa in der IT-Welt zum Tragen; Quelle: Eigene Darstellung

Emergenz

Eine weitere Rolle spielt die steigende Emergenz in komplexen Systemen. Diese führt zur spontanen Herausbildung von neuen Systemeigenschaften oder Strukturen durch das Zusammenspiel der Systemelemente und der Rückkoppelungen. Die Eigenschaften der Systemelemente lassen dabei keine Rückschlüsse auf die emergenten Eigenschaften des Systems zu. So sind etwa die Elemente Sauerstoff und Wasserstoff brennbar. Vereint im Wassermolekül kann Wasser zum Feuerlöschen verwendet werden. Zusätzlich kommt es zur spontanen Selbstorganisation, eine Steuerbarkeit, wie wir sie von linearen Systemen („Maschinen“) kennen, ist nicht mehr möglich. Komplexe Probleme lassen sich daher nicht in Teilprobleme zerlegen, um diese dann zu analysieren und anschließend wieder zu einer Gesamtlösung zusammenzufügen.

Rückkoppelungen

In komplexen Systemen kommt es zu positiven und negativen Rückkoppelungen. Positive Rückkoppelungen wirken selbstverstärkend (mehr führt zu mehr). Sie sind zwar für einen Start oder für ein Abbremsen wichtig, jedoch auf Dauer schädlich. Negativen Rückkoppelungen wirken hingegen stabilisierend (mehr führt zu weniger). Beide Arten sind für die Selbststeuerung von komplexen Systemen notwendig (Vester 2011).

Gerade am Finanzmarkt kommt es immer wieder durch positive Rückkoppelungen zu Blasenbildungen und Crashs. Der Kurs steigt und damit auch das Interesse an den Papieren, womit wieder der Kurs steigt. Aber eben nicht unendlich (→Vernetzung und Lebensfähigkeit). Und dieser Zeitpunkt ist nie vorhersagbar (→Komplexe Systeme). Auch wenn immer wieder mit mathematischen Modellen versucht wird, negative Entwicklungen vorherzusagen, blieben bislang sämtliche Versuche erfolglos. Menschen neigen generell dazu, Erfolge auf eigenes Können und Misserfolg auf äußere Einflüsse und Pech zurückzuführen. Dass es etwas mit Zufall und Glück zu tun haben könnte, wird in der Regel ausgeschlossen (Taleb 2013b). Wenn man diese Mechanismen kennt, kann man sie auch nützen. Das hat aber nichts mit einer vermeintlichen Berechenbarkeit zu tun.

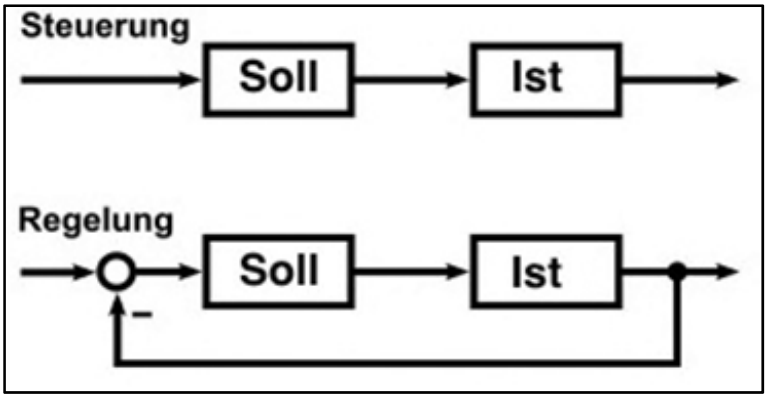

Abbildung 9: Steuerung versus Regelung
Quelle: Eigene Darstellung

Korrelation versus Kausalität

Ein anderer Irrtum entsteht, indem Korrelationen gerne mit Kausalitäten gleichgesetzt werden (→Kurzfristiger Aktionismus versus langfristige Ziele). Die Korrelation beschreibt eine Beziehung zwischen unterschiedlichen Ereignissen, Zuständen oder Funktionen. Dabei muss keine kausale Beziehung bestehen. Kausalität hingegen bezeichnet einen naturgesetzlichen, reproduzierbaren Zusammenhang zwischen Ursache und Wirkung. Ein kausales Ereignis hat eine feste zeitliche Richtung, die immer von der Ursache ausgeht, auf die die Wirkung folgt, was daher in komplexen Systemen mit laufenden Rückkoppelungen zu Fehlschlüssen verleitet (→Komplexe Systeme) (Dueck 2015, Taleb 2013a).

So kann es zwar zwischen dem Rückgang der Geburtenanzahl und der Abnahme von Störchen in einer Region eine Korrelation geben, aber sicher keine Kausalität.

Kurzfristiger Aktionismus versus langfristige Ziele

Unser Wirtschaftssystem bzw. die Verfolgung des Wachstumsparadigmas führt dazu, dass in vielen Bereichen nur sehr kurzfristig und auch kurzsichtig geplant und gehandelt wird (→Wachstumsparadigma). Die zunehmend auf Kennzahlen getriebene Betrachtung verleitet zu Aktionismus. Der Betrachtungshorizont wird auf kurzfristige Erfolge eingeschränkt, die langfristige Lebensfähigkeit bleibt außen vor. Aktionismus findet mittlerweile fast überall statt, da er gesellschaftsfähig geworden ist. Statt die Ursache eines Problems zu suchen und dort anzusetzen, wird häufig nur eine Symptombehandlung durchgeführt, da diese rasch angewandt werden kann und ein schnelles („vermarktbares") Ergebnis liefert. Fundamentale Lösungen hingegen führen kurzfristig häufig zu Nachteilen und bringen erst langfristig einen positiven Nutzen bzw. Mehrwert (Ossimitz et al. 2006) (→Evolutionäre Prägungen).

Ob das eine nicht erfolgte Verfassungs- oder Verwaltungsreform, eine Bildungs-, eine Gesundheitswesens- oder eine Pensionsreform ist, die Beispiele können lange fortgesetzt werden. Aber auch Hochwasserschutzdämme oder Lawinenschutzbauten sind vorwiegend eine Symptombehandlung. Auch hier vergrößern sich die Komplexitätslücken. Sowie das bloße Ausschalten von Warneinrichtungen keine Gefahren beseitigt, wie etwa auch die Ölkatastrophe im Golf von Mexiko 2010 einmal mehr gezeigt hat.

Wachstumsparadigma

Eine wesentliche Rolle bei vielen negativen Entwicklungen spielt unser scheinbar unumstößliches Wachstumsparadigma, dem sich quasi alles andere unterzuordnen hat. Dem Menschen ist es immer wieder gelungen Grenzen auszudehnen. Ob beim Bevölkerungswachstum oder bei dem Ressourcenvorkommen, immer wurden die Erwartungen deutlich überschritten. Eine weitere Möglichkeit kurzfristig weiter wachsen bzw. gute Zahlen liefern zu können besteht darin, Reserven und Redundanzen zu reduzieren, oder Wartungsintervalle hinauszuzögern. Ob dies jedoch langfristig nachhaltig ist, zeigt sich erst in der Zukunft. Bis dahin gilt die bisherige Erkenntnis, dass ein System, das zwingend permanentes Wachstum braucht, nicht nachhaltig existieren kann und daher selbst seinen eigenen Untergang herbeiführt (Ossimitz et al. 2006, Vester 2011).

In der Natur gibt es kein unbegrenztes, sondern nur ein zyklisches bzw. s-förmiges Wachstum, da dieses selbstzerstörerisch wirkt. Tumore stellen bisher den erfolglosen Gegenversuch dar (Vester 2011).

S-förmiges Wachstum

S-förmiges Wachstum beginnt langsam, steigt nach einer längeren Periode exponentiell an und flacht dann wieder ab (Abb. 10). Ob durch Angebot und Nachfrage, Ressourcenverknappung oder Beute-Räuberverhältnisse, ausschlaggebend sind immer selbstregulierende Regelkreise (→Rückkoppelungen). Ein weiteres Wachstum ist nur über einen neuen Zyklus (etwa durch eine neue Technologie) möglich, der rechtzeitig angestoßen werden muss. Die künstliche Ausdehnung des exponentiellen Wachstums führte bisher immer zum Systemkollaps.

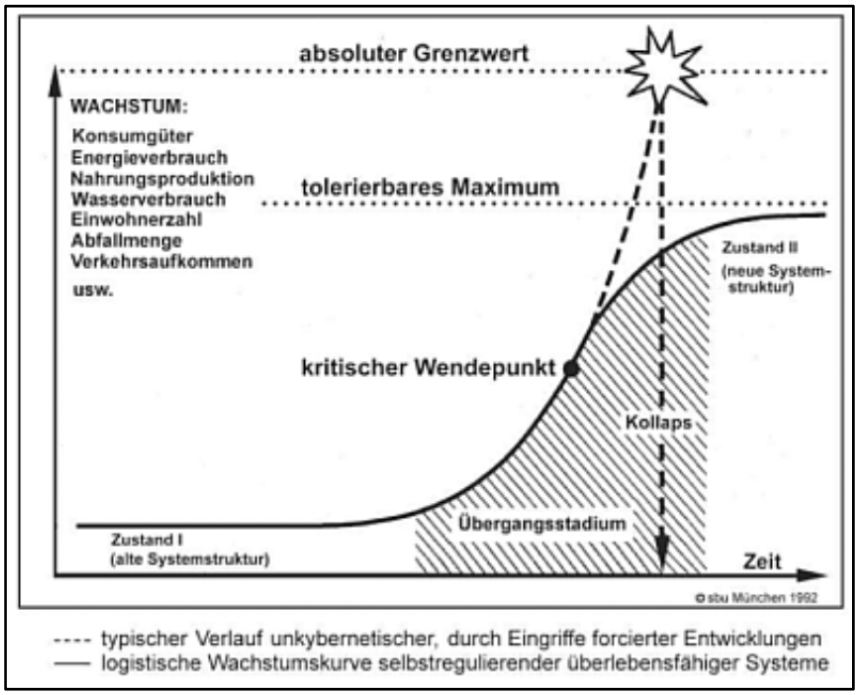

Abbildung 10: S-förmiges Wachstum
Quelle: Vester, 2011

Menschen neigen dazu, diesen Mechanismus zu ignorieren. Was durchaus auch eine Zeit lang gut gehen kann, da Systemgrenzen dehnbar und Systeme generell elastisch sind (→Systeme). Dieser Erfolg führt aber zu einer Selbstüberschätzung der eigenen Fähigkeiten, mit meist langfristigen negativen Folgen (→Zeitverzögerte Wirkungen). So haben etwa langjährige Marktführer wie Kodak im Bereich der analogen Fotografie oder Nokia im Bereich der Mobiltelefone derartige Entwicklungen (Digitalfotografie bzw. Smartphones) unterschätzt. Kodak ist Geschichte, Nokia spielt gegenüber seiner früheren Rolle nur mehr ein Schattendasein. Eine intensive Landnutzung führt zwar kurzfristig zu mehr Wachstum und Output, führt aber zu einer Ressourcenübernutzung und damit zum Rückgang oder zur vollständigen Zerstörung der Nutzbarkeit.

Aber auch fundamentale gesellschaftliche Weiterentwicklungen entstehen meist erst dann, wenn das Alte untergegangen ist („Schöpferische Zerstörung"). Auch Innovation führt generell dazu, dass bisherige Lösungen obsolet werden oder mit weit weniger Ressourcenaufwand bewältigt werden können. Dies wird häufig übersehen und führt dann zu unangenehmen Überraschungen, obwohl es sich immer um dieselben Gesetzmäßigkeiten handelt (Dueck 2010). Entweder es gelingt ein rechtzeitiger Neuanfang und Übergang, oder es kommt zu einem abrupten Ende (Vester 2011).

Zeitverzögerte Wirkungen

Eine weitere Rolle spielen zeitverzögerte Wirkungen. Dinge, die in der Ferne liegen, sind für uns schwer abschätzbar (→Evolutionäre Prägungen). Herzkreislauferkrankungen, Übergewicht und viele andere Wohlstandskrankheiten basieren auf jahr- wenn nicht jahrzehntelangem Fehlverhalten. Aber nicht nur im persönlichen Bereich haben wir damit Schwierigkeiten. Auch der Klimawandel entsteht über viele Jahrzehnte, zuerst schleichend und dann immer schneller. Es kommt zu einem exponentiellen Anstieg der Auswirkungen, die irreversible sind (→Exponentielle Entwicklungen, →-förmiges Wachstum).

Ein anderes Beispiel stammt aus der IT-Welt, wo es in den vergangenen Jahren zu einem exponentiellen Anstieg in der Qualität und Quantität der Zwischenfälle gekommen ist. Und wie es scheint, ist damit das Ende noch nicht erreicht, ganz im Gegenteil. Das, was uns noch bevorstehen könnte, würde alles Bisherige in den Schatten stellen. Ein infrastruktureller Systemkollaps ist keine Utopie (Zurich 2014, Casti 2012, Grüter 2013).
Auch das europäische Stromversorgungssystem wird von der Öffentlichkeit weitgehend unbeachtet immer häufiger an der Belastungsgrenze betrieben. Die unsystemischen Eingriffe der deutschen Energiewende tragen dabei wesentlich zur Destabilisierung bei (→Kurzfristiger Aktionismus versus langfristige Ziele, →Komplexe Systeme). Eine europäische Großstörung („Blackout") auf Grund eines Systemversagens scheint nur mehr eine Frage der Zeit zu sein (Saurugg 2012b).

Kleine Ursache, große Wirkung
In hoch vernetzten Systemen können kleine Ursachen verheerende Auswirkungen auslösen. So gibt es etwa noch immer die Nachwirkungen der amerikanischen Immobilienkrise 2007. Nachdem die Ursachen nicht behoben wurden, ist davon auszugehen, dass die nachfolgenden Krisen noch heftiger ausfallen werden (→Vernetzung und Lebensfähigkeit). Die Wechselwirkungen des hoch vernetzten Finanzsystems wurden und werden dabei vielfach unterschätzt (Casti 2012, Renn 2014, Taleb 2012).
Alle großen Blackouts der vergangenen Jahre (außerhalb Europas) wurden durch die Kumulation mehrerer kleiner Ereignisse zum falschen Zeitpunkt ausgelöst. Europa ist bisher davon verschont geblieben, was aber leider keine Garantie für die Zukunft ist (→Truthahn-Illusion, →Vernetzung und Lebensfähigkeit) (Saurugg 2012b).
Ein sehr plastisches Beispiel sind auch Lawinen. Diese werden durch kleine Störungen ausgelöst. Durch selbstverstärkende Rückkoppelungen entsteht die verheerende und gleichzeitig irreversible Wirkung.
Natürlich gibt es auch positive Beispiele für kleine Ursache, große Wirkung. Etwa die zufällige Entdeckung von Penizillin, die massive Auswirkungen auf die Mortalität hatte. Ebenso kann hier das Pareto-Prinzip herangezogen werden. Mit 20% des Aufwandes 80% des Erfolges erreichen bzw. umgekehrt, 80% des Aufwandes für 20% des Erfolges.

Evolutionäre Prägungen
Bei menschlichen Handlungen spielen immer evolutionär geprägte Muster eine Rolle. So neigen wir etwa dazu, lieber kurzfristige Erfolge als einen langfristigen Mehrwert in Kauf zu nehmen. In der Psychologie wird dafür der Begriff „Belohnungsaufschub" verwendet. Dabei wird auf eine unmittelbare (anstrengungslose) Belohnung zu Gunsten einer größeren Belohnung in der Zukunft verzichtet, die allerdings entweder erst durch Warten oder durch vorherige Anstrengung erlangt werden kann. Dieses Phänomen kann heute in vielen Bereichen, etwa bei politischen Entscheidungen, beobachtet werden (→Kurzfristiger Aktionismus versus langfristige Ziele). Was evolutionär durchaus Sinn gemacht hat, stellt heute häufig einen langfristigen Nachteil dar (Klingholz 2014, Dueck 2010).
Eine andere Prägung ist, dass beim Tod einer großen Gruppe viel mehr Betroffenheit entsteht, als wenn die gleiche Anzahl von Personen verteilt stirbt. Auch das ist historisch nachvollziehbar, bedrohte der Tod einer größeren Gruppe einer Sippe doch die Überlebensfähigkeit der ganzen Sippe. Das gilt heute nicht mehr. Dennoch reagieren wir nach wie vor nach diesem Muster. So kamen etwa auf amerikanischen Straßen im Jahr 2002 rund 1.500 Menschen mehr ums Leben als in den Jahren zuvor. Viele Menschen fürchteten sich nach 9/11 vor dem Fliegen und traten die Reise lieber mit dem Auto an. Ein fataler Irrtum (Vester 2011). Sehr viel wurde seither auch in die (Flug-)Sicherheit investiert. Gleichzeitig haben wir jedoch zugelassen, dass in den letzten Jahren unsere Gesellschaft im infrastrukturellen Bereich um ein Vielfaches verwundbarer geworden ist.
Durch den Klimawandel sind auch in unseren Breiten in Zukunft verstärkt längere Hitzephasen zu erwarten. Bisherige Auswertungen haben ergeben, dass es während solcher Hitzewelle zu einem massiven Anstieg der Mortalität kommt bzw. dass es in den letzten 50 Jahren in Europa die meisten Todesopfer infolge von Hitzewellen gab. Gleichzeitig gibt es dazu aber kaum ein öffentliches Bewusstsein. Dies ist wohl auch darauf zurückzuführen, dass kein Einzelereignis zum Massenanfall führt, sondern dass es sich um einen „schleichenden" Prozess handelt, wo noch dazu die Todesursache nicht immer eindeutig einer Ursache zuordenbar ist (→Einfaches Ursache-Wirkungsdenken).

Zum anderen führen Durchschnittswerte zu falschen Erwartungen, wie etwa beim Anstieg der globalen Erderwärmung in Folge des Klimawandels. Viel wesentlicher sind die erwartbaren Varianzen (z.B. Extremwetterereignisse), die sich besonders auf lokaler Ebene auswirken und auch die erforderlichen Bewältigungskapazitäten betrifft. Durchschnittswerte vermitteln im generellen einen falschen Eindruck und verleiten zu falschen Schlüssen (Renn 2014).
Ein generelles Problem ist auch, dass wir uns zu stark auf das konzentrieren, was wir bereits wissen und weniger auf die Vorsorge, wie dies etwa Nassim Taleb zum Ausdruck brachte:

> *„Wir neigen dazu, nicht das Allgemeine zu lernen, sondern das Präzise. Wir lernen keine Regeln, sondern nur Fakten. Jeder weiß, dass wir mehr Vorbeugung als Behandlung brauchen, doch kaum jemand belohnt Vorbeugungsmaßnahmen. Wir glorifizieren jene, deren Namen in die Geschichtsbücher eingegangen sind, auf Kosten derjenigen, über die unsere Bücher schweigen."* (Taleb 2013b: 9)

Mangelnde Systembetrachtung

Allen Szenarien ist gemein, dass die Basis dieser Entwicklungen auf die mangelnde Systembetrachtung und -berücksichtigung zurückzuführen ist. Wir agieren in vielen Bereichen noch so, als gebe es keine Vernetzung und man könnte die einzelnen Bereiche isoliert betrachten („Silodenken").
Dieser Irrtum wurde etwa 2013 im Rahmen des europäischen Programms zum Schutz kritischer Infrastrukturen (EPCIP) eingestanden (Europäische Kommission 2013). Das Umdenken und neue Handeln benötigt aber Zeit. Zeit, die wir in vielen Bereichen nicht haben, da die Entwicklungen mit den potenziellen negativen Auswirkungen ungebremst voranschreiten. Dennoch müssen wir damit beginnen.

Systemisches Denken

Damit schließt sich der Kreis zum linearen Denken. Albert Einstein wird gerne mit „Probleme kann man niemals mit derselben Denkweise lösen, durch die sie entstanden sind." zitiert. Daher sind aktuelle und zukünftige Herausforderungen, wie etwa der Klimawandel, Technikkatastrophen („man-made disaster"), Finanzkrisen, Lebensmittelkrisen, Antibiotikaresistenzen, Terrorismus, Hungersnöte, Naturkatastrophen, Pandemien oder Ressourcenverknappung nicht alleine mit dem bisherigen – vergangenheits- und erfahrungsbasierten – Denken zu lösen.
Die „Steuerung" vernetzter Systeme erfordert ebenso vernetztes Denken und Handeln, also systemisches Denken. Dabei müssen wir uns von der Vorstellung der Steuerbar- und Kontrollierbarkeit, wie dies bei Maschinen möglich ist, verabschieden. Das funktioniert bei komplexen, offenen Systemen nicht. Nur wenn wir das akzeptieren können, können wir lernen, mit den neuen Herausforderungen und den damit verbundenen Risiken umzugehen (Langner 2012).

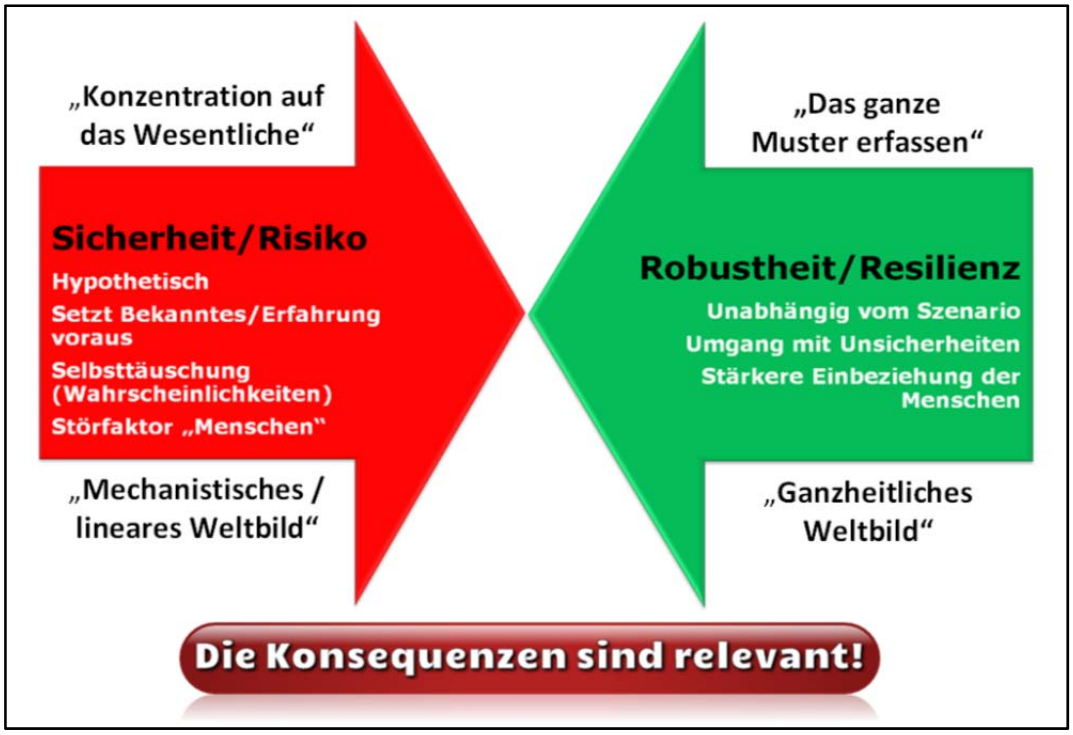

Abbildung 11: Ein Paradigmenwechsel in der Sicherheitsbetrachtung ist erforderlich
Quelle: Eigene Darstellung

Systemisches Denken hilft, das Wesentliche eines Systems, die Wirkungsgefüge und Wechselwirkungen, zu erkennen. Dabei geht es nicht mehr um die Konzentration auf das Wesentliche, sondern um die Erfassung des ganzen Musters. Darüber hinaus muss die Aufmerksamkeit auf Entwicklungen und nicht auf Zustände gelegt werden. Denn Zustände ändern sich in dynamischen Systemen häufig (Vester 2011, Dörner 2011, Krizanits 2014).

Zusätzlich ist ein „Sowohl-als-auch-Denken“ erforderlich. Die technische Vernetzung hat der Menschheit viele positive Errungenschaften gebracht. Leider neigen wir dazu, diese Seite überzubewerten und die möglichen Schattenseiten bis zum Eintritt zu ignorieren. Unser abendländisches „Entweder-oder-Denken“ ist binär. Gut und schlecht, warm und kalt, trocken und heiß, gesund und krank, arm und reich, und so weiter. Die Betonung liegt auf „und“, nicht etwa auf „oder“. Dieser Aspekt steht uns häufig im Weg. Damit werden auch viele Handlungsspielräume eingeschränkt. Mit einem „Sowohl-als-auch-Denken“ lässt sich die Realität leichter abbilden. Sie ist nicht nur schwarz/weiß, sondern es gibt viele Graustufen dazwischen, wenngleich die Pole eine wichtige Rolle spielen und sich gegenseitig bedingen. (Beck 2008, Völkl/Wallner 2013) Daher sollte es selbstverständlich sein, dass jede Sonnenseite auch eine Schattenseite hat.

Auch in Zukunft werden wir lineares, logisches, rationales, analytisches oder fachspezifisches Denken für dafür geeignete Prozesse und Technologien benötigen. Aber wir brauchen zusätzlich Menschen, die das ganze System überblicken und mögliche Fehlentwicklungen erkennen können. Denn die bisher durchaus sehr erfolgreiche Denkweise eignet sich nur für die Lösung von Problemen in Systemen mit geringer Komplexität. Werden sie zur Steuerung von hochkomplexen Systemen verwendet, führen sie zu unerwünschten oder häufig sogar zu schmerzhaften Neben- und Folgewirkungen (Beck 2008). Je größer das System wird, desto schwieriger wird die Realisierung. Daher müssen die in diesem Beitrag (nicht vollzählig) aufgezählten Aspekte bereits im Systemdesign einfließen.

Natürlich wäre es eine Utopie anzunehmen, dass sich das einfach und per Top-Down-Anordnung umsetzen ließe, was sogar der Natur komplexer Systeme widersprechen würde. Daher geht es darum, dieses Wissen möglichst breit zu streuen, damit es in möglichst vielen Bereichen einfließen kann und die Selbstorganisationsfähigkeit komplexer Systeme, wie es auch unsere Gesellschaft eines ist, zu mobilisieren. Dazu gehört etwa auch wieder die stärkere Übernahme von Eigenverantwortung (Dueck 2010, Giebel 2012). Diese Fähigkeiten werden wir in turbulenten Zeiten dringend benötigen. Von der Natur wissen wir, dass sich evolutionäre Veränderungen aus vielen kleinen Puzzlestücken entwickeln. Diese fügen sich zum richtigen

und nicht vorhersehbaren Zeitpunkt ohne zentrale Steuerung zusammen. Es gibt keinen großen Plan. Alle Versuche der zentralen Steuerung sind bisher im wahrsten Sinne des Wortes brutal gescheitert.
Auslöser für fundamentale Änderungen sind meist große Brüche oder Krisen. Nicht von ungefähr bieten Krisen auch immer Chancen, eingetretene Pfade zu verlassen und neue Wege zu gehen. In der Vergangenheit waren derartige Krisen häufig mit Kriegen verbunden. Wir hätten heute das Wissen und die Fähigkeiten, eine evolutionäre Weiterentwicklung auch ohne Zerstörungen voranzutreiben.
Was wir bereits heute tun können, ist, uns auf turbulente Zeiten einzustellen und vorzubereiten, indem wir möglichst viele Puzzlestücke gestalten, die uns etwa auf eine mögliche Post-Wachstumsära vorbereiten. Oder, indem wir beginnen, das Systemdesign unserer Kritischen Infrastruktur zu überdenken. Bis hin zur Erhöhung der gesamtgesellschaftlichen Resilienz, indem die Bevölkerung wieder als aktives Systemelement gesehen und die Selbsthilfe- und Selbstorganisationsfähigkeit gestärkt wird (Giebel 2012). Viele kleine Aktivitäten, wie etwa der Wunsch nach regionalen Produkten und Wertschöpfung, einer dezentralen Energieversorgung aus erneuerbaren Energiequellen, Urban Gardening („der Garten in der Stadt“) oder Komplementärwährungen sind Anzeichen dafür, dass Veränderungen bereits bottom-up begonnen haben. Bottom-up bedeutet dabei, dass Menschen aus eigener Überzeugung von sich aus tätig werden und einen Veränderungsprozess anstoßen, der keinem Masterplan folgt und daher nur bedingt steuerbar ist. Gerade die unausweichliche Energiewende führt zu einer massiven Machtverschiebung. Dass derartige Entwicklungen nicht reibungslos von sich gehen werden, ist selbstsprechend (Scheer 2012). Besonders gefährlich ist dabei der derzeit eingeschlagene Weg, wie das grundsätzlich dezentrale System der erneuerbaren Energieversorgung in das bisher zentrale System der Energieversorgung integriert wird. Die Energiewende bedeutet weit mehr als nur die dezentrale Stromerzeugung, wie sie derzeit vorwiegend verfolgt wird. Sie erfordert einen Kulturwandel, um die bestehende Komplexitätslücke wieder zu minimieren. Daher ist gerade in diesem Bereich ein Plan B – was machen wir, wenn das System die Eingriffe nicht mehr verträgt und es zu einem temporären Systemkollaps kommt – unverzichtbar. Einen solchen gibt es derzeit jedoch nicht. Was wiederum auf unser lineares Denken und auf die Truthahn-Illusion (Abb. 10) zurückzuführen ist.

Kognitive Grenzen

Aus Studien ist bekannt, dass unser Hirn bei maximal 3-4 miteinander vernetzten Faktoren die Wechselwirkungen erfassen kann (Graeme 2005) und dann an kognitive Grenzen stößt. Das hängt etwa auch mit den exponentiell ansteigenden Wechselwirkungen zusammen. Gleichzeitig versuchen wir aber weiterhin die durch Vernetzung entstehende Komplexität mit unseren bisherigen linearen Denkweisen und Lösungsansätzen zu steuern.

Visualisierung

Eine Möglichkeit mit diesen kognitiven Grenzen besser umgehen zu lernen besteht in der Visualisierung bzw. Ursache-Wirkungsmodellierung. Dabei handelt sich vordergründig um ein Kommunikationsinstrument, das allen Beteiligten die Zusammenhänge und mögliche Wechselwirkungen (Wirkungszusammenhänge) besser vor Augen führen. Ein Modell wird umso besser, je mehr unterschiedliche und auch widersprüchliche Blickwinkel enthalten sind. Dabei muss immer Bewusst sein, dass ein Modell nicht die Realität, sondern nur ein vereinfachtes Abbild dieser darstellt, ähnlich wie eine Landkarte nur ein vereinfachtes Modell des Geländes ist und zur Orientierung dient. Zudem ist bei komplexen Situationen nie eine vollständige Berechenbarkeit sondern immer nur eine Annäherung möglich (Neumann 2013).
Hinzu kommt, dass Menschen grundsätzlich auf der Suche nach Mustern bzw. nach Erfahrungen aus der Vergangenheit sind, die bei der Bewältigung der aktuellen Situation helfen sollen (Krizanits 2013, Taleb 2013b). Das funktioniert bei bekannten Situationen sehr gut, stößt aber immer dann an Grenzen, wenn es sich um eine neuartige Situation handelt, etwa wie bei den Auswirkungen der Komplexitätsentwicklungen.
Auch bei der Modellierung wird man bei Unbekannten oder bei Unsicherheiten auf das bestehende Bauchgefühl zurückgreifen. Durch die transparente Darstellung und Diskussion können jedoch Schwachstellen bzw. auch Stärken besser erkannt werden, was beim reinen „Gefühl“ einer Person oder Personengruppe meist nicht möglich ist. Zudem kann das Modell jederzeit mit neuen Erkenntnissen weiterentwickelt und angepasst werden. Insgesamt geht es dabei weniger um fertige Erklärungen, als vielmehr um neue Möglichkeiten zum Erfassen sinnvoller Erklärungen (Neumann 2013).

Eine solche Vorgangsweise unterstützt etwa der *iModeler* (www.imodeler.info), der speziell zur Förderung von vernetztem Denken entwickelt wird und einfach und intuitiv zu bedienen ist, also massentauglich sein soll.

Abb. 12 stellt ein solches Wirkungsdiagramm dar, das den Zusammenhang zwischen technischen Sicherheitsmaßnahmen und der abnehmenden Information (Bewusstsein) über mögliche Risiken aufzeigt. Die roten Schleifen (-: mehr führt zu weniger; +: mehr führt zu mehr) Technische Sicherheitsmaßnahmen → Information über Risiko (Bedrohung) → Betroffene Menschen und Güter → Technische Sicherheitsmaßnahmen sowie Betroffene Menschen und Güter → Technische Sicherheitsmaßnahmen → Risiko kleiner Katastrophen → Betroffene Menschen und Güter sind selbstverstärkend. Die Schleife Technische Sicherheitsmaßnahmen → Risiko kleiner Katastrophen → Technische Sicherheitsmaßnahmen ist ausgleichend.

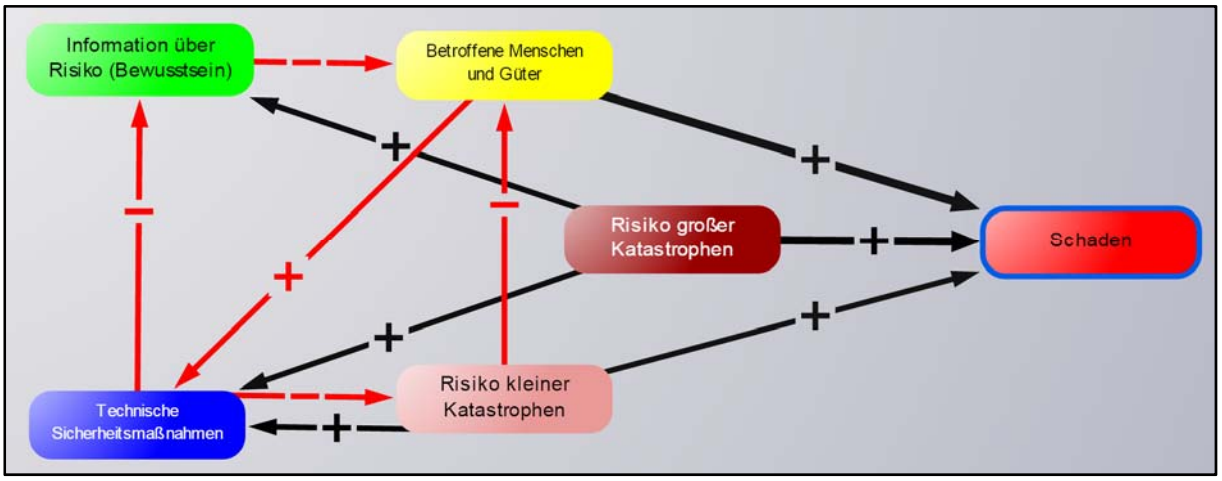

Abbildung 12: Beispiel Wirkungsdiagramm
Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Ossimitz et al. 2006

Hier wirken sowohl die real verringerte Gefahr von kleinen Katastrophen (etwa Überschwemmungen) als auch die Scheinsicherheit (die vermeintliche Abwesenheit von Gefahr durch fehlende Information) kontraproduktiv. Die Risikowahrnehmung sinkt und damit steigt die Risikobereitschaft, etwa in potentielle Überflutungsgebiete zu bauen. Kommt es zu einer großen Katastrophe, steigt der Schaden unverhältnismäßig, auch weil die Menschen nicht darauf vorbereitet sind. Diesem „Teufelskreis" kann man nur entgegenwirken, indem man mit dem Risiko bewusst umgeht und möglicherweise erforderliche Verhaltensweisen auch immer wieder übt (Ossimitz et al. 2006).

Eine weitere Visualisierung wurde mit dem Faktor „Systemsicherheit" und den ihn diesem Beitrag dargestellten Faktoren erstellt (Abb. 13).

Macht allein Schaden klug?

In der bisherigen Menschheitsgeschichte war es durchaus üblich, dass die Menschen aus „Versuch und Irrtum" klüger wurden (Kruse 2011, Renn 2014, Taleb 2013a). Das war auch insofern möglich, als das die damit verbundenen Schäden lokal/regional begrenzbar waren bzw. die Schädigung von Individuen in Kauf genommen wurden. In einer zunehmend vernetzten Welt und durch neue Technologien (etwa Gen- oder Nanotechnologie) können sich Schäden wesentlich rascher bzw. weitreichender ausbreiten. Darüber hinaus sind menschliche Verluste in einer auf höchstmögliche Sicherheit fixierten Gesellschaft moralisch nicht mehr zu rechtfertigen. Das Modell „Versuch und Irrtum" erscheint daher unter den heutigen Rahmenbedingungen nur eingeschränkt zukunftsfähig zu sein.

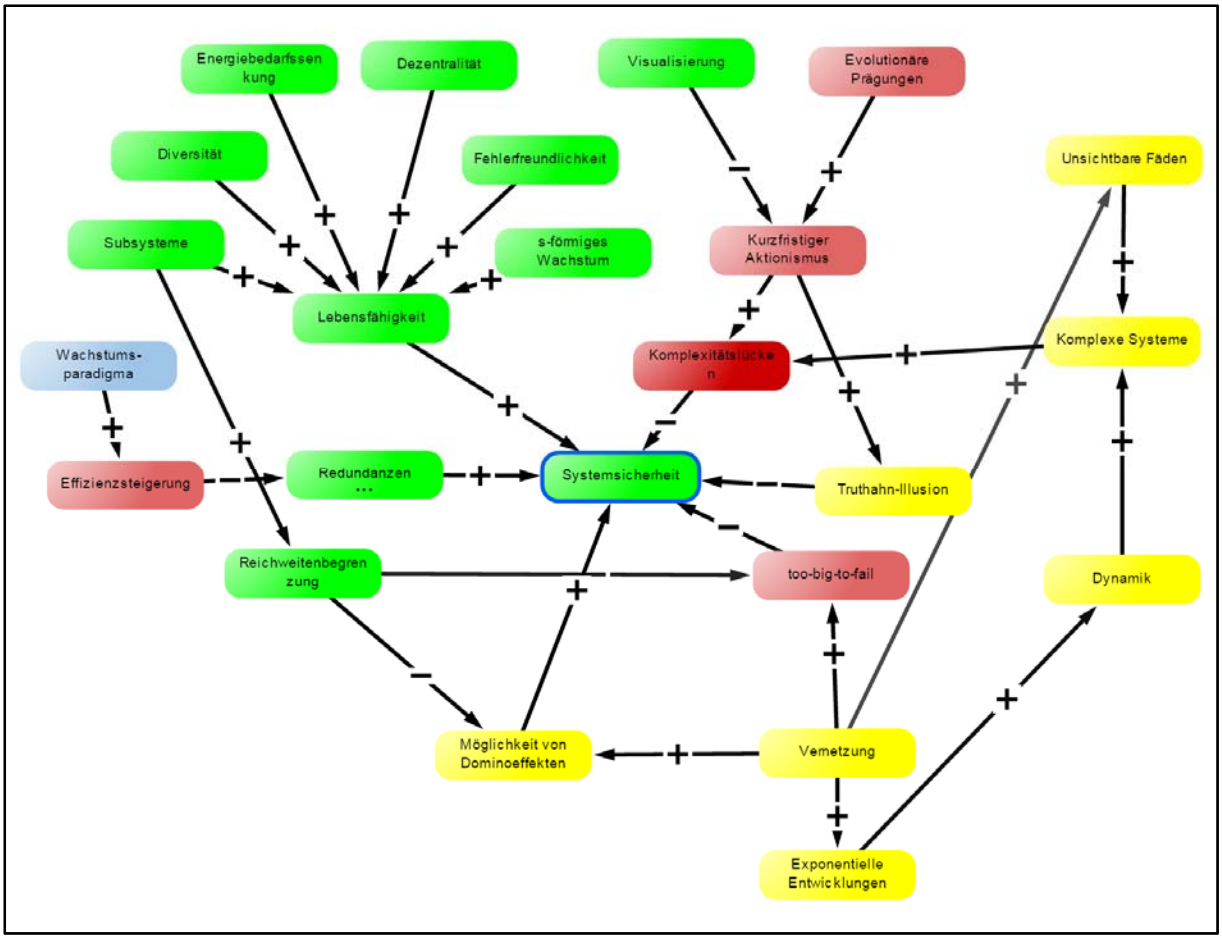

Abbildung 14: Visualisierung des Faktors Systemsicherheit aus dem Beitrag
Quelle: Eigene Darstellung

Zudem müssen wohl auch Naturgefahren und -risiken in einem viel breiteren Spektrum betrachtet werden. Denn auch durch Naturgefahren können weitreichende Dominoeffekte in einer hoch vernetzten Infrastruktur ausgelöst werden, wie dies etwas im Bericht zur Risikoanalyse im Bevölkerungsschutz 2014 (Deutschen Bundestag 2014) zur Sprache gebracht wird. Hierbei wurde angenommen, dass ein außergewöhnlicher Wintersturm eine Sturmflut und einen großräumigen Stromausfall auslöst. Für das Szenario Stromausfall wurden folgende Eckdaten herangezogen:

- unmittelbar: mehr als 6 Millionen vom Stromausfall betroffene Menschen,
- nach 24 Stunden: mindestens 4,8 Millionen vom Stromausfall Betroffene,
- nach 1 Woche: mindestens 3 Millionen vom Stromausfall Betroffene,
- noch nach 3 Wochen: mindestens 600.000 vom Stromausfall Betroffene.

Das ermittelte Schadensausmaß beziffert rund 1.000 Tote als Folge der Stromversorgungsunterbrechung. Auch wenn das angenommene Szenario als „sehr unwahrscheinlich“ eingestuft wird, sollte durchaus bewusst werden, dass hier Schaden nicht klug machen sollte. Auch 9/11 oder die Atomkatastrophe von Fukushima galten bis zum Eintritt als sehr unwahrscheinlich, was bei einem europaweiten Stromausfall mit möglicherweise mehreren hundert Millionen betroffenen Menschen nicht angenommen werden kann.
Komplexe Sachverhalte lassen sich nicht in einfach darstellbare und lösbare Teilprobleme zerlegen und anschließend wieder zu einer Gesamtlösung zusammenfügen. Daher ist es notwendig, auch bei Naturgefahren und -risiken mögliche Wechselwirkungen auf die vernetzte Infrastruktur frühzeitig zu erfassen und zu adressieren.
Bei komplexen Schadenslagen oder strategischen Schocks funktioniert auch unser bisher bekanntes und sehr wirkungsvolles „(Krisen-)Management“ nicht mehr bzw. nur mehr sehr eingeschränkt. Die Bewältigung etwa eines Blackouts kann nicht nur durch organisierter Hilfe erfolgen, sondern muss auf lokaler/regionaler Ebene auf Basis von Selbstorganisation erfolgen. Management ist nur möglich, wenn es entsprechende

(technische) Kommunikationsmöglichkeiten gibt, wovon bei einem Blackout nur sehr bedingt auszugehen ist.
Eine wesentliche Voraussetzung für eine erfolgreiche Bewältigung ist daher eine umfassende, integrierte Sicherheitskommunikation, die nicht nur anlassbezogen und ereignisorientiert erfolgt, sondern eine generelle Erhöhung der gesamtgesellschaftlichen Resilienz verfolgt (Giebel 2012).

Integrierte Sicherheitskommunikation

Eine integrierte Sicherheitskommunikation setzt bereits frühzeitig an, am besten bereits in der Schule. Mit ihr sollen wesentliche Fertigkeiten im Umgang mit Unsicherheiten und außergewöhnlichen Schadenslagen vermittelt werden. Dabei geht es oft nur um einfache Fertigkeiten, die in unserer hoch technisierten und abgesicherten Gesellschaft kaum mehr benötigt werden, aber im Anlassfall überlebenswichtig sein können. Damit würden auch ein bewusster Umgang mit Risiken gefördert bzw. die Abhängigkeiten vom Funktionieren der Kritischen Infrastrukturen reduziert werden. In letzter Konsequenz ist es für die Bevölkerung nebensächlich, wodurch ein Infrastrukturausfall herbeigeführt wurde, ob dies etwas durch ein Naturereignis, einen Sonnensturm, einem technischen Versagen oder einem gezielten Angriff ist, die Auswirkungen werden sehr ähnlich sein. Im Wesentlichen geht es um die Stärkung der Unsicherheitsbewältigungskompetenzen und der Selbstwirksamkeit sowie Selbsthilfefähigkeit, wenn äußere Umstände die organisierte Hilfe stark einschränken, was gerade auch bei Naturgefahren ein großes Thema ist (Giebel 2012).
Zum anderen ist es notwendig, das Systemdesign vieler derzeitiger Strukturen zu überdenken. Egal ob technischer oder sozialer Art, dezentrale und fehlerfreundliche Strukturen sind generell wesentlich Robuster gegenüber Störungen als unsere derzeitigen stark zentralisierten Lösungen.
Sicherheit kann nur erreicht werden, wenn auch der Umgang mit Unsicherheit diskutiert und geübt wird, da es keine Sicherheit ohne Unsicherheit gibt. Und dies erfordert vor allem die aktive Einbindung der Bevölkerung und einen offenen und transparenten Kommunikationsprozess.

Literaturverzeichnis

Beck, U 2008, *Weltrisikogesellschaft: Auf der Suche nach der verlorenen Sicherheit*, Suhrkamp, Frankfurt am Main.
Casti, J 2012, *Der plötzliche Kollaps von allem: Wie extreme Ereignisse unsere Zukunft zerstören können*, Piper, München.
Dörner, D 2011, *Die Logik des Misslingens: Strategisches Denken in komplexen Situationen*, Rowohlt, Reinbeck bei Hamburg.
Dueck, G 2015, *Schwarmdumm: So blöd sind wir nur gemeinsam,* Campus, Frankfurt am Main.
Dueck, G. 2013, *Verständigung im Turm zu Babel: Über Multi-Channel-Kommunikation und proaktives Zuhören*, Campus, Frankfurt, New York.
Dueck, G 2010, *Aufbrechen! Warum wir eine Exzellenzgesellschaft werden müssen*, Eichborn, Frankfurt am Main.
Deutscher Bundestag 2014, *Unterrichtung durch die Bundesregierung: Bericht zur Risikoanalyse im Bevölkerungsschutz 2014*, Online abrufbar unter: http://dip21.bundestag.de/dip21/btd/18/036/1803682.pdf [16.09.15].
Europäische Kommission 2013, *Commission staff working document on a new approach to the European Programme for Critical Infrastructure Protection. Brüssel*. Online abrufbar unter: http://ec.europa.eu/energy/infrastructure/doc/critical/20130828_epcip_commission_staff_working_document.pdf [16.09.15].
Frey U & Frey J 2011, *Fallstricke: Die häufigsten Denkfehler in Alltag und Wissenschaft*, C.H. Beck, München.
Giebel, D 2012, *Integrierte Sicherheitskommunikation: Zur Herausbildung von Unsicherheitsbewältigungskompetenzen durch und in Sicherheitskommunikation*, LIT, Münster.
Gigerenzer, G. 2013, *Risiko: Wie man die richtigen Entscheidungen trifft*, C. Bertelsmann, München.
Graeme, SH, Baker, R, McCredden, JE & Bain, JD. (n.a.): *How Many Variables Can Humans Process*? Online abrufbar unter: http://pss.sagepub.com/content/16/1/70.abstract [16.09.15].
Grüter, T 2013, Offline!: Das unvermeidliche Ende des Internets und der Untergang der Informationsgesellschaft, Springer, Heidelberg.
Klingholz, R 2014, *Sklaven des Wachstums - die Geschichte einer Befreiung*, Campus, Frankfurt.
Krizanits, J 2013, *Einführung in die Methoden der systemischen Organisationsberatung*, Carl-Auer, Heidelberg.
Kruse, P 2011, *Next practice: Erfolgreiches Management von Instabilität*, Gabal, Offenbach.
Langner, R 2012, *Robust Control System Networks/How to achieve reliable control after Stuxnet*. Momentum, New York.
Malik, F 2011, *Strategie: Navigieren in der Komplexität der Neuen Welt*, Campus, Frankfurt am Main.

Neumann, K. 2013, *KNOW-WHY: Erfolg durch Begreifen*, Books on Demand, Norderstedt.
Ossimitz, G & Lapp, C 2006, *Systeme: Denken und Handeln; Das Metanoia-Prinzip: Eine Einführung in systemisches Denken und Handeln*, Franzbecker, Berlin.
Renn, O 2014, *Das Risikoparadox: Warum wir uns vor dem Falschen fürchten*, Fischer, Frankfurt am Main.
Saurugg, H 2012a, *Die Netzwerkgesellschaft und Krisenmanagement 2.0. Wien-Budapest*. Online abrufbar unter: http://www.saurugg.net/wp/wp-content/uploads/2014/10/die_netzwerkgesellschaft_und_krisenmanagement_2.0.pdf [16.09.15].
Saurugg, H 2012b, *Blackout - Eine nationale Herausforderung bereits vor der Krise*. Online abrufbar unter: http://www.saurugg.net/wp/wp-content/uploads/2014/10/Blackout-Eine-nationale-Herausforderung-bereits-vor-der-Krise.pdf [16.09.15].
Scheer, H. 2012, *100% jetzt: der energetische Imperativ: Wie der vollständige Wechsel zu erneuerbaren Energien zu realisieren ist*, Antje Kunstmann, München.
Taleb, NN, Read, R, Douady, R, Bar-Yam, Y & Norman, J (n.a.): *The Precautionary Principle (with Application to the Genetic Modification of Organisms)*. Online abrufbar unter: http://arxiv.org/abs/1410.5787 [16.09.15].
Taleb, NN 2012, *Der Schwarze Schwan: Konsequenzen aus der Krise*, dtv, München.
Taleb, NN, 2013a, *Antifragilität: Anleitung für eine Welt, die wir nicht verstehen*, Albrecht Knaus, München.
Taleb, NN 2013b*, Der Schwarze Schwan: Die Macht höchst unwahrscheinlicher Ereignisse*, dtv, München.
Vester, F 2011, *Die Kunst vernetzt zu denken: Ideen und Werkzeuge für einen neuen Umgang mit Komplexität. Ein Bericht an den Club of Rome*, Deutscher Taschenbuch Verlag, München.
Völkl, K & Wallner, HP 2013, *Das innere Spiel: Wie Entscheidung und Veränderung spielerisch gelingen*, Business Village, Göttingen.
WHO n.a., WHO's first global report on antibiotic resistance reveals serious, worldwide threat to public health. Online abrufbar unter: http://www.who.int/mediacentre/news/releases/2014/amr-report/en/ [16.09.15].
Zurich Insurance Company Ltd & Atlantic Council of the United States 2014, *Beyond data breaches: global interconnections of cyber risk.* Online abrufbar unter: http://www.atlanticcouncil.org/images/publications/Zurich_Cyber_Risk_April_2014.pdf [16.09.15].

Sturmfluten, Washover-Prozesse und Dünendurchbrüche auf Sylt und Amrum

Tanja Tillmann

Email: tanja.tillmann@nihk.de

Abstract

Washover-Prozesse und -Ablagerungen sind weltweit an vielen Küsten verbreitet und gehören zum geomorphologischen Formenschatz vieler Dünen- und Barriereinseln. Auf den Nordseeinseln Sylt und Amrum sind rezente Washover-Areale besonders im Bereich der Inselenden zu finden. Dort sind in Folge winterlicher Sturmfluten Inseldurchbrüche zu befürchten. Durch die Arbeiten sollte nachgewiesen werden, ob und in welchem Maße Washover-Prozesse bereits in der Vergangenheit am Aufbau der Nordseeinseln beteiligt waren und welche Auswirkungen sie auf die Inselgenese hatten.

Washover-Prozesse können sowohl erosive als auch akkumulative Prozesse in Gang setzen. Auf der Grundlage bekannter Washover-Areale auf Sylt wurden typische Reflexionsmuster und -geometrien analysiert, die eine Identifizierung von Washover-Sedimenten und -strukturen mittels Georadar erlauben. Durch Bohrungen auf Amrum konnten Washover-Sedimente, die auf Dünendurchbrüche zurückzuführen sind, im sedimentologischen Profil nachgewiesen und mit Sturmfluten korreliert werden.

Die Daten zeigen, dass die Georadarmethode bei der Untersuchung von Washover-Ablagerungen im Vergleich zu anderen geomorphologischen Methoden bedeutende Vorteile bietet. Die Ergebnisse lassen sich zudem zur Identifizierung und Abgrenzung historischer Washover-Events im sandigen Sedimentationsraum einer Dünen- und Barriereinsel, die aus dem gleichen geomorphologischen Prozesssystem hervorgehen, anwenden.

Einleitung

Coastal overwash ist ein an vielen Küsten weltweit verbreiteter Prozess. Voraussetzung für Washover-Prozesse sind zeitlich und örtlich erhöhte Wasserstände. Mit Ausnahme von tektonisch bedingten Tsunamis sind hohe Wasserstände allgemein meteorologisch bedingt. In der Nordsee (Deutsche Bucht) werden hohe Wasserstände und Sturmfluten durch eine Kombination von Tiefdruckgebieten, Gezeiten, Windstau und Fernwellen verursacht (Gönnert 2003).

Washover-Prozesse konzentrieren sich primär auf exponierte Dünen- und Barriereinseln (Leatherman 1981; Leatherman et al. 1977; Schwartz 1975). Dort erzeugen hohe Wasserstände in Verbindung mit starkem Seegang und hoher Wellenenergie neben abrasionsbedingter Küstenerosion oft großflächige Überflutungen der niedrig gelegenen Gebiete und führen zu Sedimentinput. Bei den vorwiegend aus Lockersediment aufgebauten Nehrungen und Barriereinseln kommt es dabei örtlich zum Bruch der Dünenkette (Donnelly et al. 2006; Kraus & Wamsley 2003; LaRoe 1976) und zum anschließenden „Washover". Als Washover wird der durch den Prozess des „coastal overwashs" induzierte Sedimenttransport und die darauffolgende Akkumulation bezeichnet (Larson et al. 2004; Xuan Tinh 2006).

Washover-Prozesse haben Auswirkungen auf die Morphologie und Entwicklung der Küsten und Inseln, die im Folgenden kurz anhand der einschlägigen Fachtermini erläutert werden. Ein linienhafter Insel- und Dünendurchbruch, der von der Seeseite bis zur Wattseite reicht, wird im deutschsprachigen Raum oft als „Schlopp" (Ehlers 1990: 643) bezeichnet und entspricht nach internationaler Nomenklatur einem „Washover-Channel" (z. B. Andrews 1970: 196; Vermeer 1963: 94). Durch die Washover-Channel werden abhängig von der Neigung der Barriere und der Breite der Insel erhebliche Mengen von Sediment vom Strandbereich quer über die Insel bis in die rückwärtige Marsch oder das Wattenmeer befördert und dort in als „Washover-Fan" bezeichneten Schwemmfächern akkumuliert (Hayes 2005; Perkins & Enos 1968). Werden die Washover-Sedimente in rückwärtigen aquatischen Inselbereichen (z. B. im Rückseitenwatt) akkumuliert, so spricht man von einem Washover-Delta (Leatherman 1976). Durch die Akkumulation von Washover-Sedimenten in stehenden Gewässern entstehen die von Schwartz (1975) als „delta-foresets" bezeichneten und mit einem Winkel von bis zu circa 30 Grad einfallenden Schichten. Delta-foresets-Schichten sowie nahezu horizontale Sedimentschichten sind typische sedime

ntäre Strukturen, die mit der Morphologie eines Washover-Fan (Schwartz 1982) oder eines Washover-Sheet (Buynevich et al. 2004; Davis 1992) assoziiert werden. Diese werden mit Nachlassen der Strömungsenergie im distalen Bereich eines Washovers fächerförmig abgelagert (Leatherman 1981; Leatherman & Zaremba 1987). Ausmaß und Ausdehnung von Washover-Ablagerungen sind abhängig von der Sturmfluthöhe und -dauer, der Windrichtung und -geschwindigkeit, der Wellenhöhe und -periode, des bathymetrischen Profils, der Topographie bzw. der Höhe und Weite der Barriere sowie deren Vegetationsbedeckung (Donnelly et al. 2006; Leatherman et al. 1977).
Während für die Küsten der USA, Mexikos und Australiens bereits Forschungsarbeiten zu sturm- und tsunamibedingten Washover-Prozessen vorliegen (vgl. z.B. Horwitz & Wang 2005; Leatherman 1979, 1982, 1983; Switzer et al. 2005, 2006; Wang & Horwitz 2007) besteht im Gebiet der Nordseeinseln ein Forschungsdefizit. Die Arbeiten von Lindhorst et al. (2008, 2010), Tillmann & Wunderlich (2013, 2014a, 2014b) und Tillmann (2015, 2014, accepted) zeigen jedoch, dass Washover-Prozesse auch im Bereich der Nordsee weit verbreitet sind und eine bedeutende Rolle für den Aufbau und die Genese von Nehrungshaken und Barriereinseln gespielt haben.

Die Bedeutung von Washover-Prozessen für die morphologische Entwicklung der Inseln

Die Häufigkeit von Dünendurchbrüchen resultiert aus der Höhe des Tidenhubes und der Sturmflutintensität (Leatherman et al. 1977; Schwartz 1975). Weitere Faktoren, welche die Ausbildung der Dünendurchbrüche beeinflussen, sind die Höhe und Stabilität der Dünen sowie die Existenz flacher Bereiche zwischen den Dünenzügen sowie die Strandbreite (Leatherman 1988). Das Wachstum und die Widerstandsfähigkeit eines Dünengebietes wird wiederum primär durch die Häufigkeit und Intensität von Washover-Ereignissen gesteuert (Ritchie & Penland 1990).
Vorteil der Washover-Events für die Erhaltung der Inseln und Nehrungen ist die Sedimentversorgung der Rückseitenwatten. Um bei langsam steigendem Meeresspiegel die Inselbarriere aufrecht zu erhalten, muss - bei nur geringer Sedimentzufuhr von See her - ein landwärtiger Sedimenttransport innerhalb des Systems stattfinden. Ein Teil des Sedimenttransportes erfolgte früher äolisch über die Dünen; diese sind jedoch heute größtenteils biotechnisch festgelegt. Ein anderer Teil erfolgte durch die Schlopps. Einige Schlopps sind heute jedoch durch Küstenschutzmaßnahmen abgedämmt.
Hinsichtlich eines durch den „Global Change“ induzierten Meeresspiegelanstieges (Gönnert 2003) ist eine natürliche Erhöhung der rückseitigen Bereiche der Düneninseln durch ein positives Sedimentbudget in Zukunft von essentieller Bedeutung. Dies gilt vor allem für die rückseitigen Inselgebiete, die noch nicht durch „harte“ Küstenschutzmaßnahmen wie Deiche geschützt und von den natürlichen Überflutungen abgeriegelt sind. Ferner wird durch den zukünftigen Meeresspiegelanstieg eine Zunahme von Washover-Ereignissen sowie eine Verringerung des Sedimentangebotes durch intensivierten Küstenschutz weltweit an vielen Küsten erwartet (Sedgwick & Davis 2003).
Historische - durch Sturmfluten induzierte Dünendurchbrüche - sind in Chroniken zeitlich oftmals genau belegt. Einige Schlopps stellten Jahrhunderte lang Schwachstellen innerhalb der Küstenlinie dar und wurden während darauffolgender Sturmfluten reaktiviert. Auf den Nordfriesischen Inseln Sylt und Amrum sind heute vor allem die Inselenden von sturmflutbedingten Dünendurchbrüchen betroffen (vgl. Tillmann & Wunderlich 2014b). Auch in Zukunft kann man davon ausgehen, dass einzelne Gebiete potentielle Schwachstellen für Dünendurchbrüche darstellen. Ein Nachteil besteht primär in der erhöhten Gefährdung der Inselbereiche, die durch eine hohe Besiedlungsdichte und touristische Infrastruktur geprägt sind. Hier können Washover-Prozesse zu Naturkatastrophen werden. Darüber hinaus schützt eine intakte Inselbarriere das dahinter liegende Wattenmeer und die Festlandsbereiche vor Wellenangriff und Überflutungen.

Untersuchungsgebiete

Ziel der folgenden Studie ist die Gegenüberstellung unterschiedlicher geomorphologischer Strukturen und Sedimente, die auf sturmflutbedingte Washover-Dynamik zurückzuführen sind. In rezenten, durch Washover-Dynamik beeinflussten Gebieten der Nord- und Ostfriesischen Inseln, werden Beispiele zur Identifizierung und Abgrenzung von Washover-Strukturen und Sedimenten angeführt. Geomorphologisch lassen sich sowohl Erosions- als auch Sedimentationsstrukturen nachweisen.
Die Nordfriesischen Inseln Sylt und Amrum in der südlichen Nordsee (Deutsche Bucht) sind als Außengrenze des Wattenmeeres den Küsten des Festlandes vorgelagert und gehören zu einer Kette von Barriereinseln

(Tillmann 2014b). Die Untersuchungsgebiete beschränken sich geomorphologisch auf den Bereich der Nehrungshaken (Abb. 1), deren Entstehung durch den Küstenlängstransport von Sedimenten aus dem pleistozänen Liefergebiet der Inselgeestkerne erfolgte.

Dünendurchbrüche und Küstenschutz auf Sylt

Die Sylter Westküste liegt mit der Breitseite in der Hauptangriffsrichtung der Wind- und Wellenenergie. Es überwiegen nach Häufigkeit und Stärke Winde aus den Sektoren W, NW und SW, die infolge von Sturmfluten hohe Wasserstände, Seegang, und erhebliche Brandungsenergien im Bereich der Sylter Westküste erzeugen können (Dette 1977; Lamprecht 1957). Vorgelagerte, die Insel schützenden Außensände und Sandbänke wie vor Amrum fehlen vor Sylt, sodass Seegang, Brandung und Tidenströmung an der als „Hochenergie-Küste" (Schäfer 2005: 228) bezeichneten Westküste zu starken Abbrüchen führen. Die größten Abbruchsraten sind am südlichen Inselende (Hörnum Odde) zu verzeichnen.

Einen massiven Eingriff in das natürliche Küstensystem der Hörnum Odde stellen die 1967/68 am Weststrand zum Schutze der 1959 erbauten Kersig-Ferienhaussiedlung errichteten Tetrapoden dar (Kramer 1992). Durch das 1270 m lange Tetrapodenquerwerk sollte der durch Küstenlängstransport in das Hörnum-Tief verfrachtete Sand länger vor der Küste verweilen. Zwar setzte schon kurz nach Bauende eine Sandablagerung und Strandverbesserung im Luv der Bühne ein, auf der Lee-Seite kam es jedoch zur Steigerung der jährlichen Abbruchraten von 2 m auf 15 m (Besch 1996). Zwischen den Jahren 1974 und 1980 wurden südlich des Längswerkes insgesamt 150 m Dünen erodiert (Kelletat 1992). Zum Ausgleich negativer Sandbilanz sowie der Abschwächung erosiver Phasen und der Sicherung und Entlastung der Randdüne durch Reduzierung der Wellenbelastung werden auf Sylt seit 1972 in regelmäßigen Abständen Sandvorspülungen praktiziert (EAK 1993). Eine besondere Form der Sandaufspülungen stellen die Sandersatzmaßnahmen im Bereich der überflutungsgefährdeten Dünentäler dar.

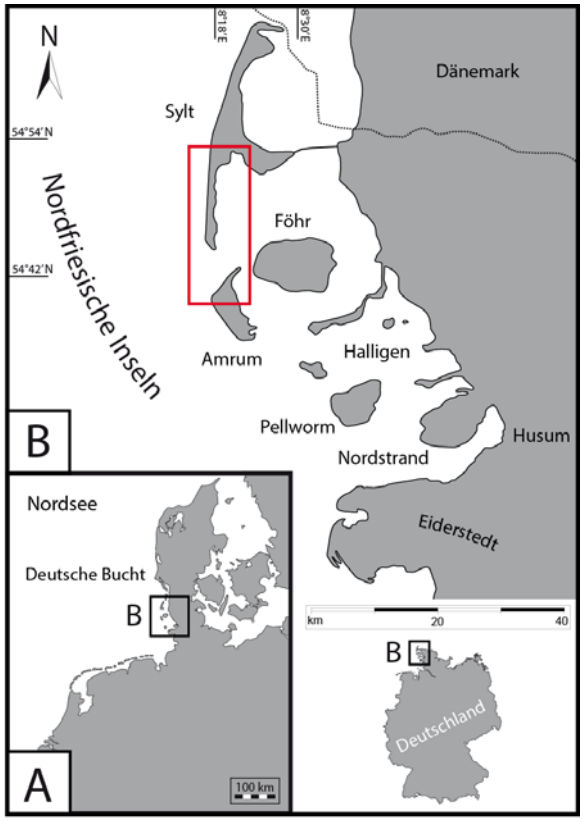

Abbildung 1: Untersuchungsgebiete auf den Inseln Sylt und Amrum
Quelle: Eigener Entwurf in Anlehnung an die Topographische Karte Deutschland/Schleswig Holstein, Landesvermessungsamt Schleswig-Holstein, Bundesanstalt für Kartographie und Geodäsie 2005)

Dünendurchbrüche und Küstenschutz auf Amrum

Im Vergleich zu Sylt spielt der Küstenschutz der Insel Amrum eine untergeordnete Rolle. So sind für Amrum in Chroniken der jüngeren Vergangenheit keine größeren Landverluste durch zerstörerische Sturmfluten

hinterlegt. Durch den Kniepsand und die im Westen vorgelagerten Außensände wird Amrum vor dem direkten Angriff der Nordsee geschützt (Tillmann et al. 2013). Während Sturmfluten wird der größte Teil der Energie bereits am Kiepsand dissipiert, sodass der Inselkern nur selten direkt von Brandung und Seegang beeinflusst wird. Dementsprechend finden bei Extremereignissen die größten Sedimentumlagerungen im Bereich des Kniepsandes statt. So ist der Küstenschutz der Westküste stark von der Entwicklung des Kniepsandes geprägt. Die Anfänge des Küstenschutzes auf Amrum gehen auf das 18. Jahrhundert zurück und hatten primär das Ziel, den zunehmenden Sandflug mit Hilfe biotechnischer Maßnahmen einzudämmen. Dazu zählen das Errichten von Sandfangzäunen und die gezielte Anpflanzung von Strandhafer (*Ammophila arenaria*). Aufgrund günstiger natürlicher Bedingungen begann der Bau von massiven Schutzwerken erst ab dem Jahre 1895 (Kramer 1992).

Auf Amrum wurde eine durchgehende Dünenkette, die im Westen der Norddorfer Marsch bestand, während der Sturmflut 1825 durchbrochen (Müller & Fischer 1937). In der Folgezeit wurde mit biotechnischen Maßnahmen versucht die Dünenlücken zu schließen. Um 1850 war der Bereich an dem der Nordhaken ansetzt jedoch fast völlig abgetragen. Nur ein 1,5 m hoher Dünenwall schützte die dahinter liegende Marsch noch vor Überflutung aus Westen (LKN-SH 2009). Man befürchtete einen erneuten Durchbruch zur Wattseite und eine Abtrennung der Amrum Odde von der Hauptinsel (Remde 1972). Diese Stelle wurde als Risumlücke (Müller & Fischer 1937: 197) bezeichnet. 1894 wurde mit dem Bau von Steinbuhnen am Nordende vor der Risumlücke begonnen, die jedoch die Gefahr eines Durchbruches nicht verhindern konnten. Erst nach mehrmaliger Überflutung der Marsch konnte im Jahr 1914 die Risumlücke durch einen 625 m langen Deich nordwestlich von Norddorf geschlossen werden (Kramer 1992).

Mit der Verlagerung des nördlichen Endes des Kniepsandes veränderte sich die Strömung im Bereich der Odde, sodass die Dünenkette bei Gäärsdeel etwa 1 km nördlich des Risumdeichs stark erodiert und abgetragen wurden (LKN-SH 2009). Das verschmälerte den Nordhaken zunehmend, sodass auch dort die latente Gefahr eines Inseldurchbruchs bestand. Da die Sturmfluten des Jahres 1936 und 1954 die mit biotechnische Maßnahmen geschaffenen Vordünen abräumten und das Wasser in Form eines Washovers bis an die Wattseite strömte, wurde ein Bitumendeich mit einer Höhe von +4,50 m NN gebaut (LKN-SH 2009), der inzwischen auf ganzer Länge eingesandet und durch eine Randdüne von durchschnittlich 6 m - 10 m Höhe überdeckt ist (Abb. 5).

Im äußersten Nordosten der Insel liegt die Amrum Odde, die von der Entwicklung des Kniepsandes bis dato noch nicht profitiert hat und als einziges Dünengebiet der Insel eine negative Sedimentbilanz aufweist. Die Randdünen der Odde sind zum Teil schmal und von deflationsbedingten Windrissen durchsetzt, sodass vereinzelt Dünendurchbrüche bei schweren Sturmfluten möglich sind. Der Kniepsand hat diesen Abschnitt bislang noch nicht in ausreichendem Maße erreicht, sodass die Odde den Meeresangriffen in Form von Brandung und Sturmfluten relativ schutzlos ausgeliefert ist und ein Sedimentnachschub aus Kniepsand und Küstenlängstransport ausbleibt. Die Bereiche, an denen der Kniepsand auf die Küste aufläuft, sind von Strömung und Brandung am stärksten betroffen. So verlagerte sich die Gefahrenstelle von Gäärsdeel zum Hüsdeel bzw. dem Haustal (Abb. 5), in dem sich noch heute auf +2,75 m NN Höhe dass 1936 von der Gemeinde Norddorf errichtete Vogelwärterhaus des Vereins Jordsand befindet. Eine Sturmflut am 23.12.1954 durchbrach den seeseitig schmal gewordene Dünenwall und flutete das dahinter liegende Haustal. Biotechnische Maßnahmen in Form von Sandfangzäunen und Strandhaferpflanzungen begünstigten den Wiederaufbau eines Strandwalles. Während der Sturmflut 1962 wurde dieser Dünenwall erneut auf einer Länge von ca. 300 Meter erodiert. Da zugleich der Dünenwall an der Wattseite durchgebrochen war, lag das Haustal auf beiden Seiten offen zu dem Meer. Durch biotechnische Maßnahmen und den Einsatz von Planierraupen wurden die Strandwälle wieder hergestellt. Während der Sturmflut 1965 brach die Nordsee jedoch erneut in das Haustal ein. In der Folgezeit wurde der Wiederaufbau der Dünenwälle vor dem Haustal zusätzlich durch die Wanderung des Kniepsandes nach Nordosten begünstigt. Bedingt durch die Nordostwanderung des Kniepsandes verlagerte sich der Gefahrenpunkt nach Norden. Weitere ehemalige Durchbruchstellen befanden sich Mitte der 1960er Jahre im Dünental Sahara. Anfang der 1970er Jahre sind Abbrüche des Dünenwalles vor dem Grat Bakerdeel (großes Seeschwalbental) festzustellen, sodass die Sturmfluten im Jahre 1976 eine Lücke von rund 150 Metern in die Dünekette rissen und zu einer vollständigen Überflutung des Dünentals führten (LKN-SH 2009). Durch biotechnische Maßnahmen wurden die Strandwälle wieder hergestellt und konnten sich begünstigt durch die fortschreitende

Nordostwanderung des Kniepsandes in der Folgezeit zu hohen und breiten Dünenwällen akkumulieren. Heute sind vor allem das weiter im Norden liegende Lungdeel (Langtal) sowie die äußerste Nordspitze bei Sturmfluten durch Überflutung gefährdet.

Methoden

Die Untersuchung rezenter Washover-Ablagerungen basiert auf Georadarmessungen, Bohrungen, sedimentologischen Analysen und geomorphologischen Geländebefunden. Das Georadar, engl. Ground-penetrating radar (GPR), ist ein hochauflösendes elektromagnetisches Impulsreflexionsverfahren, das eine hochauflösende und zerstörungsfreie Prospektion des oberflächennahen Untergrundes bietet (vgl. u. a. Annan 2001; Blindow et al. 2005). Elektromagnetische Wellen breiten sich im Untergrund aus und werden bei Änderungen elektrischer Materialeigenschaften reflektiert, gebrochen, gestreut und zum Teil absorbiert. Das reflektierte elektrische Feld der elektromagnetischen Welle wird aufgezeichnet und in einem Weg-Zeit-Diagramm, dem Radargramm, dargestellt. Durch die Reflexion an Schichtgrenzen oder Störkörpern erhält man ein quasi kontinuierliches Profil des Untergrundes in Abhängigkeit von dessen dielektrischen Eigenschaften (Annan 2009).

Hauptursachen für Reflexionen im Küstenbereich sind unterschiedliche elektromagnetische Materialeigenschaften bzw. die Ablagerungsstrukturen innerhalb der Sedimentkörper. In klastischen Sedimenten werden diese häufig durch Änderungen der Korngröße, -zusammensetzung, -form, -orientierung und -packung hervorgerufen. In vielen Sedimenten sind Korngröße und Sortierung eine Funktion der primären Ablagerungsstrukturen, sodass GPR-Reflexionen auf primäre sedimentäre Strukturen zurückzuführen sind (Bristow et al. 1996).

Die Georadarmessungen wurden mit einem Georadarsystem SIR 2000 der Firma Geophysical Survey Systems Inc. in Kombination mit den Antennenfrequenzen 200 MHz und 400 MHz Antenne durchgeführt. Topographische Höhenunterschiede entlang der GPR-Transekte führen zu Verzerrungen im Radargramm (Jol & Bristow 2003; Tillmann & Wunderlich 2012) und wurden im unmittelbaren Anschluss an die Georadarmessungen mit Hilfe eines differentiellen GPS Systems erfasst. Für die Radargramme wurde ein minimales Bearbeitungsverfahren gewählt, um sich bei der Interpretation möglichst nah an den Rohdaten orientieren zu können. Mit der Software Reflex-Win (Sandmeier Scientific Software) wurden entsprechend der nachfolgenden Reihenfolge die Nullzeitpunkt-Korrektur (static correction), der Dewow-Filter (subtract-mean dewow), ein Bandpass-Filter und der background removal-Filter angewandt. Mit Hilfe der Gain-Funktion (energy decay) konnte die mit zunehmender Tiefe verstärkte Signalabschwächung kompensiert werden.

Die sedimentologische Datenbasis stellen Bohrungen dar. In den Untersuchungsgebieten wurden Rammkern- und Pürkhauersondierungen durchgeführt. Die Rammkernsondierungen wurden mit einer Kombination aus Benzinschlagkopfbohrer (Wackerbohrer), Schlitzsonden (Ø = 80 mm, Ø = 60 mm, Ø = 30 mm) und hydraulischem Ziehgerät durchgeführt und bis zu einer Tiefe von 8 m abgeteuft. Aus den Bohrkernen wurden Sedimentproben für granulometrische Laboranalysen (Nass- und Trockensiebung) entnommen. Zur Berechnung korngrößenstatistischer Parameter wurde das Programm Gradistat nach Blott & Pye (2001) verwendet. Die Auswertung nach korngrößenstatistischen Parametern erfolgte mit der Methode nach Folk & Ward (1957).

Ergebnisse

Washover-Prozesse an der Südspitze bei Hörnum (Sylt)

Aktuelle Washover-Ereignisse und Dünendurchbrüche sind auf der Insel Sylt auf das südliche Inselende (Hörnum Odde) konzentriert (Abb. 2). Stellvertretend für die aktuelle Washover-Dynamik ist das GPR-Profil 2 (Abb. 3). Die Dünentäler der Hörnum Odde werden während Sturmfluten oftmals von West nach Ost überspült. Als Konsequenz der Dünendurchbrüche und um an diesen Stellen eine Abtrennung der südlichen Oddespitze zu verhindern, wurden zu Beginn der Sturmflutsaison 2007/2008 Sandersatzmaßnahmen in Form einer Dünenverwallung von rund 10700 m^3 eingebracht (LKN-SH 2009), die durch biotechnische Maßnahmen gesichert und durch Strandhaferpflanzungen stabilisiert wurde (Abb. 3 Bild C).

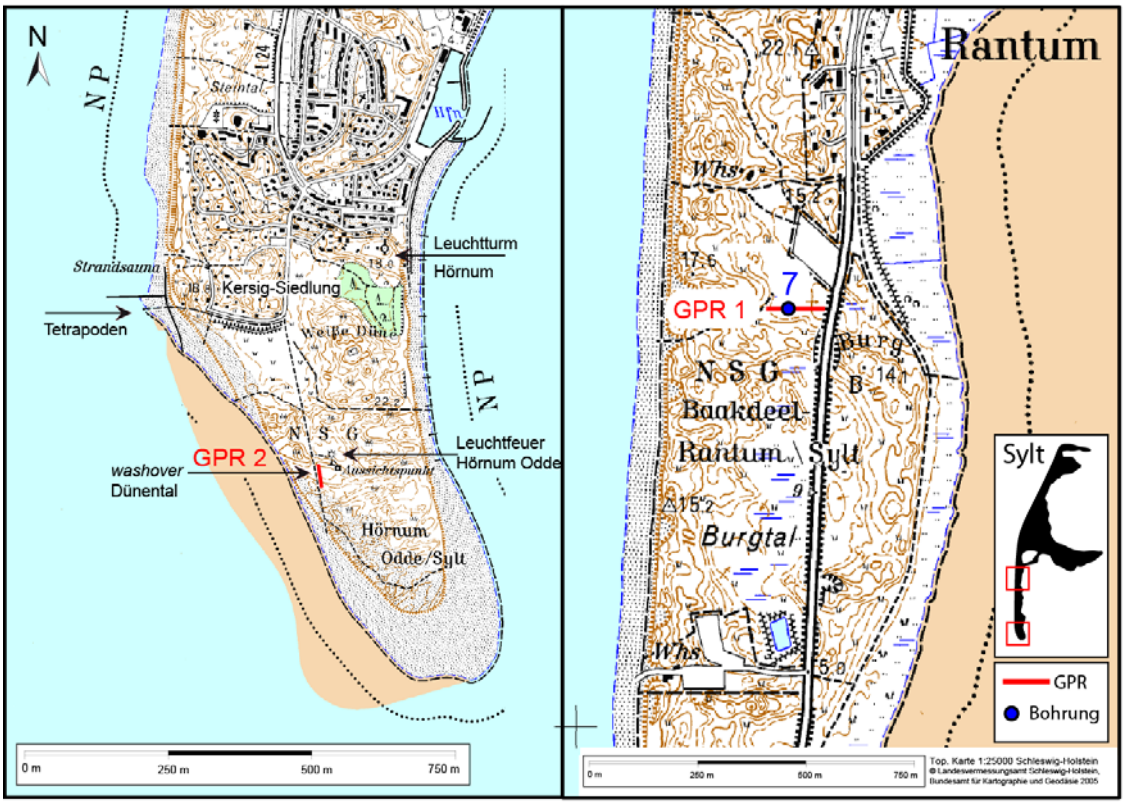

Abbildung 2: Topographische Karte von Sylt mit Lage der GPR-Profile 2 bei Hörnum sowie GPR-Profil 1 und Bohrung 7 bei Rantum
Quelle: Topographische Karte 1:25.000 Schleswig Holstein, Landesvermessungsamt Schleswig-Holstein, Bundesanstalt für Kartographie und Geodäsie 2005

Washover-Sedimente und durch -Strukturen wie z. B. Washover-Channel oder Washover-Fans können nicht immer durch hochauflösende Luftbilder identifiziert werden. Herkömmliche geomorphologische Methoden zur Untersuchung von Washover-Gebieten wie z. B. direkte Geländebeobachtungen oder die Interpretation von Luftbild- und LIDAR-Daten stoßen an die Problematik der räumlichen Abgrenzung und eindeutigen Identifizierung von Washover-Sedimenten und Strukturen. Die Identifizierung und Unterscheidung von Washover-Sedimenten einzig auf der Basis von sedimentologischen Daten aus Bohrungen ist ebenfalls nur bedingt möglich. In feinkörnigen, organisch angereicherten Marschsedimenten lassen sich Washover-Sedimente in der Regel leicht anhand von eingeschalteten grobklastischen gering sortierten Sand-, Muschel- und Schillhorizonten nachweisen (Godfrey 1979; Sedwick & Davis 2003). Washover-Sedimente in einem sandigen Sedimentationsraum wie z. B. im Dünengelände oder auf Sandwattflächen zu identifizieren ist bedeutend schwieriger. Darüber hinaus stammt ein Großteil der Washover-Sedimente selbst ursprünglich aus den erodierten Dünen und dem Strandbereich (Horwitz 2008). Die durch einsetzende äolische Morphodynamik umgelagerten Sande lassen sich durch Bohrungen kaum von den ursprünglich durch Washover-Prozesse transportierten und abgelagerten Sanden unterscheiden, da beide auf ein einheitliches Ausgangsmaterial zurückzuführen sind. Bohrungen bieten zudem nur punktuelle Informationen und liefern darüber hinaus kaum Informationen über den internen Aufbau und die sedimentologische Struktur von Washover-Ablagerungen. Eine räumliche Interpolation von Bohrdaten kann daher häufig zu Fehl- oder Überinterpretationen führen. Aufgrund fehlender Sedimentstrukturen lässt sich in der Regel auch keine eindeutige Fließrichtung des Washovers ableiten. Auch im Gegensatz zu Aufschlüssen (trenches) bietet die Georadarmethode in der Regel eine stärkere laterale Kontinuität, die vor allem für die Analyse von Sedimentstrukturen bedeutend ist. Washover sind Gebiete intensiver äolischer Morphodynamik (Leatherman & Zaremba 1987), sodass oft nicht zwischen der ursprünglich durch den Washover-Prozess induzierten Sedimentation und der unmittelbar im Anschluss einsetzenden äolischen Morphodynamik bzw. Dünenbildung unterschieden werden kann (vgl. Abb. 3 Bild D).

Das Georadar-Profil 2 (Abb. 3 Bild D) wurde im Oktober 2008 unter Verwendung eines GSSI SIR-2000 und einer 200 MHz Georadarantenne im rechten Winkel zur Washover-Fließrichtung gemessen (Abb. 2). Das

Transekt verläuft direkt auf dem Vorspülkörper der im Eingangsbereich zum Dünental eingebrachten Dünenverwallung (Abb. 3 Bild C). Der obere Profilbereich zeigt im Radargramm 2 nur wenig interne Reflexionen und umfasst Bereiche, die gänzlich frei von Reflektoren sind. Die wenigen, irregulären und diskontinuierlichen Reflexionen besitzen eine schwache bis sehr schwache Amplitude. Vereinzelt sind direkt an der heutigen Geländeoberfläche Diffraktionshyperbeln ausgebildet. Die ursprüngliche vor der Dünenverwallung bestehende Topographie des Dünentals ist durch den konkaven Talverlauf zu erkennen. Dieser spiegelt sich im Radargramm durch einen durchgehenden Hauptreflektor mit sehr starker Amplitude wieder. Unter dem Hauptreflektor bzw. am Grund des Dünentals sind zahlreiche Diffraktionshyperbeln konzentriert. An der Basis des Dünentals finden sich Reflexionen mittlerer Amplitude, die sich dem konkaven Verlauf der Topographie anpassen. Zum Teil sind diese Reflektoren wannen- bis rinnenförmig ausgebildet (Kasten 1 in Abb. 3 Bild D) und vereinzelt von Diffraktionshyperbeln umgeben. Im Randbereich ist zudem ein annähernd horizontaler Verlauf der Reflektoren zu beobachten (Kasten 2 in Abb. 3 Bild D). Das nördliche und südliche Profilende wird von den sich anschließenden Dünenzügen eingenommen.

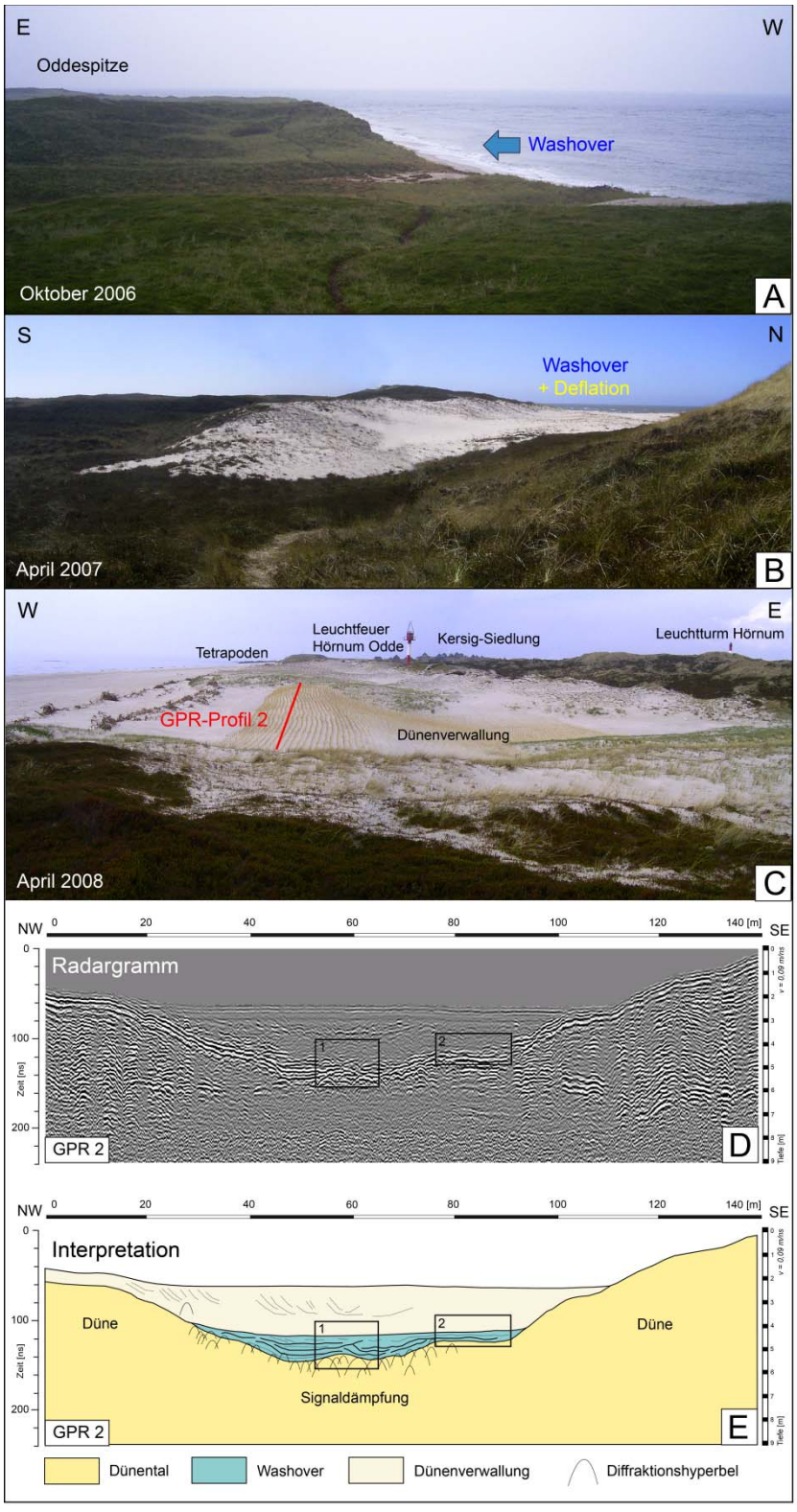

Abbildung 3: A. Dünental im Süden Sylts vor der Sturmflutsaison 2006/2007 (eigene Aufnahme) am 19.10.2006). Zur Lage siehe Abb. 2. B: Dünental nach der Sturmflutsaison (Aufnahme am 21.04. 2007). Zum Strand hin geöffnetes Dünental fungiert als Windkorridor und ermöglicht den Transport von Sand aus dem Strandbereich. Ursprüngliche Washover-Sedimente können im Gelände nicht von äolischen Sedimenten unterschieden werden. C: Der Eingang des Dünentals wurde 2008 durch eine aufgespülte Dünenverwallung geschlossen und durch biotechnische Strandhaferpflanzungen vor weiterer Deflation geschützt. D: GPR-Profil 2 (200 MHz). Radargramm nach dem Processing und der topographischen Korrektur. E: Interpretation und Legende. Quelle: in Anlehnung an Tillmann & Wunderlich (2014b).

Georadar-Profil 2 entspricht aus geomorphologischer Sicht dem nahe der Küstenlinie gelegenen Eingangsbereich eines Washover-Channel und bildet dessen Querschnitt ab. Als grundlegend für die Interpretation erweist sich die Verteilung von Diffraktionshyperbeln. Sie entstehen an solitären, punktförmigen Objekten im Untergrund, deren Abmessungen klein gegenüber der Wellenlänge sind. Diese Objekte reflektieren ein auftreffendes elektromagnetisches Signal in alle Richtungen, wirken dadurch als Punktstreuer und bilden sich im Radargramm im Form von Hyperbeln ab (vgl. Annan 2001; Neal 2004).
Der obere Abschnitt wird von den künstlich in Form einer Dünenverwallung eingebrachten Vorspülsanden eingenommen. Die Spülsande zeigen im Radargramm nur wenig interne Reflexionen und deuten so auf einen lithologisch homogenen Sedimentkörper (Ékes & Hickin 2001) hin. Die Washover-Prozesse der Hörnum Odde orientieren sich stark an der Topographie des Dünentals. Die ursprüngliche, vor der Dünenverwallung bestehende Topographie des Dünentals ist in den GPR-Daten anhand eines starken, durchgehenden Reflektors zu erkennen, der geomorphologisch den konkaven Talverlauf des sich erosiv in das Dünental eingeschnittenen Washover-Channel widerspiegelt. Die Sedimente im Liegenden des Dünentals sind zum Teil in ihrem oberen Bereich diskordant gekappt. Die hohe Amplitude des basalen Kontaktbereichs des Washover-Channel lässt sich durch den Materialwechsel und die dadurch geänderten elektromagnetischen Materialeigenschaften erklären. Zudem wird eine Anreicherung von Schwermineralen an der Basis der Washover-Sedimente, wie sie z. B. in Horwitz (2008), Leatherman et al. (1977) und Morton et al. (2007) beschrieben wurde, vermutet. Anschließend werden zuerst die tiefsten Stellen im Dünental durch Washover-Sedimentation verfüllt.
Treibgut gelangt mit der Sturmflutbrandung und durch Washover-Prozesse in das Dünental hinein. Die in das Dünental eingedrungenen Wassermassen branden auf diese Weise zeitweilig an die seitlichen Ränder des Dünentals. Nach Erreichen des Scheitelpunktes der Sturmflut und abnehmender Tidekurve gehen die Wassermassen zurück, fließen zum Teil der Schwerkraft folgend allmählich nach Westen aus dem Dünental heraus oder versickern im sandigen Untergrund des Talbodens. Die zurückfließende Strömung besitzt weitaus weniger Energie als die ursprüngliche Sturmflut. Die Abnahme der Fließgeschwindigkeit bedingt eine geringere Transportkapazität, sodass das von der westlich brandenden und in das Dünental durch Washover-Prozesse eindringenden Nordsee mitgelieferte grobkörnige Material und Treibgut nicht mehr in Suspension gehalten werden kann und im Dünental zur Ablagerung gelangt. Dies geschieht sowohl an der Dünentalbasis als auch an den seitlichen Rändern des Dünentals. Mit dichter Vegetation bewachsene Dünentäler fördern die Akkumulation von Treibgut und Sediment. Die Vegetation fungiert dabei insbesondere als Sedimentfänger für die bodennah transportierten Komponenten.
Sedimentologisch äußert sich die Abnahme der Strömungsintensität in einer für Washover-Ablagerungen typischen fining-upward Sequenz. Dementsprechend sind Washover-Sedimente in der Regel an ihrer Basis grobkörnig und werden mit abnehmender Fließgeschwindigkeit am Ende des Sturmes nach oben hin feiner (Andrews 1970; Leatherman & Williams 1983). Nach dem Zurückbleiben restlicher Wassermassen im Dünental folgt eine Stillwassersedimentation mit anschließender Verlandung.
Die ursprüngliche laterale und distale Ausbreitung der Washover-Ablagerungen ist im Gelände anhand von Teekgrenzen dokumentiert. Teekgrenzen sind durch Ablagerung grober Komponenten z. B. Treibgut, Kiese und Pflanzenreste gekennzeichnet. Im Radargramm produzieren diese Objekte Diffraktionshyperbeln. Der Höchststand der Wassermassen im Dünental bzw. der Scheitelpunkt der Sturmflut ist an den seitlichen Rändern des Dünentals durch eine den Flutsaum nachzeichnende Teekgrenze markiert.
Kiese, Strandgerölle und Treibgut werden vorwiegend nahe der Küstenline und an der Basis der Washover-Channel abgelagert (Leatherman & Zaremba 1987) und deuten auf eine erhöhte Fließgeschwindigkeit, Strömungs- und Wellenenergie zu Beginn der Überflutung hin und werden im Radargramm ebenfalls als Hyperbel dargestellt. Diffraktionshyperbeln an der Basis der Washover-Sequenz werden zum Teil auch durch überdeckte Vegetation (z. B. Strandhaferhorste oder Büsche der Kamtschatka-Rose) hervorgerufen. Vergleichbare Reflexionsmuster, die auf überdeckte Dünenvegetation zurückzuführen sind, wurden bereits von Wang & Horwitz (2007) und Giradi & Davis (2010) als solche interpretiert.

Washover-Prozesse bei Rantum (Sylt)

GPR-Profil 1 (Abb. 4) hat eine Länge von 97 Metern und verläuft in küstennormaler Richtung von West nach Ost. Es wurde eine maximale Erkundungstiefe von 160 ns TWT bzw. -3,85 m NN erreicht. Im GPR-Profil 1 lassen sich unterschiedliche Reflexionsbereiche identifizieren. Der obere Profilbereich (bis 40 ns TWT bzw.-0,2

m NN) wird von einfallenden Reflexionen der Dünenfazies eingenommen. Die untere Grenze bildet ein durchgehender, horizontaler Hauptreflektor mit starker Amplitude, der als Grundwasserspiegel interpretiert wird. Direkt unterhalb des Grundwasserspiegels sind kurze, nach Osten einfallenden Reflektoren nachzuweisen. Die moderat kontinuierlichen bis diskontinuierlichen Reflektoren verlaufen in ihrem oberen Bereich tangential und enden im unteren Bereich mit einem downlap auf den unterlagernden horizontalen Reflektoren (Profilbereich zwischen 65 ns - 110 ns TWT) der Sandwattfazies. Die mit einem Winkel von durchschnittlich 2° - 6° nach Osten einfallenden Reflektoren repräsentieren Ablagerungen, die auf Washover-Ereignisse zurückzuführen sind und werden daher als Washover-Fazies zusammengefasst. Ab 110 ns TWT gehen die Reflexionen in die unterlagernden, ebenfalls horizontal ausgebildeten Reflexionen eines Mischwatts über, die im Vergleich zum Sandwatt deutlich schwächere Amplituden zeigen. Die untere Grenze des Mischwatts wird durch einen starken Reflektor einer Radarschichtfläche in 125 ns TWT bzw. -3 m NN gebildet, der als Oberfläche des im Untergrund anstehenden Geestkerns gedeutet wird.

Bohrung 7 (Abb. 4) wurde als Pürkhauersondierung bis zu einer Tiefe von 3,5 m unter der Geländeoberfläche in das GPR-Profil 1 eingebracht (Abb. 2). Der obere Teil des Bohrkerns bis zu einer Tiefe von 0,8 m besteht aus gut sortiertem (0,49 φ) bis sehr gut sortiertem (0,32 φ) hellem Feinsand (2,59 φ - 2,87 φ) ohne makroskopisch erkennbare Muschelfragmente und Schillanteile. Die Oberfläche bildet ein bis zu einer Tiefe von 0,15 m ausgebildeter Podsol mit deutlichem Humusanteil und Wurzelwerk. Erst ab einer Tiefe von 1 m konnten im Bohrkern vereinzelt Muschelbruchstücke (*Cerastoderma edule*) nachgewiesen werden. Bohrung 7 zeigt von 3,5 m - 0,8 m Bohrtiefe eine deutlich ausgeprägte coarsening-upward Sequenz von Mittelsilt (6,12 φ) bis Mittelsand (1,21 φ). Der Bohrabschnitt zwischen 0,8 m und 2 m Tiefe besteht aus schlecht sortiertem (1,25 φ - 1,43 φ) Mittelsand und enthält damit die gröbsten Korngrößen des Bohrkerns. In einer Tiefe von 2 Metern bildet ein 10 cm mächtiger Oxidationshorizont die Grenze zur lithologischen Einheit im Liegenden. Neben Rostflecken sind dort feine Wurzeln sowie eine leichte Humusanreicherung zu erkennen. Bis zu einer Tiefe von 2,75 m besteht diese Einheit aus Feinsand (2,0 φ), der mit 1,63 φ insgesamt eine schlechte Sortierung aufweist. Ab einer Tiefe von 3 m deutet die dunkelgraue Sedimentfarbe auf stark reduzierende Sedimentationsbedingungen hin. In 3,1 m Bohrtiefe wurden Schalenreste der Baltischen Plattmuschel (*Macoma baltica*) gefunden. In einer Tiefe von 3,4 m konnten zudem Gehäuse der Wattschnecke (*Hydrobia ulvae*) nachgewiesen werden.

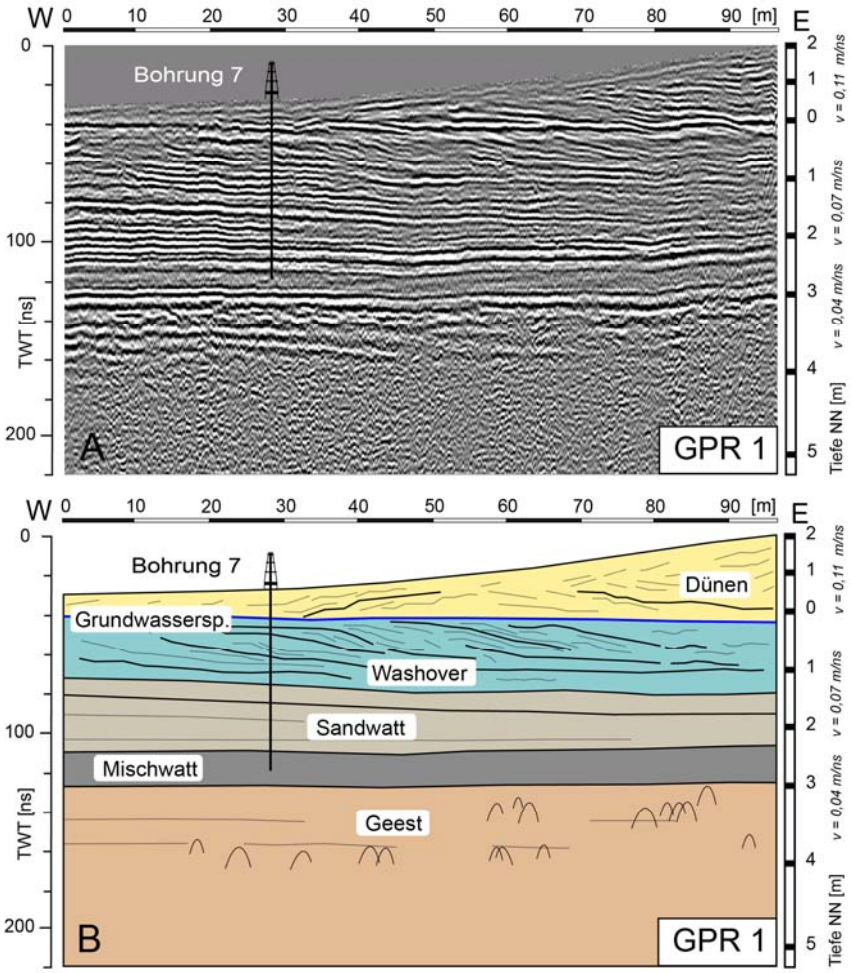

Abbildung 4: West-Ost streichendes GPR-Profil 1 (200 MHz). Zur Lage von GPR-Profil 1 und Bohrung 7 im Untersuchungsgebiet siehe Abb. 2 A: Radargramm nach dem Processing und der topographischen Korrektur. B: Interpretation
Quelle: Tillmann & Wunderlich (2013).

Washover-Prozesse bei Norddorf (Amrum)

Die Bohrung AR3 befindet sich im Gäärsdeel nördlich der Ortschaft Norddorf und südlich der Amrum Odde (54°42'03'' Nord und 8°20'31'' Ost) und wurde dort bei Niedrigwasser auf einer Salzwiese eingebracht (Abb. 5). Die Bohrung erreicht eine Tiefe von 8 m unter der Geländeoberfläche (Abb. 6). Dies entspricht einer absoluten Tiefe von -7,75 m NN. Aus Bohrung AR3 wurden 25 Proben granulometrisch untersucht.

Der oberste Abschnitt des Bohrkerns (Abb. 6) wird von einer 10 cm mächtigen Humusauflage mit Wurzeln der rezenten Salzwiesenvegetation eingenommen. Darunter folgen bis in eine Tiefe von 0,45 m hellgraue Feinsande (2,05 φ) mit einem Tonanteil von bis zu 11,5 %. Zwischen 0,45 m und 0,5 m Tiefe werden die Ablagerungen feiner und der Tongehalt nimmt mit 22,7 % zu. Die dominierende Korngröße ist sehr grober Silt (4,71 φ). Die obere Einheit stellt die heutige Salzwiese dar, die sich im strömungsberuhigten Lee der Amrum Odde gebildet hat. Wenige Meter im Osten wird die Landgewinnung und Vorlanderhöhung als Methode des Küstenschutzes durch das Anlegen zahlreicher Lahnungen und Grüppen seit 1951 unterstützt. Markant in den oberen 2 m Bohrtiefe ist eine ausgeprägte Wechsellagerung mit eingeschalteten Mittelsandlagen (1,85 φ - 1,87 φ). Im Gegensatz zur oberen Sandlage, die eine mäßig gute Sortierung 0,61 φ aufweist, sind die unteren beiden Sandschichten von durchweg schlechter Sortierung (1,67 φ - 1,74 φ). Der Anteil an Muschelschalen und Bruchschill ist in allen drei Sandlagen hoch. Zwischen den einzelnen Sandlagen sind die Sedimente feinkörniger. Der Anteil an Ton und organischer Substanz wie z. B. feinen Wurzeln ist entsprechend höher. Die mittlere Korngröße liegt zwischen Mittelsilt (6,02 φ) und sehr feinem Sand (3,75 φ). Der Tongehalt beträgt 10,8 % - 33,5 %.

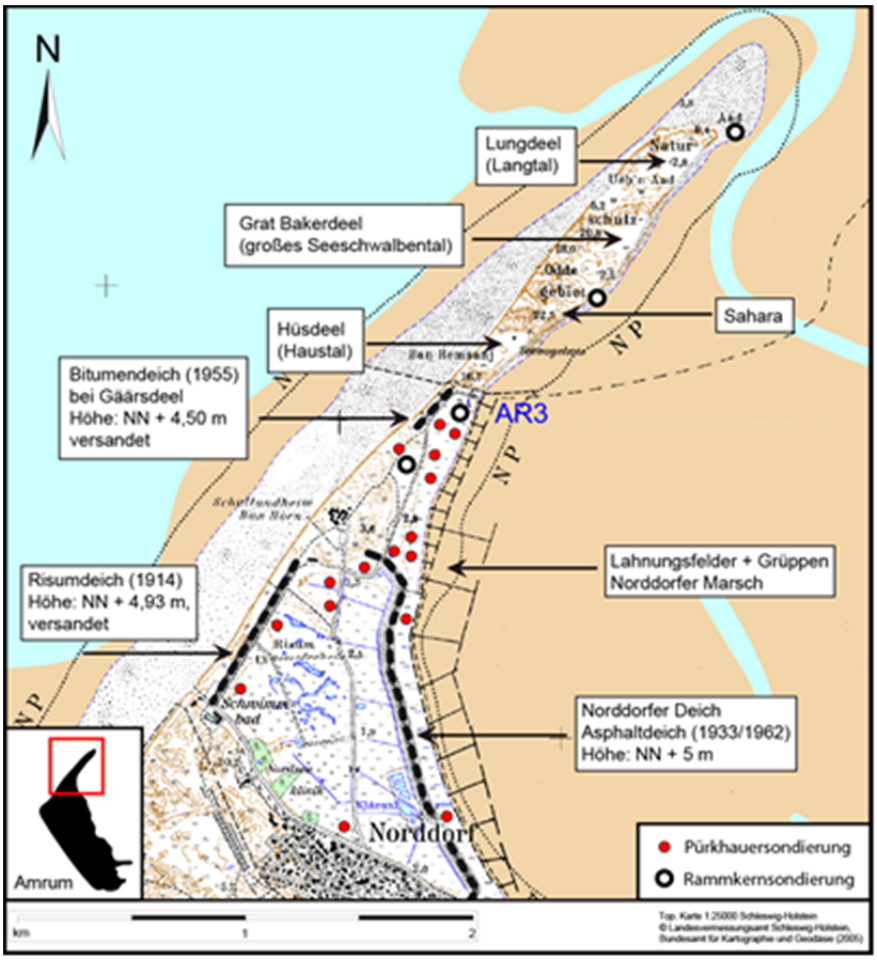

Abbildung 5: Topographische Karte mit Bohrungen und Küstenschutzelemente im Norden der Insel Amrum
Quelle: Topographische Karte 1:25.000 Schleswig Holstein, Landesvermessungsamt Schleswig-Holstein, Bundesanstalt für Kartographie und Geodäsie 2005).

Aus der jüngeren Geschichte Amrums ist bekannt, dass das Gebiet nördlich von Norddorf immer wieder durch Washover-Prozesse beeinflusst wurde (Albers & von Liebermann 2006; Quedens 1994). Schwere Sturmfluten in den Jahren 1936, 1954 und 1962 erodierten die Vordünen westlich des Gäärsdeels, sodass infolge der Sturmflut 1962 das Wasser in Form eines Washovers bis an die Wattseite strömte (Albers & von Liebermann 2006) und so auch das Salzwiesengebiet bei Bohrung AR3 überflutete. Darauf begründet werden die in die oberen zwei Meter des Bohrprofils eingeschalteten Mittelsandlagen als Washover-Sedimente gedeutet, die sich vermutlich in Form eines Washover-Fans auf der Salzwiese bei Bohrung AR3 ablagerten. Die schlechte Sortierung, der hohe Anteil an Bruchschill und die im Vergleich zu den umgebenen Schichten groben Korngrößen sprechen für die episodische Sedimentation unter temporär erhöhtem Strömungsregime.

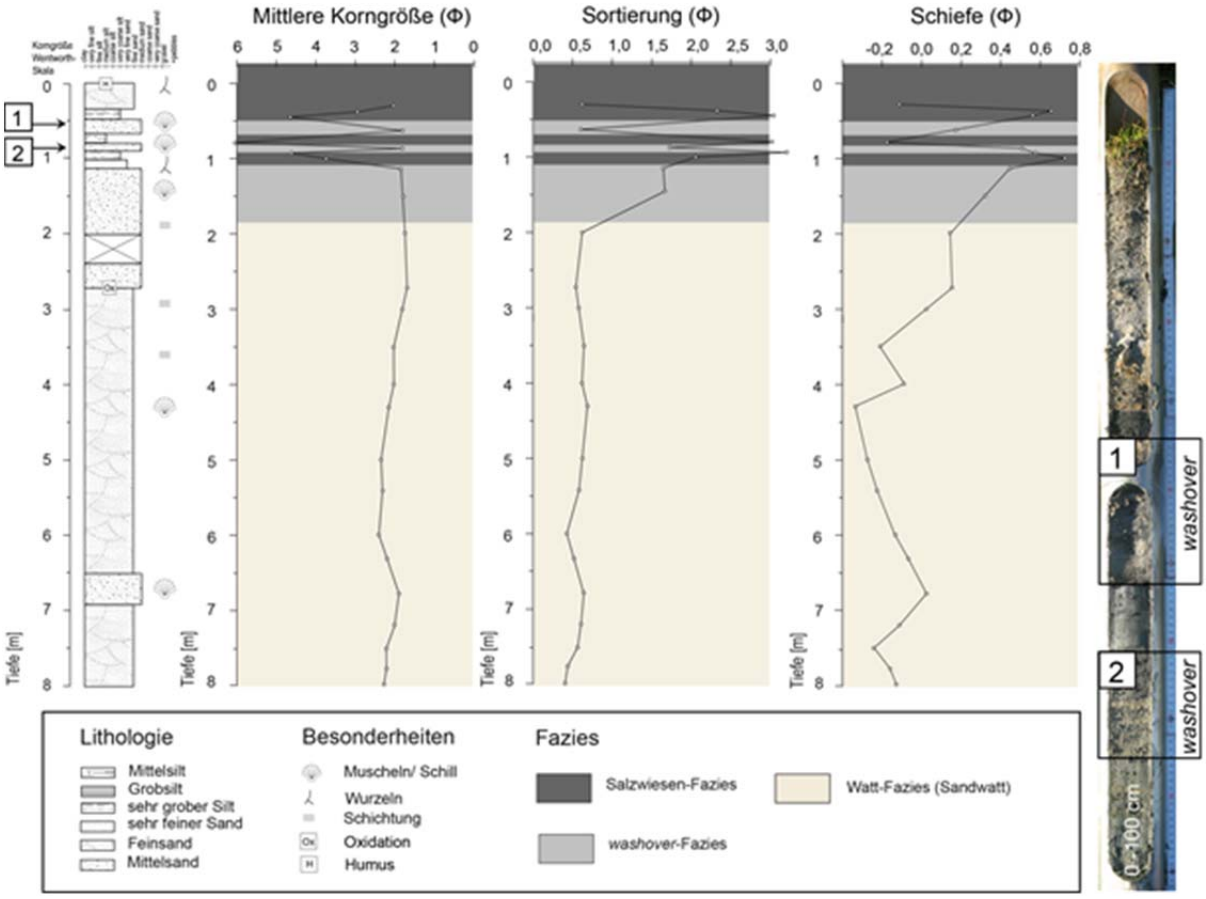

Abbildung 6: A - D: Korngrößenstatistik von Bohrung AR3. Die Bilder 1 und 2 zeigen Washover-Sequenzen innerhalb der feinkörnigen Salzwiesen-Fazies. Zur Position von AR3 im Untersuchungsgebiet siehe Abb. 5.
Quelle: Eigener Entwurf

Als Folge des Dünendurchbruchs wurde ein Bitumendeich mit einer Höhe von +4,50 m NN gebaut, der inzwischen auf ganzer Länge versandet und durch eine Randdüne von durchschnittlich 6 m - 10 m Höhe überdeckt ist. Dies erklärt, warum in den oberen 0,5 m keine Washover-Ablagerungen mehr nachzuweisen sind. Dennoch ist nicht auszuschließen, dass es sich bei den eingeschalteten Sandlagen (Abb. 6 Kasten 1und 2) ebenso um Sturmflutsedimente handelt, die durch eine Überflutung der Salzwiese von der Wattseite her abgelagert wurden und aus sedimentologischer Sicht auch ein Extremevent darstellen.
Die Abgrenzung zur Einheit des Liegenden kann aufgrund eines Kernverlustes zwischen 2 m und 2,45 m Tiefe lediglich interpoliert werden. Unterhalb von 2,45 m Tiefe tauchen im Bohrkern (Abb. 6) signifikant weniger Schillanteile auf. Überdies ist die gesamte untere Einheit deutlich besser sortiert. Die Sortierung der Fein- und Mittelsande (2,45 φ -1,65 φ) bewegt sich zwischen mäßig (0,71 φ) bis gut (0,43 φ). Muscheln kommen vermehrt in Tiefen von 4,25 m und 6,65 m vor. Zwischen 2,55 m und 3 m Tiefe deuten Rostflecken auf oxidierende Bedingungen hin. Im Liegenden sind die Sande ausschließlich hellgrau bis grau gefärbt. Eine gut ausgebildete Oxidationsschicht sowie ein Tongehalt von unter 2,3 % in der untersten sedimentologischen Einheit sprechen nach der Klassifizierung von Sindowski (1973, 1979) für ein Sandwatt.

Diskussion

Washover-Sedimente sind am sedimentären Aufbau der Barriereinsel-Sequenz von Sylt und Amrum beteiligt. Washover-Prozesse gehören damit zum natürlichen Formenschatz vieler Barriereinseln und können sowohl erosive als auch akkumulative Prozesse in Gang setzen. Auf der Grundlage bekannter Washover-Areale auf Sylt wurden typische Reflexionsmuster und -geometrien analysiert, die eine Identifizierung von Washover-Sedimenten und -Strukturen mittels Georadar erlauben.
Die Washover-Fazies unterscheidet sich hinsichtlich ihrer internen Struktur in den GPR-Profilen 1 und 2. Im küstennormal streichenden GPR-Profil 1 zeigt die Washover-Fazies einzelne, landwärts einfallende Sedimentschichten, die vorwiegend parallel zur ursprünglichen Hauptfließrichtung des Washovers von der

Westküste zur Ostküste Sylts orientiert sind. Diese entsprechen den von Schwartz (1975) als delta-foresets angesprochenen Sedimentschichten, die bei nachlassender Fließgeschwindigkeit in stehendem Wasser am distalen Ende eines Washovers fächerförmig abgelagert (Leatherman 1981). Delta-foresets-Schichten sowie nahezu horizontale Sedimentschichten sind typische sedimentäre Strukturen, die mit der Morphologie eines Washover-Fan (Schwartz 1982; Davis 1992) assoziiert werden. Aufgrund ihrer Mächtigkeit von bis zu 1,5 m werden die foreset-Schichten nicht als Ablagerung nur eines einzigen Washover-Events angesehen. So sind nach Davis (1994) Washover-Schichten, die durch einzelne Washover-Ereignisse abgelagert wurden, nur wenige zehner Zentimeter mächtig. Daher wird angenommen, dass es sich um mehrere, wiederkehrende Washover-Ereignisse handelt, die einzelne Washover-Lagen hinterließen und so im Laufe der Zeit einen Washover-Fan formten, der nach Angaben von Davis (1994) in der Regel mehrere Meter Mächtigkeit erreichen kann. Washover-Ablagerungen von mehreren Metern Mächtigkeit wurden auch von Lindhorst (2008) im Norden der Insel Sylt nachgewiesen und sind dort ebenso in den stratigraphischen Aufbau des nördlichen Nehrungshakens eingeschaltet.
Im Gegensatz zu den annähernd horizontalen bis leicht in Richtung Osten einfallenden Reflexionen sind die Reflexionen im Nordwest-Südost streichenden GPR-Profil 2 (Abb. 3) wannenförmig und zeigen Erosions- und Sedimentationsstrukturen, die vielmehr im rechten Winkel zur dominierenden Strömungsrichtung angeordnet sind und morphologisch einem Washover-Channel entsprechen. Der Talverlauf wird durch einen Reflektor mit starker Amplitude markiert. An der Basis sowie an den Rändern des Washover-Channel sind im Radargramm vermehrt Diffaktionshyperbeln nachzuweisen, die das dort abgelagerte Treibgut abbilden.
Die Daten von Sylt haben gezeigt, dass die Georadarmethode bei der Untersuchung von Washover-Strukturen und Ablagerungen im Vergleich zu anderen geomorphologischen Methoden bedeutende Vorteile bietet. Die Ergebnisse lassen sich zudem zur Identifizierung und Abgrenzung unbekannter Washover-Sedimente und Strukturen im sandigen Sedimentationsraum einer Dünen- und Barriereinsel, die aus dem gleichen geomorphologischen Prozesssystem hervorgehen, heranziehen. Auf Amrum wurde das Gebiet nördlich von Norddorf mehrfach durch Washover-Prozesse beeinflusst. Bis zum Bau des Deichs (Abb. 5) konnten im Norden Amrums sedimentologisch drei Washover-Ereignisse nachgewiesen werden (vgl. Bohrung AR3 in Abb. 6).

Ausblick

Hinsichtlich der Inselentwicklung spielen Washover-Prozesse auch in Zukunft eine wichtige Rolle. Um bei langsam steigendem Meeresspiegel die Inselbarriere aufrecht zu erhalten, muss - bei nur geringer Sedimentzufuhr von See her - ein landwärtiger Sedimenttransport innerhalb des Systems stattfinden. Ein Teil des Sedimenttransportes erfolgte früher äolisch über die Dünen. Diese sind heute jedoch auf Amrum größtenteils biotechnisch festgelegt. Dennoch spielte auch am heutigen nördlichen Nehrungshaken (Amrum Odde) die Erosion eine bedeutende Rolle in der morphologischen Entwicklung. Infolge schwerer Sturmfluten in der jüngeren Vergangenheit (1936, 1954, 1962) wurde die rezente Vordünenkette der Amrum Odde immer wieder durch Washover-Prozesse durchbrochen, sodass sich auf der heutigen rückwärtigen Salzwiese im Gäärsdeel Washover-Fans abgelagert haben. Hat man bislang auf einigen Inseln auf Washover-Prozesse durch Küstenschutzmaßnahmen (Deiche, Deckwerke, Sanddeiche, biotechnischer Dünenschutz) reagiert, so scheint es in einer sich verändernden Umwelt wichtiger denn je der Inselbarriere die Möglichkeit zu geben sich an einen steigenden Meeres- und Sturmflutspiegel anzupassen. Bereits Leatherman (1982) prophezeite den festgelegten Barrieren den Untergang wenn eine landwärtige Ausbreitung nicht mehr möglich ist.

Danksagung

Ein Dank geht an die Deutsche Bundesstiftung Umwelt (DBU) für die finanzielle Unterstützung durch ein Promotionsstipendium. Für die Genehmigungen für unsere Arbeiten im Gelände bedanke ich mich beim Amt für Kreisentwicklung, Bau und Umwelt/ Untere Naturschutzbehörde in Husum. Dem GEORADARFORUM sei herzlich für die Bereitstellung des benötigten GPR-Equipments gedankt.

Literaturverzeichnis

Annan, AP 2001, 'Ground Penetrating Radar – Workshop Notes', *Sensors and Software Inc*., Ontario, Kanada.
Annan, AP 2009, 'Electromagnetic Principles of Ground Penetrating Radar', in *Ground Penetrating Radar: Theory and Applications*, ed Jol, HM, Elsevier Ltd, Amsterdam, pp.3-40.

Besch, HH 1996,' Tourismus, Küstenschutz und Umweltbelastung auf Sylt', *Geographische Rundschau*, vol. 48. no. 3, pp.166 – 172.
Blindow, N, Richter, T & Petzold, H 2005. ‚Bodenradar', *in Handbuch zur Erkundung des Untergrundes 3 von Deponien*, eds Knödel, K, Krümmel, H & Lange, G, Geophysik. Springer, Berlin ‚pp.389-424.
Blott, S.J. & Pye, K 2001, ‚Gradistat: A grain size distribution and statistics package for the analyses of unconsolidated sediments', *Earth Surface Processes and Landforms*, vol.26, pp.1237-1248.
Bristow, CS, Pugh, J & Goodall, T 1996, 'Internal structure of aeolian dunes in Abu Dhabi determined using ground-penetrating radar', *Sedimentology*, vol. 43, no. 6, pp.995-1003.
Albers, T & von Liebermann, N 2006), ‚Entscheidungshilfensystem für den Integrierten Küstenmanagementplan Amrum', *Berichte des Forschungszentrums Terramare*, vol. 16, pp.52-67.
Andrews, PB 1970, 'Facies and genesis of hurricane-washover-fan, St. Joseph Island, central Texas coast', *Benchmark Papers in Geology*, vol. 58, pp.195-214.
Buynevich, IV, Fitzgerald, DM & Van Heteren, S 2004, 'Sedimentary records of intense storms in Holocene barrier sequences, Maine, USA', *Marine Geology*, vol. 210, pp.135 – 148.
Davis, RA 1992, *Depositional Systems: an introduction to Sedimentology and Stratigraphie*, Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey: p. 591
Davis, RA 1994, 'Barrier island systems – a geological overview', in *Geology of holocene barrier island systems*, ed Davis, RA, Springer, Berlin Heidelberg New York, pp.1- 46.
Dette, HH.1977, ‚Ein Vorschlag zur Analyse eines Wellenklimas', *Die Küste*, vol. 31, pp.166-180.
Donnelly, C, Kraus, N & Larson, M. 2006, 'State of knowledge on measurement and modeling of coastal overwash', *Journal of Coastal Research*, vol. 22, no. 4, pp.965-991.
EAK 1993, ‚Empfehlungen für Küstenschutzbauwerke', *Die Küste*, vol. 55, pp.1-541.
Ehlers, J 1990, ‚Sedimentbewegung und Küstenveränderung im Wattenmeer der Nordsee', *Geographische Rundschau*, vol. 42, no. 12, pp. 640-646.
Ékes, C & Hickin, E.J 2001, 'Ground penetrating radar facies of the paraglacial Cheekye Fan, southwestern British Columbia, Canada', *Sedimentary Geology*, vol. 143, pp. 199-217.
Folk, RL & Ward, WC 1957, 'Brazos River bar (Texas): a study in the significance of grain size parameters', *Journal of Sedimentary Petrology*, vol 27, pp.3-26.
Girardi, JD & Davis, DM 2010, 'Parabolic dune reactivation and migration at Napeague, NY, USA: Insights from aerial and GPR imagery', *Geomorphology*, vol. 114, pp. 530 – 541.
Godfrey, PJ 1979, 'A geobotanical approach to classification of barrier beach systems', in *Barrier Islands from the Gulf of St. Lawrence to the Gulf of Mexico*, ed Leatherman, SP, Academic Press, New York, San Francisco, London, pp. 99 – 126.
Gönnert, G 2003, ‚Sturmfluten und Windstau in der Deutschen Bucht: Charakter, Veränderungen und Maximalwerte im 20. Jahrhundert', *Die Küste*, vol. 67, pp. 185-365.
Hayes, MO 2005, 'Barrier islands' in *Encyclopedia of Coastal Science*, ed Schwartz, ML, pp. 117-119.
Horwitz, M 2008, *Sedimentological characteristics and 3-D internal architecture of Washover deposits from Hurricanes Frances, Ivan and Jeanne*, PhD-Thesis, Theses and Dissertations, Paper 301, University of South Florida.
Horwitz, M & Wang, P 2005, 'Sedimentological characteristics an internal architecture of two overwash fans from hurricanes Ivan and Jeanne', *Gulf Coast Association of Geological Societies Transactions*, vol. 55, pp. 342-352.
Jol, HM & Bristow, CS 2003, 'GPR in sediments: advice on data collection, basic processing and interpretation, a good practice guide', Gr*ound penetrating radar in sediments*, vol. 211, eds Bristow, CS & Jol, HM, Geological Society, Special Publications London, pp. 9-27.
Kelletat, D 1992, 'Coastal Erosion and Protection Measures at the German North Sea Coast', *Journal of Coastal Research*, vol. 8, no. 3, pp.699 -711.
Kramer, J. 1992, ‚Schutz der sandigen Küsten an der Nordsee', in *Historischer Küstenschutz: Deichbau, Inselschutz und Binnenentwässerung an Nord- und Ostsee*, eds Kramer, J & Rohde, H, Wittwer Verlag, Stuttgart, pp.139-182.
Kraus, NC & Wamsly, TV 2003, 'Coastal Barrier Breaching, Part 1: Overview of Breaching Processes', *Technical Report* ERDC/CHL CHETN-IV-56, U. S. Army Engineer Research and Development Center, Vicksburg, M.
Lambrecht, HO 1957, ‚Uferveränderungen und Küstenschutz auf Sylt', *Die Küste*, vol 6, no. 2, pp.39 -93.
LaRoe, ET 1976, ‚Barrier islands as significant ecosystems', in *Barrier Islands and Beaches: Technical Proceedings of the 1976 Barrier Islands Workshop, Annapolis/Maryland*, ed Clark, J, pp. 1- 4.
Larson, M, Wise, RA & Kraus, NC 2004, 'Coastal Overwash. Part 2: Upgrade to SBEACH', in *Regional Sediment Management Demonstration Technical Note* ERDC/RSM-TN-15, U.S. Army Engineer Research and Development Center, Vicksburg, MS.
Leatherman, SP 1976, *Quantification of overwash processes*, PhD.diss., Department of Enviromental Sciences, University of Virginia.
Leatherman, SP1979, *Barrier islands from the Gulf of St. Lawrence to the Gulf of Mexico*. Academic Press, New York, San Francisco, London.

Leatherman, SP 1981, 'Overwash Processes. – Benchmark Papers', in *Geology* V. 58, Hutchinson Ross Publishing Company, Stroudsburg, Pennsylvania.
Leatherman, SP 1982, *Barrier Island Handbook*, 2nd Edition, p.101.
Leatherman, SP1983, 'Barrier dynamics and landward migration with Holocene sea-level rise', *Nature*, vol. 301, pp.415- 418.
Leatherman, SP 1988, *'Barrier Island Handbook*. – Coastal Publications Series, Laboratory for Coastal Research, University of Maryland.
Leatherman, SP, Williams, AT & Fisher, JS 1977, 'Overwash sedimentation associated with a large-scale Northeaster', *Marine Geology*, vol. 24, pp.109-121.
Leatherman, SP & Williams, AT 1983, 'Vertical sedimentation units in a barrier island washover fan', *Earth Surf. Proc. Landforms*, vol. 8, pp.141-150.
Leatherman, SP & Zaremba, RE 1987, 'Overwash and aeolian processes on a U.S. northeast coast barrier', *Sedimentary Geology*, vol. 52, pp.183-206.
Lindhorst, S, Betzler, C & Hass, HC 2008, 'The sedimentary architecture of a Holocene barrier spit (Sylt, German Bight): Swash-bar accretion and storm erosion', *Sedimentary Geology*, vol. 206m, pp.1-16.
Lindhorst, S, Fürstenau, J, Hass, HC & Betzler, C 2010, 'Anatomy and sedimentary model of a hooked spit (Sylt, southern Northsea)', *Sedimentology*, vol. 57, pp.935 – 955.
LKN-SH 2009, *Fachplan Küstenschutz Amrum*, Husum.
Morton, RA, Gelfenbaum, G & Jaffe, BE 2007, 'Physical criteria for distinguishing sandy tsunami and storm deposits using modern examples', *Sedimentary Geology*, vol. 200, pp.184- 207.
Müller, J & Fischer, O 1937, A*mrum. Das Wasserwesen an der schleswig-holsteinischen Nordseeküste. – Teil II: Die Inseln*, Band 5, Reimer, Berlin.
Neal, A 2004, 'Ground-penetrating radar and its use in sedimentology: principles, problems and progress', *Earth-Science Reviews*, vol. 66, pp.26- 330.
Perkins, RD & Enos, P 1968, 'Hurricane Betsy in the Florida-Bahama area: geologic effects and comparison with hurricane Donna', Benchmark Papers in Geology, vol. 58, pp.102-110.
Quedens, G 1994, *Amrum*,17. ed., Breklumer Verlag, Breklum.
Remde, F 1972, *Amrum. Ein Beitrag zur Genese und Struktur einer Inselsiedlung*. Dissertation, Wilhelms-Universität, Münster.
Ritchie, W & Penland, S 1988, 'Rapid dune changes associated with overwash processes on the deltaic coast of South Louisiana,', *Marine Geology*, vol. 81, pp.97-122.
Schwartz, RK 1975, 'Nature and genesis of some storm washover deposits', *Benchmark Papers in Geology*, vol 58, pp. 229-260.
Schwartz, RK 1982, 'Bedform and stratification characteristics of some modern small-scale Washover sand bodies', *Sedimentology*, vol. 29, pp.835-849.
Sedwick, PE & Davis, RA 2003, 'Stratigraphy of washover deposits in Florida: implications for recognition in the stratigraphic record', *Marine Geology*, vol. 200, pp. 3- 48.
Switzer, AD, Pucillo, K, Haredy, RA, Jones, BG & Bryant, EA 2005, 'Sea level, storm, or tsunami: enigmatic sand sheet deposits in a sheltered coastal embayment from southeastern New South Wales, Australia', *Journal of Coastal Research*, vol. 21, no. 4, pp.655-663.
Switzer, AD, Bristow, CS & Jones, BG 2006, 'Investigation of large-scale washover of a small barrier system on the southeast Australian coast using ground penetrating radar', *Sedimentary Geology*, vol. 183, pp. 145-156.
Tillmann, T accepted, 'Geomorphology and internal sedimentary structure of a landward migrating barrier spit (Southern Sylt/ German Bight): Insights from GPR surveys', in *Sand and gravel spits*, eds Randazzo, G, Cooper, JAG., Jackson, DWT, Springer, Coastal Research Library.
Tillmann, T 2015, *Untersuchungen zu Aufbau, Stratigraphie und Genese von Nehrungshaken am Beispiel der Nordseeinseln Sylt und Amrum : eine Methodenkombination aus Georadar und sedimentologischen Analysen*. Dissertation, Universität Frankfurt.
Tillmann, T 2014, 'Why is barrier spit's accretion not a simple process? Insights from GPR-surveys of Northern Amrum (North Sea/German Bight)', Proceedings of the 15th *International Conference on Ground Penetrating Radar* (GPR 2014), June 30 - July 4, 2014, Brussels.
Tillmann, T & Wunderlich, J 2012, 'Ground-penetrating radar in coastal environments: Examples from the islands Sylt and Amrum', *Bremer Beiträge zur Geographie und Raumplanung*, vol. 44, pp. 60-76.
Tillmann, T & Wunderlich, J 2014a, 'Barrier spit accretion model of Southern Sylt/ German North Sea: Insights from ground-penetrating radar surveys', *Zeitschrift für Geomorphologie*, DOI: 10.1127/0372-8854/2014/S-00164.
Tillmann, T & Wunderlich, J 2014b, 'Washover-Events im Süden der Insel Sylt', *Geo-Öko*, vol. 34, pp. 177 - 215.
Tillmann, T & Wunderlich, J 2013, 'Barrier rollover and spit accretion due to the combined action of storm surge induced washover events and progradation: Insights from ground-penetrating radar surveys and sedimentological data', *Journal of Coastal Research*, vol. 65, no. 1, pp. 600-605.

Tillmann, T, Ziehe. D & Wunderlich, J 2013, ‚'Holozäne Landschaftsentwicklung an der Westküste der Nordseeinsel Amrum', *Quaternary Science Journal (Eiszeitalter & Gegenwart),* vol. 62, no. 2, pp. 98-119. DOI: 10.3285/eg.62.2.02.

Vermeer, DE1963, 'Effects of hurricane Hattie 1961 on the cays of British Honduras', *Benchmark Papers in Geology*, vol. 58, pp. 92-96.

Wang, P & Horwitz, MH 2007, 'Erosional and depositional characteristics of regional overwash deposits caused by multiple hurricanes', *Sedimentology*, vol. 54, no. 3, pp. 545-564.

Xuan Tinh, N 2006, *Modelling of coastal overwash: review and application of state-of-art empirical, numerical and analytical methods*, Diss. Univ. Lund/Department of Water Resources Engineering, Lund/Sweden.

Welches Potential bietet das Georadar (GPR) als Methode zur Ortung von Lawinenverschütteten

Tanja Tillmann

Email: tanja.tillmann@nihk.de

Einleitung

Lawinen gehören zu den natürlichen geomorphologischen Prozessen des Hochgebirges. Weltweit gehen ca. 1 Millionen Lawinen pro Jahr ab. Dies fordert ca. 200 Lawinentote jährlich. Dabei kommen allein im Alpenraum ca. 100 Personen pro Jahr ums Leben. Insgesamt sterben allerdings nur ca. zehn Prozent der Lawinenopfer durch sogenannte Katastrophenlawinen. 90 Prozent der Lawinenopfer werden im freien Gelände durch Schneebrettlawinen verschüttet (Munter 1997; Bauer 1993). Schneebrettlawinen sind die häufigste Form des Lawinenabganges und werden in 90 Prozent der Fälle von Wintersportlern selbst ausgelöst. Die durchschnittliche Interventionszeit der organisierten Rettung beträgt je nach Lokalität im Alpenraum ca. 30 - 45 Minuten wobei bis zum Eintreffen der Suchmannschaft am Unfallort in der Regel ca. 30 Minuten vergehen (Munter 1997). Bereits nach fünfzehn Minuten sinkt jedoch die Überlebenschance einer verschütteten Person rapide, sodass es für eine Rettung in neun von zehn Fällen zu spät ist (vgl. Munter 1997; Bauer 1993). Der Faktor Zeit spielt in der Lawinenrettung damit die entscheidende Rolle.

Durch Tests in einem Skigebiet sollte nachgewiesen werden inwieweit das Georadar als geophysikalische Prospektionsmethode bei der Ortung von Lawinenopfern eingesetzt werden kann. Die Ortung von Lawinenverschütteten in Katastrophenlawinen erscheint aufgrund ihres großen Anriss- und Einzugsgebietes generell wenig erfolgversprechend. Betrachtet werden soll daher der Einsatz des Georadars vor dem Hintergrund einer regional begrenzten, durch den Skifahrer selbst ausgelösten Schneebrettlawine. Diese typischen Skifahrerlawinen haben meist einen linienförmigen Anriss quer zum Hang, ein geringes Einzugs- und Transportgebiet und kommen relativ schnell zum Stillstand (Munter 1997; Bauer 1993). Um potentielle Lawinenopfer innerhalb der homogenen, reflexionsfreien Matrix des Schnees im Radargramm nachweisen zu können, sollte die Anzahl der natürlichen Radar-Reflexionen in der Lawine möglichst gering sein. Die Prospektion einer Lawine in vegetationsbedecktem Gelände unterhalb der Baumgrenze ist aufgrund der im Lawinenschnee enthaltenen Vegetation (z. B. Baumstämme) wenig erfolgsversprechend. Um den Transport von Gesteinsschutt zu reduzieren sollte die für die GPR-Messungen geeignete Lawine eine Gleitfläche innerhalb der Schneedecke aufweisen.

Untersuchungsgebiet

Das Untersuchungsgebiet befindet im Skigebiet Zugspitze nahe der Wintersportgemeinde Garmisch-Partenkirchen (Bayern/Deutschland). Die Georadarmessungen wurden auf dem Zugspitzplateau einer Hochfläche unterhalb des Zugspitzgipfels (2962 m NN) durchgeführt. Am Nördlichen Schneeferner (Gletscherseelifte I + II) wurde in ca. 2650 m Höhe ein Testfeld angelegt (Abb. 1).

Kriterien für die Wahl des Testgebietes waren neben einer gering variierenden Topographie, eine ausreichende Schneehöhe sowie die logistische Erreichbarkeit mit bzw. auf Ski.

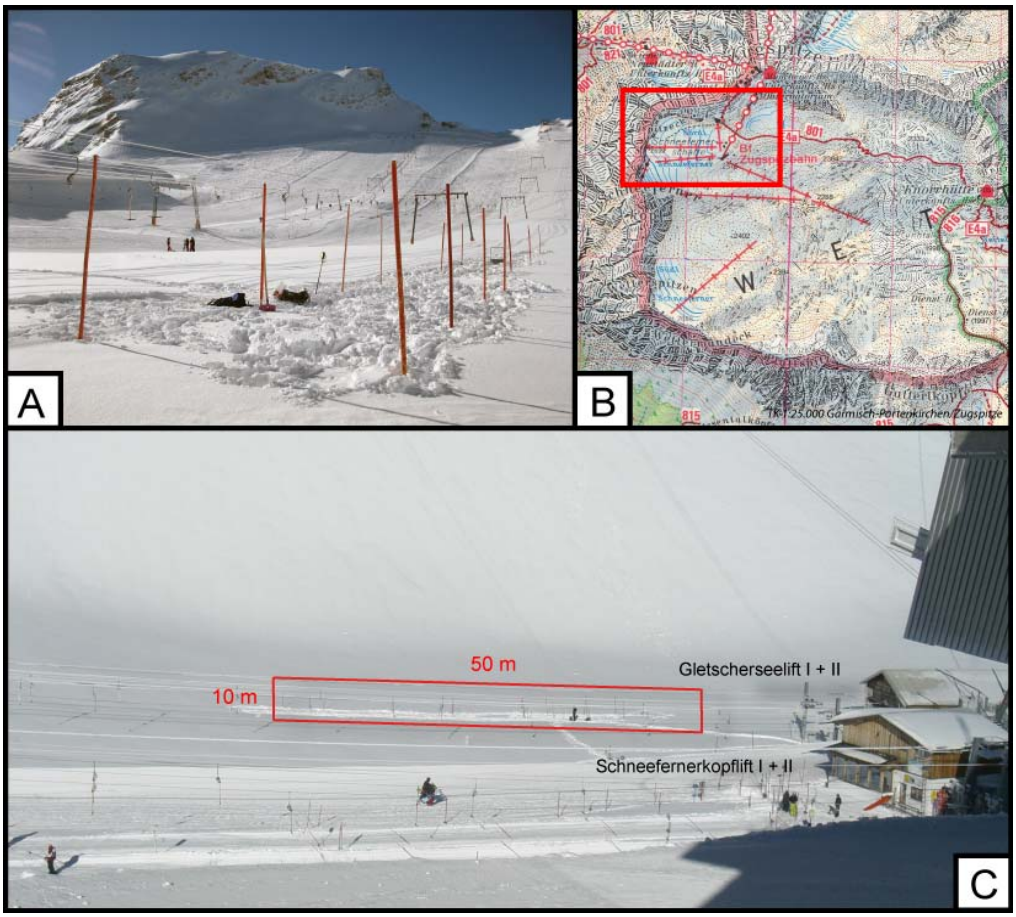

Abbildung 1: Testfeld am Nördlichen Schneeferner. A: Das Testfeld wurde mit Hilfe von Slalomstangen eingegrenzt und mittels differentiellem GPS und Maßbändern vermessen. B: Lage des Testfeldes innerhalb des Skigebietes Zugspitzplateau (Garmisch-Partenkirchen). C: Lage des Testfeldes neben den Gletscherseeliften I + II in 2650 m Höhe.
Quelle: Eigene Aufnahmen, TK 1.25.000 Garmisch-Partenkirchen

Methoden

Das Geo- oder Bodenradar, engl. ground-penetrating radar (GPR), ist ein hochauflösendes elektromagnetisches Impulsreflexionsverfahren (EMR), das als geophysikalische Messmethode zur zerstörungsfreien Prospektion des oberflächennahen Untergrundes eingesetzt wird (Annan 2001; Blindow et al. 2005). Der Ursprung der Georadar-Methode geht auf Forschungen Anfang des 20. Jahrhunderts zurück mit dem Ziel ein Patent auf eine Technik zur Untersuchung und Lokalisierung im Untergrund vergrabener Objekte anzumelden (Reynolds 2011). Seit den 1970er Jahren wurde das Anwendungsgebiet des Georadars immer breiter, die Geräte und Technologie stetig verbessert (Forkmann 2006) und erste Interpretationskonzepte für Georadardaten veröffentlicht (Neal 2004). Georadarstudien mit dem Ziel der Ortung von Lawinenopfern wurden u. a. von Jaedicke 2003; Instanes 2004; Modroo & Olhoeft 2004; Heilig et al. 2008 durchgeführt.

Von einer Georadar-Sendeantenne werden kurze, hochfrequente elektromagnetische Impulse einer bestimmten Frequenz in den Untergrund gesendet. Elektromagnetische Wellen breiten sich im Untergrund aus und werden bei Änderungen elektrischer Materialeigenschaften reflektiert, gebrochen, gestreut und zum Teil absorbiert. Die Ausbreitungsgeschwindigkeit ist materialspezifisch. Das reflektierte elektrische Feld der elektromagnetischen Welle wird von einer Empfangsantenne registriert, als sogenannte Signalspur aufgezeichnet und in einem Weg-Zeit-Diagramm, dem Radargramm, dargestellt. Durch die Reflexion an Schichtgrenzen oder Störkörpern erhält man ein quasi kontinuierliches Profil des Untergrundes in Abhängigkeit von dessen dielektrischen Eigenschaften (Annan 2009).

Das Zeitintervall zwischen Senden, Reflexion und Empfangen wird als Zwei-Wege-Laufzeit (TWT = two-way travel time) bezeichnet und in der Einheit Nanosekunden (ns) angegeben. Ist die Ausbreitungsgeschwindigkeit der Wellen im Untergrund bekannt, kann anhand der Signallaufzeit die Tiefe der Grenzschicht respektive des reflektierenden Objektes bestimmt werden. Die Geschwindigkeit der

elektromagnetischen Welle ist abhängig von den elektromagnetischen Materialeigenschaften des Untergrundes und nach Art des Materials unterschiedlich. Schnee bietet generell ein hervorragendes Medium zur Ausbreitung von elektromagnetischen Wellen (Modroo & Olhoeft 2004).
Die Georadarmessungen wurden mit einem Georadarsystem SIR 2000 der Firma Geophysical Survey Systems Inc. (GSSI SIR-2000) in Kombination mit einer 400 MHz Antenne durchgeführt. Die Georadarmessungen zum Zweck der Objektortung erfolgten in einem Survey Design längs und quer zu den im Schnee vergrabenen Objekten. Für die Versuche zur Bestimmung der Schneestratigraphie wurden die Georadarmessungen entlang der gegrabenen Schneeprofile gemessen. Zu Kontrollzwecken wurden rechts und links der Schneeprofile in einem Abstand von 5 m jeweils zwei weitere GPR-Profile aufgenommen. Topographische Höhenunterschiede entlang der GPR-Transekte führen zu Verzerrungen im Radargramm (z. B. Jol & Bristow 2003; Tillmann & Wunderlich 2012) und wurden im unmittelbaren Anschluss an die Georadarmessungen mit Hilfe eines differentiellen GPS Systems (Ashtech ProMark 2) erfasst.
Für die Radargramme wurde ein minimales Bearbeitungsverfahren gewählt, um sich bei der Interpretation möglichst nah an den Rohdaten orientieren zu können. Mit der Software „Reflex-Win" (Version 5.6) der Firma „Sandmeier Scientific Software, Karlsruhe" wurden entsprechend der nachfolgenden Reihenfolge die Nullzeitpunkt-Korrektur (static correction), der Dewow-Filter (subtract-mean dewow), ein Bandpass-Filter und der background removal-Filter angewandt um Störsignale aus den Daten zu entfernen (Tillmann 2014). Mit Hilfe der Gain-Funktion (energy decay) konnte die mit zunehmender Tiefe verstärkte Signalabschwächung kompensiert werden (Tillmann 2015). Da Diffraktionshyperbeln in den gezeigten Radargrammen im starken Maße zur Interpretation beitragen, wurden auf das Entfernen der Hyperbeln durch den Bearbeitungsschritt der Migration verzichtet. Die Migration wird gemeinhin angewendet um die wahren Reflektorgeometrien im Radargramm wiederherzustellen und somit die Auflösung der Radargramme zu verbessern (Annan 2001; Cassidy 2009).

Ergebnisse

Tests zur Objektortung

Auf dem Zugspitzplateau wurden auf einem speziell angelegten Testfeld am Nördlichen Schneeferner (Gletscherseelifte I + II) verschiedene Objekte einer typischen Skiausrüstung (Abb. 3) vergraben. Das Testfeld von 10 m x 50 m wurde mit Hilfe eines dGPS und Maßbändern eingemessen und mit Slalomstangen abgesteckt (Abb. 1). Die Objekte wurden vermessen und auf der Survey Linie im Schnee vergraben (Abb. 2). Die exakte Position der Objekte wurde mit einem dGPS bestimmt und markiert. Die Vergrabungstiefe im Schnee wurde mit Lawinensonden ermittelt (Abb. 2). Um die Schichtenlagerung des Schnees zu durchbrechen um auf diese Weise eine Lawine zu simulieren, wurden die obersten 50 cm mechanisch umgraben (Abb. 1).

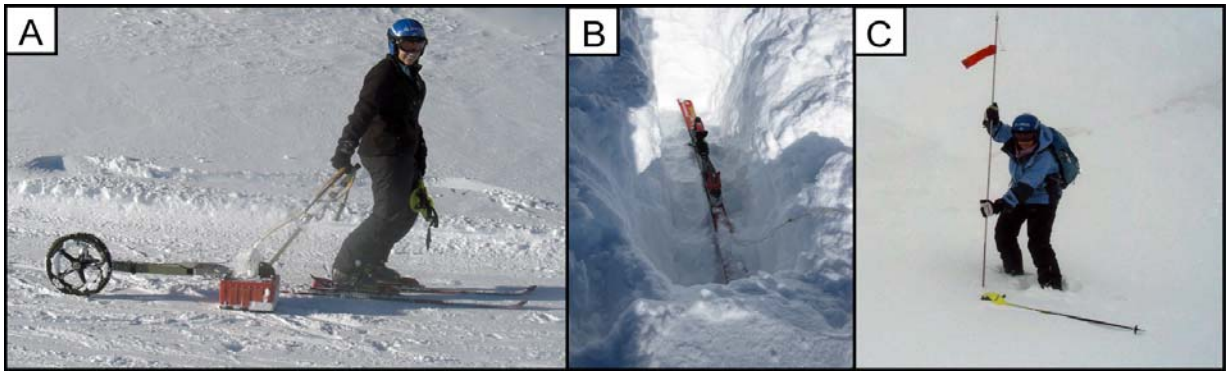

Abbildung 2: A: Georadarsystem GSSI SIR 2000 in Kombination mit einer 400 MHz-Antenne und einem Survey-Wheel. B: Typische Objekte einer Skiausrüstung wie z.B. ein Carving-Ski wurden im Schnee vergraben. Die Position wurde mittels dGPS markiert. C: Die Vergrabungstiefe im Schnee wurde mit Lawinensonden ermittelt.
Quelle: Eigene Aufnahmen

Zu den vergrabenen Objekten der Skiausrüstung zählen: Mobiltelefon, Skihelm, LVS (Lawinen-Verschütteten-Suchgerät), Lawinen-Airbag (Simulation eines Luftraumes), Handschuh, Big Foot, Snowboard, Carving Ski, Rucksack (leer), Skistock, Lawinen-Schaufel. Die Maße der Gegenstände sind in Abbildung 3 aufgeführt.

Handy	13 cm x 5 cm x 2,5 cm
LVS	19,5 cm x 5,5 cm x 3 cm
Helm	70 cm (Umfang)
Handschuh	30 cm x 11 cm x 4 cm
Lawinen-Airbag	140 cm x 97 cm x 60 cm
Big-Foot	65 cm x 13 cm x 10 cm
Snowboard	160 cm x 30 cm x 10 cm
Ski	180 cm x 9 cm x 13 cm
Rucksack	55 cm x 30 cm x 20 cm
Skistock	115 cm x 3 cm bis 6 cm
Schaufel	50 cm x 30 cm x 10 cm

Abbildung 3: Maße der im Schnee vergrabenen Gegenstände einer typischen Skiausrüstung.
Quelle: Eigene Darstellung

Die Datenerhebung wurde mit einem Georadar SIR 2000 der Firma Geophysical Survey Systems Inc. (GSSI SIR-2000) in Kombination mit einer 400 MHz Antennenfrequenz (Abb. 2) in einem kontinuierlichen Messmodus und mit einer monostatischen Antennen-Anordnung durchgeführt. Für die Messungen wurde das Laufrad (survey wheel) an die Antenne angeschlossen, das die Strecke des während der Messung zurückgelegten Weges und damit die Länge des Profils misst (Abb. 2). Die Georadarmessungen wurden quer und längs zu den vergrabenen Objekten vorgenommen. Für die Radargramme wurde eine mittlere Ausbreitungsgeschwindigkeit der elektromagnetischen Welle im Untergrund von v = 0,16 m/ns berechnet.

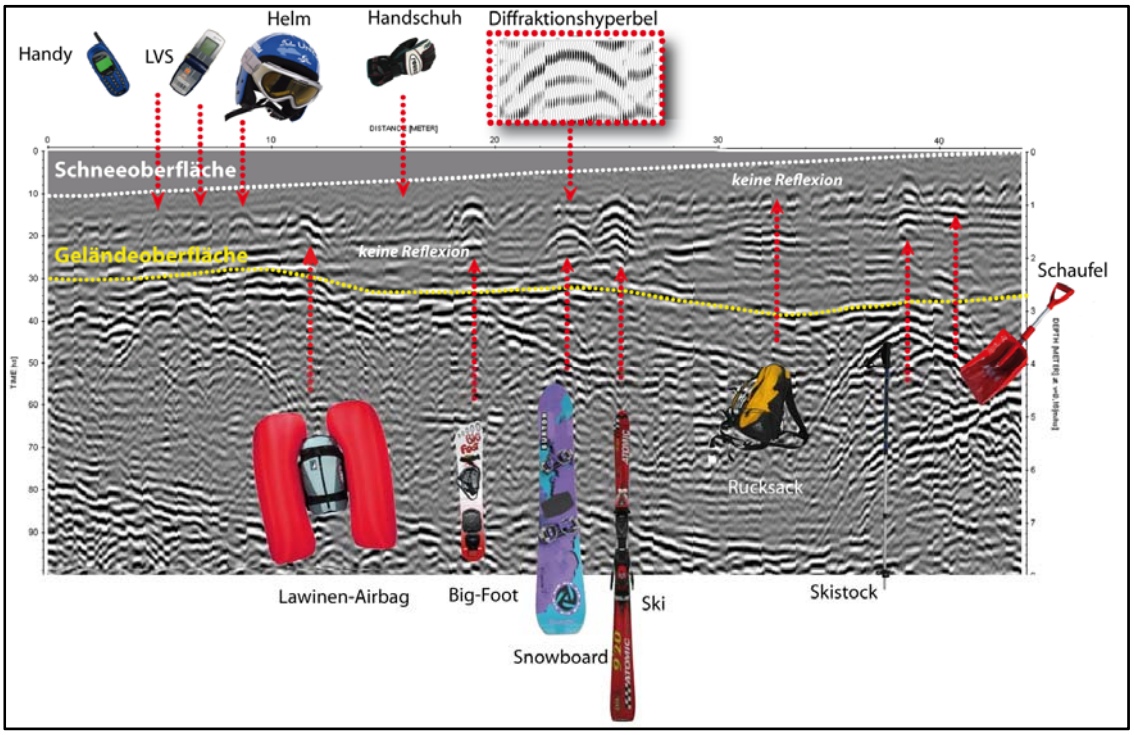

Abbildung 4: Radargramm (400 MHz) vom Testfeld Nördlicher Schneeferner (Gletscherseelifte I + II) mit den aus Abb. 3 vergrabenen Objekten einer Skiausrüstung. Besonders Objekte mit metallischen Bestandteilen bilden sich in Form von Diffraktionshyperbeln im Radargramm ab.
Quelle: Eigene Darstellung

Einzelne, näherungsweise punkt- oder kreisförmige Objekte im Untergrund, deren Abmessungen klein gegenüber der Wellenlänge sind und die ein auftreffendes elektromagnetisches Signal in alle Richtungen reflektieren, wirken für das elektromagnetische Signal als Punktstreuer und bilden sich im Radargramm als Diffraktionshyperbeln ab (Blindow et al. 2005; Neal 2004). Liegt ein Störkörper (z. B. ein Ski, Skistock etc.), in geringer Tiefe aber nicht direkt unterhalb der Antenne, so wird er auf Grund der halbkugelförmigen Wellenausbreitung dennoch abgebildet. Beim Aussenden der elektromagnetischen Welle verläuft das Signal nicht ausschließlich senkrecht in den Untergrund. Ein isolierter Punkt wird demzufolge schon bevor und nachdem das Georadar senkrecht über ihm positioniert ist von dem Signal erfasst. Dabei verringert sich die scheinbare Tiefe der Reflexion bei der Annäherung und vergrößert sich wieder beim Entfernen (Neal 2004). Bei der Projektion der Wegstrecke unter dem Messpunkt entsteht schließlich als geometrische Form im Radargramm eine Hyperbel, verursacht durch die unterschiedlichen Laufzeiten. Diese Tatsache ermöglicht die Detektion von Objekten im oberflächennahen Untergrund und ist damit Voraussetzung für die nachfolgenden Tests zur Ortung von Lawinenverschütteten. Die Reflektionen der einzelnen Objekte der Skiausrüstung bilden sich größtenteils im Radargramm (Abb. 4) ab. Während alle Gegenstände mit metallischen Bestandteilen im Radargramm deutlich in Form einer Diffraktionshyperbel zu erkennen sind, bilden Skihandschuh und der ungefüllte Rucksack keine Reflexion. Vor allem die großen Objekte Ski und Snowboard zeigen durch ihre Metallbestandteile (Skibindung, Stahlkanten etc.) eine deutliche Reflexion mit starker Amplitude. Die Diffraktionshyperbel, die im Radargramm die Skibindung abbildet, zeigt Multiplen, die höchstwahrscheinlich durch die Reflexion an der erhöhten Bindungsplatte der Skibindung entstehen.
Der Lawinen-Airbag verfügt zwar nicht über metallische Bestandteile, wird aber im Vergleich zum Handschuh und Rucksack aufgrund seiner Größe vom Georadar aufgezeichnet. Der mit Luft gefüllte Airbag bildet hinsichtlich seiner dielektrischen Eigenschaften zur umgebenden Schneedecke eine Inhomogenität. Es ist anzunehmen, dass der durch den Lawinen-Airbag simulierte Hohlraum in der mehrere Tage alten Schneedecke eine abweichende Dichte und Feuchtigkeit aufweist. Unklar ist hingegen, ob sich dieser dielektrische Kontrast ebenso deutlich auch in einem lockeren Kristallgefüge von frisch gefallenem Neuschnee, das mit Luft gefüllten Hohlräumen versehenen ist, abzeichnet.
Einen ähnlichen dielektrischen Kontrast würde man auch zwischen dem menschlichem Körper eines Verschütteten und Schneedecke vermuten. Heilig et al. (2008) konnten durch die Simulation eines verschütteten menschlichen Körpers nachweisen, dass sich dieser in Radargrammen aufgrund seiner dielektrischen Eigenschaften in trockenem Neuschnee detektieren lässt. In Nassschnee mit einer in Lawinen vergleichbaren Stratigraphie konnte dieser Nachweis dagegen nicht erbracht werden.
Ob ein Gegenstand oder Verschütteter vom Georadar erfasst wird, hängt damit von seinen Reflexionseigenschaften bzw. dem elektromagnetischen Kontrast ab, den er zur umgebenden Schneedecke während der Verschüttung bildet.

Tests zur Schneestratigraphie

Nachfolgende Test zur Schneestratigraphie wurden primär mit dem Ziel der Detektion einzelner Schichten und Inhomogenitäten innerhalb der saisonalen Schneedecke getätigt. Die Schneestratigraphie im Untersuchungsgebiet zum Zeitpunkt der Messungen wurde anhand von 5 Schneeprofilen bestimmt. Die Profile wurden in unterschiedlichen topographischen Positionen und Expositionen in der Nähe des Testfeldes gegraben. Schnee wird im Laufe des Winters in Schichten akkumuliert und unterliegt permanenter Metamorphose. Die einzelnen Schichten unterscheiden sich in Korngröße, Feuchtigkeit, Dichte und Packung (Hoffmann 2001). Ist der Unterschied der einzelnen Schichten groß und ihre Bindung untereinander gering, bilden sich potentielle Schwachstellen innerhalb der Schneedecke (Bauer 1993). Durch Aufnahme der Schneeprofile und Rutschblocktests wurden potentielle Schwächezonen innerhalb der Schneedecke bestimmt und mit den gemessenen Radargrammen korreliert. Schneeprofile stellen zeitlich und örtlich begrenzte Stichproben dar. Daher wurden die Georadarmessungen im unmittelbaren Anschluss an die Profilansprache durchgeführt. Die Schneeprofile wurden nach der gängigen Nomenklatur (z. B. Munter 1997) aufgenommen und die Härte durch den Handtest (vgl. Bauer 1993; Hoffmann 2001) auf einer Skala von 1 - 5 bestimmt. Grundsätzlich ist jeder Schichtwechsel (Schichtgrenze/Kontaktfläche zwischen verschiedenen Schichten) eine mögliche Gleitfläche (Munter 1997). Die geringe Haftreibung zwischen den einzelnen Schichten kann in Hanglagen zur Herabsetzung der basalen Scherfestigkeit führen und einen Lawinenabgang herbeiführen (Hoffmann 2001).

Ein besonderes Augenmerk lag daher auf der Definition einzelnen Schichten im Schneeprofil und der anschließenden Korrelation mit den Radargrammen. Ob Georadarmessungen als Methode für eine definierte Fragestellung geeignet sind, wird in erster Linie durch die Auflösung bestimmt. Daher ist die Auflösung besonders für die Interpretation von GPR-Daten im Kontext der Schneestratigraphie von großer Bedeutung und definiert den Maßstab der Schichten, die mittels Georadar erfasst werden können. Die vertikale Auflösung, als der kleinste Abstand unter dem zwei übereinander liegende Schichten gerade noch zu unterscheiden sind (Neal 2004), wird im Allgemeinen durch die Wellenlänge kontrolliert (Knapp 1990).

$$\lambda = \frac{v}{f}$$

Aus der o. g. Gleichung geht hervor, dass mit Erhöhung der Frequenz (*f*) die Wellenlänge (λ) kleiner wird und die vertikale Auflösung mit kürzerer Wellenlänge zunimmt. Eine hohe vertikale Auflösung kann durch den Einsatz einer Antenne aus dem höheren Frequenzbereich erreicht werden. Schichten deren Mächtigkeit unterhalb der vertikalen Auflösung einer 400 MHz-Antenne liegen, können mittels Georadar nicht erfasst werden. Ob Schichtwechsel innerhalb des Schneeprofils tatsächlich Gleitflächen darstellen bzw. eine schwache Bindung und Haftreibung aufweisen, lässt sich nur mit Hilfe des Rutschblocktest feststellen (Hoffmann 2001).

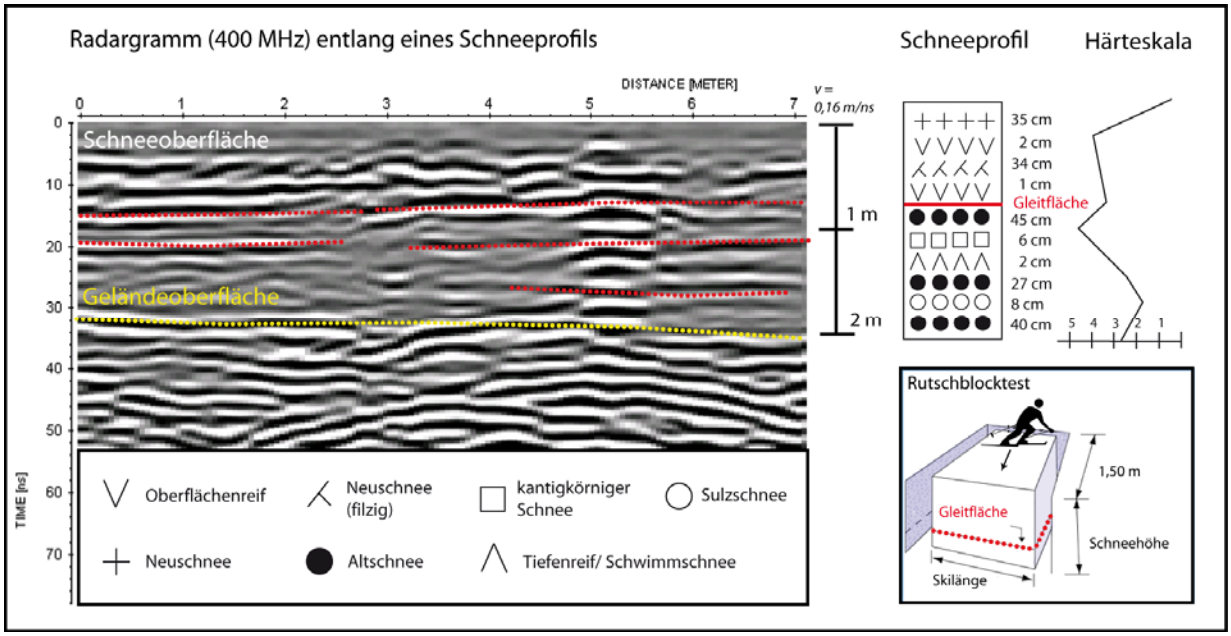

Abbildung 5: Schneeprofil und Radargramm (400 MHz) entlang des Schneeprofils. Im Radargramm sind zwei Reflektoren sichtbar, die mit Hilfe des Schneeprofils als Altschneeschichten identifiziert werden.
Quelle: Eigene Darstellung

Im Radargramm sind zwischen 65 cm und 109 cm Tiefe zwei schwache, annähernd durchgängige Reflektoren sichtbar. Diese begrenzen innerhalb der Schneedecke eine ca. 45 cm mächtige Altschneeschicht. Die Kontaktfläche zwischen Alt- und Neuschnee entsteht durch die unterschiedlich weit fortgeschrittene Metamorphose. Als Produkt abbauender Metamorphose besitzen diese Altschneeschichten eine gewisse Härte und Verdichtung und sind daher aufgrund ihrer unterschiedlichen elektromagnetischen Eigenschaften auch im Radargramm erkennbar. Im Medium Schnee werden elektromagnetische Unterschiede besonders durch die unterschiedliche Dichte und den Feuchtigkeitsgehalt der einzelnen Schichten hervorgerufen (Yamamoto 2004).

Die isotherme Metamorphose setzt unmittelbar nach Ablagerung des Neuschnees ein. Neuschneekristalle besitzen wegen ihrer oft stark verzweigten hexagonalen Formen eine im Verhältnis zu ihrem Volumen sehr große Oberfläche. Die nach der Ablagerung einsetzende Umkristallisierung führt zur Verkleinerung des Verhältnisses von Oberfläche zu Volumen (Bauer 1993). Der in tieferen Schichten der Schneedecke vorkommende grobkörnige Altschnee erreicht durch die kugelförmige Gestalt seiner Körner eine geringe Oberfläche. Die einzelnen Schneekörner rücken durch die Setzung der Schneedecke enger zusammen und

berühren sich vielfach. An den Berührungspunkten sublimiert Wasserdampf und bildet neue Kornbrücken. Dabei wird der Porenraum zwischen den Körnen verringert, das Volumen nimmt ab und die Schneedecke setzt sich. Durch diesen Vorgang wird die Festigkeit des Schneegefüges erhöht und es kann zu Spannungen in der Schneedecke führen (Bauer 1993).
Die Oberfläche der oberen im Radargramm (Abb. 5) erkennbaren Altschneeschicht erwies sich im Rutschblocktest als Gleitfläche. Im Schneeprofil ließ sich auf der Oberfläche der Altschneeschicht eine 1 cm mächtige Bildung von Oberflächenreif nachweisen. Aufgrund der geringen Mächtigkeit können Schichten von Oberflächenreif mit der gewählten Antennenfrequenz von 400 MHz nicht direkt im Radargramm abgebildet werden. Die Instabilität einer Schneedecke kann jedoch durch die Bildung von Oberflächenreif verstärkt werden. Geringmächtige Schichten aus eingeschneitem Oberflächenreif stellen aufgrund geringer Bindungskräfte oftmals Gleitflächen dar (Bauer 1993).
In einer Tiefe von 160 cm lässt sich ein weiterer Reflektor erkennen, der laut Schneeprofil eine Kontaktfläche zwischen Alt- und Sulzschnee markiert. Diese ist weniger stark ausgeprägt und lässt daher auf einen ähnlichen Feuchtigkeitsgehalt und eine vergleichbare Dichte schließen. Sulzschnee entsteht in der Regel durch die Durchfeuchtung der Schneedecke, bei der sich die Kristallkörner mit einem Wasserfilm überziehen und enthält daher einen hohen Wasseranteil (Bauer 1993). Der im Vergleich zu den umgebenen Altschneeschichten relativ erhöhte Wassergehalt wird als Grund für den dielektrischen Kontrast und die entsprechende Reflektion im Radargramm gesehen. Dennoch ist der elektromagnetische Kontrast zwischen Neuschnee und Altschnee allgemein größer als der Kontrast von Altschnee zu Sulzschnee und lässt entsprechende eine stärkere Reflexion in den Georadardaten vermuten.

Probleme und Grenzen der Georadar-Methode

Ob sich das Georadar zur Ortung von Lawinenverschütteten eignet, hängt in erster Linie vom Faktor Zeit ab. Durchschnittlich sind bereits nach 30 Minuten Interventionszeit 50 Prozent der Lawinenverschütteten tot (Munter 1997). Ein Hauptziel in der Lawinenortung und Bergrettung besteht darin, die Suchzeiten zu verringern.
In der praktischen Anwendung bedeutet dies, die Benutzerfreundlichkeit der Georadarmethode zu verbessern und gleichzeitig eine flächendeckende Anwendung zu ermöglichen. Neben den genannten Faktoren spielt zudem die logistische Zugänglichkeit der Unglückstelle eine Rolle. Ein Betreten des Lawinenkegels durch Suchmannschaften kann oftmals während akuter anhaltender Lawinengefahr in der Region nicht gewährleistet werden. Ein besonderes Potential besteht daher in der Automatisierung helikoptergestützter Lokalisierungsmethoden. Hinsichtlich der Anwendung von helikopterbasierten Georadarmessungen (Airborne GPR) besteht bislang noch ein Forschungsdefizit. Erste Studien (z. B. Heilig et al. 2008; Negi et al. 2008) bestätigen das Potential des Helikoptereinsatzes bei der Ortung von Lawinenverschütteten mittels Georadar, gewährleisten bislang jedoch keine Minimierung des Faktors Zeit durch Automatisierung der Messungen.
Eine weitere Schwierigkeit in der Detektion besteht in der genauen Identifikation von Lawinenverschütteten im Radargramm. Zwar zeigen die o. g. Test zur Lawinenortung, dass sich typische Gegenstände einer Skiausrüstung im Radargramm, vor allem bedingt durch ihre metallischen Bestandteile abzeichnen, sofern diese vom Georadar im richtigen Winkel erfasst werden. Auszuschließen ist jedoch nicht, dass sich auch andere in der Lawine verschüttete, natürliche Objekte wie z. B. Reste von Vegetation, Bäume, Steine und Schneekonglomerate im Radargramm in Form von Diffraktionshyperbeln abzeichnen.
Außerdem kann nicht gewährleistet werden, dass die o. g. Objekte der Skiausrüstung bei Stillstand der Lawine in unmittelbarer Nähe zum Verschütteten akkumuliert werden. So reagiert die Skibindung meist auf Erschütterung und wird sich in den meisten Fällen durch die Lawine lösen und bedingt durch die in handelsüblichen Ski integrierte Skibremse zum Stillstand kommen.
Grenzen der Georadarmethode bestehen auch hinsichtlich schneestratigraphischer Fragestellungen. Schneeschichten deren Mächtigkeit unterhalb der vertikalen Auflösung der verwendeten Georadarantenne liegen, können im Radargramm nicht identifiziert werden. Für Fragestellungen aus dem Bereich der Schneestratigraphie eignen sich daher besonders Antennenfrequenzen aus einem Spektrum das größer als 400 MHz ist. Aufgrund der besseren Auflösung können auch geringmächtige Schichten vom Georadar erfasst werden, sofern sie einen entsprechenden dielektrischen Kontrast aufweisen.

Die Schneestratigraphie an einem bestimmten Ort zu einer bestimmten Zeit stellt jedoch immer nur eine Momentaufnahme dar. Eine Verdichtung der Schneedecke durch das Gewicht der Georadargeräte während der Messung entlang des Schneeprofils kann bei diesem Ansatz nicht ausgeschlossen werden. Für die Gefahrenbeurteilung und Schneedeckeninformationen in lawinengefährdeten Gebieten ist jedoch eine kontinuierliche Messung bzw. ein Monitoring der Schneedecke über den gesamten Winter sinnvoll. Dieses Prinzip wurde erfolgreich von Heilig (2009) angewandt indem zu Beginn des Winters eine permanente GPR-Messapparatur an der Basis der Schneedecke installiert wurde. Für die Gesamtbeurteilung der Schneedecke und des Gefahrenpotentials in einem Skigebiet würde sich daher besonders ein flächendeckendes Monitoring empfehlen. Zusammengefasst lässt sich festhalten, dass die Methode Georadar sowohl in der Ortung von Lawinenverschütteten als auch in der Schneestratigraphie theoretisch ein gewisses Potential bietet. Die Praktische Anwendung und Automatisierung der Methode mit dem Ziel einen deutlichen Vorteil hinsichtlich Zeit und Präzision zu erlangen befindet sich jedoch bis dato noch in einer bislang unzufriedenstellenden Anfangsphase der Entwicklung.

Einordung in den Sammelband

Mit dem Artikel soll ein Beitrag zum Thema des Sammelbandes „Macht allein Schaden klug“ geleistet werden. Hierbei steht die praktische Anwendung der Georadarmethode in Bezug auf Naturkatastrophen im Vordergrund. Anhand von Beispielen wird gezeigt, inwiefern sich die geophysikalische Prospektionsmethode zur Detektion von Lawinenverschütteten eignet. Die Frage, ob Schaden allein klug macht, ist aus der Sichtweise eines Überlebenden einer Lawinenkatastrophe wahrscheinlich positiv zu bewerten. Allerdings bedarf es weiterführender soziopsychologische Studien um eine Gewissheit darüber zu erlangen, ob und inwieweit ein solches Ereignis einen Lawinenverschütteten davon abhält sich der potentiellen Gefahr erneut auszusetzen. Bei der Regulierung von Schadensereignissen spielt die Methodik daher nur eine untergeordnete Rolle. Der Artikel gibt einen Einblick in das Potential der Georadarmethode bei der Ortung von Lawinenverschütteten. Das Hauptziel der erfolgreichen Lawinenrettung besteht jedoch darin, die Suchzeiten zu verringern. In der praktischen Anwendung der Georadarmethode bedeutet dies, die Benutzerfreundlichkeit zu verbessern und gleichzeitig eine flächendeckende Anwendung zu ermöglichen. Dies ist zum jetzigen Zeitpunkt allerdings noch nicht möglich.

Danksagung

Dem GEORADARFORUM sowie Herrn Dr. Jens Hornung (Technische Universität Darmstadt/ Institut für Angewandte Geowissenschaften) und Herrn Prof. Dr. Andreas Junge (Goethe-Universität Frankfurt/ Institut für Angewandte Geophysik) sei herzlich für die Bereitstellung des benötigten GPR-Equipments gedankt.

Literaturverzeichnis

Annan, AP 2009, ‘Electromagnetic Principles of Ground Penetrating Radar´, in *Ground Penetrating Radar: Theory and Applications, ed* Jol, HM,, Elsevier, Amsterdam, pp. 3-40.

Annan, AP 2001, *Ground Penetrating Radar* – Workshop Notes. Sensors and Software Inc., Ontario, Kanada.

Bauer, H 1993, *Lawinen. – Alpenvereinslehrschrift des ÖAV, Österreichischer Alpenverein*, Bergverlag Rudolf Rother, München.

Blindow, N, Richter, T & Petzold, H 2005, `Bodenradar´, in: *Handbuch zur Erkundung des Untergrundes 3 von Deponien: Geophysik*. Springer, Berlin, eds Knödel, K, Krümmel, H & Lange, G, pp.389-424.

Cassidy, NJ 2009, ` Ground Penetrating Radar Data Processing, Modelling and Analysis´, in *Ground Penetrating Radar: Theory and Applications,* ed Jol, HM, Elsevier Ltd, Amsterdam, pp.141-176.

Forkmann, B 2006, ‚Geschichte, Grundlagen und Zukunft des GPR´, in *Mitteilungen der Deutschen Geophysikalischen Gesellschaft*, Sonderband 2/2006, pp.3-21.

Instanes, A, Lonne, I, Sandaker, K 2004, ‘Location of avalanche victims with ground-penetrating radar´, in: *Cold Regions Science and Technology*, vol. 38, pp.55 - 61.

Heilig, A, Schneebeli, M & Fellin, W, 2008, ‘Feasibility study of a system for airborne detection of avalanche victims with ground penetrating radar and a possible automatic location algorithm´, in *Cold Regions Science and Technology*, vol. 51, pp. 178 -190.

Heilig, A 2009, *The search for and location of inhomogeneities in seasonal snowpacks utilizing ground-penetrating radar technology*, Dissertation Universität Heidelberg.

Hoffmann, M 2001 *Lawinengefahr: Risiken erkennen – Entscheidungen treffen*, BLV, München.

Jaedicke, C 2003, ‘Snow mass quantification and avalanche victims search by ground penetrating radar´, in *Surveys in Geophysics*, vol. 24, pp.431 - 445.

Jol, HM & Bristow, CS, 2003, 'GPR in sediments: advice on data collection, basic processing and interpretation, a good practice guide´, in *Ground penetrating radar in sediments,* eds Bristow, CS & Jol, HM, Geological Society, London, Special Publications, vol. 211, 9 - 27.

Knapp, R W, 1990, 'Vertical resolution of thick beds, thin beds and thin-bed cyclothems', in *Geophysics*, vol. 55, pp.1183 - 1190.

Modroo, JJ & Olhoeft GR, 2004, 'Avalanche rescue using Ground Penetrating Radar´, in: *10th International Conference on Ground Penetrating Radar*, Kitchener, Canada, pp. 507 -517.

Munter, W. 1997, *3 x 3 Lawinen: Entscheiden in kritischen Situationen*. Agentur Pohl & Schellhammer, Garmisch Partenkirchen.

Neal, A 2004, 'Ground-penetrating radar and its use in sedimentology: principles, problems and progress´ in *Earth-Science Reviews*, vol. 66, pp. 261 - 330.

Negi, H S, Thakur, N K & Sharma, J K 2008, `Estimation of snow depth and detection of buried objects using airborne Ground Penetrating Radar in Indian Himalaya´, in *Current Science*, vol. 94, no.7, pp.865 - 870.

Reynolds, J M 2011, *An introduction to Applied and Environmental Geophysics*, Second edition, Wiley, Chichester.

Tillmann, T 2014, 'Why is barrier spit's accretion not a simple process? Insights from GPR-surveys of Northern Amrum (North Sea/German Bight)´, in: Lambot, S., Giannopoulos, A., Pajewski, L., André, F., Slob, E. & Craeye, C. [Hrsg.]: *Proceedings of the 15th International Conference on Ground Penetrating Radar*, June 30 - July 4, 2014, Brussels, Belgium.

Tillmann, T 2015, 'Geomorphology and Internal Sedimentary Structure of a Landward Migrating Barrier Spit (Southern Sylt/German Bight): Insights from GPR Surveys´, in*Sand and gravel spits*, eds Randazzo, G., Cooper, JAG., Jackson, DWT, Springer, Coastal Research Library, pp.307 -325.

Tillmann, T & Wunderlich, J 2012, 'Ground-penetrating radar in coastal environments: Examples from the islands Sylt and Amrum´, in *Bremer Beiträge zur Geographie und Raumplanung*, vol. 44, pp. 60 - 76.

Yamamoto, T, Matsuoka, K, Naruse, R 2004, 'Observation of internal structures of snow covers with ground-penetrating radar´, in: *Annals in Glaciology*, vol.38, pp.21 -24.

Aus Schaden Klug – Rettungsdienst
Mitnahme EKG-Defibrillations-Einheit in die Notaufnahme bei Patienten mit einer vermuteten Herzerkrankung

Alex Lechleuthner & Andreas Lotter

Email: alex.lechleuthner@th-koeln; andreas.lotter@th-koeln.de

Patienten, die vom Rettungsdienst in die Notaufnahme einer Klinik gebracht werden, bleiben im Verantwortungsbereich des Rettungsdienstes bis eine rechtlich wirksame Übernahme durch das Krankenhauspersonal erfolgt ist.
Stand der Technik ist es, Patienten mit einer Herzerkrankung während des Transportes mit einer EKG-Defibrillations-Einheit zu überwachen. Diese sollte solange mitgeführt werden, bis die Übernahme abgeschlossen ist und die übernehmende Institution ihr eigenes Monitoring am Patienten angeschlossen hat.
Sehr selten, aber immer wieder kommt es vor, dass die Kabel bei Ankunft am Krankenhaus abgemacht werden und der Patient („die wenigen Schritte“) in das Krankenhaus ohne Monitoring gebracht werden.
Sollte der Patient dann in der Notaufnahme (oder auf dem Transport zu einer Station) dann kein Personal der Klinik vorhanden sein und/oder auch kein Defibrillator schnellstens erreichbar, kann plötzliches Kammerflimmern nur verzögert behandelt werden. Die Schadenswahrscheinlichkeit für den Patienten erhöht sich.
Der eine oder andere langjährige Mitarbeiter im Rettungsdienst kennt solche oder ähnliche Situationen. D.h. sie kommen also vor. Es stellt sich die Frage, wie hoch das Risiko dafür ist und was getan werden muss, um das Risiko dafür zu senken?
Risiko bezeichnet das Produkt aus Eintrittswahrscheinlichkeit und Schadensausmaß eines Ereignisses. Folglich führt ein Ereignis, das nicht eintritt (dessen Eintrittswahrscheinlichkeit also gleich null ist) auch zu keinem Risiko.
Das Risiko der Eintrittswahrscheinlichkeit (= Gesamtrisiko) setzt sich darüber hinaus aus einzelnen Teilrisiken zusammen, die mathematisch miteinander in Verbindung stehen.
Es gilt:

$$\boldsymbol{Risiko_{Gesamt} = Risiko_{Kammerflimmern} + Risiko_{Mat\ RTW} \cdot Risiko_{Personal\ NA} \cdot Risiko_{Mat\ NA}}$$

Dabei sind die einzelnen Teilrisiken:

$Risiko_{Gesamt}$	Gesamtrisiko für den Patienten.
$Risiko_{Kammerflimmern}$	Risiko, das dadurch entsteht, dass ein Patient mit kardialem Einsatzstichwort auf dem Weg vom RTW zur Notaufnahme durch ein auftretendes Kammerflimmern erleidet
$Risiko_{Mat\ RTW}$	Risiko, das dadurch entsteht, dass die Besatzung des RTWs das notwendige Material zur adäquaten Behandlung eines Kammerflimmerns (EKG mit Defibrillator) im Fahrzeug lässt
$Risiko_{Personal\ NA}$	Risiko, das dadurch entsteht, dass das Personal auf der Notaufnahme nicht auf einen Patienten mit Kammerflimmern vorbereitet ist
$Risiko_{Mat\ NA}$	Risiko, das dadurch entsteht, dass das für eine adäquate Behandlung von Kammerflimmern notwendige Material auf der Notaufnahme nicht zur Verfügung steht

Es ist zu erkennen, dass das bei jedem Patienten vorhandene Grundrisiko $Risiko_{Kammerflimmern}$ durch nicht vorhandenes Material oder Personal erhöht wird. Geht eines dieser Teilrisiken gegen null, bewegt sich auch die Erhöhung des Gesamtrisikos gegen null. Es genügt also, lediglich eines dieser Teilrisiken zu eliminieren, um auch die Erhöhung des Gesamtrisikos möglichst gering zu gestalten. Wird also das $Risiko_{Mat\ RTW}$ beseitigt, verringert sich auch die Risikoerhöhung für den Patienten entscheidend. Das Mitführen eines EKGs mit Defibrillator durch die RTW-Besatzung führt folglich zu einer Verringerung des Risikos für den Patienten. So kann man nachvollziehbar darstellen, wie sich Risiken für Patienten vermindern lassen, damit man nicht erst aus Schaden klug werden muss.

Macht Schaden klug? Überlegungen zu Wissen, Erfahrung, und Lernen im Umgang mit Risiken

Alexander Fekete, Christiane Grinda & Celia Norf

Email: alexander.fekete@th-koeln.de; christiane.grinda@th-koeln.de; celia.norf@th-koeln.de

Einleitung

Wer sich zum wiederholten Mal den Kopf an der gleichen Stelle anstößt kennt dieses Gefühl des Erstaunens und der gleichzeitigen Verärgerung; warum hat man nicht aus den vorherigen Malen gelernt, aufzupassen? Diese persönliche Erfahrung im Umgang mit Schaden lässt sich im Rahmen der Risiko- und Katastrophenforschung auch auf andere Ebenen übertragen. So stellt sich für von einem Risiko wie etwa Hochwasser, Sturm oder Verkehrsunglück Betroffene, wie auch für Einsatzkräfte oder Risikoforscher gleichermaßen folgende Frage: Lernen wir alle sofort und gleichermaßen aus einzelnen Schadensereignissen? Bei der Befragung von Betroffenen wie auch in der Medienrecherche findet man mitunter Schilderungen wie „das war unvorhersehbar", „ist so noch nie vorgekommen", „war unvorstellbar". Als außenstehender Beobachter fallen zu manchen Ereignissen jedoch Vorläuferereignisse auf oder werden durch eine Recherche (wieder-)entdeckt. Im Falle des Absturzes des Germanwings-Flugzeuges war dies zu beobachten, ebenso beim Ausbruch des Vulkans Eyjafjallajoküll auf Island. Es gab diese Abstürze und Flugbeeinträchtigungen bereits zuvor. Nur hatte sie das kollektive Medienbewusstsein oder auch die individuelle Erinnerung sie jeweils nicht mehr „auf dem Schirm". In gewisser Weise waren dies auch jeweils tatsächlich neue Ereignisse, zumindest in Ihrer Qualität und Zusammensetzung, oder auch in Bezug auf die geographische Lage, das Vorkommen oder die Ausdehnung. Zudem ist die Zeitkomponente häufig entscheidend; je länger ein Ereignis zurückliegt, desto weniger ist es im Gedächtnis und desto weniger Menschen leben noch am gleichen Ort, sich erinnern könnten.

Dieser kurze Einstieg soll verdeutlichen, dass Wissen um Schaden und der Umgang damit ein Phänomen ist, das weite Kreise zieht, von der persönlichen bis hin zur kollektiven Bewusstseinsebene der sogenannten „Risk Awareness". Weiterhin zeigt es, dass verschiedene disziplinäre Expertisen und Perspektiven nötig sind, um den psychologischen und soziologischen bis hin zu naturwissenschaftlichen Fragen zu Zeit und Raum des Auftretens dieses Phänomen des Wissens und Lernens aus Schäden gerecht zu werden. Auch beinhaltet dies Fähigkeiten, die über die Wissenschaft hinausgehen, wie Erinnerung, kollektives Gedächtnis, „oral history" o.ä.

"Never was anything great achieved without danger."
Niccolò Machiavelli

Welche Lernanreize bietet ein Schaden?

Innerhalb der Risikoforschung berührt die Frage nach den Lernanreizen durch Schaden mehrere Aspekte. Nur ein Aspekt ist dabei der Vergleich von Lernen durch entweder abrupte oder auch schleichende Veränderungen. Lernt man durch eine relativ plötzlich eintretende Gefahren-Situation wie etwa einen Wolkenbruch anders als durch das Einsetzen einer schleichenden Klimaänderung und wenn ja, inwiefern? Damit gehen Fragestellungen der Erkennbarkeit von Schäden und der eindeutigen kausalen Zuordenbarkeit zwischen Schäden und ihrer Erkennung einher. Denn ab wann erkennt man eine Dürre oder Hitzeperiode als solche? Ab wann ist ein Hochwasser oder ein Vulkanausbruch qualitativ so anders, dass das Ereignis als „überraschend", „besonders katastrophal" oder „unvorhersehbar" eingeordnet wird?

Auch ist zu fragen welche Lernanreize die Wiederholung von Schäden bietet? Man könnte meinen, die Wiederholung von Schäden würde ganz klar zu einem höheren Lerneffekt hinsichtlich der Prävention und Vorsorge führen. Und während man z.B. zwischen den Hochwasserereignissen 1993 und 1995 am Rhein in Köln meint, diesen Lerneffekt durch geringere Schäden 1995 festzustellen, bleibt die Frage, wie lange dieser Lerneffekt anhält, und welche Faktoren hier im komplexen Gesamtbild zu welchem Lerneffekt und welcher Handlung geführt haben. Allein anhand der getroffenen Maßnahmen seit 1993 und 1995 kann man in der

Stadt Köln eine große Bandbreite an manifestierten Handlungen zur Schadensvermeidung beobachten; wie mobile Schutzwände, Renaturierungsflächen, Pumpwerke, Bürgerinitiative usw. Dem gegenüber steht aber die Feststellung des so genannten „Deicheffekts", bei dem Gilbert White schon 1945 in den USA erkannte, dass mehr Hochwasserschutzbauten auch zu mehr Sorglosigkeit und weniger Aufmerksamkeit hinter dem neuen Deich sorgten. Auch innerhalb der Dekade zur Vermeidung von Naturkatastrophen der Vereinten Nationen in den 1990ern und immer stärkere medialer Beachtung von Naturereignissen wurde festgestellt, dass zwar das kollektive Wissen ansteigt, jedoch dadurch die Schäden nicht zurückgehen, z.T. sogar im Gegenteil. So postulierten White, Kates und Burton im Jahre 2001 „Knowing better and losing even more". Auch hierzulande ist die Frage „Macht erst Schaden klug?" im Kontext von Risiken und Umweltveränderungen nicht neu (Köck et al. 1998).

Woraus kann man besser lernen – durch Schaden oder durch die Vermeidung von Schaden?

Dies berührt u.a. die Frage, ob ein Schadenserlebnis allein oder die Aktivitäten zur Vermeidung von diesem mehr Lernanreize bieten. Diese Frage muss, wie alle anderen hier auch, differenziert betrachtet werden: Angenommen, die gleiche Person erlebt einen Schaden, kann man annehmen, dass die Möglichkeiten zum Lernen größer sind. Es ist aber fraglich, ob deshalb in der nächsten Situation auch gleich „klüger" gehandelt wird. Wenn Schadensereignis, Person und Schadensvermeidung räumlich und zeitlich entkoppelt sind, dann wird die Untersuchung dieser Frage noch anspruchsvoller. Denn wer mit Schadensvermeidung im Sinne der Risikovorsorge befasst ist, kann für sich persönlich einen Bezug zu den getroffenen Maßnahmen erkennen oder auch nicht. Dabei scheint die subjektive Bewertung der Relevanz spezifischen Wissens für den persönlichen Handlungs- und Lernkontext ganz entscheidend zu sein (Ferguson and Huysman 2009). Es wäre lohnenswert, Untersuchungen anzustellen, wie sich Lerneffekte unterscheiden zwischen Personen, die Maßnahmen sinnvoll erachten gegenüber denen, die sie nicht als sinnvoll erachten. Diese Maßnahmen können Planungsmaßnahmen sein, wie z.B. Hochwasserrisikozonenplanung oder auch Handlungsmaßnahmen wie etwa das Errichten von Schutzzäunen. Auch bei professionellen Planern und Einsatzkräften wäre es interessant zu beobachten, wie sehr sich Arbeitsgegenstand und persönliches Verhalten in einer Situation entsprechen. Denn schließlich ist auch hier eine kognitive Distanzierung vorstellbar. Hier werden z.T. ethisch und emotional extreme Situationen geplant, die nicht alltäglich sind. Im Bevölkerungsschutz gibt es zum Beispiel eine große Anzahl von Fachleuten, die sich jahrzehntelang mit dem Ausbau der Bunkeranlagen für den Zivilschutz befasst haben - ohne, dass diese Maßnahmen in einem möglichen Atomkrieg zum Einsatz kamen. Mittlerweile werden diese sogar „rückgebaut" und damit die vorgeschaltete, Planungsarbeit und deren Umsetzung vollständig revidiert.

Häufig sind Vermeidungsaktivitäten von Schäden deutliche Indikatoren für Außenstehende, dass ein gewisses Risiko für einen Schaden existiert. Geheime Bunkerbauten, Versicherungsabdeckungen oder deren Nicht-Verfügbarkeit, Nutzpflanzenänderungen usw. sind solche Anzeiger. Von diesen für den hypothetischen Fall errichteten Schutz- oder auch Resilienzmaßnahmen unterscheiden sich tatsächlich eintretende Schäden durch ihre tatsächliche Realisierung. Der beobachtbare Lerneffekt eines realen Ereignisses ist qualitativ sicherlich zu unterscheiden von Hypothesen, Erwägungen und Gedankenspielen. Jedoch bleibt offen, welche Erwägungen zu tatsächlichen Lerneffekten führen und in welchem Ausmaß.

"Niemand wird wohl erklären können, warum die Angst plötzlich wächst und uns aussaugt,
da Sicherheit uns umgibt."
Friedrich Glaser

Mehr wissen – besser handeln?

Innerhalb der Risikoforschung, aber auch innerhalb aller anderen Fachrichtungen, die sich mit diesem Themenfeld in Verbindung setzen, müsste die Frage des Lerneffekts durch Schaden und Risiken noch genauer beleuchtet werden. Denn es herrscht eine teilweise undifferenzierte Haltung vor, dass mehr Wissen um Risiken zu ihrer Vermeidung führt. Es geht gar nicht darum, an dieser Stelle dem zu widersprechen, jedoch muss auch im Zuge einer kritischen Grundhaltung die Grenze dieses Wissens und seiner Lerneffekte benannt werden.

"Risk comes from not knowing what you're doing"
Warren Buffett

Es scheint fast so, als lautete die Annahme, dass man nur mehr Wissen bräuchte, um Schäden zu vermeiden und Risiken zu reduzieren. Wüsste man bloß alles über Schäden und deren Ursachen, wüsste man auch wie zu handeln wäre und schon gäbe es im Prinzip Risiko und den damit einhergehenden Schaden nicht mehr. Dabei würde jedoch übersehen werden, welche neuen Risiken durch diese Risikovermeidungen entstünden.
Es gibt einen fast schon paradigmatischen Ruf nach mehr Risikowissen und mehr Risikoreduktion. Zum Beispiel ist der international etablierte Begriff für das Forschungsfeld innerhalb der Naturgefahren häufig „Disaster Risk Reduction". Jedoch ist die Reduzierung des Risikos nur eine von vielen Handlungsmöglichkeiten im Umgang mit Risiken. Es gibt noch die Risikoakzeptanz, Risikoüberwälzung, -verlagerung usw. Es muss also die Frage gestellt werden, ob z.B. Disaster Risk Reduction zu einer vereinheitlichenden und damit reduzierenden Wissensproduktion führt. Weiterhin erinnert das an die aufkommende kritische Grundhaltung gegenüber einer „Überversicherheitlichung" der Gesellschaft mit immer mehr Sicherheitsmaßnahmen und Sicherheitsversprechen (vgl. u.a. Bonß 1997, Daase 2010). Dabei stellt sich die Frage, ob ein Übermaß an Sicherheit (Sicherheit kommt etymologisch von lat. se cura – ohne Sorge oder ohne Pflege) nicht zu ungewollten Effekten führt; wie etwa einer Angstkultur, oder auch ganz konträr; Sorglosigkeit im Sinne des Deicheffekts. Risiko scheint zu pendeln, zwischen dem Wunsch nach Freiheit und dem Bedürfnis nach Sicherheit. Wie verhält es sich also mit Schaden und dem Willen, ihn zu vermeiden, oder ihn im Gegenteil zu akzeptieren oder gar zu verdrängen?
Die Reduktion des Risikos und die damit einhergehenden Prozesse zunehmender Versicherheitlichung erweisen sich auch nicht in allen regionalen oder auch sozialen Kontexten als praktikabel oder relevant. Politische Vorgaben oder kulturelle Muster können die Möglichkeit zur Reduzierung von Risiken für bestimmte Bevölkerungsgruppen stark limitieren. Hier ist zum Beispiel, trotz internationaler Ansätze wie beispielsweise von UNISDR, weiterhin nur die Reaktion auf Schadensereignisse möglich. Auch das regelmäßige Auftreten von Schäden kann zu Lerneffekten führen, die jedoch mehr in den Bereich der Anpassung an als in den Bereich der Reduzierung von Risiken gehen. Die Gewöhnung an große Hürden bei der Verhinderung von Schadensereignissen macht es erforderlich, andere Lösungen zu finden. Ist dies nicht auch Lernen? Dies mag im deutschen Kontext fatalistisch oder zynisch klingen, denn wo ein hoher Anspruch auf kontinuierliche Evaluierung von Schadensereignissen gelegt wird und Ressourcen für die Reduzierung von Risiken vorhanden sind, ist ein „Weitermachen wie bisher" gesellschaftlich oft nicht akzeptabel. Beim Blick über den europäischen Kontext hinaus zeigen sich jedoch andere Anforderungen an den Umgang mit Schadensereignissen und andere Formen des Lernens aus Schaden. Daraus lässt sich auch die Frage ableiten, inwieweit im deutschen Kontext das Lernen aus internationalen Beispielen sowie das Übertragen von Erfahrungen und Lessons Learnt möglich ist. Internationale Initiativen wie die beispielsweise 2013 durchgeführte Aktivität „Lessons from Bangladesh for a post-Sandy New York" fordern und erproben ein gegenseitiges Lernen und Wissensaustausch für mehr Resilienz (IIED 2013). In der praktischen Umsetzung zeigt sich jedoch die Notwendigkeit, den Kontext (politisch, kulturell, aber auch naturräumlich) jeder Lernerfahrung zu berücksichtigen und die Übertragbarkeit in anderen Kontexten zu hinterfragen.

Wissen strukturieren, bewerten und managen – keine eindeutige Aufgabe?

Kehren wir zum Eingangsbild zurück – man stößt sich wiederholt den Kopf an; einfache Lösungen liegen auf der Hand; indem man ganztags einen Helm trägt. Doch diese freiwillige und etwas einschränkende Maßnahme mag einem zu lächerlich vorkommen, denn sie bedeutet die Begrenzung der eigenen (Bewegungs-) Freiheit. Vom Schadensereignis bis zu einer einfachen Lösung des Problems ist es hier also kein weiter Weg, und doch würde man sicherlich eine andere Lösung bevorzugen, zum Beispiel Lernen und beim nächsten Mal die Situation vermeiden. Nun ist dieses Beispiel sehr individuell und personengebunden. In der Risikoforschung werden jedoch übertragbare Erkenntnisse gesucht. Dazu kann man die individuellen und kollektiven, die internen und externen Wahrnehmungen und Handlungen unterscheiden. In einem Artikel „The Role of Knowledge in Disaster Risk Reduction" (Weichselgartner & Pigeon 2015) werden unterschiedliche qualitative Ebenen des Verstehens in einem Schaubild (Bezeichnung: continuum of understanding) unterschieden; von Fakten zu Daten zu Informationen zu Wissen zu Weisheit in Abhängigkeit von Raum und Zeit als Kontext. In dieser Gliederung, die der vielfach bekannten Wissenspyramide angelehnt ist, nimmt die Personengebundenheit des (angewandten) Wissens zu. Die zusätzlichen Pfeile nach oben und nach rechts wirken wie Koordinatenachsen, welche die Ebenen des Wissens in räumliche (lokale bis globale) und zeitliche (Vergangenheit bis Zukunft) einsortieren. Laut Weichselgartner (pers. Gespräch 11.12.2015)

handelt es sich hierbei jedoch nicht um Koordinatenachsen, sondern um die zusätzlichen Dimensionen von Raum und Zeit als Kontext, in dem die Ebenen des Verstehens jeweils betrachtet werden müssen. Daten allein sagen noch nicht viel aus, erst wenn der Kontext dazu bekannt ist, kann eine zielgerichtete Handlung durch die Anwender in ihrem Umfeld erfolgen.

In einer ersten versuchten Anwendung in einem Workshop[6] hat sich gezeigt, dass dieses Schaubild nicht ganz einfach zu verstehen und zu vermitteln ist. „Wissen" und „Informationen" verwechselt man leicht im allgemeinen Sprachgebrauch. Bezüglich der Trennung von Wissen und Informationen fiel es in der Vermittlung leichter, zwischen internen Quellen, also innerhalb einer Organisation existierenden Informationen oder Wissen, und externen Quellen zu unterscheiden.

Es stellt sich sowohl für Manager, Praktiker, Wissenschaftler aber auch für uns selbst die Frage, ob wir aus dem Schaden bereits lernen, wenn wir aus externen Quellen davon erfahren. Und, wie unterschiedlich internes und externes Wissen auf uns wirkt, genutzt wird und welche Angebote für ein strukturierteres Wissensmanagement den Weg von den Daten bis hin zum Wissen und Handeln verbessern könnten.

Fazit

Zusammenfassend kann man an dieser Stelle den großen noch existierenden Klärungs- und Forschungsbedarf erkennen, welche Formen von Wissen in welcher Weise strukturiert sind und zu welchem Lernen, welcher Erkenntnis oder welchen Handlungen im Umgang mit Risiken führen. Es ist also nicht verwunderlich, dass das Lernen aus Schaden und andere davon in Kenntnis zu setzen alles andere als trivial ist.

Um mit dem Anfangsbeispiel zu schließen, könnte sich in der heutigen Zeit der Fall desjenigen, der sich den Kopf anstößt und von beobachtenden Freunden gefilmt und ins Internet gestellt wird, durchaus als Lernbeispiel mit breiter medialer Beachtungsmöglichkeit entpuppen. Wir wissen also heutzutage viel mehr, über fernste Regionen, den kulturellen Kontext, darin agierende Personen und erlebte Schäden. Und dieses Wissen wird immer mehr. Lernen wir auch daraus? Und wenn ja, wie und was?

Literaturverzeichnis

Bonß, W 2007, ‚Die gesellschaftliche Konstruktion von Sicherheit', in Sicherheit in der unsicheren Gesellschaft, ed Lippert, E, Opladen, pp.21-41.

Daase, C 2010, ‚Der Wandel der Sicherheitskultur — Ursachen und Folgen des erweiterten Sicherheitsbegriffs in Zivile Sicherheit', in *Gesellschaftliche Dimensionen gegenwärtiger Sicherheitspolitiken*, eds Zoche, P, Kaufmann, S, Haverkamp, R, transcript, Bielefeld. ISBN 978-3-8376-1435-0.

Ferguson, JE & Huysmann, M 2009, ‚Between ambition and approach: Towards situated mutual learning in development organizations', paper presented at OLKC (*Organizational Learning, Knowledge and Capabilities)*. Amsterdam, 27-29 April.

International Initiative for Environment and Development 2013, *Lessons from Bangladesh for a post-Sandy New York*. 22 January. http://www.iied.org/lessons-bangladesh-for-post-sandy-new-york ([17.09.2015]

Köck H, Geiger M (1998) Macht erst Schaden klug? Über die eigentliche Selbstverständlichkeit geosystemischer Lebensraumgestaltung. In: Wie gestalten wir die Zukunft? Modernisierungskonzepte und Lösungswege für eine nachhaltige Entwicklung. Landau: Knecht-Verlag. p. 117-150.

Weichselgartner, J & Pigeon, P 2015, 'The Role of Knowledge in Disaster Risk Reduction', *Int J. of Disaster Risk Science*, vol. 6, no. 2, pp.107-116.

White, GF, Kates, R, W. & Burton, I 2001, 'Knowing better and losing even more: the use of knowledge in hazards management', *Environmental Hazards*, vol 3, pp. 81–92.

[6] Anwenderworkshop am 8.9.2015 in Bonn zum Projekt „Atlas der Verwundbarkeit und Resilienz" (2015-2016), zusammen mit dem Projektpartner, der Universität Bonn.

Publication List - Integrative Risk and Security Research

Volume 2/ 2015 Baumgarten, C & Bentler, C (2015), Analyse der persönlichen Zufriedenheit von Einsatzkräften während der Hochwasserkatastrophe 2013 in Deutschland. Eine Umfrage zur Steigerung der Motivation von Helfern im Bevölkerungsschutz. In: Integrative Risk and Security Research, 2/2015, Cologne.

Volume 1/ 2015 Grinda, C, Norf, C, Blätgen, T & Fekete, A (Eds.) (2015), Country Profiles of Climate and Disaster Extremes in 16 Countries. Results of the DAAD Alumni Summer School 2013. In: Integrative Risk and Security Research, 1/2015, Cologne.

Volume 1/ 2014 Norf, C.; Blätgen, T., Grinda, C.; Fekete, A. (Eds.) Coping with Disasters and Climate Extremes – Challenges & Cooperation Potential. Research Contributions to DAAD Alumni Summer School 2013. In: Integrative Risk and Security Research, 1/2014, Cologne.

All publications can be downloaded from https://www.th-koeln.de/anlagen-energie-und-maschinensysteme/schriftenreihe-integrative-risk-and-security-research_17446.php; or you use http://tinyurl.com/oaj4r7a

Cologne, December 2015